

**ΑΕΙ ΠΕΙΡΑΙΑ Τ.Τ.  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΩΝ  
ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ Τ.Ε.**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Παραμετρική 3D σχεδίαση και μοντελοποίηση με Autodesk Inventor**

**Σπυρίδων Φλώρος  
Φλώρα Σπυροπούλου**

**Εισηγητής: Βελώνη Αναστασία, Καθηγήτρια**

**ΑΘΗΝΑ  
ΔΕΚΕΜΒΡΙΟΣ 2017**



**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**Παραμετρική 3D σχεδίαση και μοντελοποίηση με Autodesk Inventor**

**Σπυρίδων Φλώρος  
Α.Μ. 36950  
Φλώρα Σπυροπούλου  
Α.Μ. 39133**

**Εισηγητής:**

**Βελώνη Αναστασία, Καθηγήτρια**

**Εξεταστική Επιτροπή:**

**Ημερομηνία εξέτασης:**



## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των εντολών, των εργαλείων αλλά και των μεθόδων παραμετρικής 3D σχεδίασης του σχεδιαστικού προγράμματος της Autodesk που ονομάζεται Inventor. Για τον σκοπό αυτό, θα παρουσιαστεί στο δεύτερο μέρος της εργασίας η σχεδίαση ενός μηχανισμού βήμα προς βήμα, προκειμένου να γίνει βαθύτερα κατανοητή η μεθοδολογία.

Στόχος προς τον αναγνώστη είναι να έρθει σε επαφή με το πρόγραμμα και με προσεκτική μελέτη της εργασίας να μπορέσει να εξοικειωθεί με το περιβάλλον και τις λειτουργίες του προγράμματος. Επιπλέον, να μπορεί να σχεδιάσει και να χρησιμοποιήσει με άνεση τα εργαλεία που θα παρουσιαστούν και να φέρει σε πέρας συναρμολογήσεις και μελέτες σχεδιασμού.

ΕΠΙΣΤΗΜΟΝΙΚΗ ΠΕΡΙΟΧΗ: Τρισδιάστατος Σχεδιασμός  
ΛΕΞΕΙΣ ΚΛΕΙΔΙΑ: Autodesk, inventor, 3d



## Parametric 3D design and modeling with Autodesk Inventor

Spyridon Floros<sup>1</sup>

Flora Spyropoulou<sup>2</sup>

### Abstract

The purpose of this paper is to present the commands, tools and methods of 3D design of the Autodesk design program called Inventor. For this purpose, a step-by-step design of a mechanism will be presented for deeper understanding of the program.

The aim of the paper is for the reader to get in touch with the program and with a careful study of the paper to get acquainted with the environment and the functions of the program. In addition, the reader will learn to use the tools and even accomplish a design from scratch on his own.

### 1. Introduction

We decided to design a pipeline wrench (Stylon's Hydraulic Pipe or Pipe Cylinder is its usual name, pipe wrench in English terminology) which is basically used in plumbing. This key has an adjustable leg that adjusts its top, depending on the cross section of the pipe to tighten the pipe and allow the craftsman to do the required work.

The upper part is driven by a threaded wheel. Inside the wheel comes a shaft connected to the top of the tool. The shaft is also threaded with the thread of the wheel. Turning the wheel causes the shaft to move. This is the function of this tool.

### 2. Overview

Inventor design, and three dimensional design in general, has specific steps to be followed. The first step is the initial design of the individual pieces that synthesize the assembly. So, we're working on our tool and see it consists of 8 pieces (frame, screw bolt, bolt, wheel, two holes, and two support sheets). We design each piece by measuring their dimensions.

The second step is to design the assembly in which the previous pieces are assembled and the restrictions placed on the movement between them. There is continuous feedback between the first and the second step as each piece mounting in the assembly controls its dimensional accuracy with respect to the other pieces and if necessary we return back to the first step and correct the design of this piece.

The third step is to convert the constraints between the blocks into movement restrictions so as to allow the movement of the individual pieces to be simulated.

---

<sup>1</sup> Spyridon Floros, Student

<sup>2</sup>Flora Spyropoulou, Student

Department of Electronic Computer Systems Engineering  
Piraeus University of Applied Sciences





## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<b>ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ .....</b>	<b>10</b>
<b>Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>: .....</b>	<b>15</b>
<b>Εισαγωγή - Σκοπός και στόχος της εργασίας.....</b>	<b>15</b>
1 <sup>α</sup> ) Εισαγωγή - σημασία 3D παραμετρικού σχεδιασμού στην βιομηχανία .....	15
1 <sup>β</sup> ) Σκοπός και στόχος της εργασίας.....	16
<b>Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>: .....</b>	<b>17</b>
<b>Εκκίνηση - Πρώτες ενέργειες - Διαχείριση Project.....</b>	<b>17</b>
2 <sup>α</sup> ) Έναρξη προγράμματος - επιλογές - πρώτες ενέργειες.....	17
2 <sup>β</sup> ) Δημιουργία και διαχείριση Project.....	18
<b>Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>: .....</b>	<b>20</b>
<b>2DSketch - Εντολές Line, Circle, Arc, Rectangle, Fillet, Text, Point .....</b>	<b>20</b>
3.1 <sup>α</sup> ) Δημιουργία 2D Sketch .....	20
3.1 <sup>β</sup> ) Εντολή Line.....	21
3.1 <sup>γ</sup> ) Εντολή Circle.....	23
3.1 <sup>δ</sup> ) Εντολή Arc.....	25
3.1 <sup>ε</sup> ) Εντολή Rectangle.....	25
3.1 <sup>στ</sup> ) Εντολή Fillet/Chamfer .....	27
<b>Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>: .....</b>	<b>34</b>
<b>3D Solid Modeling - Εντολές και μεθοδολογία .....</b>	<b>34</b>
<b>Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>: .....</b>	<b>50</b>
<b>3D Sheet Metals (Λαμαρίνες) – Εντολές και εργαλεία.....</b>	<b>50</b>
<b>Κεφάλαιο 6<sup>ο</sup>: .....</b>	<b>64</b>
<b>Δημιουργία αντικειμένου (Parts Creation).....</b>	<b>64</b>
6.1 <sup>α</sup> ) Εισαγωγή.....	64
6.1 <sup>β</sup> ) Επιλογή μηχανολογικού εργαλείου για σχεδιασμό .....	64
6.1 <sup>γ</sup> ) Περιγραφή διαδικασίας σχεδιασμού .....	65
6.2 <sup>α</sup> ) Σχεδιασμός επιμέρους τεμαχίων κλειδιού.....	67
6.2 <sup>β</sup> ) Πλαίσιο.....	67
6.2 <sup>γ</sup> ) Υποστήριγμα κινούμενου κοχλία.....	78
6.2 <sup>δ</sup> ) Κοχλίας κίνησης .....	85

6.2 <sup>ε</sup> ) Τροχός λειτουργίας .....	99
6.2 <sup>στ</sup> ) Ήλος 1.....	102
6.2 <sup>ζ</sup> ) Ήλος 2 .....	104
6.2 <sup>η</sup> ) Φύλλο υποστήριξης 1 .....	106
6.2 <sup>θ</sup> ) Φύλλο υποστήριξης 2 .....	108
6.3 <sup>α</sup> ) Σχεδιασμός συναρμολογήματος .....	111
6.3 <sup>β</sup> ) Δημιουργία συναρμολογήματος .....	111
6.3 <sup>γ</sup> ) Προσθήκη κίνησης .....	127
6.3 <sup>δ</sup> ) Προσομοίωση και δημιουργία αρχείων κίνησης (video) .....	129
<b>ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ .....</b>	<b>131</b>

## ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ ΕΙΚΟΝΩΝ

Εικόνα 1 Αρχική οθόνη (MyHome) του προγράμματος .....	16
Εικόνα 2 Επιλογές τύπου μονάδων και τυποποιήσεων .....	18
Εικόνα 3 Δημιουργία νέου Project ή τροποποίηση παλιού και καθορισμός παραμέτρων .....	19
Εικόνα 4 Δημιουργία 2D και 3D Sketch .....	20
Εικόνα 5 Επιλογές εντολής Line .....	21
Εικόνα 6 Επιλογή πλάνου για την εκτέλεση της εντολής Line .....	22
Εικόνα 7 Δημιουργία εντολής Line από το σημείο συντεταγμένων 0,0.....	22
Εικόνα 8 Πλήρως παραμετροποιημένη γραμμή .....	23
Εικόνα 9 Επιλογές εντολής Circle.....	24
Εικόνα 10 Πλήρως παραμετροποιημένος κύκλος με κέντρο την αρχή των αξόνων και διάμετρο 20mm	24
Εικόνα 11 Επιλογές εντολής Arc .....	25
Εικόνα 12 Επιλογές εντολής Rectangle.....	26
Εικόνα 13 Πλήρως παραμετροποιημένο τετράγωνο με πλευρές 20x40mm .....	27
Εικόνα 14 Επιλογή εντολής Fillet .....	28
Εικόνα 15 Επιλογή εντολής Chamfer .....	28
Εικόνα 16 Αποτέλεσμα εντολής Fillet.....	29
Εικόνα 17 Επιλογές εντολής Text.....	30
Εικόνα 18 Παράθυρο επιλογών γραμμής κειμένου εντολής Text .....	30
Εικόνα 19 Εντολή Point.....	31
Εικόνα 20 Εντολή Extrude με χρήση δημιουργίας τρίτης διάστασης με τιμή 10mm .....	35
Εικόνα 21 Εντολή Extrude με χρήση της λειτουργίας Cut για πάχος 10mm.....	35
Εικόνα 22 Παράδειγμα εντολής Revolve για τη δημιουργία κυκλικής γεωμετρίας διαμέτρου 20mm γύρω από άξονα περιστροφής σε απόσταση από το κέντρο του κύκλου 30mm.....	36
Εικόνα 23 Εντολή Sweep με χρήση ενός κύκλου διαμέτρου 20mm που επεκτείνεται σύμφωνα με μια γραμμή μη παραμετροποιημένη .....	37
Εικόνα 24 Εκτέλεση εντολής Loft για προφίλ χρησιμοποιούνται δύο κύκλοι διαμέτρου 20 και 40mm. Η απόσταση μεταξύ των πλάνων είναι 20mm .....	38

Εικόνα 25 Εκτέλεση εντολής Coil με διάμετρο 20mm και πάχος 4mm .....	39
Εικόνα 26 Εκτέλεση εντολής Rib για νεύρωση πάχους 3mm σε πλάνο το οποίο ισαπέχει από τα δύο ακραία πρόσωπα .....	40
Εικόνα 27 Η εντολή Hole και οι επιλογές της .....	41
Εικόνα 28 Εντολή Fillet .....	42
Εικόνα 29 Εντολή Shell.....	43
Εικόνα 30 Εντολή Thread .....	44
Εικόνα 31 Εντολή Combine .....	45
Εικόνα 32 Εντολή Thicken/Offset .....	46
Εικόνα 33 Εντολή Split .....	47
Εικόνα 34 Εντολή Deleteface .....	48
Εικόνα 35 Επιλογές εντολής Plane.....	49
Εικόνα 36 Εντολή Convert to Sheet Metal.....	50
Εικόνα 37 Πίνακας καθορισμού πάχους λαμαρίνας .....	51
Εικόνα 38 Εντολή Face .....	51
Εικόνα 39 Εντολή Flange.....	52
Εικόνα 40 Εντολή Contour Flange.....	53
Εικόνα 41 Εντολή Lofted Flange .....	54
Εικόνα 42 Εντολή Contour Roll .....	55
Εικόνα 43 Εντολή Hem.....	56
Εικόνα 44 Εντολή Bend .....	57
Εικόνα 45 Τελικό αποτέλεσμα εντολής Bend .....	57
Εικόνα 46 Εντολή Fold .....	58
Εικόνα 47 Αποτέλεσμα εντολής Fold.....	58
Εικόνα 48 Εντολή CornerSeam .....	59
Εικόνα 49 Εντολή Punch Tool .....	60
Εικόνα 50 Εντολή Rip .....	61
Εικόνα 51 Αρχικό σχήμα πριν από τη χρήση της εντολής Unfold .....	62
Εικόνα 52 Χρήση της εντολής Unfold .....	63
Εικόνα 53 Τελικό αποτέλεσμα χρήσης εντολής Unfold.....	63
Εικόνα 54: Κλειδί σωληνώσεων εμπορίου .....	65
Εικόνα 55: Διάγραμμα ροής σχεδιασμού κλειδιού .....	66
Εικόνα 56: Δημιουργία αρχικού στερεού πλαισίου με την εντολή extrude .....	67
Εικόνα 57: Δημιουργία κεφαλής πλαισίου.....	68
Εικόνα 58: Δημιουργία διαμόρφωσης πάνω μέρους πλαισίου .....	69
Εικόνα 59: Δημιουργία διαμόρφωσης κάτω μέρους πλαισίου.....	69
Εικόνα 60: Ανύψωση πλαισίων τμημάτων πάνω μέρους πλαισίου .....	70
Εικόνα 61: Εντολή mirror για την δημιουργία των τριών παραπάνω διαμορφώσεων και στην άλλη πλευρά του πλαισίου.....	71
Εικόνα 62: Αποτέλεσμα εκτέλεσης εντολής mirror στην πίσω πλευρά του πλαισίου.....	71
Εικόνα 63: Δημιουργία καμπυλότητας στην κάτω διαμόρφωση.....	72
Εικόνα 64: Δημιουργία οπής σύνδεσης πλαισίου με υποστήριγμα .....	73
Εικόνα 65: Δημιουργία οπής σύνδεσης πλαισίου και φύλλου υποστήριξης 1.....	73
Εικόνα 66: Δημιουργία οπής σύνδεσης πλαισίου με φύλλο υποστήριξης 2 .....	74

Εικόνα 67: Δημιουργία καμπυλότητας στο κάτω μέρος της κάτω διαμόρφωσης του πλαισίου .....	75
Εικόνα 68: Δημιουργία καμπυλότητας στο κάτω μέρος του περιγράμματος του πλαισίου .....	75
Εικόνα 69: Πλαίσιο κειμένου βάσει του οποίο θα γίνει το λογότυπο .....	76
Εικόνα 70: Δημιουργία λογοτύπου με την χρήση της εντολής emboss .....	77
Εικόνα 71: Τρισδιάστατο μοντέλο πλαισίου (εμπρόσθια όψη) .....	77
Εικόνα 72: Τρισδιάστατο μοντέλο πλαισίου (οπίσθια όψη) .....	78
Εικόνα 73: Δημιουργία αρχικού στερεού με την χρήση της εντολής extrude .....	79
Εικόνα 74: Δημιουργία καμπυλοτήτων στο αρχικό στερεό με την χρήση της εντολής fillet .....	79
Εικόνα 75: Κατασκευή κενού τοποθέτησης τροχού με την χρήση της εντολής extrude cut .....	80
Εικόνα 76: Sketch με την γεωμετρία που χρησιμοποιείται για την δημιουργία των κενών τοποθέτησης πλαισίου και κοχλία κίνησης .....	81
Εικόνα 77: Δημιουργία κενών τοποθέτησης πλαισίου και κοχλία κίνησης με την χρήση της εντολής extrude .....	81
Εικόνα 78: Εικόνα στερεού με την δημιουργία των κενών (οπίσθια) .....	82
Εικόνα 79: Εικόνα στερεού με την δημιουργία των κενών (εμπρόσθια) .....	82
Εικόνα 80: Αφαίρεση υλικού μεταξύ των δύο κενών τοποθέτησης πλαισίου και κοχλία με την χρήση της εντολής extrude .....	83
Εικόνα 81: Εικόνα στερεού μετά την αφαίρεση του ενδιάμεσου υλικού .....	83
Εικόνα 82: Δημιουργία οπής τοποθέτησης ήλου με την χρήση της εντολής hole .....	84
Εικόνα 83: Τρισδιάστατο μοντέλο υποστηρίγματος κίνησης κοχλία (επάνω λήψη) .....	84
Εικόνα 84: Τρισδιάστατο μοντέλο υποστηρίγματος κίνησης κοχλία (οπίσθια λήψη) .....	85
Εικόνα 85: Δημιουργία κυλίνδρου με την χρήση της εντολής revolve .....	86
Εικόνα 86: Δημιουργία τομής σπειρώματος .....	86
Εικόνα 87: Εντολή σπειρώματος και προσομοίωση αποτελέσματος .....	87
Εικόνα 88: Επιλογή βήματος (pitch) και μήκους (height) σπειρώματος στην εντολή coil .....	87
Εικόνα 89: Κοπή πλαϊνών τμημάτων κυλίνδρου με την χρήση της εντολής extrude cut .....	88
Εικόνα 90: Δημιουργία εσωτερικής διαμόρφωσης στο ένα πλαϊνό του κοχλία με την εντολή extrude cut .....	89
Εικόνα 91: Αποτέλεσμα της εντολής extrude cut στο πλαϊνό του κυλίνδρου .....	89
Εικόνα 92: Μεταφορά της διαμόρφωσης και στην άλλη πλευρά του κοχλία με την εντολή mirror .....	90
Εικόνα 93: Αποτέλεσμα της εντολής mirror στην δεύτερη πλευρά του κοχλία .....	90
Εικόνα 94: Δημιουργία πάνω μέρους κλειδιού με την χρήση της εντολής extrude .....	91
Εικόνα 95: Γεωμετρία κεφαλής κοχλία στο μέσο επίπεδο .....	91
Εικόνα 96: Επιφάνεια που καλύπτει περιμετρικά το διάγραμμα που έχει δημιουργηθεί στο μέσο επίπεδο .....	92
Εικόνα 97: Δημιουργία κεκλιμένου επιπέδου και project geometry σε αυτό του αρχικού sketch .....	93
Εικόνα 98: Εμφανής η γωνία μεταξύ του νέου επιπέδου και του μέσου επιπέδου της κεφαλής .....	93
Εικόνα 99: Τα δύο τελικά κεκλιμένα επίπεδα με τα sketch τους .....	94
Εικόνα 100: Μια δεύτερη όψη των δύο επιπέδων που καθιστά εμφανή την μεταξύ τους γωνία .....	94
Εικόνα 101: Δημιουργία της κεφαλής με την εντολή loft .....	95
Εικόνα 102: Κατασκευή πρώτου δοντιού με την χρήση της εντολής extrude .....	95
Εικόνα 103: Κατασκευή των υπόλοιπων δοντιών με την χρήση της εντολής rectangular pattern .....	96
Εικόνα 104: Δημιουργία καμπυλότητας στην πάνω πλευρά της κεφαλής .....	97
Εικόνα 105: Τελική μορφή κοχλία (1) .....	97

Εικόνα 106: Τελική μορφή κοχλία (2).....	98
Εικόνα 107: Τελική μορφή κεφαλής κοχλία .....	98
Εικόνα 108: Δημιουργία αρχικού κυλίνδρου .....	99
Εικόνα 109: Διάνοιξη οπής τροχού.....	100
Εικόνα 110: Σχεδιασμός σπείρας σε sketch σε επίπεδο που βρίσκεται στην μέση του τροχού .....	100
Εικόνα 111: Εντολή κατασκευής σπειρώματος coil .....	101
Εικόνα 112: Τελική μορφή τροχού με το σπείρωμα μέσα στην οπή .....	101
Εικόνα 113: Τομή στο κέντρο του τροχού όπου φαίνεται το σπείρωμα που έχει δημιουργηθεί.....	102
Εικόνα 114: Δημιουργία sketch με την μισή τομή του ήλου 1 στο επίπεδο αναφοράς.....	102
Εικόνα 115: Εκτέλεση εντολής revolve για την δημιουργία του τρισδιάστατου ήλου 1 .....	103
Εικόνα 116: Δημιουργία καμπυλότητας στο κάτω μέρος της κεφαλής του ήλου 1 .....	104
Εικόνα 117: Δημιουργία sketch με την μισή τομή του ήλου 2 στο επίπεδο αναφοράς.....	104
Εικόνα 118: Εκτέλεση εντολής revolve για την δημιουργία του τρισδιάστατου ήλου 2 .....	105
Εικόνα 119: Τελική τρισδιάστατη μορφή τεμαχίου ήλου 2 .....	105
Εικόνα 120: Sketch πλαϊνής όψης φύλλου υποστήριξης 1 .....	106
Εικόνα 121: Εντολή extrude για την δημιουργία του φύλλου υποστήριξης 1.....	107
Εικόνα 122: Δημιουργία οπής στο φύλλο υποστήριξης 1.....	107
Εικόνα 123: Τελικό τρισδιάστατο μοντέλο φύλλου υποστήριξης 1.....	108
Εικόνα 124: Sketch της πλαϊνής όψης του φύλλου υποστήριξης 2 .....	108
Εικόνα 125: Εντολή extrude για την δημιουργία του τρισδιάστατου στερεού για το φύλλο υποστήριξης 2 .....	109
Εικόνα 126: Εντολή hole για την δημιουργία της οπής του φύλλου υποστήριξης 2.....	110
Εικόνα 127: Τελικό τρισδιάστατο μοντέλο φύλλου υποστήριξης 2.....	110
Εικόνα 128: Περιορισμός flush μεταξύ των επιπέδων αναφοράς YZ του συναρμολογήματος και του πλαισίου.....	112
Εικόνα 129: Περιορισμός flush μεταξύ των XY επιπέδων αναφοράς του συναρμολογήματος και του πλαισίου.....	112
Εικόνα 130: Περιορισμός flush των XZ επιπέδων αναφοράς τους συναρμολογήματος και του πλαισίου .....	113
Εικόνα 131: Περιορισμός ταύτισης του άξονα των οπών μεταξύ υποστηρίγματος και πλαισίου .....	113
Εικόνα 132: Περιορισμός ταύτισης κεντρικών επιπέδων πλαισίου και υποστηρίγματος.....	114
Εικόνα 133: Περιορισμός γωνίας μεταξύ επιπέδου του υποστηρίγματος και του πλαισίου.....	114
Εικόνα 134: Επιλογή εντολής Analyze Interference .....	115
Εικόνα 135: Επιλογή υποστηρίγματος ως σεν 1 .....	115
Εικόνα 136: Επιλογή πλαισίου ως σεν 2 .....	116
Εικόνα 137: Μη ύπαρξη τομής μεταξύ των δύο αντικειμένων .....	116
Εικόνα 138: Ταύτιση κατακόρυφων επιπέδων μεταξύ κοχλία και πλαισίου.....	117
Εικόνα 139: Ταύτιση πλαϊνών επιφανειών μεταξύ κοχλία και πλαισίου.....	117
Εικόνα 140: Ταύτιση επιπέδων κάτω μέρους κεφαλιού κοχλία και πάνω μέρους κεφαλιού πλαισίου .	118
Εικόνα 141: Περιορισμός ταύτισης αξόνων μεταξύ τροχού και κοχλία.....	118
Εικόνα 142: Περιορισμός ταύτισης κεντρικού επιπέδου τροχού με το κεντρικό επίπεδο της θέσης τοποθέτησης του τροχού στο υποστήριγμα.....	119
Εικόνα 143: Περιορισμός γωνίας μεταξύ επιπέδου του τροχού και επιπέδου του άξονα.....	119
Εικόνα 144: Περιορισμός ταύτισης άξονα ήλου και οπής .....	120

Εικόνα 145: Περιορισμός ταύτισης επιπέδων κάτω μέρος κεφαλής ήλου και υποστηρίγματος.....	120
Εικόνα 146: Περιορισμός μηδενικής γωνίας μεταξύ επιπέδου του ήλου και του πλαισίου .....	121
Εικόνα 147: Περιορισμός ταύτισης αξόνων μεταξύ της οπής του φύλλου υποστήριξης και του πλαισίου .....	121
Εικόνα 148: Περιορισμός ταύτισης πίσω πλευράς φύλλου υποστήριξης και πλαϊνής πλευράς πλαισίου .....	122
Εικόνα 149: Περιορισμός ταύτισης άξονα ήλου με την οπή στην οποία τοποθετείται .....	122
Εικόνα 150: Περιορισμός ταύτισης πίσω επιφάνειας κεφαλής ήλου με την μπροστά επιφάνεια του φύλλου υποστήριξης .....	123
Εικόνα 151: Περιορισμός ταύτισης άξονα οπής φύλλου υποστήριξης με τον άξονα της οπής του πλαισίου.....	123
Εικόνα 152: Ταύτιση πίσω πλευράς φύλλου υποστήριξης με την πλαϊνή πλευρά του πλαισίου .....	124
Εικόνα 153: Περιορισμός ταύτισης πίσω πλευράς κεφαλής ήλου με την μπροστινή πλευρά του φύλλου υποστήριξης.....	124
Εικόνα 154: Ταύτιση άξονα ήλου με τον άξονα της οπής του φύλλου υποστήριξης .....	125
Εικόνα 155: Τελική μορφή συναρμολόγηματος.....	125
Εικόνα 156: Επιλογή εντολής Degree of freedom analysis .....	126
Εικόνα 157: Μηδενικοί βαθμοί ελευθερίας για όλα τα επιμέρους τεμάχια που αποτελούν το συναρμολόγημα .....	126
Εικόνα 158: Περιορισμός motion μεταξύ τροχού και κοχλίας.....	127
Εικόνα 159: Δημιουργία περιορισμού γωνίας μεταξύ του τροχού και του υποστηρίγματος .....	128
Εικόνα 160: Επιλογή εντολής drive.....	128
Εικόνα 161: Εντολή drive για περιστροφή του τροχού κατά 360 μοίρες.....	129
Εικόνα 162: Αποτέλεσμα εκτέλεσης εντολής drive .....	129

## **Κεφάλαιο 1<sup>ο</sup>:**

### **Εισαγωγή - Σκοπός και στόχος της εργασίας**

#### **1<sup>α</sup>) Εισαγωγή - σημασία 3D παραμετρικού σχεδιασμού στην βιομηχανία**

Ο παραμετρικός σχεδιασμός έχει επιφέρει μια πραγματική επανάσταση στην παγκόσμια βιομηχανία από τη στιγμή που αναπτύχθηκε και εφαρμόστηκε. Η χρήση του πλέον έχει εφαρμοστεί σε πάρα πολλούς ξεχωριστούς τομείς πέραν της μηχανολογίας, όπως η ηλεκτρολογία, οι αυτοματισμοί και η ρευστοδυναμική/ ρευστομηχανική.

Οι χρήσεις του είναι πολυσχιδείς και πλέον σπάνια υφίσταται εκσυγχρονισμένη βιομηχανία που να μην χρησιμοποιεί ένα σχεδιαστικό 3D παραμετρικό πρόγραμμα για τον σχεδιασμό των προϊόντων της.

Όσον αφορά τον τομέα της μηχανολογίας ο τρισδιάστατος παραμετρικός σχεδιασμός κατέχει καθοριστικό και κομβικό ρόλο. Στον κλάδο του κατασκευαστικού τομέα διδάσκεται σε κάθε πανεπιστήμιο και εφαρμόζεται σε πληθώρα βιομηχανιών. Μερικά παραδείγματα είναι οι κατασκευαστικές εταιρείες για τον σχεδιασμό μηχανημάτων, τα προηγμένα μηχανουργεία με CNC μηχανήματα για την δημιουργία κώδικα, οι τεχνικές εταιρείες ανάληψης δημοσίων έργων και άλλες.

Η χρησιμότητα του 3D σχεδιασμού διακρίνεται από κάποια πλεονεκτήματα, τα κυριότερα εξ αυτών είναι:

- Ο σχεδιασμός προσδίδει κάποιες πολύ σημαντικές ιδιότητες όπως η περιστροφή και καλύτερη οπτική αντίληψη και αίσθηση στον σχεδιαστή.
- Η οπτική βοήθεια οδηγεί σε μεγαλύτερες και σημαντικότερες καινοτομίες.
- Ο έλεγχος του σχεδίου καθίσταται ευκολότερος, ενώ υπάρχουν και εργαλεία ελέγχου όπου εξαλείφουν τη πιθανότητα παράβλεψης σφαλμάτων.
- Η καλαισθησία και το οπτικά αρεστό αποτέλεσμα, όπου αυτό απαιτείται, είναι σημαντικά ευκολότερο.
- Βελτιώνεται η ανταγωνιστικότητα του σχεδιαστή, μειώνονται οι κύκλοι σχεδιασμού και η κύρια κατασκευαστική διαδικασία με αποτέλεσμα την επιτάχυνσή της.
- Καθίσταται πολύ γρήγορη και απλή η διαδικασία του διαμοιρασμού των πληροφοριών του σχεδίου μέσα στην εταιρεία, καθώς επίσης και ανάμεσα σε προμηθευτές και πελάτες.

Άμεσο αντίκτυπο των παραπάνω είναι η μείωση του χρόνου μεταξύ των διαδικασιών που περιγράφονται παραπάνω. Επομένως, είναι εφικτή η μείωση του κόστους για ένα

προϊόν, με συνέπεια την αύξηση στα περιθώρια κέρδους ή ακόμη και τη μείωση των τιμών.

### **1<sup>β</sup>) Σκοπός και στόχος της εργασίας**

Σκοπός της παρούσας εργασίας είναι η παρουσίαση των εντολών, των εργαλείων αλλά και των μεθόδων παραμετρικής 3D σχεδίασης του σχεδιαστικού προγράμματος της Autodesk που ονομάζεται Inventor. Για τον σκοπό αυτό, θα παρουσιαστεί στο δεύτερο μέρος της εργασίας η σχεδίαση ενός μηχανισμού βήμα προς βήμα, προκειμένου να γίνει βαθύτερα κατανοητή η μεθοδολογία.

Στόχος προς τον αναγνώστη είναι να έρθει σε επαφή με το πρόγραμμα και με προσεκτική μελέτη της εργασίας να μπορέσει να εξοικειωθεί με το περιβάλλον και τις λειτουργίες του προγράμματος. Επιπλέον, να μπορεί να σχεδιάσει και να χρησιμοποιήσει με άνεση τα εργαλεία που θα παρουσιαστούν και να φέρει σε πέρας συναρμολογήσεις και μελέτες σχεδιασμού.



## **Κεφάλαιο 2<sup>ο</sup>:**

### **Εκκίνηση - Πρώτες ενέργειες - Διαχείριση Project**

Το Autodesk Inventor είναι προσανατολισμένο στον τομέα ολοκληρωμένου σχεδιασμού μηχανημάτων. Ενσωματώνει ειδικές εφαρμογές για τον σχεδιασμό σωληνώσεων, ηλεκτρολογικών οδών και ηλεκτρονικών πλακετών από λογισμικό τρίτων κατασκευαστών. Επιπλέον, εμπεριέχει ένα υποσύστημα υπολογισμών τύπου πεπερασμένων στοιχείων σε επίπεδο εξαρτήματος βασισμένο στην τεχνολογία του προγράμματος ANSYS<sup>2</sup>.

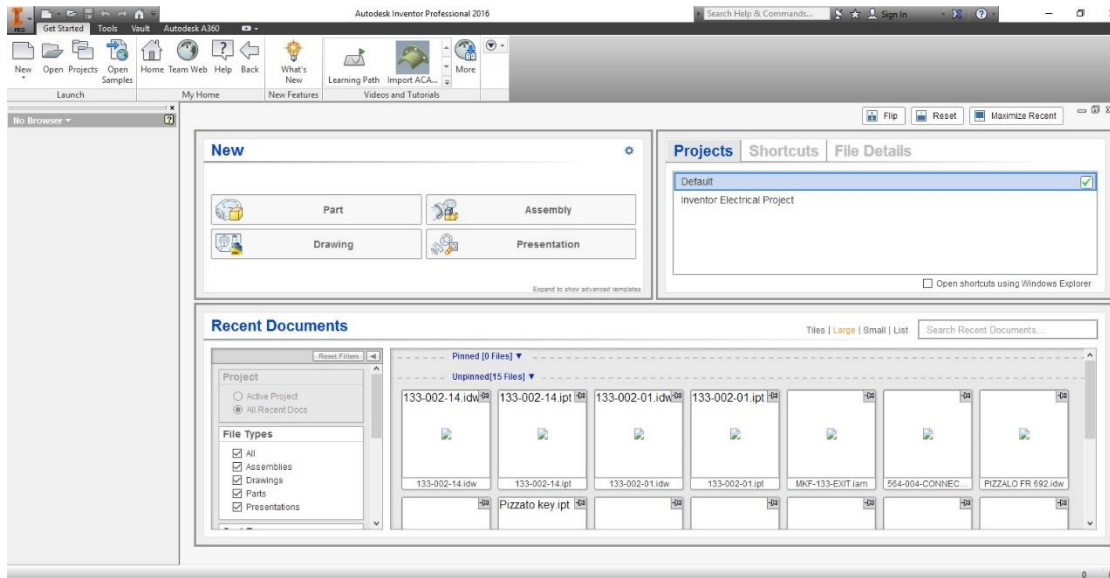
#### **2<sup>α</sup>) Έναρξη προγράμματος - επιλογές - πρώτες ενέργειες**

Στην **εικόνα 1** διακρίνεται η αρχική οθόνη εκκίνησης του προγράμματος. Σε αυτήν διακρίνεται στο επάνω μέρος η μπάρα εργαλείων όπου περιλαμβάνει την έναρξη νέου (New) δοκιμίου. Αμέσως δεξιά, η επιλογή για άνοιγμα (Open) υπάρχοντος δοκιμίου, καθώς επίσης και το άνοιγμα των έτοιμων δειγμάτων που περιέχει το πρόγραμμα κατά την εγκατάστασή του. Δεξιότερα διακρίνεται η επιλογή Home η οποία ανοίγει την αρχική οθόνη που διακρίνεται στο κέντρο της εικόνας. Η εικόνα του Home χωρίζεται σε τρία (3) παράθυρα, το καθένα εκ των οποίων έχει κάποιες δυνατότητες και επιλογές:

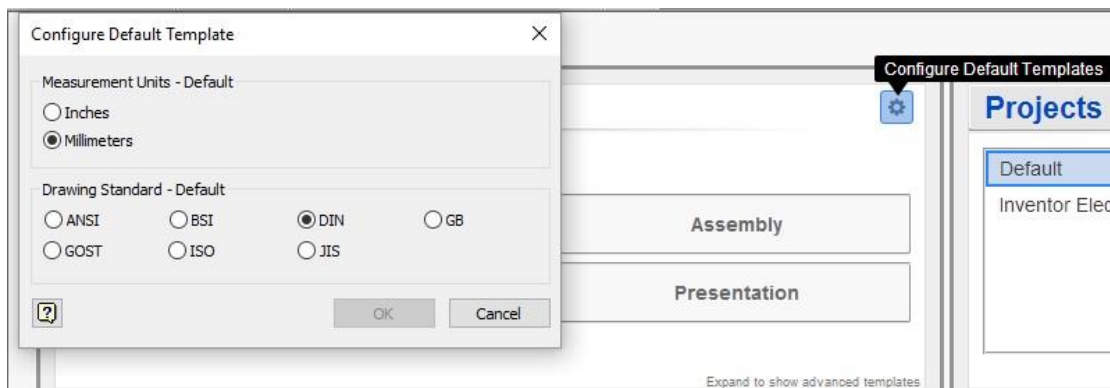
- 1) Το παράθυρο New περιλαμβάνει τις επιλογές Part, Assembly, Drawing και Presentation. Αντίστοιχα η κάθε επιλογή πρεσβεύει την δημιουργία νέου δοκιμίου, την συναρμολόγηση δοκιμίων σε ένα ενιαίο σχέδιο, την παραγωγή κατασκευαστικού σχεδίου και τέλος την δημιουργία Exploded View για συναρμολογημένα κομμάτια.  
Επιπλέον, στο παράθυρο αυτό διακρίνεται δεξιά ένα εικονίδιο (**εικόνα 2**) με σχήμα γριναζιού. Το εικονίδιο αυτό μας παρέχει τις δυνατότητες επιλογής μονάδων ανάμεσα σε ίντσες και χιλιοστά, καθώς επίσης και την επιλογή ανάμεσα στις τυποποιήσεις όπως το ISO, το DIN, το AISI και άλλα.
- 2) Το δεξιό παράθυρο περιλαμβάνει τη δυνατότητα χρήσης ανάμεσα στα διάφορα υπάρχοντα Projects, τις συντομεύσεις φακέλων (Shortcuts), αλλά και τις λεπτομέρειες των φακέλων (File details).
- 3) Τέλος, στο κάτω παράθυρο παρουσιάζονται τα τελευταία δημιουργημένα δοκίμια και υπάρχει η επιλογή ανοίγματος αυτών.

---

<sup>2</sup><http://www.infotech.edu.gr/course/autodesk-inventor/>



Εικόνα 1 Αρχική οθόνη (My Home) του προγράμματος

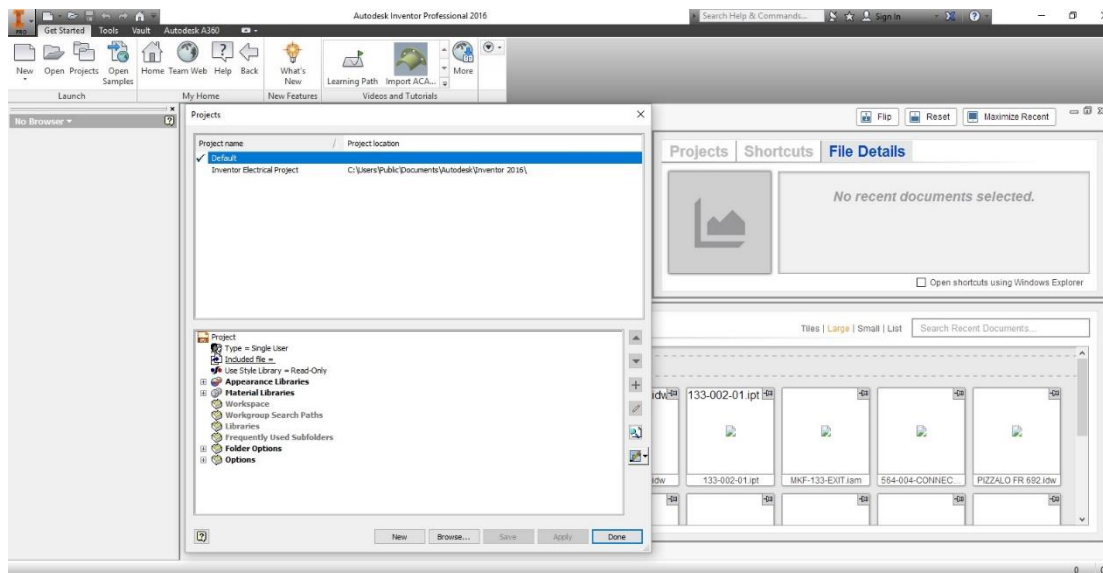


Εικόνα 2 Επιλογές τύπου μονάδων και τυποποιήσεων

## 2<sup>β</sup>) Δημιουργία και διαχείριση Project

Για τον σχεδιασμό ενός μηχανήματος ή ενός μηχανισμού θα πρέπει ο χρήστης αρχικά να δημιουργήσει ένα νέο (New) Project, όπως φαίνεται στην **εικόνα 3**. Ο χρήστης θα πρέπει να ορίσει το χώρο εργασίας (Workspace) μέσα στις επιλογές φακέλων (Folder Options), τις βιβλιοθήκες (Libraries) και οτιδήποτε άλλο επιθυμεί. Ο ορισμός του χώρου εργασίας είναι πολύ σημαντικός, καθώς εκεί θα αποθηκεύεται κάθε καινούργιο δοκίμιο που θα δημιουργεί ο χρήστης έχοντας σαν ενεργό το συγκεκριμένο Project, το οποίο θα λάβει και ένα συγκεκριμένο όνομα.

## Παραμετρική 3D σχεδίαση και μοντελοποίηση με Autodesk Inventor



Εικόνα 3 Δημιουργία νέου Project ή τροποποίηση παλιού και καθορισμός παραμέτρων

## Κεφάλαιο 3<sup>ο</sup>:

### 2DSketch - Εντολές Line, Circle, Arc, Rectangle, Fillet, Text, Point

Μετά τη δημιουργία Project ο χρήστης είναι έτοιμος να ξεκινήσει τον σχεδιασμό ενός καινούργιου δοκιμίου. Αυτό μπορεί να συναρμολογηθεί αν αυτό είναι απαραίτητο είτε να μείνει ακέραιο αν αυτό είναι αρκετό. Για την δημιουργία νέου τεμαχίου ο χρήστης θα πρέπει να ξεκινήσει ένα νέο part όπως φαίνεται στην **εικόνα 1** επάνω αριστερά.

#### 3.1<sup>α</sup>) Δημιουργία 2D Sketch

Μετά τη δημιουργία νέου δοκιμίου (New, **εικόνα 1**) ο χρήστης θα πρέπει να δημιουργήσει, είτε ένα δισδιάστατο, είτε ένα τρισδιάστατο Sketch. Στο αρχικό επίπεδο σχεδιασμού θα ασχοληθούμε με το 2D Sketch το οποίο χρησιμοποιείται κυρίως για Solid modelling και Sheet Metals (Λαμαρίνες). Επομένως, ο χρήστης θα πρέπει να επιλέξει σύμφωνα με την **εικόνα 4**.



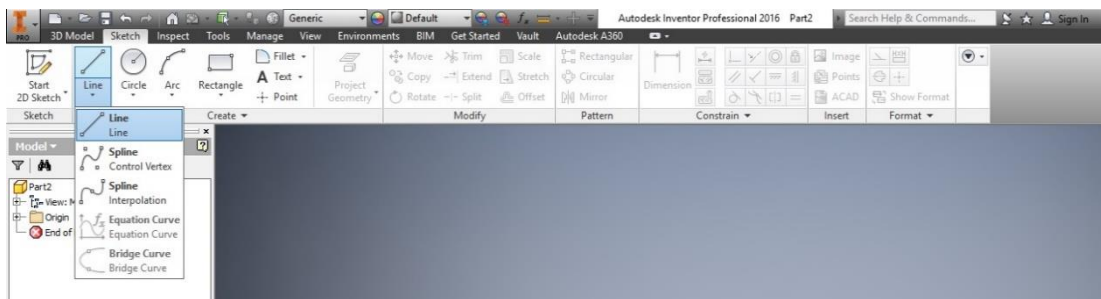
**Εικόνα 4** Δημιουργία 2D και 3D Sketch

Με την έναρξη ενός 2D Sketch το επόμενο βήμα είναι ο σχεδιασμός του Sketch μέσω των εντολών που δίνονται από το πρόγραμμα. Σε πολλές από αυτές τις επιλογές περιλαμβάνονται και κάποιες ακόμη μέσα, όπως για παράδειγμα στην εντολή Line περιλαμβάνεται η εντολή Spline.

Παρακάτω αναλύεται η κάθε εντολή μαζί με ένα παράδειγμα:

### 3.1<sup>β</sup>) Εντολή Line

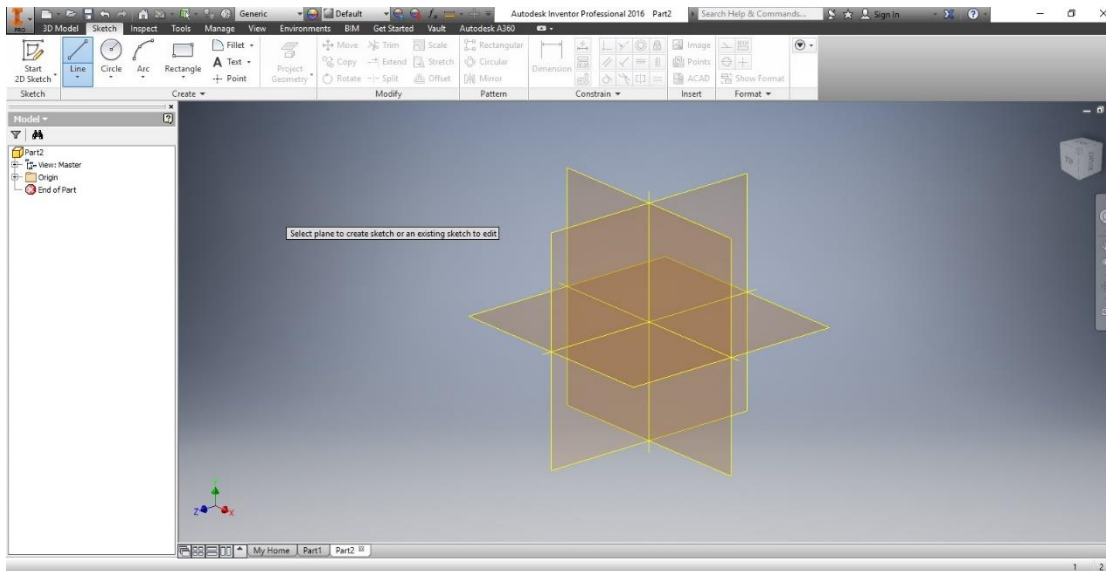
Η εντολή Line κρύβει μέσα της την επιλογή Spline, μέσω της παραμετροποίησης των νοητών ακμών και μέσω του ελέγχου των κομβικών σημείων της καθώς επίσης και μέσω εξίσωσης (equation) κατά την οποία ορίζονται κάποιες σταθερές διαστάσεις, οι τιμές των οποίων τροποποιούνται σύμφωνα με την οριζόμενη εξίσωση. Μέσα στην εντολή υπάρχει επίσης και η εντολή Bridge curve κατά την οποία μπορεί να οριστεί μια απαλή συνεχόμενη καμπύλη ανάμεσα σε δύο σημεία. Στην **εικόνα 5** παρουσιάζονται οι επιλογές αυτές.



**Εικόνα 5** Επιλογές εντολής Line

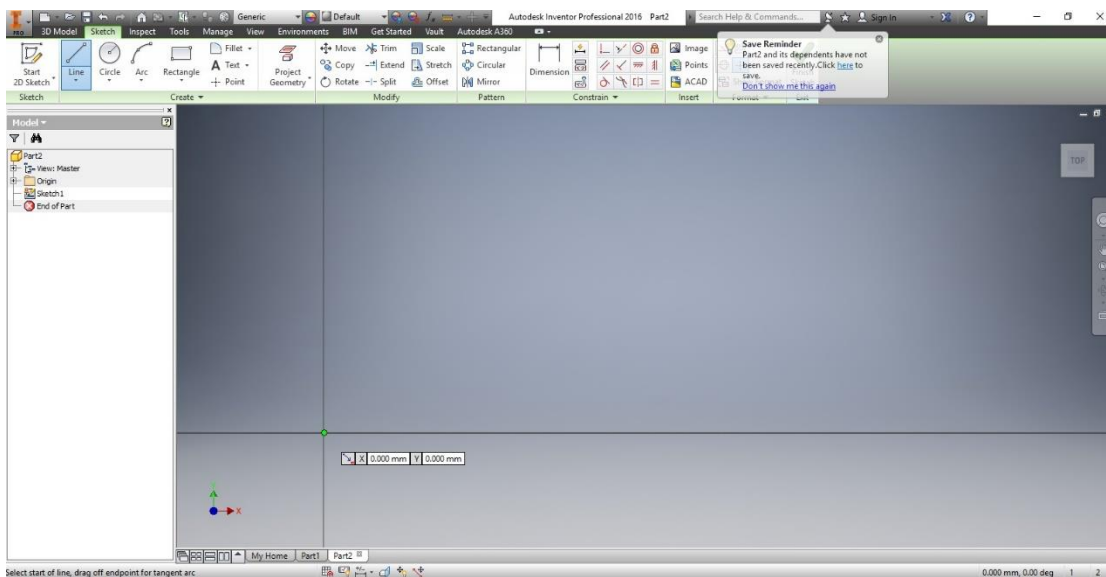
Στο επόμενο βήμα για την εκτέλεση της εντολής Line ο χρήστης θα πρέπει να επιλέξει ένα πλάνο επάνω στο οποίο θα σχεδιάσει την γραμμή (**Εικόνα 6**).

## Παραμετρική 3D σχεδίαση και μοντελοποίηση με Autodesk Inventor



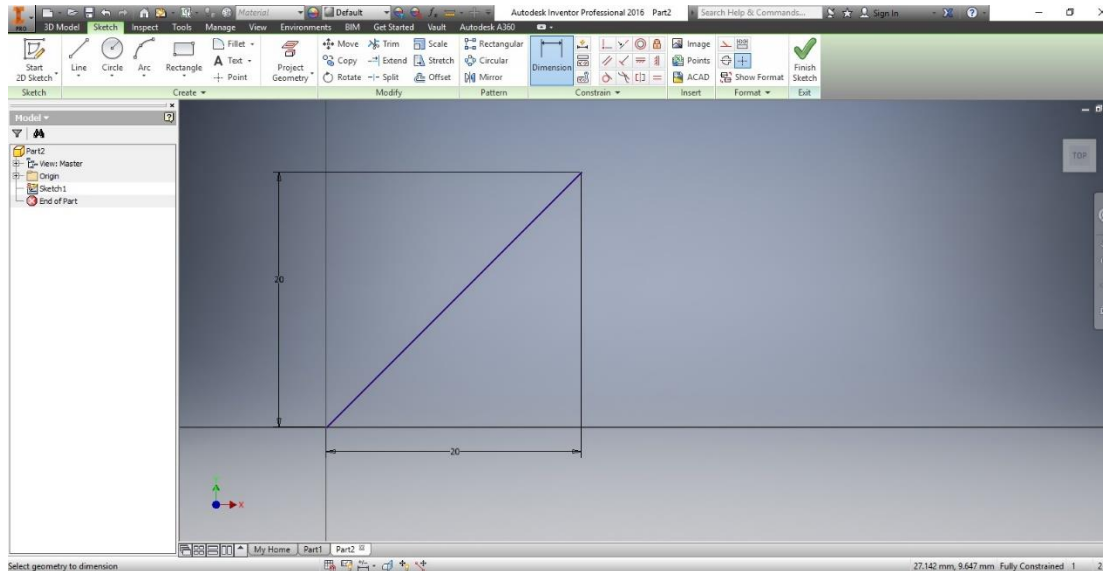
**Εικόνα 6** Επιλογή πλάνου για την εκτέλεση της εντολής Line

Μετά την επιλογή πλάνου ο χρήστης θα πρέπει να δώσει τα σημεία, είτε κάνοντας κλικ σε τυχαία σημεία τα οποία θα παραμετροποιήσει έπειτα, είτε δίνοντας τις συντεταγμένες από την αρχή των αξόνων (**εικόνα 7**).



**Εικόνα 7** Δημιουργία εντολής Line από το σημείο συντεταγμένων 0,0

Στην **εικόνα 8** διακρίνεται μια πλήρως παραμετροποιημένη γραμμή. Αυτό σημαίνει πως έχουν δοθεί όλες οι διαστάσεις που απαιτούνται για τον ορισμό της και σαν επιβεβαίωση το χρώμα της γραμμής έχει αλλάξει από πράσινο σε μπλε.

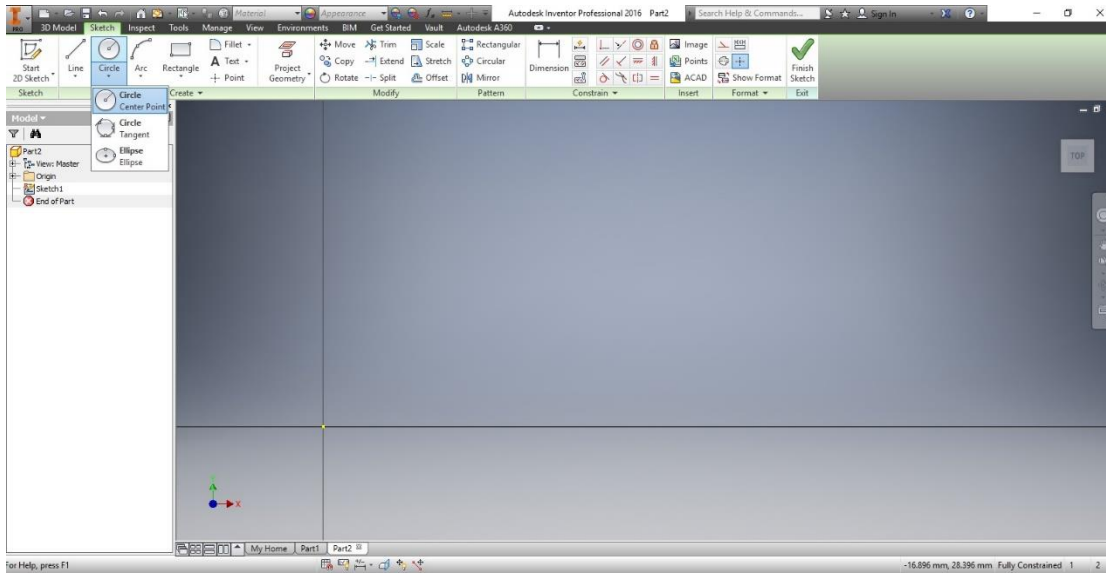


**Εικόνα 8** Πλήρως παραμετροποιημένη γραμμή

### **3.1Υ) Εντολή Circle**

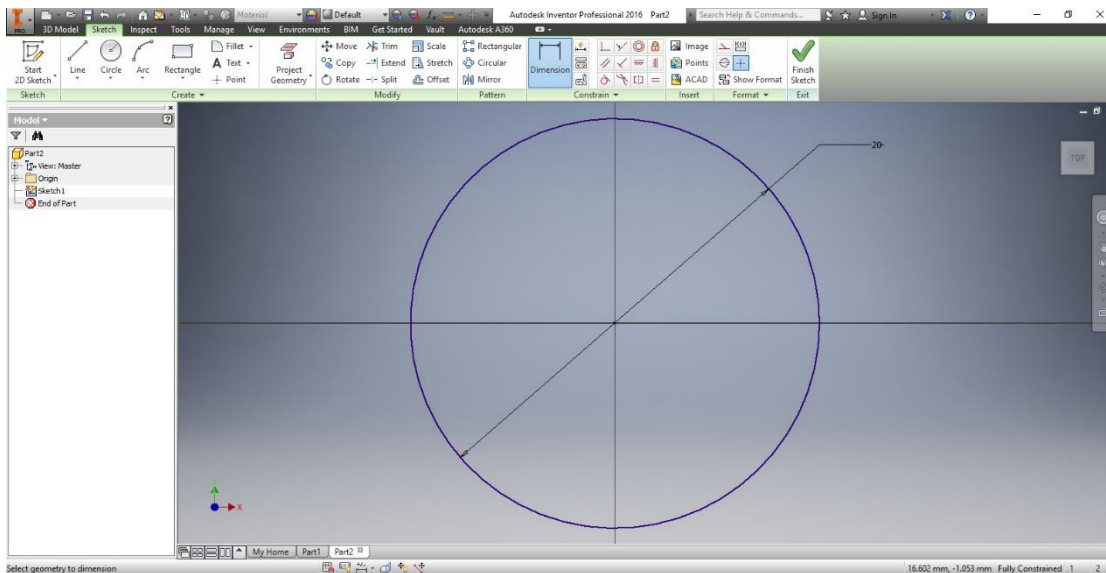
Η εντολή Circle περιλαμβάνει τις επιλογές δημιουργίας κύκλου δίνοντας το σημείο όπου θα βρίσκεται το κέντρο του κύκλου και το μέγεθος της ακτίνας, αλλά και μέσω ορισμού σε εφαπτόμενες γραμμές (Tangent Circle). Επιπλέον, στην εν λόγω εντολή εμπεριέχεται η επιλογή δημιουργίας έλλειψης (Ellipse), μέσω ορισμού του κέντρου και των σημείων των δύο ακτινών. (**Εικόνα 9**)

## Παραμετρική 3D σχεδίαση και μοντελοποίηση με Autodesk Inventor



**Εικόνα 9** Επιλογές εντολής Circle

Στην **εικόνα 10** παρουσιάζεται ένας πλήρως παραμετροποιημένος κύκλος, του οποίου το κέντρο περνά από την αρχή των αξόνων και η διάμετρος του είναι ίση με 20mm.

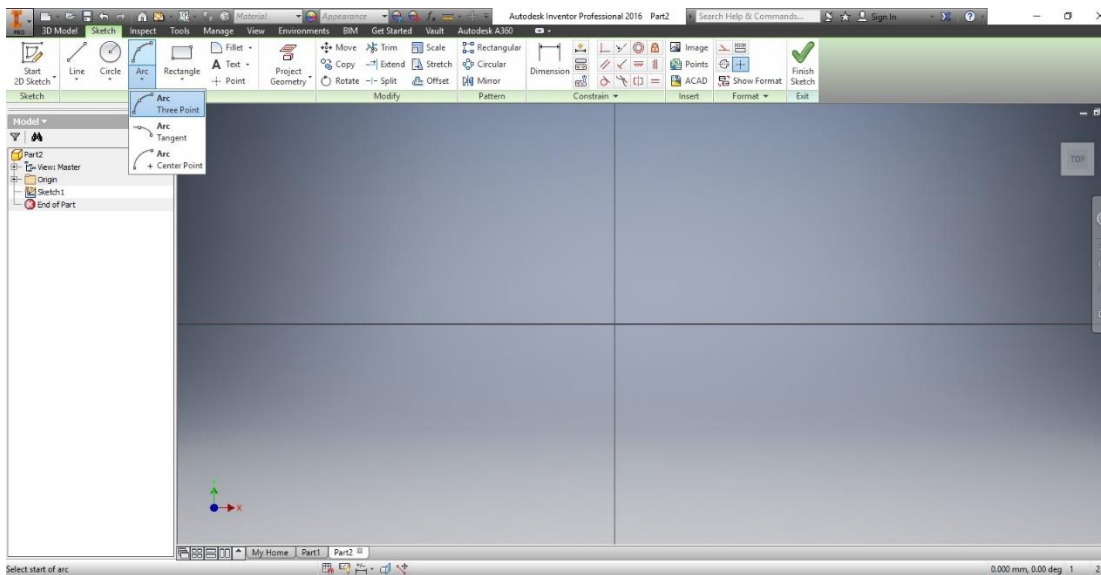


**Εικόνα 10** Πλήρως παραμετροποιημένος κύκλος με κέντρο την αρχή των αξόνων και διάμετρο 20mm



### **3.1δ) Εντολή Arc**

Η εντολή Arc περιλαμβάνει τις επιλογές δημιουργίας τόξου με τρεις τρόπους. Ο πρώτος είναι, ορίζοντας τρία σημεία και παραμετροποιώντας τα, ο δεύτερος ορίζοντας δύο σημεία τα οποία θα εφάπτονται σε δύο γραμμές και ο τρίτος ορίζοντας το κέντρο του τόξου και τα δύο ακραία σημεία. **(Εικόνα 11)**



**Εικόνα 11** Επιλογές εντολής Arc

Ο τρόπος παραμετροποίησης είναι ίδιος και εδώ όπως και στις υπόλοιπες εντολές. Είτε δίνονται οι διαστάσεις κατά τον σχεδιασμό, είτε μετά την ολοκλήρωση της εντολής.

### **3.1ε) Εντολή Rectangle**

Η εντολή Rectangle περιλαμβάνει αρκετές ακόμη επιλογές. Αυτές είναι: 3 επιλογές δημιουργίας τετραγώνου η κάθε μια με διαφορετικό ορισμό σημείων.

- A) Με ορισμό 2 σημείων, του αριστερά κάτω ακραίου σημείου και του δεξιά επάνω.
- B) Με ορισμό 3 συνεχόμενων σημείων-ακμών του τετραγώνου.

Γ) Με ορισμό 3 σημείων του τετραγώνου, του κέντρου της μιας ακμής της μιας πλευράς και του σημείου της μεσοκάθετης αυτού.

Η εντολή Rectangle περιλαμβάνει επίσης 5 επιλογές δημιουργίας οπών με αυλάκι, ή αλλιώς των λεγόμενων slots.

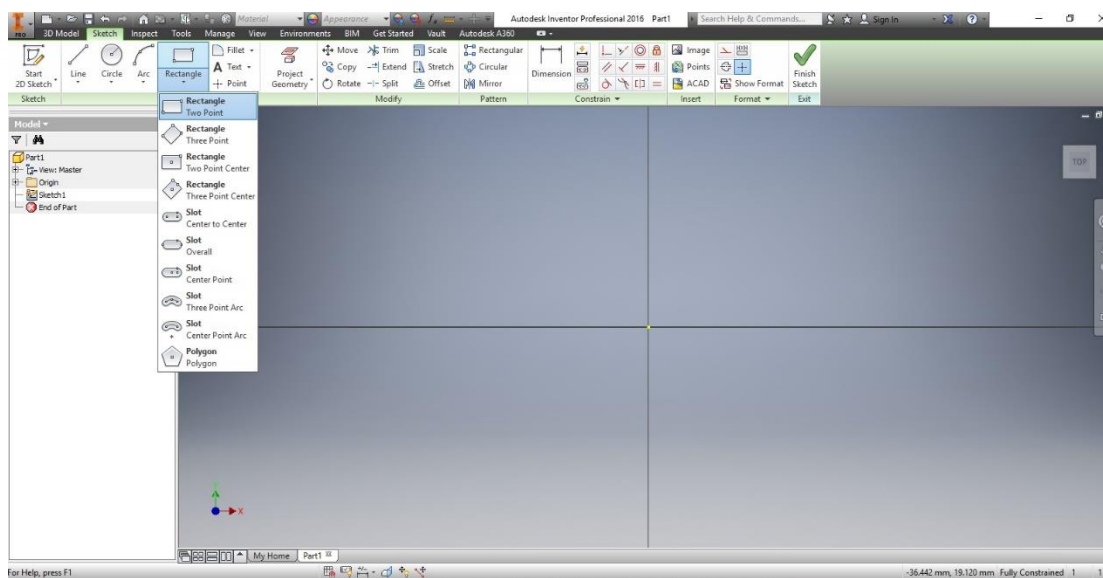
1. Δημιουργία slot δίνοντας 3 σημεία. Τα δύο κέντρα και την ακτίνα του slot.
2. Δημιουργία slot δίνοντας 3 σημεία, τα δύο ακραία και την ακτίνα του slot.
3. Δημιουργία slot δίνοντας 3 σημεία, το κέντρο του slot, το κέντρο του δεύτερου κύκλου και της ακτίνας του.

Στην εντολή αυτή περιλαμβάνονται 2 επιλογές δημιουργίας κυκλικού slot.

4. Δημιουργία κυκλικού slot δίνοντας 3 σημεία. Το κέντρο του slot αλλά και τα κέντρα των δύο άλλων κύκλων.
5. Δημιουργία κυκλικού slot δίνοντας 3 σημεία. Το κέντρο του κύκλου γύρω από το οποίο θα είναι το slot και των δύο κέντρων των δύο κύκλων.

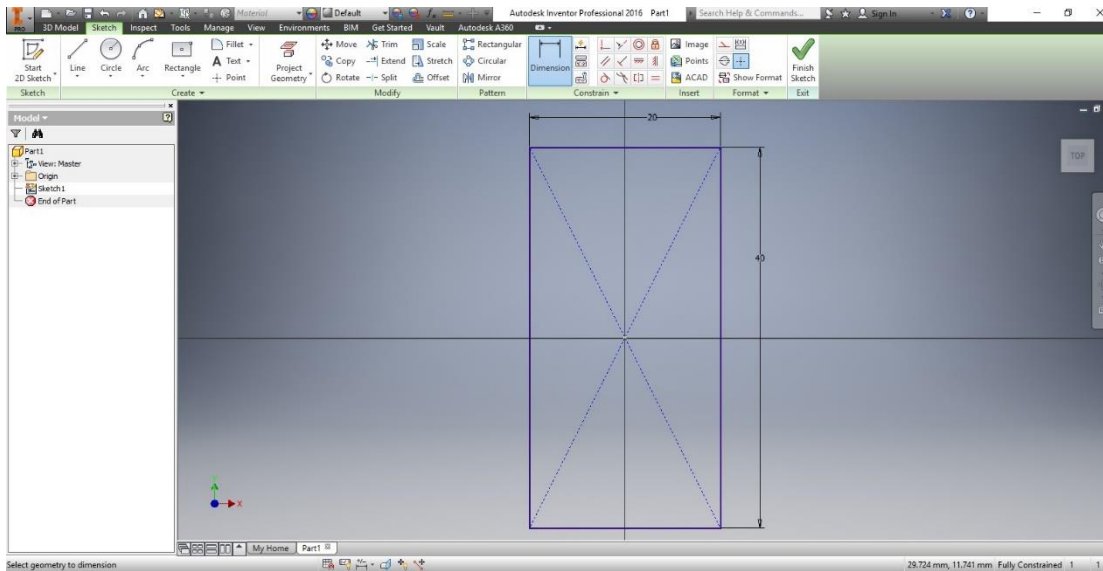
Τέλος, στην εντολή περιλαμβάνεται η δημιουργία πολυγώνου, μέσω του ορισμού των ακμών ή πλευρών του και της μετέπειτα παραμετροποίησης των διαστάσεων.

Όλες οι εντολές διακρίνονται στην **εικόνα 12**.



**Εικόνα 12** Επιλογές εντολής Rectangle

Στην **εικόνα 13** διακρίνεται ένα πλήρως παραμετροποιημένο τετράγωνο.

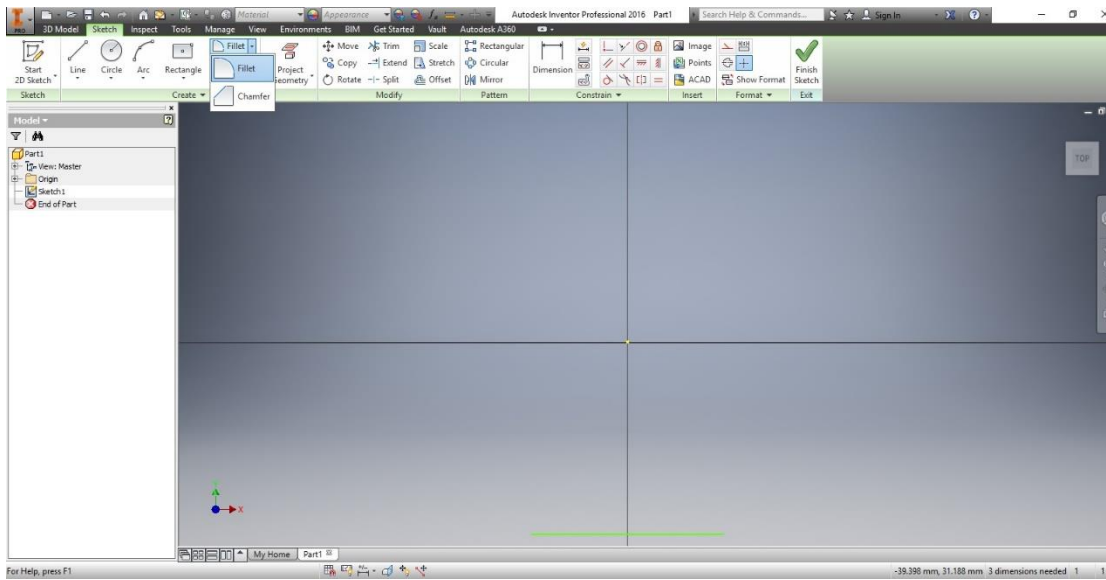


**Εικόνα 13** Πλήρως παραμετροποιημένο τετράγωνο με πλευρές 20x40mm

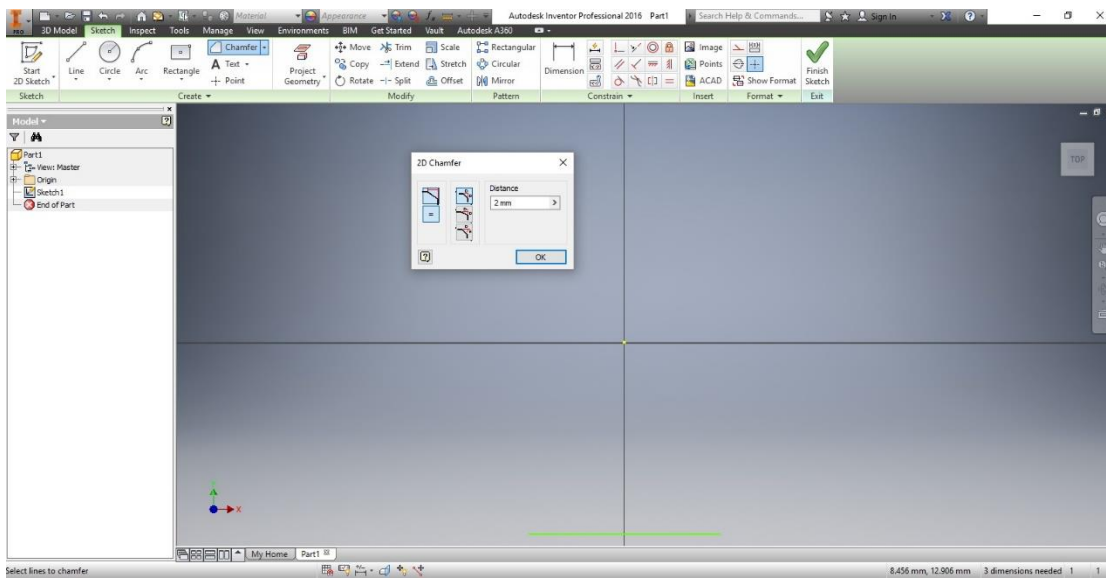
### **3.1<sup>στ</sup>) Εντολή Fillet/Chamfer**

Στην εντολή Fillet περιλαμβάνεται η επιλογή Chamfer, όπως φαίνεται στην **εικόνα 14**. Με τη χρήση αυτής της εντολής υπάρχει η δυνατότητα δημιουργίας ακτίνας ή σπασίματος ανάμεσα σε δύο γραμμές οι οποίες δεν είναι παράλληλες και συναντιούνται. Η εκτέλεση της εντολής πραγματοποιείται με την επιλογή της εικόνας που απαιτείται (Fillet/Chamfer) και έπειτα της επιλογής των γραμμών που θα υποστούν την εντολή. Θα πρέπει να παραμετροποιηθεί η διάσταση είτε του Fillet είτε του Chamfer.

## Παραμετρική 3D σχεδίαση και μοντελοποίηση με Autodesk Inventor

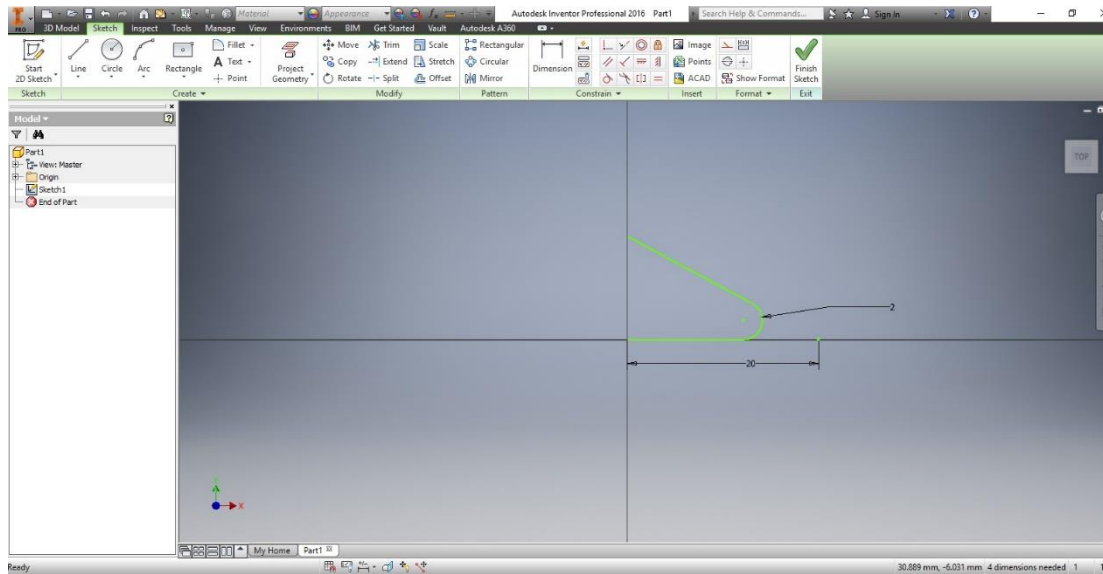


Εικόνα 14 Επιλογή εντολής Fillet



Εικόνα 15 Επιλογή εντολής Chamfer

Στην **εικόνα 16** παρουσιάζεται το αποτέλεσμα της εντολής Fillet με ακτίνα 2mm σε δύο γραμμές που δεν είναι παράλληλες και συναντιούνται.

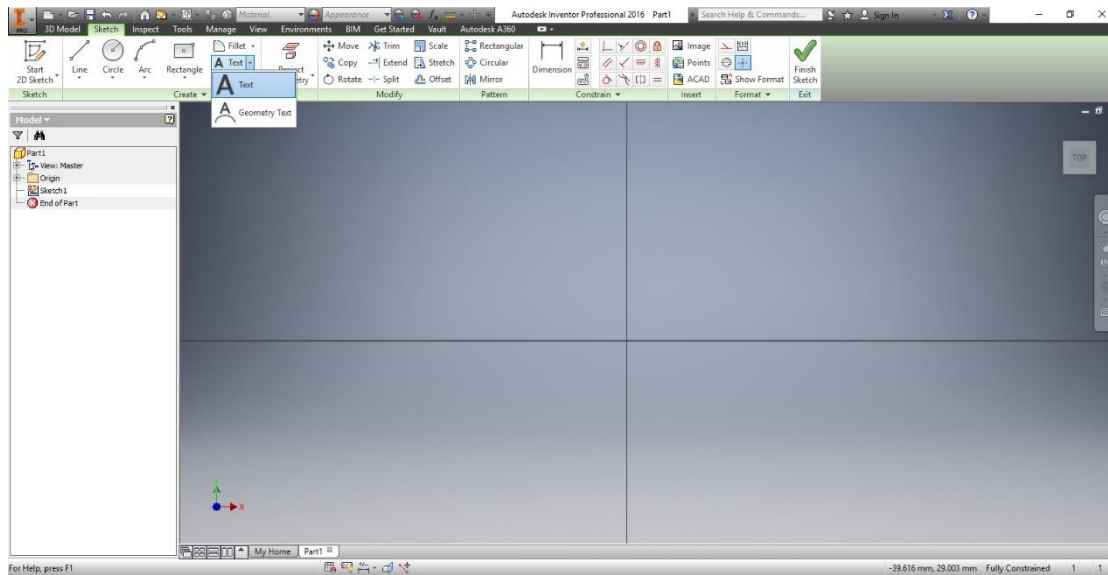


**Εικόνα 16** Αποτέλεσμα εντολής Fillet

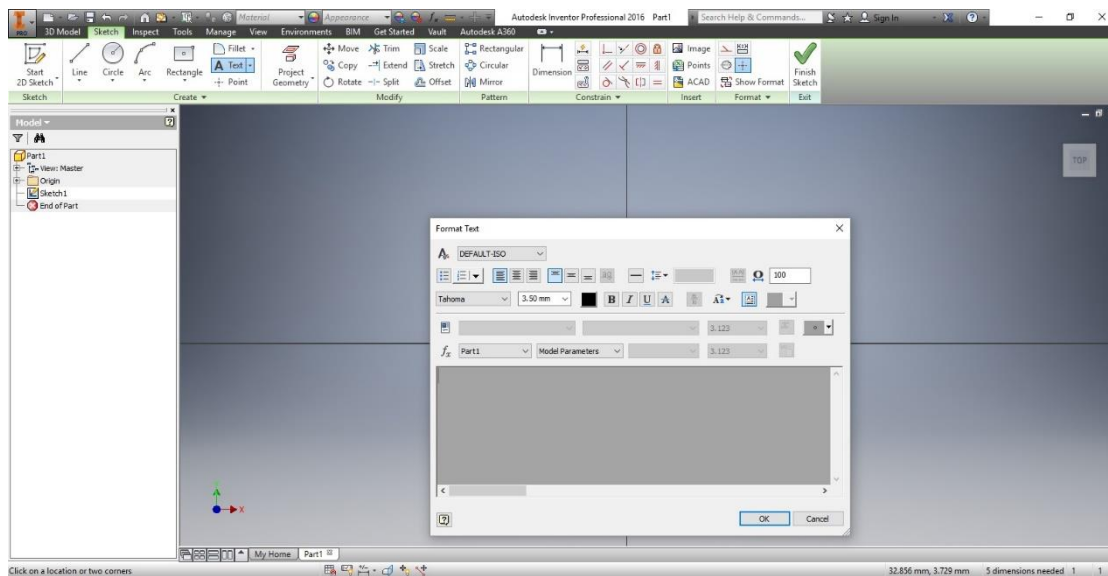
### **3.15) Εντολή Text**

Η εντολή Text περιέχει δύο τρόπους με τους οποίους μπορεί να γράψεις ένα κείμενο. Ο πρώτος, μη παραμετρικός, και ο δεύτερος αφού ο χρήστης έχει σχεδιάσει μια γραμμή την οποία θα ακολουθεί το κείμενο. Η εντολή επιτρέπει στον χρήστη να γράψει ένα κείμενο εμφανίζοντας ένα παράθυρο (Format text), το οποίο περιέχει επιλογές που μοιάζουν με το word, όπως το Font, το Bold και άλλες (**εικόνα 18**).

Στην εικόνα 17 φαίνονται οι επιλογές της εντολής Text.



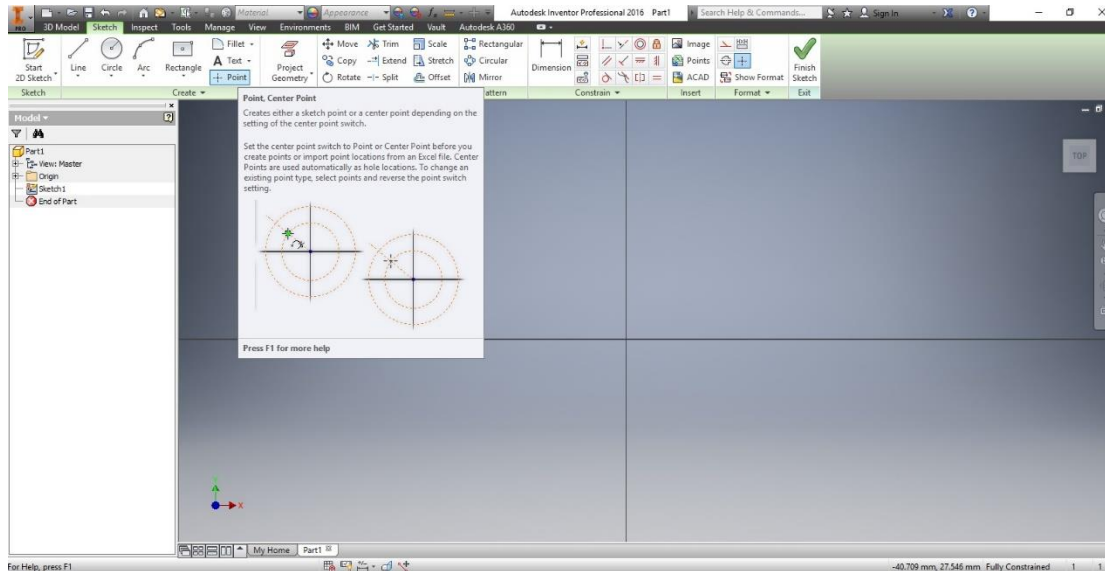
Εικόνα 17 Επιλογές εντολής Text



Εικόνα 18 Παράθυρο επιλογών γραμμή κειμένου εντολής Text

### 3.1<sup>η</sup>) Εντολή Point

Τέλος, η εντολή Point επιτρέπει στο χρήστη να προσθέσει στο σχέδιο ένα σημείο, το οποίο παραμετροποιείται μέσω διαστάσεων και μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν σημείο αναφοράς (εικόνα 19).



**Εικόνα 19** Εντολή Point

### 3.1<sup>η</sup>) Λοιπές εντολές

Κατά τη δημιουργία του Sketch, ο χρήστης έχει επιπλέον εντολές στη διάθεσή του. Η εντολή Move, επιτρέπει την κίνηση σε επιλεγμένο μέρος του σχεδίου, είτε αυτό είναι περιορισμένο με διαστάσεις είτε όχι. Η εντολή Copy, δίνει στο χρήστη τη δυνατότητα να αντιγράψει ένα μέρος ή ένα ολόκληρο sketch. Η εντολή Rotate, επιτρέπει τη περιστροφή ενός μέρους ή ολόκληρου του sketch.

Οι λειτουργία των εντολών Trim και Extend, έχει το αντίθετο αποτέλεσμα. Συγκεκριμένα, με την εντολή Trim ο χρήστης μπορεί να κόψει μια γραμμή στο κοντινότερο σε αυτήν τεμνόμενο σημείο με μια άλλη γραμμή, ενώ αντίθετα με την εντολή Extend ο χρήστης μπορεί να επιμηκύνει μια γραμμή. Με όμοιο τρόπο άλλα διαφορετικό αποτέλεσμα, η εντολή Split, η οποία δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να κόψει μια γραμμή σε δύο ή και περισσότερες ανάλογα με τα τεμνόμενα σε αυτήν σημεία.

Στη μπάρα του Sketch, ο χρήστης έχει επιπλέον κάποιες δυνατότητες, οι οποίες είναι ίδιες με το AutoCAD. Αυτές είναι: η εντολή Scale, κατά την οποία ο χρήστης μπορεί να μεγαλώσει ή να μικρύνει ένα μέρος ή ένα ολόκληρο Sketch κατά μια κλίμακα που θα

ορίσει, η εντολή **Stretch**, σύμφωνα με την οποία ο χρήστης μπορεί να μεγαλώσει κατά την κατεύθυνση που θα ορίσει ένα κλειστό Sketch και η εντολή **Offset**, μέσω της οποίας ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει μια γραμμή παράλληλη με την ήδη σχεδιασμένη κατά ένα διάστημα το οποίο θα ορίσει με διάσταση.

Επιπλέον, υπάρχουν οι χρήσιμες εντολές **Rectangular** και **Circular Pattern**, οι οποίες δίνουν στο χρήστη τη δυνατότητα να δημιουργήσει μία σειρά από γραμμές ή σχήματα που θα επιλέξει, κατά ευθεία ή κυκλική διάταξη. Οι εντολές αυτές όπως και το **Mirror** που θα αναλυθεί παρακάτω, διατίθενται εκτός από το sketch, τόσο στο Solid 3D Modeling, όσο και σε ένα Assembly.

Τέλος, υπάρχει η εντολή **Mirror**, με τη χρήση της οποίας ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει ένα είδωλο ενός μέρους ή ενός ολόκληρου Sketch.

### **3.2) Constrains**

Τα **Constrains** είναι διάφοροι περιορισμοί που μπορούμε να επιβάλλουμε στο Sketch, προκειμένου να δέσουμε γραμμές ή σχήματα μεταξύ τους, αντικαθιστώντας τις διαστάσεις όπου αυτό είναι απαραίτητο.

Υπάρχουν 10 τύποι **Constrain** οι οποίοι αναλύονται παρακάτω:

1. **Coincident constrain.** Δένει μία ή περισσότερες γραμμές ή σημεία με ένα άλλο φέρνοντάς τα σε σύνδεση.
2. **Collinear constrain.** Ενώνει μία ή περισσότερες γραμμές ή σημεία με ένα άλλο φέρνοντάς τα στην ίδια ευθεία.
3. **Concentric constrain.** Ενώνει έναν κύκλο, μία έλλειψη ή ένα τόξο με ένα άλλο φέρνοντάς τα στα ίδια κέντρα.
4. **Fix constrain.** Δένει ένα σημείο, στο σημείο στο οποίο βρίσκεται.
5. **Parallel constrain.** Φέρνει δύο επιλεγμένες γραμμές σε παραλληλότητα μεταξύ τους.
6. **Perpendicular constrain.** Φέρνει δύο επιλεγμένες γραμμές κάθετες μεταξύ τους.
7. **Horizontal constrain.** Φέρνει δύο επιλεγμένες γραμμές ή σημεία σε οριζόντια διάταξη μεταξύ τους.
8. **Vertical constrain.** Φέρνει δύο επιλεγμένες γραμμές ή σημεία σε κάθετη διάταξη μεταξύ τους.
9. **Tangent constrain.** Κάνει ένα σημείο ή μία γραμμή να εφάπτεται με έναν κύκλο ή ένα τόξο ή μία έλλειψη.
10. **Smooth constrain.** Εφαρμόζει μία απαλή κυρτότητα σε μία καμπύλη.



Τέλος, υπάρχουν κάποια βοηθητικά εργαλεία για τη διαχείριση των Sketch. Αυτά είναι οι εντολές Construction, Centerline και Centerpoint που μετατρέπουν μία κανονική γραμμή ενός Sketch σε αξονική.

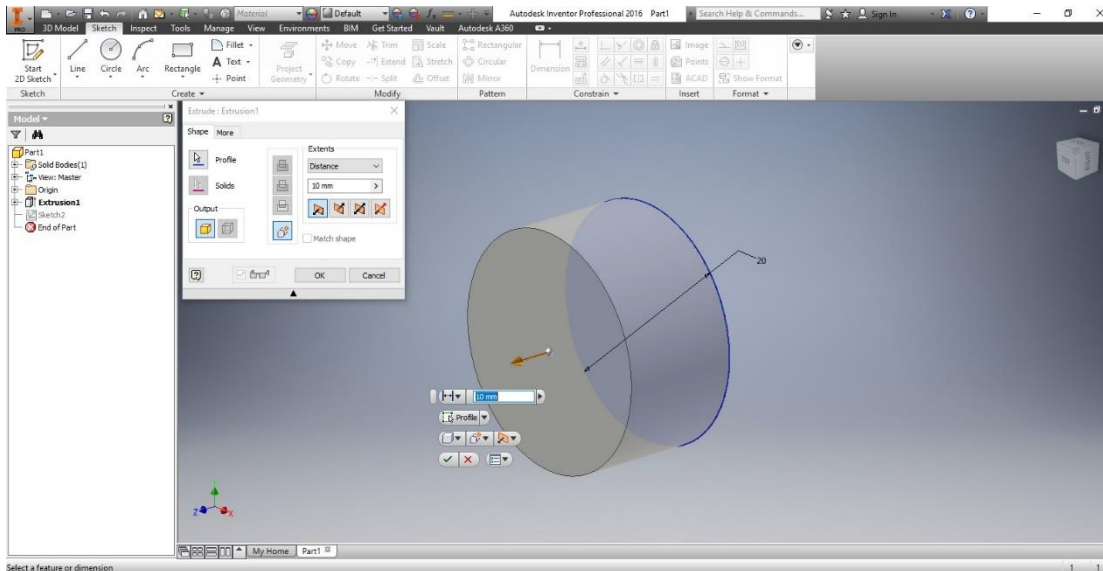
## **Κεφάλαιο 4<sup>ο</sup>:**

### **3D Solid Modeling - Εντολές και μεθοδολογία**

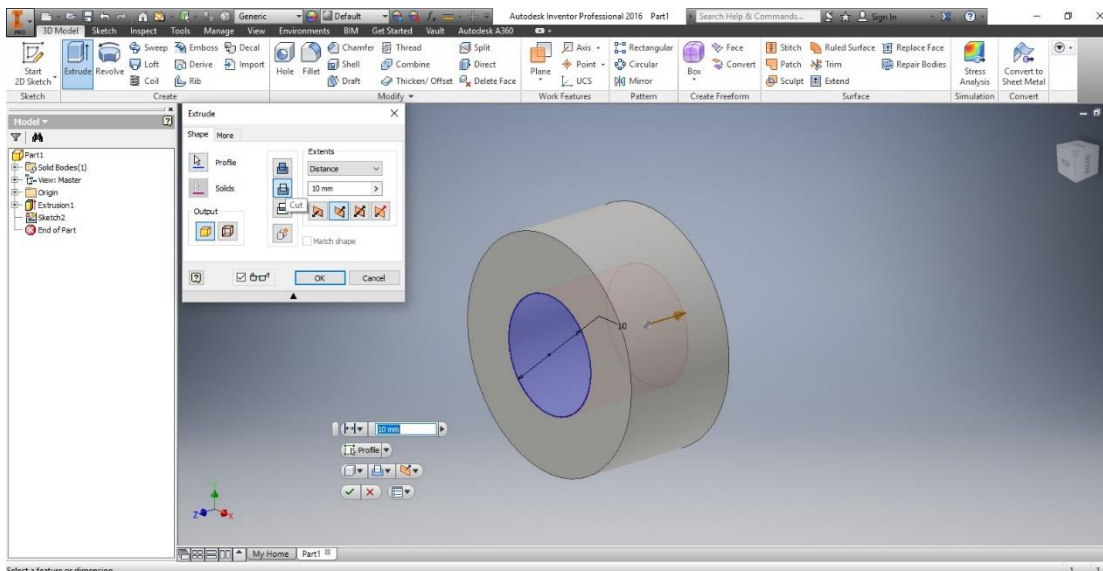
Μετά την δημιουργία του επιθυμητού Sketch ο χρήστης είναι έτοιμος για την εισαγωγή της τρίτης διάστασης. Αυτή γίνεται με τη χρήση των εργαλείων που βρίσκονται στην μπάρα 3D Model. Σε αυτή τη μπάρα υπάρχουν 3 κατηγορίες εργαλείων: α) η κατηγορία Create, όπου περιλαμβάνει τα εργαλεία δημιουργίας (Extrude, Revolve, Sweep, Loft, Emboss, Coil, Rib, Import και Derive), β) η κατηγορία Modify όπου περιλαμβάνει τα εργαλεία τροποποίησης (Hole, Fillet, Chamfer, Shell, Draft, Thread, Combine, Thicken/Offset, Split, Direct και Delete face) και τέλος, η κατηγορία Work features όπου περιλαμβάνει βοηθητικά εργαλεία για τον τρισδιάστατο σχεδιασμό (Plane, Axis και Point).

## 4.1) Εντολή Extrude

Η εντολή Extrude είναι από τις βασικότερες και πιο συχνά χρησιμοποιούμενες. Λειτουργεί τόσο σαν εντολή δημιουργίας της 3<sup>ης</sup> διάστασης όσο και σαν κόψιμο (Cut). Αρχικά ο χρήστης θα πρέπει να δημιουργήσει ένα Sketch και στη συνέχεια να χρησιμοποιήσει την εντολή και να δώσει την τιμή της τρίτης διάστασης.



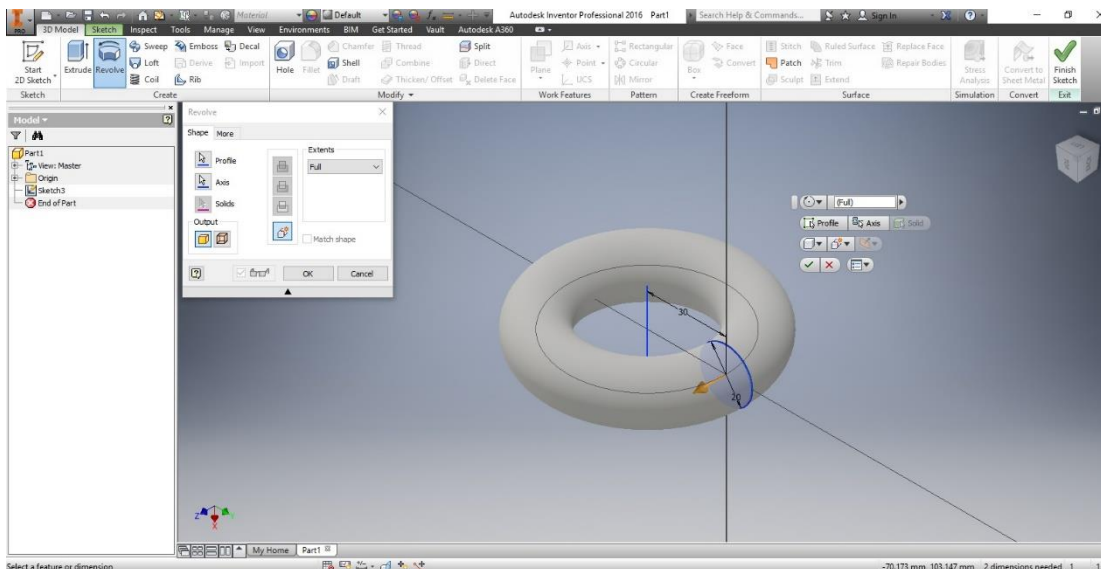
Εικόνα 20 Εντολή Extrude με χρήση δημιουργίας τρίτης διάστασης με τιμή 10mm



Εικόνα 21 Εντολή Extrude με χρήση της λειτουργίας Cut για πάχος 10mm

## 4.2) Εντολή Revolve

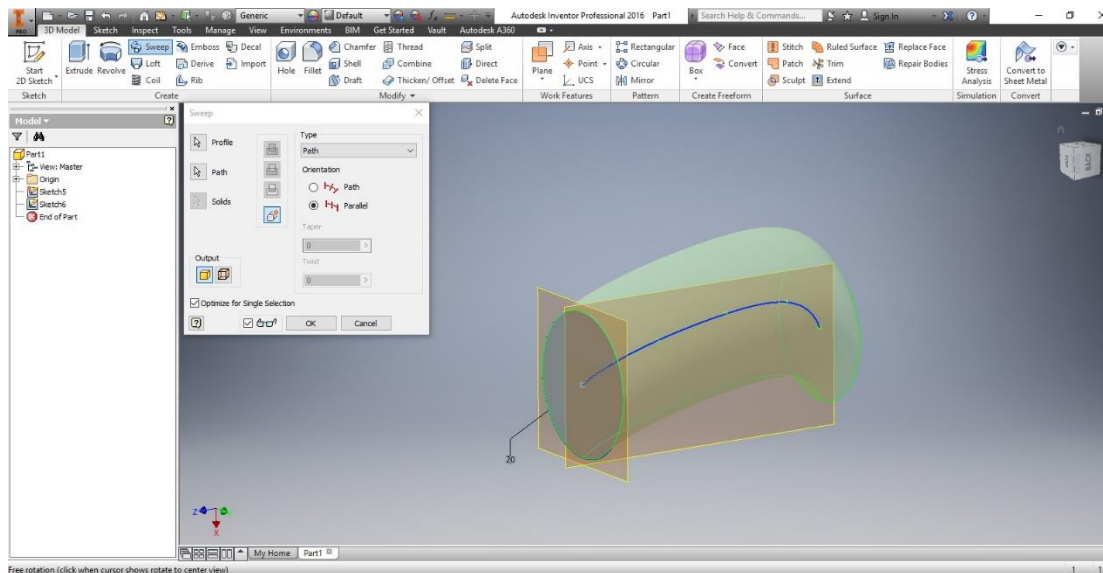
Η εντολή Revolve έχει τις ίδιες λειτουργίες αλλά λειτουργεί διαφορετικά. Συγκεκριμένα, για την εκτέλεσή της απαιτεί έναν άξονα περιστροφής και ένα προφίλ το οποίο είναι επιθυμητό από το χρήστη. Έπειτα η εντολή λειτουργεί είτε σαν δημιουργία 3ης διάστασης γύρω από τον άξονα, είτε σαν κόψιμο με τον ίδιο τρόπο όπως η εντολή Extrude.



**Εικόνα 22** Παράδειγμα εντολής Revolve για τη δημιουργία κυκλικής γεωμετρίας διαμέτρου 20mm γύρω από άξονα περιστροφής σε απόσταση από το κέντρο του κύκλου 30mm

### 4.3) Εντολή Sweep

Η εντολή Sweep είναι πιο σύνθετη καθώς απαιτεί δύο Sketch σε επίπεδο δύο διαφορετικών πλάνων δημιουργίας. Αναλυτικότερα, ο χρήστης θα πρέπει αρχικά να σχεδιάσει το προφίλ το οποίο θέλει να επεκτείνει και να το παραμετροποιήσει. Έπειτα, θα πρέπει να σχεδιάσει σε ένα διαφορετικό πλάνο, ξεκινώντας από το σημείο όπου τα δύο πλάνα τέμνονται, και σε αυτό να δημιουργήσει το μονοπάτι σύμφωνα με το οποίο απαιτεί να επεκτείνει το προφίλ που αρχικά δημιούργησε.

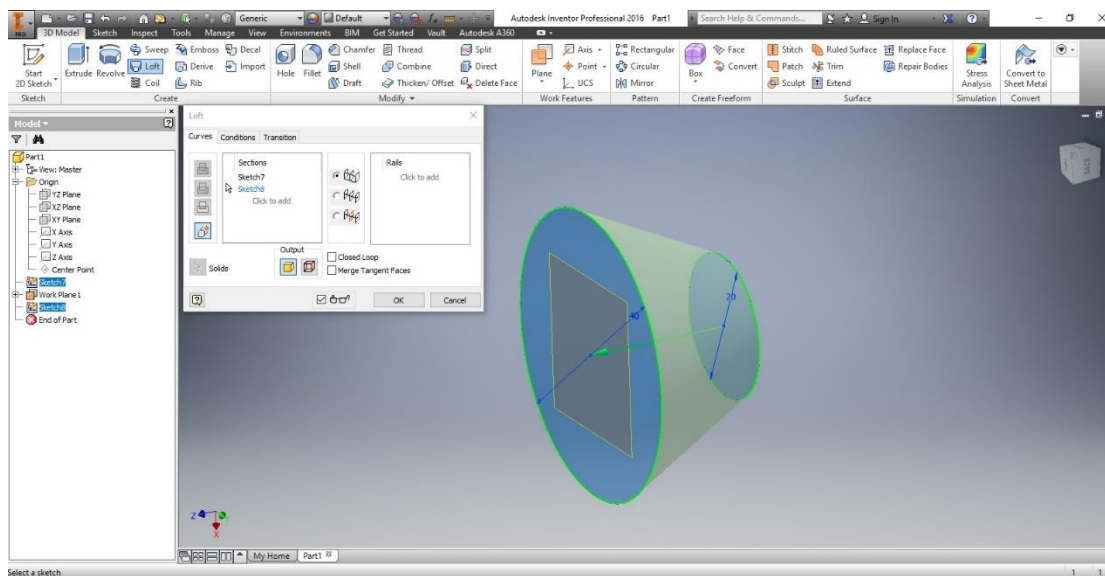


**Εικόνα 23** Εντολή Sweep με χρήση ενός κύκλου διαμέτρου 20mm που επεκτείνεται σύμφωνα με μια γραμμή μη παραμετροποιημένη

#### **4.4) Εντολή Loft**

Στην εν λόγω εντολή έχουμε αρκετά κοινά χαρακτηριστικά με την εντολή sweep, πλην όμως κάποιες διαφοροποιημένες δυνατότητες και απαιτήσεις. Συγκεκριμένα, ο χρήστης έχει τη δυνατότητα δημιουργίας μιας περιμετρικής ένωσης ανάμεσα σε δύο προφίλ σχεδιασμένα ήδη, σε διαφορετικά πλάνα τα οποία θα απέχουν μεταξύ τους κάποια συγκεκριμένη απόσταση. Επιπλέον τα δύο προφίλ θα μπορούν να έχουν διαφορετική γεωμετρία.

Αναλυτικότερα ο χρήστης θα πρέπει να δημιουργήσει αρχικά το επιθυμητό προφίλ σε ένα πλάνο και να το παραμετροποιήσει. Έπειτα, θα πρέπει να δημιουργήσει το επόμενο πλάνο στην απαιτούμενη απόσταση. Εν συνεχεία, θα πρέπει να δημιουργηθεί από το χρήστη το επιθυμητό προφίλ στο δημιουργημένο πλάνο και τέλος να χρησιμοποιήσει την εντολή όπως στην **εικόνα 24**.

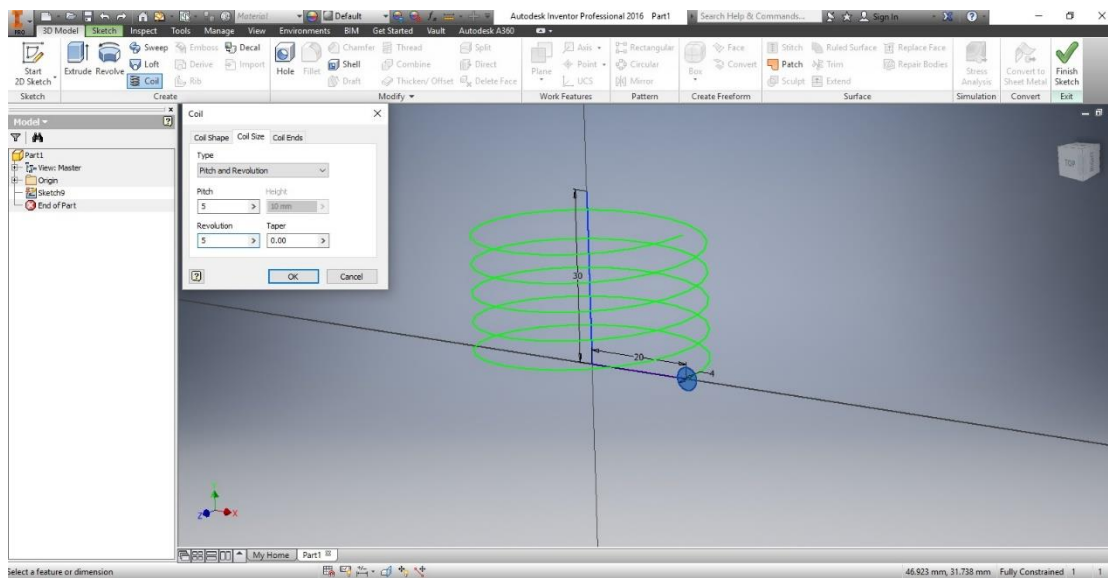


**Εικόνα 24** Εκτέλεση εντολής Loft για προφίλ χρησιμοποιούνται δύο κύκλοι διαμέτρου 20 και 40mm. Η απόσταση μεταξύ των πλάνων είναι 20mm

#### 4.5) Εντολή Coil

Η εντολή Coil δίνει τη δυνατότητα στο χρήστη να δημιουργήσει ένα ελατήριο. Οι επιλογές που έχει για την παραμετροποίηση του ελατηρίου είναι ανάμεσα σε: α) βήμα και στροφές, β) στροφές και συνολικό ύψος ελατηρίου, γ) βήμα και ύψος ενώ υπάρχει και η δυνατότητα δημιουργίας σπирάλ.

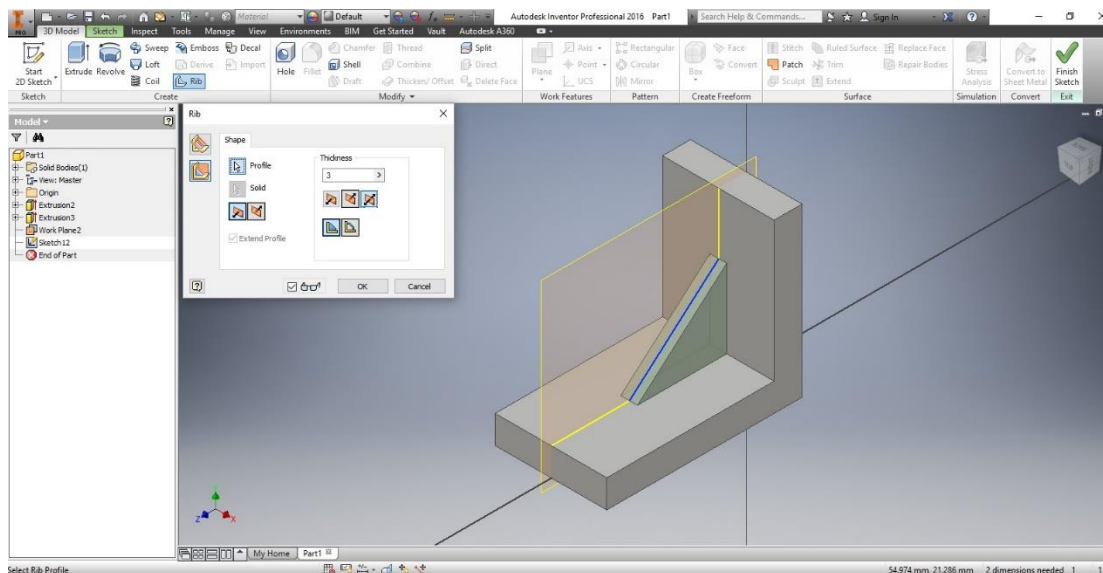
Αρχικά θα πρέπει να δημιουργηθεί ένα Sketch όπως στην **εικόνα 25** όπου ο χρήστης θα δώσει την διάσταση του κύκλου του ελατηρίου καθώς επίσης και τη διάσταση του πάχους.



**Εικόνα 25** Εκτέλεση εντολής Coil με διάμετρο 20mm και πάχος 4mm

## 4.6) Εντολή Rib

Η εντολή Rib δημιουργεί μια νεύρωση ανάμεσα σε δύο πρόσωπα τα οποία διαφέρουν κατά μια γωνία μεταξύ τους. Επομένως, για την χρήση της εντολής ο χρήστης θα πρέπει πρώτα να έχει δημιουργήσει αυτά τα πρόσωπα. Έπειτα, θα πρέπει να δημιουργήσει το πλάνο επάνω στο οποίο επιθυμεί να δημιουργήσει τη νεύρωση. Τέλος, θα πρέπει να δημιουργήσει το προφίλ της νεύρωσης όπως φαίνεται συνοπτικά στην **εικόνα 26**.

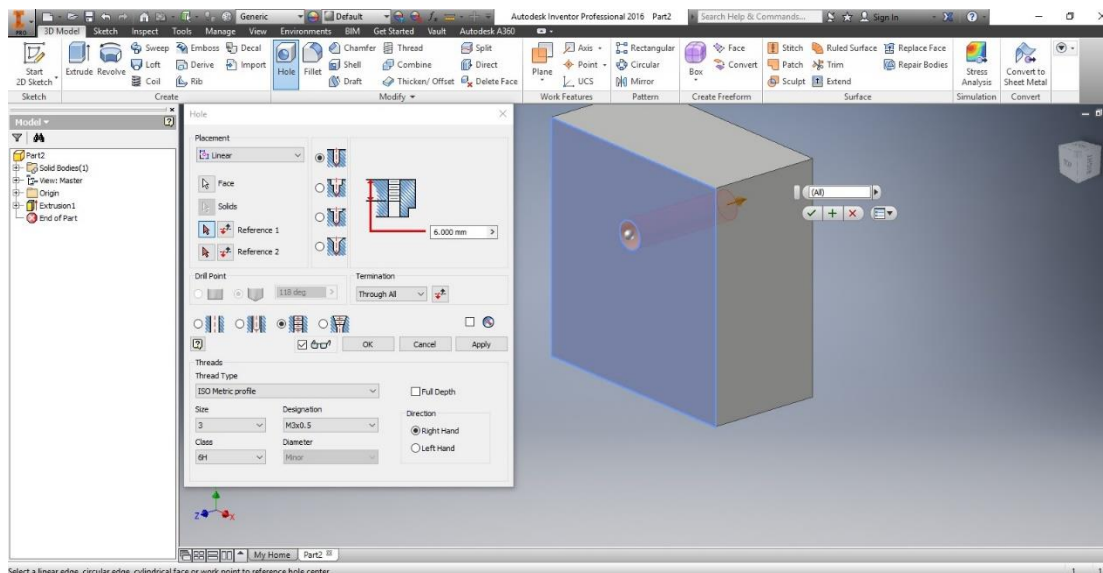


**Εικόνα 26** Εκτέλεση εντολής Rib για νεύρωση πάχους 3mm σε πλάνο το οποίο ισαπέχει από τα δύο ακραία πρόσωπα



## 4.7) Εντολή Hole

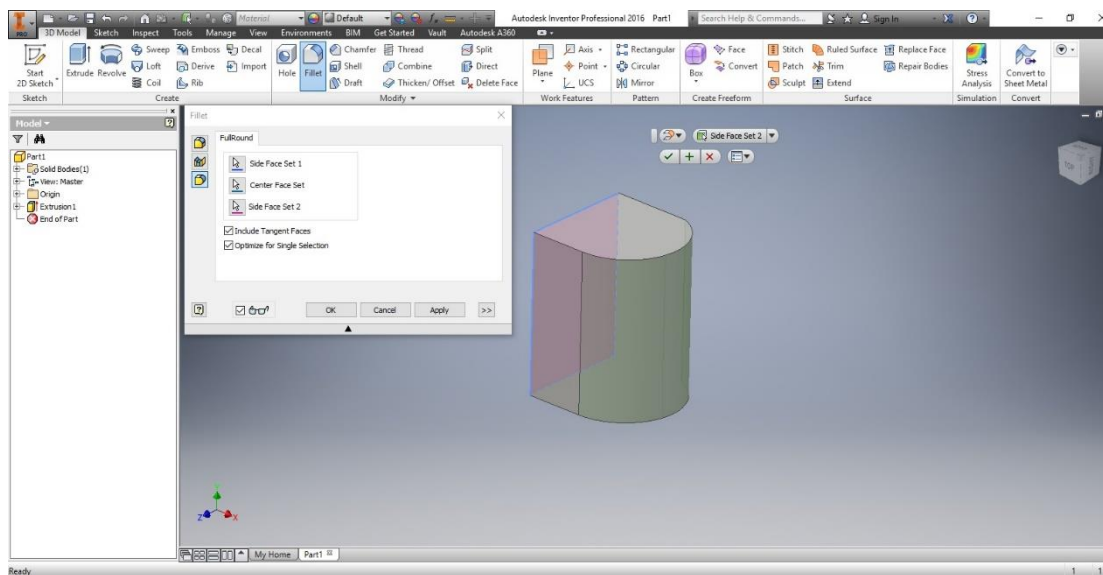
Η εντολή Hole επιτρέπει στο χρήστη να δημιουργήσει οπή σε ήδη σχεδιασμένο solid κομμάτι ή ακόμη και σε λαμαρίνα. Περιέχει όλων των ειδών τις οπές καθώς και τα τυποποιημένα σπειρώματα, όπως για παράδειγμα τα DIN και ISO. Ο χρήστης θα πρέπει αρχικά να επιλέξει το πρόσωπο στο οποίο επιθυμεί να προσθέσει την οπή και στη συνέχεια να διαλέξει το τύπο της τρύπας. Οι διαθέσιμες επιλογές είναι για απλή οπή, οπή για βίδα με παχύ κεφάλι, με στενό κεφάλι και φρεζάτη. Επίσης ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει είτε ελεύθερη οπή είτε με σπείρωμα επιλέγοντας τη διάσταση από τα τυποποιημένα σπειρώματα.



Εικόνα 27 Η εντολή Hole και οι επιλογές της

## **4.8) Εντολή Fillet / Chamfer**

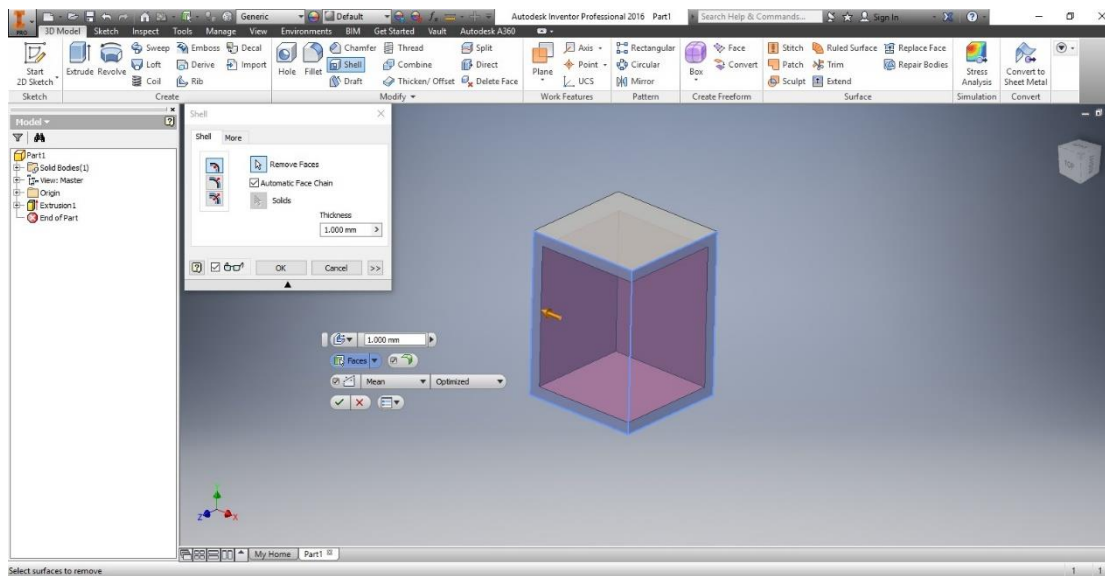
Η εντολή Fillet και η εντολή Chamfer λειτουργούν με τον ίδιο τρόπο όπως αναλύθηκε στο κεφάλαιο 3.1<sup>στ</sup>. Ο χρήστης θα πρέπει να επιλέξει την ακμή σε ένα ήδη σχεδιασμένο και δημιουργημένο κομμάτι και να δώσει τις επιθυμητές διαστάσεις της κυκλικής διατομής ή του κοψίματος που επιθυμεί να σχεδιάσει. Μάλιστα, στο 3D Modelling υπάρχει η δυνατότητα επιλογής ολόκληρης επιφάνειας όπως φαίνεται στην **εικόνα 28**.



**Εικόνα 28** Εντολή Fillet

## 4.9) Εντολή Shell

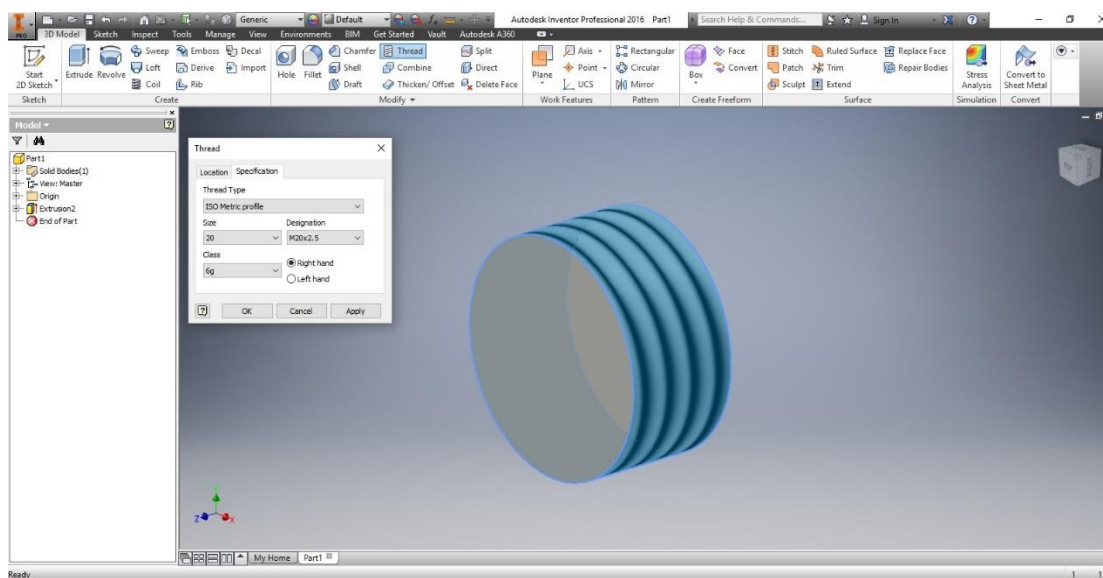
Η εντολή Shell δίνει την δυνατότητα αφαίρεσης του εσωτερικού ενός δημιουργημένου κομματιού, αφήνοντας τα επιθυμητά τοιχώματα μόνο. Ο χρήστης αρχικά θα πρέπει να επιλέξει την επιφάνεια ή τις επιφάνειες που επιθυμεί να αφαιρέσει και έπειτα να ορίσει το επιθυμητό πάχος των τοιχωμάτων που απομένουν. Στην **εικόνα 29** έχουν επιλεγθεί δύο τοιχώματα προς αφαίρεση.



Εικόνα 29 Εντολή Shell

## 4.10) Εντολή Thread

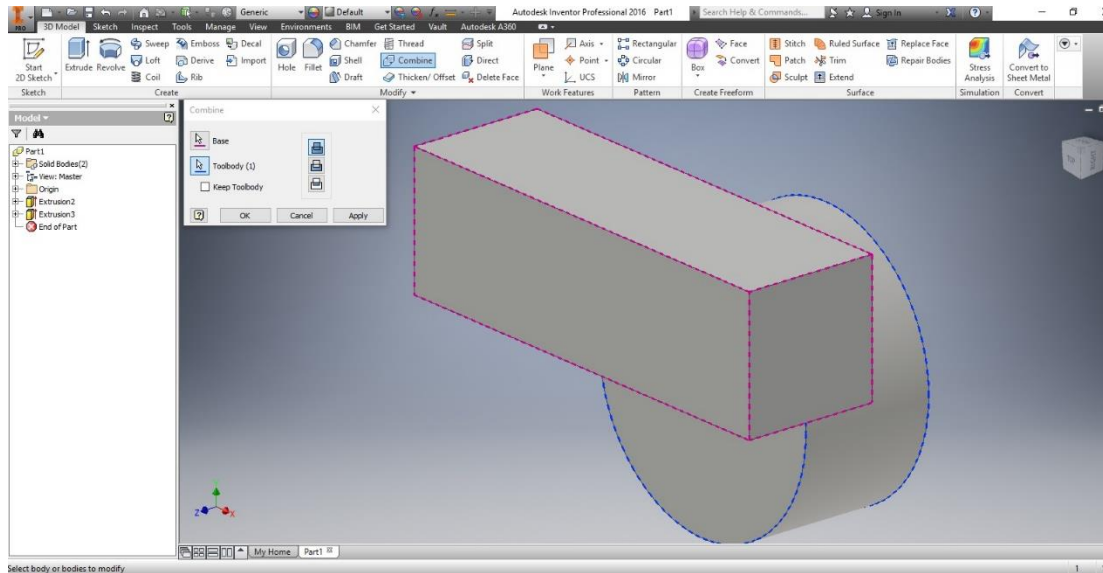
Η εντολή Thread δημιουργεί ένα εσωτερικό ή εξωτερικό σπείρωμα στο σημείο που επιλέγει ο χρήστης. Αρχικά, επιλέγεται το πρόσωπο που απαιτείται να γίνει σπείρωμα. Αυτό μπορεί να είναι είτε τρύπα είτε κυκλική διατομή (ντίζα). Έπειτα ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να επιλέξει ανάμεσα στα τυποποιημένα σπειρώματα όπως τα DIN και ISO, καθώς επίσης τα τραπεζοειδή και άλλα. Επίσης, υπάρχουν επιλογές ανάμεσα σε διάφορα τυποποιημένα βήματα και κλάσεις. Στην **εικόνα 30** έχει επιλεγθεί η εντολή σε μια ντίζα διαμέτρου 20mm με βήμα 2,5.



**Εικόνα 30** Εντολή Thread

#### 4.11) Εντολή Combine

Η εντολή Combine μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την ένωση τον διαχωρισμό ή την κοπή ενός κομματιού όταν έχουν σχεδιαστεί στο ίδιο part δύο στερεά σώματα. Είναι απαραίτητο τα σώματα αυτά να διασταυρώνονται. Όπως φαίνεται στην **εικόνα 31** επιχειρείται η ένωση δύο σωμάτων που επαφίονται στη μία τους πλευρά.

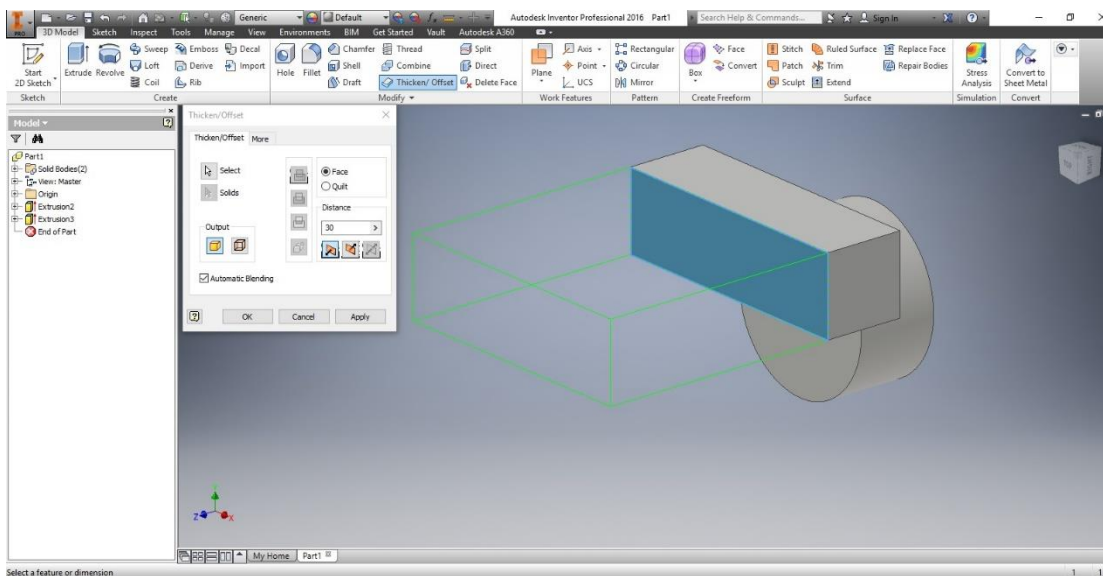


**Εικόνα 31** Εντολή Combine

## **4.12) Εντολή Thicken / Offset**

Η εντολή Thicken / Offset παρέχει τη δυνατότητα πάχυνσης μιας επιφάνειας προς μία συγκεκριμένη κατεύθυνση. Επίσης, παρέχει τη δημιουργία μιας νέας επιφάνειας ή ενός στερεού σώματος σε κάποια ορισμένη απόσταση από την ορισμένη επιφάνεια.

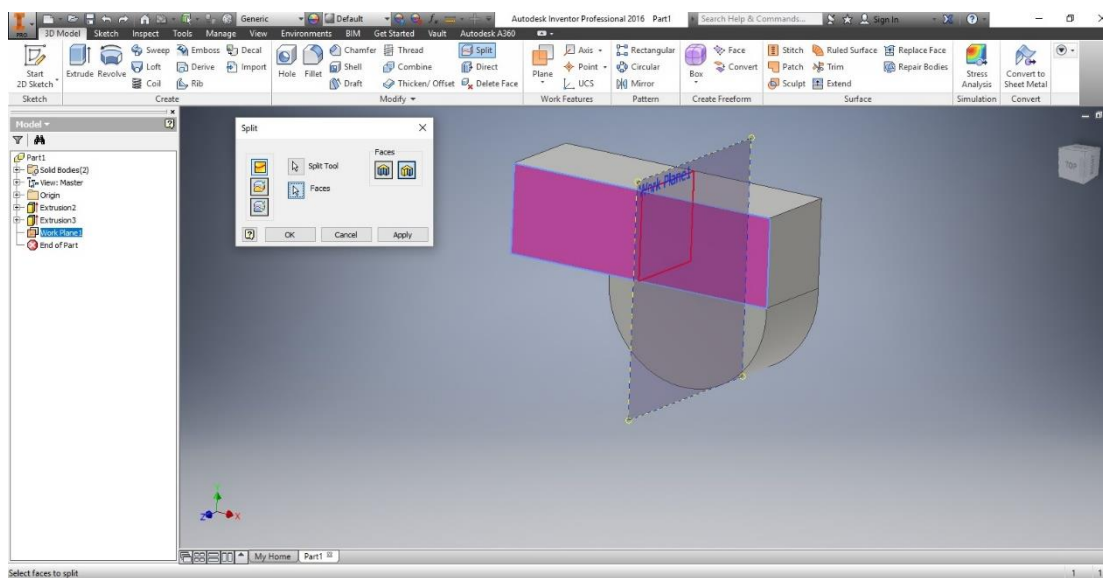
Ο χρήστης αρχικά επιλέγει την επιθυμητή επιφάνεια και κάνοντας χρήση της εντολής μπορεί να μεγαλώσει την επιφάνεια κατά την επιθυμητή διάσταση ή να δημιουργήσει ένα νέο κομμάτι ή επιφάνεια σε κάποια απόσταση από την επιλεγείσα αρχικά επιφάνεια. Στην **εικόνα 32** δημιουργείται πάχυνση της επιφάνειας.



**Εικόνα 32** Εντολή Thicken / Offset

### 4.13) Εντολή Split

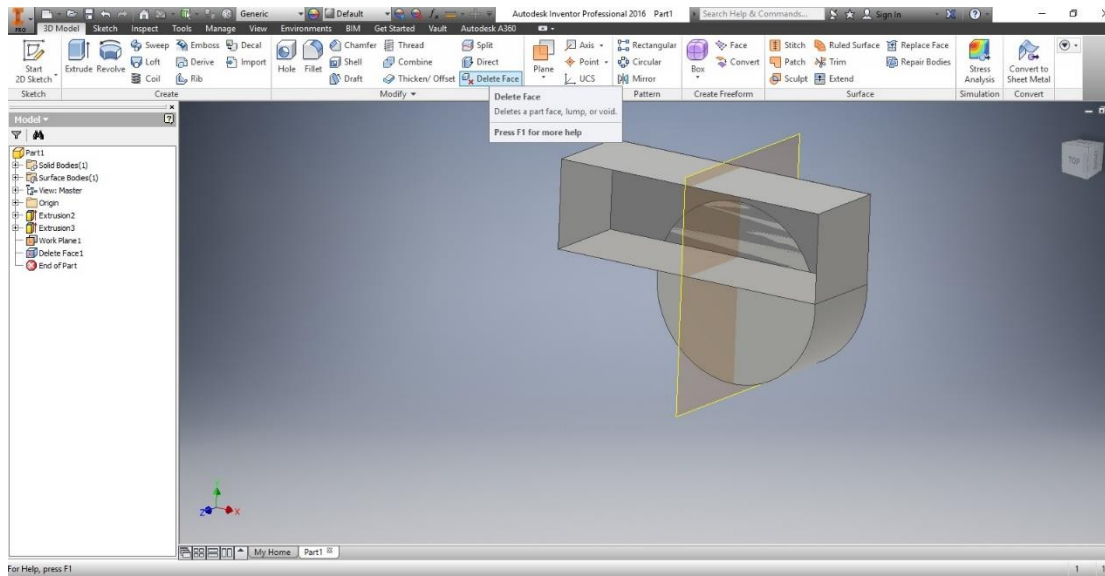
Η εντολή Split διαχωρίζει ένα solid κομμάτι σε δύο ή περισσότερα. Απαιτεί ένα 'μαχαίρι', δηλαδή ένα πλάνο ή μια ακμή η οποία λειτουργεί σαν εργαλείο κοπής του κομματιού σε περισσότερα. Αρχικά ο χρήστης θα πρέπει να δημιουργήσει, αν δεν υπάρχει ήδη, αυτό το πλάνο ή άξονα ή σημείο ή ακμή ή γραμμή και έπειτα να κάνει χρήση της εντολής και να διαχωρίσει το κομμάτι. Στην **εικόνα 33** φαίνεται η χρήση της εντολής με τη χρήση ενός πλάνου που δημιουργήθηκε στη μέση των δύο ακραίων επιφανειών.



Εικόνα 33 Εντολή Split

#### 4.14) Εντολή Delete face

Η εντολή Delete face μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα στερεό κομμάτι και να διαγράψει το επιλεγθέν πρόσωπο μετατρέποντας τις εναπομένουσες πλευρές σε επιφάνειες μηδενικής διάστασης. Στην **εικόνα 34** παρατηρείται το αποτέλεσμα της εντολής.

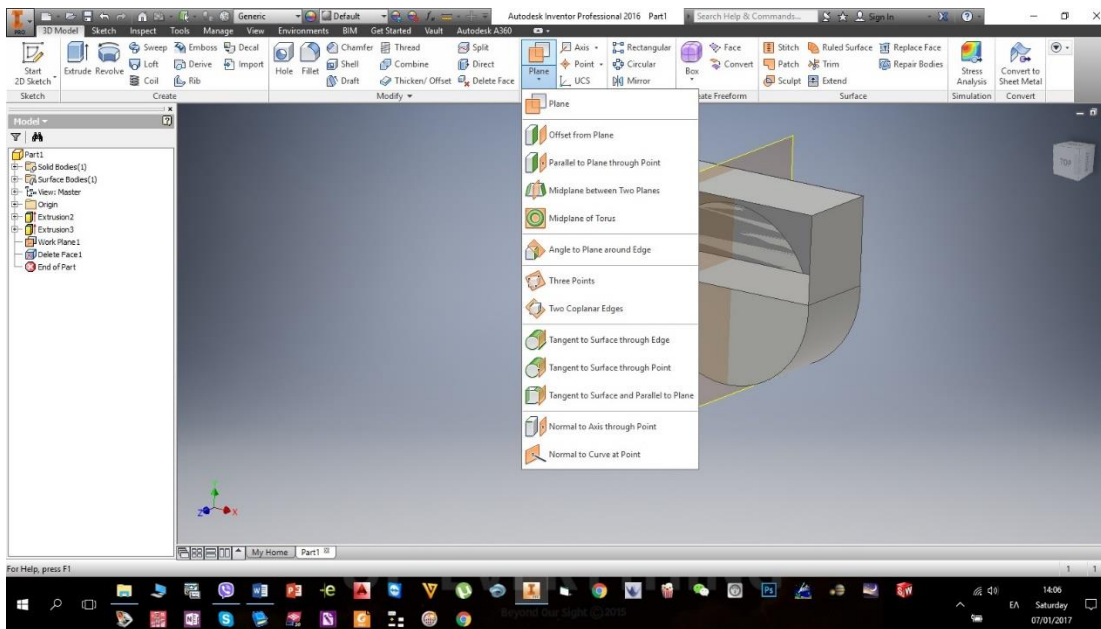


Εικόνα 34 Εντολή Delete face



## 4.15) Εντολή Plane

Η εντολή Plane περιλαμβάνει διάφορους τρόπους δημιουργίας ενός πλάνου του οποίου κάποιες χρησιμότητες φάνηκαν στις παραπάνω εντολές. Επιπλέον, ένα πλάνο μας δίνει την δυνατότητα σχεδιασμού ενός δισδιάστατου Sketch προκειμένου να σχεδιαστεί ένα καινούργιο κομμάτι στο επιθυμητό σημείο. Υπάρχουν 13 τρόποι δημιουργίας ενός πλάνου οι οποίοι διακρίνονται στην **εικόνα 35**. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν ανάλογα με τις δυνατότητες και την περίπτωση.



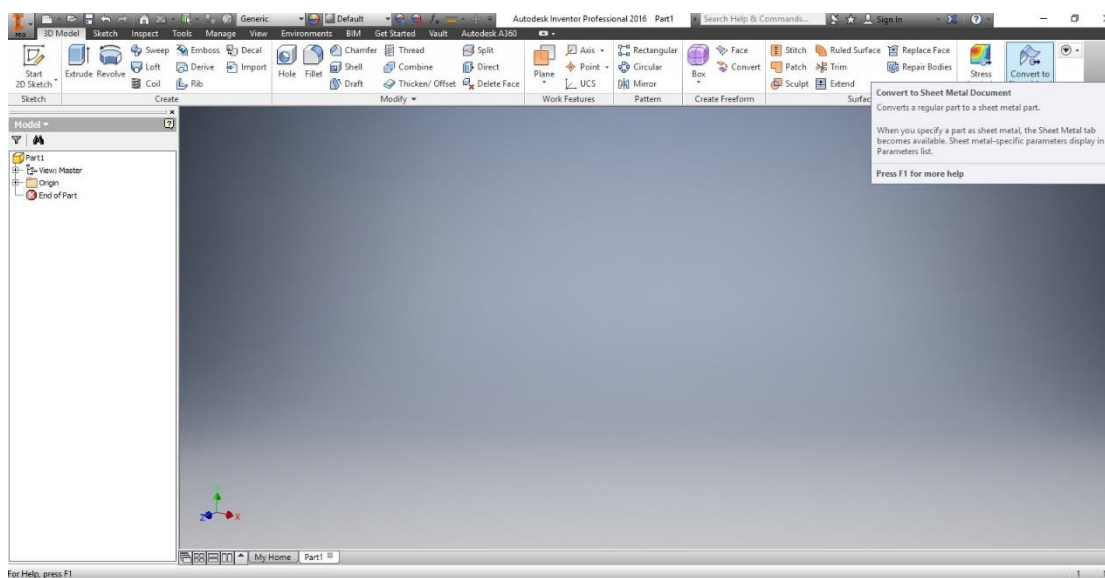
**Εικόνα 35** Επιλογές εντολής Plane

Αντίστοιχα, υπάρχουν οι εντολές Axis και Point για την δημιουργία αξόνων και σημείων όπως ακριβώς και στην εντολή Plane. Τέλος, ισχύουν οι εντολές Rectangular, Circular και Mirror ακριβώς όπως και στη λειτουργία του Sketch.

## Κεφάλαιο 5<sup>ο</sup>:

### 3D Sheet Metals (Λαμαρίνες) – Εντολές και εργαλεία

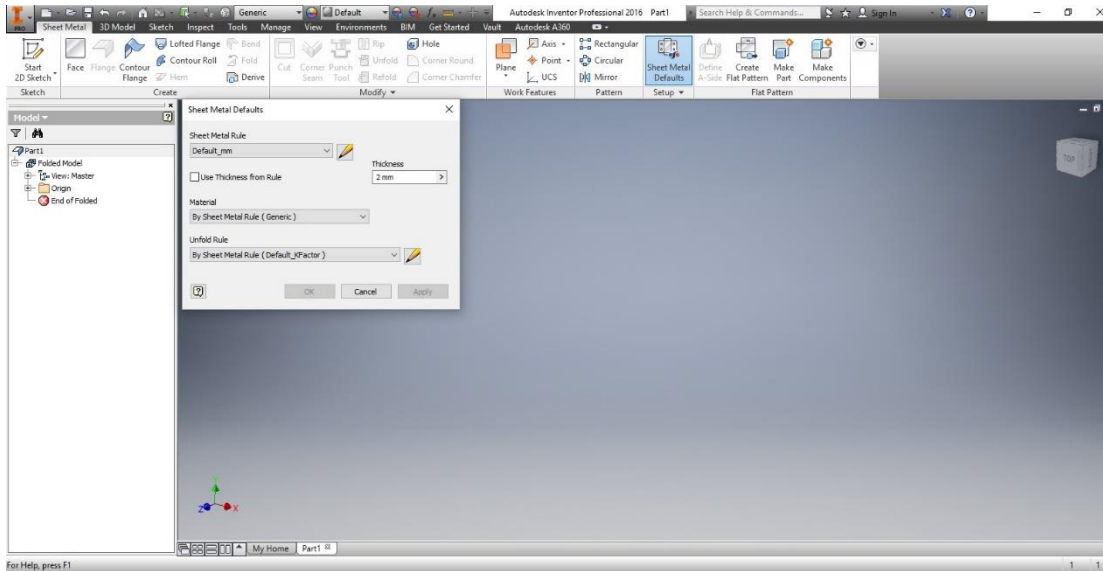
Η δημιουργία λαμαρινών γίνεται με τη χρήση της εντολής Convert to Sheet Metal, η οποία ανοίγει τη γραμμή εντολών δημιουργίας και επεξεργασίας για λαμαρίνες. Η εντολή αυτή φαίνεται στην **εικόνα 36**.



**Εικόνα36** Εντολή Convert to Sheet Metal

Στη συνέχεια εμφανίζεται ο πίνακας που παρουσιάζεται στην **εικόνα 37**. Ο πίνακας αυτός επιτρέπει στο χρήστη να καθορίσει τη διάσταση του πάχους της λαμαρίνας που πρόκειται να σχεδιάσει. Το πάχος αυτό δύναται να τροποποιηθεί οποιαδήποτε στιγμή, επιλέγοντας την εντολή Sheet Metal Defaults όπως φαίνεται ενεργή στην **εικόνα 37**.

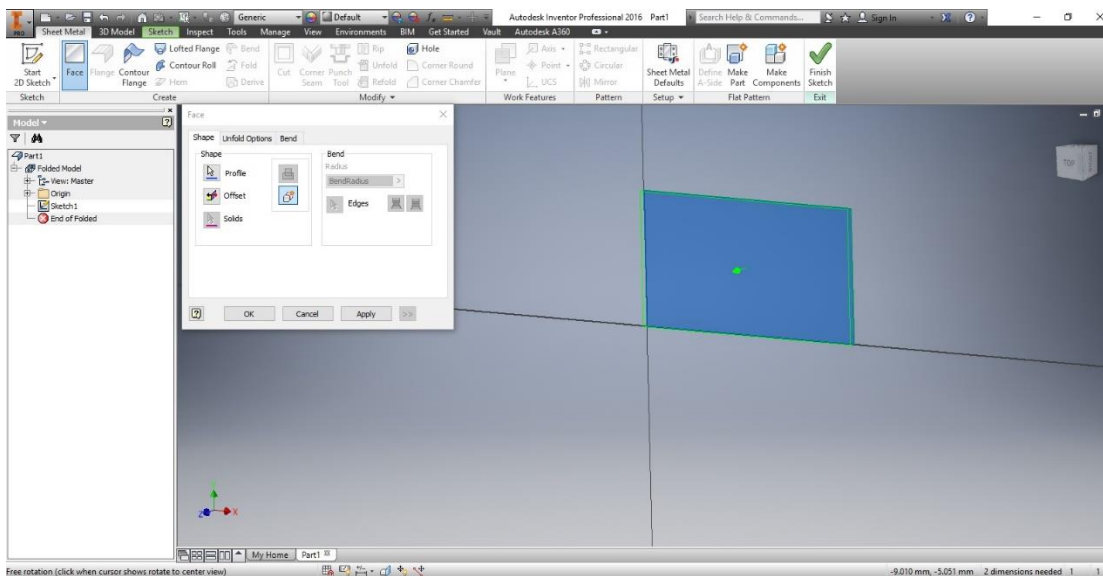
Εφόσον ο χρήστης έχει καθορίσει το πάχος της λαμαρίνας επάνω στην οποία πρόκειται να δουλέψει, είναι έτοιμος να προχωρήσει στο επόμενο βήμα που είναι ο σχεδιασμός με τη χρήση των εντολών και των εργαλείων που είναι διαθέσιμα.



Εικόνα 37 Πίνακας καθορισμού πάχους λαμαρίνας

### 5.1) Εντολή Face

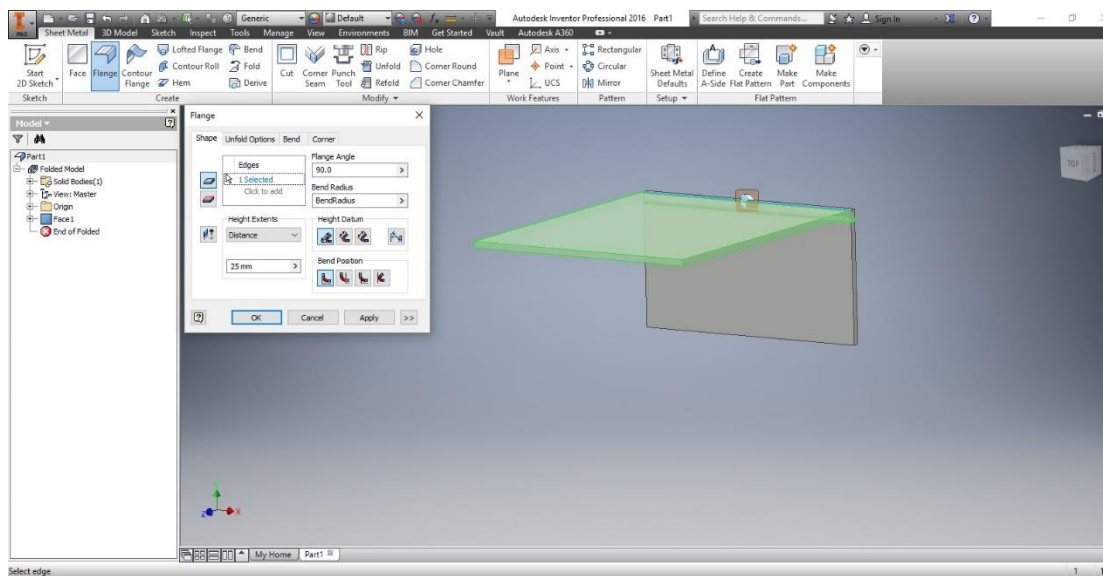
Με τη χρήση της εντολής Face ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να δημιουργήσει ένα πρόσωπο σύμφωνα με το πάχος της λαμαρίνας που έχει ήδη καθορίσει ή δύναται να τροποποιήσει όπως αναφέρθηκε παραπάνω. Αρχικά, θα πρέπει να σχεδιάσει ένα **κλειστό** Sketch με τις διαστάσεις που απαιτούνται και έπειτα να κάνει χρήση της εντολής επιλέγοντας το δημιουργημένο Sketch όπως φαίνεται στην **εικόνα 38**.



Εικόνα 38 Εντολή Face

## 5.2) Εντολή Flange

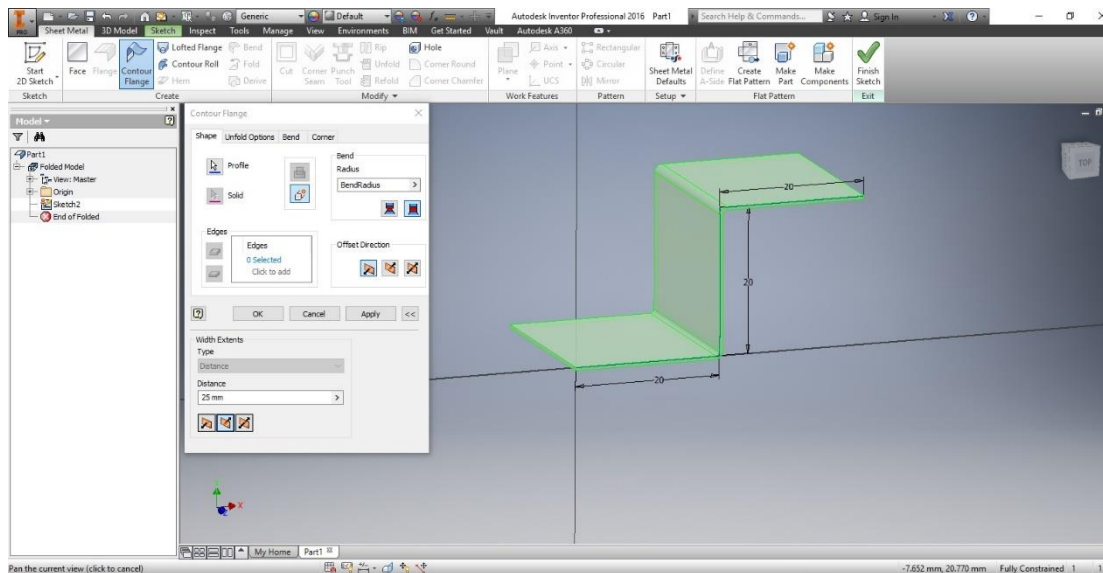
Η εντολή Flange δημιουργεί ένα στραντζάρισμα σε μία ή περισσότερες επιλεγμένες ακμές λαμαρίνας. Ο χρήστης αρχικά θα πρέπει να έχει πρώτα σχεδιάσει ένα κομμάτι το οποίο να έχει ακμές, προκειμένου να είναι δυνατή η πρόσθεση στραντζαρίσματος. Στην **εικόνα 39** φαίνεται η χρήση της εντολής σε ένα ήδη δημιουργημένο τετράγωνο που έγινε με τη χρήση της εντολής Face. Υπάρχει η δυνατότητα καθορισμού τόσο των μοιρών στραντζαρίσματος όσο και της διάστασης του στραντζαρισμένου μέρους που δημιουργείται.



Εικόνα 39 Εντολή Flange

### 5.3) Εντολή Contour Flange

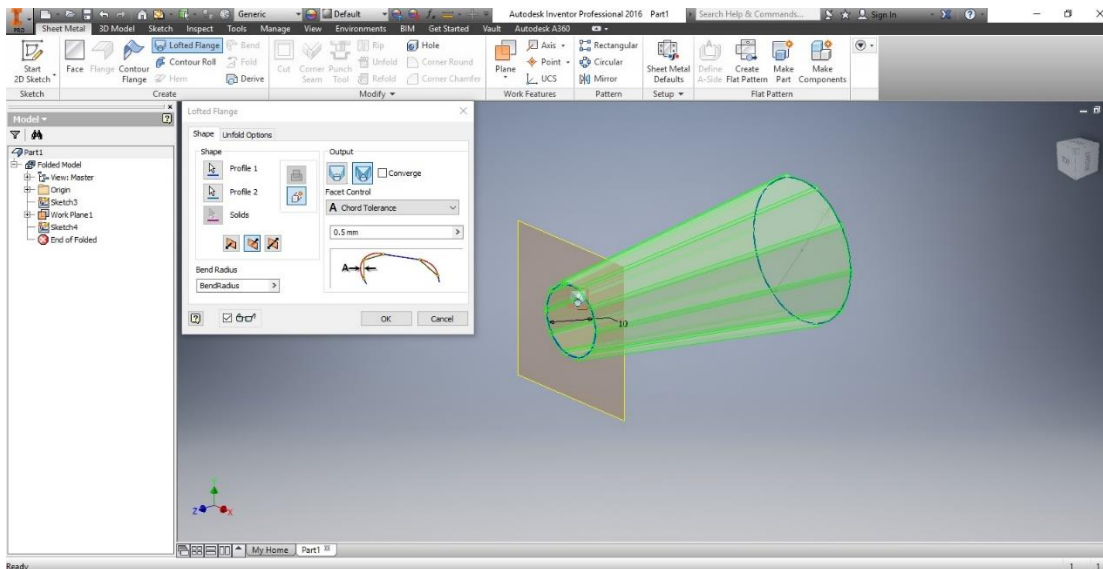
Η εντολή Contour Flange δημιουργεί μια λαμαρίνα σύμφωνα με ένα αρχικά σχεδιασμένο προφίλ από το χρήστη. Το προφίλ αυτό μπορεί να περιέχει γωνίες, επομένως η εντολή Flange εδώ παρακάμπτεται. Ο χρήστης αρχικά δημιουργεί το Sketch και έπειτα κάνει χρήση της εντολή επιλέγοντας το για προφίλ. Στη συνέχεια, μπορεί να καθορίσει το μήκος του δημιουργούμενου κομματιού λαμαρίνας. Στην **εικόνα 40** δημιουργείται ένα κομμάτι λαμαρίνας όπως φαίνεται στο Sketch για μήκος 25mm.



**Εικόνα40** Εντολή Contour Flange

## 5.4) Εντολή Lofted Flange

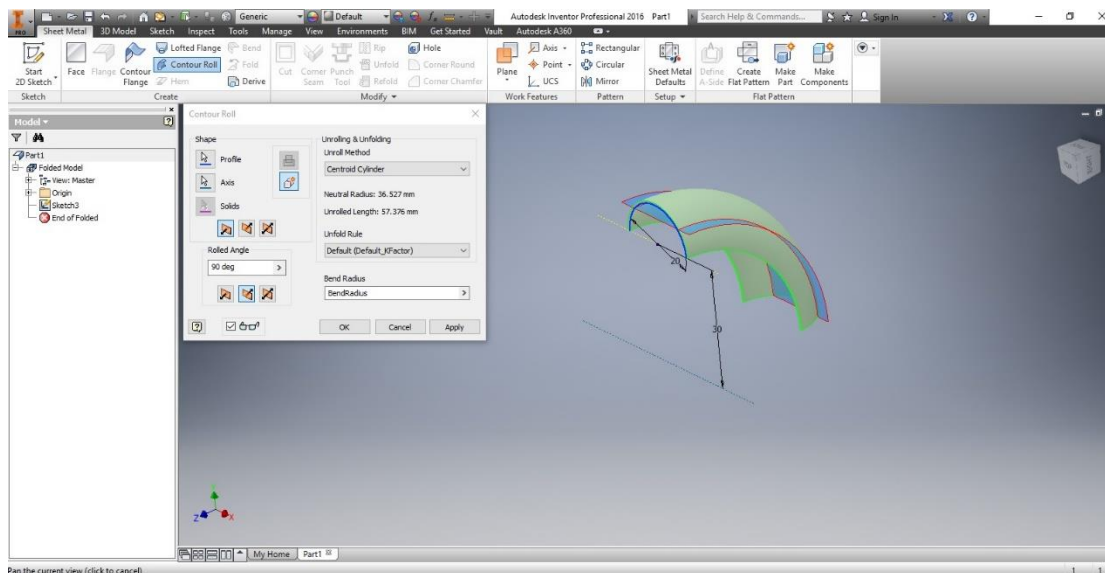
Η εντολή Lofted Flange λειτουργεί όμοια με την εντολή Loft που περιγράφηκε στο κεφάλαιο 4.4. Ωστόσο, εδώ η εντολή δημιουργεί μία λαμαρίνα στραντζαρισμένη έτσι ώστε να μπορεί να πάρει αυτή τη μορφή. Παρόλα αυτά η μεθοδολογία είναι ολόιδια. Στην εικόνα 41 φαίνεται η δημιουργία με τη χρήση της εντολής ενός κομματιού λαμαρίνας ανάμεσα σε δύο κύκλους διαμέτρου 20 και 10mm που απέχουν κάποια καθορισμένη απόσταση μεταξύ τους.



Εικόνα41 Εντολή Lofted Flange

## 5.5) Εντολή Contour Roll

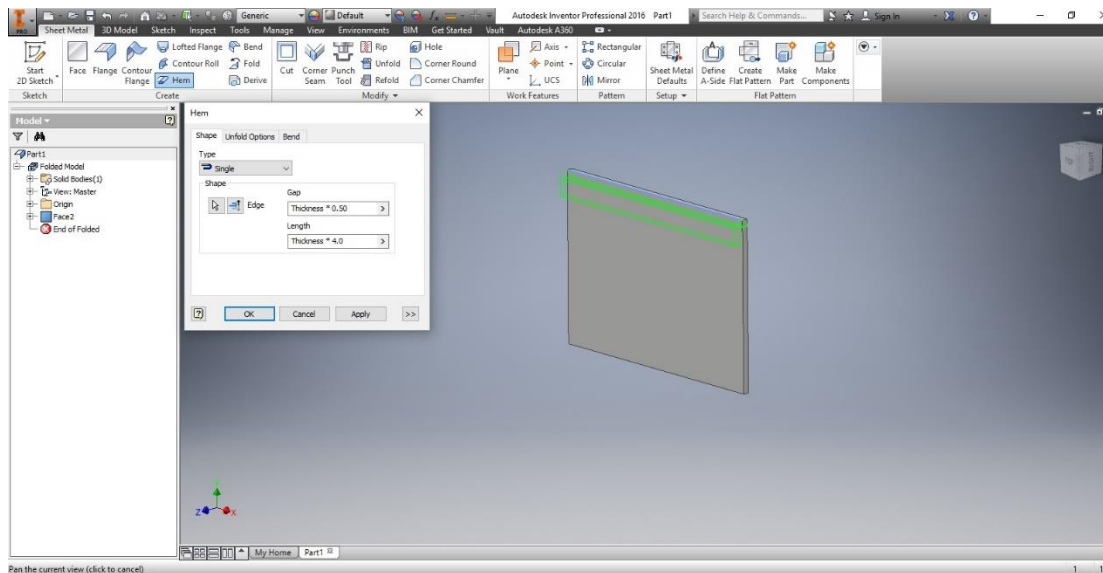
Η εντολή Contour Roll λειτουργεί όμοια με την εντολή Contour Flange με τη διαφορά ότι δημιουργεί κυλινδρικές διατομές και όχι αναπτύγματα στραντζαρίσματος. Επομένως, απαιτεί έναν άξονα γύρω από τον οποίο ο χρήστης επιθυμεί να περιστρέψει το αρχικά σχεδιασμένο Sketch. Ξεκινώντας, ο χρήστης θα πρέπει να σχεδιάσει το Sketch που επιθυμεί, το οποίο μπορεί να είναι είτε ανοιχτό είτε κλειστό, καθώς επίσης και τον άξονα γύρω από τον οποίο θέλει να το περιστρέψει. Έπειτα, κάνοντας χρήση της εντολής, ο χρήστης διαλέγει τις επιθυμητές μοίρες γύρω από τις οποίες επιθυμεί να σχεδιαστεί το αρχικό Sketch. Στην **εικόνα 42** η επιλογή έγινε για 90°.



Εικόνα 42 Εντολή Contour Roll

## 5.6) Εντολή Hem

Η εντολή Hem δημιουργεί ένα στραντζάρισμα, αντιδιαμετρικό με την κατάληξη της επιλεγμένης ακμής. Ο χρήστης θα πρέπει να κάνει χρήση της εντολής επάνω σε κάτι ήδη σχεδιασμένο, ώστε να υπάρχει ακμή προς επιλογή. Έπειτα, θα πρέπει να επιλέξει την επιθυμητή ακμή, η οποία είναι μία κάθε φορά, και τέλος να επιλέξει την επιθυμητή διατομή που θα του δημιουργήσει η εντολή και να δώσει τις επιθυμητές διαστάσεις. Στην **εικόνα 43** γίνεται χρήση της εντολής Hem σε ένα σχεδιασμένο τετράγωνο.

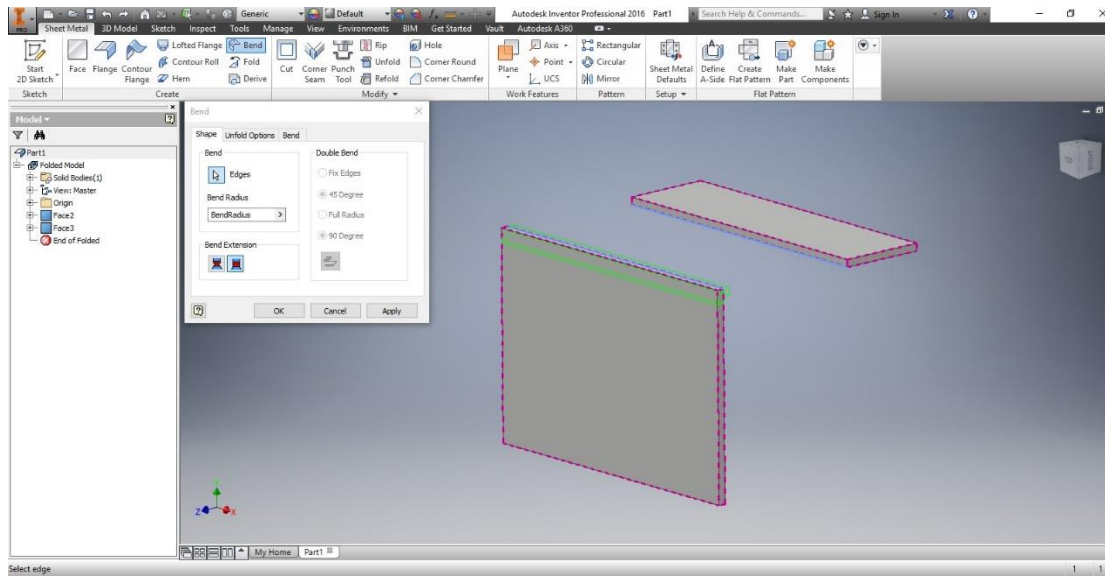


**Εικόνα 43** Εντολή Hem

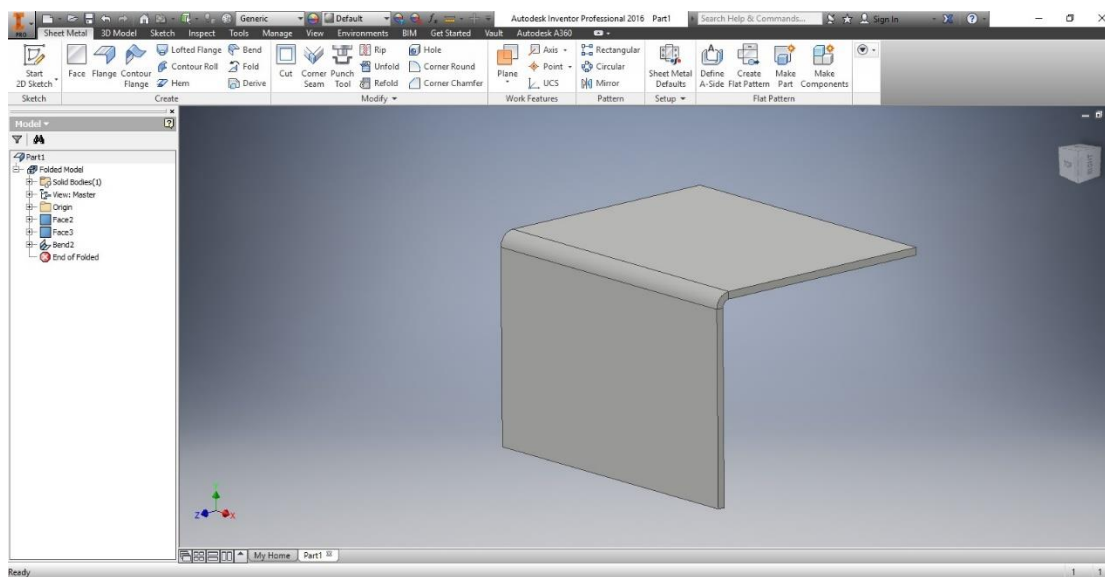


## 5.7) Εντολή Bend

Η εντολή Bend ενώνει δύο δημιουργημένες λαμαρίνες που δεν εφάπτονται με την επιλογή των αντίστοιχων ακμών. Στην **εικόνα 44** διακρίνεται η επιλογή των ακμών και στην **εικόνα 45** φαίνεται το τελικό αποτέλεσμα της ένωσης.



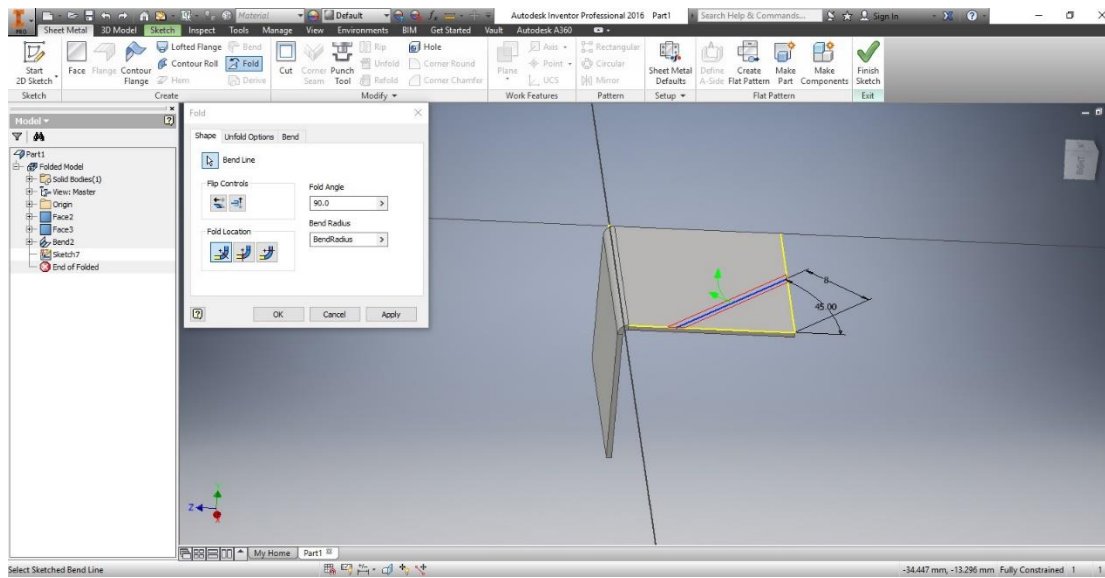
Εικόνα 44 Εντολή Bend



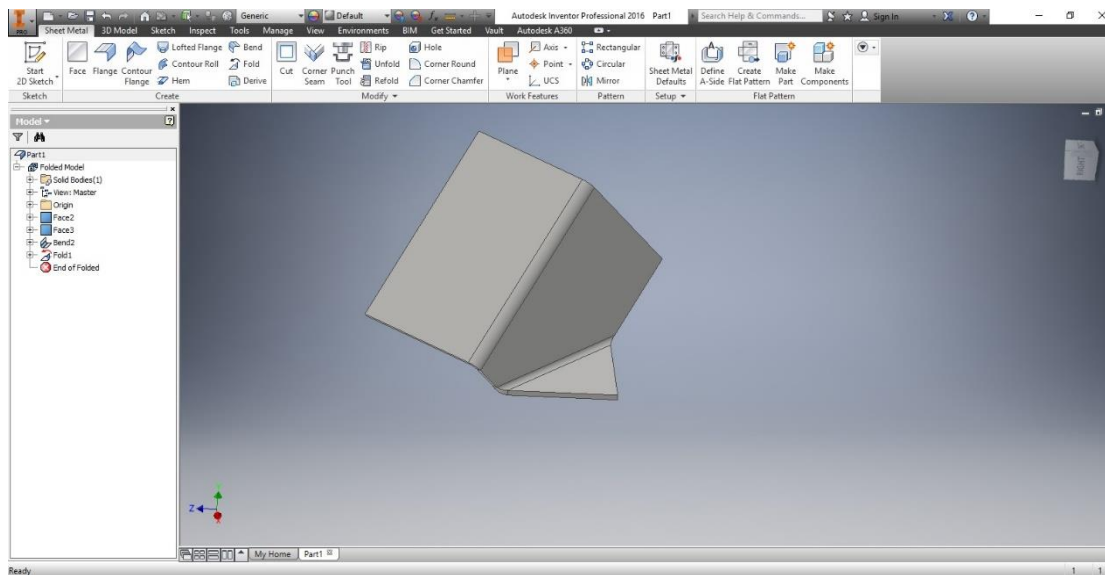
Εικόνα 45 Τελικό αποτέλεσμα εντολής Bend

## 5.8) Εντολή Fold

Η εντολή Fold δημιουργεί ένα στραντζάρισμα σε ένα σημείο όπου επιθυμεί ο χρήστης αφού πρώτα σχεδιάσει στο σημείο αυτό ένα Sketch. Συγκεκριμένα, ο χρήστης πρώτα θα πρέπει να σχεδιάσει μία γραμμή στο επιθυμητό προς στραντζάρισμα σημείο. Έπειτα, κάνοντας χρήση της εντολής και επιλέγοντας σαν γραμμή στραντζαρίσματος (Bend Line) τη σχεδιασμένη γραμμή, δημιουργείται ένα στραντζάρισμα σε εκείνο το σημείο σε μοίρες που καθορίζει ο χρήστης κατά την χρήση της εντολής. Στην **εικόνα 46 και 47** φαίνεται η χρήση της εντολής και το αποτέλεσμα της.



**Εικόνα 46** Εντολή Fold



**Εικόνα 47** Αποτέλεσμα εντολής Fold

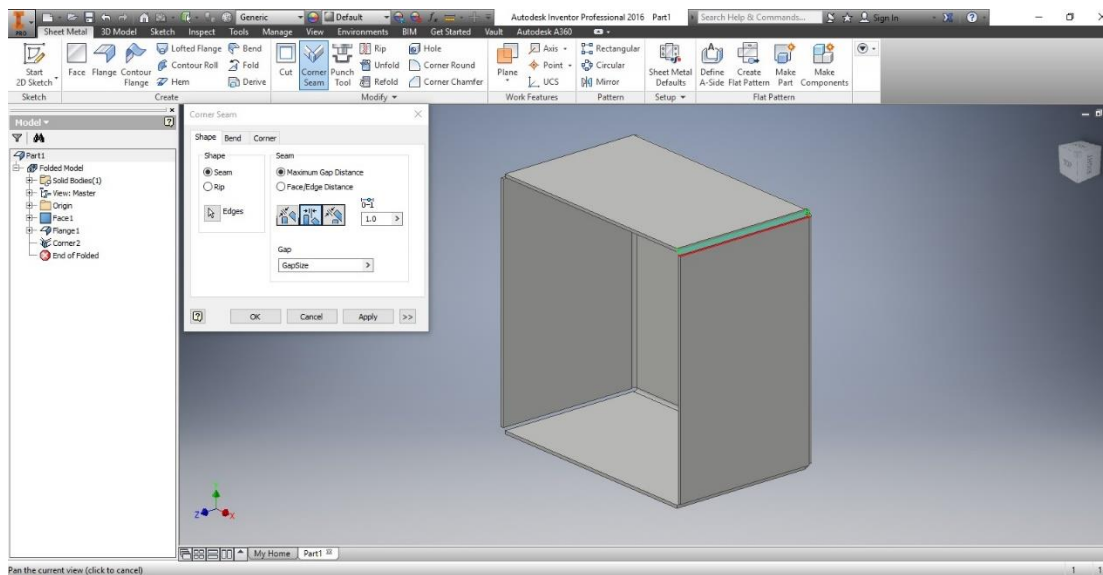
## 5.9) Εντολή Cut

Η εντολή Cut λειτουργεί όπως ακριβώς παρουσιάστηκε και στο **κεφάλαιο 4.1** με τη διαφορά ότι αυτή η εντολή κάνει μόνο κόψιμο, δηλαδή αφαίρεση υλικού.

Ο χρήστης σχεδιάζει το επιθυμητό Sketch και κάνοντας χρήση της εντολής επιλέγει το προφίλ που σχεδίασε και εκτελεί.

## 5.10) Εντολή Corner Seam

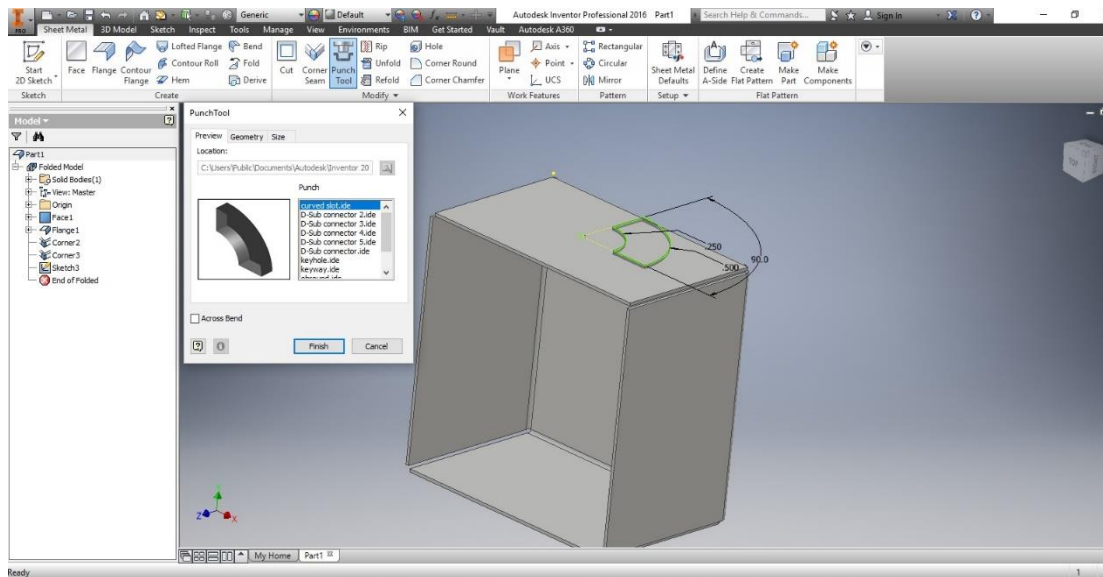
Η εντολή Corner Seam καθορίζει ή τροποποιεί δύο ακμές μεταξύ τους ώστε να είναι εφικτό το στραντζάρισμα και η κατασκευή του κομματιού. Αρχικά, ο χρήστης θα πρέπει να επιλέξει τις ακμές που επιθυμεί να διαχειριστεί και έπειτα να διαλέξει τον τρόπο προσαρμογής των ακμών. Στην **εικόνα 48** φαίνεται η διαδικασία της εκτέλεσης και το αποτέλεσμα της εντολής.



Εικόνα48 Εντολή Corner Seam

## 5.11) Εντολή Punch Tool

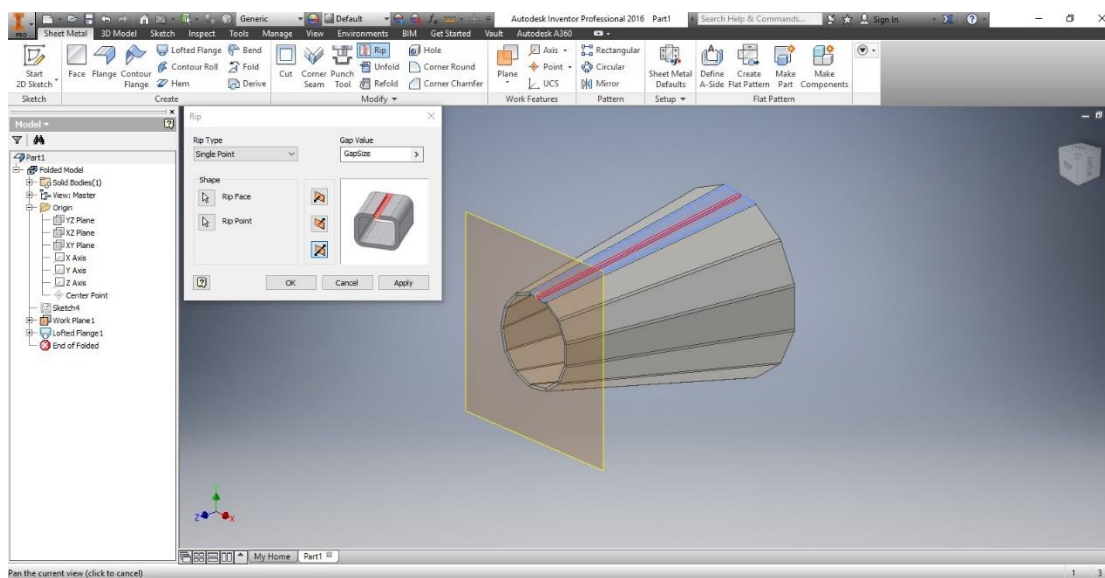
Η εντολή Punch Tool εισάγει ένα 3D Sketch με βάση το κέντρο ενός Sketch που ο χρήστης θα πρέπει να έχει ήδη σχεδιάσει, και το κατασκευάζει επάνω στη λαμαρίνα. Αναλυτικότερα, ο χρήστης θα πρέπει να έχει ένα κομμάτι ήδη δημιουργημένο. Στο κομμάτι αυτό που ο χρήστης επιθυμεί να προσθέσει το Punching (μορφοποίηση λαμαρίνας από έτοιμο εργαλείο) δημιουργεί ένα καινούργιο Sketch με ένα κέντρο. Το κέντρο αυτό θα χρησιμοποιηθεί για την τοποθέτηση του Punch Tool. Έπειτα, ο χρήστης κάνει χρήση της εντολής και επιλέγει το επιθυμητό εργαλείο. Στη συνέχεια δίνει το κέντρο σαν σημείο αναφοράς (υπάρχει ένα κέντρο και στο Punch Tool και κατά την προσθήκη του εργαλείου τα δύο κέντρα τέμνονται) και η εντολή εκτελείται. Στην **εικόνα 49** φαίνεται η εκτέλεση της εντολής και η επιλογή του κέντρου.



Εικόνα 48 Εντολή Punch Tool

## 5.12) Εντολή Rip

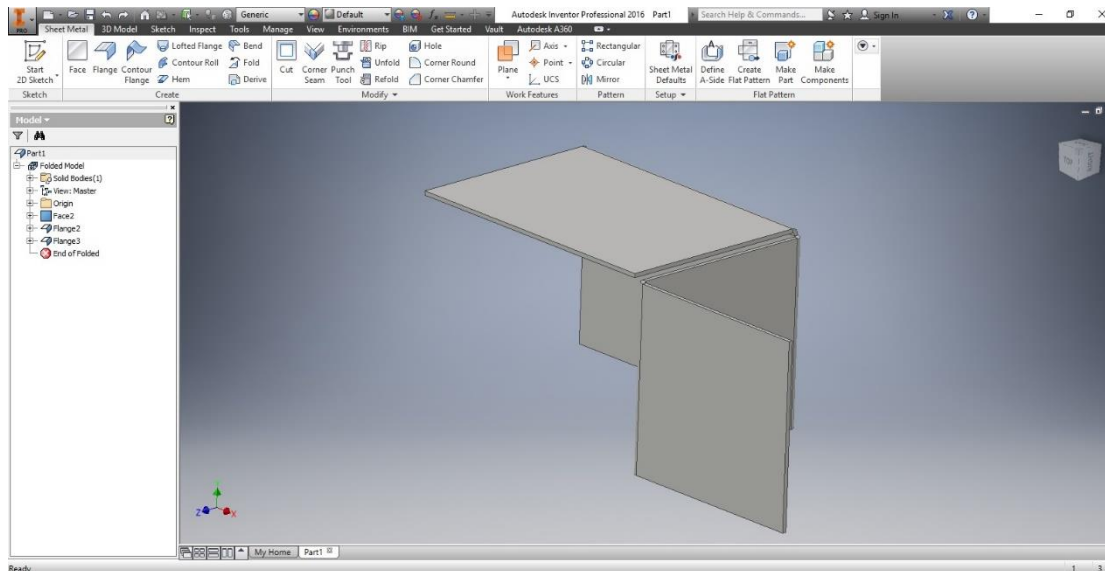
Η εντολή Rip δημιουργεί ένα ρήγμα σε ένα πρόσωπο ή επιφάνεια ώστε να μπορεί να λειτουργήσει το στραντζάρισμα ή ο κύλινδρος σε περίπτωση που ο χρήστης έχει δημιουργήσει μία κλειστή διατομή. Χρησιμοποιείται πολύ συχνά μετά από την εντολή Lofted Flange. Αρχικά ο χρήστης επιλέγει την εντολή και έπειτα το πρόσωπο στο οποίο επιθυμεί να γίνει το κόψιμο. Εν συνεχεία, επιλέγει το σημείο, το οποίο μπορεί να είναι είτε από Sketch ήδη κατασκευασμένο, είτε το μέσο μίας επιφάνειας ή προσώπου. Στην **εικόνα 50** φαίνεται η εκτέλεση της εντολής Rip για ένα Lofted Flange.



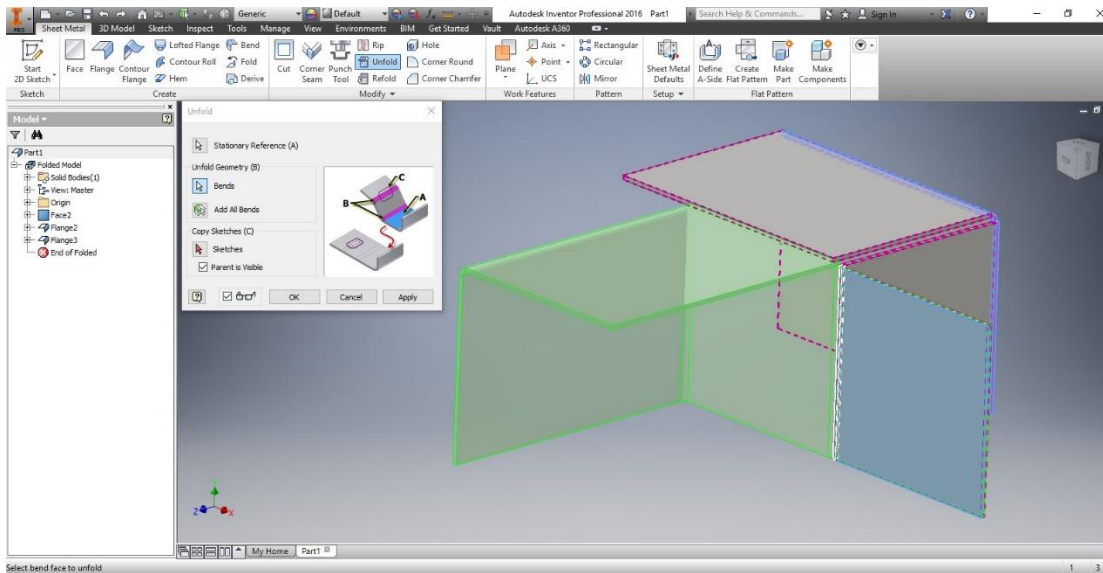
Εικόνα 49 Εντολή Rip

### **5.13) Εντολή Unfold**

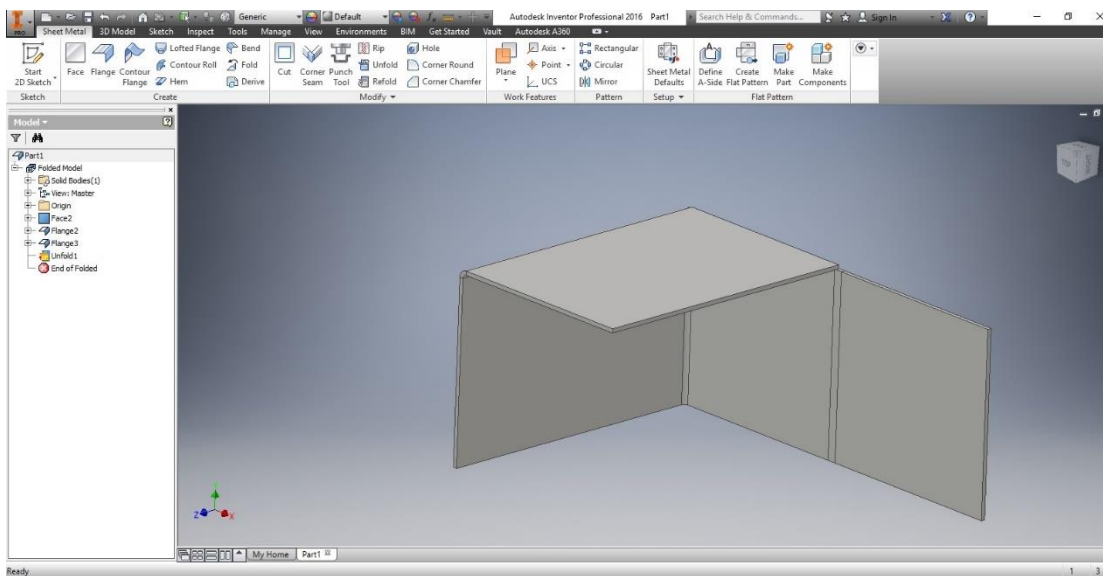
Η εντολή Unfold αναιρεί ένα στραντζάρισμα που έχει γίνει σε πρότερη εντολή. Ο χρήστης αρχικά θα πρέπει να κάνει χρήση της εντολής και έπειτα να επιλέξει την γεωμετρία ή το πρόσωπο που θα μείνει σταθερό. Με βάση αυτό, θα πρέπει να επιλεγθεί το στραντζάρισμα που θέλει ο χρήστης να αναιρέσει. Στην **εικόνα 51** διακρίνεται η αρχική γεωμετρία, στην **εικόνα 52** η χρήση της εντολής (με χρώματα είναι οι επιλεγμένες γεωμετρίες) και τέλος, στην **εικόνα 53** το αποτέλεσμα της χρήσης της εντολής.



**Εικόνα 50** Αρχικό σχήμα πριν από τη χρήση της εντολής Unfold



Εικόνα 51 Χρήση της εντολής Unfold



Εικόνα 52 Τελικό αποτέλεσμα χρήσης εντολής Unfold

Όμοια αλλά με αντίθετο αποτέλεσμα λειτουργεί η εντολή Refold. Ο χρήστης μπορεί μέσω αυτής της εντολής να επαναφέρει ένα στραντζάρισμα χωρίς να ενοχληθεί το δέντρο εντολών.

Επιπλέον, υπάρχει η εντολή Hole για την δημιουργία οπών στις λαμαρίνες, η εντολή Fillet για τη δημιουργία κυκλικής διατομής στις ακμές, η εντολή Chamfer για δημιουργία σπασμένης διατομής στις ακμές και τα εργαλεία Plane, Axis και Point που λειτουργούν βοηθητικά όπως ακριβώς και στην λειτουργία Solid Part. Τέλος η λειτουργία Pattern, Circular και Mirror λειτουργεί όπως ακριβώς στην λειτουργία για τα Solid Part και του Sketch.

## **Κεφάλαιο 6ο:**

### **Δημιουργία αντικειμένου (Parts Creation)**

#### **6.1<sup>α</sup>) Εισαγωγή**

Η παρούσα τεχνική έκθεση περιγράφει τον τρόπο και την διαδικασία με την οποία γίνεται ο τρισδιάστατος σχεδιασμός ενός μηχανολογικού εργαλείου. Η περιγραφή που ακολουθεί αφορά εξειδικευμένα τον σχεδιασμό στο πρόγραμμα Inventor της εταιρίας Autodesk. Λόγω της ομοιότητας όμως που έχουν αρκετά σχεδιαστικά προγράμματα τρισδιάστατου σχεδιασμού μπορεί να γενικευτεί και για αυτά. Η λογική άλλωστε του τρισδιάστατου σχεδιασμού είναι παρόμοια σε όλα τα προγράμματα, οι διαφοροποιήσεις είναι κυρίως στην ονομασία των εντολών που έχει κάθε πρόγραμμα.

Στις επόμενες υποενότητες του κεφαλαίου αυτού γίνεται μια παρουσίαση του προς επιλογή τεμαχίου ώστε ο αναγνώστης να ξέρει τι είναι αυτό που σχεδιάζεται στα επόμενα κεφάλαια. Ακολουθώς καταγράφεται η διαδικασία του σχεδιασμού, εν είδη ενός διαγράμματος ροής ώστε να μπορεί ο αναγνώστης να ακολουθεί τα βήματα που γίνονται στα επόμενα δύο κεφάλαια. Τα αμιγώς σχεδιαστικά υποκεφάλαια είναι το δεύτερο και το τρίτο στα οποία γίνεται ενδελεχής παρουσίαση του τρόπου που σχεδιάστηκαν αρχικά τα επιμέρους τεμάχια (2<sup>ο</sup> κεφάλαιο) και τελικώς το συναρμολόγημα (3<sup>ο</sup> κεφάλαιο).

#### **6.1<sup>β</sup>) Επιλογή μηχανολογικού εργαλείου για σχεδιασμό**

Τα μηχανολογικά εργαλεία τα οποία θα μπορούσαν να σχεδιαστούν στο πλαίσιο της εργασίας αυτής είναι χιλιάδες, ου μην και εκατομμύρια. Εμείς έπρεπε να επιλέξουμε ένα. Αποφασίσαμε λοιπόν να επιλέξουμε ένα εργαλείο το οποίο δεν θα είναι ούτε πολύ απλό αλλά ούτε και πολύ περίπλοκο, κάτι που θα έκανε χρονοβόρα τόσο την σχεδίασή του όσο και την σύνταξη της παρούσας τεχνικής έκθεσης. Άλλο ένα κριτήριο που θέσαμε ήταν το εργαλείο μας να μην αποτελείται από ένα μόνο τεμάχιο αλλά από μερικά τεμάχια ούτως ώστε να μας δίνει την δυνατότητα να δημιουργήσουμε συναρμολόγημα, κάτι που θα μας επιτρέψει να παρουσιάσουμε και την σχεδίαση συναρμολογήματος. Τέλος, θα θέλαμε το εργαλείο να έχει και μια απλή κίνηση ώστε να δείξουμε πως είναι δυνατή η προσομοίωση κίνησης στον τρισδιάστατο σχεδιασμό.

Λαμβάνοντας υπόψη λοιπόν τα παραπάνω κριτήρια αποφασίσαμε να σχεδιάσουμε ένα κλειδί σωληνώσεων, (τσιμπίδα υδραυλικού ή σωληνοκάβουρας τύπου Στίλσον είναι τα συνηθισμένα ονόματά του στην πιάτσα, ripe wrench στην αγγλική ορολογία) το οποίο κατά βάση χρησιμοποιείται σε υδραυλικές εργασίες. Το κλειδί αυτό έχει ένα ρυθμιζόμενο σκέλος στο οποίο γίνεται ρύθμιση του πάνω μέρους του, αναλόγως της διατομής της σωλήνας ώστε να σφίξει την σωλήνα και να μπορέσει ο τεχνίτης να κάνει τις



απαιτούμενες εργασίες. Η κίνηση του πάνω μέρους του γίνεται με την βοήθεια ενός τροχού ο οποίος φέρει σπείρωμα. Μέσα στον τροχό καταλήγει ένας άξονας, συνδεδεμένος με το πάνω μέρος του εργαλείου. Ο άξονας φέρει και αυτός σπείρωμα το οποίο είναι σε εμπλοκή με το σπείρωμα του τροχού. Η περιστροφή λοιπόν του τροχού προκαλεί την κίνηση του άξονα. Αυτή είναι η λειτουργία του εργαλείου αυτού. Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται ένα κλειδί σωληνώσεων όπως κυκλοφορεί στο εμπόριο. Μοιάζει πολύ με αυτό που έχουμε στα χέρια μας με ελάχιστες διαφορές κυρίως στην καμπύλη του κεφαλιού όπου το δικό μας έχει λίγο μεγαλύτερη ακτίνα.



**Εικόνα 54** Κλειδί σωληνώσεων εμπόριου

(Πηγή: <http://www.mrtool.gr/ergaleia-cheiros/kaboures.html>)

Η επιλογή του εργαλείου μας δίνει την δυνατότητα, σχεδιάζοντας ένα εργαλείο με λίγα επιμέρους τεμάχια, να δείξουμε τόσο την δημιουργία συναρμολογήματος όσο και την κίνηση. Επιπλέον αυτών όμως είναι ένα εργαλείο που μπορέσαμε να προμηθευτούμε εύκολα, και με μικρό κόστος ώστε να το λύσουμε και να σχεδιάσουμε τα επιμέρους τεμάχιά του. Το εργαλείο που έφτασε στα χέρια μας ήταν αγγλοσαξωνικής προέλευσης έτσι τόσο το σπείρωμα όσο και οι διαστάσεις ήταν σε ίντσες. Ο σχεδιασμός στο Inventor όμως έγινε σε χιλιοστά καθώς το πρόγραμμα έχει την δυνατότητα να λαμβάνει από τον χρήστη διαστάσεις σε ίντσες και να τις μετατρέπει σε χιλιοστά. Η μέτρηση κάθε απαιτούμενης διάστασης έγινε με ηλεκτρονικό παχύμετρο.

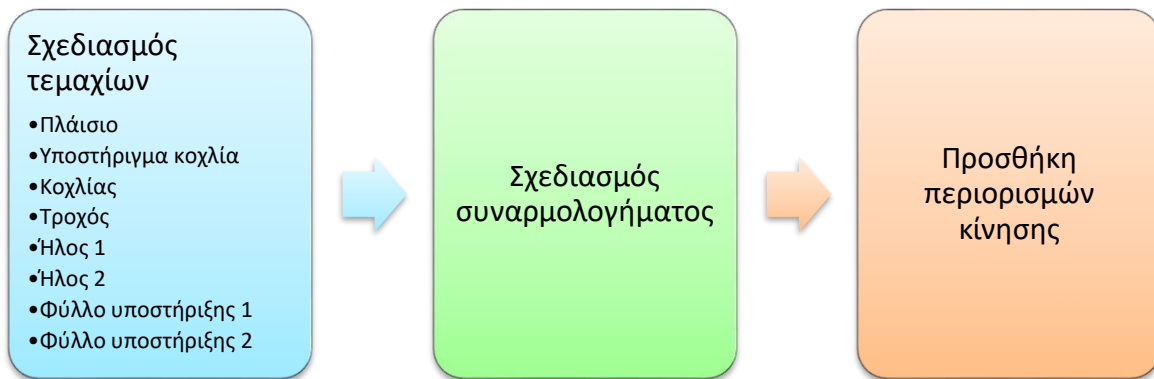
### **6.1<sup>Υ</sup>) Περιγραφή διαδικασίας σχεδιασμού**

Ο σχεδιασμός στο Inventor, και γενικά ο τρισδιάστατος σχεδιασμός, έχει συγκεκριμένα βήματα που πρέπει να ακολουθηθούν. Το πρώτο βήμα λοιπόν είναι η αρχική σχεδίαση των επιμέρους τεμαχίων που αποτελούν το συναρμολόγημα. Λύνουμε λοιπόν το εργαλείο μας και βλέπουμε ότι αποτελείται από 8 τεμάχια (πλαίσιο, υποστήριγμα κοχλία, κοχλίας, τροχός, δύο ήλοι και δύο φύλλα υποστήριξης σύνδεσης). Σχεδιάζουμε ένα ένα αυτά τα τεμάχια μετρώντας τις διαστάσεις τους.

Το δεύτερο βήμα είναι η σχεδίαση του συναρμολογήματος στο οποίο τα προηγούμενα τεμάχια συναρμολογούνται και τοποθετούνται οι περιορισμοί στην μεταξύ τους κίνηση. Υπάρχει συνεχής ανάδραση μεταξύ του πρώτου και του δεύτερου βήματος καθώς σε κάθε τοποθέτηση κομματιού στο συναρμολόγημα ελέγχεται η διαστασιακή του ακρίβεια

σε σχέση με τα υπόλοιπα τεμάχια και αν απαιτείται επιστρέφουμε πίσω στο πρώτο βήμα και διορθώνουμε τον σχεδιασμό του τεμαχίου αυτού.

Το τρίτο βήμα είναι μετατροπή των περιορισμών μεταξύ των τεμαχίων σε περιορισμούς κίνησης έτσι ώστε να επιτραπεί η προσομοίωση της κίνησης των επιμέρους τεμαχίων. Στα επόμενα κεφάλαια περιγράφονται τα τρία αυτά βήματα. Το πρώτο βήμα περιγράφεται στο δεύτερο κεφάλαιο ενώ τα βήματα 2 και 3 περιγράφονται στο τρίτο κεφάλαιο. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται το διάγραμμα ροής που ακολουθούμε στον σχεδιασμό μας.



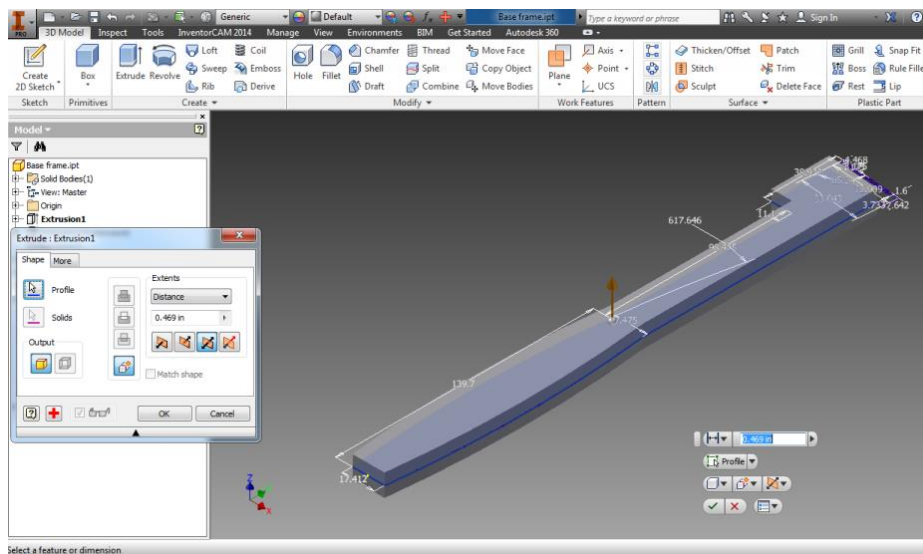
**Εικόνα 55:** Διάγραμμα ροής σχεδιασμού κλειδιού

## 6.2<sup>α</sup>) Σχεδιασμός επιμέρους τεμαχίων κλειδιού

Στο υποκεφάλαιο αυτό παρουσιάζεται ο σχεδιασμός κάθε τεμαχίου του κλειδιού ξεχωριστά. Το κλειδί αποτελείται από 8 διαφορετικά τεμάχια έτσι η περιγραφή του σχεδιασμού χωρίζεται στις 8 υποενότητες που ακολουθούν.

## 6.2<sup>β</sup>) Πλαίσιο

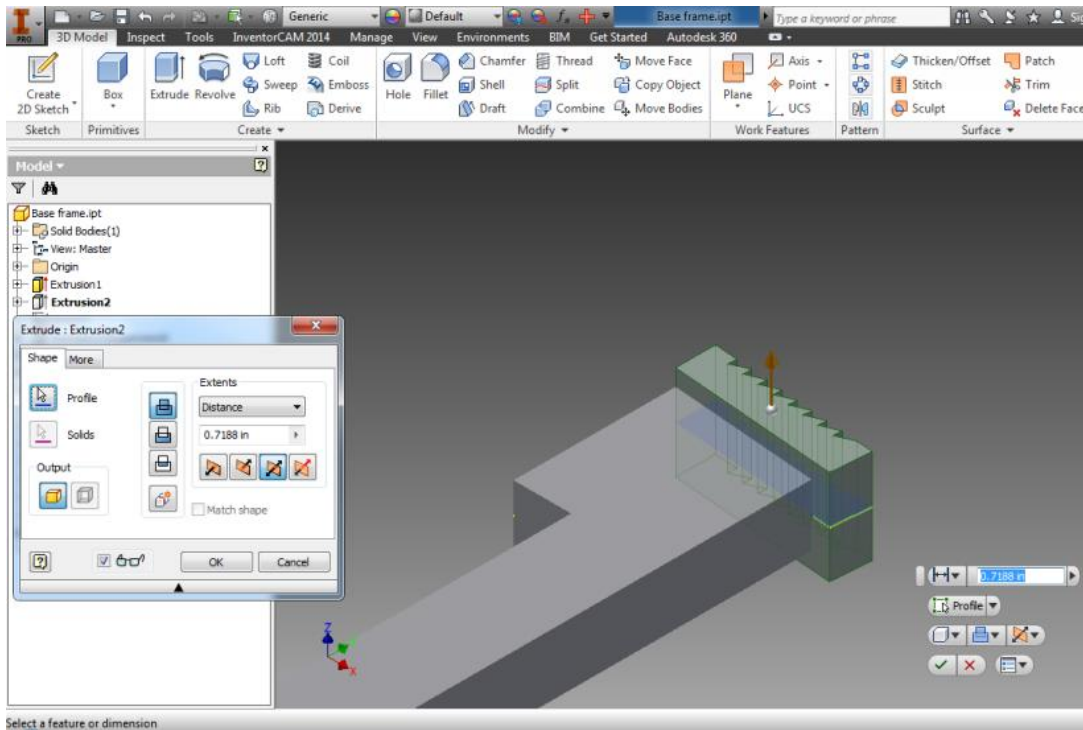
Το πρώτο τεμάχιο το οποίο θα σχεδιαστεί σε τρισδιάστατο μοντέλο είναι το πλαίσιο, η βάση του κλειδιού. Το πλαίσιο είναι ένα μασίφ κομμάτι στο οποίο συνδέονται τα υπόλοιπα κομμάτια του κλειδιού. Επίσης η κεφαλή του πλαισίου αποτελεί το κάτω μέρος του κλειδιού. Η σχεδίαση του πλαισίου ξεκινάει με την δημιουργία ενός αρχικού στερεού του οποίου το περίγραμμα ταυτίζεται με το περίγραμμα του κλειδιού. Αρχικά λοιπόν δημιουργούμε σε ένα επίπεδο αναφοράς ένα sketch με το περίγραμμα του κλειδιού. Ακολούθως χρησιμοποιούμε την εντολή extrude για να δημιουργήσουμε το στερεό. Ως profile της εντολής extrude επιλέγουμε το sketch που ήδη έχουμε σχεδιάσει. Στην συνέχεια επιλέγουμε το πάχος του αρχικού στερεού και την πλευρά στην οποία θέλουμε να δημιουργηθεί. Επιλέγουμε το πάχος του στερεού να ισοκατανεμηθεί πάνω και κάτω από το επίπεδο αναφοράς. Η επιλογή μας αυτή είναι πολύ σημαντική καθώς θα γνωρίζουμε ότι το αρχικό επίπεδο αναφοράς βρίσκεται στο κέντρο του στερεού κάτι που θα χρησιμοποιήσουμε πολλάκις κατά την δημιουργία του συναρμολογήματος. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η δημιουργία του αρχικού στερεού.



**Εικόνα 56:** Δημιουργία αρχικού στερεού πλαισίου με την εντολή extrude

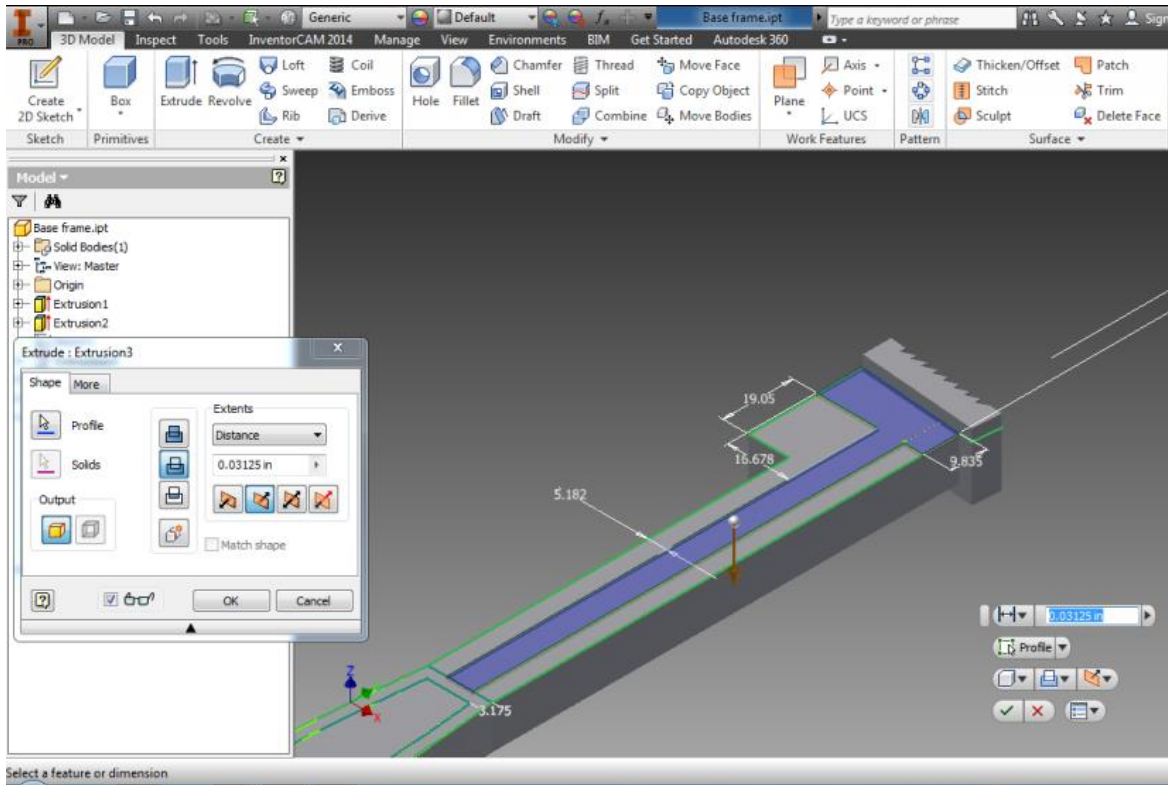
Στην συνέχεια θα κατασκευάσουμε την κεφαλή του πλαισίου η οποία αποτελεί και το κάτω μέρος του κλειδιού. Σχεδιάζουμε και πάλι στο επίπεδο αναφοράς την κεφαλή σε ένα sketch και με την εντολή extrude δημιουργούμε την κεφαλή. Για τον ίδιο λόγο με πριν ισοκατανέμουμε το πάχος. Παρατηρούμε στο sketch της κεφαλής την δημιουργία

της οδόντωσης η οποία γίνεται με διαδοχικά τριγωνικά βήματα. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την κατασκευή της κεφαλής.

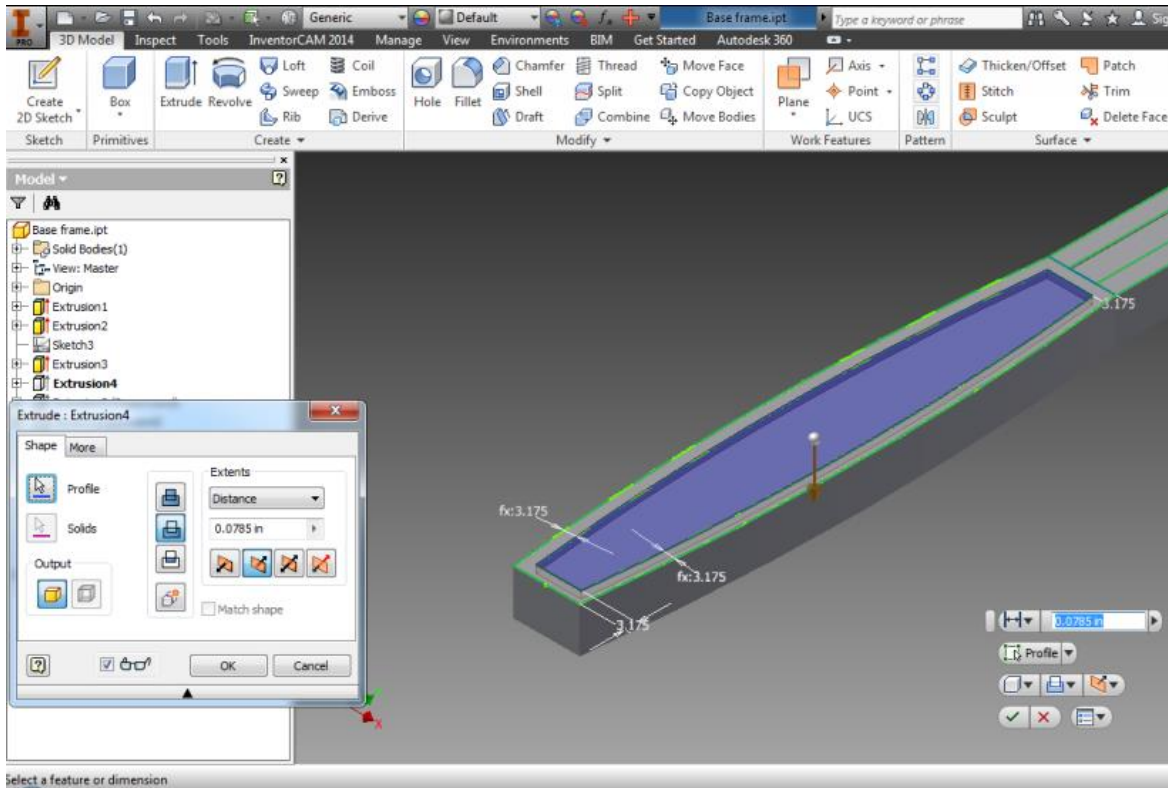


**Εικόνα 57:** Δημιουργία κεφαλής πλαισίου

Στη συνέχεια θα κατασκευάσουμε μια διαμόρφωση που υπάρχει στο σώμα του πλαισίου. Στο πάνω μέρος του σώματος απουσιάζει λίγο υλικό. Σχεδιάζουμε λοιπόν ένα sketch στην επιφάνεια αυτή και το περίγραμμα που δημιουργούμε είναι το υλικό που θα αφαιρεθεί. Η αφαίρεση του υλικού γίνεται με την εντολή *extrude*. Αυτή την φορά όμως, αφού επιλέξουμε ως προφίλ το τμήμα που θέλουμε να αφαιρεθεί στα τετράγωνα που υπάρχουν στην μέση της εντολής επιλέγουμε το δεύτερο που είναι το *cut*. Ακολούθως επιλέγουμε το βάθος που θέλουμε να αφαιρεθεί το υλικό και εκτελούμε την εντολή. Μια αντίστοιχης φύσεως διαμόρφωση που προκύπτει από την αφαίρεση υλικού υπάρχει και στο κάτω μέρος του πλαισίου. Η κατασκευή της γίνεται με τον ίδιο τρόπο όπως παρουσιάστηκε για την διαμόρφωση στο πάνω μέρος. Στην πρώτη εικόνα που ακολουθεί βλέπουμε την εκτέλεση της εντολής *extrude cut* για την πάνω διαμόρφωση και στην δεύτερη εικόνα βλέπουμε την εκτέλεση της εντολής *extrude cut* για την κάτω διαμόρφωση.

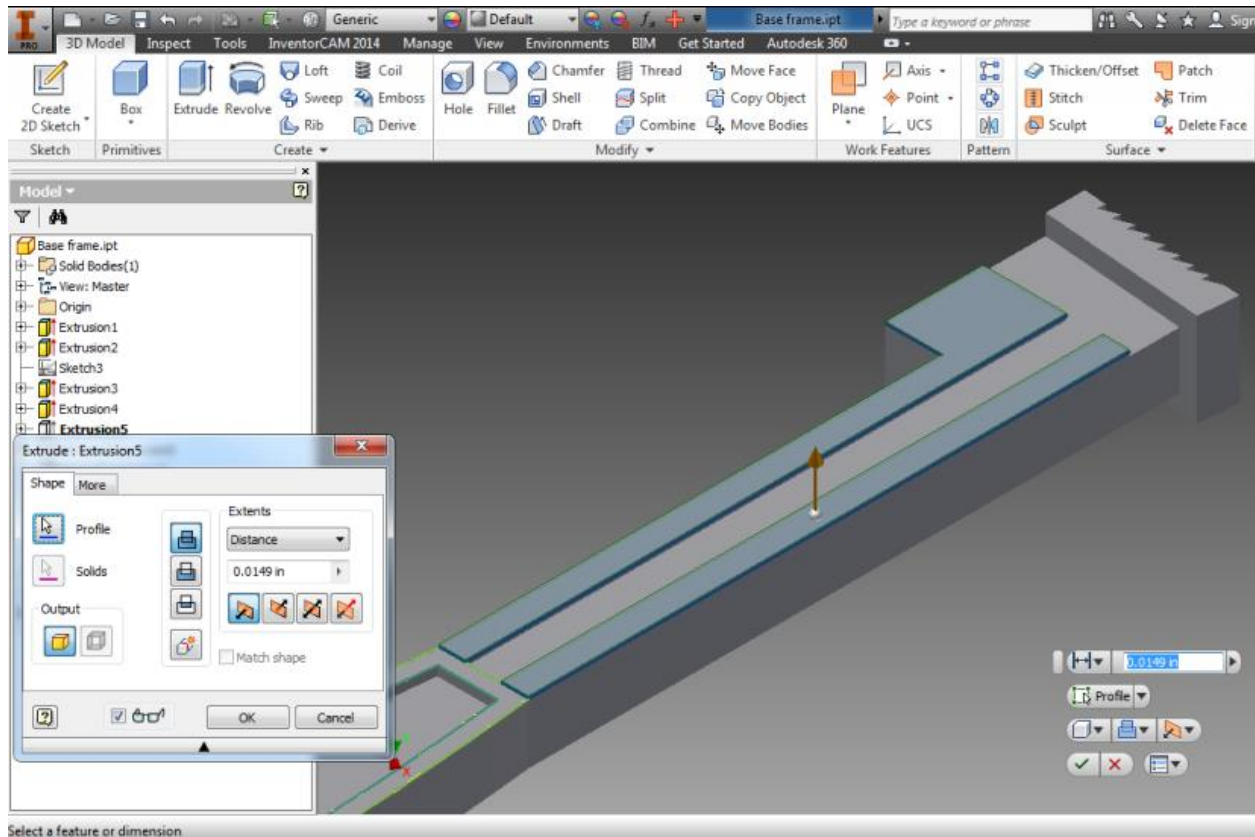


Εικόνα 58: Δημιουργία διαμόρφωσης πάνω μέρος πλαισίου



Εικόνα 59: Δημιουργία διαμόρφωσης κάτω μέρος πλαισίου

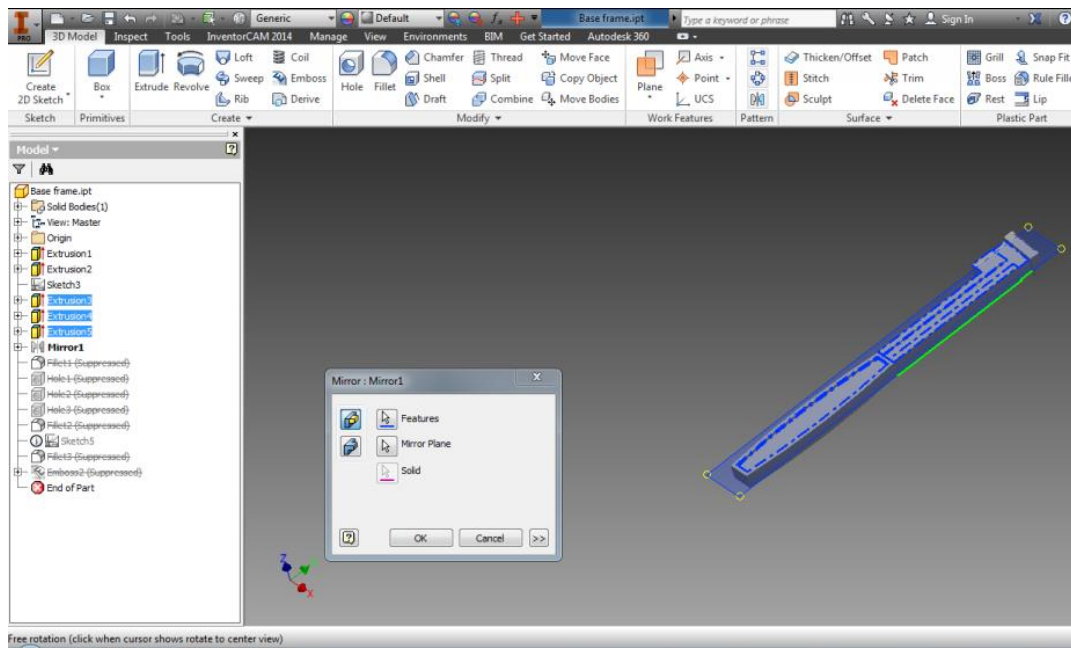
Στο πάνω τμήμα της βάσης η παραμένουσα επιφάνεια είναι υψηλότερη από ότι στο κάτω μέρος. Έτσι θα πρέπει να προστεθεί υλικό. Επιλέγουμε λοιπόν να δημιουργήσουμε ένα sketch σε αυτό το τμήμα. Με ένα project geometry έχουμε κατευθύνει το σχεδιάγραμμα που θέλουμε να ανυψωθεί. Οπότε εκτελούμε αμέσως την εντολή extrude με επιλογή του διαγράμματος αυτού και με επιλογή του ύψους. Το τελικό αποτέλεσμα φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



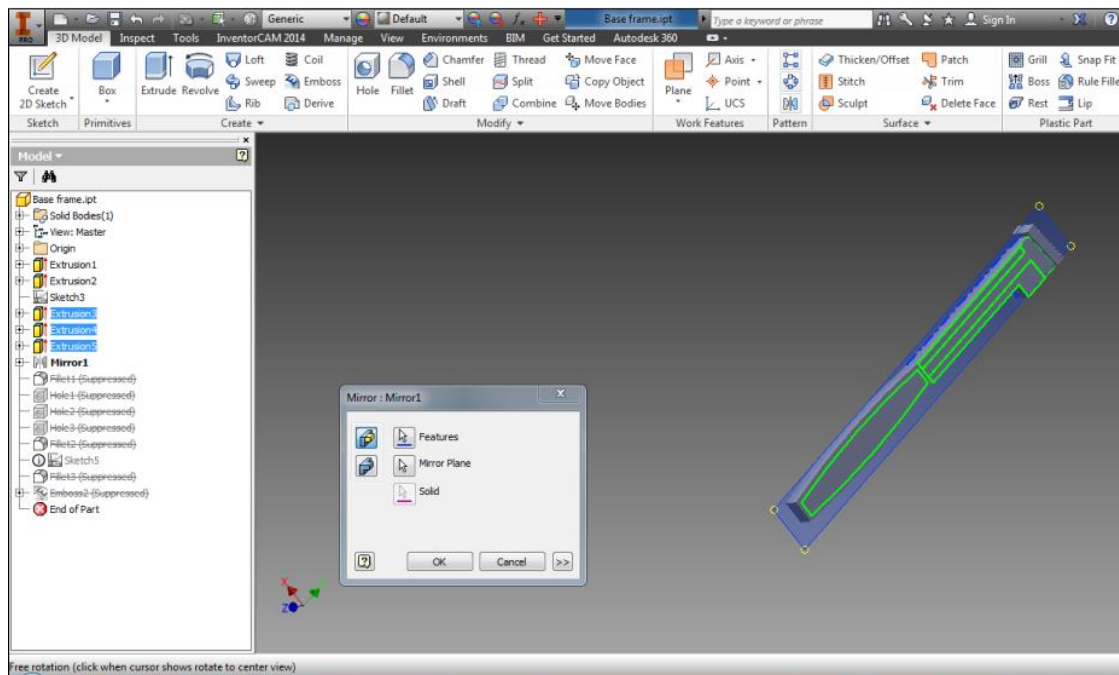
**Εικόνα 60:** Ανύψωση πλαϊνών τμημάτων πάνω μέρος πλαισίου

Οι τελευταίες τρεις διαμορφώσεις (αφαίρεση υλικού στο πάνω και στο κάτω τμήμα του πλαισίου και προσθήκη υλικού στο εναπομείναν επάνω τμήμα) Έγιναν μόνο από την εμπρόσθια πλευρά. Το εργαλείο όμως είναι συμμετρικό έτσι και το πλαίσιο είναι συμμετρικό. Για αυτό τον λόγο θα πρέπει να γίνουν και από την άλλη πλευρά. Για να μην γίνουν και οι τρεις εντολές από την αρχή επιλέγουμε την εντολή mirror όπου μπορεί να δημιουργήσει διαμορφώσεις οι οποίες είναι καθρέπτης των αρχικών διαμορφώσεων πίσω από ένα επίπεδο αναφοράς. Ως επίπεδο αναφοράς θα χρησιμοποιήσουμε το αρχικό επίπεδο στο οποίο ισομοιράσαμε το αρχικό στερεό. Στην εντολή features επιλέγουμε ποιες από τις παραπάνω διαμορφώσεις θα γίνουν mirror. Η επιλογή μας είναι οι τρεις τελευταίες διαμορφώσεις extrude. Στην εντολή mirror plane επιλέγουμε το επίπεδο που θα λειτουργήσει ως καθρέπτης. Το επίπεδο αυτό είναι το αρχικό επίπεδο αναφοράς. Το αποτέλεσμα είναι η άμεση δημιουργία και των τριών διαμορφώσεων στην πίσω πλευρά του πλαισίου. Στην πρώτη εικόνα που ακολουθεί φαίνεται το παράθυρο

της εντολής mirror και οι επιλογές των features και του επιπέδου. Στην δεύτερη εικόνα φαίνεται το αποτέλεσμα που θα φέρει η εκτέλεση της εντολής στην πίσω πλευρά του πλαισίου.

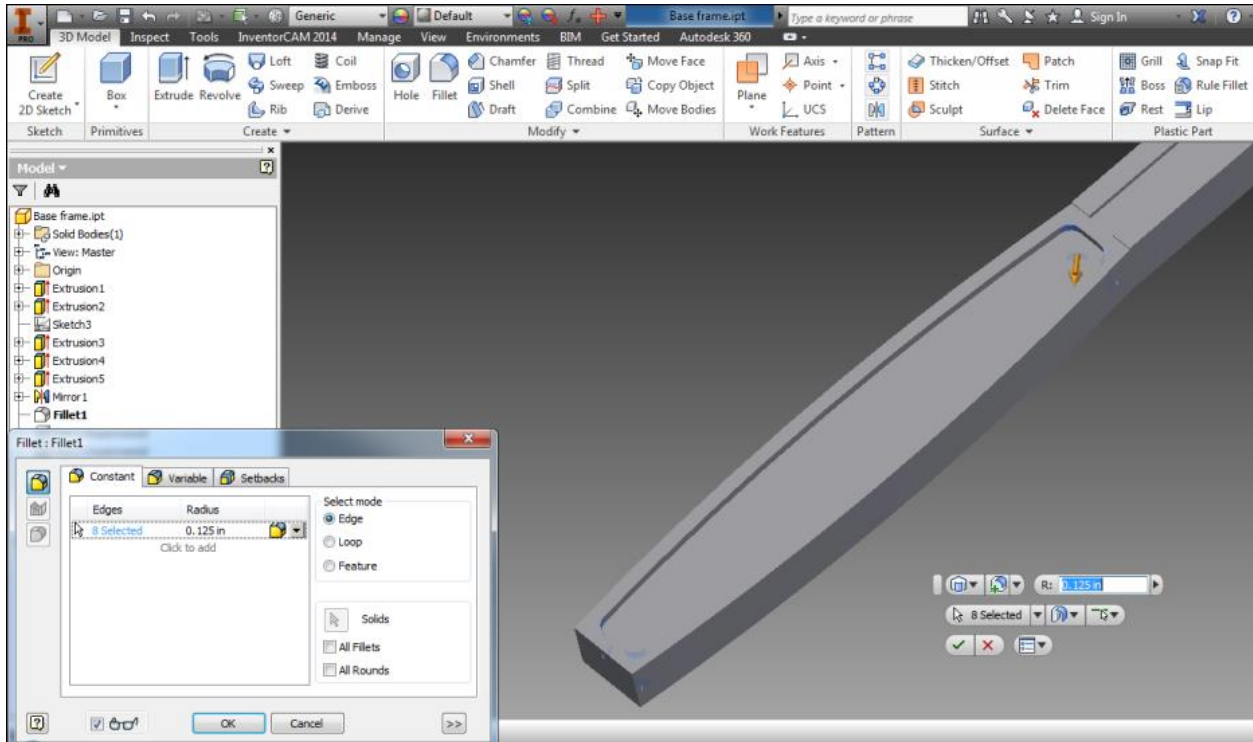


**Εικόνα 11:** Εντολή mirror για την δημιουργία των τριών παραπάνω διαμορφώσεων και στην άλλη πλευρά του πλαισίου



**Εικόνα 62:** Αποτέλεσμα εκτέλεσης εντολής mirror στην πίσω πλευρά του πλαισίου

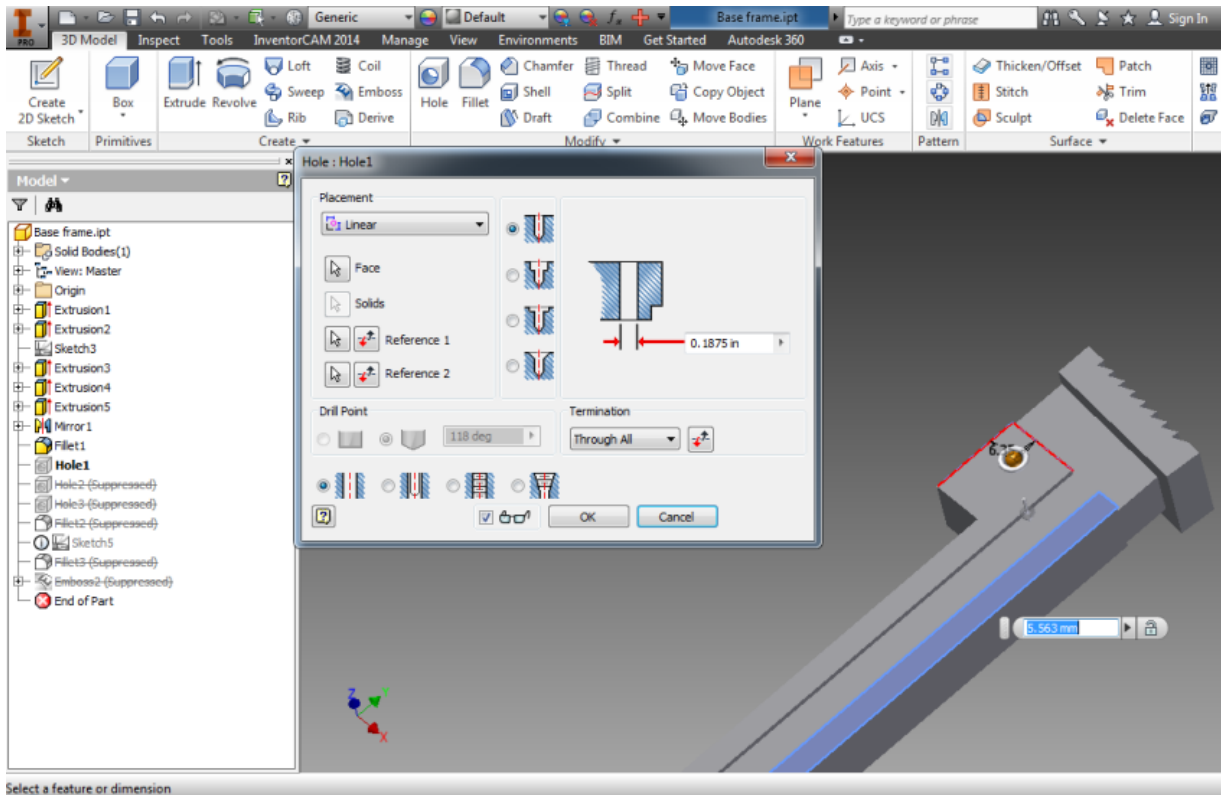
Ακολούθως θα δημιουργήσουμε την καμπυλότητα που υπάρχει στο εσωτερικό των διαμορφώσεων της κάτω πλευράς. Η καμπυλότητα θα δημιουργηθεί με την εντολή fillet στην οποία επιλέγουμε και τις 8 ακμές (τέσσερις από μπροστά και τέσσερις από πίσω) που θέλουμε να αποκτήσουν καμπυλότητα. Αφού δώσουμε και την επιθυμητή ακτίνα καμπυλότητας βλέπουμε το αποτέλεσμα που θα έχουμε στην επόμενη εικόνα.



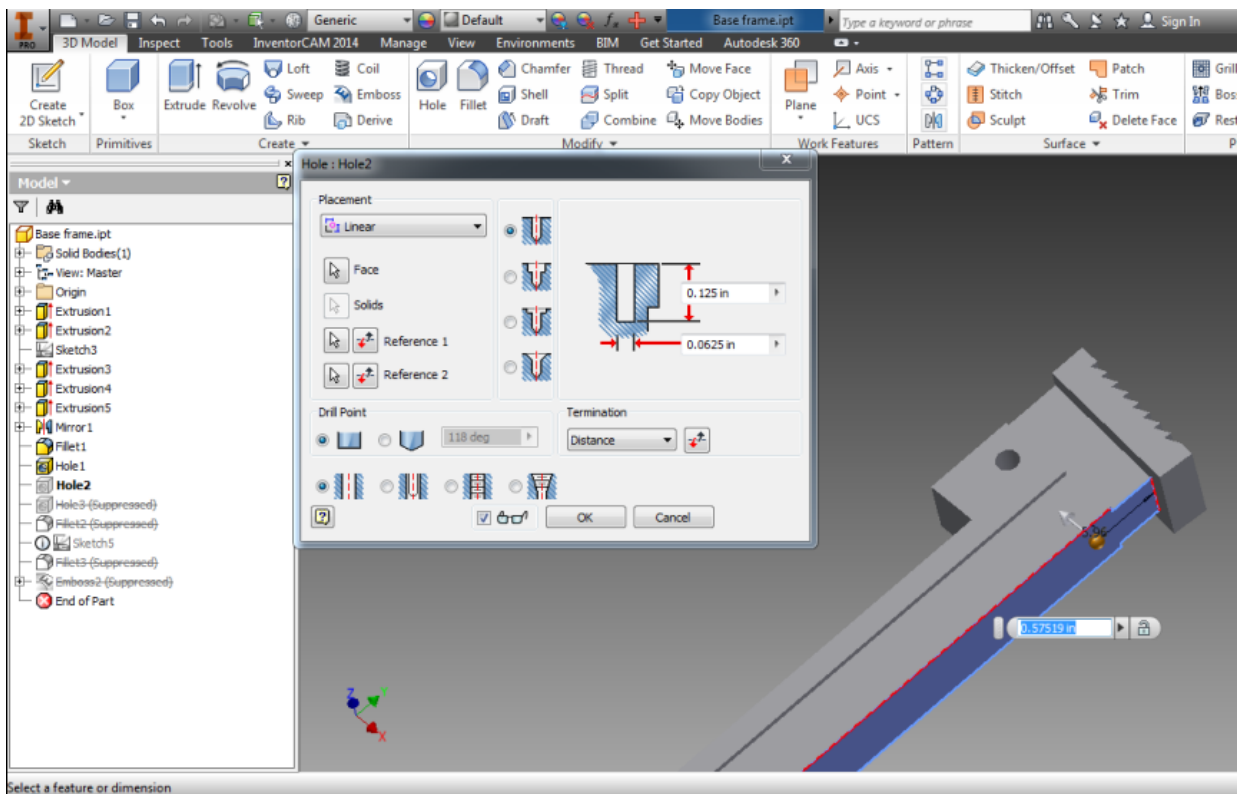
**Εικόνα 63:** Δημιουργία καμπυλότητας στην κάτω διαμόρφωση

Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία των οπών που υπάρχουν στο πλαίσιο. Το πλαίσιο έχει τρεις οπές για να τοποθετηθούν τρεις ήλοι. Η πρώτη οπή είναι η θέση στην οποία θα συνδεθεί το πλαίσιο με το υποστήριγμα ενώ οι άλλες δύο οπές είναι οι θέσεις στις οποίες θα συνδεθεί το πλαίσιο με τα φύλλα υποστήριξης. Οι οπές γίνονται, κάθε μια ξεχωριστά, με την χρήση της εντολής hole. Κατά την εκτέλεση της εντολής επιλέγουμε την θέση του κέντρου δίνοντας απόσταση από δύο επίπεδα αναφοράς (reference 1 και 2), επιλέγουμε την διάμετρο της οπής και επιλέγουμε και το βάθος. Η οπή στην οποία συνδέεται το υποστήριγμα είναι διαμπερής και αντί πάχος επιλέγεται η εντολή through all. Στις επόμενες τρεις εικόνες βλέπουμε κατά σειρά την δημιουργία των τριών προαναφερθεισών οπών.

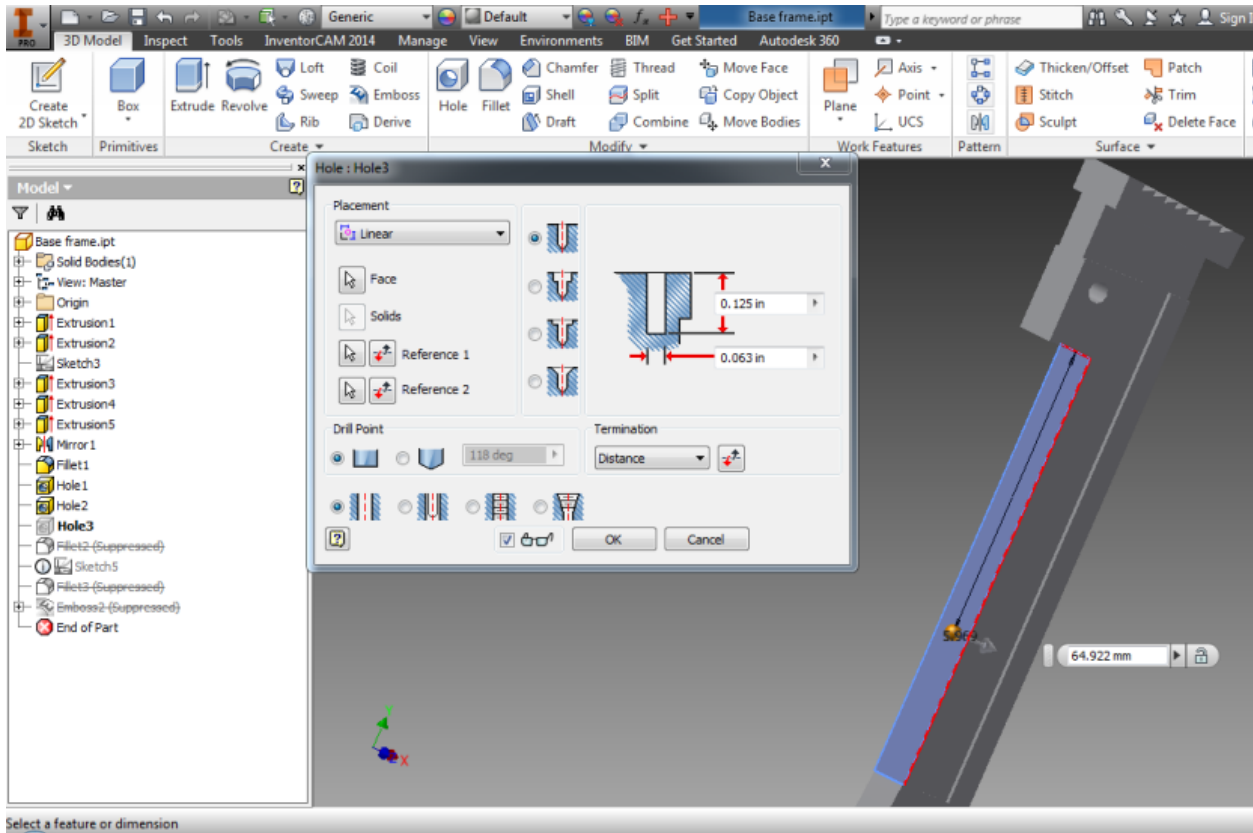




Εικόνα 64: Δημιουργία οπής σύνδεσης πλαισίου με υποστήριγμα

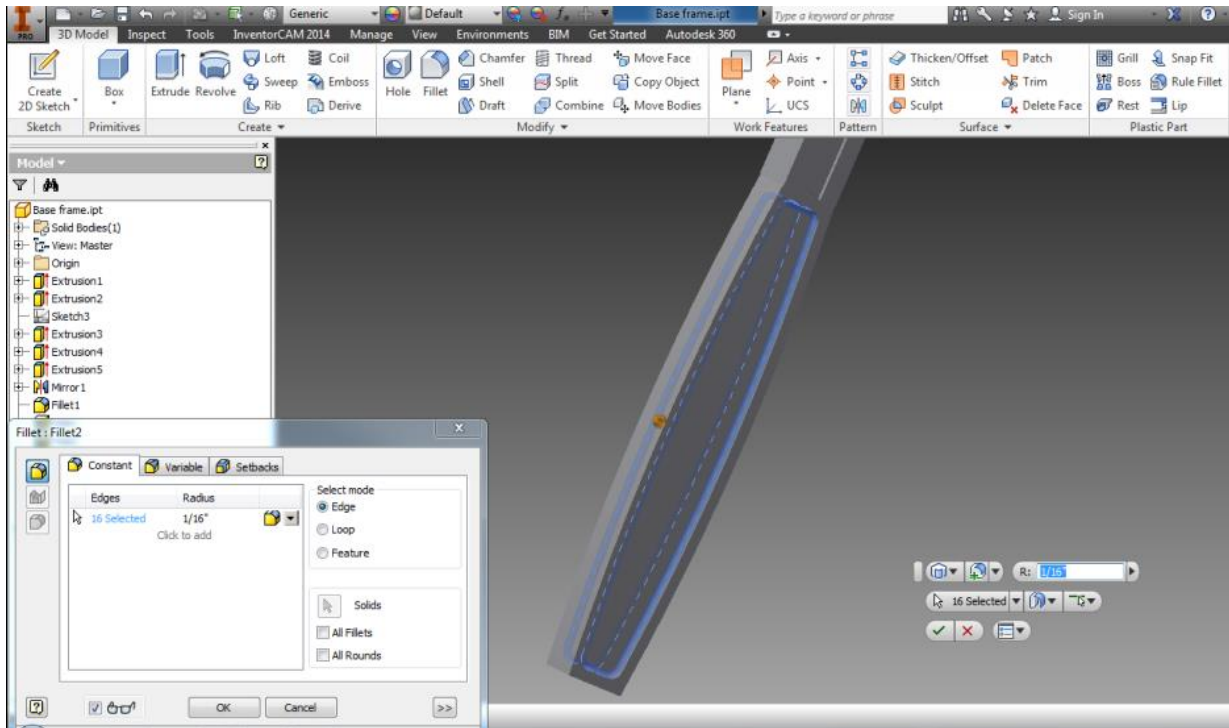


Εικόνα 65: Δημιουργία οπής σύνδεσης πλαισίου και φύλλου υποστήριξης 1

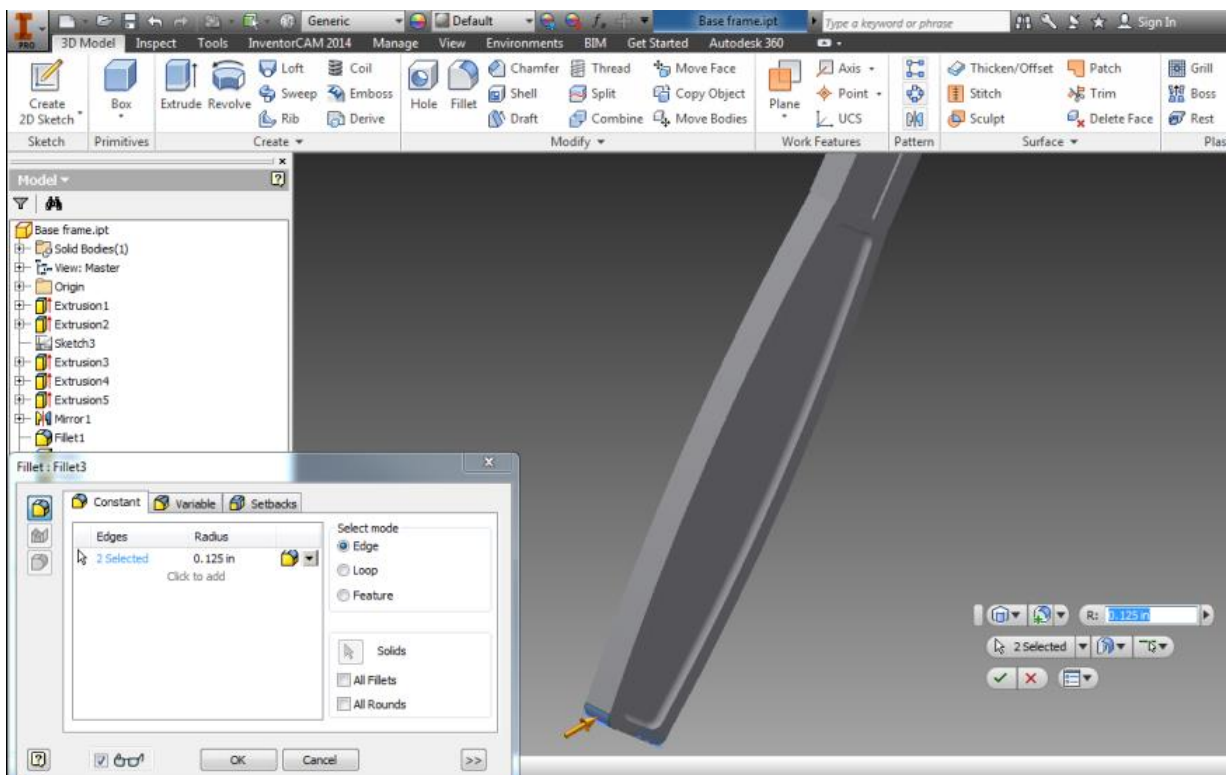


**Εικόνα 66:** Δημιουργία οπής σύνδεσης πλαισίου με φύλλο υποστήριξης 2

Μετά την δημιουργία των οπών σχεδιάζουμε την καμπυλότητα που υπάρχει περιμετρικά στην εσωτερική διαμόρφωση της βάσης. Με την χρήση της εντολής fillet, και αφού επιλέξουμε την ακτίνα καμπυλότητας, επιλέγουμε το περίγραμμα της βάσης της διαμόρφωσης (και στην εμπρόσθια και στην οπίσθια όψη) και δημιουργούμε την καμπυλότητα. Αντίστοιχα δημιουργούμε καμπυλότητα και στα δύο κάτω άκρα του πλαισίου επιλέγοντας την ακτίνα καμπυλότητας που θα έχουν οι δύο ακμές. Στις επόμενες εικόνες βλέπουμε την δημιουργία αυτών των καμπυλοτήτων.

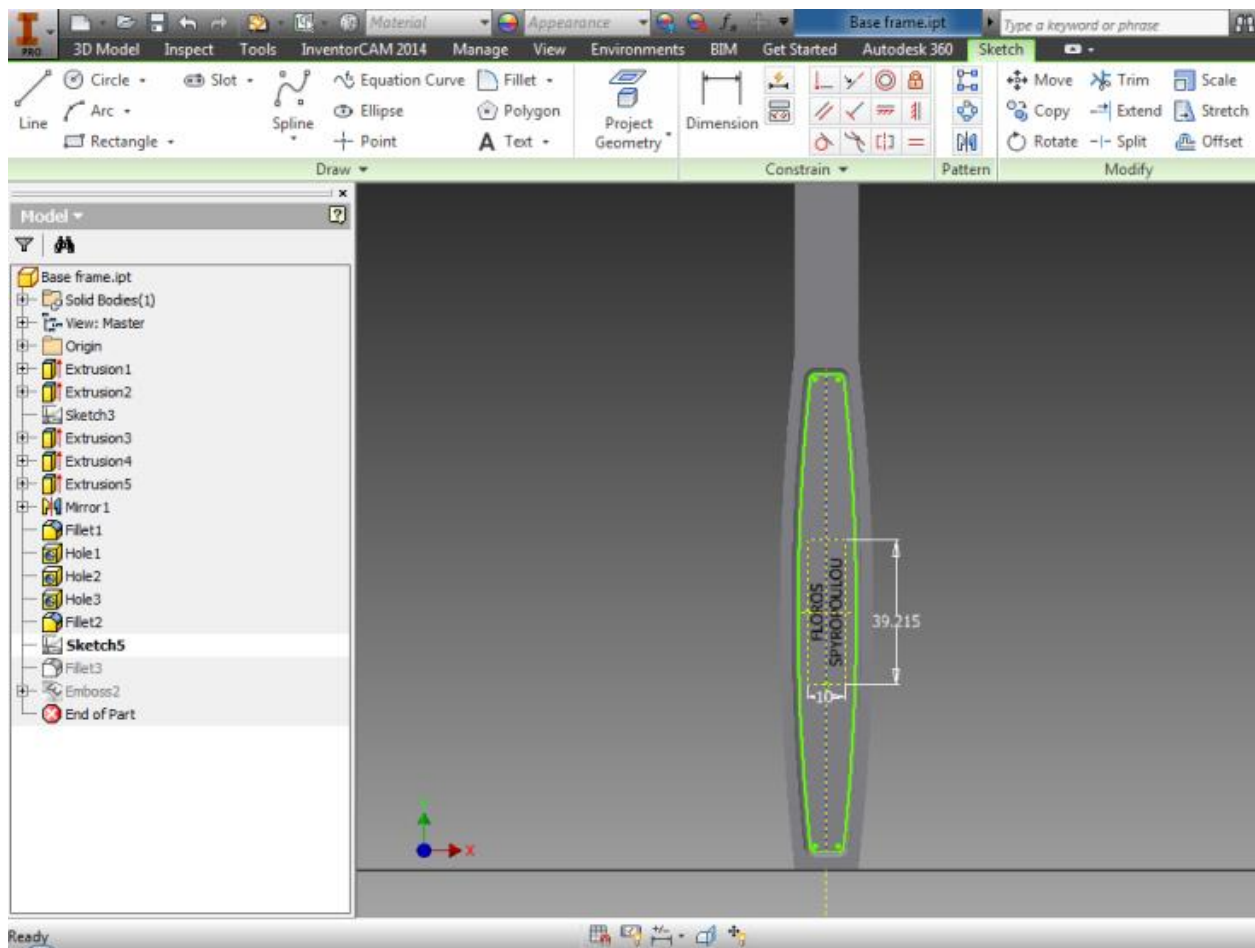


**Εικόνα 67:** Δημιουργία καμπυλότητας στο κάτω μέρος της κάτω διαμόρφωσης του πλαισίου

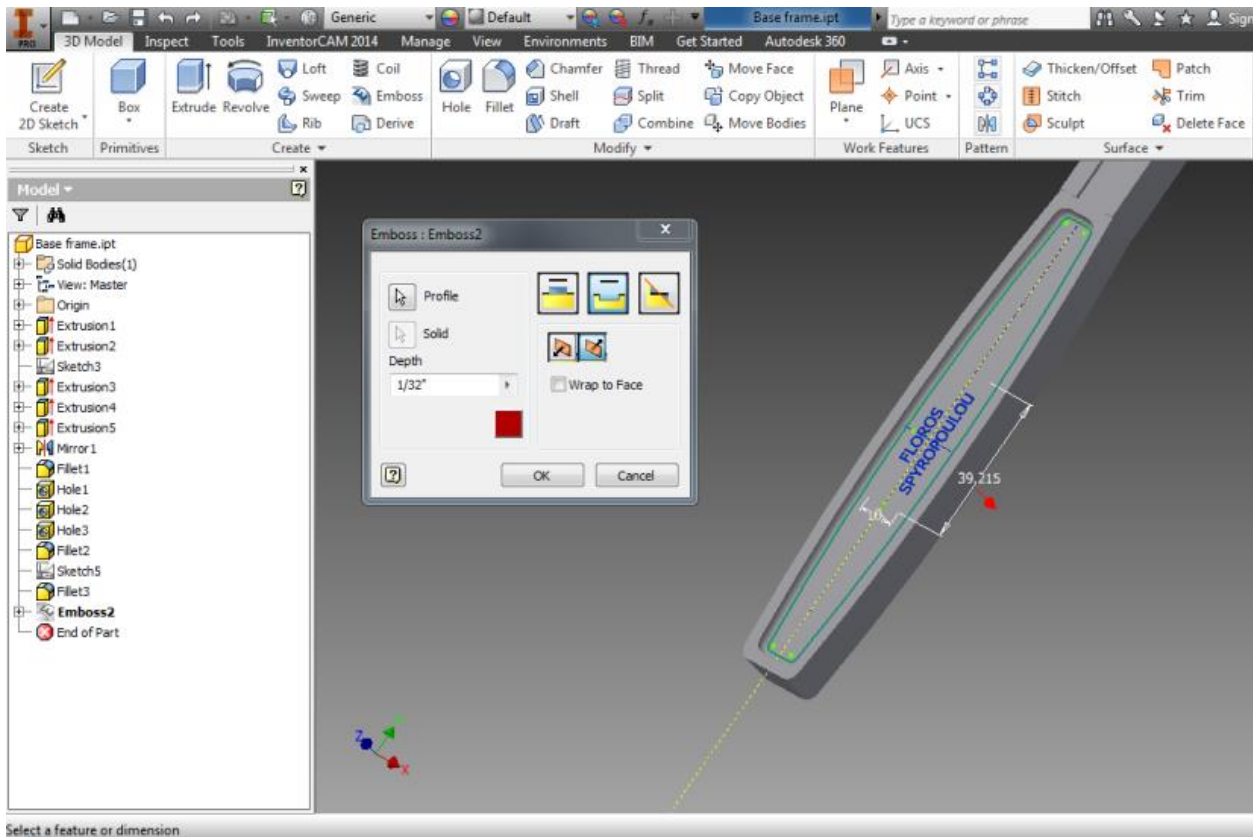


**Εικόνα 68:** Δημιουργία καμπυλότητας στο κάτω μέρος του περιγράμματος του πλαισίου

Το τελευταίο πράγμα που μας μένει είναι η δημιουργία του λογοτύπου. Αυτό γίνεται με την εντολή emboss. Αρχικά, σε ένα sketch δημιουργείται ένα πλαίσιο κειμένου στο οποίο αναγράφεται το λογότυπο. Ακολούθως, στην εντολή emboss επιλέγεται το κείμενο αυτό ως profile. Στο δεξί άκρο της εντολής επιλέγουμε όπως το κείμενο εκταθεί προς τα έξω. Επιλέγουμε επίσης το ύψος της έκτασης. Τέλος επιλέγουμε και το χρώμα που θα έχει η έκταση αυτή. Εκτελούμε την εντολή emboss και δημιουργείται το λογότυπο. Η επόμενη εικόνα δείχνει την εκτέλεση της εντολής emboss.

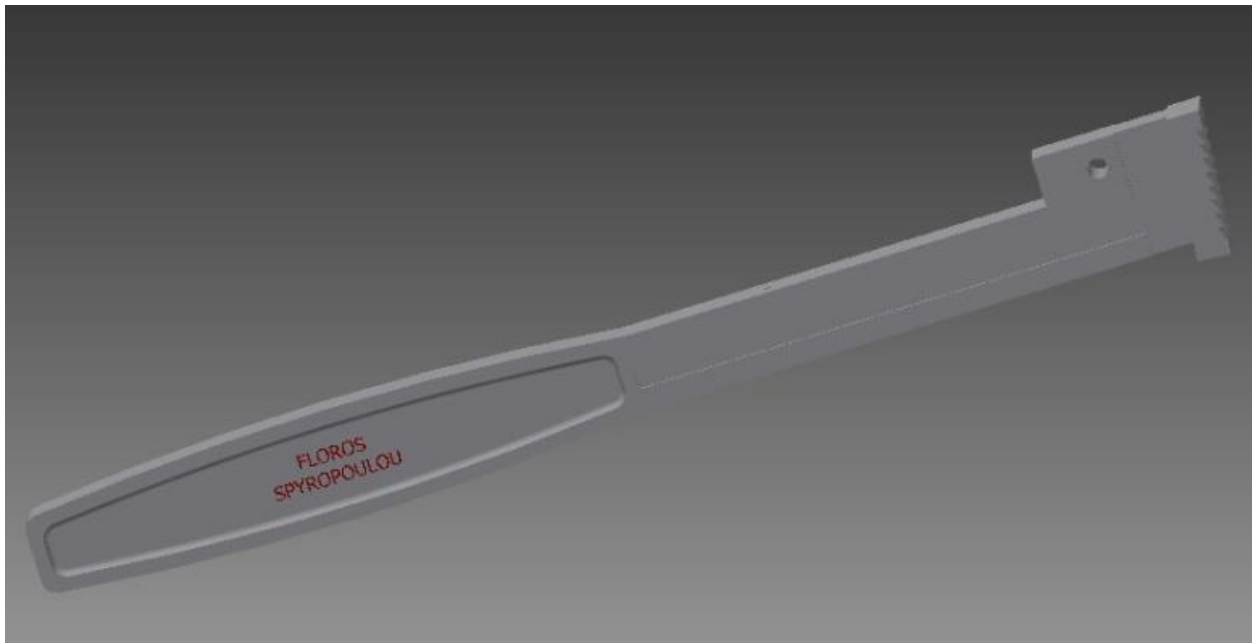


**Εικόνα 69:** Πλαίσιο κειμένου βάσει του οποίου θα γίνει το λογότυπο

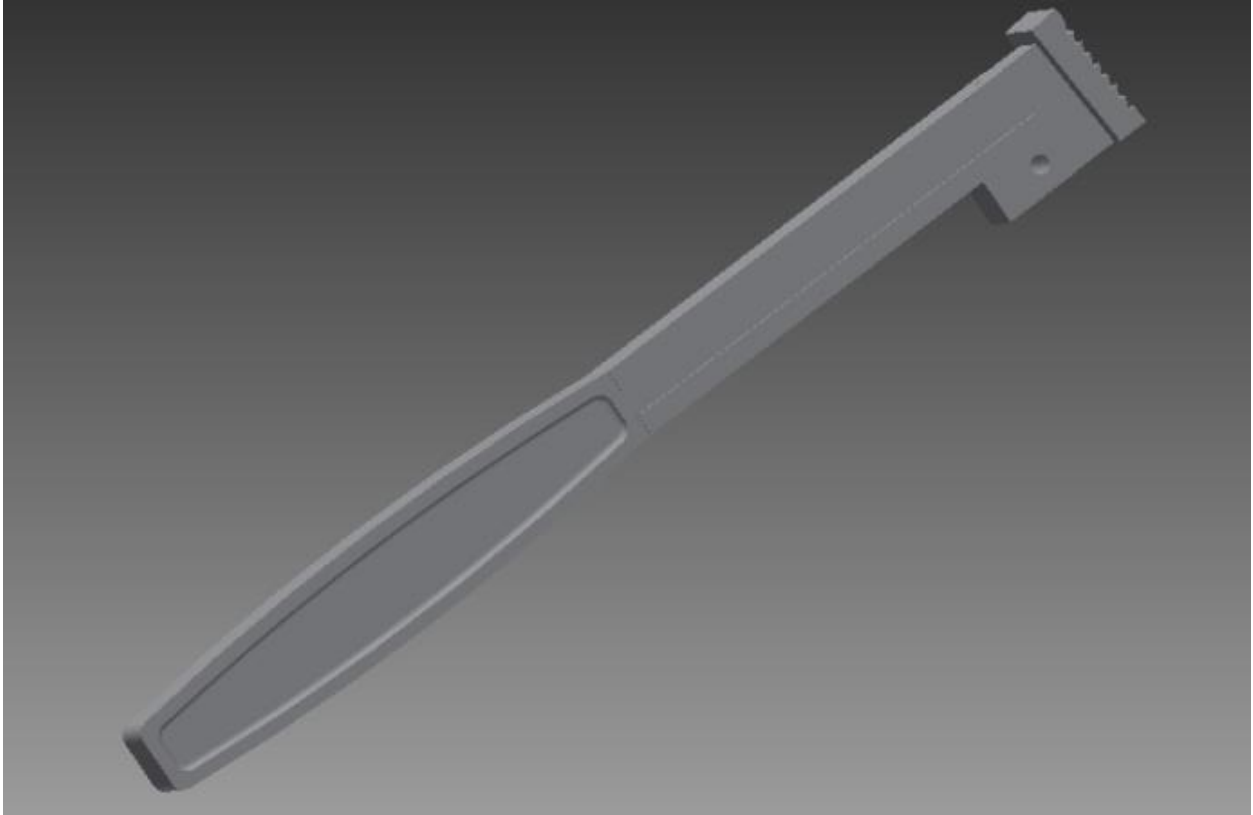


**Εικόνα 70:** Δημιουργία λογοτύπου με την χρήση της εντολής emboss

Με την δημιουργία του λογοτύπου έχει ολοκληρωθεί το τρισδιάστατο μοντέλο του πλαισίου βάσης. Το τελικό μοντέλο είναι αυτό που φαίνεται στις παρακάτω εικόνες.



**Εικόνα 71:** Τρισδιάστατο μοντέλο πλαισίου (εμπρός όψη)

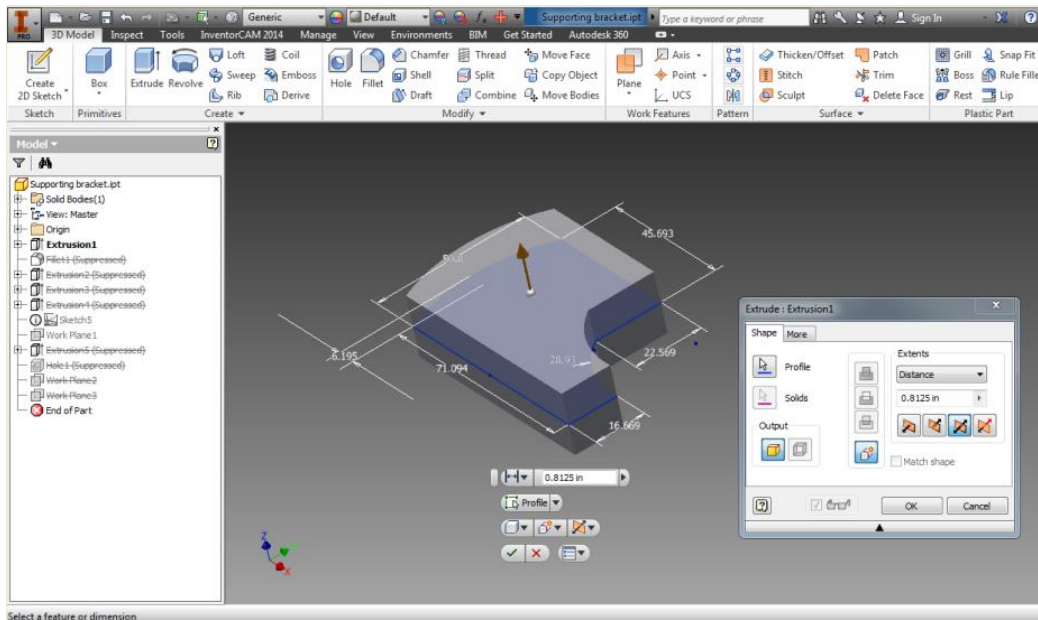


**Εικόνα 72:** Τρισδιάστατο μοντέλο πλαισίου (οπίσθια όψη)

### **6.2γ) Υποστήριγμα κινούμενου κοχλίας**

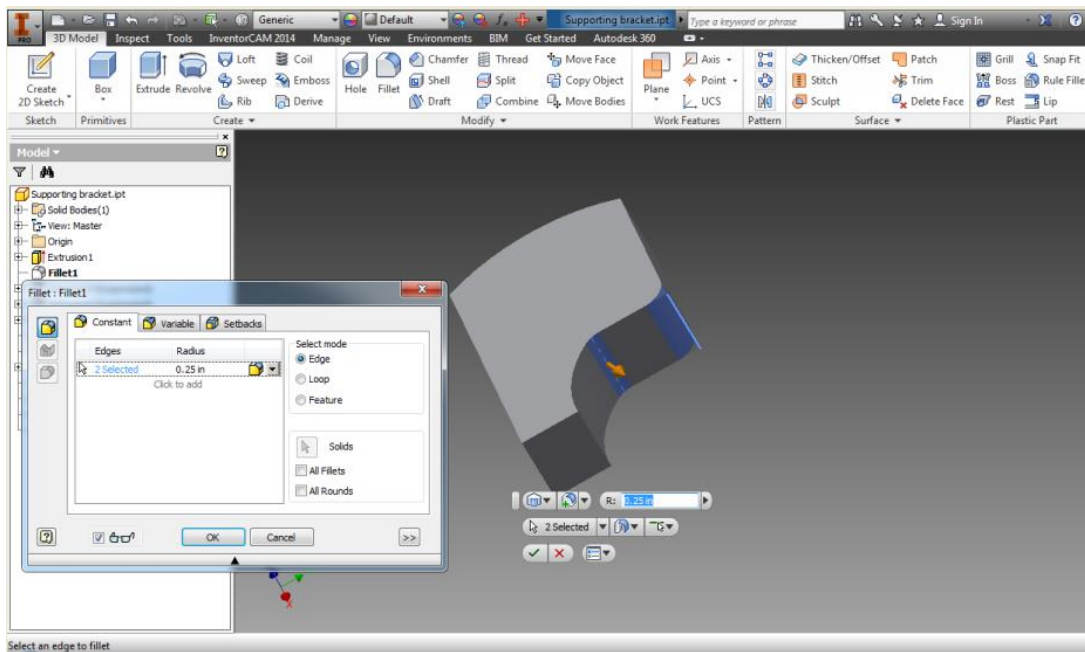
Το δεύτερο τεμάχιο του κλειδιού είναι το υποστήριγμα στο οποίο θα τοποθετηθεί ο κοχλίας κίνησης και ο τροχός που το περιστρέφει. Το υποστήριγμα αυτό κρατιέται σταθερό στο πλαίσιο με τον ένα εκ των δύο ήλων που θα σχεδιαστούν. Αρχικά λοιπόν δημιουργείται ένα στερεό με την εξωτερική μορφή – γεωμετρία του υποστηρίγματος και στην συνέχεια δημιουργούνται τα κενά στα οποία τοποθετούνται το πλαίσιο, ο κοχλίας κίνησης και ο τροχός. Στο τέλος δημιουργείται η οπή από την οποία περνάει ο ήλος.

Αρχικά λοιπόν δημιουργείται σε ένα επίπεδο αναφοράς το sketch που έχει την εξωτερική γεωμετρία του υποστηρίγματος. Το sketch αυτό χρησιμοποιείται στην εντολή extrude ως profile ώστε να δημιουργηθεί ένα στερεό με αυτή την μορφή. Ακολούθως επιλέγεται το πάχος του υλικού. Επιλέγουμε να ισομοιράσουμε το πάχος πάνω και κάτω από το επίπεδο αναφοράς ώστε να έχουμε το επίπεδο αναφοράς στο κέντρο του υποστηρίγματος, κάτι που θα μας βοηθήσει στην δημιουργία του συναρμολογήματος. Στην πρώτη εικόνα βλέπουμε την εκτέλεση της εντολής extrude και το αρχικό στερεό που μας δίνει.



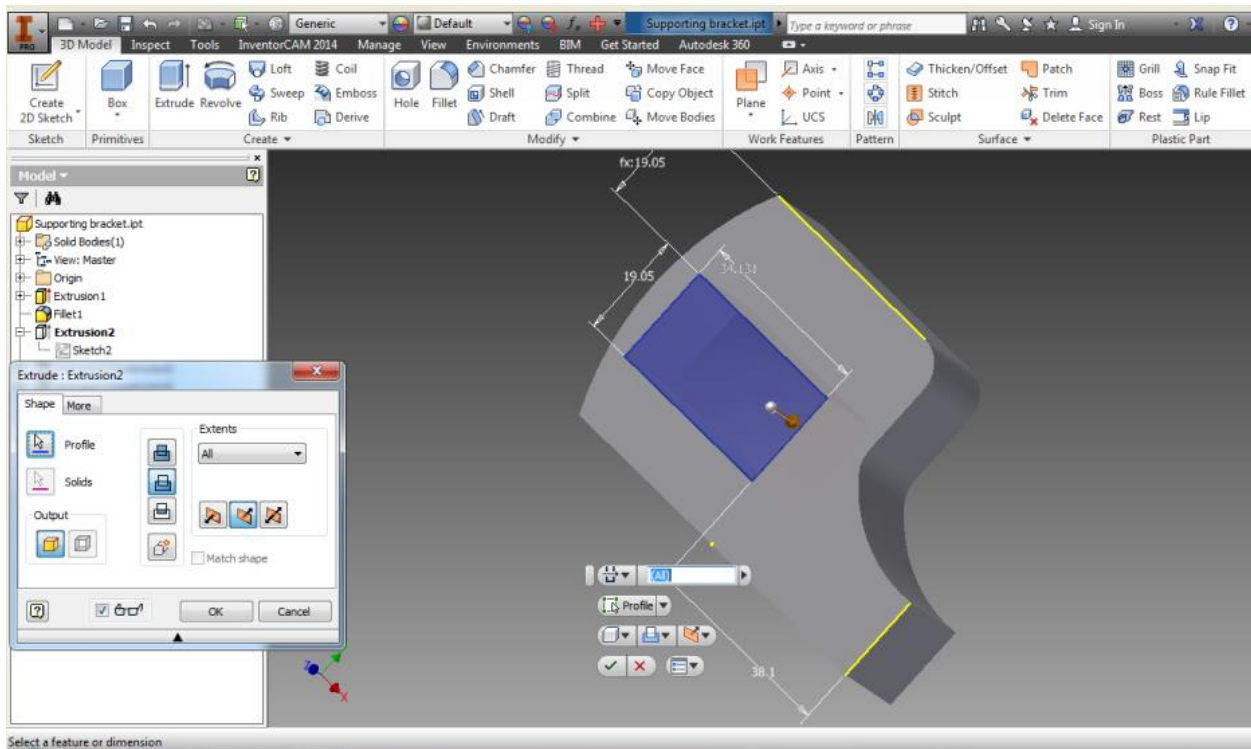
**Εικόνα 73:** Δημιουργία αρχικού στερεού με την χρήση της εντολής extrude

Το σχήμα του αρχικού στερεού που έχουμε δημιουργήσει πλησιάζει πολύ το πραγματικό, απουσιάζουν όμως κάποιες καμπυλότητες που αυτό έχει ώστε οι ακμές του να μην είναι πολύ αιχμηρές. Οι καμπυλότητες αυτές δημιουργούνται με την χρήση της εντολής fillet. Επιλέγουμε τις ακμές στις οποίες θέλουμε να δώσουμε καμπυλότητα και ακολούθως επιλέγουμε την ακτίνα καμπυλότητας που θέλουμε να έχουν. Η εκτέλεση της εντολής fillet και το αποτέλεσμα της φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



**Εικόνα 74:** Δημιουργία καμπυλοτήτων στο αρχικό στερεό με την χρήση της εντολής fillet

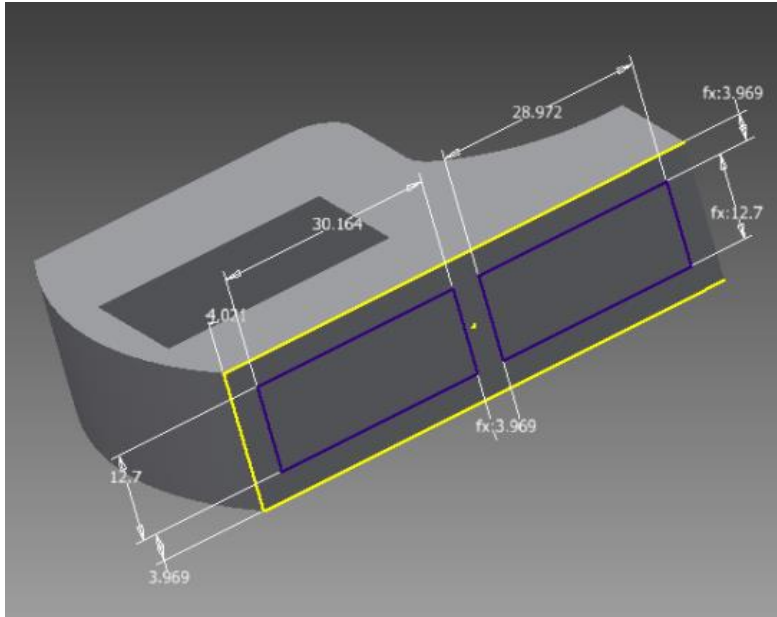
Ακολουθως ξεκινούμε να δημιουργούμε τα κενά. Το πρώτο κενό που δημιουργείται είναι το κενό στο οποίο τοποθετείται ο τροχός. Επιλέγουμε την μια επιφάνεια του αρχικού στερεού ως επίπεδο αναφοράς (πάνω ή κάτω επιφάνεια) και δημιουργούμε εκεί ένα sketch. Σχεδιάζουμε το τετράγωνο το οποίο θέλουμε να αφαιρέσουμε το υλικό. Ακολουθως χρησιμοποιούμε και πάλι την εντολή extrude μόνο που αυτή την φορά θα επιλέξουμε την εντολή cut (δεύτερο εικονίδιο στο κέντρο της εντολής). Στην συνέχεια επιλέγουμε το πάχος από το οποίο θέλουμε να αφαιρέσει το υλικό. Εάν θέλουμε να αφαιρεθεί από όλο το αρχικό στερεό το υλικό, αντί να δώσουμε το μήκος που θέλουμε να γίνει η αφαίρεση υλικού μπορούμε να επιλέξουμε την εντολή all. Στην εικόνα παρακάτω βλέπουμε την εκτέλεση της εντολής extrude cut.



**Εικόνα 75:** Κατασκευή κενού τοποθέτησης τροχού με την χρήση της εντολής extrude cut

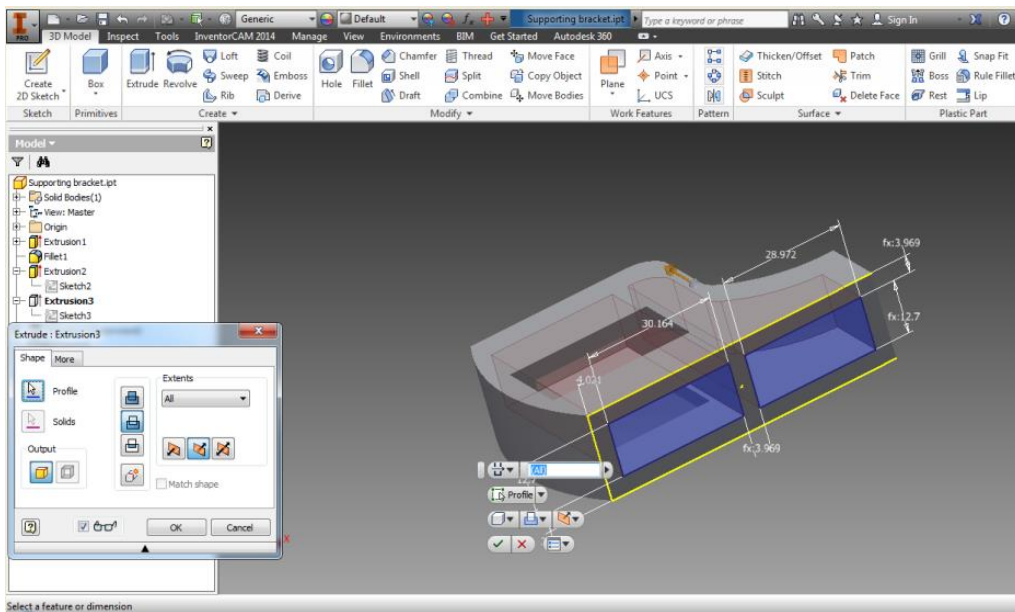
Με τον ίδιο τρόπο θα αφαιρέσουμε και το υλικό στις θέσεις τοποθέτησης του πλαισίου και του κοχλία κίνησης. Επιλέγουμε ως επίπεδο αναφοράς την πίσω επιφάνεια του αρχικού στερεού και δημιουργούμε ένα sketch που έχει ως γεωμετρία τα δύο κενά που δημιουργούν τις δύο θέσεις. Στην εικόνα που ακολουθεί βλέπουμε αυτό το sketch.



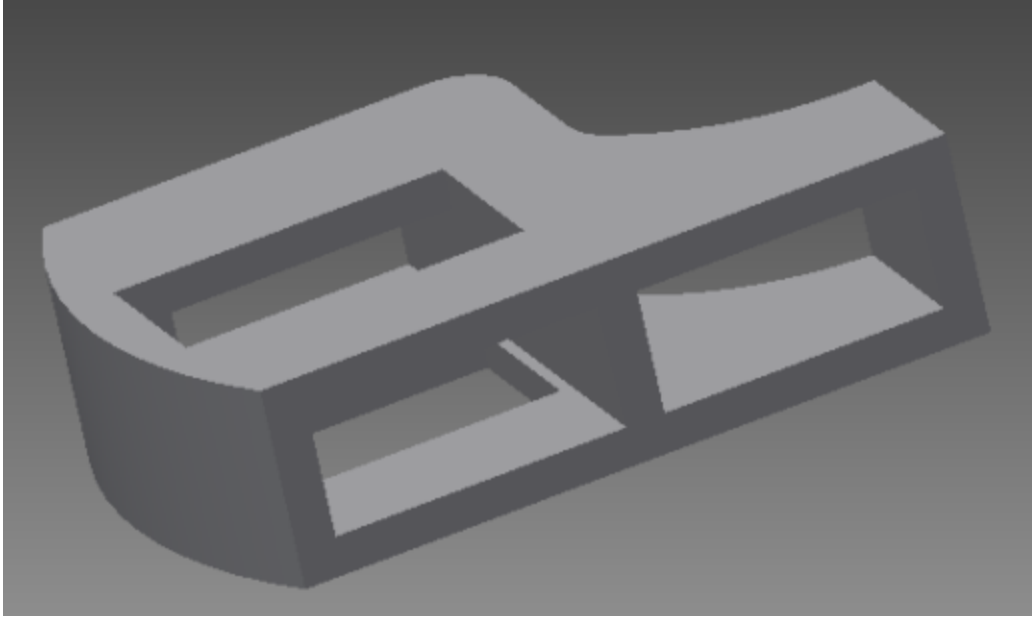


**Εικόνα 76** Sketch με την γεωμετρία που χρησιμοποιείται για την δημιουργία των κενών τοποθέτησης πλαισίου και κοχλία κίνησης

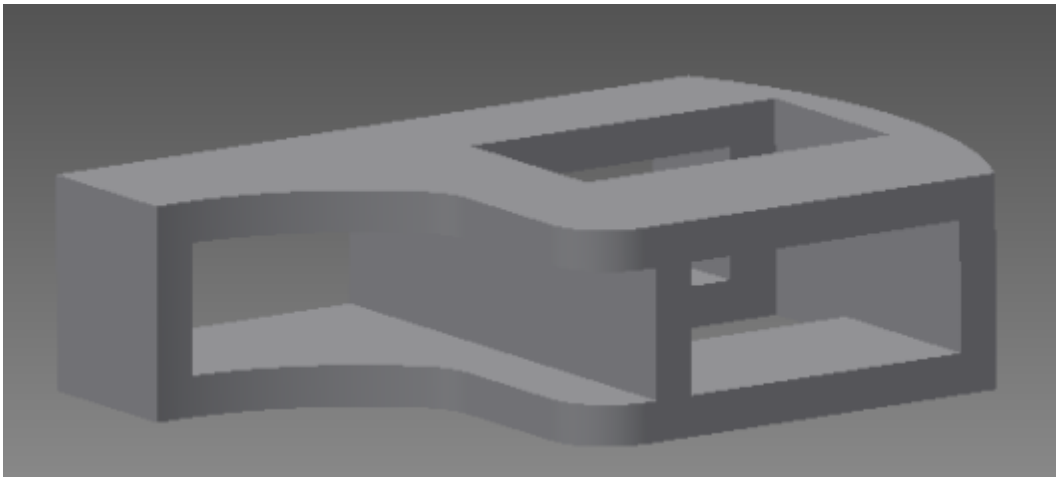
Ακολούθως χρησιμοποιούμε ξανά την εντολή extrude, την επιλογή cut και επιλέγουμε ως προφίλ τα δύο ορθογώνια τα οποία θέλουμε να αφαιρεθούν από το αρχικό υλικό. Στην συνέχεια, μέσω της εντολής all επιλέγουμε το πάχος από το οποίο θα αφαιρεθούν τα ορθογώνια να είναι όλο το στερεό. Η εκτέλεση και το αποτέλεσμα της εντολής extrude cut φαίνεται στην επόμενη φωτογραφία. Στην δεύτερη και στην τρίτη φωτογραφία φαίνεται το στερεό όπως είναι διαμορφωμένο αυτή την στιγμή.



**Εικόνα 77:** Δημιουργία κενών τοποθέτησης πλαισίου και κοχλία κίνησης με την χρήση της εντολής extrude



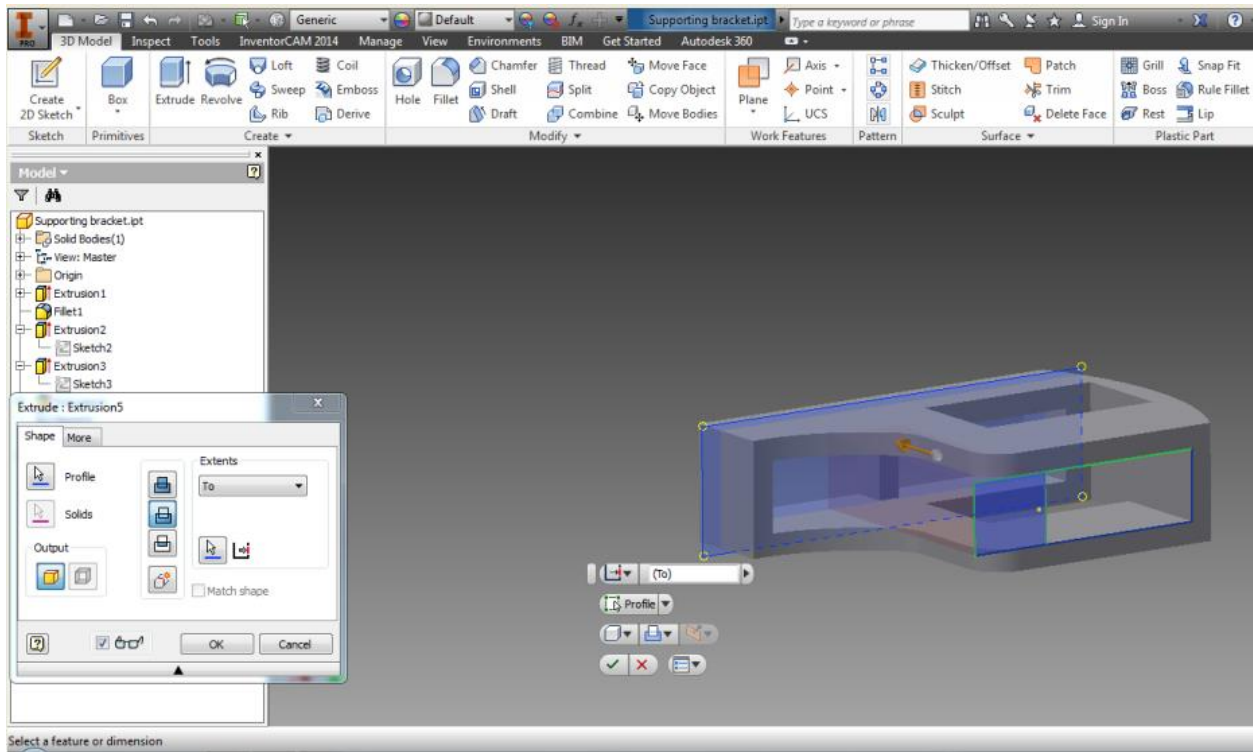
**Εικόνα 78:** Εικόνα στερεού με την δημιουργία των κενών (οπίσθια)



**Εικόνα 79:** Εικόνα στερεού με την δημιουργία των κενών (εμπρόςθια)

Το στερεό που βλέπουμε παραπάνω μοιάζει πολύ με το τελικό στερεό που έχουμε στα χέρια μας και μετράμε. Οι μόνες διαφορές είναι ότι μεταξύ των θέσεων τοποθέτησης του πλαισίου και του κοχλία κίνησης υπάρχει κενό και όχι υλικό και ότι υπάρχει η οπή για τον ήλο. Πρώτα θα δημιουργήσουμε το κενό λοιπόν μεταξύ των θέσεων τοποθέτησης πλαισίου και κοχλία κίνησης το οποίο αυτή την φορά δεν διαπερνάει όλο το σώμα αλλά έχει συγκεκριμένο βάθος. Το κενό αυτό θα γίνει ξανά με την εντολή *extrude cut*. Επιλέγουμε ξανά ως επίπεδο αναφοράς την πίσω επιφάνεια του στερεού και δημιουργούμε ένα *sketch* το οποίο ως γεωμετρία έχει το ορθογώνιο που περιγράφει το εναπομείναν υλικό μεταξύ των δύο κενών. Ακολουθώντας επιλέγουμε την εντολή *extrude* και σε αυτήν την επιλογή *cut*. Επιλέγουμε το *sketch* ως προφίλ και αυτή την φορά επιλέγουμε την απόσταση από την οποία θα αφαιρεθεί το υλικό. Στην επόμενη εικόνα

βλέπουμε την εντολή extrude και το αποτέλεσμά της. Παρατηρούμε αυτή την φορά ότι η αφαίρεση υλικού δεν φτάνει μέχρι το τέλος του στερεού. Το τελικό αποτέλεσμα της εντολής φαίνεται στην δεύτερη εικόνα που ακολουθεί.



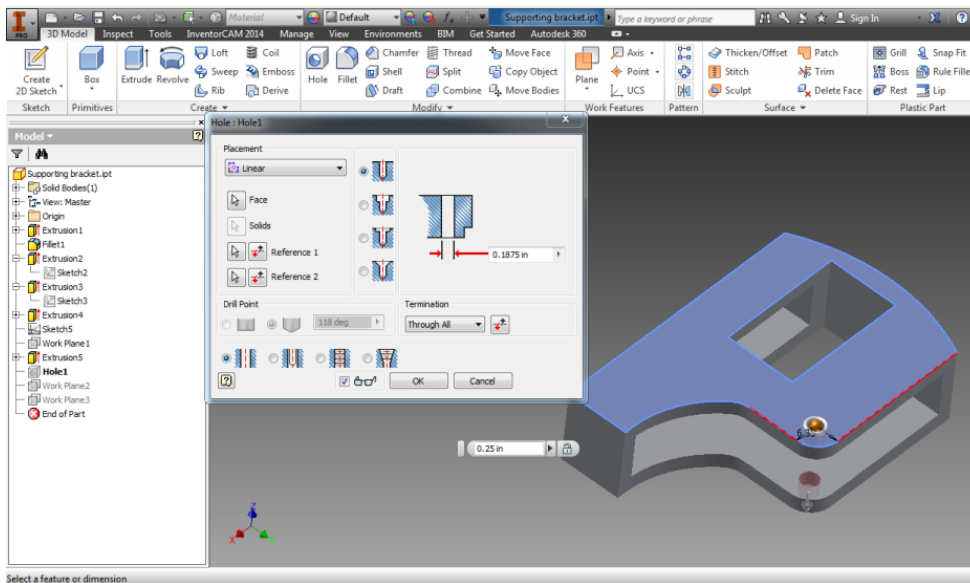
**Εικόνα 80:** Αφαίρεση υλικού μεταξύ των δύο κενών τοποθέτησης πλαισίου και κοχλία με την χρήση της εντολής extrude



**Εικόνα 81:** Εικόνα στερεού μετά την αφαίρεση του ενδιάμεσου υλικού

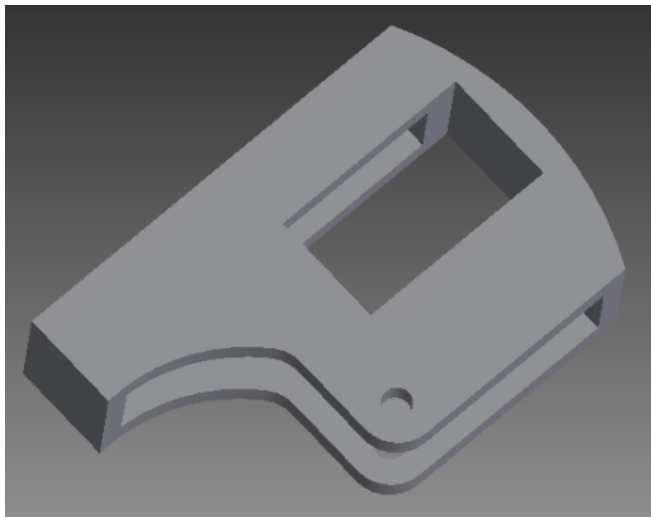
Το μόνο που απομένει είναι η δημιουργία της οπής στην οποία θα τοποθετηθεί ο ήλος. Η οπή δημιουργείται με την εντολή hole. Επιλέγεται ως επίπεδο αναφοράς η πάνω ή η κάτω πλευρά του στερεού. Επιλέγουμε να δώσουμε το κέντρο της οπής ως απόσταση από δύο γνωστές επιφάνειες που χρησιμοποιούνται ως επιφάνειες αναφοράς

(reference 1 και 2). Ακολούθως επιλέγουμε την διάμετρο της οπής. Τέλος, στην επιλογή του βάθους της οπής χρησιμοποιούμε την εντολή through all έτσι ώστε η οπή να είναι διαμπερής. Στην επόμενη εικόνα βλέπουμε την εντολή hole και το αποτέλεσμα της.

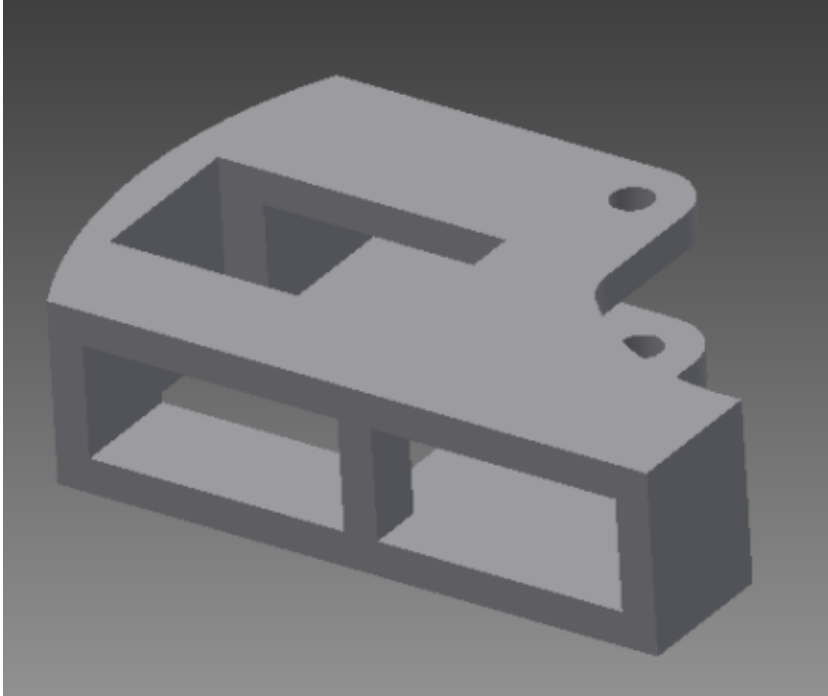


**Εικόνα 82:** Δημιουργία οπής τοποθέτησης ήλου με την χρήση της εντολής hole

Με την εντολή hole ολοκληρώνεται η δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου του πλαισίου υποστήριξης. Το τελικό αποτέλεσμα φαίνεται στις επόμενες δύο εικόνες.



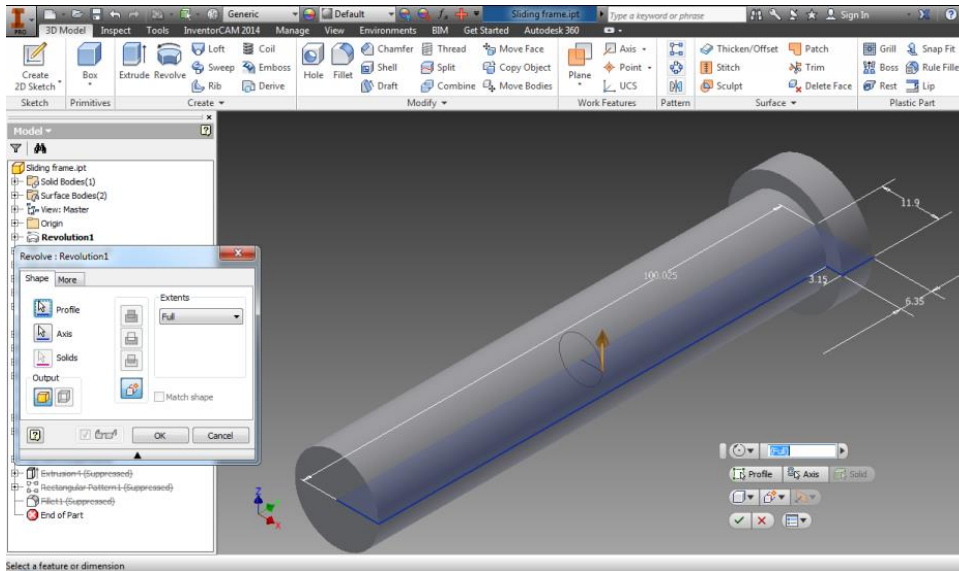
**Εικόνα 83:** Τρισδιάστατο μοντέλο υποστηρίγματος κίνησης κοχλία (επάνω λήψη)



**Εικόνα 84:** Τρισδιάστατο μοντέλο υποστηρίγματος κίνησης κοχλία (οπίσθια λήψη)

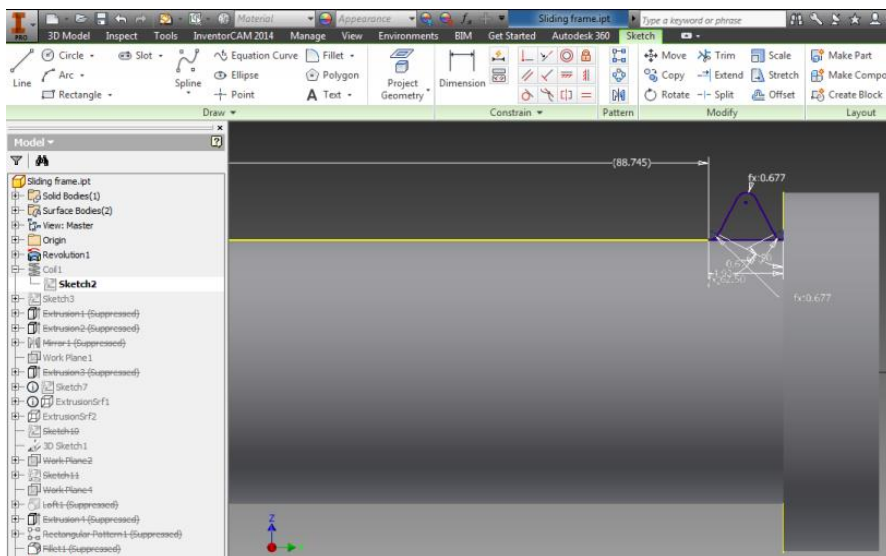
### 6.2<sup>δ</sup>) Κοχλίας κίνησης

Το τρίτο τεμάχιο του οποίο σχεδιάζεται το τρισδιάστατο μοντέλο είναι ο κοχλίας κίνησης. Ο κοχλίας αυτός έχει σπείρωμα το οποίο είναι σε ζεύξη με το σπείρωμα του τροχού με αποτέλεσμα κατά την περιστροφή του να δημιουργείται κίνηση προς τα πάνω. Στο πάνω μέρος του κοχλία βρίσκεται το πάνω μέρος του κλειδιού. Για την δημιουργία του κοχλία αρχικά δημιουργούμε ένα κύλινδρο με κεφαλή. Λόγω της εκ περιστροφής συμμετρίας προτιμάται η εντολή revolve η οποία είναι ιδανική για εκ περιστροφής συμμετρικά τεμάχια. Σχεδιάζεται λοιπόν σε ένα αρχικό επίπεδο το μισό της τομής του αρχικού στερεού και ακολούθως επιλέγεται ως profile στην εντολή revolve. Στην συνέχεια επιλέγεται ο κεντρικός άξονας ως άξονας περιστροφής και επιλέγεται η πλήρης περιστροφή της τομής. Το αποτέλεσμα είναι η δημιουργία του κυλίνδρου. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε την δημιουργία του κυλίνδρου αυτού μέσω της εντολής revolve.



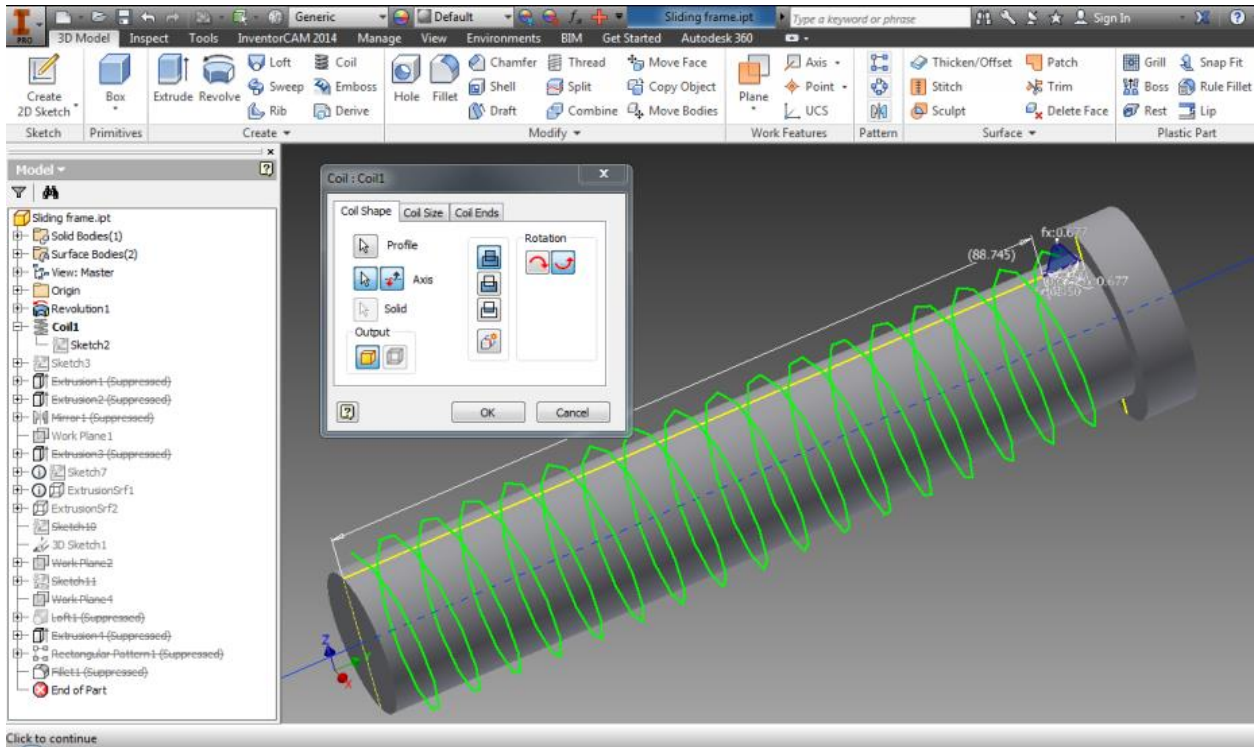
**Εικόνα 85:** Δημιουργία κυλίνδρου με την χρήση της εντολής revolve

Στην συνέχεια θα δημιουργηθεί το σπειρώμα γύρω από αυτό τον κύλινδρο. Δημιουργείται λοιπόν ένα sketch πάνω σε ένα επίπεδο αναφοράς που τέμνει τον κύλινδρο στην μέση. Σχεδιάζεται η οδόντωση του σπειρώματος με προσοχή ώστε να εφάπτεται στην επιφάνεια του κυλίνδρου όπως φαίνεται στην πρώτη εκ των τριών εικόνων που ακολουθούν. Στην συνέχεια εκτελείται η εντολή coil στην οποία επιλέγεται ως profile η σχεδιασμένη οδόντωση και ως άξονας ο διαμήκης άξονας του κυλίνδρου. Με πράσινη γραμμή στην δεύτερη εικόνα φαίνεται το προτεινόμενο σπειρώμα. Στο δεύτερο φύλλο της εντολής coil μπορούμε να επιλέξουμε τα χαρακτηριστικά του σπειρώματος όπως το βήμα και το μήκος. Όπως φαίνεται στην τρίτη εικόνα. Εκτελούμε την εντολή και ως αποτέλεσμα έχουμε την δημιουργία σπειρώματος στον κύλινδρο.

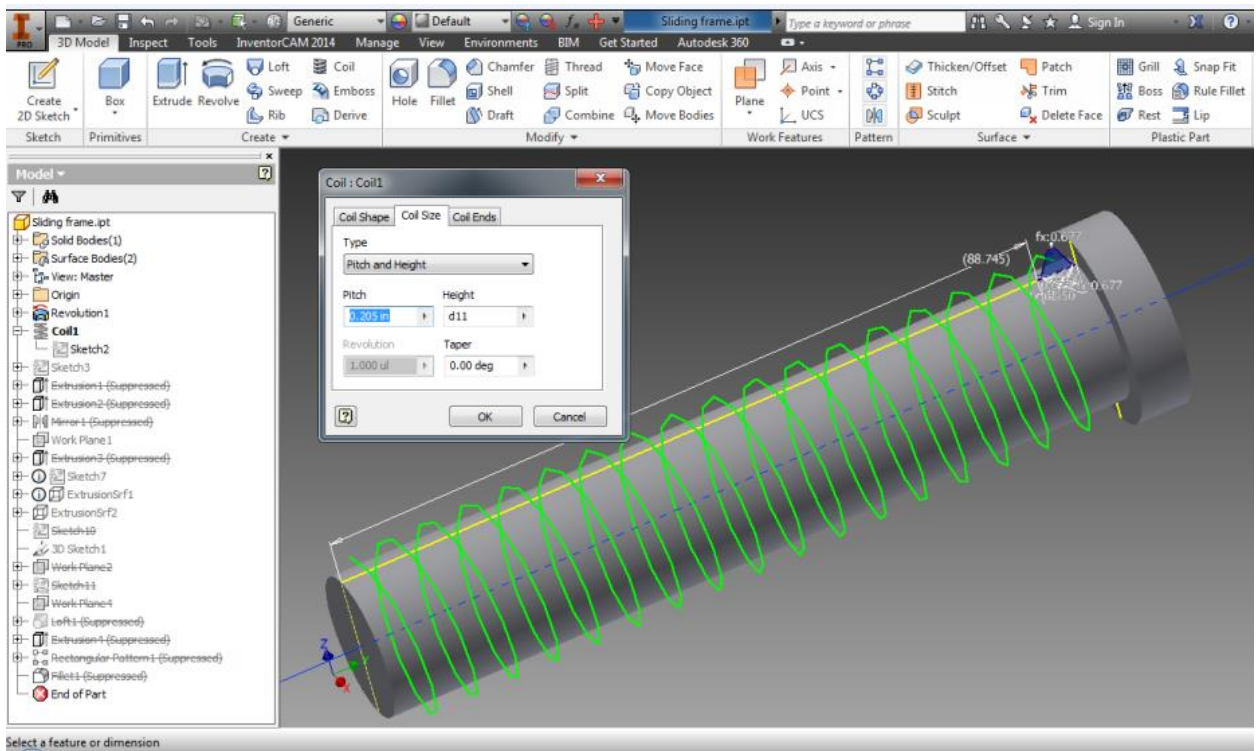


**Εικόνα 86:** Δημιουργία τομής σπειρώματος

## Παραμετρική 3D σχεδίαση και μοντελοποίηση με Autodesk Inventor

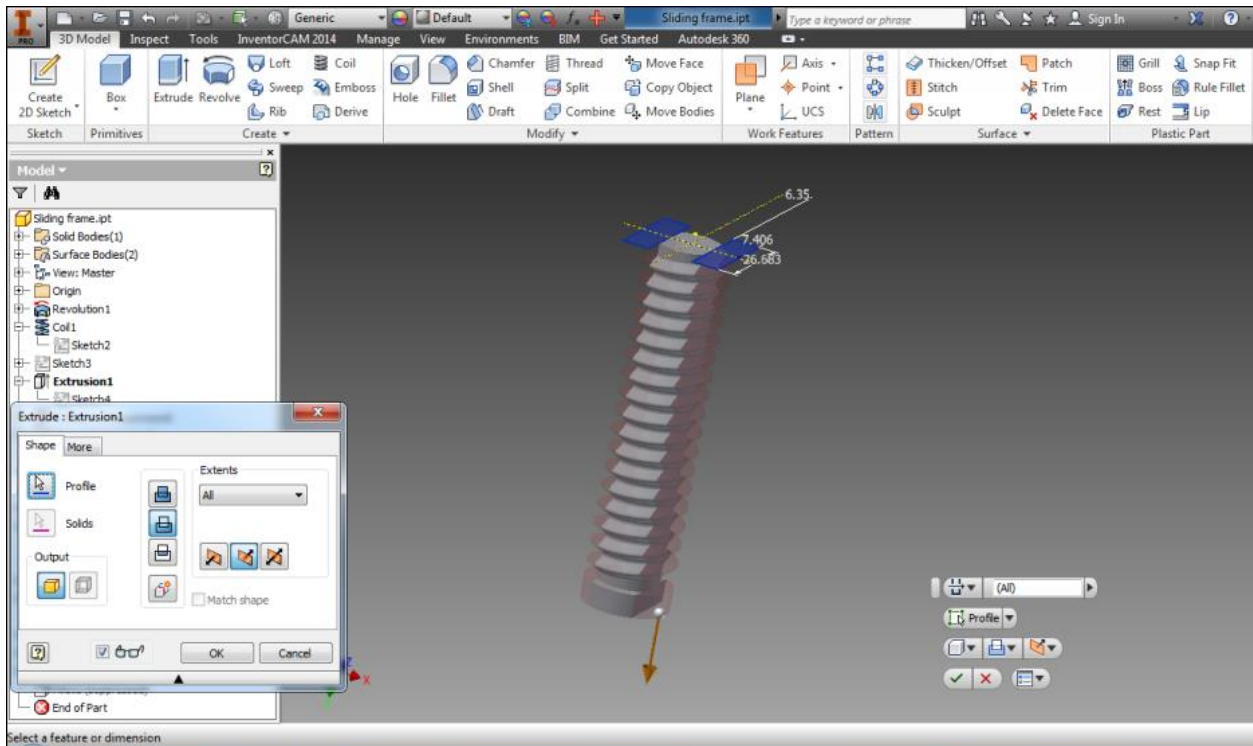


**Εικόνα 87:** Εντολή σπειρώματος και προσομοίωση αποτελέσματος



**Εικόνα 88:** Επιλογή βήματος (pitch) και μήκους (height) σπειρώματος στην εντολή coil

Στην συνέχεια θα πρέπει να κόψουμε τον κύλινδρο ώστε να δημιουργήσουμε αυτές τις πλαϊνές διαμορφώσεις. Αυτό θα γίνει με την εντολή *extrude cut* και την επιλογή *cut*. Σχεδιάζουμε λοιπόν τα δύο ορθογώνια με τα οποία θέλουμε να κοπεί ο κύλινδρος, τα επιλέγουμε ως *profile* στην εντολή *extrude*, επιλέγουμε την επιλογή *cut*, καθορίζουμε ότι η κοπή θα γίνει σε όλο το μήκος του κυλίνδρου και εκτελούμε την εντολή. Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η διατύπωση της και το αποτέλεσμα που θα έχουμε.

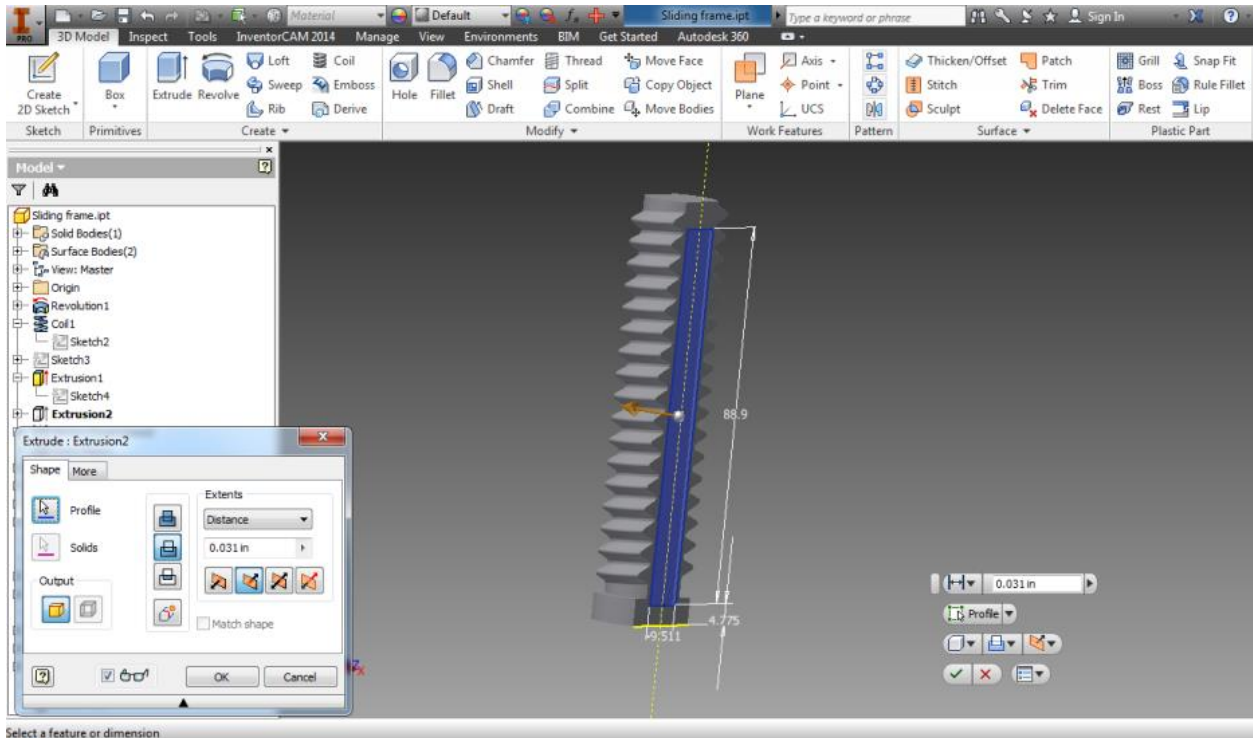


**Εικόνα 89:** Κοπή πλαϊνών τμημάτων κυλίνδρου με την χρήση της εντολής *extrude cut*

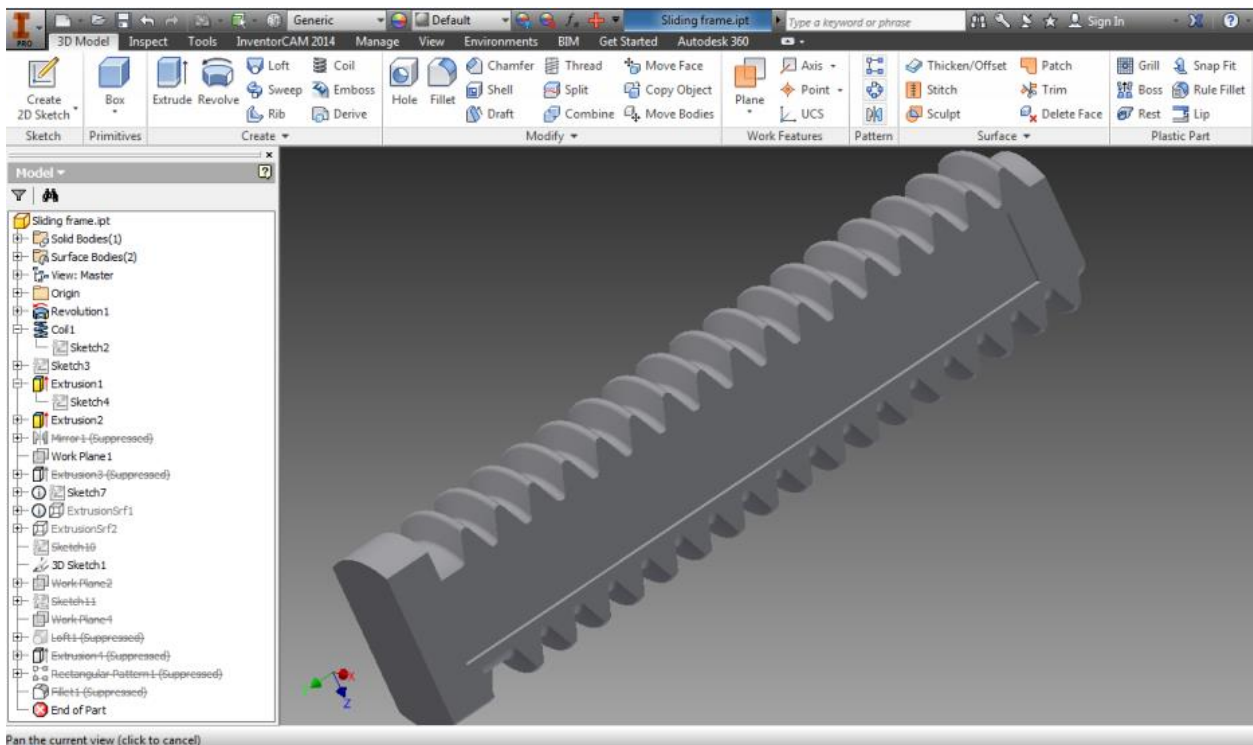
Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία μιας μικρής διαμόρφωσης που υπάρχει στα πλαϊνά του κοχλία. Επιλέγουμε ως επίπεδο αναφοράς αυτή την φορά το πλαϊνό επίπεδο του κοχλία ώστε να δημιουργήσουμε το *sketch*. Σχεδιάζουμε το ορθογώνιο που θέλουμε να αφαιρεθεί από τον κοχλία και το επιλέγουμε ως *profile* στην εντολή *extrude cut*. Επιλέγουμε το βάθος που θέλουμε να έχει και εκτελούμε την εντολή όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα. Το αποτέλεσμα το βλέπουμε στην δεύτερη εικόνα.



## Παραμετρική 3D σχεδίαση και μοντελοποίηση με Autodesk Inventor

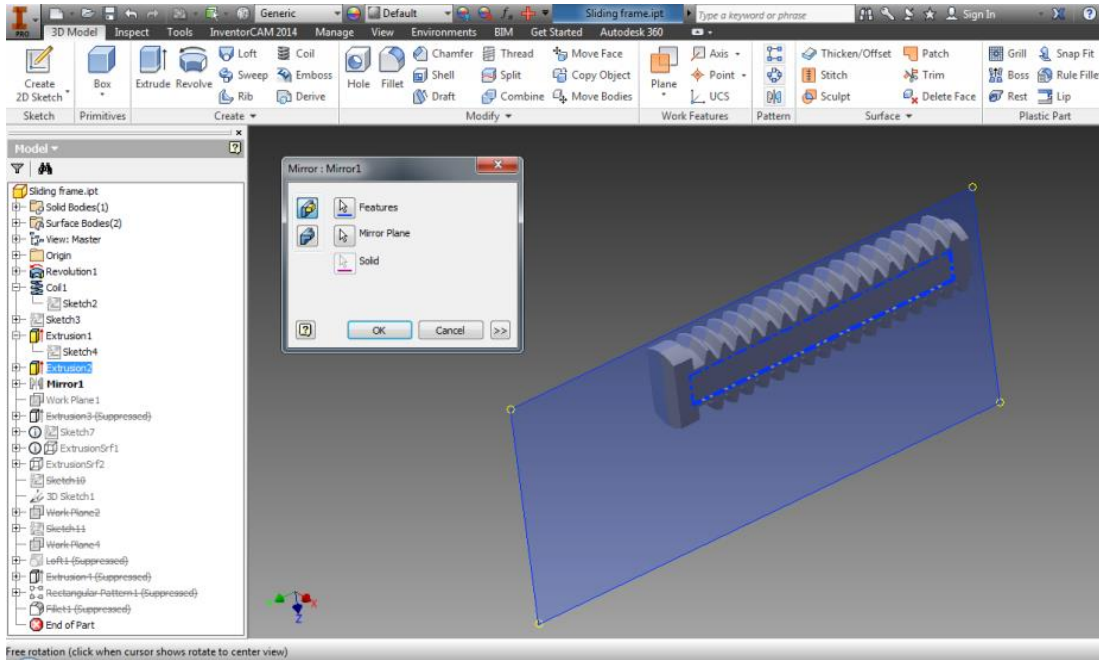


**Εικόνα 90:** Δημιουργία εσωτερικής διαμόρφωσης στο ένα πλαϊνό του κοχλία με την εντολή extrude cut

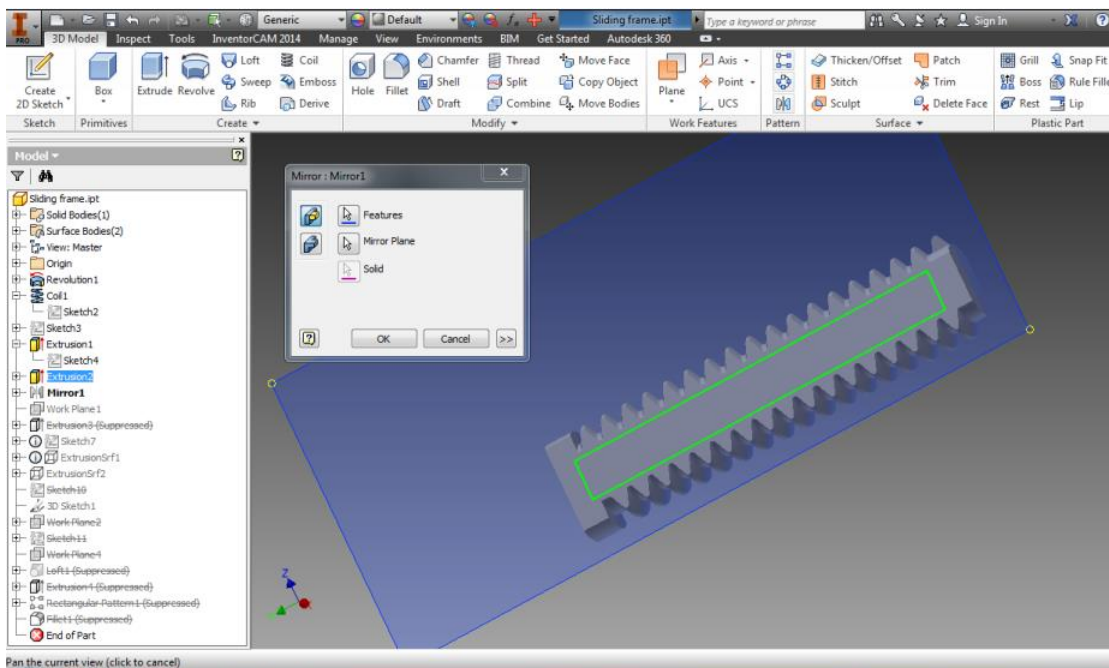


**Εικόνα 91:** Αποτέλεσμα της εντολής extrude cut στο πλαϊνό του κυλίνδρου

Η διαμόρφωση αυτή δεν υπάρχει και στην άλλη πλευρά του κοχλίου όμως. Αυτή θα γίνει πολύ εύκολα με την εντολή mirror όπου ως feature θα επιλέξουμε την παραπάνω εντολή extrude και ως επίπεδο θα επιλέξουμε το επίπεδο που είναι παράλληλο στην κοπή και περνάει από το κέντρο του κυλίνδρου. Στην πρώτη εικόνα φαίνεται η δημιουργία της εντολής mirror και στην δεύτερη το προβλεπόμενο αποτέλεσμα.

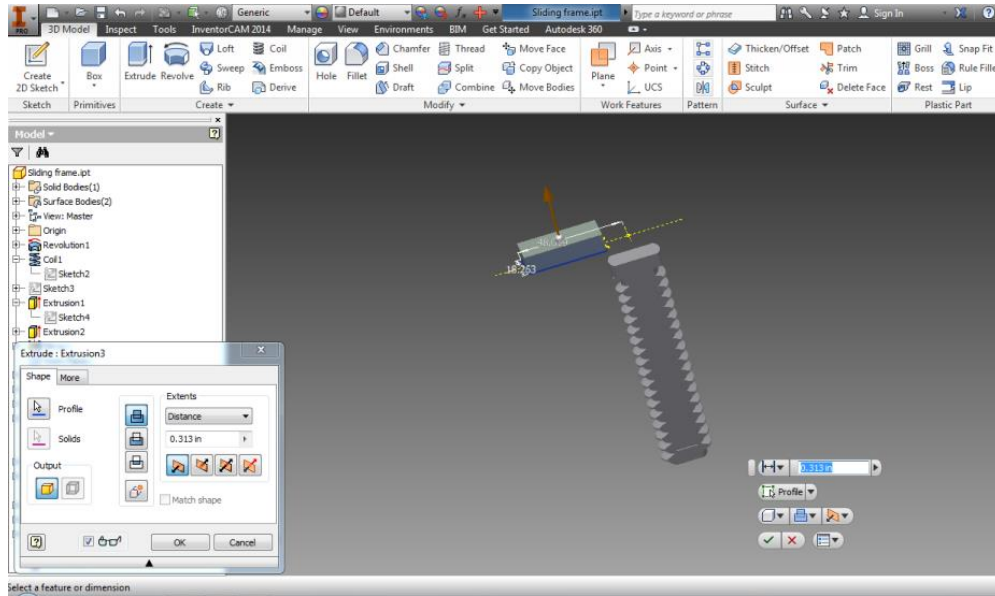


**Εικόνα 92:** Μεταφορά της διαμόρφωσης και στην άλλη πλευρά του κοχλίου με την εντολή mirror



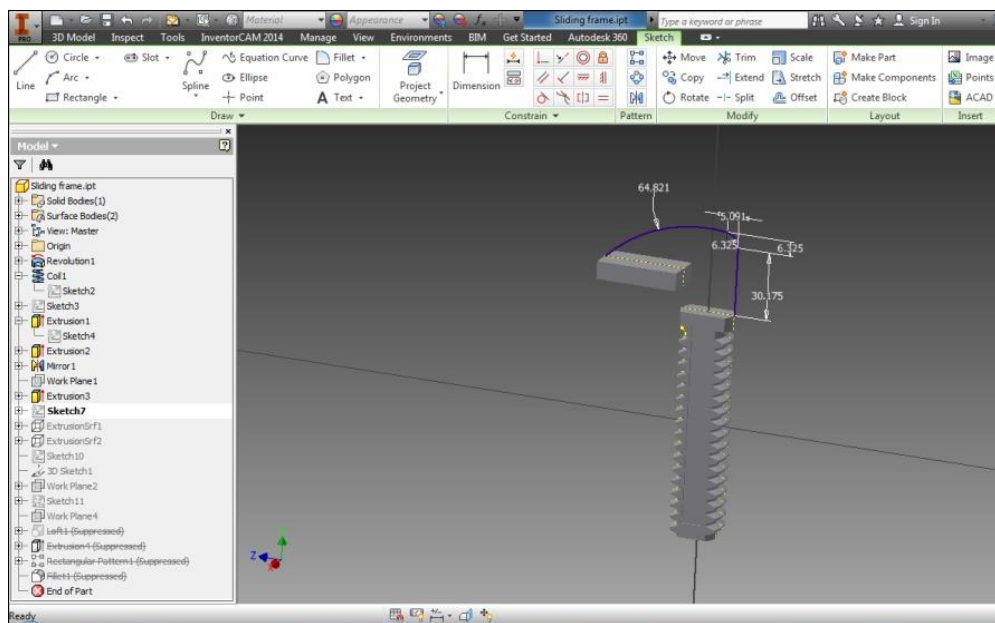
**Εικόνα 93:** Αποτέλεσμα της εντολής mirror στην δεύτερη πλευρά του κοχλίου

Ακολουθως δημιουργείται το τμήμα του κοχλία που αποτελεί το πάνω μέρος του κλειδιού. Για αυτό τον λόγο σχεδιάζεται ένα sketch με ορθογώνιο σχήμα και μέσω της εντολής extrude που ήδη έχουμε δει αρκετές φορές γίνεται το πάνω μέρος του εργαλείου (χωρίς τα δόντια ακόμη). Στην επόμενη εικόνα φαίνεται η δημιουργία αυτού του τμήματος.



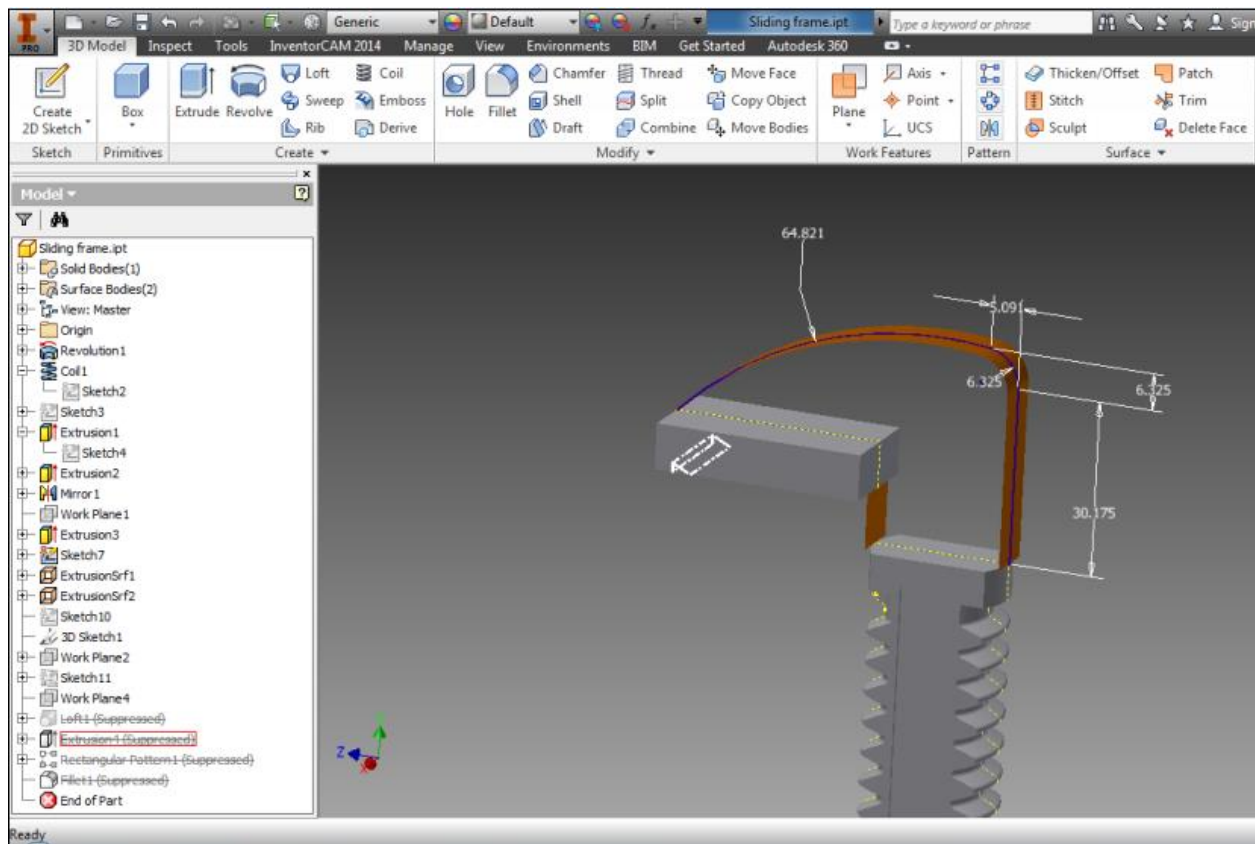
**Εικόνα 94:** Δημιουργία πάνω μέρους κλειδιού με την χρήση της εντολής extrude

Στην συνέχεια πρέπει να δημιουργηθεί το τμήμα που συνδέει το πάνω μέρος του εργαλείου με τον άξονα. Δημιουργείται λοιπόν ένα sketch το οποίο έχει την καμπύλη που εμφανίζεται στο μέσο επίπεδο όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

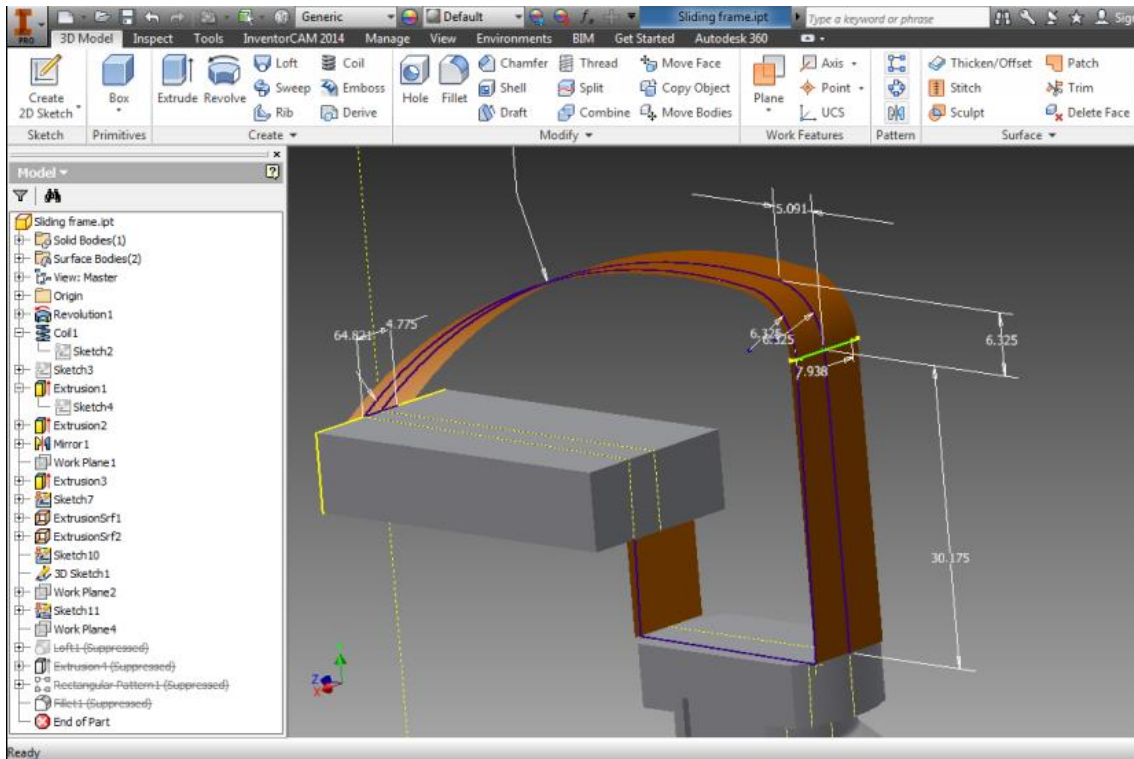


**Εικόνα 95:** Γεωμετρία κεφαλής κοχλία στο μέσο επίπεδο

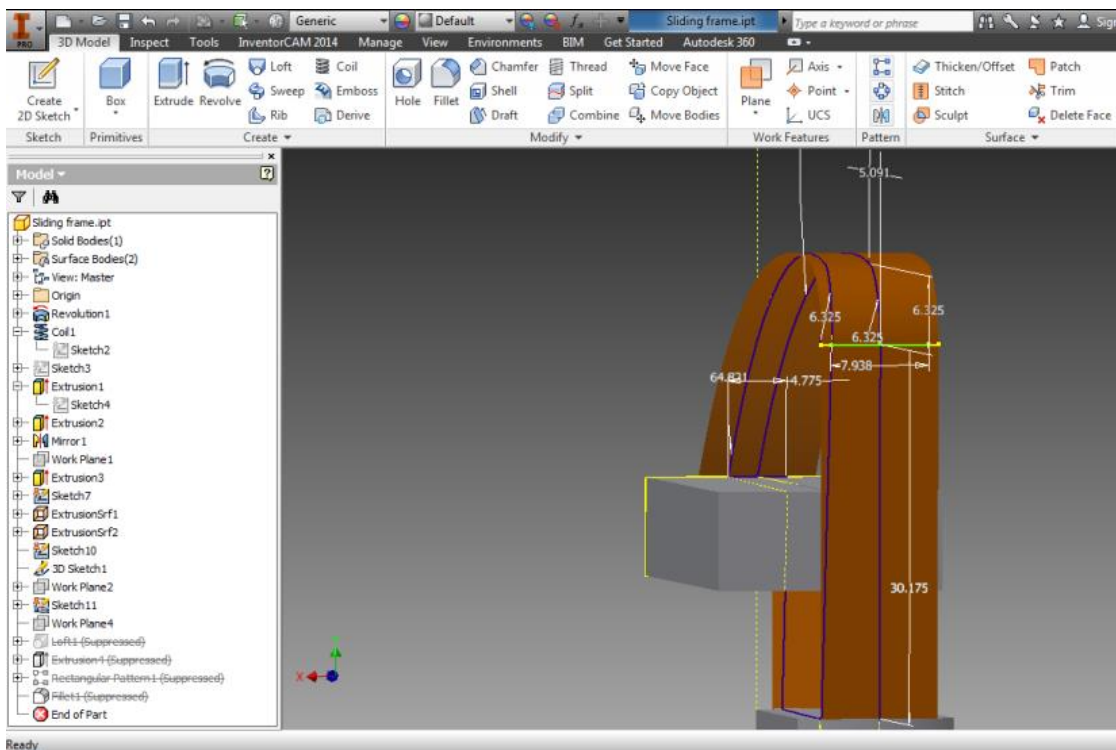
Το πρόβλημα όμως είναι ότι οι δύο πλευρές έχουν μια γωνία ως προς το μέσο επίπεδο έτσι δεν μπορεί με ένα απλό extrude να δημιουργηθεί το τμήμα αυτό. Για αυτό τον λόγο δημιουργείται μια επιφάνεια η οποία δείχνει την θέση της μέσης γραμμής όπως φαίνεται στην πρώτη εικόνα. Ακολουθώς δημιουργούνται δύο επίπεδα που ορίζονται από τρία σημεία, ένα στην βάση της μέσης γραμμής, ένα στην τομή της με το κεφάλι και ένα στην θέση που ξεκινάει το R στο πάνω μέρος το οποίο φαίνεται με πράσινη γραμμή στην δεύτερη εικόνα. Σε αυτά τα δύο κεκλιμένα επίπεδα γίνεται project geometry της καμπύλης του μέσου επιπέδου. Στην τρίτη εικόνα είναι εμφανής η κλίση του ενός επιπέδου σε σχέση με το μέσο επίπεδο ενώ στην τέταρτη και την πέμπτη εικόνα φαίνονται τα δύο sketch που έχουν δημιουργηθεί τελικά, ένα στο αριστερό και ένα στο δεξί κεκλιμένο επίπεδο.



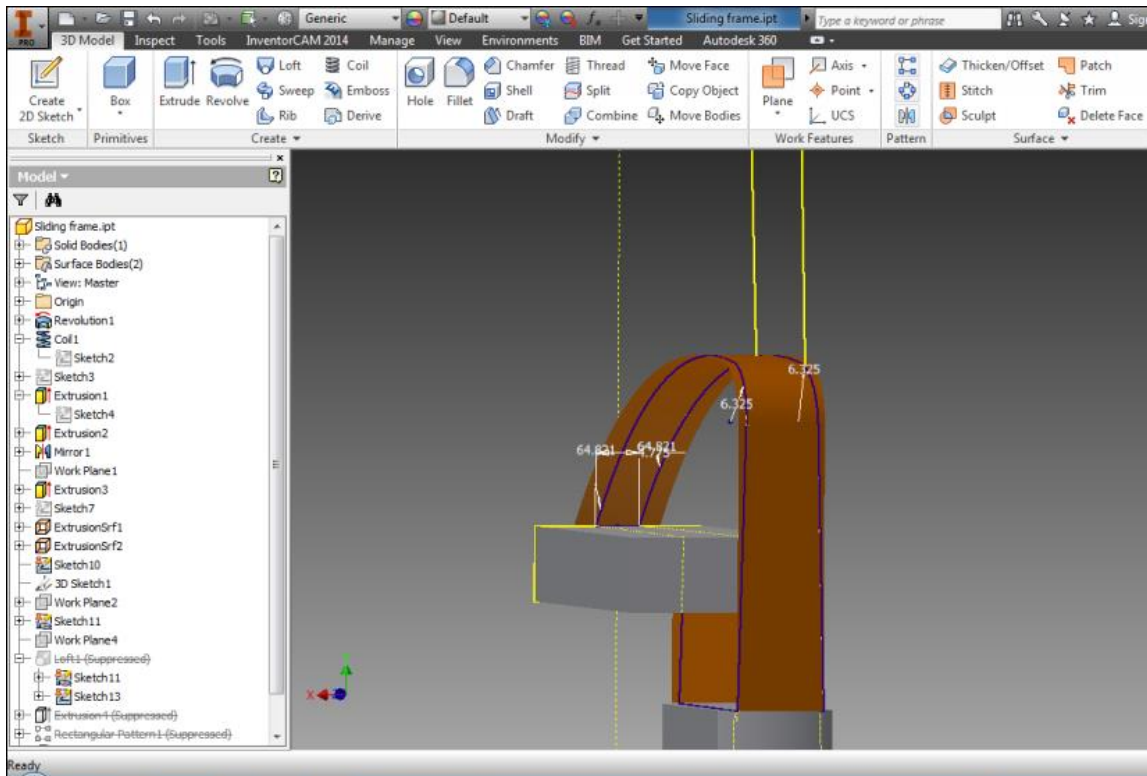
**Εικόνα 96:** Επιφάνεια που καλύπτει περιμετρικά το διάγραμμα που έχει δημιουργηθεί στο μέσο επίπεδο



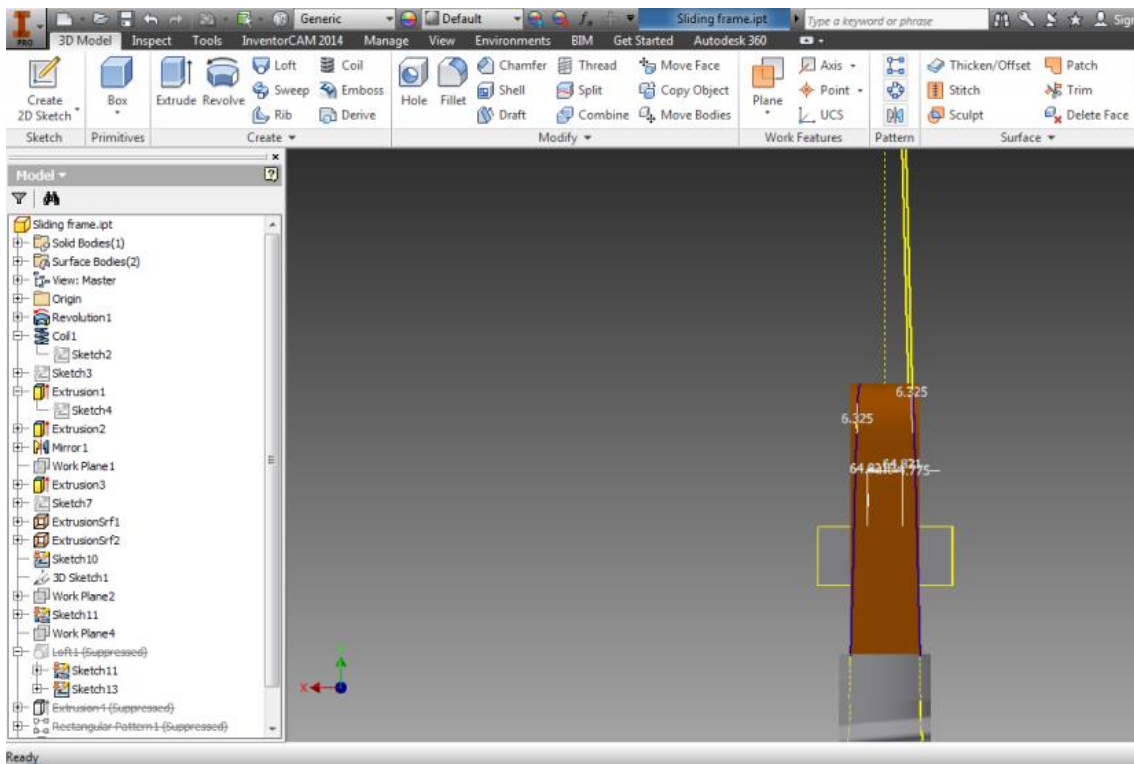
**Εικόνα 97:** Δημιουργία κεκλιμένου επιπέδου και project geometry σε αυτό του αρχικού sketch



**Εικόνα 98:** Εμφανής η γωνία μεταξύ του νέου επιπέδου και του μέσου επιπέδου της κεφαλής

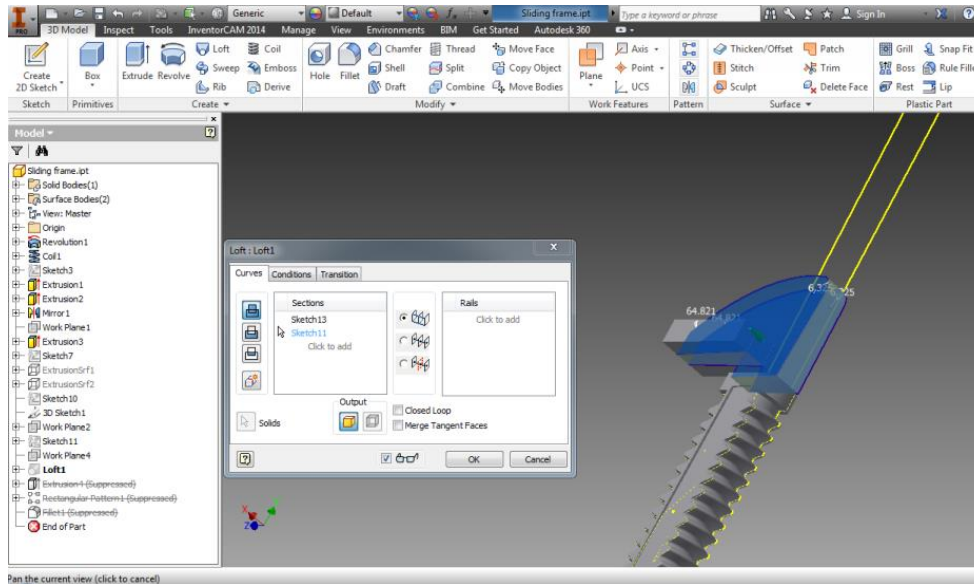


Εικόνα 99: Τα δύο τελικά κεκλιμένα επίπεδα με τα sketch τους



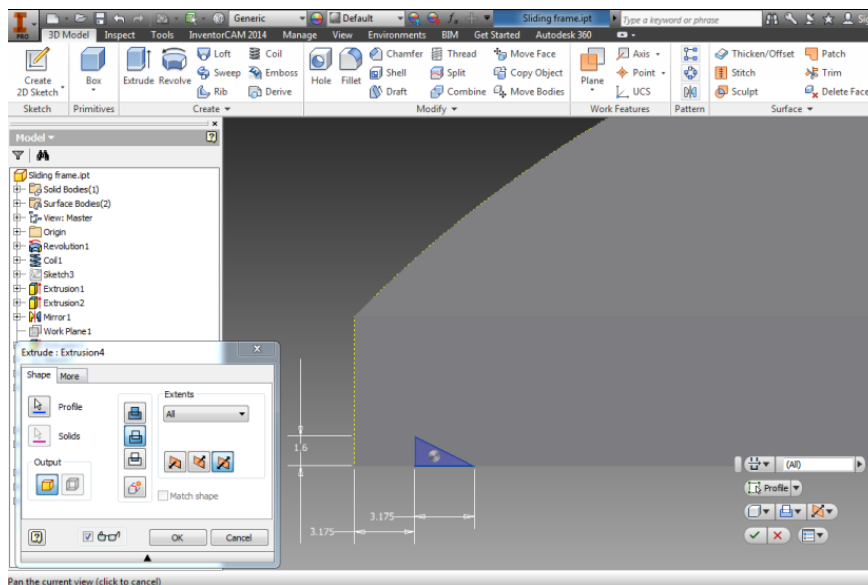
Εικόνα 100: Μια δεύτερη όψη των δύο επιπέδων που καθιστά εμφανή την μεταξύ τους γωνία

Τα δύο sketch που υπάρχουν στα δύο κεκλιμένα επίπεδα μπορούν να ενωθούν μαζί με την χρήση της εντολής loft. Στην εντολή αυτή επιλέγονται τα δύο sketch που θα συνδεθούν και στα εικονίδια επιλέγεται η κατασκευή στερεού από την σε σειρά σύνδεση των δύο sketch. Η εντολή loft και τα αποτελέσματά της φαίνονται στην επόμενη εικόνα.



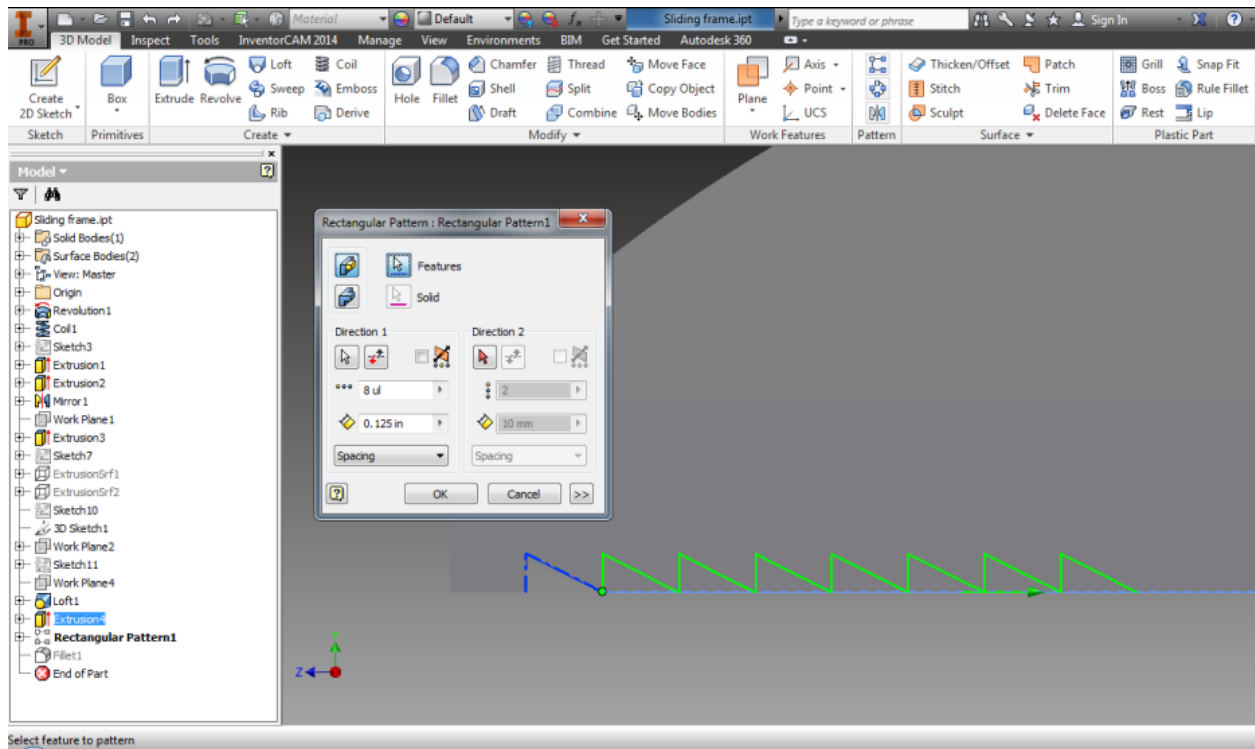
**Εικόνα 101:** Δημιουργία της κεφαλής με την εντολή loft

Επόμενο βήμα είναι η κατασκευή της τριγωνικής οδόντωσης που υπάρχει στο κάτω μέρος της κεφαλής του κοχλία. Η διαμόρφωση γίνεται εύκολα με την εντολή extrude cut αφού πρώτα σχηματιστεί το πρώτο δόντι σε ένα sketch στην πλαϊνή πλευρά του κεφαλιού. Η εκτέλεση και το αποτέλεσμα της εντολής αυτής φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



**Εικόνα 102:** Κατασκευή πρώτου δοντιού με την χρήση της εντολής extrude

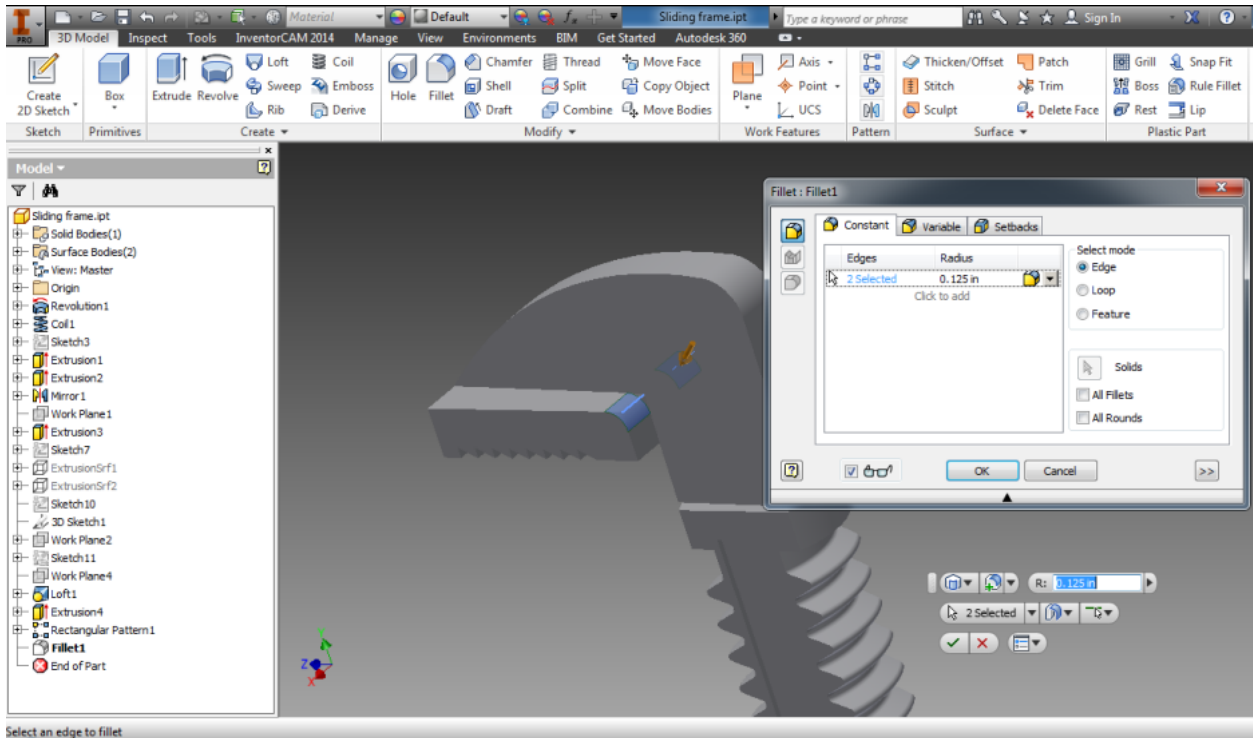
Το δόντι όμως της κεφαλής του εργαλείου δεν είναι ένα, είναι 8 στον αριθμό. Η δημιουργία των υπόλοιπων 7 δοντιών γίνεται με την χρήση της εντολής rectangular pattern η οποία δημιουργεί ένα οριζόντιο μοτίβο από συνεχόμενα 8 δόντια. Επιλέγουμε ως feature του οποίου θέλουμε να κάνουμε μοτίβο το παραπάνω extrude που δημιούργησε το πρώτο δόντι. Ακολουθως επιλέγουμε τον αριθμό των τεμαχίων που θέλουμε να έχει το μοτίβο, εν προκειμένω 8. Στην συνέχεια επιλέγουμε την διεύθυνση που θέλουμε να κινηθεί το μοτίβο αλλά και την απόσταση μεταξύ των διαδοχικών δοντιών. Εάν χρησιμοποιήσουμε ως απόσταση το πλάτος του ενός δοντιού τότε τα δόντια θα προκύψουν συνεχόμενα. Στην επόμενη εικόνα βλέπουμε την εκτέλεση της εντολής rectangular pattern.



**Εικόνα 103:** Κατασκευή των υπόλοιπων δοντιών με την χρήση της εντολής rectangular pattern

Το τελευταίο χαρακτηριστικό που χρειαζόμαστε για να τελειώσουμε την σχεδίαση είναι η δημιουργία της καμπυλότητας στο πάνω μέρος της κεφαλής. Επιλέγουμε λοιπόν την εντολή fillet, επιλέγουμε την ακτίνα καμπυλότητας που θέλουμε, επιλέγουμε τις δύο ακμές της πάνω πλευράς του κεφαλιού και έχουμε το αποτέλεσμα που βλέπουμε στην παρακάτω εικόνα.



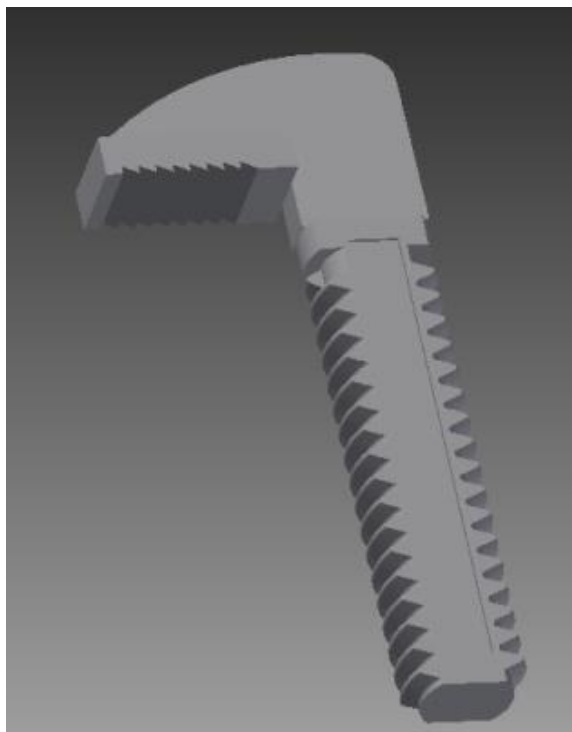


**Εικόνα 104:** Δημιουργία καμπυλότητας στην πάνω πλευρά της κεφαλής

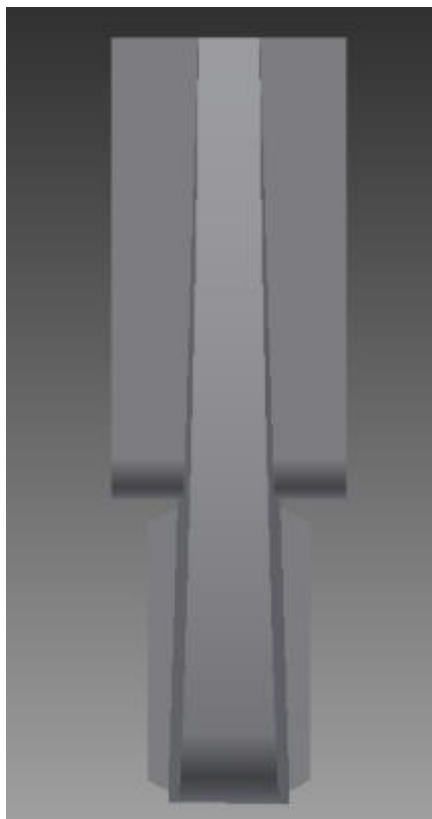
Με αυτό τον τρόπο ολοκληρώνεται και η σχεδίαση του τρισδιάστατου μοντέλου του κοχλία. Στις επόμενες εικόνες βλέπουμε την τελική μορφή του κοχλία.



**Εικόνα 105:** Τελική μορφή κοχλία (1)



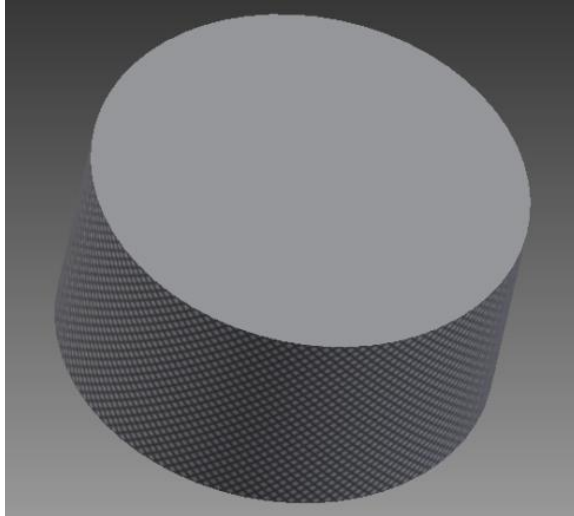
**Εικόνα 106:** Τελική μορφή κοχλία (2)



**Εικόνα 107:** Τελική μορφή κεφαλής κοχλία

## 6.2<sup>ε</sup>) Τροχός λειτουργίας

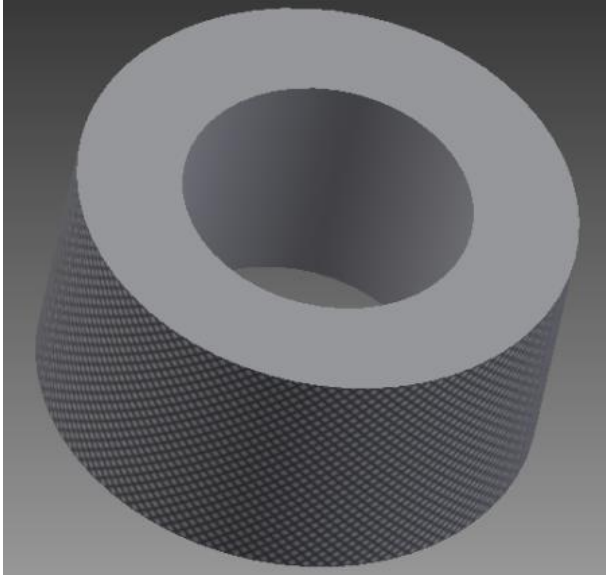
Η δημιουργία του τρισδιάστατου σχεδίου του τροχού λειτουργίας είναι απλούστερη από τα προηγούμενα τρία τεμάχια γιατί έχει πολύ λίγες διαμορφώσεις. Αρχικά θα πρέπει να δημιουργήσουμε τον τροχό ως ένα κύλινδρο μέσα στον οποίο ανοίγουμε μια οπή. Αυτό γίνεται πολύ απλά με την εντολή *extrude* που έχουμε ήδη δει αρκετές φορές στα προηγούμενα τεμάχια. Αρχικά λοιπόν σχεδιάζουμε ένα *sketch* με την εξωτερική διάμετρο του τροχού και επιλέγοντας το στην εντολή *extrude*, επιλέγοντας και το πάχος του τροχού όπως το μετράμε, δημιουργούμε τον κύλινδρο της παρακάτω εικόνας.



**Εικόνα 108:** Δημιουργία αρχικού κυλίνδρου

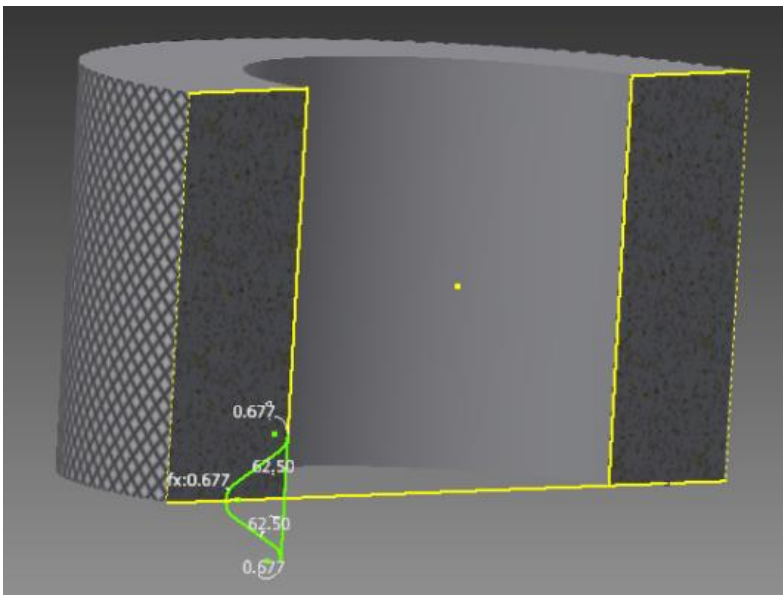
Στο εξωτερικό του κυλίνδρου της παραπάνω φωτογραφίας βλέπουμε να έχει μια εμφάνιση που προσομοιάζει ροζέτα. Αυτό έγινε με την αλλαγή της εξωτερικής εμφάνισης του κυλίνδρου. Επιλέξαμε την εξωτερική επιφάνεια και στο μενού εμφάνιση επιλέξαμε την εμφάνιση *knurled*.

Ακολούθως, επιλέγουμε να σχεδιάσουμε ένα δεύτερο *sketch*, με επίπεδο αναφοράς αυτή την φορά την πάνω επιφάνεια του τροχού. Στο *sketch* αυτό σχεδιάζουμε ως εσωτερική διάμετρο του τροχού την μικρότερη επιτρεπτή διάμετρο για το σπείρωμά μας (*thread minor diameter*). Επιλέγουμε ξανά την εντολή *extrude*, επιλέγουμε το *sketch* μας και αυτή την φορά του ζητάμε να κόψει αντί να δημιουργήσει στερεό (επιλογή *cut*). Ακολούθως επιλέγουμε να κόψει ό,τι βρει (*through all*) και έτσι δημιουργείται το δακτυλίδι της δεύτερης εικόνας.



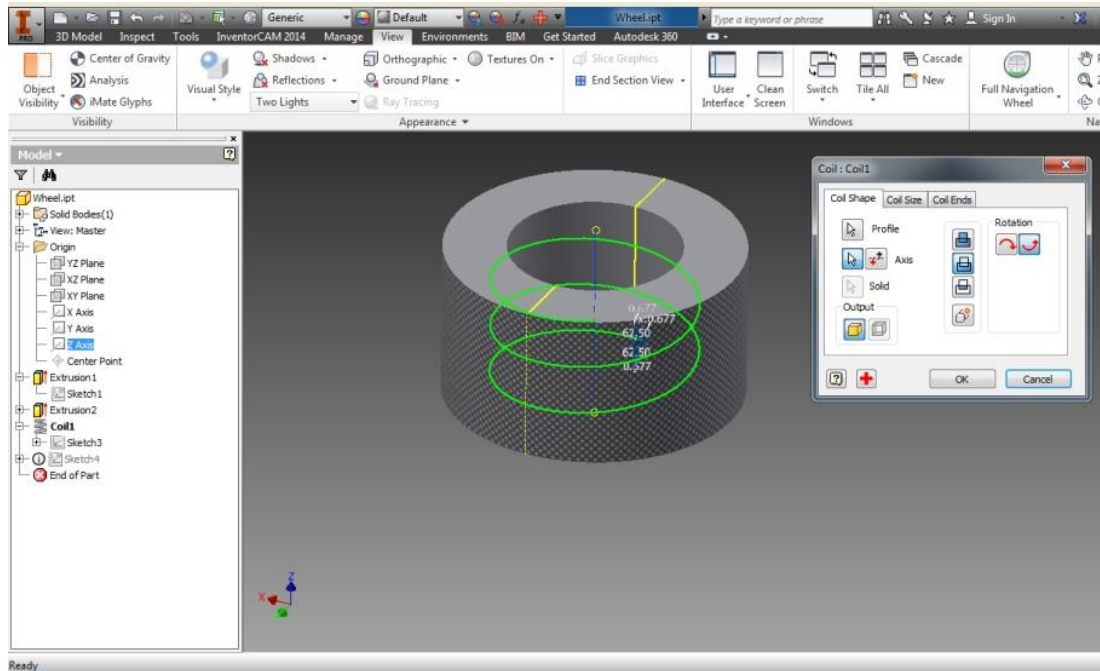
**Εικόνα 109:** Διάνοιξη σπής τροχού

Αυτό που απομένει είναι η δημιουργία του σπειρώματος. Αυτό γίνεται με τον ίδιο τρόπο που παρουσιάστηκε προηγουμένως, με την χρήση της εντολής coil. Δημιουργείται λοιπόν ένα sketch σε ένα από τα δύο επίπεδα που τέμνουν τον κύλινδρο. Για να δημιουργήσουμε αυτό το sketch πρέπει να βλέπουμε και εμείς τον κύλινδρο σε τομή, κάτι που επιτυγχάνουμε από το παράθυρο view, επιλέγοντας την εντολή της τομής και επιλέγοντας το επίπεδο στο οποίο σχεδιάζουμε το sketch. Βρίσκοντας από την βιβλιογραφία την τομή του σπειρώματος με όλες της τις διαστάσεις την δημιουργούμε. Αυτό φαίνεται στην εικόνα που ακολουθεί.



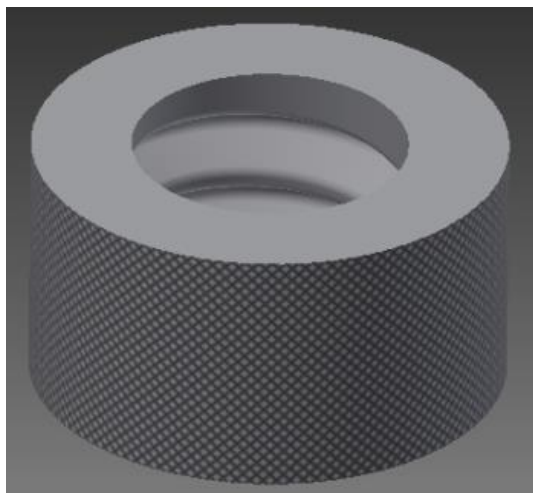
**Εικόνα 110:** Σχεδιασμός σπείρας σε sketch σε επίπεδο που βρίσκεται στην μέση του τροχού

Έχοντας δημιουργήσει την τομή του σπειρώματος χρησιμοποιούμε την εντολή coil για να δημιουργήσουμε ολόκληρο το σπείρωμα. Επιλέγουμε ως profile την τομή του σπειρώματος που δημιουργήσαμε στο sketch και ως άξονα περιστροφής τον κατακόρυφο άξονα. Ακολούθως, στην πινακίδα coil size επιλέγουμε το βήμα του σπειρώματος όπως αυτό προκύπτει από την βιβλιογραφία. Στην επόμενη εικόνα βλέπουμε την εκτέλεση της εντολής coil.

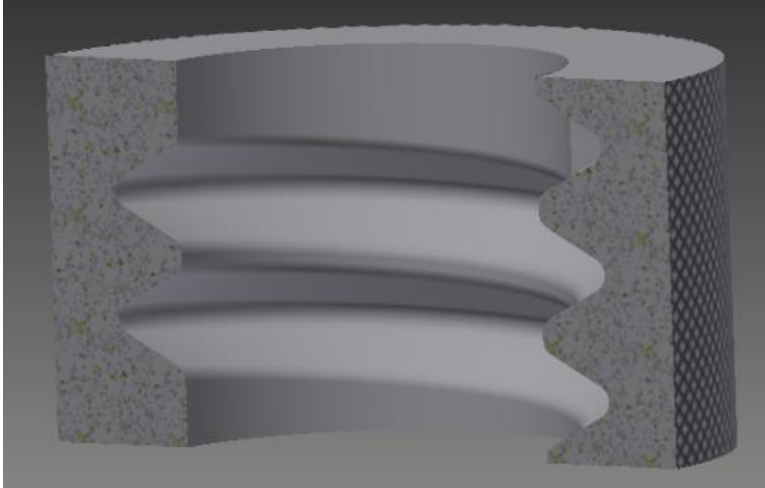


**Εικόνα 111:** Εντολή κατασκευής σπειρώματος coil

Αποτέλεσμα της εκτέλεσης είναι η δημιουργία σπειρώματος στο εσωτερικό του τροχού. Η τελική μορφή του τρισδιάστατου μοντέλου του τροχού φαίνεται στις επόμενες δύο εικόνες, μια εξωτερική αποτύπωση και μια τομή για να φανεί καλά το σπείρωμα.



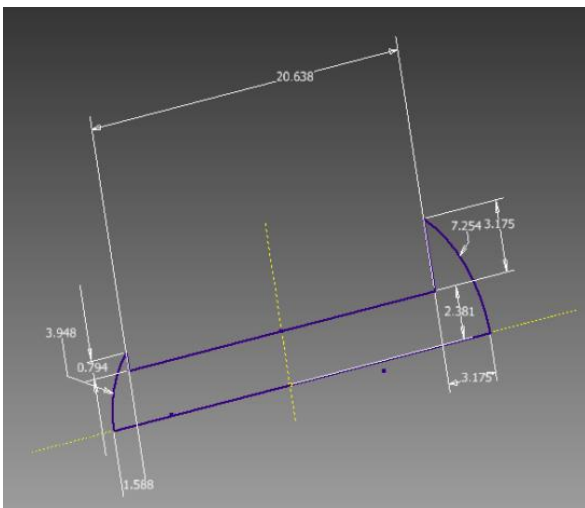
**Εικόνα 112:** Τελική μορφή τροχού με το σπείρωμα μέσα στην οπή



**Εικόνα 113:** Τομή στο κέντρο του τροχού όπου φαίνεται το σπείρωμα που έχει δημιουργηθεί

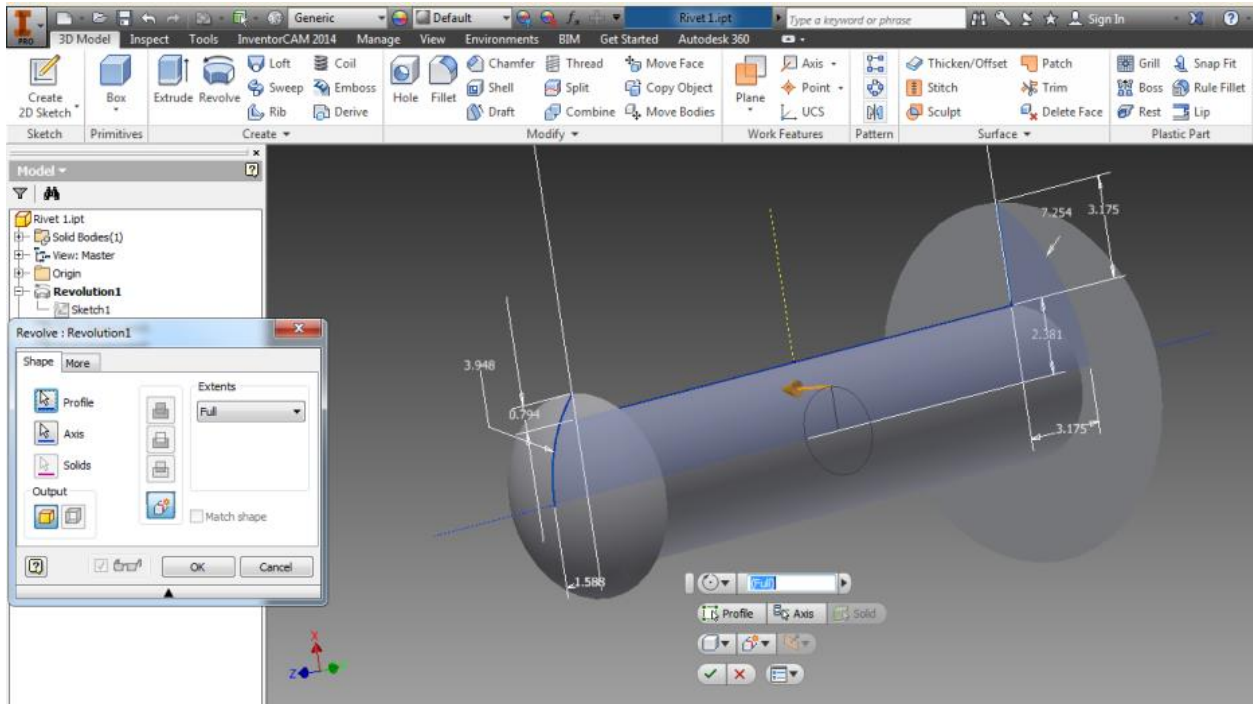
## 6.2<sup>στ</sup>) Ήλος 1

Το επόμενο προς σχεδιασμό τεμάχιο είναι ένα ήλος (πριτσίνι - rivet) ο πρώτος εκ των δύο. Ο ήλος είναι ένα εκ περιστροφής συμμετρικό τεμάχιο. Ο τρισδιάστατος σχεδιασμός των εκ περιστροφής συμμετρικών τεμαχίων (που δεν είναι απλοί κύκλοι όπως ο τροχός λειτουργίας που είδαμε παραπάνω) γίνεται πολύ εύκολα με την χρήση της εντολής revolve. Η εντολή αυτή απαιτεί τον σχεδιασμό ενός sketch το οποίο είναι η τομή του τεμαχίου σε ένα επίπεδο αναφοράς (και μάλιστα η μισή). Αυτό τον κλειστό βρόγχο που δημιουργείται στο sketch τον περιστρέφει και έτσι δημιουργεί ένα εκ περιστροφής συμμετρικό τεμάχιο. Αρχικά λοιπόν σχεδιάζουμε στο sketch την τομή του ήλου επιλέγοντας ένα επίπεδο αναφοράς όπως φαίνεται στην πρώτη εκ των τριών εικόνων προσέχοντας ώστε το περίγραμμα που σχηματίζεται να αποτελεί ένα κλειστό βρόγχο.



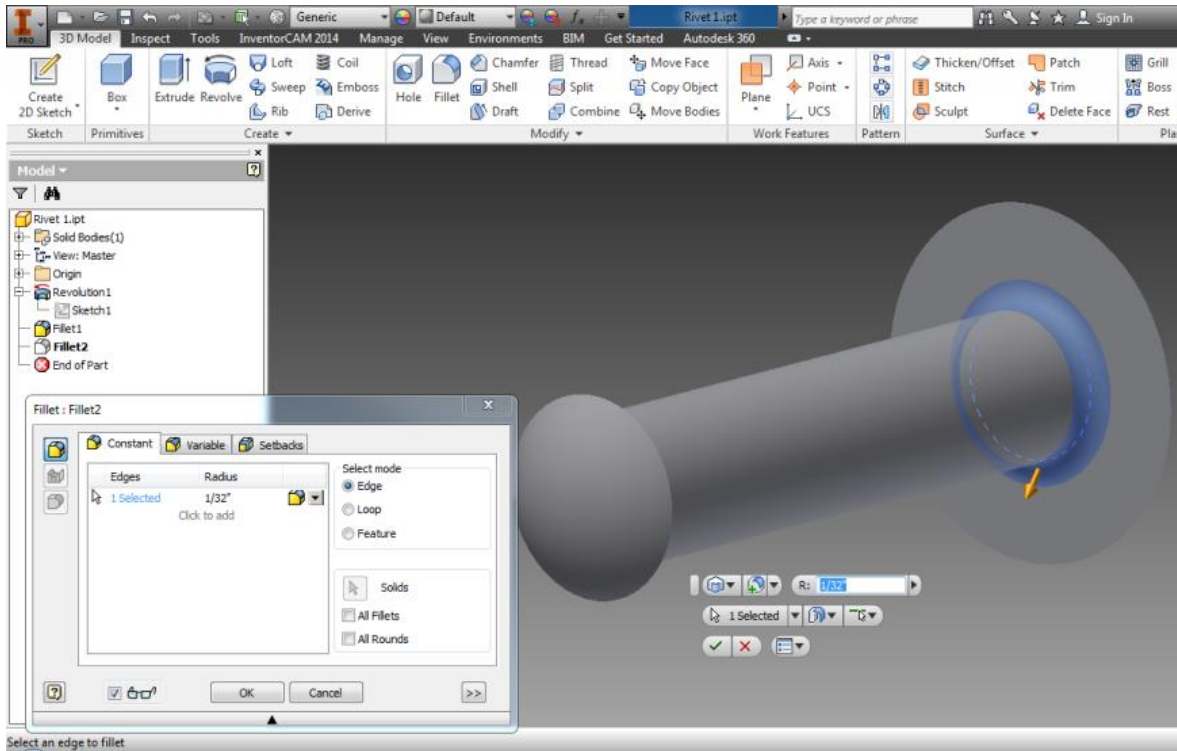
**Εικόνα 114:** Δημιουργία sketch με την μισή τομή του ήλου 1 στο επίπεδο αναφοράς

Ακολουθώντας την εντολή revolve. Στο παράθυρο της εντολής που μας ανοίγει επιλέγουμε το σχήμα, τον βρόγχο (profile), επιλέγουμε τον άξονα περιστροφής (axis) ο οποίος εν προκειμένω ταυτίζεται με την κεντρική οριζόντια γραμμή του βρόγχου και επιλέγουμε και τις μοίρες περιστροφής (extend). Αφού θέλουμε πλήρη περιστροφή ώστε να σχηματίσουμε το τεμάχιό μας επιλέγουμε αντί κάποιου αριθμού μοιρών την επιλογή full. Στην δεύτερη εικόνα φαίνεται η εκτέλεση της εντολής revolve.



**Εικόνα 115:** Εκτέλεση εντολής revolve για την δημιουργία του τρισδιάστατου ήλου 1

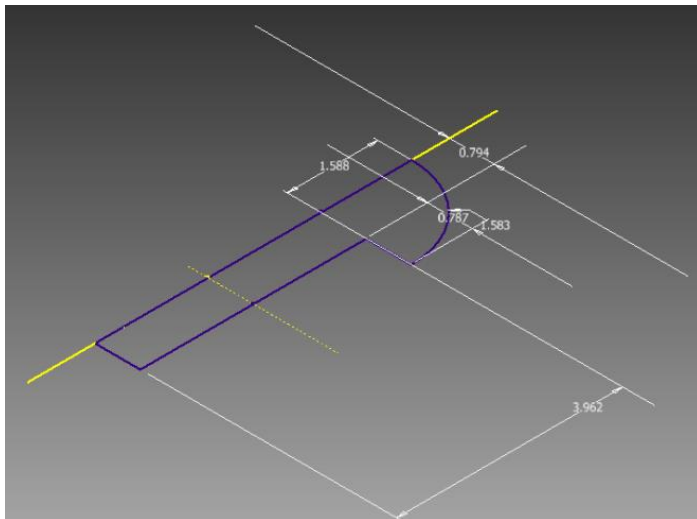
Το τελικό αποτέλεσμα της εντολής αυτής είναι ο επιθυμητός ήλος, όπως αυτός φαίνεται στην τρίτη εικόνα. Απομένει μόνο η δημιουργία της καμπυλότητας στο σημείο που ενώνεται το κεφάλι με τον κορμό του ήλου. Αυτό γίνεται με την εντολή fillet που είδαμε και παραπάνω. Επιλέγουμε την γραμμή σύνδεσης κορμού και κεφαλιού, επιλέγουμε και την ακτίνα της καμπυλότητάς μας και δημιουργούμε την καμπυλότητα αυτή.



**Εικόνα 116:** Δημιουργία καμπυλότητας στο κάτω μέρος της κεφαλής του ήλου 1

## 6.2<sup>3</sup>) Ήλος 2

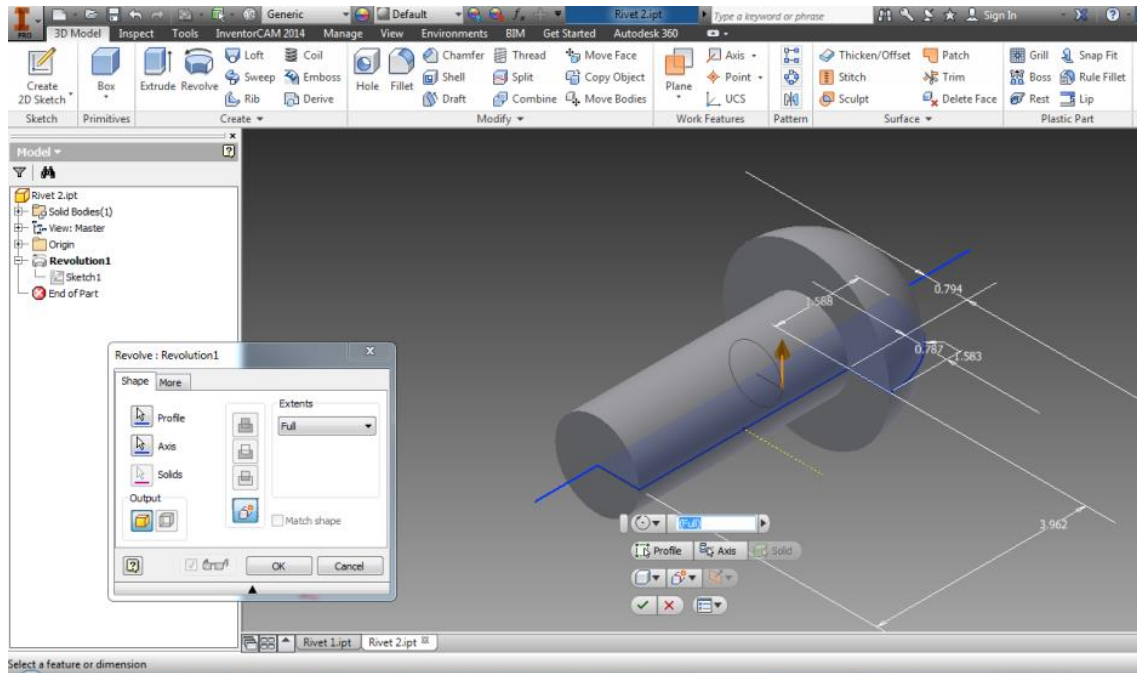
Η δημιουργία του δεύτερου ήλου γίνεται ακριβώς με την ίδια λογική που σχεδιάστηκε ο πρώτος ήλος. Σχεδιάζουμε λοιπόν αρχικά σε ένα sketch στο επίπεδο αναφοράς την μισή τομή του ήλου 2. Παρατηρούμε ότι έχει μόνο από την μια πλευρά κεφάλι εν αντιθέσει με τον ήλο 1 ο οποίος είχε και από την δεύτερη πλευρά κεφάλι. Στην πρώτη εικόνα βλέπουμε την τελική μορφή του βρόγχου.



**Εικόνα 117:** Δημιουργία sketch με την μισή τομή του ήλου 2 στο επίπεδο αναφοράς

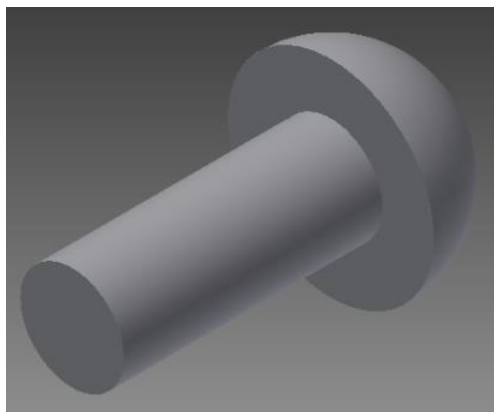


Στην συνέχεια εκτελούμε την εντολή revolve. Επιλέγουμε ως profile τον κλειστό βρόγχο του sketch που ετοιμάσαμε παραπάνω και άξονα περιστροφής (axis) την κεντρική γραμμή του ήλου 2, την μεγάλη γραμμή στο κάτω μέρος του παραπάνω sketch. Επιλέγουμε και αυτή την φορά την πλήρη περιστροφή του βρόγχου αυτού και προκύπτει το τρισδιάστατο σχέδιο του ήλου 2 όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



**Εικόνα 118:** Εκτέλεση εντολής revolve για την δημιουργία του τρισδιάστατου ήλου 2

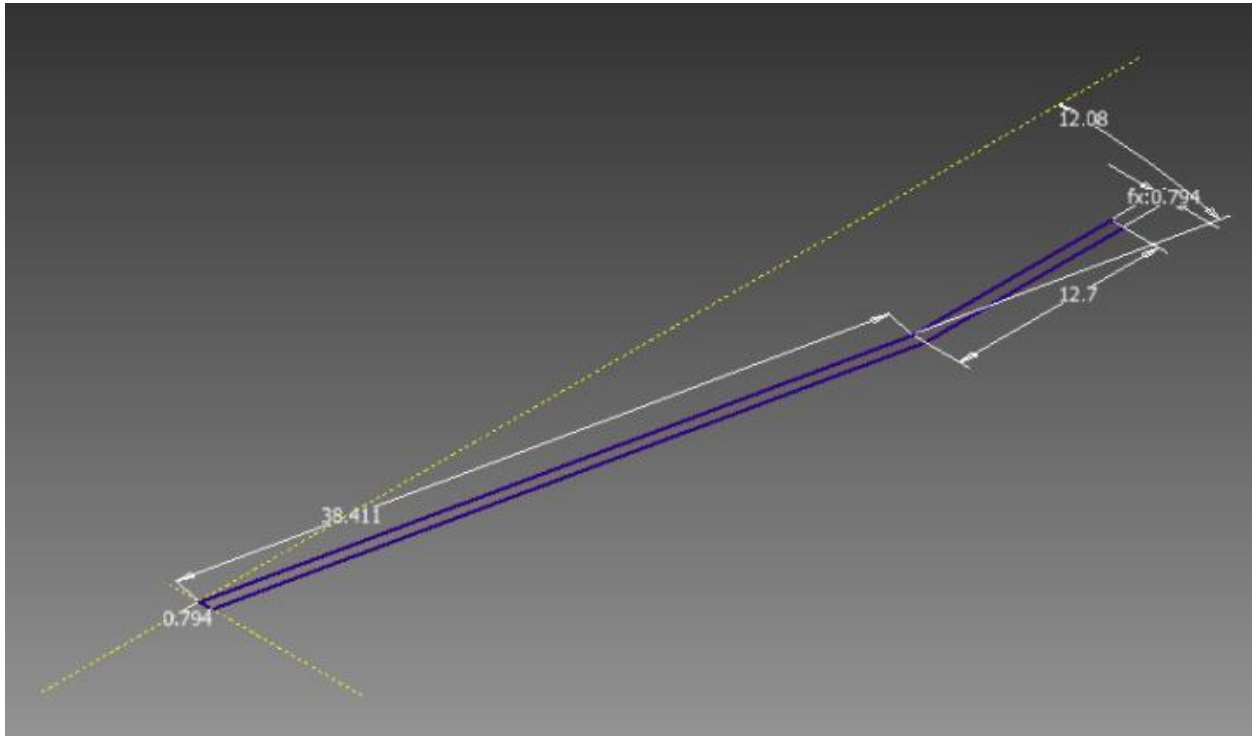
Το τελικό αποτέλεσμα, η τελική τρισδιάστατη απεικόνιση του ήλου 2 φαίνεται στην επόμενη εικόνα. Σε αντίθεση με τον προηγούμενο ήλο αυτός δεν έχει κάποια καμπυλότητα στο σημείο που ενώνεται ο κορμός με το κεφάλι έτσι δεν απαιτείται καμία άλλη εντολή πέραν της εντολής revolve.



**Εικόνα 119:** Τελική τρισδιάστατη μορφή τεμαχίου ήλου 2

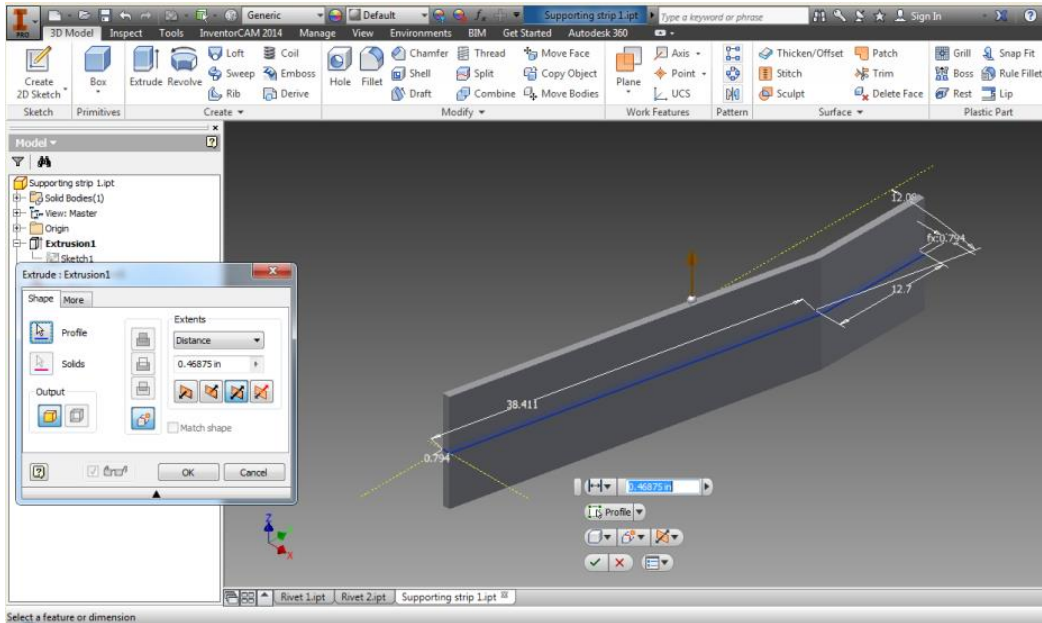
## 6.2<sup>η</sup>) Φύλλο υποστήριξης 1

Το επόμενο τεμάχιο που σχεδιάζεται είναι το πρώτο φύλλο υποστήριξης που χρησιμοποιείται για την αύξηση της στιβαρότητας της κατασκευής. Επί της ουσίας είναι ένα μεταλλικό φύλλο μικρού πάχους το οποίο τοποθετείται στο πλευρό του κλειδιού. Ο σχεδιασμός του είναι πολύ εύκολος. Θα σχεδιαστεί η πλευρική του όψη και ακολούθως με την εντολή extrude θα της δοθεί το απαιτούμενο πάχος. Αρχικά λοιπόν, σε ένα επίπεδο αναφοράς δημιουργούμε ένα sketch με την πλαϊνή όψη του φύλλου. Το sketch αυτό φαίνεται στην επόμενη εικόνα στο κέντρο.



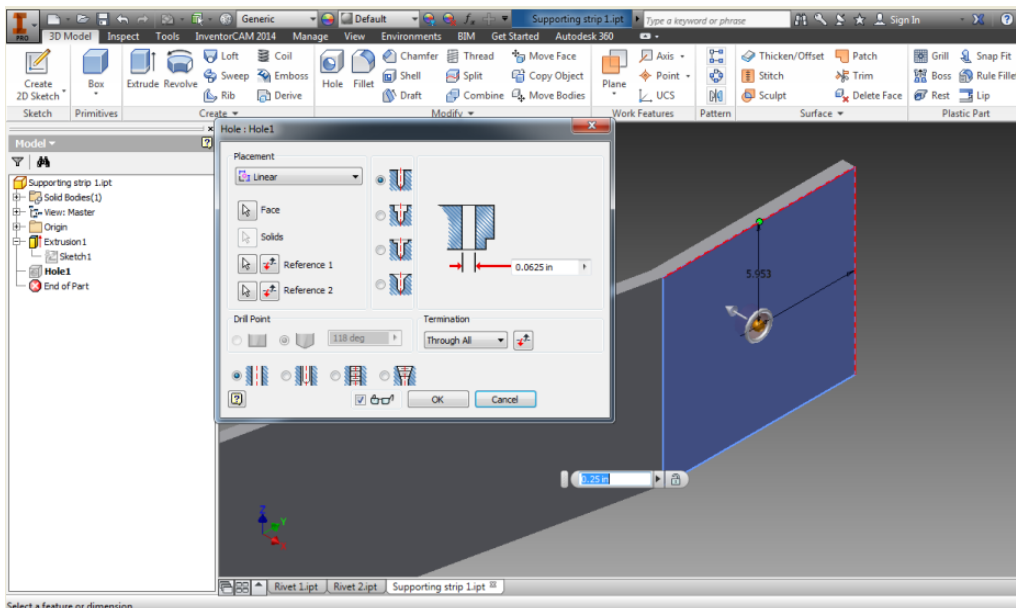
**Εικόνα 120:** Sketch πλαϊνής όψης φύλλου υποστήριξης 1

Στην δεύτερη εικόνα φαίνεται η εντολή extrude. Το sketch επιλέγεται ως profile και δίνεται το πάχος του φύλλου. Έτσι δημιουργείται το τρισδιάστατο μοντέλο.



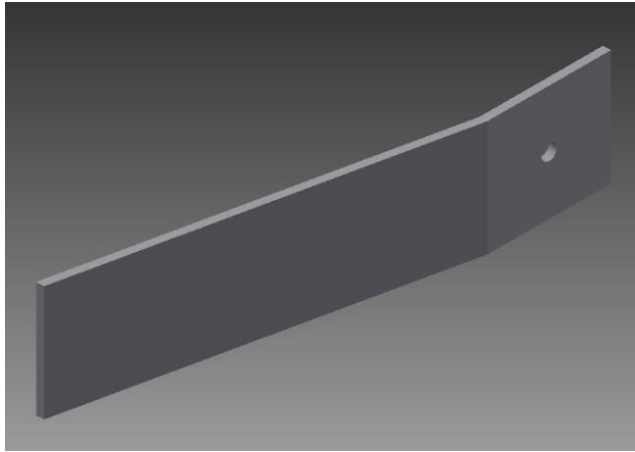
**Εικόνα 121:** Εντολή extrude για την δημιουργία του φύλλου υποστήριξης 1

Το φύλλο αυτό έχει μια οπή στην οποία τοποθετείται ο ένας εκ των δύο ήλων που ήδη έχουμε σχεδιάσει. Η οπή αυτή δημιουργείται με την εντολή hole. Η εντολή αυτή μας δίνει πολλές επιλογές για την δημιουργία οπής. Εμείς επιλέγουμε να δώσουμε το κέντρο της οπής από δύο επιφάνειες αναφοράς από τις οποίες μετρούμε τις διαστάσεις. Ακολούθως δίνουμε την διάμετρο της οπής. Στο τέλος επιλέγουμε και το βάθος της οπής. Αν θέλουμε η οπή να είναι διαμπερής επιλέγουμε την εντολή through all. Στην επόμενη εικόνα βλέπουμε την εντολή hole σε αυτό το φύλλο.



**Εικόνα 122:** Δημιουργία οπής στο φύλλο υποστήριξης 1

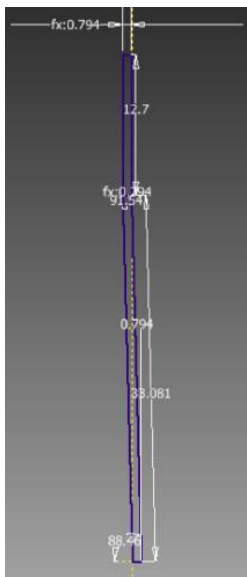
Το τελικό τρισδιάστατο μοντέλο του πρώτου φύλλου υποστήριξης που προκύπτει τελικά είναι το παρακάτω.



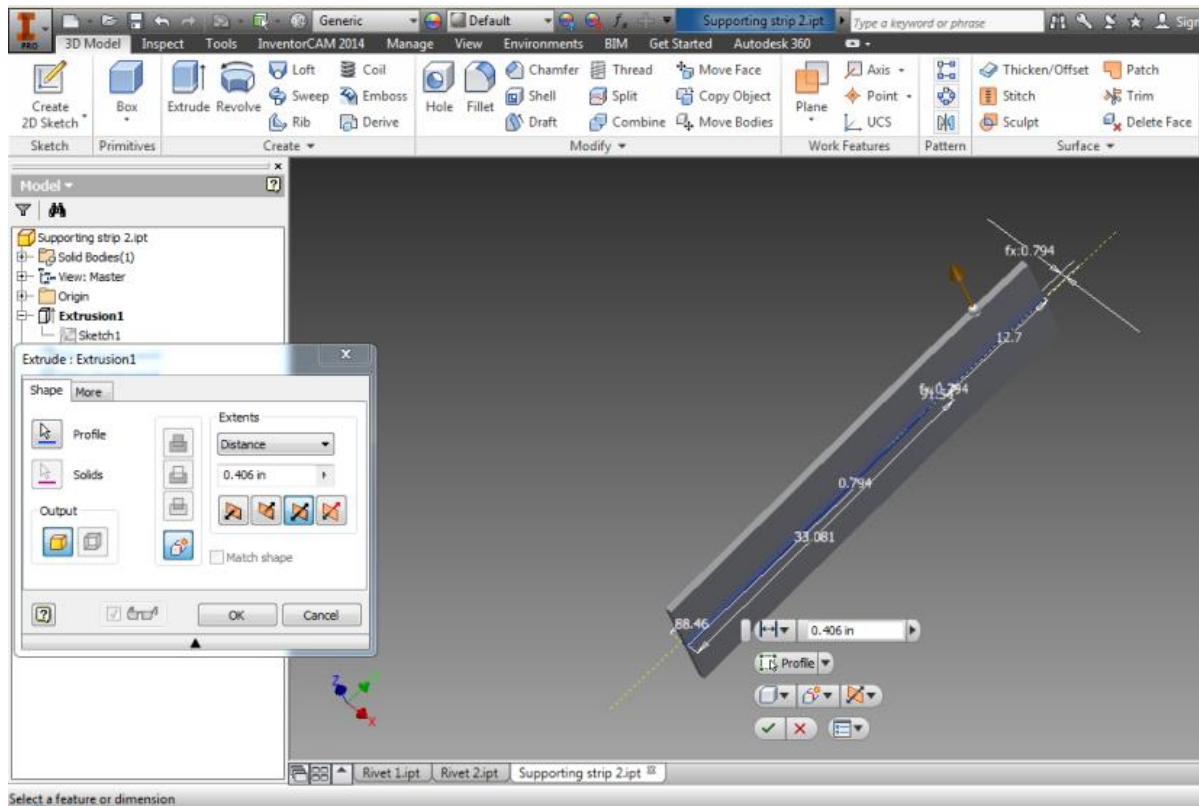
**Εικόνα 123:** Τελικό τρισδιάστατο μοντέλο φύλλου υποστήριξης 1

## 6.2<sup>ο</sup>) Φύλλο υποστήριξης 2

Το τρισδιάστατο μοντέλο του δεύτερου φύλλου υποστήριξης σχεδιάζεται με την ίδια διαδικασία όπως το πρώτο φύλλο. Οπότε λοιπόν σχεδιάζεται το sketch της πλαϊνής του όψης (έχει ελαφρές γεωμετρικές διαφορές με το πρώτο φύλλο) και ακολούθως εκτελείται η εντολή extrude. Στην συνέχεια μέσω της εντολής hole δημιουργείται η οπή από την οποία περνάει ο ήλος. Στην πρώτη φωτογραφία λοιπόν που ακολουθεί βλέπουμε το sketch. Στην δεύτερη φαίνεται η εντολή extrude και στην τρίτη η εντολή hole. Τέλος, στην τέταρτη φωτογραφία φαίνεται το τελικό τρισδιάστατο τεμάχιο.

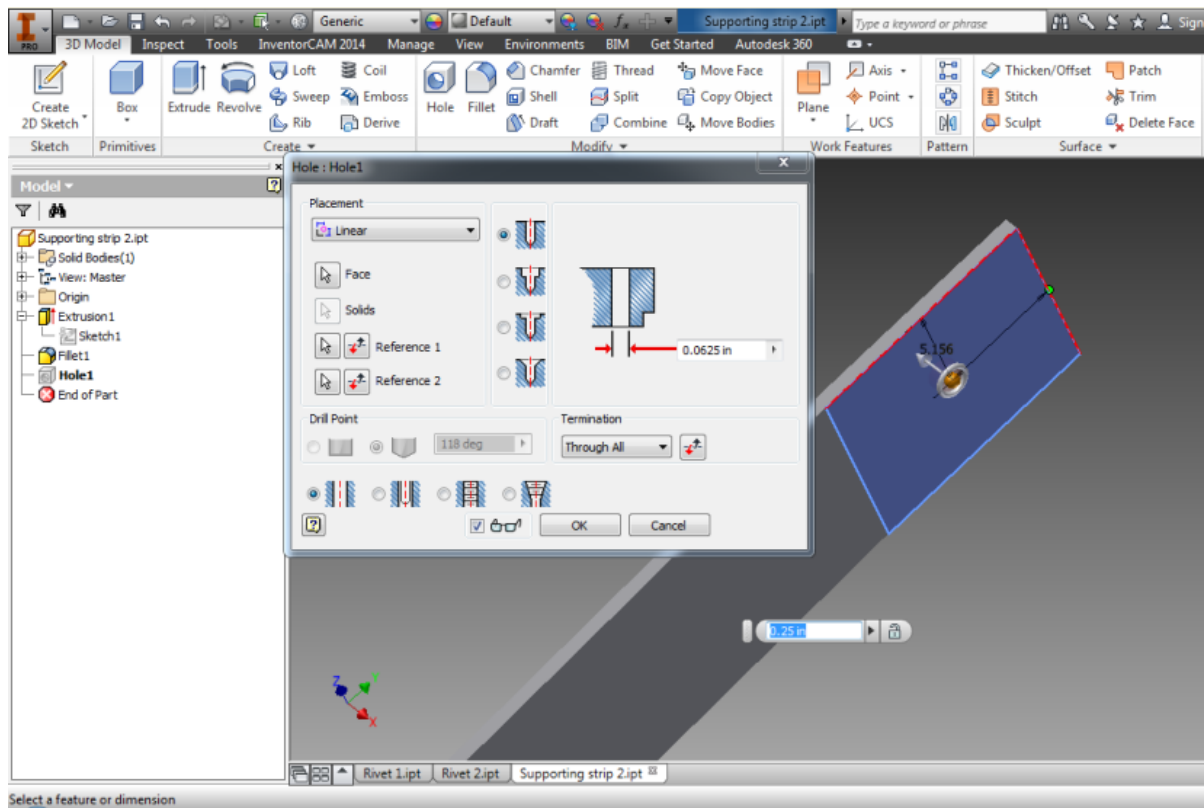


**Εικόνα 124:** Sketch της πλαϊνής όψης του φύλλου υποστήριξης 2

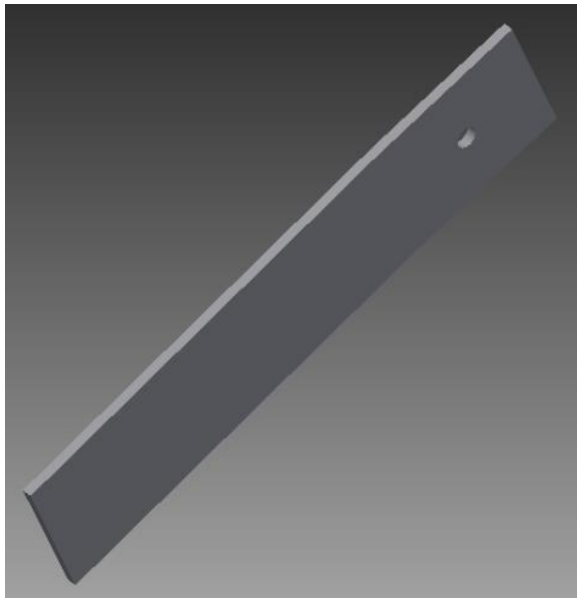


**Εικόνα 125:** Εντολή extrude για την δημιουργία του τρισδιάστατου στερεού για το φύλλο υποστήριξης 2

## Παραμετρική 3D σχεδίαση και μοντελοποίηση με Autodesk Inventor



**Εικόνα 126:** Εντολή hole για την δημιουργία της οπής του φύλλου υποστήριξης 2



**Εικόνα 127:** Τελικό τρισδιάστατο μοντέλο φύλλου υποστήριξης 2

### 6.3<sup>α</sup>) Σχεδιασμός συναρμολογήματος

Ο σχεδιασμός του συναρμολογήματος γίνεται με την χρήση της επιλογής σχεδιασμού assembly στο inventor. Ο σωστός σχεδιασμός απαιτεί την ορθή τοποθέτηση και συναρμολόγηση των αντικειμένων στον χώρο, λαμβάνοντας υπόψη όλους τους μεταξύ τους περιορισμούς. Στόχος στο τέλος είναι να μην υπάρχει κάποιο αντικείμενο που να μπορεί να μετακινηθεί ή να περιστραφεί μόνο του χωρίς την εντολή του χρήστη. Επίσης στόχος είναι να μην τέμνει ένα τεμάχιο κάποιο άλλο τεμάχιο. Στην περίπτωση που συμβαίνει αυτό τότε θα πρέπει να επιστρέψουμε στο μοντέλο του τεμαχίου και να διορθώσουμε την γεωμετρία του. Ακολούθως θα γυρίσουμε ξανά στο συναρμολόγημα και θα επανελέγξουμε την θέση των δύο τεμαχίων ώστε αυτά να μην τέμνονται. Με αυτές τις αρχές στο μυαλό μας προχωρούμε στην δημιουργία του συναρμολογήματος όπως παρουσιάζουμε στην πρώτη ενότητα του παρόντος κεφαλαίου.

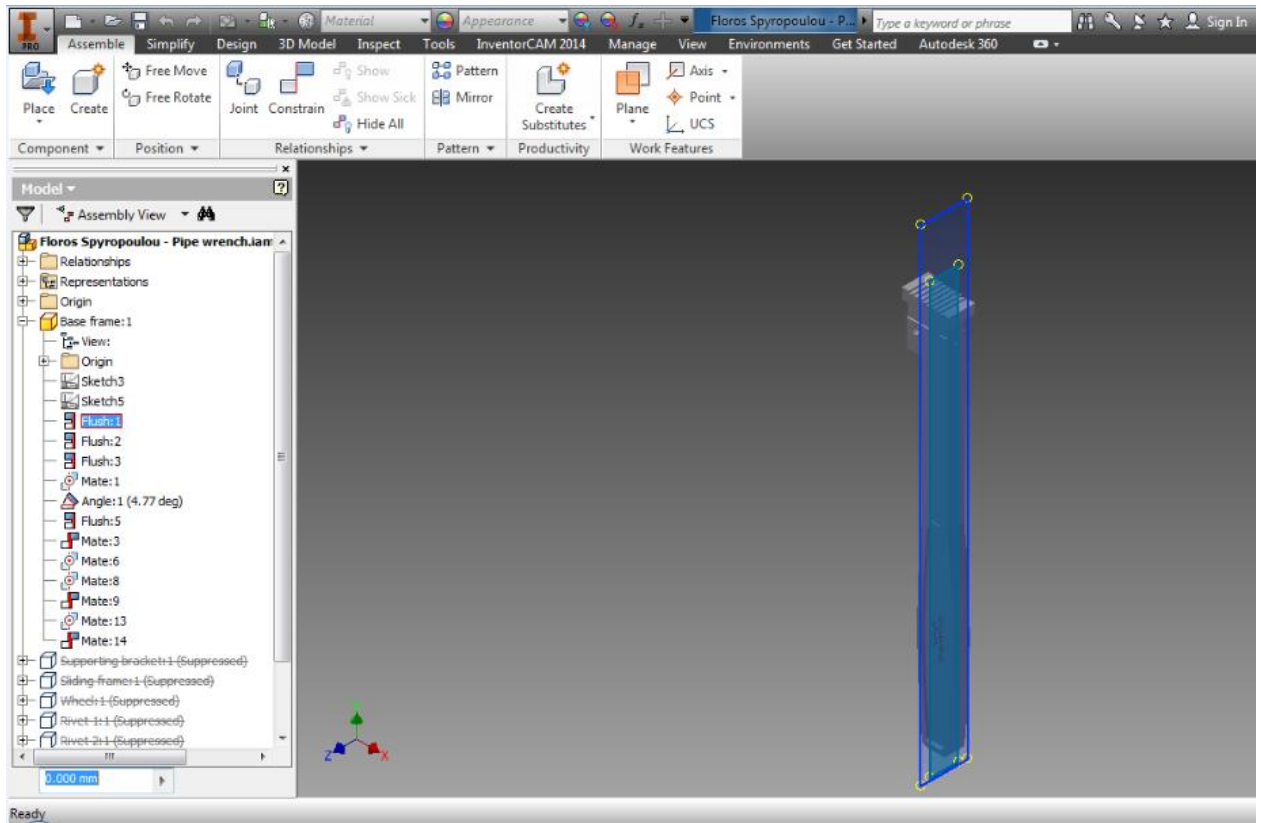
Αφού δημιουργήσουμε ένα ορθό συναρμολόγημα στην συνέχεια θα προσθέσουμε και την κίνηση που εκτελεί το εργαλείο, κατόπιν πάντα εντολής του χρήστη. Στο τέλος θα δούμε πως προσομοιώνεται αυτή η κίνηση. Εάν η προσομοίωση μας οδηγεί σε μια λανθασμένη κίνηση θα πρέπει αρχικά να επιστρέψουμε και να διορθώσουμε τις εντολές κίνησης. Αν οι εντολές κίνησης είναι ορθές τότε θα πρέπει να επιστρέψουμε και να διορθώσουμε τα τρισδιάστατα μοντέλα των επιμέρους τεμαχίων που εμπλέκονται στην κίνηση. Η δεύτερη ενότητα παρουσιάζει την προσθήκη της κίνησης και η τρίτη ενότητα την προσομοίωση αυτής.

Όπως γίνεται αντιληπτό λοιπόν η δημιουργία ενός συναρμολογήματος και των κινήσεων που αυτό εκτελεί είναι μια συνεχής διαδικασία ελέγχου, ανάδρασης και επανελέγχου ώστε να επιτευχθεί το τελικό επιθυμητό αποτέλεσμα.

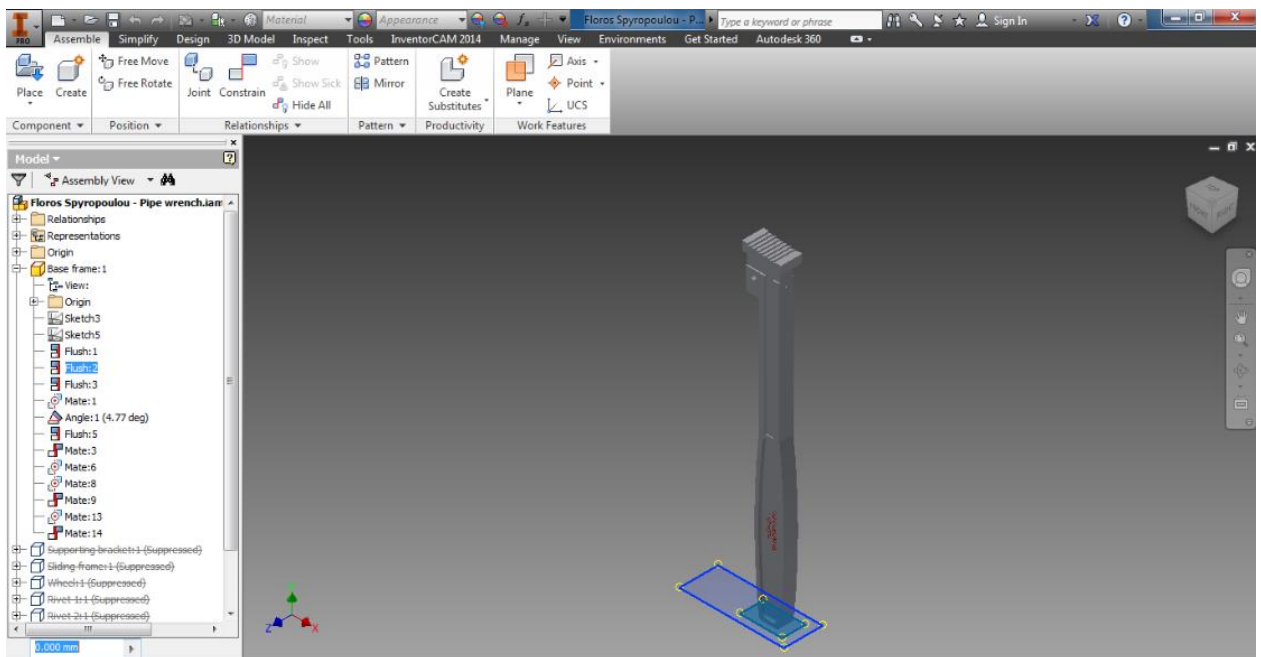
### 6.3<sup>β</sup>) Δημιουργία συναρμολογήματος

Η δημιουργία του συναρμολογήματος ξεκινάει με την τοποθέτηση του πλαισίου στο αρχείο assembly το οποίο έχουμε δημιουργήσει. Η τοποθέτηση του πλαισίου γίνεται με την χρήση της εντολής place και ακολούθως την επιλογή του τρισδιάστατου μοντέλου του πλαισίου. Αφού τοποθετηθεί το πλαίσιο αυτό μπορεί να κουνηθεί ελεύθερα στον χώρο. Για αυτό θα πρέπει να το «δέσουμε». Αυτό γίνεται με την τοποθέτηση περιορισμών κίνησης. Επιλέγουμε λοιπόν την εντολή constraints και τοποθετούμε περιορισμούς κίνησης τέτοιους ώστε να μην επιτρέπουν την ελεύθερη κίνηση ή περιστροφή. Οι περιορισμοί που τίθενται είναι η ταύτιση των τριών επιπέδων αναφοράς (XY, XZ, YZ) του πλαισίου με τα αντίστοιχα επίπεδα του αρχείου του συναρμολογήματος. Η σωστή τοποθέτηση των επιπέδων αναφοράς στα τρισδιάστατα μοντέλα λοιπόν είναι πολύ σημαντική για την δημιουργία των συναρμολογημάτων. Ως σωστή τοποθέτηση θεωρούμε κυρίως την ταύτιση των επιπέδων αναφοράς με συμμετρικά επίπεδα του μοντέλου. Στις τρεις εικόνες που ακολουθούν φαίνεται η δημιουργία τριών περιορισμών για το πλαίσιο, ενός για κάθε επίπεδο αναφοράς. Στην τρίτη βλέπουμε και το παράθυρο δημιουργίας του περιορισμού από το οποίο

επιλέγουμε το είδος του περιορισμού (εν προκειμένω flush) και τα στοιχεία τα οποία αφορά (εν προκειμένω τα δύο επίπεδα, ένα του συναρμολογήματος και ένα του πλαισίου)

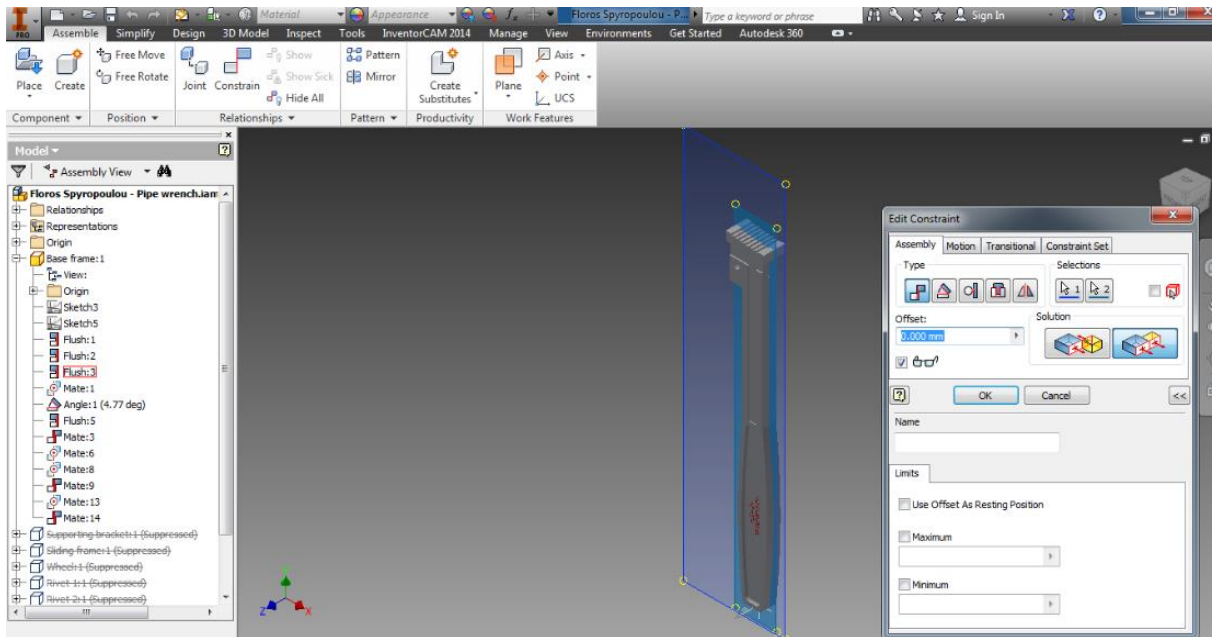


**Εικόνα 128:** Περιορισμός flush μεταξύ των επιπέδων αναφοράς YZ του συναρμολογήματος και του πλαισίου



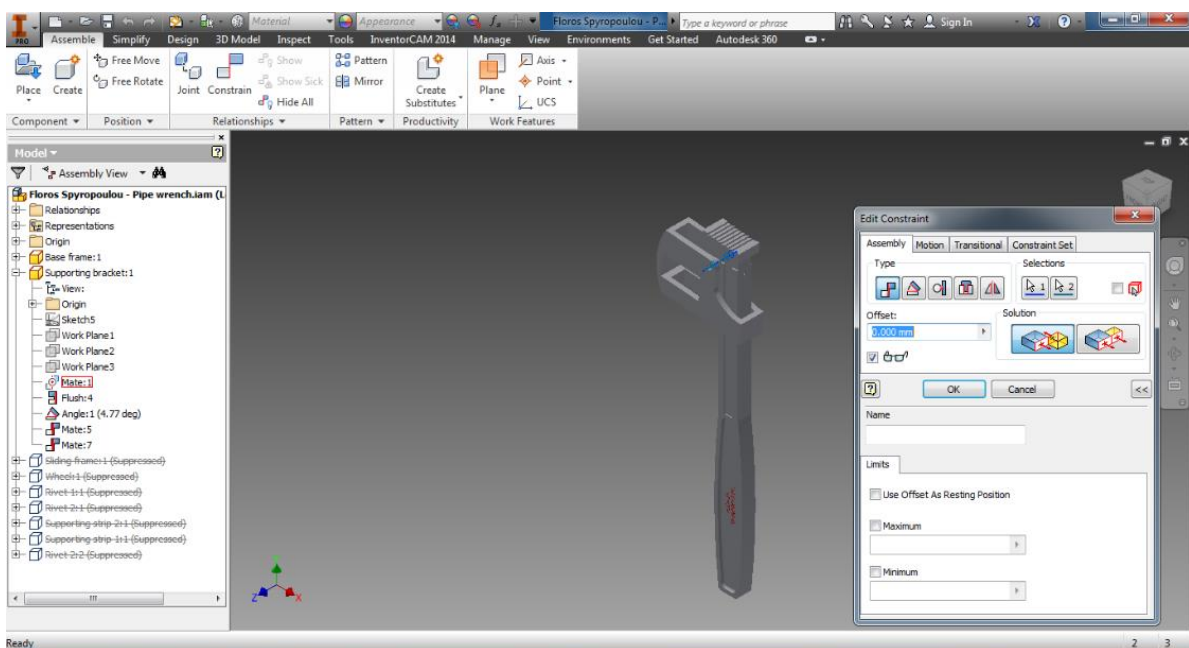
**Εικόνα 129:** Περιορισμός flush μεταξύ των XY επιπέδων αναφοράς του συναρμολογήματος και του πλαισίου



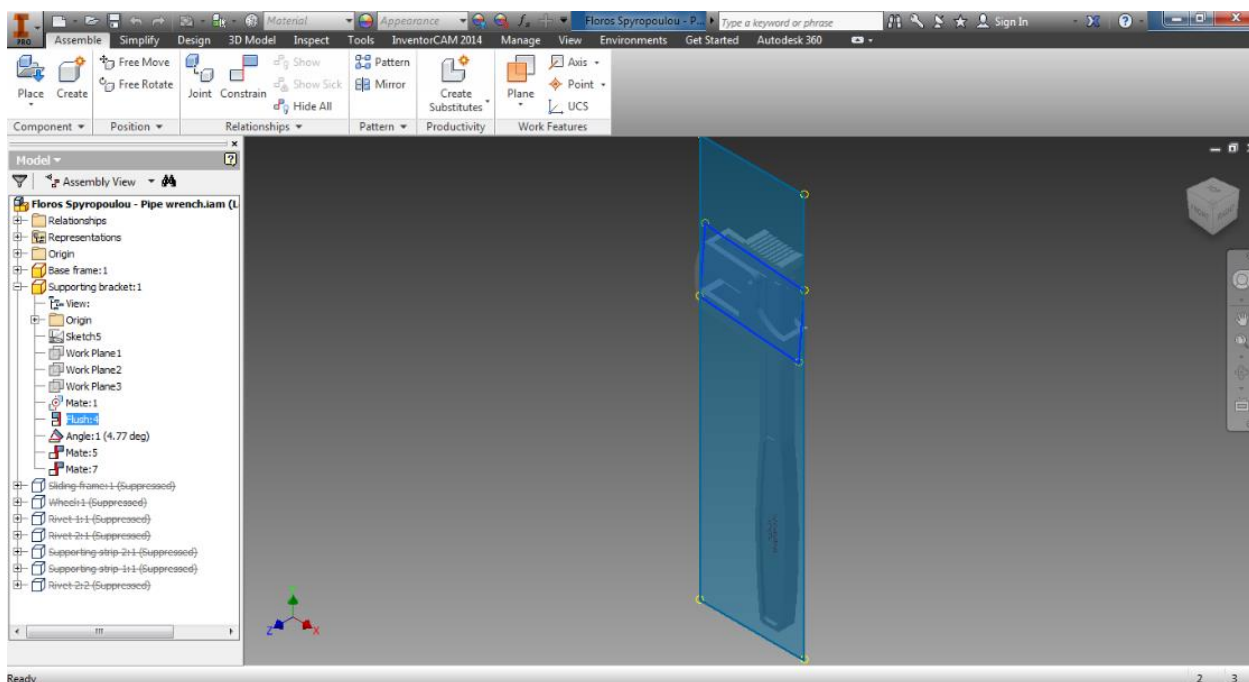


**Εικόνα 130:** Περιορισμός flush των ΧΖ επιπέδων αναφοράς τους συναρμολογήματος και του πλαισίου

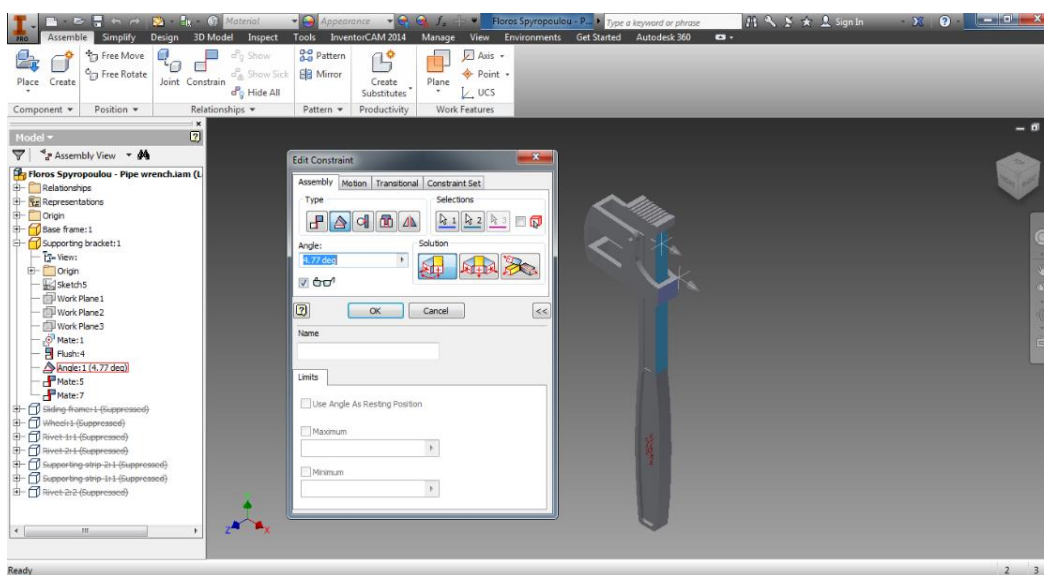
Ακολούθως τοποθετείται με την ίδια διαδικασία το υποστήριγμα. Αυτό συνδέεται σταθερά με το πλαίσιο. Ο πρώτος περιορισμός λοιπόν είναι η επαφή της πάνω επιφάνειας του υποστηρίγματος με την κάτω επιφάνεια του κεφαλιού του πλαισίου (περιορισμός mate). Ο δεύτερος περιορισμός είναι η ταύτιση του κεντρικού επιπέδου με το αντίστοιχο κεντρικό επίπεδο του πλαισίου (περιορισμός flush). Ο τρίτος περιορισμός είναι η γωνία που σχηματίζει το πλαϊνό πλευρό του πλαισίου με το πλαϊνό πλευρό του υποστηρίγματος (περιορισμός angle). Στις επόμενες τρεις εικόνες βλέπουμε τους τρεις αυτούς περιορισμούς κατά σειρά.



**Εικόνα 131:** Περιορισμός ταύτισης του άξονα των οπών μεταξύ υποστηρίγματος και πλαισίου



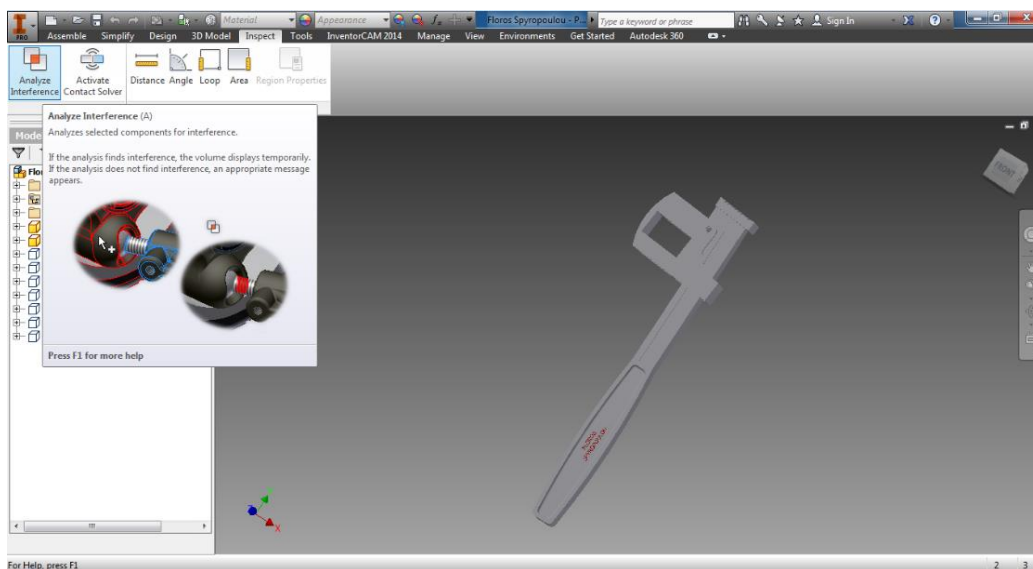
**Εικόνα 132:** Περιορισμός ταύτισης κεντρικών επιπέδων πλαισίου και υποστηρίγματος



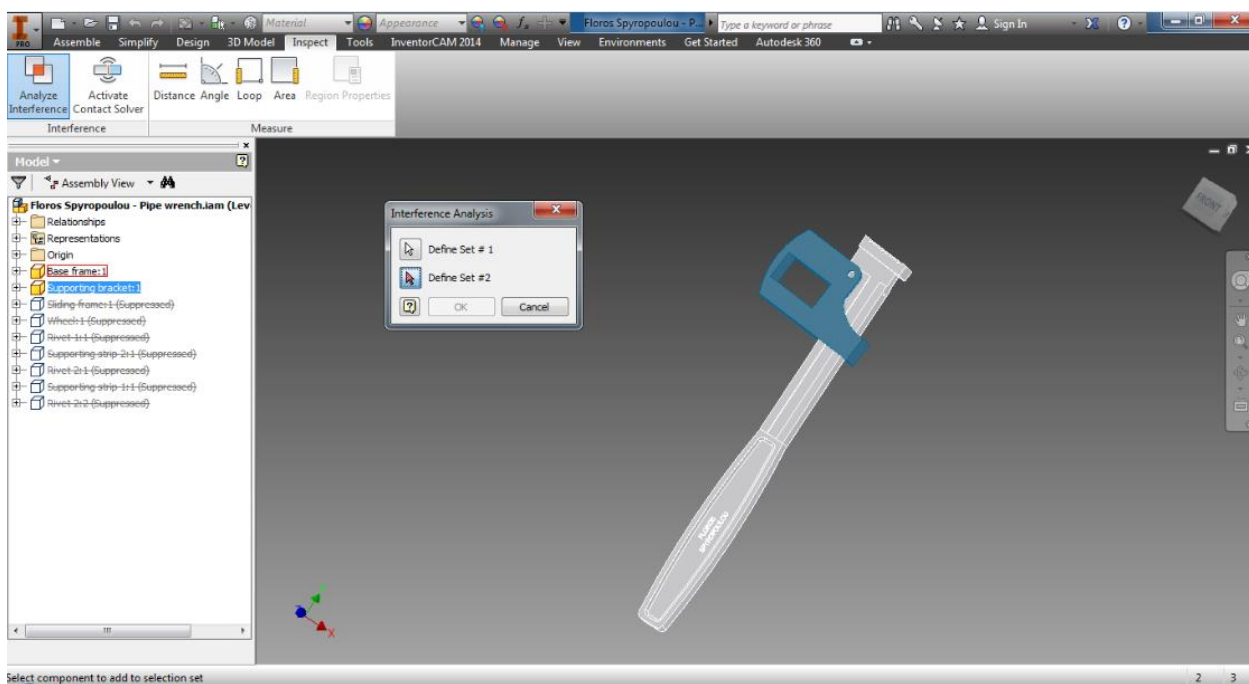
**Εικόνα 133:** Περιορισμός γωνίας μεταξύ επιπέδου του υποστηρίγματος και του πλαισίου

Αφού τοποθετηθεί το υποστήριγμα και βρεθεί στην τελική του θέση πρέπει να ελεγχθεί εάν αυτό τέμνει το πλαίσιο. Αυτό γίνεται με την εντολή *analyze interference*. Η εντολή αυτή μας ανοίγει ένα παράθυρο όπου μας ζητείται να επιλέξουμε δύο σετ τεμαχίων που θα ελεγχθεί η μεταξύ τους επαφή. Κάθε σετ μπορεί να έχει περισσότερα του ενός τεμάχια. Εν προκειμένω στο πρώτο σετ επιλέγω το υποστήριγμα και στο δεύτερο σετ επιλέγω το πλαίσιο. Πατώντας το *OK* ξεκινάει ο υπολογισμός και στο τέλος με ένα μήνυμα ειδοποιεί ότι δεν υπάρχει κάποια επαφή. Έτσι μπορώ να συνεχίσω την δημιουργία του συναρμολογήματος.

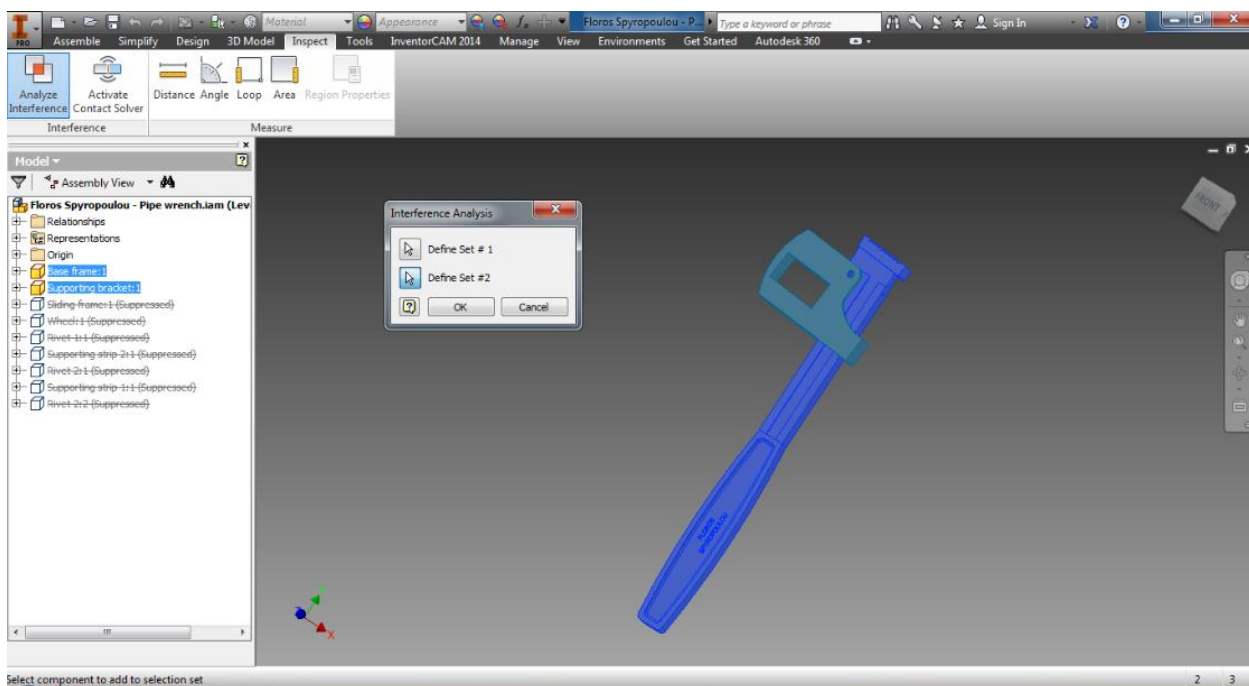
Στις επόμενες τέσσερις φωτογραφίες φαίνονται η επιλογή της εντολής analyze interference, η επιλογή των δύο τεμαχίων και το αποτέλεσμα του ελέγχου.



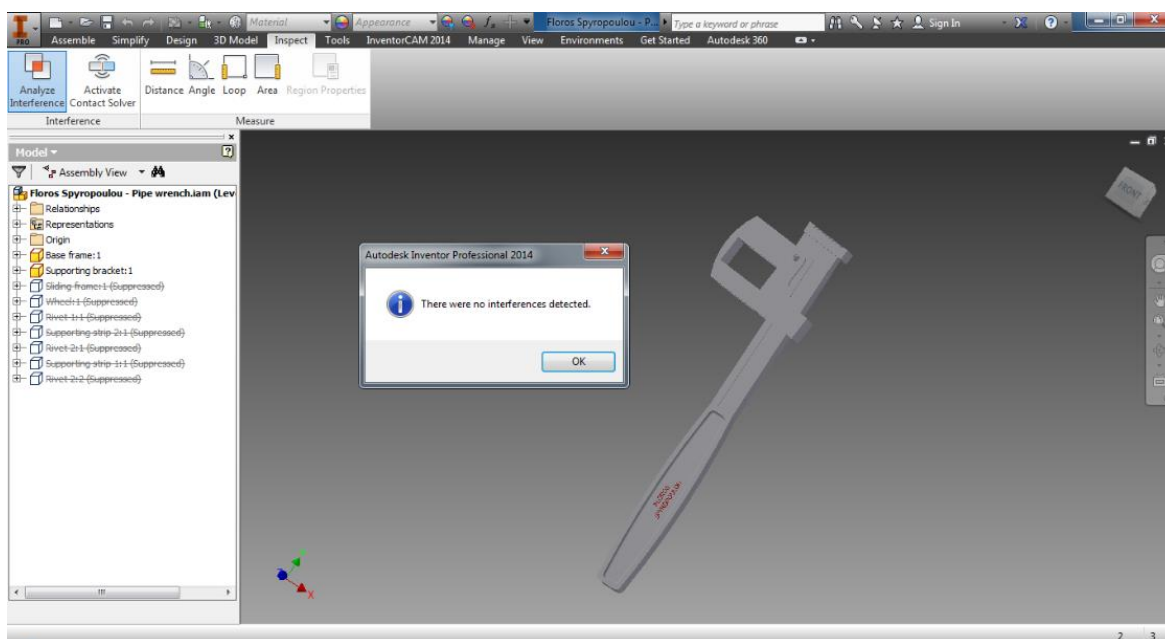
Εικόνα 134: Επιλογή εντολής Analyze Interference



Εικόνα 135: Επιλογή υποστηρίγματος ως σειτ 1

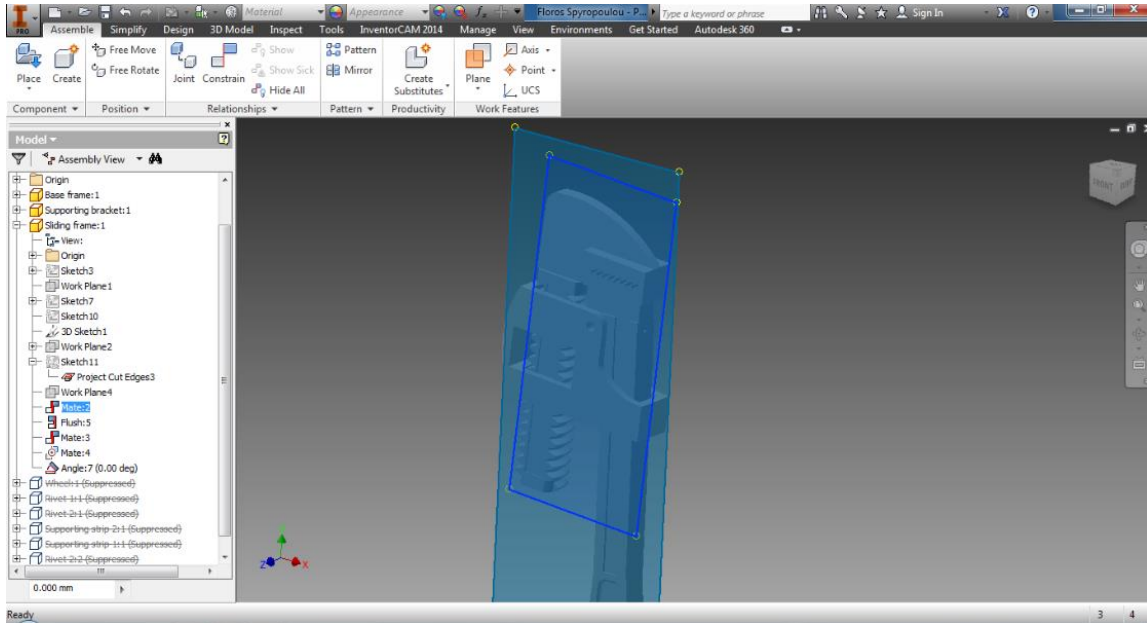


**Εικόνα 136:** Επιλογή πλαισίου ως σει 2

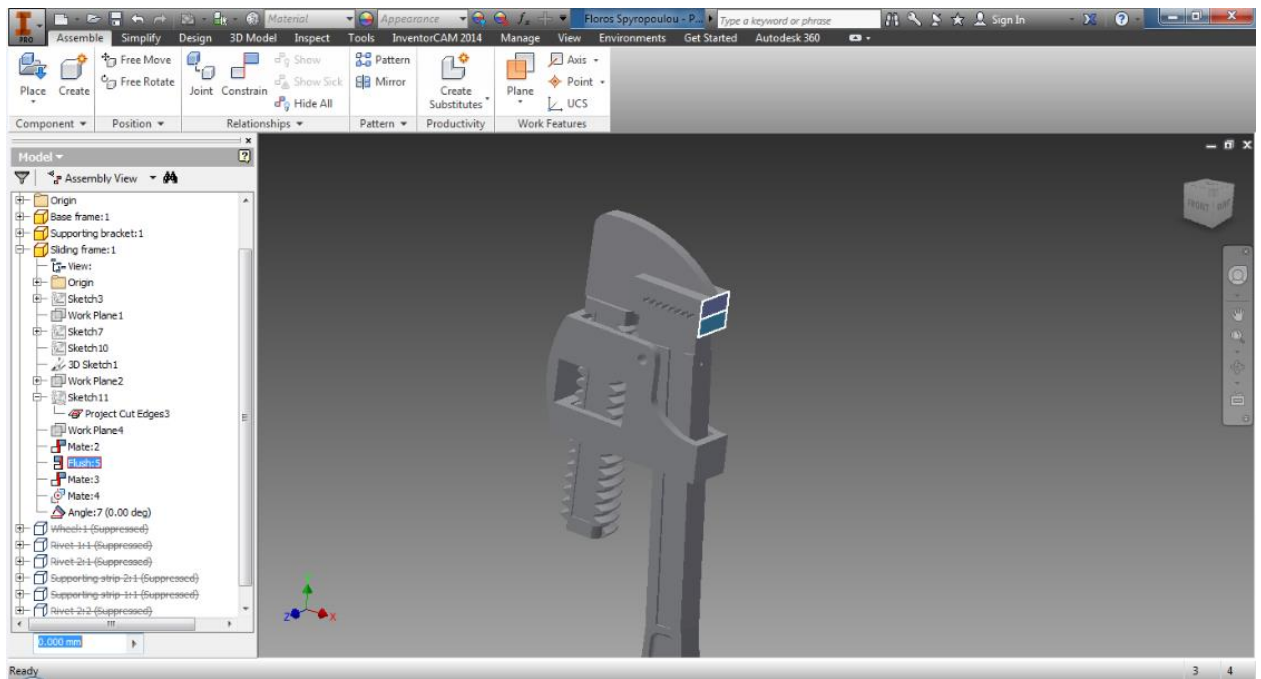


**Εικόνα 137:** Μη ύπαρξη τομής μεταξύ των δύο αντικειμένων

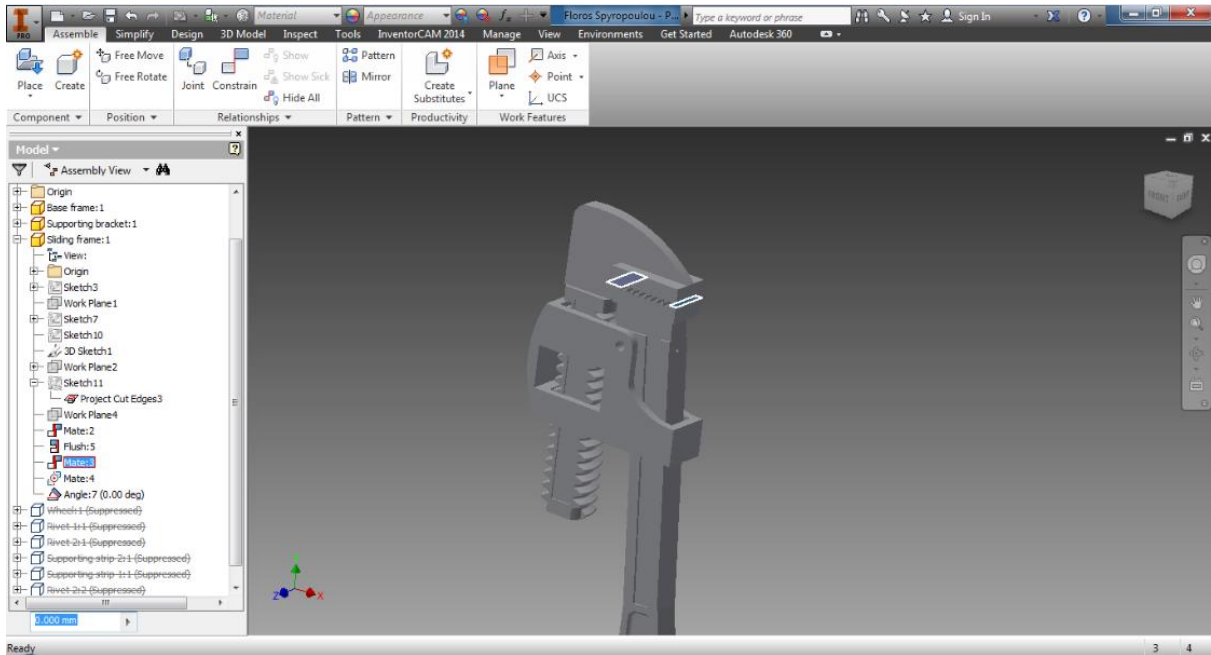
Ακολουθως τοποθετούμε τον άξονα κίνησης στο συναρμολόγημα. Πρώτα τοποθετούμε την επαφή του κεντρικού του επιπέδου με το επίπεδο του πλαισίου (περιορισμός flush). Στην συνέχεια ταυτίζουμε το πλαινό της κεφαλής του άξονα κίνησης με το πλαινό του πλαισίου (περιορισμός flush). Στο τέλος τοποθετούμε την επαφή του κάτω μέρους του κεφαλιού του άξονα κίνησης με το πάνω μέρος του κεφαλιού του πλαισίου (περιορισμός mate). Στις 3 παρακάτω εικόνες βλέπουμε κατά σειρά αυτούς τους περιορισμούς.



**Εικόνα 138:** Ταύτιση κατακόρυφων επιπέδων μεταξύ κοχλία και πλαισίου

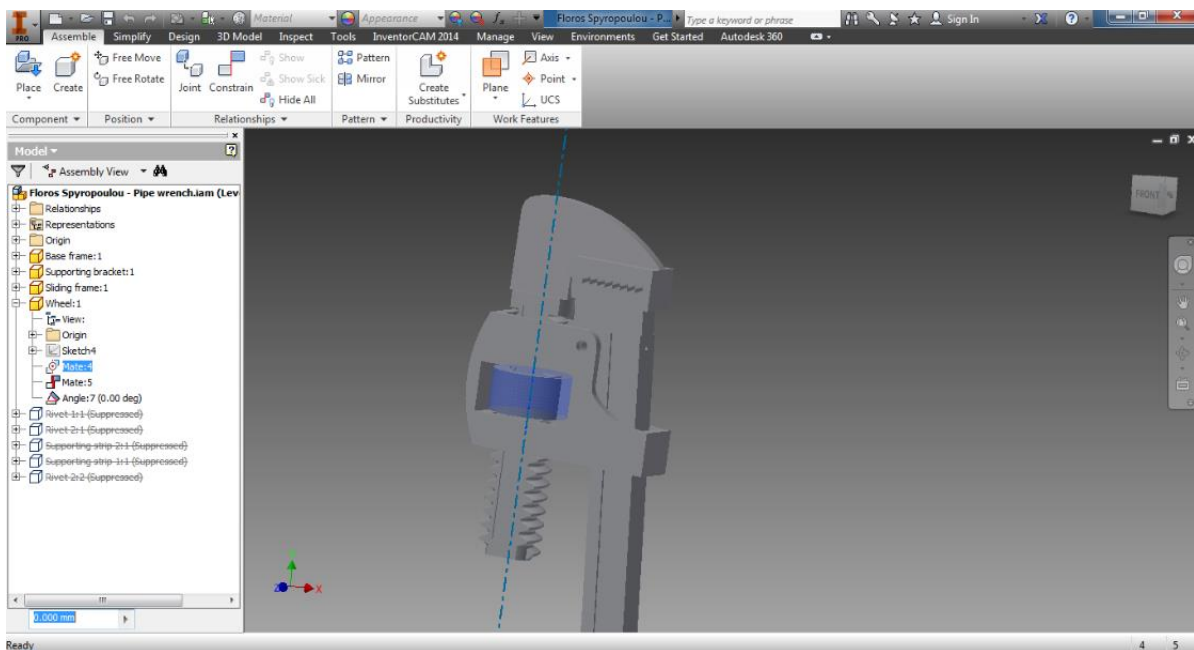


**Εικόνα 139:** Ταύτιση πλαϊνών επιφανειών μεταξύ κοχλία και πλαισίου

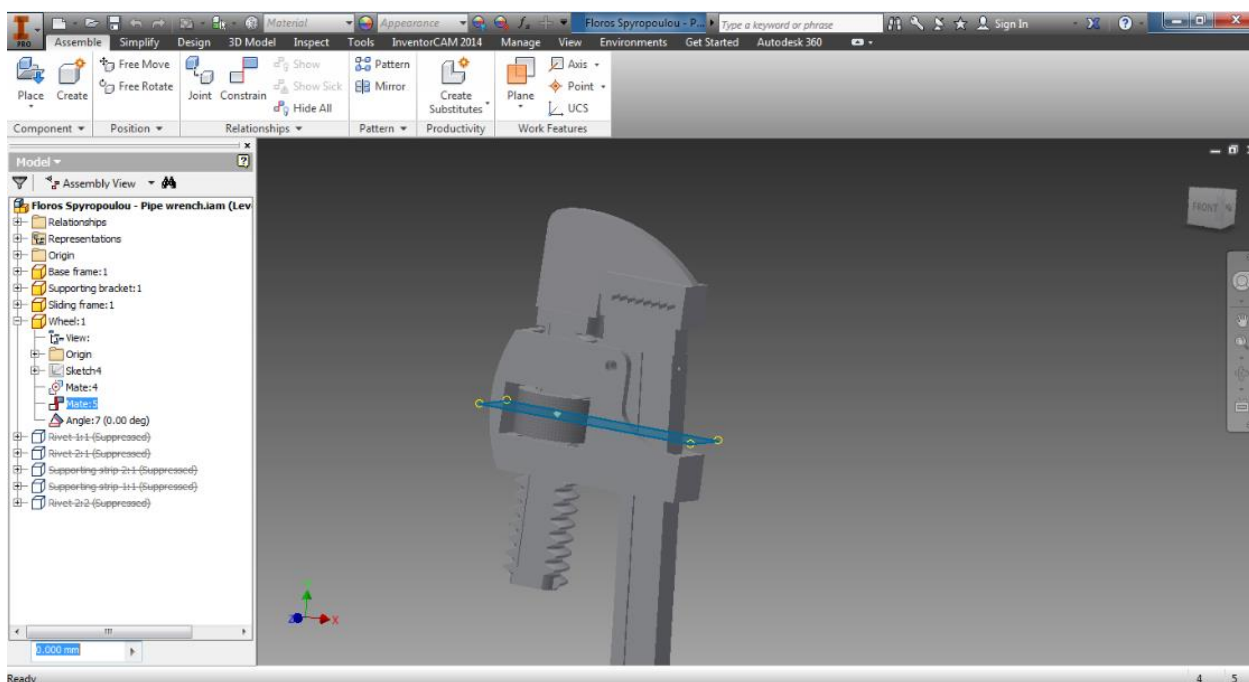


**Εικόνα 140:** Ταύτιση επιπέδων κάτω μέρους κεφαλιού κοχλία και πάνω μέρους κεφαλιού πλαισίου

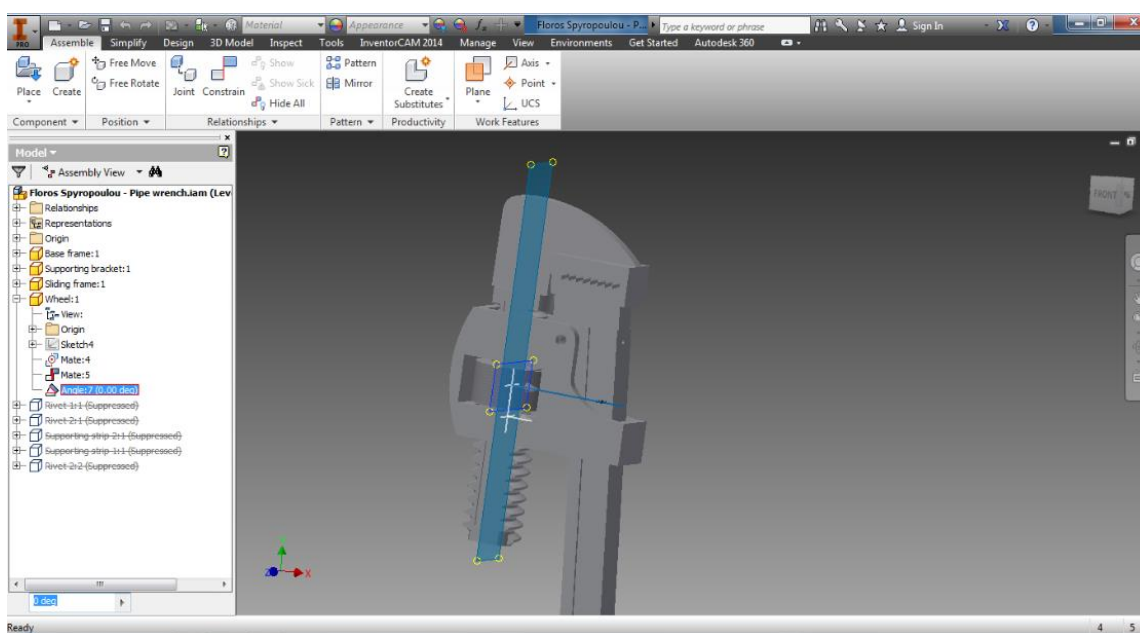
Το επόμενο τρισδιάστατο τεμάχιο που τοποθετείται είναι ο τροχός με τον οποίο δίνεται η κίνηση στον κοχλία. Ο πρώτος περιορισμός που δίνεται είναι η ταύτιση του άξονα του τροχού με τον άξονα του κοχλία (περιορισμός mate). Ο δεύτερος περιορισμός είναι η ταύτιση του κεντρικού επιπέδου του τροχού με ένα επίπεδο που έχει τοποθετηθεί στο κέντρο της διαμόρφωσης υποδοχής του τροχού στο υποστήριγμα (περιορισμός mate). Ο τρίτος περιορισμός είναι η γωνία μεταξύ του τροχού και του άξονα ώστε να μην επιτρέπεται η ελεύθερη περιστροφή (περιορισμός angle). Οι επόμενες τρεις εικόνες δείχνουν τους περιορισμούς αυτούς.



**Εικόνα 141:** Περιορισμός ταύτισης αξόνων μεταξύ τροχού και κοχλία  
Σπυρίδων Φλώρος  
Φλώρα Σπυροπούλου



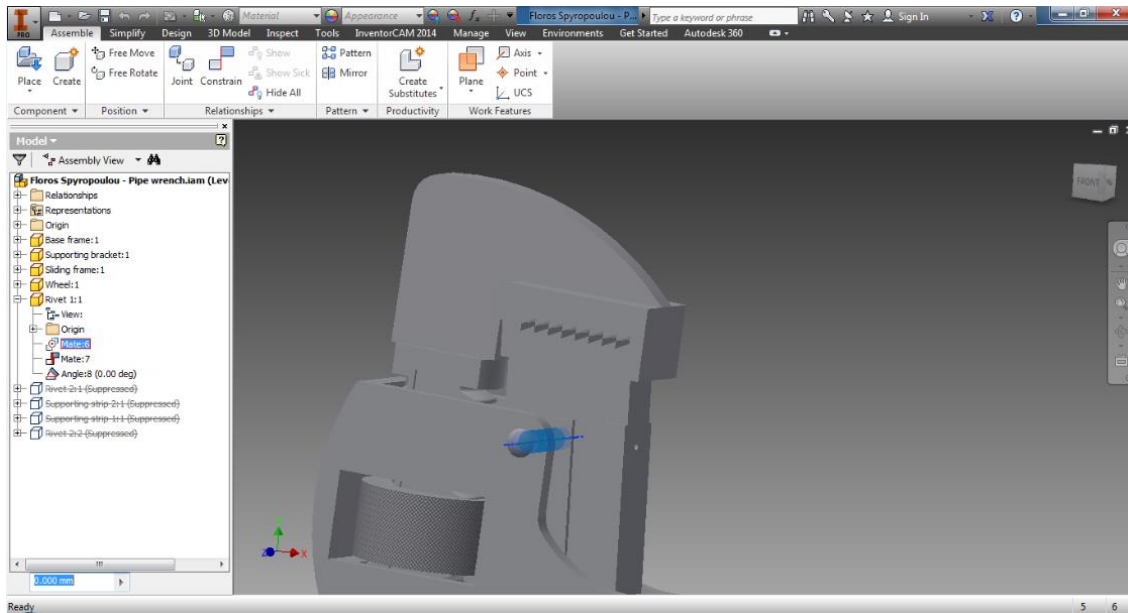
**Εικόνα 142:** Περιορισμός ταύτισης κεντρικού επιπέδου τροχού με το κεντρικό επίπεδο της θέσης τοποθέτησης του τροχού στο υποστήριγμα



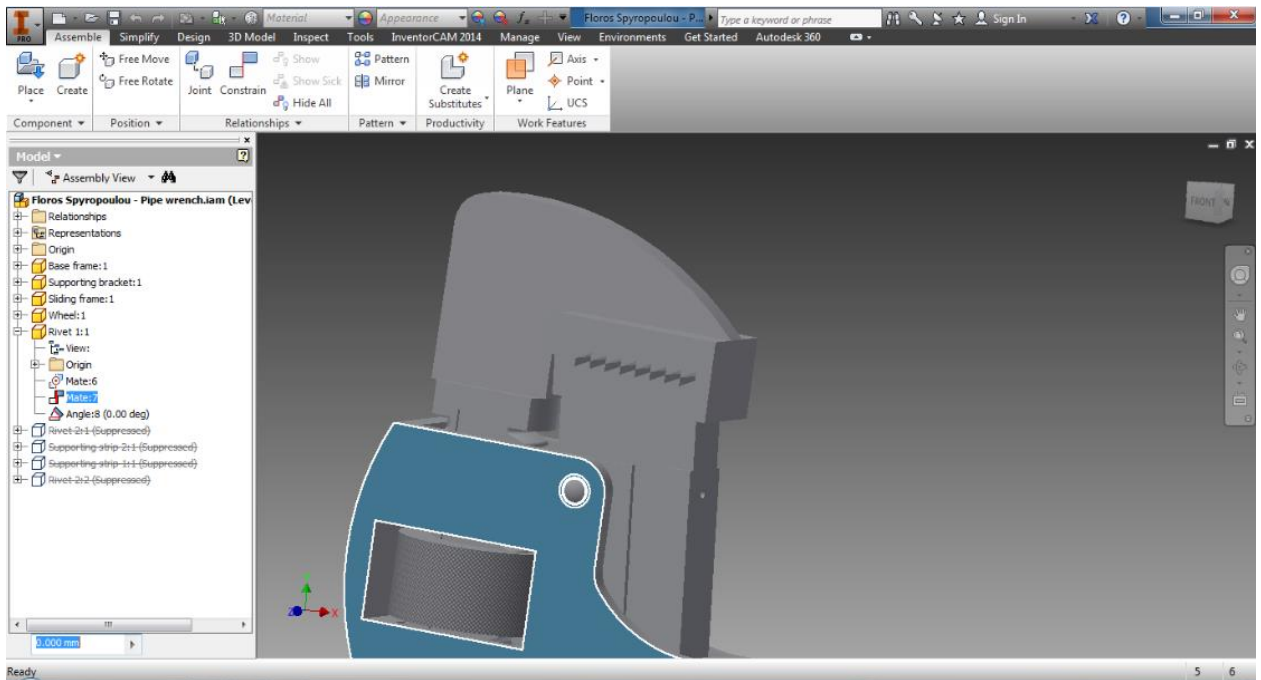
**Εικόνα 143:** Περιορισμός γωνίας μεταξύ επιπέδου του τροχού και επιπέδου του άξονα

Στην συνέχεια τοποθετείται ο πρώτος ήλος που συνδέει το πλαίσιο με το υποστήριγμα. Ο πρώτος περιορισμός είναι η ταύτιση του άξονα του ήλου με τον άξονα της οπής που υπάρχει στο υποστήριγμα (περιορισμός mate). Ο δεύτερος περιορισμός είναι η επαφή του κάτω μέρους της κεφαλής του ήλου με το πάνω μέρος του υποστηρίγματος (περιορισμός mate). Ο τρίτος περιορισμός είναι η γωνία του καθέτου επιπέδου του ήλου με το κάθετο επίπεδο του συγκροτήματος

ώστε να μην επιτρέπεται η ελεύθερη περιστροφή (περιορισμός angle). Στις επόμενες εικόνες βλέπουμε αυτούς τους περιορισμούς.

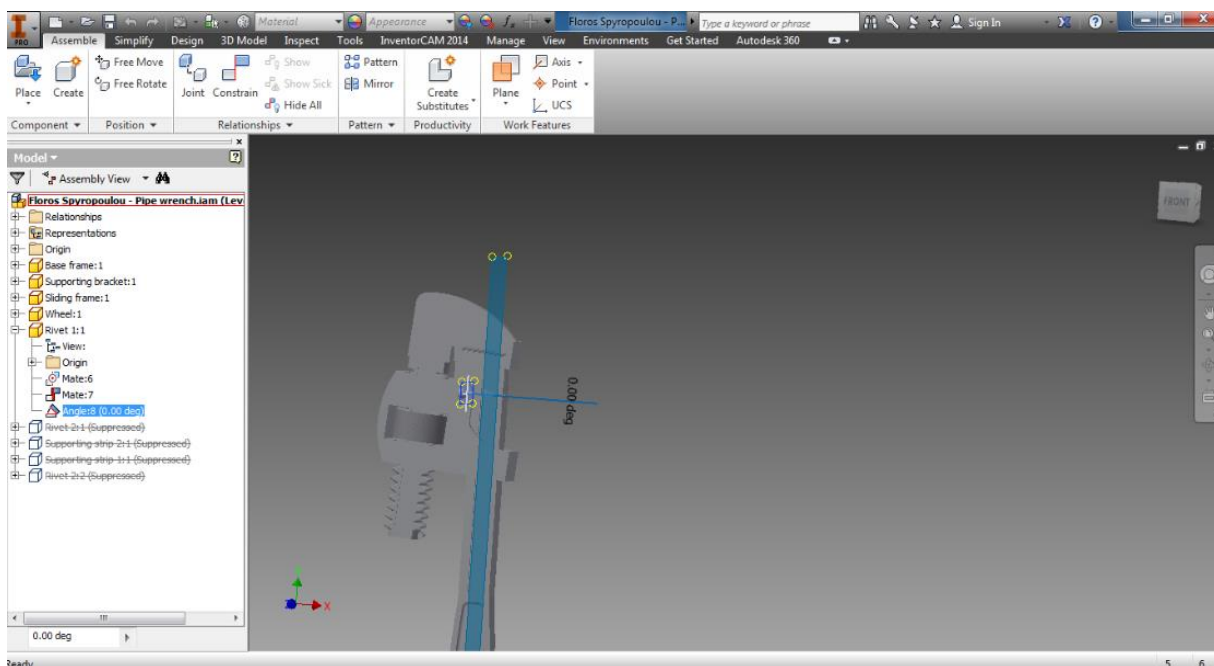


**Εικόνα 144:** Περιορισμός ταύτισης άξονα ήλου και οπής



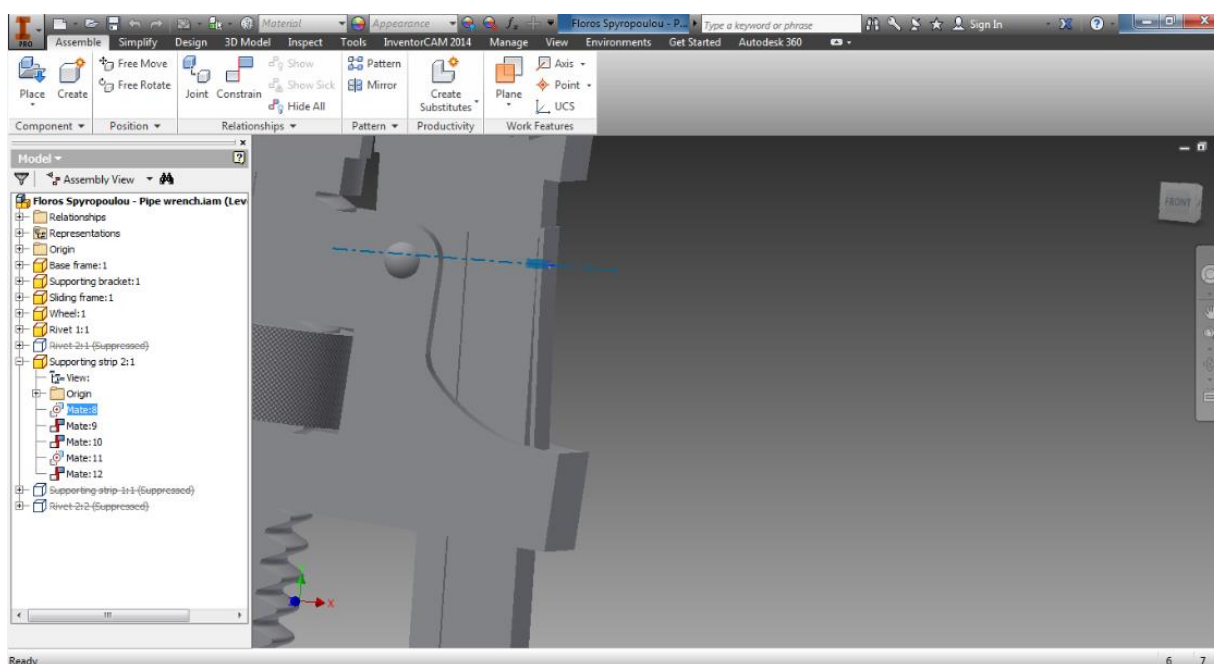
**Εικόνα 145:** Περιορισμός ταύτισης επιπέδων κάτω μέρους κεφαλής ήλου και υποστηρίγματος



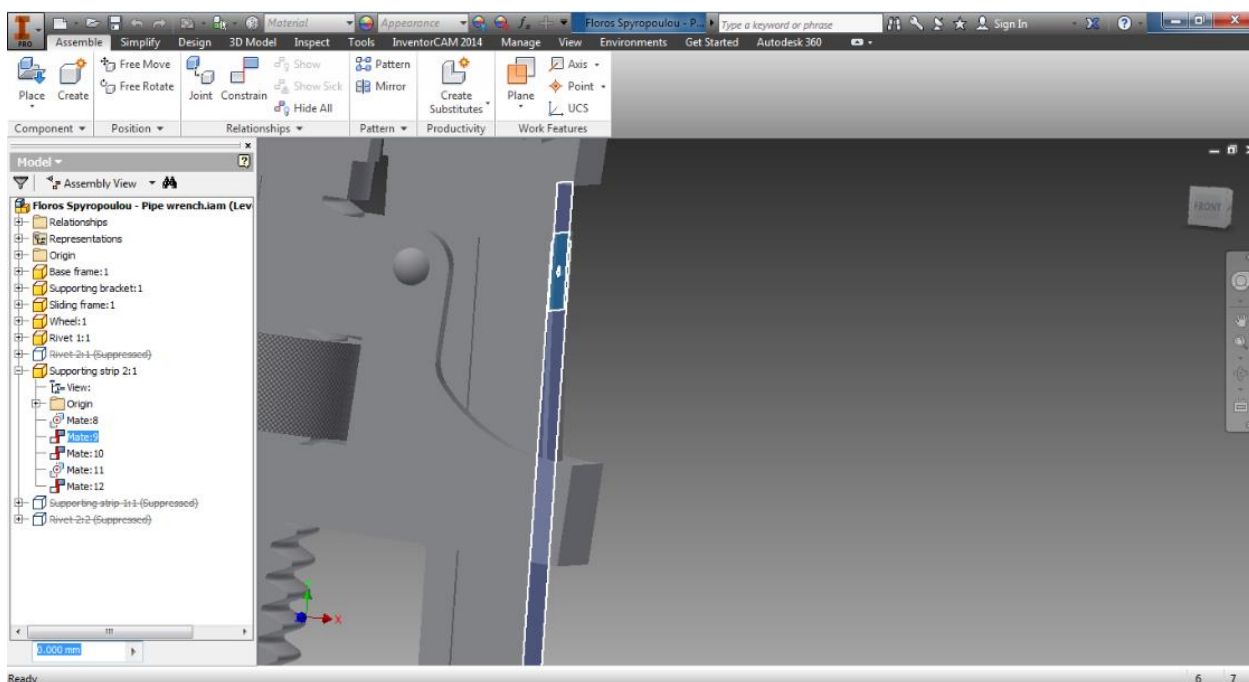


**Εικόνα 146:** Περιορισμός μηδενικής γωνίας μεταξύ επιπέδου του ήλου και του πλαισίου

Ακολούθως τοποθετείται το πρώτο φύλλο υποστήριξης. Αρχικά ταυτίζουμε τον άξονα της οπής του με τον άξονα της οπής του πλαισίου (περιορισμός mate). Ακολούθως ταυτίζουμε το πίσω μέρος του φύλλου υποστήριξης με το πλαινό μέρος του πλαισίου (περιορισμός mate). Στο τέλος δημιουργούμε περιορισμό γωνίας μεταξύ φύλλου και πλαισίου ώστε να μην επιτρέπεται η περιστροφή (περιορισμός angle). Στις δύο εικόνες που ακολουθούν παρουσιάζουν τους πρώτους δύο περιορισμούς.

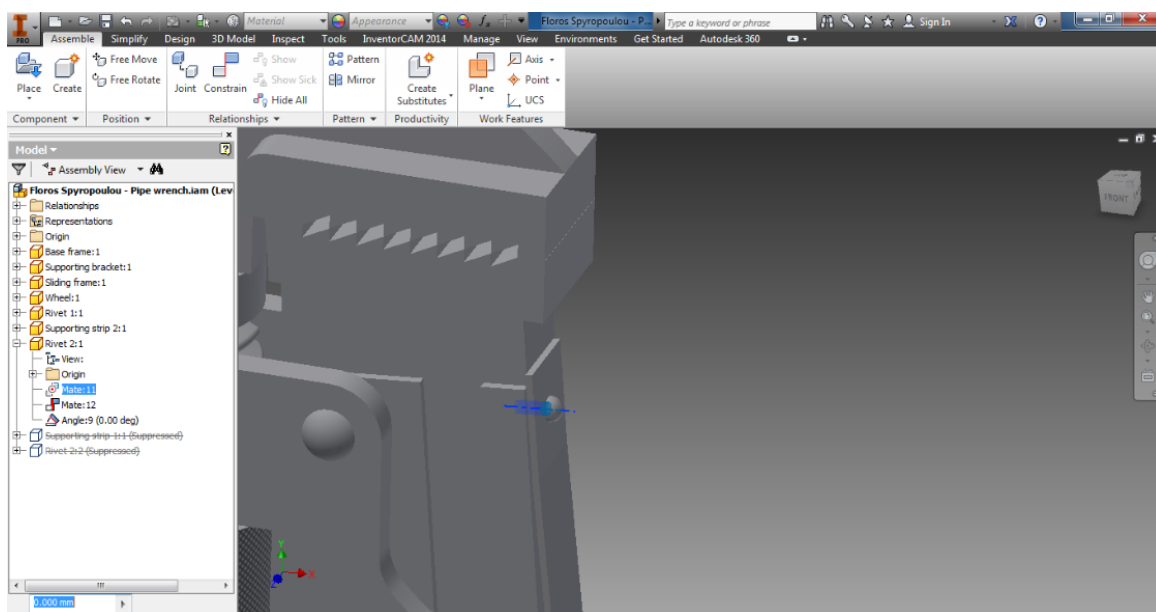


**Εικόνα 147:** Περιορισμός ταύτισης αξόνων μεταξύ της οπής του φύλλου υποστήριξης και του πλαισίου

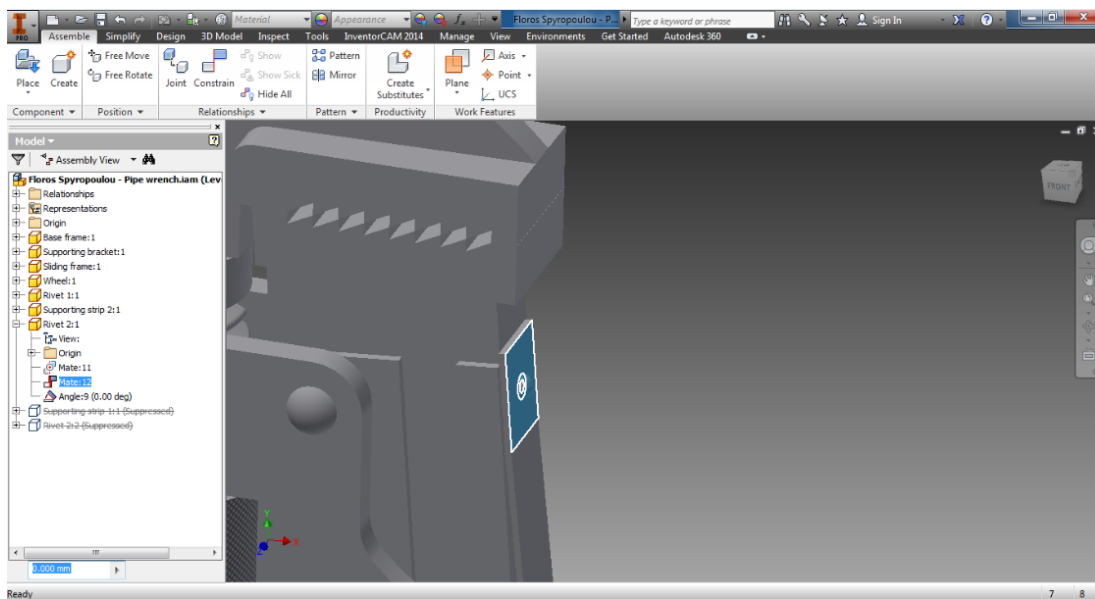


**Εικόνα 148:** Περιορισμός ταύτισης πίσω πλευράς φύλλου υποστήριξης και πλαϊνής πλευράς πλαισίου

Στην συνέχεια εισάγεται στο συναρμολόγημα ο ήλος που συγκρατεί το φύλλο υποστήριξης στο πλαίσιο. Ο πρώτος περιορισμός που τίθεται είναι η ταύτιση του άξονα του ήλου με τον άξονα της οπής του πλαισίου (περιορισμός mate). Ο δεύτερος περιορισμός είναι η ταύτιση του πίσω μέρους της κεφαλής του ήλου με το εξωτερικό τμήμα του πλαισίου υποστήριξης (περιορισμός mate). Στο τέλος τοποθετείται ένας περιορισμός γωνίας μεταξύ του ήλου και του πλαισίου υποστηρίγματος ώστε να μην επιτρέπεται η ελεύθερη περιστροφή (περιορισμός mate). Στις δύο εικόνες παρακάτω φαίνονται οι δύο πρώτοι περιορισμοί.

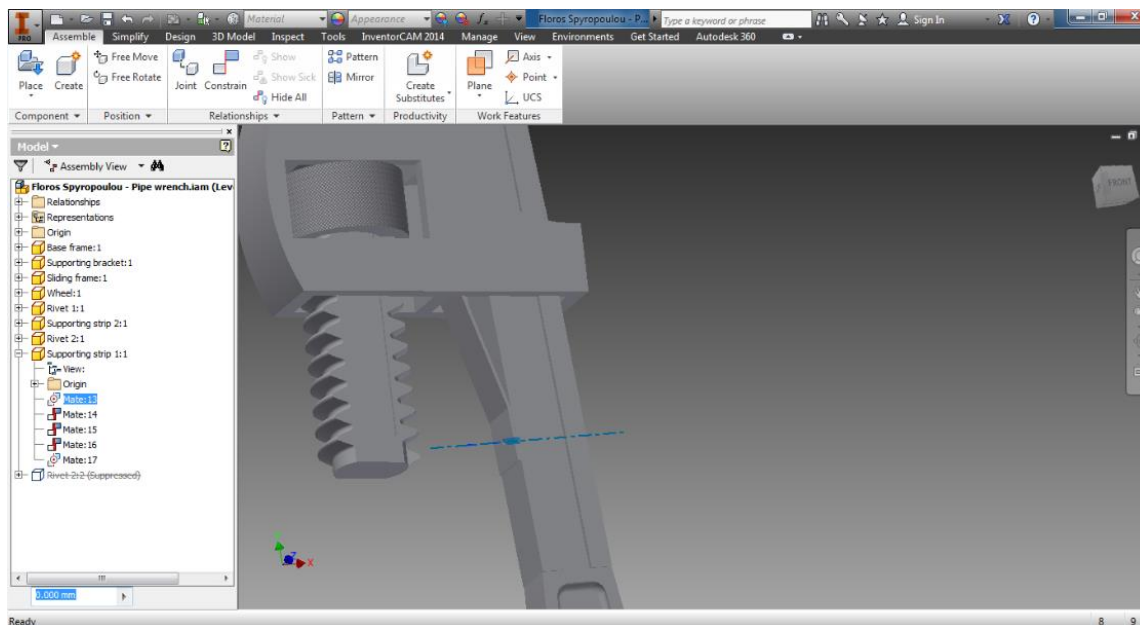


**Εικόνα 149:** Περιορισμός ταύτισης άξονα ήλου με την οπή στην οποία τοποθετείται

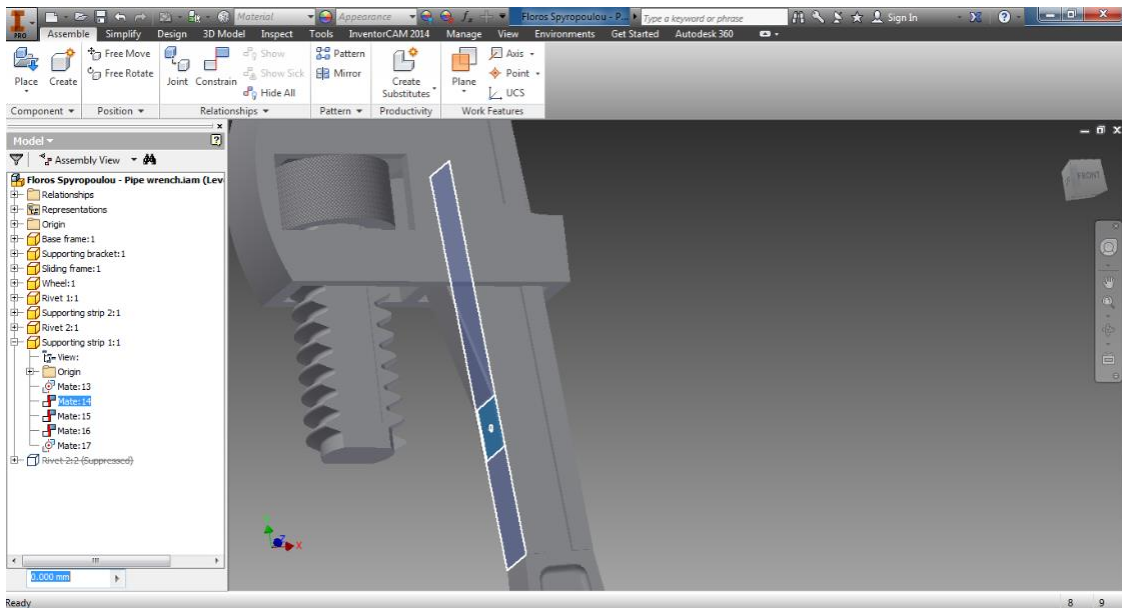


**Εικόνα 150:** Περιορισμός ταύτισης πίσω επιφάνειας κεφαλής ήλου με την μπροστά επιφάνεια του φύλλου υποστήριξης

Επόμενο τεμάχιο είναι το δεύτερο φύλλο υποστήριξης. Τοποθετείται στο συναρμολόγημα και ο πρώτος περιορισμός που μπαίνει είναι η ταύτιση του άξονα της οπής του με την οπή του πλαισίου στην οποία θα συνδεθεί (περιορισμός mate). Ο δεύτερος περιορισμός είναι η ταύτιση της μιας του επιφάνειας με την πλαϊνή επιφάνεια του πλαισίου (περιορισμός mate). Ο τρίτος περιορισμός είναι περιορισμός γωνίας μεταξύ του φύλλου υποστήριξης και του πλαισίου ώστε να απαγορεύεται η περιστροφή (περιορισμός angle). Στις δύο εικόνες παρακάτω φαίνονται αυτοί οι περιορισμοί.

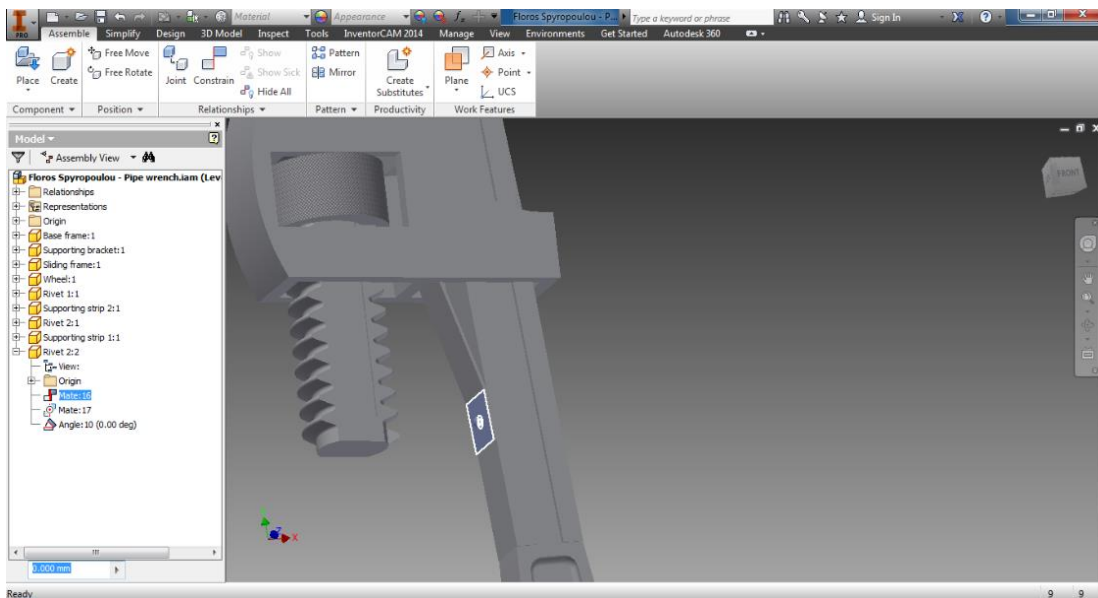


**Εικόνα 151:** Περιορισμός ταύτισης άξονα οπής φύλλου υποστήριξης με τον άξονα της οπής του πλαισίου

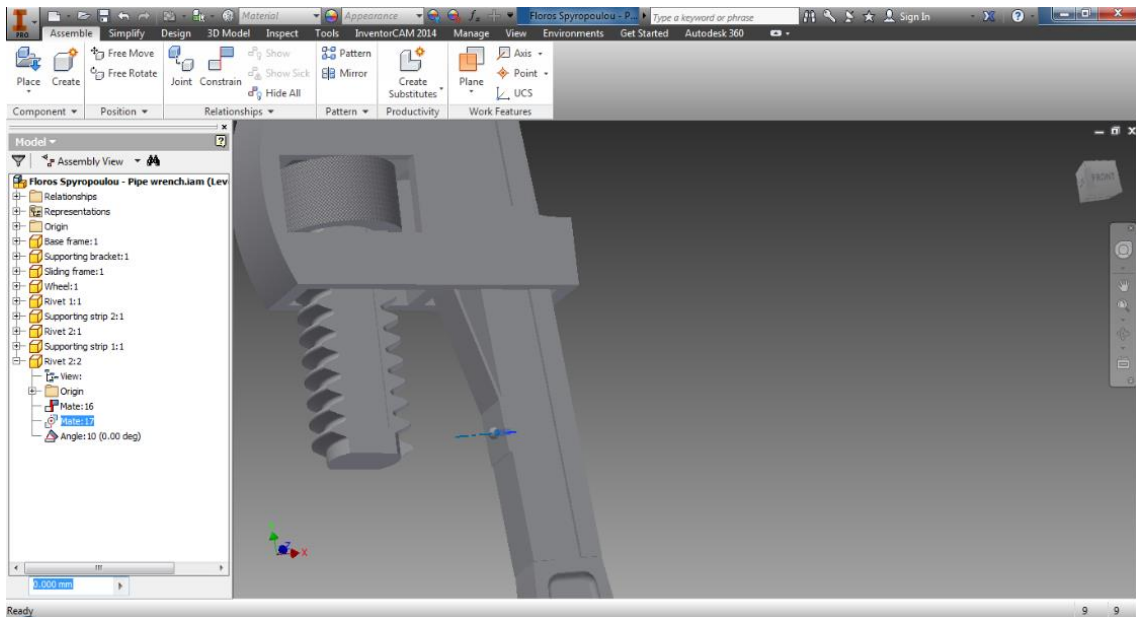


**Εικόνα 152:** Ταύτιση πίσω πλευράς φύλλου υποστήριξης με την πλαϊνή πλευρά του πλαισίου

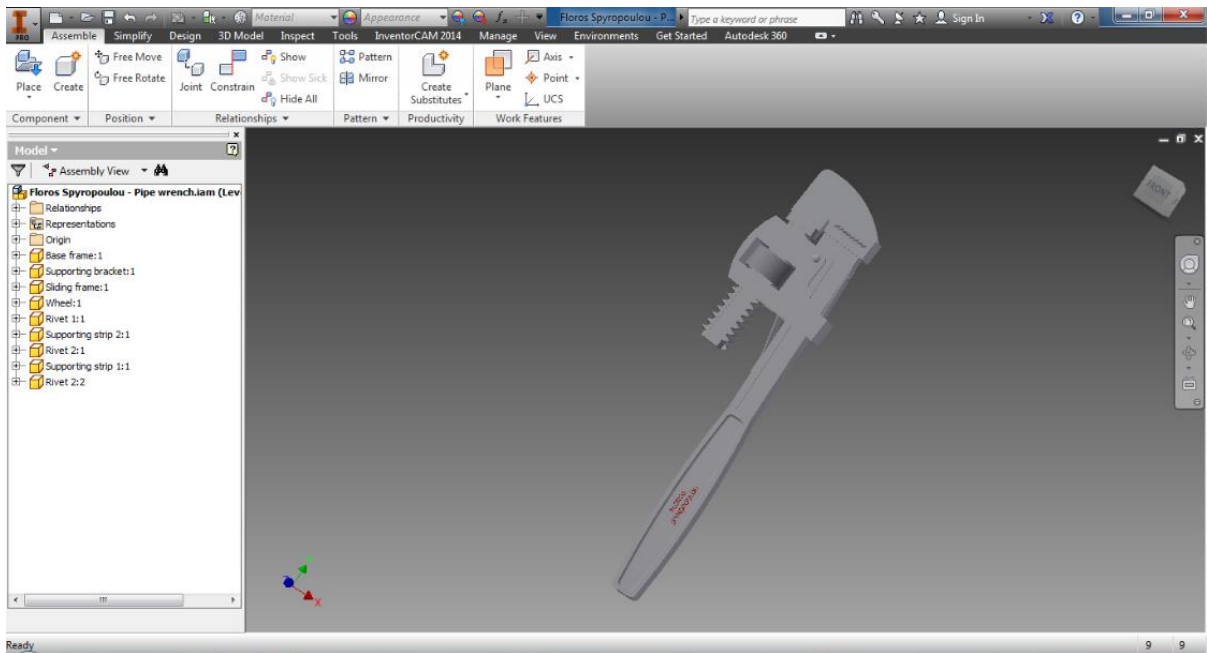
Το τελευταίο μοντέλο που θα εισέλθει στο συναρμολόγημα είναι ο ήλος που συγκρατεί το δεύτερο φύλλο υποστήριξης με το πλαίσιο. Ο πρώτος περιορισμός είναι η ταύτιση του άξονα του ήλου με την οπή του πλαισίου (περιορισμός mate). Ο δεύτερος περιορισμός είναι η ταύτιση της πίσω πλευράς της κεφαλής του ήλου με την πλαϊνή επιφάνεια του φύλλου υποστήριξης (περιορισμός mate). Ακολούθως τοποθετείται ένας περιορισμός γωνίας μεταξύ του ήλου και του φύλλου υποστήριξης ώστε να μην επιτρέπεται η ελεύθερη περιστροφή (περιορισμός angle). Στις επόμενες δύο εικόνες παρουσιάζονται οι δύο πρώτοι περιορισμοί.



**Εικόνα 153:** Περιορισμός ταύτισης πίσω πλευράς κεφαλής ήλου με την μπροστινή πλευρά του φύλλου υποστήριξης

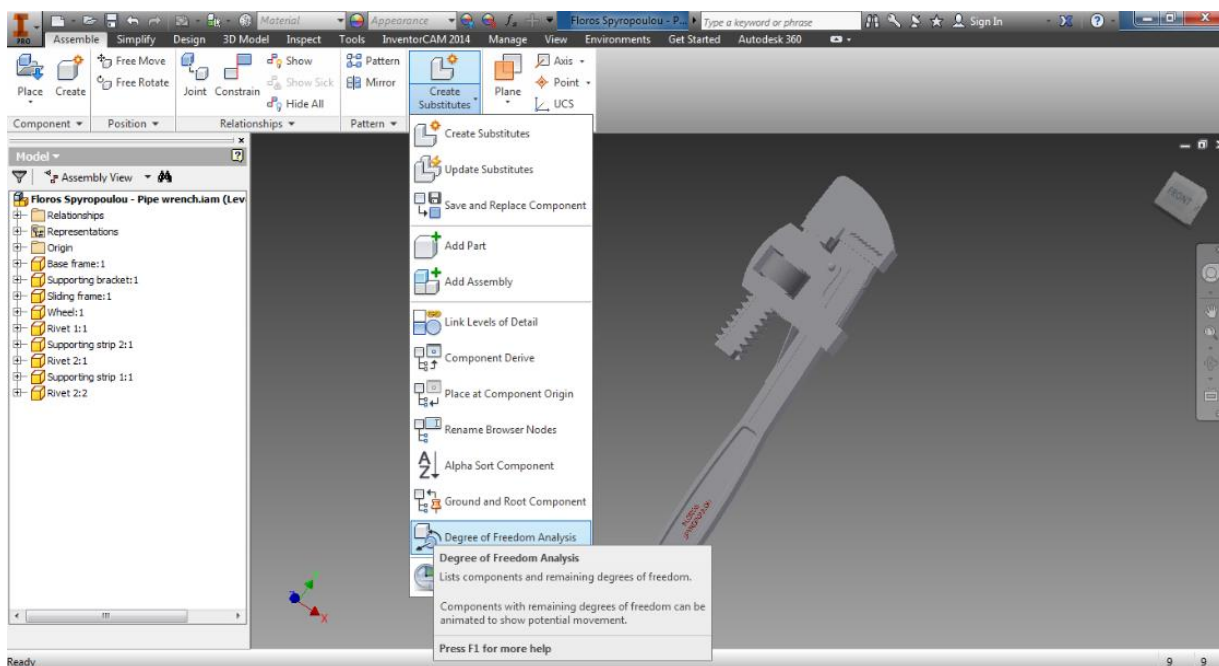


**Εικόνα 154:** Ταύτιση άξονα ήλου με τον άξονα της οπής του φύλλου υποστήριξης  
Το συναρμολόγημα μας έχει ολοκληρωθεί με την τοποθέτηση όλων των επιμέρους τρισδιάστατων μοντέλων. Το τελικό συναρμολόγημα παρουσιάζεται στην παρακάτω εικόνα.



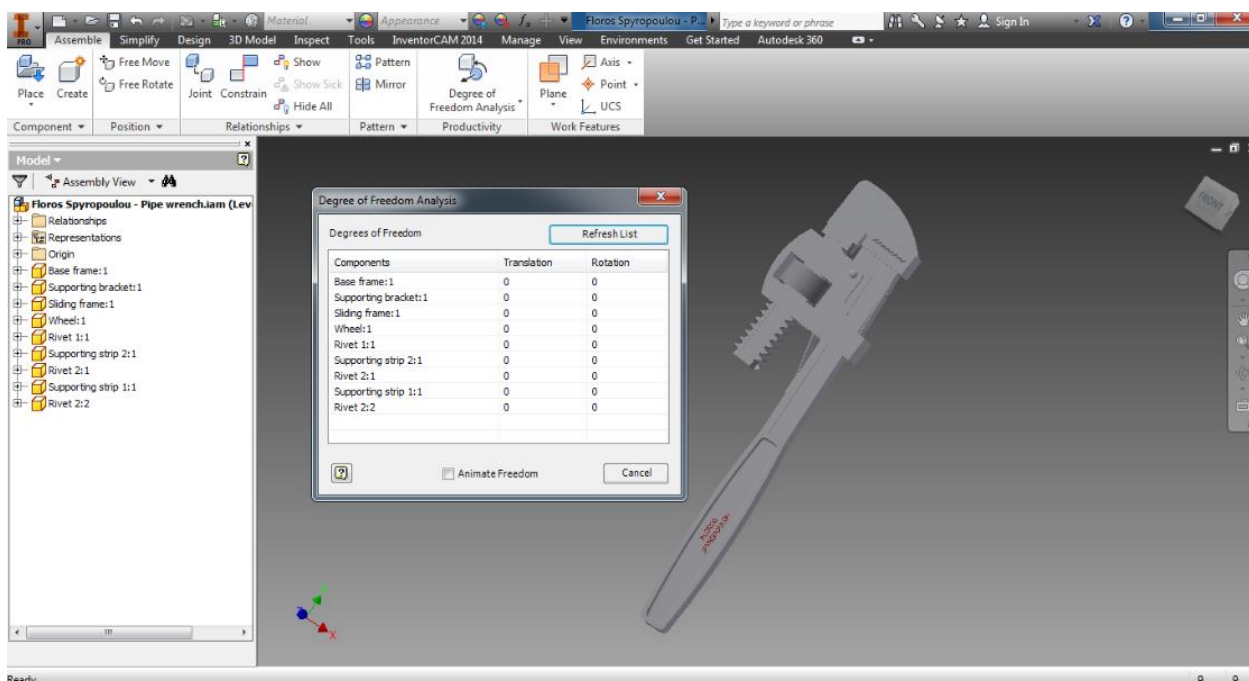
**Εικόνα 155:** Τελική μορφή συναρμολογήματος

Στην συνέχεια θα ελεγχθεί ότι όλα τα τεμάχια είναι στερεά συνδεδεμένα και δεν υπάρχει μεταξύ τους κίνηση. Αυτό γίνεται με την εντολή degree freedom analysis που υπάρχει στο μενού create substitutes όπως φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



**Εικόνα 156:** Επιλογή εντολής Degree of freedom analysis

Με την επιλογή της εντολής αυτής τρέχει ένας αλγόριθμος που υπολογίζει εάν κάποιο τεμάχιο έχει βαθμούς ελευθερίας είτε μεταφορικής είτε περιστροφικής κίνησης. Τα αποτελέσματα φαίνονται στον πίνακα της επόμενης εικόνας. Παρατηρούμε ότι είναι μηδενικά για όλα τα τεμάχια κάτι που συνεπάγεται ότι δεν επιτρέπεται καμία κίνηση.



**Εικόνα 157:** Μηδενικοί βαθμοί ελευθερίας για όλα τα επιμέρους τεμάχια που αποτελούν το συναρμολόγημα

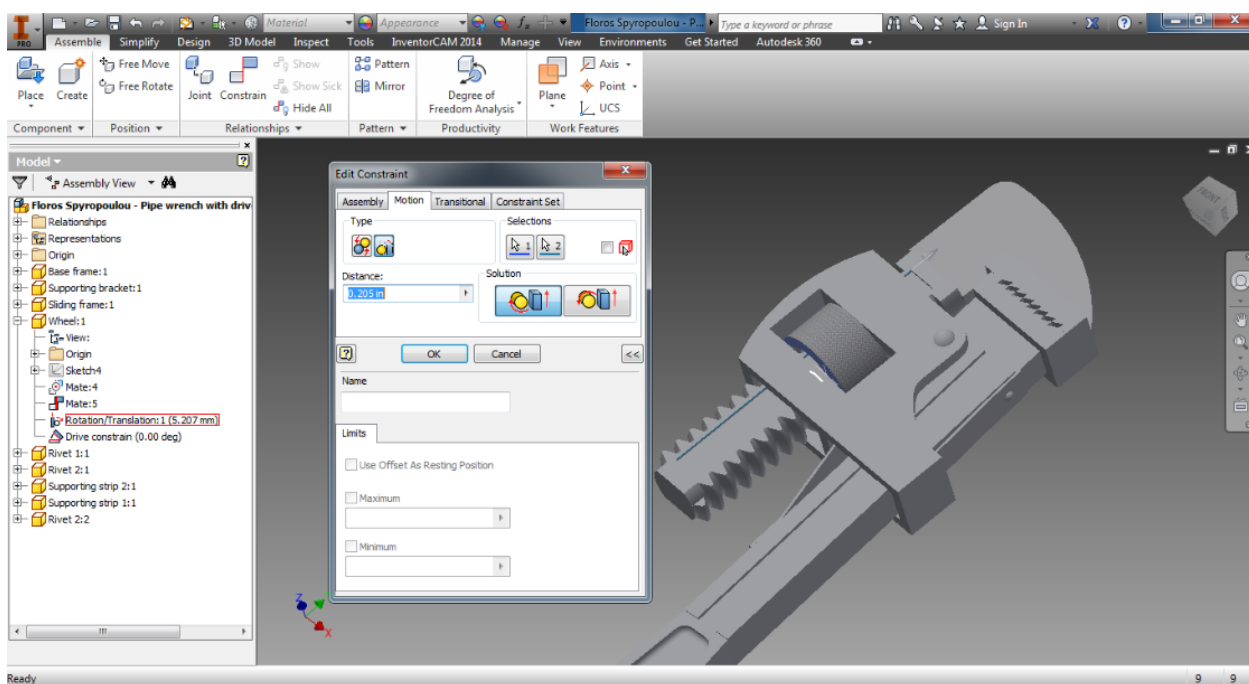
Σε κάθε τοποθέτηση τεμαχίου ελέγχουμε και εάν αυτό τέμνεται με άλλα τεμάχια που ήδη υπάρχουν στο συναρμολόγημα όπως κάναμε στην αρχή για τα δύο

τεμάχια, το πλαίσιο και το υποστήριγμα. Δεν παρουσιάσαμε τους ελέγχους σε όλα τα τεμάχια για σκοπούς οικονομίας χώρου αλλά όλοι έδειξαν ότι δεν υπήρχε επαφή, έτσι δεν αναγκαστήκαμε να διορθώσουμε την γεωμετρία κάποιου τρισδιάστατου μοντέλου.

### 6.3') Προσθήκη κίνησης

Αφού έχει δημιουργηθεί το συναρμολόγημα μπορούν τώρα να προστεθούν και οι κινήσεις που εκτελούνται. Το εργαλείο αυτό εκτελεί μια μόνο κίνηση. Την κατακόρυφη άνοδο ή κάθοδο του κοχλία. Αυτό επιτυγχάνεται με περιστροφή του τροχού. Αυτό συνεπάγεται ότι θα πρέπει να δημιουργηθούν δύο περιορισμοί κίνησης, ένας για την κατακόρυφη κίνηση του άξονα και ένας για την περιστροφή των περιορισμών. Η κίνηση θα προστεθεί μέσω της εντολής motion που υπάρχει ως δεύτερο φύλλο στο παράθυρο επιλογής περιορισμών.

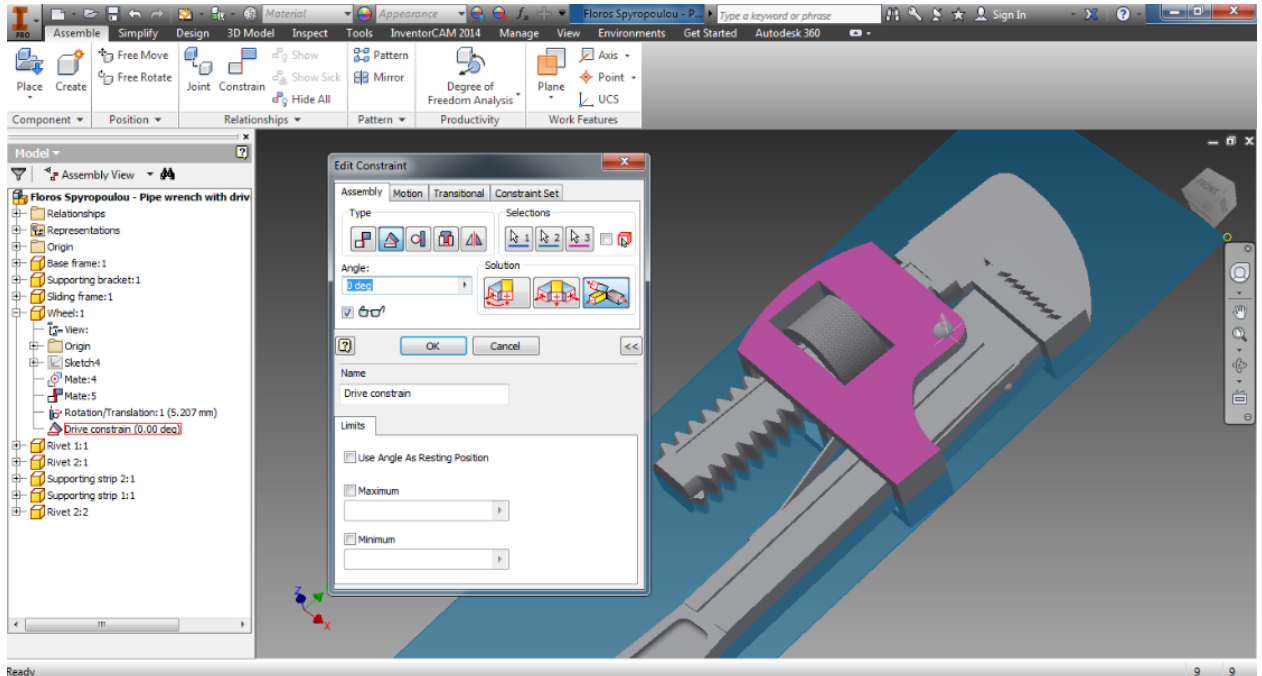
Η πρώτη κίνηση που θα δημιουργηθεί είναι η κατακόρυφη κίνηση του άξονα. Στο παράθυρο της εντολής constrain επιλέγουμε το φύλλο motion. Από τις επιλογές που έχουμε επιλέγουμε το πρώτο τετράγωνο το οποίο μας δείχνει ότι το ένα τεμάχιο περιστρέφεται και το άλλο ανασηκώνεται. Επιλέγουμε ως περιστρεφόμενο τεμάχιο τον τροχό και ως ανασηκούμενο τεμάχιο τον κοχλία. Ακολουθώντας επιλέγουμε την απόσταση που θα εκτελεί το ανασηκούμενο κομμάτι για κάθε περιστροφή του περιστρεφόμενου. Πλέον ο περιορισμός είναι έτοιμος και φαίνεται στην επόμενη εικόνα.



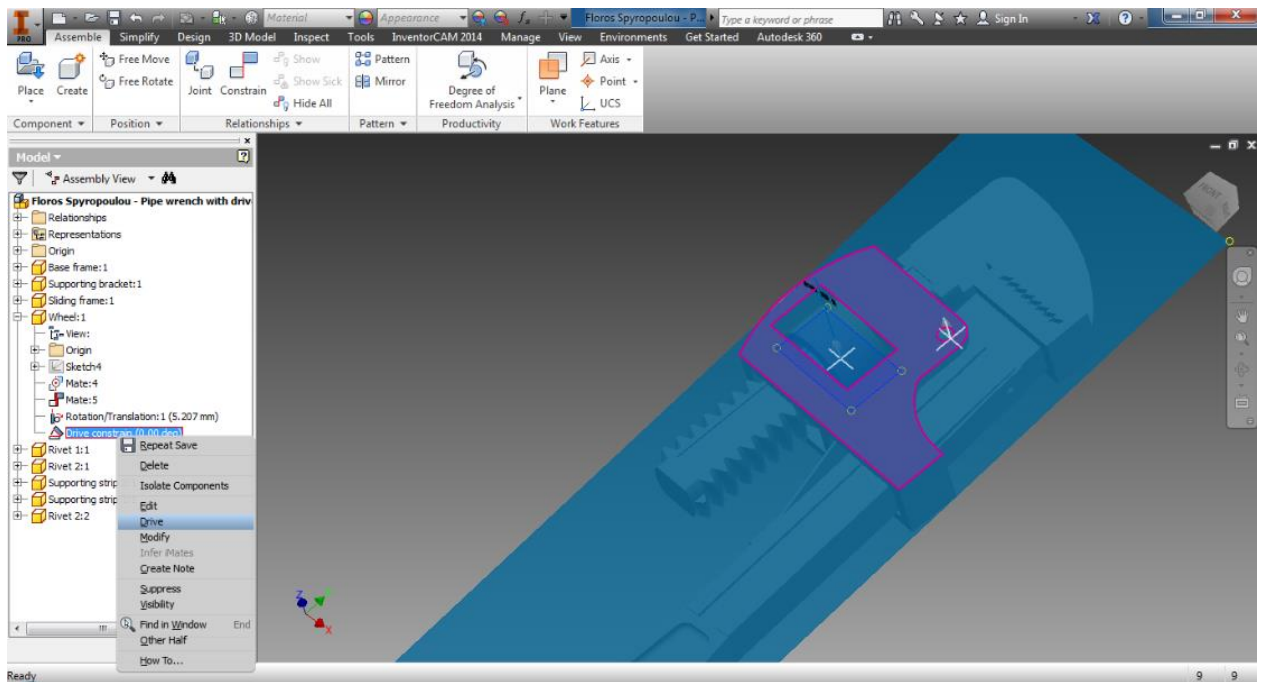
**Εικόνα 158:** Περιορισμός motion μεταξύ τροχού και κοχλία

Ο περιορισμός που θέσαμε παραπάνω συνεπάγεται ότι για κάθε περιστροφή του τροχού ο κοχλίας θα ανυψώνεται κατά μια σταθερή απόσταση. Για να μπορέσει να γίνει η ανύψωση όμως πρέπει να καθορίσουμε την περιστροφή. Αυτό γίνεται διαμέσου της εντολής drive. Έχουμε λοιπόν αρχικά ένα περιορισμό για τον τροχό σύμφωνα με τον οποίο το επίπεδο του είναι παράλληλο με το επίπεδο του Σπυρίδων Φλώρος  
Φλώρα Σπυροπούλου

υποστηρίγματος, σχηματίζει γωνία μηδέν μοιρών. Με την εντολή drive του ζητάμε να περιστραφεί από τις μηδέν μοίρες έως τις 360. Κατά την περιστροφή του γίνεται ταυτόχρονα η ανύψωση. Η πρώτη εικόνα δείχνει τον περιορισμό μηδενικής γωνίας μεταξύ τροχού και υποστηρίγματος, η δεύτερη την δημιουργία της εντολής drive και η τρίτη την σύνταξη της εντολής.

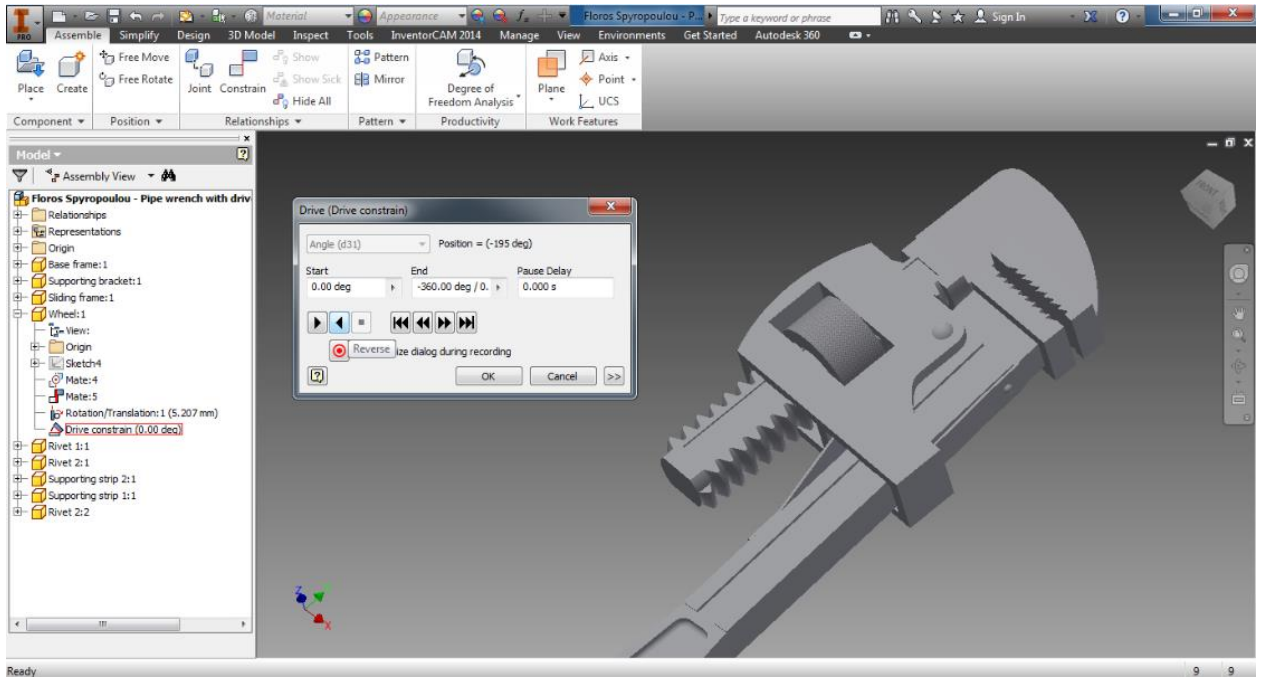


**Εικόνα 159:** Δημιουργία περιορισμού γωνίας μεταξύ του τροχού και του υποστηρίγματος



**Εικόνα 160:** Επιλογή εντολής drive

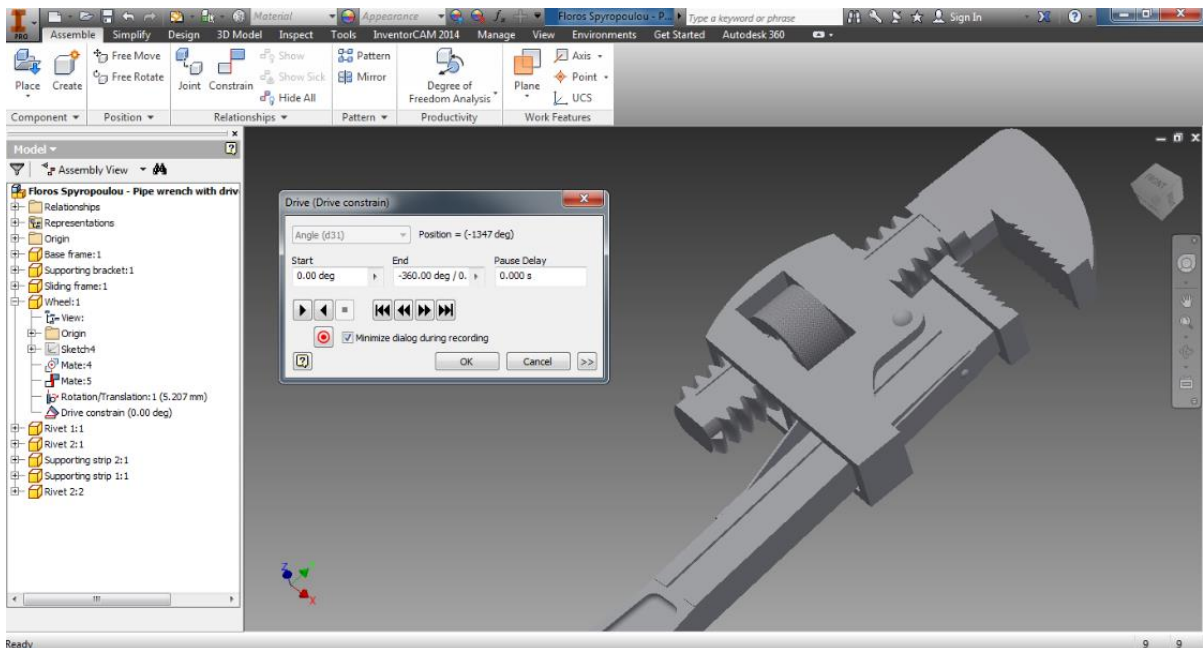




**Εικόνα 161:** Εντολή drive για περιστροφή του τροχού κατά 360 μοίρες

### 6.3<sup>δ</sup>) Προσομοίωση και δημιουργία αρχείων κίνησης (video)

Από την στιγμή που έχουν δημιουργηθεί οι δύο περιορισμοί κίνησης είναι εύκολη η προσομοίωση της. Στο παράθυρο της εντολής drive πατιέται το κουμπί play και αρχίζει η περιστροφή του τροχού και η ταυτόχρονη ανύψωση του κοχλία μέχρι να φτάσει τις 360 μοίρες. Η τελική θέση του κοχλία μετά την προσομοίωση φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.



**Εικόνα 162:** Αποτέλεσμα εκτέλεσης εντολής drive

Κατά την προσομοίωση υπάρχουν δύο δυνατότητες. Η μια να μας δείξει η προσομοίωση με μια ειδοποίηση εάν υπάρχει σύγκρουση με άλλο μέρος του συναρμολογήματος κάτι που δεν συμβαίνει στην περίπτωση μας. Η δεύτερη δυνατότητα είναι η καταγραφή της προσομοίωσης με video με την χρήση του κόκκινου κουμπιού rec, κάτι που μας βολεύει εάν θέλουμε να την χρησιμοποιήσουμε σε παρουσίαση. Στην παρούσα εργασία έχει γίνει και συμπαραδίδεται αρχείο video με προσομοίωση της κίνησης.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

[1] Mastering Autodesk Inventor 2016 and Autodesk Inventor LT 2016: Autodesk Official Press, Paul Normand, 2016

[2] Autodesk Inventor 2014 Tutorial Book, John Ronald, 2013

[3] Autodesk Inventor 2015, Scott L. Hansen, 2015

[4] [https://en.wikibooks.org/wiki/Autodesk\\_Inventor](https://en.wikibooks.org/wiki/Autodesk_Inventor)

[5] Tools for Design Using AutoCAD 2015 and Autodesk Inventor 2015, Randy Shih, 2015

[6] Parametric Modeling with Autodesk Inventor 2017, Randy Shih, 2017

[7] Parametric Modeling with Autodesk Inventor 2015, Randy Shih, 2014

