



Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



Μάθημα CAD
Σημειώσεις για το λογισμικό
Pro Engineer 2001

Μάρκος Α. Πετούσης
Διπλ. Μηχανολόγος Μηχανικός - MSc

Δεκέμβριος 2003

Το παρόν φυλλάδιο βασίζεται στην πτυχιακή εργασία του σπουδαστή Γιάννη Περάκη, η οποία εκπονήθηκε υπό την επίβλεψη μου.

1. Η Διαδικασία της Τρισδιάστατης Παραμετρικής Μοντελοποίησης

Το **Pro/ENGINEER** χρησιμοποιεί τον τρισδιάστατο πυρήνα παραμετρικής στερεάς μοντελοποίησης, ο οποίος δίνει ακριβείς αναπαραστάσεις της γεωμετρίας και της μάζας. Έχει τη δυνατότητα πλήρους ανάλυσης του προϊόντος με ακριβή αποτελέσματα, όσον αφορά την κατεργασία, τις μηχανικές αντοχές και πολλούς ακόμη υπολογισμούς.

Το **Pro/ENGINEER** έχει τη δυνατότητα:

- Τρισδιάστατης παραμετρικής μοντελοποίησης χρησιμοποιώντας **Features** (χαρακτηριστικά) (**Part**).
- Συναρμολόγησης των προϊόντων που έχουν είδη σχεδιαστεί (**Assembly**).
- Δημιουργία ολοκληρωμένων μηχανολογικών σχεδίων (**Drawings**).
- Δημιουργία αρχείων προσομοίωσης και δυνατότητα σύνδεσης με εργαλειομηχανή (**Manufacturing**).
- Δημιουργία αρχείων εικόνας.
- Πλήρης επικοινωνία μεταξύ των τύπων εργασίας.

Έτσι επιτυγχάνονται αλλαγές σε οποιοδήποτε στάδιο ανάπτυξης του προϊόντος, ενημερώνοντας ταυτόχρονα όλους τους τύπους εργασίας.

Η παραμετρική μοντελοποίηση (**Part**) δίνει στους σχεδιαστές

- Γρήγορες εναλλακτικές λύσεις σχεδιασμού. Η ποικιλία των εντολών δίνει τη δυνατότητα να σχεδιαστεί ένα προϊόν με πολλούς διαφορετικούς τρόπους.
- Ακριβής μοντελοποίηση πολύπλοκων γεωμετρικών στερεών. Δίνεται η δυνατότητα δημιουργίας πολύπλοκων καμπύλων, **Rounds** με διαφοροποίηση στην ακτίνα καμπυλότητας, δημιουργία διάφορων διατομών για παράδειγμα ελικοειδής μορφή με οποιαδήποτε μορφή και τομή.

Επιπλέον δίνεται η δυνατότητα στους σχεδιαστές:

- Να συναρμολογούν τα τεμάχιά τους. Με αυτό τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα, συναρμολόγησης στα υπάρχοντα τεμάχια, τροποποίηση κάθε τεμαχίου χωριστά, χωρίς να απαιτείται να δημιουργηθεί η συναρμολόγηση από την αρχή και δημιουργία νέου τεμαχίου που επιτυγχάνεται από κοπή ή αντιγραφή.
- Να δημιουργούν καινούρια προϊόντα, προσθέτοντας τεμάχια μέχρι να επιτευχθεί ο σκοπός.
- Να δημιουργούν εναλλακτικές λύσεις σχεδιασμού και μορφής του προϊόντος.

Το **Pro/ENGINEER** παράγει αυτόματα, μηχανολογικά σχέδια (**Drawing**), ελαχιστοποιώντας τη δουλειά του σχεδιαστή. Συγκεκριμένα:

- Οι σχεδιαστές δημιουργούν μηχανολογικά σχέδια όπου αυτόματα δημιουργείται και συμπληρώνεται το υπόμνημα και η κατάσταση τεμαχίων.
- Αυτόματη δημιουργία των όψεων. Ο σχεδιαστής μπορεί να επέμβει ώστε να προσθέσει ή να αφαιρέσει οποιαδήποτε όψη.
- Αυτόματη δημιουργία διαστάσεων. Ο σχεδιαστής μπορεί να προσθέσει ή να αφαιρέσει οποιαδήποτε διάσταση.

Το **Pro/ENGINEER** δίνει τη δυνατότητα προσομοίωσης κοπής (**Manufacturing**) σε ένα τεμάχιο και σύνδεσης του υπολογιστή με την εργαλειομηχανή (εφόσον η εργαλειομηχανή δέχεται τη σύνδεση).

Το **Pro/ENGINEER** δίνει τη δυνατότητα δημιουργίας αρχείων **HTML**, **VRML**, **JPEG**. Με αυτές τις λειτουργίες παρέχεται στο σχεδιαστή να προβάλει τα προϊόντα του μέσω **Internet**.

2. Εφαρμογή της Τρισδιάστατης Παραμετρικής Σχεδίασης στο Pro/ENGINEER

Το **Pro/ENGINEER** είναι ένα από τα καινούρια σχεδιαστικά πακέτα που βασίζονται στην παραμετρική μοντελοποίηση με διαχείριση χαρακτηριστικών (**Feature Manipulation**).

Με το **Pro/ENGINEER** σχεδιάζονται στερεά ή επιφάνειες σε μια τρισδιάστατη επιφάνεια εργασίας. Στο **Pro/ENGINEER**:

- Τα στερεά έχουν όγκο και επιφάνεια
- Δίνεται η δυνατότητα υπολογισμού μάζας και κέντρου βάρους, από το γεωμετρικό μοντέλο που έχει δημιουργηθεί
- Η σχεδίαση είναι **Feature Based** (βασισμένη σε χαρακτηριστικά), **Parametric** (παραμετρική) και **Associative** (συνδυαστική). Στη συνέχεια γίνεται ανάλυση των όρων αυτών.

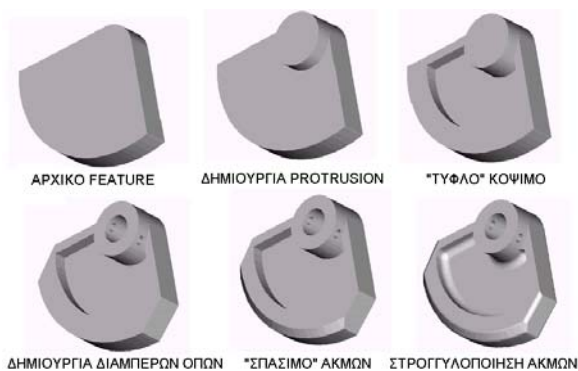
2.1. Feature Based

Ο όρος **Feature Based** χρησιμοποιείται για γεωμετρικά μοντέλα που έχουν δημιουργηθεί από **Features** (χαρακτηριστικά σχεδίασης), τα οποία προκύπτουν από προέκταση, περιστροφή, σπές, κοψίματα, στρογγυλοποιήσεις κλπ. Κάθε

διαμόρφωση του αντικειμένου είναι ένα **Feature**, το οποίο προστίθεται σε μια δενδροειδή λίστα με όλα τα **Features**. Μεταξύ των **Features** δημιουργείται ιεραρχική σχέση και το εκάστοτε **Feature** μπαίνει στο τέλος της λίστας με την ιεραρχία.

Επίσης δίνεται η δυνατότητα παρέμβασης σε οποιοδήποτε σημείο της σχεδίασης και σε οποιοδήποτε **Feature**, ώστε να πραγματοποιηθούν αλλαγές σε διαστάσεις ή και σε συγκεκριμένες περιπτώσεις, αλλαγές στη μορφή του γεωμετρικού μοντέλου. Συνεπώς:

- Το **Pro/ENGINEER** δίνει τη δυνατότητα σχεδίασης ενός γεωμετρικού μοντέλου προσθέτοντας ένα **Feature** κάθε φορά. Δηλαδή κάθε **Feature** που θα δημιουργείται θα προστίθεται στο τέλος της ιεραρχίας.
- Το γεωμετρικό μοντέλο δημιουργείται, **Feature by Feature**, επιλέγοντας τη σειρά, με την οποία θα προστεθεί το κάθε **Feature**.



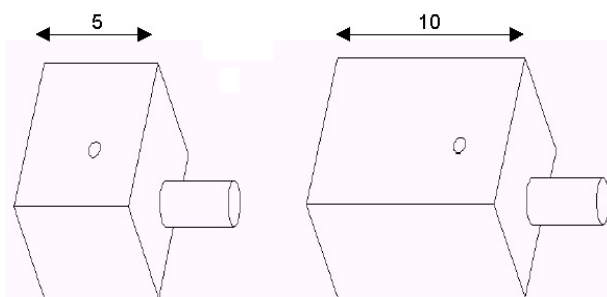
Εικόνα 1: Δημιουργία γεωμετρικού μοντέλου **Feature by Feature**

2.2. Parametric

Ο όρος **Parametric** σημαίνει ότι το γεωμετρικό μοντέλο έχει προκύψει από παραμέτρους ή διαστάσεις, των οποίων οι τιμές μπορούν να μεταβάλλονται οποιαδήποτε στιγμή κατά την πορεία της σχεδίασης ή και σε είδη αποθηκευμένο αρχείο. Συνεπώς:

- Η γεωμετρία σε ένα γεωμετρικό μοντέλο μπορεί να τροποποιηθεί εύκολα, μεταβάλλοντας τις τιμές των διαστάσεων.
- Το κάθε **Feature** ορίζεται ως προς τα υπόλοιπα **Features** που ήδη υπάρχουν στο μοντέλο, οπότε οι παράμετροι του συνδέονται και εξαρτώνται από αυτά.
- Αν γίνει μορφοποίηση σε ένα μόνο **Feature**, τότε μορφοποιούνται και όσα **Features** συνδέονται με αυτό, χωρίς αυτό να είναι απόλυτο, αφού μπορεί η συγκεκριμένη αλλαγή να μην μεταβάλλει τα υπόλοιπα **Features**.

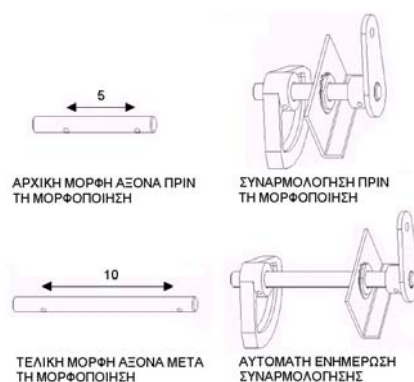
- Μεταξύ των **Features** δημιουργείται μια σχέση **Parent / Child**. **Parent** είναι αυτό που είναι ψηλότερα στην ιεραρχία ενώ **Child** είναι αυτό που είναι χαμηλότερα.



Εικόνα 2: Αλλαγή κύριας διάστασης χωρίς μεταβολή του κυλίνδρου και της οπής.

2.3. Associative

Στο **Pro/ENGINEER** πολλά μοντέλα αποτελούνται από διάφορα στερεά. Γι' αυτό το λόγο υπάρχει η δυνατότητα συναρμολόγησης των στερεών, καθώς επίσης μπορεί να γίνει δημιουργία μηχανολογικών σχεδίων. Η ιδέα είναι ότι υπάρχει σύνδεση μεταξύ των λειτουργιών του λογισμικού και σε όποια λειτουργία και αν γίνει αλλαγή σε μια παράμετρο ενός γεωμετρικού μοντέλου, ενημερώνονται όλες οι υπόλοιπες λειτουργίες, οπότε οι επιπλέον αλλαγές γίνονται στην ενημερωμένη έκδοση. Για παράδειγμα σε περίπτωση μετατροπής κάποιας διάστασης, σε ένα γεωμετρικό μοντέλο, γίνεται αυτόματη ενημέρωση από το λογισμικό, οπότε η μετατροπή θα γίνει και στα αρχεία τα οποία χρησιμοποιούν το μοντέλο αυτό. Στην εικόνα 3 φαίνεται αυτή η αλλαγή.



Εικόνα 3

Από τα παραπάνω χαρακτηριστικά για την παραμετρική μοντελοποίηση, είναι φανερό ότι διευκολύνεται πάρα πολύ ο σχεδιασμός, παρέχοντας σημαντικές δυνατότητες στο χρήστη του λογισμικού, ο οποίος μπορεί να σχεδιάζει ελεύθερα,

γνωρίζοντας ότι μπορεί οποιαδήποτε στιγμή θελήσει να κάνει εύκολα και σε μικρό χρονικό διάστημα ριζικές αλλαγές στη σχεδίαση.


2.4. Πλεονεκτήματα Παραμετρικής Μοντελοποίησης

- Ευκολία κατά τη σχεδίαση στερεών που προκύπτουν από πολύπλοκα δισδιάστατα σχέδια.
- Αλλαγή διαστάσεων κατά την πορεία της σχεδίασης.
- Διαγραφή οποιουδήποτε **Feature** σε όποια θέση και αν βρίσκεται στην ιεραρχία.
- Μετακίνηση οποιουδήποτε **Feature** σε όποια θέση επιθυμείται (Δεν είναι πάντα εφικτό).
- Υπολογισμός κέντρου βάρους, υλικού και καταπονήσεων σε οποιοδήποτε γεωμετρικό μοντέλο.
- Δημιουργία μηχανολογικών σχεδίων.
- Δημιουργία προσομοίωσης κοπής.
- Δημιουργία αρχείων σε μορφή φωτογραφίας.

2.5. Μειονεκτήματα Παραμετρικής Μοντελοποίησης

- Για τη δημιουργία ορισμένων **Features** απαιτούνται πολλοί παράμετροι (π.χ. **Draft**) με αποτέλεσμα να γίνεται συχνά λάθος.
- Έλλειψη εικονιδίων όσο αφορά τη συντόμευση επιλογών (π.χ. για τη δημιουργία **Protrusion** απαιτούνται 10 επιλογές περίπου. Υπάρχει όμως μια βελτίωση με την εντολή **Insert** που μόνο στην έκδοση **Pro/ENGINEER 2001** υπάρχει. Σε παλαιότερες εκδόσεις χρησιμοποιούνταν μόνο το **Menu Manager**).

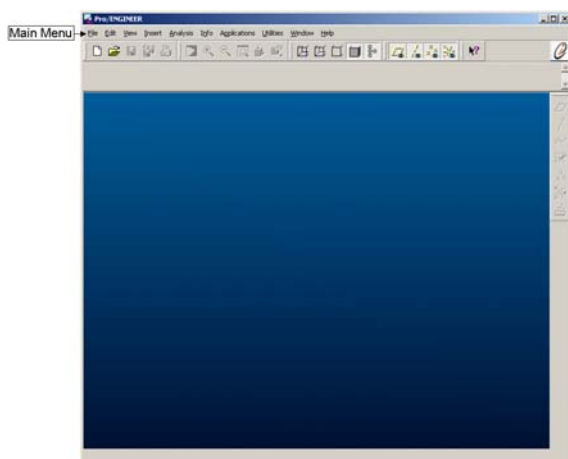
3. Εισαγωγή στο Pro/ENGINEER

Ξεκινώντας το πρόγραμμα **Pro/ENGINEER**, στην οθόνη του υπολογιστή εμφανίζεται η κύρια επιφάνεια εργασίας (εικόνα 1). Επιλέγοντας από το **Main Menu File > New** ή το εικονίδιο , εμφανίζεται το παράθυρο **New** (εικόνα 2) από το οποίο επιλέγεται ο επιθυμητός τύπος εργασίας. Οι τύποι που χρησιμοποιούνται περισσότερο είναι:

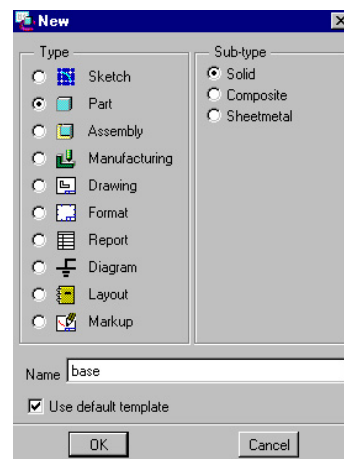
- **Sketch**, δισδιάστατη σχεδίαση.
- **Part**, τρισδιάστατη σχεδίαση.
- **Assembly**, συναρμολόγηση στερεών.

- **Manufacturing**, προσομοίωση κοπής.
- **Drawing**, δημιουργία μηχανολογικών σχεδίων.

Λόγω της **Associative** φιλοσοφίας του λογισμικού, όλοι οι τύποι «επικοινωνούν» μεταξύ τους, δηλαδή υπάρχει η δυνατότητα από ένα αρχείο **Part** να δημιουργηθεί ένα μηχανολογικό σχέδιο, όπου καθορίζονται οι όψεις, οι διαστάσεις κλπ.



Εικόνα 1



Εικόνα 2

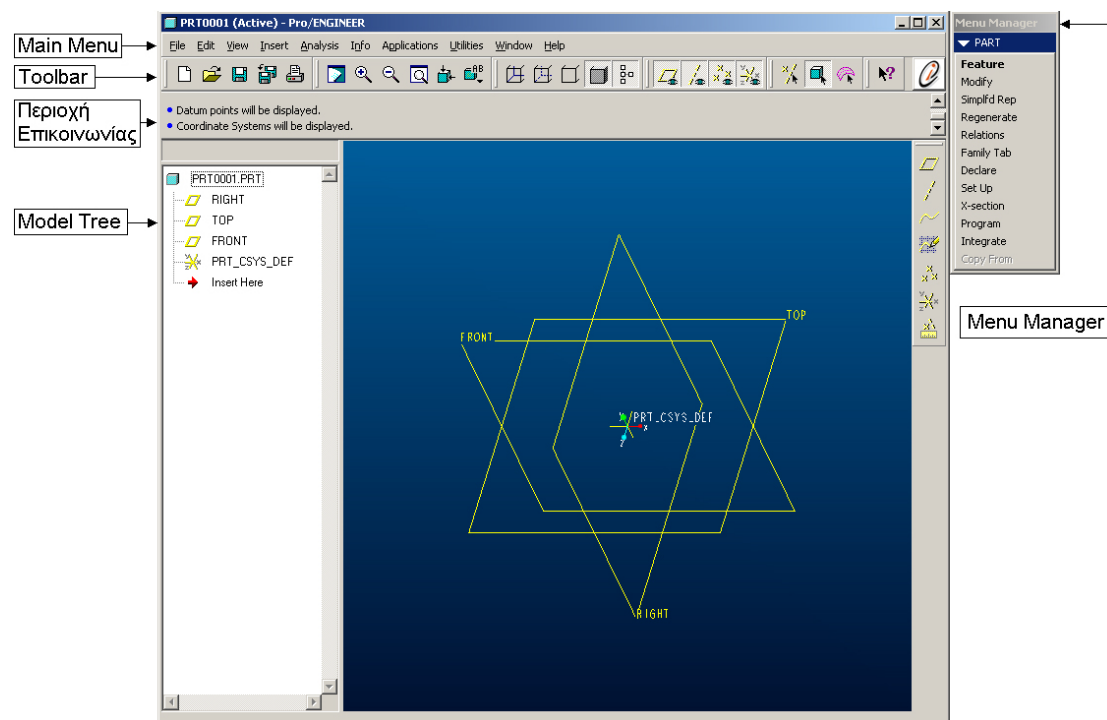
3.1. Περιοχή Τρισδιάστατης Σχεδίασης

Επιλέγοντας αρχικά **Part >OK**, εμφανίζεται η επιφάνεια τρισδιάστατης σχεδίασης του **Pro/ENGINEER** (εικόνα 3). Παρατηρείται ότι δεξιά από την επιφάνεια εργασίας εμφανίζεται ένα **Menu**, το οποίο ονομάζεται **Menu Manager**. Έχει μεγάλη χρησιμότητα γιατί με αυτό σχεδιάζονται και δημιουργούνται όλα τα **Features**. Το αριστερό μέρος της επιφάνειας εργασίας ονομάζεται **Model Tree**. Σε αυτήν την περιοχή εμφανίζονται τα **Features** που σχεδιάζονται. Η χρησιμότητα είναι σημαντική γιατί υπάρχει η δυνατότητα να γίνουν αλλαγές σε διαστάσεις, διαγραφή κάποιου **Feature**, ακόμα και αλλαγές στην ιεραρχική διάταξη των **Features**.


















Κάτω από το **Main Menu** βρίσκεται μια γραμμή εργαλείων (**Toolbar**), που σκοπό έχει τη διευκόλυνση στις επιλογές. Παρακάτω γίνεται αναφορά στις ιδιότητες κάθε εικονιδίου.








Τέλος κάτω από τη γραμμή εργαλείων υπάρχει η περιοχή επικοινωνίας του προγράμματος με το σχεδιαστή. Στην περιοχή αυτή το πρόγραμμα ενημερώνει το σχεδιαστή για τις επιλογές που υπάρχουν και την επιτυχή ολοκλήρωση κάθε εντολής. Επίσης εισάγονται δεδομένα για συγκεκριμένες εντολές.

Στην επιφάνεια εργασίας εμφανίζονται τα τρία επίπεδα σχεδίασης. Υπάρχει η δυνατότητα εισαγωγής και άλλων επιπέδων.

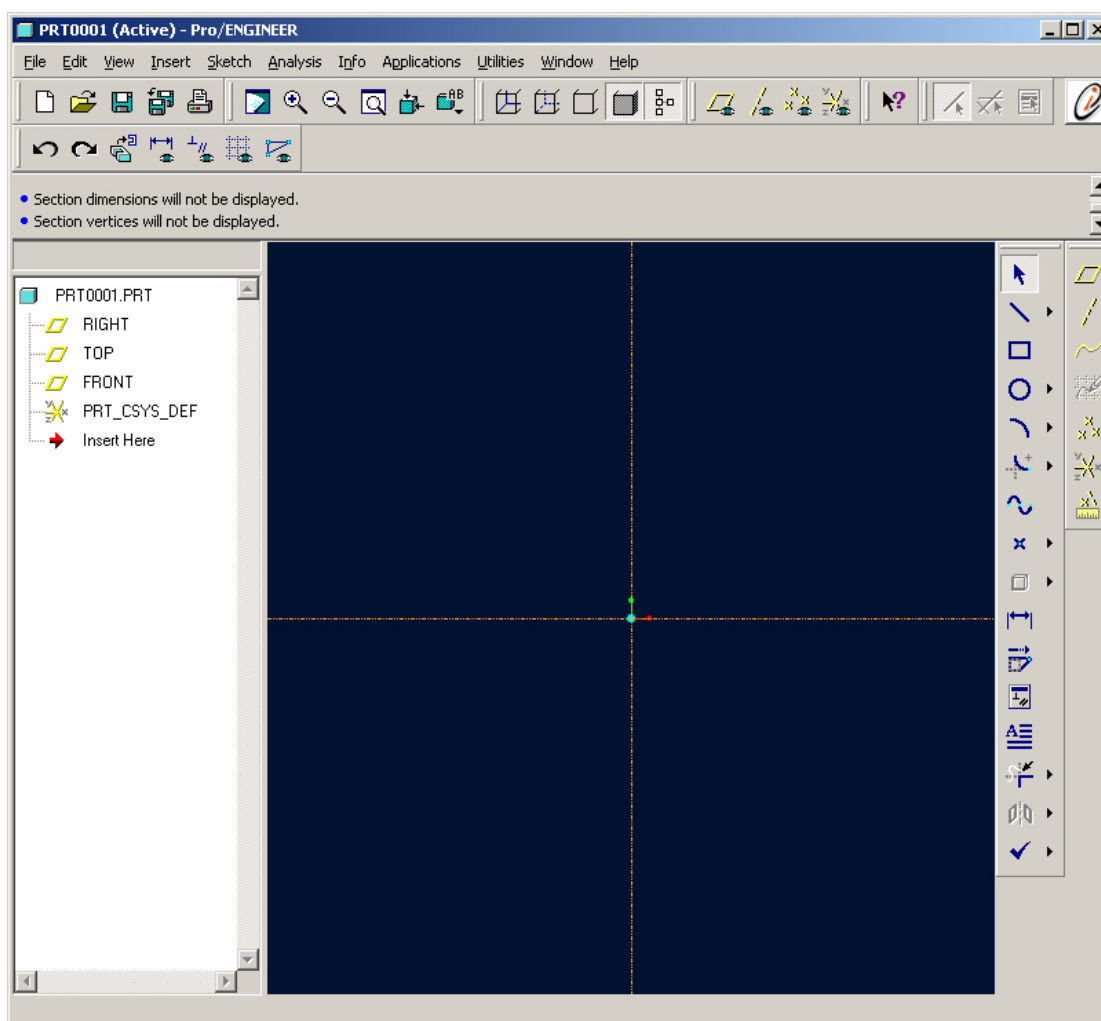


Εικόνα 3

-  Δημιουργία νέου αρχείου
-  Άνοιγμα αρχείου
-  Αποθήκευση αρχείου με νέα ονομασία
-  Αποθήκευση αρχείου με την ίδια ονομασία
-  Εκτύπωση
-  Κανονική απεικόνιση του γεωμετρικού μοντέλου
-  Εστίαση
-  Zoom out
-  Πλήρης απεικόνιση του γεωμετρικού μοντέλου στην οθόνη
-  Δημιουργία καινούριας όψης
-  Λίστα αποθηκευμένων όψεων
-  Απεικόνιση γεωμετρικού μοντέλου με μορφή πλέγματος
-  Απεικόνιση γεωμετρικού μοντέλου με μορφή πλέγματος και εμφάνιση μη εμφανών γραμμών με γκρι χρώμα
-  Απεικόνιση γεωμετρικού μοντέλου με μορφή πλέγματος και μη εμφάνιση μη εμφανών γραμμών
-  Κανονική απεικόνιση γεωμετρικού μοντέλου
-  Εμφάνιση – απόκρυψη **Model Tree**
-  Εμφάνιση – απόκρυψη επιπέδων

-  Εμφάνιση – απόκρυψη αξόνων
-  Εμφάνιση – απόκρυψη σημείων
-  Εμφάνιση – απόκρυψη συστήματος αξόνων
-  Επιλογή επιπέδου, άξονα, σημείου
-  Επιλογή αντικειμένων
-  Επιλογή γεωμετρίας
-  Βοήθεια






























3.2. Περιοχή Δισδιάστατης Σχεδίασης










Εικόνα 4

Για να δημιουργηθεί ένα τρισδιάστατο γεωμετρικό μοντέλο, συνήθως σχεδιάζεται ένα δισδιάστατο σχήμα και στη συνέχεια δίνεται όγκος. Η δισδιάστατη σχεδίαση γίνεται πάντα στο **Sketcher** (εικόνα 4). Στην πορεία του εγχειριδίου γίνεται αναφορά εισαγωγής στο **Sketcher**.

Στο **Sketcher** εμφανίζεται ένα νέο **Toolbar**. Στη συνέχεια γίνεται αναφορά στις ιδιότητες κάθε εικονιδίου.

-  Κέρσορας. Επιλογή γραμμών, τόξων, αξονικών γραμμών κλπ
-  Σχεδίαση γραμμής
-  Σχεδίαση αξονικής γραμμής
-  Σχεδίαση παραλληλόγραμμου
-  Σχεδίαση κύκλου
-  Σχεδίαση ομοαξονικών κύκλων
-  Σχεδίαση έλλειψης
-  Σχεδίαση τόξου δυο σημείων
-  Σχεδίαση ομοαξονικών τόξων επιλέγοντας ένα υπάρχον τόξο και δίνοντας το επιθυμητό μήκος του τόξου
-  Σχεδίαση τόξου τριών σημείων
-  Σχεδίαση καμπύλης
-  Σχεδίαση τόξου μήκους ενός τεταρτημορίου μεταξύ δυο ακμών
-  Σχεδίαση ελλειπτικού τόξου μεταξύ δυο ακμών
-  Σχεδίαση καμπύλης επιλέγοντας διάφορα σημεία στο επίπεδο
-  Σχεδίαση σημείων
-  Τοποθέτηση συστήματος αξόνων
-  Σχεδίαση ακμών, χρησιμοποιώντας ως αναφορά υπάρχουσες ακμές
-  Σχεδίαση ακμών παράλληλα σε υπάρχουσες ακμές
-  Εισαγωγή διαστάσεων
-  Μορφοποίηση επιλεγμένων διαστάσεων
-  Δυνατότητα μορφοποιήσεων σε γραμμές κλπ
-  Αποκοπή τμήματος γραμμής με συγκεκριμένο όριο
-  Αποκοπή ή εξώθηση μεταξύ δυο γραμμών
-  Διαίρεση γραμμής όπου αυτή εφάπτεται με μια άλλη γραμμή
-  Δημιουργία αντιγραφής σχήματος επιλέγοντας άξονα συμμετρίας (**Mirror**)
-  Δυνατότητα περιστροφής και αλλαγής στη κλίμακα σε επιλεγμένο σχήμα
-  Δημιουργία αντιγράφου σε επιλεγμένο σχήμα
-  Αποδοχή σχεδίασης – Τέλος σχεδίασης
-  Απώρριψη σχεδίασης – Τέλος σχεδίασης

Επιπλέον εμφανίζεται άλλη μια γραμμή εργαλείων. Η περιγραφή τους γίνεται παρακάτω.

-  Αναίρεση
-  Ακύρωση της αναίρεσης
-  Οριοθέτηση του επιπέδου σχεδίασης παράλληλα με την οθόνη
-  Εμφάνιση – απόκρυψη διαστάσεων
-  Εμφάνιση – απόκρυψη συμβόλων παραλληλισμού, καθετότητας
-  Εμφάνιση – απόκρυψη κανάβου
-  Εμφάνιση – απόκρυψη σημείων αρχής και τέλους

3.3. Set Working Directory

Ο κατάλογος εργασίας (**Working Directory**) χρησιμοποιείται από το λογισμικό για τη αποθήκευση προσωρινών αρχείων λειτουργίας και για την αποθήκευση του τρέχοντος σχεδίου.

Ο κατάλογος αλλάζει επιλέγοντας : **File > Set Working Directory**.

3.4. Αποθήκευση – Διαγραφή Αρχείων

Το **Pro/ENGINEER** έχει τη δυνατότητα μετά από κάθε αποθήκευση αρχείου, να διατηρήσει την αρχική του έκδοση. Για παράδειγμα, υπάρχει το αρχείο **base.prt** και γίνεται επιλογή αποθήκευσης. Η νέα έκδοση του αρχείου θα έχει ονομασία **base.prt.2**. Πρέπει να σημειωθεί ότι όταν θα γίνει η επιλογή του θα φαίνεται μόνο η τελευταία έκδοση. Όλες οι εκδόσεις φαίνονται μόνο στο κατάλογο αποθήκευσης.

Για τη διαγραφή των παλαιότερων εκδόσεων επιλέγεται **File > Delete > Old Versions**. Στο παραπάνω παράδειγμα θα διαγραφεί οριστικά το αρχείο **base.prt**.

Με την εντολή **File > Erase > Current** ή **Not Displayed** διαγράφονται από τη μνήμη του υπολογιστή το αρχείο που εμφανίζεται ή που δεν εμφανίζεται στην οθόνη.

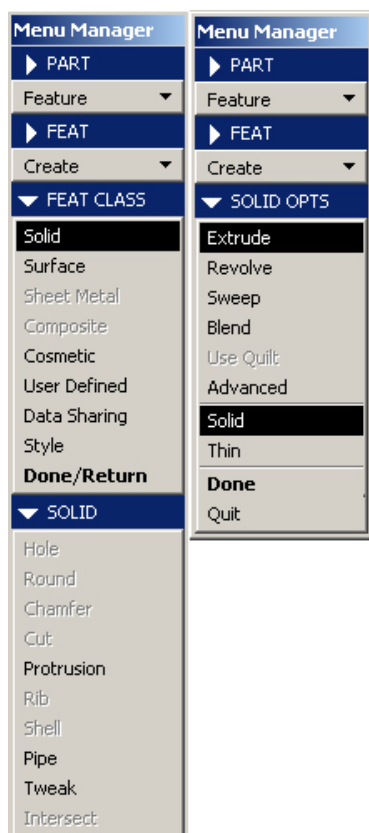
4. Βασικές Εντολές Σχεδίασης στο Pro/Engineer

4.1. Protrusion

Το **Protrusion** είναι η πιο βασική εντολή στο **Pro/ENGINEER**, γιατί η μοντελοποίηση ξεκινάει πάντα με αρχικό **Feature** ένα **Protrusion**. Με το **Protrusion** δημιουργείται ή προστίθεται υλικό. Υπάρχουν 5 τρόποι, για να δημιουργηθεί ένα **Protrusion**:

1. **Extrude.**
2. **Revolve.**
3. **Sweep.**
4. **Blend.**
5. **Advanced.**

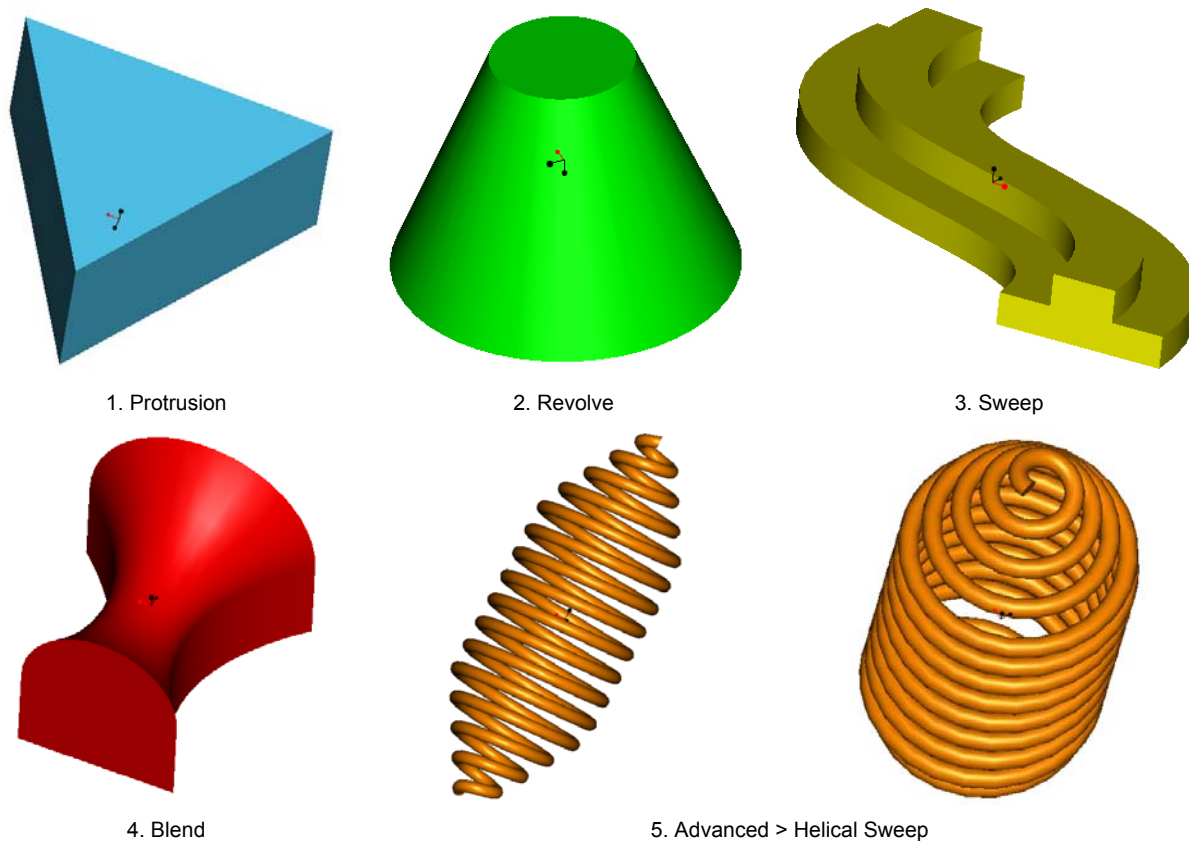
Από το **Menu Manager** επιλέγεται διαδοχικά: **Feature > Create > Solid > Protrusion**. Ο σχεδιαστής καλείται να επιλέξει έναν από τους πέντε τύπους δημιουργίας υλικού (Εικόνα 1).



Εικόνα 1

1. Επιλέγοντας **Extrude**, σχεδιάζεται ένα γεωμετρικό σχήμα (π.χ. τετράγωνο, κύκλος) και δίνεται μήκος εξώθησης ώστε το δισδιάστατο σχήμα να μετατραπεί σε τρισδιάστατο γεωμετρικό μοντέλο.
2. Επιλέγοντας **Revolve**, σχεδιάζεται ένα δισδιάστατο σχήμα ως προς έναν άξονα και δίνεται γωνία περιστροφής του δισδιάστατου σχήματος ώστε να μετατραπεί σε τρισδιάστατο γεωμετρικό μοντέλο. Δηλαδή δημιουργείται γεωμετρικό μοντέλο υπό περιστροφή.
3. Επιλέγοντας **Sweep**, σχεδιάζεται η τροχιά και η τομή του σχήματος. Ακολουθώντας την τροχιά (η τομή), δημιουργείται το τρισδιάστατο γεωμετρικό μοντέλο.
4. Επιλέγοντας **Blend** δημιουργείται ένα γεωμετρικό μοντέλο όπου το δισδιάστατο σχήμα μεταβάλλει όλες τις ακμές του αναλογικά σε όποια απόσταση απαιτείται.
5. Επιλέγοντας **Advanced**, δημιουργούνται γεωμετρικά μοντέλα όπου ο σχεδιαστής πρέπει να έχει αποκτήσει μεγάλη εμπειρία στο σχεδιασμό.

Στις παρακάτω εικόνες παρατίθεται γεωμετρικά μοντέλα σε αντιστοιχία με τους τύπους δημιουργίας υλικού. Πρέπει να τονιστεί ότι η παράμετρος **Advanced** δεν μοντελοποιεί μόνο στερεά με ελικοειδή μορφή.



Μετά την επιλογή του τύπου, επιλέγεται στη συνέχεια από το **Menu Manager, Solid > Done**. Μετά επιλέγεται αν η εξώθηση απαιτείται να γίνει ως προς μια ή ως προς και τις δύο κατευθύνσεις, **One Side** ή **Both Sides**, επιλέγεται αυτό που απαιτείται και στη συνέχεια από το **Menu Manager**, επιλέγεται **Done**. Στη συνέχεια ο σχεδιαστής επιλέγει επίπεδο σχεδίασης (π.χ. **Front Datum**), το βέλος δείχνει τη διεύθυνση της εξώθησης, επιλέγεται **Flip** για αλλαγή της φοράς, αν απαιτείται και στη συνέχεια **Okay > Default**. Ο σχεδιασμός γίνεται στο χώρο δισδιάστατης σχεδίασης. Αφού ολοκληρωθεί η σχεδίαση επιλέγεται **> Blind > Done** για να οριστεί το μήκος της εξώθησης. Τέλος επιλέγεται **OK** από το παράθυρο που βρίσκεται πάνω δεξιά στην οθόνη.

4.2. Cut

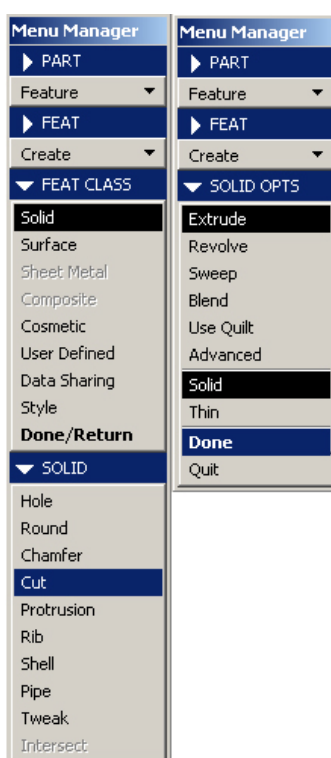
Η εντολή **Cut** αφαιρεί υλικό από το υπάρχον γεωμετρικό μοντέλο. Είναι παρόμοια εντολή με το **Protrusion**, γιατί χρησιμοποιεί τους ίδιους τύπους για να αφαιρέσει υλικό. Η διαφορά είναι ότι το **Protrusion** δημιουργεί υλικό ενώ το **Cut** αφαιρεί υλικό.

Από το **Menu Manager**, επιλέγεται διαδοχικά: **Feature > Create > Solid > Cut**. Επιλέγεται πάλι ένας από τους πέντε τύπους:

1. **Extrude**.

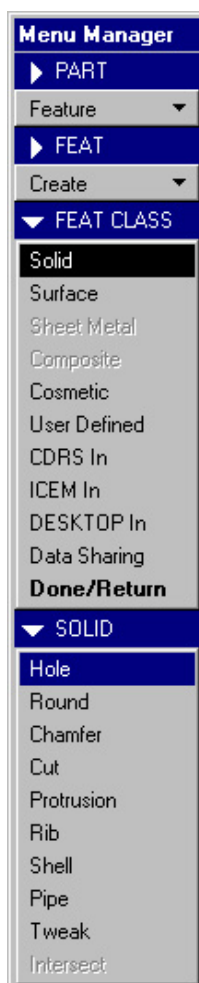
2. **Revolve.**
3. **Sweep.**
4. **Blend.**
5. **Advanced.**

Μετά την επιλογή του τύπου (π.χ. επελέγη **Extrude**), επιλέγεται **Solid > Done**, επιλέγεται η φορά της εξώθησης **One Side** ή **Both Sides** και στη συνέχεια **Done**. Επιλέγεται το επίπεδο σχεδίασης και ορίζεται η διεύθυνση της εξώθησης. **Okay > Default**. Στο χώρο δισδιάστατης σχεδίασης, σχεδιάζεται το σχήμα που απαιτείται, επιλέγεται **> Blind > Done** για να οριστεί το μήκος της εξώθησης. Τέλος επιλέγεται **OK** από το παράθυρο που βρίσκεται πάνω δεξιά στην οθόνη.



4.3. Hole

Για τη δημιουργία οπής, από το **Menu Manager** επιλέγεται διαδοχικά **Feature > Create > Solid > Hole**. Ανοίγει το παράθυρο διαλόγου **Hole**.



Εικόνα 1

Υπάρχουν τρεις τύποι οπών (**Hole Type**), οι οποίοι περιγράφονται στη συνέχεια:

1. **Straight Hole**
2. **Sketched**
3. **Standard Hole**

4.3.1. Δημιουργία Straight Hole

Για τη δημιουργία **Straight Hole**, ορίζονται αρχικά οι διαστάσεις της οπής:

1. **Diameter** (Διάμετρος οπής)
2. **Depth One** (Μήκος οπής σταθερής διατομής, προς τη φορά που ορίζεται από το κόκκινο βέλος το οποίο βρίσκεται στο **Menu** επιλογών)
3. **Depth Two** (Μήκος οπής σταθερής διατομής, προς τη φορά που ορίζεται από το κίτρινο βέλος το οποίο βρίσκεται στο **Menu** επιλογών)

Για το **Depth One**, επιλέγεται ο τύπος του μήκους της οπής. Υπάρχουν οι παρακάτω επιλογές:

1. **Variable** – Δημιουργείται μια «τυφλή οπή», ορίζοντας το μήκος της.
2. **Thru Next** - Δημιουργείται μια οπή, στην οποία το μήκος της καθορίζεται μέχρι την επόμενη επιφάνεια.
3. **Thru All** - Δημιουργείται μια διαμπερής οπή.




4. **Thru Until** - Δημιουργείται μια οπή, η οποία διαπερνά όλες τις επιφάνειες μέχρι την επιφάνεια που θα καθορίσει ο σχεδιαστής.
5. **To Reference** - Δημιουργείται μια οπή η οποία διαπερνά όλες τις επιφάνειες μέχρι μια επιφάνεια ή ακμή ή σημείο ή καμπύλη όπου θα καθορίσει ο σχεδιαστής.

Για το **Depth Two** υπάρχουν οι ίδιες με τις παραπάνω επιλογές. Επίσης, όταν έχει επιλεγεί το **Variable** στο **Depth One**, υπάρχει επιπλέον η επιλογή **Symmetric**, η οποία δημιουργεί μια συμμετρική οπή ως προς το επίπεδο σχεδίασης που έχει επιλεγεί.

Στη συνέχεια πρέπει να οριστεί η τοποθέτηση της οπής (**Hole Placement**). Επιλέγεται το **Primary Reference** για τον ορισμό της επιφάνειας τοποθέτησης της οπής. Επίσης, πρέπει να επιλεγεί ο τρόπος, με τον οποίο θα τοποθετηθεί η οπή (**Placement Type**):

1. **Linear** – Δημιουργείται μια οπή, της οποίας το κέντρο εξαρτάται από δυο αποστάσεις. Αν επιλεγεί αυτός ο τρόπος, τότε πρέπει να επιλεγούν δυο ευθύγραμμα σχήματα αναφοράς (**Linear Reference**) και στη συνέχεια να δοθούν οι τιμές των μεταξύ τους αποστάσεων (**Distance**).
2. **Radial** – Δημιουργείται μια οπή, της οποίας το κέντρο εξαρτάται από έναν άξονα αναφοράς (**Axial Reference**) και ένα επίπεδο αναφοράς (**Angular Reference**). Στη συνέχεια δίνεται η απόσταση μεταξύ άξονα αναφοράς και κέντρου οπής καθώς και η κλίση που θα έχει η διεύθυνση της απόστασης αυτής από το επίπεδο αναφοράς.
3. **Diameter** - Δημιουργείται μια οπή, της οποίας το κέντρο εξαρτάται από έναν άξονα αναφοράς (**Axial Reference**) και ένα επίπεδο αναφοράς (**Angular Reference**). Στη συνέχεια δίνεται η απόσταση διαμετρικά μεταξύ άξονα αναφοράς και κέντρου οπής καθώς και η κλίση που θα έχει η διεύθυνση της απόστασης από το επίπεδο αναφοράς.
4. **Coaxial** – Δημιουργείται μια οπή, της οποίας το κέντρο είναι ο άξονας αναφοράς που είδη υπάρχει. Αν επιλεγεί αυτός ο τρόπος, πρέπει να επιλεγεί και ο άξονας αναφοράς.

Τέλος, επιλέγοντας:


1.  Δημιουργείται η οπή
2.  Ακυρώνεται η οπή
3.  Προεπισκόπηση δημιουργίας οπής

4. Καταχώρηση δεδομένων - Δημιουργία νέας οπής

4.3.2. Δημιουργία Sketched Hole

Sketched Hole δημιουργείται, σχεδιάζοντας την τομή από ένα γεωμετρικό μοντέλο, το οποίο έχει δημιουργηθεί από περιστροφή στο παράθυρο δισδιάστατης σχεδίασης (**Sketcher mode**) και στη συνέχεια τοποθετείται στη τρισδιάστατη μορφή. Μια **Sketched Hole** είναι πάντα «τυφλή» και μιας κατεύθυνσης.

Επιλέγοντας το δεύτερο τύπο οπής (**Sketched**) από την περιοχή **Hole Type**, ανοίγει το παράθυρο δισδιάστατης σχεδίασης.




Αρχικά σχεδιάζεται μια κάθετη αξονική γραμμή (**Centerline**), στην οποία θα γίνει η περιστροφή. Στη συνέχεια σχεδιάζεται η τομή και μεταβάλλονται οι διαστάσεις στις επιθυμητές τιμές. Από το **Sketcher toolbar** πατώντας το  ο σχεδιαστής επιστρέφει στο παράθυρο διαλόγου.

Το τελικό βήμα είναι να καθοριστεί ο τύπος (**Placement Type**), με τον οποίο θα τοποθετηθεί η οπή πάνω στο γεωμετρικό μοντέλο. Οι τρόποι είναι οι ίδιοι με αυτούς που αναφέρθηκαν παραπάνω για τη **Straight Hole**.

1. **Linear** – Δημιουργείται μια οπή όπου το κέντρο της εξαρτάται από δυο αποστάσεις. Αν επιλεγεί αυτός ο τρόπος, τότε πρέπει να επιλεγούν δυο γραμμικές αναφορές (**Linear Reference**) και στη συνέχεια να δοθούν οι τιμές των αποστάσεων αυτών (**Distance**).
2. **Radial** – Δημιουργείται μια οπή, της οποίας το κέντρο εξαρτάται από έναν άξονα αναφοράς (**Axial Reference**) και ένα επίπεδο αναφοράς (**Angular Reference**). Στη συνέχεια δίνεται η απόσταση μεταξύ άξονα αναφοράς και κέντρου οπής, καθώς και η κλίση που θα έχει η απόσταση από το επίπεδο αναφοράς.
3. **Diameter** - Δημιουργείται μια οπή, της οποίας το κέντρο εξαρτάται από έναν άξονα αναφοράς (**Axial Reference**) και ένα επίπεδο αναφοράς (**Angular Reference**). Στη συνέχεια δίνεται η απόσταση διαμετρικά μεταξύ άξονα αναφοράς και κέντρου οπής καθώς και η κλίση που θα έχει η απόσταση από το επίπεδο αναφοράς.
4. **Coaxial** – Δημιουργείται μια οπή, της οποίας το κέντρο είναι ο άξονας αναφοράς που είδη υπάρχει. Αν επιλεγεί αυτός ο τρόπος, ο σχεδιαστής πρέπει να επιλέξει και τον άξονα αναφοράς.

Τέλος επιλέγοντας:

1.  Δημιουργείται η οπή

2.  Ακυρώνεται η οπή
3.  Εικονική δημιουργία οπής
4.  Καταχώρηση δεδομένων - Δημιουργία νέας οπής

4.3.3. Δημιουργία Standard Hole

Η **Standard Hole** είναι «τυφλή» ή διαμπερής οπή, η οποία έχει κάποιο συγκεκριμένο σχήμα. Από το **Hole Type** επιλέγεται η **Standard** μορφή, όπου πρέπει να καθοριστεί η τυποποίηση σύμφωνα με κανονισμούς (**UNC, UNF, ή ISO**).

Στην συνέχεια υπάρχουν δυο επιλογές:

1. **Tapped** – Ο σχεδιαστής μπορεί να μορφοποιήσει κατάλληλα τις διαστάσεις που υποδεικνύονται από τον πίνακα. Το μήκος της οπής καθορίζεται μεταξύ δυο επιλογών: **Thru All** ή **Variable**.
2. **Clearance** – Ο σχεδιαστής μπορεί να μορφοποιήσει κατάλληλα τις διαστάσεις που υποδεικνύονται από τον πίνακα. Το μήκος της οπής είναι αυτόματα **Thru All** και δεν αλλάζει. Υπάρχει η δυνατότητα επιλογής **Close Fit** και **Free Fit**.

Από το **Screw Size** επιλέγεται ο τύπος του σπειρώματος. Οι επιλογές **Add Thread Surface, Add Counterbore** και **Add Countersink** μορφοποιούν την οπή κατάλληλα.





Στην περιοχή **Hole Dimension** ο σχεδιαστής έχει τη δυνατότητα να ορίσει τις επιθυμητές διαστάσεις.

Στην περιοχή **Hole Placement** ο σχεδιαστής έχει τη δυνατότητα να ορίσει την τοποθέτηση της οπής με 4 διαφορετικούς τρόπους (**Placement Type**) για.

1. **Linear** – Δημιουργείται μια οπή, της οποίας το κέντρο εξαρτάται από δυο αποστάσεις. Αν επιλεγεί αυτός ο τρόπος, τότε πρέπει να επιλεγούν δυο γραμμικές αναφορές (**Linear Reference**) και στη συνέχεια να δοθούν οι τιμές των αποστάσεων αυτών (**Distance**).
2. **Radial** – Δημιουργείται μια οπή, της οποίας το κέντρο εξαρτάται από έναν άξονα αναφοράς (**Axial Reference**) και ένα επίπεδο αναφοράς (**Angular Reference**). Στη συνέχεια δίνεται η απόσταση μεταξύ άξονα αναφοράς και κέντρου οπής, καθώς και η κλίση που θα έχει η απόσταση από το επίπεδο αναφοράς.
3. **Diameter** - Δημιουργείται μια οπή, της οποίας το κέντρο εξαρτάται από έναν άξονα αναφοράς (**Axial Reference**) και ένα επίπεδο αναφοράς (**Angular Reference**). Στη συνέχεια δίνεται η απόσταση διαμετρικά μεταξύ άξονα αναφοράς και κέντρου οπής καθώς και η κλίση που θα έχει η απόσταση από το επίπεδο αναφοράς.

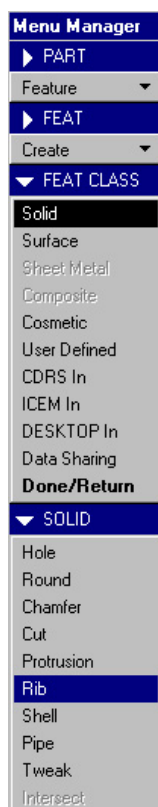
4. **Coaxial** – Δημιουργείται μια οπή, της οποίας το κέντρο είναι ο άξονας αναφοράς που είδη υπάρχει. Αν επιλεγεί αυτός ο τρόπος, ο σχεδιαστής πρέπει να επιλέξει και τον άξονα αναφοράς.

Τέλος επιλέγοντας:

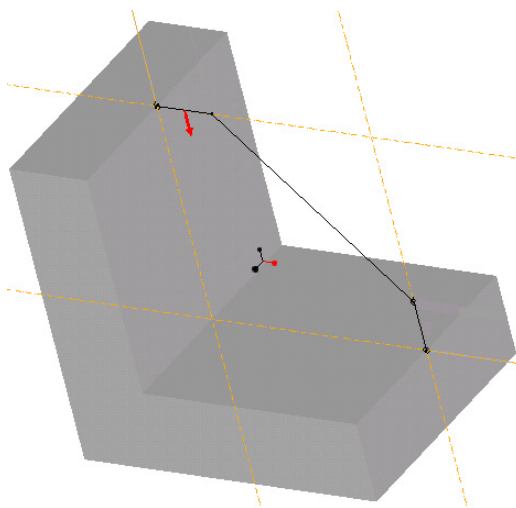
1.  Δημιουργείται η οπή
2.  Ακυρώνεται η οπή
3.  Προεπισκόπηση δημιουργίας οπής
4.  Καταχώρηση δεδομένων - Δημιουργία νέας οπής

4.4. Rib

Το **Rib** είναι ένας ειδικός τύπος **Protrusion**, για τη δημιουργία μιας ενίσχυσης (νεύρο δυσκαμψίας), με πάχος που καθορίζεται από το σχεδιαστή. Το **Rib** σχεδιάζεται πάντα από μια πλάγια όψη και η εξώθηση γίνεται συμμετρικά ως προς το επίπεδο σχεδίασης. Τα άκρα του στερεού **Feature** που σχεδιάζεται με την εντολή **Rib** εφάπτονται με το γεωμετρικό μοντέλο, ως προς το οποίο ορίζεται το rib.



Από το **Menu Manager** επιλέγεται, διαδοχικά **Feature > Create > Solid > Rib**. Επιλέγεται το επίπεδο σχεδίασης του **Rib** και στη συνέχεια **Default**. Ανοίγει το παράθυρο δισδιάστατης σχεδίασης όπου και σχεδιάζεται η τροχιά του **Rib**.



Στη συνέχεια επιλέγεται η κατεύθυνση που θα προστεθεί το υλικό και τέλος δίνεται το επιθυμητό πάχος του **Rib**.

Εικόνα 1

Υπάρχουν δυο τύποι **Ribs**:

1. **Straight Ribs**
2. **Rotational Ribs**

Για τη δημιουργία τους δεν επιλέγεται ο τύπος από το σχεδιαστή αλλά γίνεται αυτόματα από το λογισμικό ανάλογα αν υπάρχει άξονας αναφοράς.

Συγκεκριμένα, για το **Rotational Rib**, αν υπάρχει άξονας αναφοράς τότε το λογισμικό θα δημιουργήσει ένα νεύρο δυσκαμψίας, του οποίου η πλευρά που θα είναι παράλληλη ή υπό γωνία ως προς τον άξονα αναφοράς θα έχει μια ανάλογη καμπυλότητα. Αν η πλευρά είναι κάθετη στον άξονα αναφοράς τότε δεν θα δημιουργηθεί από το λογισμικό ανάλογη καμπυλότητα.

Για τη σχεδίαση **Straight Rib** δεν χρειάζεται άξονας αναφοράς, συνεπώς όλες οι πλευρές του, θα είναι επίπεδες.

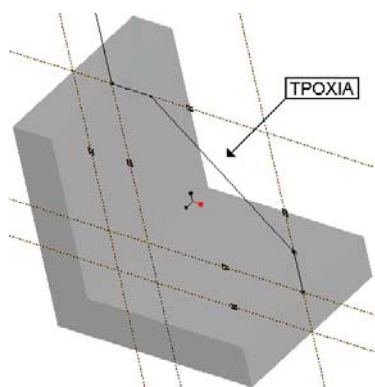
4.4.1. Straight Rib

Για να δημιουργηθεί αυτός ο τύπος rib, χρειάζεται ο σχεδιαστής να ορίσει ένα επίπεδο σχεδίασης, ως προς το οποίο θα γίνει συμμετρικά η εξώθηση.

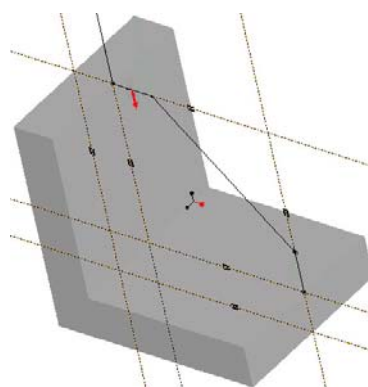
Επειδή σχεδιάζεται μια ανοιχτή τροχιά, το **Pro/ENGINEER** δεν μπορεί να επιλέξει προς ποιά πλευρά θα προσθέσει το **Rib**. Εμφανίζεται στην οθόνη ένα βέλος, το οποίο ορίζει την κατεύθυνση που θα σχεδιαστεί το rib. Ο σχεδιαστής έχει τη δυνατότητα τροποποίησης της κατεύθυνσης κατά το σχεδιασμό. Αν έχει επιλεγεί λάθος κατεύθυνση, ο σχεδιαστής μπορεί να μεταβάλει την κατεύθυνση του **Rib** μετά την ολοκλήρωση του, χρησιμοποιώντας το **Redefine** και στη συνέχεια επιλέγοντας **Flip > Done**.

4.4.1.1. Παράδειγμα Straight Rib

Στο παρακάτω παράδειγμα έχει προηγηθεί η δημιουργία ενός **protrusion** που είναι απαραίτητο για τη δημιουργία του **Rib**. Ακολουθώντας τις παραπάνω εντολές σχεδιάζεται η τροχιά του **Rib** όπως φαίνεται στην εικόνα 2.

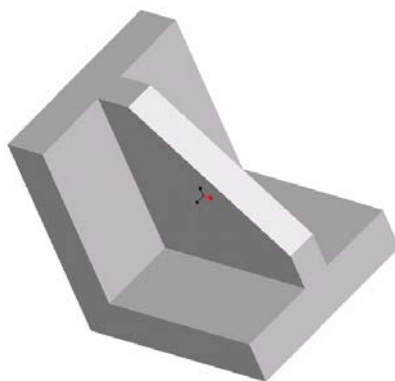


Εικόνα 2



Εικόνα 3

Ο σχεδιαστής επιλέγει από το **Sketcher Toolbar** και στη συνέχεια επιλέγει την κατεύθυνση που θα προστεθεί υλικό. Επιλέγεται **Flip**, ώστε η κατεύθυνση του βέλους να είναι στραμμένη προς το γεωμετρικό μοντέλο (Εικόνα 3). Τέλος επιλέγεται **Okay**. Από την περιοχή μηνύματος πρέπει να εισαχθεί το πάχος του **Rib (Input rib thickness)** που θα δημιουργηθεί. Δίνεται η επιθυμητή τιμή και επιλέγεται . Το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα 4.



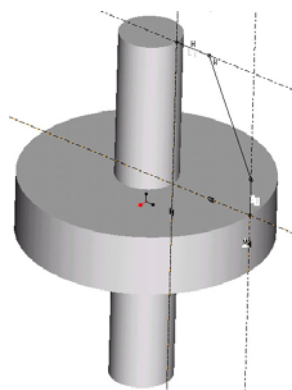
Εικόνα 4

4.4.2. Rotational Rib

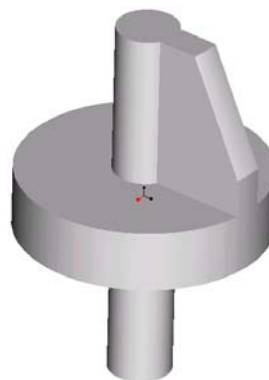
Για τη δημιουργία **Rotational Rib**, πρέπει να υπάρχει ένας άξονας αναφοράς. Η διαφορά από το **Straight Rib** είναι ότι το **Rotational Rib** σχεδιάζεται με περιστροφή, ώστε να έχει διαμόρφωση ανάλογη με την ακτίνα καμπυλότητας που έχει το **Feature**.

4.4.2.1. Παράδειγμα Rotational Rib

Με τον ίδιο τρόπο σχεδιάζεται η τροχιά του **Rib** (εικόνα 4). Όμοια, το αποτέλεσμα φαίνεται στην εικόνα 5.



Εικόνα 4



Εικόνα 5

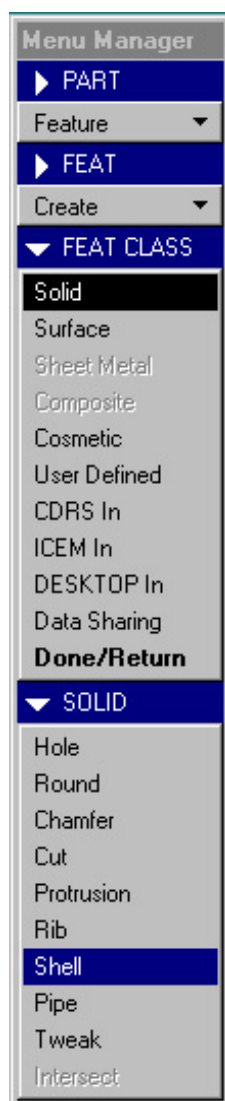
Παρατηρείται ότι στη κάθετη και στη πλάγια επιφάνεια του **Rib**, υπάρχει μια καμπυλότητα ανάλογη της ακτίνας του μεσαίου δακτυλίου, ο οποίος αποτελεί **Feature** αναφοράς για τον ορισμό του **Rib**.

4.5. Shell

Με την εντολή **Shell** δίνεται η δυνατότητα μετατροπής ενός γεωμετρικού μοντέλου σε λεπτότοιχο (κοίλο) με καθορισμένο πάχος τοιχωμάτων, αφαιρώντας υλικό ως προς μια ή περισσότερες επιφάνειες του γεωμετρικού μοντέλου.

Όταν γίνει η επιλογή της εντολής **Shell**, όλα τα **Features**, τα οποία έχουν είδη δημιουργηθεί, μεταβάλλονται εξίσου. Επίσης η σειρά με την οποία θα δημιουργηθούν τα **Features** έχει καθοριστική σημασία.

Επιλέγεται από το **Menu Manager**, διαδοχικά **Feature > Create > Solid > Shell**.

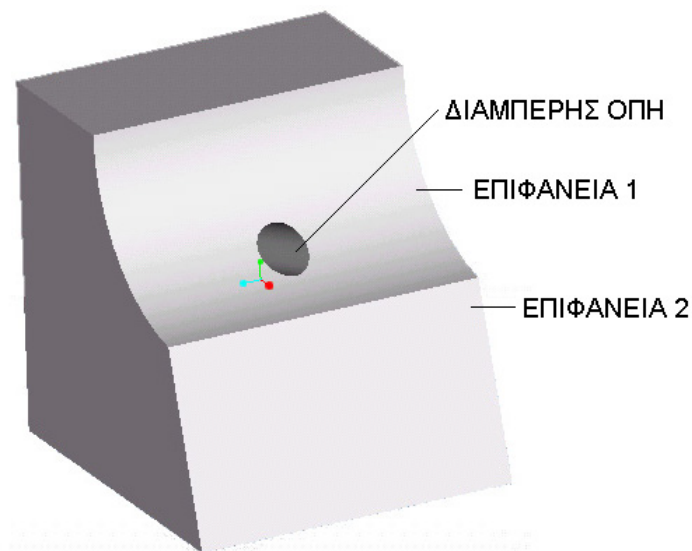


Εικόνα 1

Από το **Menu Manager** ανοίγει το **Get Select Menu**. Επιλέγονται οι επιφάνειες αναφοράς για τον ορισμό της μετατροπής του γεωμετρικού μοντέλου σε λεπτότοιχο. Αφού επιλεγούν οι επιθυμητές επιφάνειες, επιλέγεται **Done Sel > Done Refs**. Τέλος ορίζεται το επιθυμητό πάχος των τοιχωμάτων. Επιλέγεται και στη συνέχεια **OK** από παράθυρο διαλόγου που βρίσκεται πάνω δεξιά.

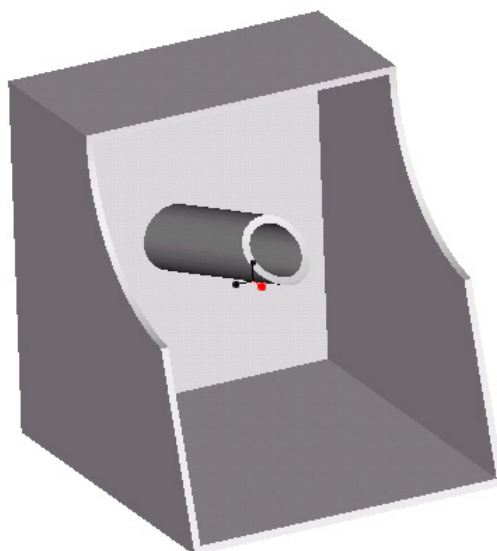
4.5.1. Παράδειγμα Shell

Επιλέγεται **Feature > Create > Solid > Shell**. Διαλέγονται οι επιφάνειες 1 και 2, όπως φαίνεται στην εικόνα 2.



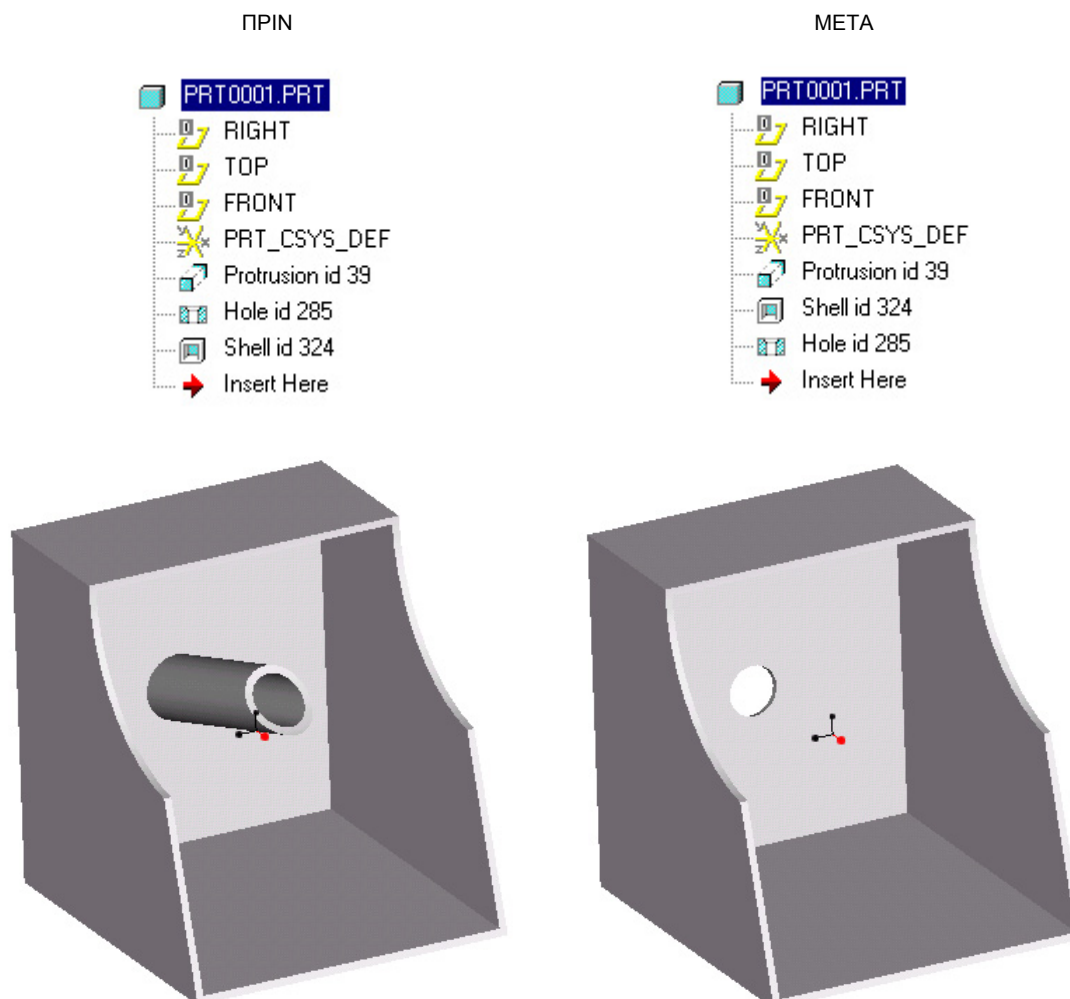
Εικόνα 2

Στη συνέχεια επιλέγεται **Done Sel > Done Refs**. Από το παράθυρο διαλόγου ζητείται το πάχος των τοιχωμάτων. Δίνεται πάχος 4.5. Τέλος επιλέγεται και **OK** από παράθυρο διαλόγου που βρίσκεται πάνω δεξιά. Στην εικόνα 3 φαίνεται το αποτέλεσμα.



Εικόνα 3

Σε περίπτωση που χρειάζεται να υπάρχει μόνο η οπή στο πίσω μέρος του γεωμετρικού μοντέλου, από το **Model Tree** μετακινείται το **Feature Hole** μετά το **Feature Shell**, αλλάζοντας την ιεραρχία των συγκεκριμένων **Features**.

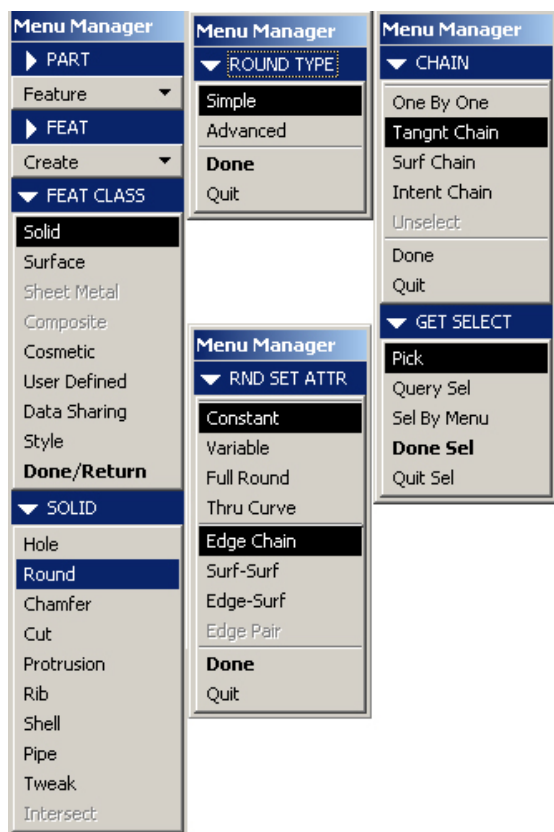


4.6. Round

Με την εντολή **Round**, δημιουργούνται σε ακμές, που επιλέγονται από το σχεδιαστή, ακτίνες καμπυλότητας όπου ορίζεται η τιμή της ακτίνας.

Από το **Menu Manager**, επιλέγεται διαδοχικά: **Feature > Create > Solid > Round > Simple > Done** (Εικόνα 1).

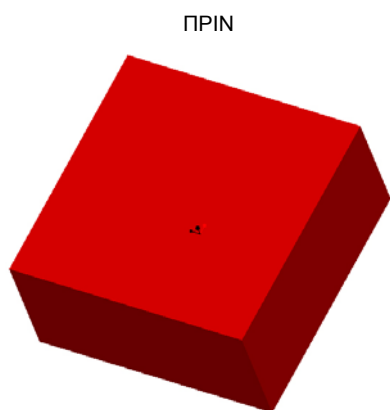
Υπάρχουν τέσσερις τύποι δημιουργίας **Round**:



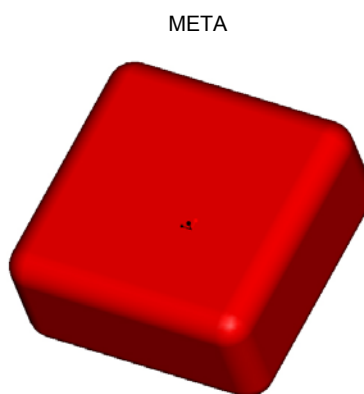
Εικόνα 1

1. **Constant.** Δημιουργείται μια καμπυλότητα σταθερής ακτίνας.
2. **Variable.** Δημιουργείται μια καμπυλότητα μεταβλητής ακτίνας.
3. **Full Round.** Δημιουργείται ένα πλήρες ημικόκλιο μεταξύ δυο ακμών.
4. **Thru Curve.** Δημιουργείται μια καμπυλότητα ακολουθώντας μια συγκεκριμένη τροχιά.

Στις εικόνες 2 και 3, φαίνεται η διαφορά στο γεωμετρικό μοντέλο πριν και μετά τη δημιουργία **Round**.



Εικόνα 2



Εικόνα 3

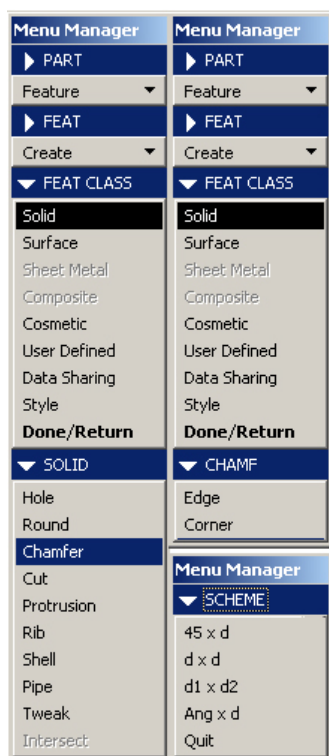
4.7. Chamfer

Με την εντολή **Chamfer**, δημιουργούνται «σπασίματα» στις ακμές των γεωμετρικών μοντέλων.

Από το **Menu Manager** επιλέγεται διαδοχικά: **Feature > Create > Solid > Chamfer** (Εικόνα 1). Εμφανίζονται δυο επιλογές:

- **Edge**. Όπου το σπάσιμο δημιουργείται σε μια ακμή με συγκεκριμένες διαστάσεις.
- **Corner**. Όπου το σπάσιμο δημιουργείται σε μια συμβολή τριών ακμών (Δηλαδή το σπάσιμο δημιουργείται σε μια επιλεγμένη γωνία του γεωμετρικού μοντέλου).

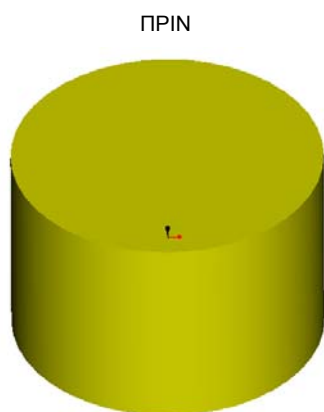
Επιλέγοντας **Edge**, εμφανίζεται ένα **Menu**, όπου ο σχεδιαστής καλείται να επιλέξει μια από τις τέσσερις επιλογές που του παρέχονται.



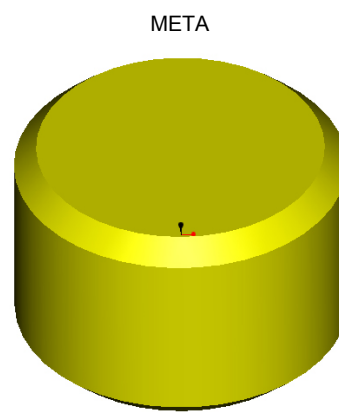
Εικόνα 1

1. **45 x d**. Δηλαδή θα δημιουργηθεί ένα σπάσιμο ακμής σε γωνία **45°** και η οριζόντια με την κάθετη απόσταση θα είναι ίσες με **d**. Όπου **d** δίνεται από το σχεδιαστή.
2. **d x d**. Ο σχεδιαστής ορίζει την οριζόντια και την κάθετη απόσταση για τη δημιουργία του σπασίματος. Οι τιμές είναι ίσες.
3. **d₁ x d₂**. Ο σχεδιαστής ορίζει την οριζόντια και την κάθετη απόσταση για τη δημιουργία του σπασίματος. Οι τιμές δεν είναι ίσες.
4. **Ang x d**. Ο σχεδιαστής ορίζει τη γωνία του σπασίματος και την απόσταση.

Στις εικόνες 2 και 3, φαίνεται η διαφορά στο γεωμετρικό μοντέλο πριν και μετά τη δημιουργία **Chamfer**.



Εικόνα 1



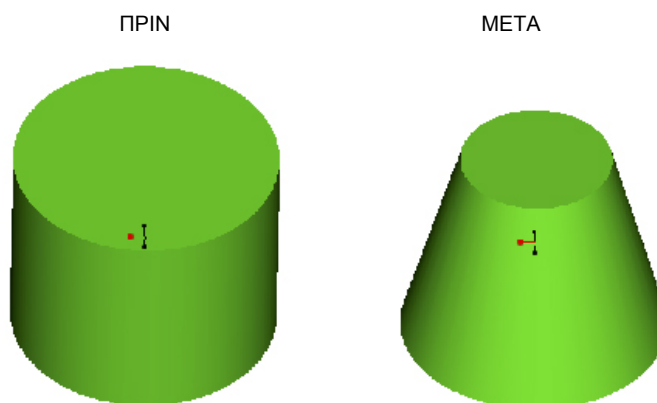
Εικόνα 2

4.8. Draft

Με την εντολή **Draft**, δημιουργείται μια σύγκλιση σε επιλεγμένες επιφάνειες του γεωμετρικού μοντέλου.

Από το **Menu Manager** επιλέγεται διαδοχικά: **Feature > Create > Solid > Tweak > Draft > Neutral PIn > Done > Tweak > No Split > Constant > Done > Include > Indiv Surfs**. Στο σημείο αυτό επιλέγονται οι πλευρές που απαιτούνται.

Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται η διαφορά μετά τη δημιουργία του **Draft**



Εικόνα 1