

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ (Βοηθητικά Μηχανήματα)
CAM

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΚΟΣΜΑΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ

ΚΥΡΚΟΥΔΗΣ ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΥΠΑΡΑΝΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2014

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΘΕΜΑ: ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΚΑΙ
ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ
ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ (Βοηθητικά Μηχανήματα)
CAM

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΚΟΣΜΑΡΟΣ ΔΗΜΗΤΡΙΟΣ Α.Μ: 4551

ΚΥΡΚΟΥΔΗΣ ΚΩΣΤΑΝΤΙΝΟΣ Α.Μ: 4550

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΥΠΑΡΑΝΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο Καθηγητής

Περίληψη

Στην παρούσα πτυχιακή εργασία έγινε ο σχεδιασμός της κατεργασίας των δοκιμίων της φυγόκεντρης αντλίας. Αυτό πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια του C.A.D σε συνεργασία με το CAM. Δηλαδή αρχικά πάρθηκαν τα δοκίμια που είχαν σχεδιαστεί στο CAD και περάστηκαν ακατέργαστα στο CAM. Έτσι δόθηκε η δυνατότητα στον χειριστή του υπολογιστή να υποδείξει τις διαδρομές εκείνες που απαιτούνται ώστε να αφαιρεθεί το κατάλληλο υλικό και να αναδειχθεί το τελικό δοκίμιο.

Τελικά αφού ολοκληρώθηκαν όλες οι κατεργασίες στον υπολογιστή, έγινε προσομοίωση της κατεργασίας του καθένα δοκιμίου χωριστά. Αφού διαπιστώθηκε τελικά ότι δεν υπάρχει σύγκρουση των κοπτικών εργαλείων με το δοκίμιο, εξήχθη ο κώδικας G & M της μηχανής. Ως αποτέλεσμα αυτού είναι ότι μπορεί κάποιος να αναπαράγει την παραπάνω διαδικασία επαναλαμβανόμενα με πολύ μεγάλη ακρίβεια.

Abstract

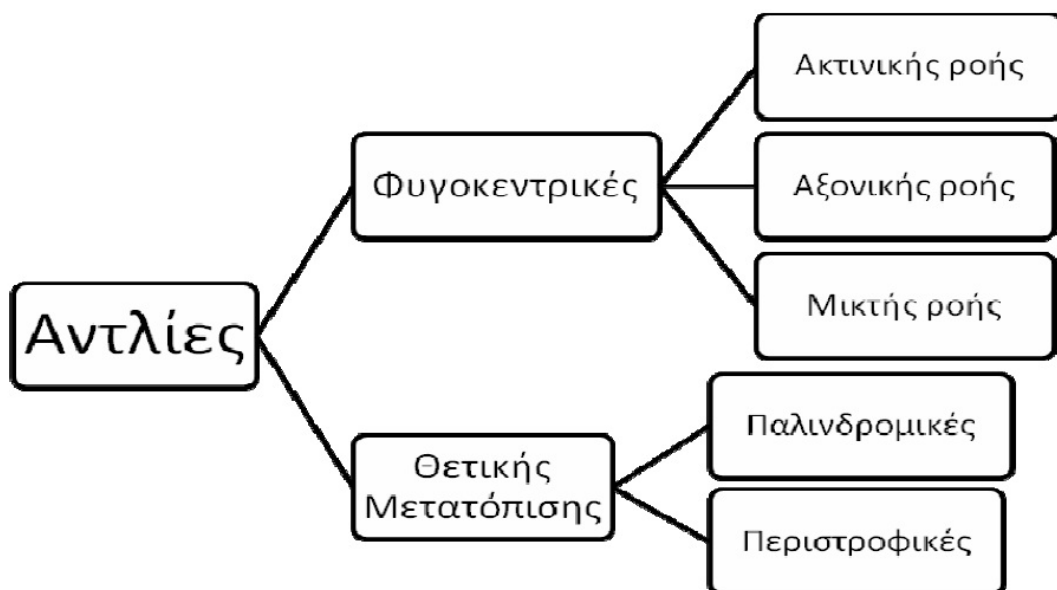
This graduation exercise was the design of the processing of specimens of the centrifugal pump. This was done with the help of CAD in partnership with CAM. That initially taken cores that were designed in CAD and passed rough in CAM. So given the opportunity in computer operator to indicate the paths that required to remove the appropriate material and become the final essay. Finally after all treatments were completed on the computer simulated treatment of each sample separately. Having established that we do not ultimately conflict cutter essay exported the code G & M machine. As a result of this is that one can reproduce the above procedure repeated with great accuracy.

Πρόλογος

Η σχεδίαση ενός μηχανήματος, μιας ομάδας εξαρτημάτων ή απλά ενός μόνου εξαρτήματος είναι μια ευκαιρία για τον σχεδιαστή μηχανικό να κατανοήσει σε βάθος την ακριβή λειτουργία και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εξαρτημάτων. Η κατανόηση της λειτουργίας γίνεται πολύ πιο δύσκολη όταν το αντικείμενο είναι ένα μηχάνημα ή ολόκληρη μηχανή. Στην παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός των εξαρτημάτων μιας φυγόκεντρης αντλίας σε CAM. Πλέον με την χρήση υπολογιστών και τρισδιάστατης σχεδίασης η κατανόηση μιας μηχανής σε βάθος έχει γίνει πολύ ευκολότερη με αποτέλεσμα την αύξηση της αποδοτικότητας των μηχανικών και την ευστοχία των προς κατασκευή εξαρτημάτων.

ΑΝΤΛΙΕΣ ΓΕΝΙΚΑ

Οι αντλίες συνιστούν ένα από τα πιο ιδιαίτερα ενδιαφέροντα αντικείμενα της μηχανολογίας και αποτελούν την καρδιά ενός μεγάλου τομέα βιομηχανικών αλλά και δημοσίων δικτύων, των δικτύων σωληνώσεων. Υπάρχει ένα μεγάλο φάσμα τύπων αντλιών αρκετά διαφορετικών μεταξύ τους ως προς την αρχή λειτουργίας τη δομή και τις εφαρμογές που καλύπτουν. Αναφέρουμε ενδεικτικά τις φυγοκεντρικές αντλίες, τις παλινδρομικές, τις περιστροφικές, τις αντλίες κενού, τα τζιφάρια, αλλά και ειδικές αντλίες όπως ατμού και αερίων. Οι δύο πιο βασικές κατηγορίες ωστόσο είναι οι φυγοκεντρικές αντλίες και οι αντλίες θετικού εκτοπίσματος στις οποίες υπάγονται οι παλινδρομικές και οι περιστροφικές αντλίες. Παρακάτω θα αναφερθούν οι διάφοροι τύποι αντλιών, με εξειδικευμένη εστίαση στην λειτουργία και τον σχεδιασμό της φυγόκεντρης αντλίας.



Εικόνα 1: Κατηγορίες αντλιών

- **ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΑΝΤΛΙΩΝ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ**
- **Η ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΤΥΠΟΥ ΑΝΤΛΙΑΣ ΓΙΝΕΤΑΙ ΜΕ ΒΑΣΗ:**
 - ✓ **ΤΟΝ ΤΥΠΟ ΤΟΥ ΥΓΡΟΥ**
 - ✓ **ΤΗΝ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑ**
 - ✓ **ΤΗΝ ΠΙΕΣΗ**
 - ✓ **ΤΗΝ ΠΑΡΟΧΗ**
 - ✓ **ΤΗΝ ΘΕΣΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΚΑΙ ΤΟ ΒΑΘΟΣ ΑΝΤΛΗΣΗΣ**
 - ✓ **ΤΗΝ ΔΥΝΑΤΟΤΗΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ**

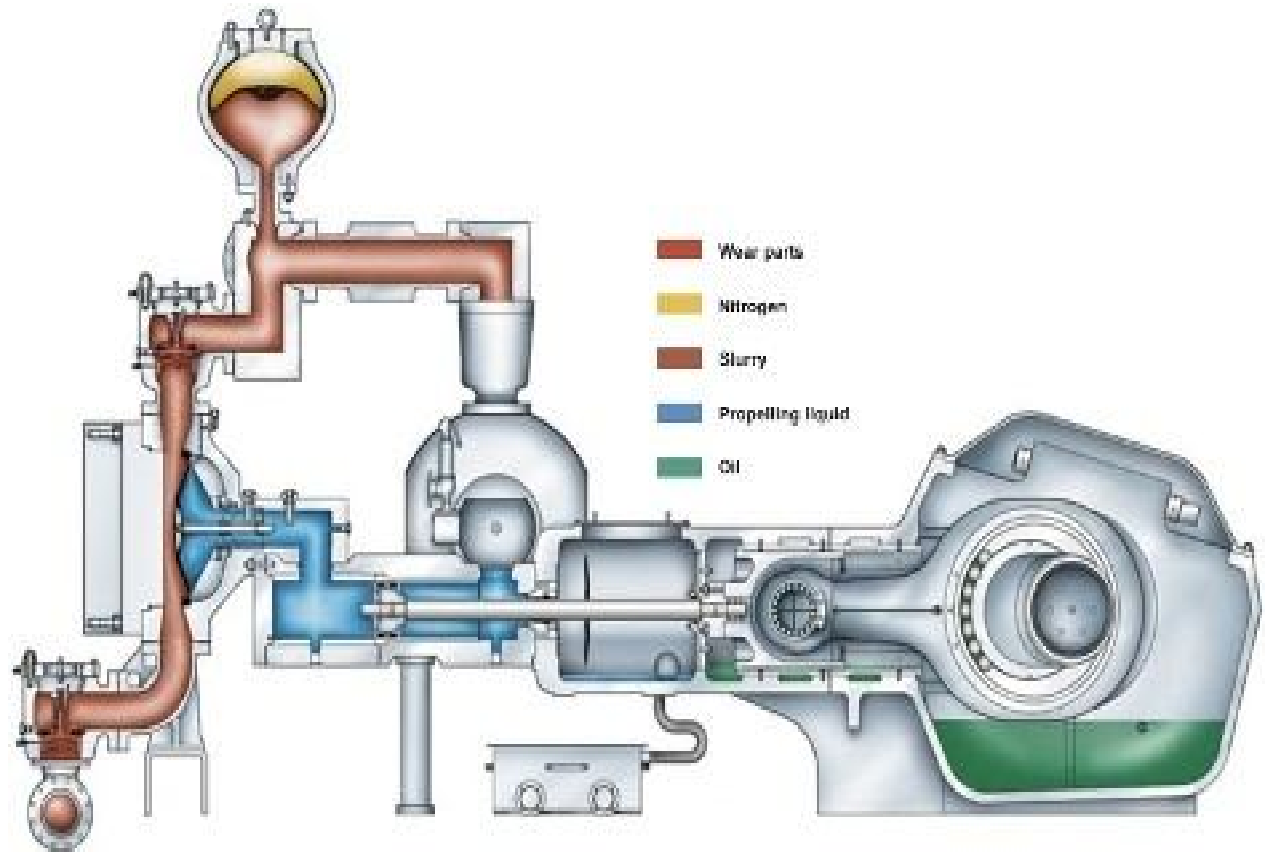
ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ

▪ **ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ:**

Οι αντλίες αυτές παραλαμβάνουν το υγρό από το σωλήνα αναρρόφησης και το μετατοπίζουν στο σωλήνα κατάθλιψης με κάποιο κινούμενο στερεό σώμα που κινείται μέσα σε ειδικό περίβλημα.

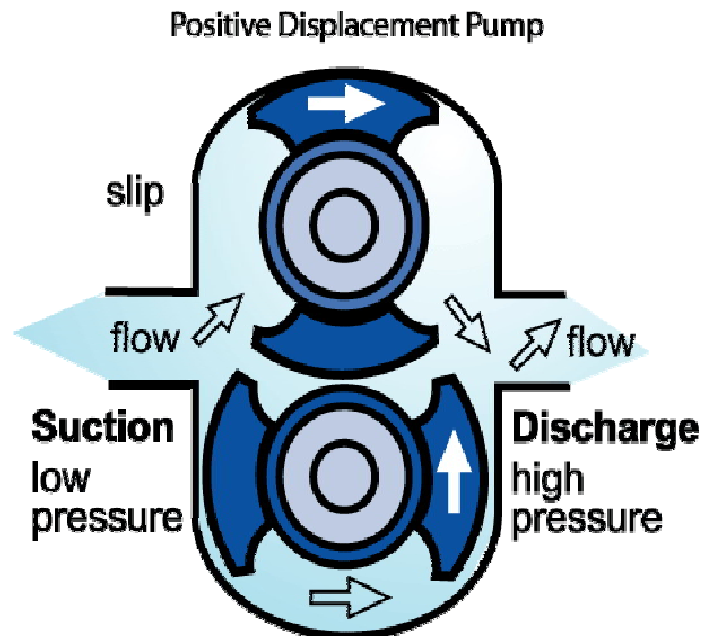
Το υγρό εξαναγκάζεται να μετατοπιστεί ανεξάρτητα από την υδραυλική αντίσταση των σωλήνων μεταφοράς, για αυτό και σε εγκαταστάσεις που χρησιμοποιείται αντλία θετικής μετατόπισης, δεν μπορούμε να μειώσουμε την παροχή με στραγγαλισμό. Επίσης ένα άλλο χαρακτηριστικό των αντλιών αυτών είναι ότι παρουσιάζουν διακυμάνσεις λόγω της περιοδικής κίνησης του εμβόλου (παλινδρόμηση).

▪ ΠΑΛΙΝΔΡΟΜΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ



Εικόνα 2: Παλινδρομική αντλία θετικής μετατόπισης

- ΠΕΡΙΣΤΡΟΦΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΘΕΤΙΚΗΣ ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ



Εικόνα 3: Περιστροφική αντλία θετικής μετατόπισης



Εικόνα 4: Περιστροφική λοβοειδής αντλία θετικής μετατόπισης

➤ ΚΡΙΤΗΡΙΑ ΕΠΙΛΟΓΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

- Μεγάλο ιξώδες: Αντλίες θετικής μετατόπισης
- Μίγματα στερεών με υγρά: Φυγοκεντρικές αντλίες
- Αφρώδη και ευπαθή υγρά: Αντλίες θετικής μετατόπισης γιατί οι υψηλές ταχύτητες και οι στροβιλισμοί των φυγοκεντρικών αντλιών τα καταστρέφουν.

➤ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

- ✓ Έχουν υψηλό βαθμό απόδοσης συναρτήσει του μικρού όγκου και βάρους τους
- ✓ Συνδέονται εύκολα με διάφορους κινητήρες (εμπορίου)
- ✓ Έχουν συνεχή και ομοιόμορφη κίνηση
- ✓ Η πίεση και η παροχή καταθλίψεως δεν παρουσιάζουν διακυμάνσεις
- ✓ Έχουν χαμηλό κόστος αγοράς και συντηρήσεως
- ✓ Έχουν μικρό αριθμό κινούμενων μερών, συνεπώς μεγάλη ασφάλεια λειτουργίας

• ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ

Οι φυγοκεντρικές αντλίες χρησιμοποιούν τη φυγόκεντρο δύναμη που δημιουργείται από έναν περιστρεφόμενο δίσκο πάνω στον οποίο υπάρχουν πτερύγια ειδικής μορφής και ο οποίος είναι γνωστός ως στροφέιο ή περωτή. Οι φυγοκεντρικές αντλίες αποτελούνται από περιστρεφόμενες μονάδες υψηλής ταχύτητας και μεγάλης δυναμικότητας, οι οποίες κινούνται είτε από μηχανές εσωτερικής καύσεως, είτε από ηλεκτρικούς κινητήρες είτε από ατμοστροβίλους. Η

ροή του υγρού στις φυγόκεντρικές αντλίες δημιουργείται από τη φυγόκεντρη κινητική ενέργεια που δημιουργεί η περιστροφική κίνηση του στροφείου. Το αναρροφούμενο υγρό φτάνει στο άνοιγμα αναρρόφησης και παρασύρεται στην περιστροφή οδηγούμενο από τα πτερύγια. Η περιστροφική κίνηση της περωτής προσδίδει περιστροφή στη μάζα του υγρού η οποία οδηγείται από τα πτερύγια μεταδίδοντας φυγόκεντρη δύναμη στο υγρό. Το υγρό υποχρεώνεται να διατρέχει κατά μήκος των πτερυγίων και να πετάγεται έξω από την περωτή. Το υγρό μόλις διαφύγει από την περωτή συλλέγεται σε έναν εσωτερικό χώρο της αντλίας, ο οποίος έχει σπειροειδή μορφή με συνεχώς αυξανόμενη διατομή και τελικά φεύγει από την έξοδο της αντλίας.

• ΔΟΜΗ & ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ

Οι φυγοκεντρικές αντλίες αποτελούνται από ένα μεγάλο πλήθος εξαρτημάτων. Τα βασικότερα μέρη τους είναι τα παρακάτω.

- Το σώμα της αντλίας.
- Το στροφείο ή πτερωτή.
- Τους δακτυλίους φθοράς
- Την άτρακτο τη αντλίας και τα παρελκόμενα εξαρτήματα.



Εικόνα 5: Τομή φυγοκεντρικής αντλίας

• ΤΟ ΣΩΜΑ ΤΗΣ ΑΝΤΛΙΑΣ

Το σώμα της αντλίας είναι το πλαίσιο πάνω στο οποίο μοντάρονται όλα τα άλλα μέρη της αντλίας. Το σώμα της αντλίας κατασκευάζεται από υλικά ανθεκτικά και στα υγρά που πρόκειται να μεταφερθούν και στις διάφορες θερμοκρασίες λειτουργίας. Το κέλυφος της αντλίας είναι διαιρούμενο, είτε οριζόντια, είτε κάθετα, είτε διαγώνια σε μια γωνία

διαφορετική από 90 μοίρες. Οι λαιμοί (nozzles) για τις φλάντζες εισόδου και εξόδου είναι και οι δύο στο κάτω τμήμα του διαιρούμενου κελύφους. Αναφορικά με το σώμα της αντλίας σημειώνουμε πως υπάρχει και ο σχεδιασμός τύπου βαρελιού (barrel type), που χρησιμοποιούνται κυρίως σε αντλίες πολύ υψηλών πιέσεων. Στο σχεδιασμό αυτό το εσωτερικό του κελύφους προσαρμόζεται στο εξωτερικό του «βαρελιού». Το σώμα έχει ποδαρικά με τα οποία αγκυρώνεται είτε στον εξοπλισμό που βρίσκεται κάτω από αυτό είτε στο έδαφος, πράγμα που αποτελεί και τη συνηθέστερη περίπτωση. Το σώμα της αντλίας με βάση το κριτήριο της λειτουργικότητας μπορεί να χωριστεί σε δύο μέρη το τμήμα εισόδου και το τμήμα εξόδου.

• ΤΜΗΜΑ ΕΙΣΟΔΟΥ

Η βασική απαίτηση για να επιτυγχάνεται ικανοποιητική λειτουργία στην αναρρόφηση της αντλίας είναι το τμήμα εισόδου να είναι έτσι διαμορφωμένο, ώστε να εξασφαλίζεται ομοιόμορφη διανομή της ταχύτητας στην συμμετρική ως προς τον άξονα επιφάνεια εισόδου της περωτής. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται όλα τα περύγια της περωτής να λειτουργούν ομοιόμορφα. Ευκολότερος είναι ο σωστός σχεδιασμός του τμήματος εισόδου σε ορισμένους τύπους αντλιών, όπως στις μονοβάθμιες αντλίες με την περωτή σε πρόβολο και στις κατακόρυφες αντλίες αξονικής ή μικτής ροής. Σε αυτούς τους τύπους αντλιών το τμήμα εισόδου έχει μορφή, είτε κωνική συγκλίνουσα προς την είσοδο της περωτής, είτε κυλινδρική με κυκλική διατομή. Ωστόσο το τμήμα εισόδου δεν μπορεί να έχει κωνική ή κυλινδρική μορφή στις πολυβάθμιες αντλίες και στις αντλίες διπλής αναρρόφησης γιατί σε

αυτούς τους τύπους αντλιών η διεύθυνση του ρευστού στη διατομή εισόδου είναι κάθετη προς τον άξονα περιστροφής της περωτής. Για να εξαλειφθεί λοιπόν η συστροφή του ρευστού στη διατομή εισόδου, αλλά παράλληλα και για να αλλάξει η διεύθυνση του ρευστού μετά την είσοδό του στην αντλία σχεδιάστηκε το τμήμα εισόδου με τη μορφή ημισπειροειδούς κελύφους. Σχεδιάζοντας τη διατομή του ημισπειροειδούς αυτού κελύφους υποπολλαπλάσια της διατομής εισόδου επιτυγχάνουμε την επιθυμητή επιταχυνόμενη ροή στο τμήμα εισόδου. Στις αντλίες που έχουν περωτή διπλής αναρρόφησης το τμήμα εισόδου είναι συμμετρικό και διαμοιράζει τη ροή σε δύο ίσα μέρη με συνέπεια η τροφοδοσία κάθε μιας εισόδου της περωτής να γίνεται από ένα ημισπειροειδές κέλυφος όπως και στις πολυβάθμιες αντλίες.

• ΤΜΗΜΑ ΕΞΟΔΟΥ

Το τμήμα εξόδου μιας φυγοκεντρικής αντλίας φαίνεται να καταλαμβάνει το μεγαλύτερο όγκο του συνολικού σώματος (κελύφους) της αντλίας και είναι αυτό που συλλέγει το αντληθέν ρευστό και το καθοδηγεί στη διατομή εξόδου της αντλίας. Στην έξοδο της περωτής (που εντάσσεται στο τμήμα εισόδου) το ρευστό έχει μια αρκετά μεγάλη ταχύτητα που είναι συνάρτηση μιας σειράς παραμέτρων (τύπος περωτής, μορφή τμήματος εισόδου, πίεση ρευστού στην αναρρόφηση κ.λ.π), η οποία όμως πρέπει να μειωθεί όταν το ρευστό θα φτάσει στην κυκλική διατομή εξόδου μέχρι μια ταχύτητα της τάξεως 4-6 μέτρων το δευτερόλεπτο. Η πτώση της ταχύτητας πρέπει να συνοδεύεται από μια μετατροπή της κινητικής ενέργειας σε στατική πίεση. Στα κελύφη των φυγοκεντρικών αντλιών συναντώνται δύο βασικοί τύποι τμημάτων εξόδου, το σπειροειδές κέλυφος και ο διαχύτης (diffuser).



Εικόνα 6: Φυγοκεντρική αντλία

- **ΣΠΕΙΡΟΕΙΔΕΣ ΚΕΛΥΦΟΣ**

Είναι ο συχνότερα συναντώμενος τύπος κελύφους εξόδου μιας φυγοκεντρικής αντλίας. Για να σχεδιαστεί το σπειροειδές κέλυφος χρησιμοποιούνται σήμερα δύο μέθοδοι που κάθε μια έχει τα δικά της πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα. Η πρώτη μέθοδος που είναι και η πιο παραδοσιακή και συνήθως χρησιμοποιούμενη βασίζεται σε δύο βασικές αρχές της μηχανικής των ρευστών, την αρχή της διατήρησης της συστροφής και την αρχή της συνέχειας και υπολογίζει την κλίση της γραμμής ροής του αντληθέντος ρευστού στη διαδρομή εξόδου συναρτήσει της απόστασης του όγκου ελέγχου του προωθούμενου ρευστού από το κέντρο της κυκλικής διατομής εισόδου. Η γεωμετρία λοιπόν του κελύφους καλείται να ακολουθήσει τη γραμμή ροής που προέκυψε με βάση τους υπολογισμούς αυτούς. Η δεύτερη μέθοδος που

χρησιμοποιείται για τον υπολογισμό της γεωμετρίας του σπειροειδούς κελύφους είναι η μέθοδος της σταθερής μέσης ταχύτητας. Η μέθοδος αυτή βασίζεται στην αρχή της σταθερής μέσης ταχύτητας της ροής στις διάφορες διατομές και υπολογίζει τη διατομή του σπειροειδούς κελύφους συναρτήσει της γωνίας περιστροφής του μονάδας αναφοράς του προωθούμενου ρευστού. Η αφορμή για τη χρησιμοποίηση αυτή της μεθόδου δόθηκε από τη διαπίστωση ότι υπήρξαν σημαντικές αποκλίσεις στη διανομή της ταχύτητας στο τμήμα εξόδου σε σπειροειδή κελύφη που υπολογίζονταν με τη μέθοδο της διατήρησης της συστροφής. Ολοκληρώνοντας την αναφορά στο σπειροειδές κέλυφος σημειώνουμε ότι μέθοδος της διατήρησης της συστροφής δίνει αντλίες με λίγο μεγαλύτερο βαθμό απόδοσης, ενώ η μέθοδος της σταθερής μέσης ταχύτητας δίνει περισσότερο ομοιόμορφη διανομή της στατικής πίεσης στο σπειροειδές κέλυφος.

- ***ΔΙΑΧΥΤΗΣ (DIFFUSER)***

Το τμήμα εξόδου μπορεί να έχει τη μορφή διαχύτη, ο οποίος μπορεί να είναι κατασκευασμένος με ή χωρίς πτερύγια. Ο διαχύτης χωρίς πτερύγια δεν είναι παρά ένα αξονοσυμμετρικό κέλυφος οδήγησης της ροής, εντός του οποίου η περιφερειακή ταχύτητα μεταβάλλεται αντίστροφα ανάλογα προς την ακτίνα ενώ η ακτινική ταχύτητα ικανοποιεί την αρχή της συνέχειας. Δεν αποτελεί καλή λύση γιατί η διαδρομή του ρευστού μέχρι τη φλάντζα εξόδου είναι μεγάλη όπως επίσης και οι αντίστοιχες απώλειες τριβής. Ο διαχύτης με πτερύγια δεν είναι παρά μια ακίνητη ακτινική στεφάνη πτερυγίων διατεταγμένη γύρω από την περωτή. Τα πτερύγια της στεφάνης επιτυγχάνουν σε μικρή σχετικά ακτινική απόσταση την

επιθυμητή επιβράδυνση της ταχύτητας που έχει το ρευστό στην έξοδο της περωτής. Όταν χρησιμοποιείται σχεδιασμός τύπου διαχύτη με πτερύγια σε μικρού μεγέθους αντλίες προκύπτουν ιδιαίτερα μεγάλες απώλειες τριβής. Από την άλλη πλευρά σε αντλίες με μικρό ειδικό αριθμό στροφών συχνά μια στεφάνη διαχύτη με πτερύγια παρεμβάλλεται μεταξύ περωτής και σπειροειδούς κελύφους. Ο διαχύτης στην περίπτωση αυτή επιτυγχάνει μια καταρχήν επιβράδυνση της ροής πριν το ρευστό προχωρήσει στο σπειροειδές κέλυφος και παράλληλα μια μείωση των υδραυλικών απωλειών.

• Η ΠΤΕΡΩΤΗ

Για το σχεδιασμό της περωτής δύο είναι τα καθοριστικά σημεία. Το πρώτο είναι ο υπολογισμός της γωνίας κλίσης των πτερυγίων στη διατομή εξόδου της περωτής και το δεύτερο είναι ο καθορισμός του αριθμού των πτερυγίων της περωτής. Αναφορικά με τη γωνία κλίσης των πτερυγίων είναι γνωστό από τη μηχανική των ρευστών ότι αυτή συνδέεται άμεσα με την κλίση της ιδεατής αλλά και πραγματικής χαρακτηριστικής H-V μιας φυγοκεντρικής αντλίας. Σημειώνουμε πως όσο μειώνεται η γωνία κλίσης των πτερυγίων, τόσο αυξάνεται η απόλυτη τιμή της κλίσης της πραγματικής χαρακτηριστικής καμπύλης λειτουργίας H-V. Αυτό ευνοεί την ευστάθεια της λειτουργίας μιας αντλητικής εγκατάστασης με θετικό μανομετρικό. Στις περιπτώσεις αυτές που αποτελούν και τη μεγάλη πλειοψηφία η γωνία κλίσης κυμαίνεται μέσα σε ένα εύρος 17-35 μοιρών και συνήθως επιλέγεται να είναι 20–25 μοίρες. Στις ειδικές περιπτώσεις που δεν είναι απαιτητό ένα θετικό μανομετρικό, όπως στους κυκλοφορητές των κτιριακών δικτύων, δεν τίθεται πρόβλημα ευστάθειας λειτουργίας της συνολικής αντλητικής εγκατάστασης, οπότε η γωνία κλίσης παίρνει μεγαλύτερη τιμή (μέχρι τις 90 μοίρες), δεδομένου

άλλωστε ότι με μεγαλύτερη γωνία κλίσης επιτυγχάνεται το επιθυμητό σημείο λειτουργίας με μικρότερες διαστάσεις περωτής αλλά και της αντλίας συνολικά. Το πλήθος των περυγίων της περωτής με βάση τη θεωρία των φυγοκεντρικών αντλιών συνδέεται άμεσα με το βαθμό απόδοσης της περωτής και κατ' επέκταση και της αντλίας καθώς όσο περισσότερα είναι τα περύγια τόσο μεγαλύτερος είναι ο βαθμός απόδοσης. Ωστόσο ο ιδεατός βαθμός απόδοσης της περωτής είναι αντίστροφα ανάλογος με τη γωνία κλίσης των περυγίων και από αυτόν επίσης εξαρτάται το μέσο πραγματικό τρίγωνο των ταχυτήτων εξόδου. Από την άλλη πλευρά η αύξηση του πλήθους των περυγίων επιφέρει αύξηση των απωλειών τριβής και κατά συνέπεια μείωση του υδραυλικού βαθμού απόδοσης της αντλίας. Έτσι τελικά έχουμε για κάθε περιοχή τιμών της γωνίας κλίσης των περυγίων να υπολογίζεται ένας βέλτιστος αριθμός περυγίων, ώστε να βελτιστοποιείται το γινόμενο $\eta_1 * \eta_2$, όπου η_1 είναι ο ιδεατός βαθμός απόδοσης της περωτής και η_2 ο υδραυλικός βαθμός απόδοσης της αντλίας.



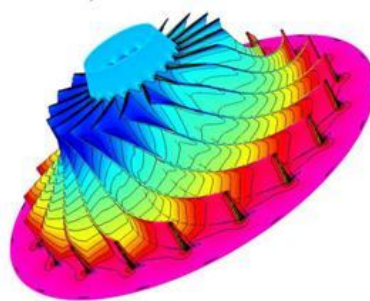
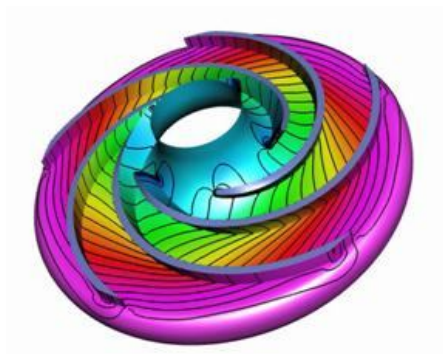
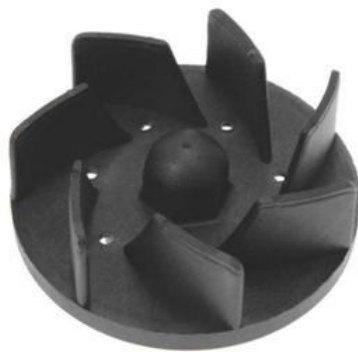
Εικόνα 7: Τύποι περωτών

- **ΤΥΠΟΙ ΠΤΕΡΩΤΩΝ**

- **Ανοιχτές Πτερωτές**



- **Ημίκλειστες Πτερωτές**



○ Κλειστές Πτερωτές



• ΔΑΚΤΥΛΙΟΙ ΦΘΟΡΑΣ (Wear Rings)

Ένα άλλο δομικό στοιχείο των φυγοκεντρικών αντλιών είναι οι δακτύλιοι φθοράς. Αυτοί έχουν συγκεκριμένη διαμόρφωση ώστε να επιτυγχάνουν μια δακτυλιοειδή σχισμή μεταξύ του ακίνητου κελύφους και της πτερωτής. Η σχισμή αφήνει ένα συγκεκριμένο κατά περίπτωση ακτινικό διάκενο και έχει ένα επίσης συγκεκριμένο μήκος. Σκοπός της διαμόρφωσης λαβυρίνθων με τη χρήση των δακτυλίων φθοράς είναι η διατήρηση των ογκομετρικών απωλειών στην επιθυμητή χαμηλή τιμή οπότε η αντίστοιχη τιμή του ογκομετρικού βαθμού απόδοσης να έχει την τιμή που προδιαγράφεται. Οι δακτύλιοι φθοράς είναι στις περιπτώσεις αφαιρετοί και μπορούν να αντικατασταθούν όταν έχουν φθαρεί αρκετά με χαμηλό κόστος, πολύ χαμηλότερο φυσικά από αυτό που θα απαιτείτο για την αντικατάσταση, είτε του κελύφους, είτε της πτερωτής.

• ΑΤΡΑΚΤΟΣ

Η άτρακτος μεταφέρει τη ροπή στρέψης από τον κινητήρα προς την πτερωτή ή τις πτερωτές. Πάντως καθώς η άτρακτος είναι προσδεδεμένη στην πτερωτή παραλαμβάνει επίσης εκτός από τη μηχανική ροπή αντίστασης και αντιστάσεις «υδραυλικής προέλευσης» που προέρχονται από τις αξονικές και ακτινικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στην/στις πτερωτές καθώς αυτή/αυτές μετακινούν το ρευστό. Το σύνολο των προβλεπόμενων να εφαρμοστούν στην άτρακτο δυνάμεων και ροπών επιβάλλει καταρχήν ένα στατικό υπολογισμό στη φάση του σχεδιασμού της. Δεδομένου του μεγάλου κατά κανόνα μήκους της ατράκτου πρέπει να λαμβάνεται υπόψη και η ελαστικότητά της. Στόχος μας είναι να έχουμε κατά τη λειτουργία μικρή κλίση και βέλος κάμψης της ατράκτου για να μην επηρεάζεται η λειτουργία του πλήθους των συνδεδεμένων με αυτήν εξαρτημάτων. Παράλληλα πρέπει να μελετηθεί η ιδιοσυχνότητα του μηχανικού υποσυστήματος άτρακτος-πτερωτή ώστε να μην συμπέσει με την ιδιοσυχνότητα του συνολικού στρεφομένου συστήματος και προκληθούν έτσι αυξημένες καταπονήσεις και συνεπώς ανεπιθύμητα μεγάλες παραμορφώσεις στην άτρακτο κατά τη λειτουργία.

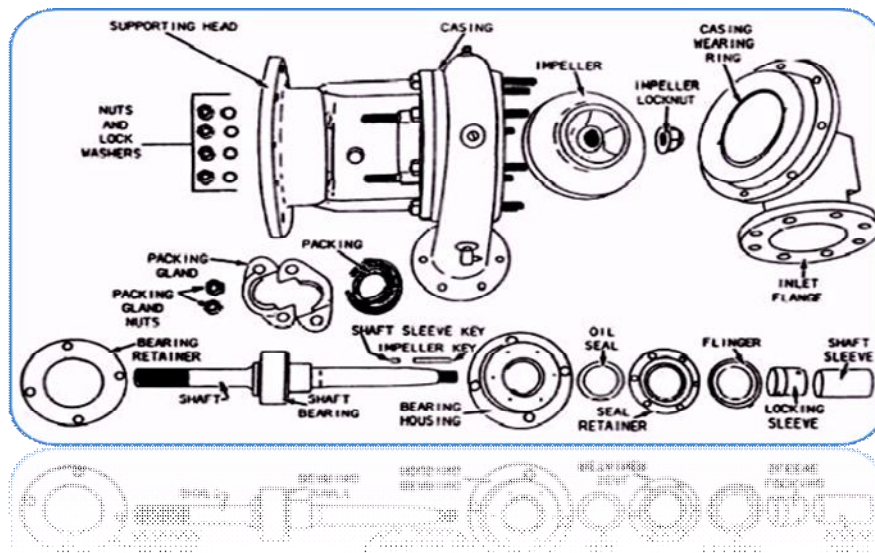
• ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ

Από κατασκευαστική σκοπιά η άτρακτος πρέπει να διαθέτει τις κατάλληλες ανοχές για να λειτουργεί σωστά ένα πλήθος καθοριστικών για τη λειτουργία της αντλίας παρελκομένων εξαρτημάτων τα κυριότερα των οποίων είναι οι σαλαμάστρες και τα έδρανα στήριξης. Γύρω από τον άξονα των αντλιών τοποθετούμε σαλαμάστρες για να επιτύχουμε στεγανότητα. Το πρόβλημα της στεγανότητας είναι από τα

σημαντικότερα για το σχεδιασμό και τη λειτουργία μιας αντλίας. Αντιμετωπίζεται με τη χρήση στυπιοθλιπτών των οποίων σκοπός είναι η εξασφάλιση της στεγανότητας της αντλίας με το εξωτερικό περιβάλλον στο σημείο όπου η άτρακτος διαπερνά το σταθερό κέλυφος της αντλίας. Στην περίπτωση όπου το ύψος της αντλίας είναι σημαντικό οπότε κατά την εκκίνησή της, η στατική πίεση στο σημείο εξόδου της ατράκτου πέσει κάτω από την ατμοσφαιρική, σκοπός του στυπιοθλίπτη είναι να εμποδίσει την είσοδο του αέρα από το περιβάλλον. Σε αντίθετη περίπτωση η κίνηση της αντλίας γίνεται προβληματική. Διακρίνουμε δύο ειδών στυπιοθλίπτες:

1)Τους συμβατικούς με στυπία (σαλαμάστρα) στους οποίους η στεγανότητα εξασφαλίζεται από τη συμπίεση των στυπίων μέσω του στυπιοθλίπτου.

2)Τους μηχανικούς στους οποίους η στεγανότητα εξασφαλίζεται με την επαφή δύο λείων δίσκων, συνήθως συνθετικών αυξημένης αντοχής σε τριβή και θερμοκρασία υλικών, ενός στρεφόμενου με την άτρακτο και ενός μη στρεφόμενου.



Εικόνα 8: Εξαρτήματα φυγοκεντρικής αντλίας

• ΕΔΡΑΝΑ

Μια άλλη σημαντική παράμετρος στο σχεδιασμό των αντλιών είναι η στήριξη της ατράκτου, η οποία επιτυγχάνεται με τη βοήθεια εδράνων (ρουλεμάν). Σκοπός των εδράνων είναι η στήριξη της ατράκτου τόσο κατά την αξονική όσο και κατά την ακτινική διεύθυνση ώστε να εξασφαλίζεται η λειτουργία της περωτής. Για να επιτευχθεί αυτό θα πρέπει τα έδρανα να μπορούν να παραλάβουν και να μεταφέρουν στο στερεό σώμα της αντλίας τις αξονικές και ακτινικές δυνάμεις που αναπτύσσονται στην περωτή, στο σημείο μετάδοσης της κίνησης, καθώς και το ίδιο βάρος της ατράκτου. Στη γενική περίπτωση η άτρακτος των αντλιών έχει δύο έδρανα, οπότε οι δυνάμεις που αναπτύσσονται σ' αυτά προκύπτουν από την ισορροπία των εξωτερικών δυνάμεων, σύμφωνα με τη μηχανική του στερεού σώματος. Στις τυποποιημένες αντλίες ή αντλίες γενικής χρήσης χρησιμοποιούνται έδρανα κύλισης (ρουλεμάν), παρά το γεγονός ότι είναι ακριβότερα από τα έδρανα ολίσθησης, διότι έχουν μια σειρά άλλων πλεονεκτημάτων. Βρίσκονται εύκολα στο εμπόριο σε όλα τα μεγέθη και τους τύπους, έχουν 25-50% μικρότερες απώλειες, απαιτούν μικρότερες διαστάσεις και εξασφαλίζουν λειτουργία με μικρότερες ανοχές

• ΤΥΠΟΙ & ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΑΝΤΛΙΩΝ

Οι φυγοκεντρικές αντλίες διακρίνονται σε οριζόντιες και κάθετες με βάση το κριτήριο της διεύθυνσης της γραμμής αναρρόφησης, σε ακτινικής και αξονικής ροής με βάση το κριτήριο της κατεύθυνσης της ροής του καταθλιβόμενου ρευστού, σε απλής και διπλής αναρρόφησης με βάση το κριτήριο της μορφής της χρησιμοποιούμενης περωτής και σε μονοβάθμιες και πολυβάθμιες με βάση το κριτήριο του αριθμού των

στροφείων ή πτερωτών που χρησιμοποιούν. Μολονότι όπως καταδεικνύεται παραπάνω υπάρχει μια μεγάλη γκάμα φυγοκεντρικών αντλιών υπάρχουν κοινά συγκριτικά πλεονεκτήματά όλων των τύπων των φυγοκεντρικών αντλιών σε σχέση με τους άλλους τύπους αντλιών. Αυτά είναι η στρωτή και ομαλή λειτουργία τους (αν τις συγκρίνουμε π.χ με τις παλινδρομικές) αλλά κυρίως η ευκαμψία λειτουργίας τους με την έννοια της δυνατότητας επιλογής του επιθυμητού εύρους λειτουργίας κατά το διάγραμμα H-V, (η επιλογή αυτή γίνεται με βάση κατασκευαστικές και λειτουργικές παραμέτρους, π.χ διάμετρο στροφείου, ταχύτητα περιστροφής, κ.λ.π). Παράλληλα οι φυγοκεντρικές αντλίες απαιτούν κατά κανόνα μικρό χώρο συγκριτικά με άλλους τύπους αντλιών για το ίδιο μανομετρικό ή παροχή. Οι φυγοκεντρικές αντλίες πάντως έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν τύπους αντλιών με πολύ μεγάλες παροχές που οι άλλοι τύποι αντλιών αδυνατούν να επιτύχουν (με μια εύλογη τεchnοοικονομικά κατασκευή) και για το λόγο αυτό συνήθως προτιμώνται σε γραμμές μεγάλων παροχών. Παρακάτω παρουσιάζονται τα κύρια κατασκευαστικά και λειτουργικά χαρακτηριστικά ορισμένων βασικών τύπων αντλιών καθώς και οι ιδιαίτερες εφαρμογές τους.

- **ΜΟΝΟΒΑΘΜΙΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ ΑΠΛΗΣ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ**

Οι μονοβάθμιες αντλίες απλής αναρρόφησης έχουν μεγάλη χρήση γιατί καλύπτουν εκτεταμένες τεχνικές εφαρμογές (ύδρευση, άρδευση, κυκλοφορία υγρών σε βιομηχανίες κ.λ.π). Όλοι σχεδόν οι κατασκευαστές αντλιών κατασκευάζουν πλήρεις σειρές τυποποιημένων αντλιών αυτού του τύπου για ταχύτητα περιστροφής 1450 και 2900 RPM, που καλύπτουν την περιοχή παροχών από $V = 6,0-500,0 \text{ m}^3/\text{h}$ και ολικών υψών $H = 15-80 \text{ m}\Sigma\Upsilon$. Μια πολύ πρακτική διαμόρφωση των μονοβάθμιων φυγοκεντρικών αντλιών που συνηθίζεται στη χημική

βιομηχανία και είναι οι λεγόμενες in-line αντλίες, οι οποίες τοποθετούνται συνήθως με κατακόρυφο τον άξονα. Σ' αυτές η διατομή εισόδου βρίσκεται στην ίδια ευθεία με τη διατομή εξόδου με αποτέλεσμα η αντλία να παρεμβάλλεται στη σωληνογραμμή χωρίς την παρέμβαση καμπυλών. Μια άλλη συνηθισμένη διαμόρφωση των μονοβάθμιων αντλιών που εφαρμόζεται συνήθως για τη διακίνηση υγρών ή σε δίκτυα θέρμανσης – ψύξης (κυκλοφορητές), είναι αυτή στην οποία ο ηλεκτροκινητήρας προσαρμόζεται με φλάντζα πάνω στο σώμα της αντλίας και έχει κοινή άτρακτο με αυτήν. Αυτές οι αντλίες ονομάζονται monoblock και κατασκευάζονται για παροχές από 10-80 m³/h και μανομετρικά ύψη 8-50 mΣΥ

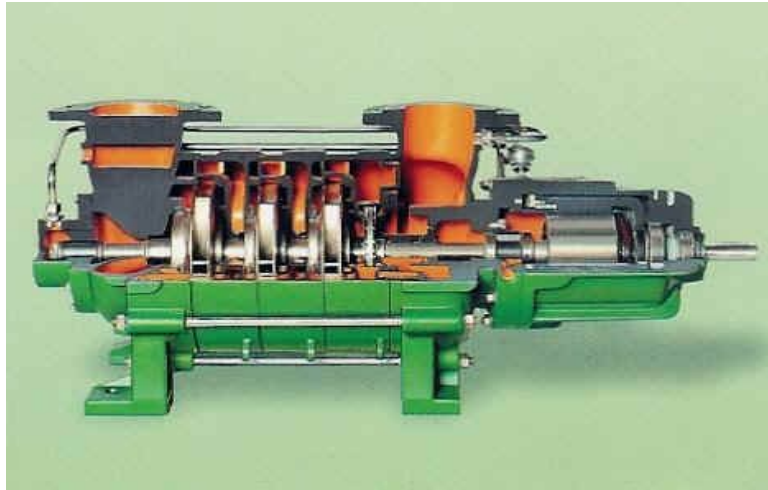
- **ΑΝΤΛΙΕΣ ΔΙΠΛΗΣ ΑΝΑΡΡΟΦΗΣΗΣ**

Αναφορικά με το σχεδιασμό των περωτών έχουμε τις απλές και τις διπλές περωτές καθώς επίσης τις ανοικτές και τις κλειστές περωτές. Οι αντλίες απλού στροφείου ή απλής περωτής έχουν δύο ανοίγματα, ένα από κάθε πλευρά. Το πρώτο είναι για την εισαγωγή του υγρού, ενώ το δεύτερο χρησιμεύει για την είσοδο του άξονα από τον κινητήρα ή τη μηχανή που μας προσδίδει την κίνηση. Ένα τρίτο ακτινικό άνοιγμα αποτελεί τον αγωγό εξόδου. Εκτός όμως από τις «μονές» περωτές υπάρχουν και οι διπλές περωτές που είναι συμμετρικές ως προς επίπεδο κάθετο στον άξονά τους. Χρησιμοποιούμε αντλίες διπλής αναρρόφησης όταν θέλουμε να αυξήσουμε τη ροή. Στις αντλίες διπλής αναρρόφησης κάθε μια περωτή διακινεί το μισό της συνολικής παροχής δηλαδή $V' = V/2$, οπότε ο ειδικός αριθμός στροφών της περωτής χαρακτηρίζεται από την παροχή V' . Οι αντλίες διπλής αναρρόφησης κατασκευάζονται με σκοπό τη μείωση του ειδικού αριθμού στροφών (ο οποίος είναι πλέον

συνάρτηση του V' αντί του V) ώστε αυτός να έχει τιμές μεταξύ 2.000 και 4.000 (V σε m^3/h), οπότε η πτερωτή έχει έξοδο ακτινικής ροής και ο βαθμός απόδοσης της αντλίας είναι υψηλός. Λόγω της ιδιομορφίας όλων των τμημάτων της αντλίας διπλής αναρρόφησης (διαμπερής άτρακτος, τμήμα εισόδου κ.λ.π), οι αντλίες διπλής αναρρόφησης κατασκευάζονται μόνο για μεγάλα μεγέθη και συγκεκριμένα για παροχές $V = 500-8.000 m^3/h$ και ολικά μανομετρικά ύψη 42-128 mΣΥ. Οι αντλίες διπλής αναρρόφησης είναι συνήθως αντλίες οριζόντιου άξονα.

• **ΠΟΛΥΒΑΘΜΙΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ**

Οι αντλίες που κατασκευάζονται με πολλά στροφεία σε σειρά συνιστούν τις πολυβάθμιες αντλίες. Σε αυτούς τους τύπους των φυγοκεντρικών αντλιών η ποσότητα του υγρού που μεταφέρεται από τα στροφεία είναι πάντοτε η ίδια. Η κάθε πτερωτή χρησιμεύει μόνο για να αυξάνει την πίεση. Στην έξοδο της αντλίας το υγρό αποκτά ταχύτητα ίση προς την ταχύτητα που θα είχε αν είχαμε μόνο μια πτερωτή, ενώ η τελική πίεση δίνεται από τη διαφορά πίεσης που επιτυγχάνεται από τη μεμονωμένη λειτουργία της μιας πτερωτής, αν αυτή η τιμή πολλαπλασιαστεί επί τον αριθμό των πτερωτών. Οι πολυβάθμιες αντλίες χρησιμοποιούνται για να καλύψουν ανάγκες όπου απαιτείται μεγάλο μανομετρικό με σχετικά μικρές παροχές. Ο αριθμός των βαθμίδων για δεδομένη πίεση και παροχή λειτουργίας υπολογίζεται έτσι ώστε ο ειδικός αριθμός στροφών κάθε πτερωτής να είναι της τάξης του 2.500 (V σε m^3/h) και με αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται υψηλός ολικός βαθμός απόδοσης.



Εικόνα 9: Πολυσταδιακή φυγοκεντρική αντλία

- **ΕΙΔΙΚΕΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΕΣ ΑΝΤΛΙΕΣ**

Ο συνηθέστερος τύπος ειδικών αντλιών είναι οι αντλίες λυμάτων και οι αντλίες υγρών – στερεών μιγμάτων (π.χ μίγματα νερού με πέτρες, χώματα ή άλλα στερεά για την υγρή μεταφορά υλικών). Η συγκέντρωση και το είδος των μεταφερόμενων στερεών λαμβάνεται υπόψη στην επιλογή των υλικών των διαφόρων τμημάτων της αντλίας ώστε να αντέχουν ικανοποιητικά στη μηχανική διάβρωση, ενώ για τη σχεδίαση της αντλίας λαμβάνεται υπόψη η μέγιστη διάμετρος του στερεού σώματος που μπορεί να περάσει από την αντλία. Οι αντλίες λυμάτων ή στερεών είναι πάντοτε μονοβάθμιες. Στην περίπτωση οριζόντιου άξονα έχουν την περωτή σε πρόβολο, ενώ στην περίπτωση κατακόρυφου άξονα είναι τύπου monoblock με στεγανό υποβρύχιο κινητήρα.



Εικόνα 10: Φυγοκεντρική αντλία τύπου κλειστής περωτής



Εικόνα 11: Φυγοκεντρική αντλία

- **ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ**

- *ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΦΥΓΟΚΕΝΤΡΙΚΩΝ ΑΝΤΛΙΩΝ*

Μια φυγοκεντρική αντλία όταν λειτουργεί με σταθερό αριθμό στροφών έχει με το ελάχιστο μανομετρικό ύψος (αντιστάσεις τριβών μέσα στην αντλία) μια ορισμένη παροχή.

Αν αυξηθεί ή ελαττωθεί ο αριθμός των στροφών της αντλίας, τότε θα υπάρξει αντίστοιχη αύξηση ή μείωση της παροχής του νερού.

Εάν Q_1 και Q_2 οι παροχές των αντλιών με αριθμούς στροφών n_1 και n_2 αντίστοιχα, θα ισχύει η σχέση:

$$Q_1 / Q_2 = n_1 / n_2$$

- **ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΤΙΣ ΠΑΡΟΧΗΣ ΣΥΝΑΡΤΗΣΕΙ ΤΟΥ ΜΑΝΟΜΕΤΡΙΚΟΥ ΥΨΟΥΣ.**

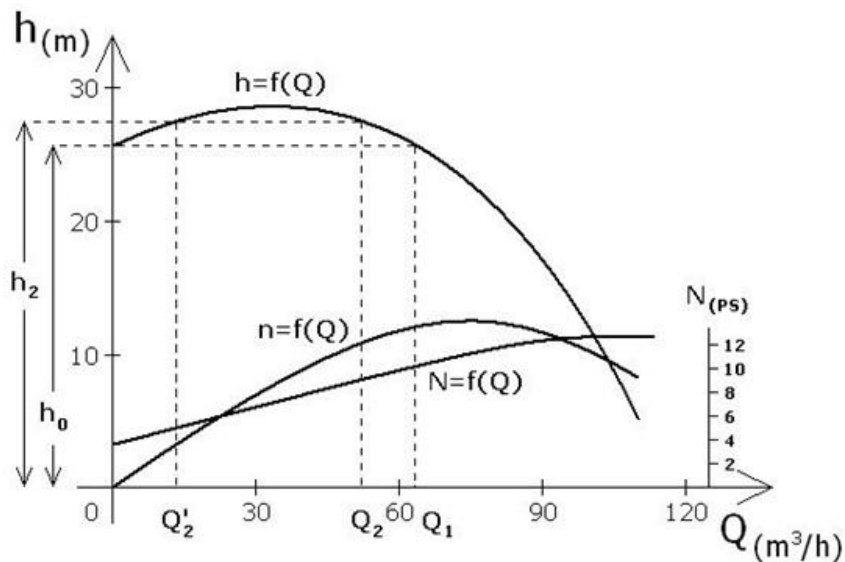
Εάν n_1 ο σταθερός αριθμός στροφών και υπάρξει μεταβολή μανομετρικού ύψους λειτουργίας της αντλίας, παρατηρείται αντίστροφη μεταβολή της παροχής.

Φθάνοντας σε ένα μανομετρικό ύψος λειτουργίας της αντλίας, η παροχή της μηδενίζεται.

Το ύψος αυτό ονομάζεται: **Ύψος μηδενικής παροχής.**

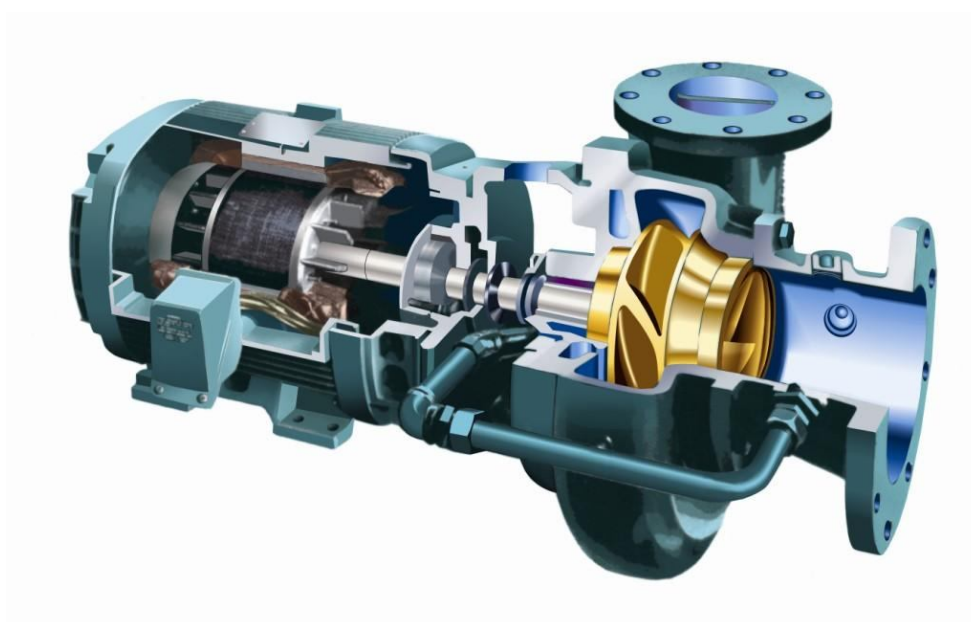
Εάν τώρα μετρηθεί η παροχή της αντλίας με σταθερό αριθμό στροφών σε διάφορα μανομετρικά ύψη, θα υπάρξει μια σειρά από ζεύγη τιμών. Τοποθετώντας τις τιμές αυτές σε ένα σύστημα συντεταγμένων με τετμημένες τις παροχές και τεταγμένες τα αντίστοιχα μανομετρικά ύψη, η μορφή της καμπύλης [$H = f(Q)$] είναι του παρακάτω σχήματος.

Φυγόκεντρος Αντλία
 $n = 1965 \text{ rpm}$



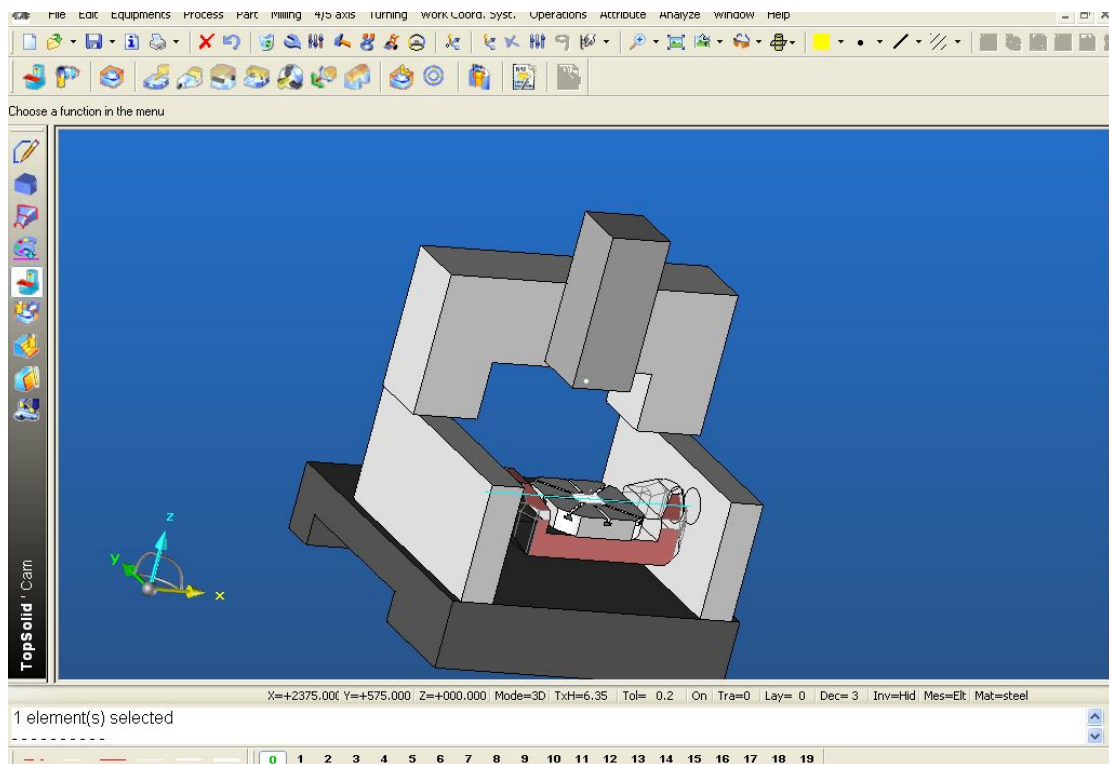
Στην καμπύλη αυτή παρατηρείται ότι με μηδενική παροχή Q_0 το ύψος της ανύψωσης του νερού είναι h_0 . Εάν μειωθεί λίγο το μανομετρικό ύψος, η παροχή παίρνει απότομα μια μεγάλη τιμή Q_1 . Αν αρχικά αυξηθεί το μανομετρικό ύψος, η παροχή θα αρχίσει να ελαττώνεται και έτσι μπορούν να δημιουργηθούν μανομετρικά ύψη μεγαλύτερα του h_0 με συνεχόμενη ελάττωση της παροχής. Έτσι παρατηρείται ότι με μανομετρικό ύψος h_2 υπάρχουν δύο παροχές λειτουργίας της αντλίας η Q_1 και η Q_2 .

Δηλαδή εάν η αντλία, αφού αρχίσει να λειτουργεί και ευρίσκεται στην περιοχή Q_2 υπάρχει περίπτωση να πέσει από την παροχή Q_2 στην περιοχή Q_1 . Η περιοχή λειτουργίας από Q_1 μέχρι $Q=0$ ονομάζεται περιοχή ασταθούς λειτουργίας.

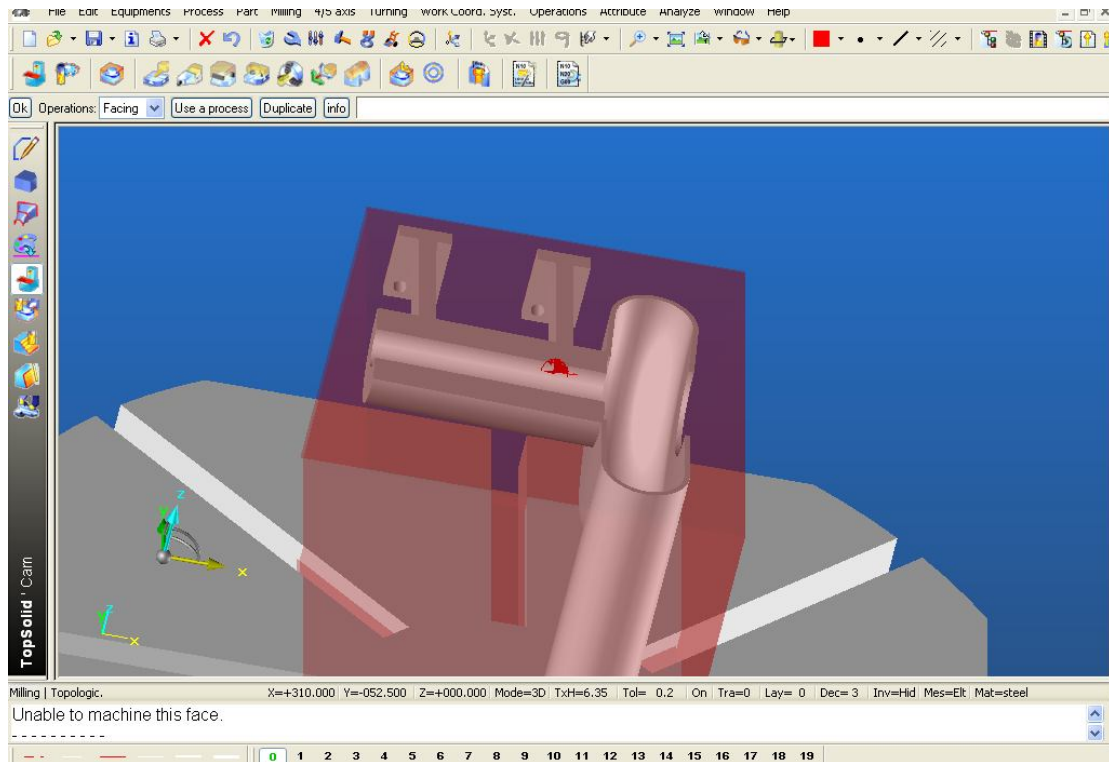


Εικόνα 12: Τομή ηλεκτροκινητήρα και φυγοκεντρικής αντλίας

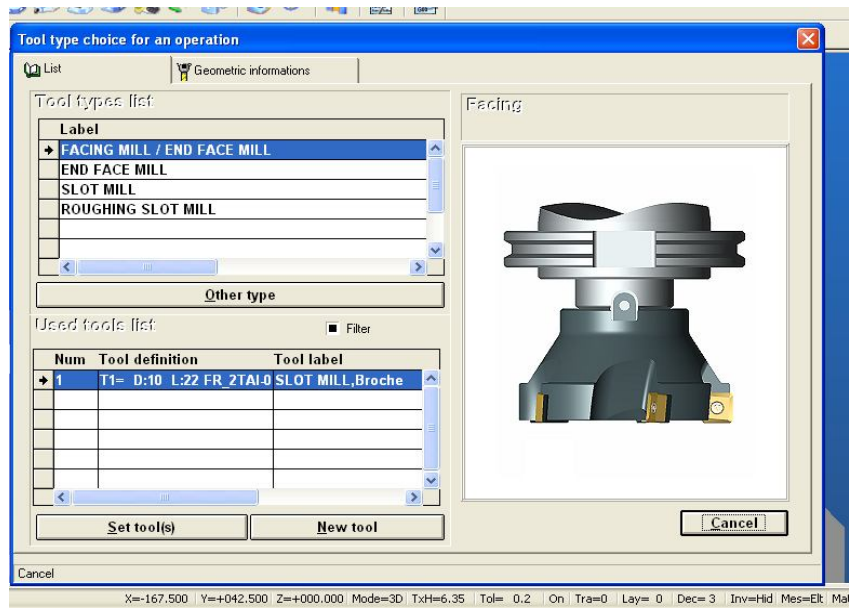
Μέρος Β: Σχεδιάση σε CAM



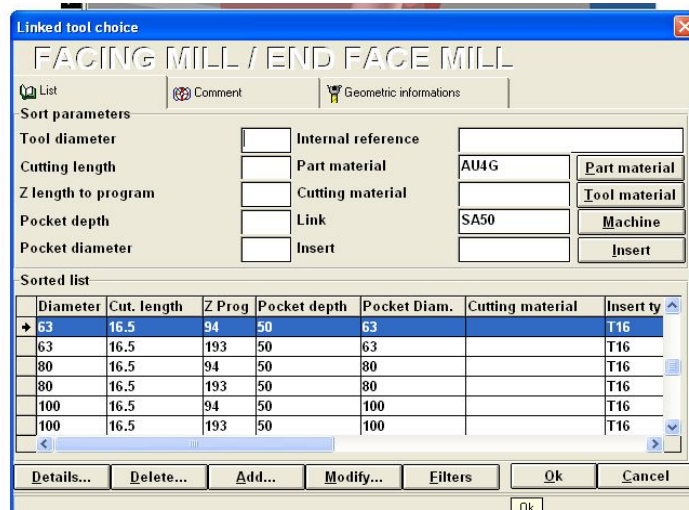
Εικόνα 1: Εργαλειομηχανή - Φρέζα



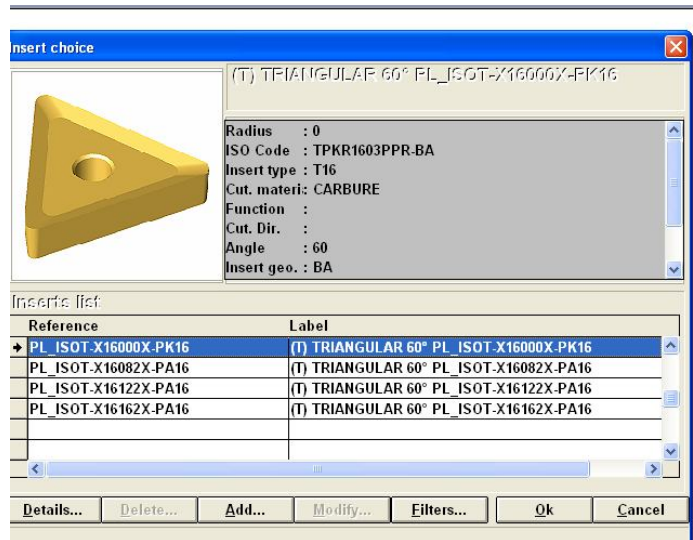
Εικόνα 2: Τοποθέτηση δοκιμίου-Εγκιβωτισμός του-προσδιορισμός μηδενικού σημείου



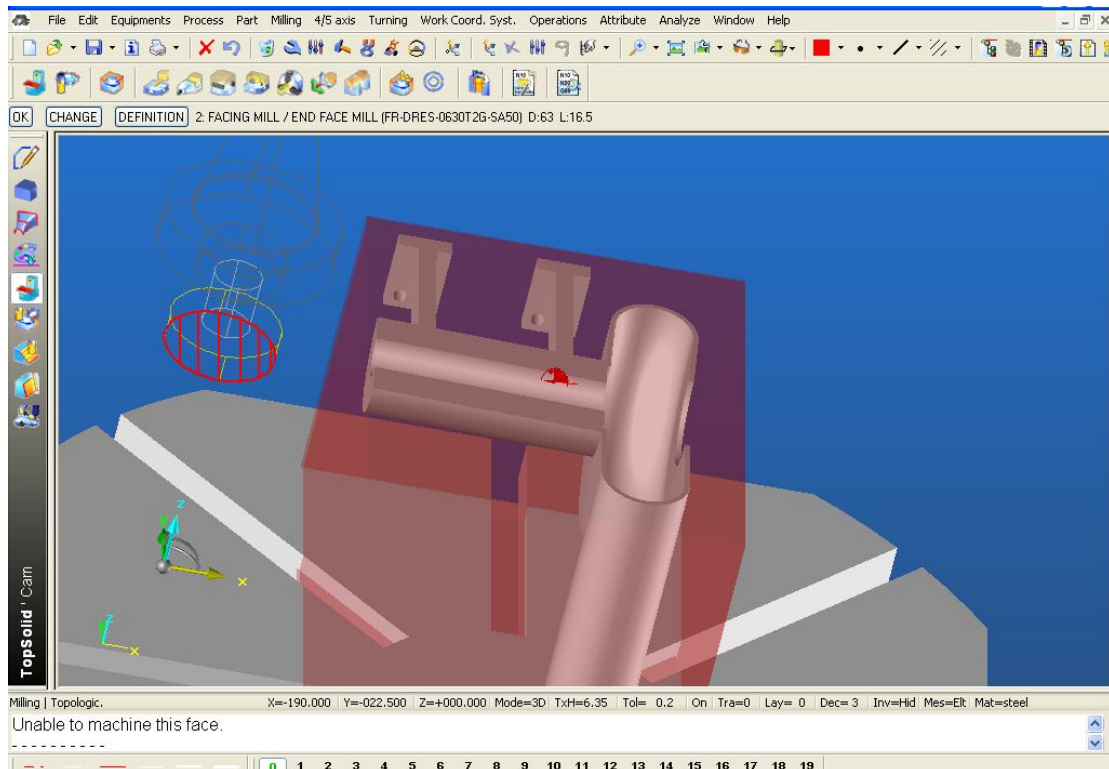
Εικόνα 3: Επιλογή κοπτικού για κατεργασία προσώπου



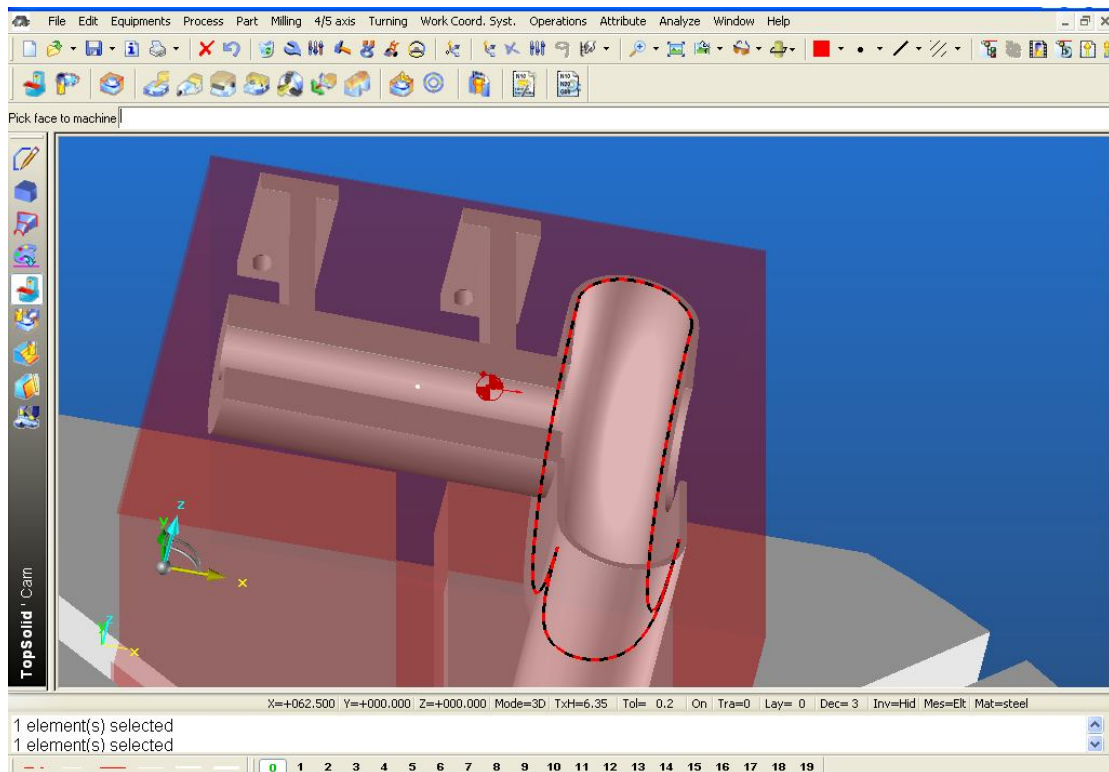
Εικόνα 4: Διάμετρος κοπτικού



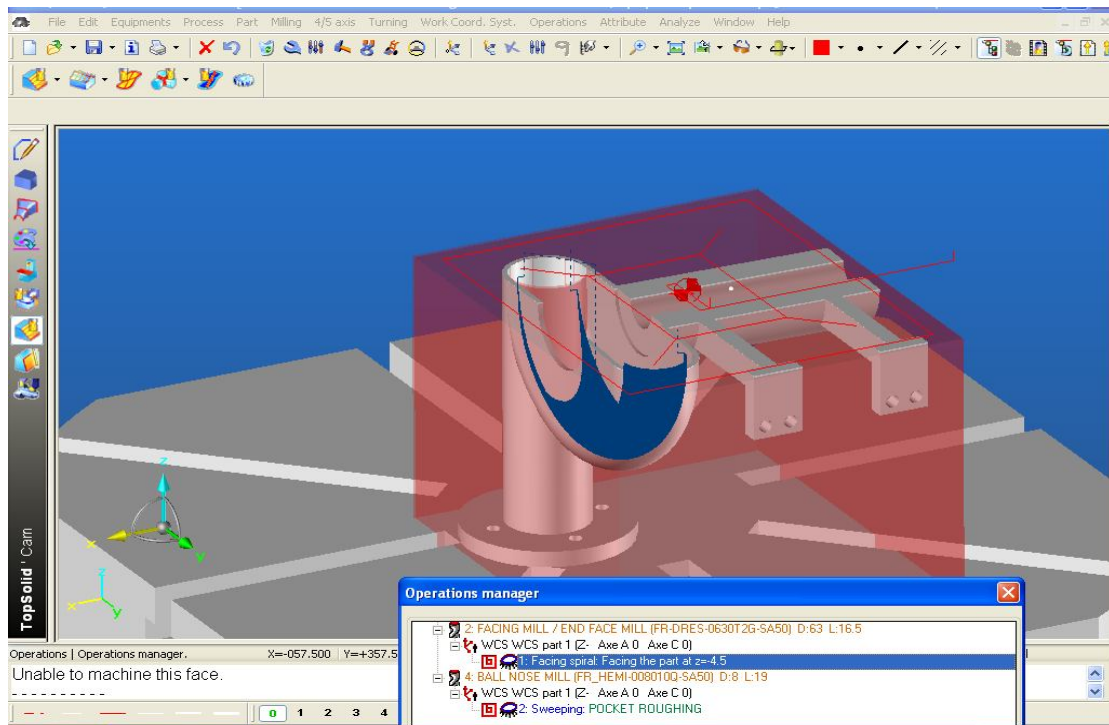
Εικόνα 5: Επιλογή ένθετου πλακιδίου



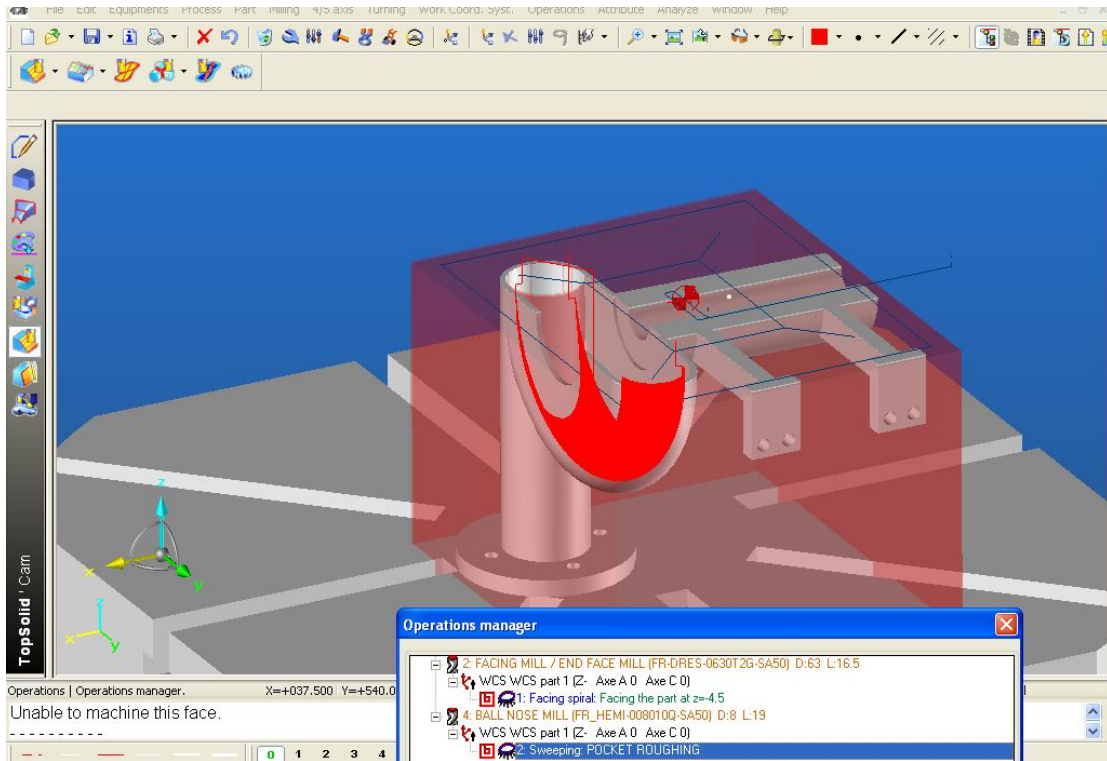
Εικόνα 6: Επιλογή προσανατολισμού κοπτικού



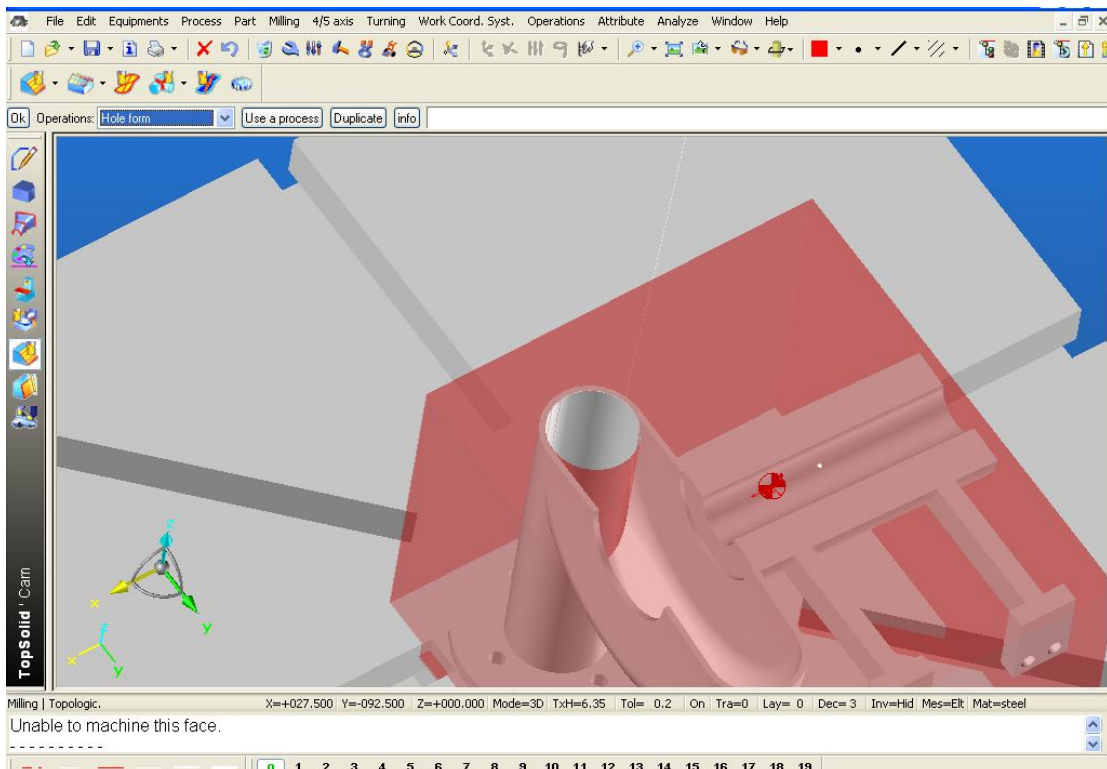
Εικόνα 7: Επιλογή επιφανείας για φρεζάρισμα



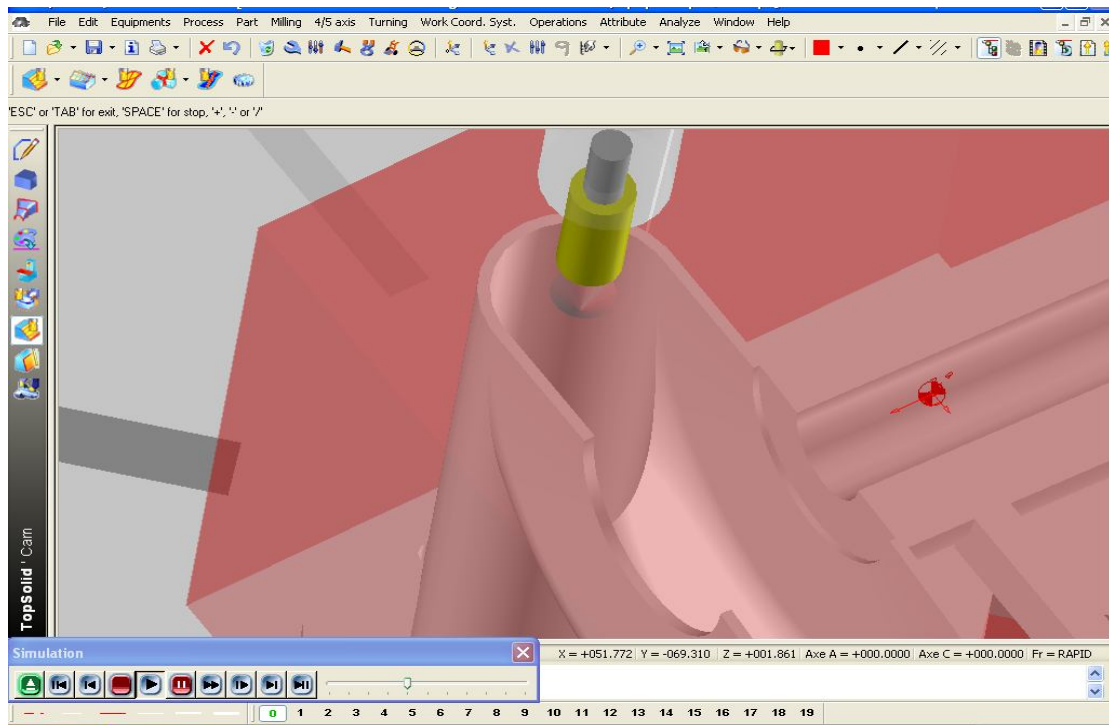
Εικόνα 8: Επιλογή επιφανείας



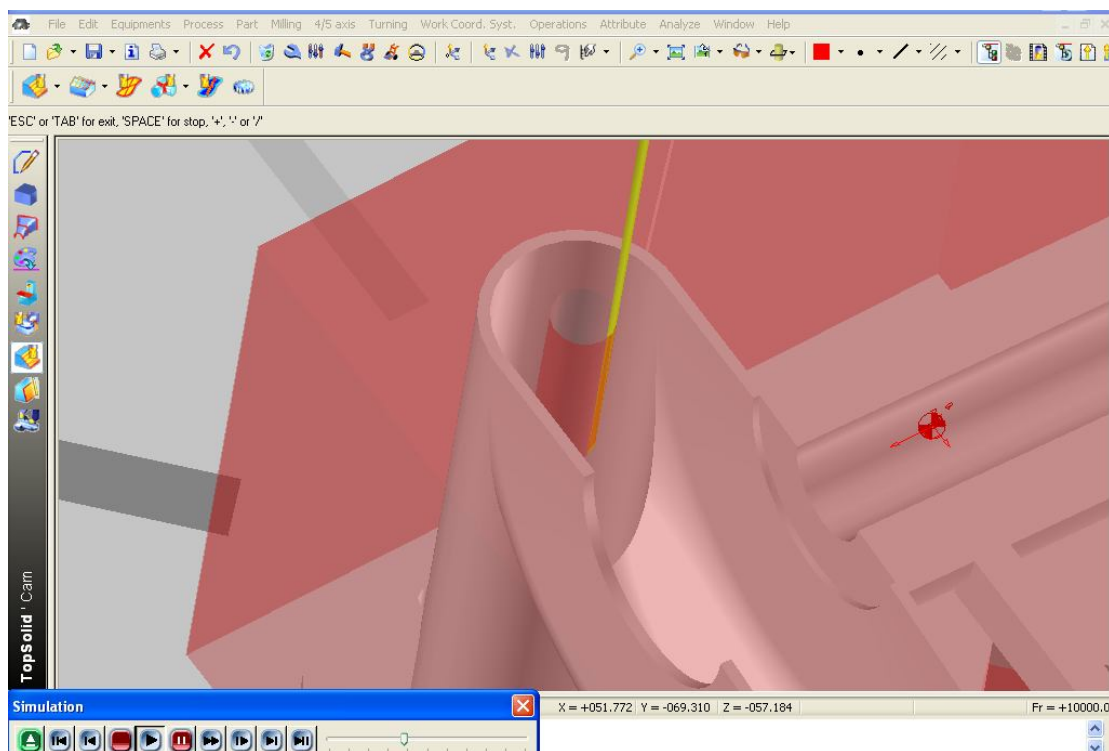
Εικόνα 9: Επιλογή επιφανείας



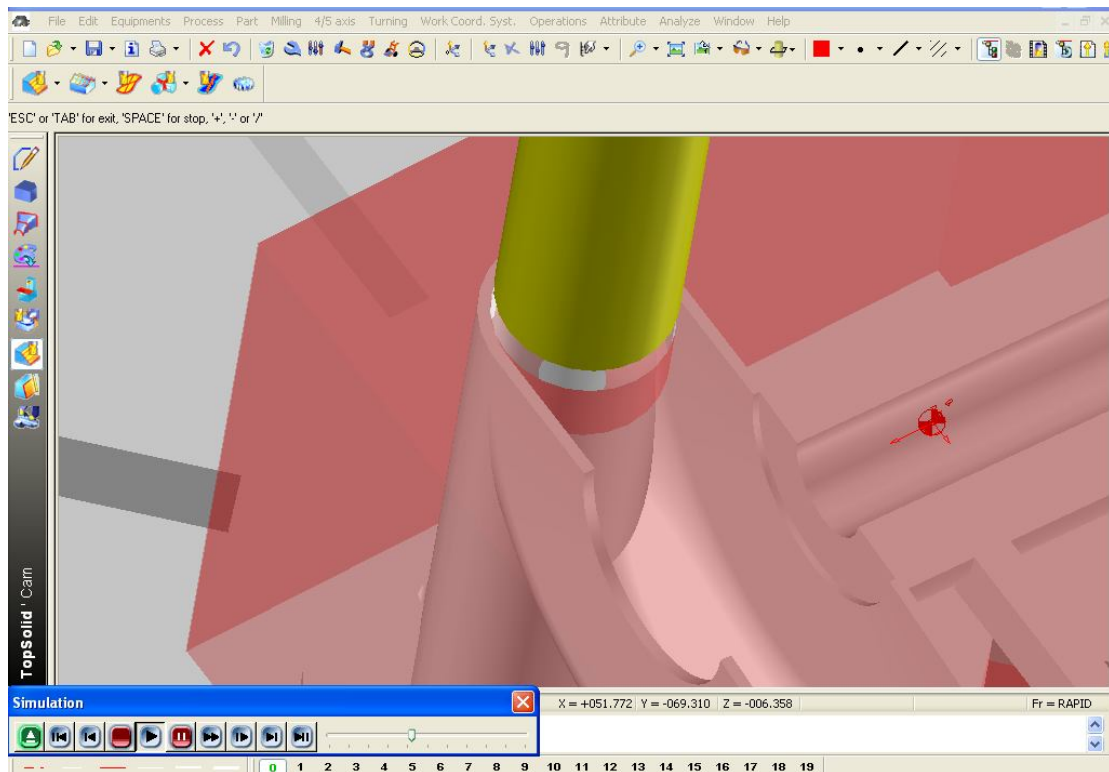
Εικόνα 10: Κατεργασία υλικού για διάνοιξη οπής



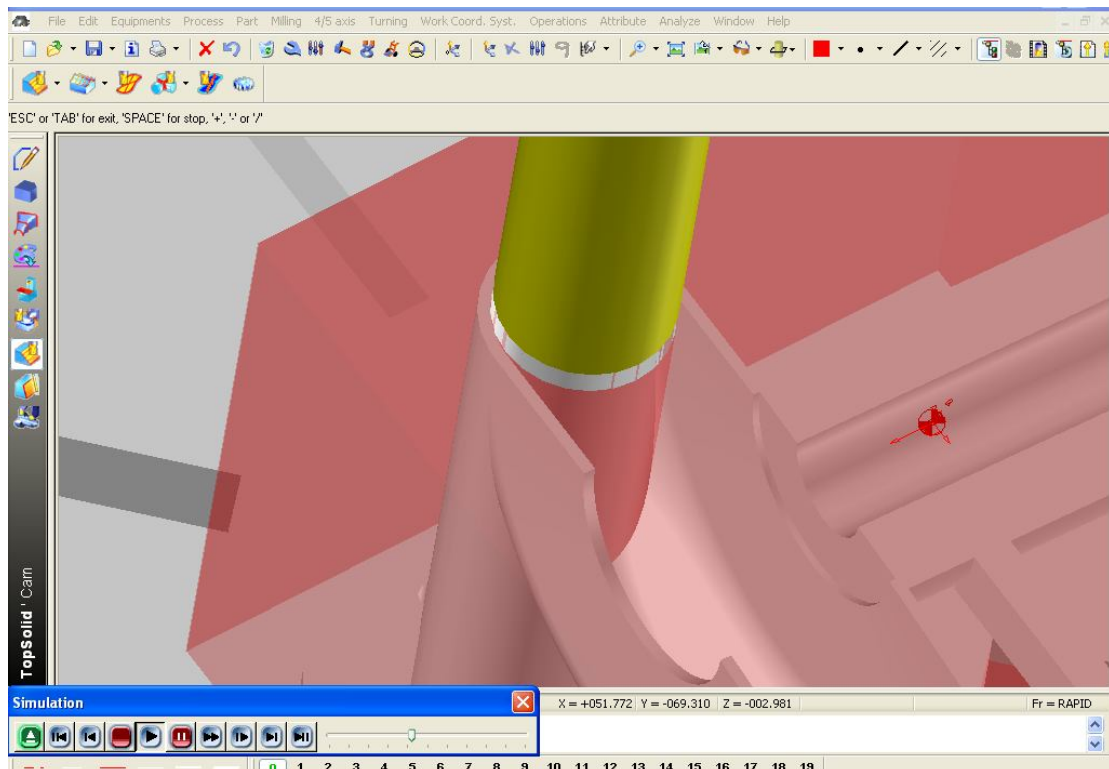
Εικόνα 11: Αρχική διάνοιξη – κεντράρισμα



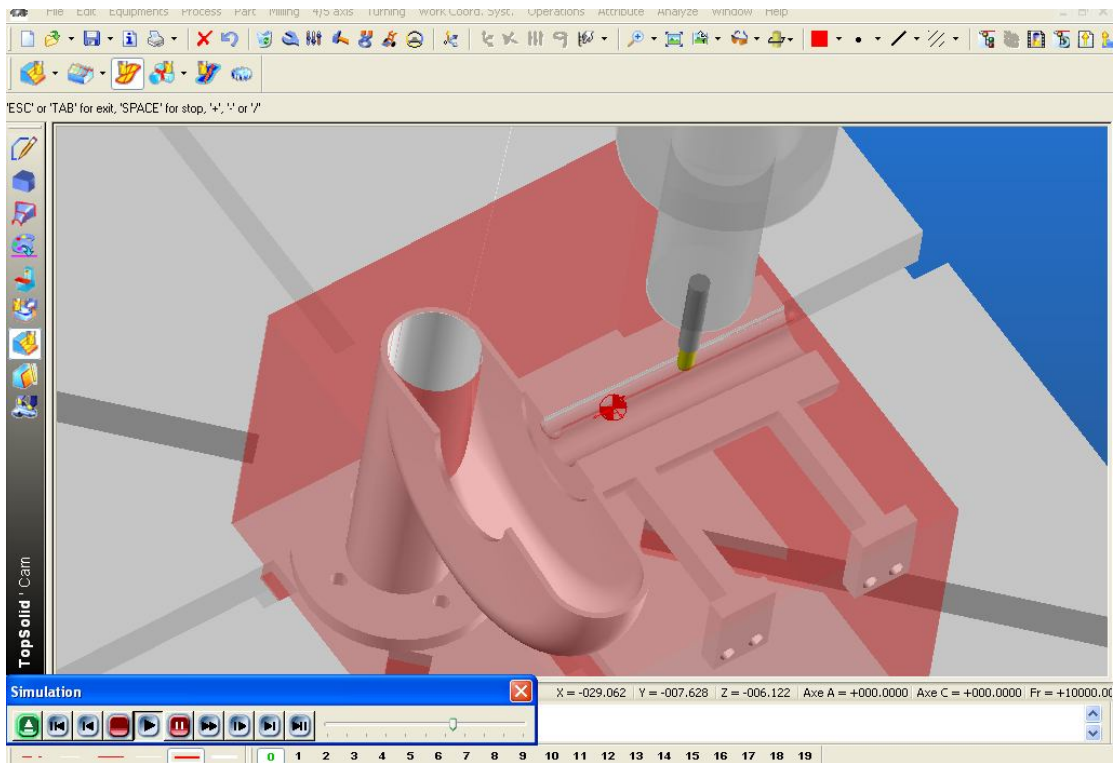
Εικόνα 12: Ενδιάμεση διάνοιξη



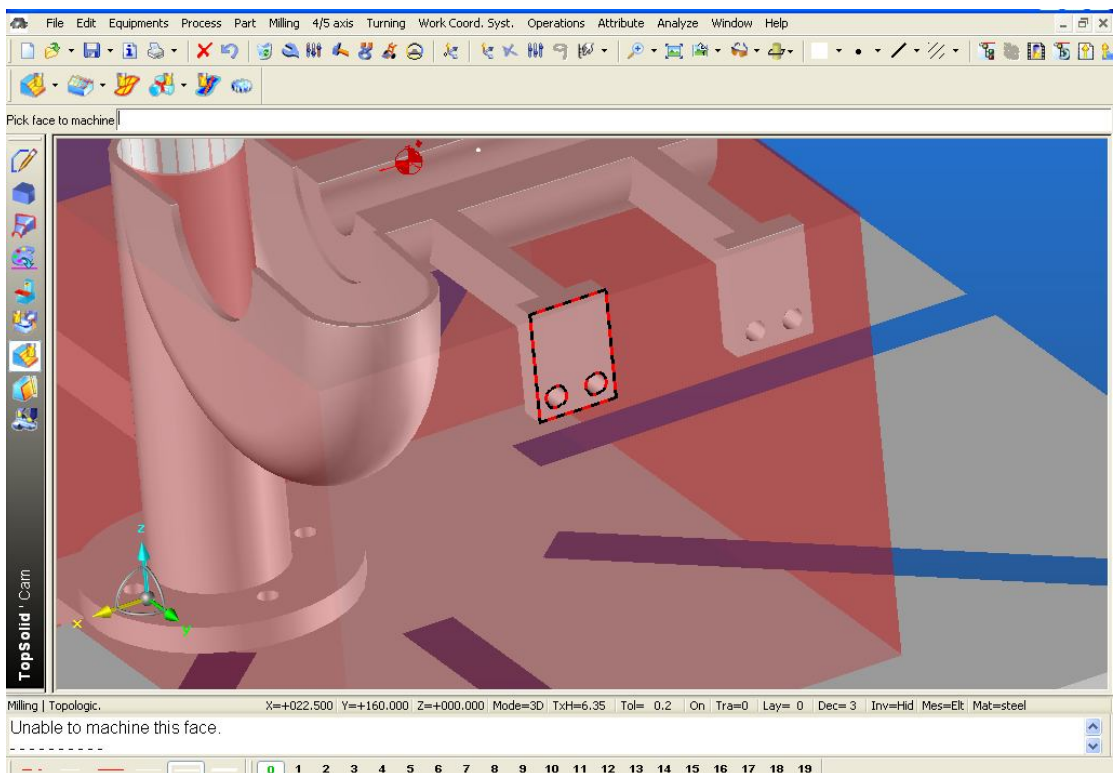
Εικόνα 13: Διάνοιξη με τρυπάνι



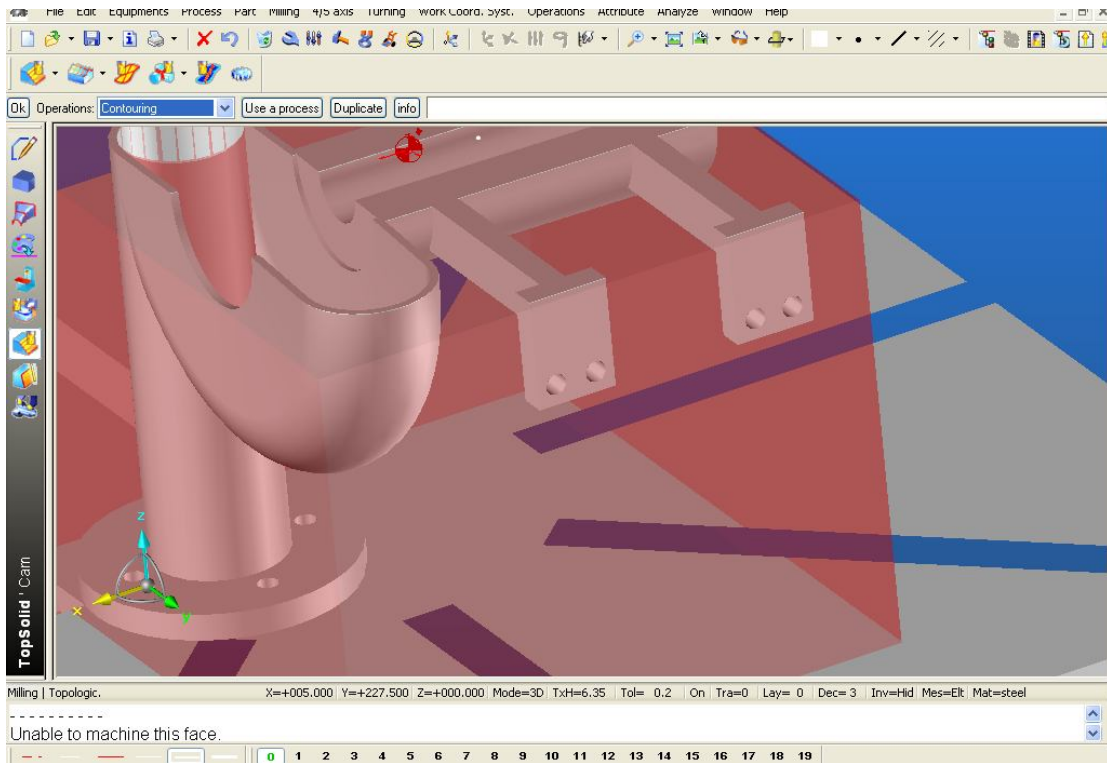
Εικόνα 14: Διάνοιξη με τρυπάνι



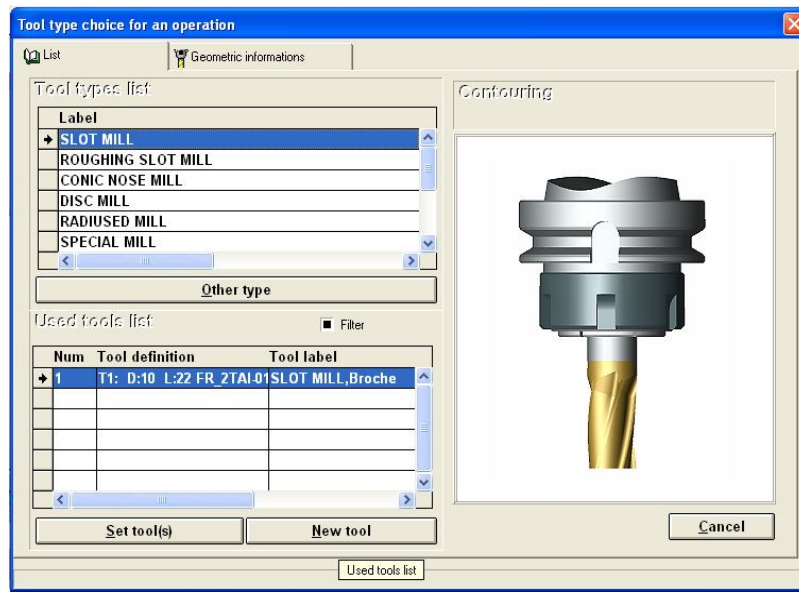
Εικόνα 15: Δημιουργία αύλακα



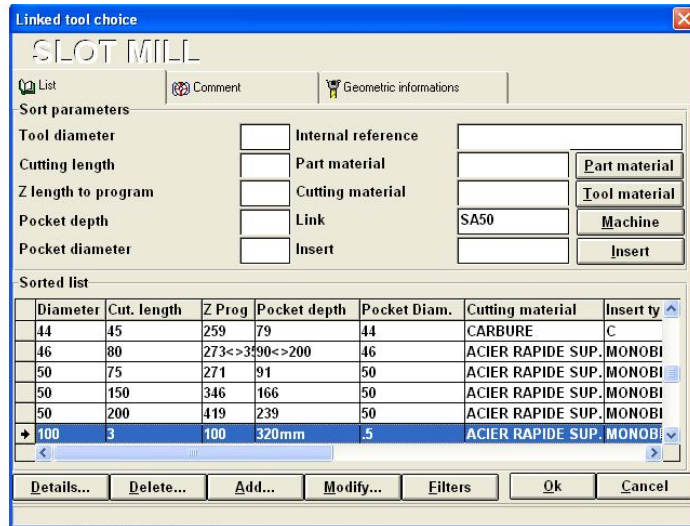
Εικόνα 16: Κατεργασία προσώπου



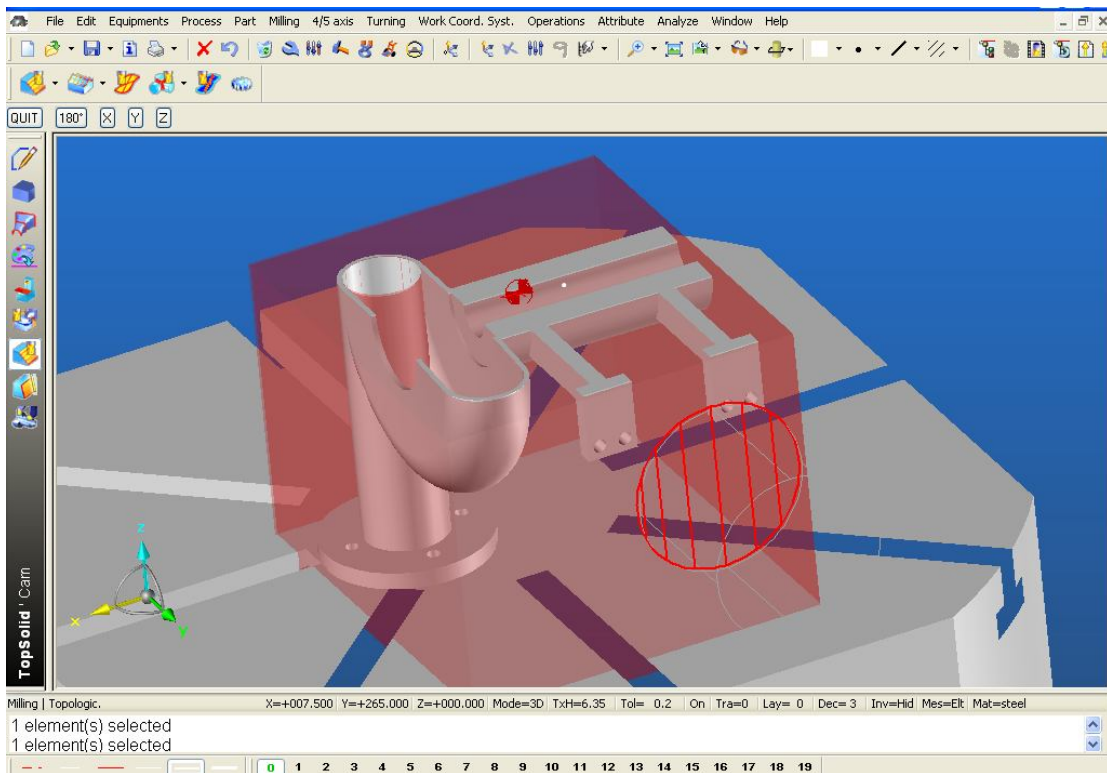
Εικόνα 17: Κατεργασία προσώπου



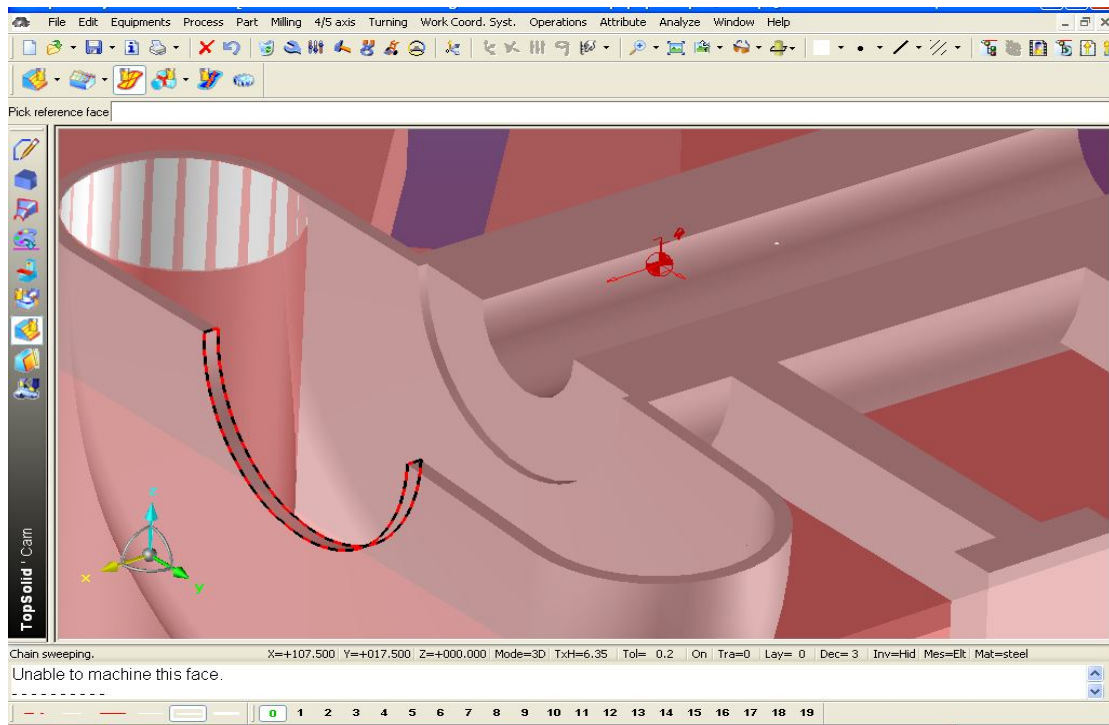
Εικόνα 18: Επιλογή κοπτικού για την κατεργασία



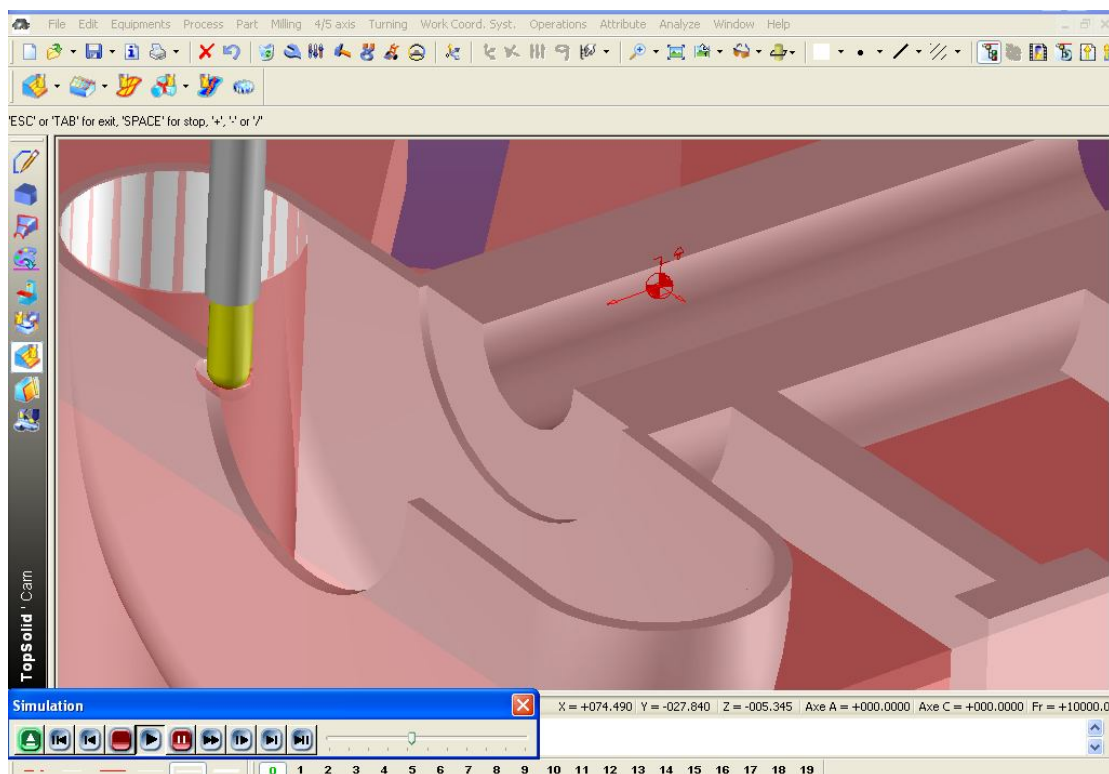
Εικόνα 19: Επιλογή διαμέτρου



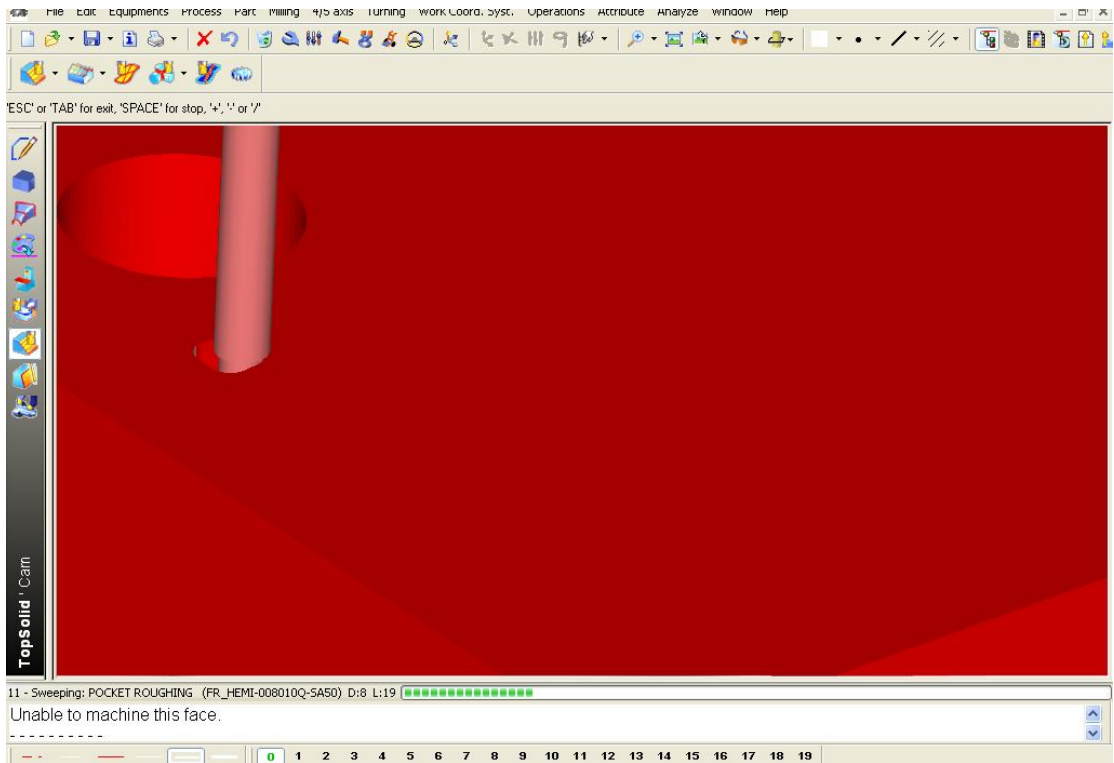
Εικόνα 20: Επιλογή προσανατολισμού του κοπτικού



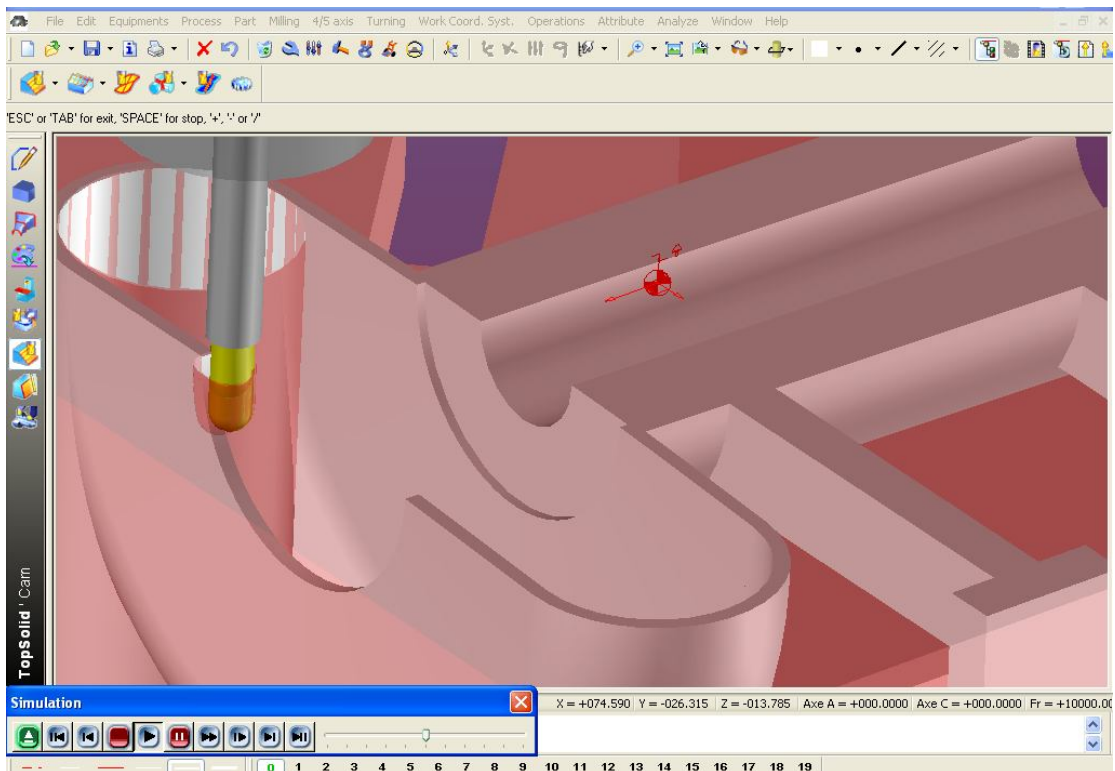
Εικόνα 21: Επιλογή επιφανείας για κατεργασία



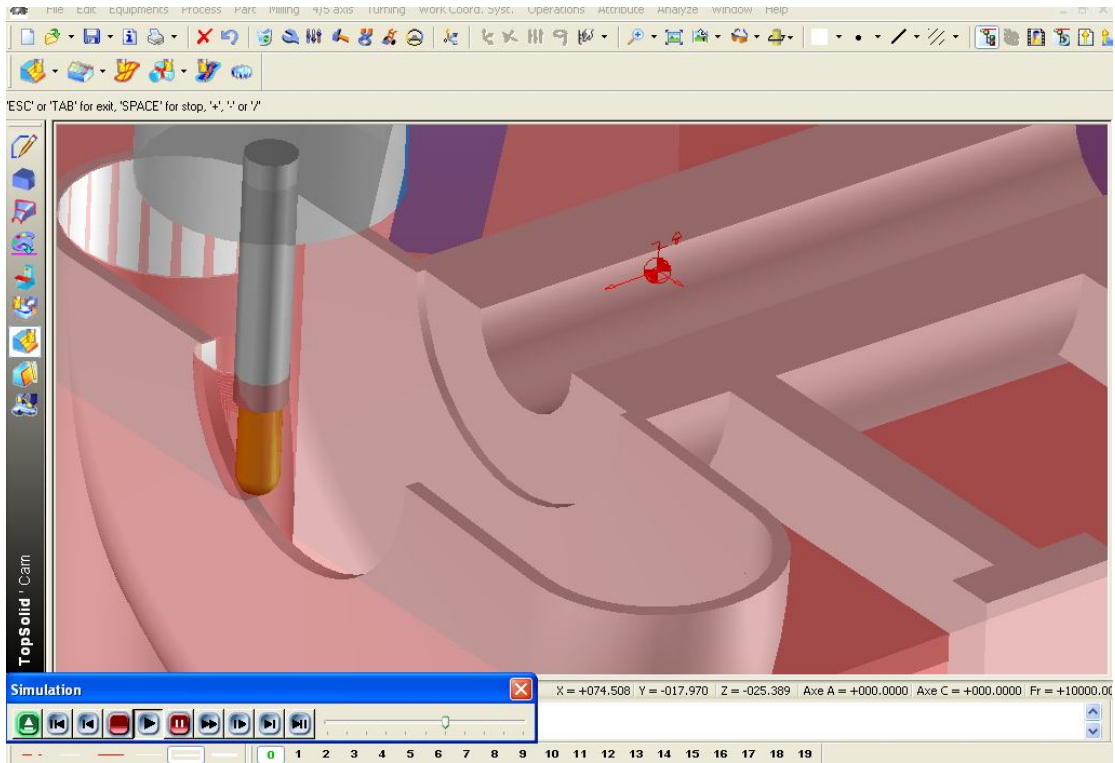
Εικόνα 22: Κατεργασία επιφανείας με κονδύλι



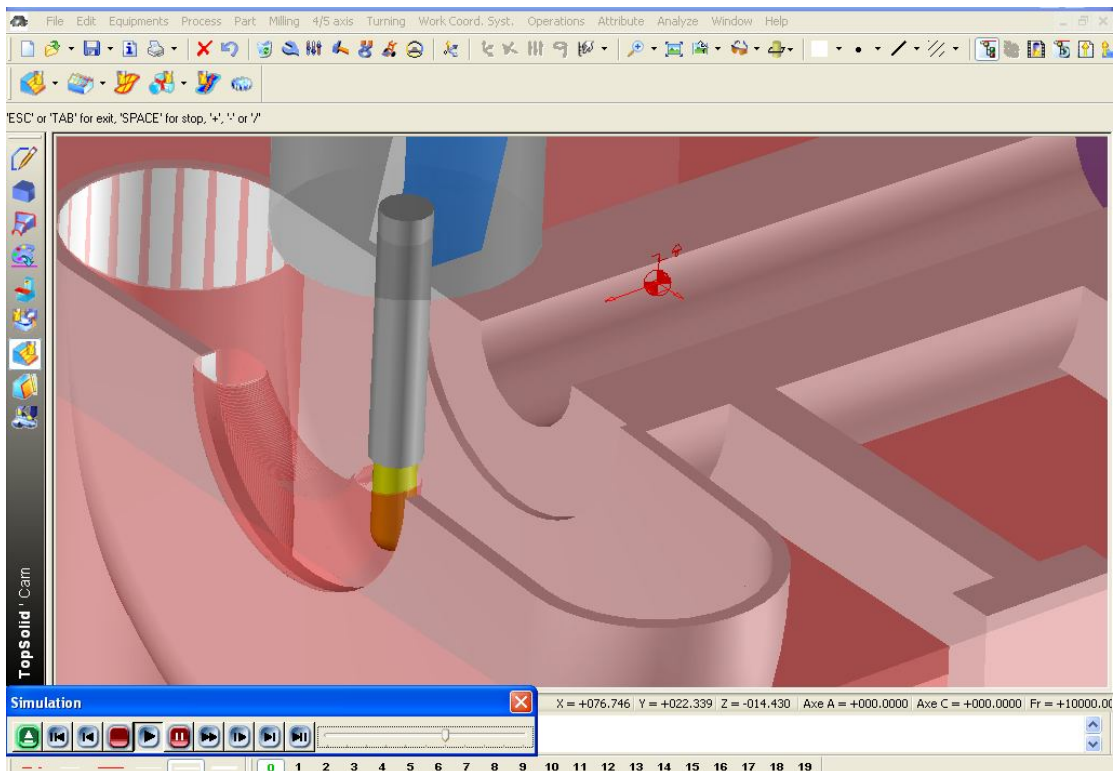
Εικόνα 23: Προσομοίωση κατεργασίας



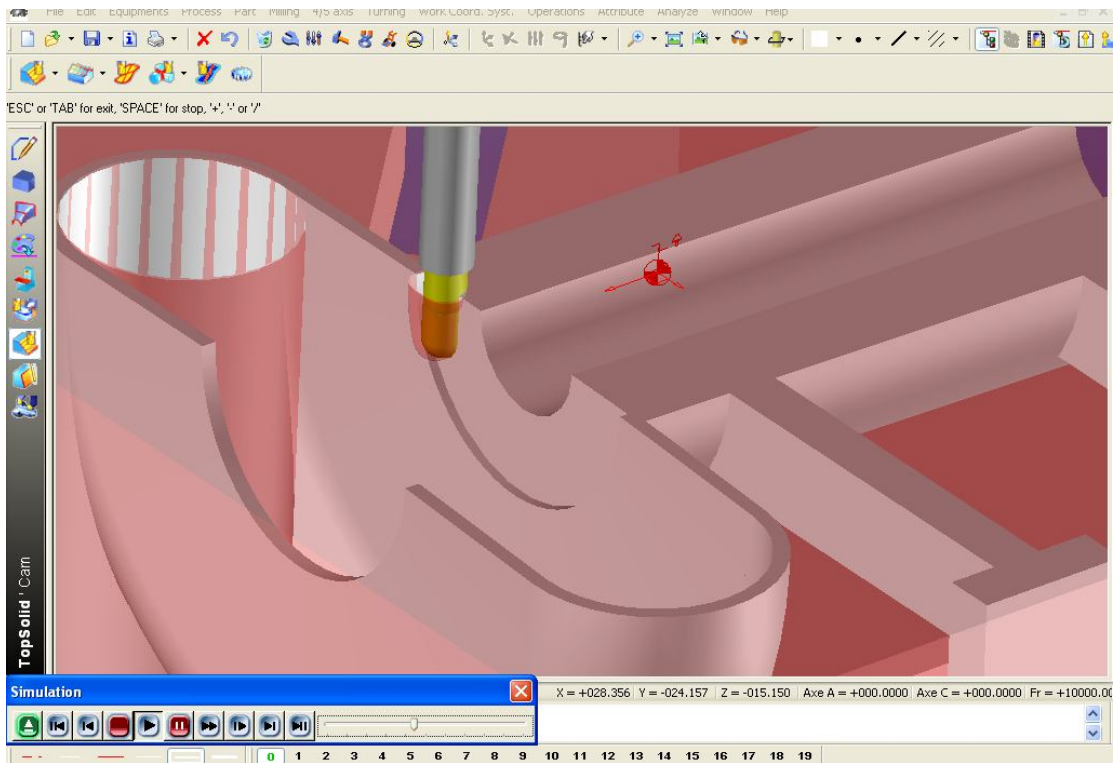
Εικόνα 24: Κατεργασία



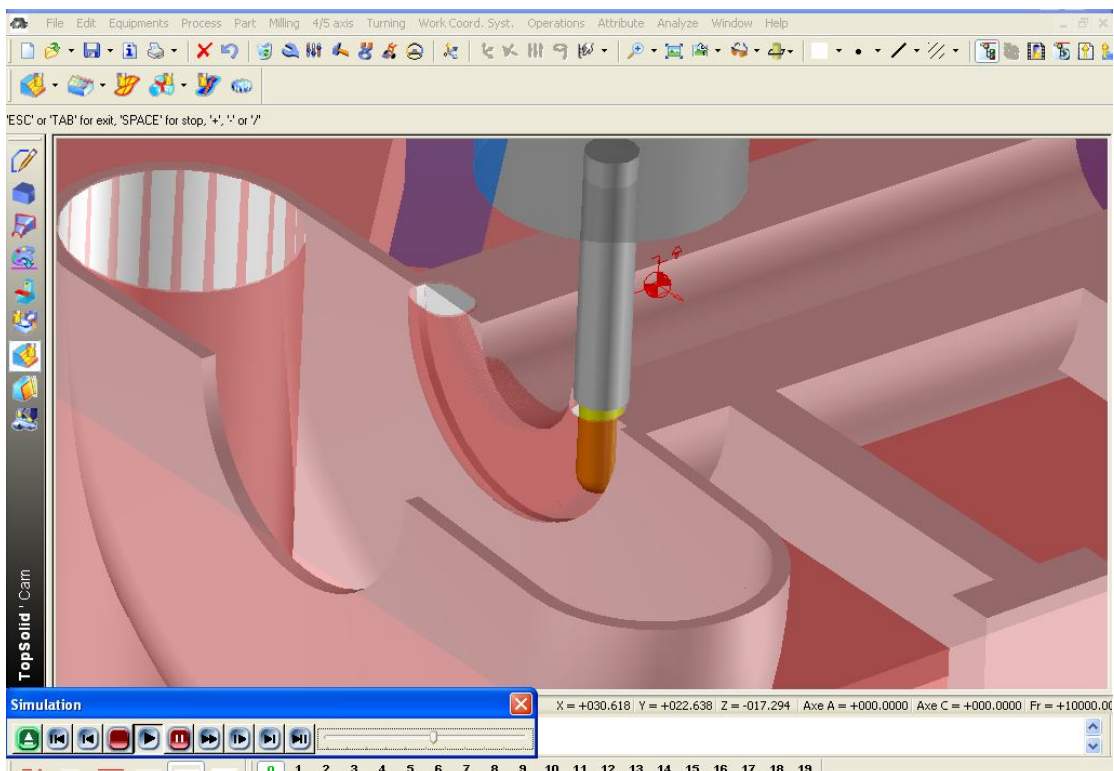
Εικόνα 25: Αφαίρεση υλικού



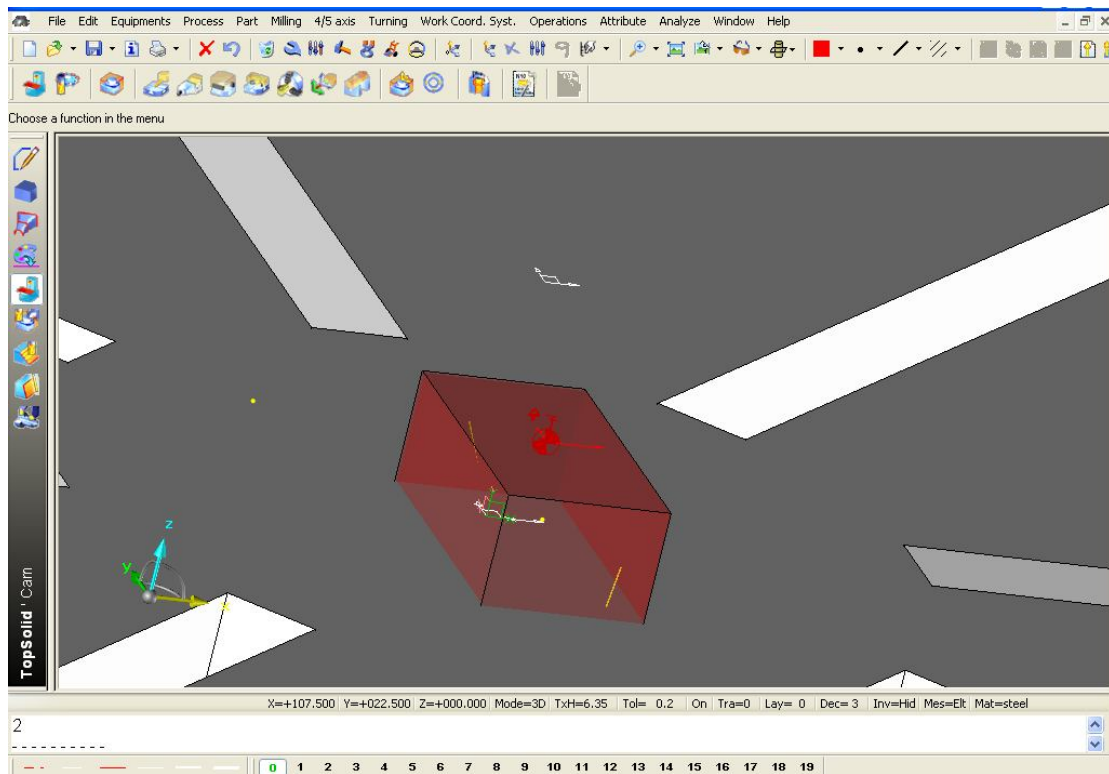
Εικόνα 26: Αφαίρεση υλικού



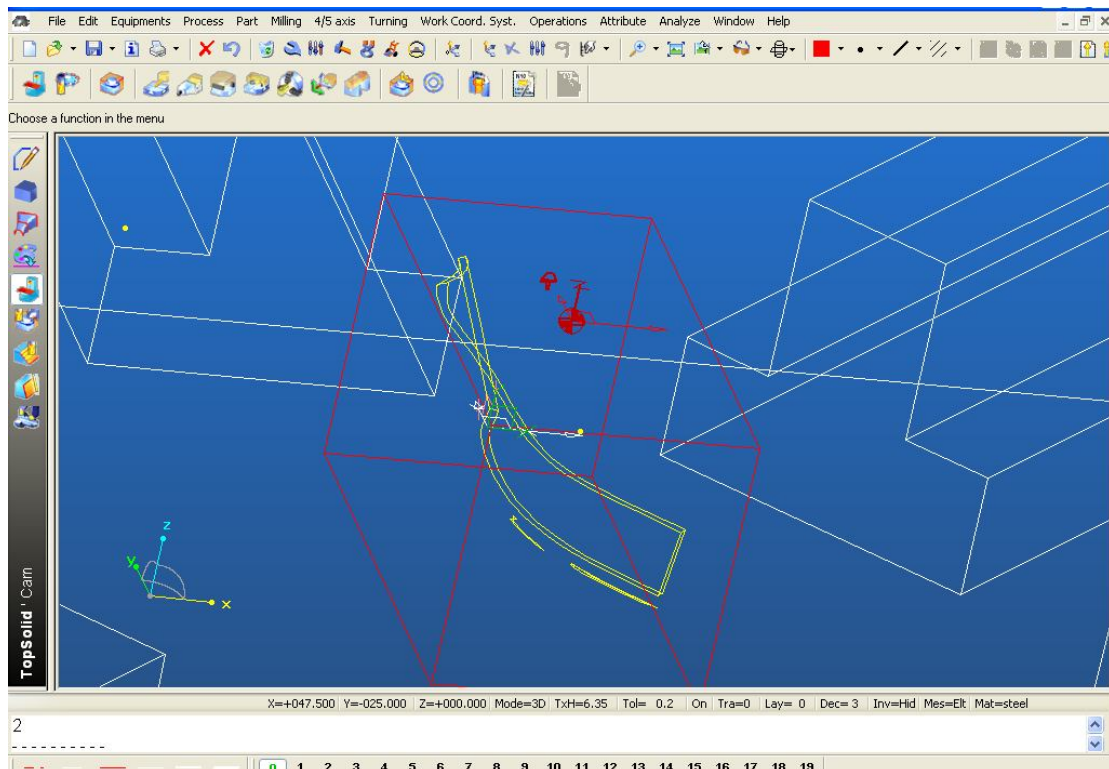
Εικόνα 27: Κατεργασία επιφανείας με κονδύλι



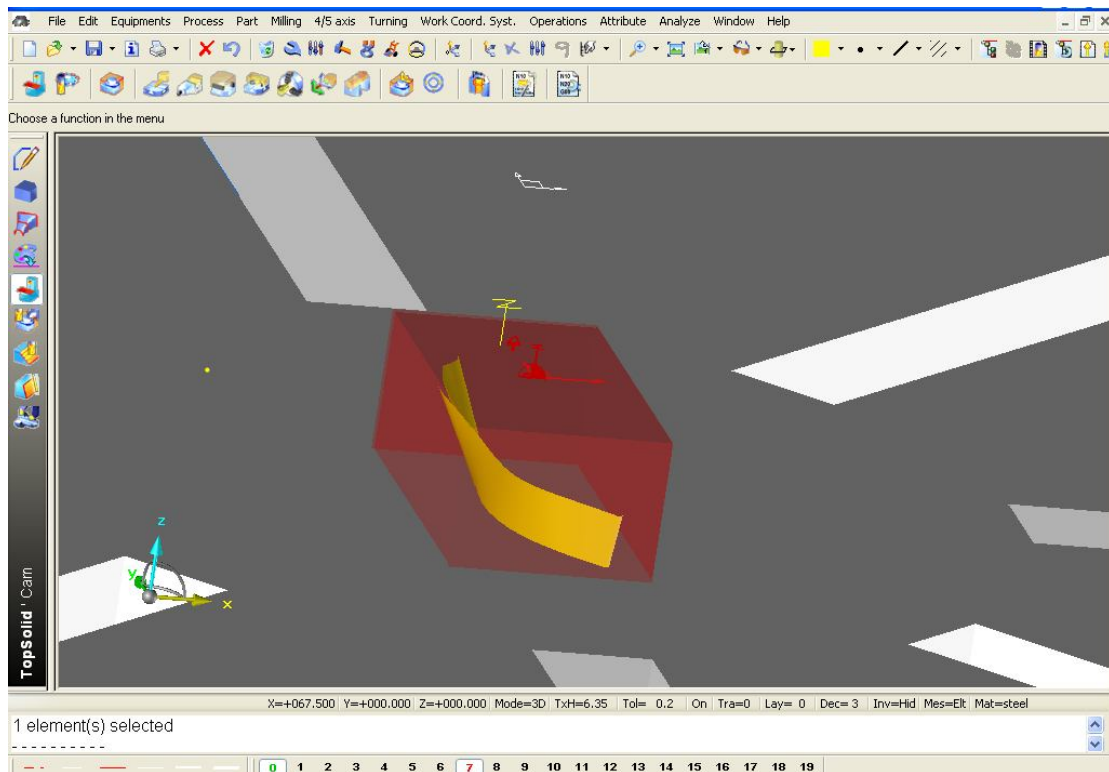
Εικόνα 28: Κατεργασία επιφανείας με κονδύλι



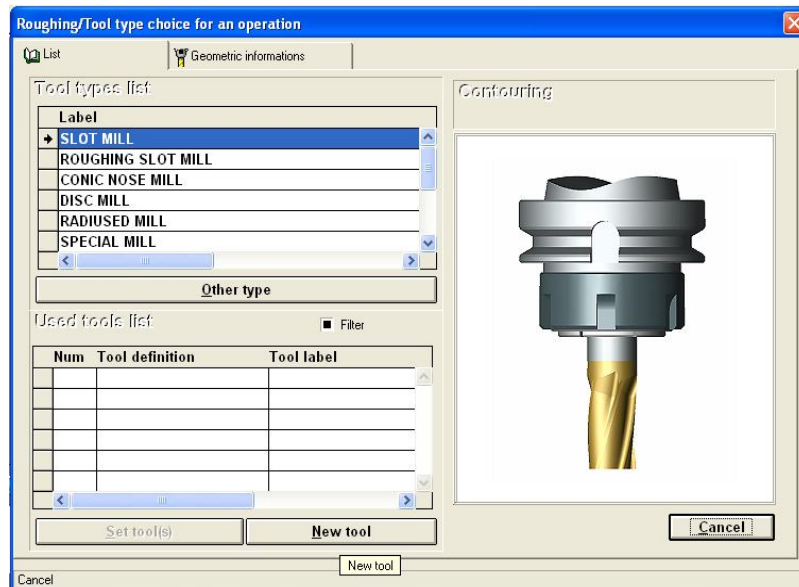
Εικόνα 29: Κατεργασία πτερυγίου



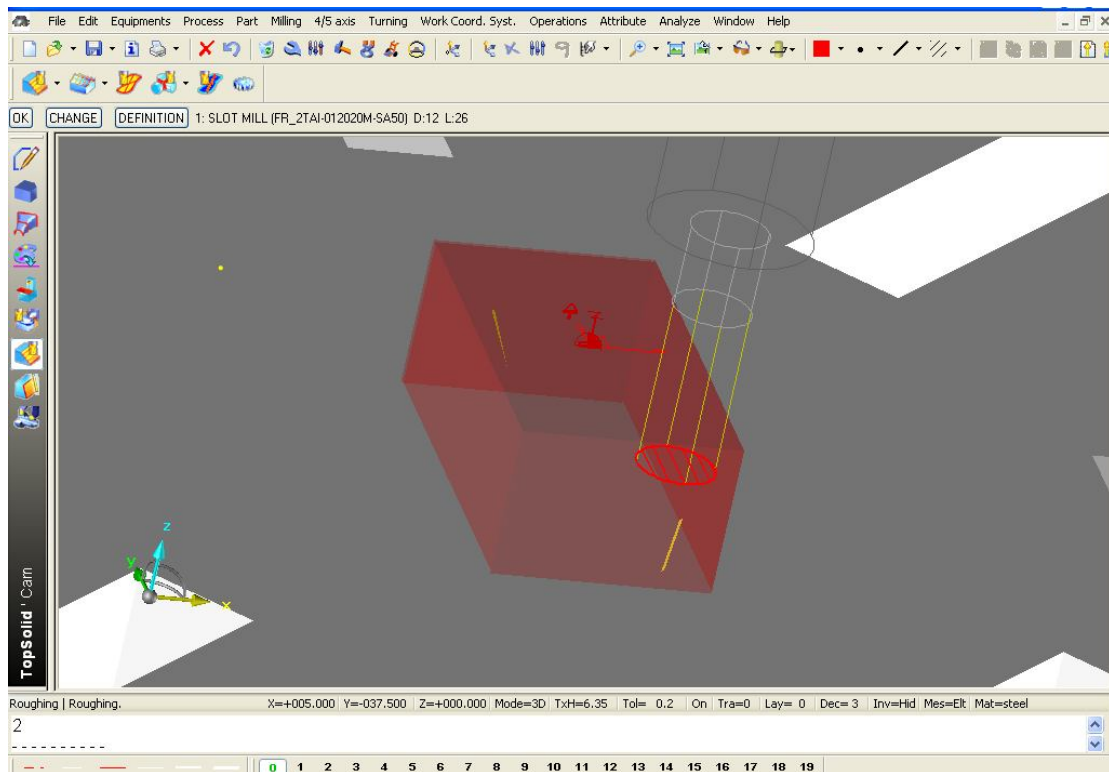
Εικόνα 30: Προσδιορισμός μηδενικού σημείου



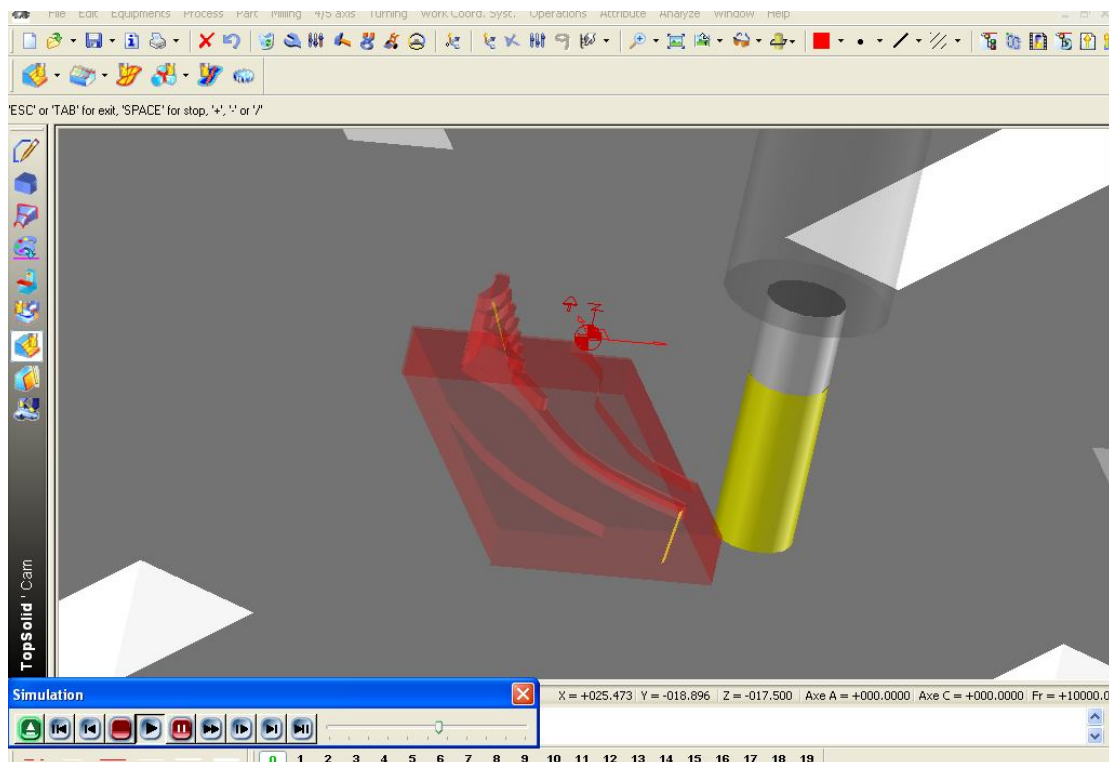
Εικόνα 31: Κατεργασία περυγίου



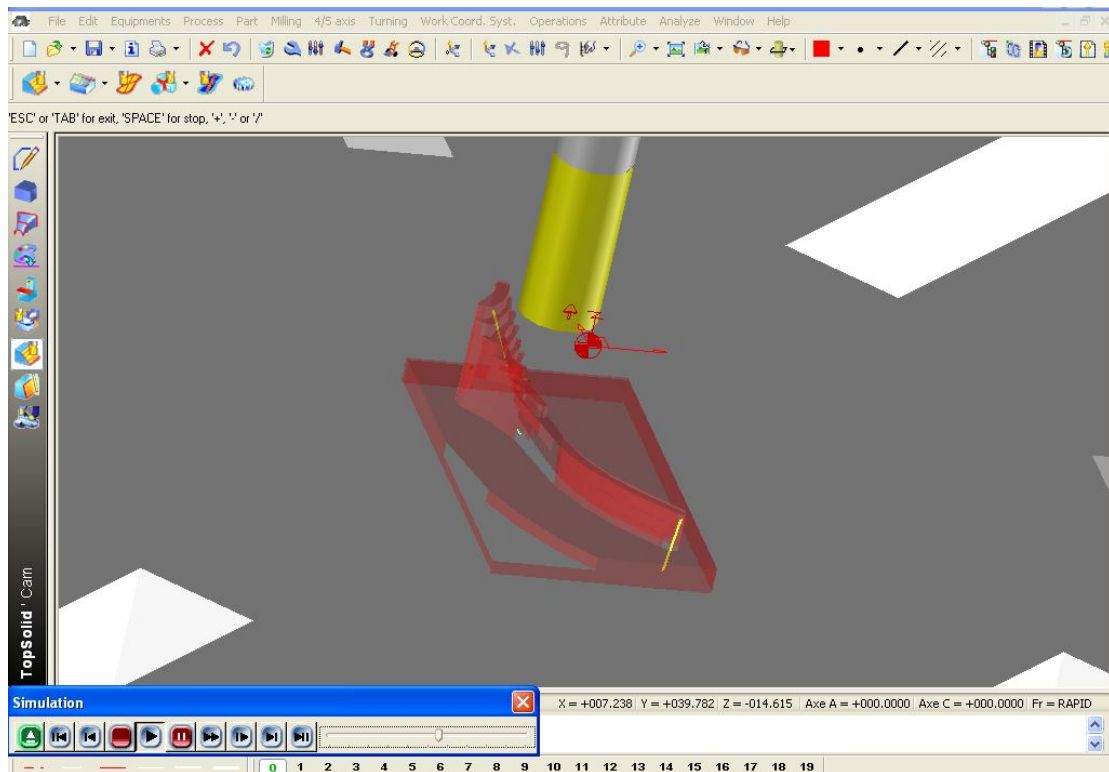
Εικόνα 32: Επιλογή κοπτικού για την κατεργασία



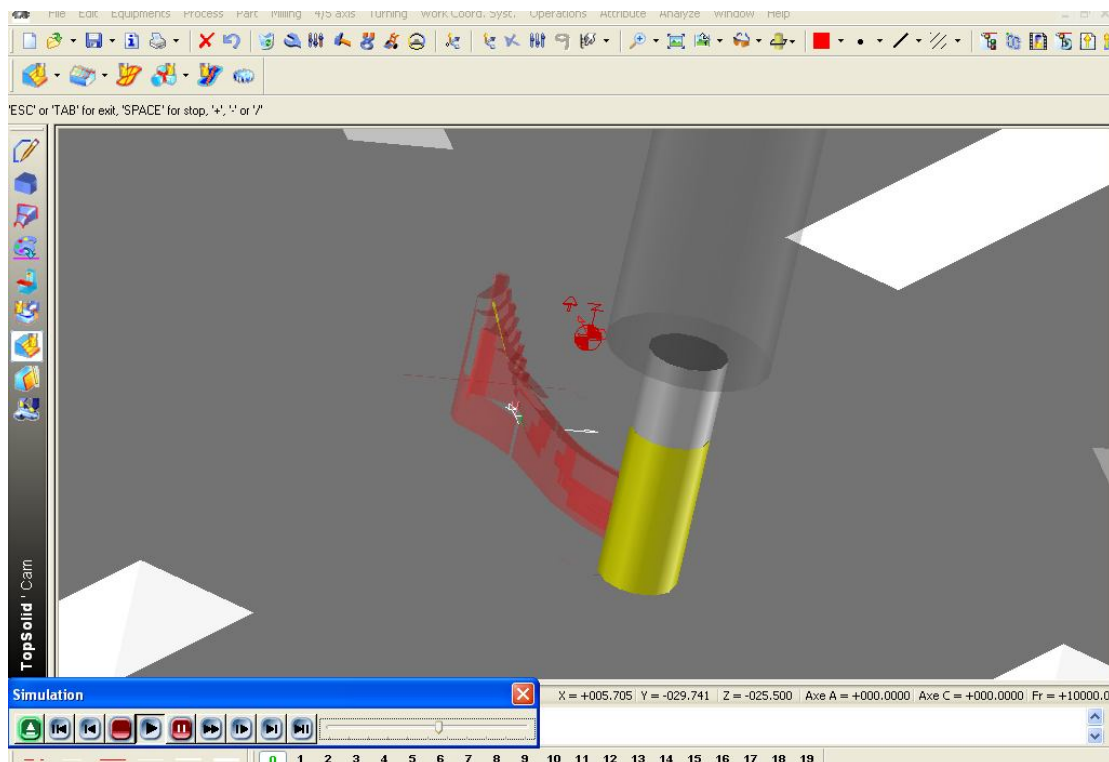
Εικόνα 33: Επιλογή προσανατολισμού του κοπτικού πριν την κοπή



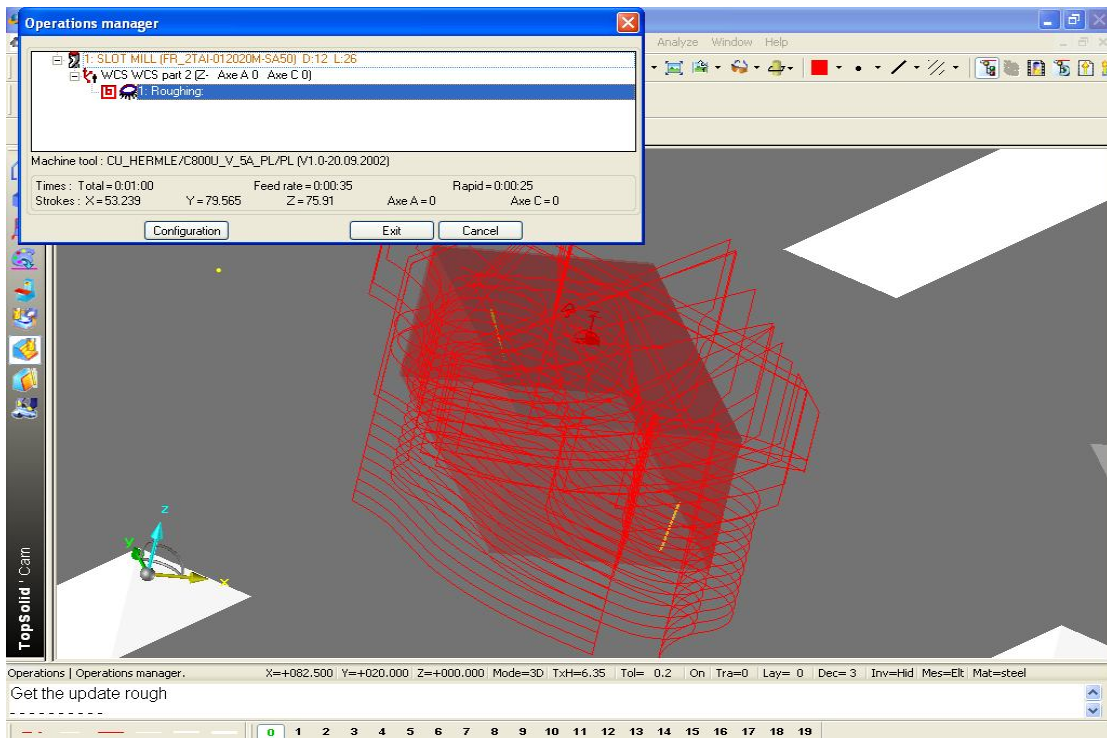
Εικόνα 34: Κατεργασία πτερυγίου



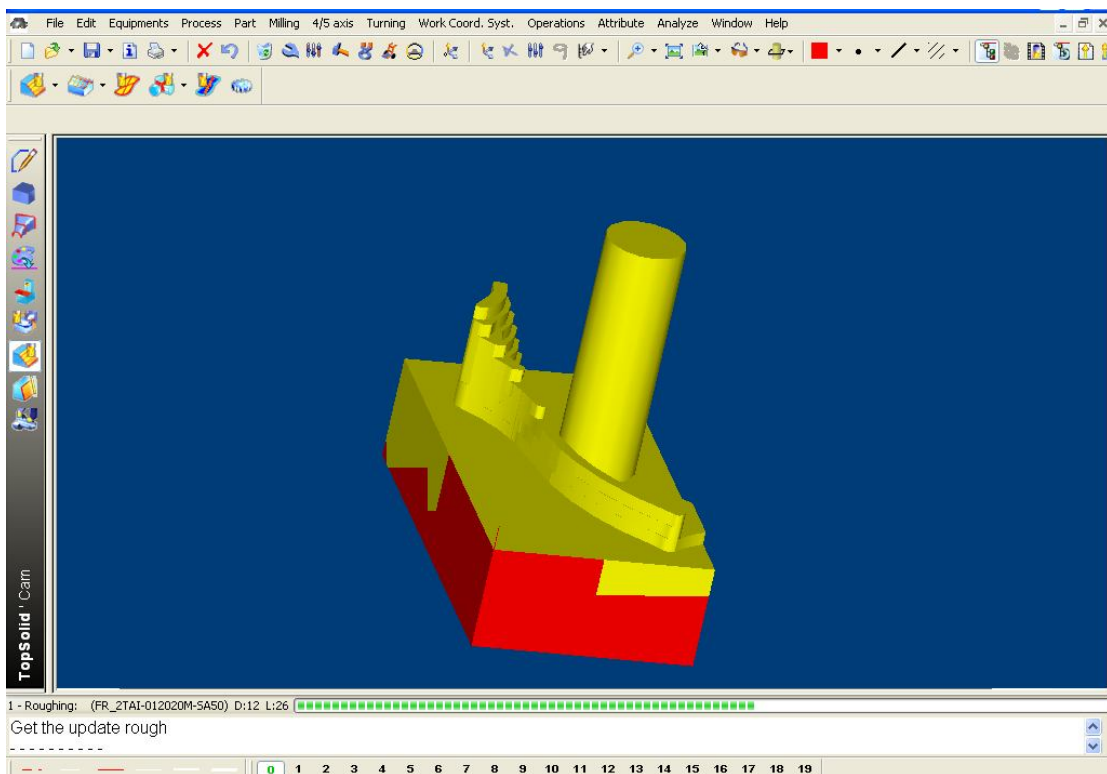
Εικόνα 35: Κατεργασία πτερυγίου



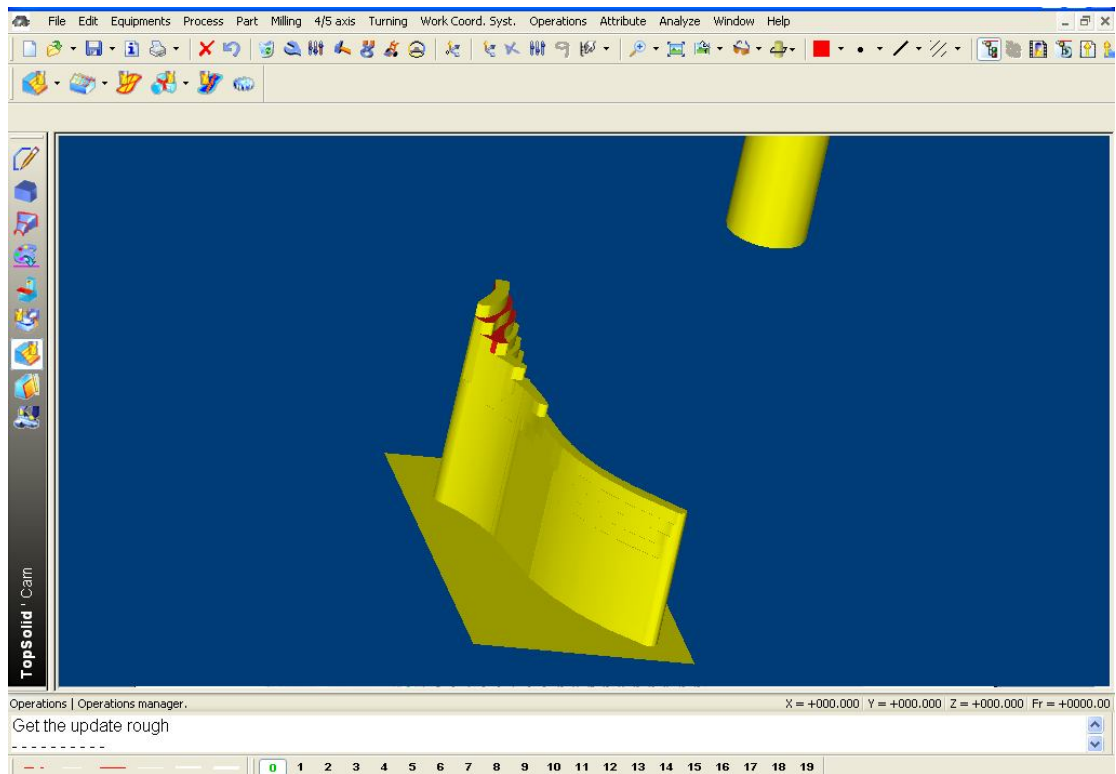
Εικόνα 36: Κατεργασία πτερυγίου



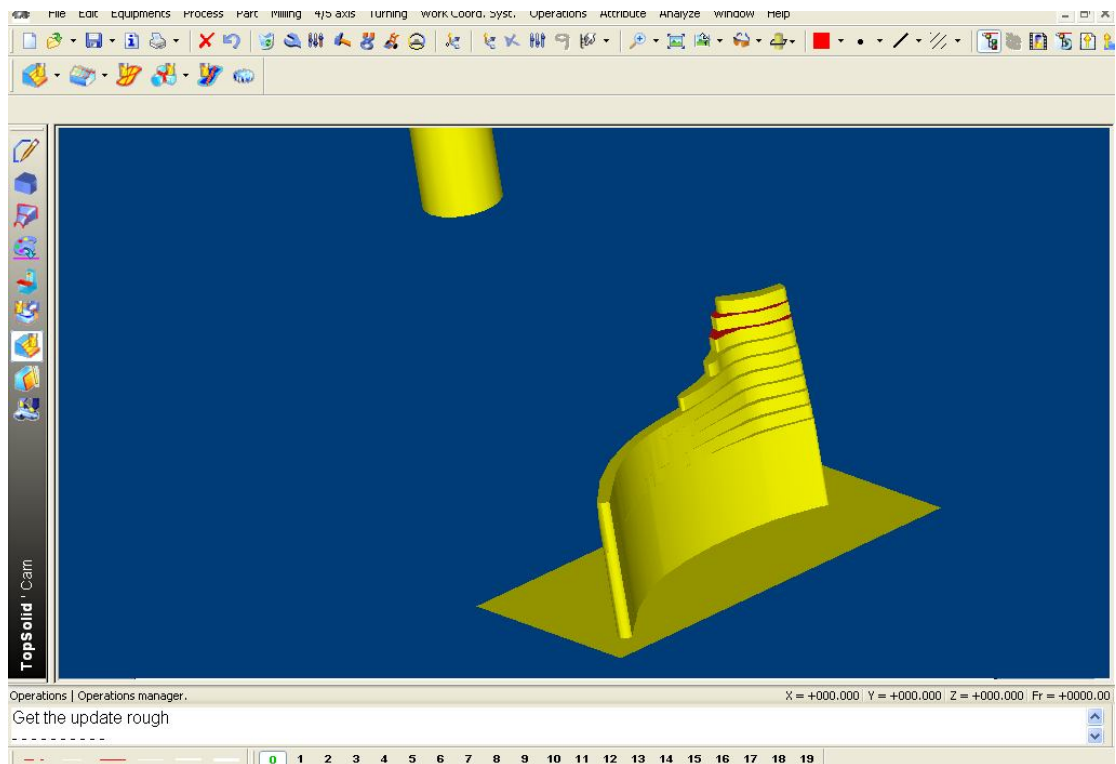
Εικόνα 37: Διαδρομές κοπτικού



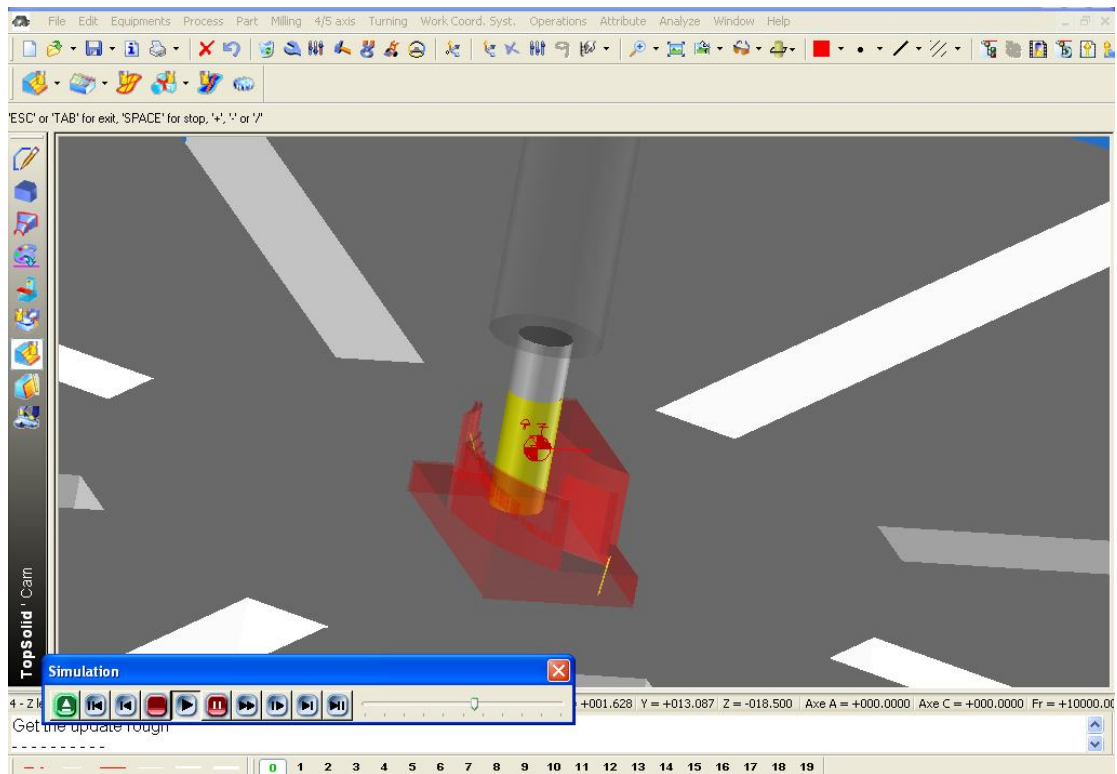
Εικόνα 38: Προσομοίωση κατεργασίας



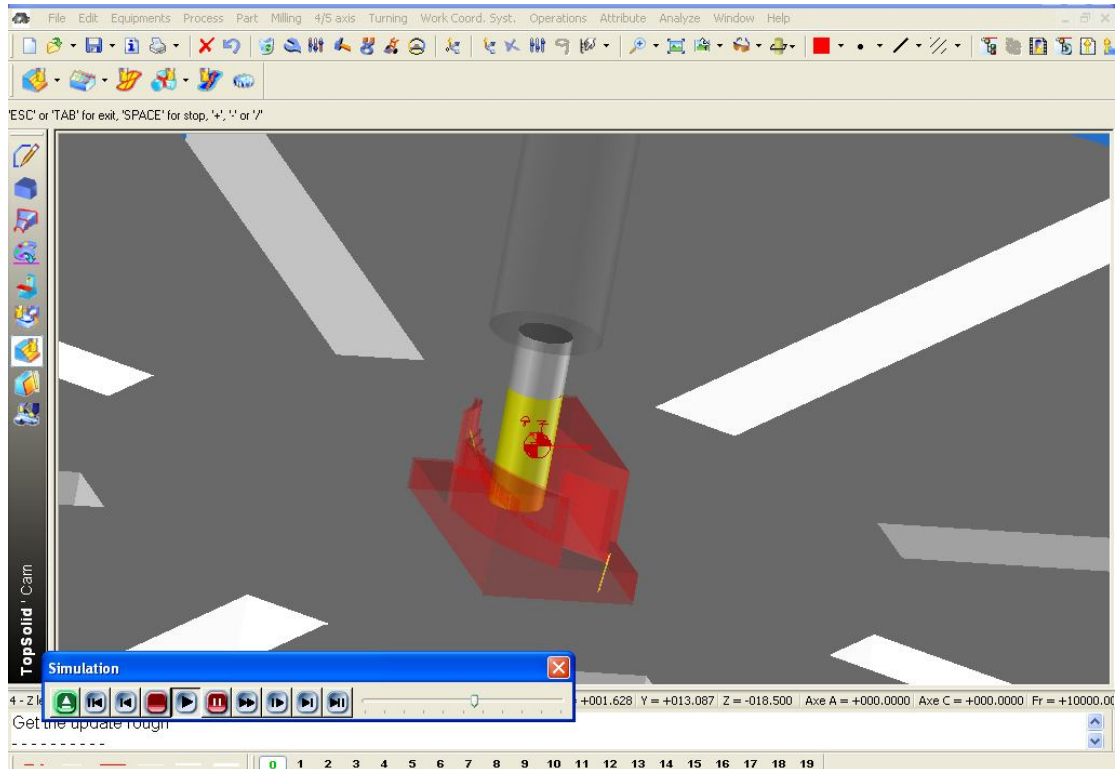
Εικόνα 39: Προσομοίωση κατεργασίας πτερυγίου



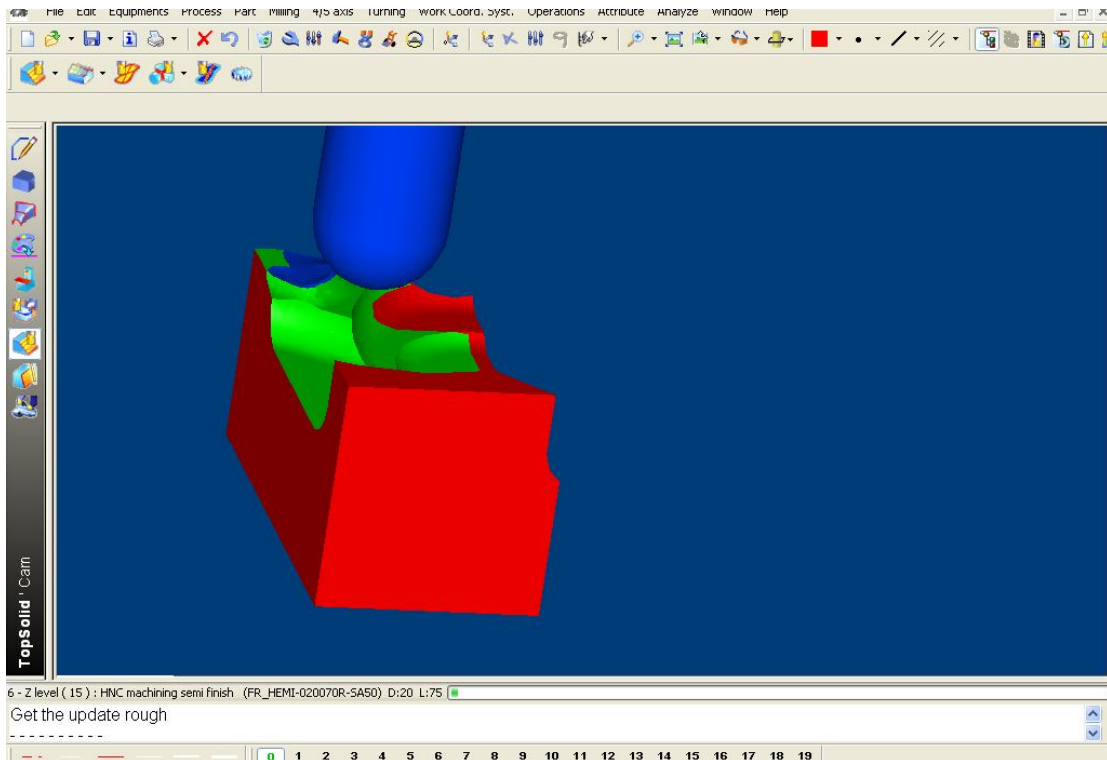
Εικόνα 40: Προσομοίωση κατεργασίας πτερυγίου



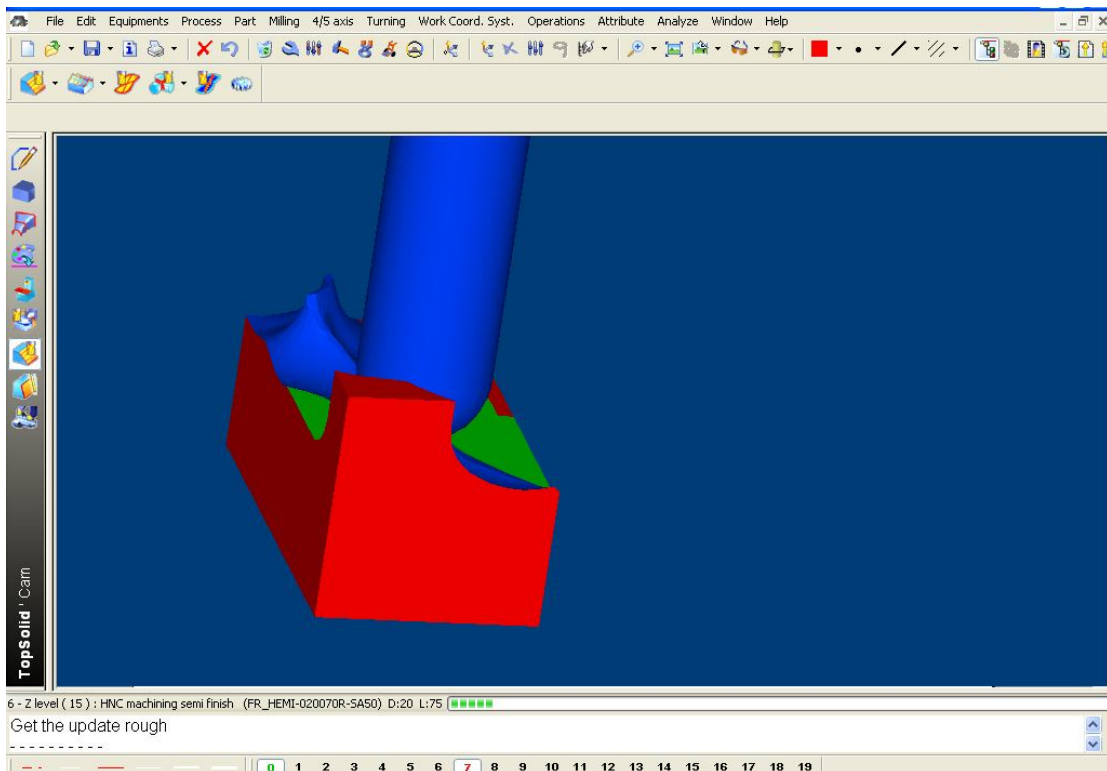
Εικόνα 41: Κατεργασία πτερυγίου



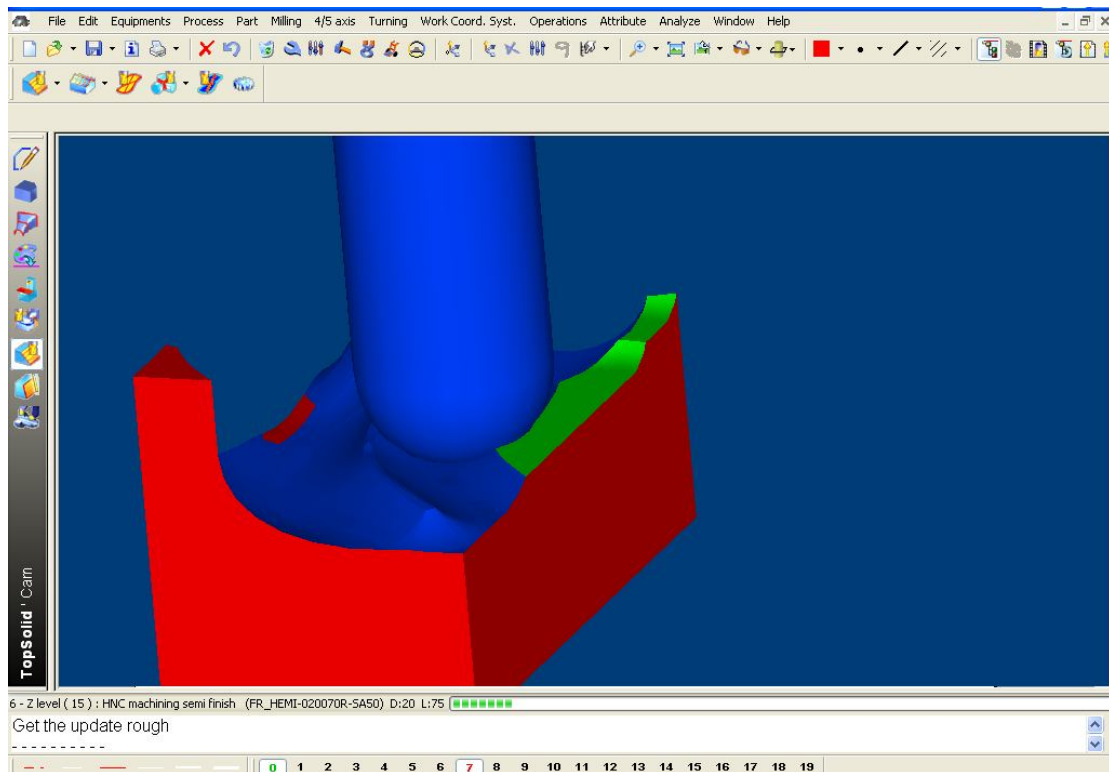
Εικόνα 42: Κατεργασία πτερυγίου



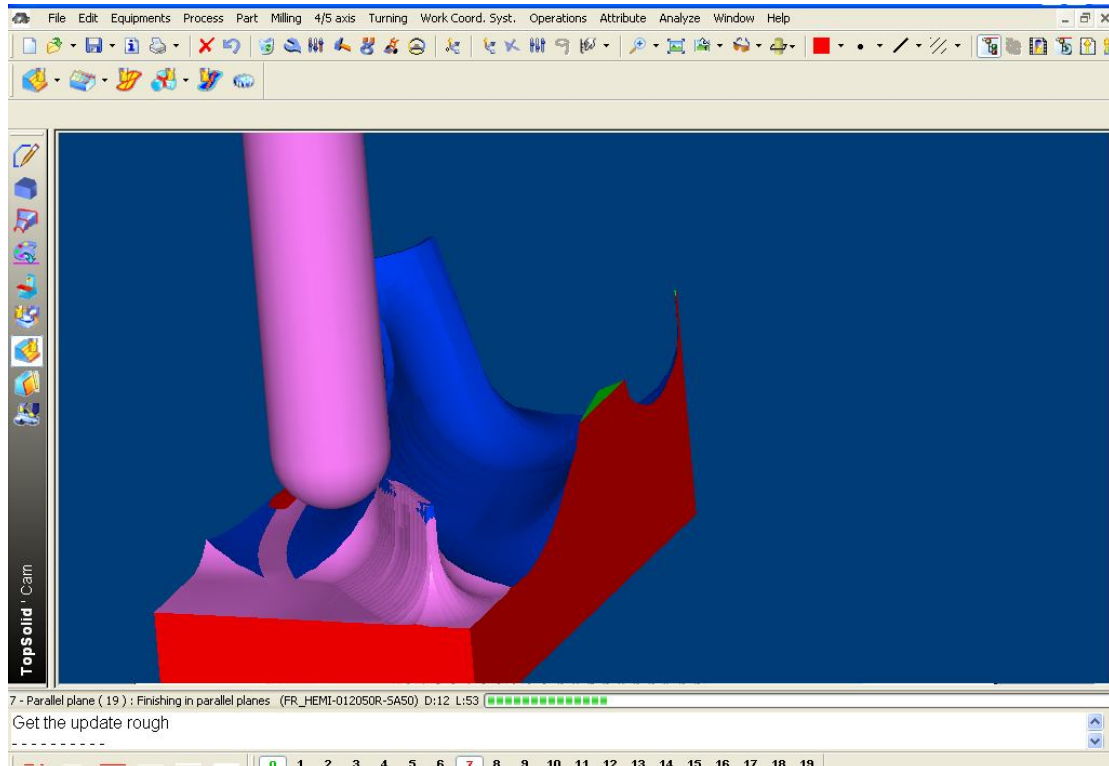
Εικόνα 43: Προσομοίωση κατεργασίας περυγίου – Λείανση



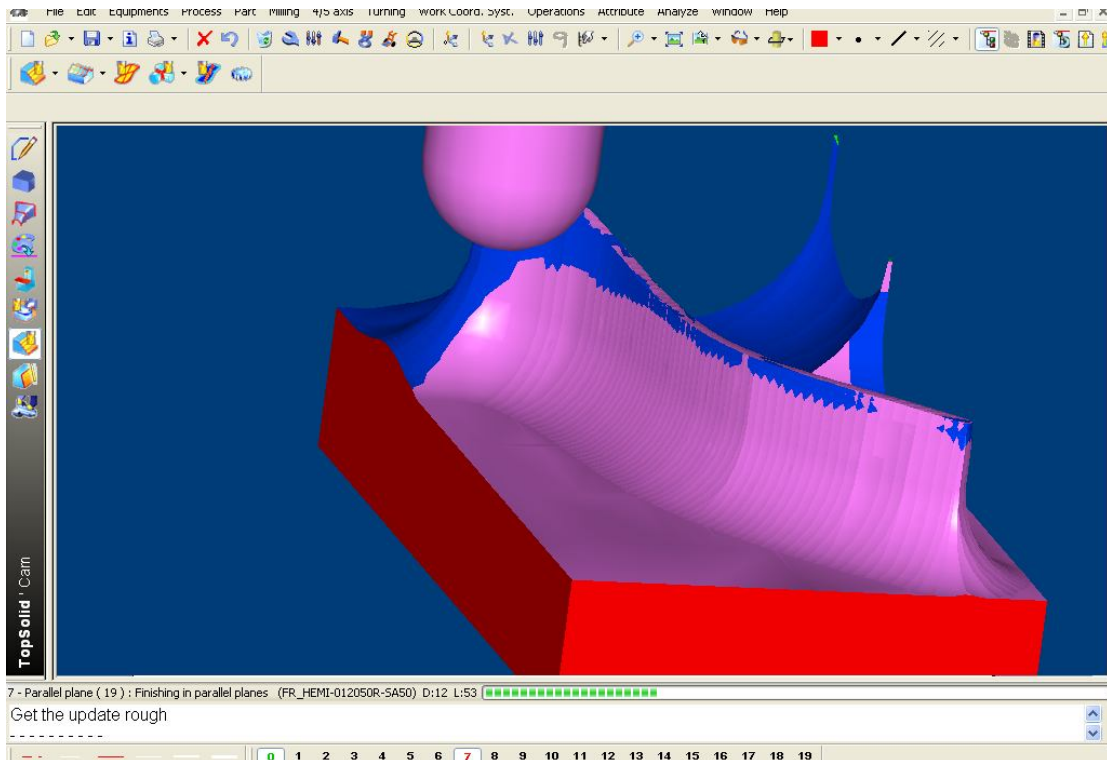
Εικόνα 44: Προσομοίωση κατεργασίας περυγίου - Λείανση



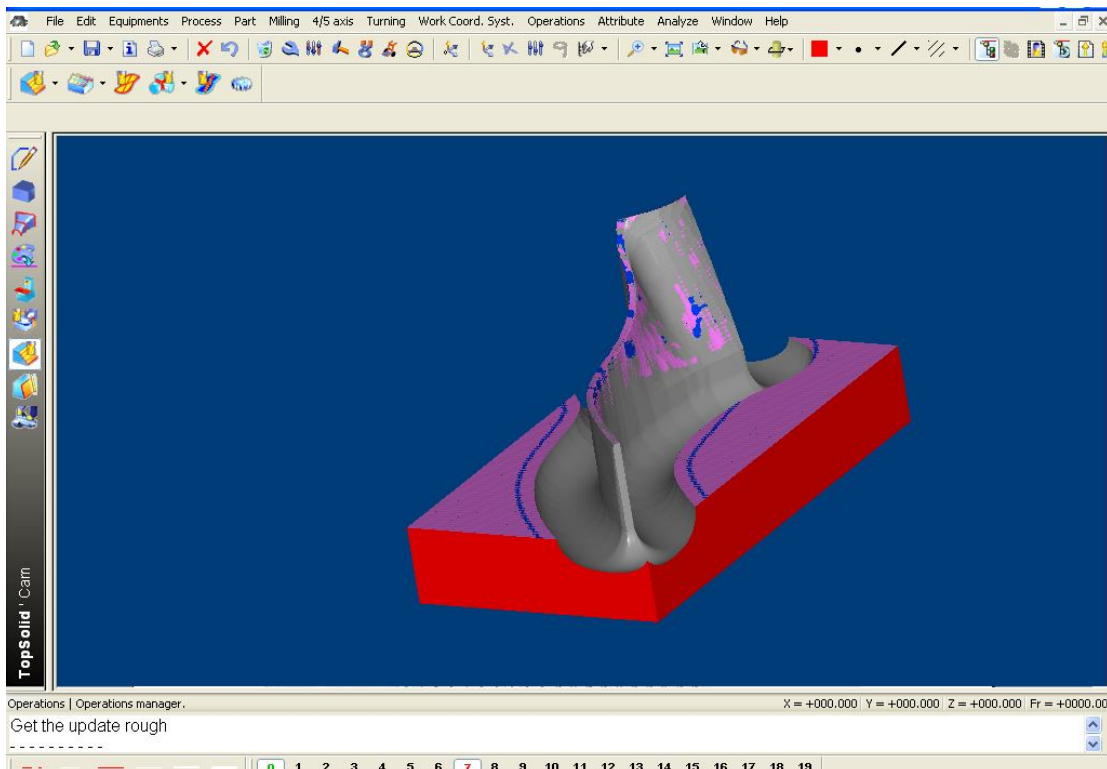
Εικόνα 45: Προσομοίωση κατεργασίας πτερυγίου – Λείανση



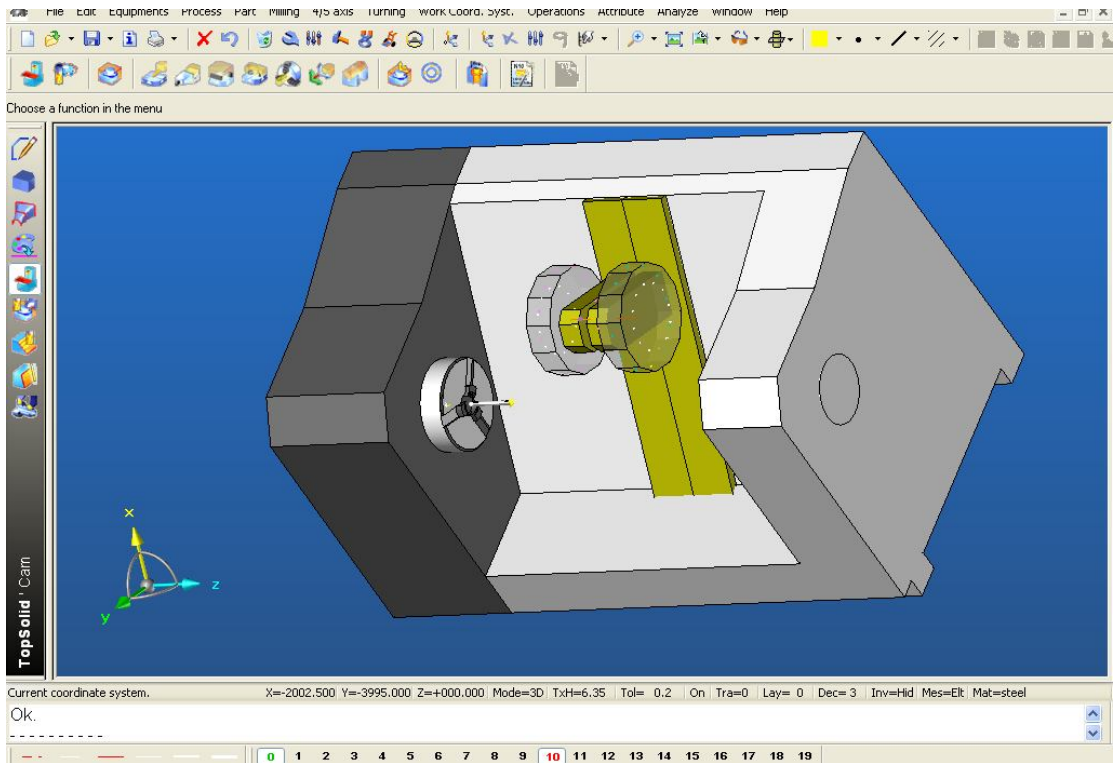
Εικόνα 46: Προσομοίωση κατεργασίας πτερυγίου - Λείανση



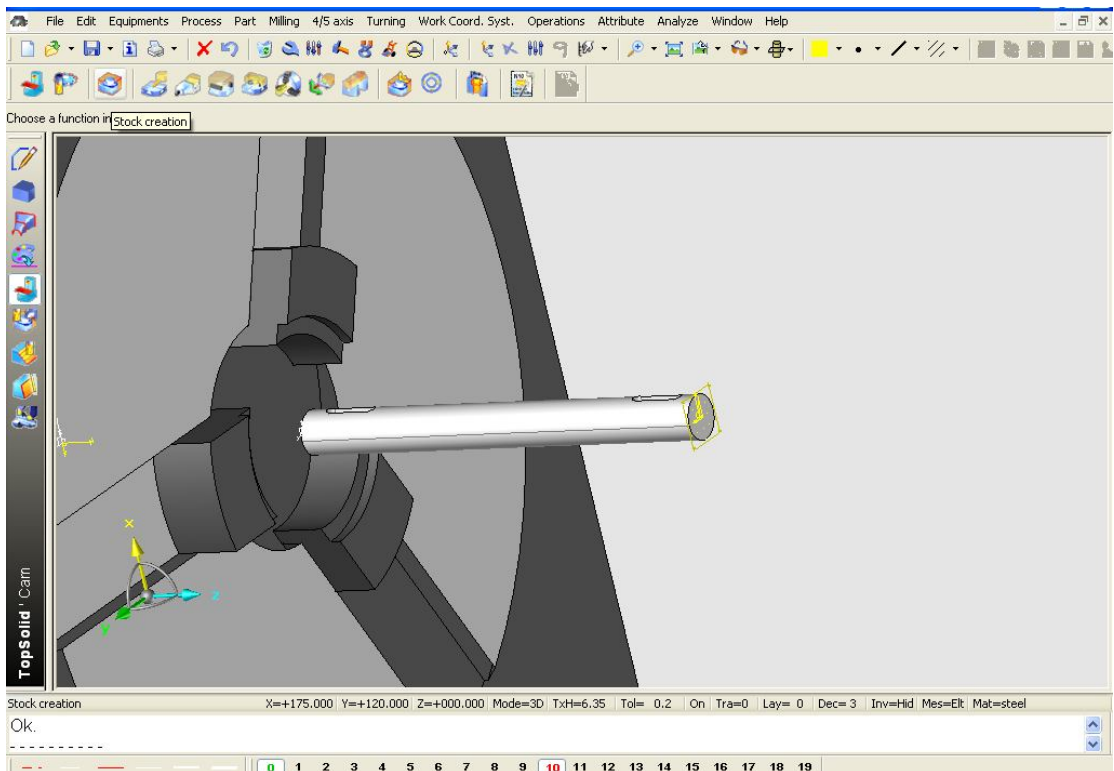
Εικόνα 47: Προσομοίωση κατεργασίας πτερυγίου – Λείανση



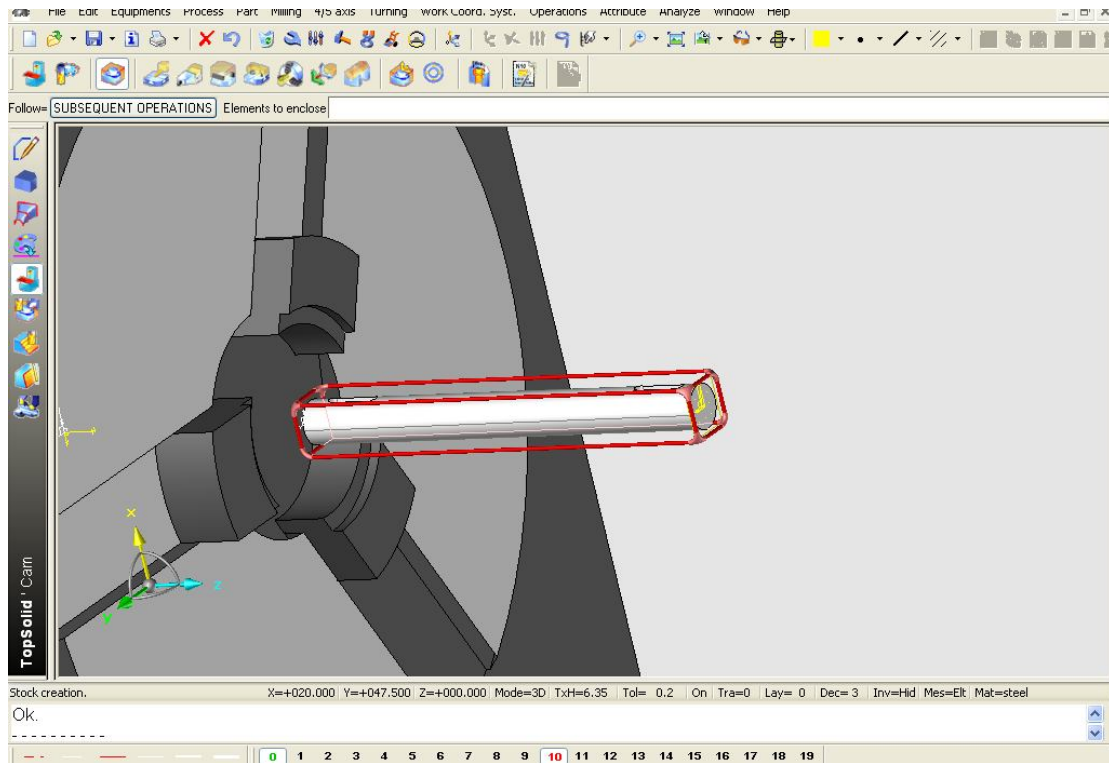
Εικόνα 48: Προσομοίωση κατεργασίας πτερυγίου - Λείανση



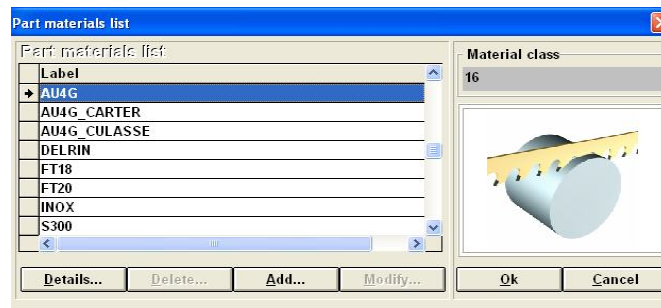
Εικόνα 49: Επιλογή εργαλειομηχανής τórνευσης



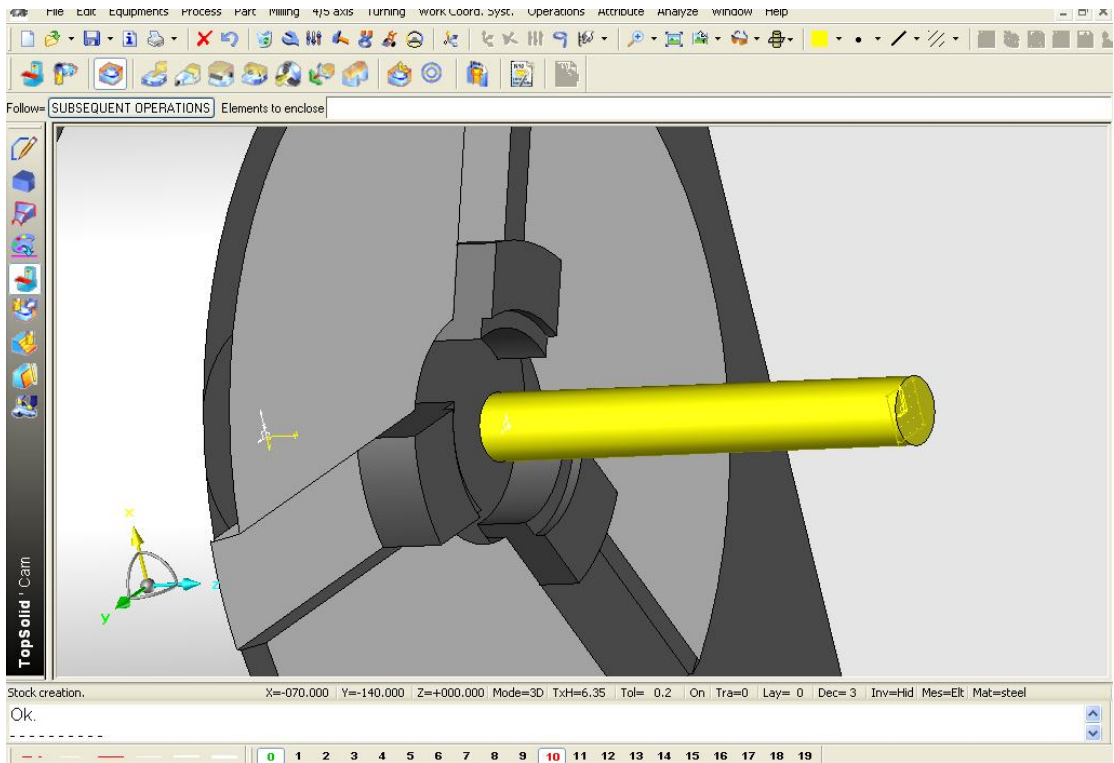
Εικόνα 50: Τοποθέτηση δοκιμίου - άξονα



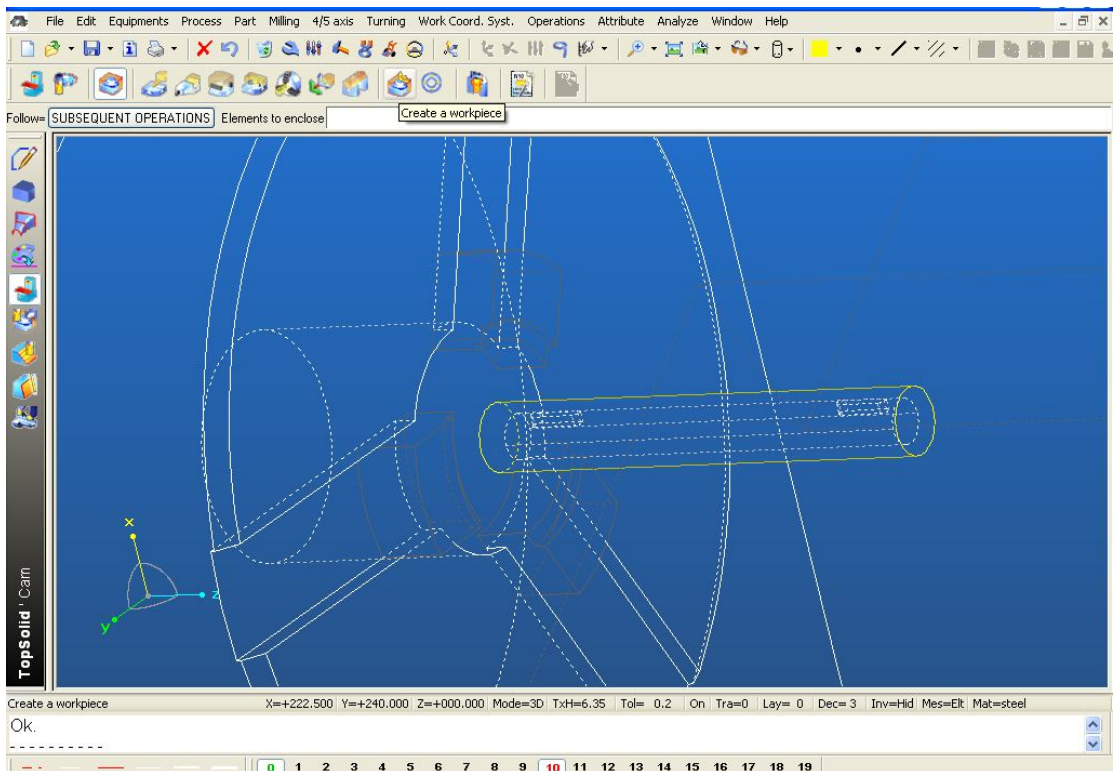
Εικόνα 51: Δημιουργία ακατέργαστου δοκιμίου



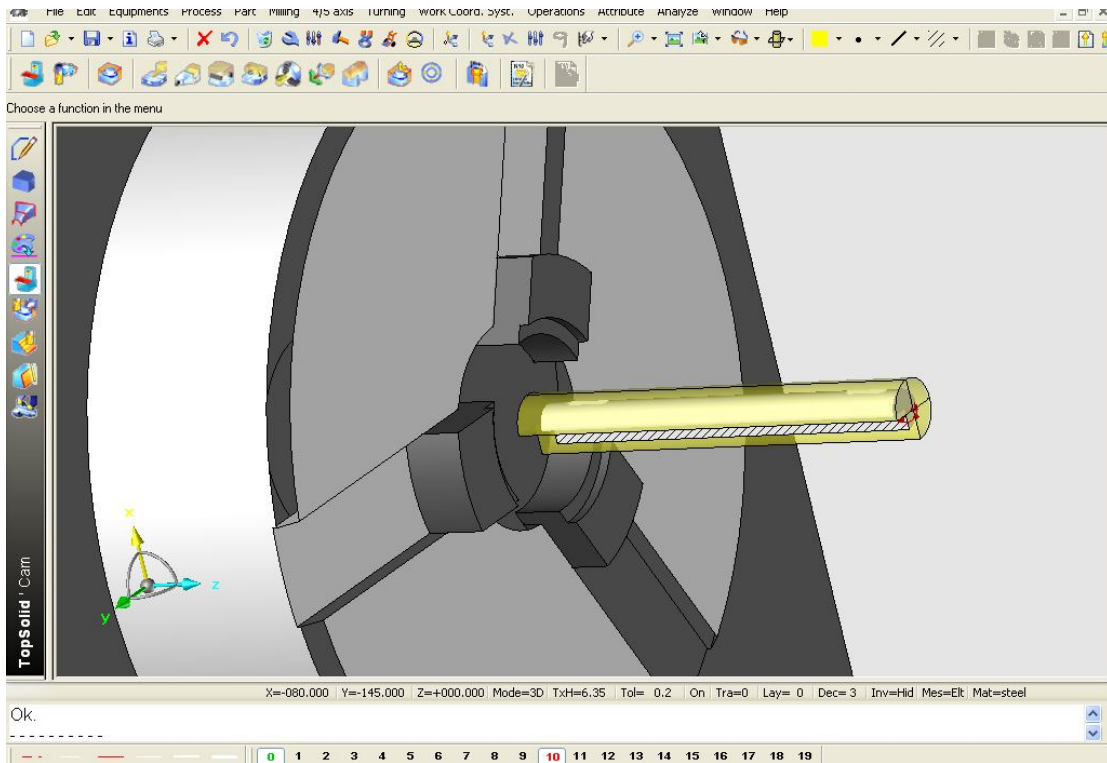
Εικόνα 52: Επιλογή υλικού



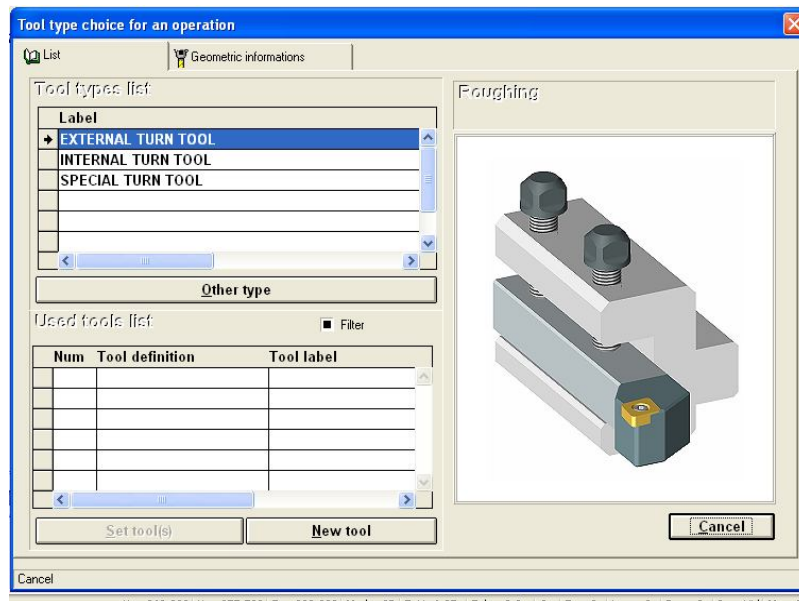
Εικόνα 53: Ακατέργαστο δοκίμιο



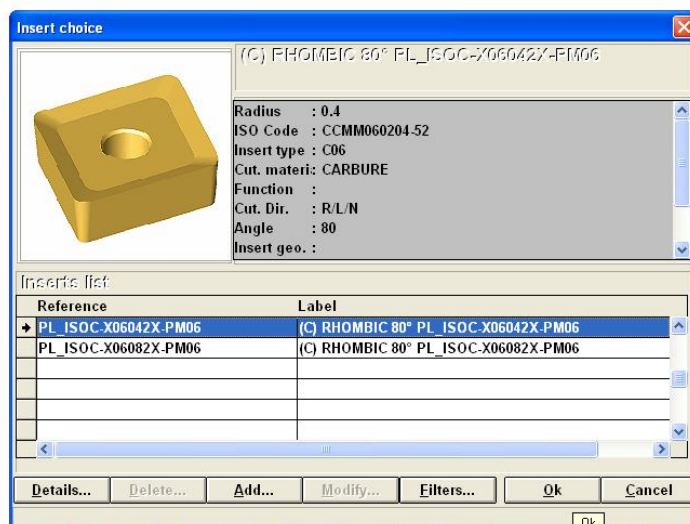
Εικόνα 54: Δημιουργία μηδενικού σημείου



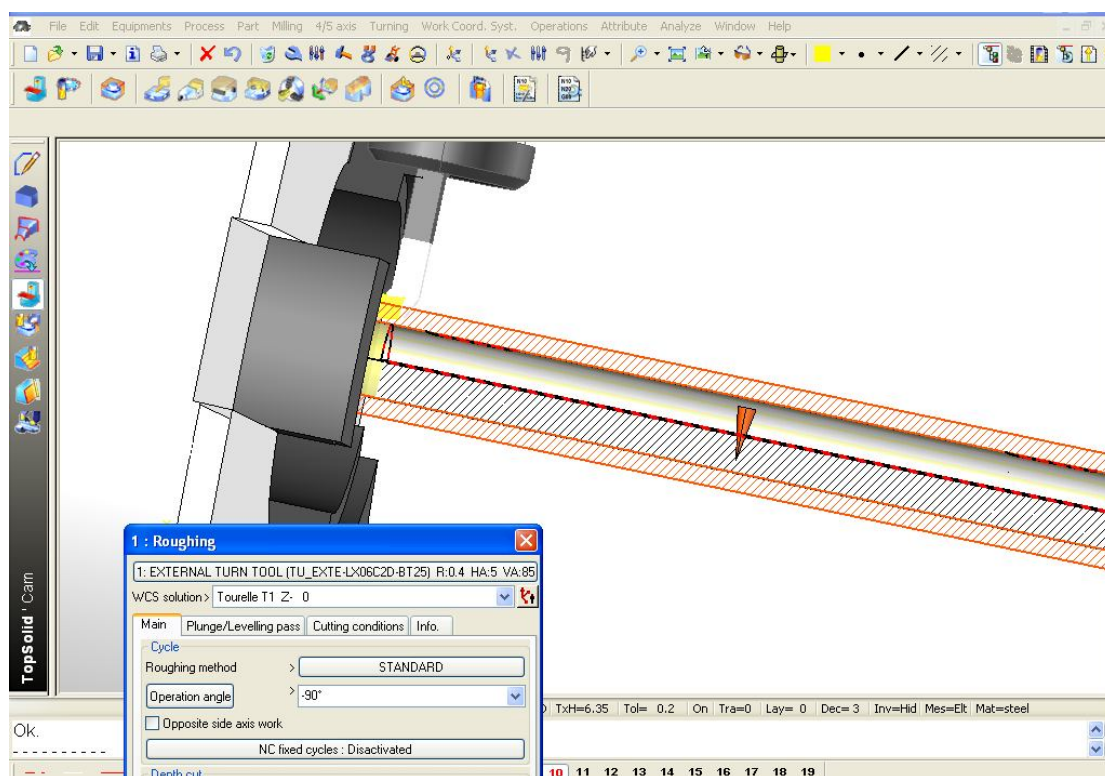
Εικόνα 55: Δημιουργία μηδενικού σημείου



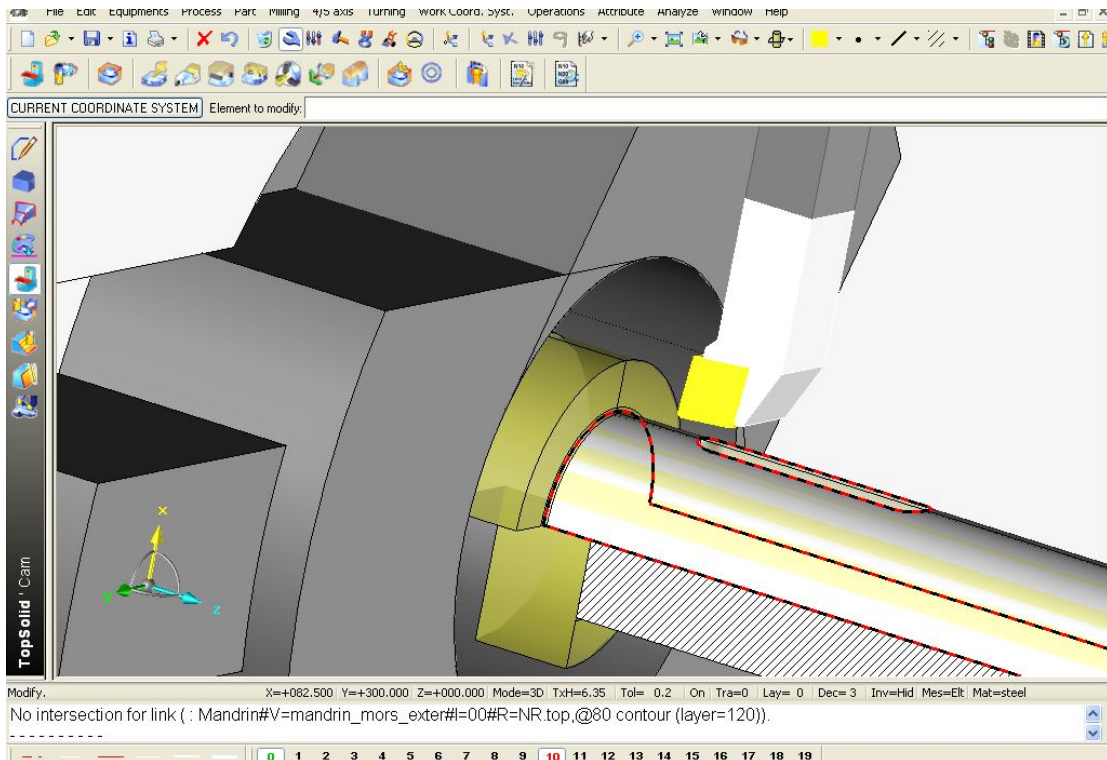
Εικόνα 56: Επιλογή μανέλας



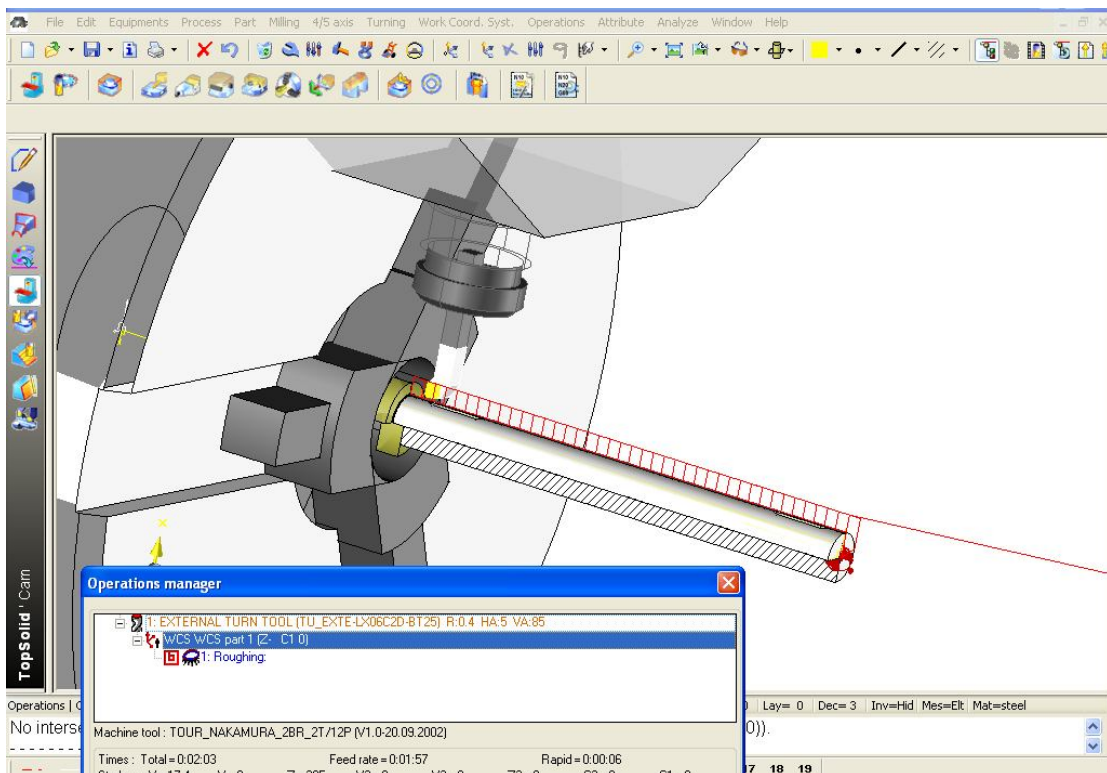
Εικόνα 57: Επιλογή ένθετου πλακιδίου



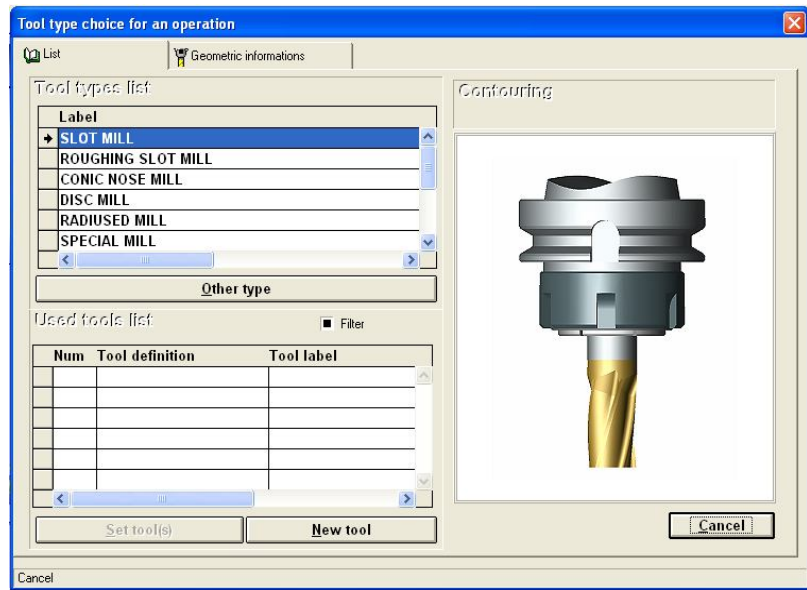
Εικόνα 58: Σύγκρουση κοπτικού με το τσok



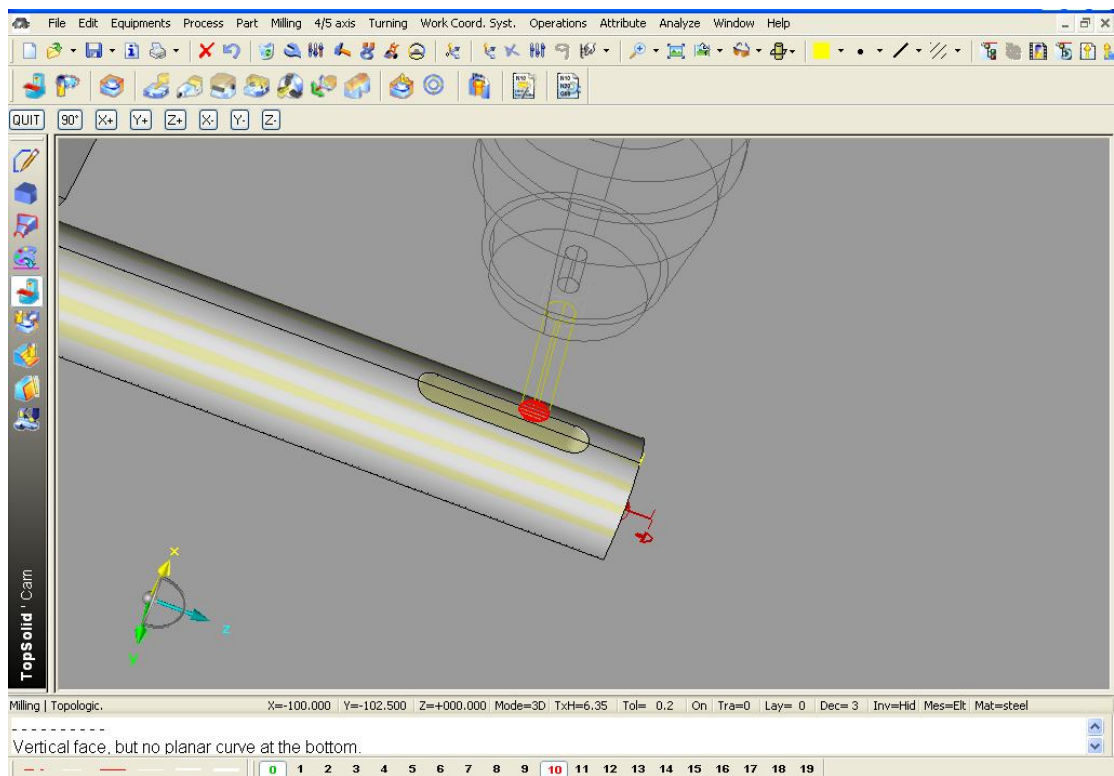
Εικόνα 59: Προσδιορισμός – επιλογή ορίων για την αποφυγή σύγκρουσης



Εικόνα 60: Εμφάνιση διαδρομών κοπτικού



Εικόνα 61: Επιλογή κοπτικού για φρεζάρισμα σφηνόδρομου



Εικόνα 62: Κατεργασία σφηνόδρομου

➤ Κώδικας G και M της μηχανής

```
%000001
(EXTERNAL TURN TOOL TU_EXTE-LX06C2D-BT25)
T01 M06
F.2
S1186 M04
M08
(WCS PART 1)
G0 C0.000
G0 X13.425 Y0.000
G0 Z34.749
G0 Z2.400
G1 Z-199.097
G1 G18 X17.500
G1 X17.900
G0 Z2.400
G0 X8.950
G1 Z-4.600
G1 X10.400
G1 Z-199.097
G1 X13.425
G0 Z2.400
G0 X4.475
G1 Z-4.600
G1 X8.950
G0 Z2.400
G0 X0.000
G1 Z-4.600
G1 X4.475
G1 X5.889 Z-3.186
M09
(SLOT MILL FR_2TAI-004010Q-VDI)
T03 M06
F10000
S9999 M03
M08
G0 C0.000
G0 X5.000 Y0.800
G0 Z34.749
G0 Z-3.000
F7500
```

G1 Z-19.750
G10
N1 F10000
N2 G1 G17 G41 X4.134 Y0.300
N3 G3 X5.000 Y-0.200 I5.000 J0.800
N4 G1 X13.999
N5 G3 X14.865 Y0.300 I13.999 J0.800
N6 G1 G40 X13.999 Y0.800
G11
G0 Z-3.000
G0 X5.000
G0 Z-17.750
F7500
G1 Z-34.500
G12 L01.001
G0 Z-3.000
M09
M02

➤ Ο κώδικας για τα υπόλοιπα δοκίμια υπάρχουν στο CD

➤ Επίλογος – Συμπεράσματα

Για να γίνει η τρισδιάστατη σχεδίαση της φυγοκεντρικής αντλίας χρησιμοποιήθηκε το πρόγραμμα SolidWorks 2012 free trial. Με το συγκεκριμένο πρόγραμμα υπάρχει η δυνατότητα να σχεδιαστεί ένα δισδιάστατο σχέδιο και να μετατραπεί σε 3D. Οι λειτουργίες του προγράμματος είναι πάρα πολλές και με τα ειδικά εργαλεία που διαθέτει υπάρχει η δυνατότητα ακόμα και να διορθωθεί ένα δοκίμιο αλλά και να γίνουν τεστ αντοχής και κοπώσεως με την βοήθεια διαγραμμάτων. Μία σημαντική δυνατότητα του προγράμματος είναι ότι μπορεί και επεξεργάζεται το τελικό σχέδιο σε animation π.χ. (αν το τελικό σχέδιο είναι ένα σύστημα γρاناζιών όπου υπάρχει η δυνατότητα να γίνει παρατήρηση της λειτουργίας του), μπορούμε να το δούμε μέσα από τομή. Η σχεδίαση γίνεται σε CAD από το οποίο το τελικό σχέδιο μπορεί να εισαχθεί και σε πρόγραμμα CAM και να προκύψει ο G, M κώδικας βάσει του οποίου θα υλοποιηθεί σε αυτόματο κέντρο τελικής κατεργασίας C.N.C.



Βιβλιογραφία

- **Εγχειρίδια:** Sam Yedidiah, Φυγοκεντρικές Αντλίες, Οδηγίες για το χρήστη, προβλήματα και λύσεις.
- **Βιβλία:** Μηχανική ρευστών, Βοηθητικά μηχανήματα.
- **Ιστοσελίδες:** www.wikipedia.org , www.antlies.gr

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Πρόλογος.....	5
Αντλίες γενικά.....	6
Τύποι αντλιών.....	8
Δομή & σχεδιασμός.....	12
Τύποι & εφαρμογές αντλιών.....	23
Χαρακτηριστικά στοιχεία λειτουργίας φυγοκεντρικών αντλιών...	28
Σχεδίαση σε CAM.....	31
Κώδικας G & M μηχανής.....	62
Επίλογος – Συμπεράσματα.....	64
Βιβλιογραφία.....	65
Περιεχόμενα.....	66