

Τ.Ε.Ι ΣΕΡΡΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Σπουδάστρια: Δημητρακούδη Αθανασία

Εισηγητής: Καθ. Κων/νος Δαυΐδ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Σχεδιασμός και κατασκευή
πειραματικής διάταξης "Quick – stop"
για την μελέτη του μηχανισμού
δημιουργίας αποβλίττου στο
τορνάρισμα

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1: ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1	Γενικά στοιχεία.....	1
1.2	Σκοπός της εργασίας.....	2

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: ΣΤΑΘΜΗ ΓΝΩΣΕΩΝ

2.1	Μηχανισμός δημιουργίας αποβλίπτου κατά την κοπή.....	4
2.2	Πρότυπες πειραματικές διατάξεις.....	9
2.3	Σχεδιασμός Μηχανολογικών Διατάξεων.....	13

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗΣ ΔΙΑΤΑΞΗΣ

3.1	Μοντελοποίηση	30
3.2	Συναρμολόγηση Διάταξης	62

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4: ΑΝΑΛΥΣΗ

4.1	Κινηματική ανάλυση και Ανάλυση Πεπερασμένων Στοιχείων.....	67
-----	--	----

Συμπεράσματα	78
---------------------------	-----------

Βιβλιογραφία	79
---------------------------	-----------

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1
ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1 Γενικά στοιχεία

Στις μέρες μας η βιομηχανική παραγωγή αυξήθηκε, οι απαιτήσεις έχουν αύξηση ως προς την ποιότητα παραγωγής και την ελάττωση του χρόνου παραγωγής. Ενώ αντίστοιχα η αξία κατασκευής πρέπει να ελαχιστοποιείται. Οι κατεργασίες που γίνονται στην βιομηχανία είναι πολλές και ποικίλουν, αυτές σχετίζονται με μια ικανή παραγωγή, παρόλα αυτά η βιομηχανία αναζητάει πάντα καινούργιους τρόπους παραγωγής ακόμη και κερδοφόρους ώστε να εξασφαλίζουν ακόμα και ποιοτική και ποσοτική παραγωγή. Για την βελτίωση της παραγωγής διεξάγονται πολλές έρευνες και μελέτες. Με την μελέτη κάθε φορά μπορούμε να βρίσκουμε και να πετυχαίνουμε την βέλτιστη διεργασία παραγωγής για την διεργασία που χρειαζόμαστε. Εμείς μελετάμε τους τρόπους δημιουργίας αποβλήτου μιας και πολλές μελέτες έχουν γίνει πάνω σε αυτόν τον τομέα. Μας ενδιαφέρει η κατανόηση δημιουργίας αποβλήτου και η σωστή αποκόλληση αυτού από το κατεργαζόμενο δοκίμιο έτσι ώστε να έχουμε την καλύτερη ποιότητα στο δοκίμιο και η διεργασία να γίνεται χωρίς φθορές στο κοπτικό μας εργαλείο. Βλέπουμε κάτω από ποιες συνθήκες γίνεται η διεργασία κοπής, ορίζουμε την ταχύτητα κοπής, τις συνθήκες κατεργασίας το βάθος κοπής το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το κοπτικό μας εργαλείο, το υλικό από το οποίο είναι κατασκευασμένο το κατεργαζόμενο δοκίμιο.

Στην εργασία μας αναφερόμαστε στις συσκευές quick stop, είναι κατασκευές με τις οποίες μπορούμε να απομακρύνουμε το κοπτικό μας εργαλείο άμεσα από το δοκίμιο που κατεργαζόμαστε ώστε να μελετήσουμε το απόβλητο που δημιουργήθηκε και έχει μείνει στο δοκίμιο. Υπάρχουν διάφοροι τύποι συσκευών quick stop, σαν μελέτη στην εργασία μας θα σχεδιάσουμε και κατασκευάζουμε την μηχανική συσκευή η οποία σταματάει την λειτουργία του κοπτικού με την βοήθεια μιας δύναμης.

Η σχεδίαση και η μελέτη της συσκευής γίνεται με την βοήθεια της τεχνολογίας των υπολογιστή. Με αυτόν τον τρόπο έχουμε την ανάπτυξη του σωστού προϊόντος στον ελάχιστο δυνατό χρόνο μιας και μπορούμε να κάνουμε γρήγορα τις διεργασίες και να ελέγξουμε το αν το δοκίμιο που κατασκευάζουμε αντέχει στις φορτίσεις που θα δέχεται κατά την λειτουργία του. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιούμε για την σχεδίαση της συσκευής είναι το Computer Aided Design-CAD, είναι ένα πρόγραμμα 3διάστατης σχεδίασης που μας δίνει το πραγματικό προϊόν, στην συνέχεια. Έχοντας σχεδιασμένη την κατασκευή μας την δοκιμάζουμε για να δούμε εάν η λειτουργία της είναι εφικτή ή αν θα χρειαστεί κάποια αλλαγή στο σχεδιασμό της. Με την βοήθεια του προγράμματος ANSYS workbench(CAE) γίνεται η ανάλυση της αντοχής. Κάνουμε έλεγχο καλής λειτουργίας, κινηματικό έλεγχο στα κινητά μέρη της όπως αν με την μετακίνηση τις κινητής πλάκας μετακινούνται σωστά και τα ελατήρια και αντίστοιχα το κοπτικό εργαλείο.

1.2 Σκοπός της Εργασίας

Στα πλαίσια της παρούσης πτυχιακής γίνεται τρισδιάστατος σχεδιασμός, μελέτη και κατασκευή πειραματικής διάταξης "Quick-Stop". Η διάταξη αφορά ειδική μανέλα τερματισμού, η οποία μέσω αυτοματισμού απομακρύνει το κοπτικό εργαλείο από τη θέση κοπής, προκειμένου να διακοπεί ακαριαία η κατεργασία του δοκιμίου. Με το τρόπο αυτό είναι δυνατή η μελέτη του μηχανισμού δημιουργίας αποβλήτου στο τερματισμό ορθογωνικής κοπής μέσω αυτής της τεχνικής. Μετά την κατασκευή της πειραματικής διάταξης θα διεξαχθεί σειρά πειραμάτων κάτω από διαφορετικές συνθήκες κοπής, προκειμένου να αξιολογηθεί η αποτελεσματικότητά της. Επίσης θα αναλυθούν τα αποτελέσματα των κατεργασιών σχετικά με τον μηχανισμό δημιουργίας του αποβλήτου.



Εικόνα 1 : μηχανισμός Quick stop

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2
ΣΤΑΘΜΗ
ΓΝΩΣΕΩΝ

2.1 Μηχανισμός δημιουργίας αποβλίττου κατά την κοπή

Η ευρύτερα χρησιμοποιούμενη εργαλειομηχανή με απλή σημειακή επαφή είναι ο τόρνος. Το προς κατεργασία τεμάχιο προσδένεται στο σφικτήρα τεμαχίων(τσοκ), ο οποίος περιστρέφεται μέσω του μηχανισμού κίνησης της κεφαλής το τόρνου. Το εργαλείο τοποθετείται στον εργαλειοδέτη που έχει τη δυνατότητα να ρυθμίζει τις θέσεις του εργαλείου σε σχέση με το κατεργάσιμο αντικείμενο. Η πρόωση του εργαλείου επιτυγχάνεται με την ολίσθηση του εργαλειοφορείου, όπου είναι τοποθετημένος ο εργαλειοδέτης, στο τραπέζι του τόρνου. Σπουδαίο ρόλο παίζει η στιβαρότητα του όλου συστήματος, ώστε να παραλαμβάνονται οι αναγκαίες δυνάμεις κοπής και να εξασφαλίζεται η χωρίς δονήσεις λειτουργία. Ουσιώδη σημασία για την κοπή έχει η γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου. Ανεξάρτητα από την κατεργασία, το κοπτικό εργαλείο καθορίζεται από ορισμένα χαρακτηριστικά γεωμετρικά μεγέθη. Σε ένα κοπτικό εργαλείο μπορεί να διακρίνει κανείς δυο κοπτικές πλευρές, την κύρια και τη δευτερεύουσα.

Οι τρεις κυριότερες γωνίες του κοπτικού εργαλείου είναι:

- Η γωνία ελευθερίας (α), που σχηματίζεται από την ελεύθερη επιφάνεια του ΚΕ και την κατεργασμένη επιφάνεια. Επιτρέπει τη μείωση της τριβής μεταξύ του κατεργάσιμου τεμαχίου και του εργαλείου στις περιοχές του εργαλείου που πρόσκεινται στις δυο κόψεις του. Στην πράξη, η γωνία ελευθερίας κυμαίνεται μεταξύ $5^\circ - 15^\circ$.
- Η γωνία αποβλίττου (γ), που σχηματίζεται από την επιφάνεια αποβλίττου και το κάθετο επίπεδο στην κατεργασμένη επιφάνεια, που διέρχεται από την κόψη του ΚΕ και ελέγχει αποτελεσματικά την κοπή. Μπορεί να είναι θετική, αρνητική ή μηδενική. Αύξηση της γωνίας αποβλίττου έχει σα συνέπεια τη μείωση των δυνάμεων κοπής. Πλην όμως, σε μεγάλες γωνίες αποβλίττου το κοπτικό εργαλείο γίνεται πιο αιχμηρό με αποτέλεσμα την υπερθέρμανση και φθορά της αιχμής για την ελάττωση της αντοχής του. Στην πράξη, η γωνία αποβλίττου κυμαίνεται μεταξύ 0° (για ψαθυρά υλικά) και 20° (για όλκιμα υλικά). Σε μεγάλες ταχύτητες κοπής και μικρή διατομή αποβλίττου η γωνία γ λαμβάνει αρνητικές τιμές.
- Η γωνία σφήνας (β), που σχηματίζεται από την ελεύθερη επιφάνεια και από την επιφάνεια αποβλίττου. Πρέπει λοιπόν να ισχύει $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$.
- Η γωνία τοποθέτησης (κ) που επηρεάζει τη διάρκεια ζωής του εργαλείου και το μέγεθος της δύναμης κοπής, όπως θα παρουσιαστεί και παρακάτω. Με αύξηση της γωνίας τοποθέτησης αυξάνεται το πάχος του αποβλίττου και, συνεπώς, μειώνεται η δύναμη κοπής, ενώ με μείωση της γωνίας αυξάνεται το μήκος της κοπής και η επιφάνεια απαγωγής της θερμότητας κοπής, με συνέπεια την αύξηση του χρόνου ζωής του εργαλείου.

Οι βασικές συνθήκες κατεργασίας είναι:

- Η ταχύτητα κοπής, δηλαδή η σχετική ταχύτητα μεταξύ του κοπτικού εργαλείου και του κατεργάσιμου τεμαχίου αναφερόμενη στην κύρια κοπτική κίνηση κοπής (πχ. στον τόρνο είναι η γραμμική ταχύτητα του περιστρεφόμενου τεμαχίου).
- Το βάθος κοπής, δηλαδή τα βάθος διείσδυσης του κοπτικού εργαλείου.
- Η πρόωση, δηλαδή η σχετική κίνηση μεταξύ εργαλείου και τεμαχίου που προσφέρει σταθερά στο εργαλείο νέο υλικό προς κοπή. Συνήθως η κίνηση πρόωσης γίνεται από το κοπτικό εργαλείο ή το κατεργαζόμενο αντικείμενο ανάλογα με το είδος της εργαλειομηχανής.

Στον τόρνο, η πρόωση είναι η κατά την έννοια του άξονα περιστροφής μετακίνηση του κοπτικού εργαλείου ανά στροφή του αντικειμένου, ενώ στην πλάνη είναι η

μετατόπιση του τραπεζιού με το τεμάχιο κάθετα προς την κίνηση κοπής ανά διαδρομή της κεφαλής.

Σχηματισμός αποβλίττου

Γενικά, το απόβλιττο δημιουργείται από την κύρια κοπτική ακμή, τη μύτη του εργαλείου και ένα μικρό μέρος της δευτερεύουσας κοπτικής ακμής. Η ανάλυση θα περιοριστεί σε δύο μόνο διαστάσεις, όπως θα φανεί και στα σχήματα παρακάτω, σε μια διατομή κάθετη στην κοπτική ακμή. Αυτό ονομάζεται ορθογωνική κοπή. Οι εικόνες περιέχουν την κοπτική ακμή με τις αναφερόμενες γωνίες ελευθερίας και αποβλίττου. Με βάση το μηχανισμό σχηματισμού αποβλίττου το υλικό ρέει πάνω στο εργαλείο, στην πλευρά αποβλίττου, και διαχωρίζεται από το κυρίως τεμάχιο με πλαστική παραμόρφωση και σχηματίζει το απόβλιττο.

Απ' αυτόν εξαρτώνται βασικά μεγέθη της κοπής, όπως:

- Οι δυνάμεις κοπής.
- Η ισχύς κοπής.
- Η ποιότητα της κατεργασμένης επιφάνειας.
- Η φθορά και η διάρκεια ζωής του ΚΕ.
- Η απρόσκοπτη διεξαγωγή της κοπής.
- Η δυναμική συμπεριφορά του συστήματος ΕΜ-ΚΕ-ΤΕ.

Αντίστροφα, ο μηχανισμός σχηματισμού αποβλίττου επηρεάζεται από τους εξής παράγοντες:

- Υλικό ΤΕ.
- Υλικό και γεωμετρία ΚΕ.
- Συνθήκες κοπής.
- Δυναμικά χαρακτηριστικά του συστήματος ΕΜ-ΚΕ-ΤΕ.

Είδη αποβλίττου

Σύμφωνα με την κατάταξη του Ernst υπάρχουν 3 είδη αποβλίττου:

- Ασυνεχές απόβλιττο
- Συνεχές απόβλιττο
- Συνεχές απόβλιττο με ψευδοακμή

Χαρακτηριστικά του ασυνεχούς αποβλίττου

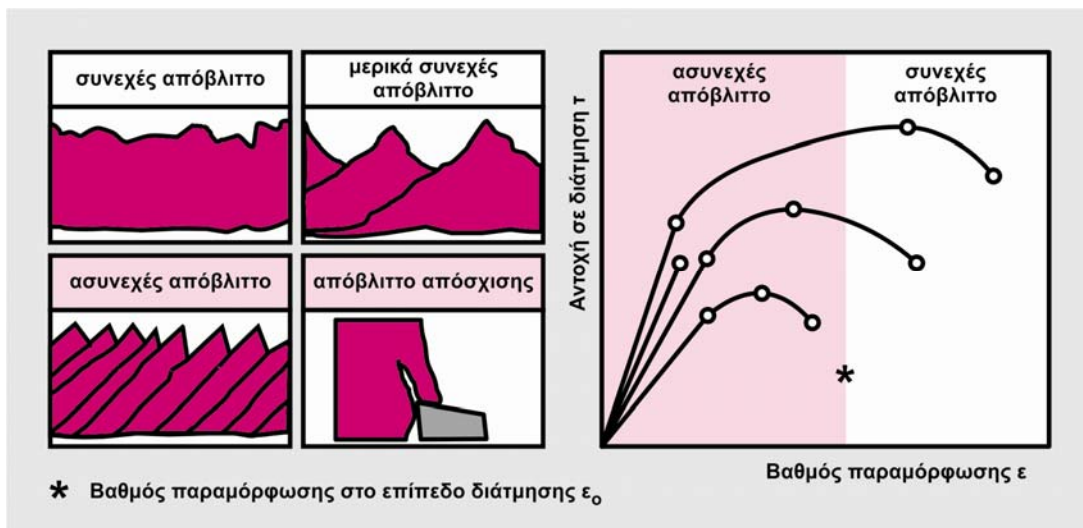
- Συναντάται κατά την κοπή ψαθυρών υλικών (χυτοσίδηρος, χυτός ορείχαλκος κλπ.)
- Μπροστά από την κόψη του ΚΕ το υλικό ΤΕ παραμορφώνετε ισχυρά και θραύεται στην πρωτεύουσα ζώνη παραμόρφωσης (ζώνη διάτμησης) σε σχεδόν ομοιόμορφα τμήματα μερικά ή ολικά.
- Ο σχηματισμός αυτός ευνοείται από:
 1. Πολύ χαμηλές ταχύτητες κοπής
 2. Υπερβολική ελάττωση της γωνίας αποβλίττου συνοδευόμενη από αύξηση του βάθους κοπής και της ταχύτητας πρόωσης
 3. Μη χρησιμοποίηση κατάλληλου υγρού κοπής
 4. Τυχόν εγκλείσματα στο κατεργαζόμενο υλικό.
- Οι επιπτώσεις στην κατεργασία από το σχηματισμό ασυνεχούς αποβλίττου μπορεί να είναι:
 1. Επιδείνωση της τραχύτητας της κατεργασμένης επιφάνειας (επιφανειακές ανωμαλίες και μικρορωγμές), με δυσμενή επίδραση στην αντοχή σε κόπωση του υλικού ΤΕ.
 2. Δημιουργία εξαναγκασμένης ταλάντωσης του συστήματος ΕΜ-ΚΕ-ΤΕ, λόγω του περιοδικού τεμαχισμού του αποβλίττου.
 3. Μικρό μήκος επαφής αποβλίττου/ΚΕ, με αποτέλεσμα την ανάπτυξη μικρότερων δυνάμεων κοπής αλλά και τον περιορισμό στην επιλογή της γεωμετρίας ΚΕ).

Χαρακτηριστικά του συνεχούς αποβλίττου

- Συναντάται κατά την κοπή όλκιμων υλικών (π.χ. σφυρήλατος σίδηρος, μαλακός χάλυβας, χαλκός, μόλυβδος κλπ.).
- Το υλικό ΤΕ μπροστά στην κόψη ΚΕ υφίσταται ισχυρή πλαστική παραμόρφωση σε διάτμηση και απομακρύνεται ως συνεχής ταινία κινούμενη πάνω στην επιφάνεια αποβλίττου του ΚΕ.
- Πρόκειται για το πιο επιθυμητό είδος αποβλίττου (βλ. κατωτέρω) όσον αφορά την εξέλιξη, την οικονομία και την ποιότητα της κοπής.
- Αύξηση της γωνίας αποβλίττου και της ταχύτητας κοπής, καθώς και χρήση κατάλληλου υγρού κοπής ευνοούν το σχηματισμό αυτό.

Χαρακτηριστικά συνεχούς αποβλίττου με ψευδοακμή

- Η ψευδοακμή είναι υλικό TE σε σχήμα ασύμμετρης σφήνας που έχει προκύψει λόγω ισχυρής καταπόνησης κατά επάλληλα λεπτά στρώματα, προσφυόμενα στην κόψη του ΚΕ και μεταξύ τους με μηχανισμούς συγκόλλησης πίεσης (συνδυασμός ισχυρών θλιπτικών φορτίων και συνθηκών τριβής με υψηλές θερμοκρασίες).
- Αποτελείται από υλικό εξόχως σκληρό που αυξάνεται συνεχώς σε μέγεθος μέχρι ενός κρίσιμου μεγέθους, οπότε και διασπάται (ψαθυρή συμπεριφορά).
- Τα τεμαχίδια από τη διάσπαση της ψευδοακμής προσκολλώνται στο απόβλιττο (προς το μέρος του ΚΕ) ή πάνω στην κατεργασμένη επιφάνεια (χειροτέρευση της ποιότητάς της).
- Η μορφολογία, τα χαρακτηριστικά και ο μηχανισμός σχηματισμού της ψευδοκόψης παρουσιάζονται
- Με την παρουσία της ψευδοκόψης έχουμε μετατόπιση της κοπτικής ακμής του ΚΕ (κακή διαστατική απόδοση του TE) αλλά συγχρόνως προστατεύεται η πραγματική κόψη (αύξηση της ΔZ του ΚΕ)
- Απλός τρόπος απομάκρυνσης της ψευδοκόψης επιτυγχάνεται με στιγμιαία απότομη αύξηση της ταχύτητας κοπής

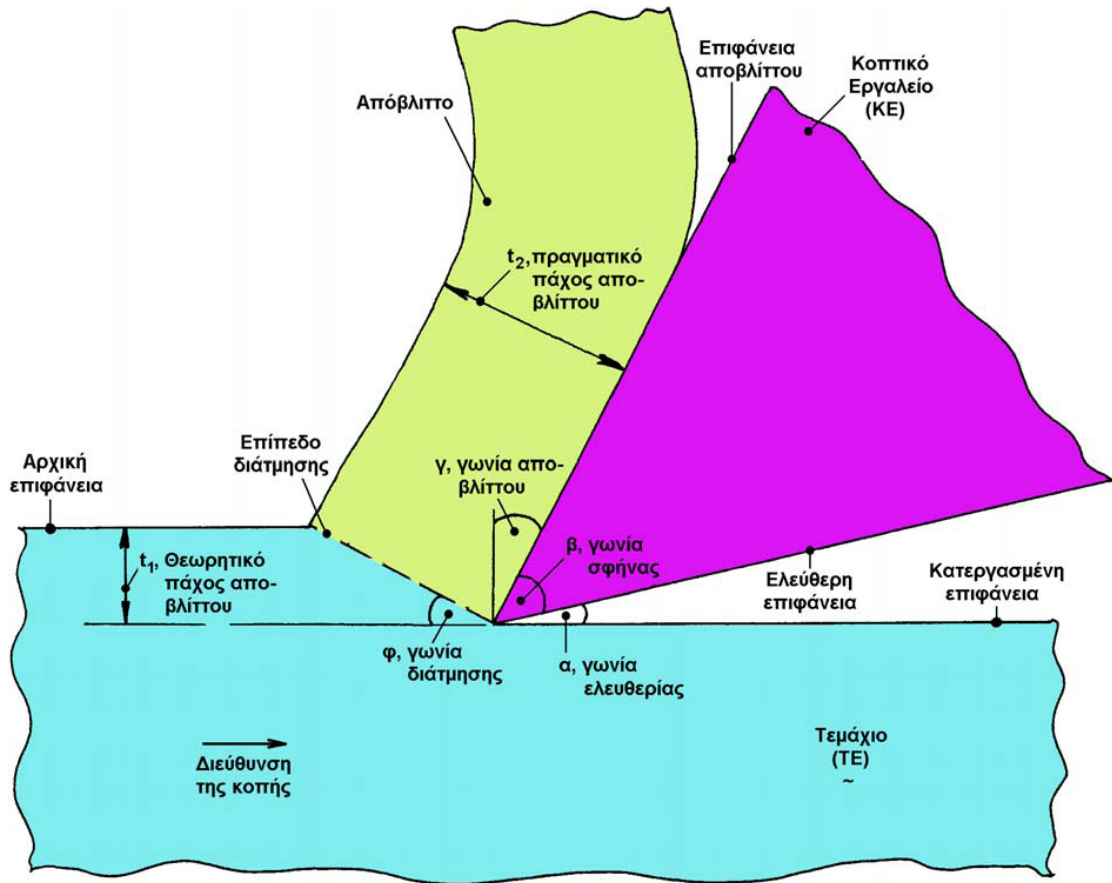


Εικόνα 2 : είδη αποβλίττου

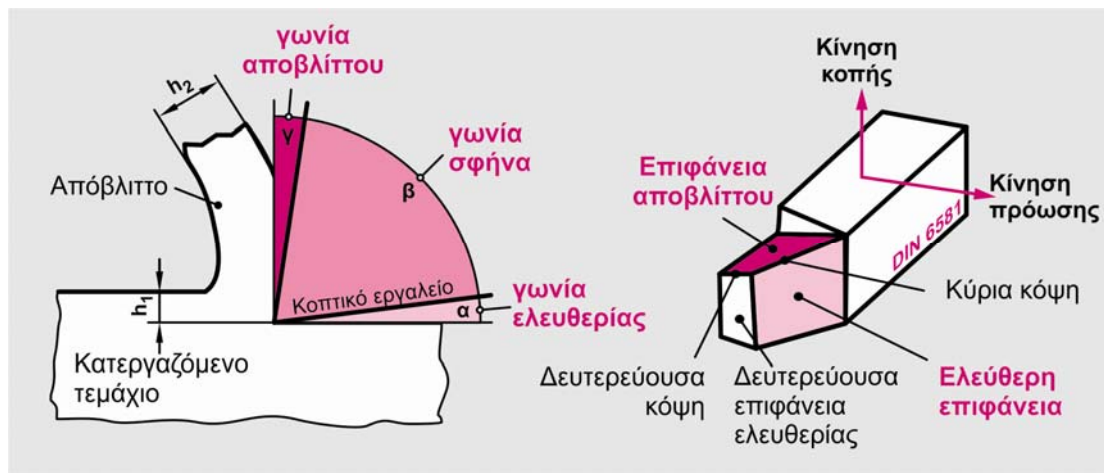
Βασικές υποθέσεις

1. Η κοπή να είναι συνεχής.
2. Ισχύει το πρότυπο ορθογωνικής κοπής.
3. Το ΚΕ είναι τελείως οξύ και εφάπτεται στο TE με την κόψη του.

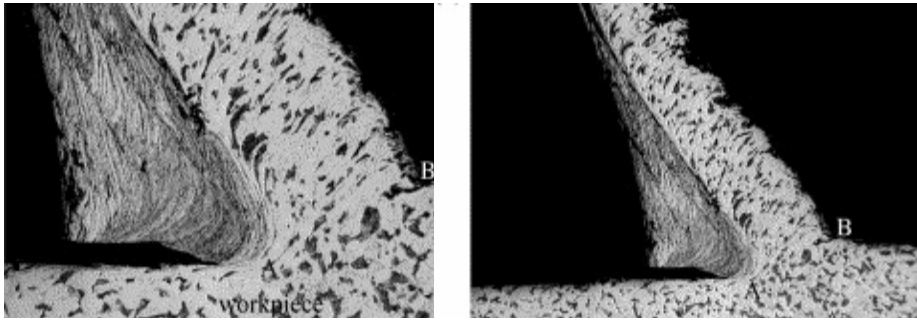
4. Η πλαστική ζώνη να πραγματοποιείται σε μια περιοχή πολύ μικρού πάχους που πρακτικά εξομοιώνεται προς επίπεδο.
5. Να μην σημειώνεται πλευρική ροή του αποβλίττου.



Εικόνα 3 : σχηματισμός γωνιών κατά την ορθογώνια κοπή



Εικόνα 4 : Επιφάνειες κοπτικού εργαλείου



Εικόνα 5 : σχηματισμός απόβλιπτου

2.2 Πρότυπες Πειραματικές Διατάξεις

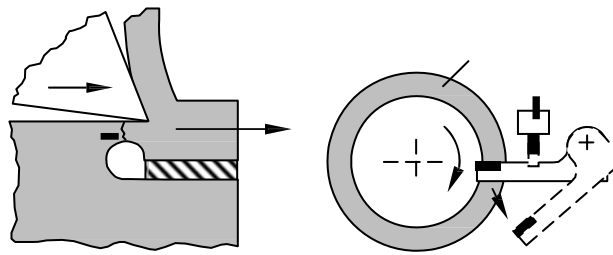
Υπάρχουν διάφοροι τύποι μηχανισμού Quick stop. Ο στόχος αυτών των συσκευών είναι να μπορεί να διακοπή η κατεργασία στο τόρνο απότομα, σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα έτσι ώστε να μπορούμε να μελετήσουμε την δημιουργία απόβλιπτου.

Οι μέθοδοι quick stop είναι οι εξής : Συσκευή που λειτουργεί με πίεση του αέρα. Συσκευή που ενεργοποιείται με την σύγκρουση από ένα σφυρί ή απλή μηχανική συσκευή QSD. Σύγκρουση με τη άκρη του εργαλείου με κάποια εξωτερική πηγή ενέργειας. Σπάσιμο με έκρηξη υπερπίεσης. Η συσκευή που λειτουργεί με ηλεκτρομαγνητισμό EQSD

Ορισμένα επιθυμητά χαρακτηριστικά τις λειτουργίας της απόδοσης ενός Q.S.D. είναι :

1. Ο χρόνος που απαιτείται για την διαδικασία διαχωρισμού του τεμαχίου από το κοπτικό θα πρέπει να είναι όσο το δυνατόν μικρότερος.
2. Η γεωμετρική και η μεταλλουργική αλλαγή του αποβλίπτου και τις επιφάνειες του κομματιού που προέκυψαν από τη δράση της συσκευής θα πρέπει να περιορίζονται στο ελάχιστο.
3. Διαταραχή, όπως δονήσεις, που ενδέχεται να προκύψουν κατά τη διαδικασία τεμαχισμού από τη δράση της συσκευής πρέπει να είναι ελάχιστη.

4. Η συσκευή θα πρέπει να λειτουργήσει ως εργαλείο για μια θέση που έχει καλά στατικά και δυναμικά χαρακτηριστικά.
5. Η συσκευή πρέπει να είναι ασφαλή και εύκολη στη χρήση, και να προσαρμόζεται εύκολα στα εμπορικά μηχανήματα.
6. Η επαναφορά θα πρέπει να είναι σύντομη.
7. Η συσκευή πρέπει να είναι αξιόπιστη και παρέχει επιθυμητά αποτελέσματα.



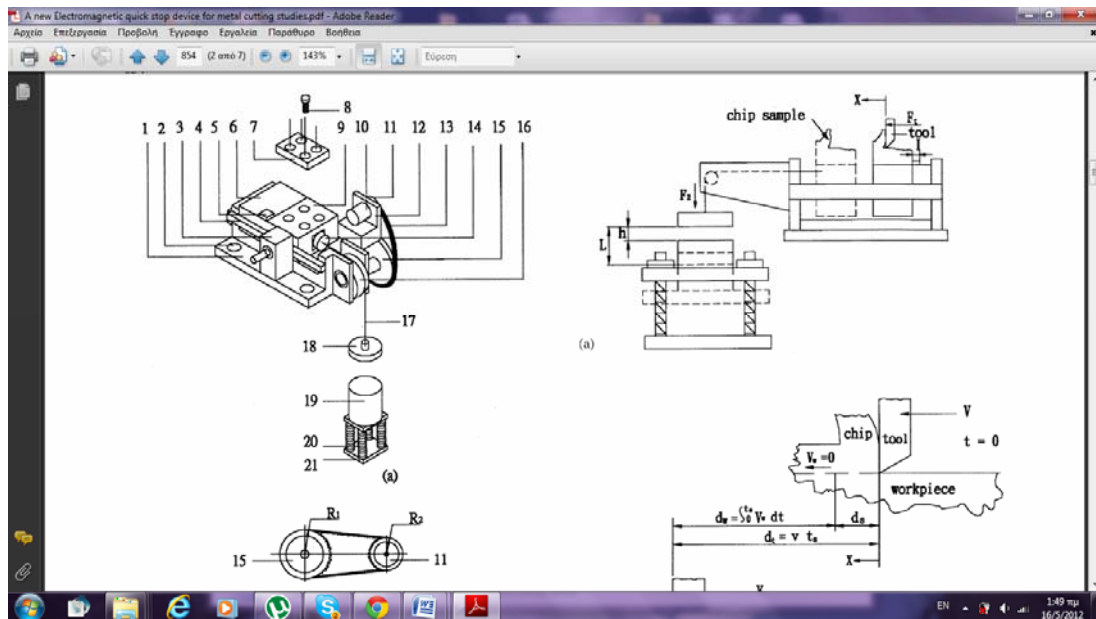
Εικόνα 6

Κάποιοι ερευνητές χρησιμοποίησαν κάποια εξωτερική πηγή ενέργειας για να επηρεάσουν το εργαλείο, το σπάσιμο της διατμητικής σφήνας και την απότομη μετακίνηση του εργαλείου μακριά από το κατεργαζόμενο δοκίμιο. Μερικά QSDs περιέχουν πυρίτιδα, η οποία δρα άμεσα είτε στο εργαλείο συγκράτησης που το μπλοκάρει ή σε μια βίδα που κρατά το εργαλείο. Αλλά η επιτάχυνση θα είναι ανομοιόμορφη, η αρχική τιμή είναι μικρότερη από τις τιμές επιτευχθεί σε μεταγενέστερο στάδιο της διαδικασίας. Για αυτές τις QSD σχεδιάστηκε ένας εκρηκτικός εμπορικός κινητήρας. Ο χρόνος της πλήρους επαναφοράς του εργαλείου και η δυναμική ευστάθεια κατά τη διάρκεια της κοπής είναι τα κριτήρια για την αξιολόγηση της λειτουργίας της.

Η συσκευή που λειτουργεί με ηλεκτρομαγνητισμό EQSD αποτελείται από το σώμα της συσκευής όπως και οι μηχανικές διατάξεις και από το ηλεκτρικό κύκλωμα που χρειάζεται για τον έλεγχο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί είτε στην οριζόντια είτε στην κάθετη διαμόρφωση δειγματοληψίας αποβλήτου.

Ο πρώτος ηλεκτρομαγνήτης κρατάει τον σφιγκτήρα που είναι τοποθετημένο στο δοκίμιο μας και το εργαλείο είναι στην αρχική του θέση με την ενεργοποίηση του διακόπτη ενεργοποιείται ο δεύτερος ηλεκτρομαγνήτης και απενεργοποιείται ο πρώτος σε αυτήν την φάση ο σφιγκτήρας καθοδηγείται από τον δεύτερο ηλεκτρομαγνήτη και τον τραβά με την βοήθεια του σύρματος μακριά από το κοπτικό εργαλείο, η διεργασία γίνεται πολύ γρήγορα με αποτέλεσμα να διακόπτετε στιγμιαία η κοπή δράσης του εργαλείου

Στο σχήμα φαίνεται η διάταξη της συσκευής.



Εικόνα 7

Η καθαρά μηχανική συσκευή είναι απλή και ασφαλής. Είναι μια νέα, απλή και αποτελεσματική γρήγορη συσκευή διακοπής που αναπτύχθηκε για τη μελέτη του αποβλίττου χωρίς να χρειάζεται κάποιο εκρηκτικό ,σπάσιμο του κοπτικού ή ηλεκτρομαγνήτης.

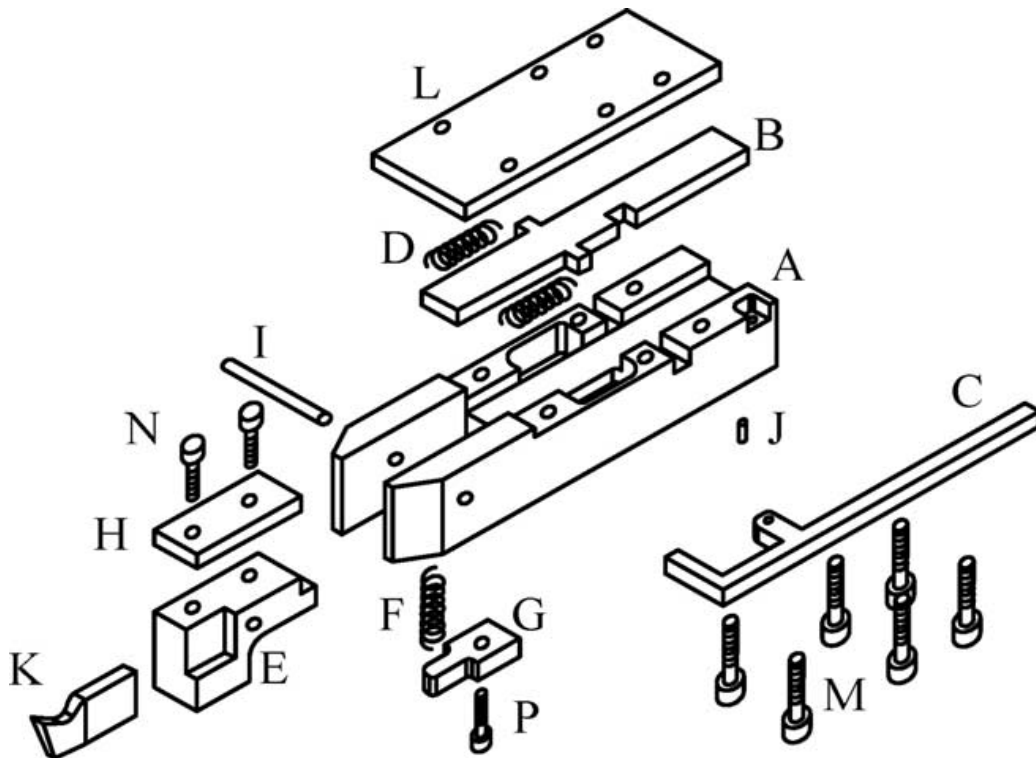
Ο σχηματισμός αποβλίττου είναι η θεμελιώδης και πολύ περίπλοκη διαδικασία κοπής μετάλλων. Στη μηχανική, καθώς προχωράει η κοπή το υλικό μπροστά από το εργαλείο κοπής παραμορφώνεται, στη πρώτη πρωτοβάθμια διατμητική ζώνη και στη συνέχεια στη δευτεροβάθμια διάτμηση ζώνη. Το υλικό που περιέχεται σε αυτές τις ζώνες αποτελεί την ρίζα του αποβλίττου. Η διαδικασία κοπής σταματάει ξαφνικά, η σχετική ταχύτητα μεταξύ του τεμαχίου και του εργαλείου μηδενίζει, αφήνοντας ένα μικρό απόβλιττου συνημμένο το τεμάχιο κατεργασίας. Είναι σημαντικό για ένα QSD να απομακρύνετε το εργαλείο από την κοπή άμεσα

Η κατασκευή της μηχανικής συσκευής QSD είναι απλή και εύκολα. Όλα τα εξαρτήματα μπορούν να κατασκευαστούν σε θεμελιώδεις εργαλειομηχανές σε οποιοδήποτε μηχανουργείο. Το βάρος και όγκος της συσκευής είναι μικρό. Η λειτουργία της συσκευής είναι πολύ απλή.

Η διάταξη της συσκευής

Το εργαλείο αποκοπής (K) να είναι στερεωμένο στη θέση εργαλείου(E) και με τη βοήθεια της πλάκας (H) και της βίδας (N). Αυτό αποτελεί την Μονάδα εργαλείου (KEHN) και συνδέεται με το σώμα της συσκευής(A) μέσω τις σφήνας (I) ,και για να συγκρατούνται στη θέση τους έρχεται σε επαφή με τη συρόμενη πλάκα(B). Η

συρόμενη πλάκα μπορεί να κυκλοφορεί ελεύθερα εντός του χώρου μέσα στο αυλάκι που υπάρχει στο σώμα της συσκευής και συγκρατείτε στη θέση με την βοήθεια τις πλάκας(L) που είναι το κάλυμμα. Το κάλυμμα στερεώνεται στο σώμα της συσκευής από τις έξι βίδες (M). Ο μοχλός (C) είναι στερεωμένος στο σώμα της συσκευής από τον πείρο(J). Όλα τα εξαρτήματα είναι κατασκευασμένα από ανοξείδωτο ατσάλι για να αρέχουν αρκετή ανοχή και ακαμψία.

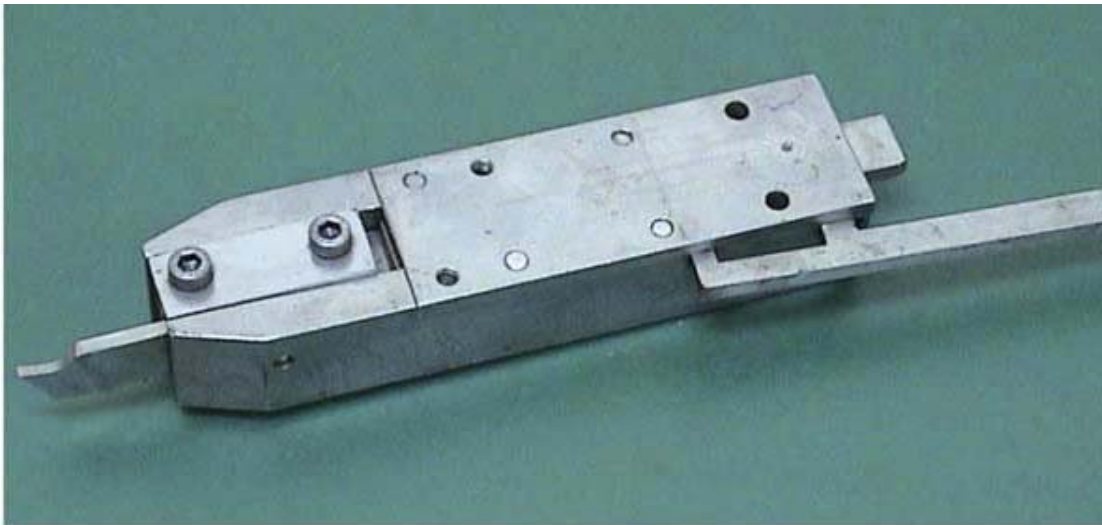


Εικόνα 8

Αρχή λειτουργίας αυτής της συσκευής περιγράφεται ως εξής.

Κατά τη διάρκεια της διαδικασίας κοπής, η συσκευή στερεώνεται στο στήριγμα του εργαλείου του τόννου όπως ένα συμβατικό εργαλείο στροφής. Η δύναμη κοπής που ασκείται στο εργαλείο μεταφέρετε από τη συρόμενη πλάκα (B), η πλάκα στο μοχλό ενεργοποίησης (C), μιας και τα δυο βρίσκεται στο σώμα της συσκευής (A) και περιορίζονται από το κάλυμμα (L). Εάν ο μοχλός περιστρέφεται ξαφνικά από εμάς, το τέλος αυτού του μοχλού απομακρύνεται από την εγκοπή τις συρόμενης πλάκας, αφήνοντας έτσι τη πλάκα (B) ελεύθερα να γλιστρήσει πάνω στο σώμα της συσκευής και να επιταχυνθεί από τα δύο ελατήρια (D). Για να μειωθεί η τριβή κατά την κίνηση, το λιπαντικό απλώνεται ομοιόμορφα στις συρόμενες επιφάνειες πριν από κάθε δοκιμή. Μόλις η πλάκα ολίσθησης απομακρύνεται από την αρχική θέση, η κινητή μονάδα του εργαλείου περιστρέφεται ξαφνικά, στο πλαίσιο της δράσης της ισχύς τις κοπής από το τεμαχίου και από την δύναμη ώθησης από το ελατήριο. (F). Το ελατήριο(F)

αρχικά συμπιέζεται ανάμεσα στο σώμα της συσκευής και την πλάκα (F), το οποίο στερεώνεται στο σώμα της συσκευής με βίδα (P). Η απότομη εναλλαγή της κινητής μονάδας εργαλείου σταματά τη διεργασία κοπής απότομα, αφήνοντας το παραμορφωμένο απόβλιπτο συνδεδεμένο με το τεμαχίου. Έτσι, αυτό το απόβλιπτο μπορεί να χρησιμοποιηθεί σαν δείγμα.



Εικόνα 9 :αρχική θέση



Εικόνα 10 : θέση μετά την μετακίνηση του μοχλού

2.3 Σχεδιασμός Μηχανολογικών Διατάξεων

Τρισδιάστατος σχεδιασμός κατασκευών με Η/Υ.

Η ανάπτυξη των συστημάτων σχεδιομελέτης και παραγωγής με χρήση Η/Υ, CAD/CAM, ξεκίνησε τη δεκαετία του '60, κυρίως από τους μεγάλους χρήστες στην αυτοκινητοβιομηχανία και την αεροπορική βιομηχανία. Κύριος στόχος αυτών των συστημάτων ήταν η μοντελοποίηση επιφανειών ελεύθερης μορφής και στη συνέχεια η κατεργασία τους σε εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης. Οι εταιρείες εκείνη την περίοδο κρατούσαν την ανάπτυξη μυστική και η καθεμιά δούλευε ανεξάρτητα από τις άλλες. Η πιο σημαντική ανάπτυξη αυτή την περίοδο ήταν από τους PierreBezier (Renault), PauldeCasteljau (Citroen), StevenAnsonCoons (MIT, Ford), JamesFerguson (Boeing), CarldeBoor (GM), Birkhoff (GM), Garibedian (GM), W. Gordon (GM) και R. Riesenfeld. Το 1963, ο Ivan Sutherland στο MIT αναπτύσσει το σύστημα SKETCHPAD που αποτελεί και την πρώτη εφαρμογή CAD. Στο SKETCHPAD χρησιμοποιείται για πρώτη φορά η γραφική επικοινωνία του χρήστη με το σύστημα με πένα φωτός και οθόνη καθοδικών ακτινών. Ήταν ένα πρωτότυπο σύστημα γραφικής επικοινωνίας του χρήστη με το σύστημα, που αποτελεί και το πιο απαραίτητο συστατικό ενός συστήματος CAD.

Ορισμός σχεδιομελέτης με χρήση υπολογιστή – CAD. Ως σχεδιομελέτη και παραγωγή με χρήση υπολογιστή ορίζεται η χρήση της τεχνολογίας των υπολογιστών σε όλα τα στάδια ανάπτυξης του προϊόντος και ιδιαίτερα στη δημιουργία, μεταβολή, ανάλυση, βελτιστοποίηση της μορφής και τον προγραμματισμό των παραγωγικών διαδικασιών του προϊόντος. Στηρίζεται κυρίως στην τεχνολογία των γραφικών, των βάσεων δεδομένων, της μαθηματικής μοντελοποίησης, της προσομοίωσης και του ελέγχου των δεδομένων, και αποσκοπεί στη δημιουργία ενός ψηφιακού μοντέλου του προϊόντος, που περιγράφει όλο τον κύκλο ανάπτυξης και εισαγωγής του προϊόντος στην αγορά. Βασικός παράγοντας στη διαδικασία της σχεδιομελέτης είναι η δημιουργία του γραφικού μοντέλου του προϊόντος, με τα συστήματα μοντελοποίησης με υπολογιστή (Computer Aided Design-CAD), που στη συνέχεια θα χρησιμοποιηθεί σε μια σειρά από κάθετες εφαρμογές, όπως:

- Παρουσίαση του προϊόντος στον πελάτη με χρήση τεχνικών φωτορεαλισμού. Στο ψηφιακό προϊόν μπορεί να γίνει απόδοση της υφής και του χρώματος των επιφανειών, να γίνει προσομοίωση σε υπολογιστή των συνθηκών λειτουργίας και φωτισμού και να ενοποιηθεί στον τελικό χώρο λειτουργίας με χρήση εικόνων ή άλλων μοντέλων αντικειμένων από το φυσικό ή το τεχνητό περιβάλλον.
- Προγραμματισμό των παραγωγικών διαδικασιών, κυρίως σε μηχανές ψηφιακής καθοδήγησης (Computer Numerical Control-CNC), με χρήση των συστημάτων σχεδιασμού παραγωγής με χρήση υπολογιστή - Computer Aided and Manufacture-CAM). Τα συστήματα CAM μπορούν να προσομοιώσουν την κίνηση του κοπτικού εργαλείου της εργαλειομηχανής και να ελέγξουν τη μορφή του μοντέλου και την ακρίβεια της κατεργασίας πριν από την πραγματική εκτέλεση των κατεργασιών στην εργαλειομηχανή.

- Ανάλυση και βελτιστοποίηση μορφής και λειτουργίας με χρήση των συστημάτων μοντελοποίησης και ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία (Computer Aided Engineering-CAE, Finite Elements Modelling-FEM) για μια πληθώρα εφαρμογών, όπως τον έλεγχο αντοχής, τη συμπεριφορά σε ροή, την κατεργασιμότητα, κ.λπ. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται γραφικά στην οθόνη, για αξιολόγηση του αποτελέσματος και βελτιστοποίηση της μορφής ή των λειτουργικών χαρακτηριστικών του προϊόντος, ή της κατεργασίας παραγωγής του.
- Ταχεία παραγωγή πρωτοτύπου και παραγωγή του προϊόντος (Rapid Prototyping and Manufacturing). Παραγωγή πρωτοτύπων ή τελικών προϊόντων άμεσα από το τρισδιάστατο μοντέλο CAD, με χρήση ειδικών μηχανών και σε μικρή ποσότητα παραγωγής, με σκοπό την παρουσίαση ή τη δοκιμή του πρωτοτύπου, ή την παραγωγή μικρών ποσοτήτων παραγωγής.
- Ανάλυση της λειτουργικότητας του πρωτοτύπου με τη χρήση τεχνικών εικονικής πραγματικότητας (εικονικό ή πλασματικό πρωτότυπο - Virtual Prototype), με κύριο στόχο τη μείωση ή ακόμα και εξάλειψη του αριθμού των απαιτούμενων φυσικών πρωτοτύπων καθώς και για την αξιολόγηση των τεχνικών λύσεων σε πρώιμο στάδιο. Η ανάλυση αυτή μπορεί να συνδυαστεί με άλλα συστήματα ανάλυσης και συστήματα φωτορεαλισμού για την προσομοίωση και αξιολόγηση των λειτουργικών χαρακτηριστικών του πρωτοτύπου.
- Επικοινωνία μεταξύ συνεργαζόμενων ομάδων σε τοπικό ή σε απομακρυσμένο δίκτυο. Η ανάπτυξη του προϊόντος είναι αποτέλεσμα συλλογικής δράσης ομάδων εργασίας που μπορεί να μη βρίσκονται στον ίδιο χώρο εργασίας. Οι εφαρμογές αυτές συνεισφέρουν στην καλύτερη επικοινωνία της ομάδας και προσφέρουν ανταλλαγή δεδομένων για τη μεταφορά των μοντέλων, ανταλλαγή εικόνων, μεταφορά αποτελεσμάτων και απομακρυσμένη χρήση ειδικών προγραμμάτων, μεταξύ διαφορετικών χρηστών, ομάδων ή διαφορετικών συστημάτων.
- Ανάλυση της μεθόδου παραγωγής, με τη χρήση τεχνικών εικονικής πραγματικότητας (εικονική ή πλασματική παραγωγή και συναρμολόγηση, virtual manufacturing και virtual assembly), όπου μπορεί να γίνει προσομοίωση όλης της γραμμής παραγωγής ή της γραμμής συναρμολόγησης, για την αξιολόγηση της μεθόδου παραγωγής ή της δυνατότητας συναρμολόγησης σε πρώιμο στάδιο πριν από κάθε παραγγελία οδηγών, σφικτήρων, ιδιοσυσκευών ή εργαλείων και άλλων αυτοματοποιημένων συστημάτων.

Βασικός σκοπός της χρήσης όλων των συστημάτων σχεδιομελέτης και παραγωγής με υπολογιστή είναι η ανάπτυξη των «σωστών» προϊόντων από την αρχή, στον ελάχιστο δυνατό χρόνο ανάπτυξης. Η χρήση τους, σε συνδυασμό με τις συγγενείς προς αυτά τεχνολογίες και μεθοδολογίες για την ανάπτυξη του προϊόντος, μπορεί να μειώσει τον αριθμό των σφαλμάτων και των μη επιθυμητών διορθώσεων και επαναλήψεων σε όλη τη διαδικασία ανάπτυξης, να βελτιώσει τον έλεγχο του προϊόντος σε πρώιμο στάδιο ανάπτυξης, πριν από την εισαγωγή του στην αγορά και τη χρήση του από τον πελάτη, συνδυάζοντας μείωση του κόστους και του χρόνου

ανάπτυξης. Αποτελούν ίσως την πιο σημαντική και απαραίτητη τεχνολογία για την ανάπτυξη κάθε προϊόντος.

Η τεχνολογία σχεδιομελέτης - παραγωγής με υπολογιστή στην ανάπτυξη του προϊόντος. Η ανάπτυξη ενός προϊόντος είναι μια σύνθετη διαδικασία που ακόμα και για σχετικά απλά προϊόντα διαρκεί μεγάλο χρονικό διάστημα και συνήθως εκτελείται από μια διατμηματική ομάδα ανάπτυξης, ώστε να παραχθεί το σωστό προϊόν πριν από την εισαγωγή του στην αγορά. Στην ανάπτυξη ενός προϊόντος χρησιμοποιούνται διάφορα εργαλεία λογισμικού, πολλά από τα οποία αποτελούν και προϊόν ίδιας ανάπτυξης από τις εταιρείες που αναπτύσσουν τα προϊόντα. Σε μεγάλα έργα αναφέρονται περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται περισσότερα από 100 εργαλεία λογισμικού. Η τεχνολογία του CAD/CAM ξεκίνησε άλλωστε και αυτή από την ίδια ανάπτυξη των εταιρειών και στη συνέχεια δημιουργήθηκαν οι ειδικευμένες εταιρείες παροχής των συστημάτων. Δεν είναι τυχαίο το γεγονός ότι οι μεγαλύτεροι προμηθευτές συστημάτων είναι ή ήταν θυγατρικές εταιρειών αυτοκινητοβιομηχανίας, αεροπορικής βιομηχανίας ή ηλεκτρονικών (CATIA-DASSAULT, UG-MCDONNELL, SIEMENS, Κ.ά.).

Τα στάδια ανάπτυξης ενός προϊόντος διακρίνονται σε τέσσερις κύριες φάσεις, ο προσδιορισμός, η σχεδιομελέτη, το πρωτότυπο και η παραγωγή του προϊόντος. Τα τέσσερα αυτά στάδια δεν είναι ανεξάρτητα μεταξύ τους. Υπάρχει επικάλυψη και συνεχής ανταλλαγή πληροφορήσης, τόσο προς τα μετέπειτα στάδια, όσο και από τα μετέπειτα προς τα προηγούμενα στάδια μετά την ολοκλήρωσή τους. Αποφάσεις και επιλογές που λαμβάνονται στα πρώτα στάδια επηρεάζουν τις εργασίες στα επόμενα στάδια, και συχνά από την εκτέλεση των τελευταίων εργασιών πρέπει να αλλάξουν οι αρχικές αποφάσεις και επιλογές, όπως υλικά, ακρίβεια, ανοχές, κ.λπ. Όσο περισσότερο προχωράει η διαδικασία της ανάπτυξης, τόσο περισσότερο είναι και το τεχνικό έργο που απαιτείται και τόσο πιο έντονη είναι η χρήση ειδικευμένων εργαλείων σχεδιομελέτης με υπολογιστή.

Στο στάδιο του προσδιορισμού, δημιουργείται η πρώτη μορφή και η διάταξη του προϊόντος που αντιστοιχεί στη νέα ιδέα που υφίσταται και που έχει αξιολογηθεί θετικά για περαιτέρω ανάπτυξη ή την αλλαγή/διόρθωση/εξέλιξη ενός υπάρχοντος προϊόντος. Συνήθως περιλαμβάνει την έρευνα της αγοράς, την καταγραφή των απαιτήσεων του πελάτη, τη σύνταξη των προδιαγραφών, τη μελέτη του ανταγωνισμού, την ανάπτυξη εναλλακτικών μορφών του προϊόντος, την επιλογή της βέλτιστης μορφής σύμφωνα με τις απαιτήσεις του πελάτη και τη δημιουργία της διάταξης του προϊόντος σε επίπεδο υποσυστημάτων και διεπαφών σύμφωνα με τη στρατηγική της εταιρείας για επέκταση του εύρους του προϊόντος. Σημαντική συνεισφορά έχει το τμήμα του βιομηχανικού σχεδιασμού με τη συνεργασία του εμπορικού, της μελέτης και της παραγωγής.

Ο αναλυτικός κύκλος ανάπτυξης του προϊόντος και τα στάδια επεξεργασίας.

1. ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ
2. ΣΧΕΔΙΟΜΕΛΕΤΗ
3. ΠΡΩΤΟΤΥΠΟ

4. ΠΑΡΑΓΩΓΗ
5. ΜΟΡΦΗ
6. ΔΙΑΤΑΞΗ
7. CAID
8. ΑΝΑΛΥΣΗ
9. ΣΥΝΘΕΣΗ
10. ΤΕΚΜΗΡΙΩΣΗ
11. CAD/CAE
12. ΥΠΟΛΟΓΙΣΤΙΚΟ
13. ΦΥΣΙΚΟ
14. ΕΙΚΟΝΙΚΟ
15. RP/VR
16. ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ
17. ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ
18. ΣΥΣΤΗΜΑ
19. CAPP/CAM

Το στάδιο της σχεδιομελέτης περιλαμβάνει τον ακριβή προσδιορισμό της μορφής του προϊόντος, τη μελέτη, την ανάπτυξη και την τεκμηρίωσή του. Ολοκληρώνεται σε δύο κύκλους, οι οποίοι όμως δεν είναι ανεξάρτητοι μεταξύ τους και οι οποίοι είναι και η σύνθεση και η ανάλυση. Στη σύνθεση γίνεται η μοντελοποίηση και προσομοίωση του προϊόντος. Δημιουργείται στον υπολογιστή η μορφή του κάθε εξαρτήματος και όλης της συναρμολόγησης και γίνεται προσομοίωση των συνθηκών λειτουργίας. Γίνεται κυρίως με τα συστήματα CAD. Στην ανάλυση υλοποιείται η προσομοίωση της συμπεριφοράς του προϊόντος, όπου χρησιμοποιούνται μοντέλα προσομοίωσης, τόσο υπολογιστικά όσο και πρωτότυπα. Γίνεται κυρίως με τα συστήματα CAE. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης συμβάλλουν στη βελτιστοποίηση της μελέτης και στην τροποποίηση της μορφής του προϊόντος. Στο τέλος γίνεται η τεκμηρίωση της μελέτης με σχέδια, έντυπα, μοντέλα, κ.ά., και η διαδικασία καταμερισμού του στα αρμόδια άτομα.

Στο στάδιο του πρωτοτύπου γίνεται ο έλεγχος της σχεδιομελέτης και της λειτουργίας του προϊόντος. Υπάρχουν διάφορα πρωτότυπα, όπως, φυσικά, υπολογιστικά, εικονικά, και αφορούν ή όλο το προϊόν ή τμήμα αυτού. Τα φυσικά μπορούν να κατασκευαστούν με παραδοσιακές μεθόδους ή με μεθόδους ταχείας παραγωγής πρωτοτύπων ή ταχείας παραγωγής.

Η παραγωγή περιλαμβάνει τον προγραμματισμό των κατεργασιών, την παραγγελία των υλικών, των εργαλείων, την εκτέλεση και τον έλεγχο της παραγωγής. Στον προγραμματισμό των κατεργασιών αποφασίζεται η σειρά των κατεργασιών που θα εκτελεστούν, των μηχανών που θα χρησιμοποιηθούν, τα εργαλεία με τα οποία θα γίνει η κάθε κατεργασία και οι συνθήκες των κατεργασιών. Στην εκτέλεση της παραγωγής συντάσσονται τα προγράμματα καθοδήγησης των εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης για καθεμιά από τις κατεργασίες και στη συνέχεια γίνεται ο έλεγχος της κατεργασίας στην οθόνη του υπολογιστή ή σε εικονικό περιβάλλον. Στη δραστηριότητα της παραγωγής, όλα σχεδόν τα βήματα μπορούν να εξυπηρετηθούν από προϊόντα λογισμικού CAD/CAM.

Παράλληλη μηχανική.

Μεταφορά αποτελεσμάτων, υπό τη μορφή σχεδίων και αρχείων, από το ένα στάδιο στο επόμενο, ανάδραση των αποτελεσμάτων προς τα προηγούμενα στάδια και παράλληλη εκτέλεση των διαφόρων σταδίων από ομάδα εργασίας. Η όλη διαδικασία δεν πρέπει να είναι σειριακή και επομένως να πρέπει να τελειώσει ένα στάδιο για να αρχίσει το επόμενο, ιδιαίτερα για μεγάλα έργα, αλλά να υπάρχουν ομάδες που εκτελούν εργασίες παράλληλα και να υπάρχει συνεργασία και συντονισμός των ομάδων για την εκτέλεση κάθε σταδίου, ώστε να ελαχιστοποιούνται οι αλλαγές που απαιτούνται να γίνουν στα τελευταία στάδια της ανάπτυξης του προϊόντος. Η τάση αυτή ξεκίνησε από τους μεγάλους χρήστες συστημάτων που σχεδιάζουν και παράγουν σύνθετα προϊόντα και στη συνέχεια επεκτάθηκε και σε άλλους τομείς. Αυτή η μεθοδολογία εργασίας ονομάζεται παράλληλη μηχανική (Concurrent Engineering). Με τη μεθοδολογία αυτή, η μελέτη και ανάπτυξη ενός προϊόντος δεν είναι αποκλειστική μέριμνα του τμήματος μελέτης, αλλά και τα υπόλοιπα τμήματα της εταιρείας πρέπει να συμμετάσχουν ενεργά σε όλα τα στάδια. Τα τμήματα τα οποία πρέπει απαραίτητα να συνεργάζονται είναι το εμπορικό, της μελέτης και της παραγωγής, και να υποστηρίζονται από τα τμήματα της κοστολόγησης, των προμηθειών, του λογιστηρίου, της διοίκησης, κ.λπ. Ένα άλλο σημαντικό στοιχείο είναι η συνεργασία των προμηθευτών και των πωλητών του προϊόντος. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η διατήρηση και αναδρομή όλων των εμπλεκόμενων σε μια ενιαία αναφορά στο προϊόν, που γίνεται σήμερα με τα συστήματα CAD και τα συστήματα Διαχείρισης Κύκλου Ζωής Προϊόντων (PLM-Product Life cycle Management). Τα συστήματα PLM, που υφίστανται σήμερα, καταγράφουν τον όλο κύκλο ανάπτυξης του προϊόντος, συνεργάζονται με τα συστήματα CAD και επιπλέον παρέχουν δρομολόγηση καθηκόντων (Workflow), συνεργασία ομάδων στην ίδια επιχείρηση ή σε διαφορετικές επιχειρήσεις (Collaboration) και ανταλλαγή δεδομένων μέσω του διαδικτύου. Σκοπός είναι η ταχύτερη ανάπτυξη του προϊόντος, η κοινή χρήση των δεδομένων και η αξιολόγηση του κύκλου ζωής του προϊόντος.

Επίδραση στην παραγωγή προϊόντων.

Με την τεχνολογία της σχεδιομελέτης και παραγωγής με χρήση υπολογιστή, αλλάζει η συμβατική διαδικασία παραγωγής προϊόντων. Στη συμβατική παραγωγή

στο στάδιο της αρχικής ιδέας του προϊόντος δημιουργείται ένα φυσικό πρωτότυπο (clay model) από εύπλαστο υλικό (π.χ. ξύλο, άργιλος, κ.λπ.), συνήθως υπό κλίμακα (1:10 ή 1:4), ιδιαίτερα για μεγάλα προϊόντα. Το πρωτότυπο αυτό χρησιμοποιείται για παρουσίαση της μορφής του, για τις πρώτες δοκιμές λειτουργικής ανάλυσης, κ.λπ., και σε αυτό γίνονται οι απαραίτητες αλλαγές μέχρι να επιτευχθεί ένα ικανοποιητικό πρωτότυπο. Στη συνέχεια, στο τελικό σχέδιο που προκύπτει, πρέπει να γίνει η πλήρης τεκμηρίωσή του, σε μορφή σχεδίων, αρχείων, κ.λπ. Η τεκμηρίωση αυτή μπορεί να γίνει με ψηφιοποίηση του φυσικού πρωτοτύπου, δημιουργείται δηλαδή μια τρισδιάστατη αναπαράσταση της μορφής του στον υπολογιστή με ένα νέφος XYZ σημείων. Υπάρχουν διάφοροι μέθοδοι ψηφιοποίησης που θα παρουσιαστούν στη συνέχεια. Έπειτα οι σχεδιαστές παράγουν τα απαραίτητα σχέδια (blueprints) για την παραγωγή των λειτουργικών πρωτοτύπων. Τα σχέδια αυτά χρησιμοποιούνται από ειδικούς τεχνίτες για την παραγωγή των μοντέλων αντιγραφής (copy models), που δημιουργούνται από ξύλο ή άλλο εύκαμπτο υλικό. Τα μοντέλα αντιγραφής χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των καλουπιών και γι' αυτό πρέπει να έχουν στις περισσότερες περιπτώσεις πολύ καλή τελική επιφάνεια. Το μοντέλο αντιγραφής μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης σε φρέζα αντιγραφής για την παραγωγή της κοιλότητας του καλουπιού.

Στην κατασκευή με χρήση υπολογιστή, στην ιδανική του εφαρμογή, δημιουργείται το τρισδιάστατο μοντέλο στον υπολογιστή, παρουσιάζεται και επιθεωρείται στην οθόνη, ή σήμερα με ειδικό εξοπλισμό εικονικής πραγματικότητας για μεγαλύτερη δραστηριότητα και καλύτερη οπτικοποίηση, αναλύεται με τη χρήση κατάλληλων προγραμμάτων με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων (ανάλογα με την εκάστοτε εφαρμογή) και, τέλος, χρησιμοποιείται για την καθοδήγηση των εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου και την οπτικοποίηση της παραγωγής. Στην κατασκευή με χρήση υπολογιστή, το φυσικό μοντέλο δημιουργείται για λόγους επιθεώρησης κυρίως και όχι για την ψηφιοποίηση ή την παραγωγή των εργαλείων και την αναπαραγωγή της μορφής του προϊόντος. Όμως ακόμα και σήμερα, ιδιαίτερα στο στάδιο της αρχικής ιδέας, φυσικά πρωτότυπα χρησιμοποιούνται ακόμα και για μεγάλα προϊόντα, επειδή πολλές τεχνικές και μέθοδοι ψηφιοποίησης δεν είναι κατάλληλες για την πλήρη απόδοση της μορφής των αντικειμένων. Συνεπώς, χρησιμοποιείται ένα ενδιάμεσο μοντέλο λειτουργίας. Σε αυτό το μοντέλο λειτουργίας, περιγράφεται η αρχική ιδέα του προϊόντος κυρίως με συστήματα βιομηχανικού σχεδιασμού ή με συστήματα σχεδιομελέτης. Στη συνέχεια δημιουργείται τόσο το φυσικό όσο και το ψηφιακό μοντέλο που χρησιμοποιείται κυρίως για την ανάλυσή του. Με βάση αυτά τα δύο μοντέλα γίνεται η παγίωση του σχεδίου και η πλήρης περιγραφή του καθώς και η γραφική του απεικόνιση με χρήση διαφόρων τεχνικών. Στη συνέχεια γίνεται ο σχεδιασμός των κατεργασιών και ο προγραμματισμός των εργαλειομηχανών CNC, άμεσα από το ψηφιακό μοντέλο.

Τομείς χρήσης τεχνολογίας CAD-CAM.

Αρχικά, η τεχνολογία της σχεδιομελέτης-παραγωγής με χρήση υπολογιστή ξεκίνησε για μηχανολογικές εφαρμογές ως εργαλείο για δισδιάστατη σχεδίαση. Στη συνέχεια, η εφαρμογή της έχει επεκταθεί και σε άλλες εφαρμογές, όπως κατασκευές, ηλεκτρολογία και ηλεκτρονική, και σε ειδικές εφαρμογές για ένδυμα, υπόδημα, ύφασμα, κ.λπ. Συνεχώς αναπτύσσονται εργαλεία για ειδικές εφαρμογές, και σε

ορισμένους τομείς η χρήση τους είναι απόλυτα απαραίτητη. Οι γενικοί τομείς χρήσης είναι:

Μηχανολογικές εφαρμογές (αεροπορική βιομηχανία, ναυπηγο-επισκευαστική βιομηχανία, αυτοκινητοβιομηχανία, μεταλλοβιομηχανία, προϊόντα συσκευασίας, κατασκευή μηχανών, κ.λπ.). Η τεχνολογία του CAD/CAM κυρίως ξεκίνησε από τους μεγάλους χρήστες του κλάδου. Τα πρώτα συστήματα σχεδιομελέτης με υπολογιστή αναπτύχθηκαν εσωτερικά από εταιρείες όπως McDonellDouglas, Lockheed, Boeing, Renault, Citroen, DASSAULT, κ.ά. που στη συνέχεια εξελίχθηκαν σε ειδικευμένες εταιρείες παροχής τέτοιων συστημάτων. Οι περισσότερες από τις μηχανολογικές εφαρμογές απαιτούν τρισδιάστατη απεικόνιση με στερεά ή επιφάνειες, δυνατότητα απεικόνισης επιφανειών ελεύθερης μορφής, διαχείριση συναρμολογήσεων και σε ορισμένες περιπτώσεις μεγάλων συναρμολογήσεων με εκατοντάδες ή και χιλιάδες διακριτά εξαρτήματα, εκτεταμένη χρήση βιβλιοθηκών-αντικειμένων, έξοδο σε σύστημα σχεδίασης και εκτύπωσης για την παραγωγή των κατασκευαστικών σχεδίων και της τεκμηρίωσης του προϊόντος, σύνδεση με συστήματα CAM, CAE και εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης, σύνδεση με συστήματα MRP, ERP, PDM, επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών συστημάτων και επικοινωνία συστημάτων μέσω του διαδικτύου. Υπάρχουν πολλοί προμηθευτές διεθνώς, και κυριότερα συστήματα είναι: CATIA-DASSAULT, Pro/Engineer-PTC, Unigraphics solutions - SIEMENS/UG, Solidworks-Solidworks/ DASSAULT, Inventor/ Autocad-Autodesk, Solidesign-Intergraph/SIEMENS/UG, κ.ά. Γίνεται ακόμα διάκριση μεταξύ μεγάλων, μεσαίων και μικρών συστημάτων. Στην πρώτη κατηγορία ανήκουν τα συστήματα CATIA-DASSAULT, Pro/Engineer-PTC, και Unigraphics solutions-SIEMENS/ UG. Στη δεύτερη κατηγορία ανήκουν συστήματα όπως Solidworks-Solidworks/DASSAULT, Inventor/AutoCAD-Autodesk, Solidesign-Intergraph/SIEMENS/UG.

Εργαλεία CAD για τη σχεδιομελέτη και παραγωγή

Υπάρχει μια μεγάλη ποικιλία εργαλείων CAD που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διαδικασία ανάπτυξης και παραγωγής του προϊόντος. Τα εργαλεία αυτά κατατάσσονται στις παρακάτω κύριες κατηγορίες.

- Εργαλεία σύλληψης του προϊόντος: βιομηχανικός σχεδιασμός και αντίστροφη σχεδίαση. Ονομάζονται και συστήματα Computer Aided Industrial Design-CAID ή Computer Aided Styling-CAS. Εφαρμόζονται κυρίως για σχεδίαση, μοντελοποίηση και προσομοίωση χωρίς να μας ενδιαφέρει η ακρίβεια του δημιουργούμενου μοντέλου και χωρίς να υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις για κάθετες εφαρμογές.
- Εργαλεία για σχεδίαση, μοντελοποίηση με απόδοση της ακριβούς μορφής των αντικειμένων, δημιουργίας συναρμολογήσεων και προσομοίωσης. Αποτελούν και τον κύριο κορμό των συστημάτων σχεδιομελέτης και είναι αυτά που ονομάζονται και συστήματα CAD. Η έμφαση στα συστήματα αυτά είναι στην ακρίβεια και στην πληρότητα του μοντέλου, γιατί το μοντέλο θα χρησιμοποιηθεί στη συνέχεια σε όλες τις κάθετες εφαρμογές.

- Εργαλεία για ανάλυση συμπεριφοράς σε συνθήκες λειτουργίας. Είναι τα συστήματα μοντελοποίησης και ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία – Finite Element Modelling και Finite Element Analysis. Ονομάζονται και συστήματα ανάλυσης - Computer Aided engineering (CAE).
- Εργαλεία για μελέτη και προσομοίωση παραγωγής. Οι κατεργασίες για την παραγωγή του προϊόντος προγραμματίζονται με τα συστήματα σχεδιασμού κατεργασιών με χρήση υπολογιστή-Computer Aided Process Planning-CAPP και ο προγραμματισμός των εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης με τα συστήματα παραγωγής με χρήση υπολογιστή - Computer Aided Manufacture-CAM.
- Εργαλεία για ειδικές εφαρμογές, όπως μελέτη ανοχών, επικοινωνίας με άλλα συστήματα σχεδιασμού, συστήματα διαχείρισης του κύκλου ζωής, και συστήματα συνεργατικής σχεδίασης. Εργαλεία δημιουργίας του πλασματικού πρωτότυπου και της πλασματικής παραγωγής που συνδυάζουν τα συστήματα σχεδιομελέτης και παραγωγής με τα συστήματα εικονικής πραγματικότητας. Κάνουν χρήση ειδικού εξοπλισμού και λογισμικού, και χρησιμοποιούνται για την αλληλεπίδραση του χρήστη με το πρωτότυπο ή την παραγωγή και τη συναρμολόγηση του προϊόντος.

Συνοψίζοντας, η εφαρμογή των συστημάτων CAD σε όλη τη διαδικασία ανάπτυξης προϊόντος γίνεται ως εξής:

1. Η μορφή του προϊόντος αποδίδεται στο στάδιο της σύλληψης του προϊόντος με τη βοήθεια συστήματος Computer Aided Industrial Design, ή με αντιγραφή του πρωτότυπου (reverse engineering),
2. Η μορφή μεταφέρεται σε σύστημα μοντελοποίησης Computer Aided Design, όπου συμπληρώνεται και τελειώνει η μορφή του, η συναρμολόγησή του και δημιουργείται το πλέγμα των πεπερασμένων στοιχείων, το πλέγμα των πεπερασμένων στοιχείων μεταφέρεται σε σύστημα ανάλυσης Computer Aided engineering και σε συστήματα ειδικών εφαρμογών,
3. Το αρχείο CAD μεταφέρεται στο σύστημα Computer Aided Process Planning για την προετοιμασία του πλάνου κατεργασίας και στη συνέχεια γίνεται ο προγραμματισμός των εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης με τα συστήματα Computer Aided Manufacture,
4. Εξετάζεται η συμπεριφορά του προϊόντος σε σχεδόν πραγματικές συνθήκες εργασίας, η δυνατότητα συναρμολόγησής του και η παραγωγή του προϊόντος στο σύστημα παραγωγής με τα συστήματα πλασματικού πρωτοτύπου και πλασματικής παραγωγής.

Οι βιομηχανικοί σχεδιαστές ενεργούν τόσο σαν μηχανικοί, όσο και σαν καλλιτέχνες. Εξετάζουν ταυτόχρονα τη λειτουργία και τη μορφή του προϊόντος και αποτελούν το σύνδεσμο μεταξύ του προϊόντος και του χρήστη. Δεν σχεδιάζουν και μελετούν με λεπτομέρεια τα συστατικά του προϊόντος, όπως, για παράδειγμα, τους τροχούς ή τους κινητήρες που θα χρησιμοποιηθούν για να κινήσουν ένα μηχανισμό ή ένα

σύστημα ελέγχου. Συνήθως συνεργάζονται με μηχανικούς μελετητές και με το εμπορικό τμήμα της επιχείρησης, για να αναγνωρίσουν και να ικανοποιήσουν τις απαιτήσεις και τις επιθυμίες των χρηστών με ένα προϊόν που θα είναι υλοποιήσιμο και βιώσιμο. Στο στάδιο αυτό δίνονται τα πρώτα σχέδια και η μορφή του προϊόντος, προσδιορίζονται τα κριτήρια μελέτης από τις γενικές απαιτήσεις για το προϊόν, ελέγχεται η λειτουργικότητά του και η αποδοχή του από τους πελάτες. Το λογισμικό πρέπει να ενισχύει τη δημιουργικότητα του βιομηχανικού σχεδιαστή κατά την εργασία της μετατροπής των απαιτήσεων που αφορούν το προϊόν σε σχέδια προϊόντος. Πρέπει να προσομοιάζει τα βασικά στάδια και τις λειτουργίες που εκτελούνται σ' ένα περιβάλλον βιομηχανικού σχεδιασμού, όπως:

- Δημιουργία ιδέας. Οι ιδέες σε πρώτο στάδιο βασίζονται στη χρήση σκίτσου και εικόνας, για την παρουσίαση των εναλλακτικών λύσεων από τις οποίες στη συνέχεια επιλέγεται η βέλτιστη δυνατή.
- Χρήση παλαιότερων μορφών προϊόντων για τις οποίες υπάρχουν ήδη τελικά σχέδια. Επίσης πρέπει να γίνεται εξαγωγή των σκίτσων και των σχεδίων σε τρισδιάστατο περιβάλλον, όπου γίνεται η απεικόνιση και παρουσίαση του προϊόντος.
- Εισαγωγή κριτηρίων μελέτης σε κάθε στάδιο, ώστε να αποφεύγονται λύσεις που δεν πληρούν τα κριτήρια.
- Επισκόπηση της μελέτης, τόσο στο δισδιάστατο σχέδιο όσο και στο τρισδιάστατο μοντέλο, σε πραγματικές συνθήκες λειτουργίας ή παρουσίασης.
- Δυνατότητα αντίστροφης μηχανικής (Reverse Engineering). Δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου με λεπτομερή ψηφιακή αποτύπωση της μορφής πρωτοτύπων σε φυσικό ή υπό κλίμακα μέγεθος.
- Μεταφορά και χρήση των μοντέλων που παράγονται από το σύστημα βιομηχανικού σχεδιασμού σε άλλα συστήματα CAD για ακριβή μοντελοποίηση και μελέτη, ώστε να αποφεύγονται επαναλήψεις των ίδιων διαδικασιών σχεδίασης.

Συνοψώς, οι βασικές απαιτήσεις από ένα αντίστοιχο σύστημα CAID είναι:

- Ευκολία χρήσης και μάθησης, καθώς οι περισσότεροι χρήστες συνήθως δεν απασχολούνται αποκλειστικά με το σύστημα, δεν έχουν επαρκή χρόνο για την εκμάθηση του συστήματος, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να είναι αποδοτικοί στην εργασία τους σε μικρό χρονικό διάστημα και με τη συχνότητα για την οποία χρησιμοποιούν το σύστημα.
- Δυνατότητα επαναχρησιμοποίησης υπαρχόντων σχεδίων. Πρέπει να μπορεί να διαβάζει δεδομένα από άλλα συστήματα CAID και CAD και αποτελέσματα από συστήματα ανάλυσης.

- Ενσωμάτωση εργαλείων σχεδίασης σε 2-διαστάσεις και εργαλεία διάταξης. Τα πρώτα σχέδια του προϊόντος είναι σε δυο διαστάσεις και σε μορφή σκίτσου. Ένα σύστημα CAID πρέπει να υποστηρίζει την εύκολη δημιουργία σκίτσων και να είναι ευέλικτο στη μετάβαση από το σκίτσο στο ακριβές σχέδιο.
- Απλό αλλά ακριβείας σύστημα τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Πρέπει να παρέχει τη δυνατότητα απόδοσης της τρισδιάστατης μορφής με μεγάλη ευκολία. Πρέπει επίσης να επιτρέπει και τη δημιουργία συναρμολογήσεων.
- Δυνατότητα κινηματικής ανάλυσης σε 2 και 3 διαστάσεις. Πολλά από τα προϊόντα απαιτούν κινηματική ανάλυση πριν από την έναρξη της λεπτομερούς μοντελοποίησης. Είναι απαραίτητο εργαλείο σε αυτά τα συστήματα. Η μελέτη σχεδιασμού προϊόντων που απαιτούν κινούμενα αντικείμενα, απαιτούν εργαλεία για την ανάλυση συναρμολογήσεων σε συνθήκες λειτουργίας. Η κινηματική ανάλυση είναι απαραίτητη τόσο στη 2-διαστάσεων γεωμετρία στα πρώτα στάδια της μελέτης όσο και στην 3-διαστάσεων στην τελική συναρμολόγηση ή στο ψηφιακό πρωτότυπο. Στην απλή διςδιάστατη ανάλυση, ο μηχανικός επιλέγει τις γραμμές που συνιστούν ένα σώμα και που κινούνται ταυτόχρονα. Και στις δύο περιπτώσεις πρέπει να μπορεί να ορίζει τις ιδιότητες των συνδέσμων και τις κινήσεις, για να μελετήσει το εύρος της κίνησης.
- Από αυτή την ανάλυση μπορεί να προσδιορίσει τον απαιτούμενο χώρο που πρέπει να παρέχεται στα επόμενα στάδια της μελέτης.
- Συμβατότητα και επικοινωνία με σύστημα CAD. Τα δεδομένα που προσδιορίζονται στο στάδιο της δημιουργίας του σχεδίου του προϊόντος πρέπει να μεταφέρονται με ακρίβεια στο σύστημα CAD για μηχανολογική μοντελοποίηση, χωρίς να απαιτείται πολύ διόρθωση στα δεδομένα και να μην απαιτείται η επανασχεδίαση της γεωμετρίας που έχει οριστεί από τα συστήματα βιομηχανικού σχεδιασμού.

Ανάλυση αντοχής (CAD/CAE) με τη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων.

Η ανάλυση γίνεται με ειδικά προγράμματα ανάλυσης που βασίζονται στα πεπερασμένα στοιχεία και αποτελεί την πιο διαδεδομένη μέθοδο για την επίλυση προβλημάτων μηχανικής. Πρόκειται για ειδικευμένα προγράμματα βελτιστοποίησης ανάλογα με το υλικό (πλαστικά, μέταλλα, σύνθετα υλικά, κ.λπ.) και το είδος της εφαρμογής (ροή, θερμότητα, αντοχή, έγχυση, κ.λπ.). Με τη μέθοδο αυτή μπορούμε να διαχειριστούμε κάθε μορφή γεωμετρίας του αντικειμένου, όλα τα υλικά από τα οποία μπορεί να αποτελείται, όλες τις οριακές συνθήκες και όλες τις συνθήκες φόρτισης στις οποίες υπόκειται. Σε προβλήματα στα οποία δεν υφίστανται αναλυτικές εξισώσεις επίλυσης μπορεί να εφαρμοστεί η ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία, που επιτυγχάνει μια προσεγγιστική λύση, επιλύοντας γνωστές εξισώσεις στα πεπερασμένα στοιχεία στα οποία έχουμε διαιρέσει το αντικείμενο και στη συνέχεια συνθέτει τις επιμέρους λύσεις για να επιλύσει το ολικό πρόβλημα. Η ερμηνεία των αποτελεσμάτων της επίλυσης απαιτεί μια πολύ καλή γνώση της μηχανικής του

εκάστοτε επιλυόμενου προβλήματος, δηλαδή, γραμμική/μη γραμμική μηχανική, μετάδοση θερμότητας, ρευστομηχανική, δυναμική, χύτευση, κ.λπ.

Η γεωμετρία των βασικών στοιχείων

1. Διάσταση Είδος στοιχείου Γεωμετρία
2. Σημείο
3. Γραμμή
4. Μάζα
5. Ελατήριο, δέσμη, ράβδος, διάκενο, στρέψη
6. Ομογενές 2D, αξονοσυμμετρικό, επίπεδο
7. Επιφάνεια κέλυφος
8. Καμπύλη
9. Επιφάνεια
10. Κέλυφος
11. Όγκος Ομοιογενής 3D

Στη λειτουργία του συστήματος, μια βασική επιλογή που κάνει κάθε χρήστης είναι η επιλογή του είδους των στοιχείων που θα χρησιμοποιήσει για να ενώσει τους κόμβους που θα ορίσει στο μοντέλο. Τα βασικά είδη στοιχείων είναι 5 και για το καθένα αναφέρεται και το είδος των αντικειμένων για το οποίο είναι κατάλληλο. Ο χρήστης μπορεί να συνδυάσει διάφορα στοιχεία για την επίλυση του προβλήματος. Από καθεμιά κατηγορία μπορούν να υπάρξουν και πολλές παραλλαγές, ανάλογα με τον αριθμό των κόμβων που απαιτούνται για τον ορισμό τους. Τα στοιχεία μίας διάστασης (1D), χρησιμεύουν για τη μοντελοποίηση τμημάτων ενός προβλήματος που είναι 1D (π.χ. ελατήριο στην άκρη μιας δοκού). Τα στοιχεία δύο διαστάσεων (2D), είναι τρίγωνα ή τετράπλευρα, Τα τρίγωνα στοιχεία μπορεί να έχουν από 3 μέχρι 10 κόμβους.

Το πιο απλό είναι το τρίγωνο με 3 κόμβους, ενώ το τρίγωνο των 10 κόμβων έχει εννέα εξωτερικούς κόμβους και ένα εσωτερικό κόμβο μέσα στο τρίγωνο. Τα τετράπλευρα στοιχεία έχουν από 4 μέχρι 12 κόμβους. Τα στοιχεία δύο διαστάσεων μπορούν να μοντελοποιήσουν προβλήματα επίπεδης τάσης και παραμόρφωσης και αξονοσυμμετρικά σχήματα, δηλαδή σώματα 2D και 2ΠΛΑ D. Τα στοιχεία 3D μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη διακριτοποίηση των στερεών 3D σωμάτων. Η δημιουργία ενός τρισδιάστατου πλέγματος είναι επίπονη και χρονοβόρα και πρέπει να γίνεται με τη χρήση του προεπεξεργαστή (preprocessors). Οι εξωτερικοί κόμβοι κάθε στοιχείου είναι δύο τύπων, γωνιακοί και ενδιάμεσοι. Οι γωνιακοί είναι απαραίτητοι για τον ορισμό του στοιχείου, ενώ οι ενδιάμεσοι αποδίδουν καλύτερα τη γεωμετρία του στοιχείου και τη συνέχεια μεταξύ διαδοχικών στοιχείων. Τα στοιχεία που υποστηρίζει κάθε πρόγραμμα ανάλυσης αποτελούν τη βιβλιοθήκη των

στοιχείων, και όσο πιο εκτενής είναι αυτή η βιβλιοθήκη, τόσο πιο ευέλικτο είναι το πρόγραμμα και μπορεί να επιλύσει πιο πολλά προβλήματα. Στην πράξη, παρόλο που όλα τα σώματα είναι τριών διαστάσεων, προσπαθούμε να τα προσεγγίσουμε στην ανάλυση με απλούστερα στοιχεία (1D ή 2D) και με όσο το δυνατόν λιγότερους κόμβους, για να προκύψει σύστημα μικρότερου μεγέθους που μπορεί να επιλυθεί πιο γρήγορα. Συνήθως, κάθε σύστημα μοντελοποίησης διαθέτει έναν τελικό επεξεργαστή (post processor) που χωρίζει το μοντέλο σε πεπερασμένα στοιχεία. Το μοντέλο αυτό τροφοδοτείται στο σύστημα ανάλυσης, που διαθέτει έναν προεπεξεργαστή (pre-processor) για να διαβάσει το μοντέλο.

Διάφοροι τύποι πεπερασμένων στοιχείων και οι διαστάσεις τους: Στοιχεία μίας διάστασης - 1 D ,Τρίγωνα 3 κόμβοι (γραμμικό) 6 κόμβοι (2ου βαθμού) Τετράπλευρα 4 κόμβοι (γραμμικό) 8 κόμβοι (2ου βαθμού) 12 κόμβοι (3ου βαθμού) Στοιχεία δύο διαστάσεων - 2D Στοιχεία τριών διαστάσεων - 3D

Τον τύπο της ανάλυσης (π.χ. στατική και δυναμική ανάλυση κατασκευών, ταλαντώσεις, ανάλυση κάμψης, θερμική ανάλυση στατική και δυναμική). Επιλογή του είδους του υλικού με τις ιδιότητές του. Η επιλογή αυτή γίνεται μετά τη δημιουργία των στοιχείων. Σε καθένα από τα στοιχεία προσδιορίζονται οι ιδιότητες του υλικού και οι οριακές συνθήκες. Προσδιορίζοντας διαφορετικές ιδιότητες υλικού για διαφορετικά στοιχεία μπορούν να αναλυθούν αντικείμενα που αποτελούνται από διάφορα υλικά. Οι ιδιότητες αυτές είναι συνήθως το μέτρο Young και ο λόγος Poisson για προβλήματα μηχανικής. Επιπλέον, το πάχος του κελύφους και του επιπέδου στοιχείου είναι ιδιότητες υλικού και όχι γεωμετρία (για να μην επιλύονται προβλήματα σε 3 διαστάσεις όταν δεν απαιτείται). Άλλες ιδιότητες υλικού είναι η θερμική αγωγιμότητα και το ιξώδες για άλλου τύπου προβλήματα. Στα σύνθετα υλικά, η διεπαφή μεταξύ των διαφόρων στρωμάτων είναι πολύ σημαντική.

Δημιουργία κόμβων

Στο αντικείμενο ορίζεται μια σειρά σημείων, κόμβοι, που όταν συνδεθούν μεταξύ τους θα μας δώσουν τα στοιχεία. Δημιουργία στοιχείων από τη σύνδεση των κόμβων. Βασική απαίτηση είναι να μην υπάρχει επικάλυψη μεταξύ των στοιχείων και να είναι μόνον εφαιπτόμενα. Το σύνολο των κόμβων με τα στοιχεία συνιστούν το πλέγμα των πεπερασμένων στοιχείων. Ο αριθμός των κόμβων και των στοιχείων που θα χρησιμοποιηθούν επαφίεται στην κρίση του μηχανικού. Ο γενικός κανόνας είναι ότι όσο πιο πυκνό είναι το πλέγμα, τόσο πιο ακριβή τα αποτελέσματα της ανάλυσης, αλλά και τόσο πιο χρονοβόρα η επίλυση. Υπάρχει και ένα όριο στην ανάλυση, που είναι για κάθε εφαρμογή διαφορετικό, πέραν του οποίου η διαφορά στα αποτελέσματα δεν έχει καμία έννοια. Εφαρμογή των οριακών συνθηκών και των φορτίων. Το φορτίο μπορεί να είναι σημειακό (δύναμη, ροπή, κ.ά.) ή κατανεμημένο (κατανεμημένη δύναμη, ροπή, ροή θερμότητας, υγρού, κ.ά.). Η εφαρμογή των συγκεντρωμένων δυνάμεων απαιτεί τη δημιουργία ενός κόμβου στο σημείο εφαρμογής της δύναμης.

Ακολουθεί η ανάλυση και βελτιστοποίηση της μορφής. Η επίλυση χωρίζεται στα παρακάτω στάδια:

- Προσέγγιση της επίλυσης στο επίπεδο του στοιχείου. Η ζητούμενη παράμετρος (field variable) προσεγγίζεται στο κάθε στοιχείο με ένα πολυώνυμο. Η παράμετρος μπορεί να είναι μια τιμή (π.χ. θερμοκρασία) ή ένα διάνυσμα (π.χ. μετατόπιση). Ο βαθμός της πολυωνυμικής προσέγγισης εξαρτάται από τον αριθμό των κόμβων σε κάθε στοιχείο, τον αριθμό των αγνώστων (στοιχεία της παραμέτρου) σε κάθε κόμβο, και από ορισμένες συνθήκες συνέχειας μεταξύ των ορίων των στοιχείων.

- Ανάπτυξη πινάκων στοιχείων και εξισώσεων. Αναπτύσσονται οι πίνακες του κάθε στοιχείου, (στιβαρότητας, μάζας, κ.ο.κ.) με τη χρήση διαφόρων μεθόδων (άμεση, παραμετρική κ.ά.). Καθεμιά είναι και πιο ενδελεχόμενη για διαφορετικές εφαρμογές. Επίσης, οι εξισώσεις ισορροπίας μεταφράζονται από το επίπεδο του σώματος στο επίπεδο του στοιχείου. Το μέγεθος των πινάκων επηρεάζεται από το είδος των στοιχείων και από τη ζητούμενη ανάλυση. Για παράδειγμα, έστω ότι ένα σώμα μπορεί να μοντελοποιηθεί με απλά στοιχεία 2D. Έστω ότι έχουμε ορίσει 20 κόμβους σε κάθε διάσταση, δηλαδή 400 κόμβους συνολικά. Επιπλέον απαιτούνται να προσδιοριστούν 2 παράμετροι ανά κόμβο. Συνεπώς, απαιτούνται να δημιουργηθούν 800 εξισώσεις. Για ισοδύναμο πρόβλημα που έχουμε χρησιμοποιήσει 3D στοιχεία, με 20 κόμβους ανά διάσταση, έχουμε συνολικά 8.000 κόμβους στις 3 διαστάσεις και 24.000 εξισώσεις για την επίλυση, καθώς κάθε κόμβος έχει 3 βαθμούς ελευθερίας. Άρα αυξάνει σημαντικά ο υπολογιστικός όγκος. Επιπλέον, ο υπολογιστικός όγκος αυξάνει και με το τετράγωνο του εύρους του μισού πίνακα στιβαρότητας που δημιουργείται και που στην πρώτη περίπτωση είναι 40 μεταβλητές (20×2) ενώ στη δεύτερη περίπτωση είναι 1.200 μεταβλητές (20×3). Σύγκριση αυτών των δύο μεγεθών ανεβάζει τη πολυπλοκότητα του υπολογιστικού φόρτου κατά 27.000 φορές περίπου.

- Ανάπτυξη του ολικού συστήματος εξισώσεων. Οι εξισώσεις κάθε στοιχείου προστίθενται για να προκύψει ο πλήρης πίνακας και το σύστημα των αλγεβρικών εξισώσεων. Πριν από την επίλυση πρέπει να εφαρμοστούν οι οριακές συνθήκες, διαφορετικά μπορεί να έχουμε λάθος αποτελέσματα.

- Επίλυση για τη ζητούμενη παράμετρο στους κόμβους. Το πλήρες σύστημα αλγεβρικών εξισώσεων επιλύεται με τη μέθοδο απαλοιφή Gauss, και παίρνουμε τις τιμές των παραμέτρων στους κόμβους στο πλέγμα των πεπερασμένων στοιχείων. Οι τιμές των παραμέτρων και οι παράγωγοι τους σχηματίζουν την πλήρη επίλυση των πεπερασμένων στοιχείων του αρχικού προβλήματος για το αντικείμενο. Ενδιάμεσες τιμές, σε διαφορετικά σημεία από τους κόμβους, μπορούν να υπολογιστούν, αλλά δεν συνηθίζεται.

- Ερμηνεία των αποτελεσμάτων. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης παρουσιάζονται γραφικά και αναλύονται από τον ειδικό μηχανικό. Το κλειδί για μια έγκυρη και αποτελεσματική ανάλυση είναι ο καθορισμός του σωστού τύπου στοιχείων, ο χωρισμός των πεπερασμένων στοιχείων (πλεγματοποίηση), η απόδοση των σωστών οριακών συνθηκών και φορτίσεων, η συνεπής χρήση μονάδων μέτρησης από τον ειδικό μηχανικό. Η πλεγματοποίηση και το είδος των στοιχείων είναι οι δύο κύριοι παράγοντες που μπορεί να εισάγουν σφάλματα στη μέθοδο των πεπερασμένων στοιχείων, δεδομένου ότι είναι μια προσεγγιστική μέθοδος επίλυσης. Μετά την επίλυση και την ερμηνεία των αποτελεσμάτων, προτείνονται ορισμένες αλλαγές στη

μορφή, στη διαδικασία παραγωγής, στις διαστάσεις, στο υλικό, κ.λπ. από τον ειδικό μηχανικό στο μελετητή, και οι αλλαγές αυτές συνήθως υλοποιούνται στο σύστημα CAD, ώστε να υπάρχει μια ενιαία βάση δεδομένων για την τελική μορφή.

Τα συστήματα ανάλυσης από μόνα τους παρέχουν δυνατότητες μοντελοποίησης και αλλαγής της μορφής, ώστε να επιταχύνεται η επαναληπτική διαδικασία της ανάλυσης, αλλά οι τελικά προτεινόμενες αλλαγές πρέπει να τεκμηριωθούν και στο σύστημα σχεδιομελέτης (CAD). Πρέπει να τονιστεί ότι τα περισσότερα από τα παραπάνω στάδια έχουν κωδικοποιηθεί στα εμπορικά συστήματα και ενώ η διαδικασία είναι σχεδόν αυτοματοποιημένη, θα πρέπει να ελέγχεται από ειδικό μηχανικό. Τα περισσότερα συστήματα έχουν και δυνατότητες μοντελοποίησης, αλλά η συνήθης πρακτική είναι να επικοινωνεί το σύστημα ανάλυσης με το σύστημα CAD. Ορισμένα συστήματα επικοινωνούν άμεσα με το σύστημα CAD και άλλα μέσω μετάφρασης τύπου IGES. Συνήθως η άμεση χρήση του μοντέλου CAD μπορεί να μην είναι επιθυμητή, γιατί ένα μοντέλο που είναι πλήρες για το σχεδιαστή μπορεί να περιέχει σφάλματα για το μηχανικό που θα κάνει την ανάλυση, και πολλά συστήματα εκτελούν μια απλοποίηση της γεωμετρίας. Πολλές φορές λεπτομέρειες που περιέχονται σ' ένα σύστημα CAD δεν είναι απαραίτητες για τα σύστημα ανάλυσης και πρέπει να απαλειφθούν, π.χ. στρογγυλεύσεις ή άλλα χαρακτηριστικά που δεν επηρεάζουν την ανάλυση. Αυτός είναι και ο λόγος για τον οποίο πολλές φορές η σχεδίαση και η ανάλυση δεν χρησιμοποιούν το ίδιο μοντέλο και η άμεση μεταφορά δεν είναι αποδοτική.

Τα στάδια στη διαδικασία της ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία.

- ΕΝΑΡΞΗ
- ΑΡΧΙΚΗ ΚΑΤΑΝΟΗΣΗ
- ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΠΛΕΓΜΑΤΟΣ
- ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΤΟΥ
- ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΟΣ
- ΕΠΙΛΥΣΗ
- ΑΝΑΛΥΣΗ
- ΤΕΛΟΣ

Η όλη διαδικασία που ακολουθεί ο μηχανικός στην ανάλυση με πεπερασμένα στοιχεία αποτελείται από τα παρακάτω στάδια. Αρχική κατανόηση. Είναι βασικό στάδιο στο οποίο ο μηχανικός πρέπει να κατανοήσει το πρόβλημα που έχει να επιλύσει και να το έχει κατά κάποιο τρόπο «λύσει ήδη μέσα στο μυαλό του» χωρίς να έχει αγγίξει τον υπολογιστή του. Δηλαδή, έχει κατανοήσει το σχήμα του αντικείμενου, το πρόβλημα που έχει να επιλύσει, τη συμπεριφορά του στις φορτίσεις, τα φορτία που ασκούνται και έχει συλλέξει τις ιδιότητες του υλικού. Πληροφορίες μπορεί να αντλήσει από άλλους μηχανικούς ή από τη βιβλιογραφία. Δημιουργία πλέγματος. Στο στάδιο αυτό, ο μηχανικός πρέπει να αποφασίσει για τον αριθμό των κόμβων και των στοιχείων. Όπως αναφέρθηκε και προηγουμένως, μπορεί να πάρει τη γεωμετρία από το σύστημα σχεδιομελέτης ή να τη δημιουργήσει άμεσα στο σύστημα ανάλυσης. Ο μηχανικός πρέπει να εξετάσει το αντικείμενο και να διακρίνει τις ζώνες που θα παρουσιάσουν απότομες αλλαγές στη ζητούμενη παράμετρο (π.χ. ζώνες συγκέντρωσης τάσης) και που απαιτούν πυκνότερο πλέγμα (μεγαλύτερο αριθμό κόμβων και στοιχείων) και άλλες που δεν επηρεάζονται ιδιαίτερα. Η διαδικασία αυτή

καλείται κλιμάκωση πλέγματος. Μια άλλη παράμετρος είναι η ύπαρξη ασυνέχειας στο υλικό, στη φόρτιση, στη μορφή που επηρεάζουν τα αποτελέσματα, και ο μηχανικός πρέπει να ελέγξει καλά το πλέγμα για να αποφύγει τα σφάλματα. Η διαδικασία αυτή επιβαρύνει το χρόνο και το φόρτο της ανάλυσης. Η δημιουργία του πλέγματος είναι μια χρονοβόρα διαδικασία που, αν γίνει με το χέρι, μπορεί να οδηγήσει σε σφάλματα. Στα σύγχρονα ειδικευμένα συστήματα, η διαδικασία αυτή έχει αυτοματοποιηθεί (pre-processors).

Προσδιορισμός του αριθμητικού προβλήματος. Οι φορτίσεις και οι οριακές συνθήκες που είχε κατανοήσει ο μηχανικός στο πρώτο στάδιο πρέπει να κωδικοποιηθούν σε αυτό το στάδιο. Το μέγεθος και η θέση κάθε φόρτισης ή συνθήκης πρέπει να αποδοθούν σε κόμβους. Ο pre-processor παράγει συνήθως, εκτός από τους κόμβους, τα στοιχεία και τις ιδιότητες των υλικών, τις οριακές συνθήκες, τα φορτία και δημιουργεί και το αντίστοιχο αρχείο.

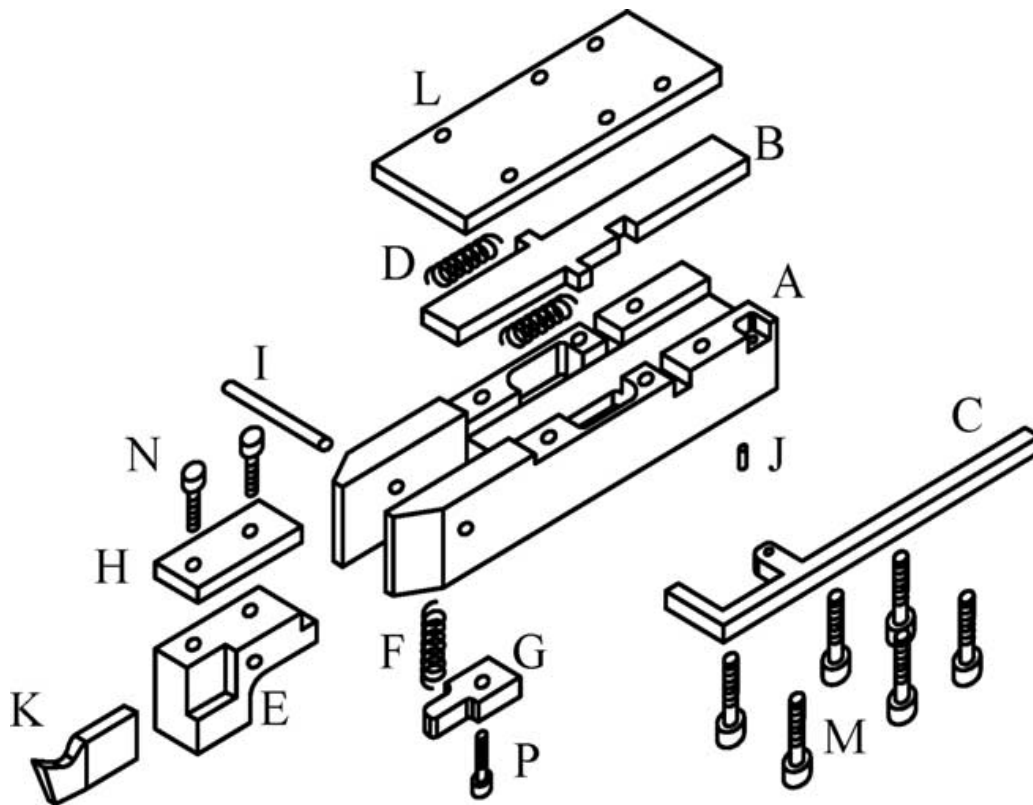
Επίλυση. Το αρχείο του πλέγματος εισάγεται αυτόματα στον κώδικα ανάλυσης, FEA, για την επίλυση. Ο κώδικας δημιουργεί τους πίνακες των στοιχείων, υπολογίζει τις τιμές στους κόμβους και καταχωρεί τα αποτελέσματα. Τα αποτελέσματα είναι κυρίως σε αριθμητική μορφή και συνίστανται από τις τιμές της ζητούμενης παραμέτρου σε όλους τους κόμβους του πλέγματος και τα παράγωγά της (π.χ. μετατόπιση κόμβων και τάσεις στα στοιχεία, θερμοκρασία κόμβου και ροή θερμότητας στο στοιχείο).

Τα αποτελέσματα επεξεργάζονται από τον Τελικό Επεξεργαστή (Post Processor) και παρουσιάζονται σε γραφική μορφή. Η επεξεργασία είναι αυτόματη και δεν απαιτεί παρεμβολή του χρήστη. Δημιουργούνται καμπύλες και περιγράμματα της παραμέτρου και παρουσιάζονται στην οθόνη, μετατοπίσεις μπορεί να παρουσιαστούν σε αντιπαράθεση με το αρχικό σώμα, ανάλογα με την εφαρμογή. Τα αποτελέσματα της ανάλυσης μπορεί να οδηγήσουν σε αναθεώρηση τόσο του αριθμητικού προβλήματος, ή του πλέγματος στην περίπτωση που οι υποθέσεις δεν είναι σωστές, ή ακόμα και στη μορφή του αντικειμένου, εφόσον προκύψει κάποια λάθος διάσταση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3
ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Σχεδιασμός της κατασκευής:

Ο σχεδιασμός των κομματιών που απαρτίζουν την κατασκευή μας, γίνεται στο πρόγραμμα solid works σε 3D σχεδίαση. Ο τρόπος σχεδίασης και τα βήματα περιγράφονται παρακάτω



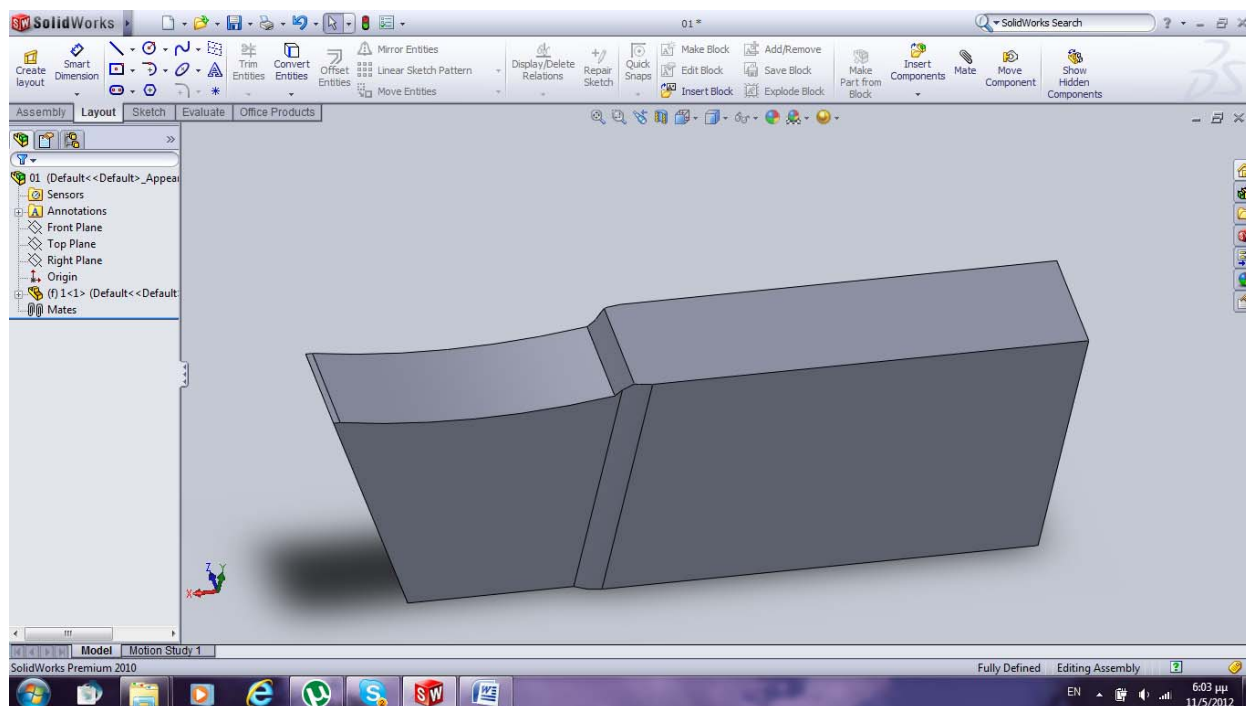
Στην εικόνα φαίνονται τα επιμέρος κομμάτια της κατασκευή μας όπου στην συνέχεια θα αναλύσουμε τον τρόπο σχεδίασης και κατασκευής τους

3.1 Μοντελοποίηση

Κομμάτι Κ : Σχεδιασμος του κοππικου εργαλειου

Το κοππικό εργαλείο είναι κατασκευασμένο από ταχυχαλυβα

Η τελική μορφή του κοππικου εργαλειου φαίνεται στην εικόνα 1.



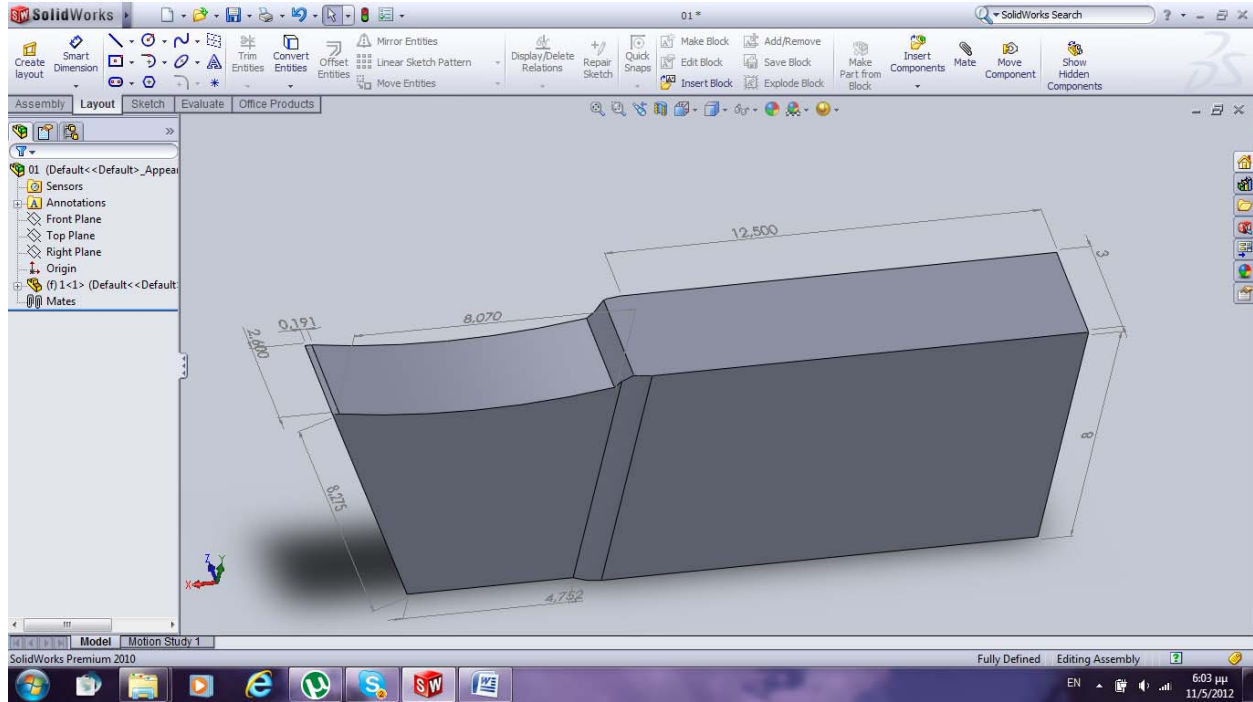
Εικόνα 1 : κοππικό εργαλείο τελική μορφή

Πρώτα σχεδιάζουμε ένα sketch 2 διαστάσεων με τις μέγιστες διαστάσεις τις οποίες θέλουμε να έχει στο μήκος και στο πλάτος. Σαν επόμενο βήμα μετατρέπουμε το σχέδιο σε σχέδιο σε σχέδιο 3 διαστάσεων ώστε να αρχίσει να σχηματίζεται η τελική μορφή του κοππικου μας εργαλειου. Με την εντολή boss extrude θέτουμε το βάθος.

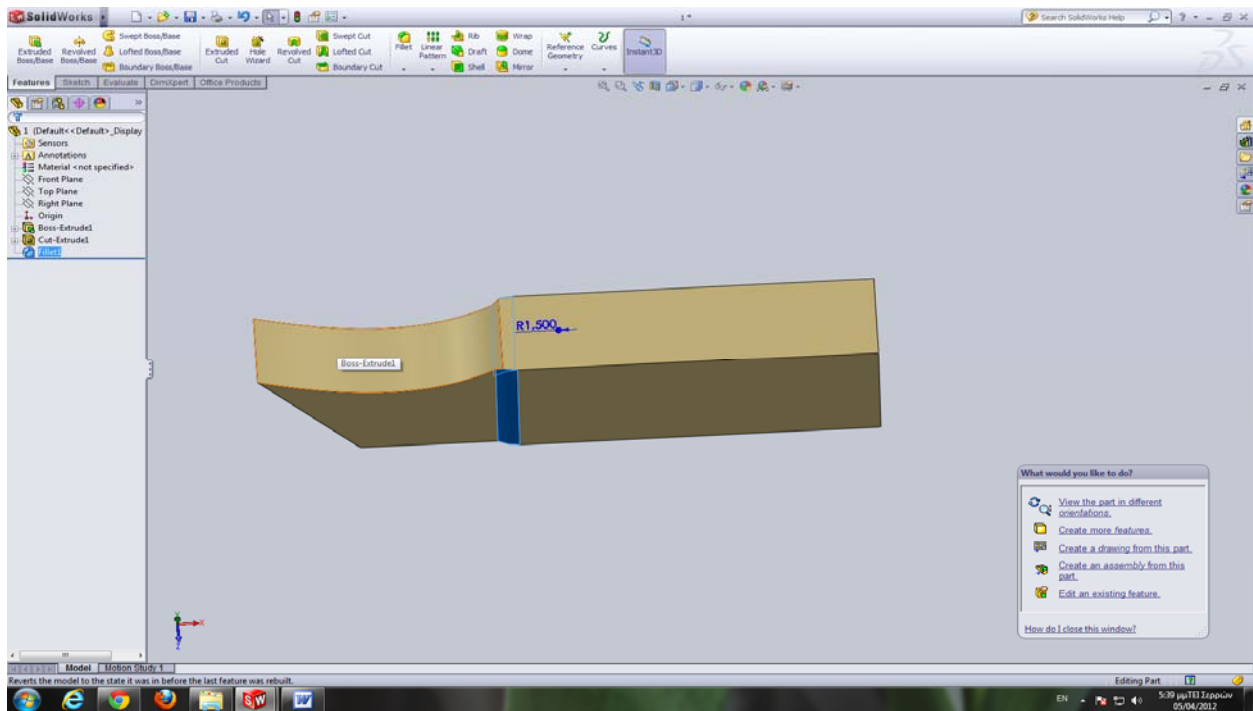
Στην συνέχεια διαμορφώνουμε την μύτη του κοππικου μας εργαλειου με την βοήθεια των εντολών του προγράμματος και δημιουργούμε μια ακτίνα καμπυλότητας για να δώσουμε την τελική μορφή στο κοππικου μας.

Τελευταία διαμόρφωση είναι να στρογγυλέσουμε τις γωνίες στις αχμές που επιλέγουμε με την εντολή fillet.

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός



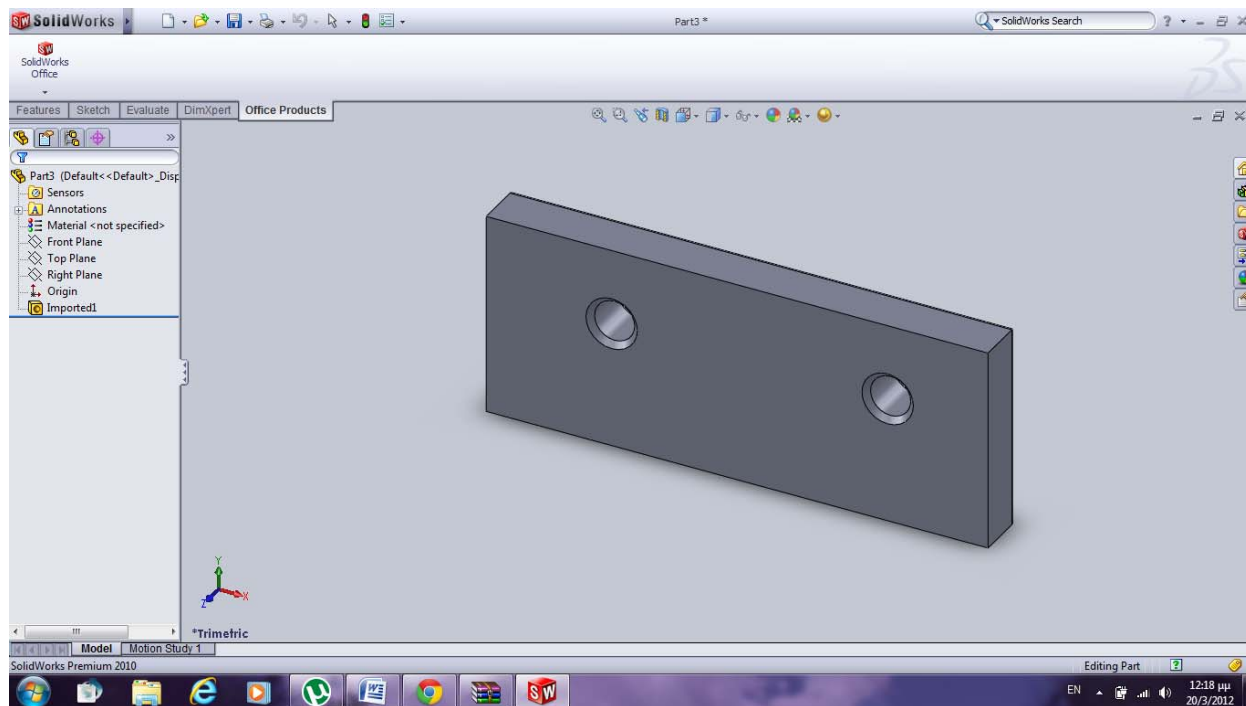
Εικόνα 2 : βασικές διαστάσεις κοπτικού εργαλείου



Εικόνα 3 : ακτίνα καμπυλότητας κοπτικού ανάμεσα στην μύτη και στο σώμα

Κομμάτι Η :

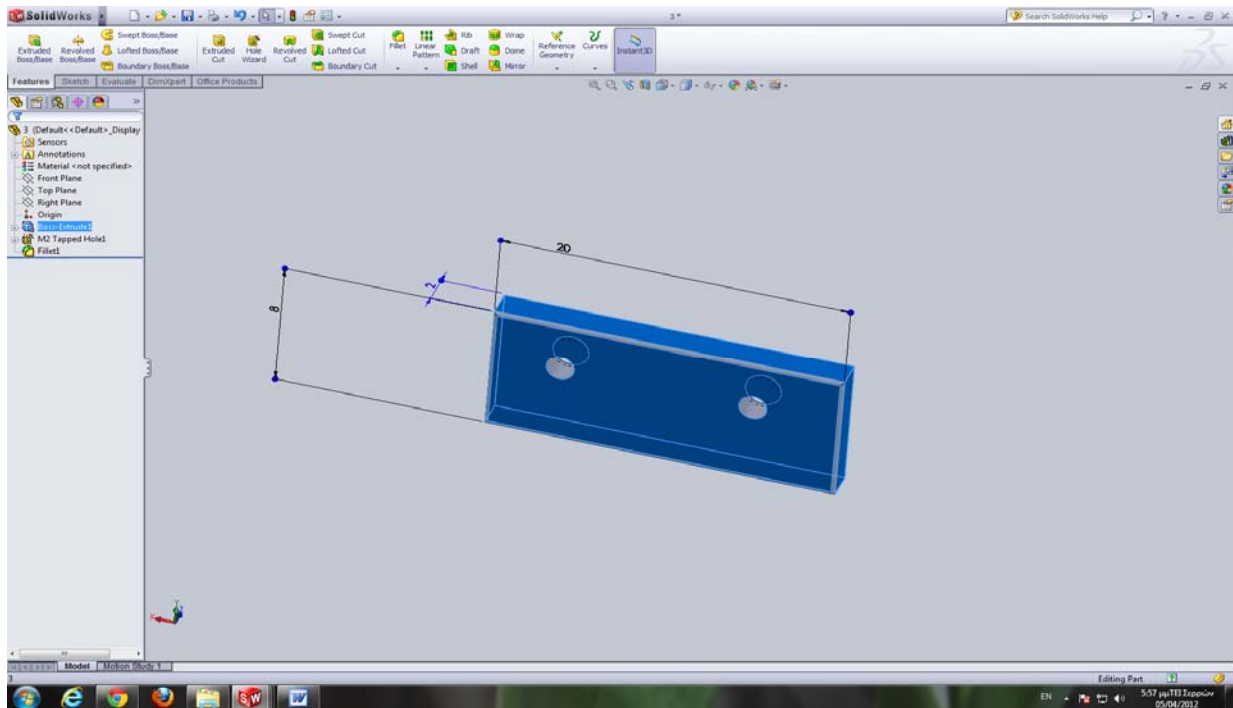
Η πλάκα μετάλλου που συγκρατεί το κοπτικό εργαλείο στην βάση του είναι κατασκευασμένη από χάλυβα ST 52



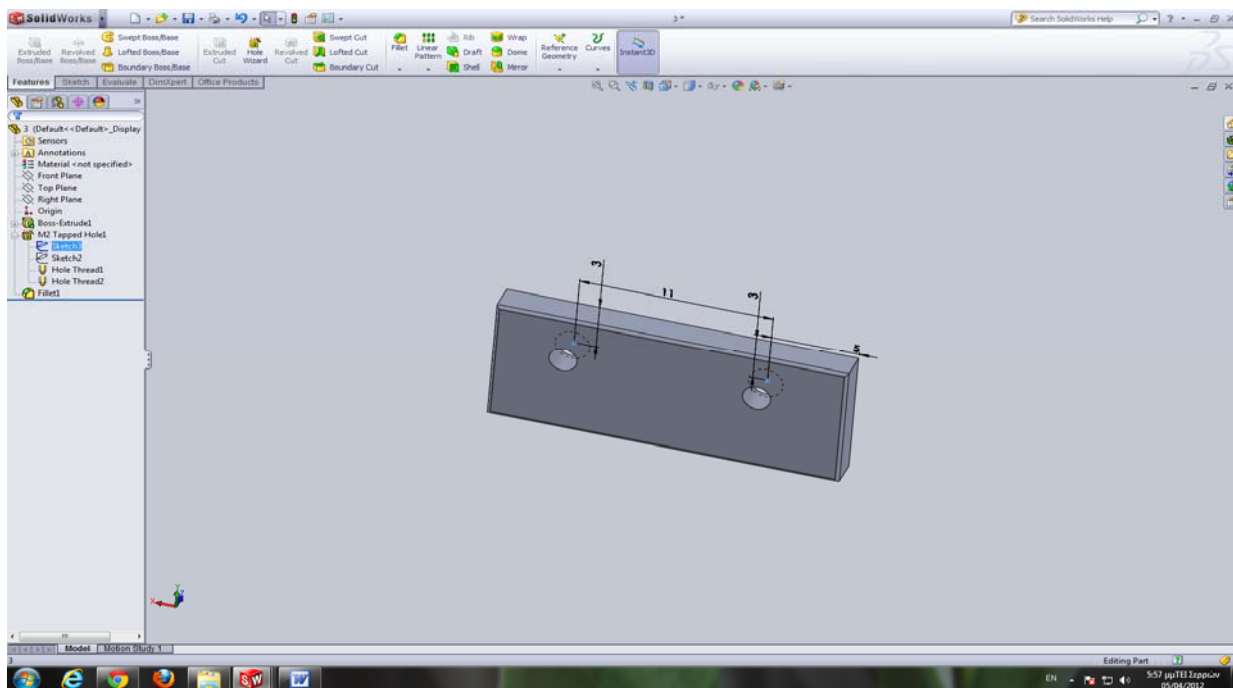
Εικόνα 4 :πλάκα μετάλλου που συγκρατεί το κοπτικό στη θήκη εργαλείου

Σχεδιάζουμε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο. 20cm μήκος με 6cm πλάτος. Στην συνέχεια μετατρέπουμε το σχέδιο μας σε 3διάστατο σχέδιο και με την εντολή boss extrude θέτουμε το βάθος τις πλάκας μετάλλου. Για την δημιουργία των οπών θέτουμε τις θέσεις στις οποίες θα γίνουν οι κύκλοι και εφόσον θέσουμε το μέγεθος τους, με την εντολή cut extrude δημιουργούμε τις οπές. Με την εντολή fillet στρογγυλεύουμε τις γωνίες και αντίστοιχα δημιουργούμε καμπυλότητα στις οπές.

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός



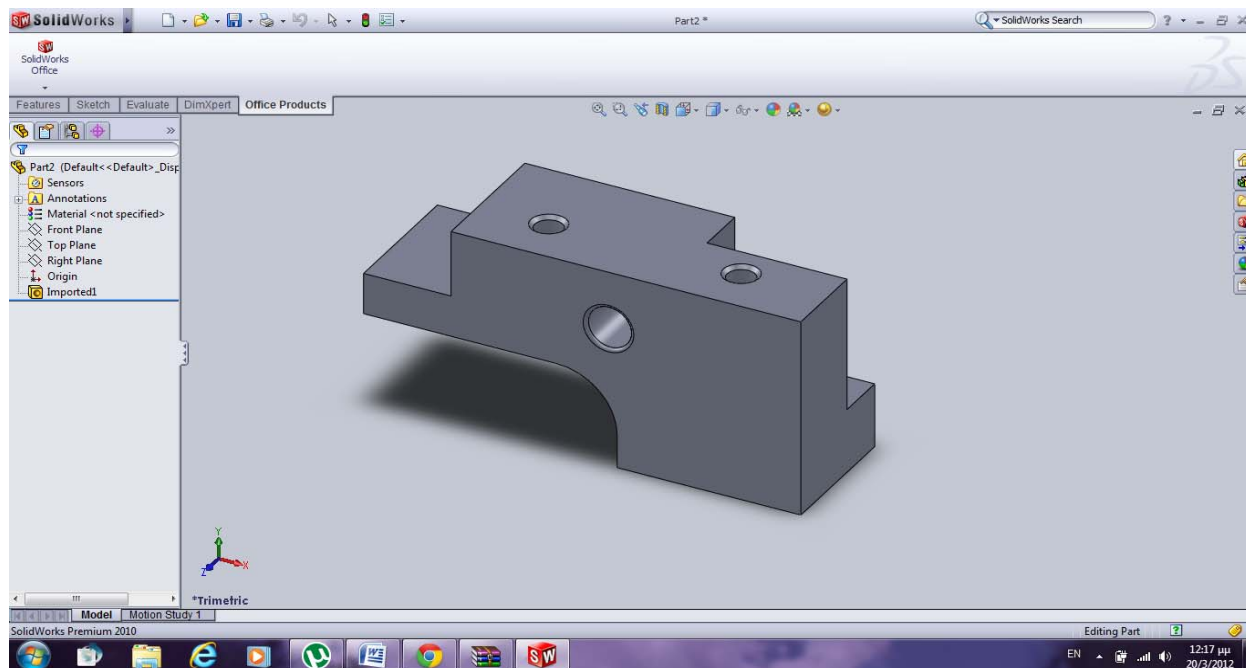
Εικόνα 5 : διαστάσεις της πλάκας μετάλλου



Εικόνα 6: σχεδιασμός και δημιουργία οπών

Κομμάτι Ε

Η βάση στήριξης του κοπτικού εργαλείου είναι κατασκευασμένη από βελτιωμένοχάλυβα St 45



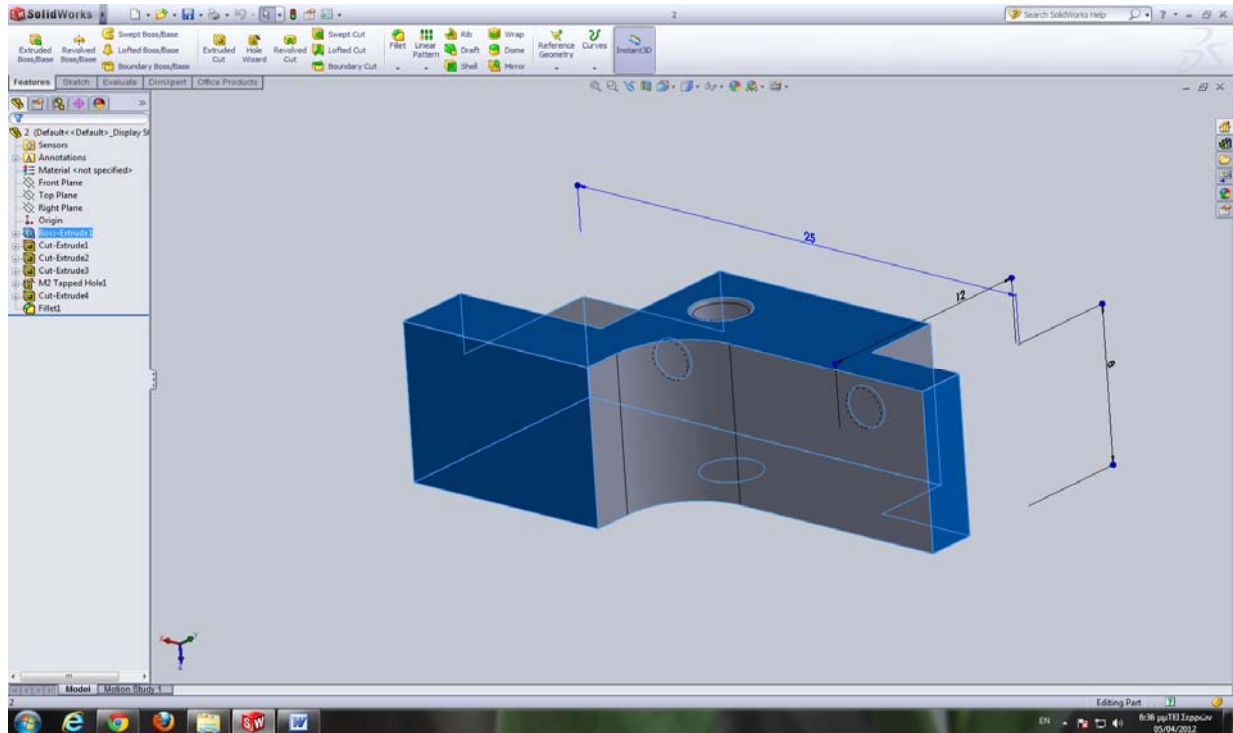
Εικόνα 7: βάση στήριξης κοπτικού εργαλείου

Αρχικά σχεδιάζουμε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο 2 διαστάσεων στο sketch Στην συνέχεια μετατρέπουμε το σχέδιο μας σε 3διάστατο σχέδιο και με την εντολή boss extrude θέτουμε το βάθος του κομματιού. Στην συνέχεια με την εντολή extrude αφαιρούμε υλικό ώστε να διαμορφωθεί το κομμάτι μας προς την τελική του μορφή τα αυλάκια που δημιουργούμε φαίνονται στις εικόνες 9 και 10

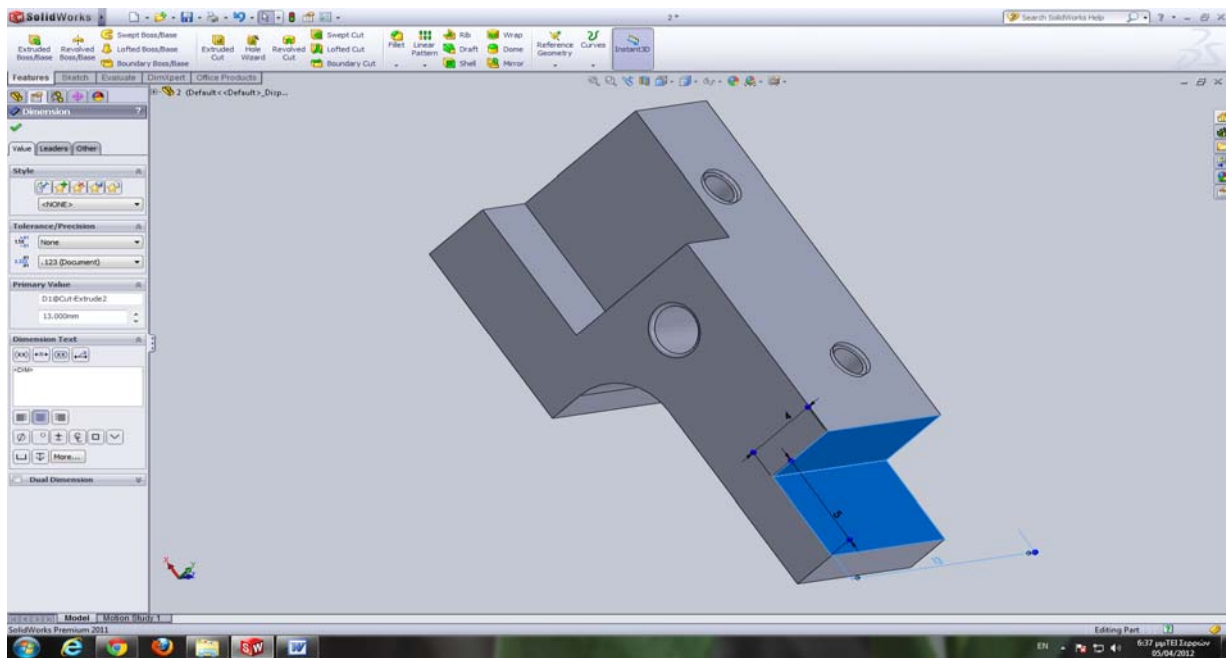
Θέτουμε την ακτίνα καμπυλότητας και τα σημεία στα οποία θα δημιουργηθεί και με την εντολή cut extrude κόβουμε τι κομμάτι. Με την εντολή hole wizard το πρόγραμμα μας δίνει τη δυνατότητα να ανοίξουμε οπή με διαμορφωμένο σπείρωμα δηλώνοντας την τυποποίηση του(κατά iso) και τη διάσταση του Για την δημιουργία των οπών για τις βίδες θέτουμε τις θέσεις στις οποίες θα γίνουν οι κύκλοι και εφόσον θέσουμε το μέγεθος τους, με την εντολή tapped hole δημιουργούμε τις οπές. Για την δημιουργία της οπής θέτουμε την θέση που θα γίνει και σχεδιάζουμε των κύκλο εφόσον θέσουμε το μέγεθος του, με την εντολή cut extrude δημιουργούμε την οπή. Με την εντολή fillet στρογγυλεύουμε τις γωνίες και αντίστοιχα δημιουργούμε καμπυλότητα στις οπές.

Οι διαδικασίες φαίνονται στις επόμενες εικόνες

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός

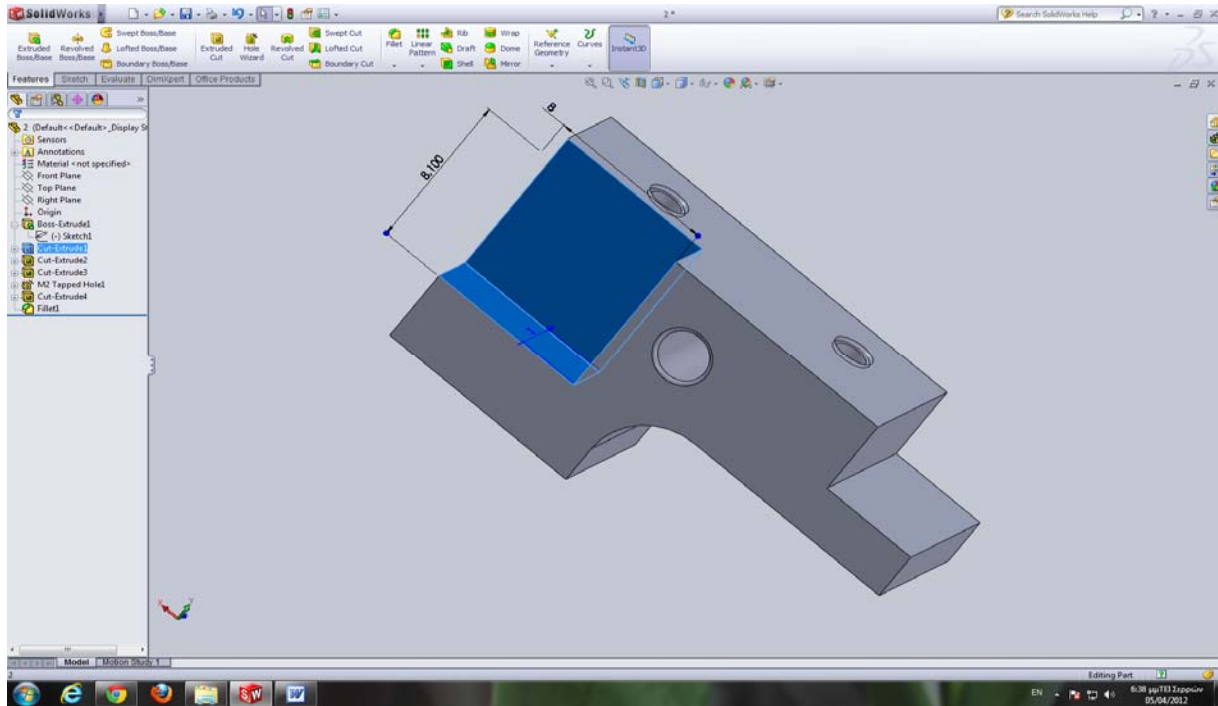


Εικόνα 8 βασικές διαστάσεις κομματιού

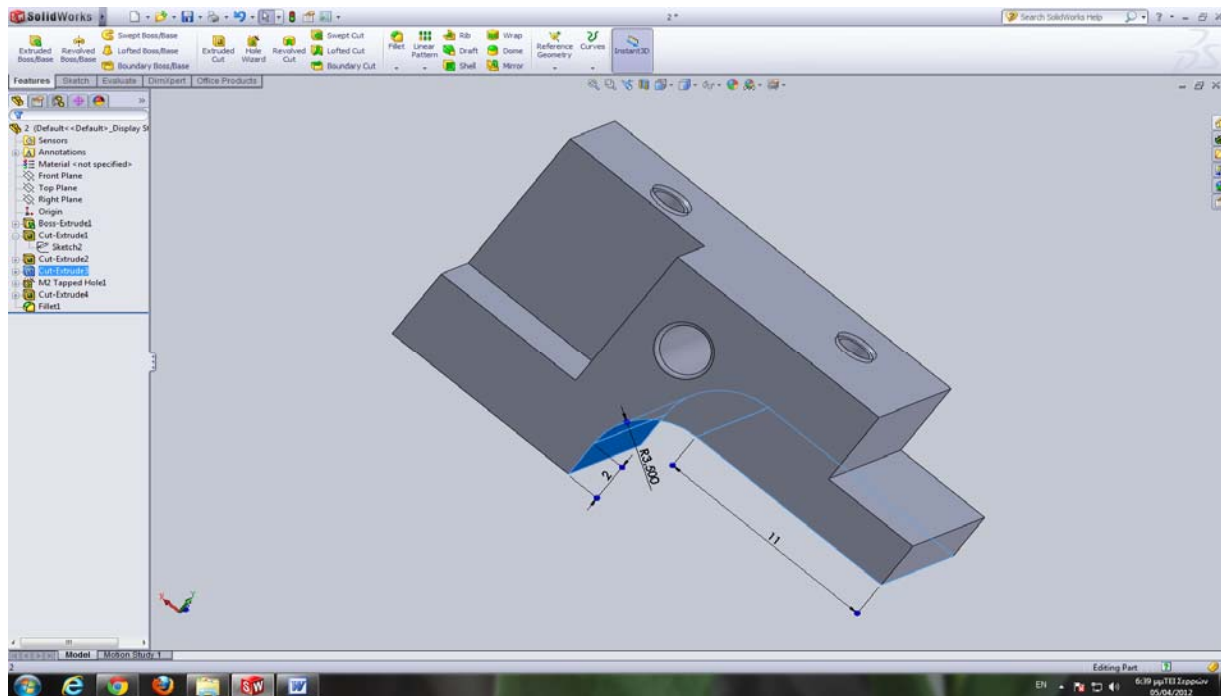


Εικόνα 9 αφαίρεση υλικού

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός

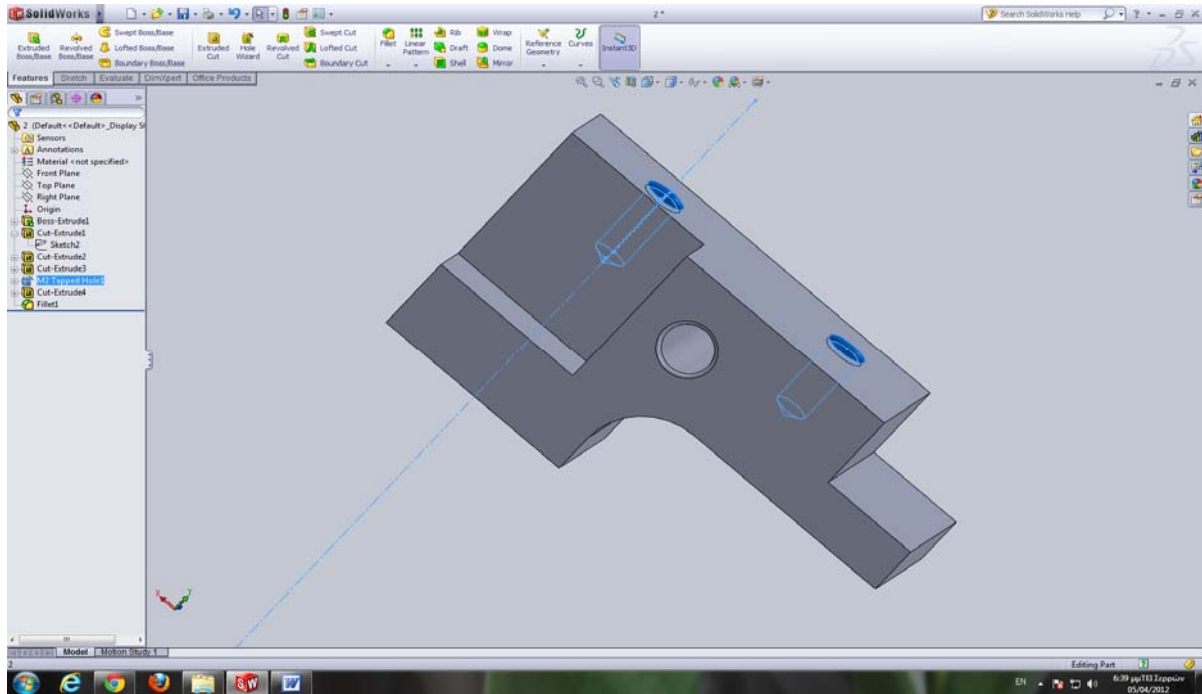


Εικόνα 10 αφαίρεση υλικού

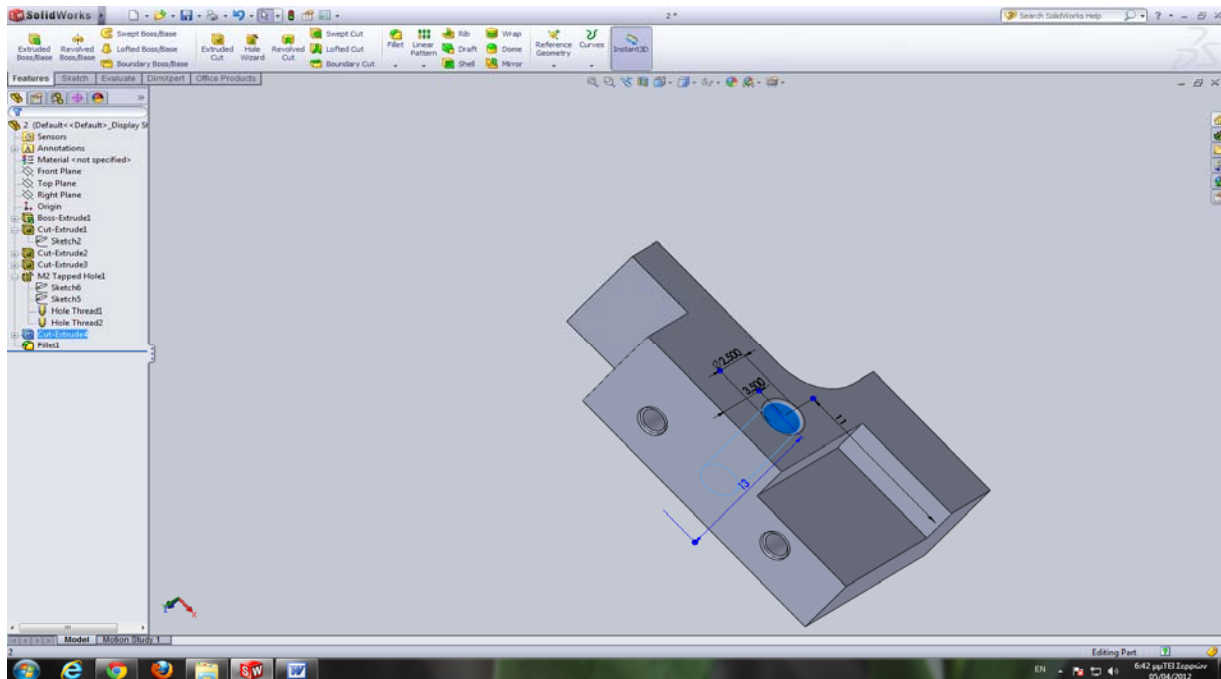


Εικόνα 11 δημιουργία καμπυλότητας

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός



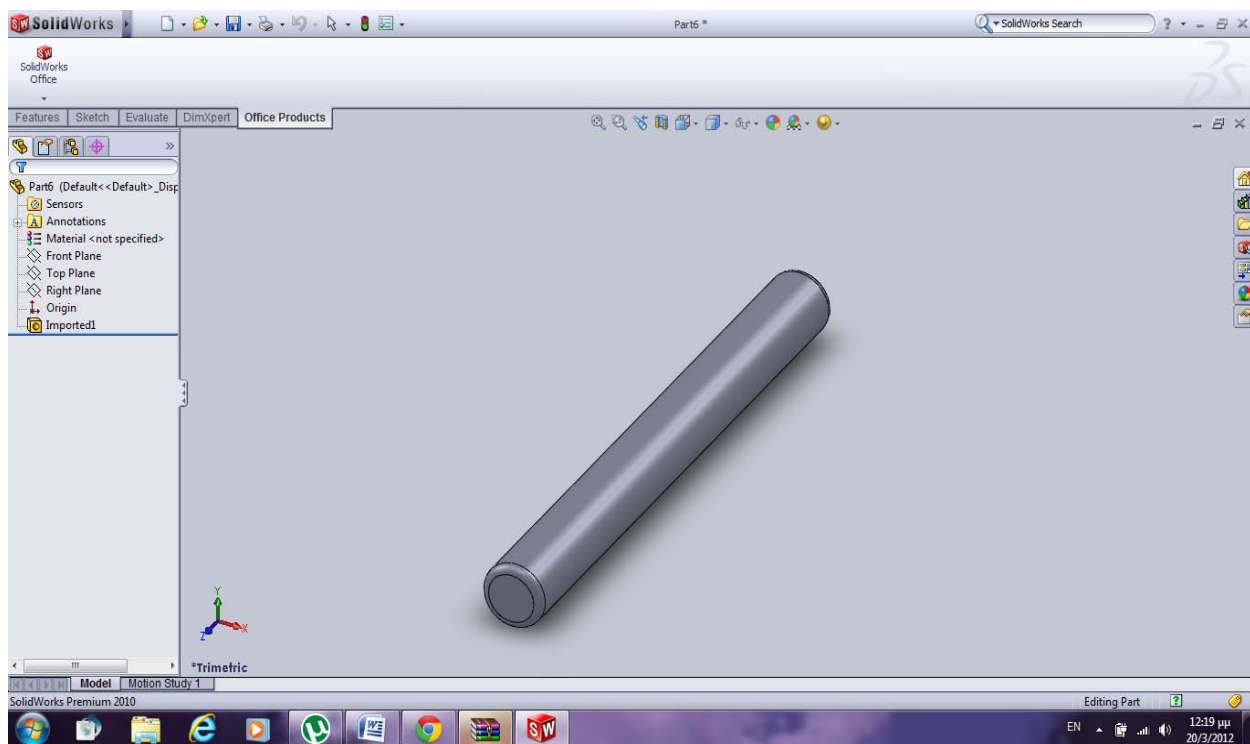
Εικόνα 12 σχεδιασμός οπών με σπείρωμα



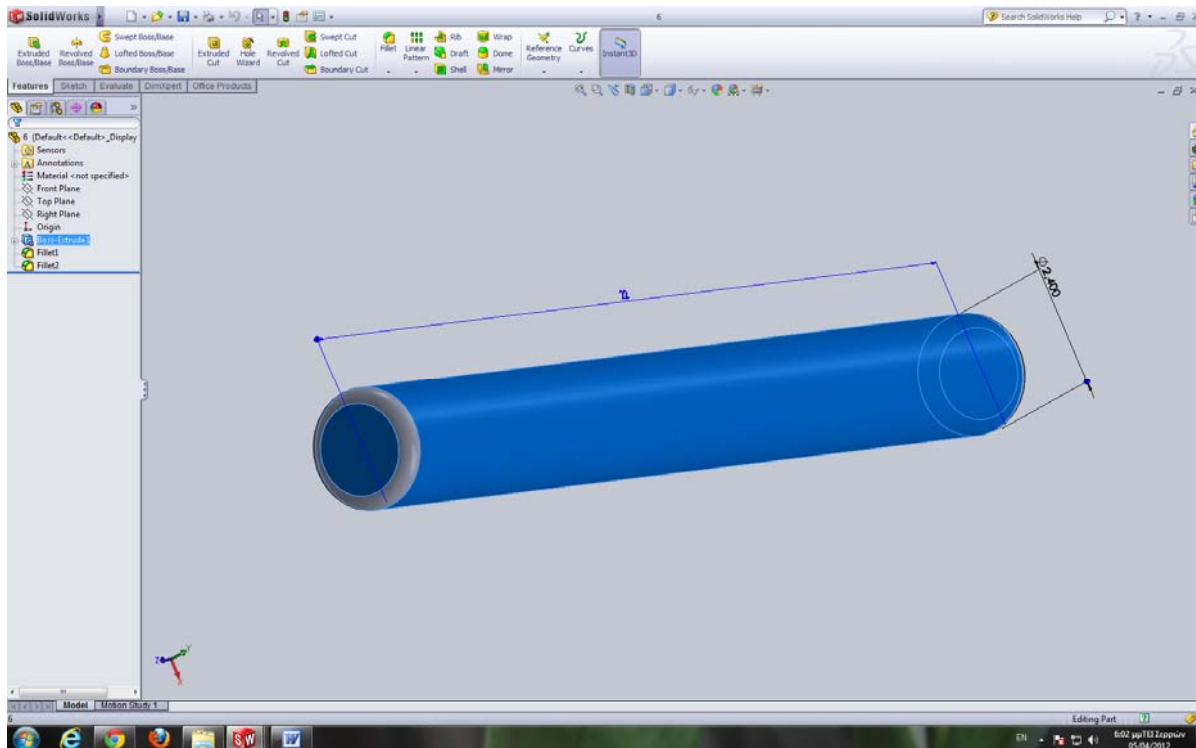
Εικόνα 13 δημιουργία οπής

Κομμάτι I

Σχεδιάζουμε ένα sketch ενός κύκλου. Μετατρέπουμε το σχέδιο μας σε 3διάστατο σχέδιο .Με την εντολή boss extrude μετατρέπουμε τον κύκλο σε έναν ολόσωμο κύλινδρο. Με την εντολή fillet στρογγυλεύουμε τις γωνίες



Εικόνα 14 σχεδιασμός σφήνας



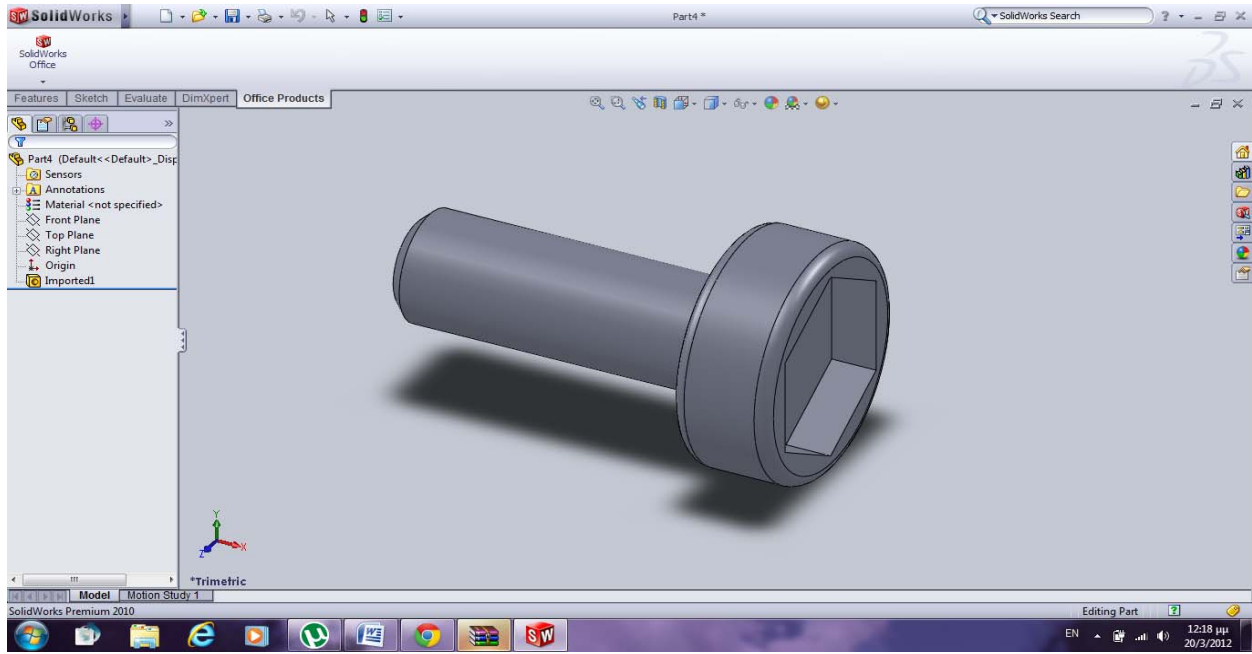
Εικόνα 15 διαστάση πείρου

Κομμάτι N και P

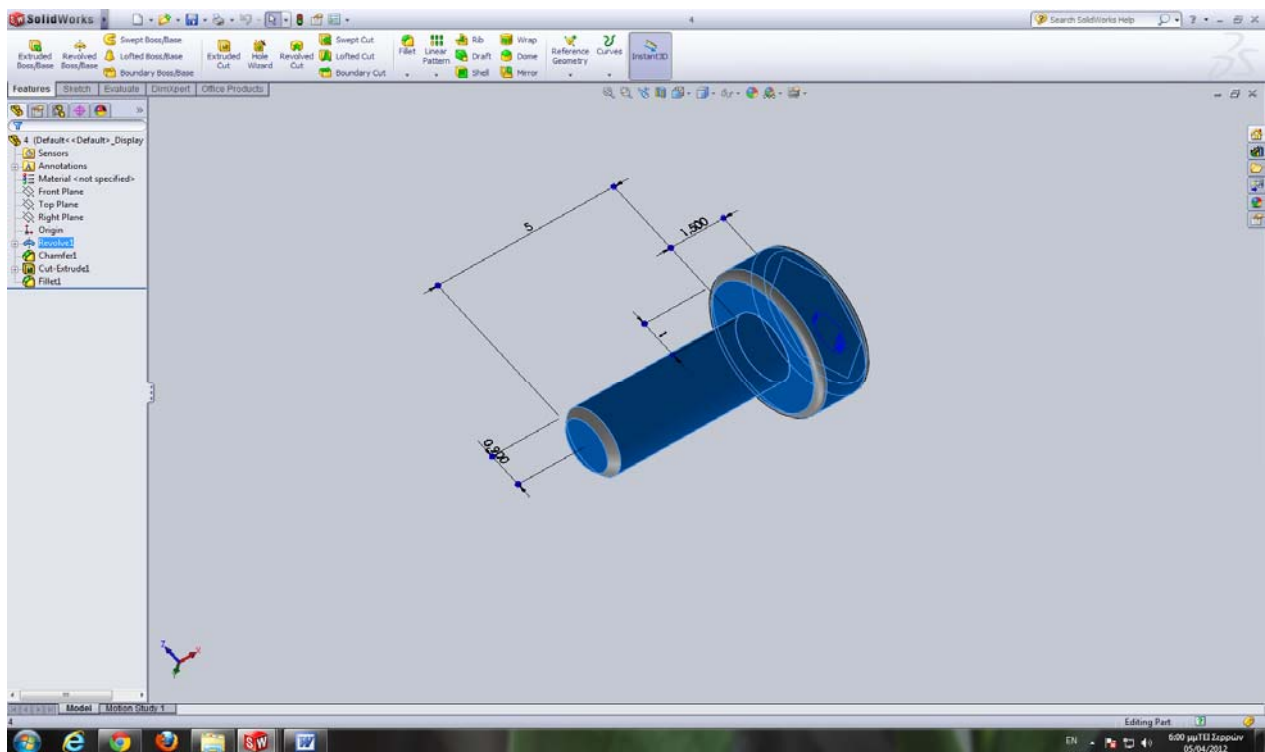
Οι κοχλίες είναι κατασκευασμένοι από ανοξείδωτο χάλυβα

Σχεδιάζουμε την βίδα αρχικά σαν κύλινδρο στην συνέχεια αφαιρούμε υλικό από το σώμα της βίδας. Στο κεφάλι διαμορφώνουμε το εσωτερικό εξαγωνο σχήμα με την εντολή cut extrude έχοντας δήλωση το βάθος κοπής. Με την εντολή fillet στρογγυλεύουμε τις γωνίες

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός

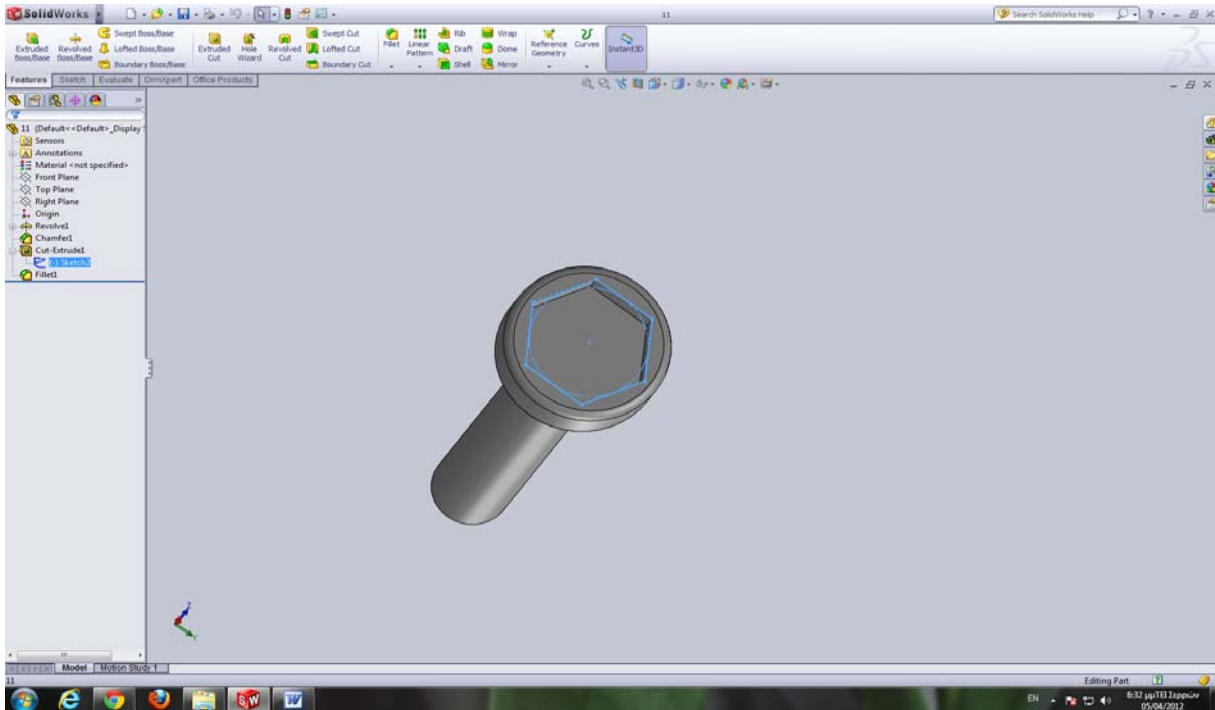


Εικόνα16 τελική διαμόρφωση κοχλία

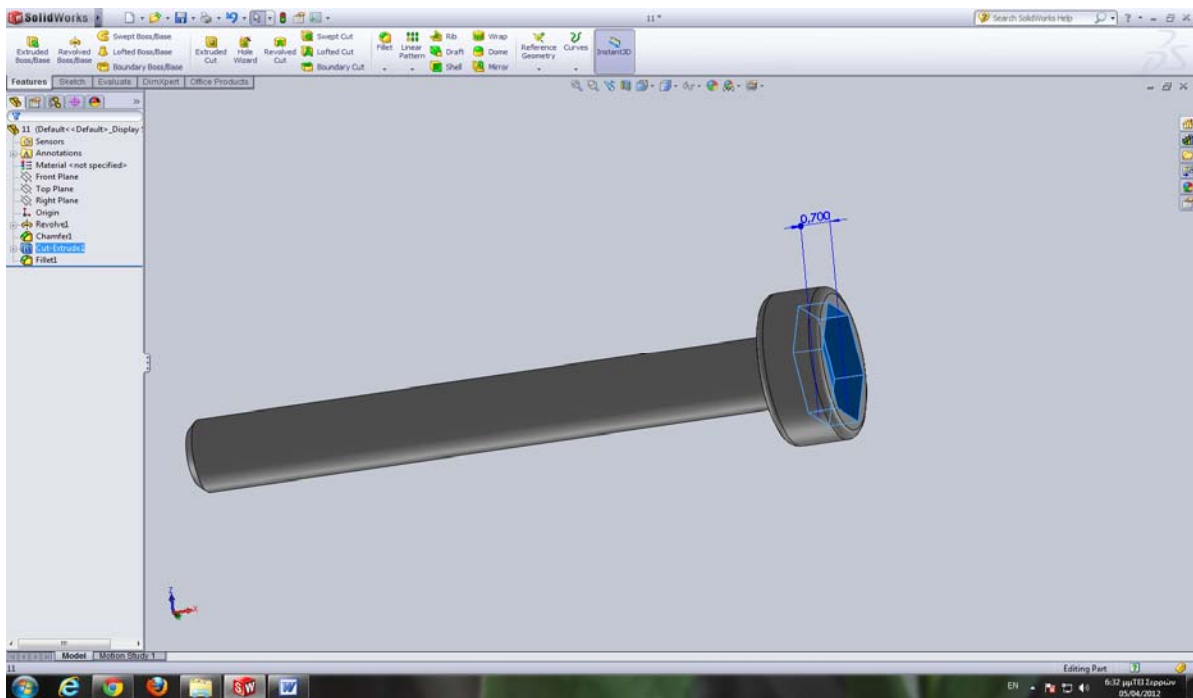


Εικόνα 17 διαστάσης βίδας

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός



Εικόνα 18 διαμόρφωση κεφαλής

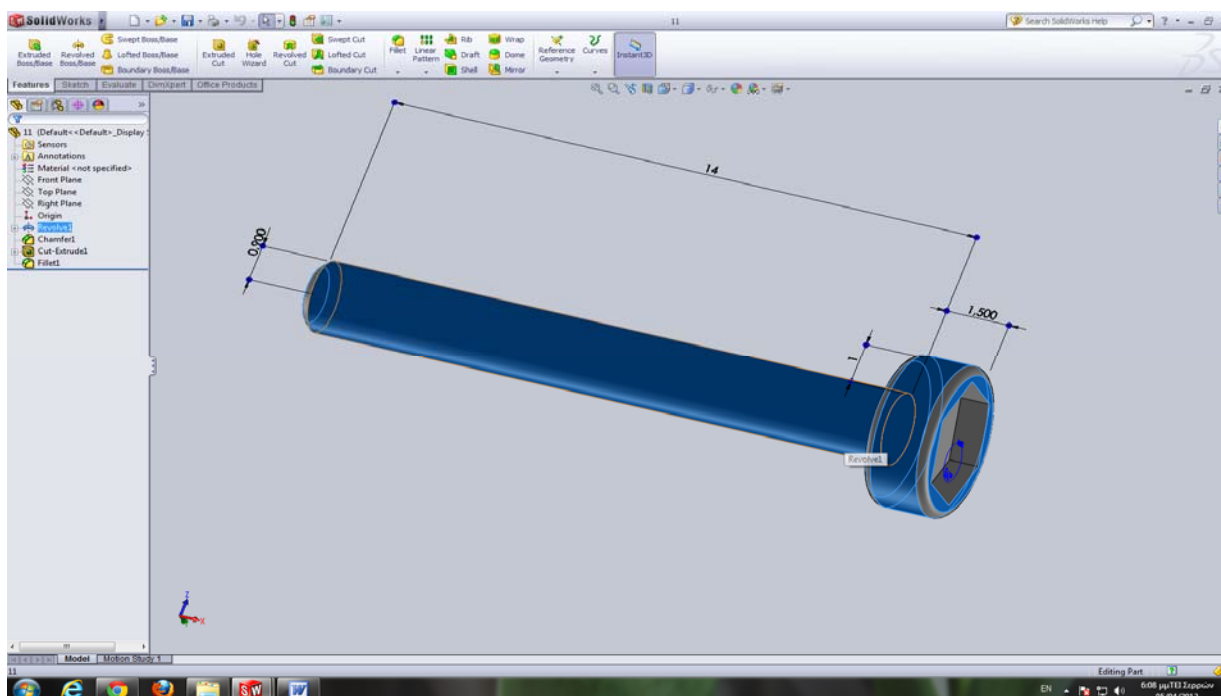


Εικόνα 19

Κομμάτι M

Η κοχλίες είναι κατασκευασμένοι από ανοξείδωτο χάλυβα

Σχεδιάζουμε την βίδα αρχικά σαν κύλινδρο στην συνέχεια αφαιρούμε υλικό από το σώμα της βίδας .Στο κεφάλι διαμορφώνουμε το εσωτερικό εξάγωνο σχήμα με την εντολή cut extrude έχοντας δηλώσει το βάθος κοπής. Με την εντολή fillet στρογγυλεύουμε τις γωνίες. Τα σχέδια είναι ίδια το κομμάτι N το μόνο που διαφέρει στις βίδες είναι το μήκος τους



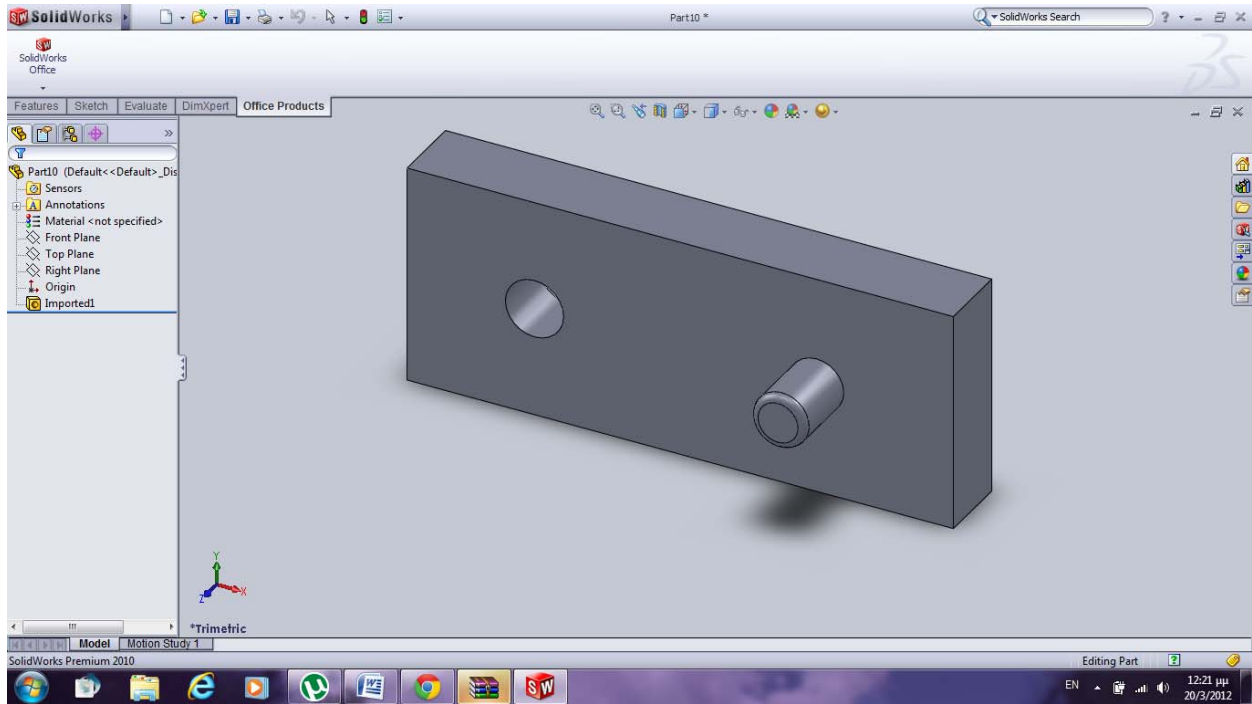
Εικόνα 20 διαστάσης βίδας

Κομμάτι G

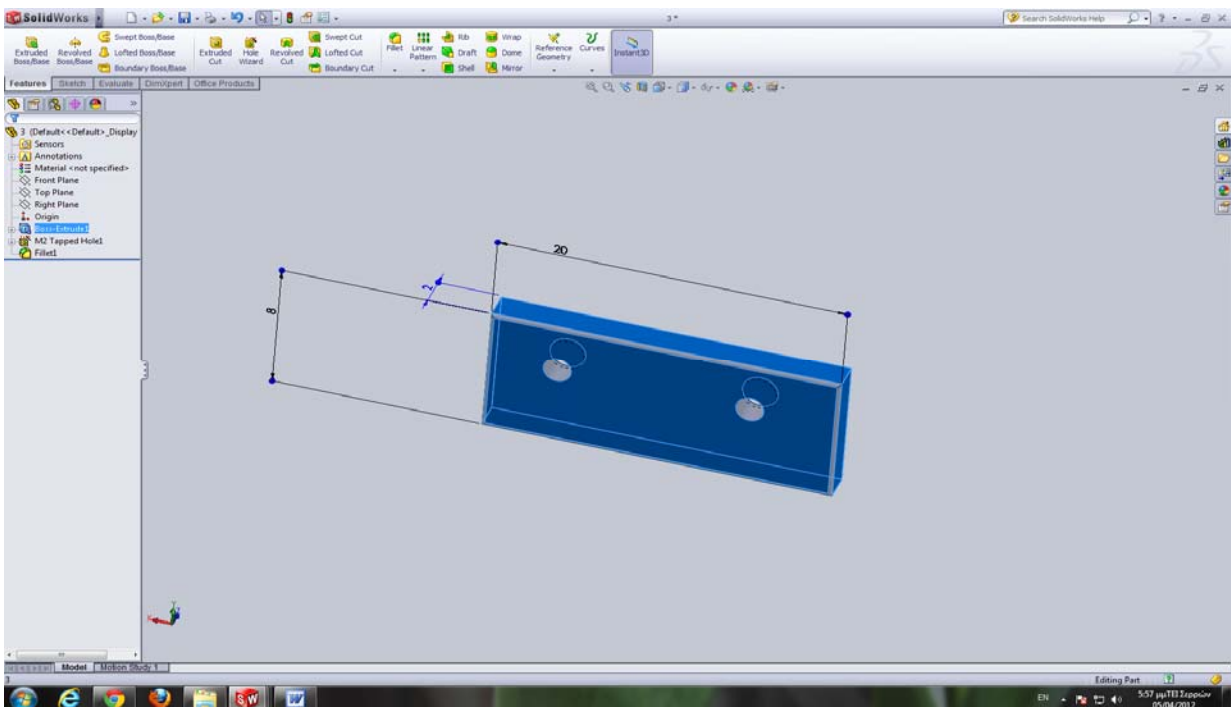
Η πλάκα μετάλλου είναι και αυτή κατασκευασμένη από @@@@

Σχεδιάζουμε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο. Στην συνέχεια μετατρέπουμε το σχέδιο μας σε 3διάστατο σχέδιο και με την εντολή boss extrude θέτουμε το βάθος τις πλάκας μετάλλου. Στην συνέχεια θέτουμε που θα γίνει η οπή και εφόσον θέσουμε το μέγεθος της, με την εντολή hole wizard το πρόγραμμα μας δίνει τη δυνατότητα να ανοίξουμε οπή με διαμορφωμένο σπείρωμα δηλώνοντας την τυποποίηση του(κατά iso) και τη διάσταση. Επίσης οριοθετούμε που θα γίνει με την βοήθεια τις εντολής boss extrude η μεγέθυνση του πλάτους για την κυκλική περιοχή που χρειαζόμαστε .Τελευταία διαμόρφωση είναι να στρογγυλέψουμε τις γωνίες στις αιχμές που φαίνονται στην εικόνα με την εντολή fillet αφού τις επιλέξουμε.

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός

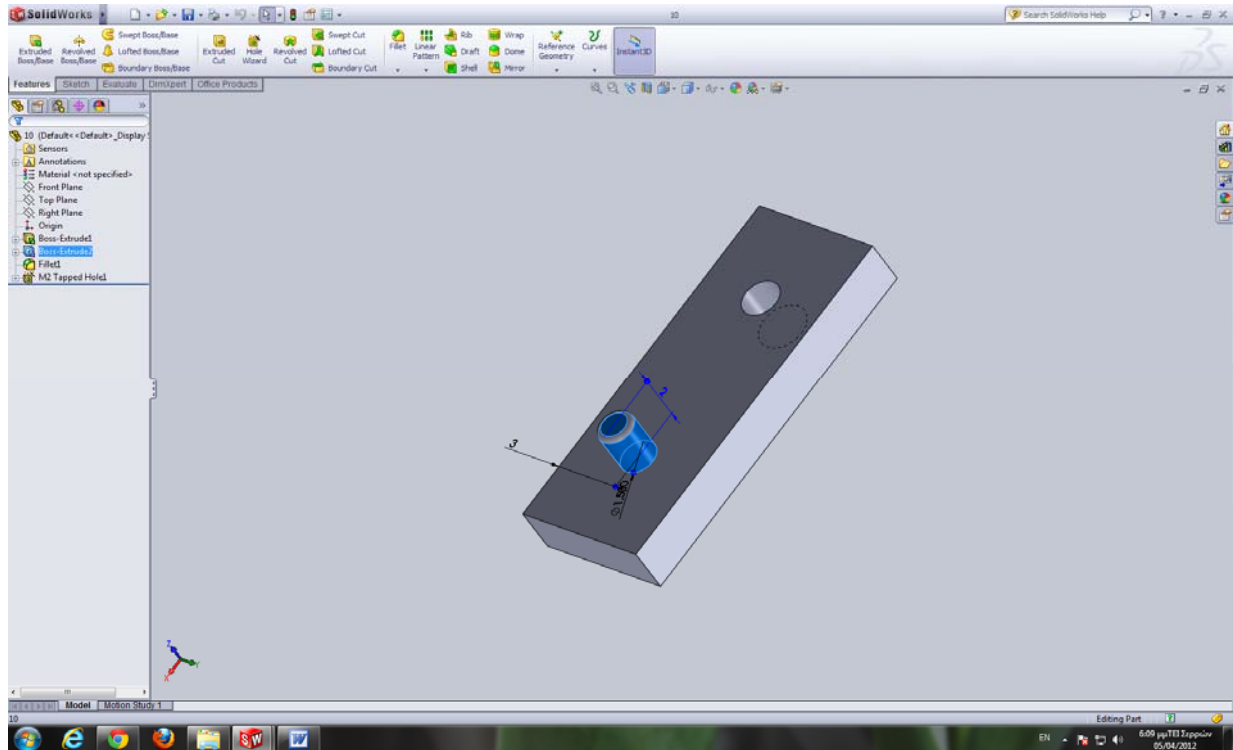


Εικόνα 21 :τελική διαμόρφωση πλάκας μετάλλου G

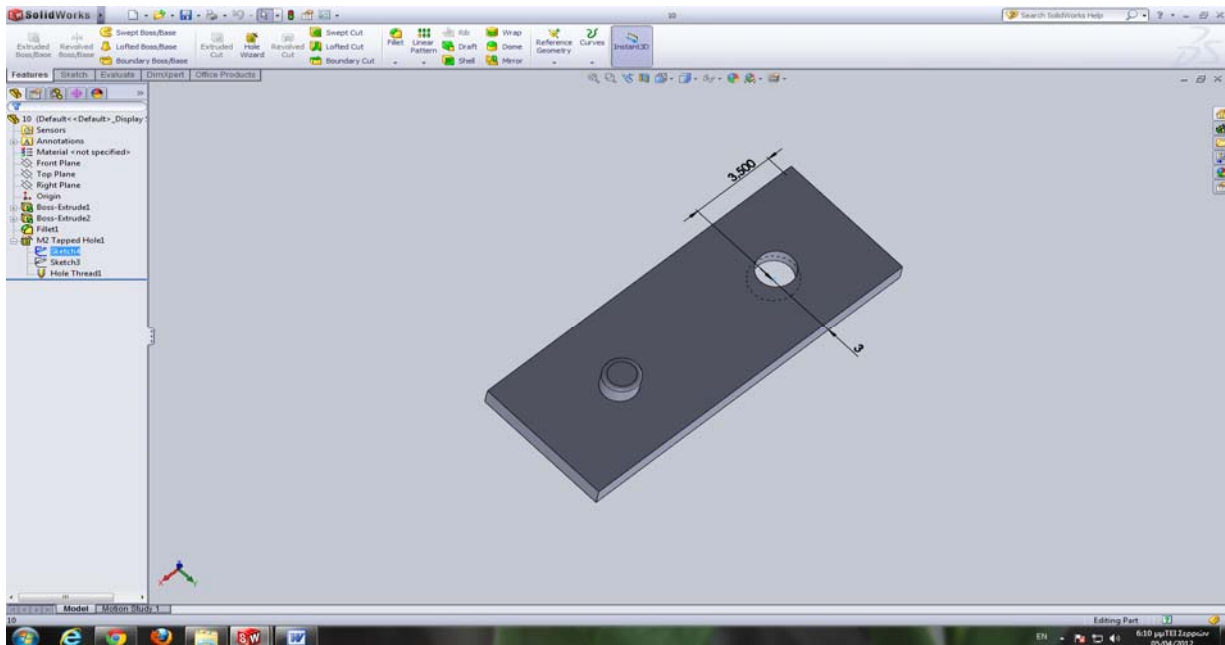


Εικόνα 22 : βασικές διαστάσεις

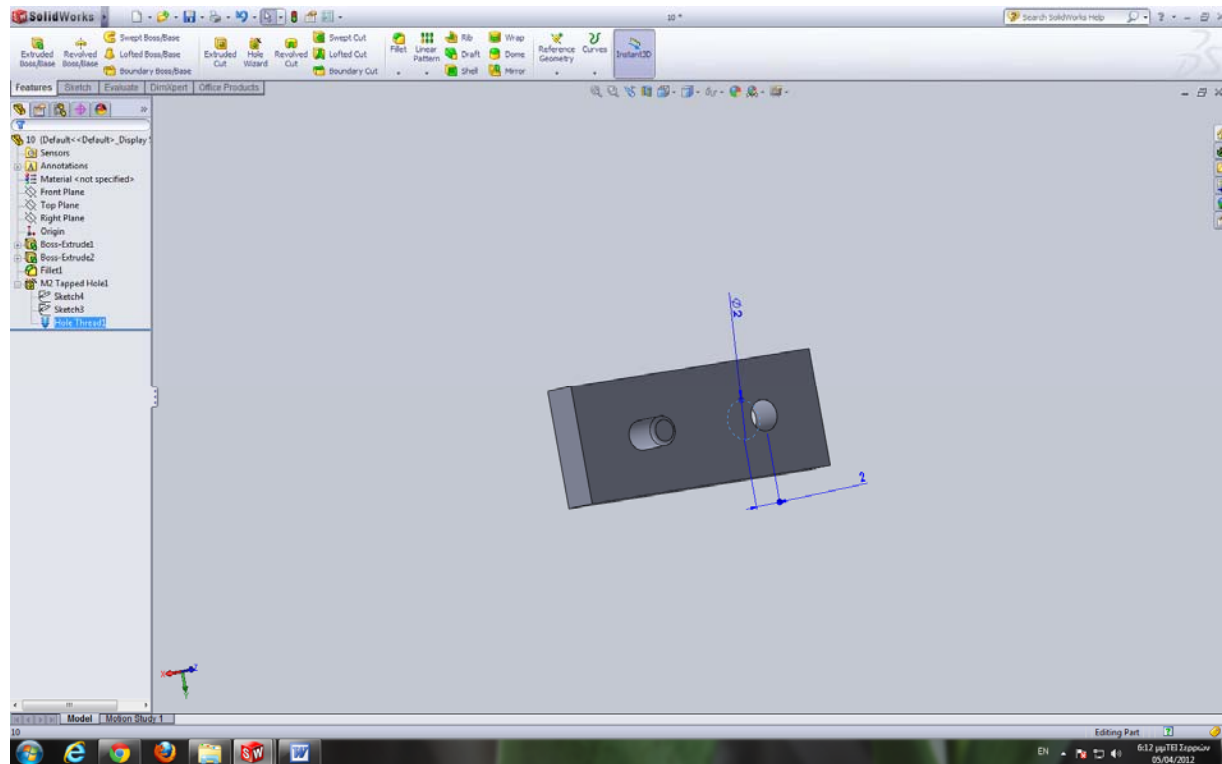
Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός



Εικόνα 23 : προσθήκη ύψους για την θέση του ελατηρίου



Εικόνα 24 : οριοθέτηση οπής

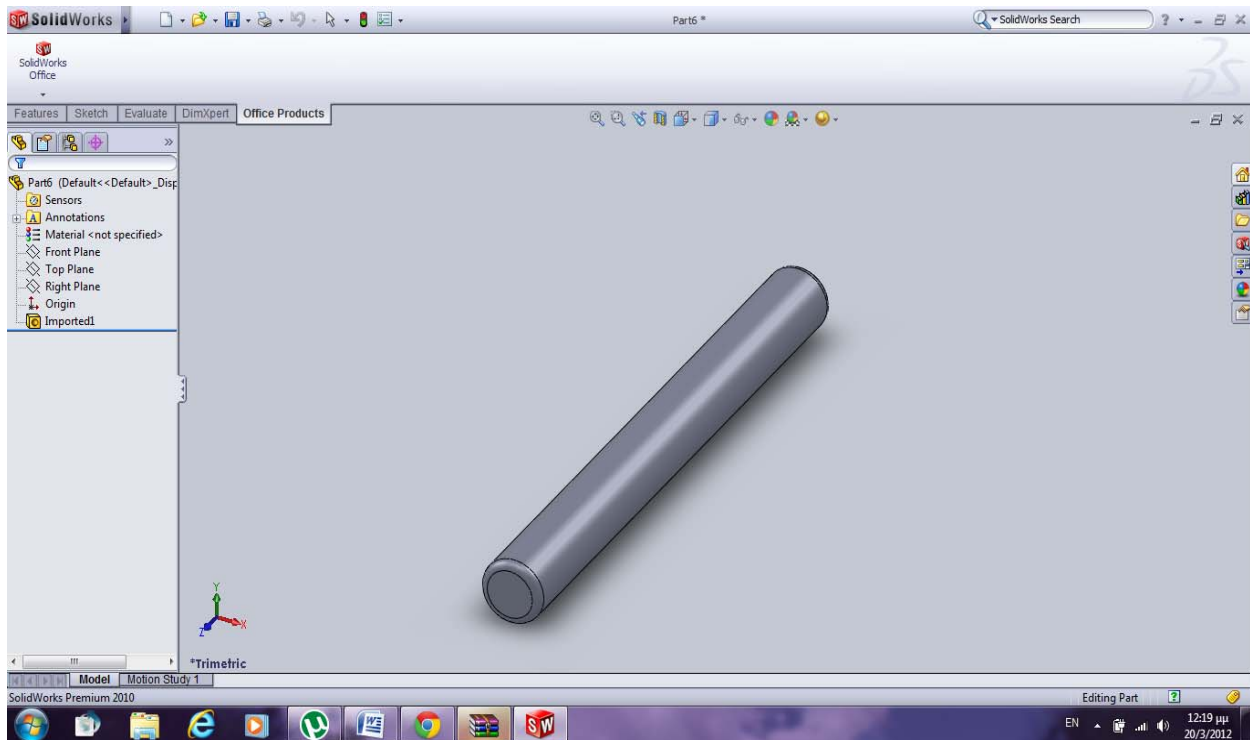


Εικόνα 25 : δημιουργία οπής με σπείρωμα

Κομμάτι J

Η σφήνα είναι κατασκευασμένη από βελτιωμένο χάλυβα St 45

Σχεδιάζουμε ένα sketch ενός κύκλου. Μετατρέπουμε το σχέδιο μας σε 3διάστατο σχέδιο .Με την εντολή boss extrude μετατρέπουμε τον κύκλο σε έναν ολόσωμο κύλινδρο. Με την εντολή fillet στρογγυλεύουμε τις γωνίες στις ακμές



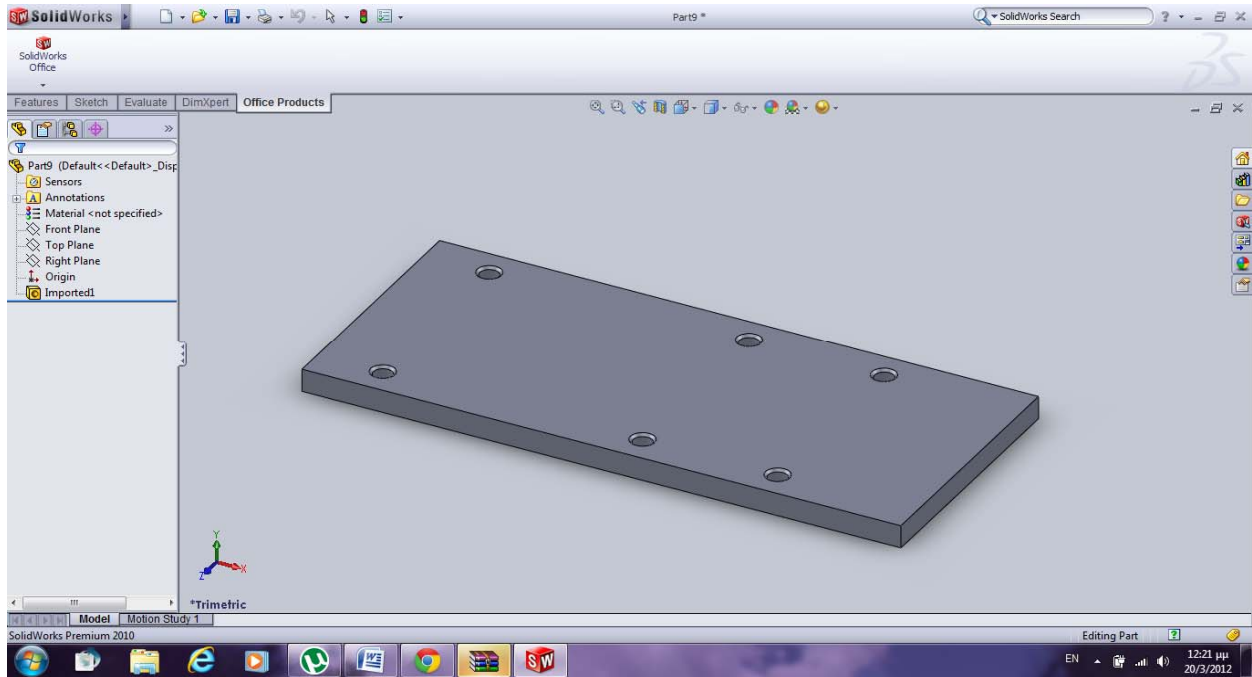
Εικόνα 26 σχεδιασμός σφήνας

Κομμάτι L

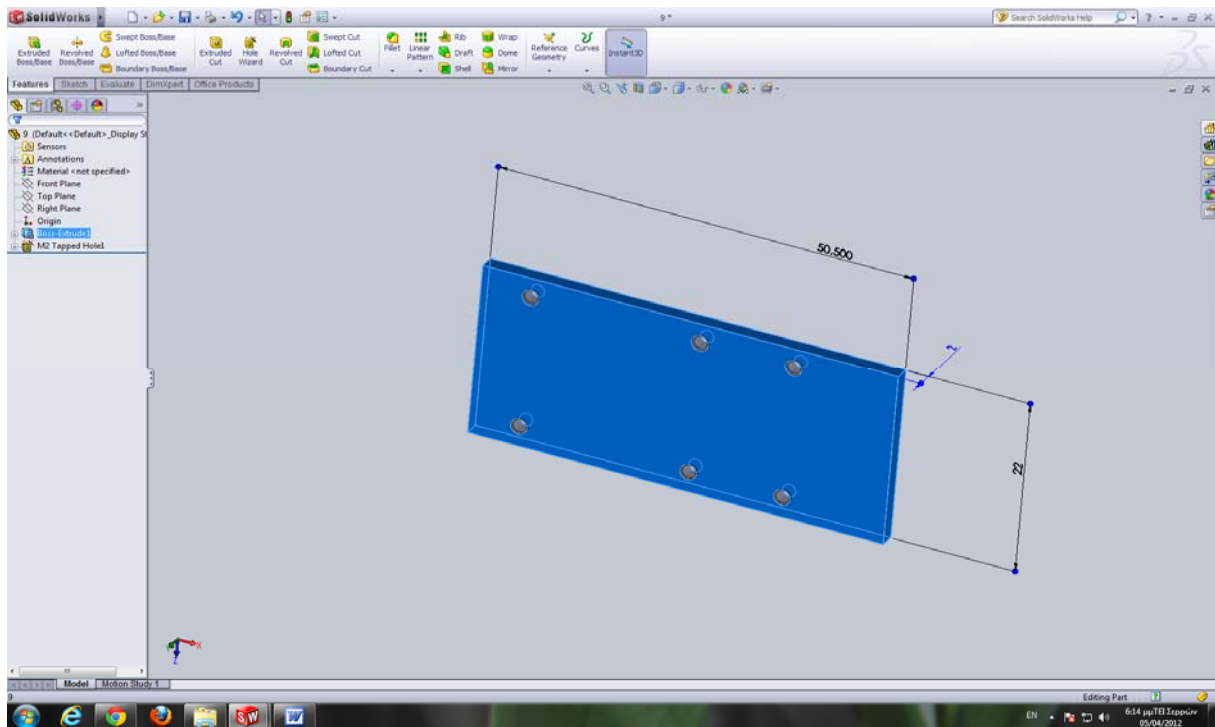
Η μεταλική αυτή πλάκα είναι το κάλυμμα τις κινητής πλάκας είναι κατασκευασμένο από χάλυβα St 52

Αρχικά σχεδιάζουμε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο 2 διαστάσεων στο sketch Στην συνέχεια μετατρέπουμε το σχέδιο μας σε 3διάστατο σχέδιο και με την εντολή boss extrude θέτουμε το βάθος του κομματιού. Οριοθετούμε τα σημεία όπου θέλουμε να κάνουμε οπές και σχεδιάζουμε κύκλους με την διάμετρο τις οπής.Στην συνέχεια με την εντολή hole thread δημιουργούμε τις οπές.Τελευταία διαμόρφωση είναι να στρογγυλέψουμε τις γωνίες στις αιχμές που φαίνονται στην εικόνα με την εντολή fillet αφού τις επιλέξουμε

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός

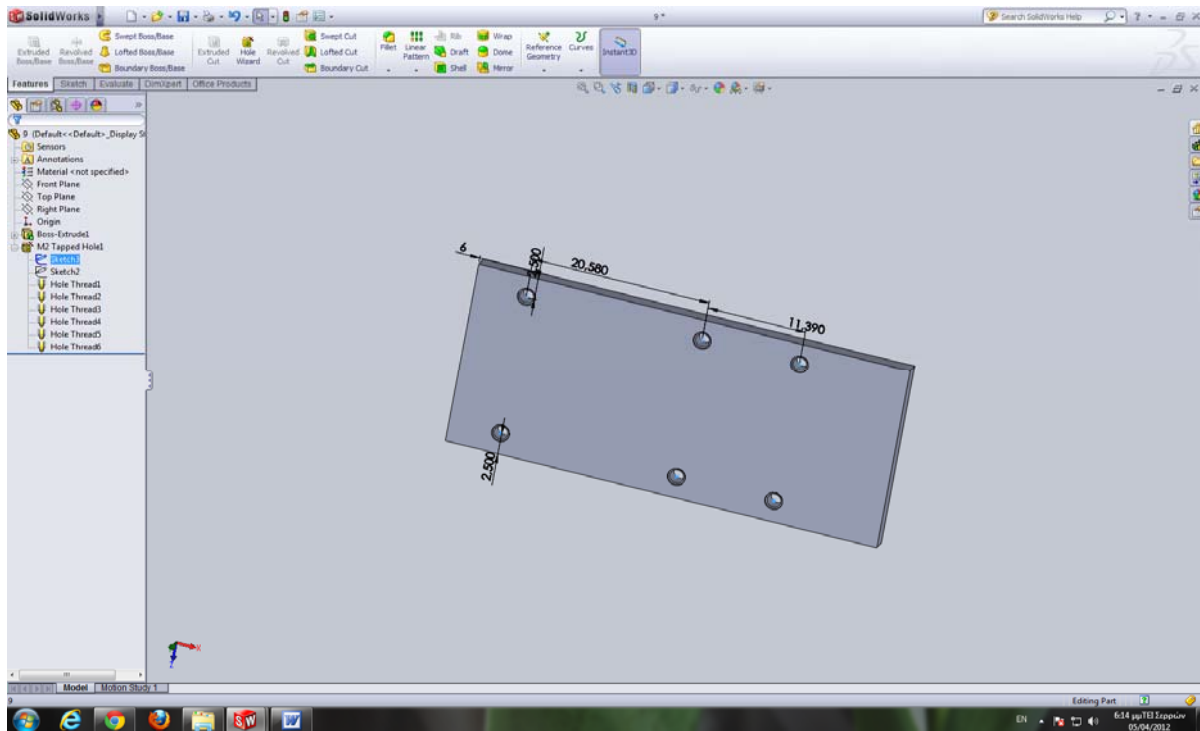


Εικόνα 27 : τελική μορφή

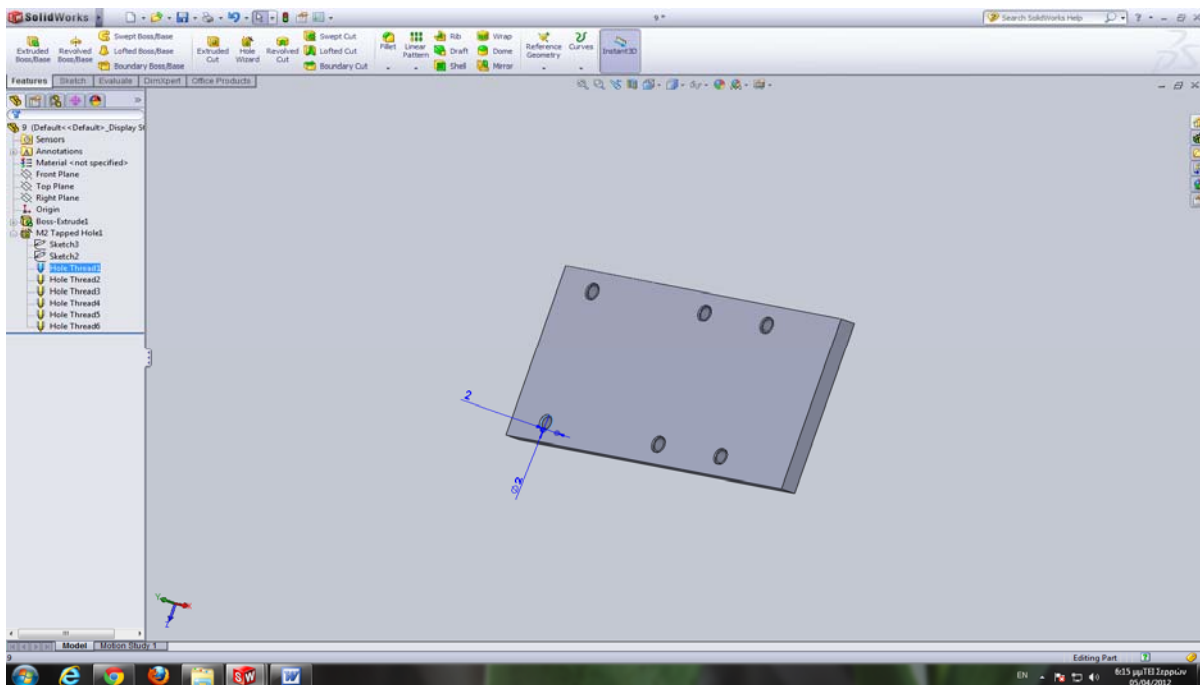


Εικόνα 28 : διαστάσεις πλάκας

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός



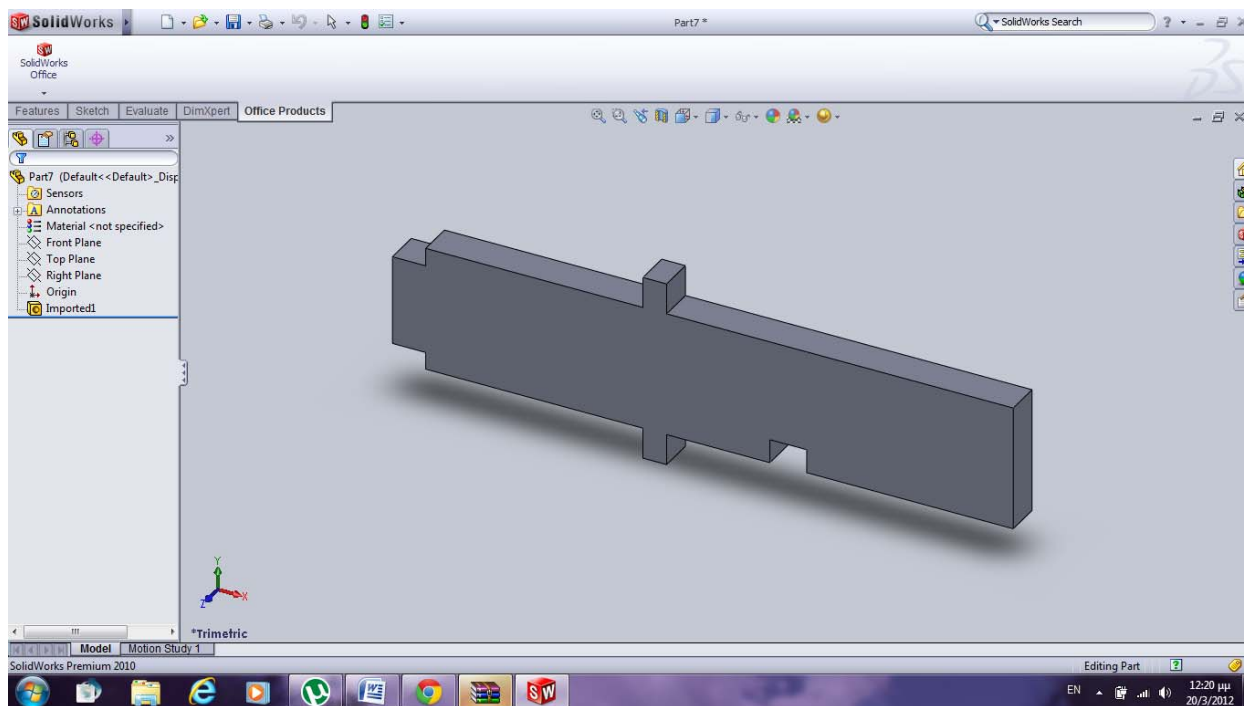
Εικόνα 29: οριοθέτηση για τον σχεδιασμό οπών



Εικόνα 30 : δημιουργία οπών κοχλία με διάμετρο Φ2

Κομμάτι Β

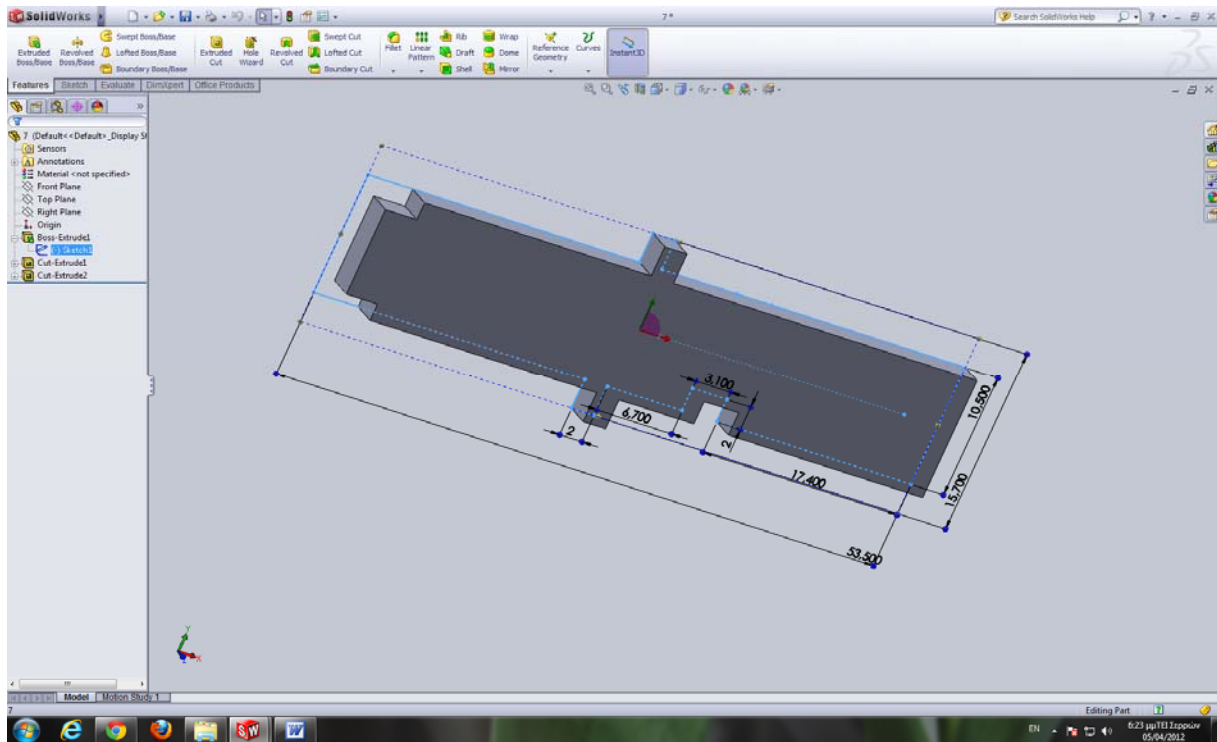
Το κομμάτι Β είναι και αυτό φτιαγμένο από χάλυβα St 52 και είναι ο συρόμενος κορμός τις κατασκευής μας.



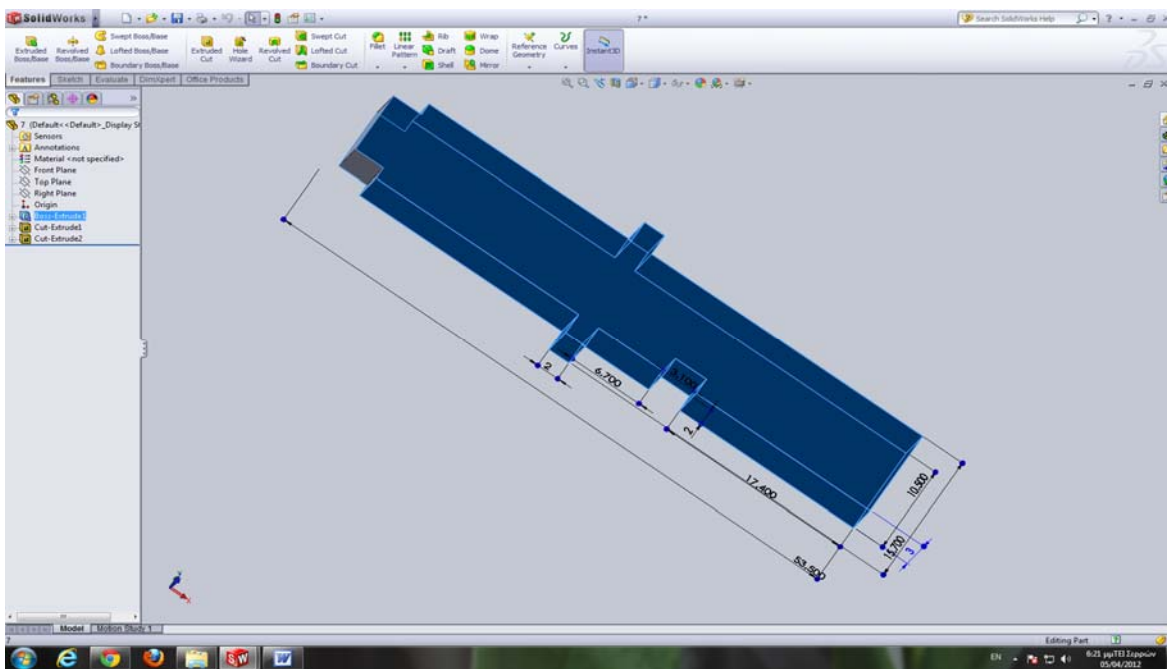
Εικόνα 31 : τελική μορφή του κινητού κορμού

Σχεδιάζουμε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο. Στην συνέχεια μετατρέπουμε το σχέδιο μας σε 3διάστατο σχέδιο και με την εντολή boss extrude θέτουμε το βάθος τις πλάκας μετάλλου. συνέχεια μετατρέπουμε το σχέδιο μας σε 3διάστατο σχέδιο και με την εντολή boss extrude θέτουμε το βάθος του κομματιού. Στην συνέχεια θέτουμε το σημείο όπου θέλουμε να δημιουργήσουμε το αυλάκι και με την εντολή cut extrude αφαιρούμε υλικό. Αντίστοιχα με την εντολή cut extrude αφαιρούμε υλικό και από την πάνω μεριά τις πλάκας ώστε να δημιουργηθεί το ποδαράκι που βλέπουμε στην τελική εικόνα. Με την εντολή boss extrude προθέτουμε υλικό ώστε να διαμορφωθούν τα αυτιά στα πλαϊνά του κομματιού με την ίδια διαδικασία και από τις δυο πλευρές. Τελευταία διαμόρφωση είναι να στρογγυλέψουμε τις γωνίες στις αιχμές που φαίνονται στην εικόνα με την εντολή fillet αφού τις επιλέξουμε.

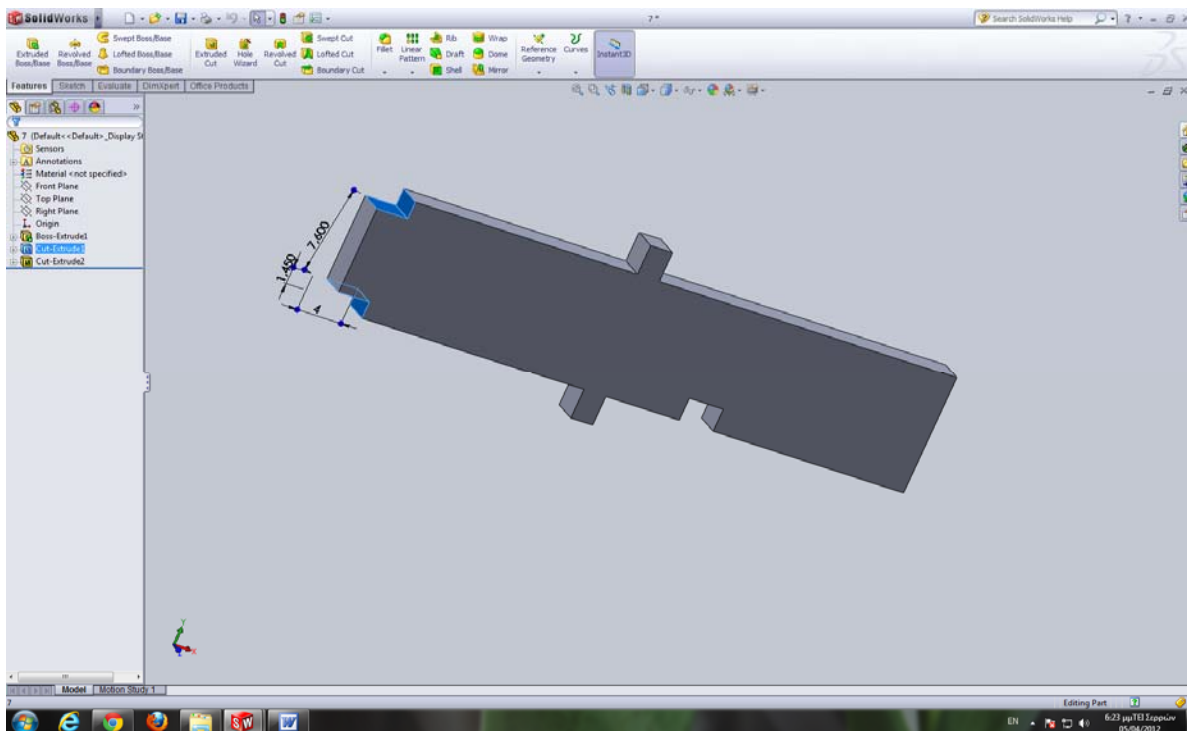
Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός



Εικόνα 32 : αφαίρεση υλικού για την δημιουργία του αυλακιού του μοχλού



Εικόνα 33 : προσθήκη υλικού και από τις δυο πλευρές



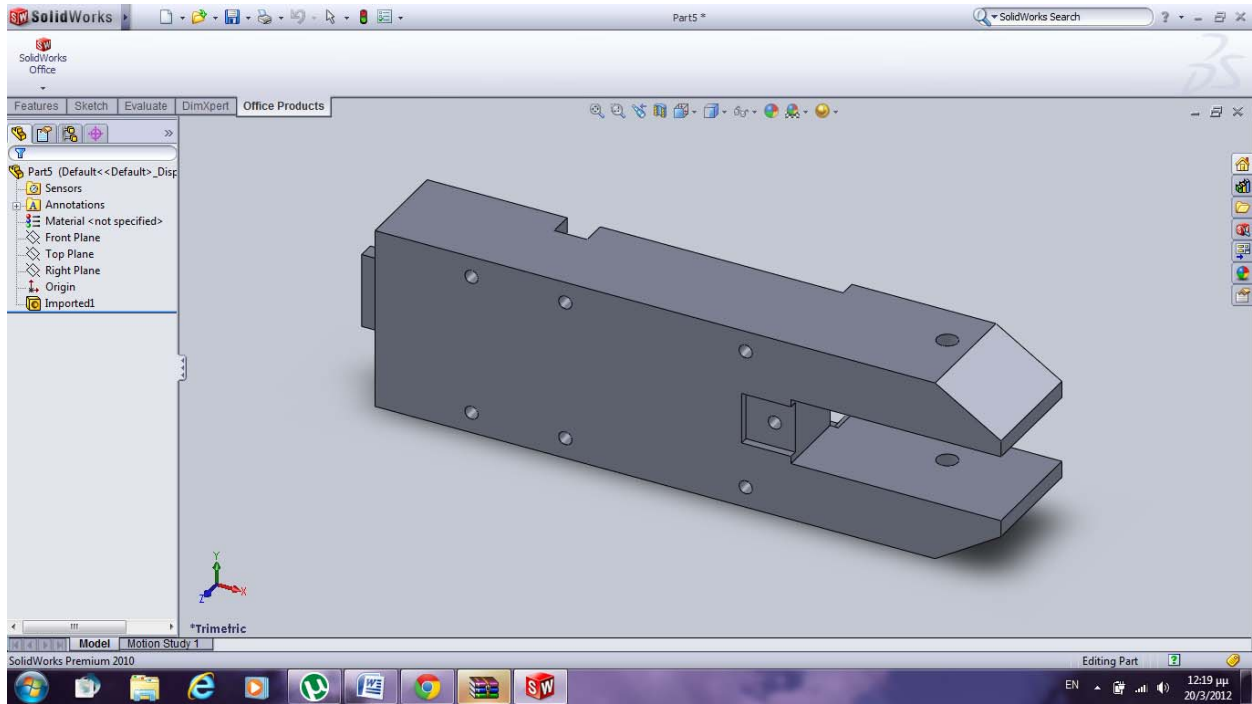
Εικόνα 34 : αφαίρεση υλικού για την δημιουργία του ποδαριού

Κομμάτι A

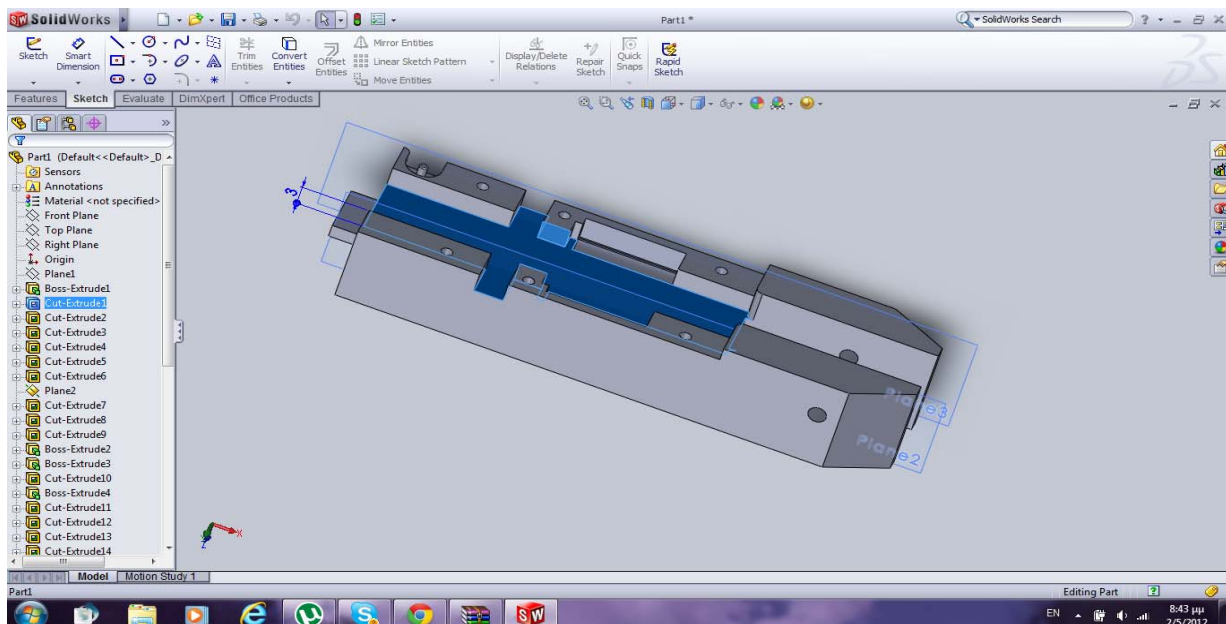
Το βασικό κομμάτι τις κατασκευής μας είναι και αυτό κατασκευασμένο από χάλυβα St 52

Αρχικά σχεδιάζουμε ένα ορθογώνιο παραλληλόγραμμο. Στην συνέχεια μετατρέπουμε το σχέδιο μας σε 3διάστατο σχέδιο και με την εντολή boss extrude θέτουμε το βάθος τις πλάκας μετάλλου. Το κομμάτι μας έχει διάφορες ιδιαιτερότητες που θα πρέπει να σχεδιαστούν προσεκτικά. Στην συνέχεια οριοθετούμε το σημείο και το επίπεδο που θέλουμε να γίνει η κοπή και με την εντολή cut extrude δημιουργούμε το κιτρικό αυλάκι αφαιρώντας υλικό από το κέντρο και κατά μήκους του κομματιού.Την ίδια διαδικασία κάνουμε και για να αφαιρέσουμε υλικό και από τα υπόλοιπα σημεία που θέλουμε όπως φαίνετε στις παρακάτω εικόνες. Για τον σωστό σχηματισμό του κομματιού οριοθετούμε το επίπεδο όπου κάνουμε κάθε φορά την κατεργασία αφαίρεσης υλικού. Εφόσον έχουμε σχεδιάσει όλα τα αυλάκια με την ετολή boss extrude προθέτουμε υλικό ώστε να διαμορφωθεί το αντίστοιχο ποδαράκι στην άκρη του τεμαχίου μας όπως έχει και ο κινητός κορμός τις κατασκευής μας.

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός



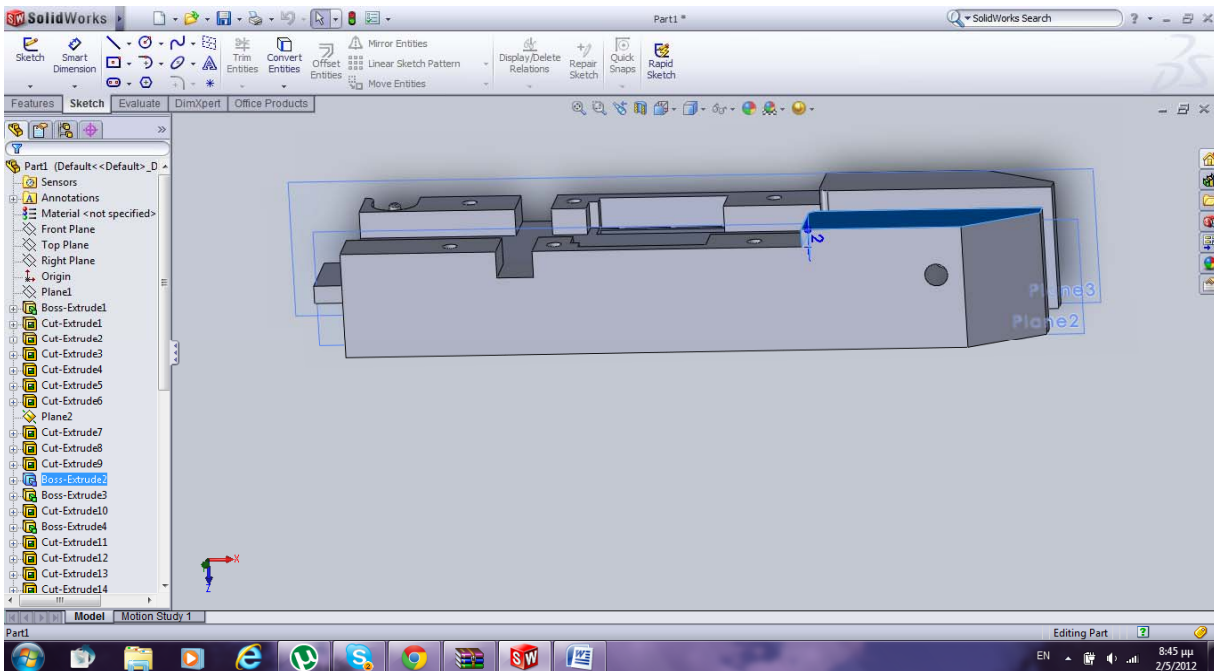
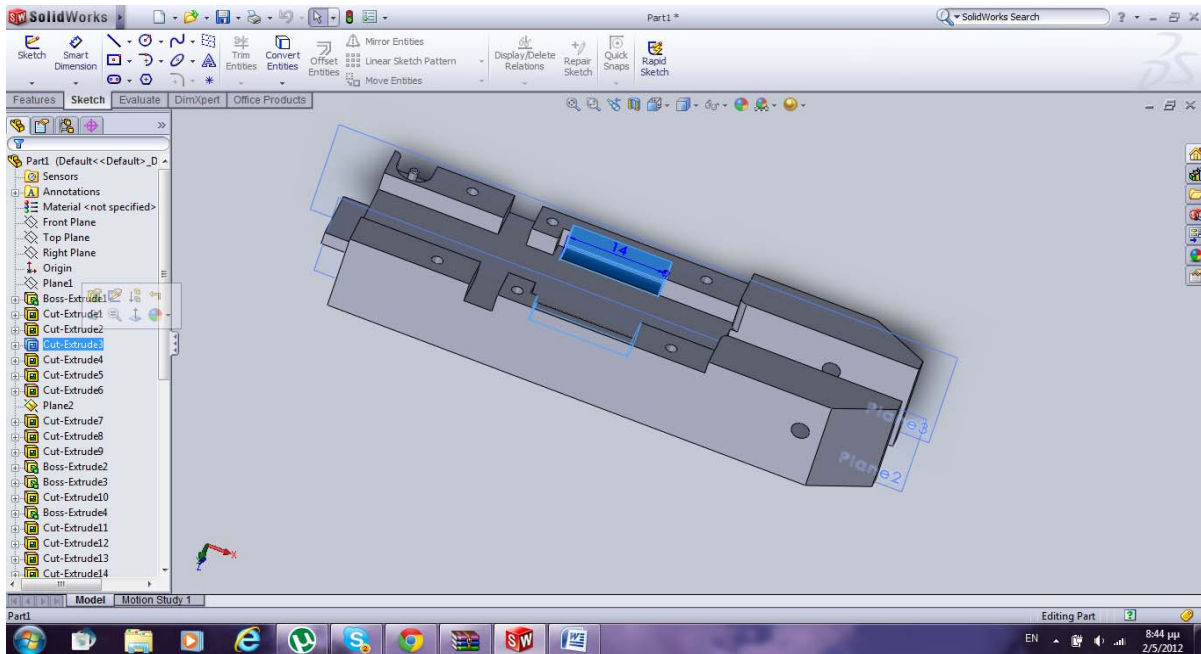
Εικόνα 34 : τελική διαμόρφωση



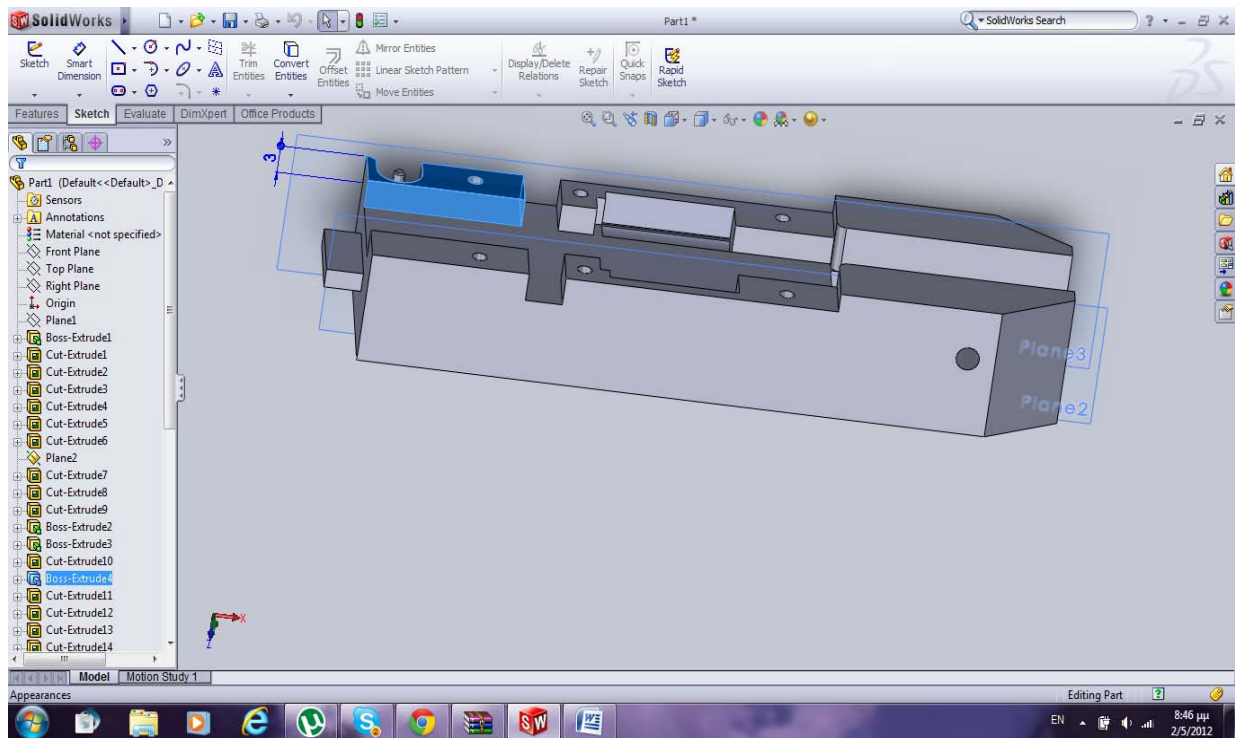
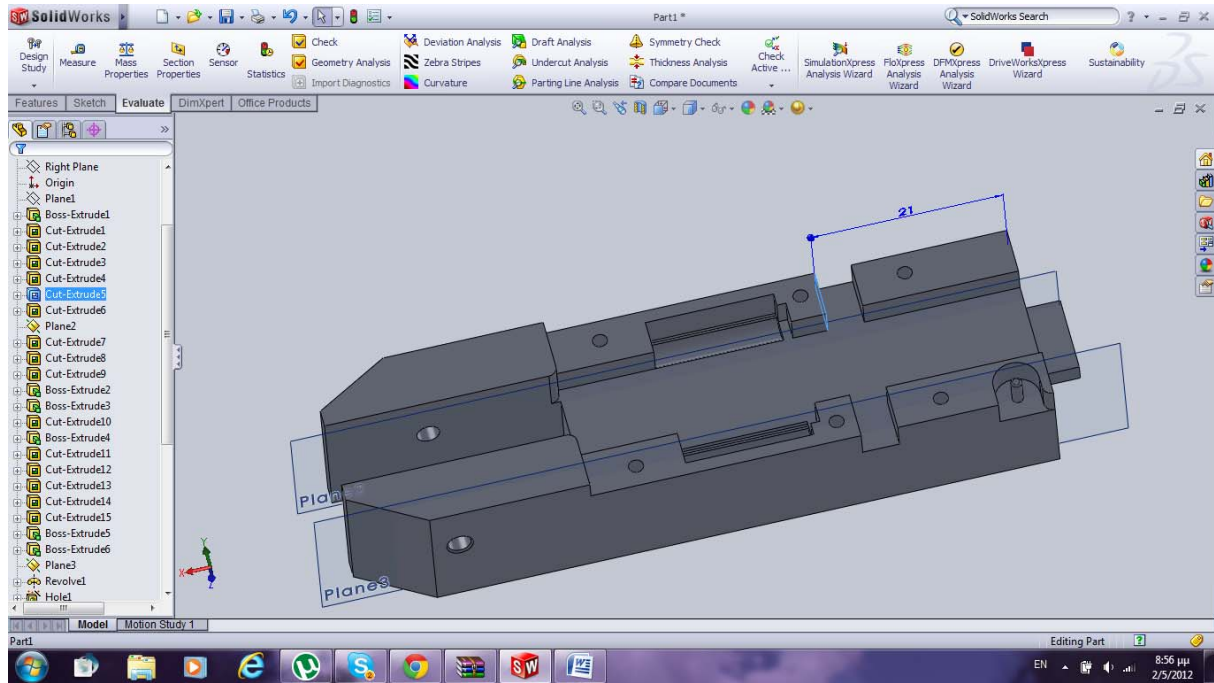
Εικόνα 35: αφαίρεση υλικό για το βασικό αυλάκι

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός

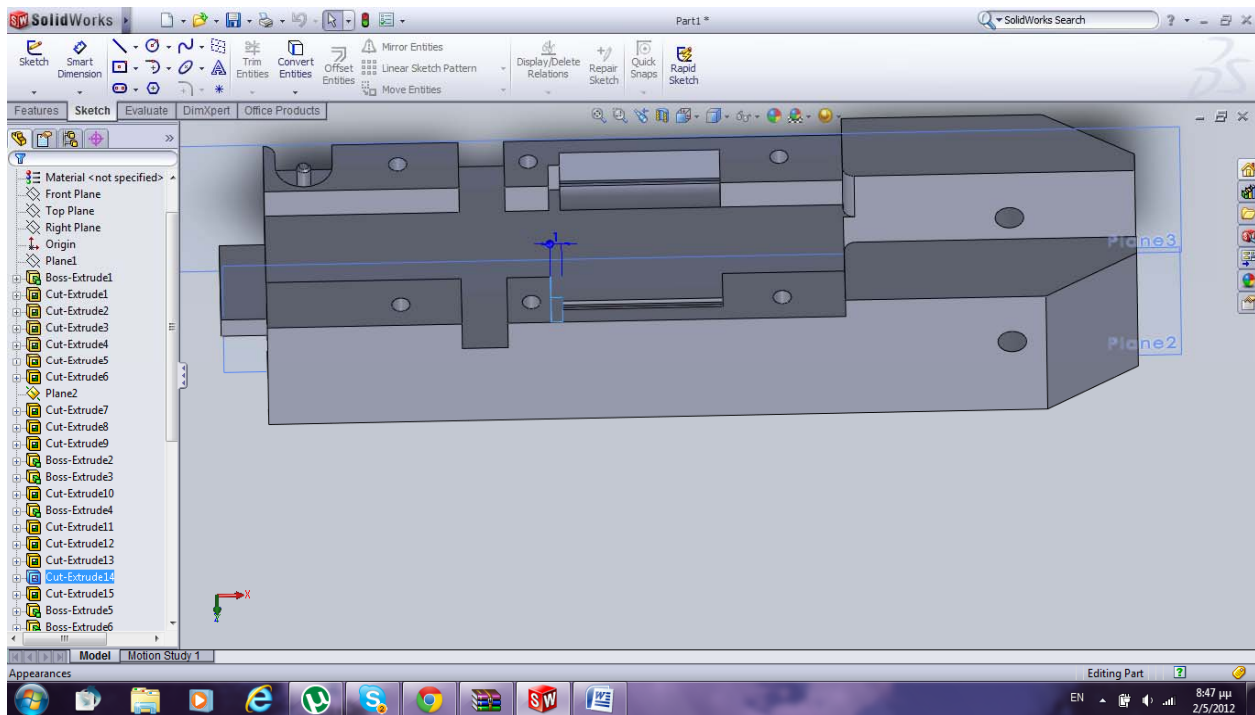
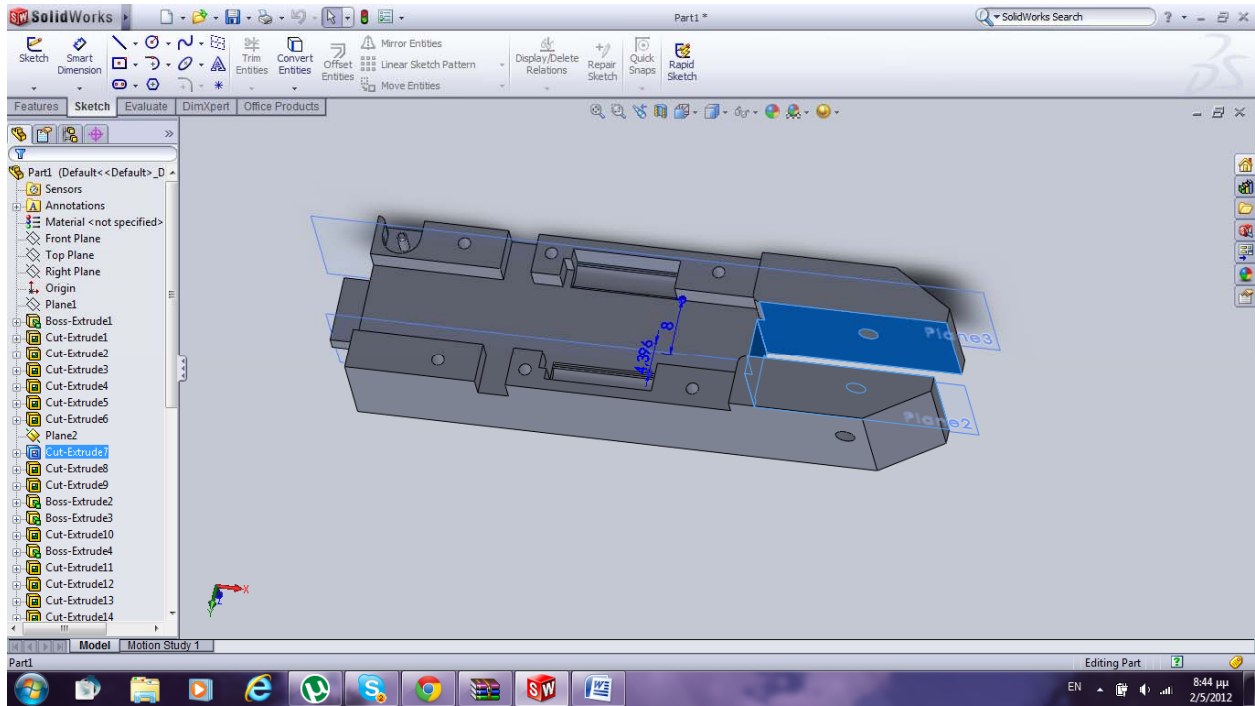
Στις παρακάτω εικόνες φαίνεται το σημείο αφαίρεσης υλικού σε κάθε βήμα διεργασίας καθώς και η επιλογή επιπέδου. Εικόνες 36,37,38,39,40,41,42 αντίστοιχα



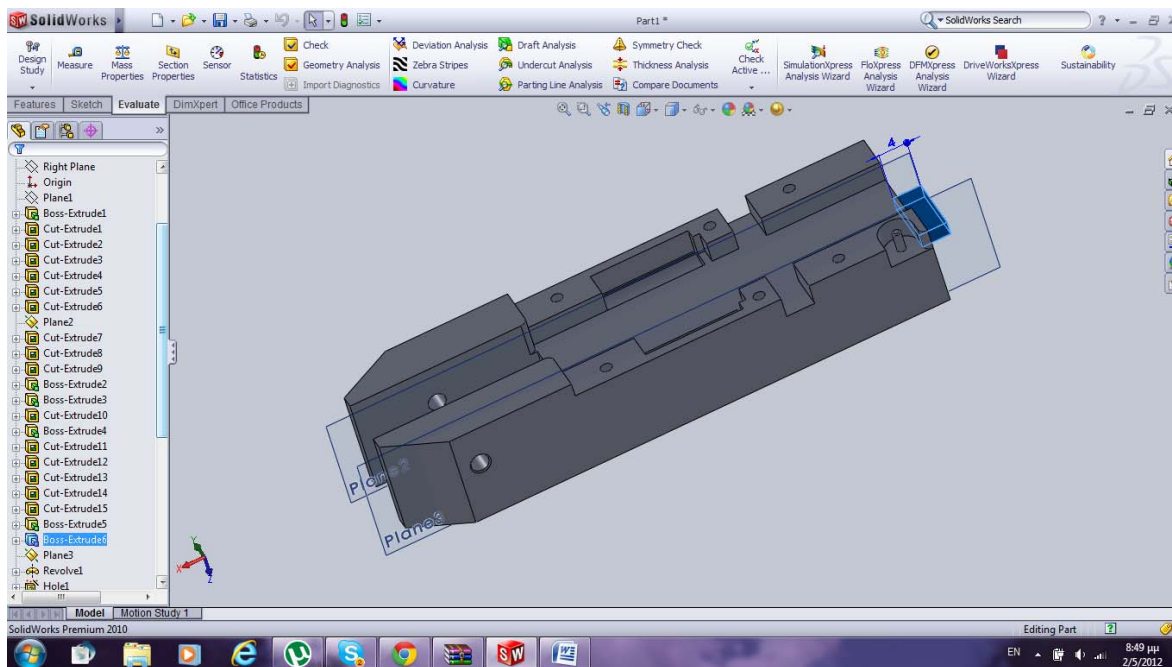
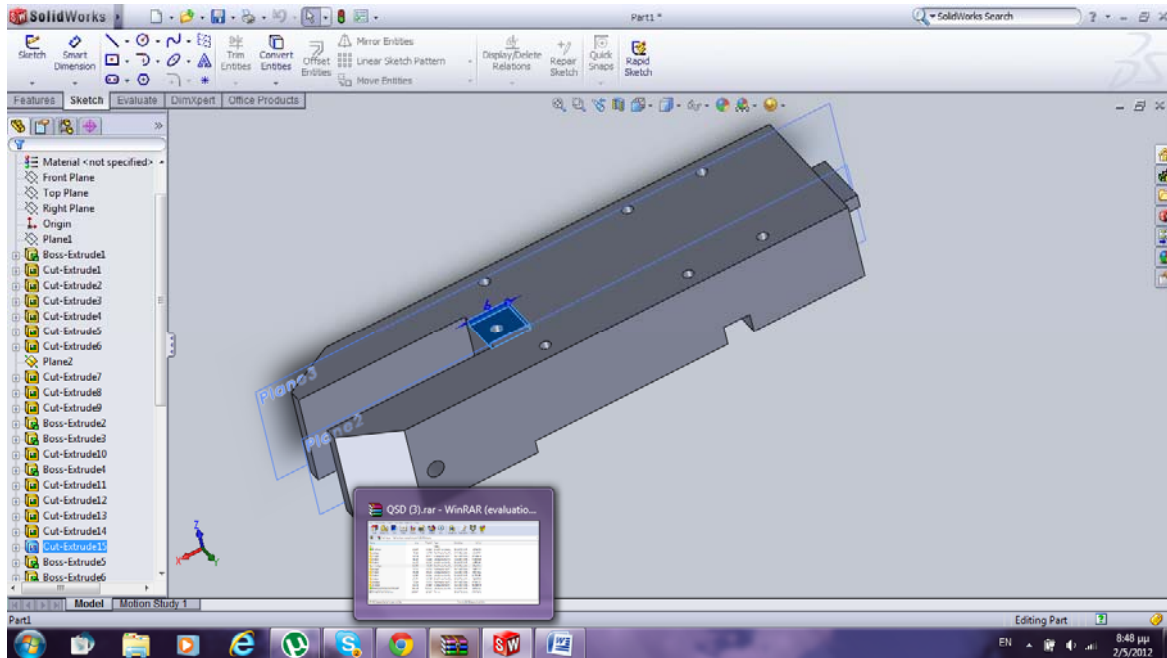
Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός



Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός

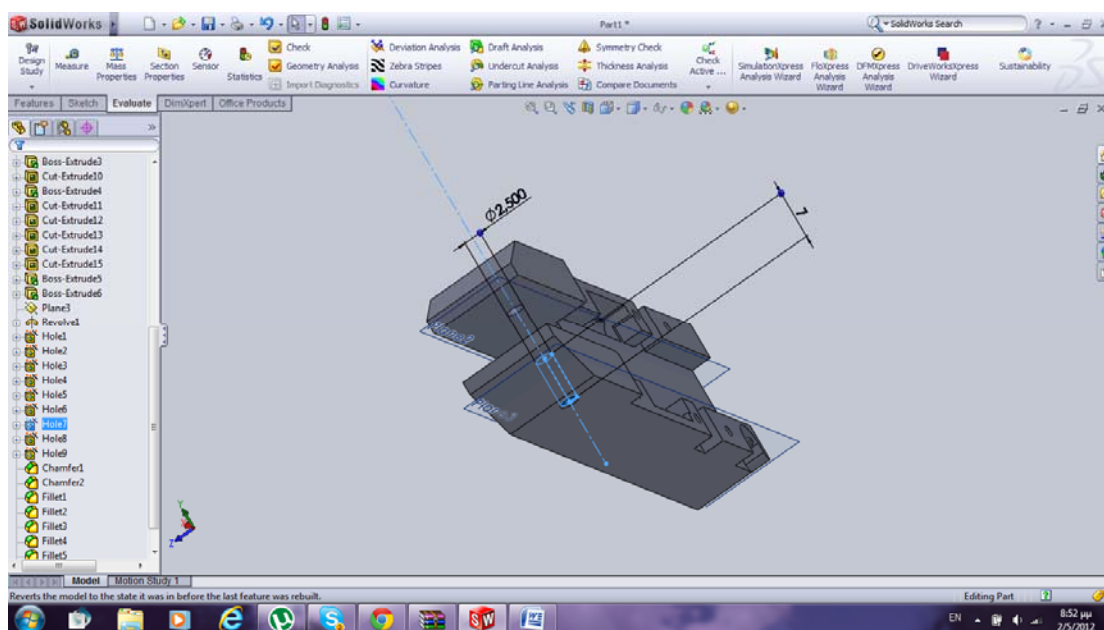


Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός



Εικόνα 43 Προσθήκη υλικού

Στην συνέχεια θέτουμε που θα γίνουν οι οπές και εφόσον θέσουμε το μέγεθος τους, με την εντολή hole wizard το πρόγραμμα μας δίνει τη δυνατότητα να ανοίξουμε οπή με διαμορφωμένο σπείρωμα δηλώνοντας την τυποποίηση του(κατά iso) και τη διάσταση για τη κάθε μια χωριστά. Ακόμη με την εντολή hole thread ανοίγουμε την οπή όπου θα μπει η σφήνα τις βάσης συγκράτησης του κοπτικού μας εργαλείου. Τελευταία διαμόρφωση είναι να στρογγυλέψουμε τις γωνίες στις αιχμές που φαίνονται στην εικόνα με την εντολή fillet αφού τις επιλέξουμε.



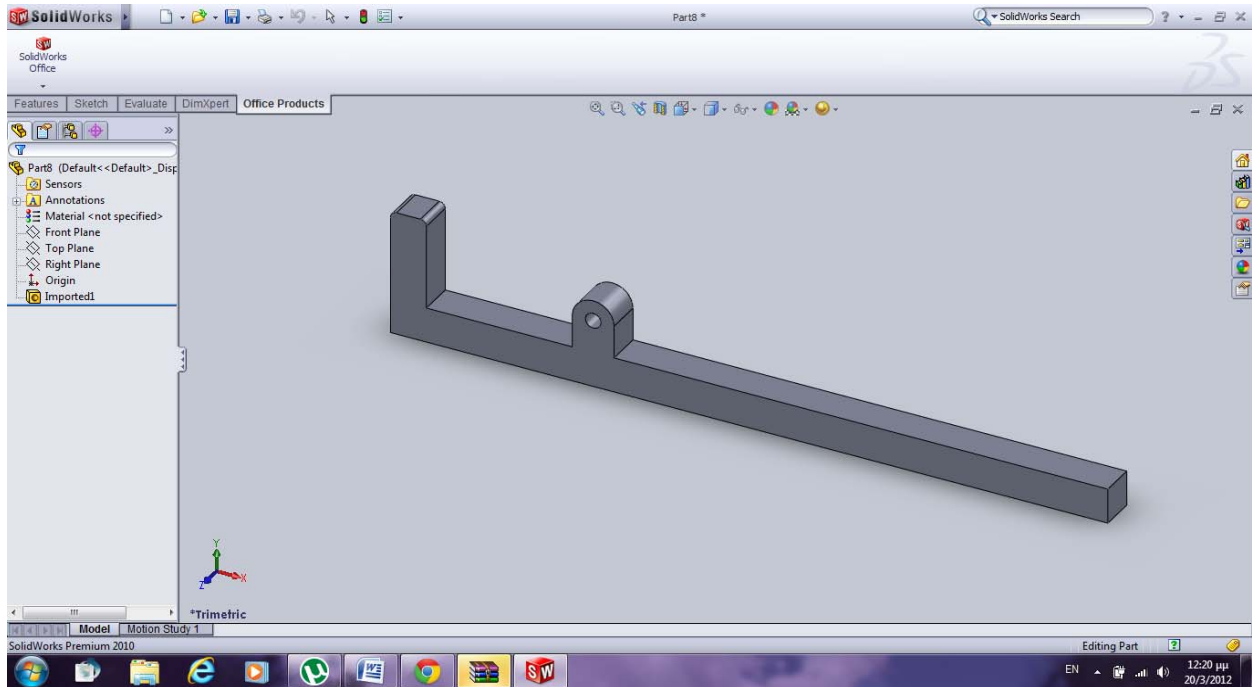
Εικόνα 44 : σχηματισμός οπής σφήνα κοπτικού

Κομάτι C

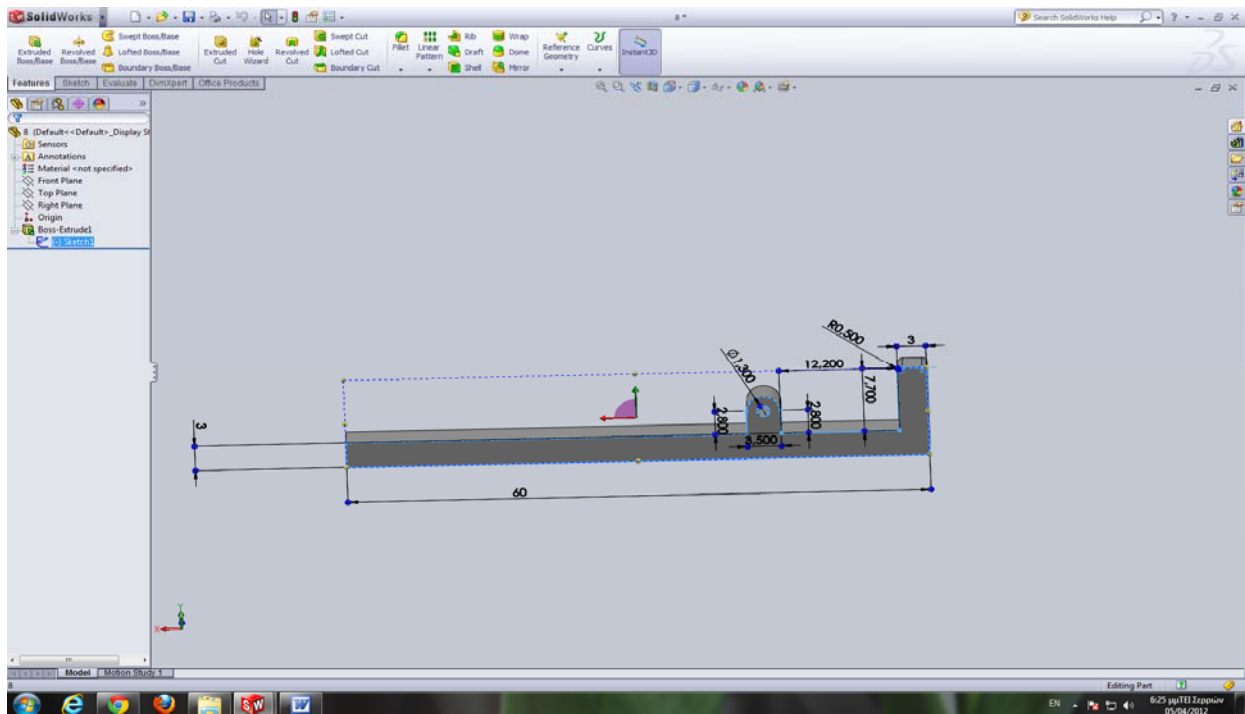
Το κομάτι C είναι ο μοχλός που ενεργοποιεί το σύστημα μας είναι φτιαγμένο από βελτιωμένο χάλυβα St 45

Αρχικά σχεδιάζουμε ένα σχέδιο 2διαστασεων. Στην συνέχεια μετατρέπουμε το σχέδιο μας σε 3διάστατο σχέδιο και με την εντολή boss extrude θέτουμε το βάθος. Τελευταία διαμόρφωση είναι να στρογγυλέψουμε τις γωνίες στις αιχμές που φαίνονται στην εικόνα με την εντολή fillet αφού τις επιλέξουμε.

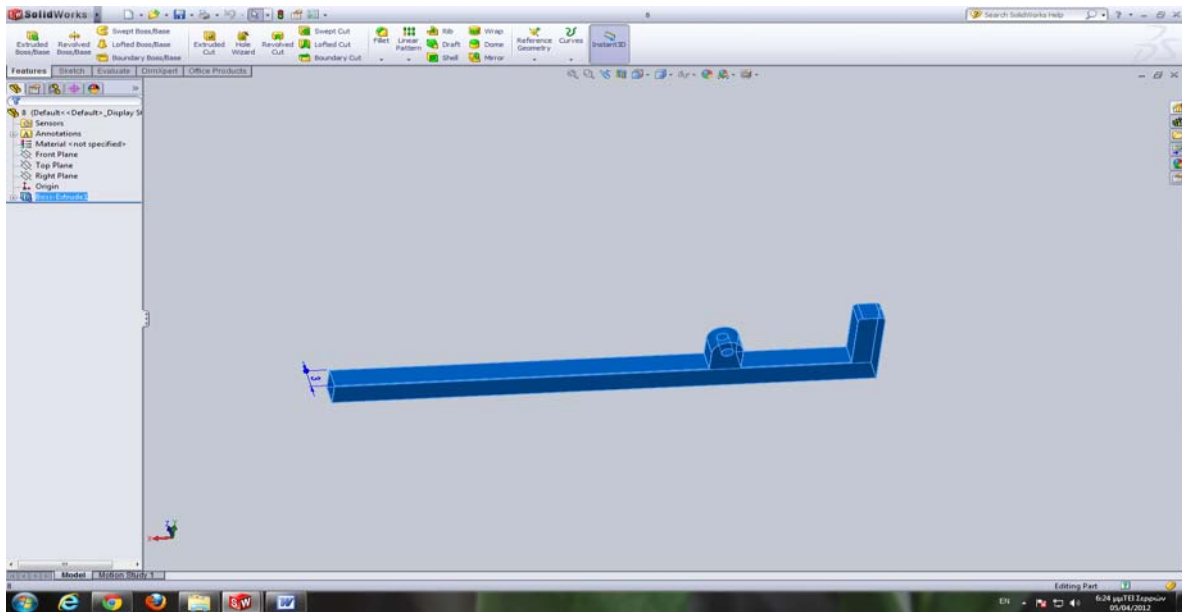
Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός



Εικόνα 45 : τελική μορφή



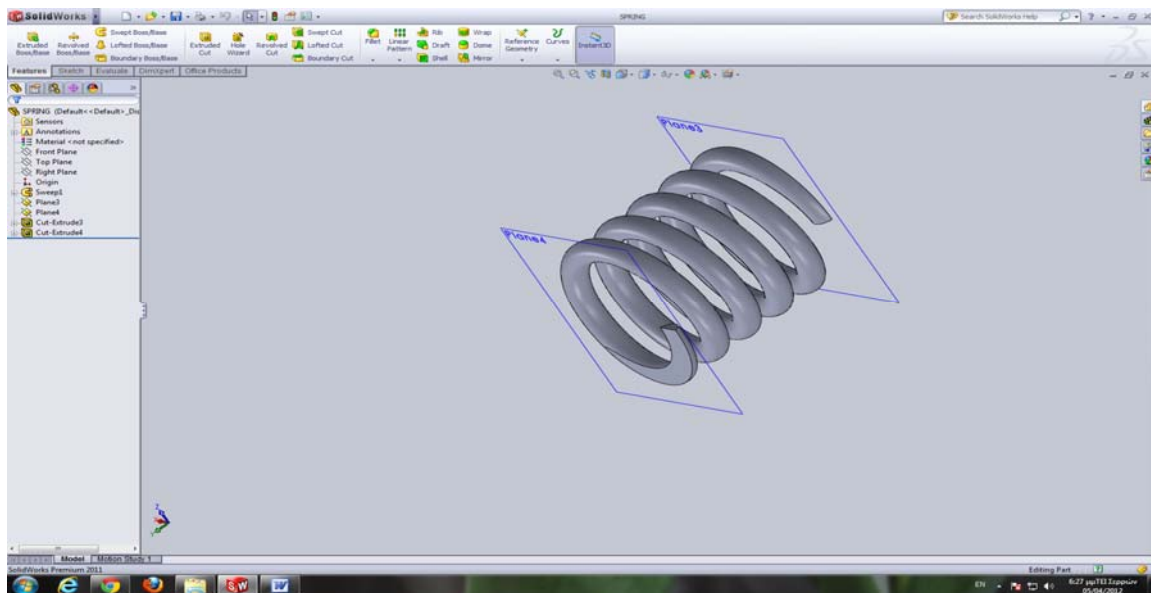
Εικόνα 46: διαστάσεις 2διαστατου σχεδίου



Εικόνα 47: μέγεθος βάθους

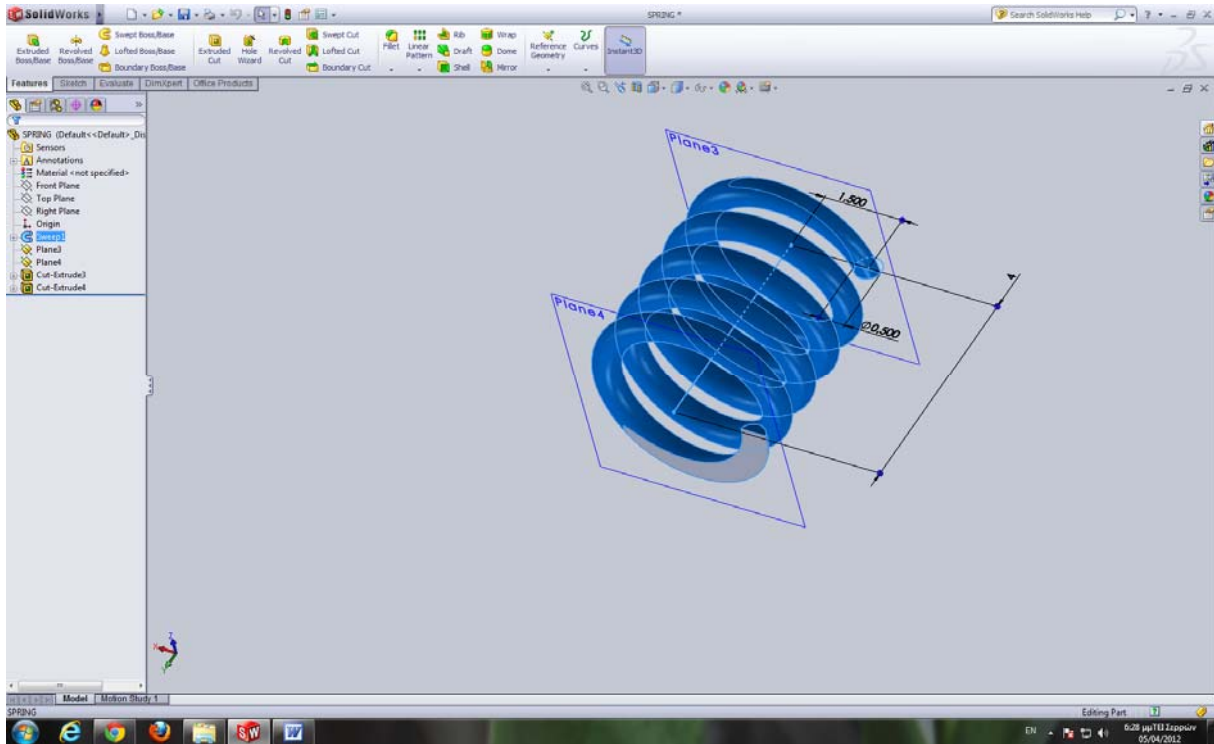
Κομμάτι D

Το ελατήριο σχεδιάζεται σε 4 επίπεδα θέτοντας την ακτίνα του το βήμα του και το μήκος του με την εντολή sweep.



Εικόνα 48: σχεδίαση ελατηρίου

Κεφάλαιο 3: Σχεδιασμός



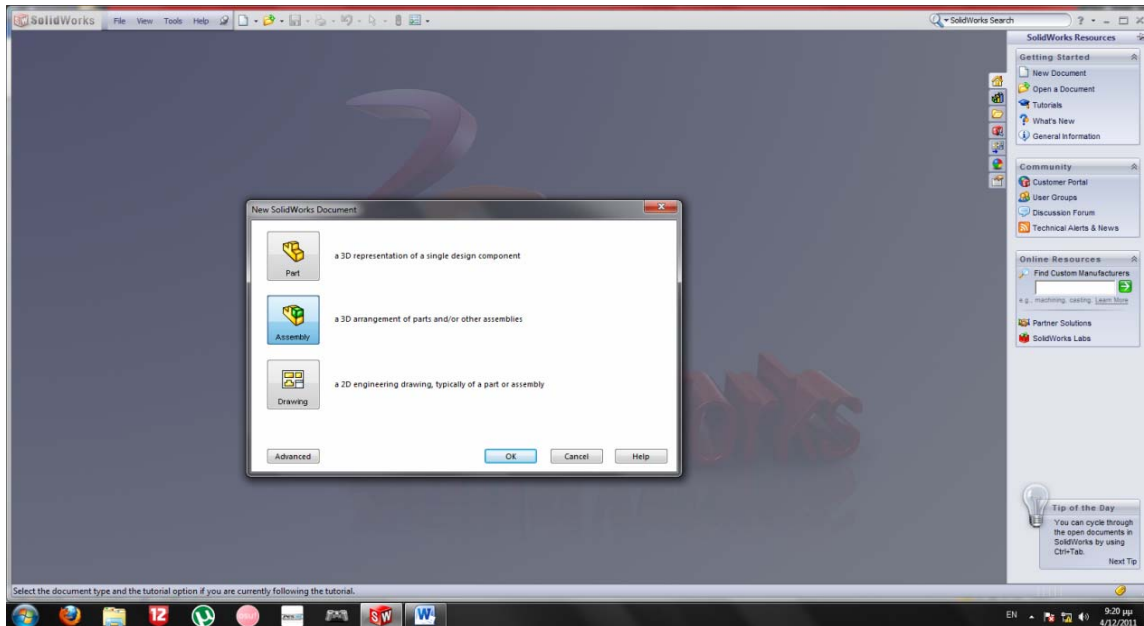
Εικόνα 49: ορισμός του βήματος και της ακτίνας

3.2 Συναρμολόγηση Διάταξης

Ολοκληρώνοντας τον σχεδιασμό των κομματιών τα οποία συνθέτουν την κατασκευή προχωράμε στο σχεδιασμό της.

Βήματα για τον σχεδιασμό μιας συναρμολογημένης κατασκευής στο solid work:

1. Ανοίγουμε στο solid work την επιλογή assembly.



2. Επιλέγοντας το assembly το solid work μας ζητάει να επιλέξουμε το πρώτο κομμάτι.

3. Επιλέγουμε το κομμάτι.

4. Για να εισάγουμε το δεύτερο κομμάτι επιλέγουμε το εικονίδιο insert components.

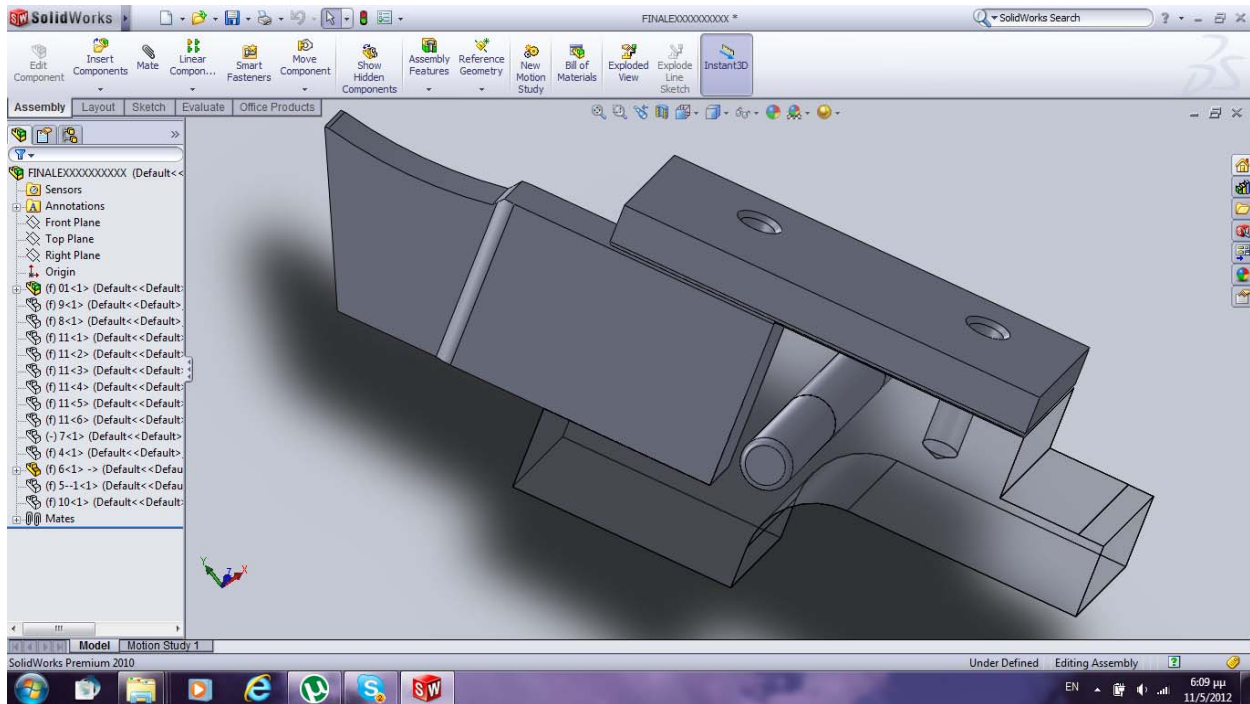
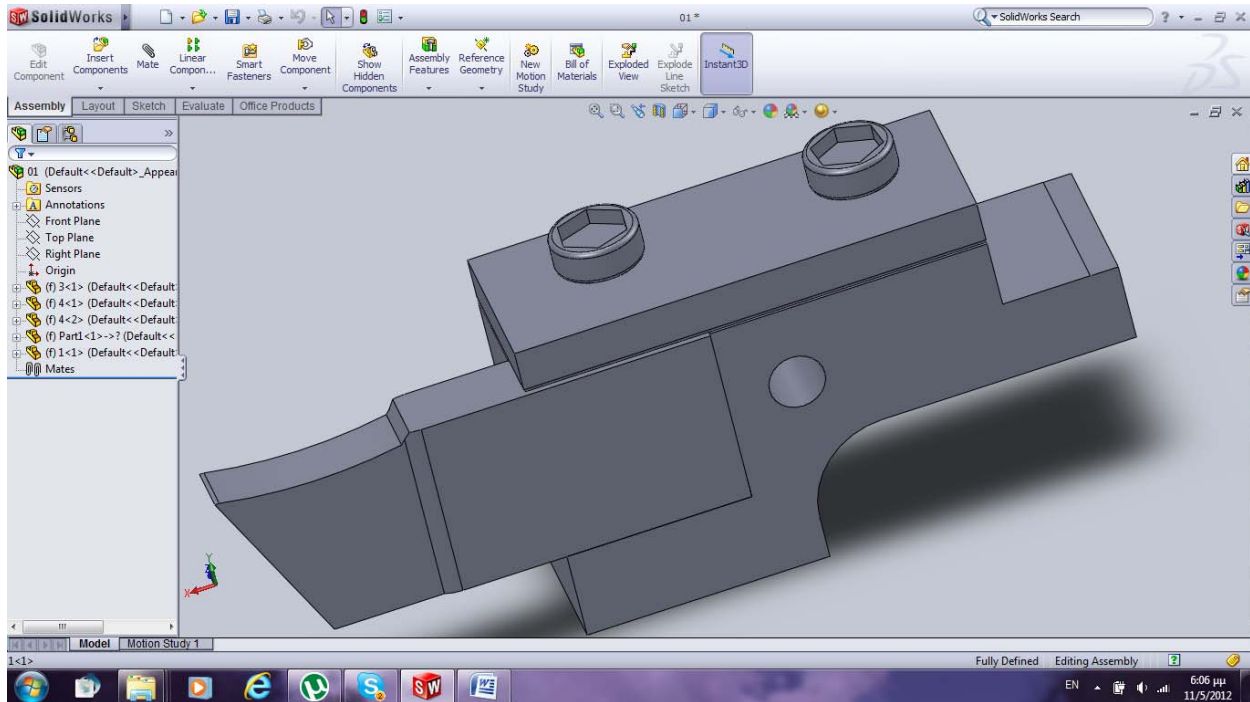
5. Εισάγουμε το δεύτερο κομμάτι

6. Επιλέγουμε το εικονίδιο mate .Επιλέγοντας το mate δίνουμε τις συντεταγμένες για την τοποθέτηση του κομματιού και ποιές πλευρές του κομματιού 2 θα έρθουν σε επαφή με το κομμάτι 1.

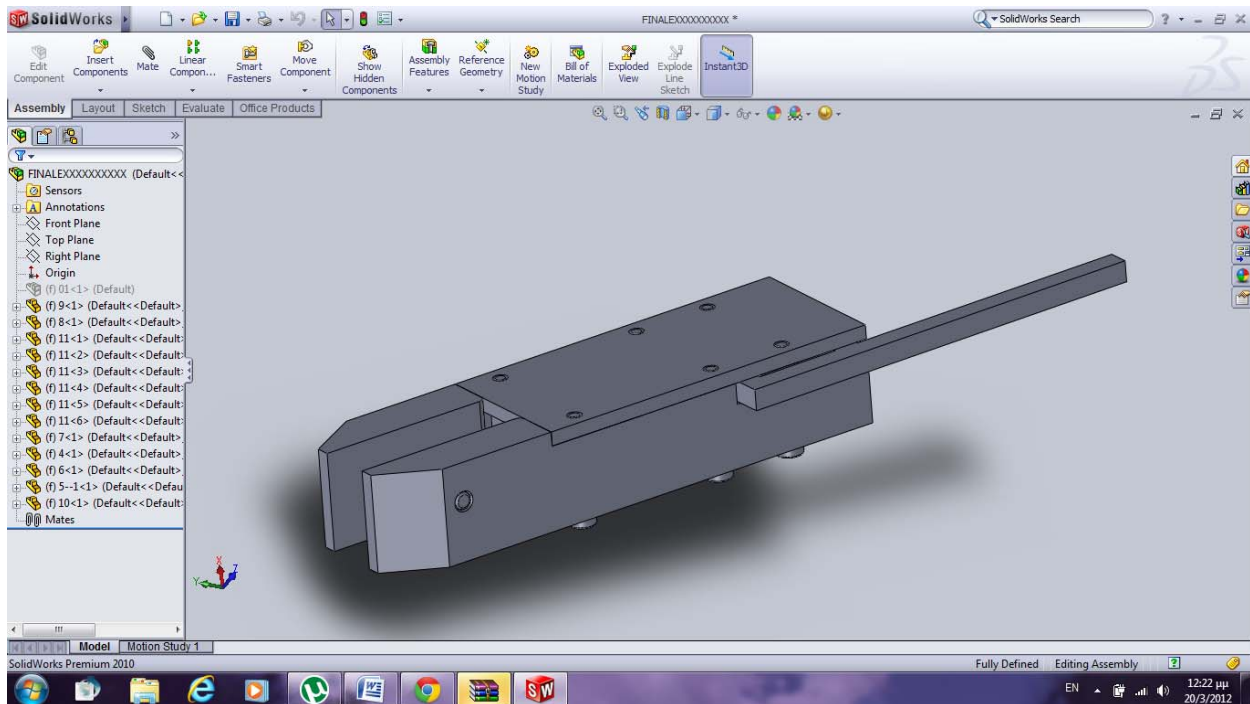
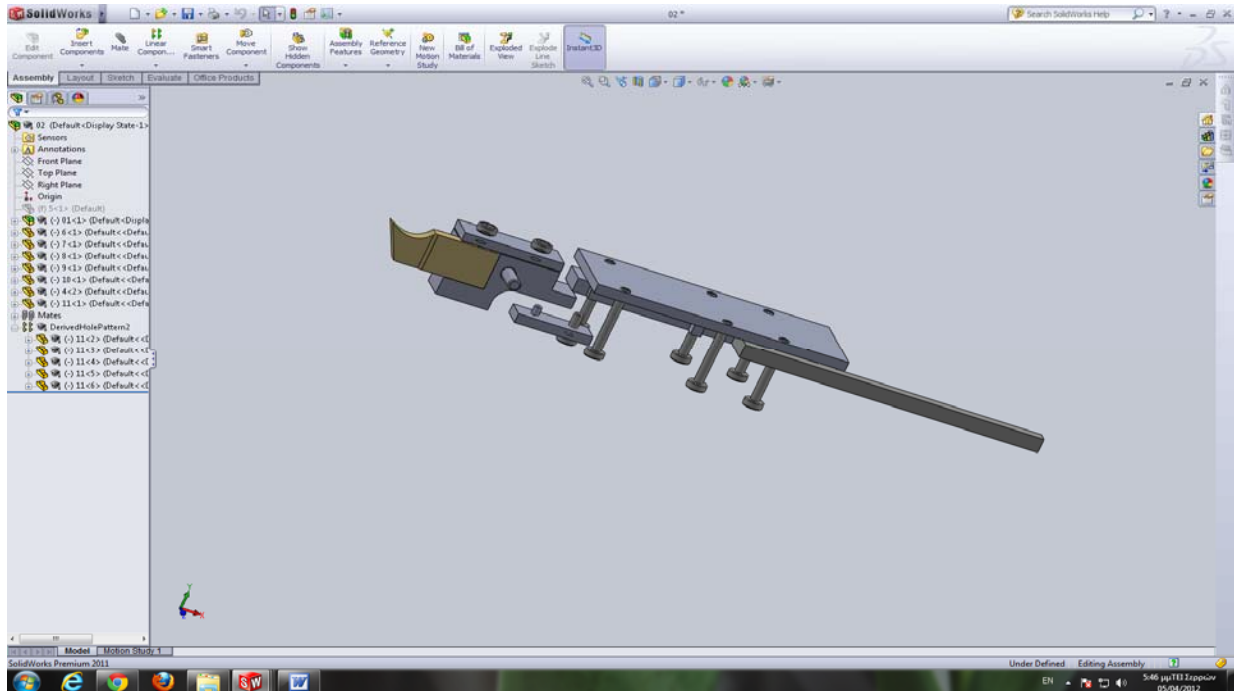
Η συναρμολόγηση της διάταξης πραγματοποιήθηκε με την επανάληψη των βημάτων στη σειρά που αναφέρθηκαν παραπάνω.

Διάφορες εικόνες τις συναρμολόγησης

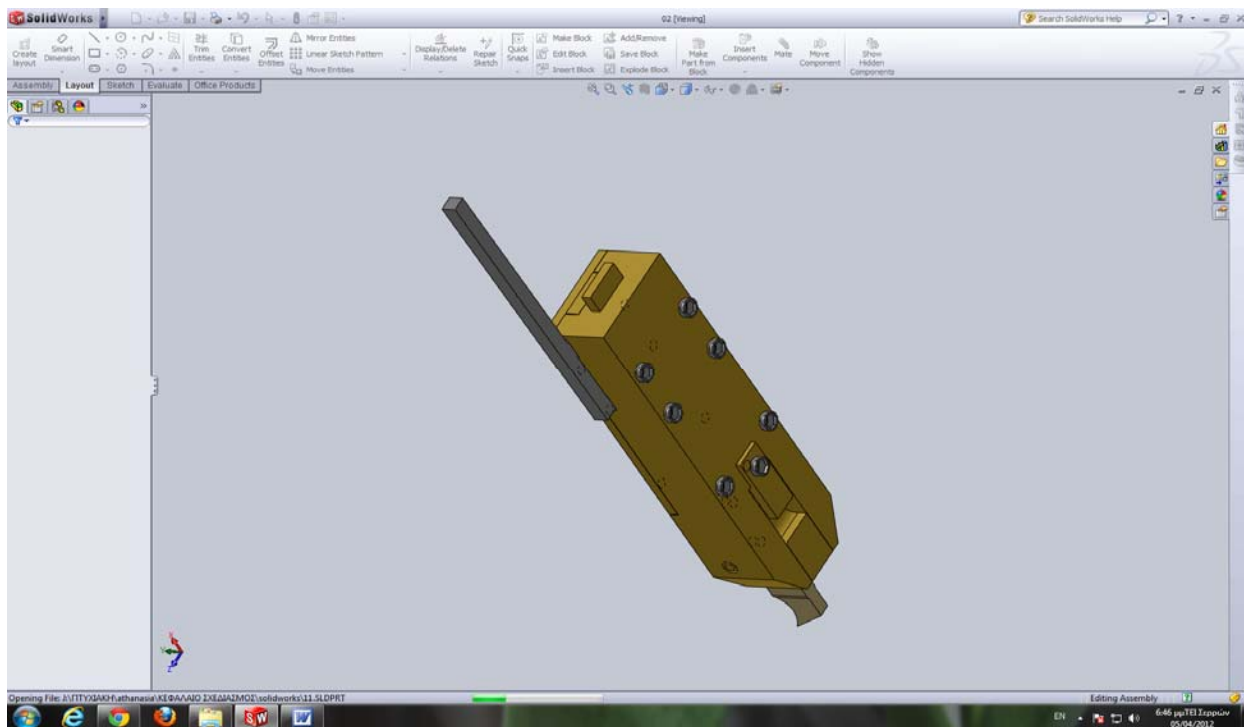
Συναρμολόγηση των κομματιών Κ Ε Η Ν Ι



Συναρμολόγηση όλων των κομματιών



Τελική εικόνα διάταξης



Έλεγχος λειτουργίας κίνησης. Μετά τον σχεδιασμό των κομματιών που απαρτίζουν την κατασκευή και τον σχεδιασμό της συναρμολογημένης κατασκευής κάνουμε τον έλεγχο των κινητών μερών της κατασκευής για να βεβαιωθούμε ότι ο σχεδιασμός των κομματιών και η συναρμολόγησή τους ήταν επιτυχής. Με το εικονίδιο *move component* δίνουμε κίνηση στα κινητά μέρη απλά πηγαίνοντας το ποντίκι πάνω τους και κάνοντας την κίνηση που θέλουμε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4
ΑΝΑΛΥΣΗ

Ανάλυση Πεπερασμένων στοιχείων

Μετά την ολοκλήρωση της σχεδίασης επόμενο βήμα είναι να δούμε πως θα αντίδραση στο σύστημα μας εφαρμόζοντας πειραματικά μια δύναμη στην άκρη του κοπτικού εργαλείου, όπως γίνεται και στην πραγματικότητα κατά την κοπή. Η ανάλυση της αντοχής θα πραγματοποιηθεί εισάγοντας το σχέδιο του βασικού τμήματος στηρίξεις του κοπτικού μας σε πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων. Το πρόγραμμα που θα χρησιμοποιήσουμε είναι το ANSYSworkbench.

Το πρόγραμμα που πραγματοποιήθηκε η σχεδίαση είναι το solidworks(CAD), το οποίο μας δίνει την δυνατότητα να μεταφέρουμε το σχέδιο απευθείας στο ANSYS workbench(CAE) ώστε να γίνει η ανάλυση της αντοχής του χωρίς να χρειαστεί να ξανασχεδιάσουμε τη διάταξη στο ANSYS.

Βήματα που πραγματοποιούνται κατά την ανάλυση σε πρόγραμμα πεπερασμένων στοιχείων(CAE):

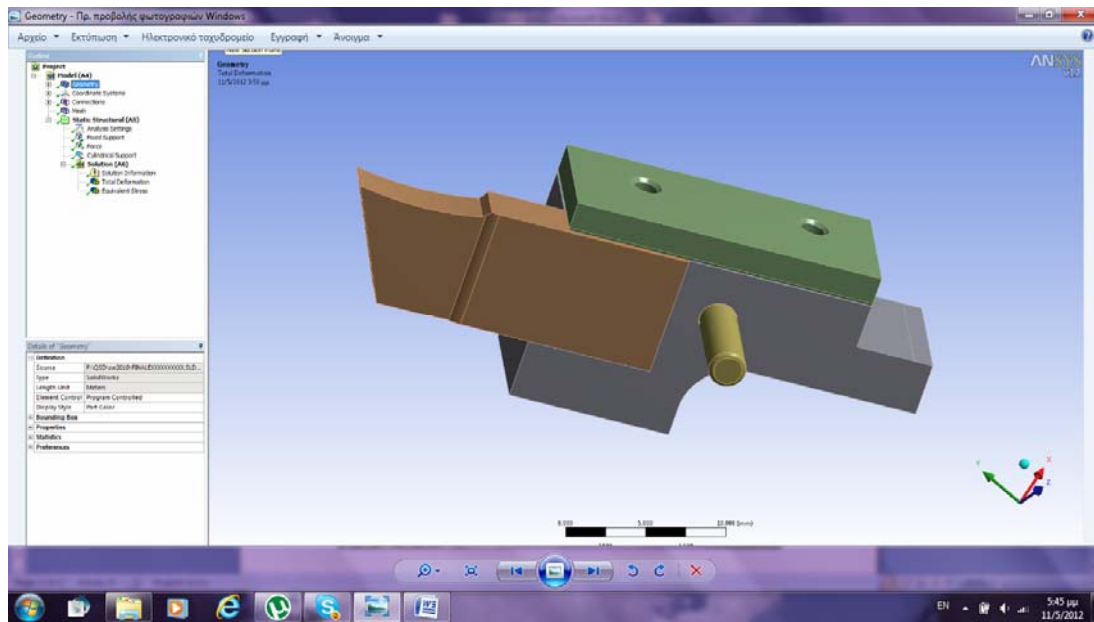
1. Εισαγωγή 3D μοντέλου στο πρόγραμμα ή σχεδίασή του.
2. Δηλώνουμε τι είδους ανάλυση θέλουμε να πραγματοποιηθεί (ΣΤΑΤΙΚΗ).
3. Εισάγουμε το υλικό κατασκευής και τις παραμέτρους(Θερμοκρασία, Μέτρο ελαστικότητας, λόγος Poisson).
4. Δημιουργούμε το πλέγμα της κατασκευής (πεπερασμένα στοιχεία)
5. Εισάγουμε τις οριακές συνθήκες δηλαδή που στηρίζεται η κατασκευή και με ποιό τρόπο(Πάκτωση, Αρθρωση, κύλιση).
6. Τοποθετούμε τα φορτία δηλώνοντας το σημείο εφαρμογής τη διεύθυνση και το μέτρο.

Στη συνέχεια δηλώνουμε τι είδους αποτελέσματα θέλουμε να πάρουμε (τάσεις, παραμορφώσεις κτλ). Το πρόγραμμα σύμφωνα με ότι έχουμε δηλώσει και με τη βοήθεια του μαθηματικού μοντέλου του μας δίνει τα αποτελέσματα. Αριθμητικά αλλά και γραφικά, δηλαδή που βρίσκονται πάνω στην κατασκευή. Αν τα αποτελέσματα δεν καλύπτουν τις ανάγκες της κατασκευής μπορούμε να σχεδιάσουμε ξανά την κατασκευή (αν εκεί υπάρχει το πρόβλημα) να βελτιώσουμε το υλικό και να ξαναπάρουμε αποτελέσματα μετά τις αλλαγές.

Παρακάτω αναφέρουμε τα βήματα αυτά πιο αναλυτικά.

Εισαγωγή 3D μοντέλου και είδος ανάλυσης.

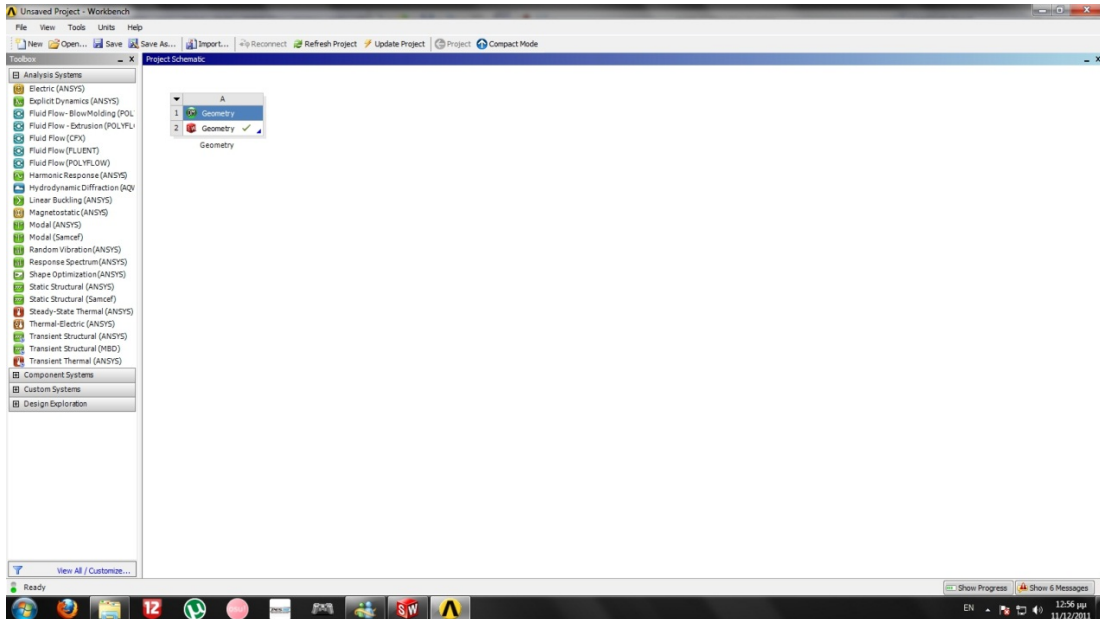
Ανοίγουμε το σχέδιο της συναρμολογημένης διάταξης στο solidwork. Στη συνέχεια πηγαίνουμε στο ANSYS 12,1 το οποίο βρίσκεται πάνω αριστερά και επιλέγουμε workbench.



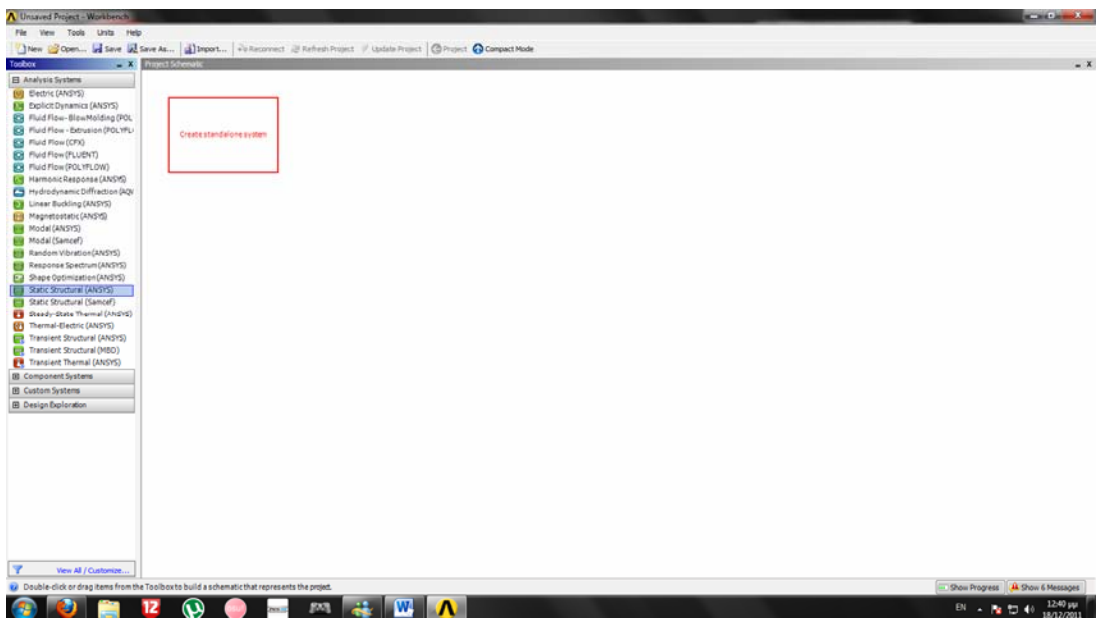
Επιλογή προγράμματος ANSYSworkbench στο solidwork

Στο σημείο αυτό ανοίγει το ANSYS workbench, εμφανίζοντας το εξής παράθυρο:

Κεφάλαιο 4 : Ανάλυση



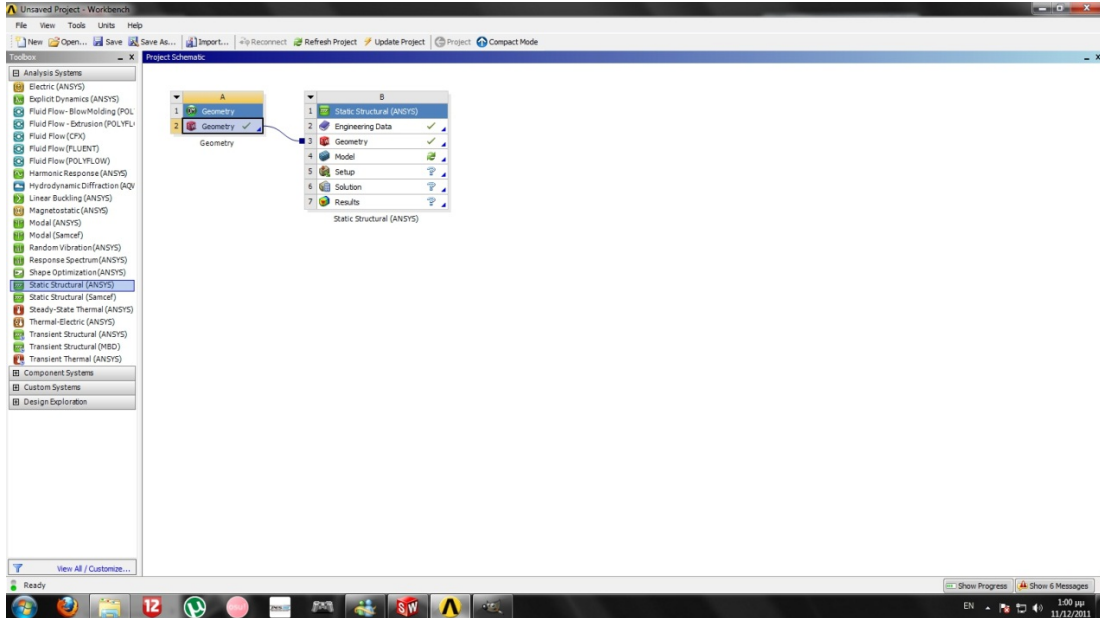
Έπειτα δηλώνουμε το project δηλαδή τι είδους ανάλυση θέλουμε να κάνουμε. Στην περίπτωση μας θέλουμε ΣΤΑΤΙΚΗ. Επιλέγουμε το static structure alansys, και κρατώντας το ποντίκι πατημένο το σέρνουμε στο πράσινο πλαίσιο το οποίο θα σχηματιστεί. Μόλις κοκκινίσει το αφήνουμε.



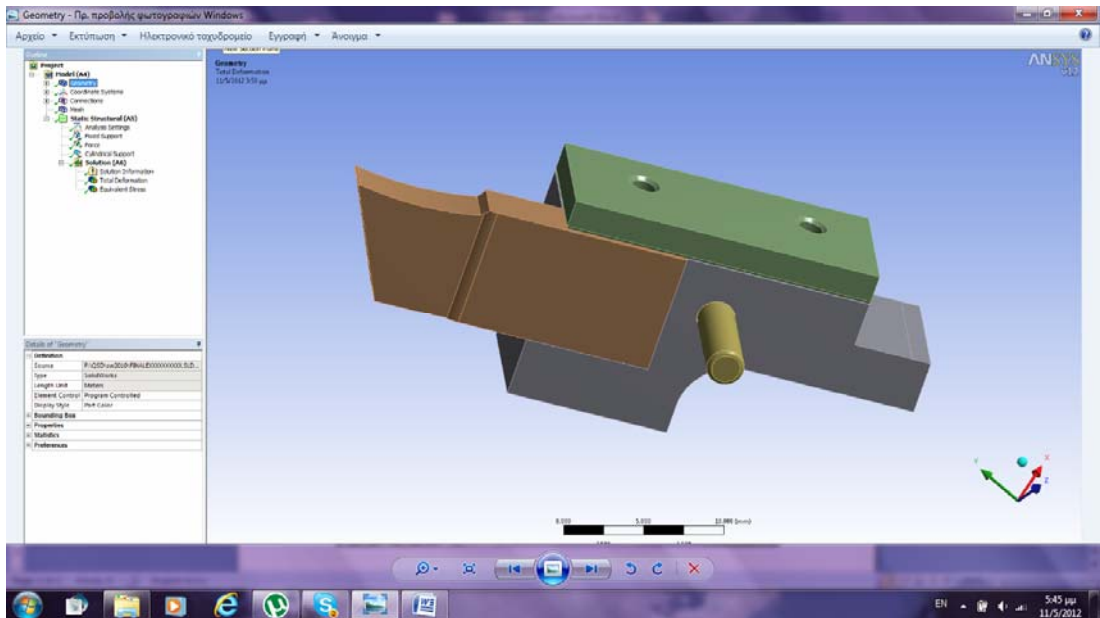
Τώρα στην οθόνη μας έχουμε τα εξής παράθυρα ανοιχτά:

Επόμενο βήμα είναι να εισάγουμε τη γεωμετρία μας στο ANSYS. Στο αριστερό πλαίσιο επιλέγουμε με το ποντίκι μας το κουτί A2 το οποίο γράφει geometry και το

σέρνουμε στο αντίστοιχο κουτί της γεωμετρίας του project B3. Η γεωμετρία μας έχει περαστεί πλέον στο ANSYS.



Μεταφορά γεωμετρίας στο ANSYS.



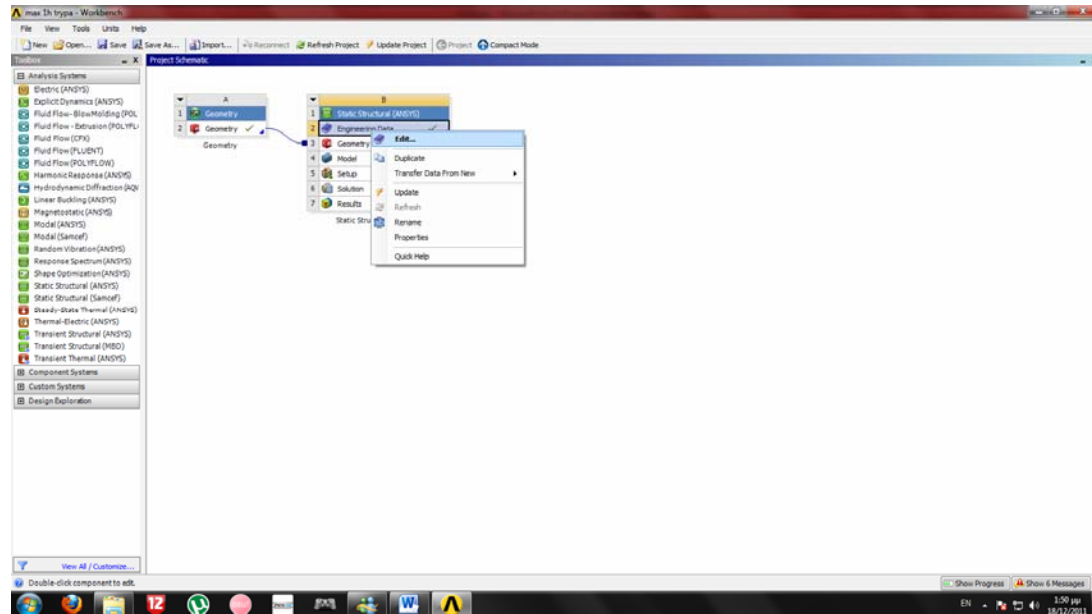
Γεωμετρία περασμένη στο ANSYS

Υλικό κατασκευής, ορισμός παραμέτρων, πλέγμα.

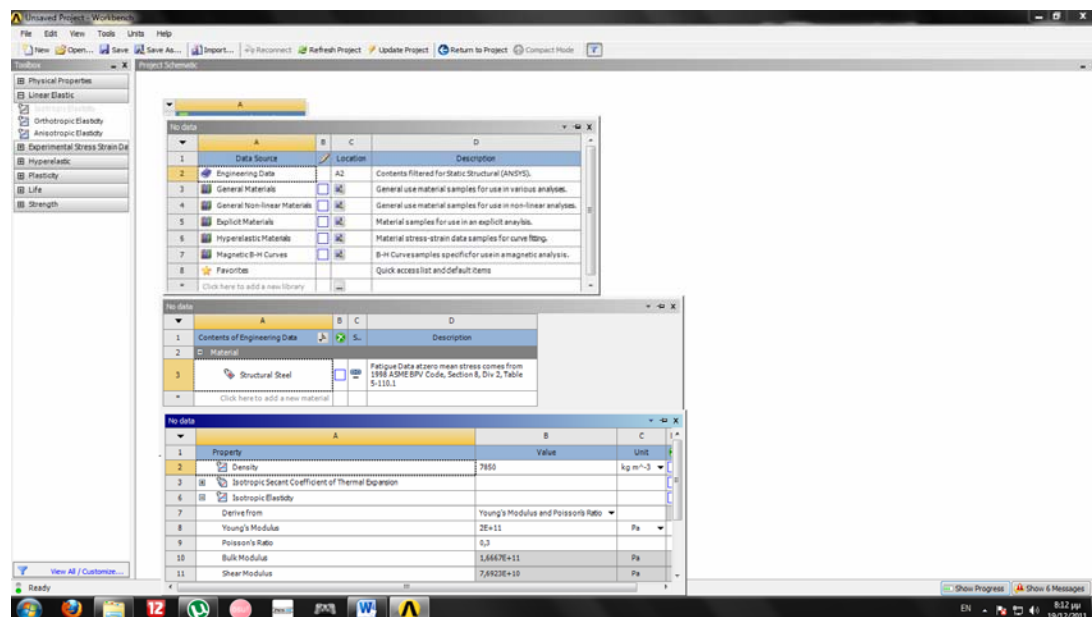
Έχοντας τη γεωμετρία της διάταξης περασμένη πρέπει να δηλώσουμε το υλικό κατασκευής και τις παραμέτρους: μέτρο ελαστικότητας, λόγος Poisson, θερμοκρασία περιβάλλοντος και ότι η κατασκευή μας εργάζεται στην ελαστική περιοχή.

Το υλικό κατασκευής της διάταξης είναι χάλυβας βελτιωμένος χάλυβας ST45. Με μέτρο ελαστικότητας $2,1 \cdot 10^5 \text{MPa}$ και λόγο Poisson 0,3.

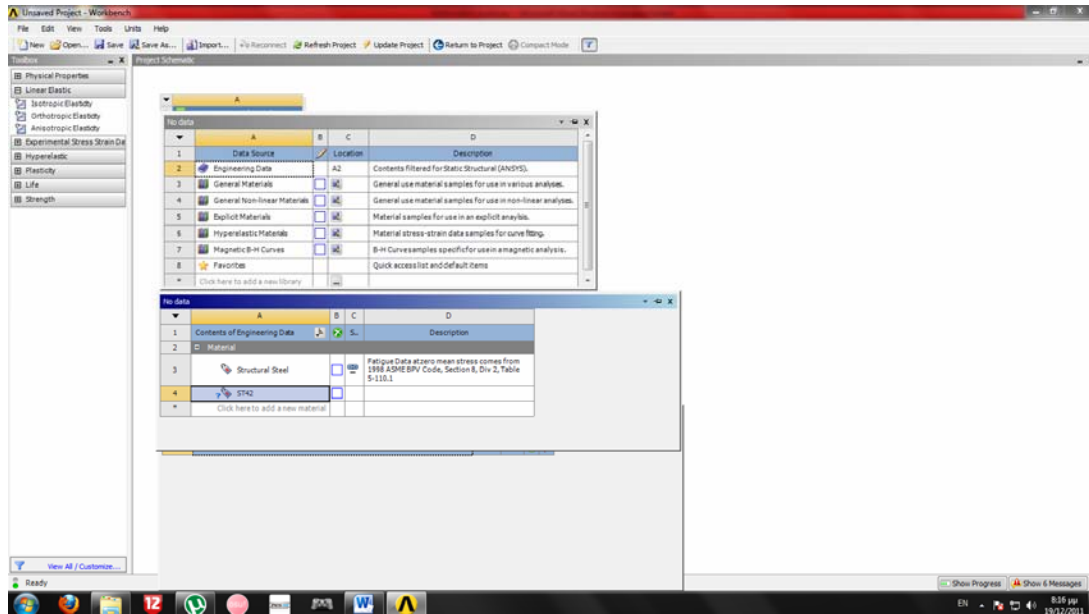
Στο πλαίσιο B2 του project κάνουμε δεξί κλικ στο engineering data και στη συνέχεια επιλέγουμε edit.



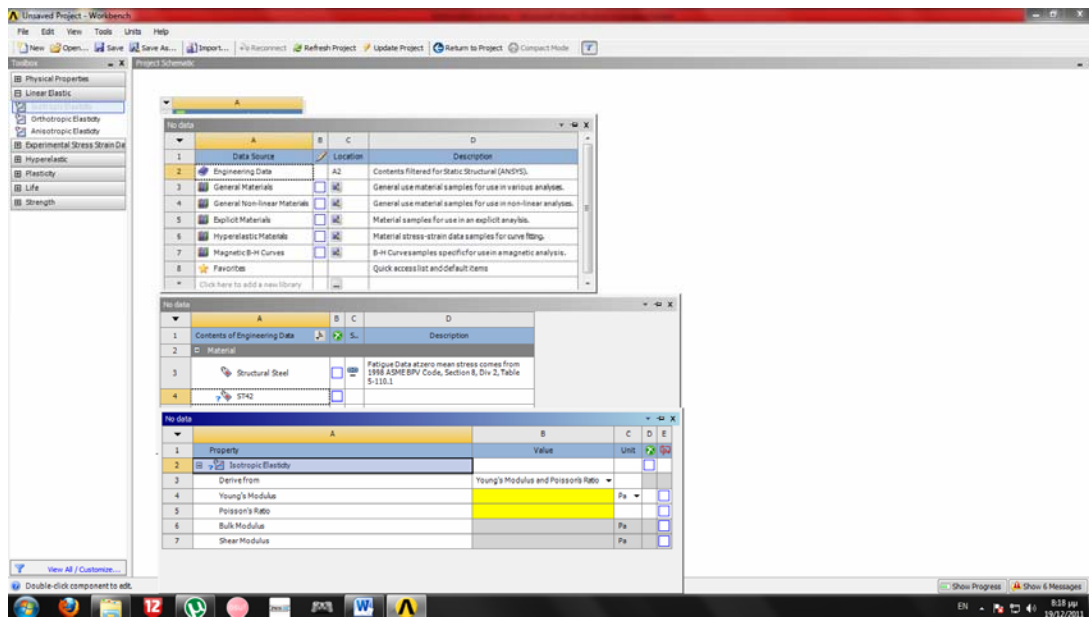
Έπειτα εμφανίζονται τα εξής παράθυρα:



Στο πλαίσιο που γράφει click here to add a new material_κάνουμε κλικ και στη συνέχεια γράφουμε το όνομα του υλικού ST45 και πατάμε enter.

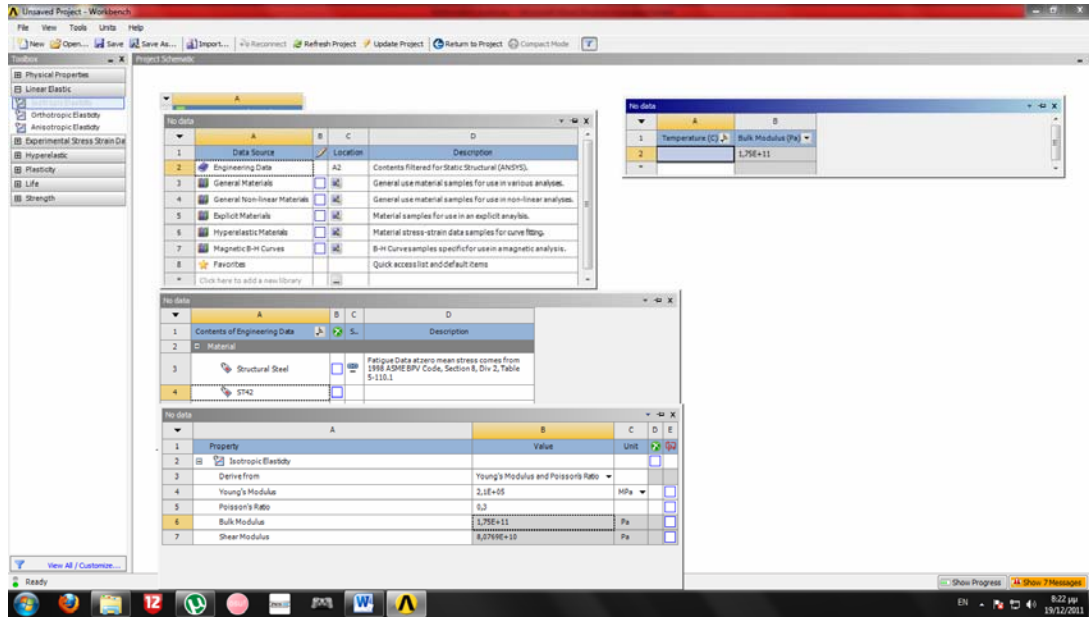


Πάνω αριστερά στο toolbox κάνουμε διπλό κλικ στο isotropic elastic city_και μας ανοίγει το παράθυρο με τις ιδιότητες

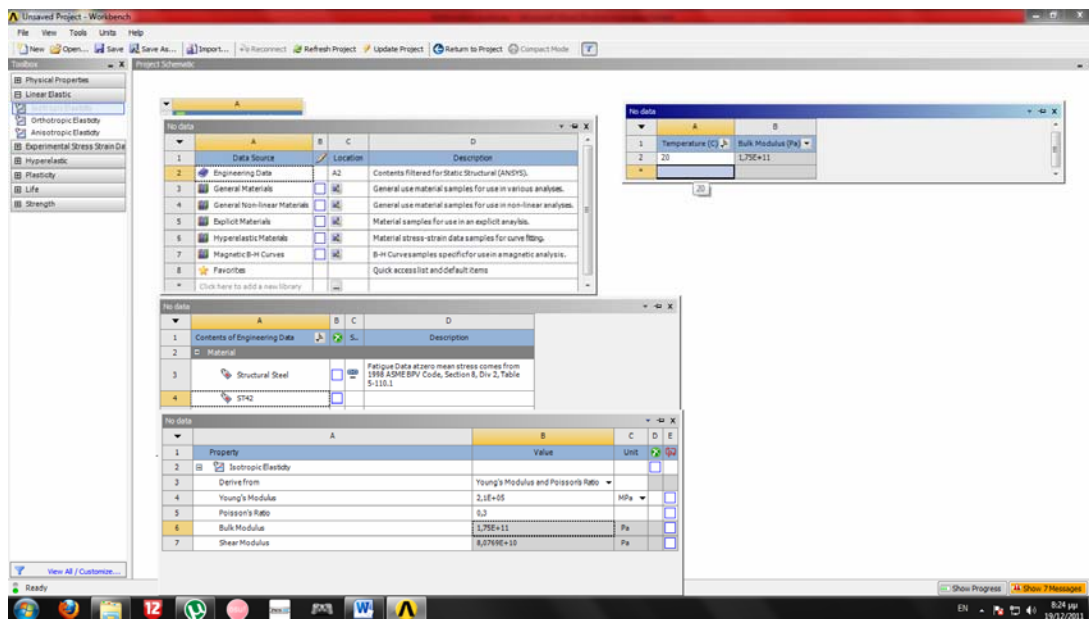


Δηλώνουμε το μέτρο ελαστικότητας 210000MPa και το λόγο Poisson 0,3. Πατάμε enter.

Κεφάλαιο 4 : Ανάλυση



Έπειτα στο παράθυρο πάνω αριστερά γράφουμε την θερμοκρασία (temperature) σε βαθμούς κελσίου 22°C.



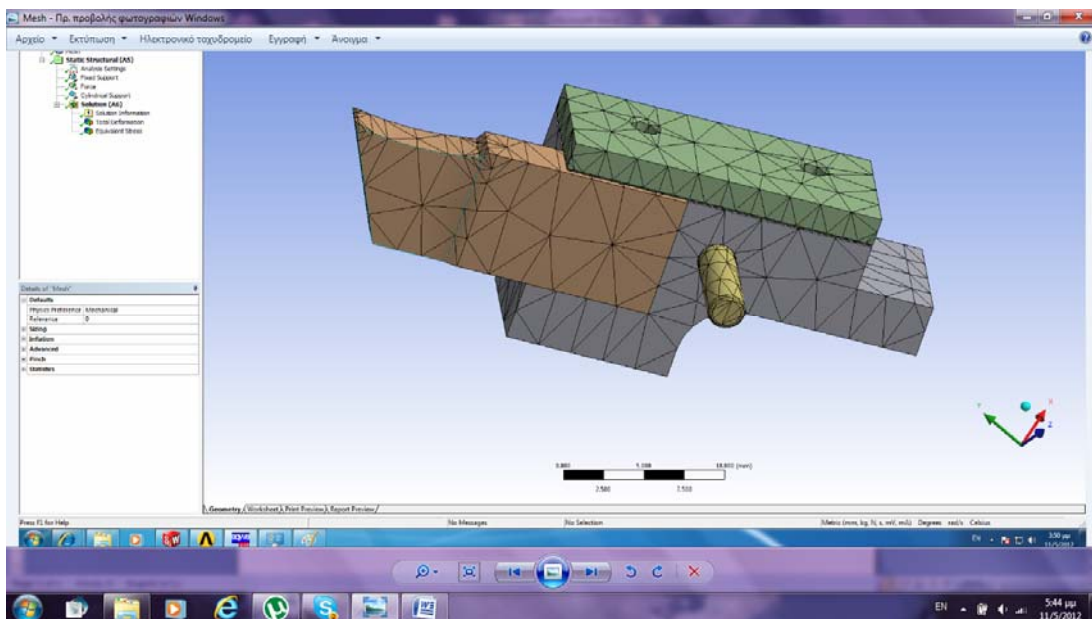
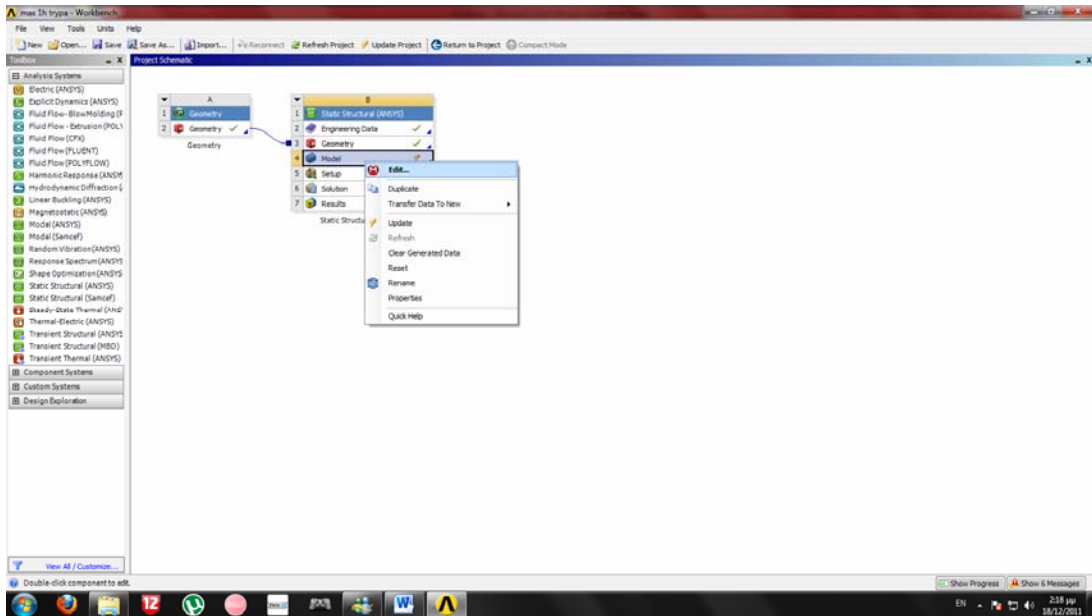
Το υλικό μας έχει δηλωθεί. πατώντας το return το project επιστρέφουμε να δηλώσουμε και τα υπόλοιπα.

Πλέγμα

Αφού έχουμε δηλώσει και το υλικό προχωράμε στην κατασκευή του πλέγματος.

Για να δημιουργήσουμε το πλέγμα κάνουμε τις εξής ενέργειες:

Με το ποντίκι πηγαίνουμε στο κουτί B4 και κάνουμε δεξί κλικ και επιλέγουμε edit. Πάνω αριστερά στο δέντρο που υπάρχει πηγαίνουμε με το ποντίκι στο mesh και πατάμε δεξί κλικ. Έπειτα επιλέγουμε το generate mesh λέγοντας το πρόγραμμα να δημιουργήσει το πλέγμα.

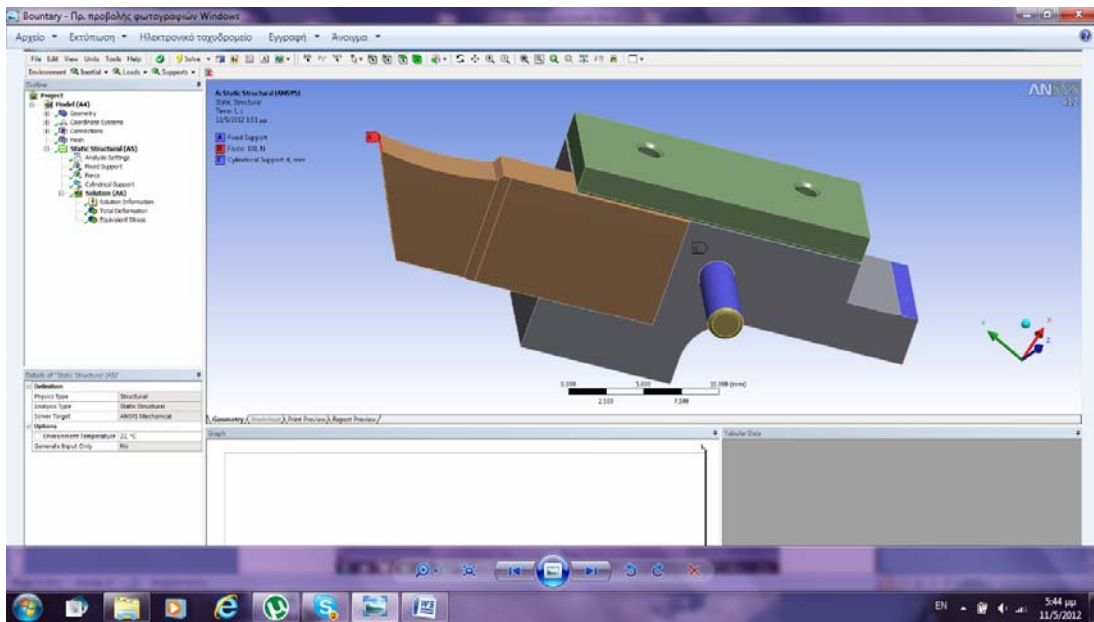


Το πλέγμα της διάταξης έχει δημιουργηθεί.

Οριακές συνθήκες, φορτία

Μετά τη δημιουργία του πλέγματος επόμενο βήμα είναι να δηλώσουμε τις οριακές συνθήκες δηλαδή που στηρίζεται η κατασκευή και με πιο τρόπο.

Πηγαίνουμε με το ποντίκι στον φάκελο static structural πάνω αριστερά και κάνουμε δεξί κλικ.



Στη συνέχεια επιλέγουμε insert => fixed support.

Μετά επιλέγουμε τις επιφάνειες (με χρώμα σκούρο μωβ) όπου στηρίζεται η κατασκευή κάνοντας αριστερό κλικ πάνω τους με το ποντίκι και κρατώντας πατημένο το control.

Αφού επιλέξαμε τις επιφάνειες πηγαίνουμε στον πίνακα details of fixed support(κάτω αριστερά)

Και κάνουμε κλικ στο πλαίσιο που γράφει geometry. Μόλις κάνουμε κλικ πατάμε apply. Πλέον τα σημεία που στηρίζεται η κατασκευή έχουν δηλωθεί.

Επόμενο βήμα η εισαγωγή των φορτίων. Στην κατασκευή μας έχουμε εφαρμογή του φορτίου στην μύτη του κοπτικού μας.

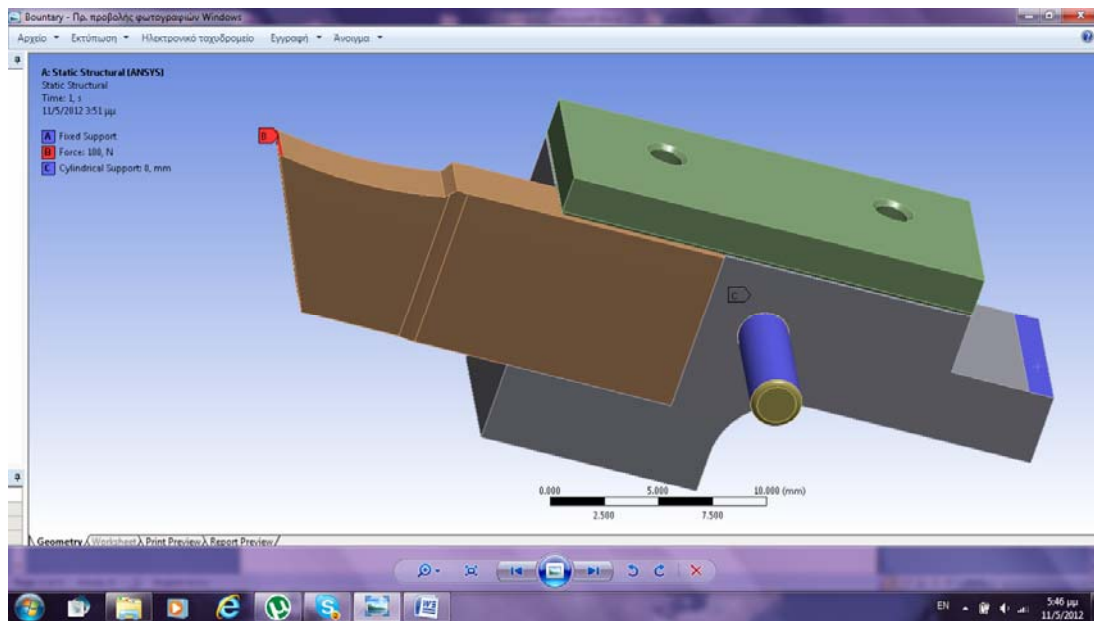
Στον φάκελο static structural κάνουμε δεξί κλικ και στη συνέχεια επιλέγουμε insert =>force και πατάμε αριστερό κλικ.

Επιλέγουμε την επιφάνεια εφαρμογής της δύναμης

Έπειτα στο παράθυρο details of force κάτω αριστερά πηγαίνουμε με το ποντίκι μας στο πλαίσιο που γράφει geometry και πατάμε apply. Στη συνέχεια δηλώνουμε την διεύθυνση της δύναμης πατώντας διπλό κλικ στο πλαίσιο vector.

Επιλέγοντας το πλαίσιο του άξονα y βάζουμε το μέτρο της δύναμης κοπής 100N και το βάθος κοπής 2mm. Και πατάμε enter.

Το φορτίο τοποθετήθηκε στην κατασκευή.



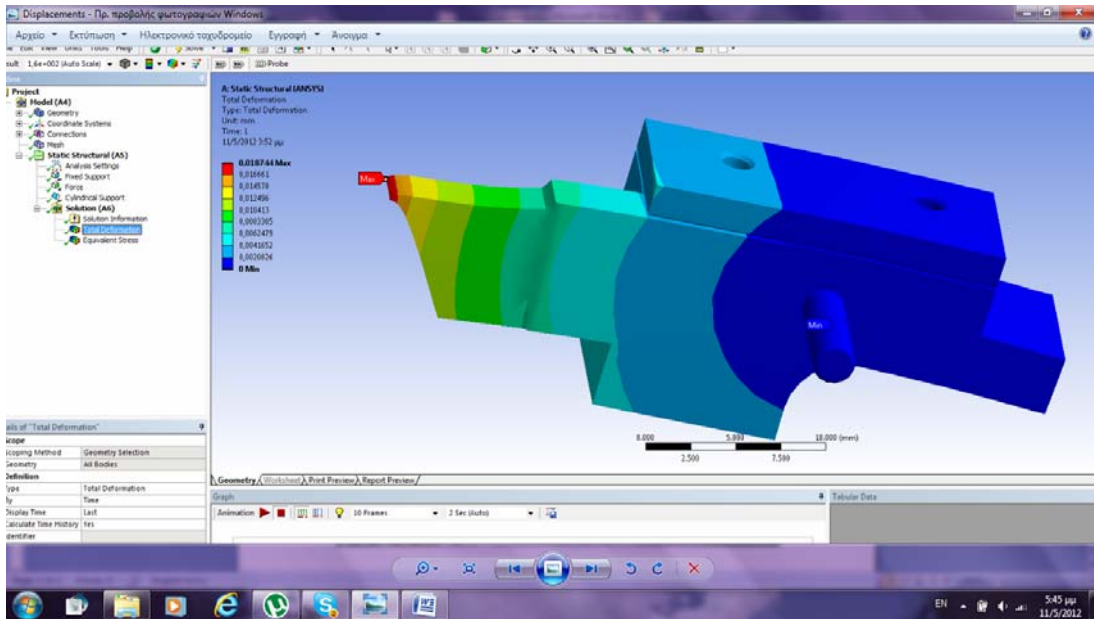
Το φορτίο και οι στηρίξεις έχουν οριστεί

Πλέον η κατασκευή μας είναι έτοιμη για να ξεκινήσουμε την ανάλυση δηλώνοντας τι είδους αποτελέσματα θέλουμε. Τα αποτελέσματα που θέλουμε να πάρουμε είναι για την τάση equivalent (Von- Mises) και τη παραμόρφωση total deformation

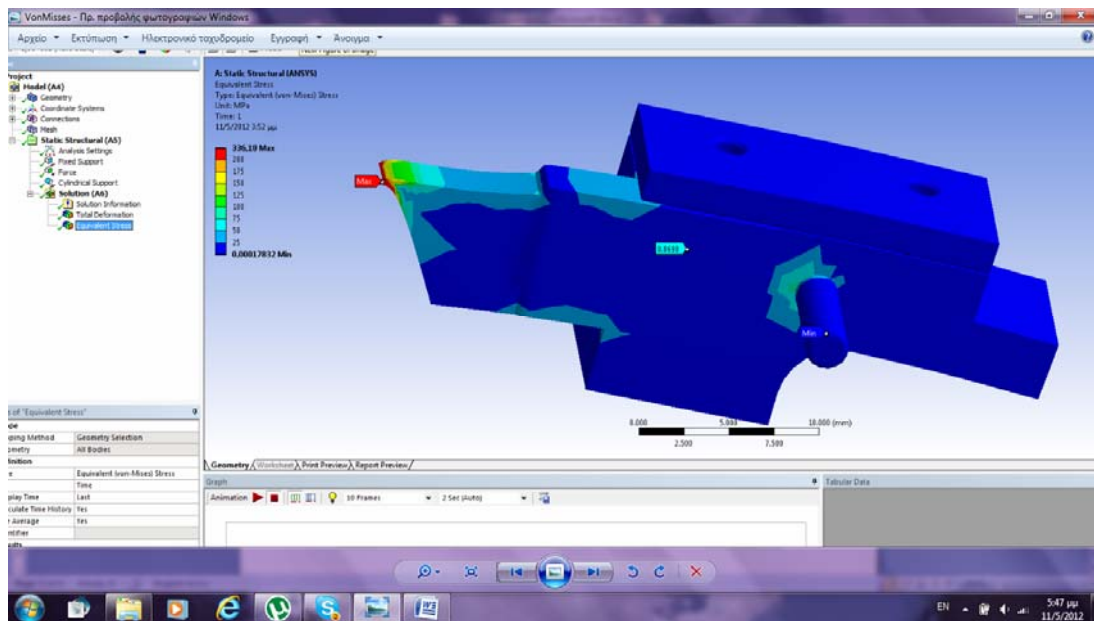
Επίλυση

Στη συνέχεια πατάμε το solve και προχωράμε στην ανάλυση. Μετά από λίγο έχουμε τα αποτελέσματα στην εξής μορφή:

Για την παραμόρφωση σε total deformation [mm]:



Για την ισοδύναμη τάση equivalent (Von- Misses) [MPa].



Στον πίνακα αριστερά μπορούμε να έχουμε πιο λεπτομερές πληροφορίες όπως πχ το που εντοπίστηκε η μεγαλύτερη ή η μικρότερη τάση.

Σαν αποτέλεσμα η μέγιστη τάση είναι 336.18 MPa και η μέγιστη παραμόρφωση 1.87mm.

Συμπεράσματα

Με την χρήση των συσκευών quick stop μπορούμε να μελετήσουμε τον μηχανισμό δημιουργίας αποβλίπτου στο τρνάρισμα. Είναι συσκευές που διακόπτουν την διεργασία κοπής απότομα, με την απομάκρυνση του κοπτικού εργαλείου. Με αποτέλεσμα να μπορούμε να πάρουμε το απόβλιπτου και να το μελετήσουμε

Η μηχανική συσκευή quick stop που σχεδιάζουμε είναι μια αξιόπιστη συσκευή για την μελέτη δημιουργίας αποβλίπτου, μπορεί να κατασκευαστή σε οποιοδήποτε μηχανουργείο μιας και τα μέρη της μπορούν να κατασκευαστούν σε απλά μηχανήματα. Είναι μια ακίνδυνη συσκευή κατά την χρήση της και μπορεί να χρησιμοποιηθεί μιας και είναι οικονομική και μικρή εύκολα σε οποιοδήποτε τόρνο.

Η μελέτη και η σχεδίαση της μηχανικής συσκευής quick stop έγινε με την βοήθεια ειδικών προγραμμάτων στον υπολογιστή

Σύμφωνα με το αποτέλεσμα την ανάλυσης που κάναμε για την κατασκευή μας είδαμε ότι για της συνθήκες κατεργασίας που την χρησιμοποιήσαμε αντέχει την καταπόνηση της δύναμης κοπής

Για δύναμη κοπής 100N η ισοδύναμη τάση που παρουσιάζεται είναι 336.18 MPa και δημιουργείτε στην άκρη του κοπτικού μας εργαλείου και η μέγιστη παραμόρφωση είναι 1.87mm . Τα αποτελέσματα είναι αποδεκτά και η συσκευή μπορεί να παραχθεί και να χρησιμοποιηθεί στην παραγωγή.

Βιβλιογραφία

1. E.M. Trent, P.K. Wright, "Metal cutting", 4th ed., Butterworth-Heinemann,
2. J. Kaczmarek, "Principles of machining by cutting, abrasion and erosion", Peter Peregrinus Limited, 1976
3. A.P. Usher, "A history of mechanical inventions", Revised Edition, Dover Publications, Inc., New York, 1982
4. H. Hodges, "Technology in the ancient world", Barnes & Noble, New York, 1970
5. Κατεγασιμότητα υψηλής ακρίβειας βιολογικών εμφυτευμάτων τεχνητού ισχίου. Διδακτορική διατριβή Νικόλαος Γαλάνης
6. N. Taniguchi, "Current status in, future trends of, ultraprecision machining and ultrafine materials processing", Annals of the CIRP, 32/2: 573-582, 1983
7. A new electromagnetic quick stop device for metal cutting studies Received: 24 September 2004 / Accepted: 7 February 2005 / Published online: 21 December 2005
8. A new Quick-Stop Device for Milling and Grinding, J. G. Wager and R. H. Brown
9. Design and use of a quick stop device for closed study of grinding mechanism S.Ghosh¹, Barun Haldar², S.S.Ghosh², and A.B. Chattopadhyay^{2*} ¹ Department of Mechanical Engineering, IIT, Delhi, India ² Department of Mechanical Engineering, Birbhum Institute of Engineering & Technology, 14th National Conference on Machines and Mechanisms (NaCoMM09), NIT, Durgapur, India, December 17-18, 2004
10. Development and Construction of a Quick-Stop Device for the Study of Chip Formation Entwicklung und Konstruktion eines Schnellstop-Gerätes zur Untersuchung der Spanbildung G. Tlustý, Manufacturing Process and Equipment, Prentice Hall, USA, 2000
11. Development of a new and simple quick-stop device for the study on chip formation Gwo-Lianq Chern* Department of Mechanical Engineering, National Yunlin University of Science and Technology, 123, University Rd, Sec. 3, Touliu, Yunlin, Taiwan 640, ROC Received 11 June 2004; accepted 16 November 2004