

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: Τρισδιάστατη σχεδίαση Κατεργασίας και προσομοίωση
εξαρτημάτων αντλιών έγχυσης (εγχυτήρες) πετρελαίου
ναυτικής μηχανής (CAM)**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΜΑΡΙΝΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ,
ΜΠΑΜΠΑΡΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ**

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΥΠΡΑΝΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2014

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ : Τρισδιάστατη σχεδίαση Κατεργασίας και προσομοίωση
εξαρτημάτων αντλιών έγχυσης (εγχυτήρες) πετρελαίου
ναυτικής μηχανής (CAM)**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : ΜΑΡΙΝΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

ΑΜ: 4337

ΜΠΑΜΠΑΡΓΙΟΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΑΜ:3899

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

Περίληψη

Η σχεδίαση των υπό κατεργασία δοκιμίων πραγματοποιήθηκε με την βοήθεια ενός προγράμματος τρισδιάστατης σχεδίασης και συγκεκριμένα το TopSolid 2005. Το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα, σχεδίασης, συναρμολόγησης, μηχανικής κίνησης και δοκιμασίες αντοχής. Κατά την διαδικασία σχεδιασμού των εν λόγω δοκιμίων, έγιναν πολλές δοκιμές διαφόρων σχεδιασμών. Το σχέδιο που επιλέχθηκε και σχεδιάστηκε είναι εγχυτήρας πετρελαίου ναυτικής μηχανής. Αρχικά έγινε ο σχεδιασμός των μερών (Parts) και η συναρμολόγηση (assembly). Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός της κατεργασίας εξαρτημάτων.

Σκοπός της εργασίας είναι η γενική περιγραφή ενός συστήματος σε πλήρη τομή καθώς και η ανάλυση των κατεργασιών που προηγούνται πριν την κατασκευή των εν λόγω εξαρτημάτων, αφού αυτό μπορεί να αποτελέσει ένα εποπτικό μέσο για την διδασκαλία των ναυτικών μαθημάτων. Αυτή η γενική περιγραφή με τις ανάλογες τομές και το animation αποτελεί το βασικό εργαλείο για την επίτευξη της αποτελεσματικής κατανόησης από τους μαθητές της Ακαδημίας. Μετά την σχεδίαση στον ηλεκτρονικό υπολογιστή με την βοήθεια του λογισμικού επιτυγχάνεται αρχικά η εκ νέου σχεδίαση κάποιων τεμαχίων ούτως ώστε να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία τους. Σε δεύτερη φάση θα γίνει και ακριβής και στοχευόμενη η κατασκευή τους αφού κάποιος μπορεί να περάσει την γεωμετρία στο CAM (Computer Aided Manufacturing) και να εισάγει τον κώδικα σε αυτόματη εργαλειομηχανή CNC (Computer Numerical Control).

Abstract

The design of treated specimens was performed by means of a three-dimensional design program, and in particular TopSolid 2005 is the program that used for design and assembly. The program allows, design, assembly, mechanical motion and strength tests. During the design process of testing purposes, numerous trials of various designs. The design was conceived and is a marine engine oil injector. Done design parts (Parts) and assembling them. In the context of this thesis took the design of machining accessories.

The purpose of this paper is a general description of a system in full section and analysis of treatments precede the construction of those components, as this can be a visual tool for teaching marine subjects. This general description with the appropriate sections and the animation is the main tool for achieving effective understanding by students of the Academy. After designing the computer with the help of software is achieved by first re-design of some pieces he shall be to optimize the operation. In the second phase will be both accurate and targeted their construction because someone can pass the geometry in CAM (Computer Aided Manufacturing) and insert the code into automatic machine tool CNC (Computer Numerical Control).

Πρόλογος

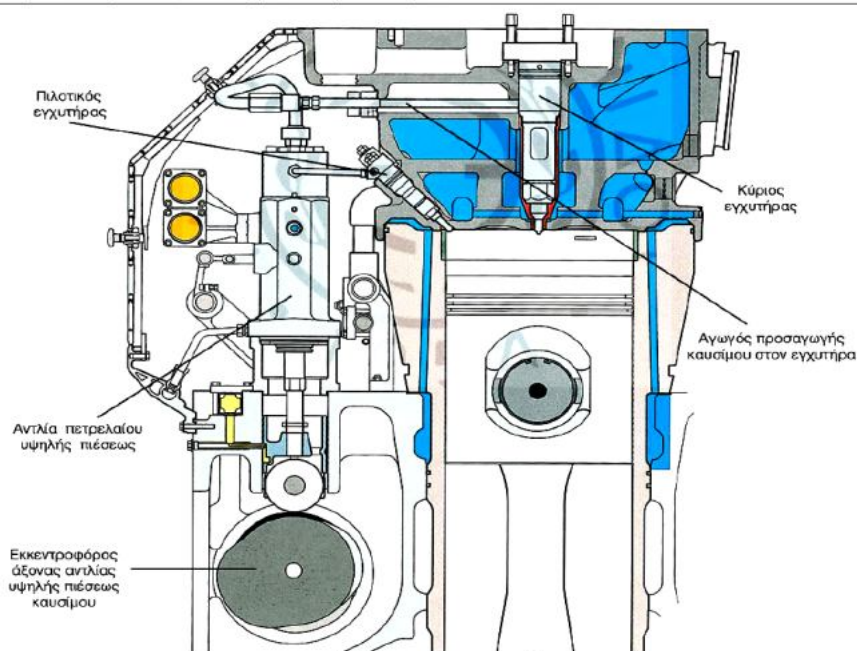
Η σχεδίαση ενός απλού εξαρτήματος, μίας απλής κατασκευής είναι μία πρόκληση για ένα σχεδιαστή μηχανικό αφού του δίνεται η δυνατότητα να δει , να συγκρίνει και να διακρίνει οντότητες οι οποίες είναι δύσκολο να τις φανταστεί στο επίπεδο. Αυτό είναι πολύ περισσότερο δύσκολο σε μία συναρμολογημένη διάταξη με πολλά εξαρτήματα. Στην σημερινή εποχή δίνεται η δυνατότητα με την χρήση των υπολογιστών και των προγραμμάτων που έχουν ανακαλυφθεί για την καλύτερη – ποιοτικότερη και αποδοτικότερη εργασία των μηχανικών. Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται με την τρισδιάστατη σχεδίαση της κατεργασίας εξαρτημάτων, ενός **εγχυτήρα πετρελαίου ναυτικής μηχανής** δίνοντας με τον τρόπο αυτό και στον πιο δύσκολο αναγνώστη μία εύκολη εικόνα της σημασίας τους. Με την χρήση του προγράμματος επιτυγχάνεται η εξαγωγή ενός κώδικα που δίνει την δυνατότητα της επαναληψιμότητας με πολύ μεγάλη ακρίβεια σε ένα αυτόματο μηχάνημα CNC.

Κεφάλαιο 1

Εγχυτήρες

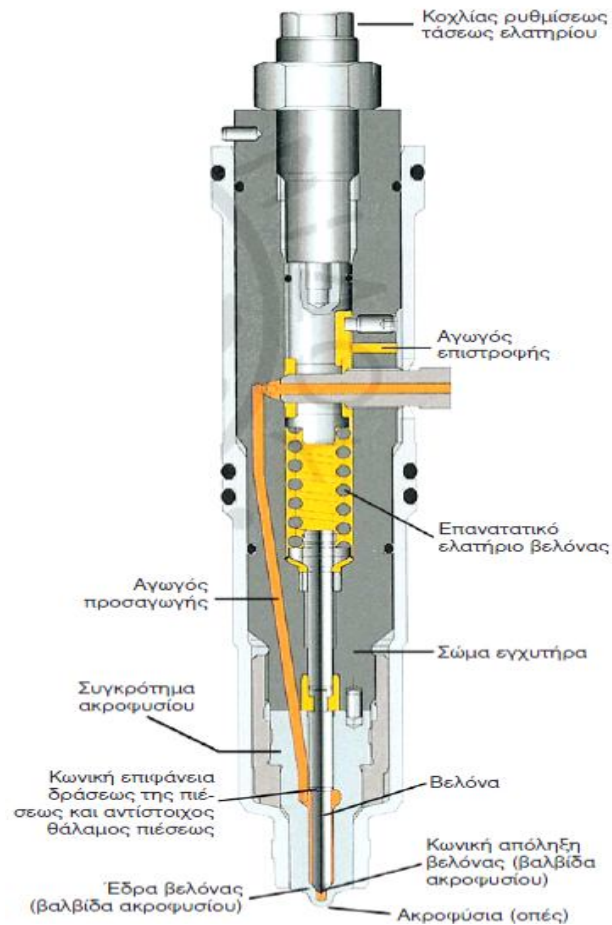
Οι εγχυτήρες (μπακ) στα συστήματα έγχυσης καυσίμου (fuel injection) είναι τα εξαρτήματα μέσω των οποίων το καύσιμο διασκορπίζεται στο θάλαμο καύσης των πετρελαιοκινητήρων. Είναι τα τελευταία εξαρτήματα στο σύστημα τροφοδοσίας καυσίμου, παραλαμβάνουν το καύσιμο με υψηλή πίεση από την αντλία έγχυσης, προετοιμαζουν το καύσιμο για ψεκασμό με την βοήθεια των κατάλληλα διαμορφωμένων ακροφυσίων και το διασκορπίζουν στους θαλάμους καύσης του κινητήρα.

Ο κύριος σκοπός τους είναι η διάσπαση, η έγχυση και ο διασκορπισμός ορισμένης ποσότητας καυσίμου μέσα στο θερμό και πυκνό αέρα των θαλάμων καύσεως. Από την ακρίβεια της εκτελέσεως όλων αυτών των εργασιών μέσα στον ελάχιστο διατιθέμενο χρόνο του κύκλου λειτουργίας, εξαρτάται η ομαλή καύση του καυσίμου και η αποδοτική λειτουργία της μηχανής. Παράλληλα, έχουν βοηθητικό ρόλο στην επίτευξη της σωστής δοσολογίας καυσίμου και επιτυγχάνουν σωστή στεγανοποίηση του θαλάμου καύσεως στο συγκεκριμένο σημείο που τοποθετούνται.



Σχ. 1.1: Σύστημα αντλίας υψηλής πίεσης και εγχυτήρων μιας τετράχρονης μεσόστροφης πετρελαιομηχανής.

Το μπεκ είναι το τελευταίο εξάρτημα του συστήματος τροφοδοσίας του κινητήρα. Ο ψεκασμός του καυσίμου πρέπει να μπορεί να δώσει στον κινητήρα τόσο την ελάχιστη ποσότητα καυσίμου (στο ρελαντί ή στην περίπτωση κίνησης χωρίς φορτίο), όσο και την μεγαλύτερη ποσότητα (στο πλήρες φορτίο). Γι' αυτό, οι διάφορες καταστάσεις λειτουργίας πρέπει να βρίσκονται στην γραμμική χαρακτηριστική ζώνη ψεκασμού του μπεκ. Ο ομοιόμορφος καταμερισμός του μίγματος αέρα-καυσίμου σε όλους τους κυλίνδρους είναι πολύ σημαντικός. Εκτός από τα χαρακτηριστικά της πολλαπλής εισαγωγής, ο καταμερισμός εξαρτάται από την θέση τοποθέτησης και από την ποιότητα διασκορπισμού του μπέκ. Η καλύτερη θέση του μπεκ στο γκρουπ ψεκασμού αποφασίζεται στη φάση σχεδιασμού του κινητήρα.



Σχ. 1.2: Τυπικός υδραυλικός εγχυτήρας πολλών οπών σε τομή.

1.1 Περιγραφή τμημάτων εγχυτήρα

Συναντώνται σε πολλά είδη εγχυτήρων, ανάλογα με τον τύπο και το μέγεθος της μηχανής. Συνήθως, απαρτίζονται από τρία κύρια μέρη: το σώμα (κορμός), τη βελόνα (needle) με το στέλεχος και το ελατήριο επαναφοράς της, και τέλος το συγκρότημα του ακροφυσίου (nozzle assembly). Στο σχήμα 1.3 απεικονίζονται δύο τυπικοί εγχυτήρες πετρελαίου.



Σχ. 1.3: Εγχυτήρες καυσίμου σε τετράχρονη πετρελαιομηχανή [(α) κύριος, (β) πιλοτικός]. Οι φωτογραφίες τους δεν είναι στην ίδια κλίμακα

Ο κορμός είναι κοίλο κυλινδρικό σώμα, εντός του οποίου προσαρμόζονται τα υπόλοιπα τμήματα του εγχυτήρα. Στο εξωτερικό του μέρος φέρει συνήθως σπείρωμα για την προσαρμογή του στο αντίστοιχο σπείρωμα της κεφαλής των κυλίνδρων. Η προσαρμογή εναλλακτικά, μπορεί να γίνει όχι με κεντρικό αυτοφερόμενο σπείρωμα, αλλά με ειδική διαμόρφωση για να προσαρμοστεί και να στερεωθεί με κοχλίες στο άνοιγμα (φωλιά) της κεφαλής των κυλίνδρων (σχ. 1.2). Στο άνω άκρο του φέρει κοχλία για να ρυθμίζει την τάση στο ελατήριο επαναφοράς της βελόνας, ενώ στο κάτω άκρο του προσαρμόζεται το ακροφύσιο.

Στο εσωτερικό του μέρους του κορμού διαμορφώνεται ένας κεντρικός κυλινδρικός αγωγός για την τοποθέτηση του ελατηρίου και του στελέχους της βελόνας. Μέσα από τον αγωγό αυτό πραγματοποιείται και η έξοδος του πλεονάζοντος καυσίμου προς τον αγωγό

επιστροφής. Παράλληλα με τον κεντρικό αγωγό διαμορφώνεται ο αγωγός προσαγωγής του καυσίμου από το σωλήνα υψηλής πίεσεως στο χώρο της βελόνας.

Το συγκρότημα του ακροφυσίου (nozzle assembly) προσαρμόζεται με σπείρωμα στο κάτω μέρος του κορμού. Περιλαμβάνει μία ή περισσότερες οπές (τα ακροφύσια – nozzles), μέσα από τις οποίες γίνεται η ροή του καυσίμου και ο διασκορπισμός του σε νέφος σταγονιδίων. Στο εσωτερικό του συγκροτήματος του ακροφυσίου σχηματίζεται κοιλότητα (θάλαμος πίεσεως), που καταλήγει σε κωνική έδρα. Εκεί καταλήγει και η βελόνα του εγχυτήρα. Το κωνικό της άκρο εφαρμόζει τέλεια στην κωνική έδρα του συγκροτήματος του ακροφυσίου, όταν ο εγχυτήρας βρίσκεται σε κατάσταση ηρεμίας. Το συγκεκριμένο τμήμα του ακροφυσίου μαζί με την επαπτόμενη βελόνα σχηματίζουν τη βαλβίδα του ακροφυσίου. Στο σημείο που η βελόνα περνά μέσα από το θάλαμο πίεσεως, μειώνεται με κατάλληλη κωνικότητα η διάμετρος της. Στο κωνικό αυτό τμήμα εφαρμόζεται η πίεση του καυσίμου για το άνοιγμα της βαλβίδας.

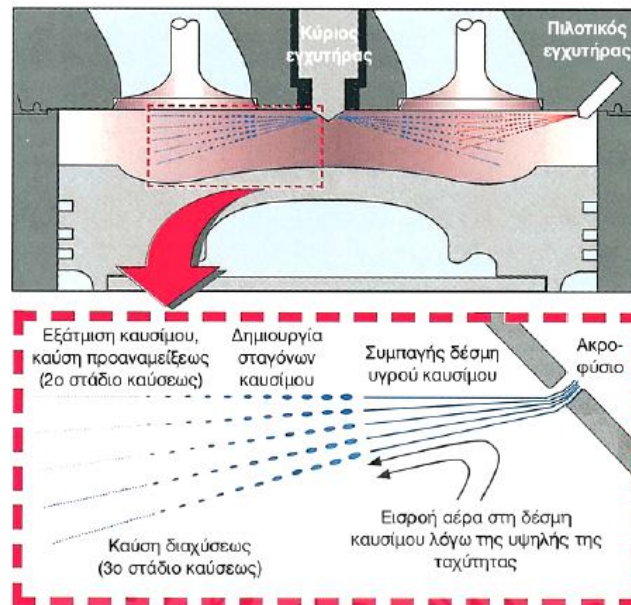
1.2 Λειτουργία των εγχυτήρων

Η λειτουργία στους περισσότερους τύπους εγχυτήρων είναι συνήθως υδραυλική, ενώ μικρός αριθμός εγχυτήρων λειτουργεί μηχανικά. Στον εγχυτήρα υδραυλικής λειτουργίας το καύσιμο φτάνει με ιδιαίτερα υψηλή πίεση στο θάλαμο πίεσεως του ακροφυσίου, μέσω του αγωγού υψηλής πίεσεως προερχόμενο από την αντλία υψηλής πίεσεως. Όταν η πίεση του πετρελαίου, ενεργώντας πάνω σε συγκεκριμένη κωνική επιφάνεια της βελόνας, δώσει δύναμη μεγαλύτερη της τάσεως του ελατηρίου, η βελόνα ανυψώνεται συμπιέζοντας το ελατήριο.

Κατά την ανύψωση της βελόνας αποκαλύπτεται η οπή του ακροφυσίου, οπότε το πετρέλαιο περνάει από την οπή (ή τις οπές) του ακροφυσίου, επιταχύνεται λόγω της στενώσεως του ακροφυσίου και ψεκάζεται στο θάλαμο καύσεως όπου διασπάται σε πολύ μικρά σταγονίδια (σχ. 1.4). Ο ψεκασμός του καυσίμου συνεχίζεται μέχρι τη διακοπή της παροχής από την αντλία εγχύσεως (υψηλής πίεσεως).

Όταν διακόπτεται η παροχή καυσίμου, παύει η εφαρμοζόμενη πίεση στο κωνικό τμήμα της βελόνας, με αποτέλεσμα την έκταση του ελατηρίου επαναφοράς της. Τότε, η βελόνα εφαρμόζει στεγανά στην κωνική έδρα του συγκροτήματος του ακροφυσίου και η έγχυση του καυσίμου κατευθύνεται αναγκαστικά προς τον αγωγό επιστροφής μέσω του κεντρικού

αγωγού του εγχυτήρα. Από εκεί, μέσω του συστήματος επιστροφής του καυσίμου καταλήγει στη δεξαμενή χρήσεως ή στην αντλία καταθλίψεως.

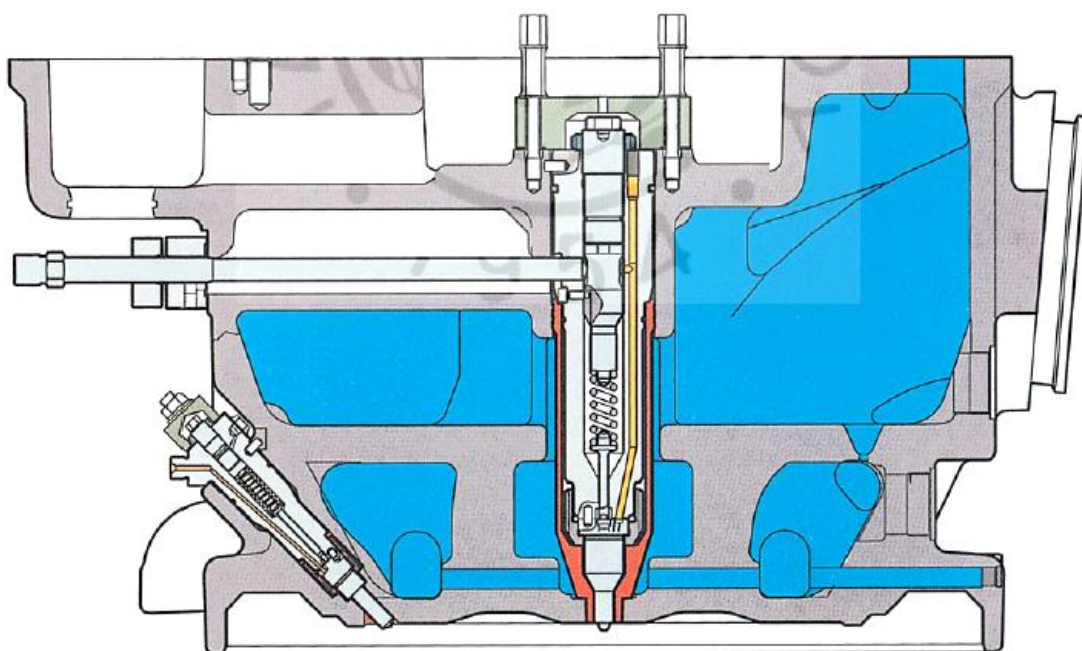


Σχ. 1.4: Σχηματισμός νέφους καυσίμου σε τετράχρονο πετρελαιοκινητήρα.

Στα σύγχρονα συστήματα εγχύσεως (όπως θα επιγραφούν αναλυτικά σε επόμενο κεφάλαιο) ο ακριβής χρόνος της ενάρξεως και λήξεως της εγχύσεως πραγματοποιείται με τη βοήθεια ηλεκτρομαγνητικής βαλβίδας, που ελέγχεται από κεντρικό ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου.

Η λίπανση του εγχυτήρα πραγματοποιείται από το ίδιο το καύσιμο, οπότε πρέπει να υπάρχει μια μόνιμη, σχετικά μικρή επιστροφή καυσίμου με ροή από τον αγωγό καταθλίψεως προς τον κεντρικό αγωγό επιστροφής. Το καύσιμο που επιστρέφει, λιπαίνει τις επιφάνειες επαφής της βελόνας με το σώμα, ενώ στη συνέχεια οδηγείται γύρω από το στέλεχος της βελόνας, στο χώρο του ελατηρίου, και απομακρύνεται από το σύστημα επιστροφής πετρελαίου.

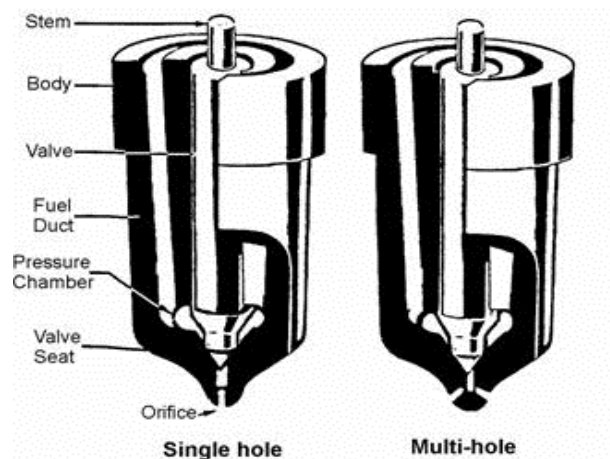
Στις τετράχρονες πετρελαιομηχανές εκτός του κύριου (κεντριού) εγχυτήρα συναντάται και η χρήση δευτερεύοντος πιλοτικού εγχυτήρα, τοποθετημένου στα πλάγια του πώματος (σχ. 1.2 & 1.5). Ο πιλοτικός εγχυτήρας προηγείται και εγχύει μικρή ποσότητα καυσίμου, το οποίο με την πρόωγη ανάφλεξή του βελτιώνει την εξάτμιση της κύριας μάζας του καυσίμου που εγχύεται από τον κεντρικό εγχυτήρα. Μειώνει έτσι την έγχυση καυσίμων κακής ποιότητας αναφλέξεως, ρυθμίζει καλύτερα την ποσότητα του καυσίμου σε συνθήκες πολύ χαμηλού φορτίου και μειώνει το θόρυβο καύσεως (σταδιακή έγχυση) καθώς και τις εκπομπές ρύπων (μέσω της μείωσης της μέγιστης πίεσεως και θερμοκρασίας της καύσεως).



Σχ. 1.5: Ο κύριος (κεντρικός) και ο πιλοτικός (αριστερά) εγχυτήρας σε τομή, τοποθετημένοι στο πάμα τετράχρονης μεσόστροφης πετρελαιομηχανής.

1.3 Είδη εγχυτήρων

Οι εγχυτήρες διακρίνονται σε εγχυτήρες μιας οπής και εγχυτήρες πολλών οπών.(σχ. 1.6α).

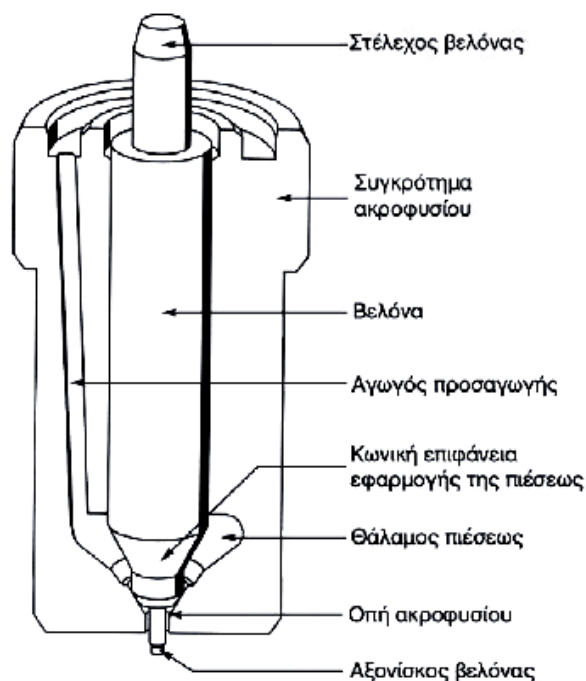


Σχ. 1.6α: Διάκριση Εκχυτήρων

1.3.1 Εγχυτήρας μιας οπής.

Τα ακροφύσια μιας οπής χρησιμοποιούνται συνήθως στους κινητήρες που διαθέτουν προθάλαμο καύσεως. Η βελόνα του ακροφυσίου μετά τη βαλβίδα εγχύσεως φέρει συνήθως προέκταση στο κάτω άκρο της σε σχήμα μικρού αξονίσκου με κωνική απόληξη (σχ. 1.6β). Ο συνδυασμός της εσωτερικής κωνικότητας της οπής του ακροφυσίου με την κωνική διαμόρφωση της βελόνας έχει άμεση επίδραση στη μορφή της δέσμης του καυσίμου. Δημιουργείται έτσι αξονοσυμμετρική δέσμη, συμπαγής ή με μορφή κοίλου κώνου, ανάλογα με το βαθμό βύθισης της προεκτάσεως της βελόνας. Έτσι στην αρχή της εγχύσεως ο αξονίσκος βυθίζεται ελάχιστα στο εσωτερικό του ακροφυσίου, δημιουργώντας δέσμη κοίλου κώνου μικρής παροχής. Στη συνέχεια, η πλήρης βύθιση του αξονίσκου επιτρέπει τη δημιουργία πιο συμπαγούς δέσμης, επιτυγχάνοντας έτσι τη μεταβλητή έγχυση καυσίμου, με τη μεγαλύτερη ποσότητα να εγχύεται στο της διαδικασίας. Η τεχνική αυτή έχει σημαντικό αποτέλεσμα στη μείωση του θορύβου της καύσεως.

Η παρεμβολή αυτή της βελόνας έξω από το στόμιο της βαλβίδας, έχει και το πρόσθετο πλεονέκτημα του αυτόματου καθαρισμού του στομίου από υπολείμματα της καύσεως, που μπορεί να έχουν συγκεντρωθεί εκεί.



Σχ. 1.6β: Σχέδιο εγχυτήρα μιας οπής σε τομή

1.3.2 Εγχυτήρας πολλών οπών.

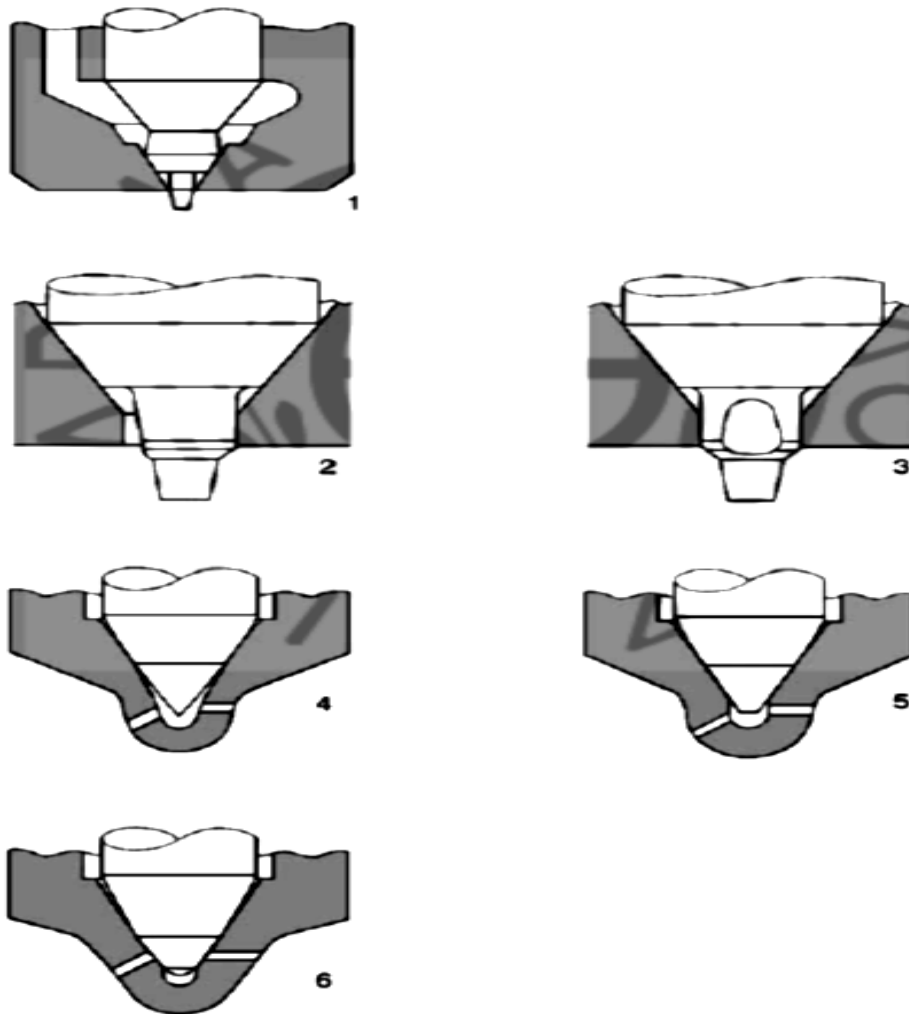
Τα ακροφύσια πολλών οπών χρησιμοποιούνται κυρίως σε θαλάμους καύσεως ενιαίου τύπου, ενώ δεν διαφέρουν αισθητά από τα ακροφύσια μίας οπής, με κύρια διαφορά το χαρακτηριστικό ότι η βελόνα τους δεν φέρει προεκβολή μετά τη βαλβίδα (σχ. 1.1). Οι οπές είναι ευθύγραμμες, ακτινικά διατεταγμένες γύρω από την τυφλή κοιλότητα και κάτω από την έδρα της βαλβίδας (κωνική απόληξη βελόνας).

Το καύσιμο που διέρχεται από κάθε μια από τις οπές, είναι σχετικά πυκνό και δεν παρουσιάζει διακοπές στη ροή του. Το σχήμα του νέφους του καυσίμου κατά την έγχυση εξαρτάται από τη θέση των οπών. Για να υπάρξει καλή κατανομή του καυσίμου μέσα στο θάλαμο καύσεως, οι οπές πρέπει να είναι κατανομημένες συμμετρικά. Όσον αφορά στον αριθμό τους είναι συνήθως μέχρι 12, ενώ σε ορισμένους κινητήρες μεγάλης ισχύος φτάνουν μέχρι και 18.

Η διάμετρος και το μήκος των οπών επηρεάζουν τη μορφή και την πορεία της εκάστοτε δέσμης του καυσίμου μέσα στο θάλαμο καύσεως. Η διάμετρος των οπών στα πιο διαδεδομένα ακροφύσια αρχίζει από 0,2 mm. Ακροφύσια πετρελαιοκινητήρα πολλαπλών οπών παρουσιάζονται στο σχήμα 1.7, ενώ στο σχήμα 1.8 απεικονίζονται εγχυτήρες μιας και πολλαπλών οπών, σε τομή.



Σχ. 1.7: Συγκροτήματα ακροφυσίων πολλαπλών οπών.



Σχ. 1.8 Διαφορετικές διατάξεις ακροφυσίων. Μιας οπής (1, 2, 3) και πολλαπλών οπών (4, 5, 6)

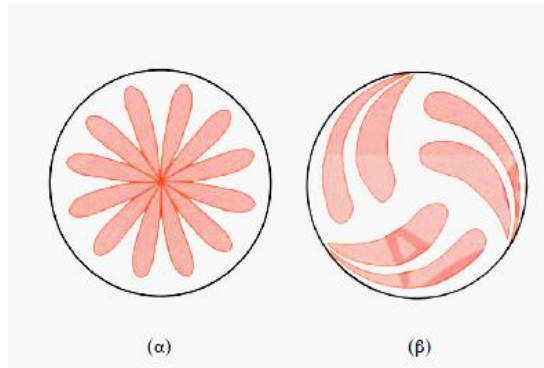
1.4 Σχηματισμός του νέφους σωματιδίων

Ανάλογα με τη διατομή του ακροφυσίου σχηματίζεται διαφορετική μορφή νέφους σωματιδίων. Στην περίπτωση των πετρελαιοκινητήρων, λόγω της μεγάλης πίεσης που επικρατεί κατά την έγχυση, απαιτείται συμπαγής δέσμη καυσίμου με ισχυρή ορμή, για να μπορέσει να διαπεράσει τον πυκνό αέρα. Για το λόγο αυτό, χρησιμοποιούνται κατάλληλα ακροφύσια (επίπεδης σχισμής), που παράγουν δέσμη καυσίμου αρκετά συμπαγή στο κέντρο. Αυτή περιβάλλεται όμως από μια εξωτερική ζώνη διαχωρισμένων σταγονιδίων, σε μορφή νέφους.

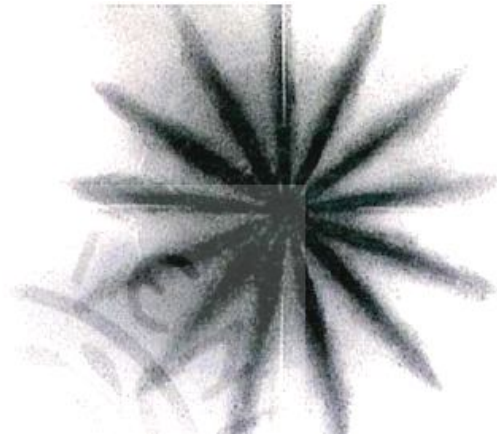
Οι τετράχρονοι πετρελαιοκινητήρες φέρουν τον κύριο εγχυτήρα τους τοποθετημένο στο κέντρο του πώματος, δημιουργώντας έτσι δέσμες διατεταγμένες ακτινικά. Αντίθετα, οι μεγάλοι αργόστροφοι δίχρονοι πετρελαιοκινητήρες με βαλβίδα εξαγωγής φέρουν διαφορετικά ακροφύσια, διατεταγμένα περιφερειακά, τα οποία δημιουργούν δέσμες καυσίμου σε περιφερειακή διάταξη (σχ. 1.9, 1.10). Οι αργόστροφοι κινητήρες με θυρίδες εξαγωγής μπορεί να φέρουν στο πώμα κεντρικό εγχυτήρα. Τα ακροφύσια που χρησιμοποιούνται στους βενζινοκινητήρες (ή σε πετρελαιοκινητήρες χαμηλής συμπίεσεως), παράγουν δέσμη σταγονιδίων αποκλειστικά με τη μορφή νέφους, χωρίς συμπαγή κεντρική ζώνη. Τα παραγόμενα νέφη από δέσμες με συμπαγή κεντρικό πυρήνα προκαλούν καλύτερη εξαέρωση του καυσίμου. Αντίστοιχα, η μείωση στη διάμετρο της οπής του ακροφυσίου οδηγεί στη μείωση της διαμέτρου των παραγόμενων σταγονιδίων. Έτσι είναι προτιμότερο η παροχή του καυσίμου να οδηγείται από περισσότερες μικρότερες οπές στο θάλαμο καύσεως και όχι από μία μεγαλύτερη κεντρική. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται το μέγεθος των σταγονιδίων (πιο γρήγορη εξαέρωση), ενώ ο διασκορπισμός μπορεί να γίνει προς διαφορετικές διευθύνσεις, καλύπτοντας αποδοτικότερα τον όγκο του θαλάμου καύσεως.

Η διάμετρος του κάθε σταγονιδίου πρέπει να είναι της τάξεως των 10 μm (μικρών). Η ελαχιστοποίηση της διαμέτρου της σταγόνας και παράλληλα η δημιουργία μεγάλου αριθμού σταγόνων μεγιστοποιεί τη συνολική ελεύθερη επιφάνεια μεταξύ καυσίμου και αέρα, οπότε διευκολύνεται η εξάτμιση του και η ανάμειξη του με τον αέρα. Μικρές μεταβολές στη διάμετρο της κάθε σταγόνας (λόγω ακαθάρτων ή αρρυθμιστων ακροφυσίων) έχουν πολύ μεγάλη επίδραση στο ρυθμό εξατμίσεως του καυσίμου. Αυτό οφείλεται στη σημαντική μεταβολή της επιφάνειας της σταγόνας, που είναι ανάλογη του τετραγώνου της διαμέτρου της. Η διάσπαση της δέσμης του καυσίμου σε μικρά σταγονίδια πραγματοποιείται με την επιτάχυνση του καυσίμου εντός του ακροφυσίου.

Η δέσμη καυσίμου μεγάλης ταχύτητας, καθώς εισέρχεται στον πυκνό αέρα του θαλάμου καύσεως, διασπάται, σχηματίζοντας νέφος σταγονιδίων. Η εξάτμιση των σταγονιδίων επιταχύνεται λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του συμπιεσμένου αέρα, ενώ η διάχυση τους σε όλο τον όγκο του χώρου καύσεως υποβοηθείται από το στροβιλισμό του αέρα εντός του κυλίνδρου κατά τη διάρκεια της συμπίεσεως.

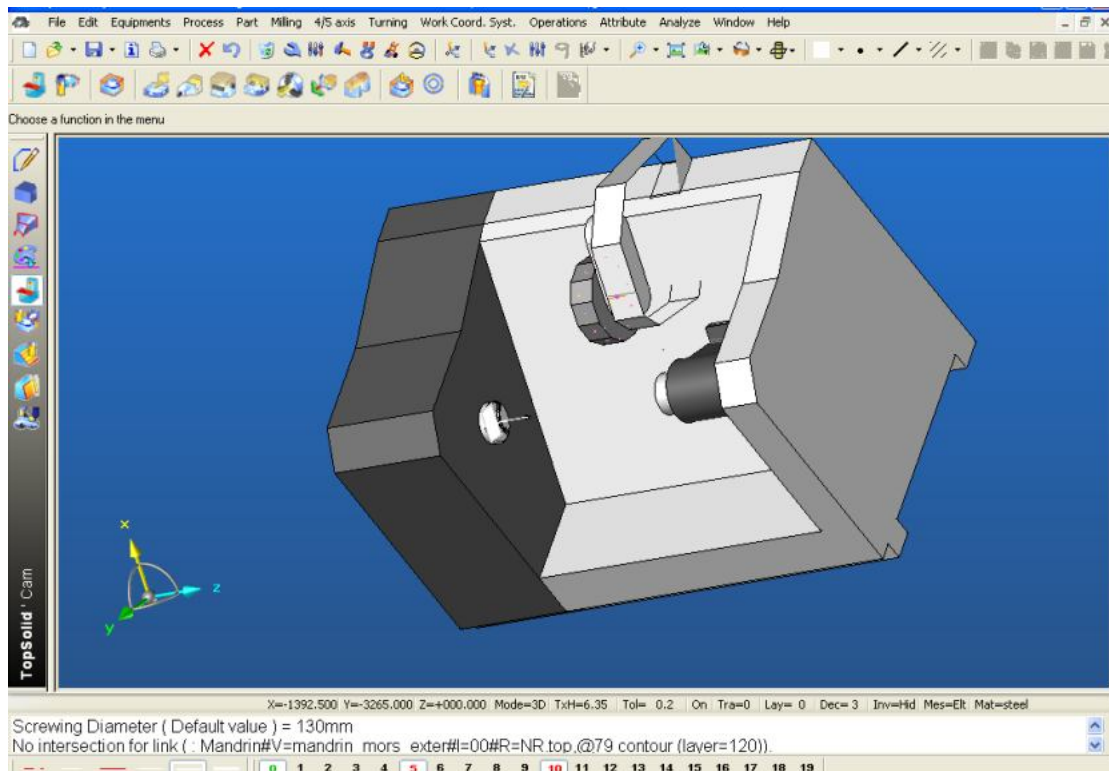


Σχ. 1.9: Σχηματική απεικόνιση δεσμών καστίμου σε τετράχρονη μεσόστροφη πετρελαιομηχανή (α) και σε μεγάλη δίχρονη αργόστροφη πετρελαιομηχανή με τρεις εγχυτήρες (β)

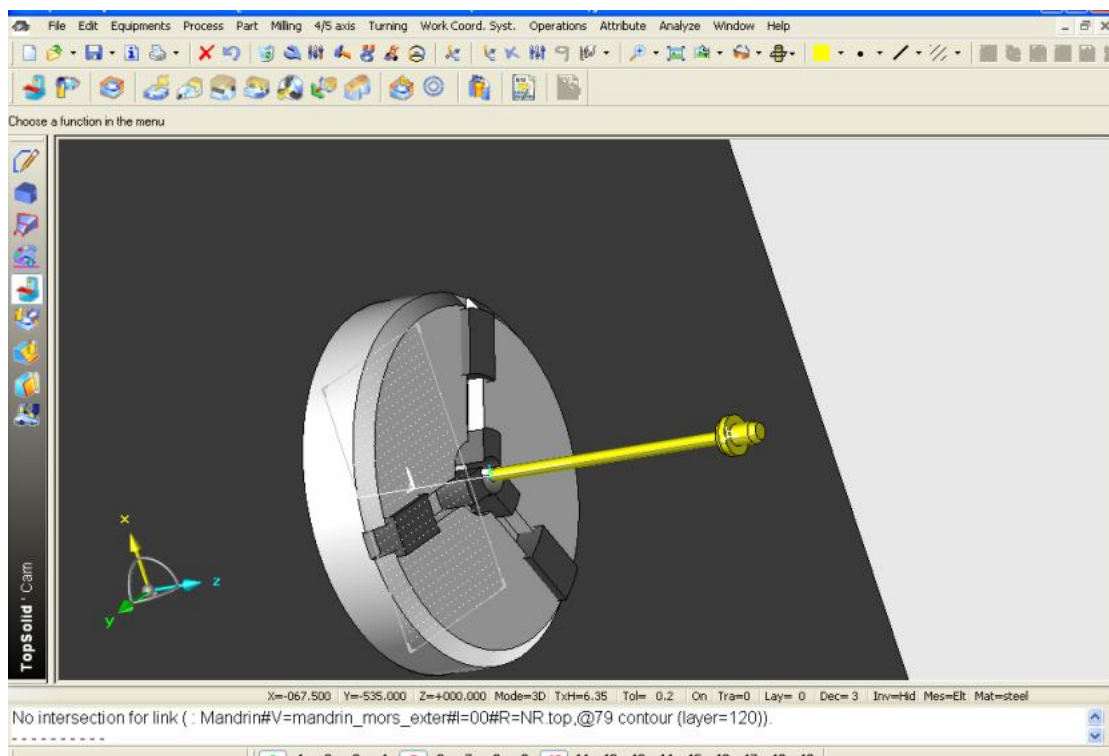


Σχ. 1.10: Φωτογραφία δεσμών καστίμου, όπως εξέρχονται από κεντρικό εγχυτήρα πολλαπλών οπών σε τετράχρονη πετρελαιομηχανή

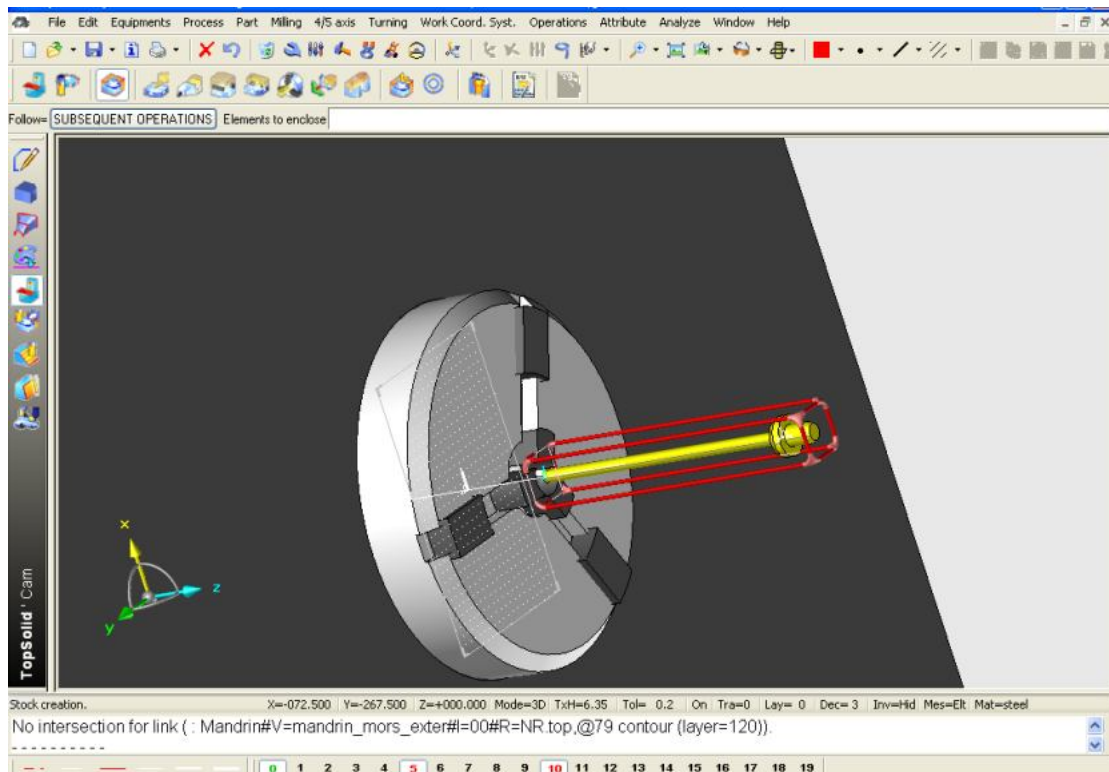
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2: Σχεδίαση κατεργασιών εξαρτημάτων



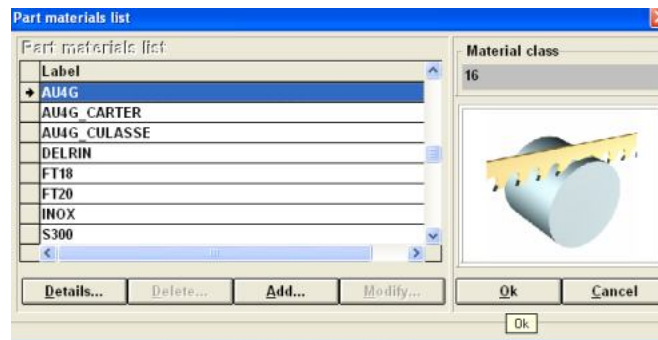
Εικόνα 1: Επιλογή εργαλειομηχανής - τόνου



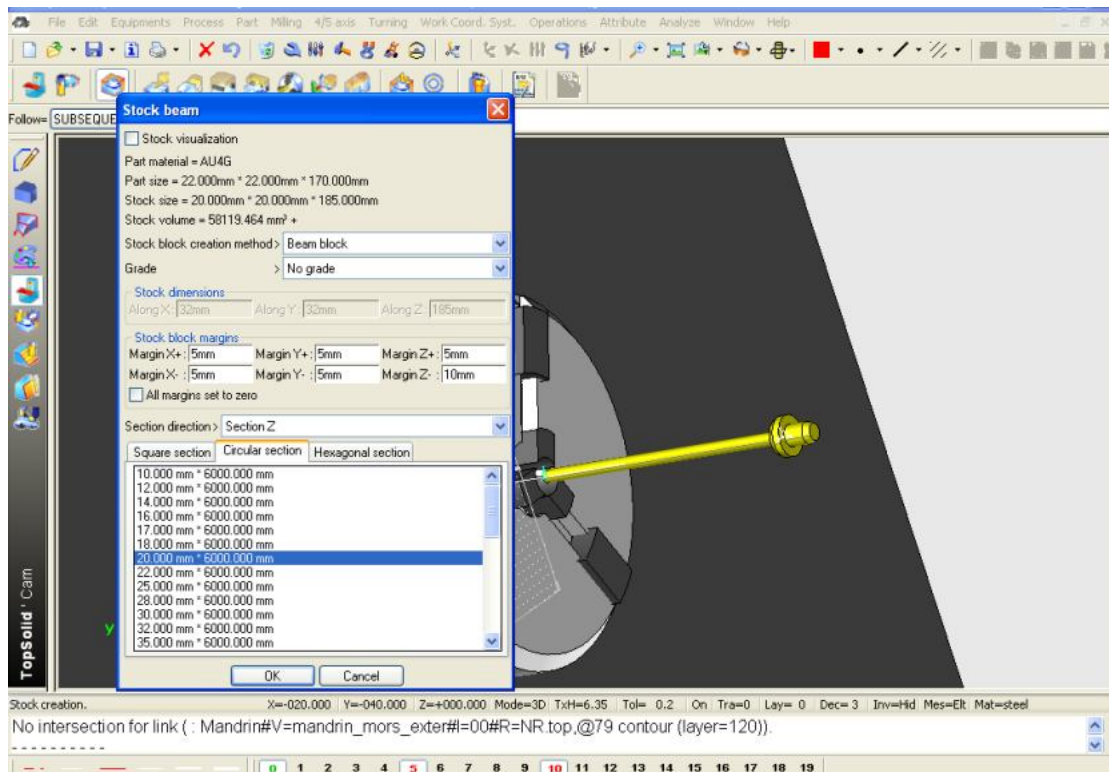
Εικόνα 2: Τοποθέτηση δοκιμίου



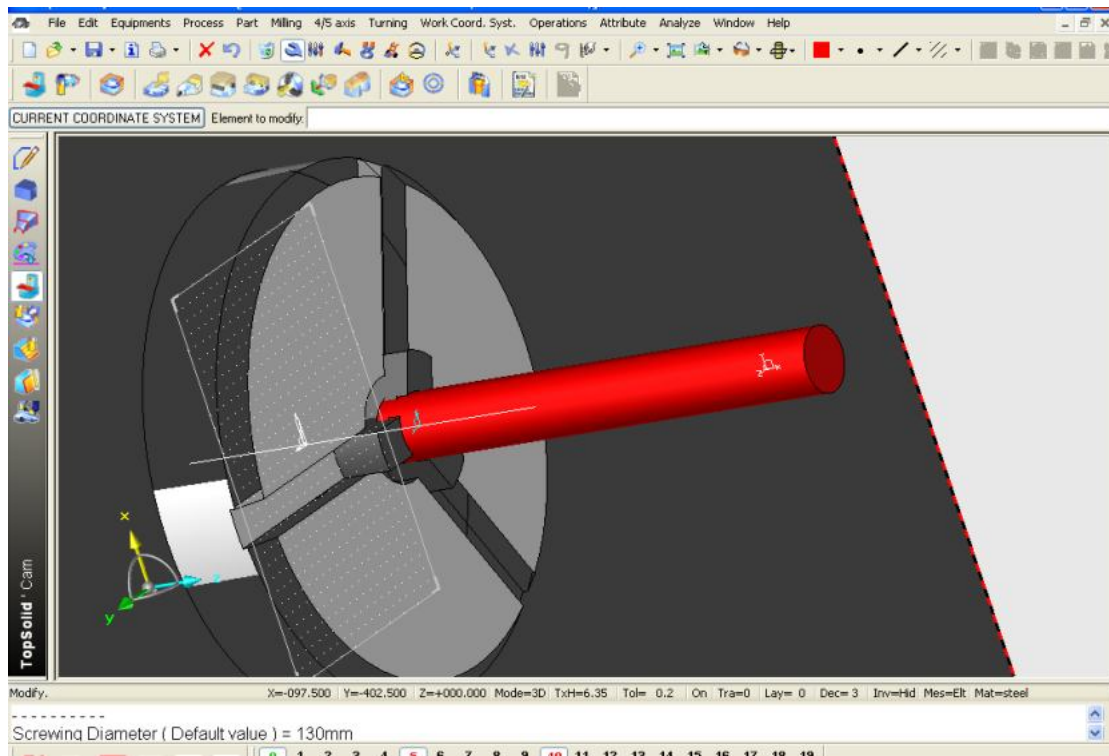
Εικόνα 3: Εγκιβωτισμός του δοκιμίου



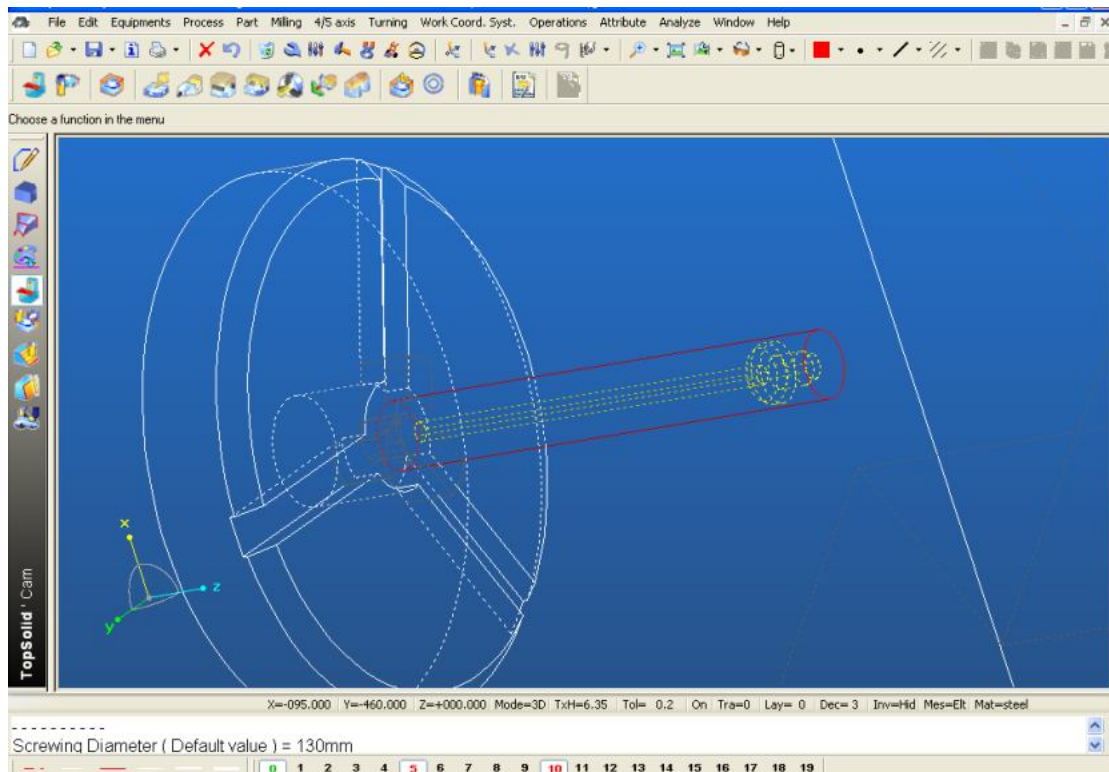
Εικόνα 4: Επιλογή υλικού



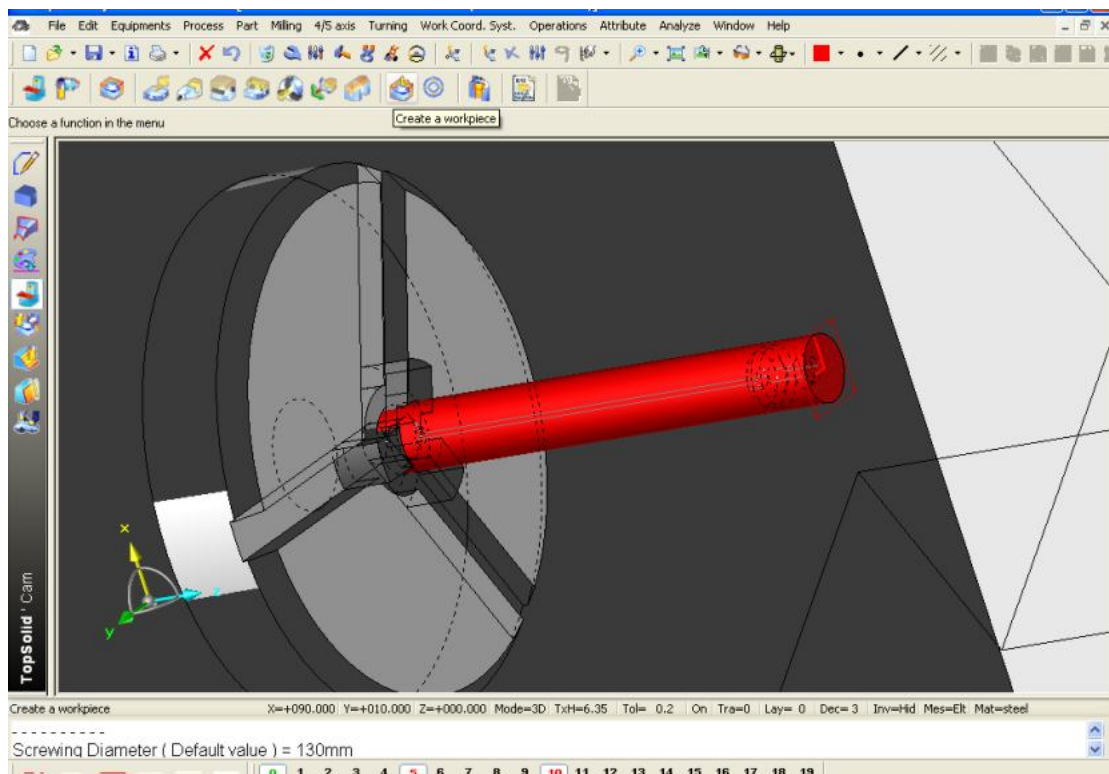
Εικόνα 5: Εγκιβωτισμός του δοκιμίου



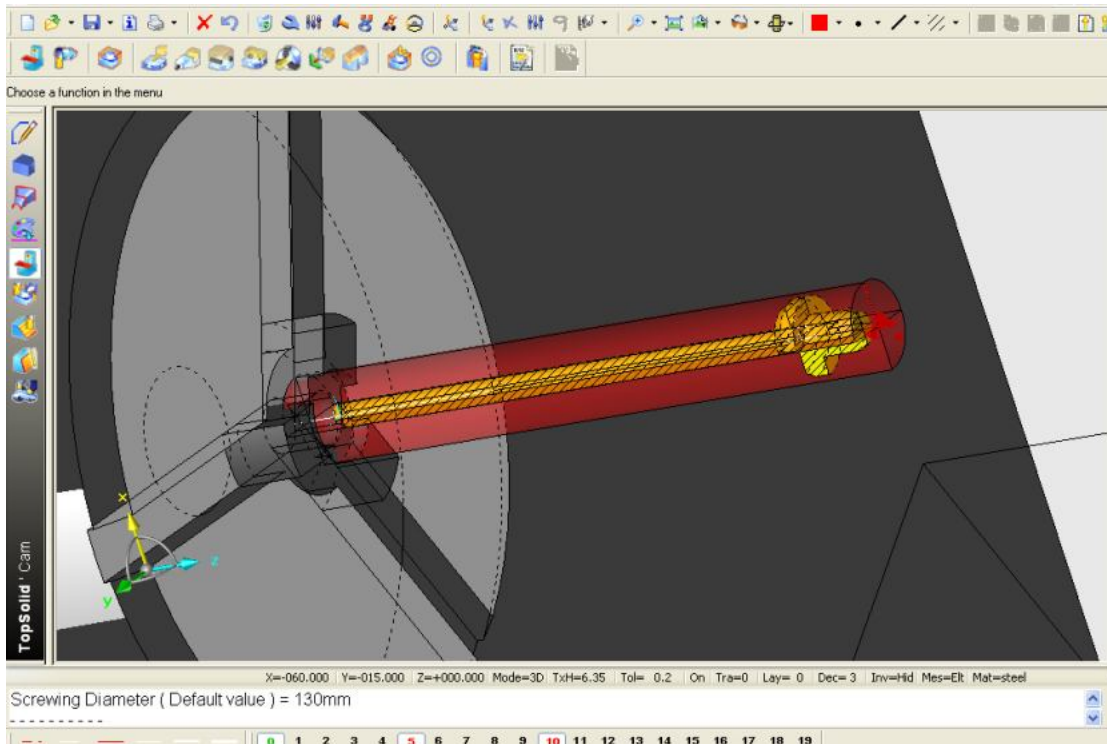
Εικόνα 6: Αρχική μορφή δοκιμίου



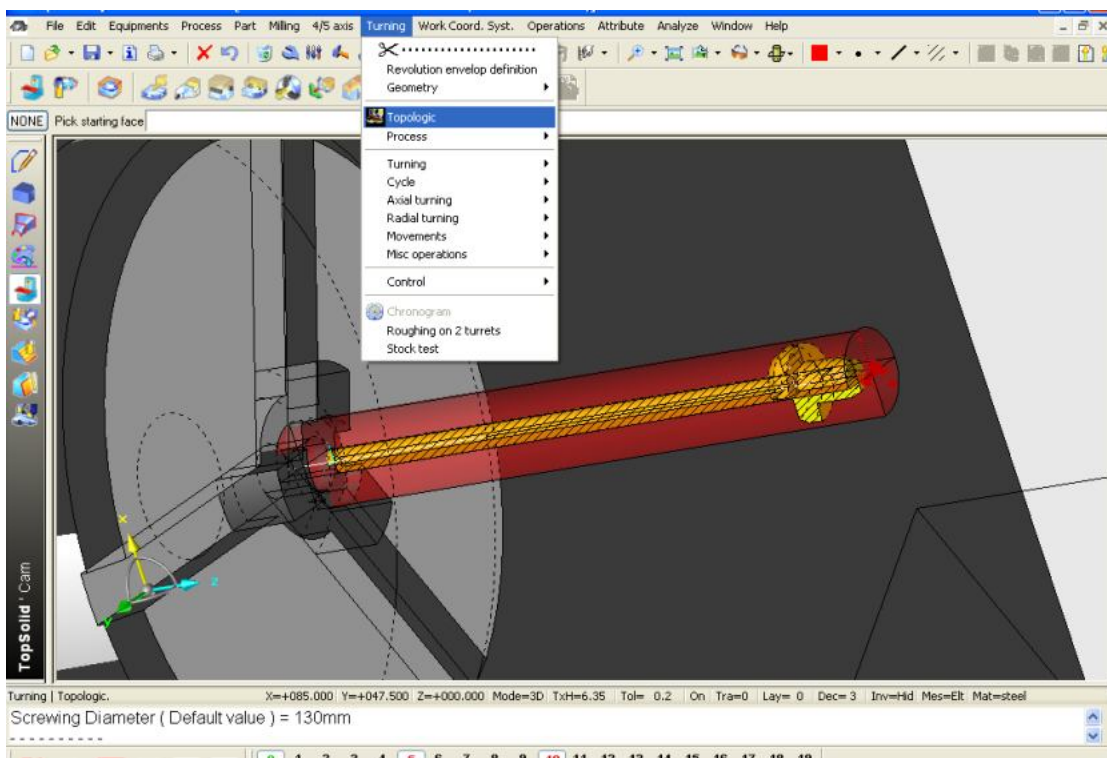
Εικόνα 7: Προσδιορισμός μηδενικού σημείου



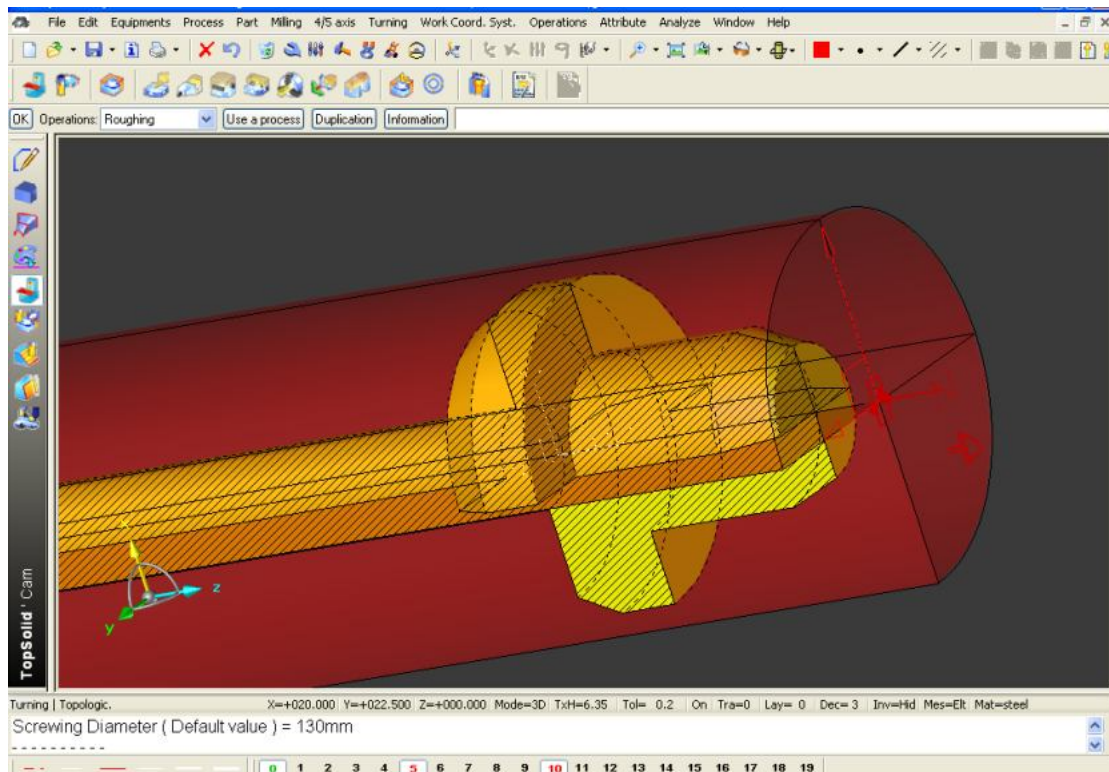
Εικόνα 8: Εγκιβωτισμός του-προσδιορισμός μηδενικού σημείου



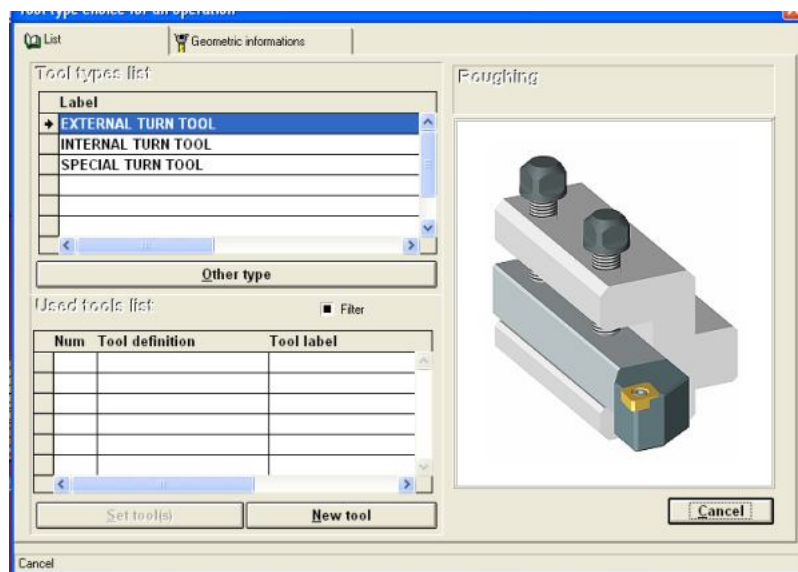
Εικόνα 9: Εμφάνιση του δοκιμίου πριν την κατεργασία



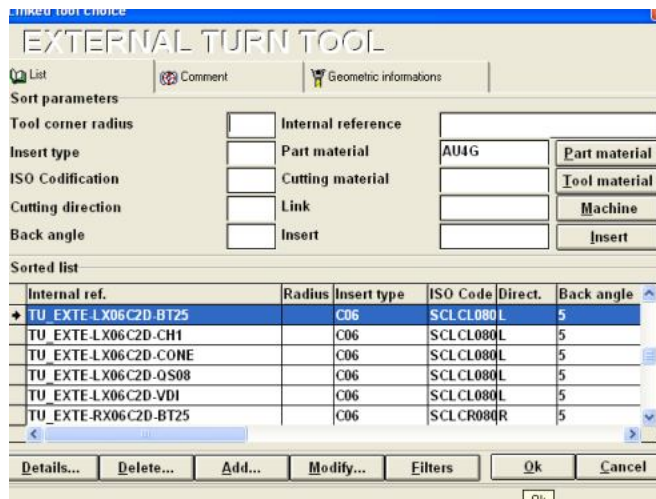
Εικόνα 10: Αυτόματη αναγνώριση κατεργασίας



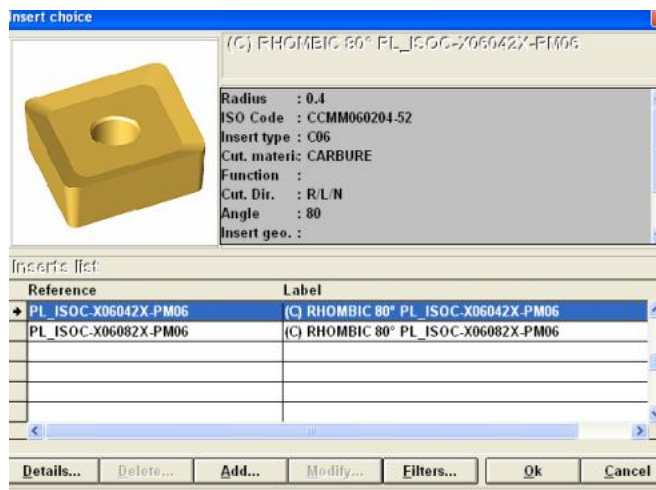
Εικόνα 11: Επιλογή επιφανειών για αφαίρεση υλικού



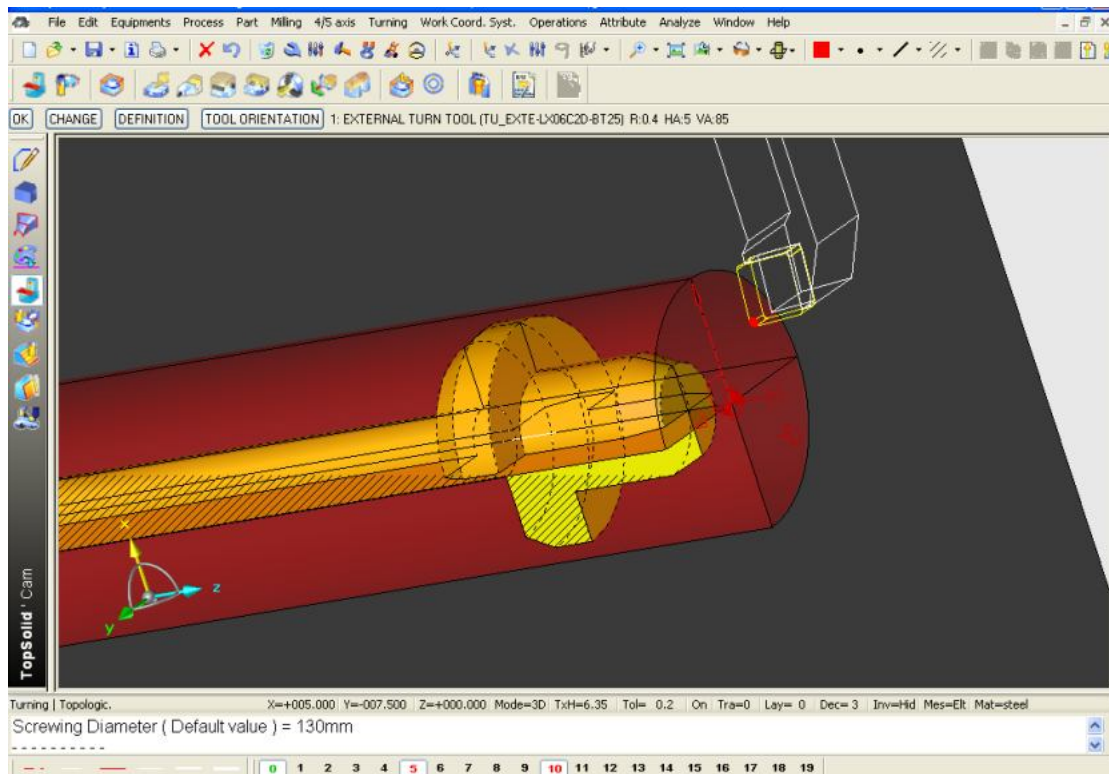
Εικόνα 12: Επιλογή κοπτικού για κατεργασία εξωτερικής περιφερειακής τόννευσης



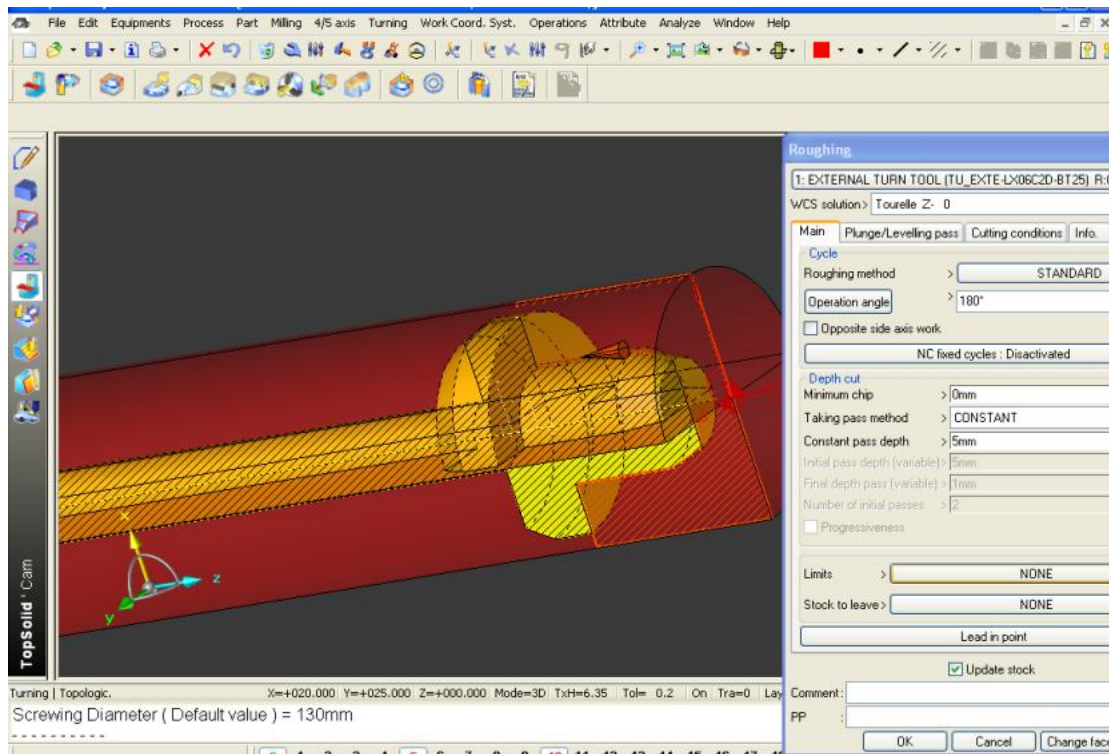
Εικόνα 13: Επιλογή ένθετου πλακιδίου



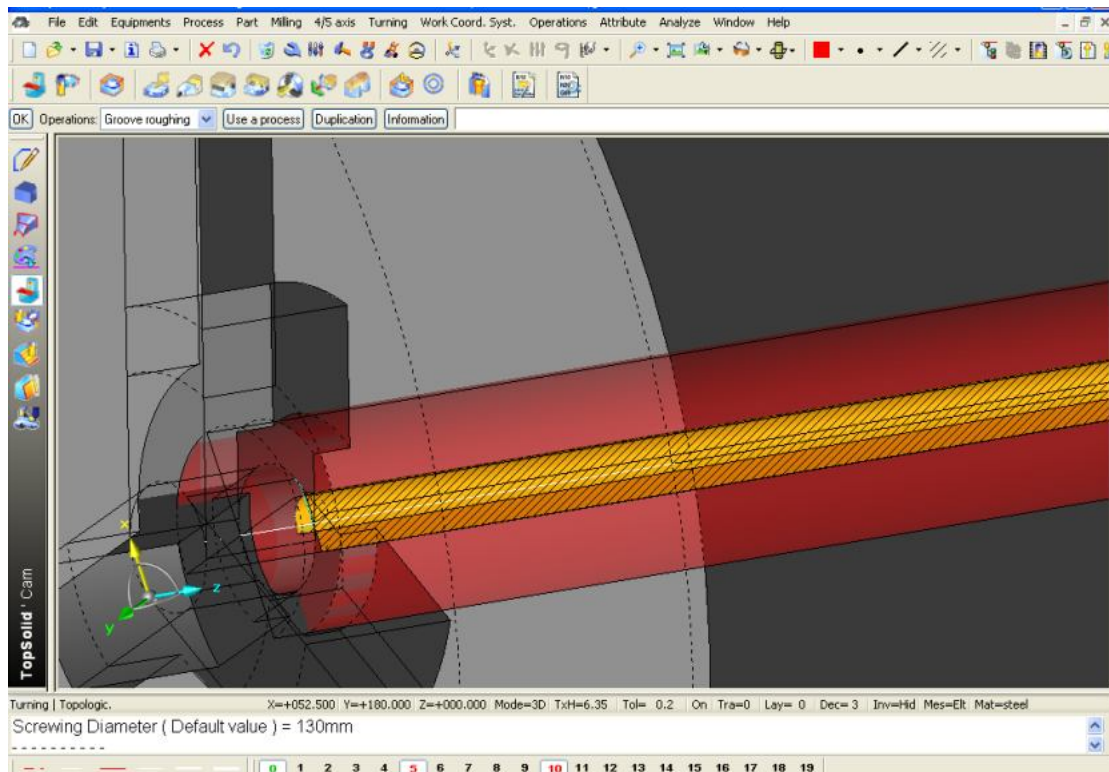
Εικόνα 14: Επιλογή γεωμετρίας ένθετου πλακιδίου



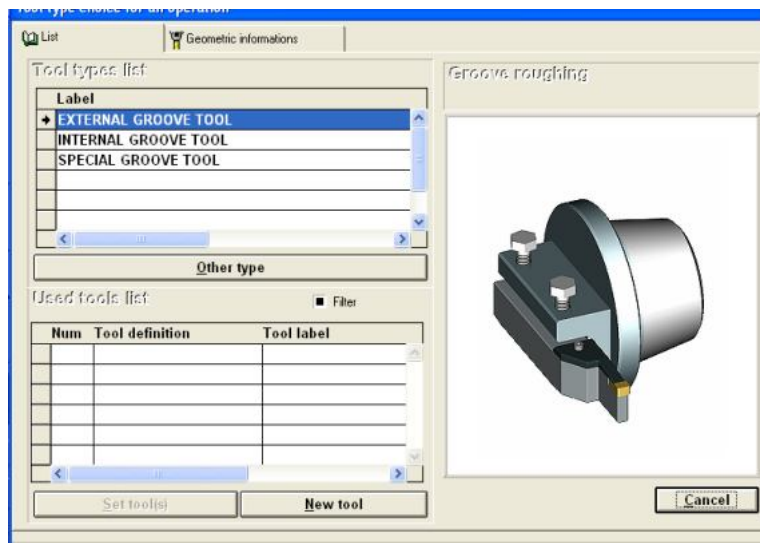
Εικόνα 15: Τοποθέτηση κοπτικού δοκιμαστικά για έλεγχο προσανατολισμού του



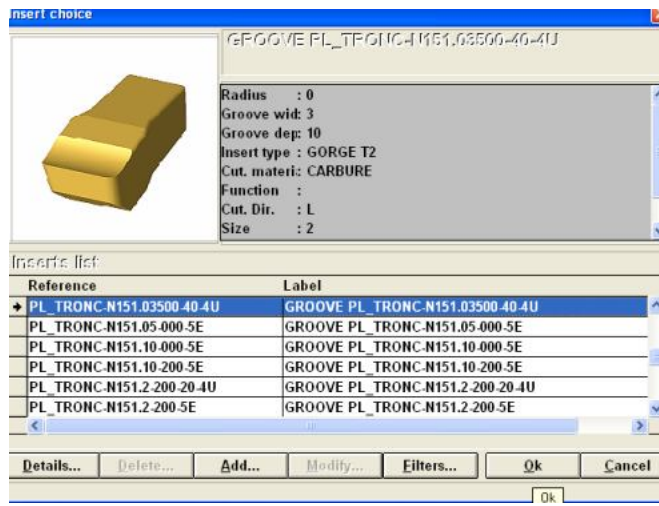
Εικόνα 16: Υλικό που πρέπει να αφαιρεθεί



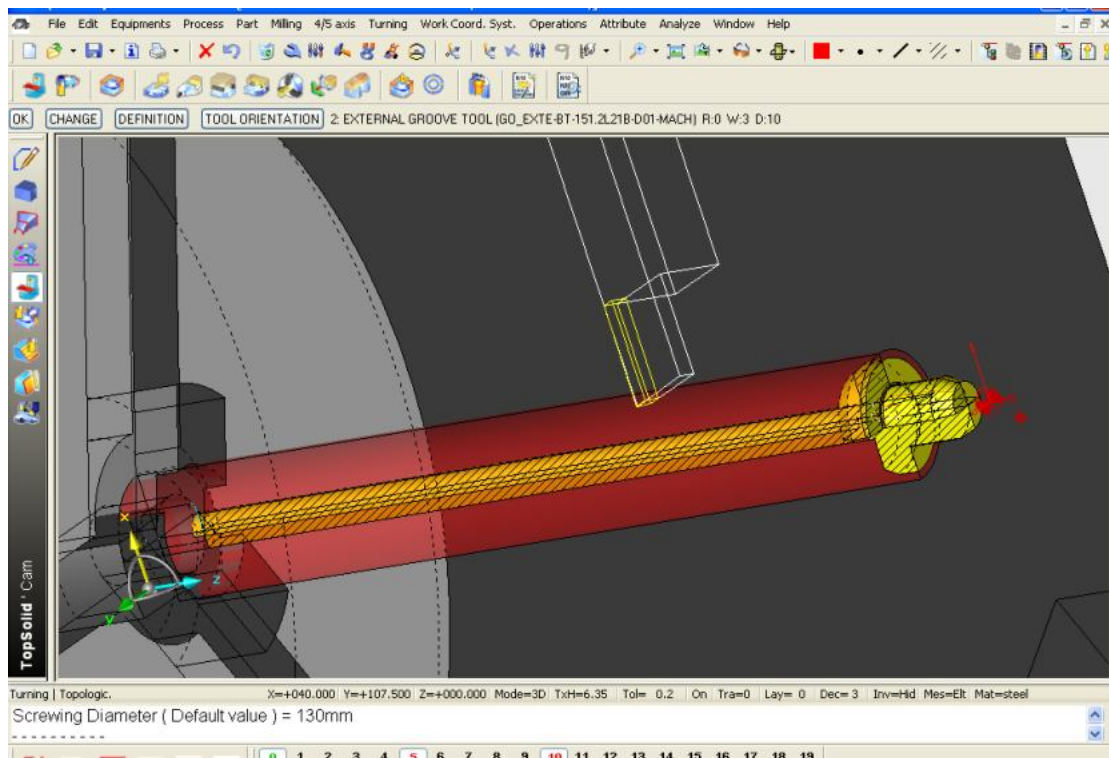
Εικόνα 17: Επιλογή αρχικής – τελικής επιφάνειας κατεργασίας



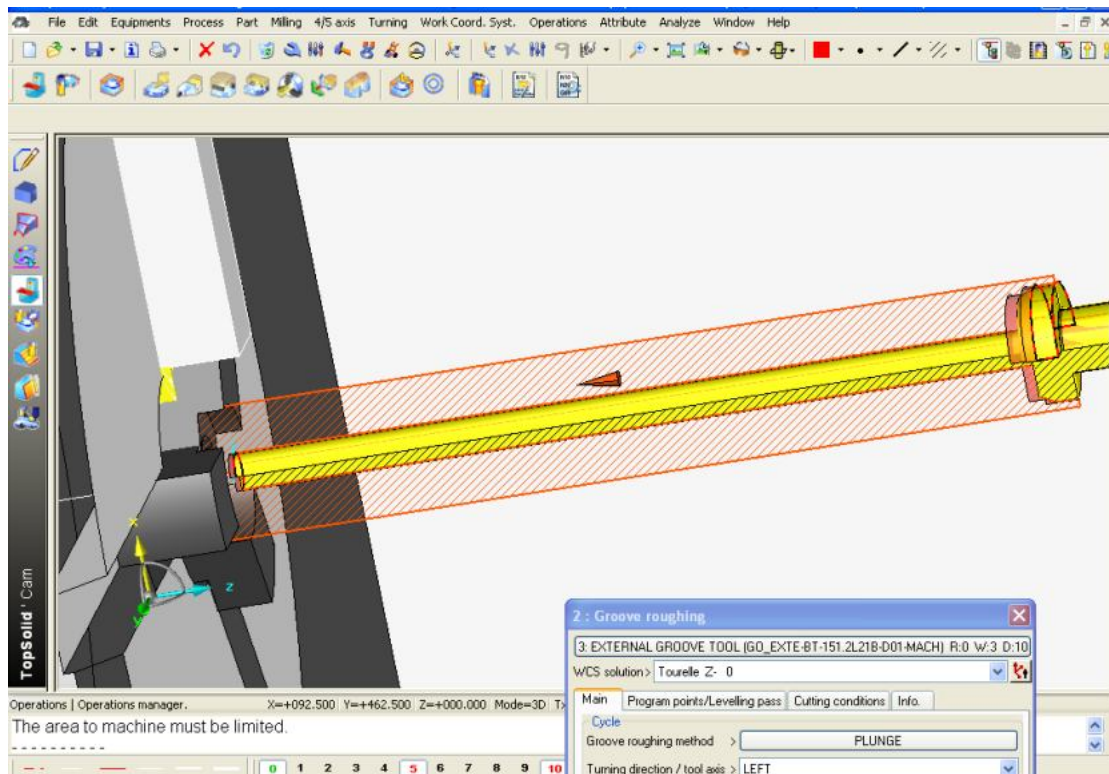
Εικόνα 18: Επιλογή μανέλας κοπτικού



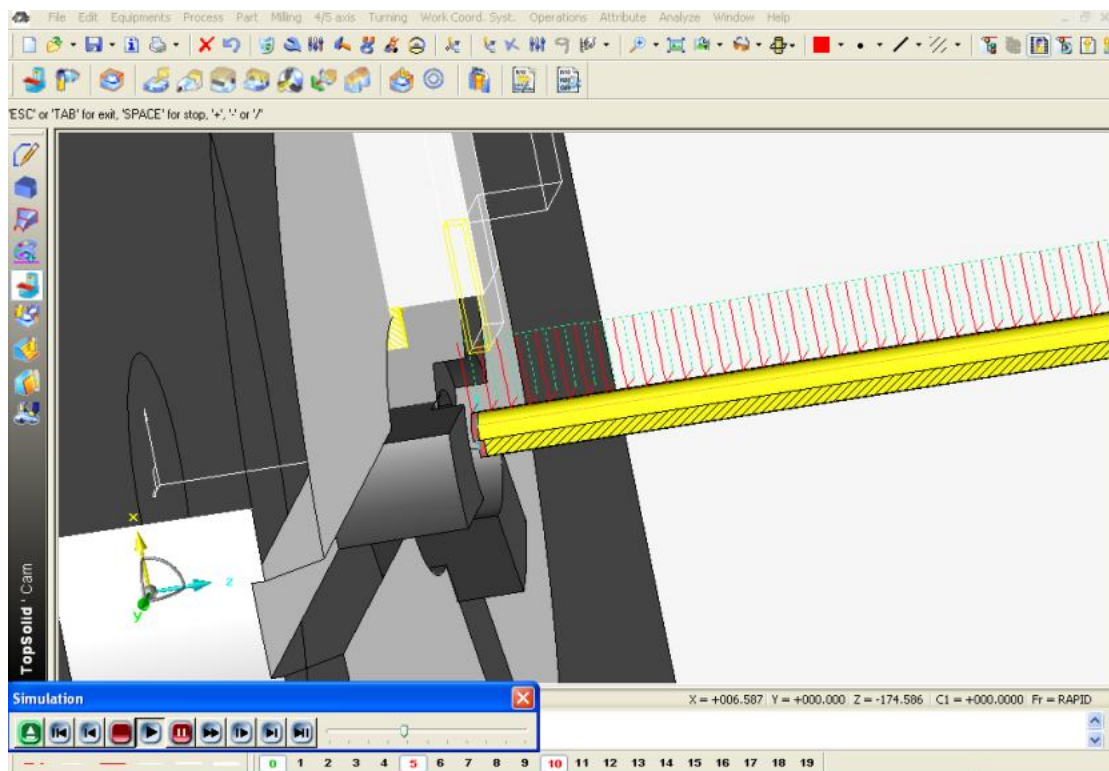
Εικόνα 19: Επιλογή κοπτικού (ένθετου πλακιδίου)



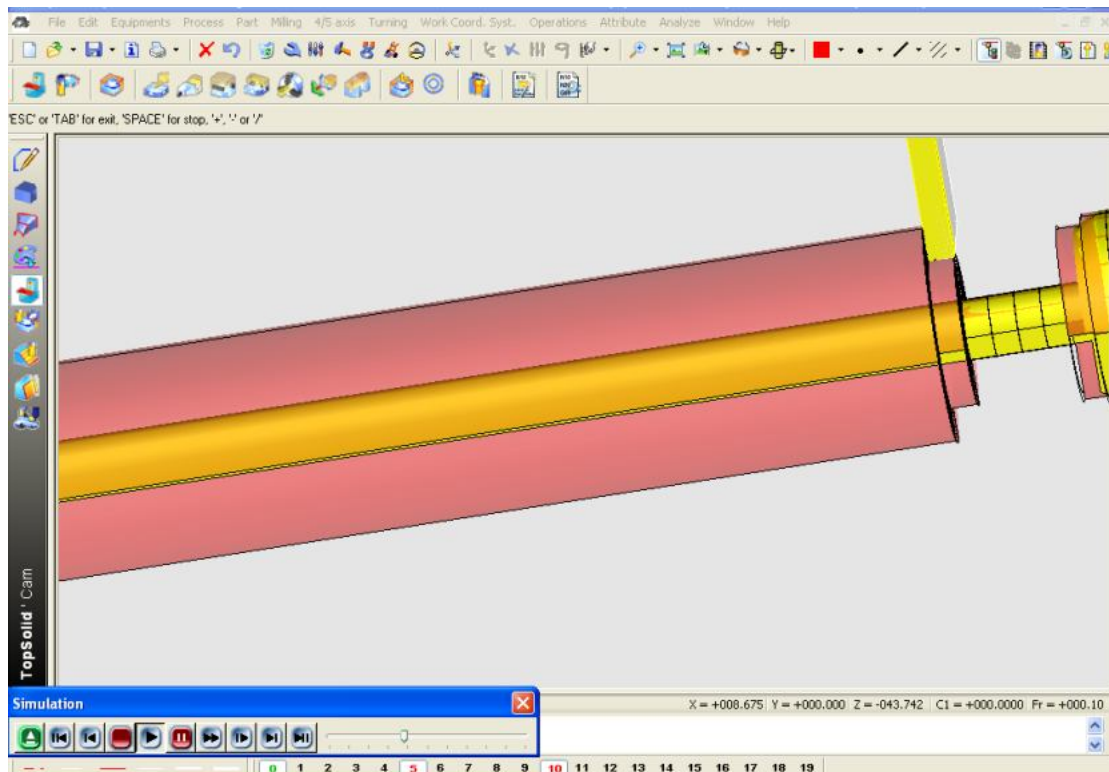
Εικόνα 20: Τοποθέτηση κοπτικού δοκιμαστικά για έλεγχο προσανατολισμού του



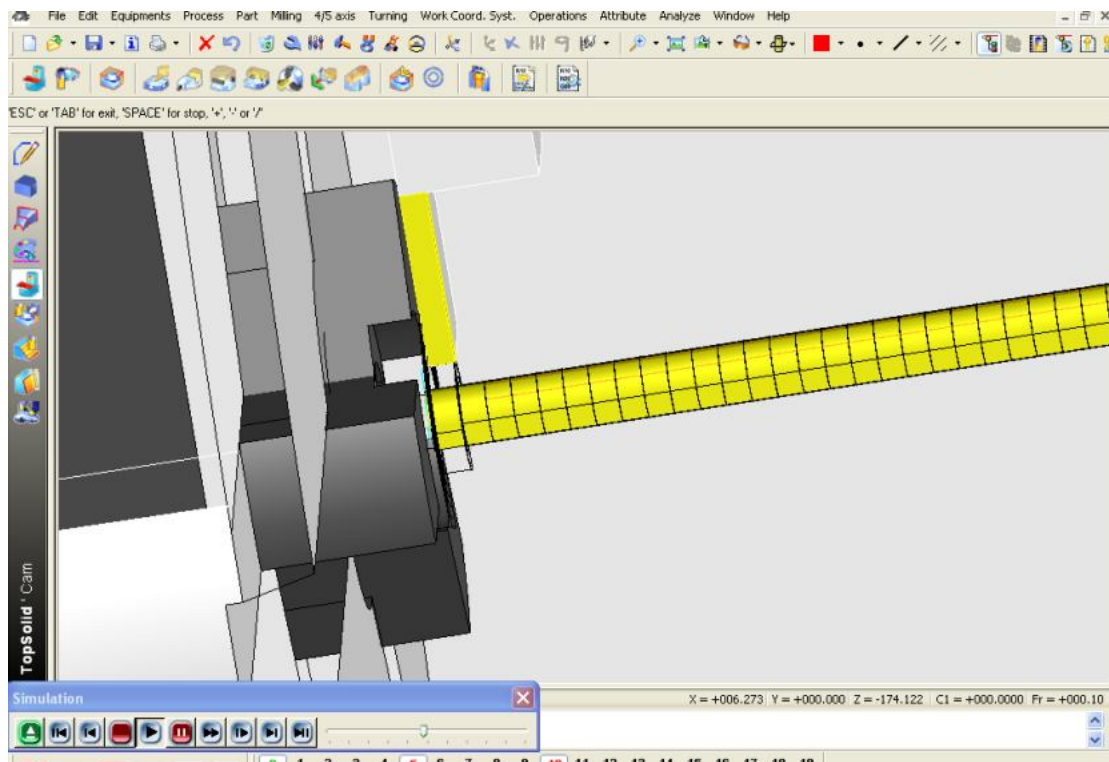
Εικόνα 21: Υλικό που αφαιρείται



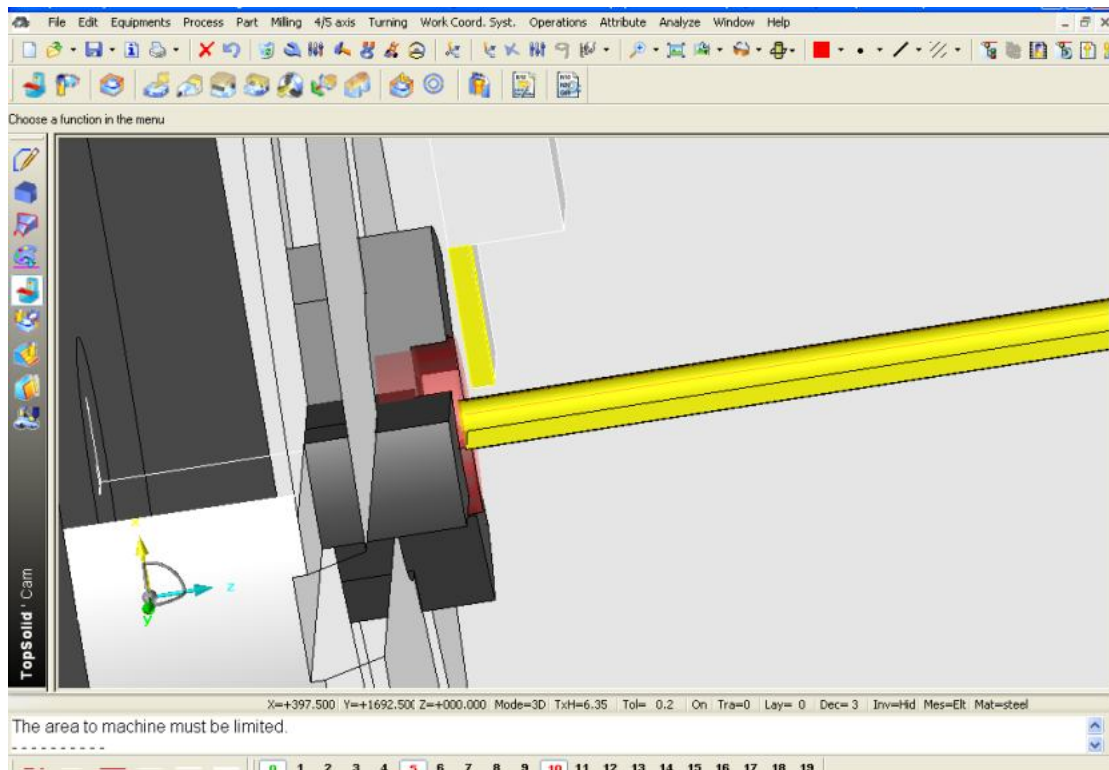
Εικόνα 22: Διαδρομές κοπτικού



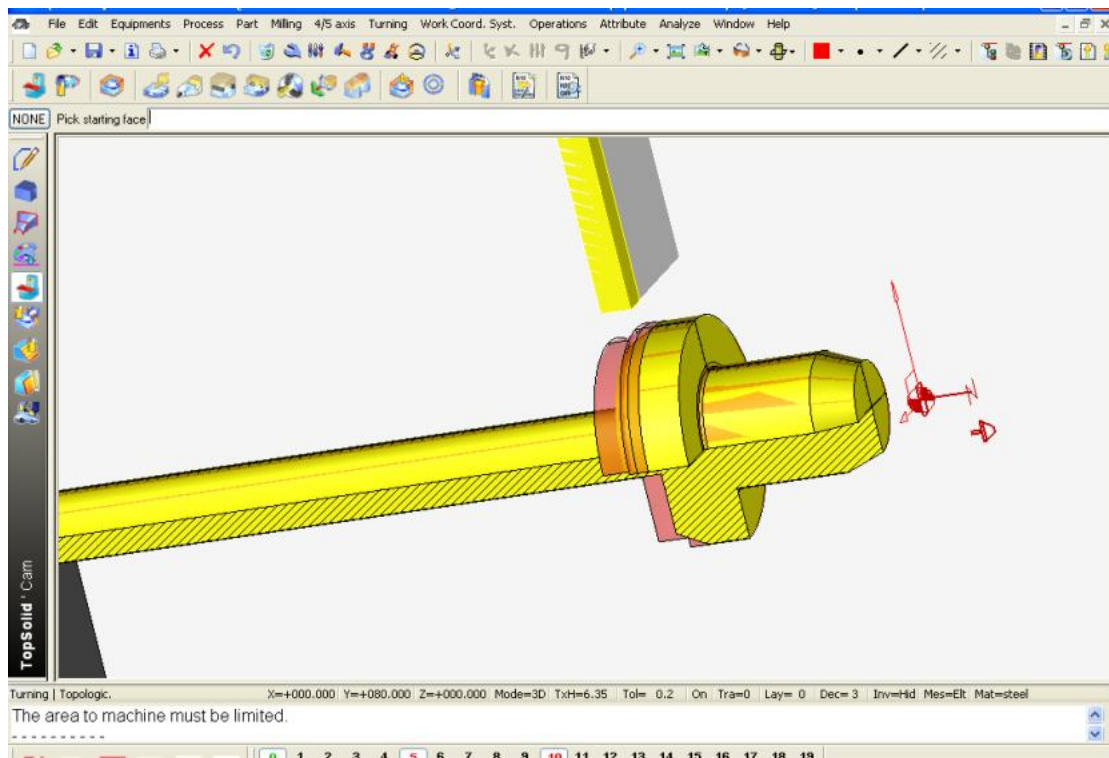
Εικόνα 23: Προσομίωση κατεργασίας



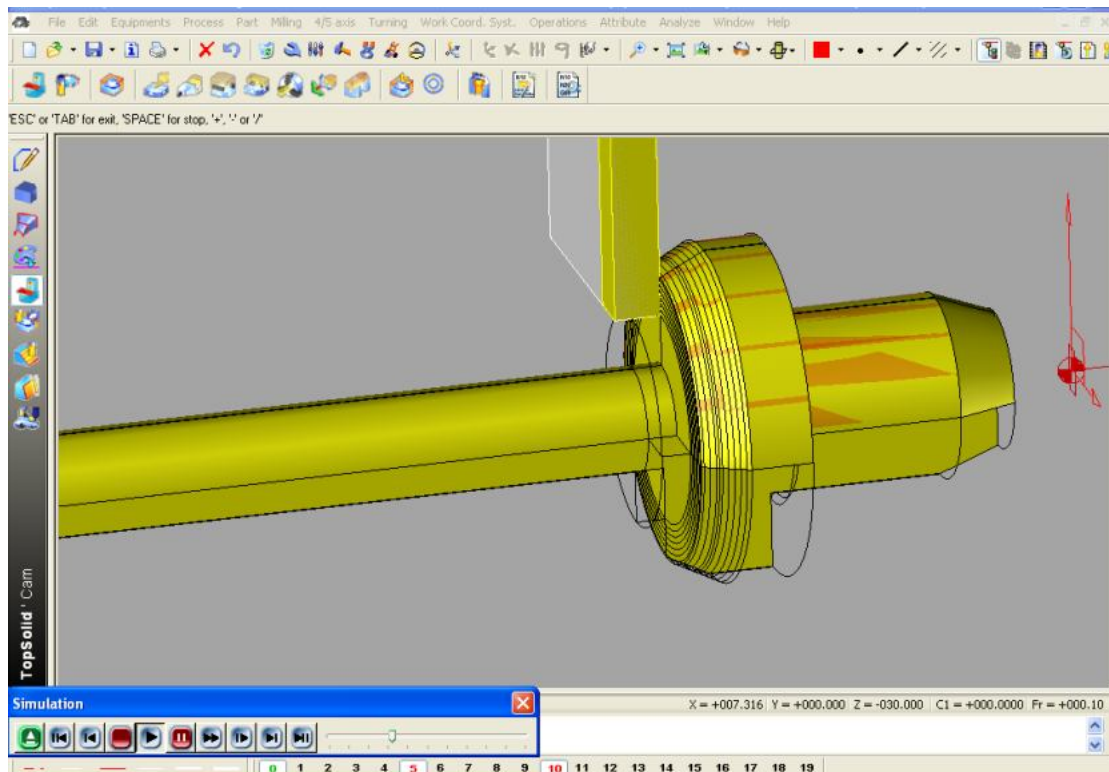
Εικόνα 24: Σύγκρουση κοπτικού με τσοκ



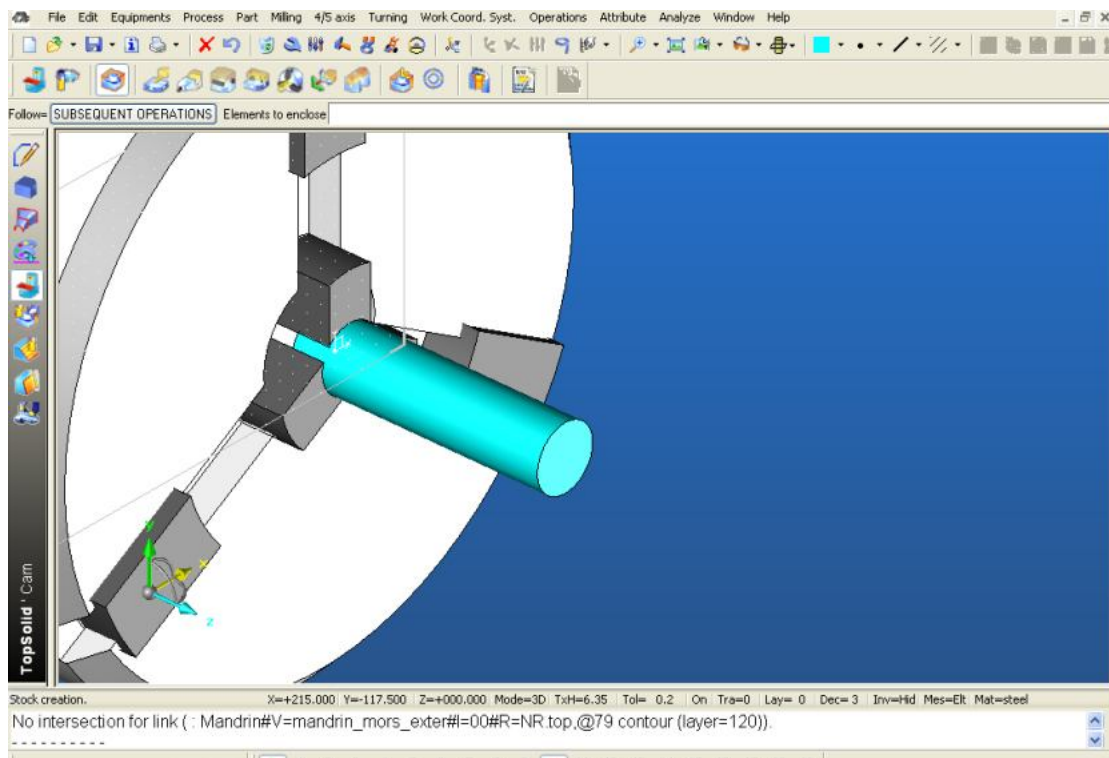
Εικόνα 25: Διόρθωση προηγούμενου σφάλματος (σύγκρουση) καθορίζοντας τα όρια στον άξονα Z



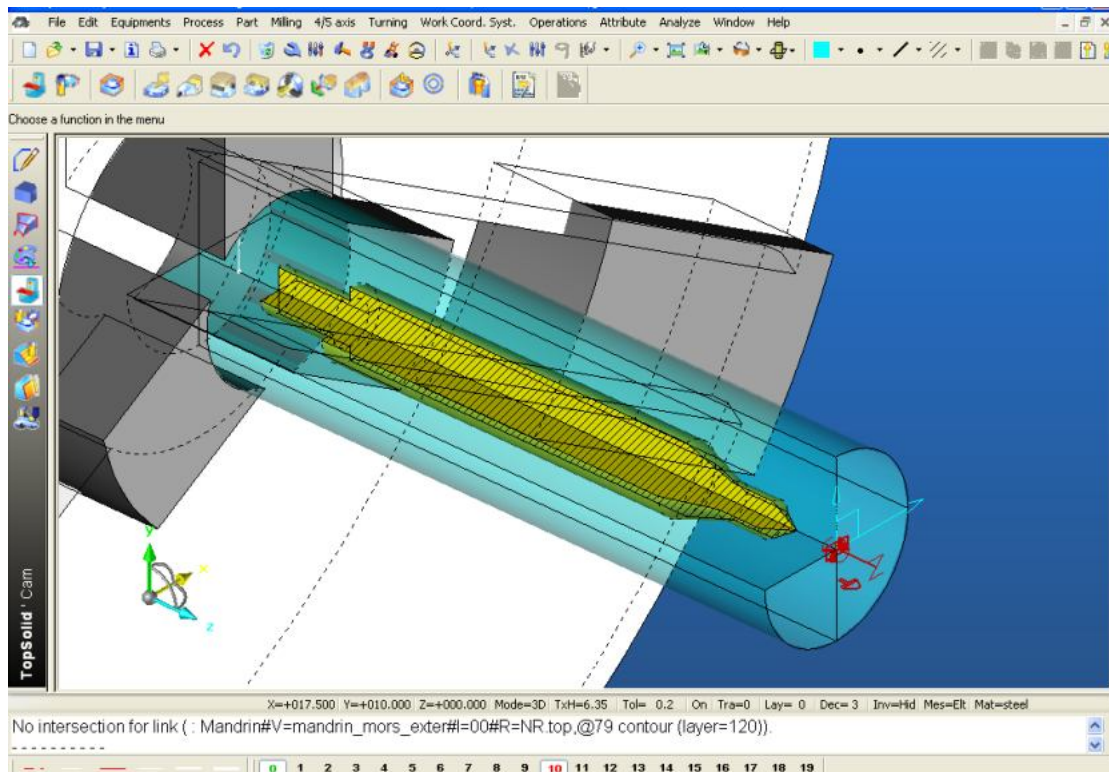
Εικόνα 26: Τελική αφαίρεση υλικού - φινιρίσματα



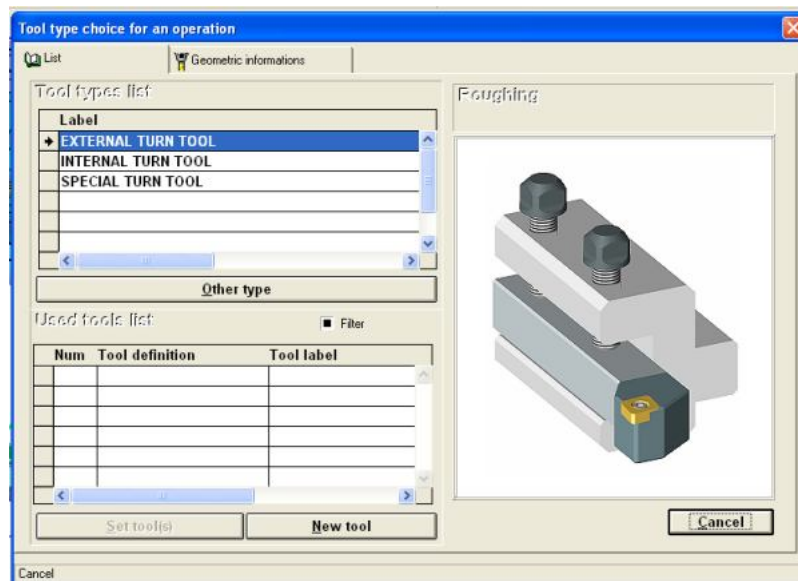
Εικόνα 27: Τελική αφαίρεση υλικού - φινίριασμα



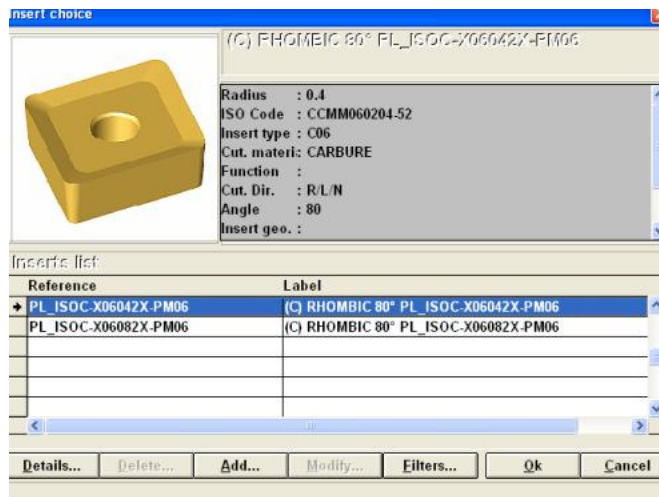
Εικόνα 28: Τοποθέτηση δοκιμίου-Εγκιβωτισμός του



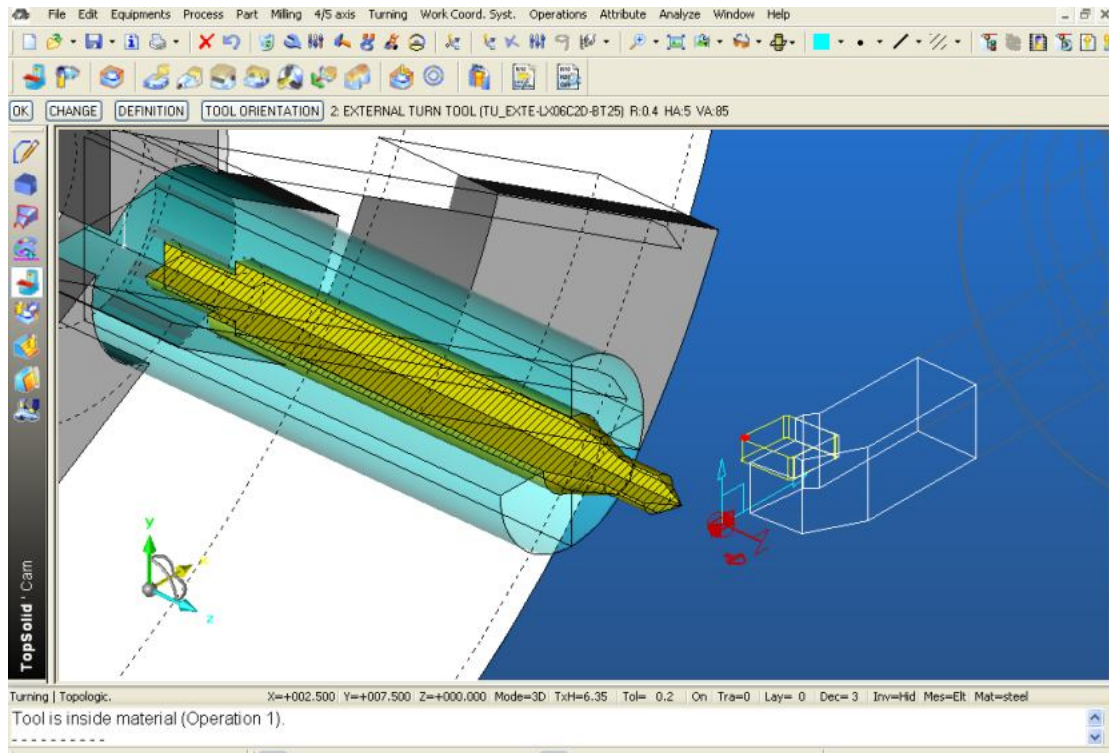
Εικόνα 29: Προσδιορισμός μηδενικού σημείου



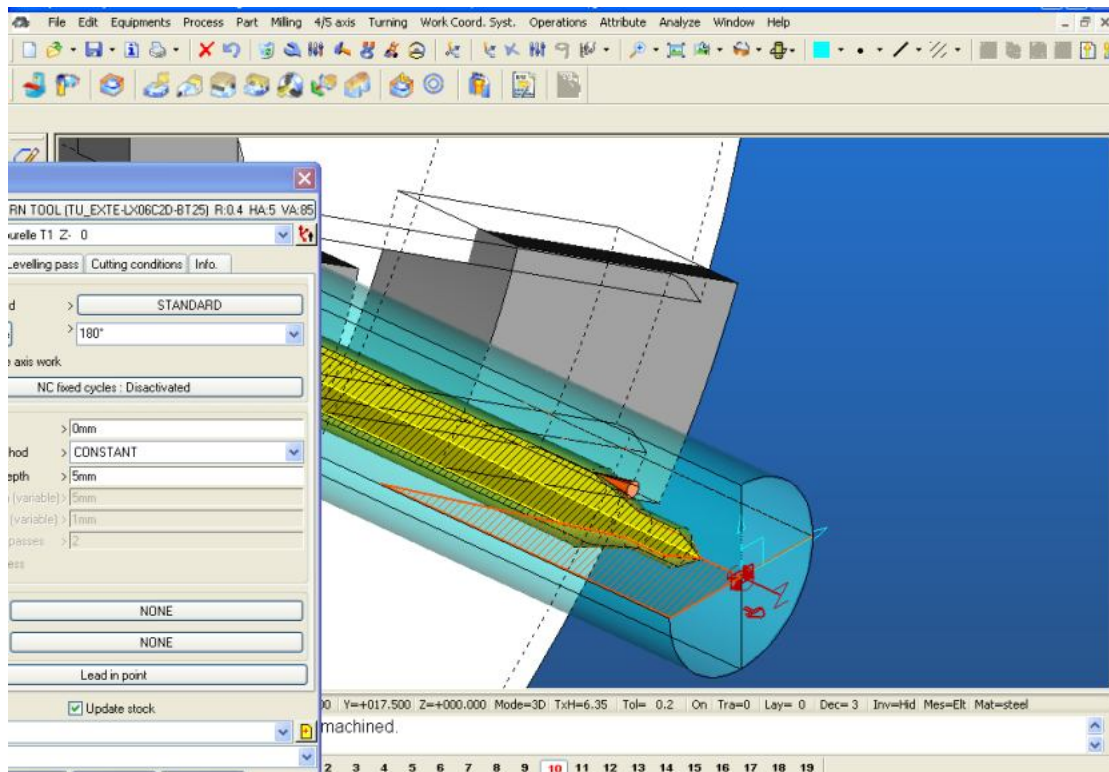
Εικόνα 30: Επιλογή κοπτικού για κατεργασία εξωτερικής περιφερειακής τórνευσης



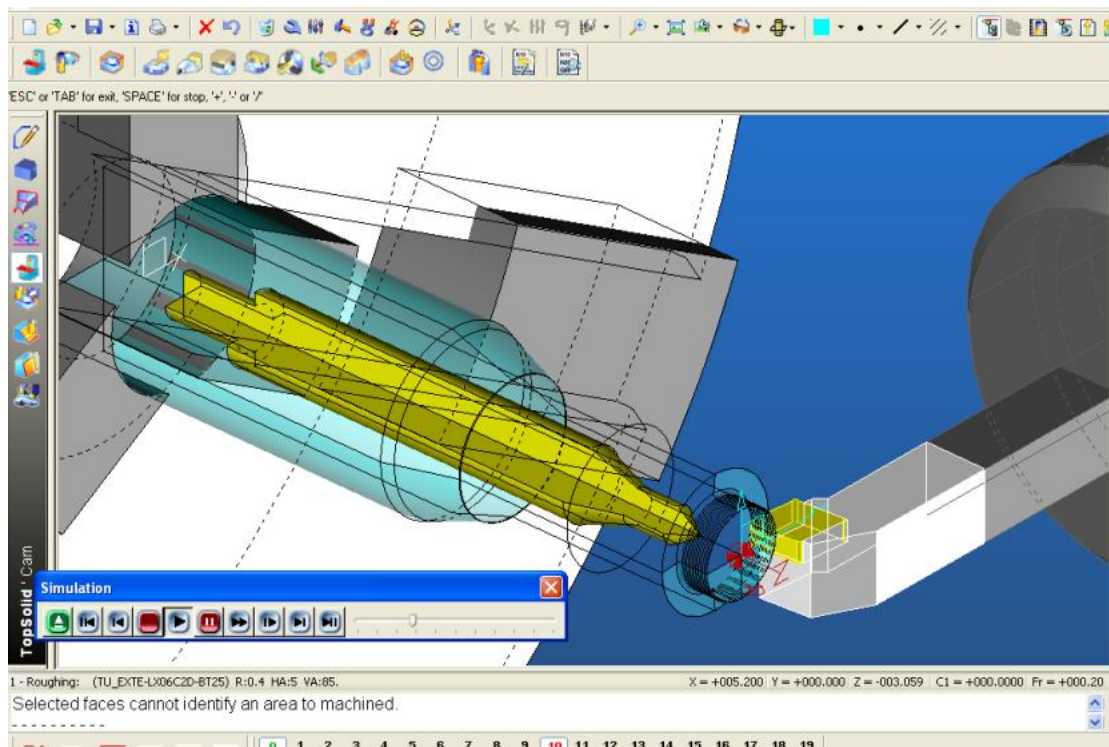
Εικόνα 31: Επιλογή κοπτικού – ένθετου πλακιδίου



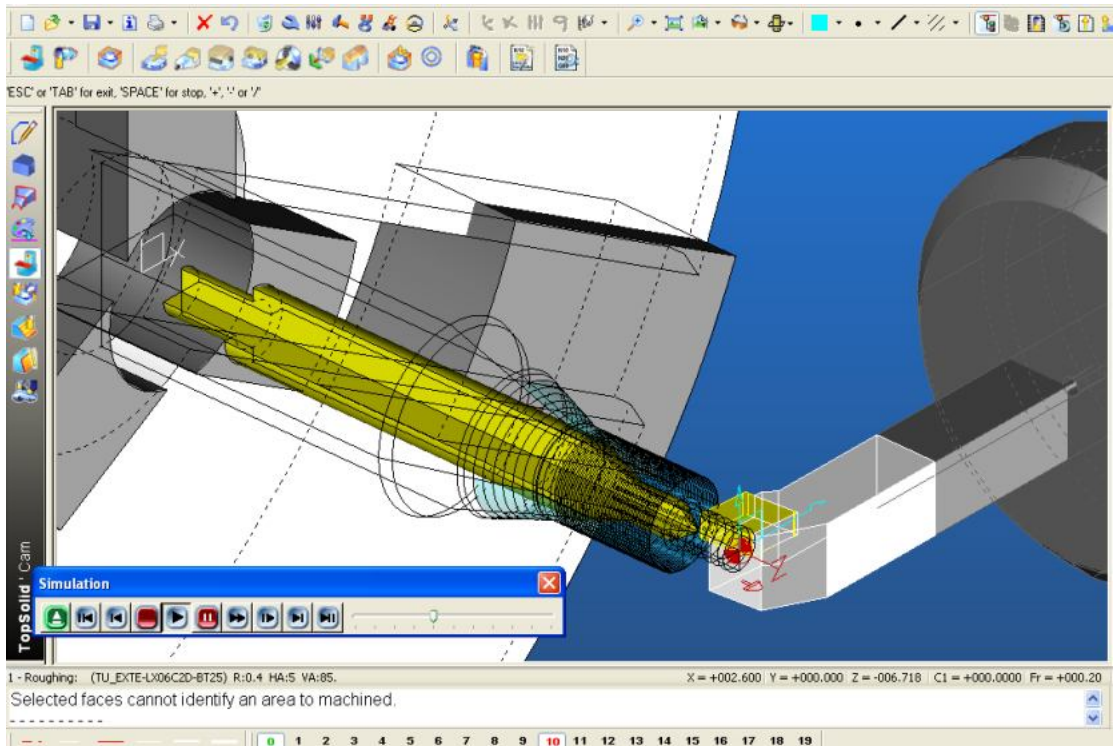
Εικόνα 32: Τοποθέτηση κοπτικού δοκιμαστικά για έλεγχο προσανατολισμού του



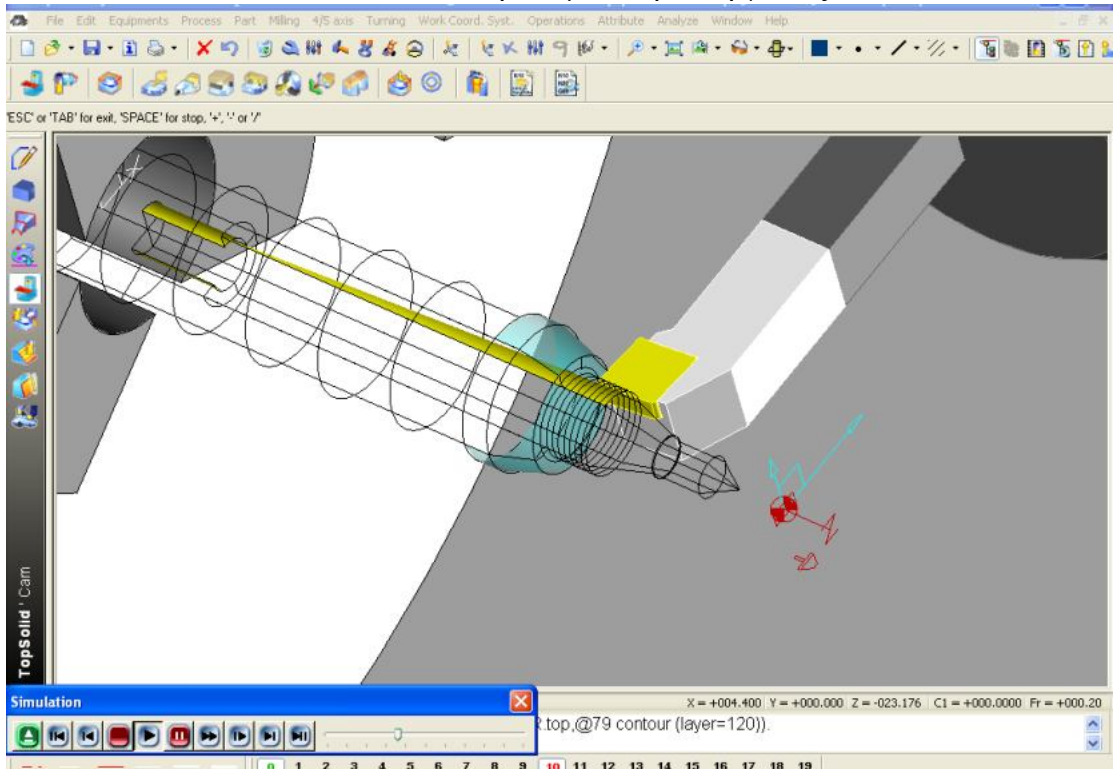
Εικόνα 33: Αφαίρεση υλικού



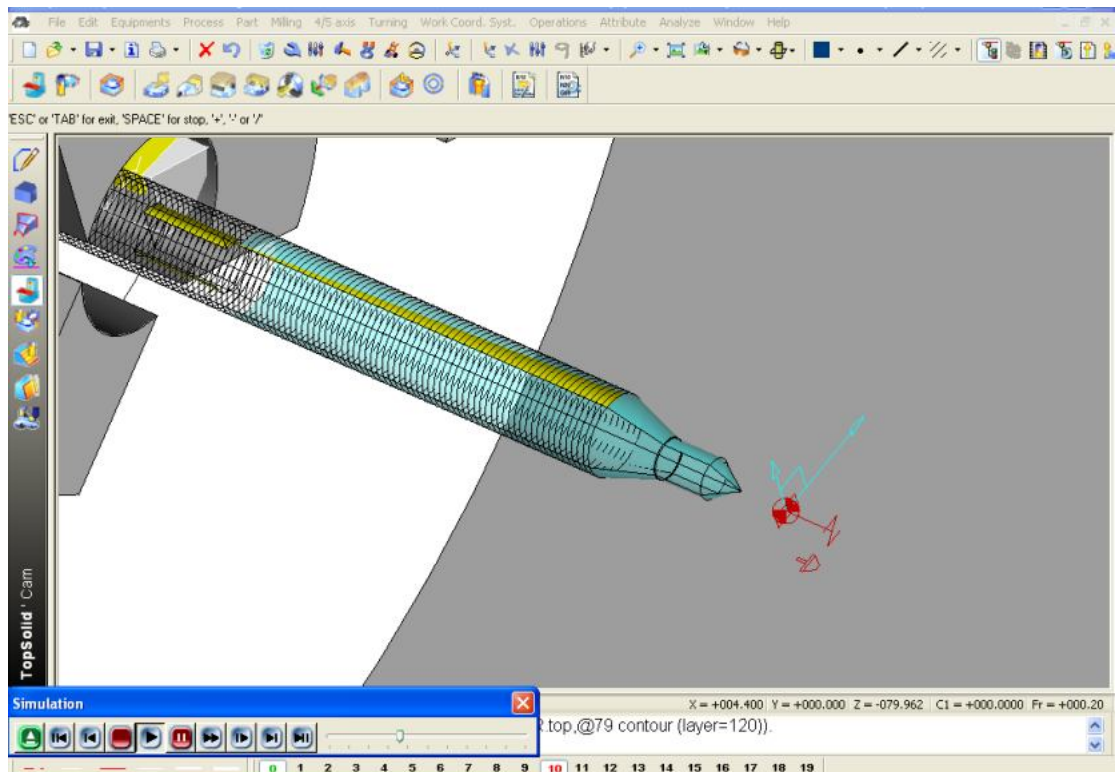
Εικόνα 34: Προσομοίωση κατεργασίας



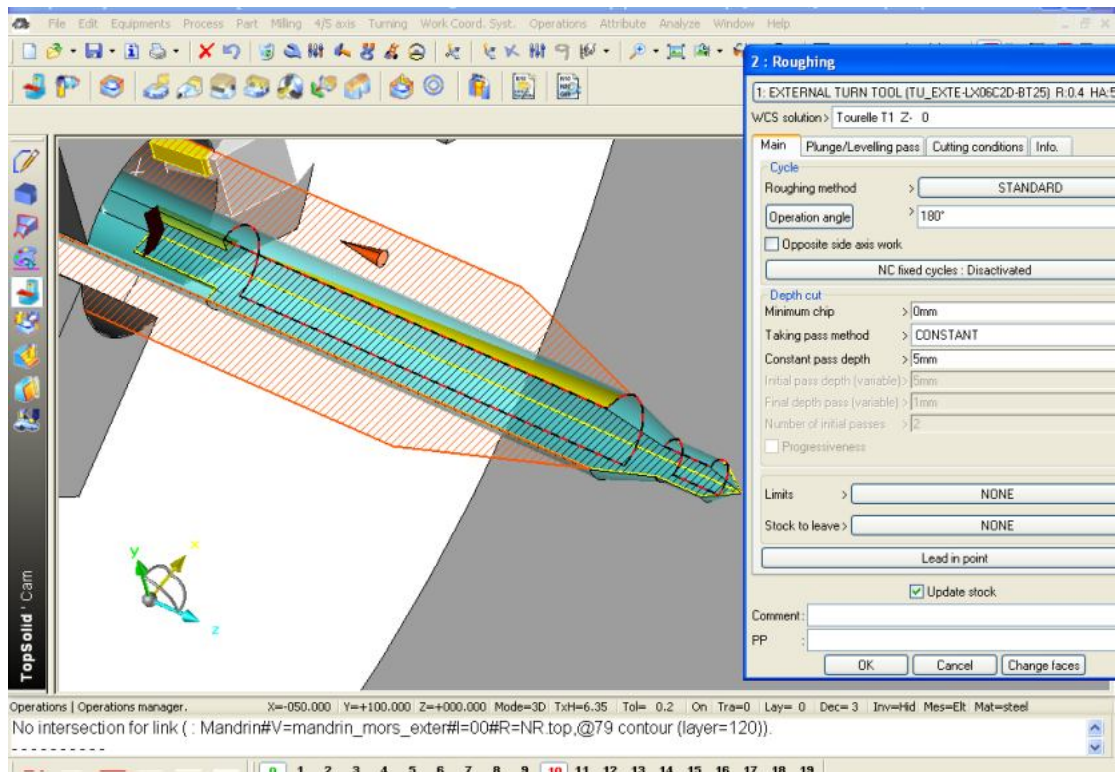
Εικόνα 35: Προσομείωση κατεργασίας



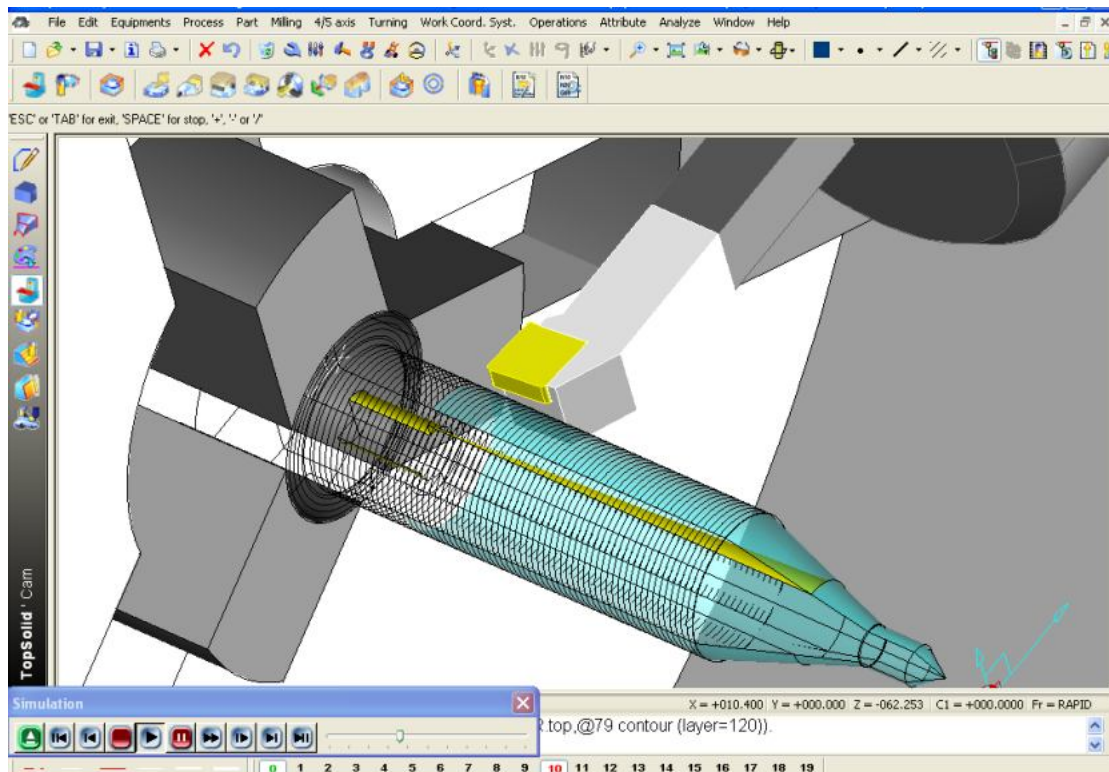
Εικόνα 36: Προσομείωση κατεργασίας



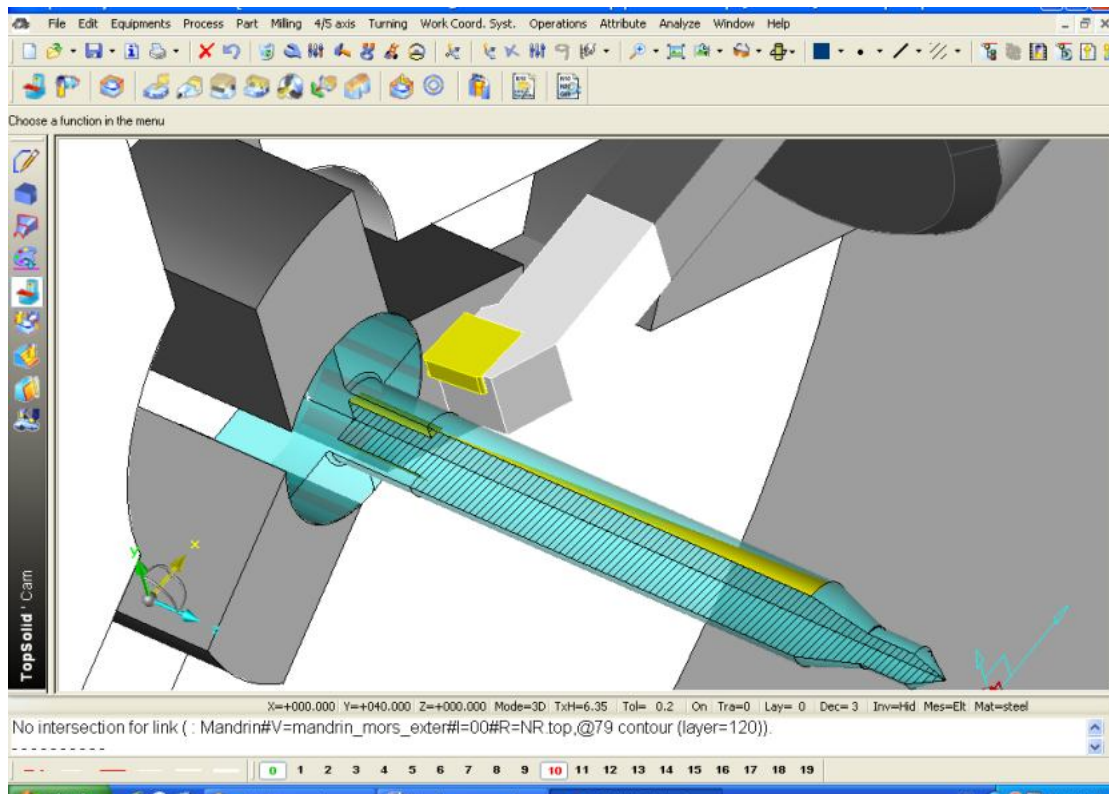
Εικόνα 37: Σύγκρουση δοκιμίου με τσοκ



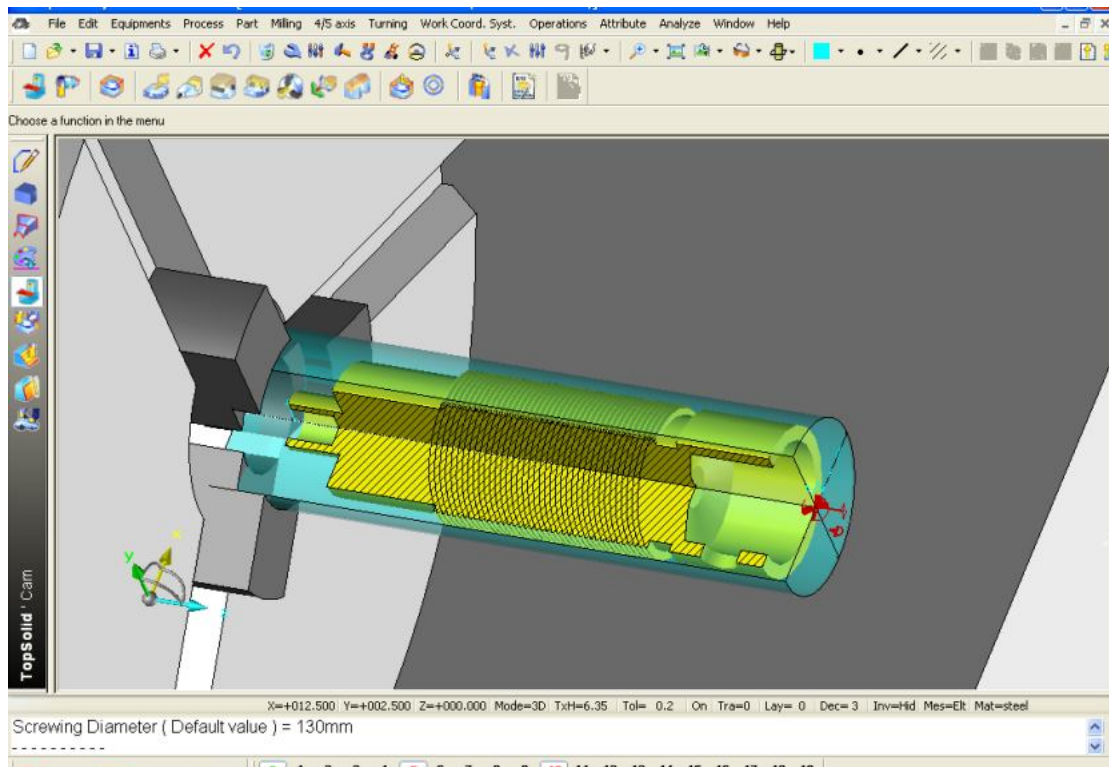
Εικόνα 38: Εμφάνιση αφαιρούμενου υλικού



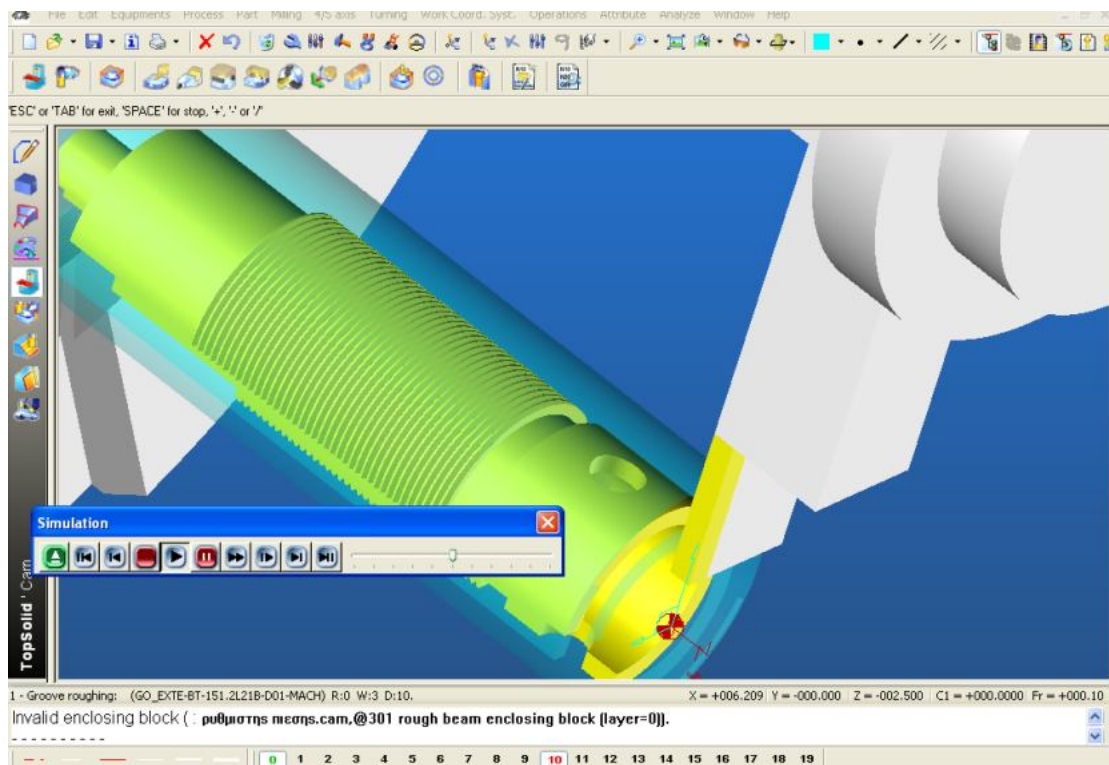
Εικόνα 39: Προσομίωση κατεργασίας



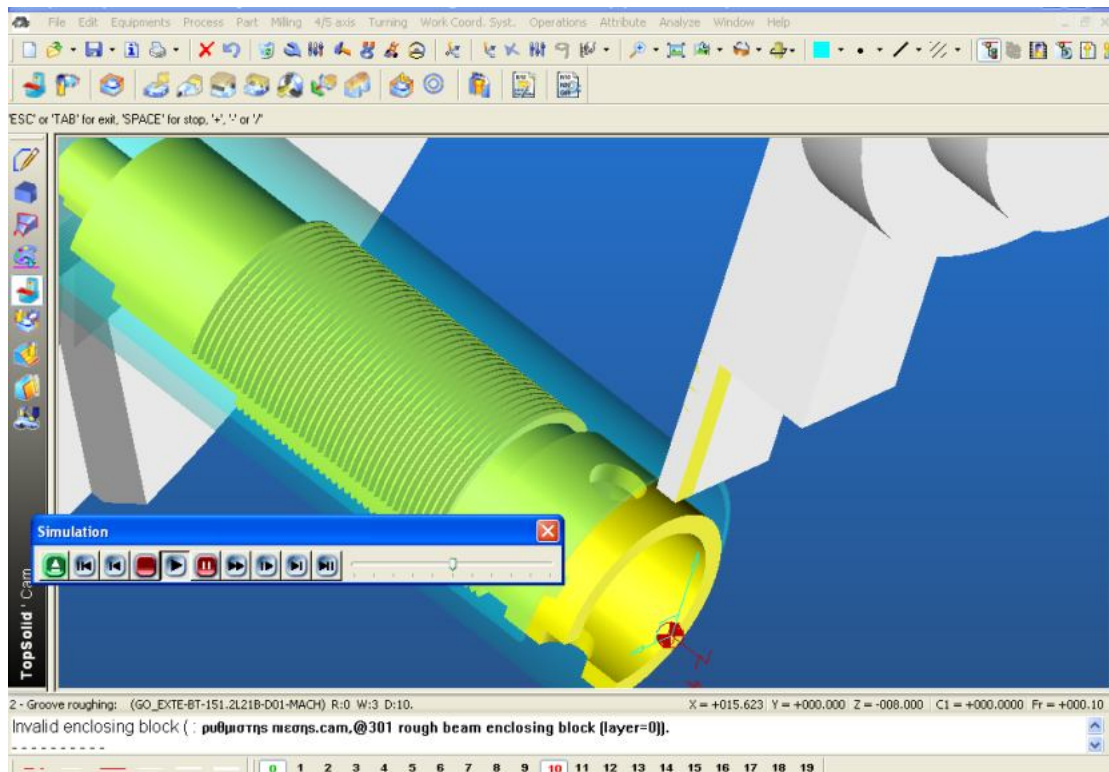
Εικόνα 40: Τελική κατεργασία φινιρίσματος



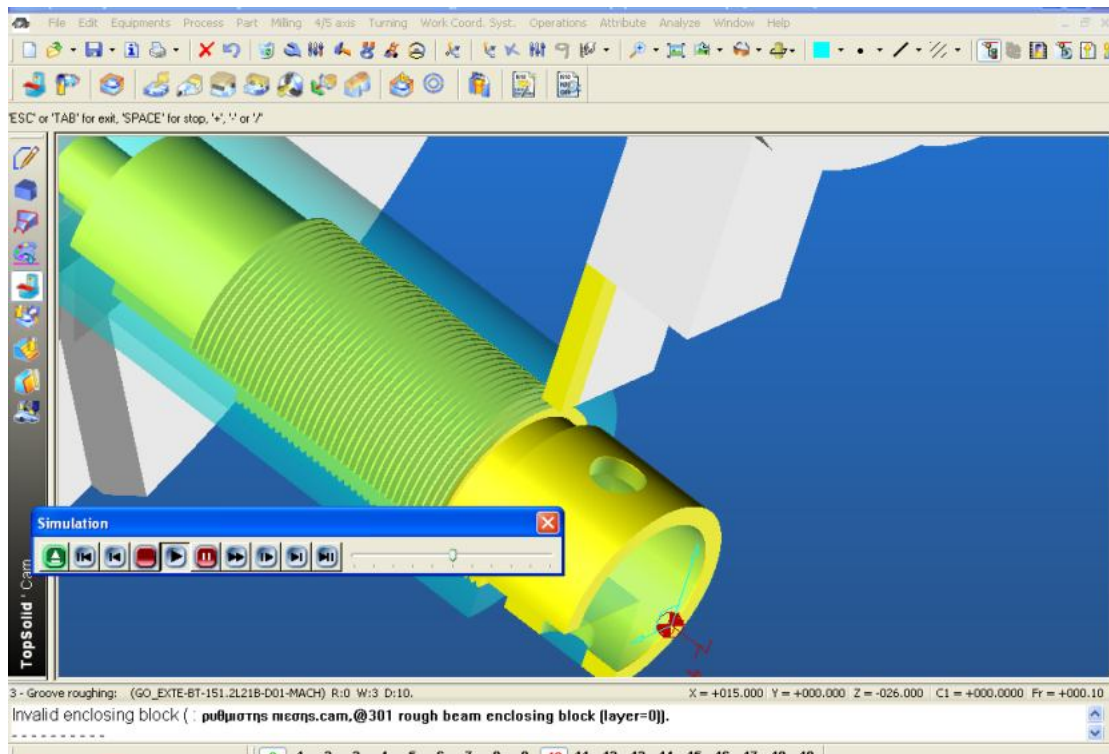
Εικόνα 41: Τοποθέτηση δοκιμίου-Εγκιβωτισμός του-προσδιορισμός μηδενικού σημείου



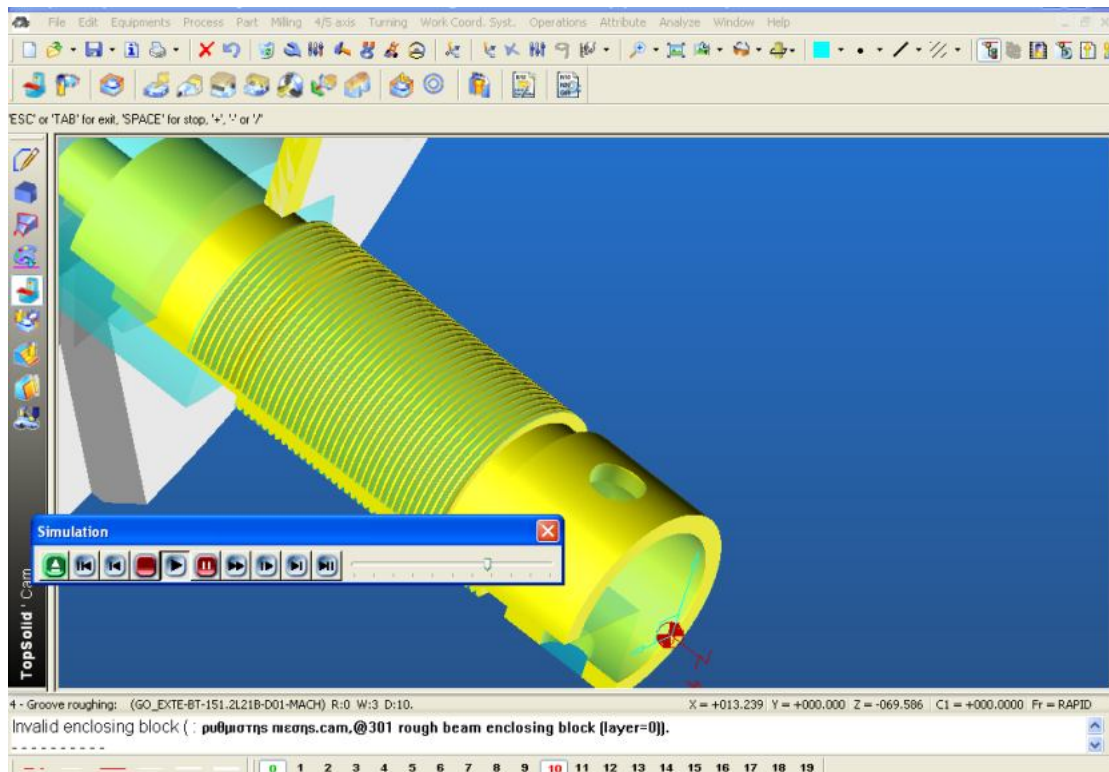
Εικόνα 42: Κατεργασία προσώπου



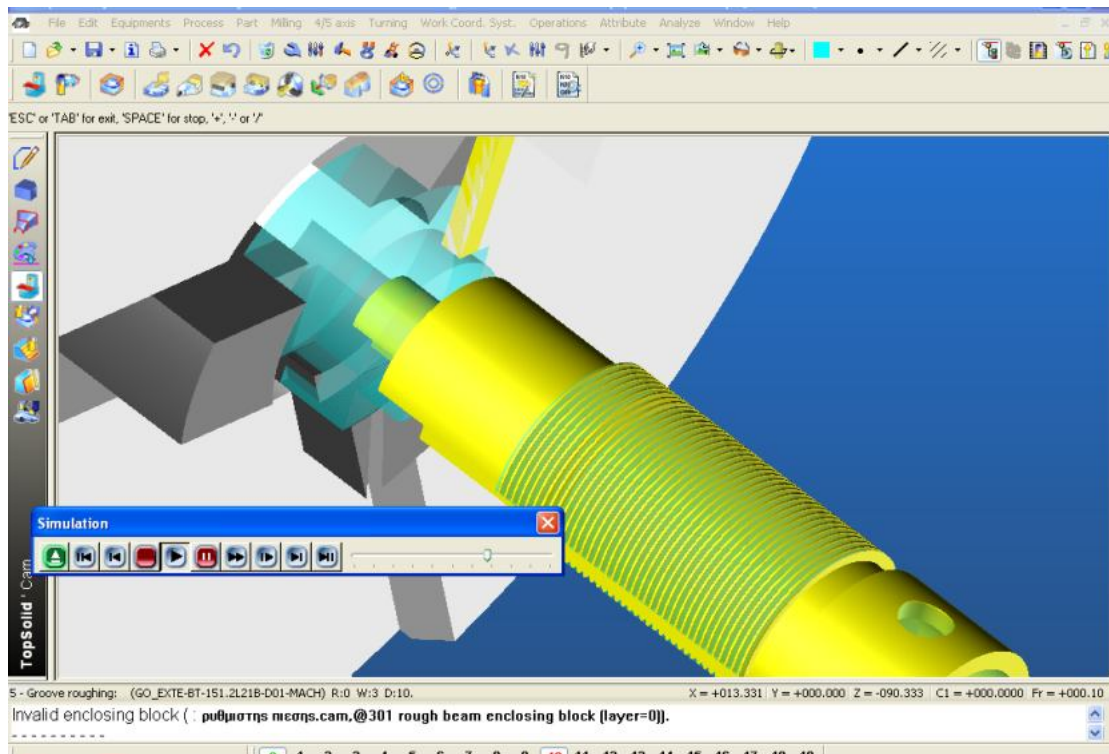
Εικόνα 43: Κατεργασία εξωτερικής περιφερειακής τόνρευσης



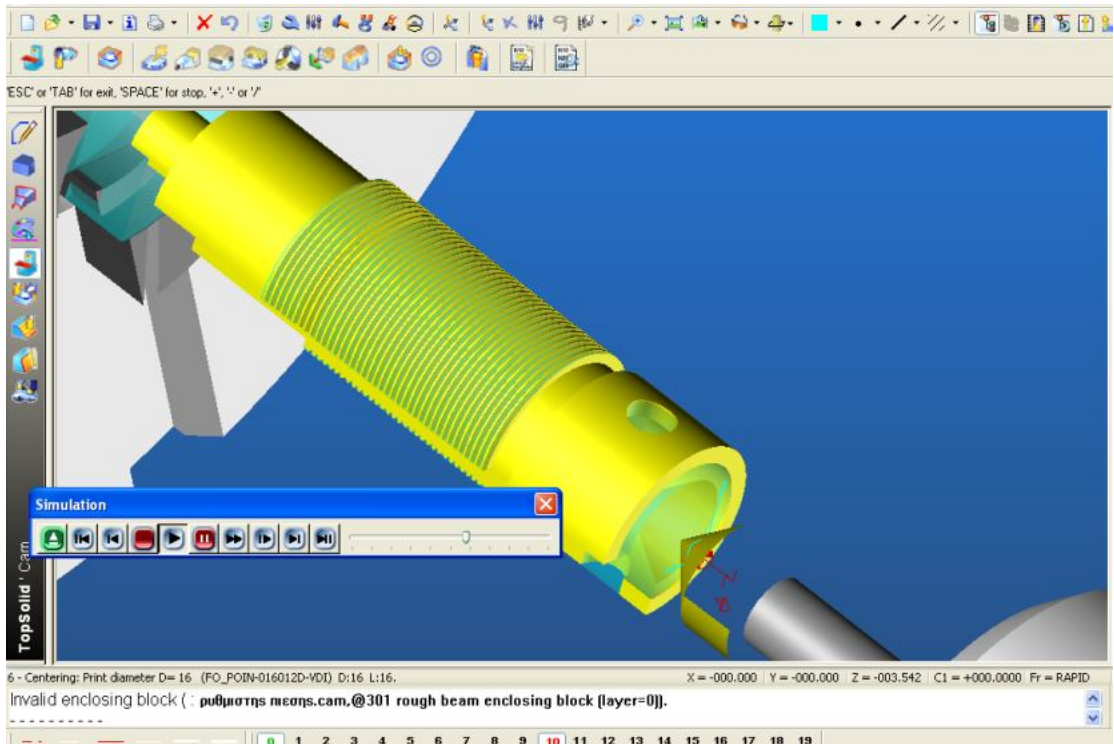
Εικόνα 44: Κατεργασία εξωτερικής περιφερειακής τόνρευσης



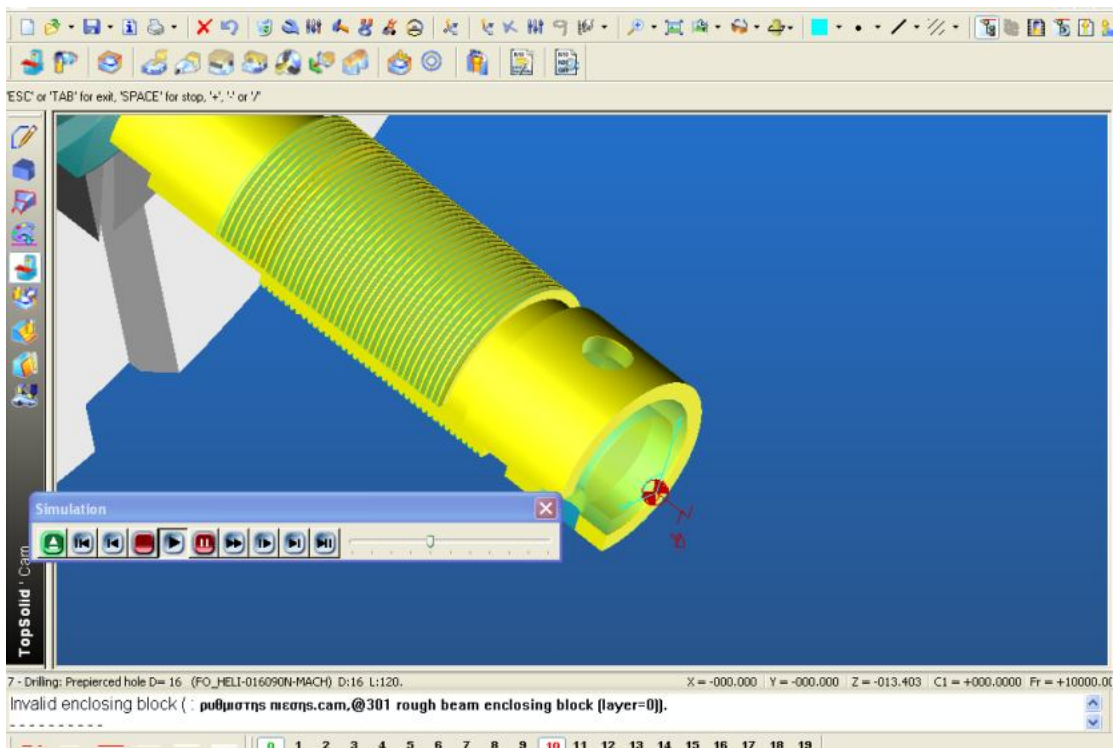
Εικόνα 45: Κατεργασία εξωτερικής περιφερειακής τόνρευσης



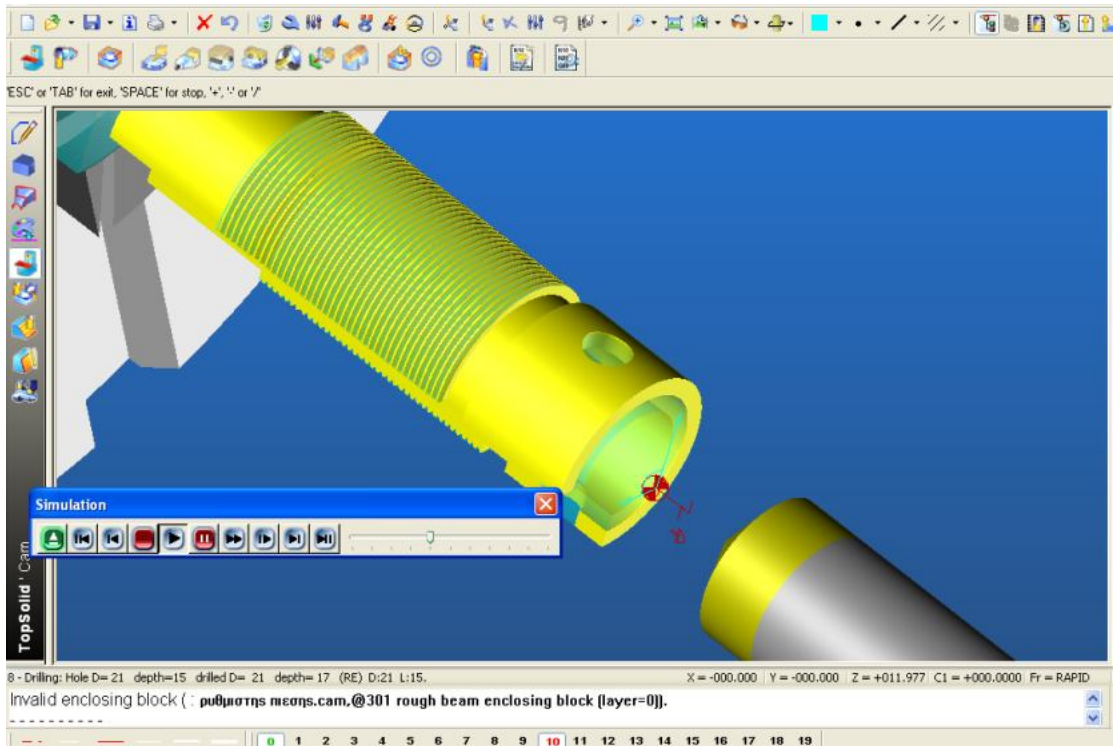
Εικόνα 46: Κατεργασία εξωτερικής περιφερειακής τόνρευσης



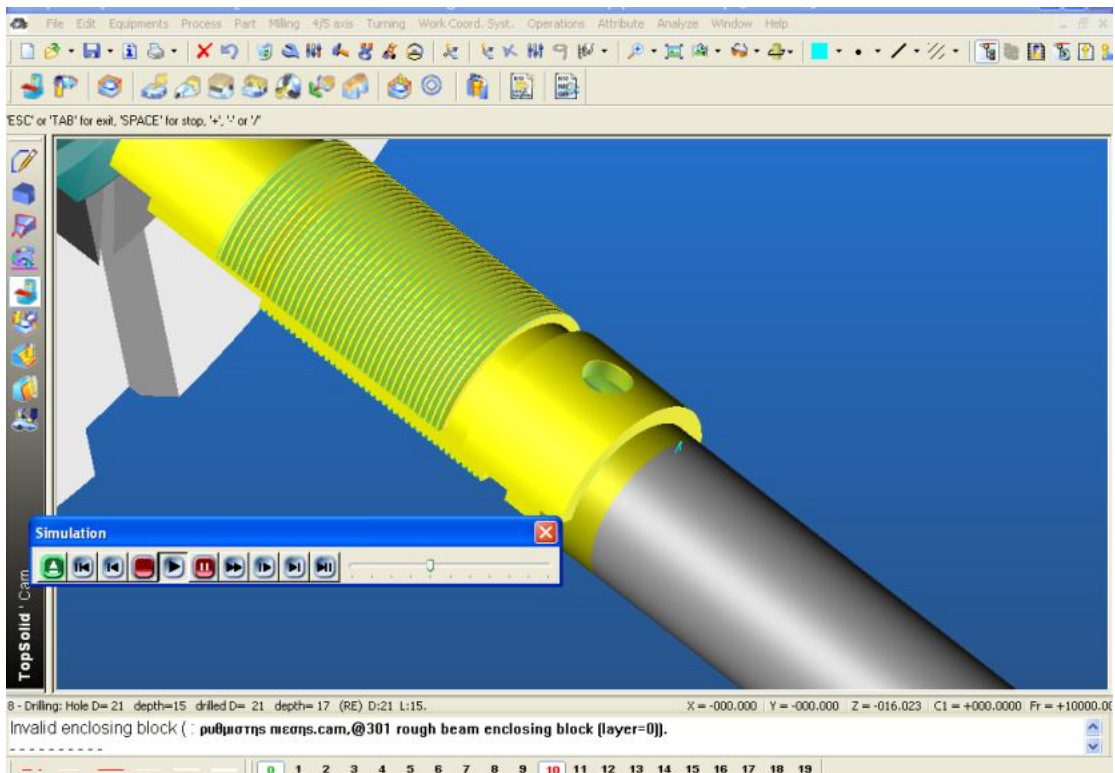
Εικόνα 47: Κατεργασία διάνοιξης οπής (κεντράρισμα)



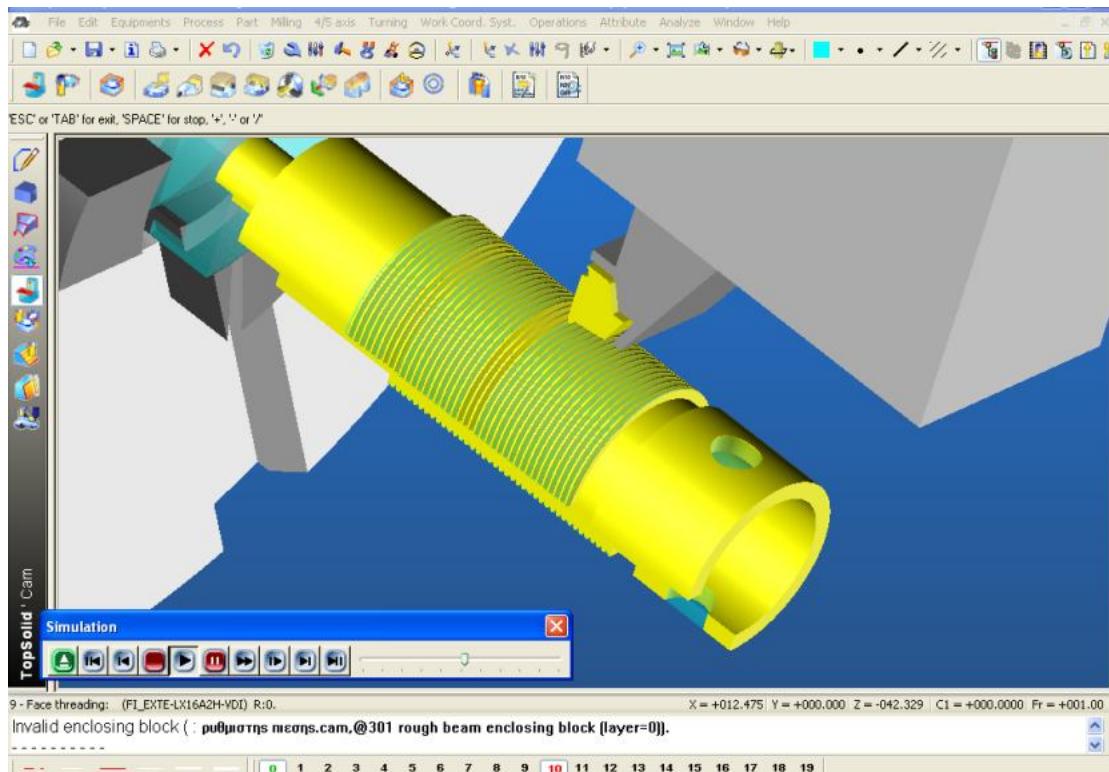
Εικόνα 48: Κατεργασία διάνοιξης οπής



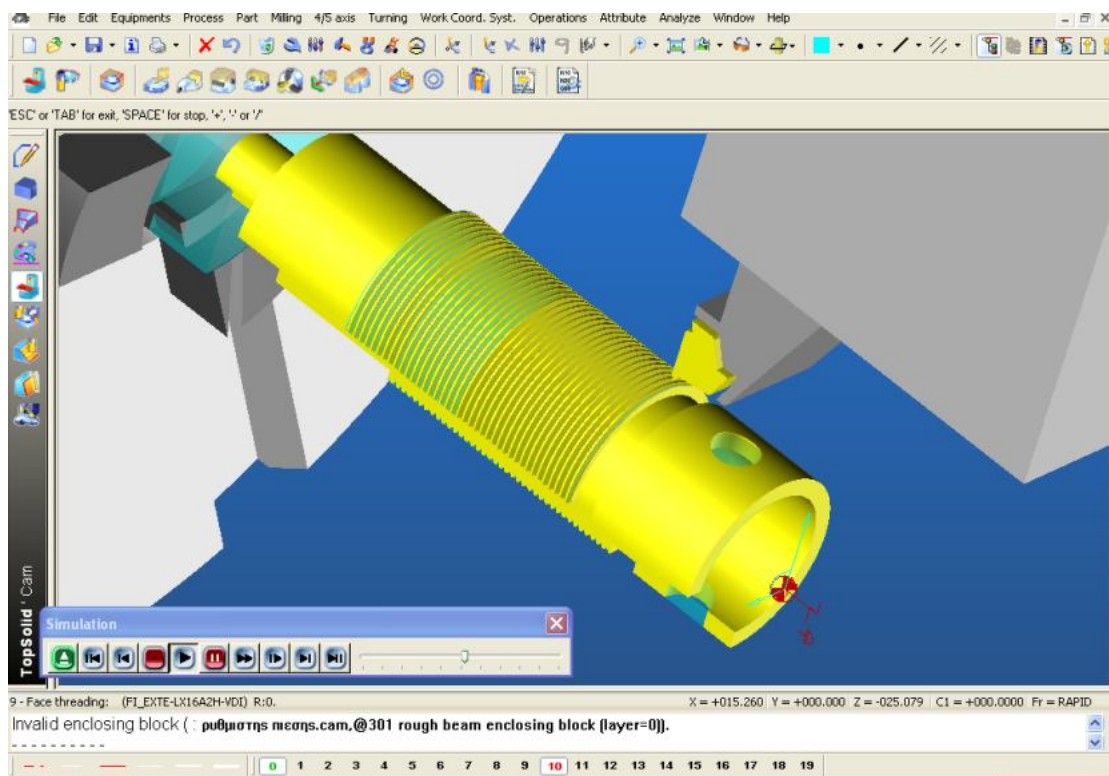
Εικόνα 59: Κατεργασία τελικής διάνοιξης οπής - αποπεράτωση



Εικόνα 50: Κατεργασία τελικής διάνοιξης οπής - αποπεράτωση



Εικόνα 51: Κατεργασία σπειροτόμησης



Εικόνα 52: Κατεργασία σπειροτόμησης

Επίλογος – Συμπεράσματα

Για την πραγματοποίηση της τρισδιάστατης σχεδίασης ενός εγχυτήρα πετρελαίου ναυτικής μηχανής χρησιμοποιήθηκε πρόγραμμα 3D σχεδίασης TopSolid 2005. Μία από τις χρησιμότητες του προγράμματος είναι ότι σε ένα ήδη κατασκευασμένο εξάρτημα μπορεί να γίνει (πολυεπεξεργασία και πιστή αντιγραφή) ακόμα και μετά την ολοκλήρωση του.

Επίσης, σε διάφορα κομμάτια που σχεδιάστηκαν υπάρχει η δυνατότητα συναρμολόγησης τους με αποτέλεσμα το επιθυμητό τρισδιάστατο σχέδιο. Υπάρχει δηλαδή μία διασύνδεση μεταξύ CAD και CAM οπότε μετά την ολοκλήρωση της σχεδίασης και των κατεργασιών, μπορεί εύκολα με μία αλλαγή κάποιας διάστασης στο CAD να τροποποιηθεί το CAM και να εξέλθει ένας νέος κώδικας του εξαρτήματος.

Μία ακόμα σημαντική δυνατότητα του προγράμματος είναι ότι μπορεί και επεξεργάζεται το τελικό σχέδιο της κατεργασίας σε animation. Με τον τρόπο αυτό υπάρχει πλήρη επίβλεψη της προσομοίωσης και έλεγχο των συγκρούσεων των κοπτικών με το τσοκ του τόρνου ή με την τράπεζα της φρέζας.

Ανακεφαλαιώνοντας, η σχεδίαση αρχικά γίνεται σε CAD και στην συνέχεια το τελικό σχέδιο μπορεί να εισαχθεί και στο πρόγραμμα CAM και να προκύψει ο G κώδικας βάσει του οποίου θα υλοποιηθεί σε αυτόματο κέντρο κατεργασίας C.N.C.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ: Κώδικας G και M της μηχανής

```
%000001  
(EXTERNAL TURN TOOL TU_EXTE-LX06C2D-BT25)  
T01 M06  
F.2  
S1851 M04  
M08  
(WCS PART 1)  
G0 C0.000  
G0 X8.600 Y0.000  
G0 Z27.678  
G0 Z2.400  
G1 Z-19.600  
G1 G18 X12.500  
G1 X12.900  
G0 Z2.400  
G0 X4.300  
G1 Z-4.600  
G1 X4.775  
G1 X6.400 Z-8.834  
G1 Z-19.600  
G1 X8.600  
G0 Z2.400  
G0 X0.000  
G1 Z-4.600  
G1 X4.300  
G1 X5.714 Z-3.186  
M09  
(EXTERNAL GROOVE TOOL GO_EXTE-BT-151.2L21B-D01-MACH)  
T03 M06  
F.1  
S1098 M04  
M08  
G0 C0.000  
G0 X14.500 Y0.000  
G0 Z27.678  
G0 Z-23.000  
G1 X11.000  
G1 X14.500  
G0 Z-25.963  
G1 X11.000  
G1 X12.414 Z-24.549  
G0 X14.500  
G0 Z-28.926  
G1 X10.047  
G1 X11.000  
G1 X12.414 Z-27.512  
G0 X14.500  
G0 Z-31.890
```

G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X10.047
G1 X11.461 Z-30.475
G0 X14.500
G0 Z-34.853
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-33.439
G0 X14.500
G0 Z-37.816
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-36.402
G0 X14.500
G0 Z-40.779
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-39.365
G0 X14.500
G0 Z-43.742
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-42.328
G0 X14.500
G0 Z-46.705
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-45.291
G0 X14.500
G0 Z-49.669
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-48.254
G0 X14.500
G0 Z-52.632
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-51.218
G0 X14.500
G0 Z-55.595
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-54.181
G0 X14.500
G0 Z-58.558
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-57.144
G0 X14.500

G0 Z-61.521
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-60.107
G0 X14.500
G0 Z-64.485
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-63.070
G0 X14.500
G0 Z-67.448
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-66.034
G0 X14.500
G0 Z-70.411
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-68.997
G0 X14.500
G0 Z-73.374
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-71.960
G0 X14.500
G0 Z-76.337
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-74.923
G0 X14.500
G0 Z-79.300
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-77.886
G0 X14.500
G0 Z-82.264
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-80.849
G0 X14.500
G0 Z-85.227
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-83.813
G0 X14.500
G0 Z-88.190
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-86.776
G0 X14.500

G0 Z-91.153
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-89.739
G0 X14.500
G0 Z-94.116
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-92.702
G0 X14.500
G0 Z-97.080
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-95.665
G0 X14.500
G0 Z-100.043
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-98.629
G0 X14.500
G0 Z-103.006
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-101.592
G0 X14.500
G0 Z-105.969
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-104.555
G0 X14.500
G0 Z-108.932
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-107.518
G0 X14.500
G0 Z-111.896
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-110.481
G0 X14.500
G0 Z-114.859
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-113.444
G0 X14.500
G0 Z-117.822
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-116.408
G0 X14.500

G0 Z-120.785
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-119.371
G0 X14.500
G0 Z-123.748
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-122.334
G0 X14.500
G0 Z-126.711
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-125.297
G0 X14.500
G0 Z-129.675
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-128.260
G0 X14.500
G0 Z-132.638
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-131.224
G0 X14.500
G0 Z-135.601
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-134.187
G0 X14.500
G0 Z-138.564
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-137.150
G0 X14.500
G0 Z-141.527
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-140.113
G0 X14.500
G0 Z-144.491
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-143.076
G0 X14.500
G0 Z-147.454
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-146.040
G0 X14.500

G0 Z-150.417
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-149.003
G0 X14.500
G0 Z-153.380
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-151.966
G0 X14.500
G0 Z-156.343
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-154.929
G0 X14.500
G0 Z-159.306
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-157.892
G0 X14.500
G0 Z-162.270
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-160.855
G0 X14.500
G0 Z-165.233
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-163.819
G0 X14.500
G0 Z-168.196
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-166.782
G0 X14.500
G0 Z-171.159
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-169.745
G0 X14.500
G0 Z-174.122
G1 X4.500
G1 X3.500
G1 X4.914 Z-172.708
S3239
G0 X13.000 Z-28.157
G1 X11.000
G1 X13.000
G0 Z-28.926
G1 X10.608

G1 X13.000
S1224
G0 G42
G2 X11.000 Z-23.000 I13.000 K-23.000
G1 Z-27.056
G1 X9.500 Z-30.000
G1 G40 X11.282
S1411
G0 G42 X13.690
G2 X11.000 Z-27.056 I12.782 K-27.964
G1 X9.500 Z-30.000
G1 X3.500
M02

%000001
(EXTERNAL TURN TOOL TU_EXTE-LX06C2D-BT25)
T01 M06
F.2
S2296 M04
M08
(WCS PART 1)
G0 C0.000
G0 X6.933 Y0.000
G0 Z24.142
G0 Z2.400
G1 Z-26.099
G1 G18 X10.378 Z-36.103
G1 X10.400 Z-36.167
G0 Z2.400
G0 X3.467
G1 Z-16.031
G1 X6.933 Z-26.099
G0 Z2.400
G0 X0.000
G1 Z-4.277
G1 X0.332 Z-4.769
G1 X2.400 Z-7.835
G1 Z-12.933
G1 X3.467 Z-16.031
G1 X4.881 Z-14.617
S3261
G0 X7.400 Z-25.454
G1 Z-69.600
G1 X10.000
G1 X10.400
G0 Z-16.741
G0 X4.400
G1 Z-69.600
G1 X7.400
G1 X8.814 Z-68.186

M09
(EXTERNAL GROOVE TOOL GO_EXTE-BT-151.2L21B-D01-MACH)
T02 M06
F.1
S2653 M04
M08
G0 C0.000
G0 X6.000 Y0.000
G0 Z24.142
G0 Z-61.000
G1 X2.500
G1 X6.000
G0 Z-63.749
G0 X4.500
G1 X2.500
G1 X3.914 Z-62.335
G0 X6.000
G0 Z-66.499
G1 X2.500
G1 X3.914 Z-65.084
M09
G0 Z24.142
M02

Βιβλιογραφία

Βιβλία

1. ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ, ΤΟΜΟΣ ΠΡΩΤΟΣ
ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
2. ΜΗΧΑΝΕΣ ΕΣΩΤΕΡΙΚΗΣ ΚΑΥΣΕΩΣ, ΤΟΜΟΣ ΔΕΥΤΕΡΟΣ
ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ιστοσελίδες

Wikipedia

<http://el.wikipedia.org>

Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Πρόλογος.....	5

Κεφάλαιο 1

Εγχυτήρες.....	6
1.1 Περιγραφή τμημάτων εγχυτήρα.....	8
1.2 Λειτουργία των εγχυτήρων.....	9
1.3 Είδη εγχυτήρων.....	11
1.3.1 Εγχυτήρες μιας οπής.....	12
1.3.2 Εγχυτήρες πολλών οπών.....	13
1.4 Σχηματισμός νέφους σωματιδίων.....	14

Κεφάλαιο 2

Σχεδίαση κατεργασιών εξαρτημάτων	17
---	-----------

Επίλογος – Συμπεράσματα.....	43
Παράρτημα: Κώδικας G και M της μηχανής.....	44
Βιβλιογραφία.....	52