

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ**

**ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ :**

**Τρισδιάστατη Σχεδίαση Κατεργασίας εξαρτημάτων ρυθμιστή στροφών  
WoodWard (CAM)**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :**

**ΤΣΑΜΠΑΖΟΓΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ-ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ,  
ΤΣΑΡΤΣΑΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΤΙΤΟΝΙΔΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ :**

**ΚΟΥΠΑΡΑΝΗΣ ΣΤ.**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ**

**2016**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ :**

**Τρισδιάστατη Σχεδίαση Κατεργασίας εξαρτημάτων ρυθμιστή στροφών  
WoodWard (CAM)**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ :**

**ΤΣΑΜΠΑΖΟΓΛΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ-ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ,  
ΤΣΑΡΤΣΑΛΗΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ, ΤΙΤΟΝΙΔΗΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ**

**ΑΜ: 4614, 4821, 4970**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ:**

**11/2016**

**Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας**

Ο καθηγητής

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η ψηφιακή καθοδήγηση και οι κατεργασίες κοπής ενός απλού εξαρτήματος ή μιας κατασκευής αποτελεί πρόκληση για ένα μηχανικό διότι του δίνει την δυνατότητα να συγκρίνει και να διακρίνει δύσκολες επιφάνειες στο χώρο, καθώς και την δυνατότητα να κατανοήσει τον κώδικα και τον τρόπο κοπής, καθώς και τη λειτουργία αυτών. Η εφαρμογή (το πρόγραμμα) δίνει την δυνατότητα της κωδικοποίησης και του προγραμματισμού της κοπής μιας ήδη σχεδιασμένης τελικής συναρμολογημένης διάταξης Ρυθμιστή στροφών Woodward με σκοπό την ολοκλήρωση – βελτιστοποίηση του τελικού επιθυμητού αποτελέσματος.

Σκοπός της εργασίας είναι η κοπή των βασικών εξαρτημάτων του Ρυθμιστή Woodward που αποτελούν μια διάταξη από σχέδια που επιλέχθηκαν και σχεδιάστηκαν από άλλους σπουδαστές καθώς και η εξαγωγή ενός κώδικα CAM (Computer Aided Manufacturing). Έτσι μετά την πρώτη φάση της σχεδίασης θα γίνει ακριβής και στοχευμένη κατασκευή των εξαρτημάτων περνώντας την γεωμετρία αυτών στο CAM (Computer Aided Manufacturing) και στη συνέχεια εισάγοντας τον κώδικα σε αυτόματη εργαλειομηχανή CNC (Computer Numerical Control). Αυτό (η κατεργασία στο CNC) είναι αντικείμενο μιας άλλης πτυχιακής εργασίας.

## **ABSTRACT**

Digital guidance and cutting process of a simple part or a construction is a challenge for an engineer because he is able to compare and detect tough surfaces in a place as well the ability to understand the code, the way of cutting process plus the operation of them. The application (software) gives the ability to code and program the cutting process of an already finished assembled configuration of a WOODWARD governor in order that the completion - development will be the desired result.

Purpose of this essay is the cutting process of a WOODWARDs governor basic parts which they are a configuration from projects that have been chosen and designed from other students as well as the export of CAM coding. After the first stage of designing, will become accurate an on target building of the parts passing their geometry into the CAM. Then we import the code into the automatic lathe CNC. The processing into the CNC is subject of other essay.



## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

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 ευρεία 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, ενός τρισδιάστατου υδραυλομηχανικού ρυθμιστή στροφών τύπου Woodward δίνοντας με τον τρόπο αυτό και στον πιο δύσκολο αναγνώστη μία εύκολη εικόνα της σημασίας τους.

## **Κεφάλαιο 1: Γενικά για τους ρυθμιστές στροφών**

### **Ρυθμιστές στροφών**

Ρυθμιστές είναι οι μηχανισμοί που ανάλογα με το φορτίο της μηχανής ελέγχουν τις στροφές της μηχανής μέσω του οδοντωτού κανόνας των αντλιών καυσίμων την κατάλληλη ποσότητα αυτού. Ο εν λόγω μηχανισμός ονομάζεται ρυθμιστής στροφών ενώ διεθνώς καλείται GOVERNOR. Η ανάγκη χρησιμοποίησης ρυθμιστή στροφών είναι άμεση στην εκκίνηση μιας πετρελαιομηχανής. Με τη χρήση τους επιτυγχάνονται:

- α)** Η αυξομείωση των στροφών της προωστήρας μηχανής
- β)** Η αντιμετώπιση του φορτίου στις ηλεκτρομηχανές με τις σταθερές στροφές για επίτευξη σταθερής τάσης και συχνότητας(ειδικά όταν είναι συνδεδεμένες παράλληλα)
- γ)** Η διατήρηση σταθερών στροφών για αποφυγή βλαβών της προωστήρας μηχανής όταν λόγω βυθίσματος ή ξενερίσματος της έλικας έχουμε απότομες αλλαγές φορτίου
- δ)** ρυθμίζει την παροχή του καυσίμου σε συγκεκριμένη και σταθερή τιμή.

Γενικώς οι πετρελαιομηχανές απαιτούν την ύπαρξη ρυθμιστή στροφών για την διατήρηση σταθερών των στροφών με την αλλαγή φορτίου. Εξαίρεση αποτελεί η περίπτωση των ναυτικών πετρελαιομηχανών με απευθείας σύνδεση της έλικας στη μηχανή. Στην περίπτωση αυτή, εάν οι στροφές αρχίζουν να αυξάνονται, αυξάνεται απότομα η ροπή αντιστάσεως στην έλικα. Η αύξηση αυτή του φορτίου επιβραδύνει τον κινητήρα, οπότε το σύστημα είναι ευσταθές. Όμως ακόμη και σε αυτή την περίπτωση είναι αναγκαία η χρήση του ρυθμιστή στροφών για να εξομαλύνονται οι τάσεις για μεταβολή στροφών. Εκεί που είναι περισσότερο αναγκαία η ύπαρξη GOVERNOR είναι στις ηλεκτρομηχανές, ειδικά στην περίπτωση παράλληλα συνδεδεμένων ηλεκτρογεννητριών AC ρεύματος που απαιτείται σταθερή ταχύτητα περιστροφής ώστε

να έχουμε σταθερή συχνότητα ρεύματος. Στην περίπτωση των κύριων ναυτικών πετρελαιομηχανών, πριν την εμφάνιση των ελίκων μεταβλητού βήματος, ο έλεγχος του φορτίου γινόταν με απλή μηχανική ρύθμιση της παροχής καυσίμου σε συγκεκριμένη τιμή. Σε περίπτωση που μεταβαλλόταν το φορτίο του κινητήρα απλώς προκαλούνταν αυτόματα μεταβολές στην ταχύτητα περιστροφής του. Βέβαια πάντα υπήρχε ρυθμιστής στροφών, για την προστασία της μηχανής από υπερτάχυνση. Στις σύγχρονες κατασκευές, με την εισαγωγή ελίκων μεταβλητού βήματος δημιουργήθηκε η ανάγκη για πολύ πιο εξελιγμένους μηχανισμούς ελέγχου φορτίου, οι οποίοι δεν αρκούσαν μόνο στην προστασία από υπερτάχυνση ή στην διατήρηση των ελάχιστων στροφών της μηχανής. Ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίο ενεργούν οι ρυθμιστές στο σύστημα εγχύσεως του καυσίμου οι ρυθμιστές μπορούν να διακριθούν σε 2 κατηγορίες:

α) Μηχανικούς ή άμεσου ρυθμίσεως.

β) Τους υδραυλικούς ή έμμεσου ρυθμίσεως

Οι μηχανικοί ρυθμιστές χρησιμοποιούνται όταν μπορούν να τοποθετηθούν κοντά στο σύστημα έγχυσης και όταν οι δυνάμεις που χρειάζονται να εξασκηθούν για τη ρύθμιση είναι μικρές. Όταν οι δυνάμεις που απαιτούνται για την ρύθμιση είναι μεγάλες και επιπλέον η τοποθέτηση της μηχανής γίνεται πολύ μακριά από το σημείο ρύθμισης τότε χρησιμοποιούνται οι υδραυλικοί ρυθμιστές. Οι ρυθμιστές επενεργούν συνήθως στους οδοντωτούς κανόνες των αντλιών πετρελαίου κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποδίδουν το επιθυμητό ποσό πετρελαίου ανά κύκλο και επομένως ένα αντίστοιχο ποσό ροπής. Ανεξάρτητα από τον προορισμό χρήσεως του ρυθμιστή, αυτός πρέπει να διαθέτει 2 κύρια χαρακτηριστικά: **ακρίβεια λειτουργίας και ευστάθεια.**

## **Κεφάλαιο 2: Τα είδη των ρυθμιστών στροφών και η αρχή λειτουργίας αυτών**

### **2.1) Μηχανικός ρυθμιστής στροφών**

Η αρχή λειτουργίας του μηχανικού ρυθμιστή στροφών ότι δύο σφαιρικά συνήθως βάρη συνδέονται μέσω βραχιόνων με κεντρικό κατακόρυφο άξονα. Μέσω δύο άλλων βρα- χιώνων, συνδέονται με κεντρικό δρομέα ο οποίος ολισθαίνει ελεύθερα κατά μήκος του κατακόρυφου άξονα. Τα βάρη βρίσκονται αντιδιαμετρικά του άξονα και μπορούν να απομακρύνονται από αυτόν με τη βοήθεια των αντίστοιχων αρθρώσεων στα σημεία συνδέσεως των βραχιόνων. Η ύπαρξη του κεντρικού δρομέα επιβάλλει τη συμμετρική μετακίνηση των βαρών ως προς τον κεντρικό άξονα. Ο άξονας περιστρέφεται με ταχύ- τητα ανάλογη της ταχύτητας περιστροφής της μηχανής. Λόγω περιστροφής, η αδρα- νειακή φυγόκεντρος δύναμη απομακρύνει τα βάρη από τον κεντρικό άξονα, μέχρι συ- γκεκριμένο σημείο ισορροπίας, το οποίο καθορίζεται από την μάζα τους, την ταχύτητα περιστροφής και τη γωνιακή θέση των βραχιόνων. Σε κάθε σημείο ισορροπίας, η ροπή του βάρους ως προς την άρθρωση ισούται με τη ροπή της φυγόκεντρης δυνάμεως ως προς την άρθρωση. Όσο αυξάνεται η ταχύτητα περιστροφής, τόσο περισσότερο ανυ- ψώνονται τα βάρη, καθώς απομακρύνεται από τον άξονα, οπότε η διάταξη επιτελεί το ρόλο μετρητή στροφών. Ο δρομέας μπορεί να συνδεθεί με τον ρυθμιστή καυσίμου, ώστε με την άνοδό του να μειώνεται η παροχή καυσίμου. Με τον τρόπο αυτό έχει ε- πιτευχθεί η ρύθμιση στροφών ώστε μόλις αυτές τείνουν να αυξηθούν με τη μείωση του φορτίου, να μειώνεται αντίστοιχα και η ροπή του κινητήρα, οπότε αυτός να μην επιταχύνει. Στην ιδεατή περίπτωση που δεν υπάρχουν τριβές, αντιστοιχεί μοναδικό σημείο ισορροπίας για κάθε ταχύτητα περιστροφής. Η αναπόφευκτη ύπαρξη των τρι- βών καταργεί αυτή την αντιστοιχία και δημιουργεί ασάφεια στη θέση ισορροπίας για κάθε ταχύτητα περιστροφής. Αυτό συμβαίνει γιατί η τριβή αντιστέκεται στη κίνηση, οπότε ανάλογα με την κίνηση αλλάζει και η φορά. Έτσι θα προκύψει άλλο σημείο ισορροπίας για δεδομένες στροφές περιστροφής, αν αυτές επιτευχθούν με επιτάχυνση και άλλο αν αυτές επιτευχθούν με επιβράδυνση. Για να μειωθεί αυτή η ασάφεια, στους πρώτους μηχανικούς ρυθμιστές στροφών χρησιμοποιούνταν μεγάλα βάρη, ώστε η τριβή να είναι πολύ μικρή σε σχέση με τις άλλες δυνάμεις του μηχανισμού. Οι σύγχρονοι μηχανικοί ρυθμιστές στροφών έχουν αρκετά πιο σύνθετη δομή από αυτή του απλού ρυθμιστή που αναφέραμε πιο πριν. Με την βοήθεια σύνθετων μηχανισμών και ελατηρίων μπορούν να εκτελέσουν διαφορετικές λειτουργίες

ρυθμίσεως (μέγιστη ταχύτητα περιστροφής, διατήρηση σταθερής ταχύτητας σε όλο το εύρος των στροφών κλπ.). Για να μην υπάρξει περιορισμός ως προς την κατακόρυφη τοποθέτηση του άξονα περιστροφής τους και για να μειωθεί το μέγεθος των βαρών, η κεντρομόλος δύναμη που αντιστέκεται στην αδρανειακή φυγόκεντρο δεν οφείλεται πλέον στη βαρύτητα αλλά χρησιμοποιούνται κατάλληλα ελατήρια. Με τον τρόπο αυτό επιτρέπεται η τοποθέτηση του άξονα περιστροφής σε οριζόντια θέση. Βρίσκουν εφαρμογή σε όλο το εύρος των πετρελαιομηχανών, από κινητήρες οχημάτων και κινητήρες ηλεκτροπαραγωγών ζευγών, έως μεγάλους ναυτικούς πετρελαιοκινητήρες



**ΕΙΚΟΝΑ 2.1:** Ο 1ος μηχανικός ρυθμιστής στροφών με αντίβαρα

## 2.2) Μηχανικός-υδραυλικός ρυθμιστής στροφών

Ο περιστρεφόμενος μηχανικός ρυθμιστής δεν συνδέεται με το ρυθμιστικό κανόνα του καυσίμου, αλλά ελέγχει μία υδραυλική βαλβίδα. Η βαλβίδα ανάλογα με τη θέση της, επιτρέπει την είσοδο υδραυλικού υγρού υπό πίεση στο κύκλωμα ή την απομάκρυνση του προς την επιστροφή. Όταν με την κάθοδο της βαλβίδας επιτρέπεται η είσοδος υδραυλικού υγρού, αυξάνεται η πίεση σε κατάλληλο έμβολο, το οποίο αυξάνει την παροχή καυσίμου. Με την άνοδο της βαλβίδας ανοίγει η επιστροφή και μειώνεται η πίεση στο έμβολο οπότε το ελατήριο το απομακρύνει και μειώνεται η παροχή καυσίμου. Όταν οι στροφές αυξάνονται, απομακρύνονται τα αντίβαρα, ανέρχεται η βαλβίδα, διαφεύγει υδραυλικό υγρό, μειώνεται η πίεση, κατέρχεται το έμβολο και μειώνεται το καύσιμο. Το αντίθετο συμβαίνει όταν μειώνονται οι στροφές.

Το συγκεκριμένο σύστημα έχει ένα μοναδικό σημείο ισορροπίας, όταν η βαλβίδα βρίσκεται στην ενδιάμεση νεκρή σχέση, η οποία αντιστοιχεί σε συγκεκριμένη ταχύτητα περιστροφής. Αυτή ρυθμίζεται από την τάση του ελατηρίου στο μηχανισμό με τα αντίβαρα. Προφανώς το σύστημα αυτό κατέχει την ιδιότητα της ισόχρονης λειτουργίας, αλλά δυστυχώς είναι και ασταθές, λόγω της αρχής αποκρίσεως της μηχανής στην αύξηση της παροχής καυσίμου. Έτσι αν πέσουν οι στροφές και αντιδράσει ο ρυθμιστής αυξάνοντας το καύσιμο, θα αργήσει να ανταποκριθεί ο κινητήρας, οπότε ήδη ο ρυθμιστής καυσίμου θα έχει μετακινηθεί κατά πολύ και η μηχανή συνεχίζει να επιταχύνει. Τότε η βαλβίδα μετακινείται από την άλλη πλευρά και μειώνει το καύσιμο, αλλά λόγω της αδράνειας του κινητήρα αργούν να πέσουν οι στροφές του, οπότε ο ρυθμιστής προκαλεί σημαντική μείωση του καυσίμου. Η παραπάνω διαδικασία επαναλαμβάνεται συνεχώς δηλαδή εμφανίζονται ταλαντώσεις συνεχείς και μη αποσβενομένες.



**ΕΙΚΟΝΑ 2.2:** Υδραυλικός ρυθμιστής στροφών WOODWARD τύπου UG-25

Το τελευταίο αυτό ανεπιθύμητο χαρακτηριστικό πρέπει να αφαιρεθεί, για να έχει ο ρυθμιστής πρακτική εφαρμογή. Αυτό γίνεται εισάγοντας στον ρυθμιστή χαρακτηριστικά κλίσεως ταχύτητας περιστροφής, με χρήση διάφορων μηχανισμών, ώστε να αντισταθμίζεται μερικώς η διέγερση που προκαλεί ο ρυθμιστής. Ένας τέτοιος απλός μηχανισμός συνδέει με τη βοήθεια μοχλού το ελατήριο του μηχανικού ρυθμιστή και το έμβολο. Έτσι όταν αυξάνεται το καύσιμο με την άνοδο του εμβόλου, μειώνεται ταυτόχρονα και η συμπίεση του ελατηρίου, οπότε η βαλβίδα τείνει να επιστρέψει στη νεκρή θέση. Αντίστοιχα όταν μειώνεται το καύσιμο με την κάθοδο του εμβόλου, μέσω του μοχλού, συμπιέζεται το ελατήριο και η βαλβίδα τείνει επίσης να επιστρέψει στη νεκρή θέση, αντισταθμίζοντας την κίνηση του εμβόλου.

### **2.3) Ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών**

Ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών στην πιο απλή του μορφή αποτελείται από έναν αισθητήρα, που μετρά τις στροφές του κινητήρα (ή επιπρόσθετα και το φορτίο), έναν επενεργητή, ο οποίος μετακινεί το ρυθμιστικό κανόνα του καυσίμου, καθώς και το ηλεκτρονικό κύκλωμα που ενισχύει το σήμα προς τον επενεργητή. Το σήμα από το μετρητή στροφών συγκρίνεται με προκαθορισμένη τιμή (για την δεδομένη ταχύτητα περιστροφής, που πρέπει να διατηρηθεί σταθερή). Αν υπάρχει σφάλμα (διαφορά), αυτό ενισχύεται από κατάλληλο ενισχυτή και οδηγείται στον επενεργητή είτε για αύξηση είτε για μείωση της παροχής καυσίμου, ανάλογα με το πρόσημο του σφάλματος. Ο ηλεκτρονικός ρυθμιστής μπορεί να συνδυάζεται με υδραυλικό σύστημα, το οποίο πολλαπλασιάζει τη δύναμη που επενεργεί στο ρυθμιστικό κανόνα του καυσίμου. Οι ηλεκτροϋδραυλικοί ρυθμιστές αποτελούν το αντίστοιχο του μηχανικού-υδραυλικού ρυθμιστή, όπου στη θέση του μηχανικού ρυθμιστή υπάρχει ηλεκτρονικός ρυθμιστής, ο οποίος κινεί την αντίστοιχη βαλβίδα του υδραυλικού κυκλώματος. Στη σύγχρονη μορφή τους τα ηλεκτρονικά συστήματα ελέγχου συλλέγουν και άλλες μετρήσεις από διάφορα σημεία της μηχανής, επενεργώντας και σε άλλες μεταβλητές, εκτός από τη θέση του ρυθμιστικού κανόνα του καυσίμου. Ανάλογα με τις στροφές και το φορτίο του κινητήρα, μπορούν να μεταβάλλουν το χρονισμό των βαλβίδων εξαγωγής, το χρονισμό της εγχύσεως, την πίεση εγχύσεως και την παροχή του εγχυόμενου καυσίμου, βελτιστοποιώντας τη λειτουργία της μηχανής σε όλα τα φορτία και σε όλο το εύρος των στροφών (ακόμη και κατά τη ανάστροφη λειτουργία).





**ΕΙΚΟΝΑ 2.3:** Ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών

## **Κεφάλαιο 3: Ο υδραυλικός ρυθμιστής στροφών Woodward**

### **3.1) Ιστορικά στοιχεία**

Η Woodward Inc είναι η αρχαιότερη εταιρία του κόσμου και ο μεγαλύτερος ανεξάρτητος σχεδιαστής, κατασκευαστής και πάροχος των συστημάτων ελέγχου (π.χ. αντλίες καυσίμων, ελέγχων μηχανών, ενεργοποιητές, βαλβίδες αέρα, καυσίμου ακροφύσια και ηλεκτρονικά) για κινητήρες αεροσκαφών, βιομηχανικούς κινητήρες, στρόβιλους και παραγωγούς ηλεκτρικής ενέργειας και κινητού βιομηχανικού εξοπλισμού.

Η ιστορική αναδρομή ξεκινάει το 1870 στο Rockford του Illinois με την εφεύρεση του Amos Woodward ενός υδροκίνητου μηχανικού ρυθμιστή. Τριάντα χρόνια αργότερα ο γιος του Elmer πατένταρε τον πρώτο επιτυχημένο ρυθμιστή για υδραυλικές τουρμπίνες. Το 1933 η εταιρεία γίνεται πιο ανταγωνιστική μπαίνοντας στον κλάδο των μηχανών diesel και άλλων παλινδρομικών μηχανών όπως και για τουρμπίνες βιομηχανικών εγκαταστάσεων. Η εταιρεία επωφελήθηκε τότε από την ταχεία εξέλιξη των μηχανών για τρένα και για αεροπλάνα. Η χρήση των αμοστροβίλων σε βιομηχανικές εγκαταστάσεις προσέφερε στην εταιρεία περισσότερες επιλογές. Η παράλληλη ηλεκτρονική ανάπτυξη της τότε εποχής έδωσε μεγαλύτερη ώθηση και αναγνώριση στην εταιρεία.

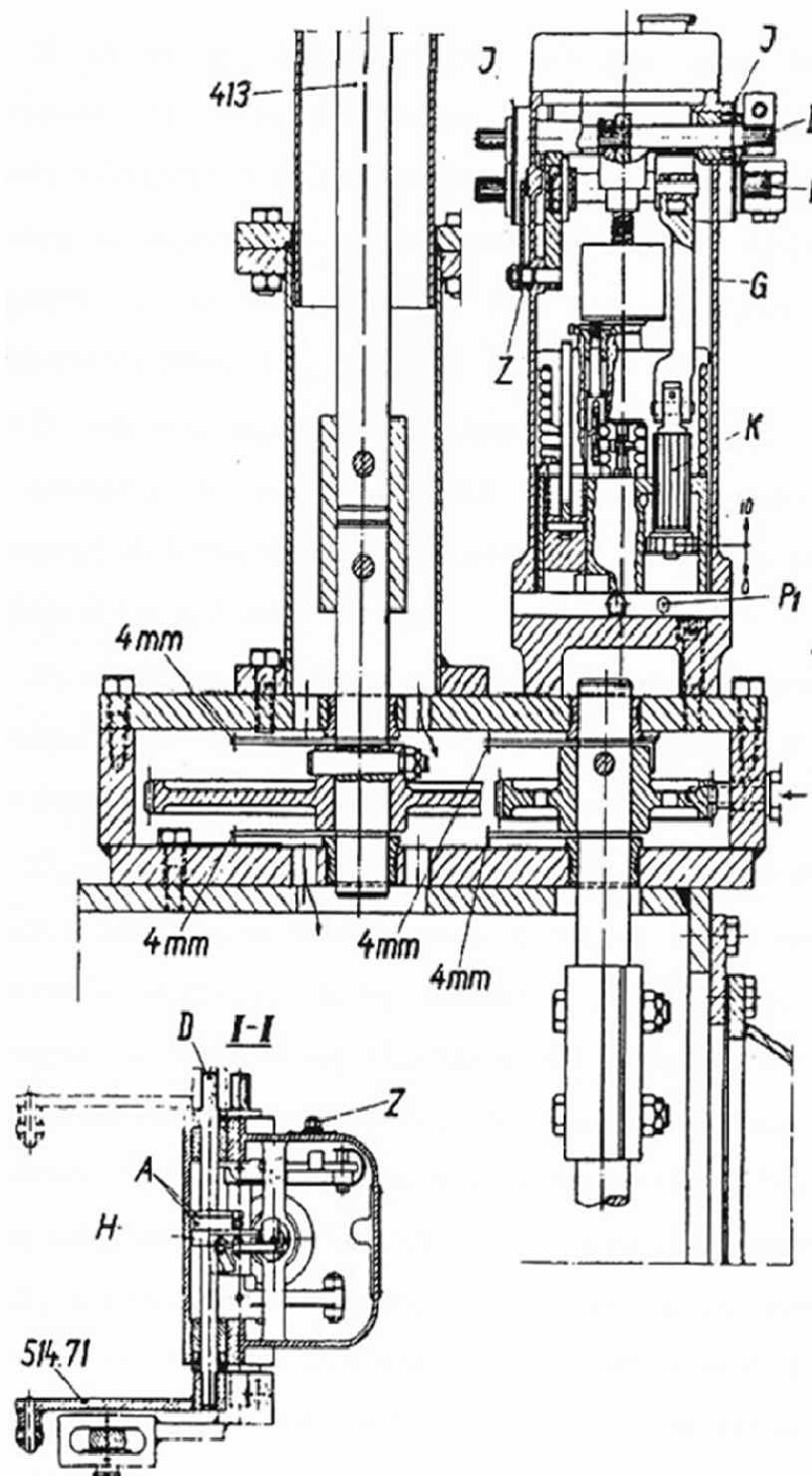
Το 1933 ο Elmer Governor κατασκευάζει τον πρώτο μηχανισμό για ηλεκτρονικό έλεγχο της προπέλας. Σήμερα το 75% των αεροσκαφών χρησιμοποιούν ρυθμιστές της εταιρείας Woodward. Από το 2007 η εταιρεία έχει αξία της τάξης του 1ος δισεκατομμυρίου δολαρίων με εγκαταστάσεις σε όλο τον πλανήτη όπως στην Κίνα, την Ιαπωνία, την Ευρώπη. Έχει κύκλο εργασιών πάνω από 2 δις. Η εταιρεία ανακοινώνει την αλλαγή του ονόματος της από Woodward Governor σε Woodward Inc.

### 3.2) Βασική περιγραφή του μηχανισμού

Ο ρυθμιστής ταχύτητας στροφών Woodward έχει ως αποστολή να διατηρεί όσον δυνατόν σταθερή την ταχύτητα της μηχανής. Η ταχύτητα της μηχανής, όπως είναι γνωστό, προσδιορίζεται από χειριστή μηχανικό μέσω του χειροτροχού. Η ποσοτική παροχή καυσίμου ρυθμίζεται ανεξάρτητα από τον ρυθμιστή της ταχύτητας, με τη βοήθεια του μοχλού παροχής καυσίμου και ανάλογα με το φορτίο της μηχανής. Οι διακυμάνσεις φορτίου επιφέρουν αλλαγές στην ταχύτητα της μηχανής. Κάθε αλλαγή της ταχύτητας της μηχανής θέτει αμέσως σε λειτουργία τον ρυθμιστή ταχύτητας. Ο ρυθμιστής ταχύτητας λειτουργεί ανεξάρτητα από τους υπόλοιπους μηχανισμούς χειρισμών της μηχανής και το σύστημα των μοχλών ελέγχου της παροχής καυσίμου είναι με τέτοιο τρόπο διαμορφωμένο, ώστε ενώ είναι ελεύθερο να αυξομειώνει την παροχή καυσίμου προσπαθώντας πάντα τη διατήρηση της ταχύτητας σε σταθερή τιμή. Πα-ρόλα αυτά, δεν έχει την δυνατότητα να αυξάνει την παροχή καυσίμου πέρα από εκείνη που προσδιορίζεται από την θέση του μοχλού παροχής καυσίμου. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα, να αποφεύγεται η επικίνδυνη υπερτάχυνση της μηχανής, σε περίπτωση μηδενισμού του φορτίου της από οποιαδήποτε αιτία, αφού ο ρυθμιστής είναι ικανός ακόμη και να μηδενίσει την παροχή του καυσίμου. Με αυτόν τον τρόπο ο ρυθμιστής παρέχει μία σημαντική δικλείδα ασφαλείας. Όλα αυτά βέβαια εφόσον ο ρυθμιστής εργάζεται κανονικά για αυτό και απαιτείται μεγάλη προσοχή στην σωστή λειτουργία του. Η σωστή συναρμολόγηση του αλλά και η ποιότητα του ελαίου που χρησιμοποιείται, θα πρέπει να ανταποκρίνεται πάντοτε στις προδιαγραφές των κατασκευαστών. Τα ελατήρια των αντίβαρων του ρυθμιστή έχουν ορισμένη τάση για κάθε ταχύτητα έτσι ώστε ο ρυθμιστής να ισορροπεί.

Στην περίπτωση που ο ρυθμιστής καλείται να διατηρήσει την ταχύτητα της μηχανής σε μεγαλύτερες ή μικρότερες τιμές, η τάση των ελατηρίων, η οποία αντιδρά στις φυγόκεντρες δυνάμεις των αντίβαρων αυξάνεται ή ελαττώνεται με την βοήθεια του χειροτροχού. Βασική λειτουργία του χειροτροχού, όπως έχει αναφερθεί και προηγουμένως, είναι ο προσδιορισμός της ταχύτητας της μηχανής. Αντίστοιχα, με την νέα τάση των ελατηρίων τα αντίβαρα λαμβάνουν νέα θέση ισορροπίας. Αυτό έχει ως

άμεσο αποτέλεσμα μία νέα μετατόπιση του σερβοεμβόλου. Η μετατόπιση αυτή κρίνεται απαραίτητη για τη ρύθμιση της παροχής του καυσίμου ως προς τη νέα κατάσταση φορτίου μηχανής. Στη συνέχεια, ο άξονας του ρυθμιστή της ταχύτητας στρέφεται και αυξάνει την τάση του ελατηρίου. Ο χειροτροχός προσδιορισμού της ταχύτητας βρίσκεται στο σταθμό χειρισμών της μηχανής και έχει κλίμακα με υποδιαίρέσεις από 0 έως 10 με τις αντίστοιχες ταχύτητες και φορτία. Η ρυθμιστική γωνία της ταχύτητας του άξονα προσδιορίζεται μέσω τερματικών τομέων, οι θέσεις των οποίων μπορούν να ρυθμιστούν μεταξύ των θέσεων 0 έως 10. Για πιο εύκολη συναρμολόγηση και ρύθμιση, οι τελικές θέσεις 0 και 10 του άξονα ρύθμισης ταχύτητας και του τελικού άξονα έχουν σημαδευτεί αντίστοιχα και στους δύο άξονες με ενδεικτικές πλάκες, οι οποίες είναι προσαρμοσμένες στο περίβλημα του ρυθμιστή. Αυτό γίνεται για να διασφαλιστεί ότι σε όλες τις διακυμάνσεις του φορτίου θα υπάρχει σταθερός έλεγχος της ταχύτητας από το ρυθμιστή, ο οποίος είναι εφοδιασμένος με υδραυλικό μηχανισμό που αναφέρεται και σαν σύστημα αντιστάθμισης.

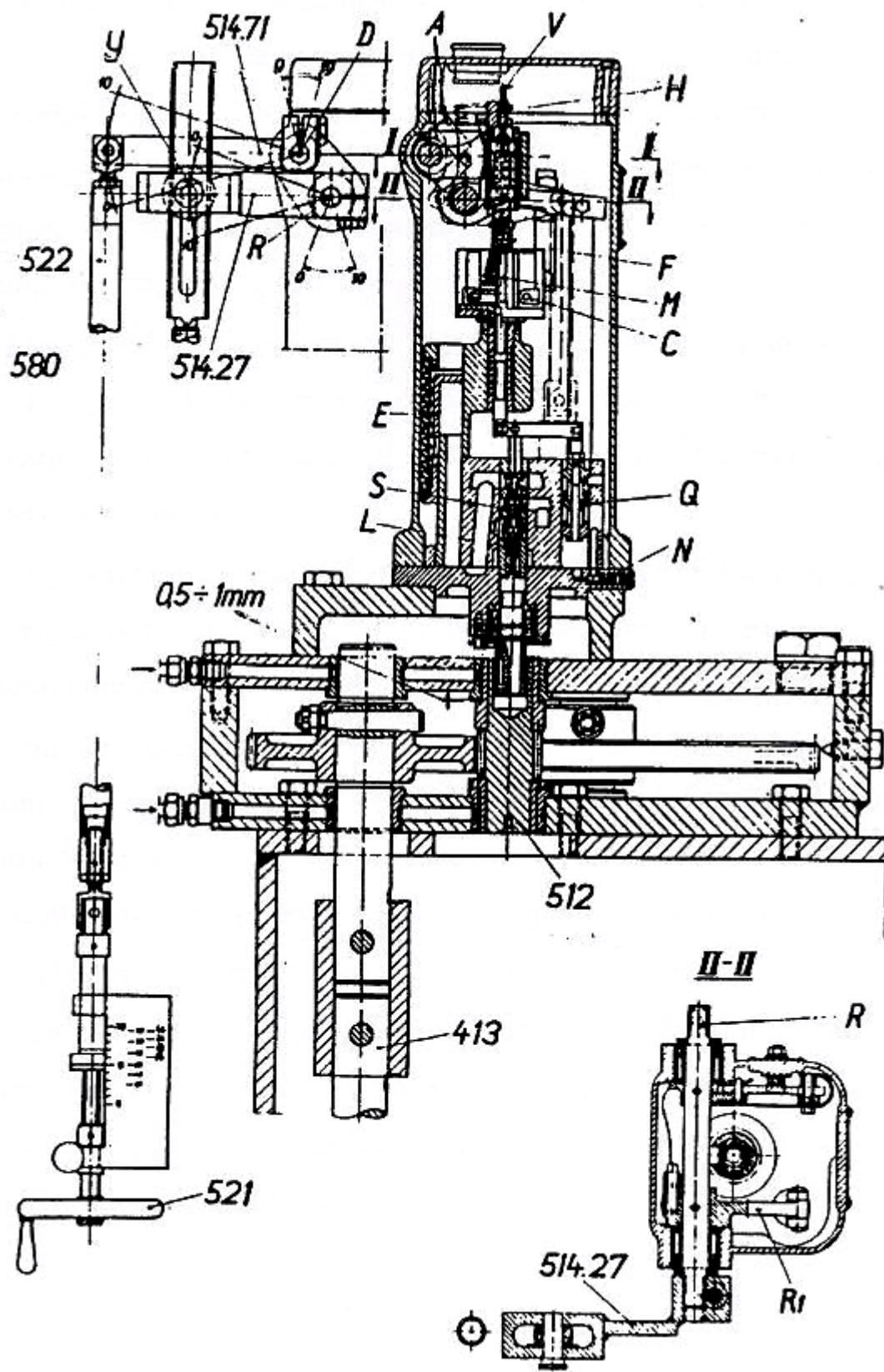


Εικόνα 3.1: περιγραφή του μηχανισμού

Η κίνηση του μηχανισμού ρυθμίζεται μέσω του δείκτη επαναφοράς και της βελονοειδούς βαλβίδας επαναφοράς. Έτσι λοιπόν, η διαδρομή ρυθμίζεται από το δείκτη επαναφοράς και η ταχύτητα επαναφοράς από τη βελονοειδή βαλβίδα. Τα δύο

παραπάνω τμήματα βρίσκονται εξωτερικά στο περίβλημα του ρυθμιστή.

Οι κινήσεις των αντίβαρων, που έχουν ως στόχο τη ρύθμιση της ταχύτητας μεταφέρονται σε μια μικρή συρταρωτή βαλβίδα χειρισμού, η οποία ρυθμίζει την πίεση κάτω από το σερβοέμβολο. Η ενέργεια που προορίζεται για το σερβοέμβολο αποθηκεύεται στους συλλέκτες και η ικανότητα αποθήκευσης είναι αρκετή για μεγάλο αριθμό ρυθμιστικών κινήσεων ταχείας εναλλαγής. Οι συλλέκτες λειτουργούν με πίεση ελαίου 17,6 kg/cm<sup>3</sup>. Η πίεση αυτή διατηρείται μέσω στομίων υπερχείλισης στους κυλίνδρους των συλλεκτών, τα οποία όμως δεν είναι ασφαλιστικές βαλβίδες. Υπάρχει επίσης ένα πώμα δοκιμής πίεσης λαδιού για να είναι δυνατός ο έλεγχος. Ο συλλέκτης, ο οποίος φορτίζεται με ελατήριο, ενεργεί στην πάνω επιφάνεια του σερβο-εμβόλου και η απαιτούμενη πίεση ελαίου παρέχεται από γранаζωτή αντλία η οποία καταθλίβει στους συλλέκτες.



Εικόνα 3.2: περιγραφή του μηχανισμού

Για να μετατραπεί η παλινδρομική κίνηση του σερβοεμβόλου σε περιστροφική κίνηση του άξονα ρύθμιση χρησιμοποιείται ένα σύστημα μοχλών. Οι τελικές θέσεις 0 έως 10 του σερβοεμβόλου καθορίζονται μέσω του αντίστοιχου κυλίνδρου. Το σύστημα μεταδόσεως του ρυθμιστή καταπονείται συχνά από ανομοιόμορφες στρέψεις, οι οποίες είναι και αναπόφευκτες, αφού δεν είναι δυνατό να αντισταθμιστούν. Ο συγκεκριμένος ρυθμιστής τύπου Woodward έχει ενσωματωμένα δύο συστήματα απόσβεσης που προσδίδουν κάποιο είδος ασφάλειας. Το πρώτο είναι ένας εύκαμπτος σύνδεσμος της ατράκτου κίνησης μέσα στον ρυθμιστή, ο οποίος αποτελείται από επίπεδα ελατήρια για την απόσβεση υψηλών συχνοτήτων. Αντίθετα, οι ταλαντώσεις χαμηλής συχνότητας που προέρχονται από τη μετάδοση εξαλείφονται με έλαιο στους οδηγούς των αντιβάρων. Στην περίπτωση που ο ρυθμιστής δεν λειτουργεί σωστά, είναι δυνατόν να αποσυνδεθεί από το σύστημα μοχλών ρύθμισης της παροχής καυσίμου με αφαίρεση του εξωτερικού μοχλού ελέγχου. Είναι λογικό δηλαδή χωρίς φορτίο η μηχανή να λειτουργεί ικανοποιητικά και με σταθερή ταχύτητα. Αυτό όμως δεν δηλώνει ότι έχει ρυθμιστεί σωστά για όλες τις ταχύτητες και τις καταστάσεις φορτίων. Όταν υπάρχουν μεγάλες διακυμάνσεις και μεταβολές ταχύτητας στο φορτίο για αρκετό χρονικό διάστημα, το σύστημα μεταφοράς, δηλαδή ο δείκτης αντιστάθμισης και η βελονοειδής βαλβίδα, δεν είναι σωστά ρυθμισμένο. Στον κάθε ρυθμιστή μπορούν να παρουσιαστούν μικρά προβλήματα όπως το παραπάνω, μέχρι και να μην λειτουργεί καθόλου. Έτσι κρίνεται απαραίτητη η τοποθέτηση πείρου, έτσι ώστε να μπορεί να εξαρμόζεται από τον ρυθμιστή. Βέβαια, ο άξονας όπου είναι συνδεδεμένος εξακολουθεί να βρίσκεται μέσα χωρίς να υπάρχει κάποιος ιδιαίτερος κίνδυνος ζημιάς. Αν ο ρυθμιστής δεν είναι τοποθετημένος, η μηχανή ελέγχεται μόνο χειροκίνητα από τον χειροκίνητο ρυθμιστή καυσίμου. Σε αυτήν την περίπτωση, θα πρέπει να ληφθούν κάποιες σοβαρές προφυλάξεις ασφαλείας έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η μηδενική παροχή καυσίμου οποιαδήποτε στιγμή ζητηθεί μέσω του ελαιοσερβοκινητήρα διακοπής καυσίμου. Ο μηχανικός που θα είναι χειριστής σε αυτήν την κατάσταση λειτουργίας θα πρέπει απαραίτητα να βρίσκεται στον σταθμό χειρισμών μηχανής



### **3.3) Η λειτουργία του μηχανισμού**

Οι υδραυλικοί ρυθμιστές στροφών δουλεύουν με παρόμοιο τρόπο όπως και οι μηχανικοί με την διαφορά όμως ότι οι υδραυλικοί αντί να μετακινούν τον ρυθμιστικό άξονα της παροχής προς τις αντλίες πετρελαίου, μετακινούν έναν ρυθμιστικό σύρτη όπου ανάλογα με την θέση του ανοίγει ή κλεινεί θυρίδες ελέγχου της παροχής του υδραυλικού λαδιού προς και από το έμβολο ισχύος. Το έμβολο ισχύος είναι ένα έμβολο που ανάλογα προς πια πλευρά εισέρθει το πεπιεσμένο λαδί μετακινείται προς τα πάνω ή προς τα κάτω. Η αντλία αναρροφά από την ελαιολεκάνη και καταθλιβεί υπό πίεση το λάδι στον χώρο του συσσωρευτή. Η μέγιστη πίεση ρυθμίζεται από την υπερχείλιση του ελαίου στον συσσωρευτή. Οι κινήσεις των αντιβάρων μεταφέρονται στην συρταροειδής βαλβίδα όπου ελέγχεται η παροχή και η επιστροφή του ελαίου (Προς και από το έμβολο ισχύος). Το έμβολο ισχύος είναι ένα έμβολο διπλής ενεργείας όπου δέχεται την υδραυλική πίεση του ελαίου και ανάλογα της διεύθυνση μετατοπίζεται προς την αντίστοιχη θέση (πάνω - κάτω). Η κάτω επιφάνεια του εμβόλου είναι 2 φορές μεγαλύτερη της άνω επιφάνεια όπου ασκείται σταθερή πίεση του ελαίου ανεξάρτητος της θέσεως της συρταροειδής βαλβίδας.

#### **α) Λειτουργία χωρίς μεταβολή φορτίου**

Με την ρυθμιστική βαλβίδα (Pilot valve) στην μεσαία θέση κλείνονται οι θυρίδες ελέγχου (Regulating port) της παροχής του υδραυλικού ελαίου. Το έμβολο ισχύος ισόρροπη λόγω των δυνάμεων ισοροπίας (Power spring) όπου ασκεί το λάδι στην άνω επιφάνεια του εμβόλου (Power piston). Εφόσον το έμβολο δεν μετακινείται δεν μετακινείται και ο ρυθμιστικός κανόνας των αντλιών πετρελαίου της μηχανής οπότε δεν μεταβάλλεται η παροχή του καυσίμου.

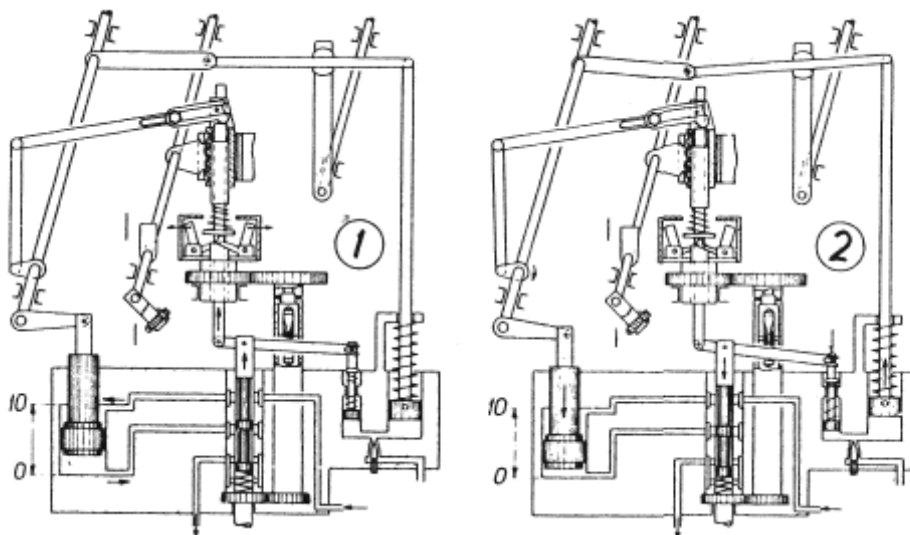
#### **β) Λειτουργία με αύξηση φορτίου**

Η φυγόκεντρος δύναμη όπου ασκείται στα αντίβαρα (Flyballs) είναι μεγαλύτερη της εντάσεως του ελατηρίου (Power spring) με αποτέλεσμα να μετακινείται η συρταροειδής βαλβίδα (Pilot valve) με αποτέλεσμα να αποκαλύπτει η πάνω θυρίδα (Regulating port) και συγκοινωνεί η κατάθλιψη της αντλίας με την κάτω επιφάνεια του

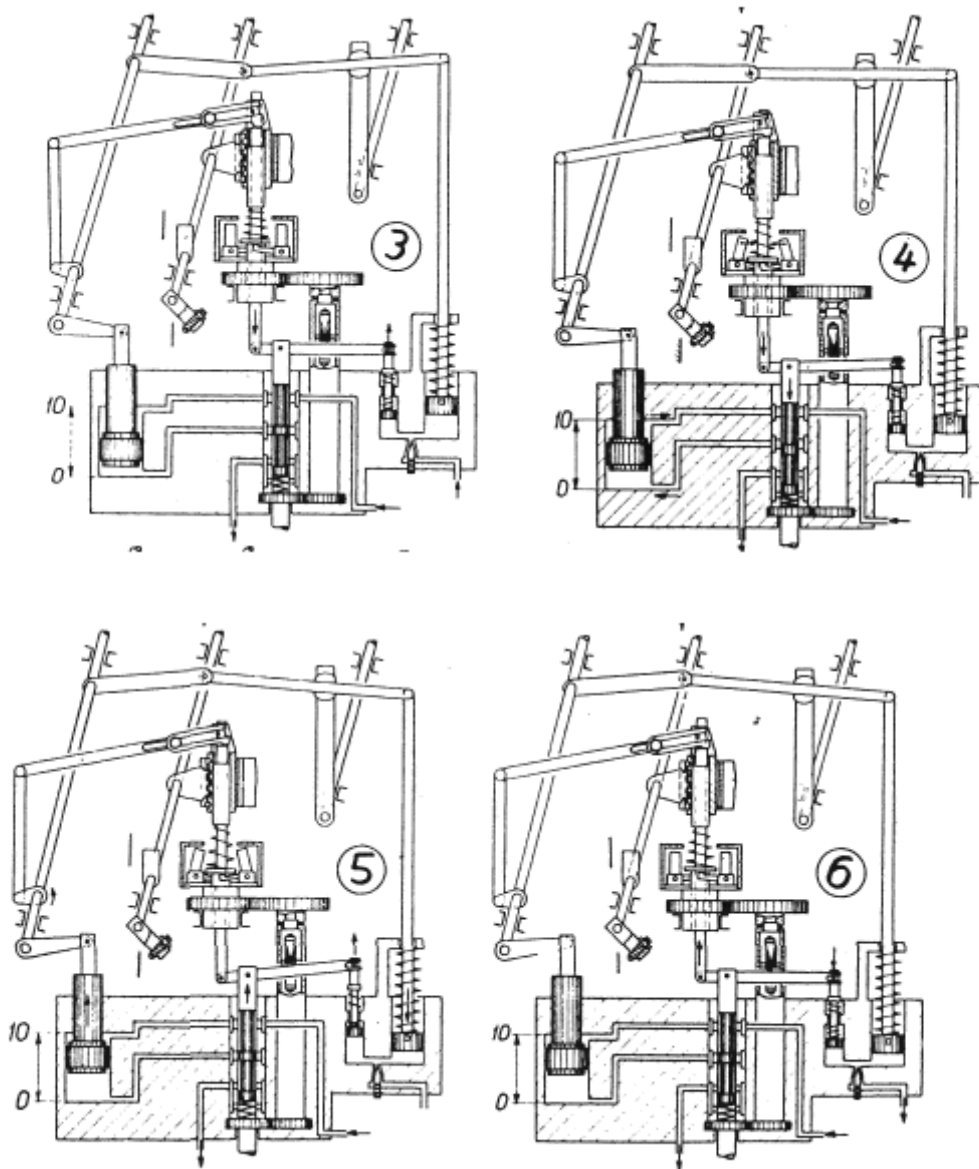
εμβόλου με αποτέλεσμα το υδραυλικό λάδι να μετακινεί το έμβολο(Power piston) προς τα πάνω, με την μετακίνηση του εμβόλου στρέφεται και ο άξονας ρυθμίσεως των αντλιών πετρελαίου με αποτέλεσμα την αύξηση της παροχής του πετρελαίου. (Maximum Fuel).

### γ) Λειτουργία με μείωση φορτίου

Η φυγόκεντρος δύναμη των αντιβάρων (Flyball) είναι μικρότερη της εντάσεως του ελατηρίου και τα αντίβαρα κινούνται προς τα μέσα το βάκτρο ανυψώνεται και η συρταροειδής βαλβίδα κινείται προς τα κάτω. Τότε συγκοινωνεί η κάτω όψη του εμβόλου (Power piston) με την ελαιολεκάνη. Το έμβολο κινείται προς τα κάτω με αποτέλεσμα την κίνηση του άξονας ρυθμίσεως των αντλιών πετρελαίου με αποτέλεσμα την μείωση της παροχής του πετρελαίου. (Minimum fuel).



Εικόνα 3.3: Στάδια λειτουργίας του μηχανισμού



**Εικόνα 3.3:** Στάδια λειτουργίας του μηχανισμού

### 3.4) Τρόπος ρύθμισης

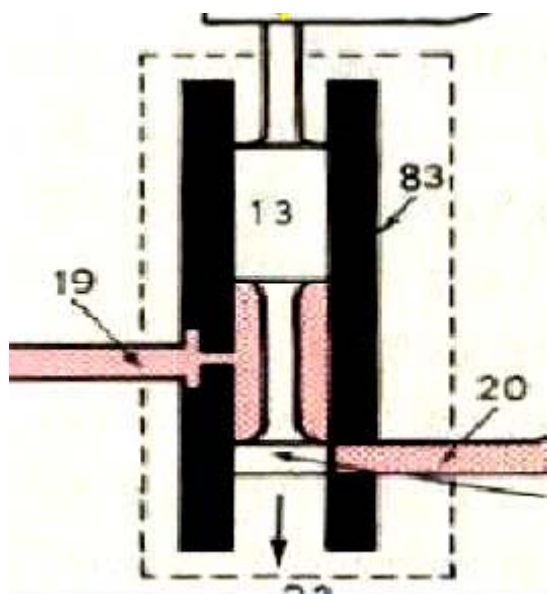
Η γρναζωτή αντλία αναρροφά λάδι από την ελαιολεκάνη και το καταθλίβει στους συλλέκτες. Οι συλλέκτες βρίσκονται υπό την ένταση ελατηρίων. Η μέγιστη πίεση λαδιού στους συλλέκτες καθορίζεται από το άνοιγμα υπερχειλίσης. Εάν ληφθεί υπόψη ότι ο ρυθμιστής περιλαμβάνει δύο έμβολα στους αντίστοιχους συλλέκτες, τα οποία είναι ανεξάρτητα το ένα από το άλλο δεν είναι επιβεβλημένη η ύπαρξη ασφαλιστικής διάταξης και οι κινήσεις των αντίβαρων μεταδίδονται στην συρτοειδή βαλβίδα ελέγχου. Η βαλβίδα αυτή ρυθμίζει την εισαγωγή και η εξαγωγή λαδιού από την κάτω επιφάνεια του εμβόλου του σερβοκινητήρα. Το έμβολο του σερβοκινητήρα είναι

διαφορετικής διαμέτρου στα άκρα του, τα οποία και βρίσκονται υπό την επίδραση του πεπιεσμένου λαδιού. Η κάτω επιφάνεια είναι περίπου διπλάσιας διαμέτρου από την πάνω. Στην κάτω επιφάνεια, λοιπόν, επιδρά συνεχώς και χωρίς μεταβολές η πλήρης πίεση λαδιού που παρέχεται προς τους συλλέκτες, ανεξάρτητα από την θέση της συρτοειδούς βαλβίδας ελέγχου. Όταν η συρτοειδής βαλβίδα ελέγχου βρίσκεται στην μέση θέση της διαδρομής της, τότε οι κόψεις ελέγχου της βαλβίδας συμφωνούν με εκείνες του χιτωνίου. Στην θέση αυτής της βαλβίδας το σερβοέμβολο βρίσκεται σε ισορροπία. Αυτό γίνεται επειδή η επάνω κόψη της βαλβίδας επιτρέπει την εισαγωγή συγκεκριμένης ποσότητας λαδιού προς την κάτω πλευρά του εμβόλου του σερβοκινητήρα, το οποίο δίνει την δυνατότητα ακινησίας του σερβοεμβόλου. Αυτό συμβαίνει λόγω της εξίσωσης της πίεσης του λαδιού και στις δύο επιφάνειές του. Έτσι ο ρυθμιστικός άξονας βρίσκεται σε ακινησία και ως εκ τούτου η παροχή καυσίμου παραμένει αμετάβλητη. Εάν η συρτοειδής βαλβίδα ελέγχου κινηθεί προς τα πάνω, τότε ελευθερώνεται από την πίεση του λαδιού η κάτω επιφάνεια του εμβόλου του σερβοκινητήρα. Σε αυτήν την περίπτωση, όλη η πίεση του λαδιού εφαρμόζεται στην πάνω επιφάνεια του εμβόλου του σερβοκινητήρα. Το έμβολο κατά αυτόν τον τρόπο πιέζεται προς τα κάτω, με αποτέλεσμα και ο άξονας ρυθμιστής να περιστραφεί και ως εκ τούτου να επέλθει και μείωση της παροχής του καυσίμου. Η επαναφορά αυτή είναι άκρως απαραίτητη για την επίτευξη σταθερής ανταπόκρισης του ρυθμιστή σε κάθε περίπτωση. Το ελατήριο κάτω από την βαλβίδα ελέγχου χρησιμεύει μόνο για την στατική εξισορρόπηση των βαρών και έτσι δεν έχει κανένα ρυθμιστικό ρόλο. Επίσης, το ελατήριο πάνω από το έμβολο επαναφοράς ενεργεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε να αποσβεστεί η νεκρή κίνηση των μοχλών επαναφοράς και κατά την κανονική λειτουργία δεν έχει καμία επίδραση.

## Κεφάλαιο 4: Λειτουργία των βασικών εξαρτημάτων του ρυθμιστή

### 4.1) Μονάδα καθορισμού στροφών

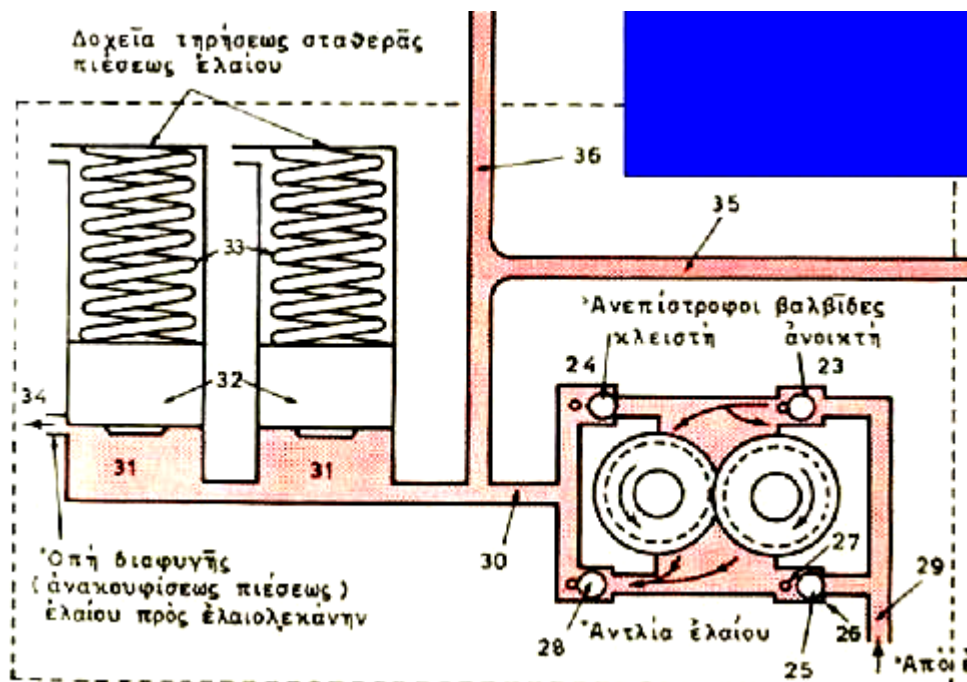
Η μονάδα καθορισμού στροφών ενεργοποιείται είτε από το χειροκίνητο, είτε από το πνευματικό σύστημα το οποίο λειτουργεί με λάδι σταθερής πίεσεως που προέρχεται από τη μονάδα πίεσης λαδιού. Στη μονάδα αυτή επιστρέφουν δύο σήματα: ένα από τον επενεργητή και ένα από το φυγοκεντρικό ελεγκτή που ενημερώνουν τη μονάδα για την εκτέλεση της εντολής καθορισμού στροφών. Μία άλλη λειτουργία της μονάδας αυτής είναι η αποστολή ενός σήματος πίεσης του λαδιού στο φυγοκεντρικό ελεγκτή, με το οποίο και καθορίζεται ο επιθυμητός αριθμός στροφών της μηχανής.



Παραπάνω παρουσιάζεται σχηματικά η μονάδα καθορισμού στροφών. Όταν, λοιπόν, το έμβολο κατεβαίνει, αυτό έχει ως αποτέλεσμα το λάδι να κυκλοφορεί από τη θέση 19 στη θέση 20, ενώ αντίθετα, όταν το έμβολο ανεβαίνει το λάδι κυκλοφορεί από τη θέση 20 προς τη θέση της ελαιολεκάνης. Τη στιγμή που η μηχανή αποκτά τις επιθυμητές στροφές, το έμβολο φράσσει την κυκλοφορία του λαδιού από τη θέση 19 στη θέση 20 ή από τη θέση 20 προς την ελαιολεκάνη.

## 4.2) Μονάδα πίεσης λαδιού

Η μονάδα αυτή αποτελείται από μία αντλία λαδιού με γρανάζια, η οποία εξαρτάται από τη μηχανή, έτσι ώστε να διατηρεί σταθερή πίεση. Η αναρρόφηση βρίσκεται στη δεξαμενή λαδιού της μηχανής και η κατάθλιψη οδηγείται προς τη μονάδα καθορισμού στροφών και προς το φυγοκεντρικό ελεγκτή.



Επίσης, όπως φαίνεται και στο παραπάνω σχήμα, τοποθετούνται τέσσερις βαλβίδες ανεπίστροφες με σκοπό να είναι η αναρρόφηση (θέση 29) και η κατάθλιψη (θέση 30) η ίδια είτε η μηχανή κινείται πρόσω είτε ανάποδα. Έτσι, όταν η μηχανή κινείται πρόσω οι βαλβίδες 23 και 28 ανοίγουν, ενώ οι βαλβίδες 24 και 26 κλείνουν. Στην περίπτωση τώρα που η μηχανή κινείται ανάποδα, πραγματοποιείται η αντίστροφη διαδικασία, δηλαδή οι βαλβίδες 24 και 26 ανοίγουν, ενώ οι βαλβίδες 23 και 28 κλείνουν.

## 4.3) Φυγοκεντρικός ελεγκτής στροφών

Η μονάδα αυτή παίρνει κίνηση συνήθως από τον άξονα του κεντροφόρου της μηχανής (Camshaft) με την βοήθεια συστήματος οδοντωτών τροχών. Ο φυγοκεντρικός ελεγκτής

τροφοδοτείται με λάδι σταθερής πίεσεως από την μονάδα πίεσεως και μεταβλητής πίεσεως από την μονάδα καθορισμού των στροφών. Κατά την λειτουργία του ο ελεγκτής στέλνει ένα υδραυλικό σήμα υπό μορφή πίεσεως λαδιού, στην μονάδα αποσβέσεως ταλαντώσεων και δέχεται σήματα από το όργανο δράσεως, που πληροφορεί για την εκτέλεση της εντολής ρυθμίσεως των στροφών και από την μονάδα αποσβέσεως, η οποία έχει ως λειτουργία να μειώνει και τελικά να σβήνει τις διακυμάνσεις των στροφών.

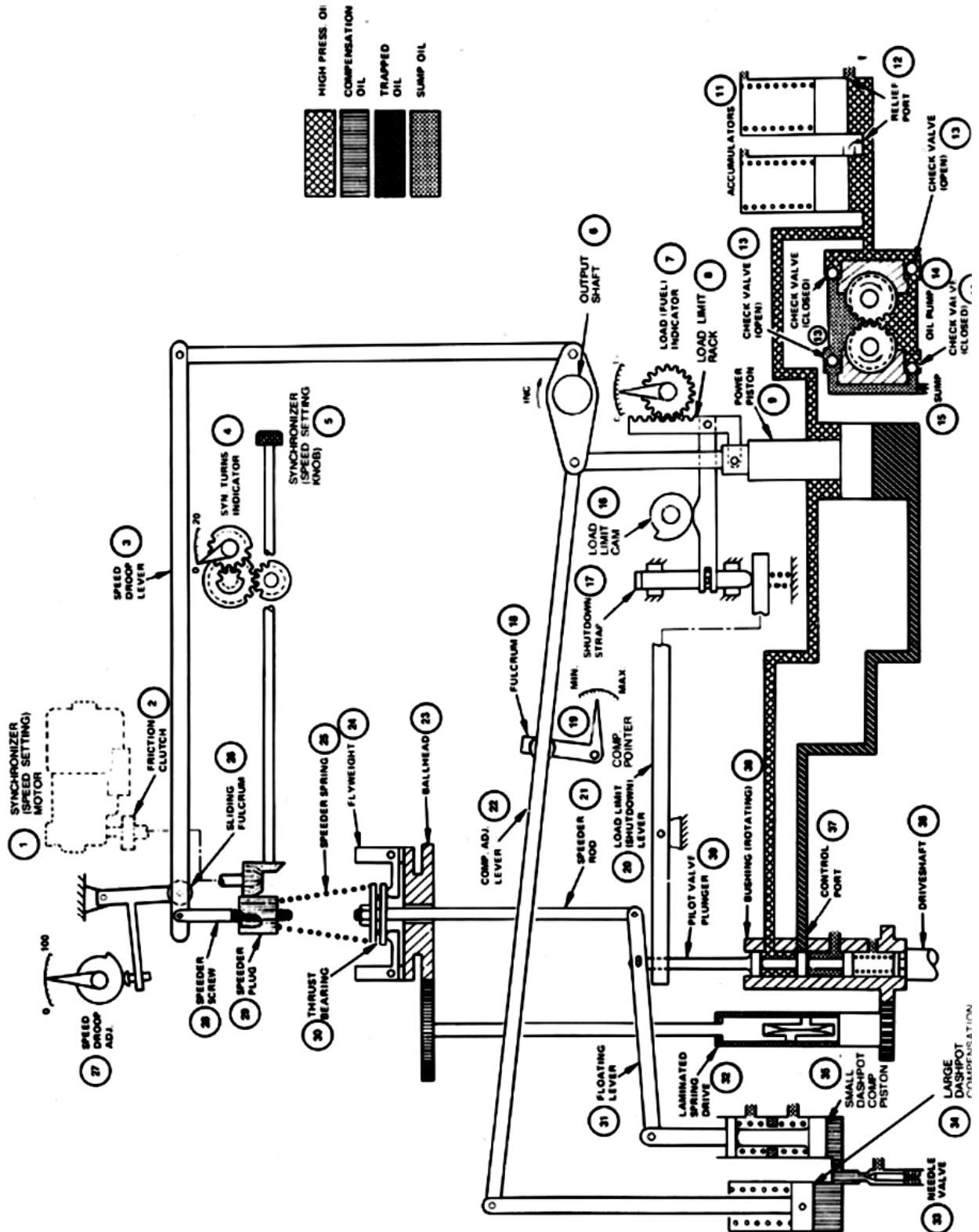
#### **4.4) Μονάδα αποσβέσεως ταλαντώσεων**

Ο σκοπός της μονάδας αυτής είναι η απόσβεση των ταλαντώσεων των στροφών της μηχανής, όταν ο ρυθμιστής με την βοήθεια του φυγοκεντρικού ελεγκτή στροφών επιχειρεί να διατηρήσει τις στροφές της μηχανής σταθερές. Η μονάδα αυτή δέχεται ένα σήμα από τον φυγοκεντρικό ελεγκτή και στέλνει δύο υδραυλικά σήματα υπό την μορφή πίεσεως λαδιού το ένα στο όργανο δράσεως και το άλλο στον φυγοκεντρικό ελεγκτή.

#### **4.5) Επενεργητής στροφών**

Ο επενεργητής στροφών δέχεται σήμα από τη μονάδα απόσβεσης των ταλαντώσεων και στέλνει σήμα προς τη μηχανή σύμφωνα με το οποίο ρυθμίζεται η παροχή πετρελαίου. Αυτή με τη σειρά της στέλνει δύο σήματα προς τη μονάδα καθορισμού στροφών και το φυγόκεντρο ελεγκτή και πληροφορεί τις μονάδες αυτές για την πορεία εκτέλεσης της εντολής.

## Κεφάλαιο 5: Ανάλυση εξαρτημάτων ρυθμιστή

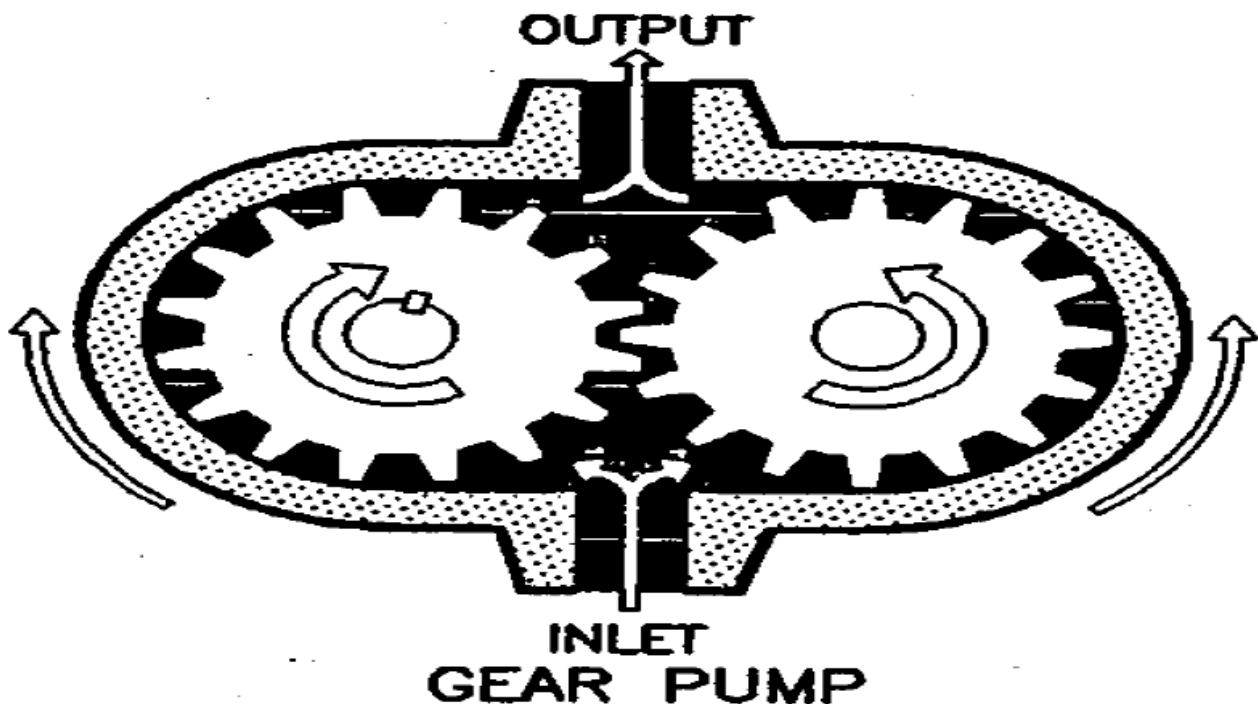


Εικόνα 5.1: Εξαρτήματα ρυθμιστή

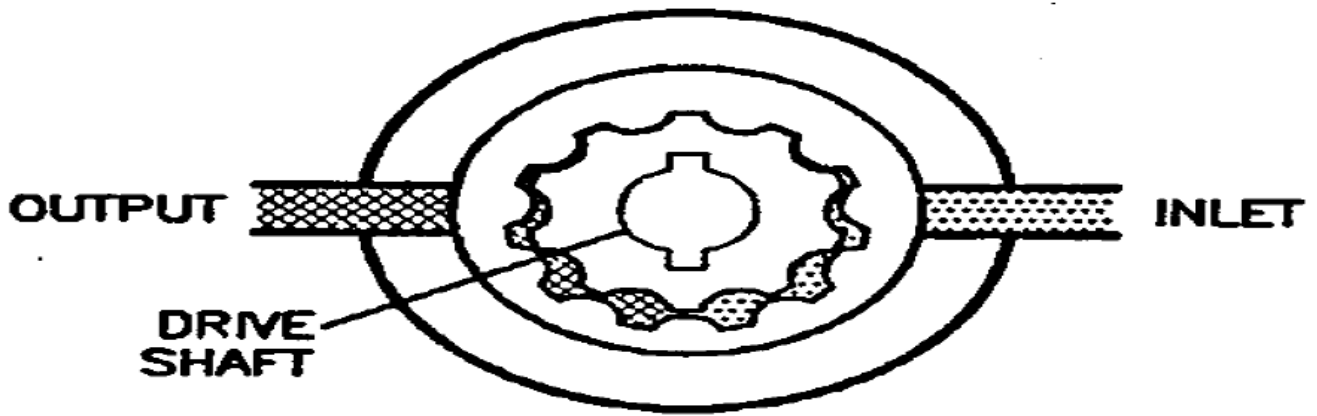
### 5.1) Αντλία λαδιού



Ο σκοπός της αντλίας λαδιού είναι να παρέχει επαρκή ποσότητα και πίεση υδραυλικού λαδιού για την λειτουργία του ρυθμιστή. Η αντλία αναρροφά το υδραυλικό λάδι από μια ξεχωριστή δεξαμενή (15) και καταθλιβεί προς το δοχείο διατηρήσεως σταθερής πίεσης (accumulator) (11). Η αντλία είναι γραναζωτή θετική εκτοπίσεως και έχει τέσσερις θυρίδες (13) για τον έλεγχο της ροής του υδραυλικού λαδιού για κάθε διεύθυνση ροής. Η αντλία παίρνει κίνηση από τον άξονα κινήσεως του ρυθμιστή στροφών. Τα γρανάζια μπορούν να περιστρέφονται δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα



Εικόνα 5.2: Αντλία λαδιού



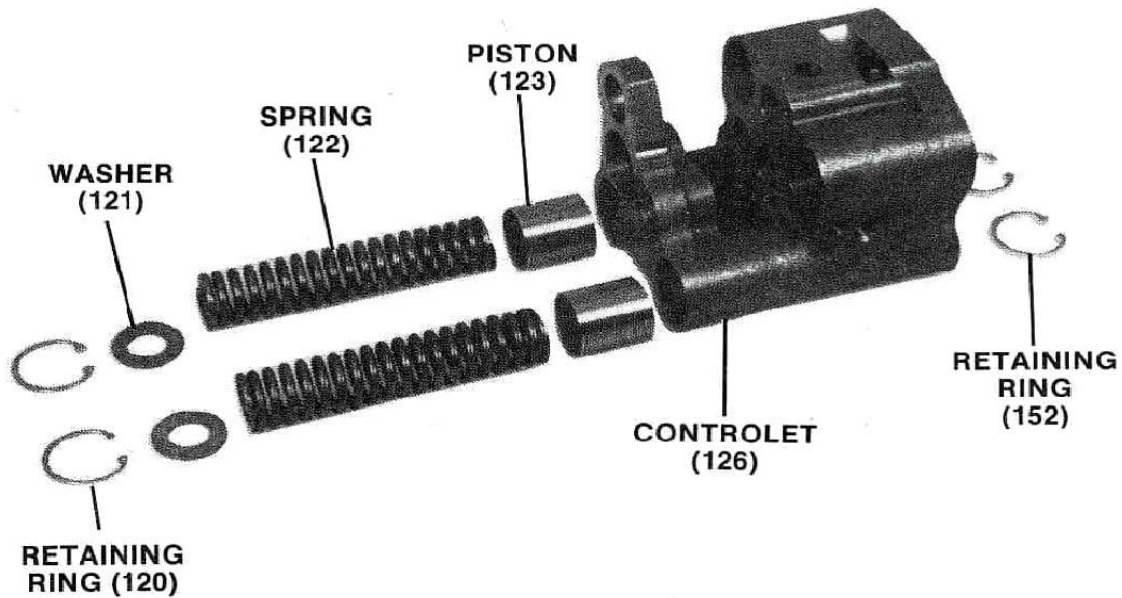
**INTERNAL  
GEAR PUMP**

017-002

Εικόνα 5.2: Αντλία λαδιού

### 5.2) Δοχείο διατηρήσεως σταθερής πίεσεως (accumulator)

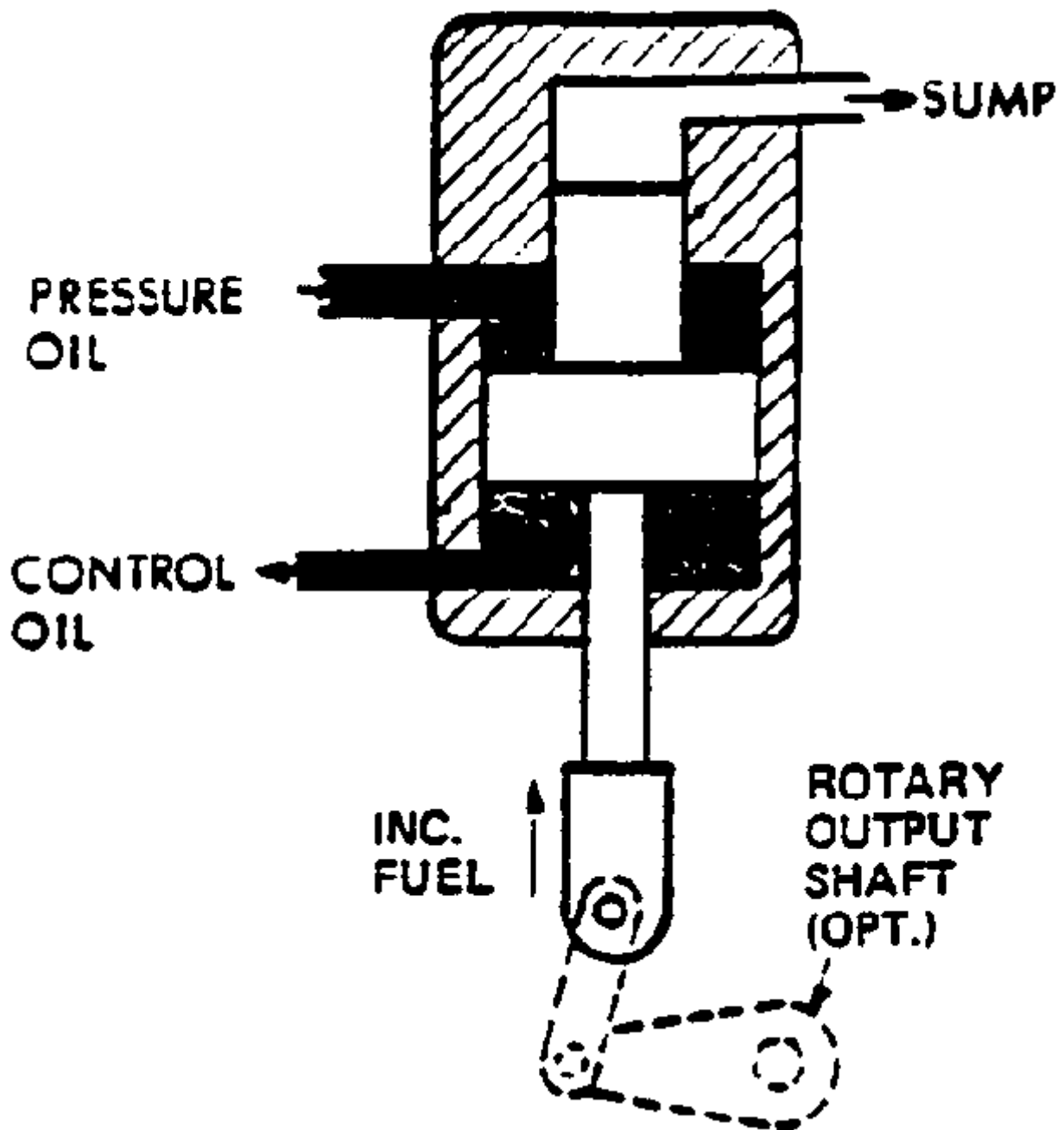
Ο σκοπός του δοχείου διατηρήσεως σταθερής πίεσεως είναι να αποθηκεύει το υδραυλικό λάδι υπό πίεση για την λειτουργία του ρυθμιστή στροφών. Το δοχείο διατηρήσεως σταθερής πίεσης αποτελείται από δύο κυλίνδρους στον κάθε κύλινδρο υπάρχει ένα ελατήριο καθώς και ανακουφιστικές βαλβίδες όπου ανοίγουν εάν η πίεση υπερβεί τα 827 KPA/120 psi για τους ρυθμιστές στροφών τύπου UG 5.1 και 1034 KPA/150 psi για τους ρυθμιστές τύπου UG 10. Το υδραυλικό λάδι καταθλίβεται υπό πίεση από την αντλία λαδιού και συμπιέζει τα ελατήρια, όταν η πίεση του υδραυλικού λαδιού ξεπεράσει τα 827 KPA/120psi για τους ρυθμιστές στροφών τύπου UG 5.1 και 103 KPA/150 psi για τους ρυθμιστές τύπου UG 10 το υδραυλικό λάδι απελευθερώνεται προς την δεξαμενή αποθηκεύσεως του υδραυλικού λαδιού (hydraulic oil sump tank) μέσω της ανακουφιστικής θυρίδας (12) όπου υπάρχει σε κάθε κύλινδρο. Το λάδι ρέει από το δοχείο διατηρήσεως σταθερής πίεσης μέσω αγωγών προς την άνω πλευρά του εμβόλου δράσεως και επίσης προς την θυρίδα ελέγχου όπου βρίσκεται στο χιτώνιο της συρταροειδής βαλβίδας



**Εικόνα 5.3:** Δοχείο διατηρήσεως σταθερής πίεσης

### 5.3) Έμβολο ισχύος

Ο σκοπός του εμβόλου ισχύος είναι να περιστρέψει τον άξονα ρυθμίσεως στροφών του ρυθμιστή. Το έμβολο αυτό είναι διπλής δράσεως. Η άνω πλευρά του εμβόλου συνδέεται με τον άξονα ρυθμίσεως στροφών του ρυθμιστή (6). Η κάτω πλευρά του εμβόλου έχει μεγαλύτερη διάμετρο από την άνω πλευρά του εμβόλου, επομένως λιγότερη πίεση υδραυλικού λαδιού χρειάζεται από ότι χρειάζεται στην άνω πλευρά για να διατηρηθεί το έμβολο σταθερό. Εάν η πίεση υδραυλικού λαδιού είναι παρόμοια και στις δύο πλευρές τότε το έμβολο κινείται ανοδικά για περιστρέψει των άξονα ρυθμίσεως των στροφών του ρυθμιστή (θέση ως προς αύξηση φορτίου). Το έμβολο κινείται καθοδικά μόνο όταν το υδραυλικό λάδι όπου βρίσκεται στην κάτω πλευρά του εμβόλου απελευθερωθεί προς την δεξαμενή αποθηκείσεως (hydraulic oil sump tank) υδραυλικού λαδιού του ρυθμιστή.



Εικόνα 5.4: Έμβολο ισχύος

#### 5.4) Βαλβίδα ελέγχου υδραυλικού λαδιού (Pilot valve system)

Ο σκοπός της βαλβίδα ελέγχου είναι ο έλεγχος της ροής του υδραυλικού λαδιού από και προς την κάτω πλευρά του εμβόλου ισχύος. Η βαλβίδα ελέγχου υδραυλικού λαδιού αποτελείται από:

- Την συρταροειδής βαλβίδα ελέγχου
- Από το ρυθμιστικό χιτώνιο

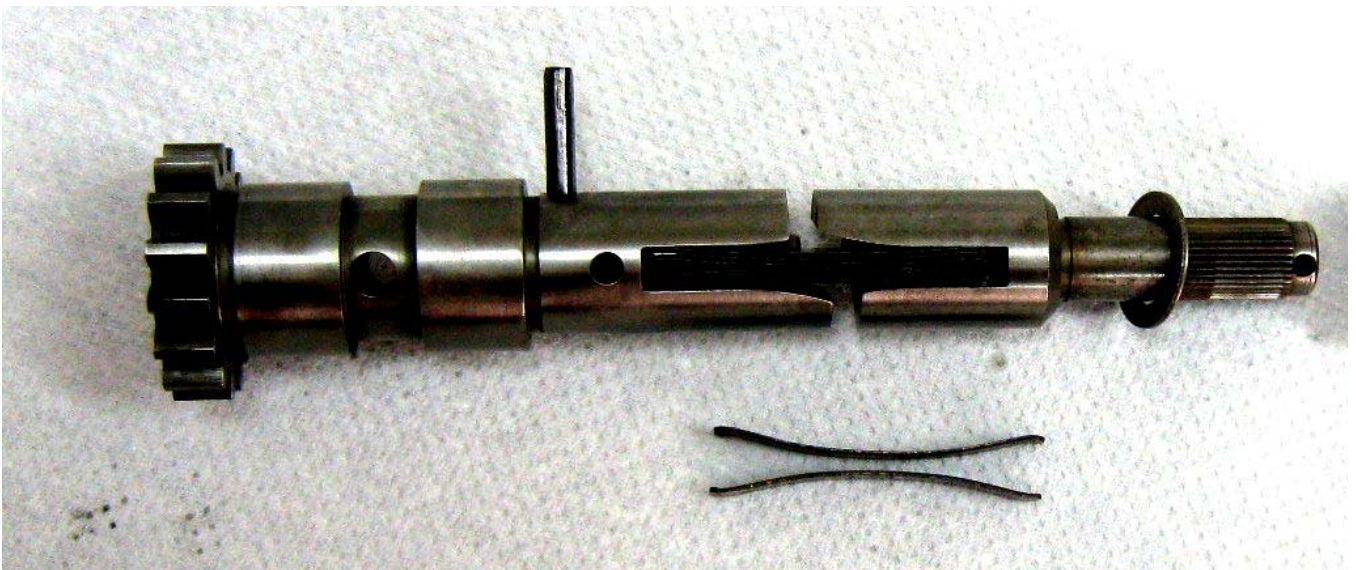
Η συρταροειδής βαλβίδα περιστρέφεται από τον οδηγητικό άξονα του ρυθμιστή, και ελέγχει την παροχή του υδραυλικού λαδιού διά μέσου των θυρίδων ελέγχου όπου βρίσκονται στο χιτώνιο.

- Όταν ο άξονας της συρταροειδής βαλβίδας μετακινείται προς τα κάτω τότε υψηλής πίεσως υδραυλικό λάδι ρέει προς την κάτω πλευρά του εμβόλου ισχύος με σκοπό την ανύψωσή του.

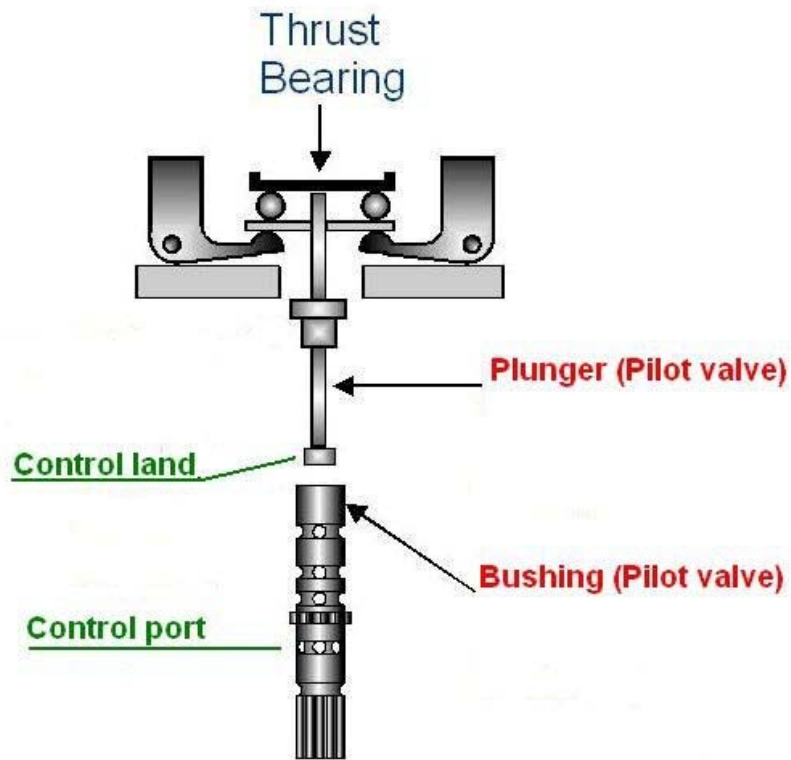
Όταν ο άξονας της συρταροειδής βαλβίδας μετακινείται προς τα πάνω τότε ελευθερώνεται το υδραυλικό λάδι που είναι εγκλωβισμένο στην κάτω πλευρά του εμβόλου ισχύος με σκοπό την ανοδική κίνηση του εμβόλου.

- Όταν ο άξονας της συρταροειδής βαλβίδας βρίσκεται στην μεσαία θέση τότε οι θυρίδες ελέγχου ροής του υδραυλικού παραμένουν κλειστές οπότε δεν επηρεάζεται η θέση του εμβόλου ισχύος.

Η κίνηση της συρταροειδής βαλβίδας ελέγχεται από την κίνηση των αντιβάρων (23) που είναι αρμοσμένα στην άνω πλευρά του άξονα της συρταροειδής βαλβίδας.

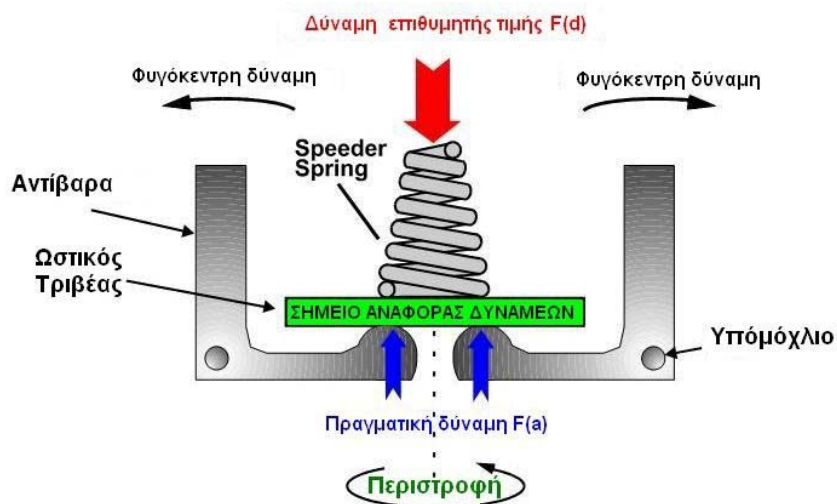


**Εικόνα 5.5:** Συρταροειδής βαλβίδα



Εικόνα 5.6: Διάταξη αντίβαρων συρταροειδούς βαλβίδας

### 5.5) Αντίβαρα (flyweight and ballhead system)



Εικόνα 5.7: Σχηματική αναπαράσταση λειτουργίας αντιβάρων

$F(A)$  Η τιμή της φυγόκεντρης δύναμης = Πραγματική ταχύτητα (Actual speed)  $F(D)$

Η τιμή της δύναμης του συμπιεζόμενου ελατηρίου= επιθυμητή ταχύτητα Όταν το



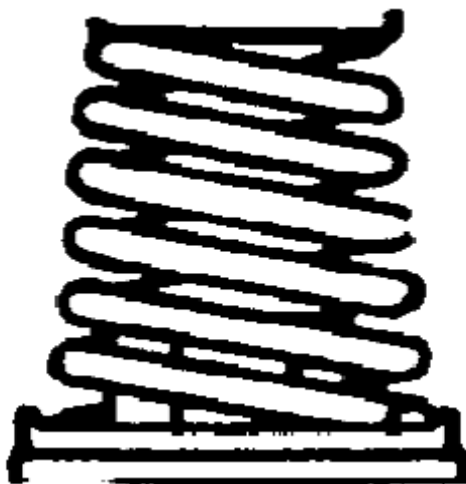
σύστημα βρίσκεται σε ισορροπία  $F(A) = F(B)$  Οι δυνάμεις συγκεντρώνονται σε έναν ωστικό τριβέα (thrust bearing) και το σημείο αυτό ονομάζεται summing point.



**Εικόνα 5.8:** Αντίβαρα υδραυλικού ρυθμιστή στροφών

### **5.6) Ελατήριο καθορισμού επιθυμητών στροφών (Speeder spring) και συστήματα καθορισμού επιθυμητών στροφών.**

Το ελατήριο καθορισμού των επιθυμητών στροφών τοποθετείται πάνω από τα αντίβαρα με σκοπό να ρυθμίζει τις απαιτούμενες στροφές (ή φορτίο) .



**Εικόνα 5.9:** Ελατήριο καθορισμού επιθυμητών στροφών

Το ελατήριο εξασκεί στα αντίβαρα μια δύναμη οι οποία είναι μεταβλητή με την βοήθεια:

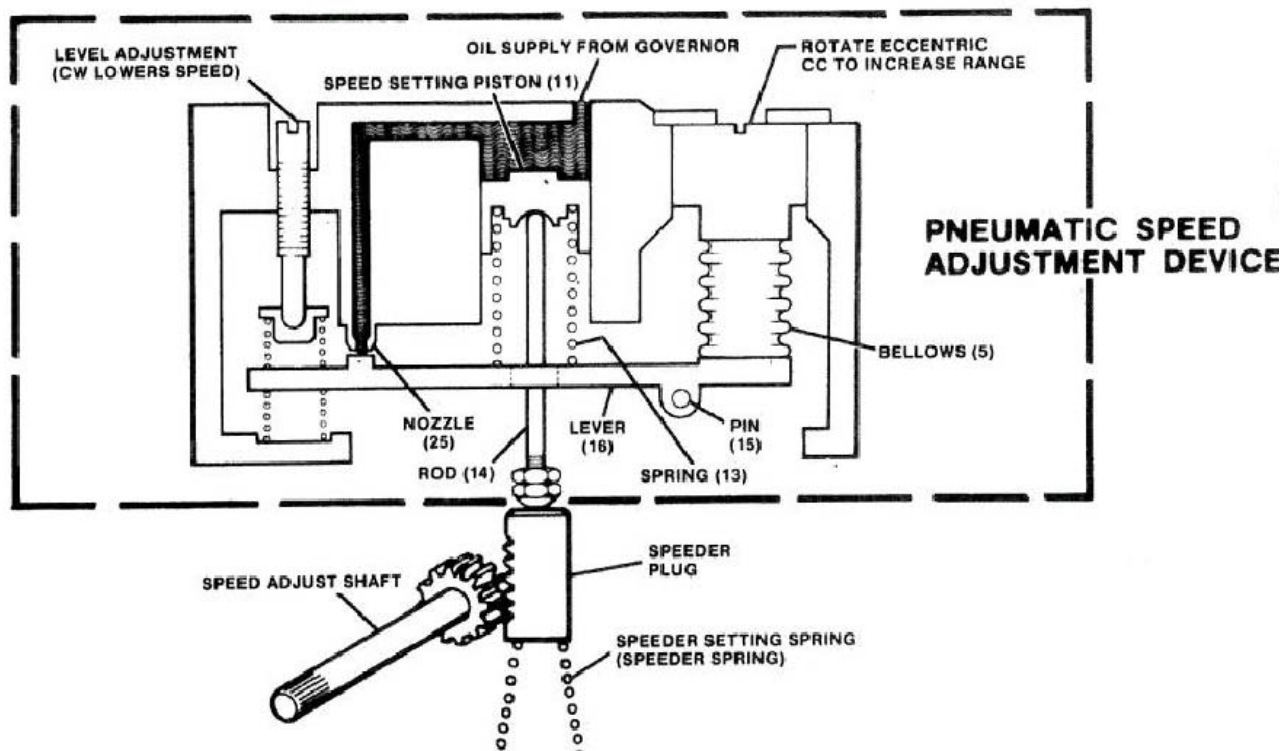
1) Τοπικά

- Κοχλία ρυθμίσεως κατωτάτου ορίου στροφών (ρελαντί) speeder screw

2) Συστήματα καθορισμού επιθυμητών στροφών από απόσταση

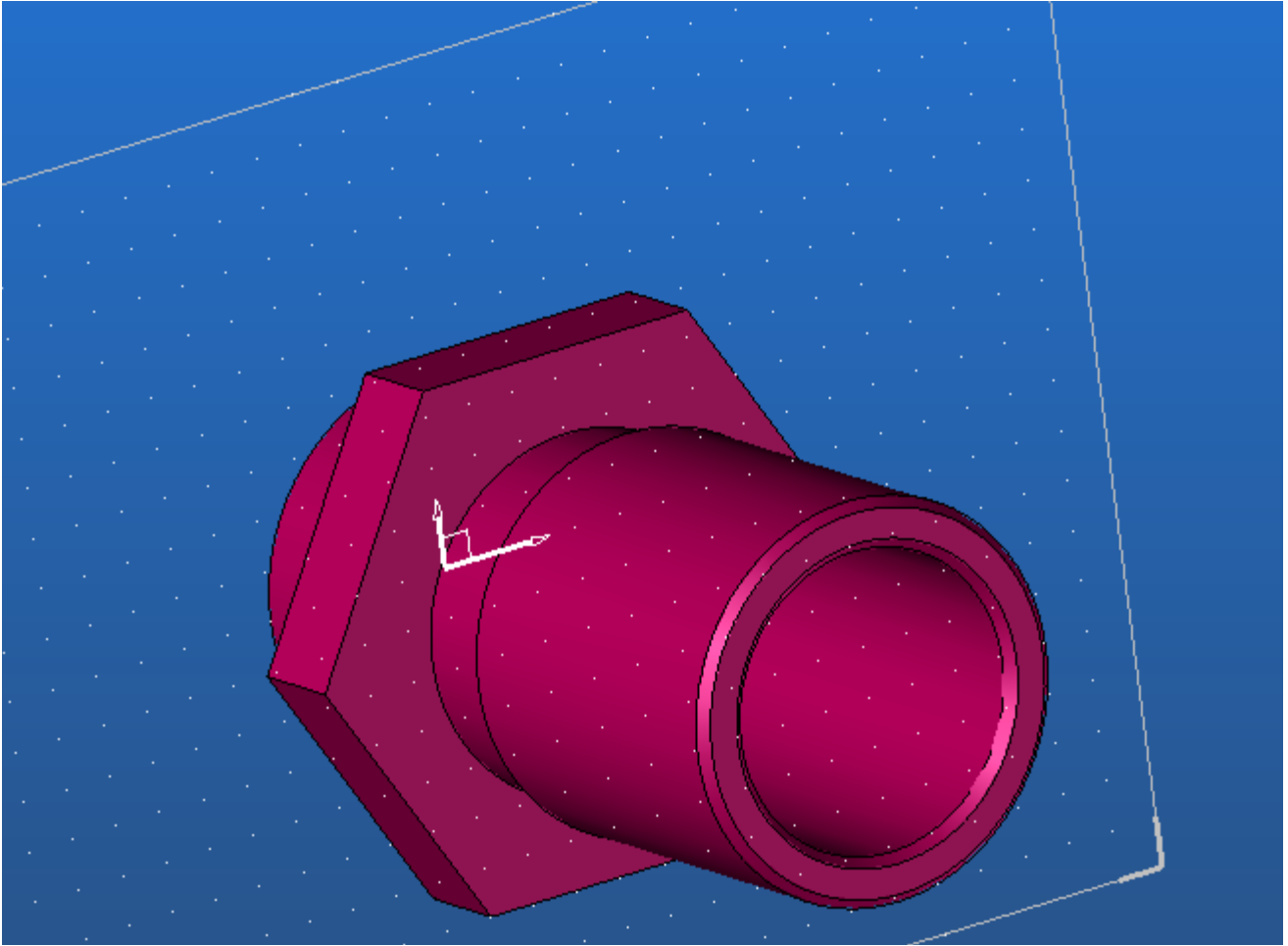
- Ηλεκτρικό κινητήρα (μοτέρ): Σε αυτό το σύστημα υπάρχει ένας μικρός ηλεκτροκινητήρας συνεχούς ρεύματος (συνήθως) ο οποίος όταν τροφοδοτηθεί με τάση περιστρέφεται δεξιόστροφα ή αριστερόστροφα (ανάλογα με την πολικότητα) με αποτέλεσμα τη αυξομείωση της πίεσης του ελατηρίου. Αυτή η διάταξη χρησιμοποιείται στις μηχανές παραγωγής ηλεκτρικής ενέργειας
- Πνευματικό σύστημα καθορισμού στροφών: Σε αυτό το σύστημα υπάρχει ένας πνευματικός επενεργητής όπου σε αυτό ελέγχουμε την πίεση όπου ασκείται στο ελατήριο. Ανάλογα με την θέση ενός χειριστηρίου καθορίζεται και η πίεση όπου ασκεί ο επενεργητής στο ελατήριο. Η πίεση είναι από 0-7 bar από το δίκτυο Control Air του πλοίου. Και το χειριστήριο αυτό βρίσκεται στο δωμάτιο ελέγχου μηχανοστασίου (Engine control room).



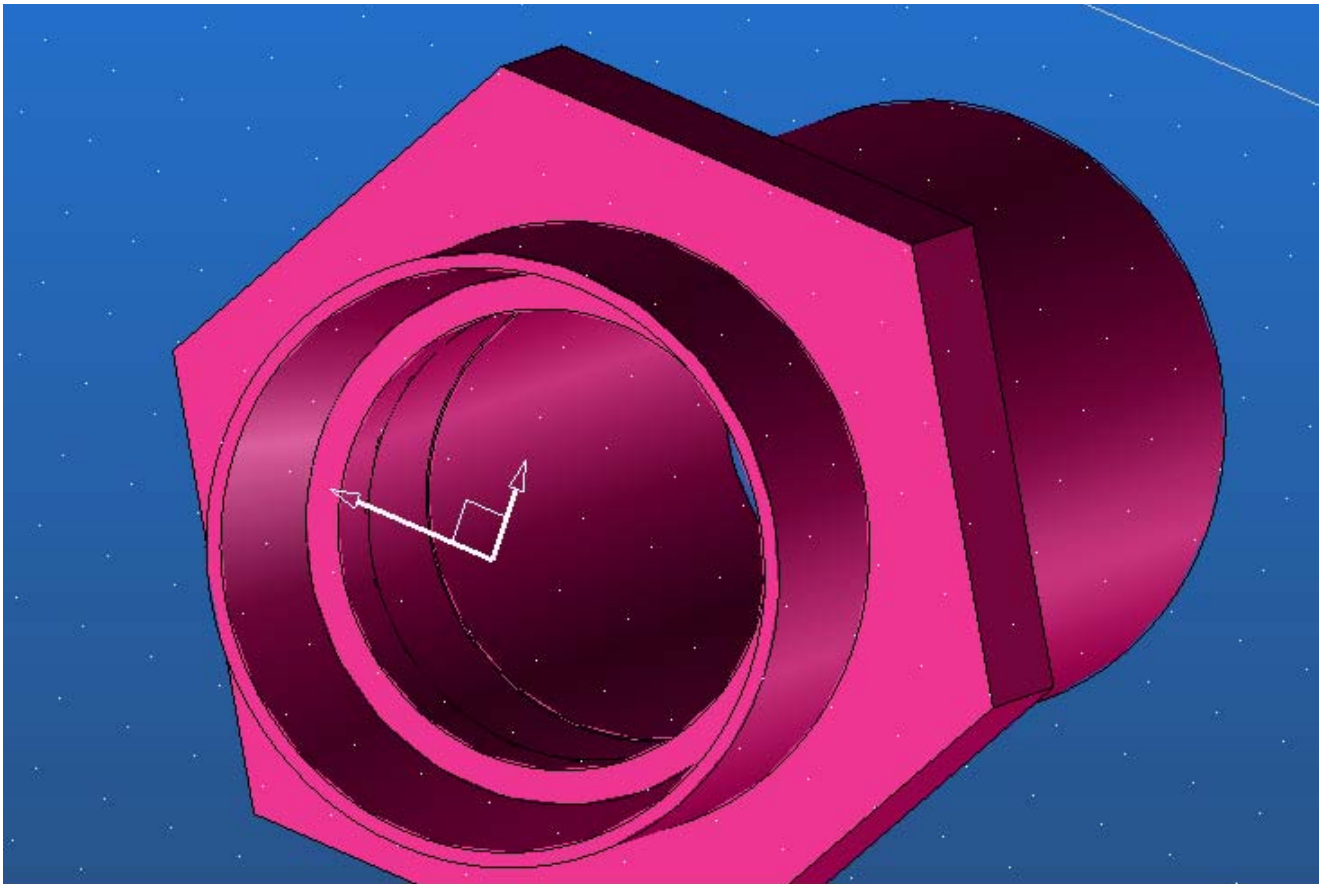


Εικόνα 5.10: Πνευματικό σύστημα καθορισμού στροφών

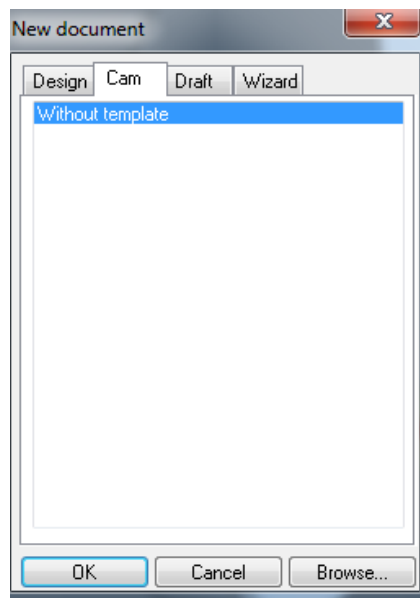
**ΜΕΡΟΣ Β: Τρισδιάστατος Σχεδιασμός ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ**



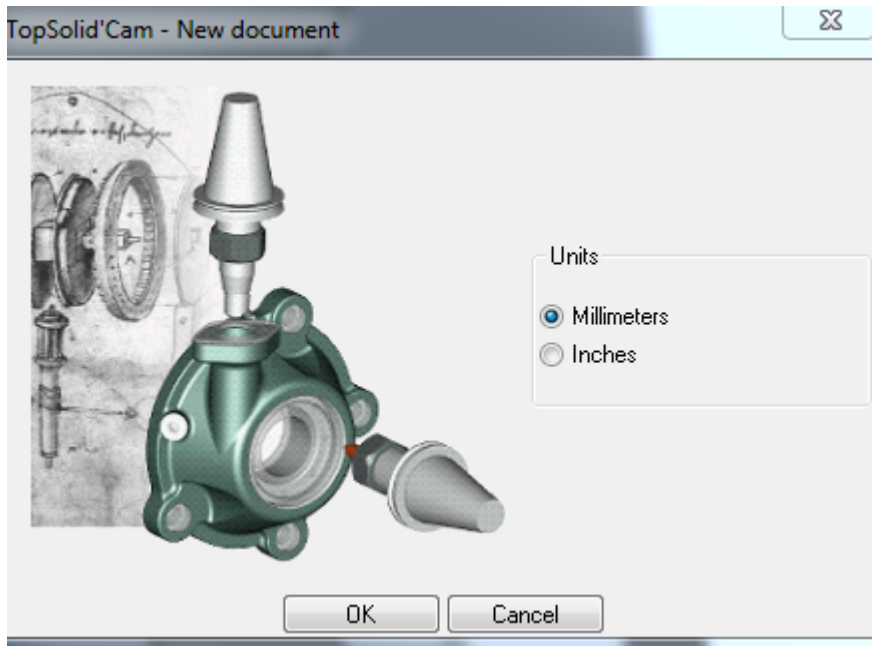
**Τελικό δοκίμιο που θα εισαχθεί στο CAM (Όψη 1)**



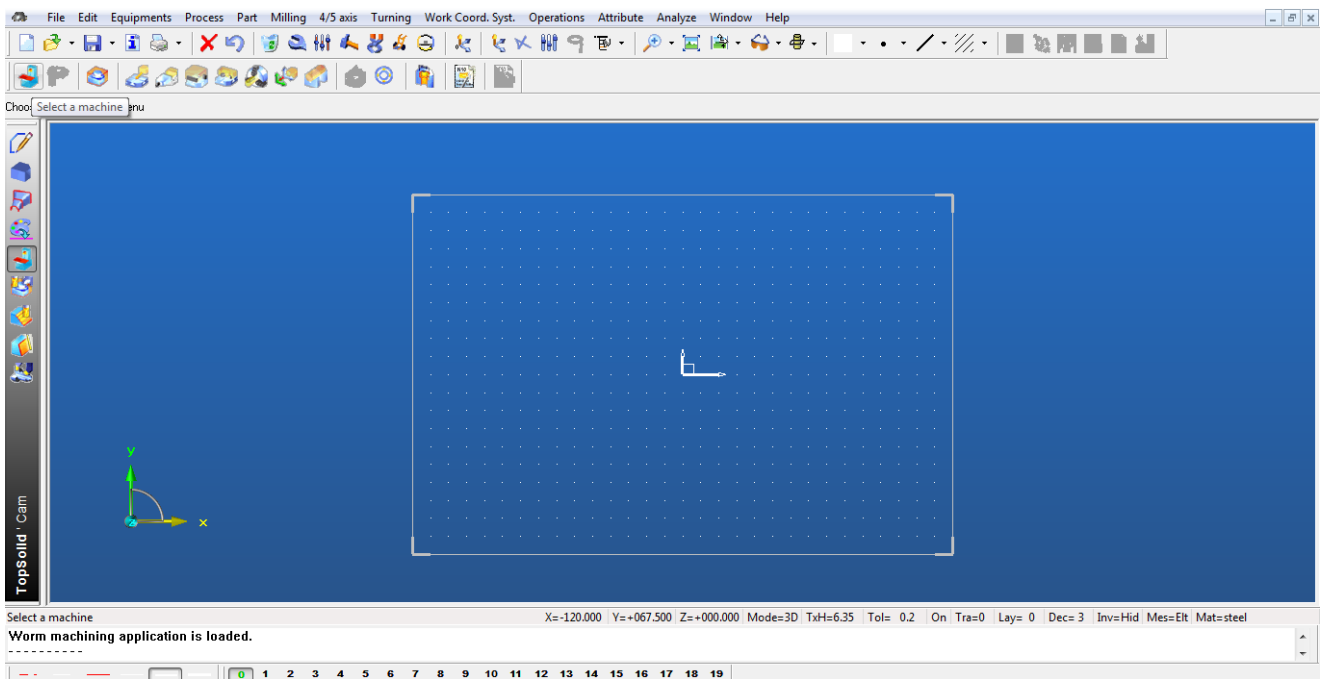
**Τελικό δοκίμιο που θα εισαχθεί στο CAM (Όψη 2)**



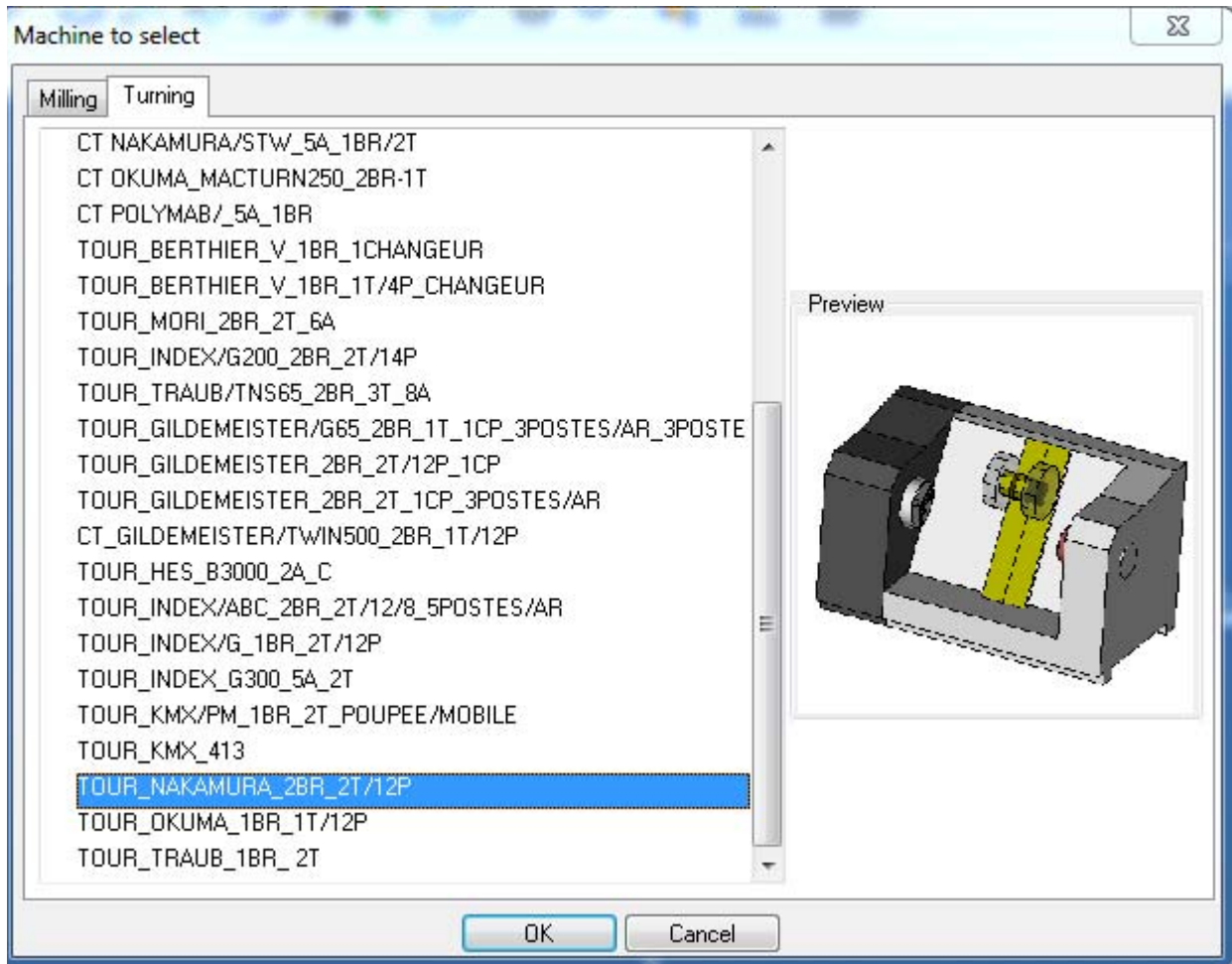
**Επιλογή σχεδιασμού κατεργασίας δοκιμίου (CAM)**



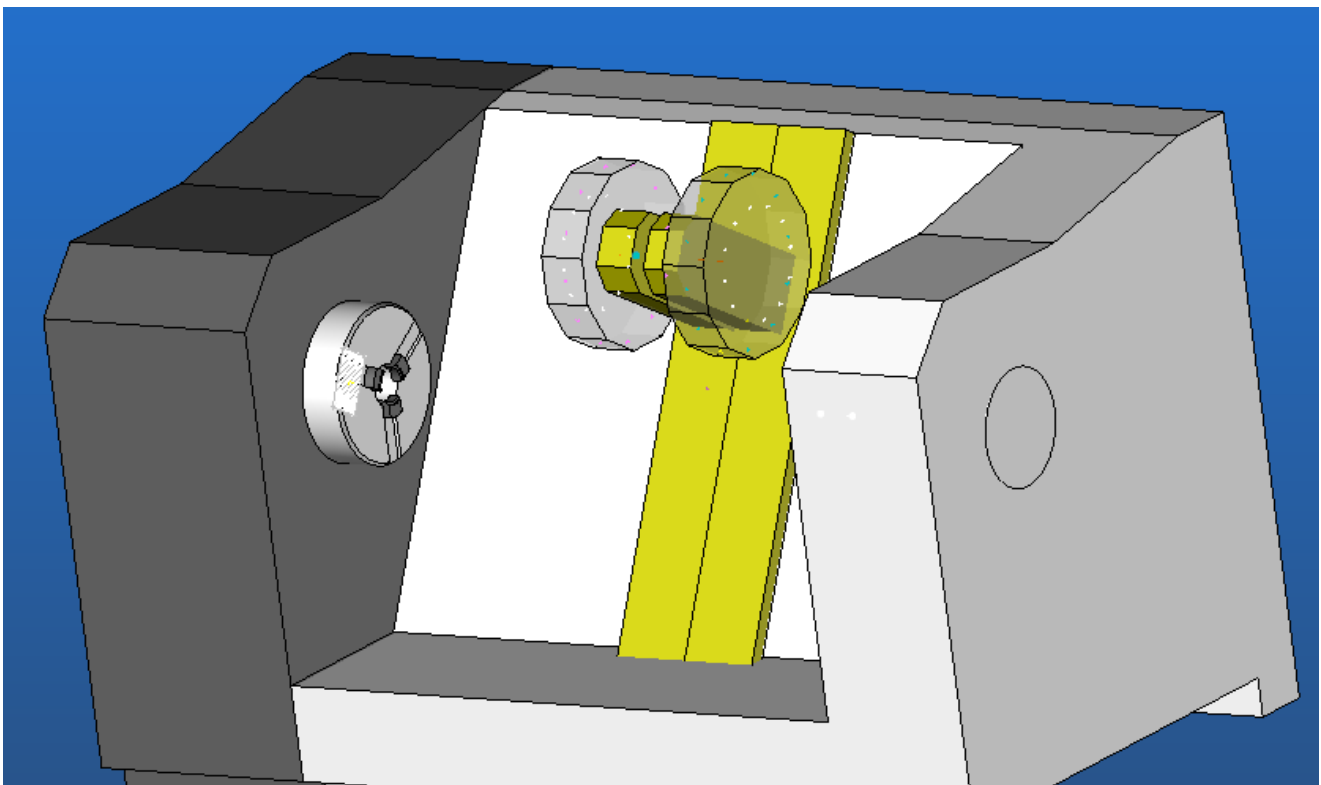
**Επιλογή μονάδων μέτρησης (mm)**



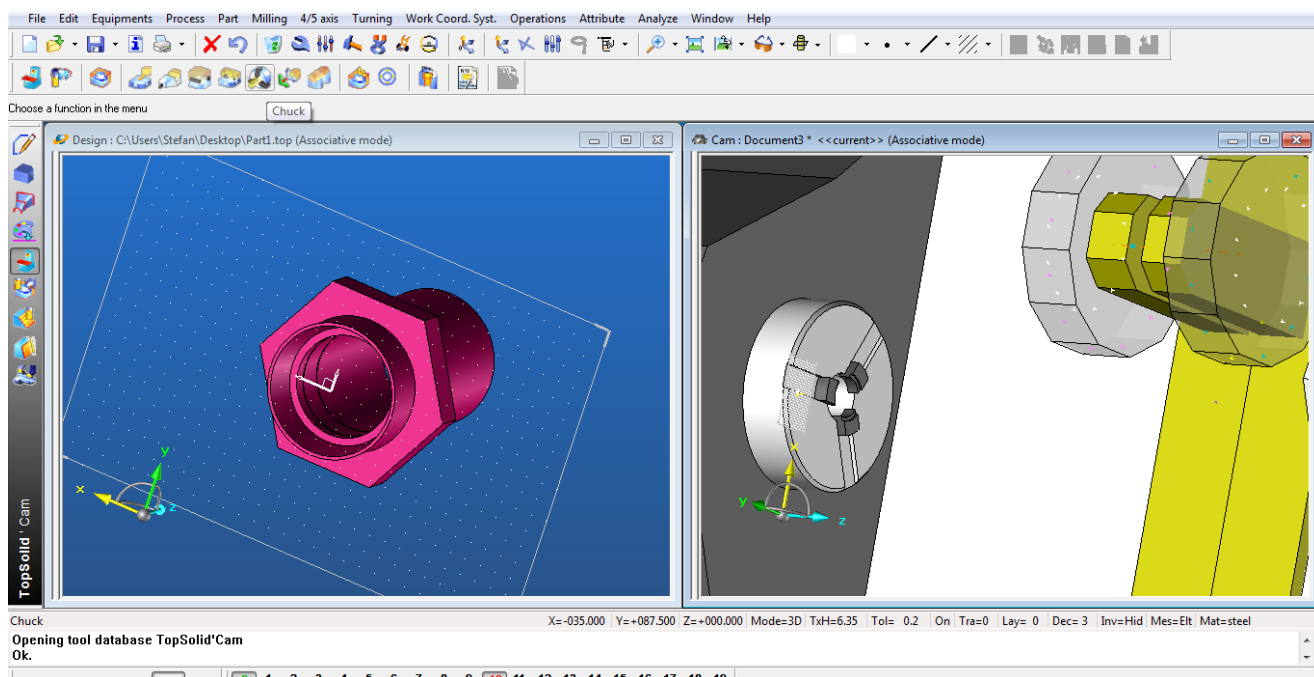
**Επιλογή Εργαλειομηχανής**



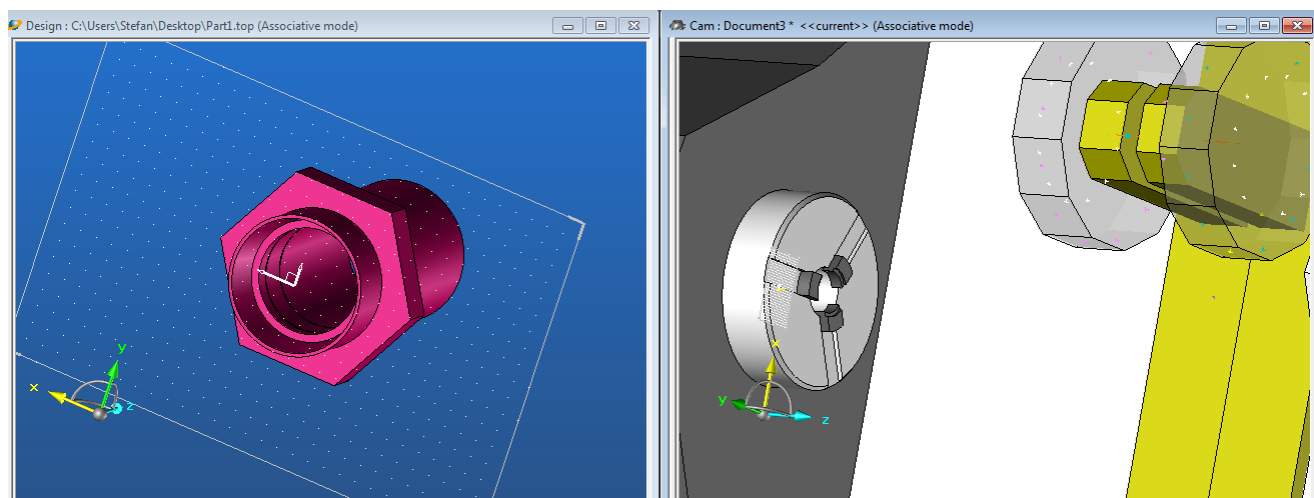
### Επιλογή Εργαλειομηχανής



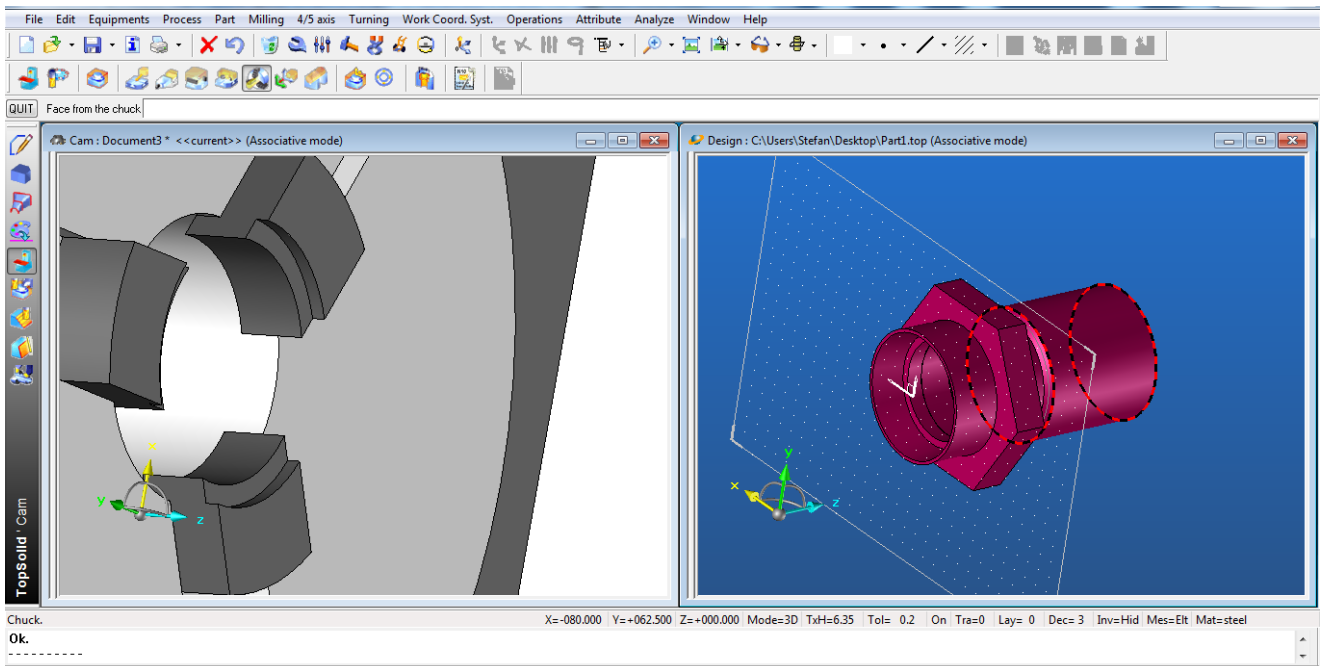
## Εργαλειομηχανή Τόρνος - Φραιζά



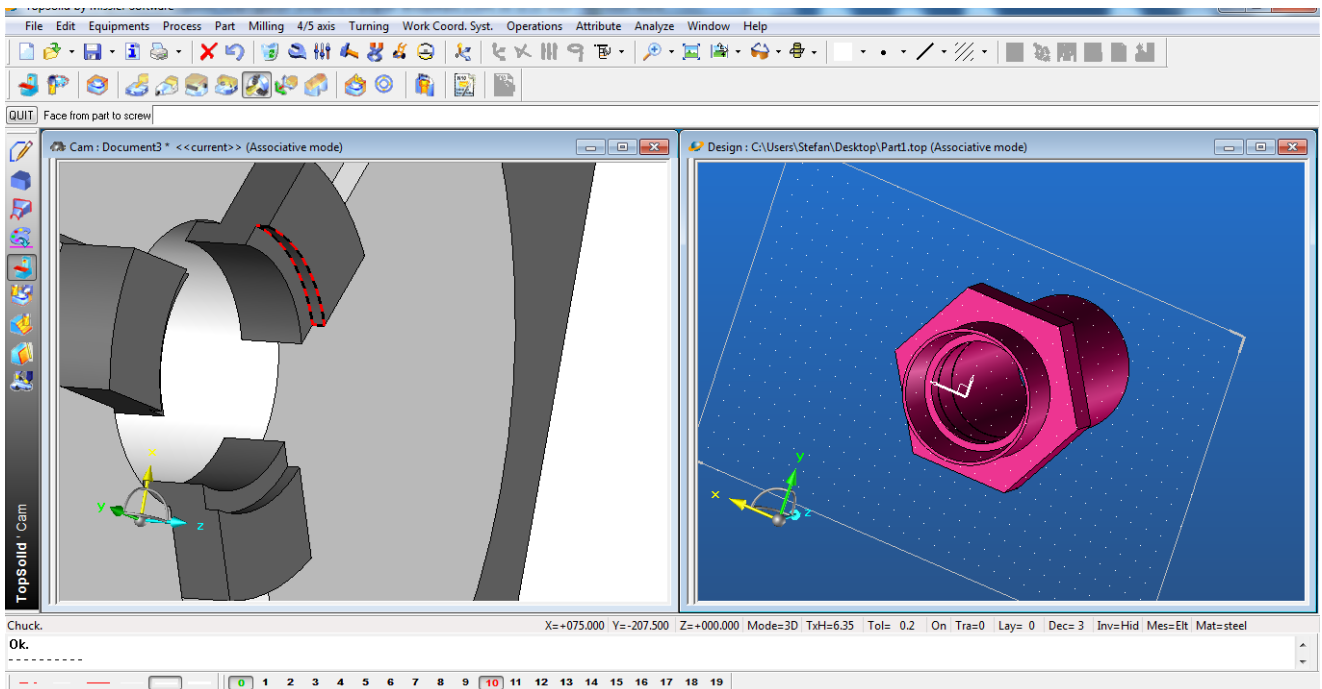
### Εισαγωγή δοκιμίου από το CAD στο CAM



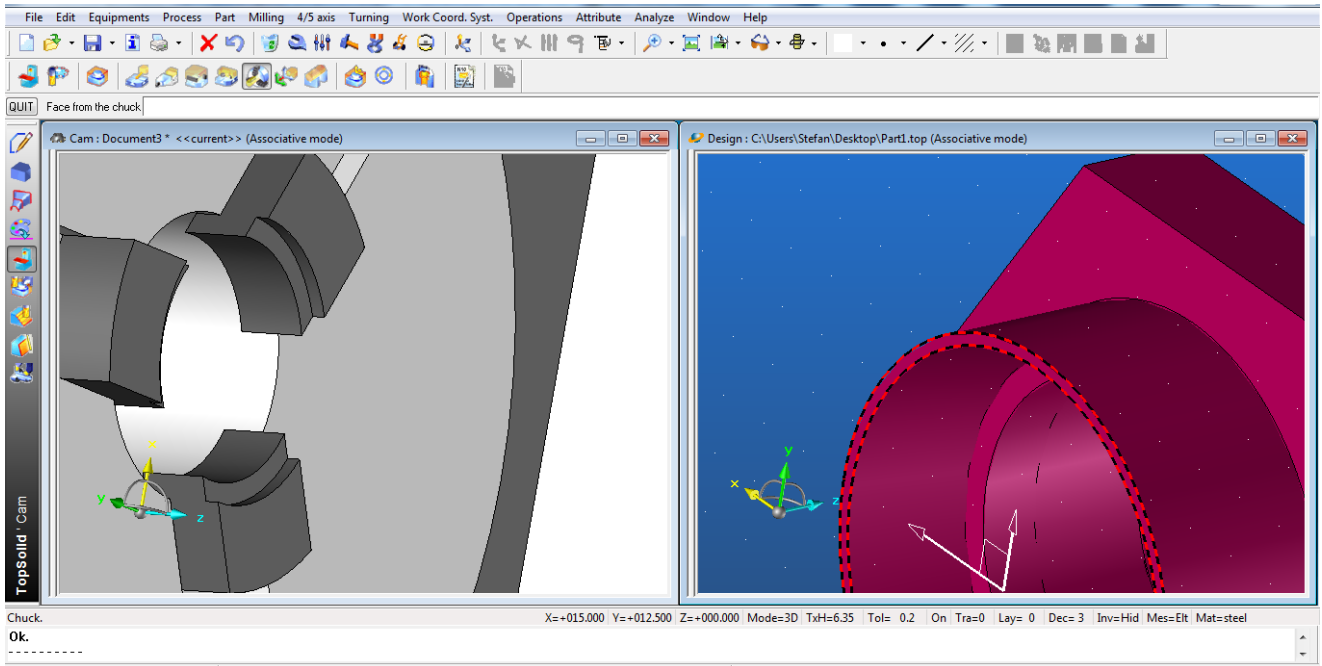
### Εισαγωγή δοκιμίου από το CAD στο CAM



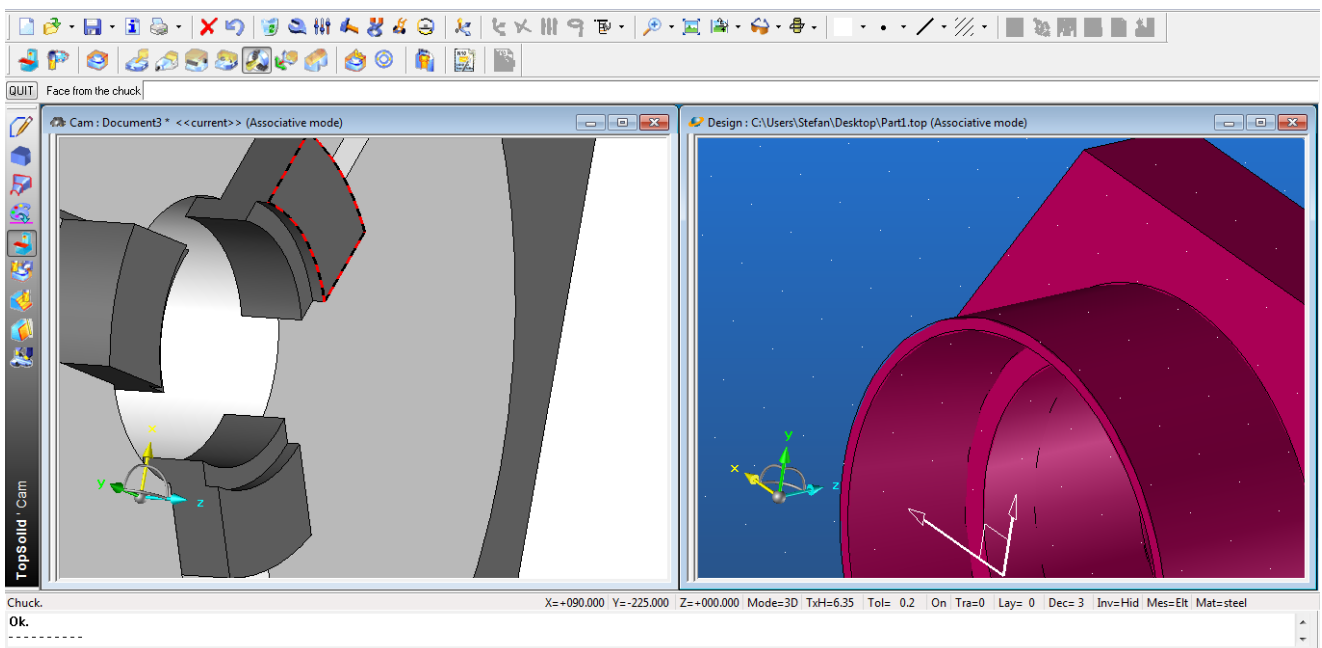
### Επιλογή επιφάνειας του δοκιμίου που θα συγκρατηθεί στο τσοκ



### Επιλογή επιφάνειας του τσοκ που θα συγκρατήσει το δοκίμιο

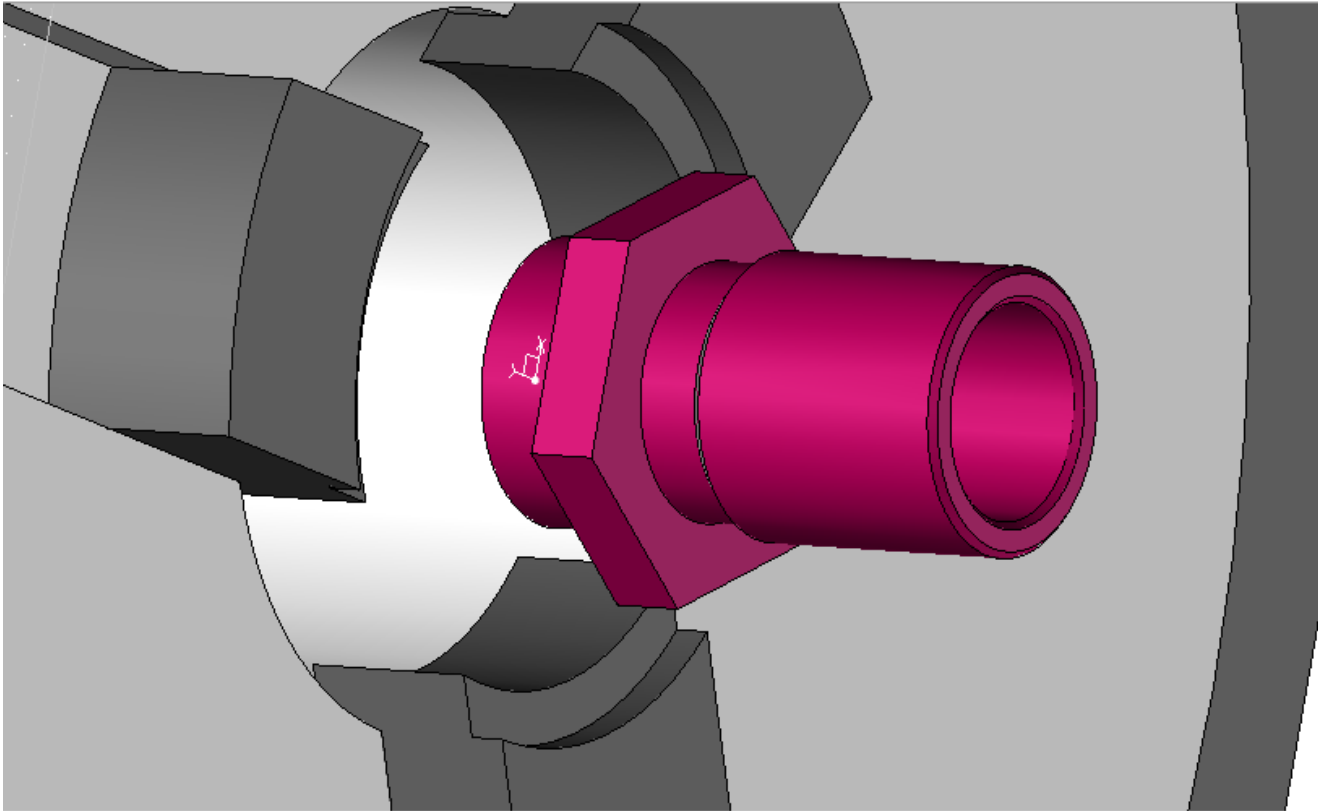


**Επιλογή επιφάνειας του δοκιμίου που θα συγκρατηθεί στο τσοκ**

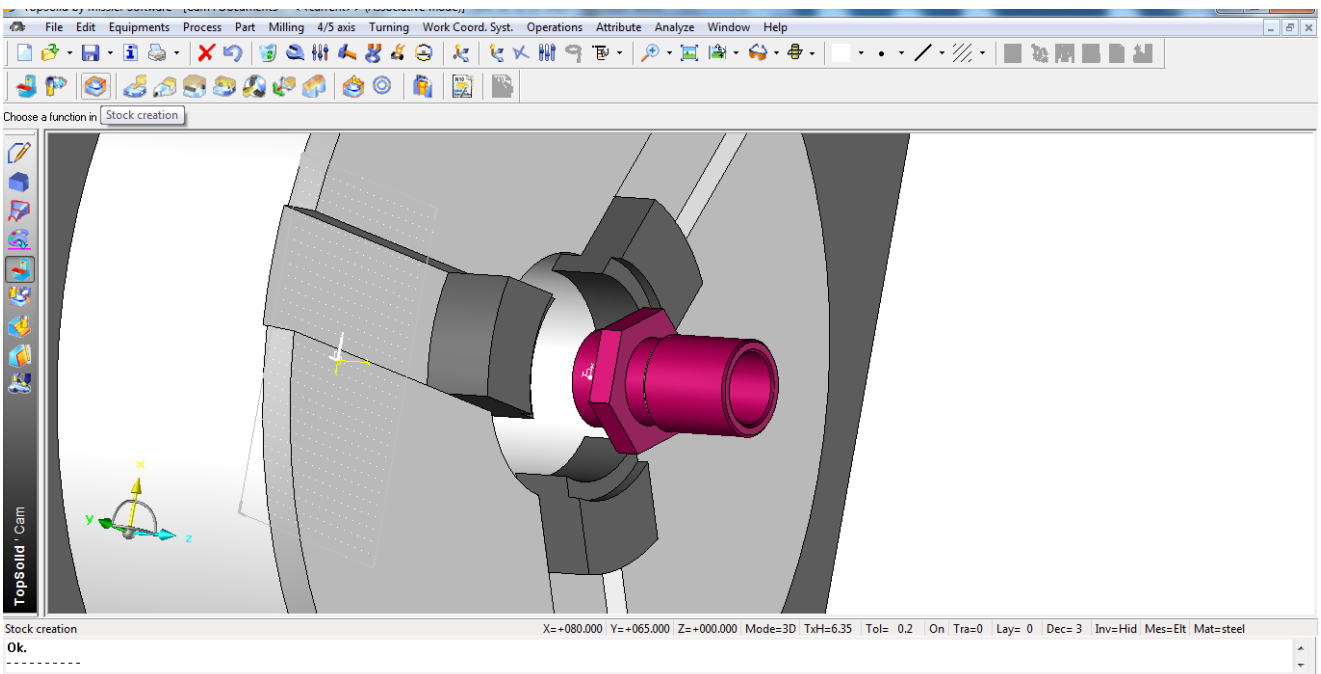


**Επιλογή επιφάνειας του τσοκ που θα συγκρατήσει το δοκίμιο**

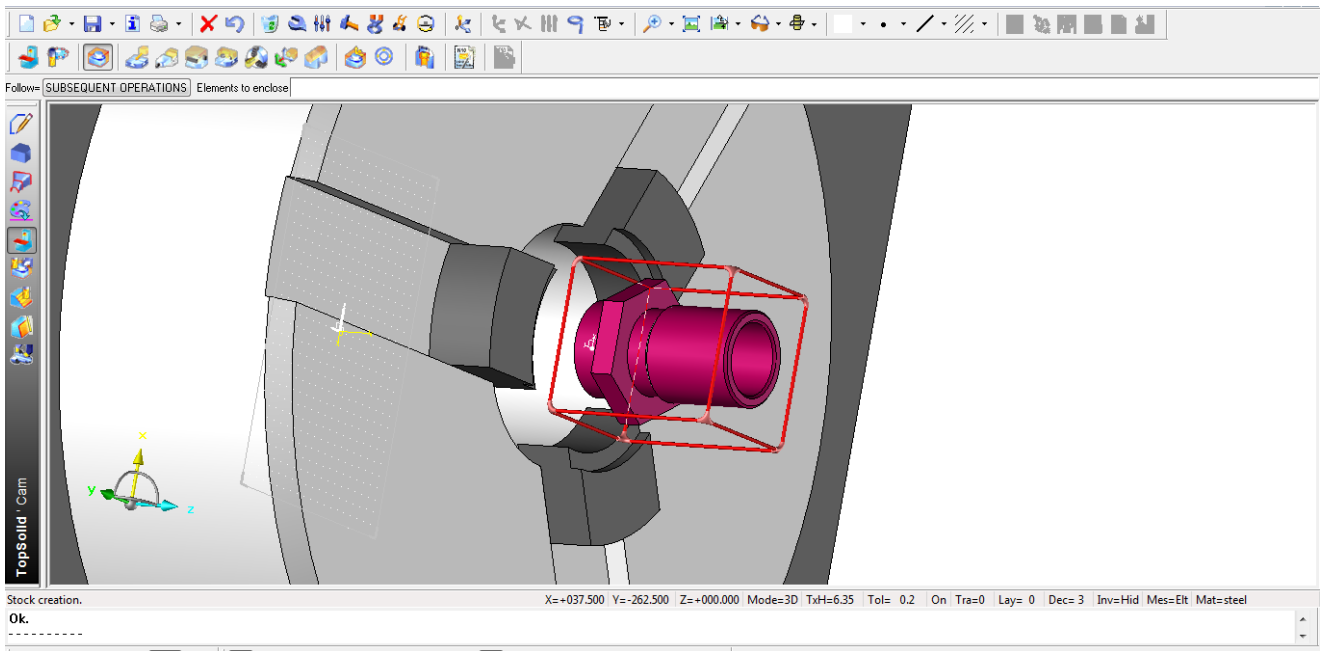




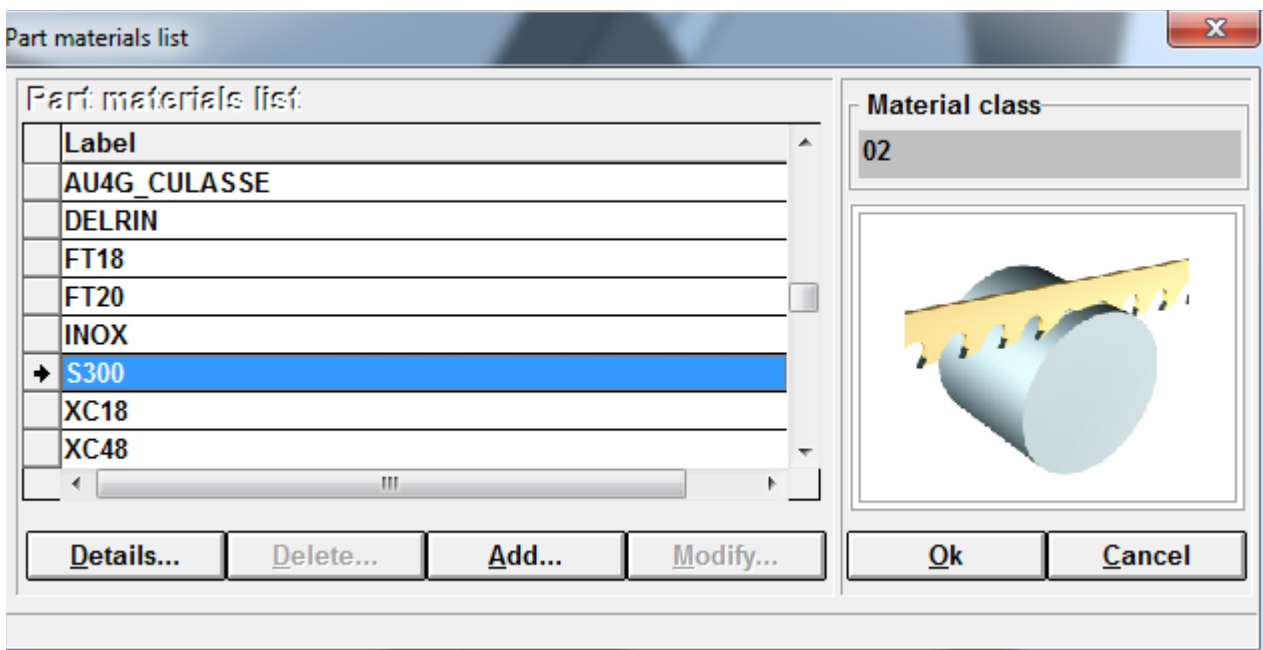
**Τελική τοποθέτηση δοκιμίου**



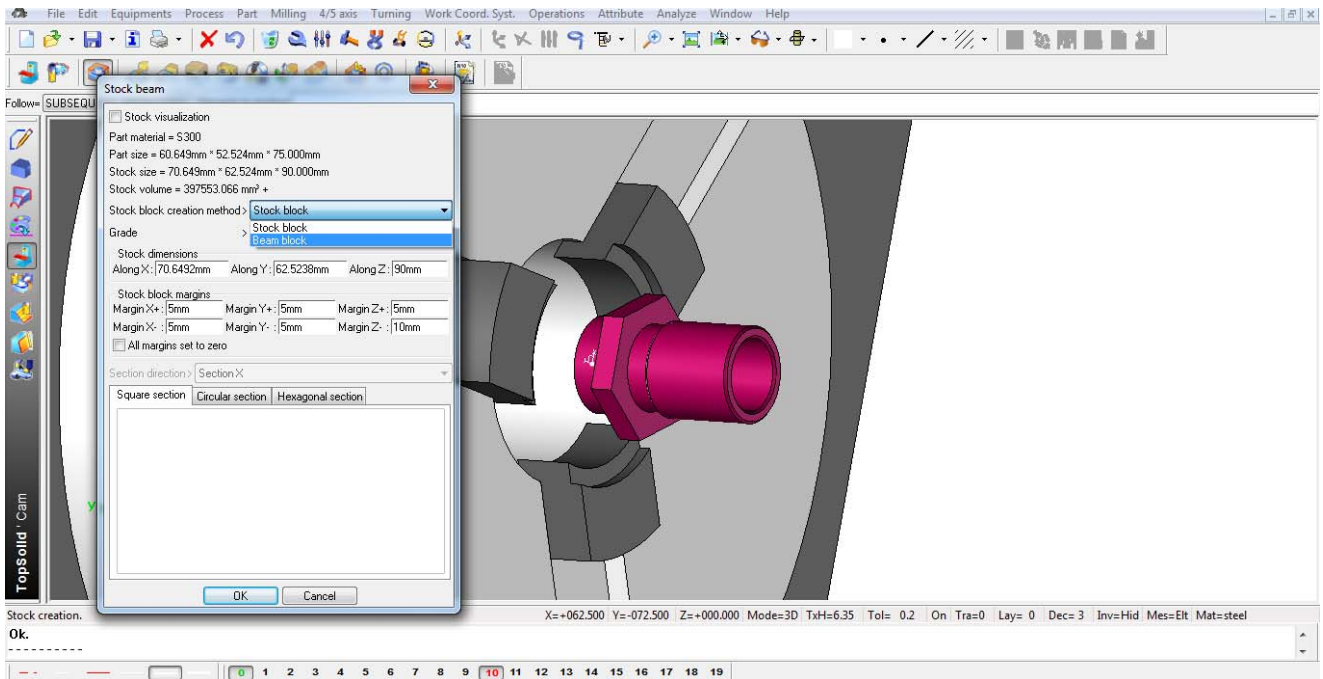
**Εγκιβωτισμός δοκιμίου**



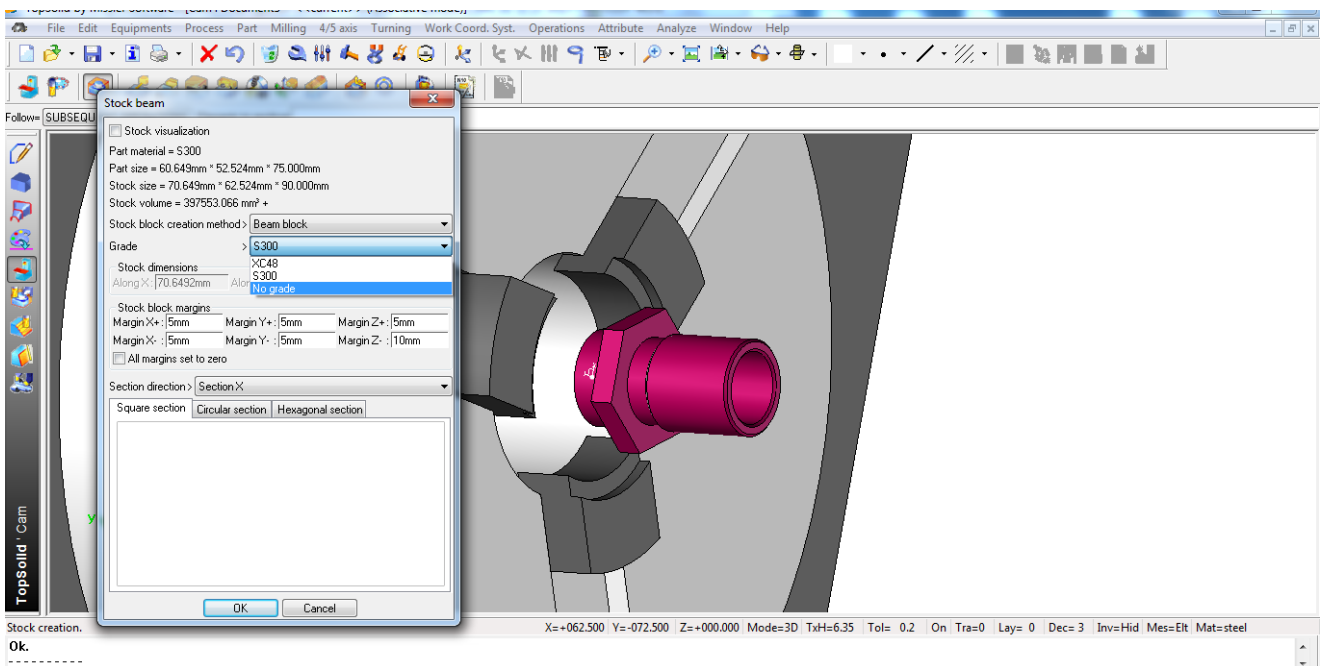
## Εγκιβωτισμός δοκιμίου



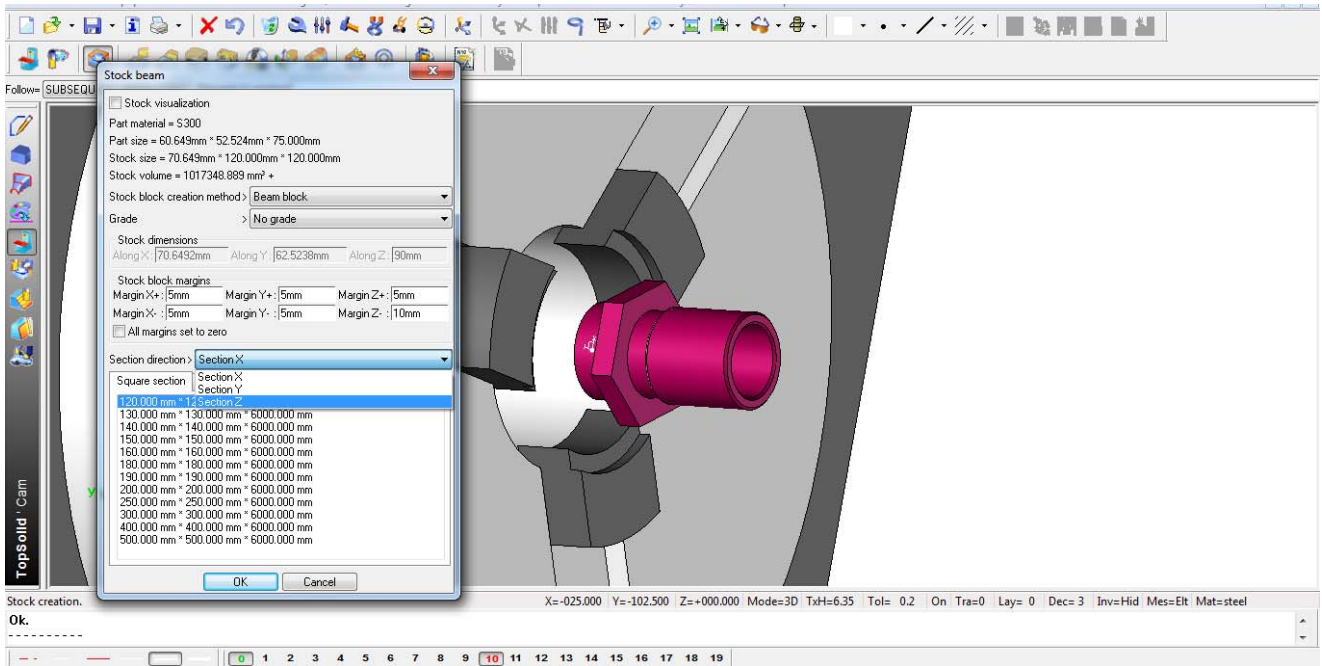
## Επιλογή υλικού



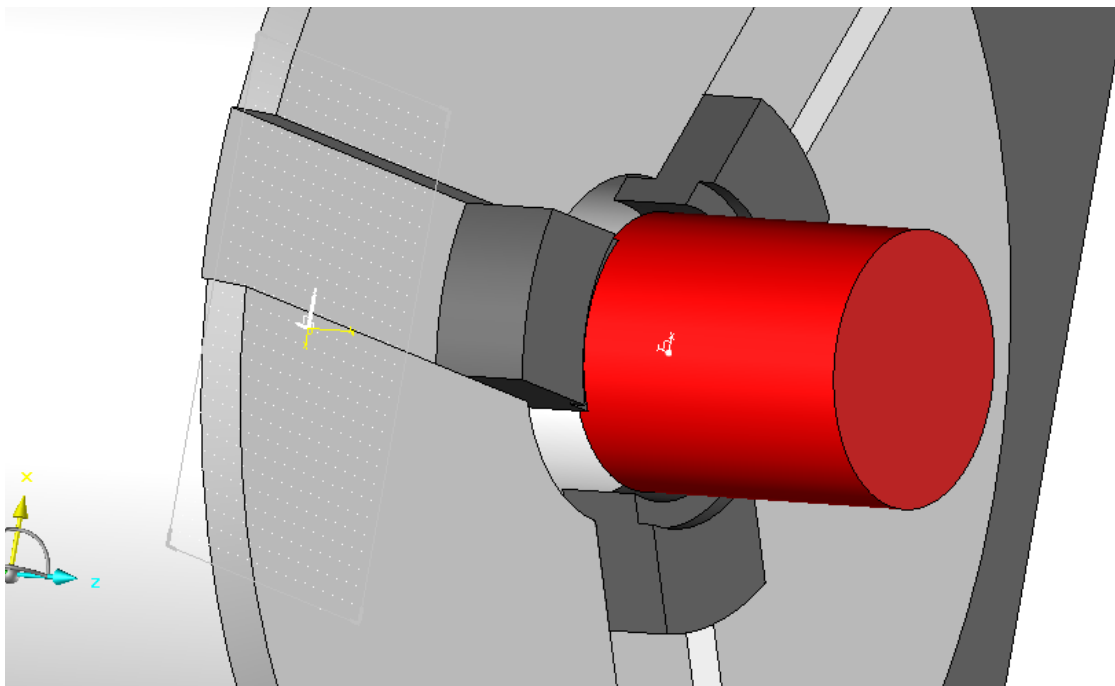
## Διαδικασία εγκιβωτισμού δοκιμίου



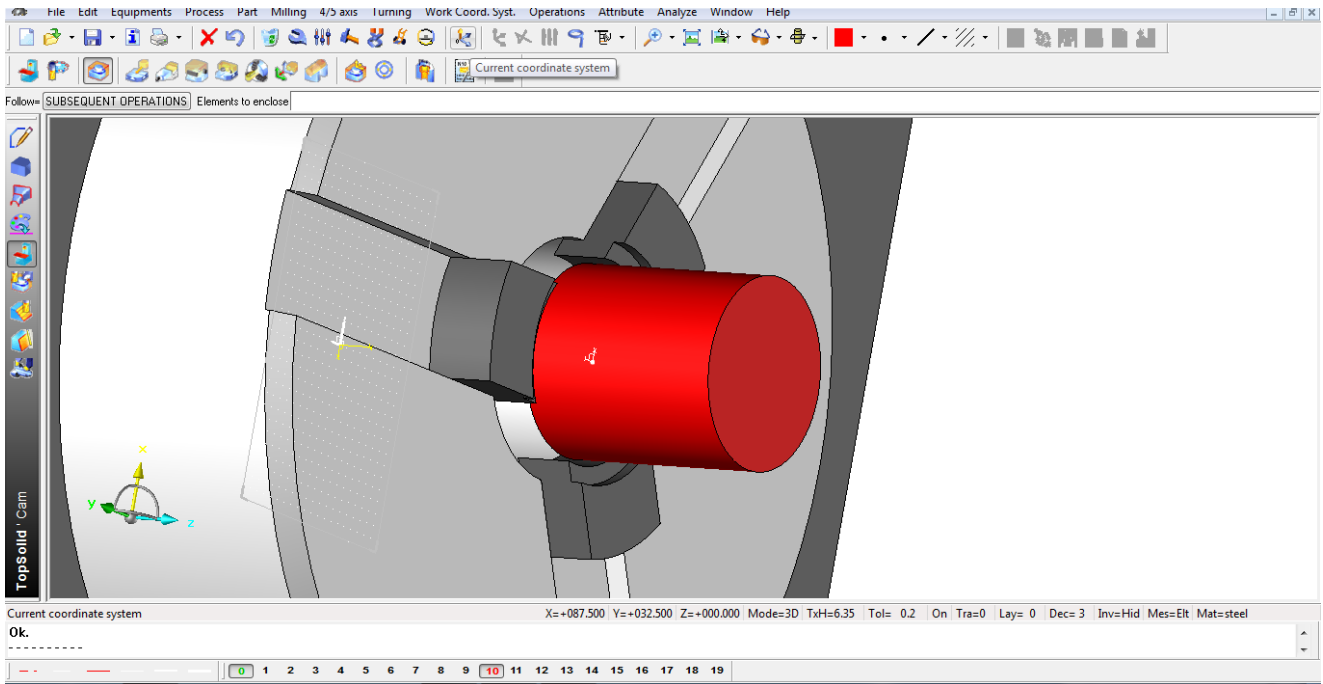
## Διαδικασία εγκιβωτισμού δοκιμίου



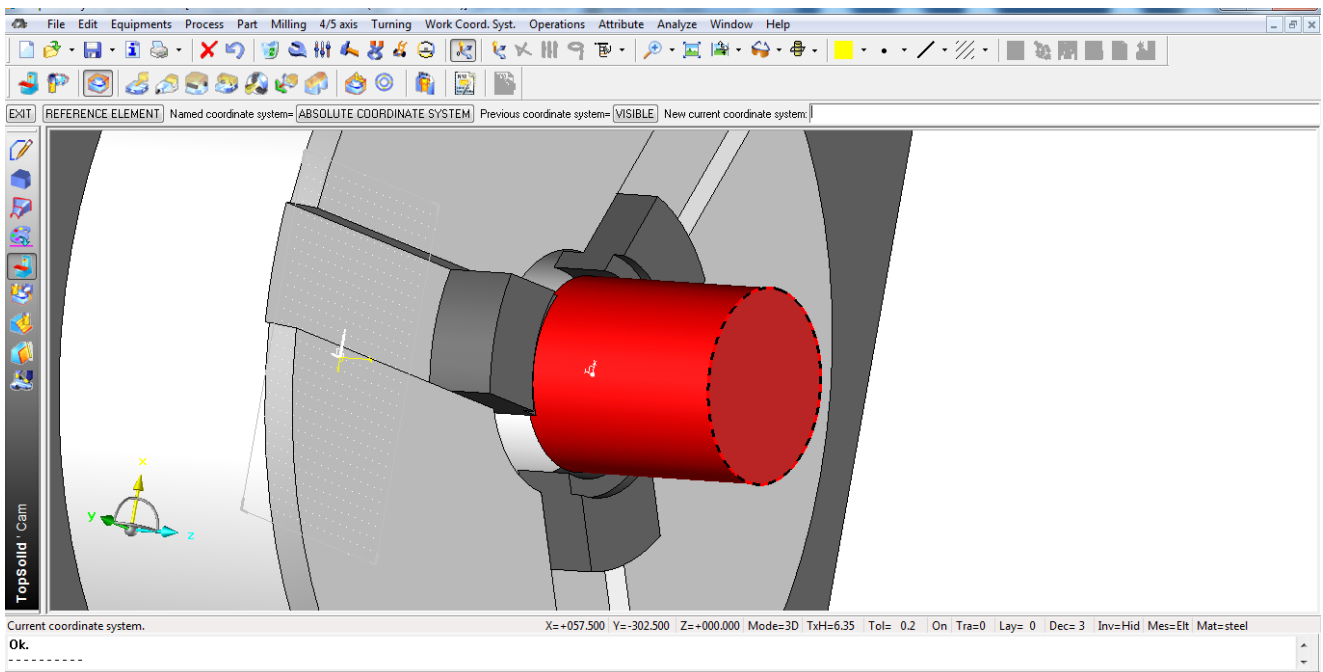
**Διαδικασία εγκιβωτισμού δοκιμίου**



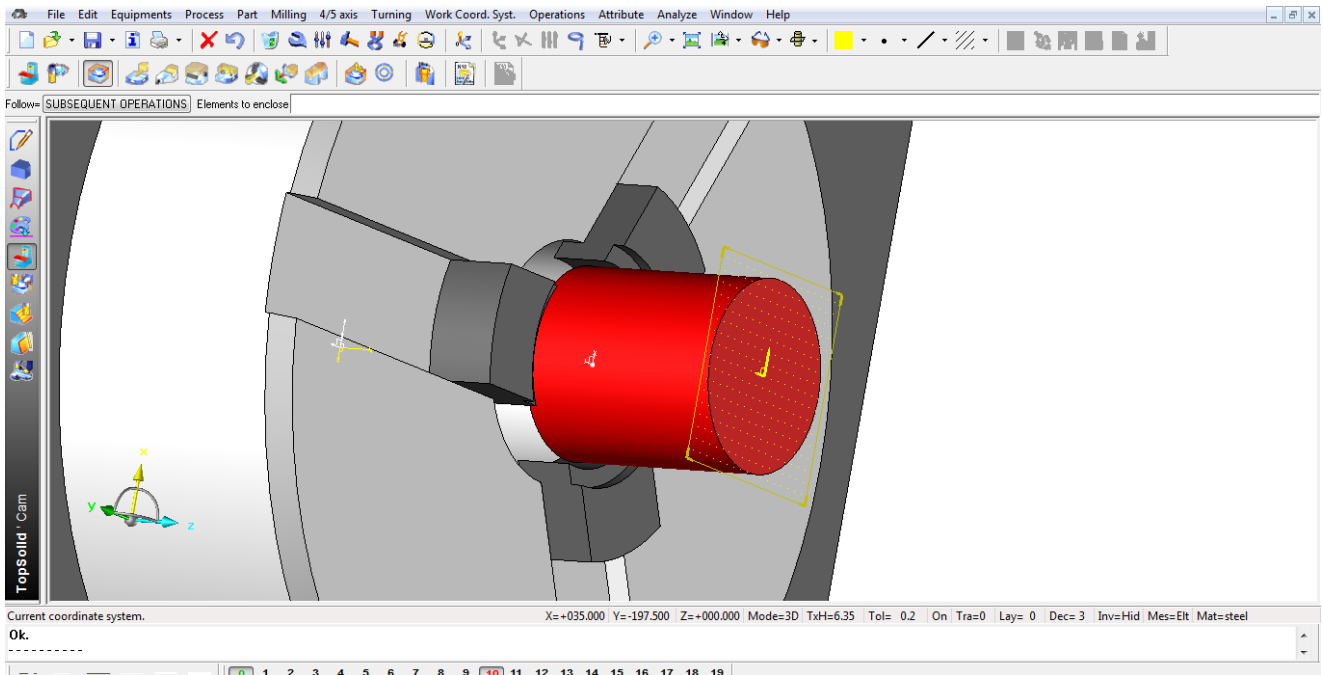
**Διαδικασία δημιουργίας μηδενικού σημείου**



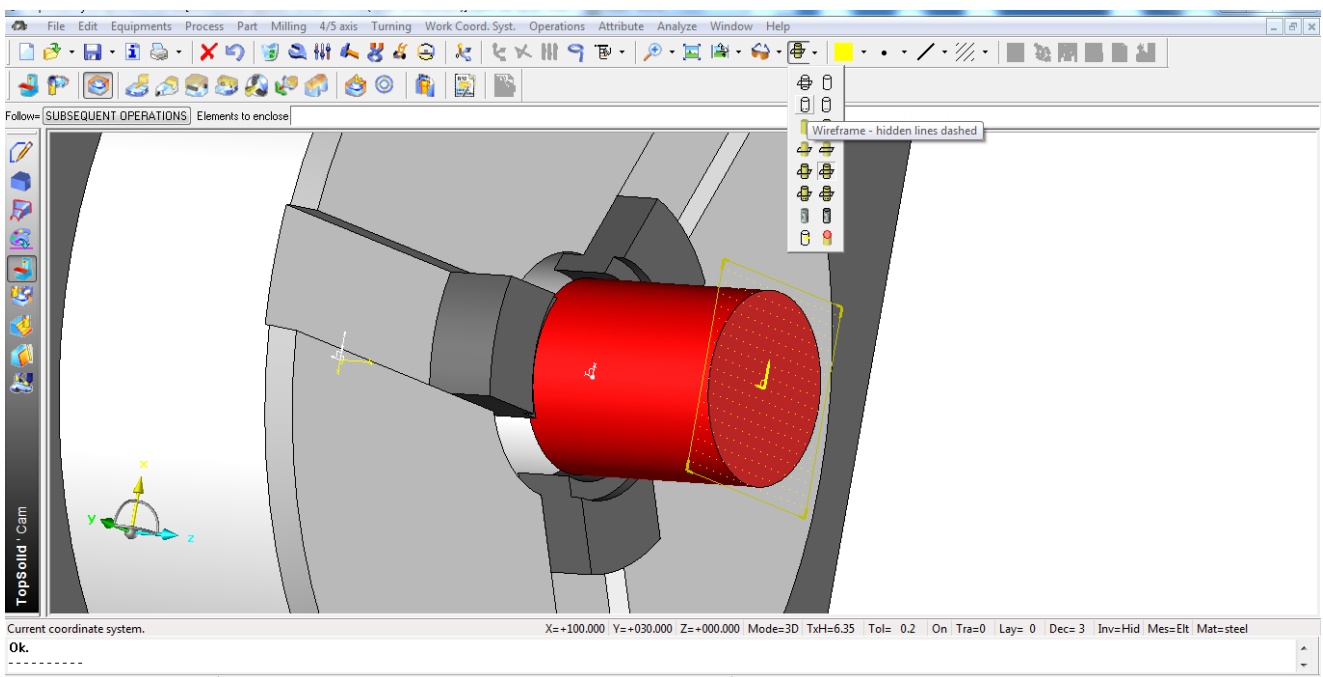
**Διαδικασία δημιουργίας μηδενικού σημείου (Δημιουργία επιπέδου αναφοράς)**



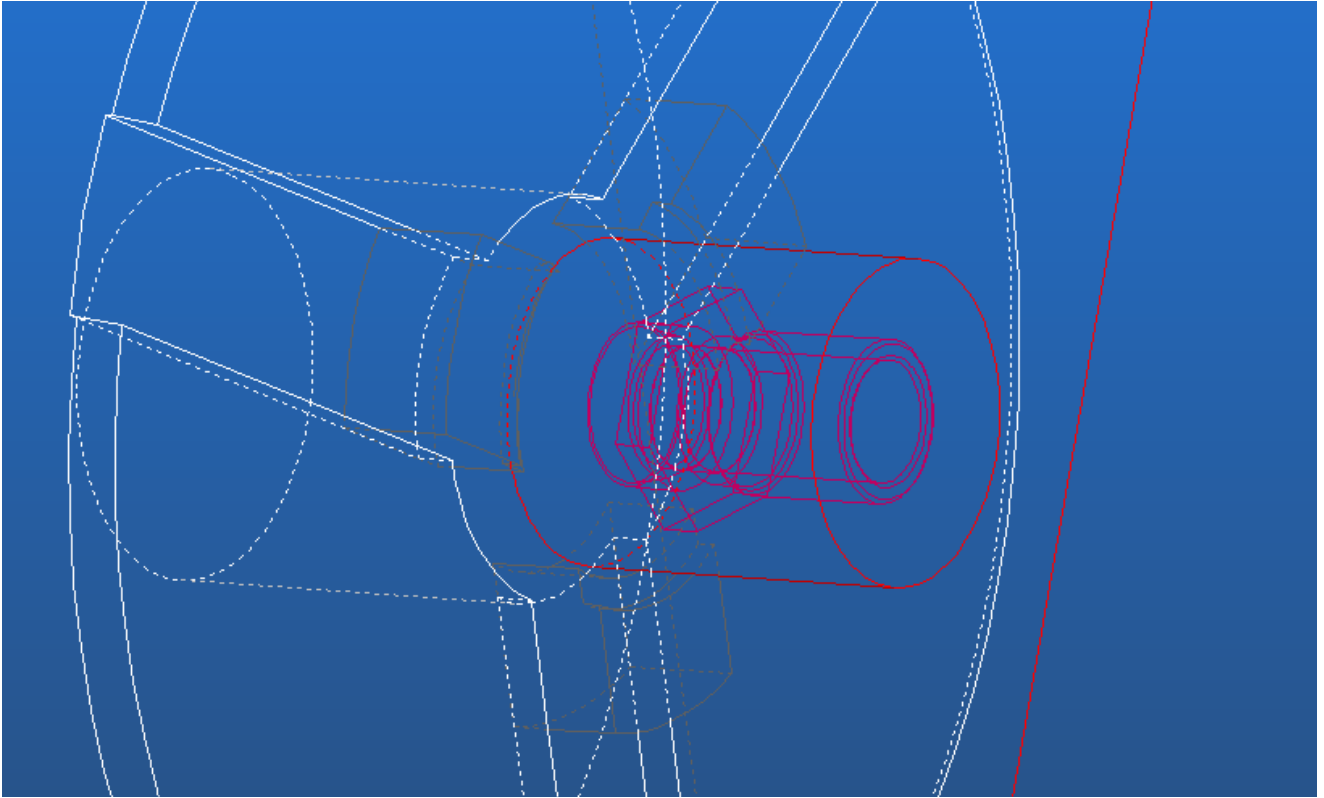
**Διαδικασία δημιουργίας μηδενικού σημείου (Δημιουργία επιπέδου αναφοράς)**



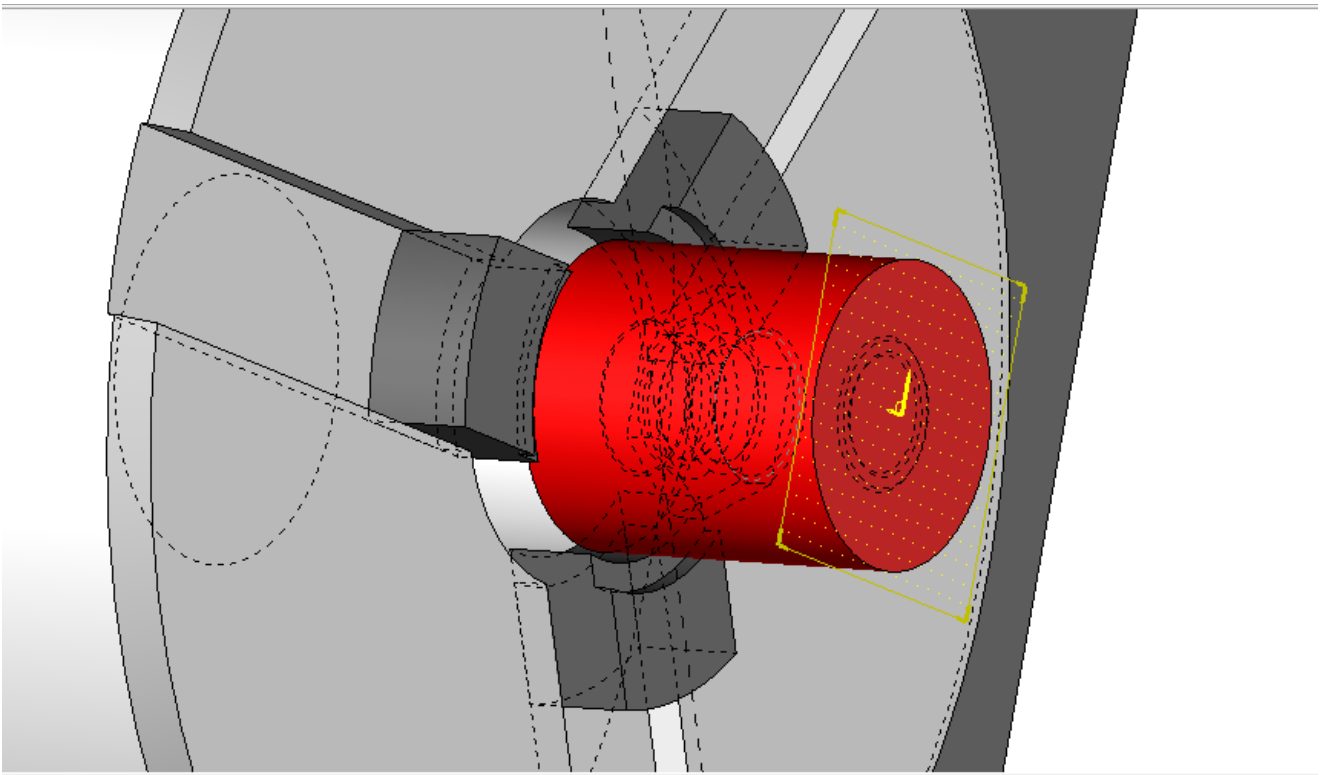
**Διαδικασία δημιουργίας μηδενικού σημείου (Δημιουργία επιπέδου αναφοράς)**



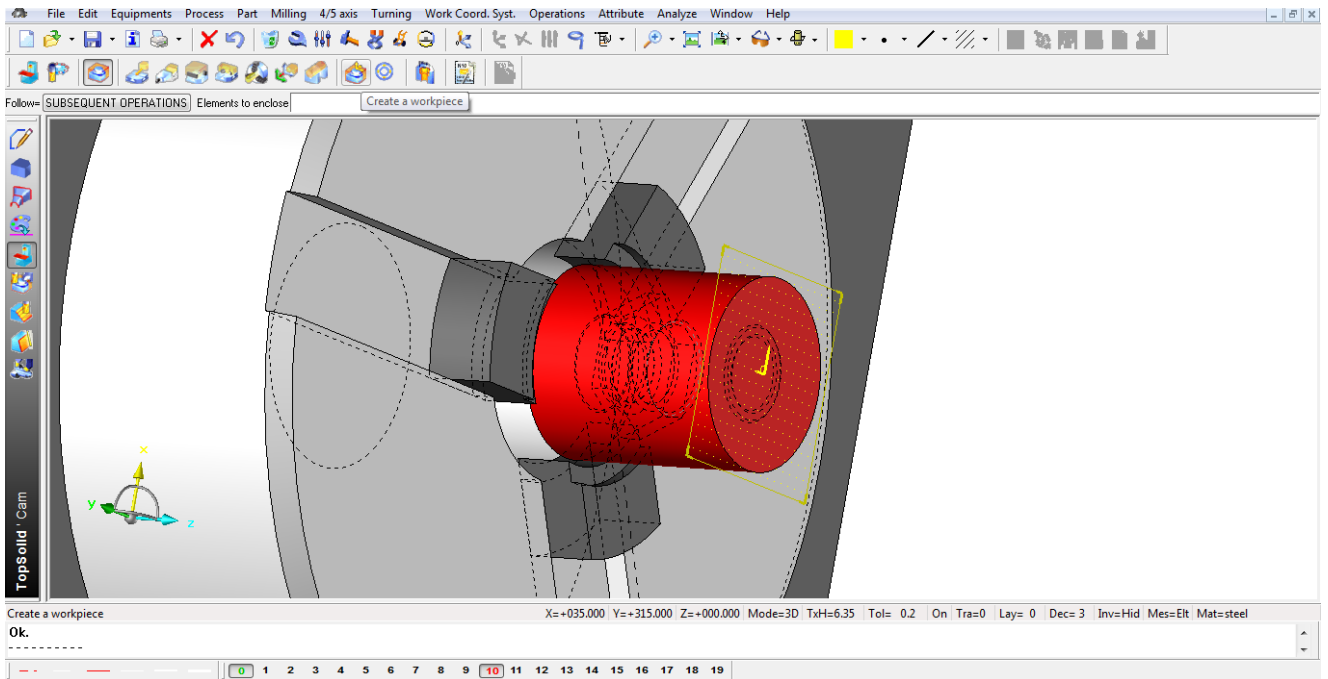
**Διαδικασία δημιουργίας μηδενικού σημείου**



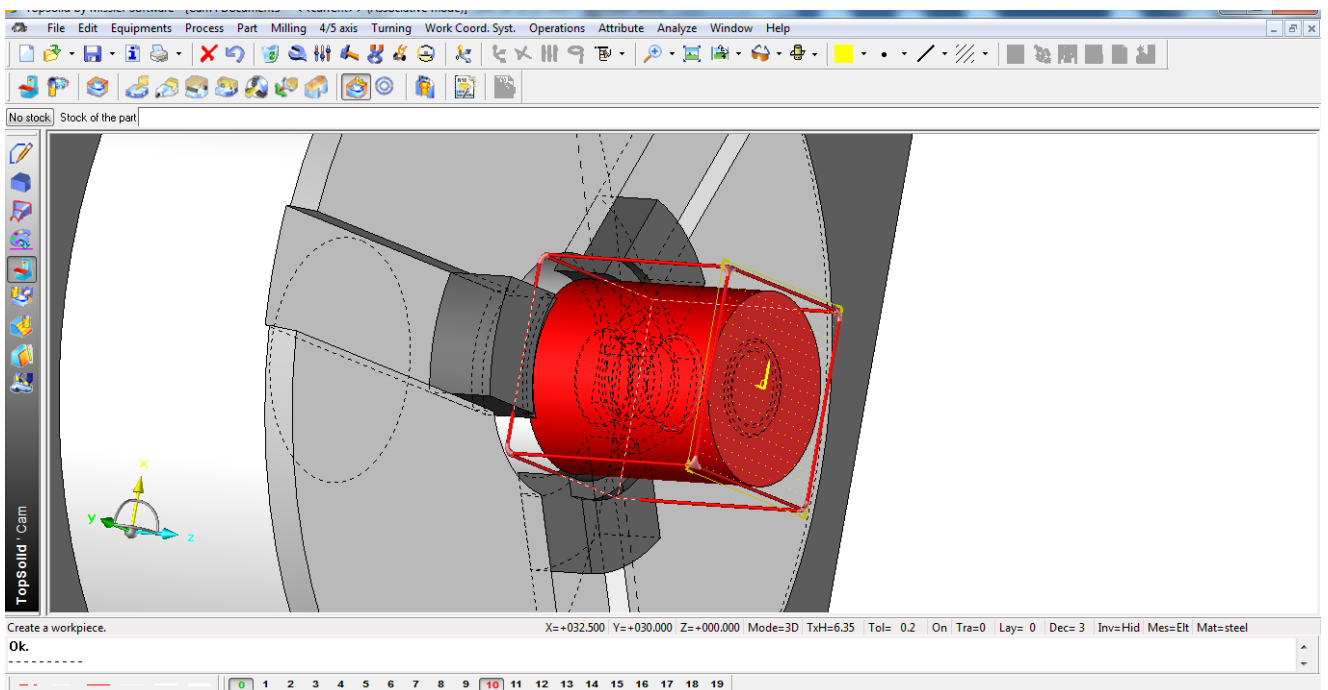
**Διαδικασία δημιουργίας μηδενικού σημείου**



**Διαδικασία δημιουργίας μηδενικού σημείου**

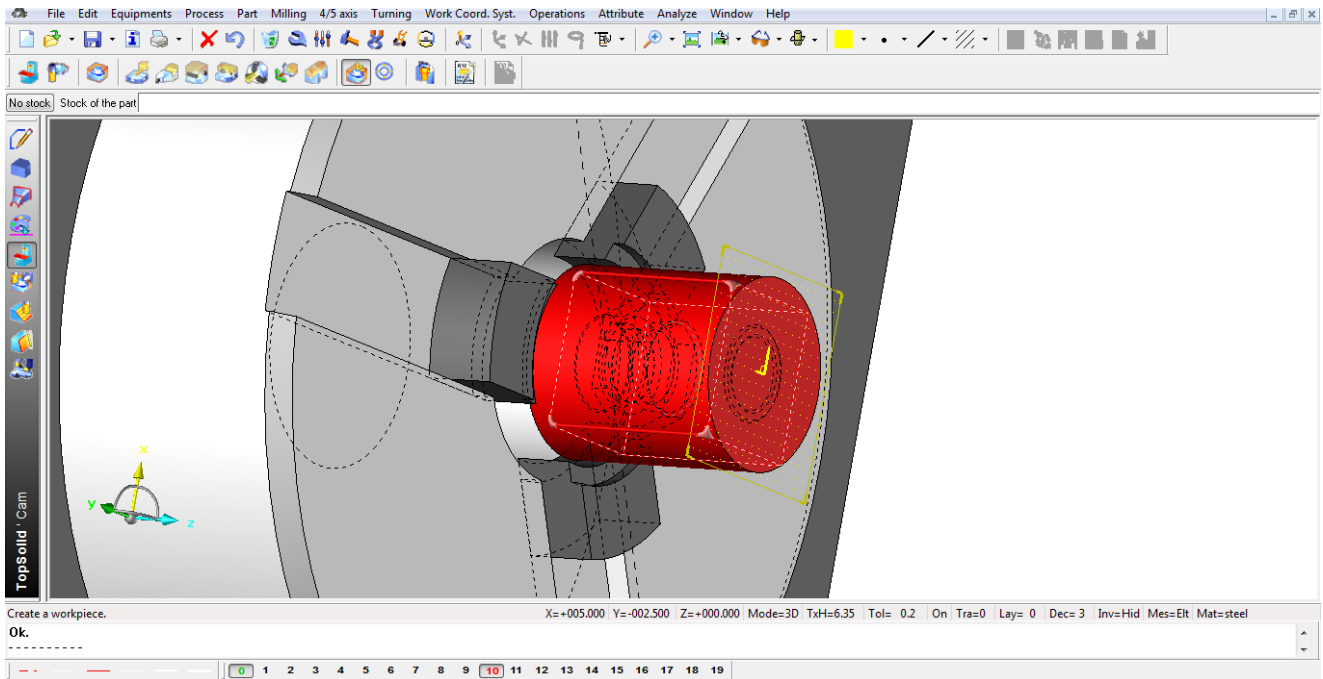


## Διαδικασία δημιουργίας μηδενικού σημείου

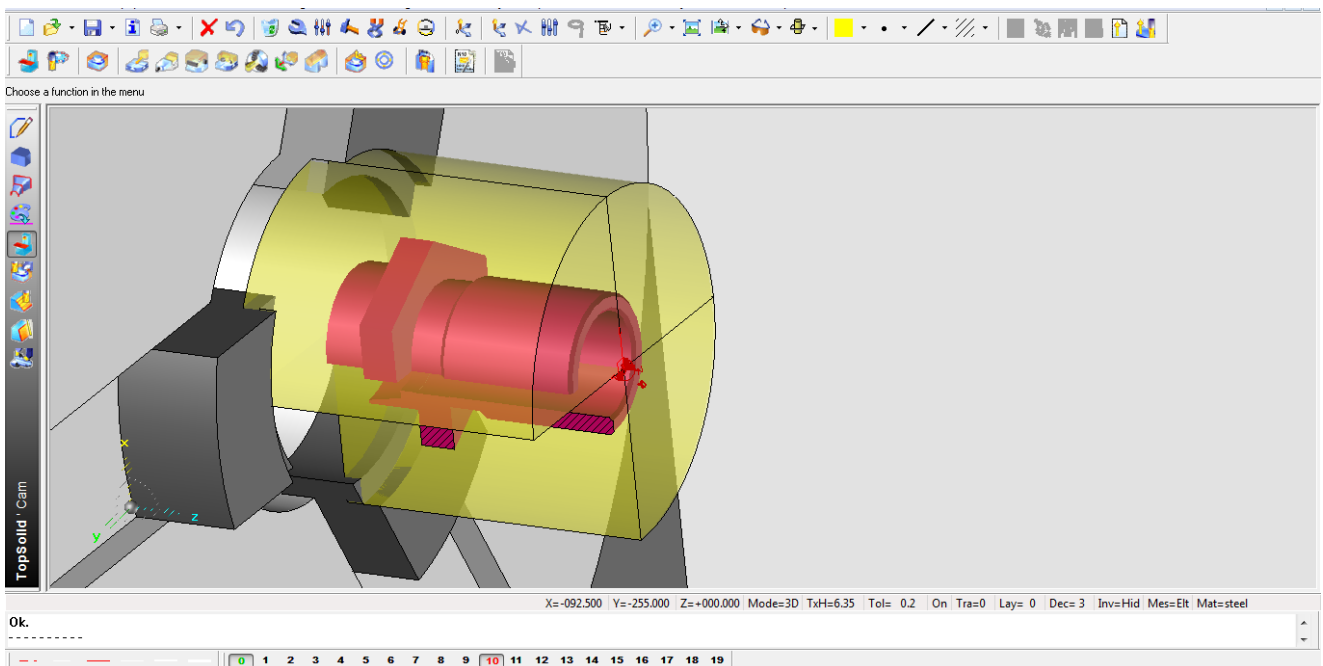


## Διαδικασία δημιουργίας μηδενικού σημείου (επιλογή ακατέργαστου υλικού)

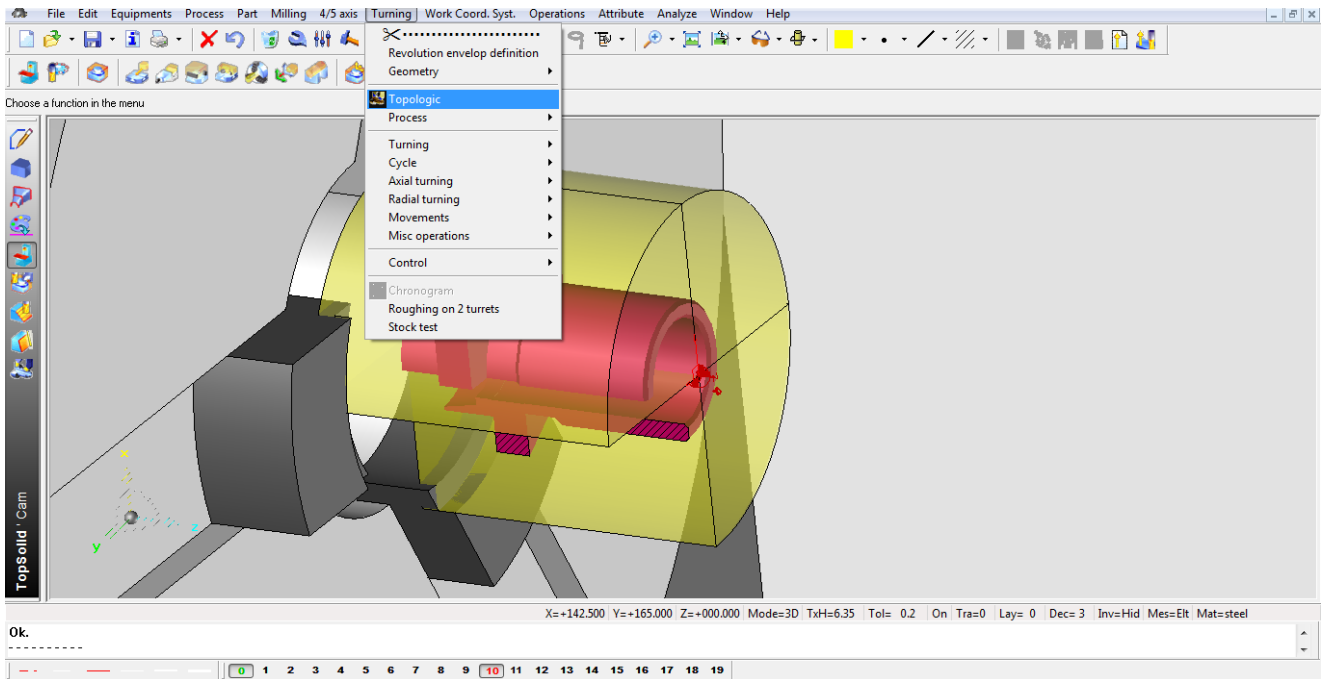




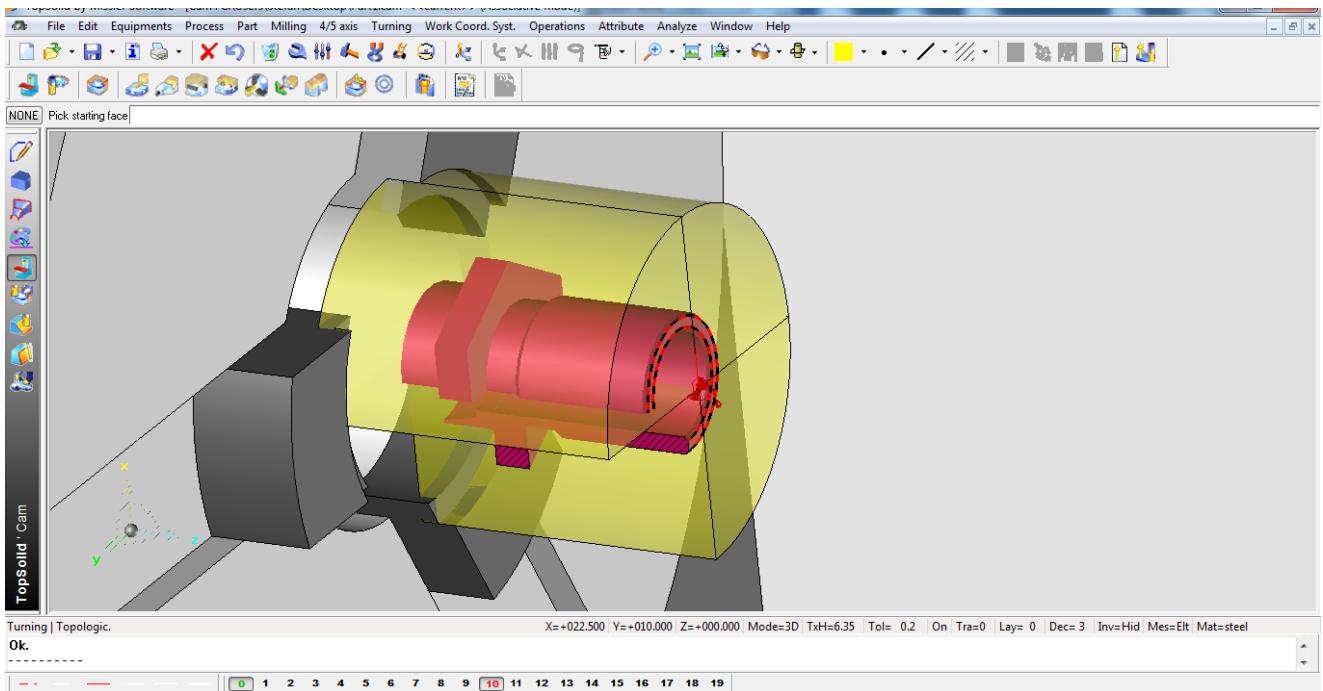
## Διαδικασία δημιουργίας μηδενικού σημείου (επιλογή τελικού δοκιμίου)



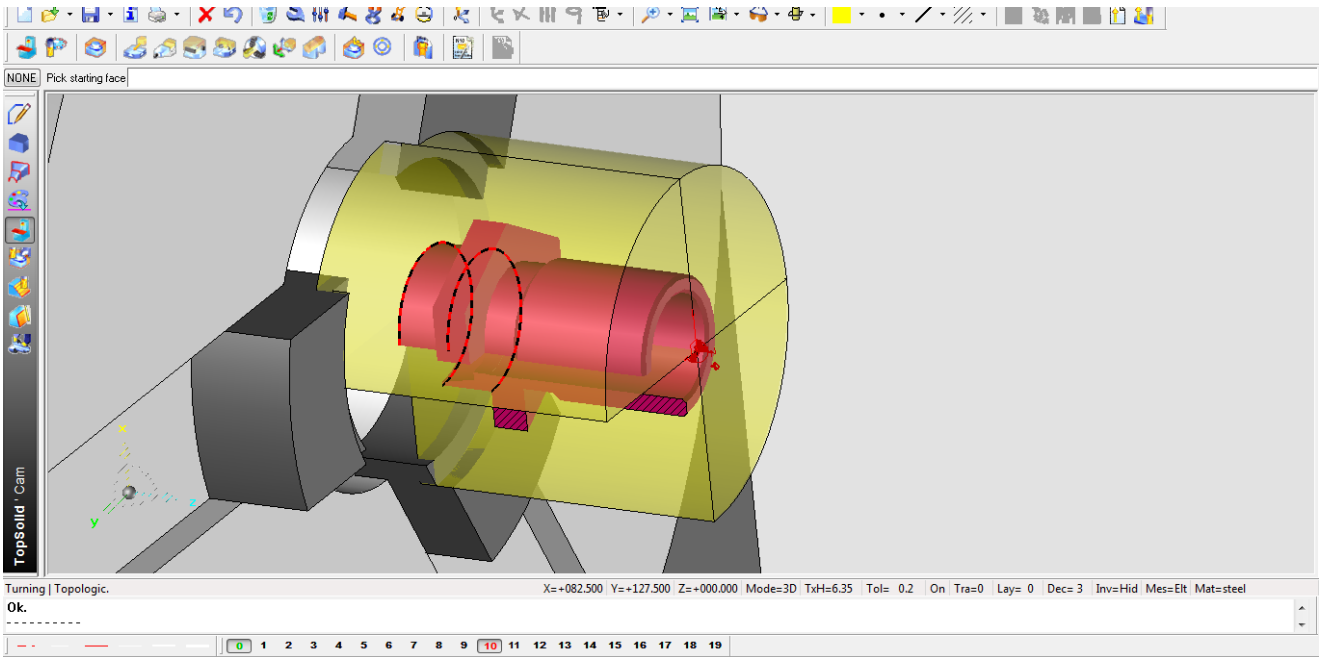
## Τελική μορφή δοκιμίου πριν την κατεργασία



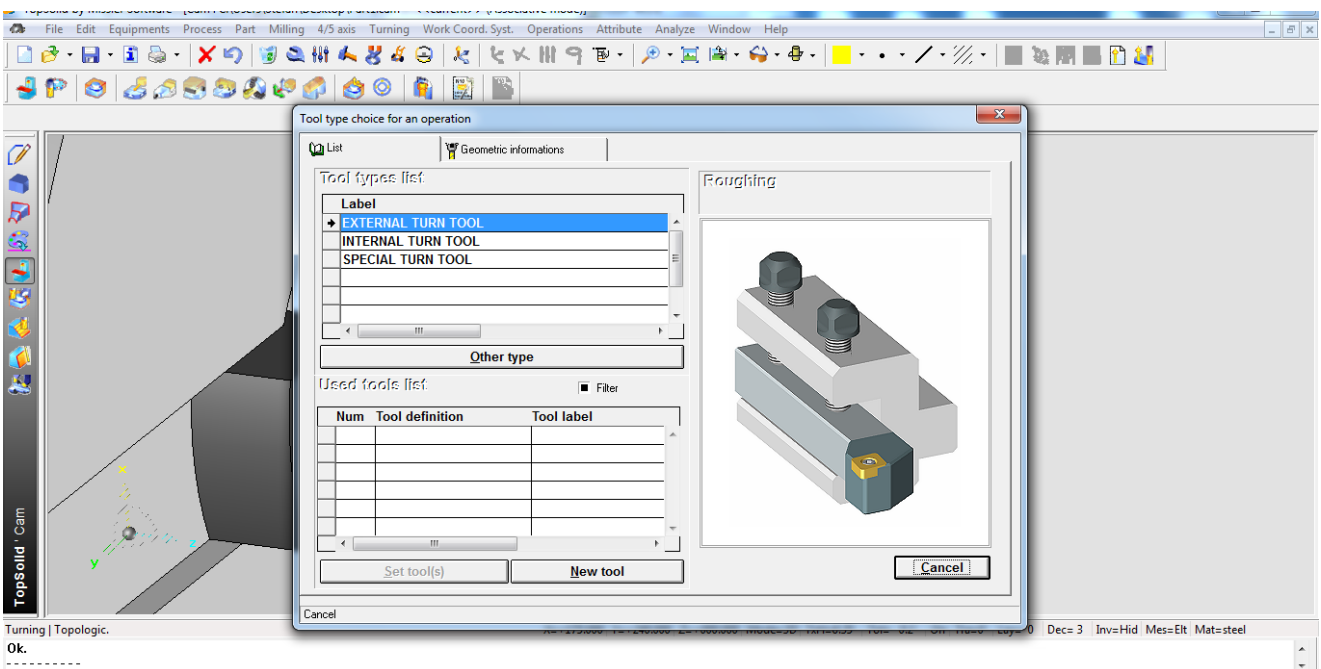
## Επιλογή κατεργασίας



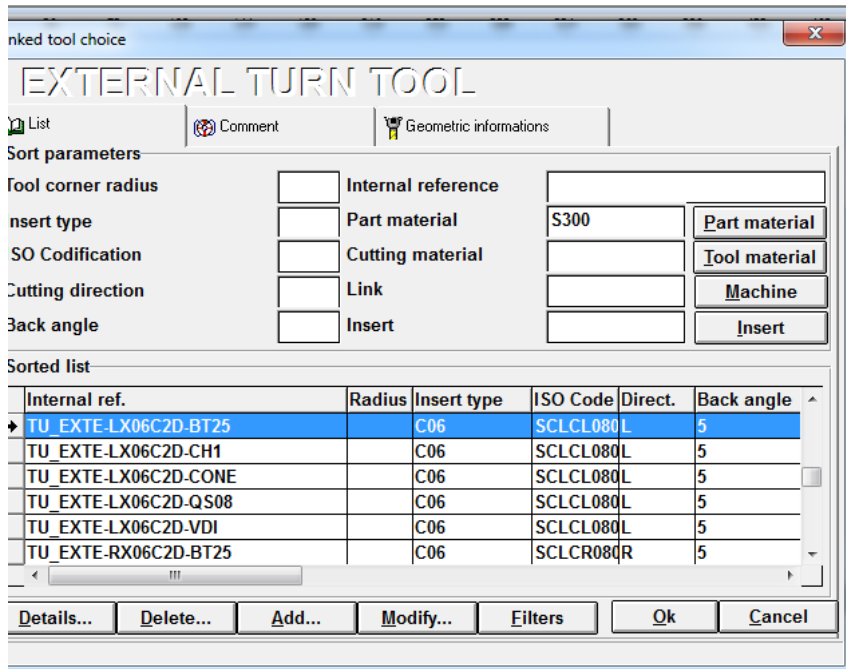
## Επιλογή αρχικής επιφάνειας κατεργασίας



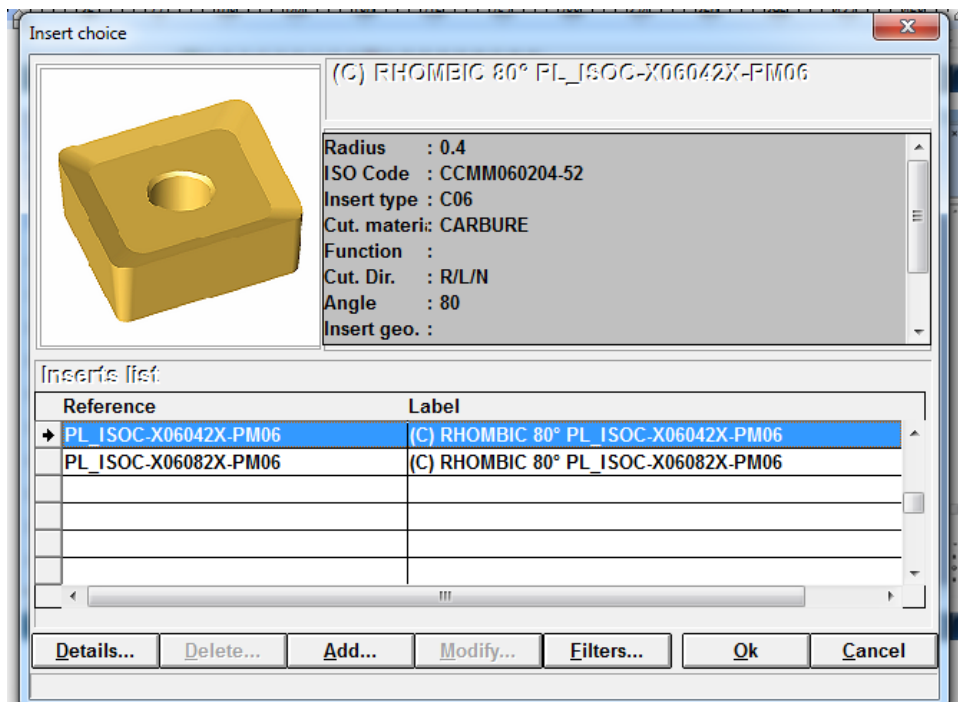
## Επιλογή τελικής επιφάνειας κατεργασίας



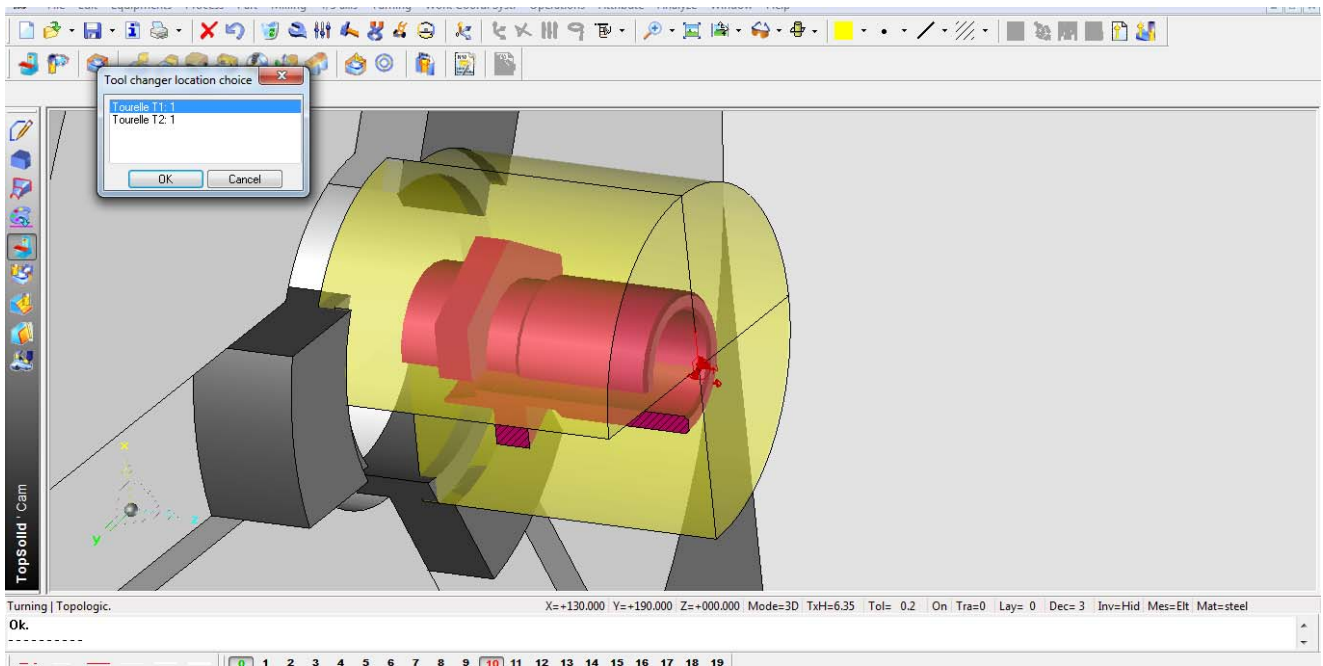
## Επιλογή μανέλας



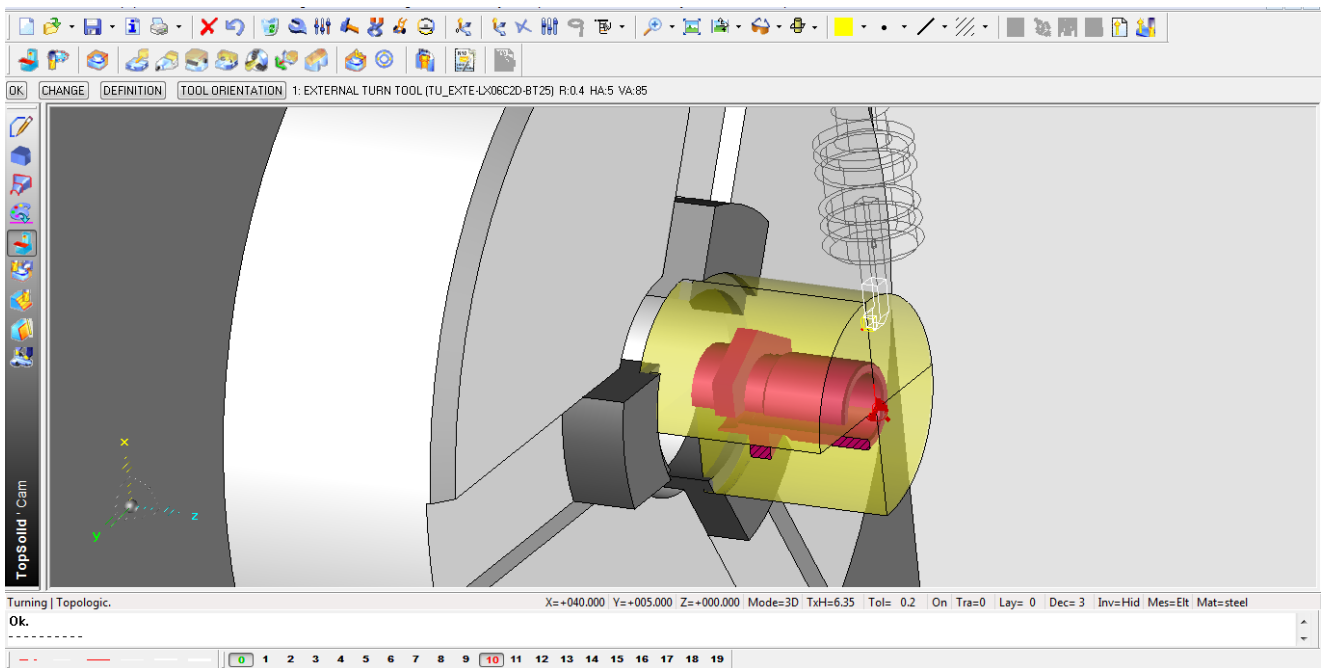
### Επιλογή μανέλας



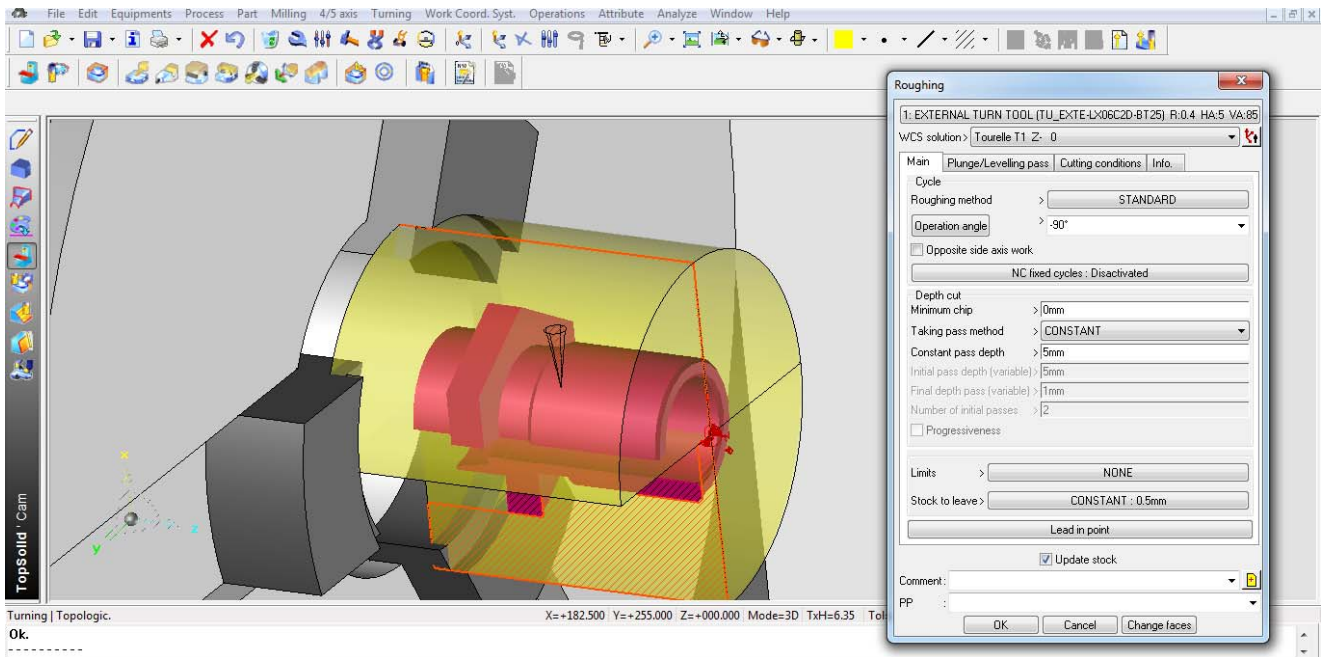
### Επιλογή ένθετου πλακιδίου



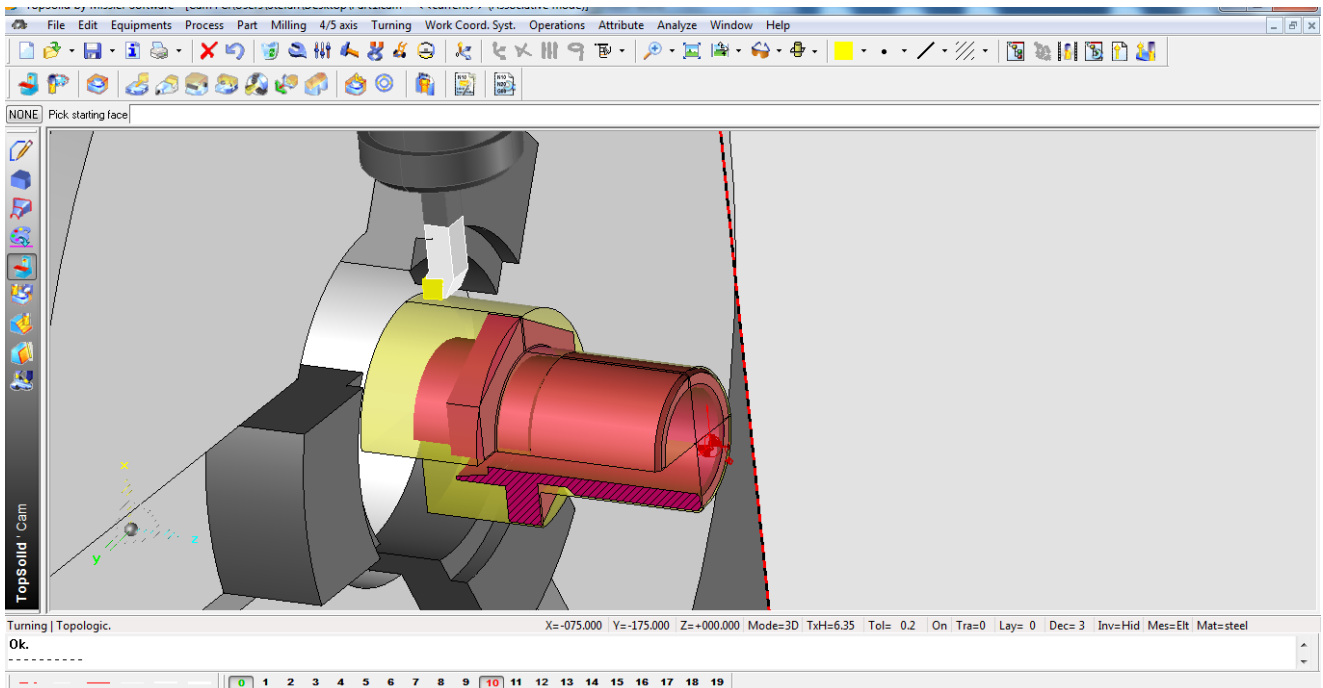
## Επιλογή εργαλειοδέτη



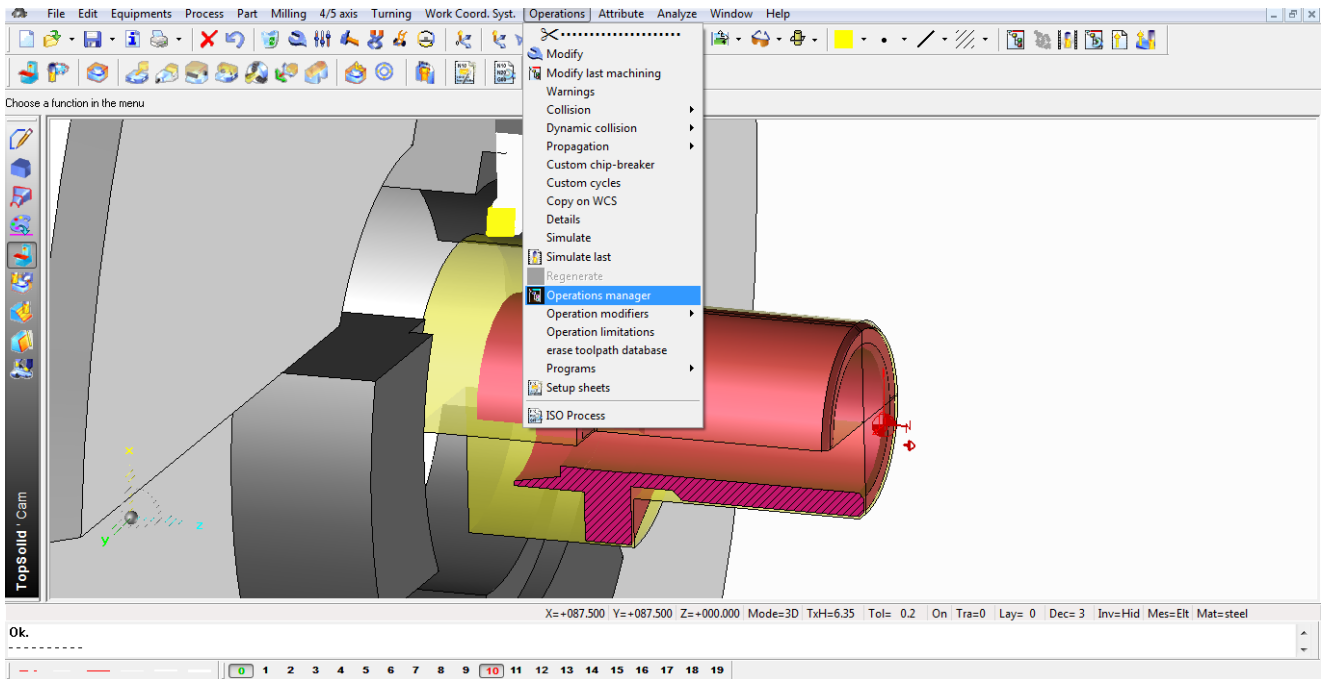
## Επιλογή τοποθέτησης μανέλας με κοπτικό εργαλείο



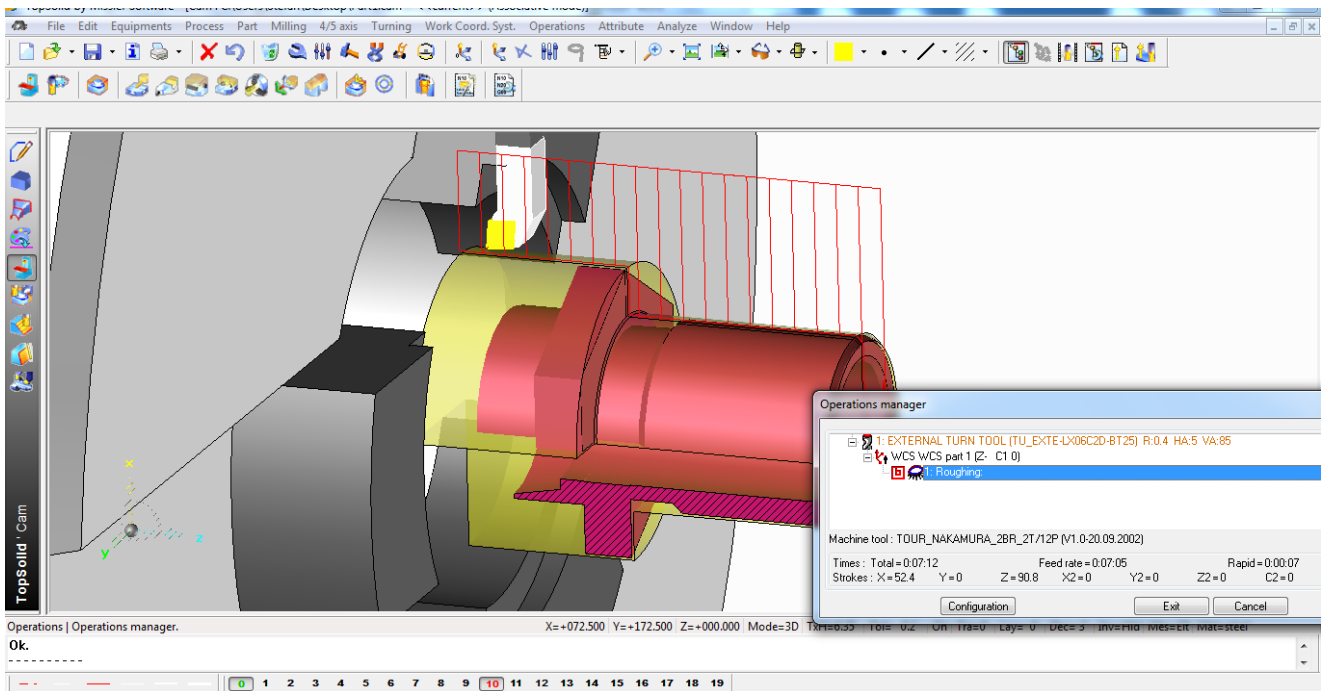
## Καθορισμός διαδρομών κοπτικού εργαλείου



## Σύγκρουση κοπτικού εργαλείου με τσοκ

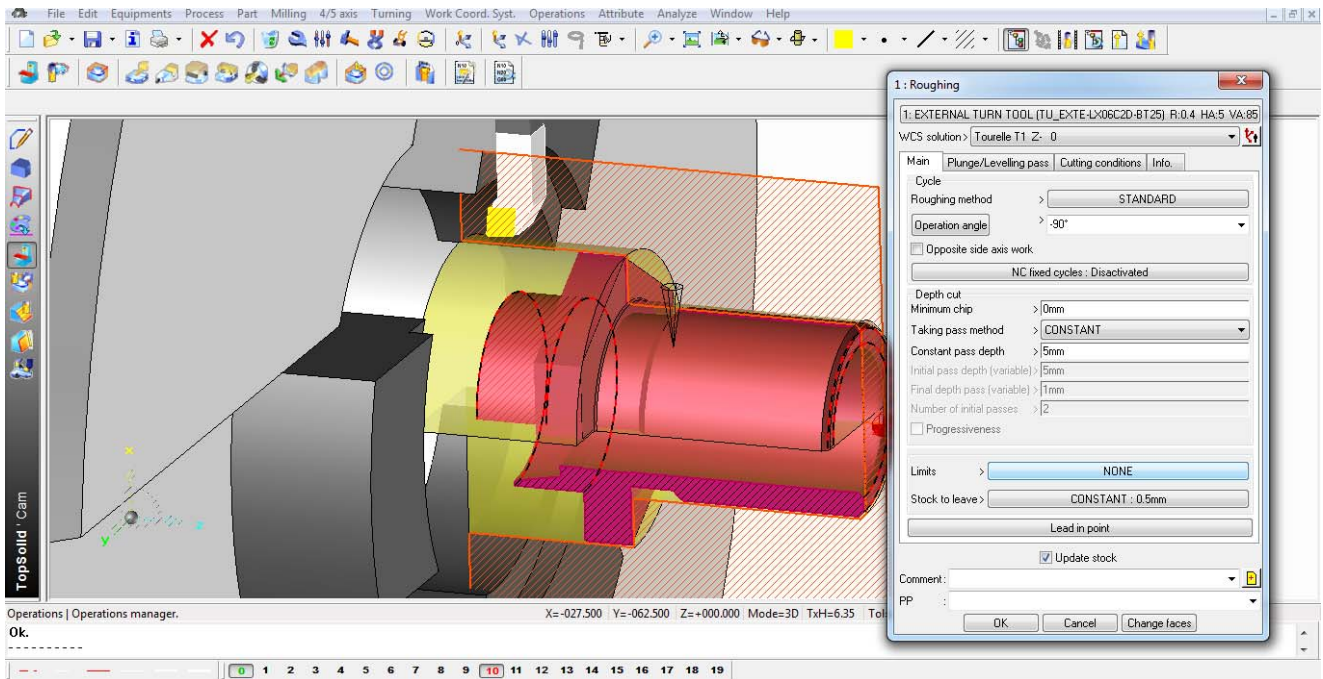


## Ανάκληση κατεργασίας για διόρθωση

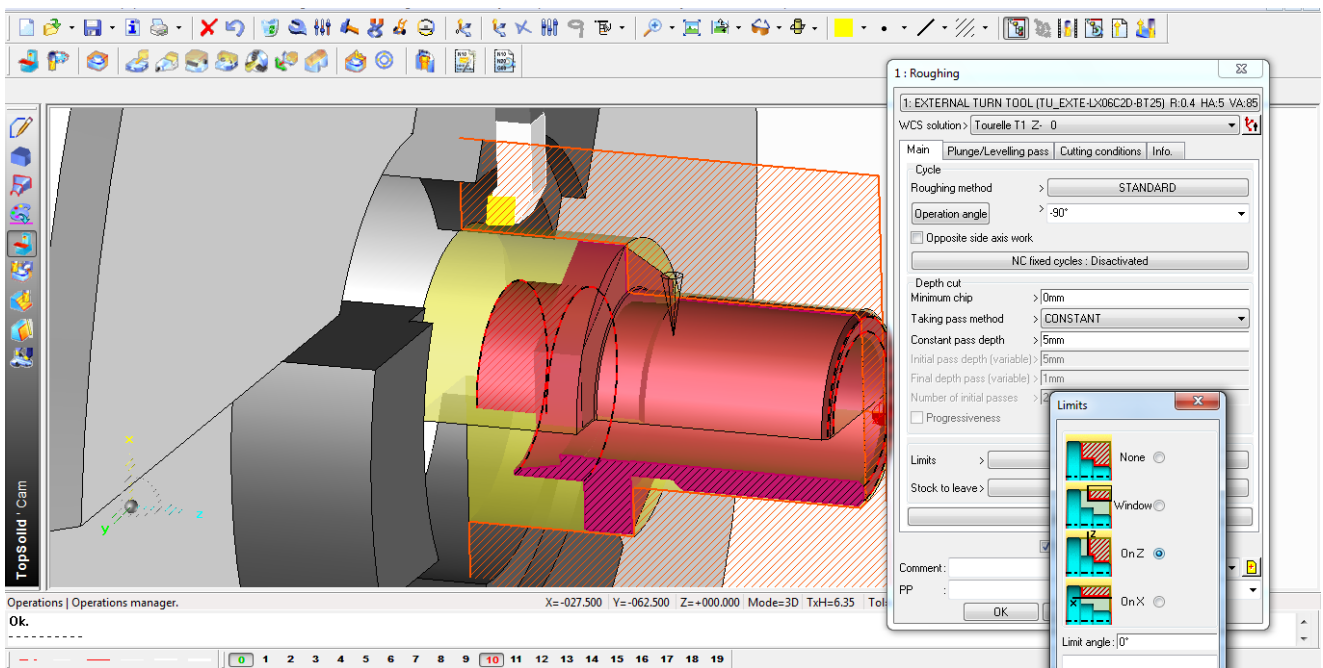


## Ανάκληση κατεργασίας για διόρθωση



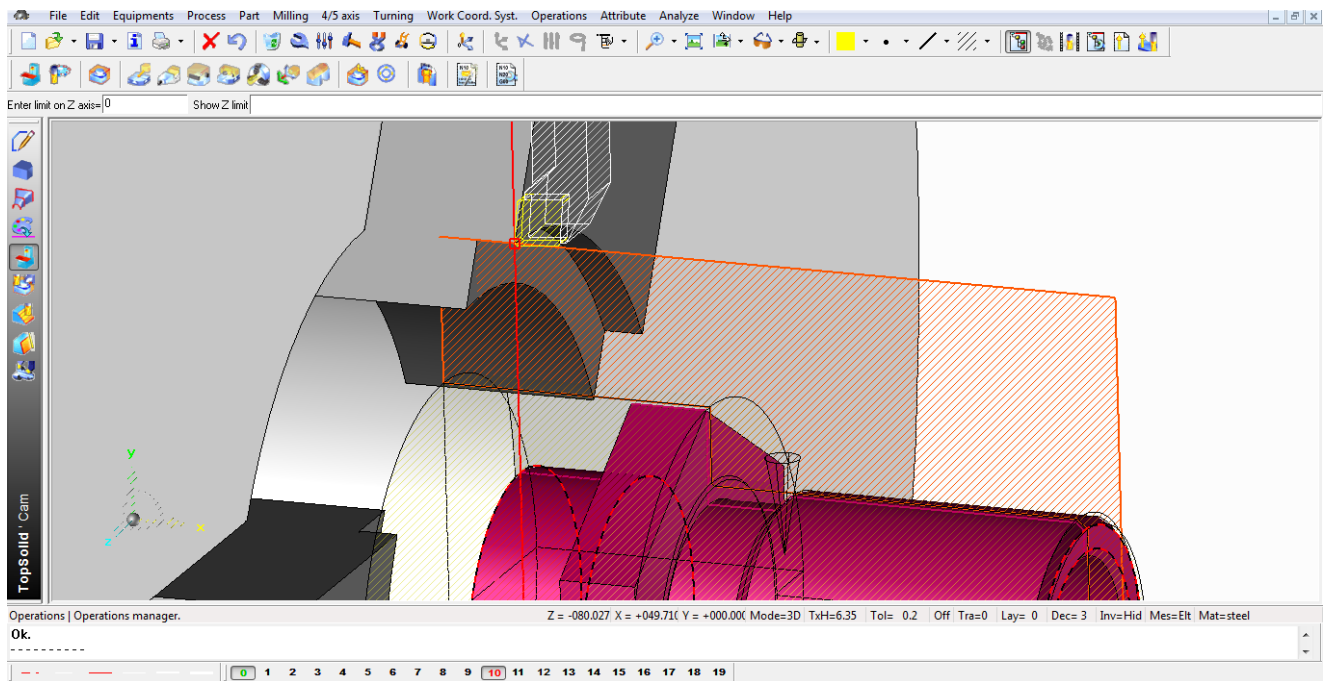


## Ανάκληση κατεργασίας για διόρθωση

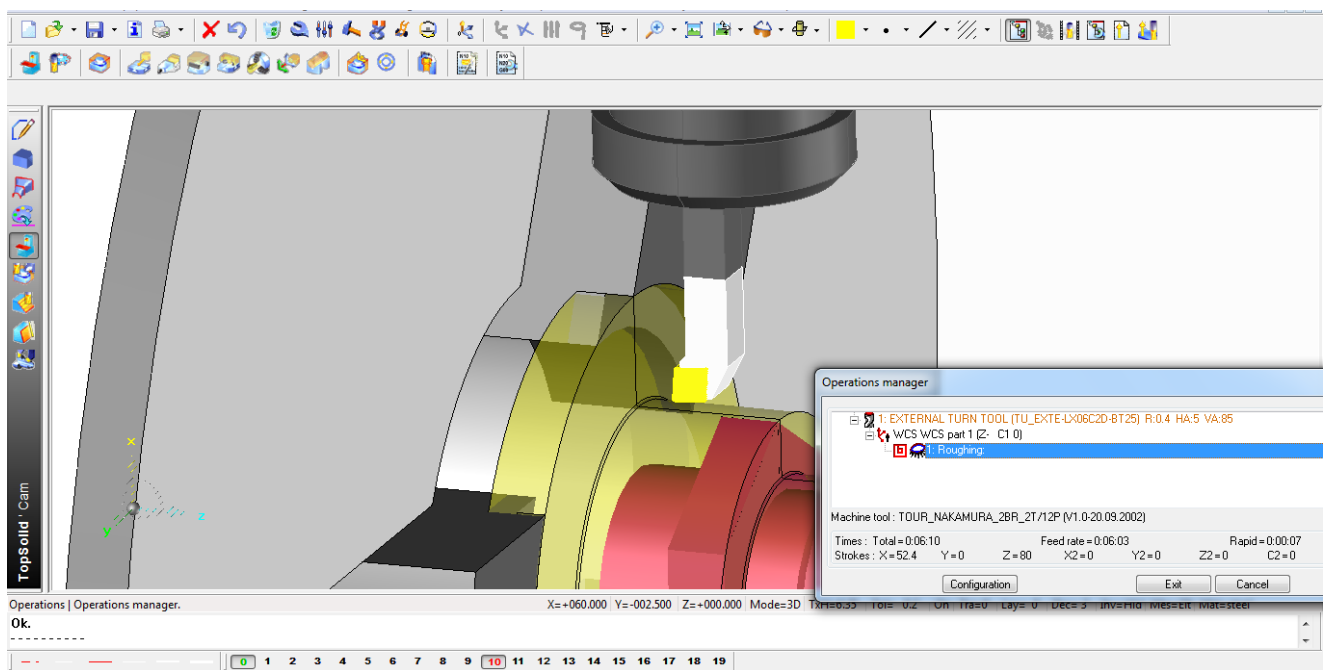


## Οριοθέτηση στον άξονα z

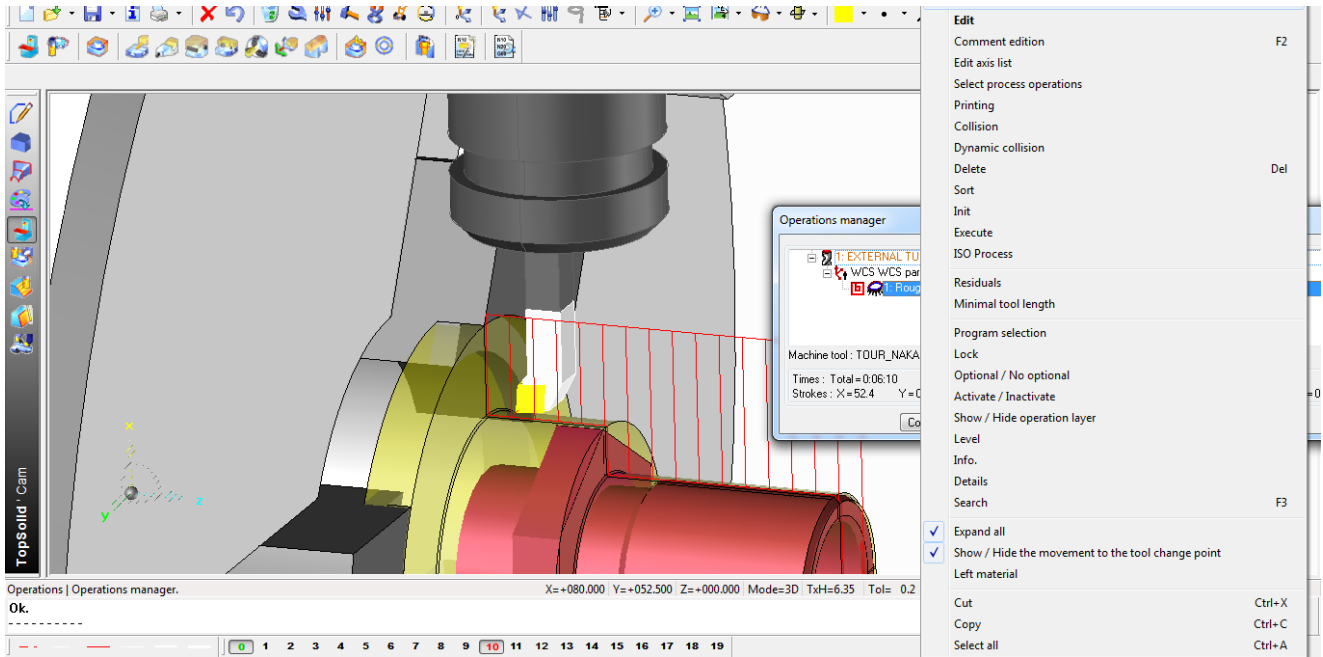




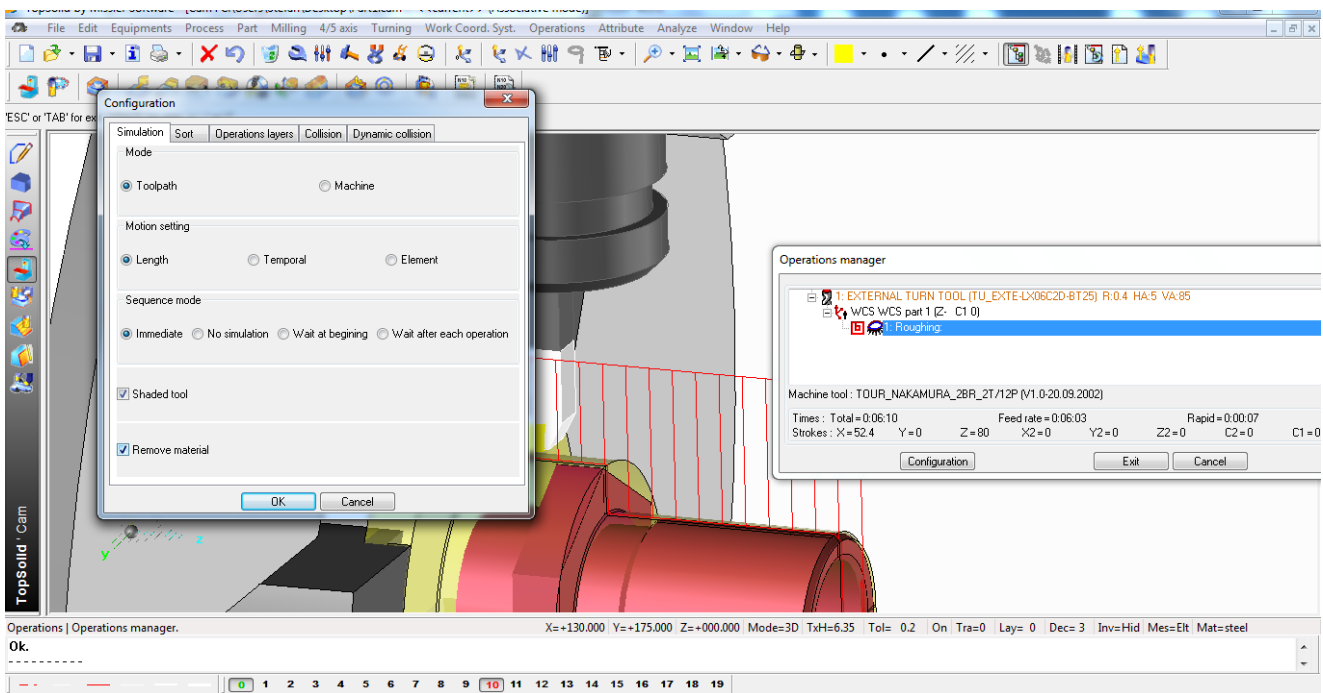
## Οριοθέτηση στον άξονα z



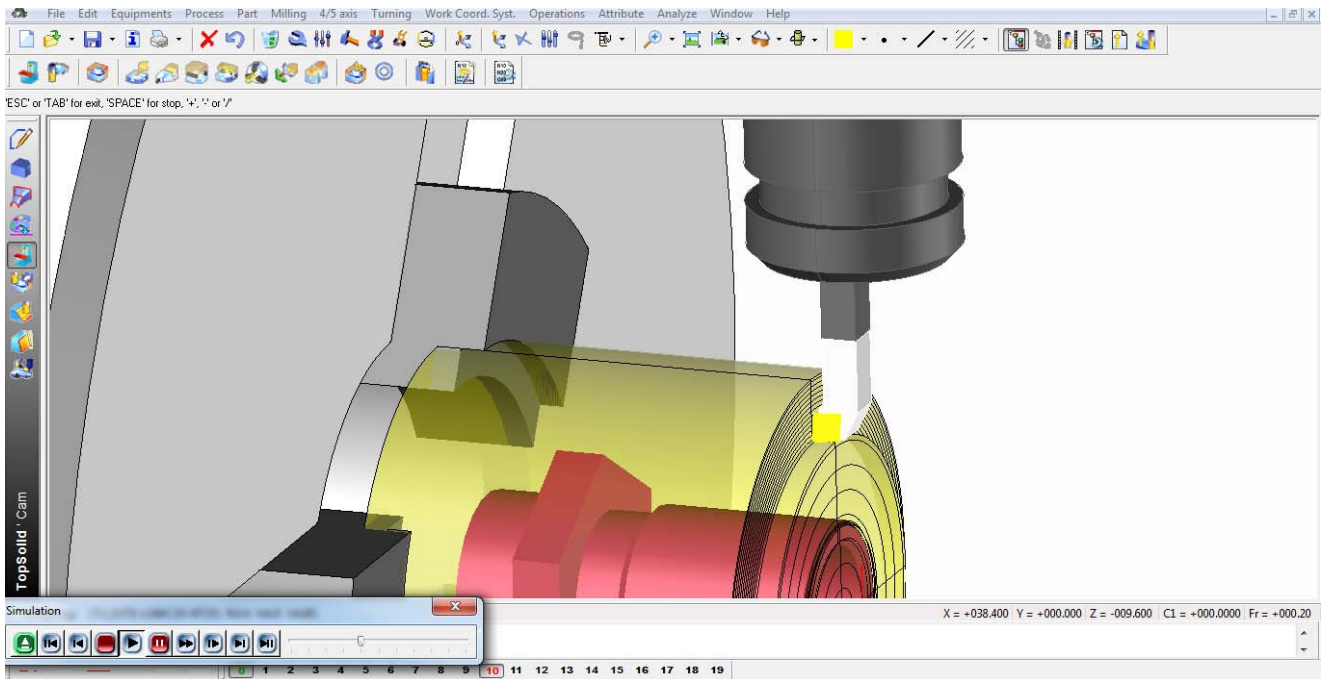
## Προσομοίωση κατεργασίας



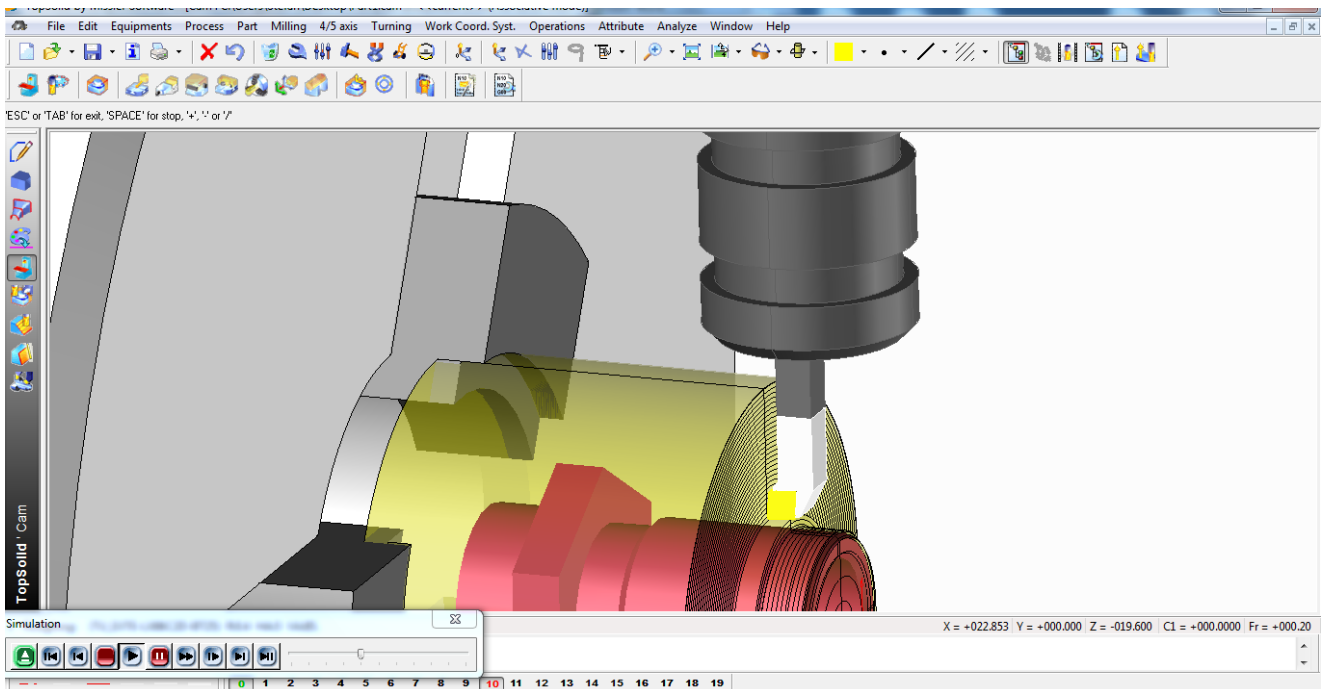
## Προσομοίωση κατεργασίας – διαδρομές κοπτικού εργαλείου



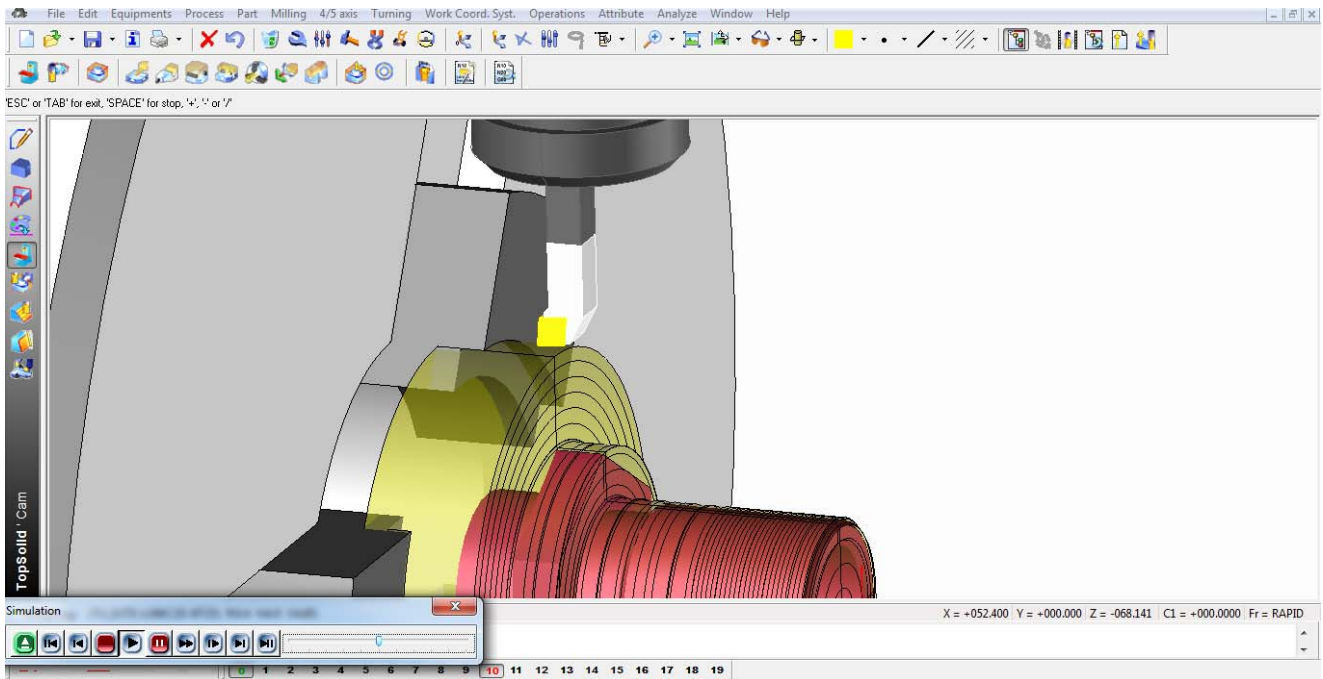
## Προσομοίωση κατεργασίας – εμφάνιση κοπτικού εργαλείου με τις διαδρομές



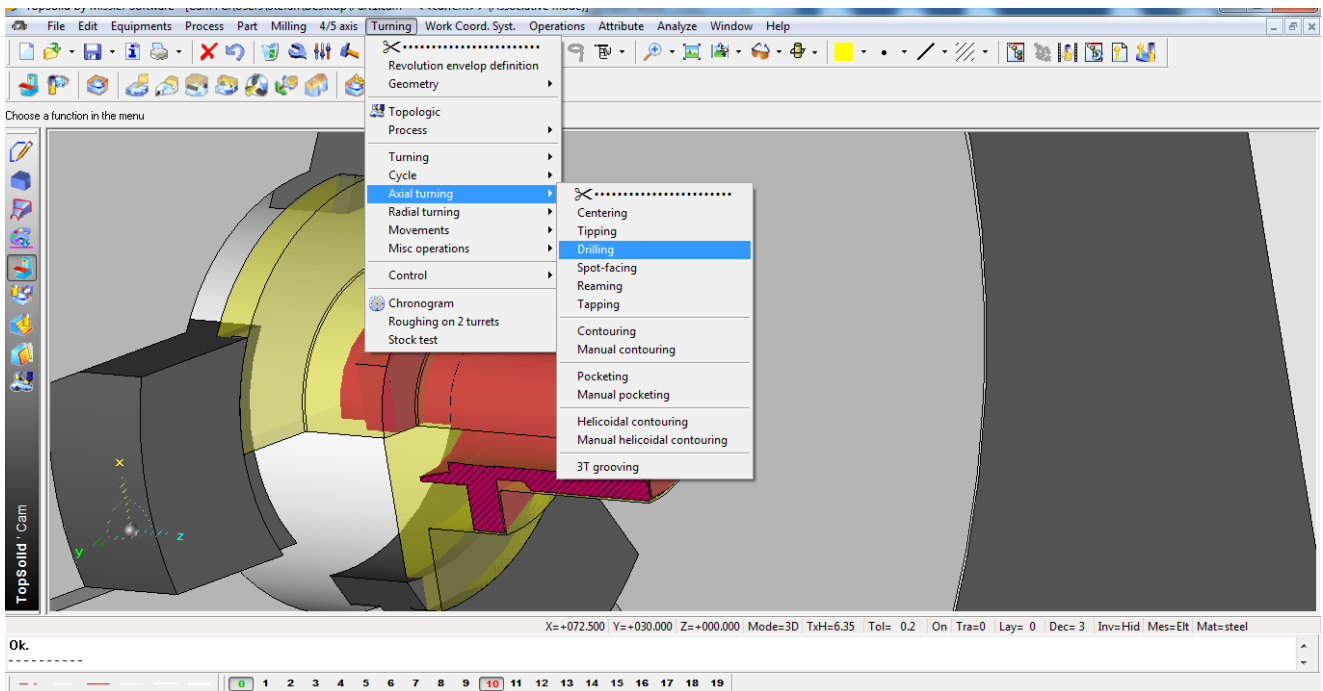
## Προσομοίωση κατεργασίας



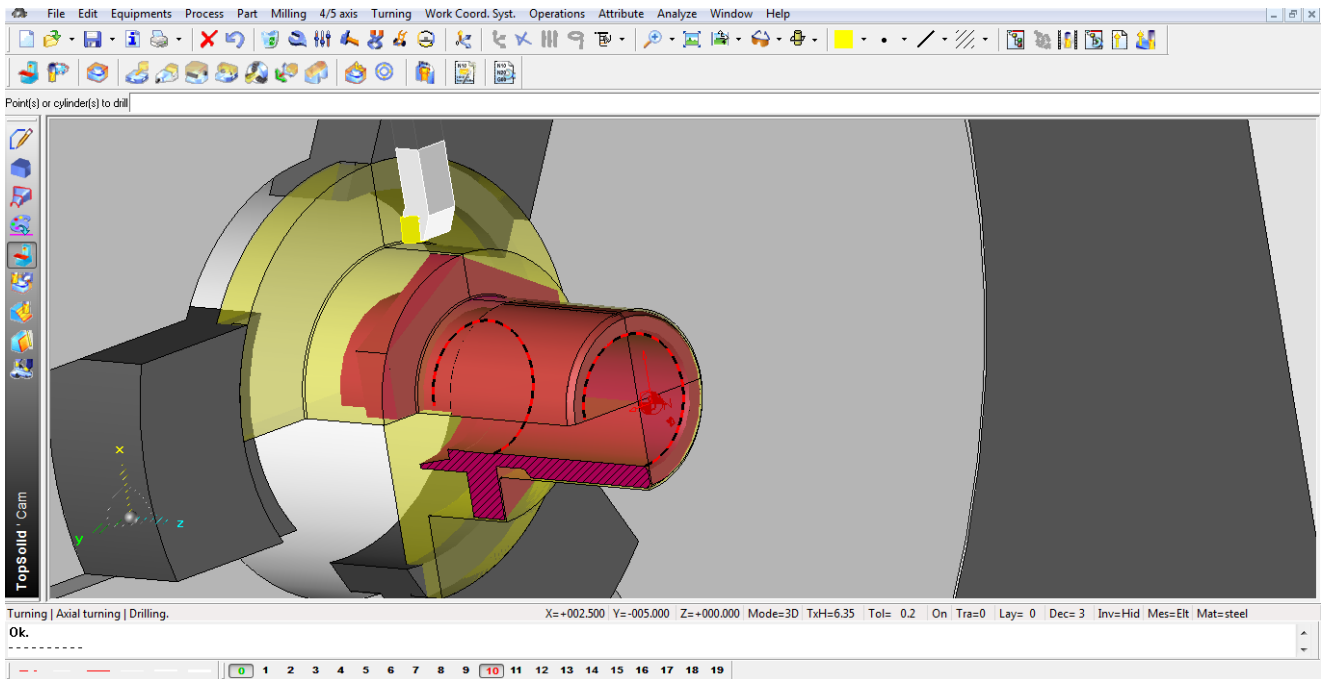
## Προσομοίωση κατεργασίας



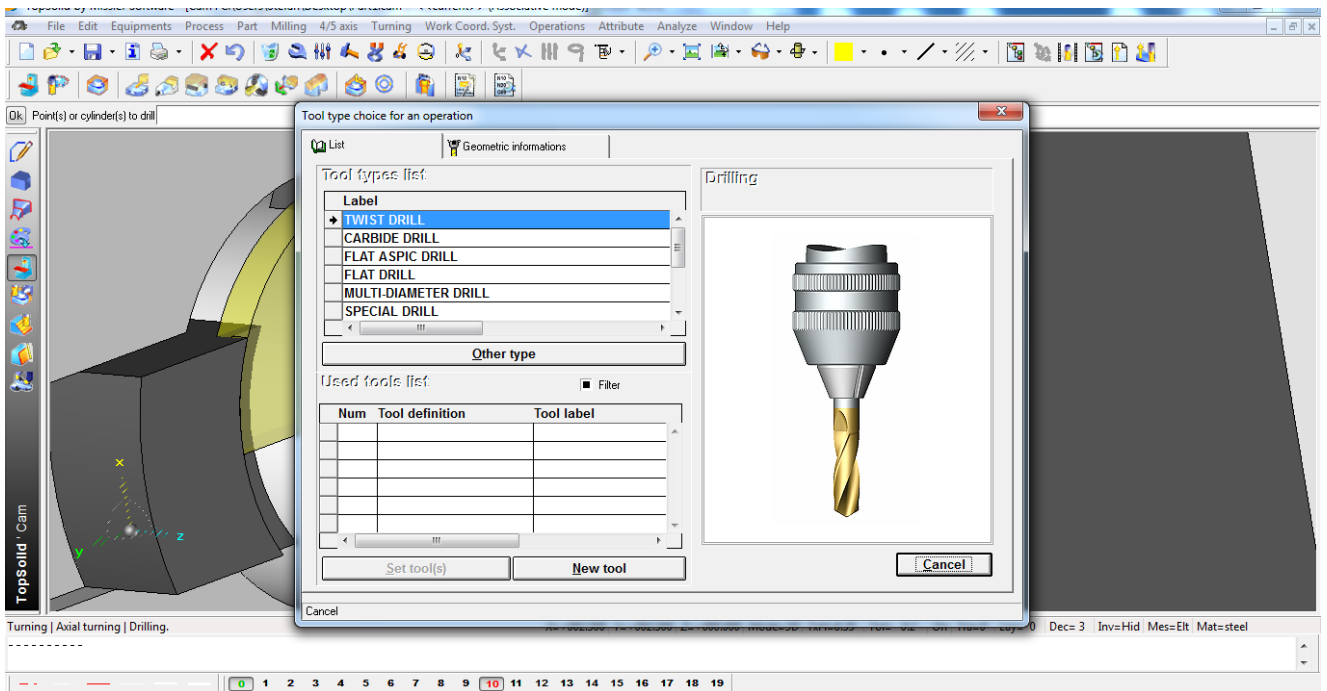
## Προσομοίωση κατεργασίας



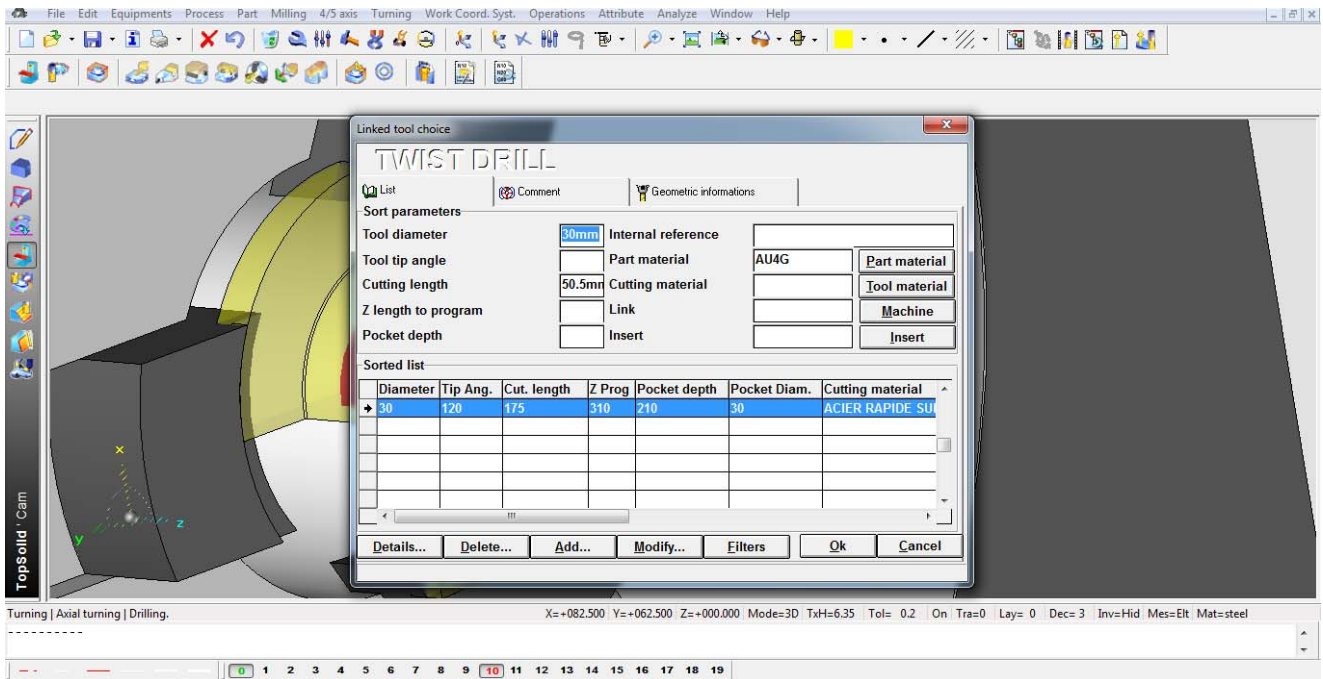
## Διάνοιξη οπής



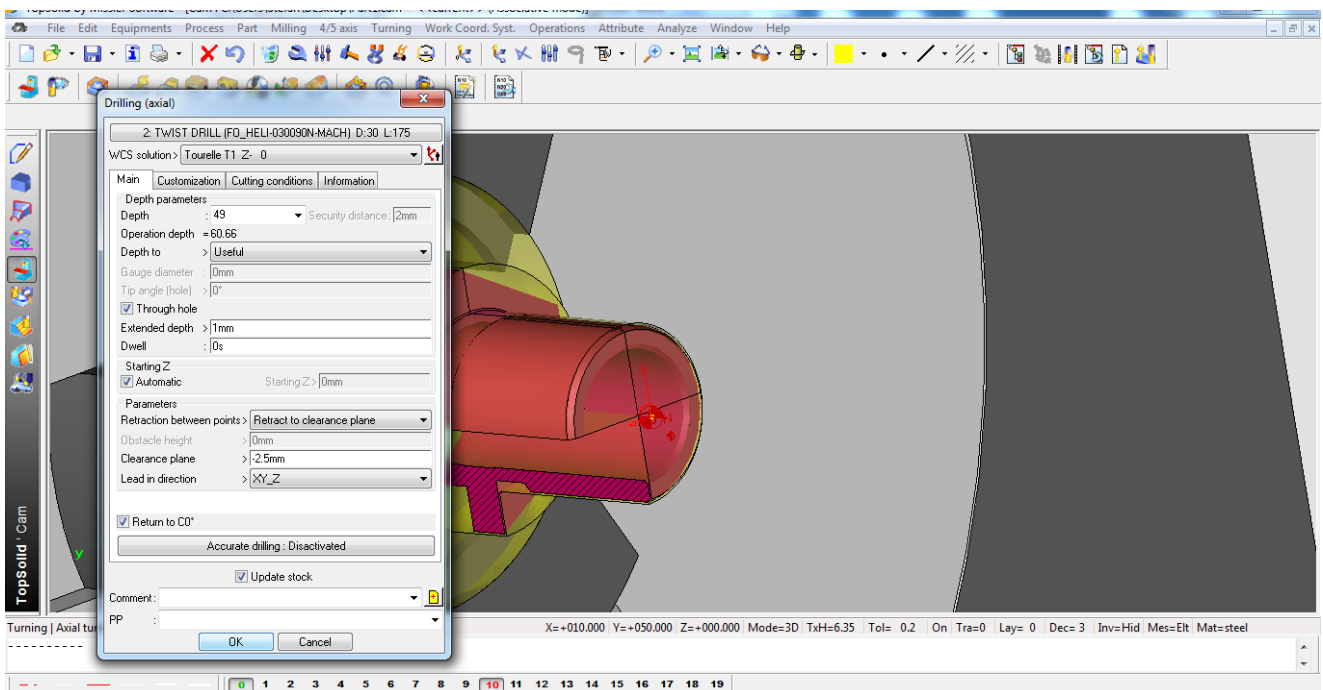
## Αρχική επιφάνεια



## Επιλογή τρυπανιού

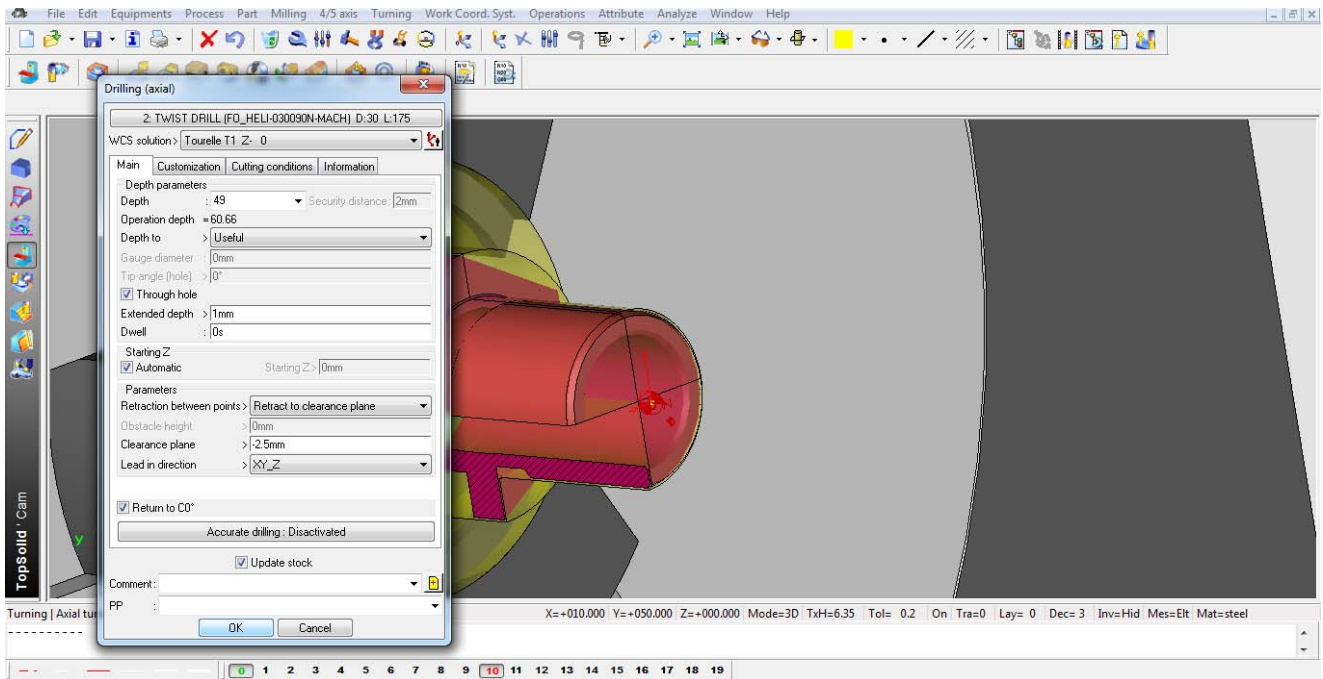


## Επιλογή τρυπανιού

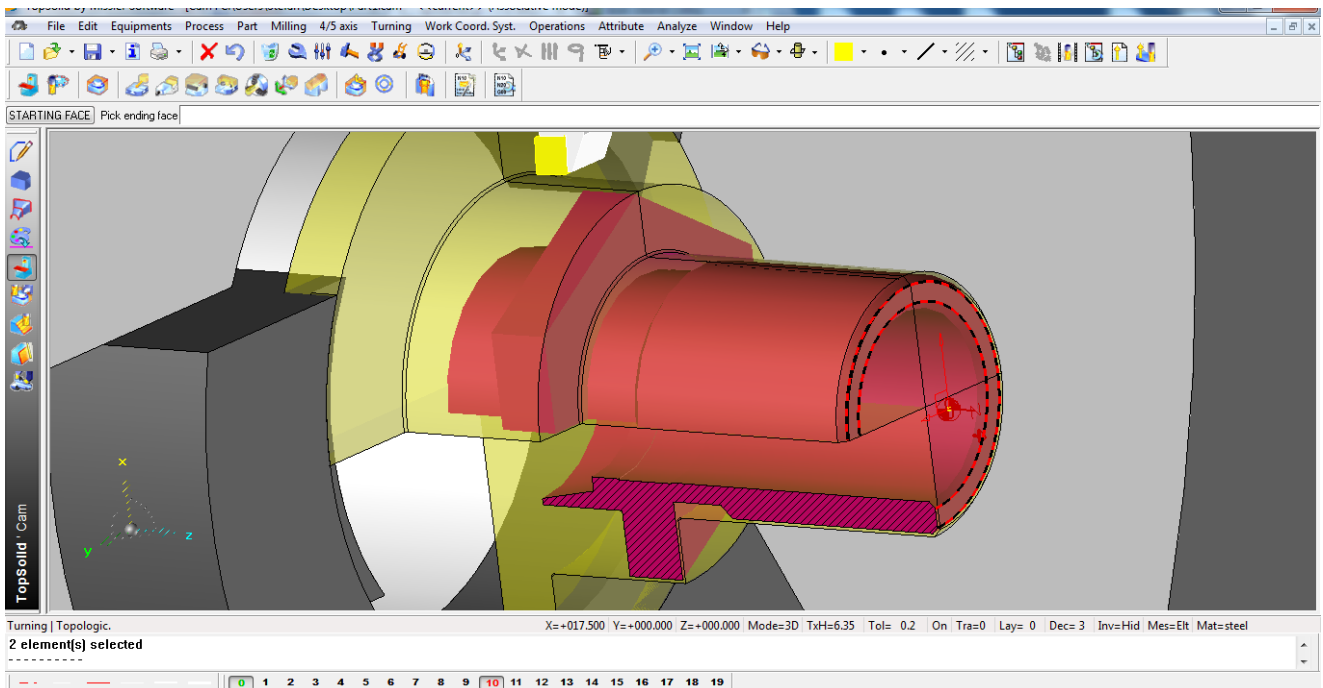


## Καθορισμός παραμέτρων

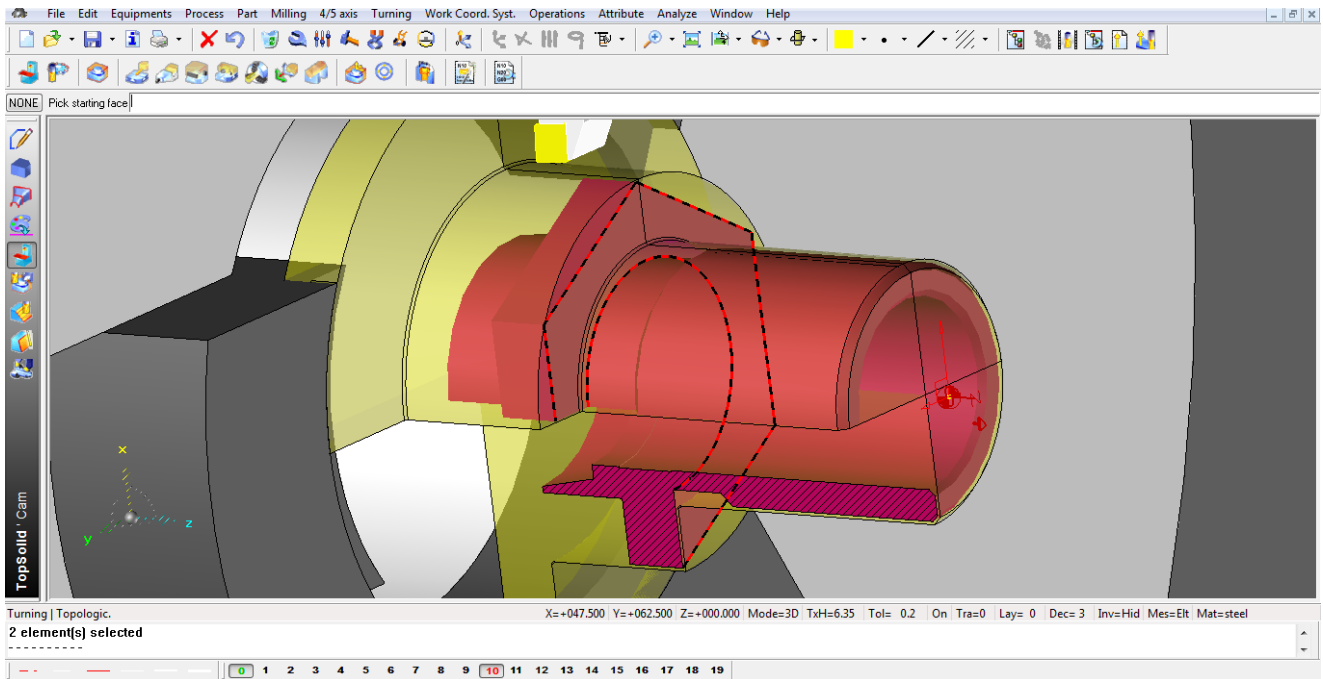




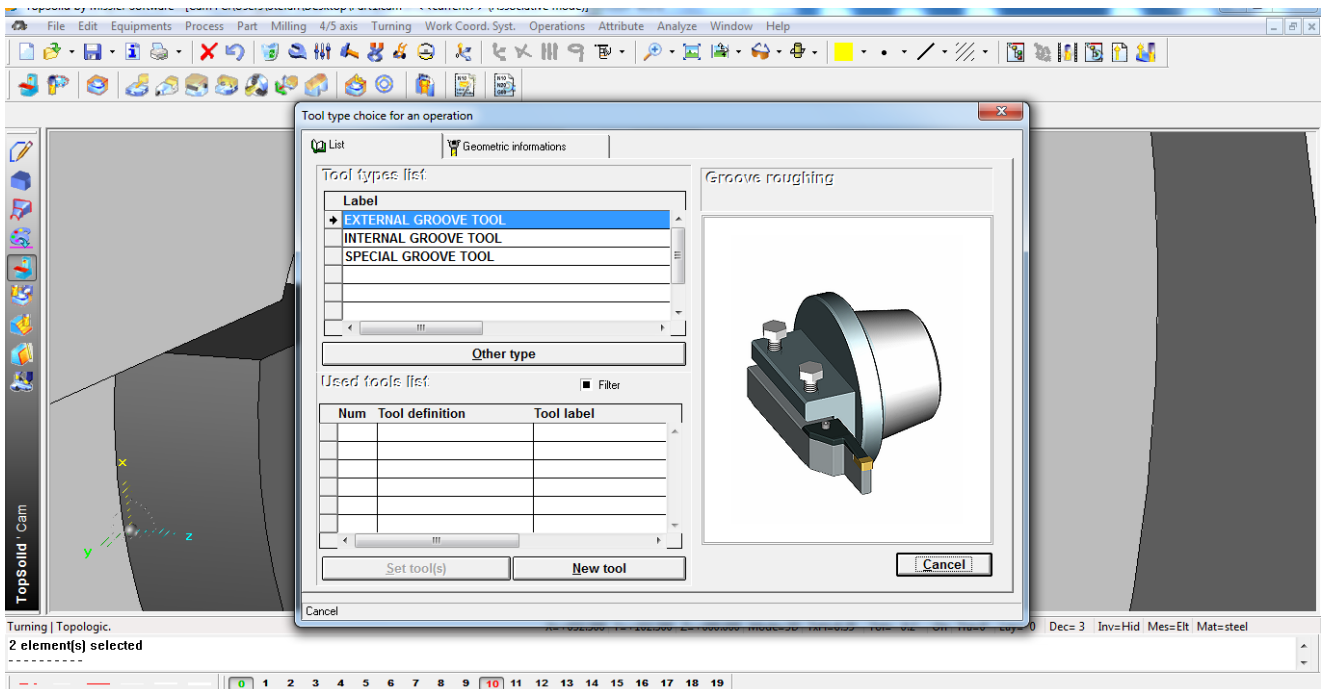
## Καθορισμός παραμέτρων



## Αρχική επιφάνεια διάνοιξης

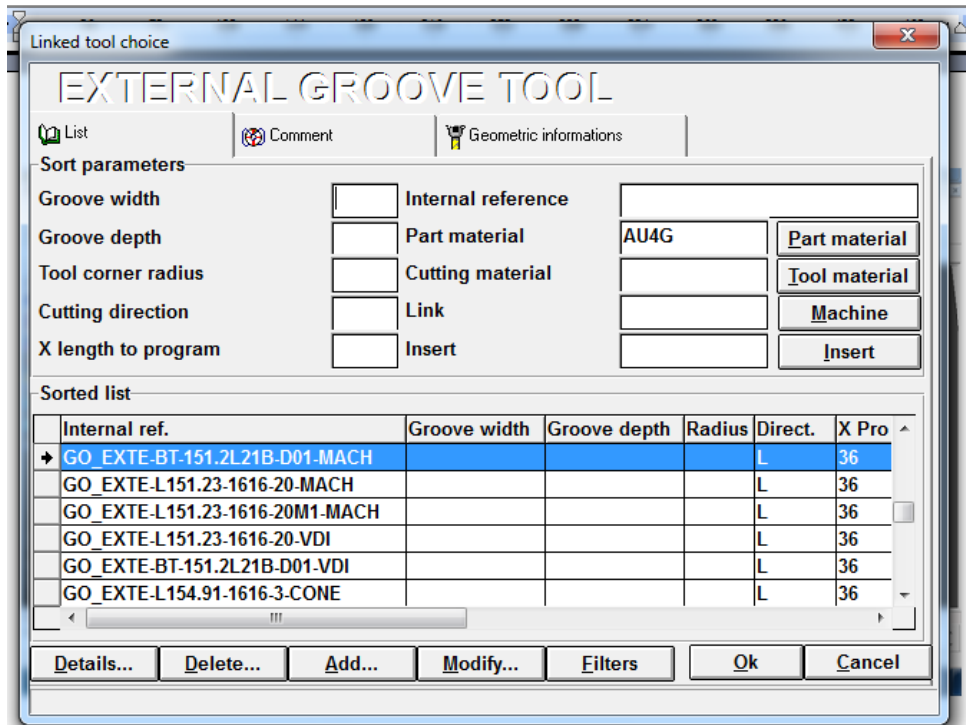


## Τελική επιφάνεια διάνοιξης

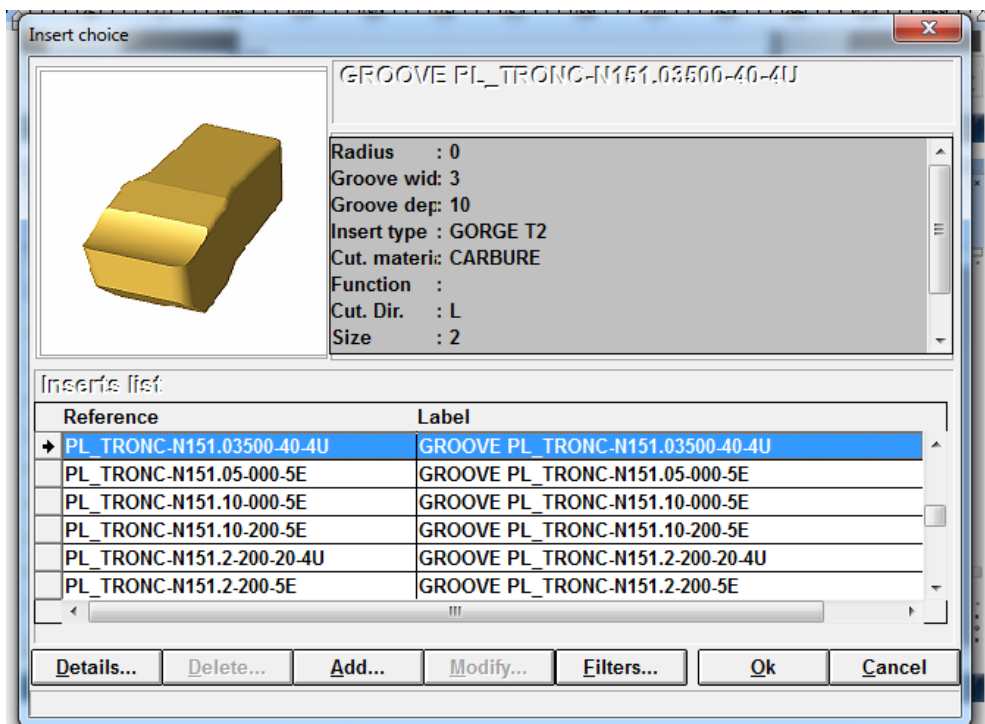


## Επιλογή μανέλας

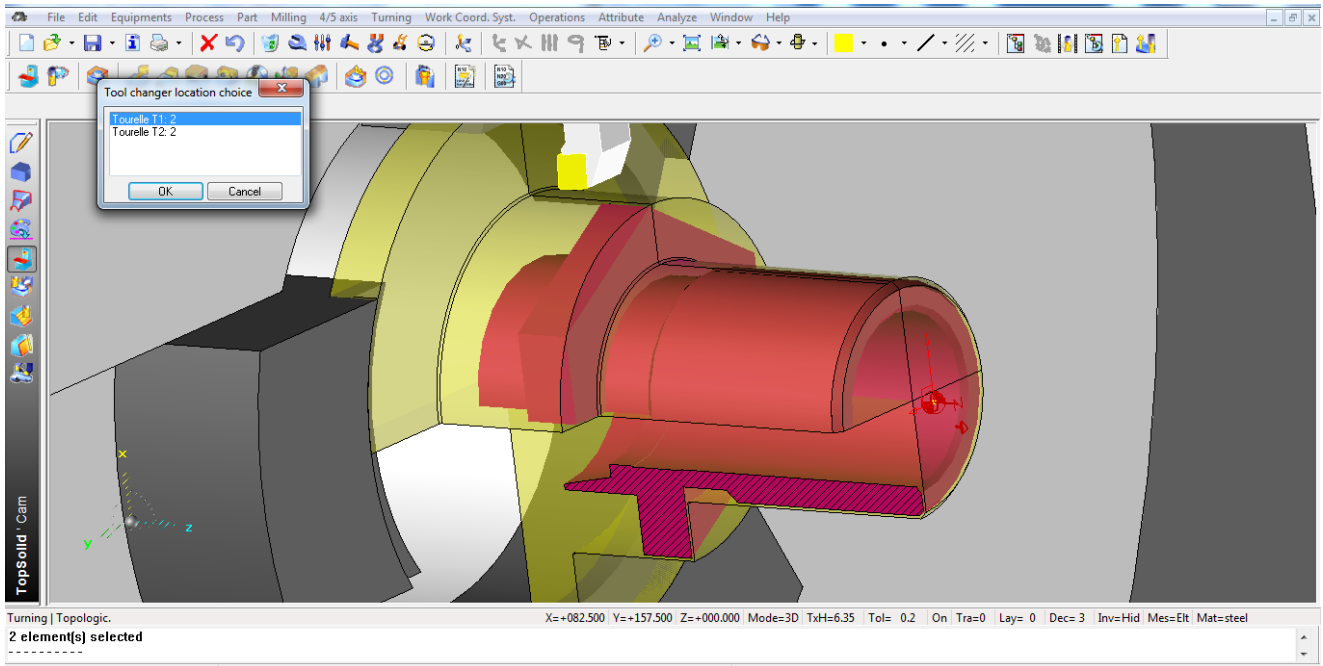




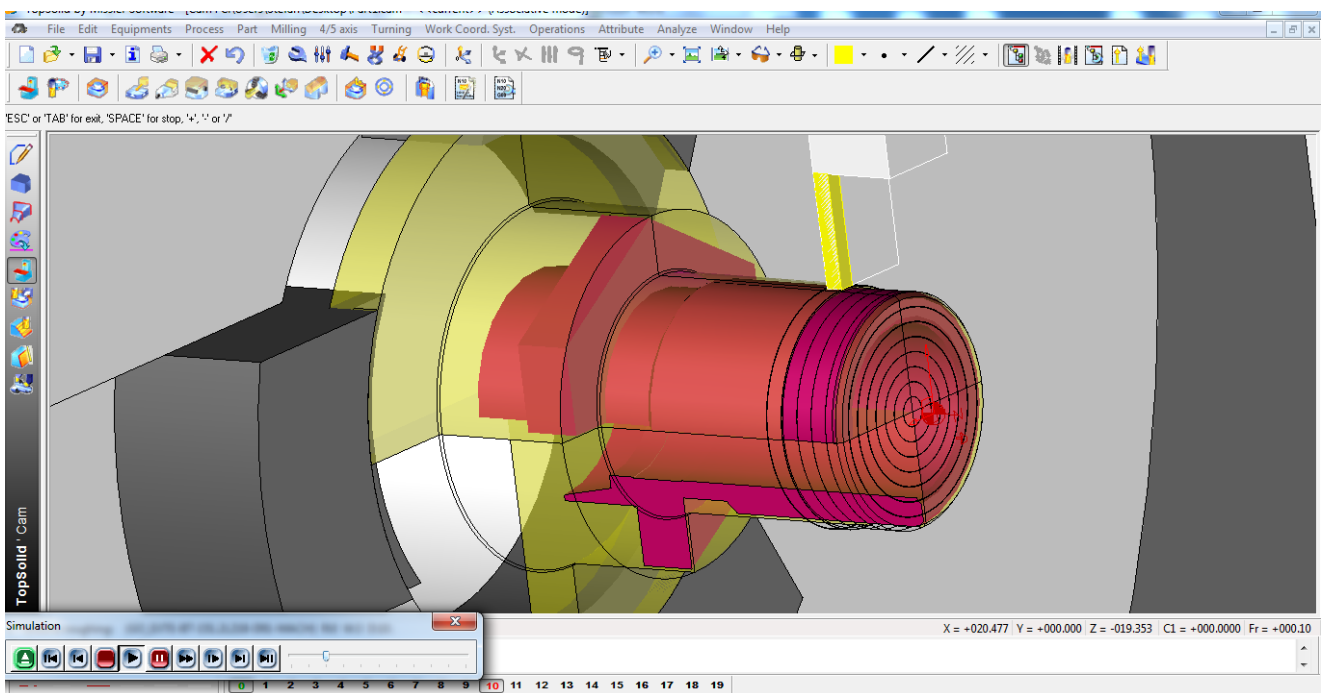
Επιλογή μανέλας



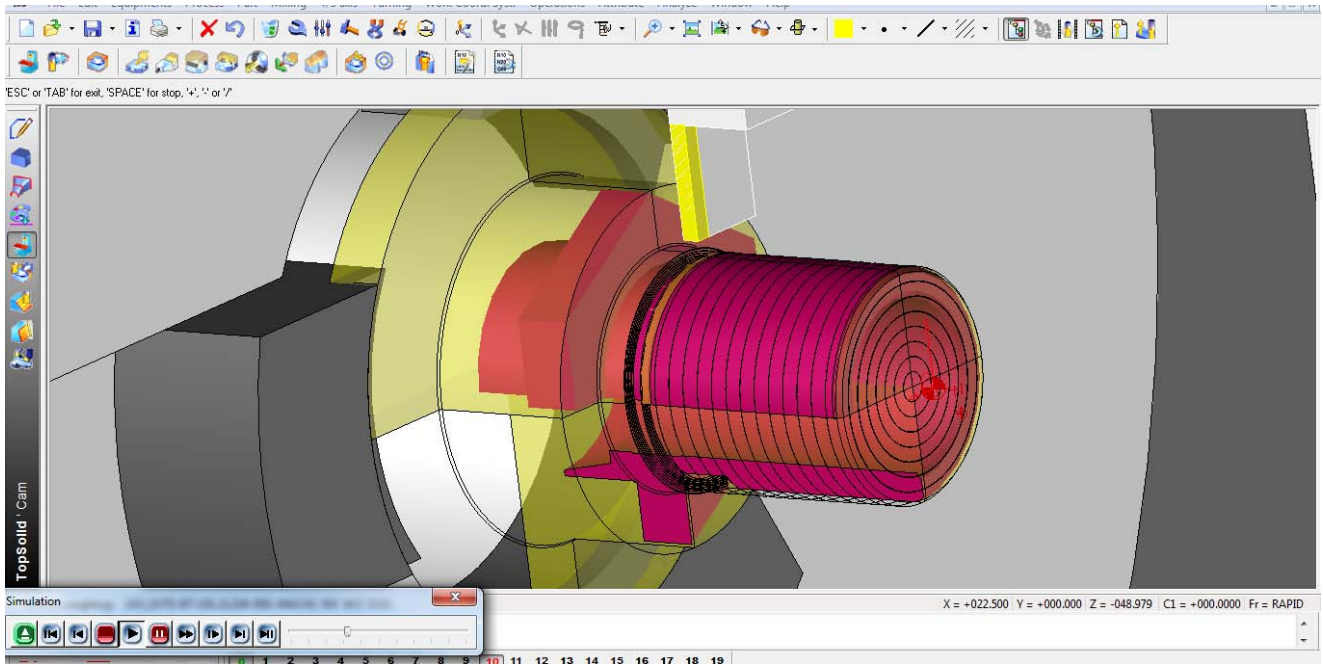
Επιλογή κοπτικού – ένθετου πλακιδίου



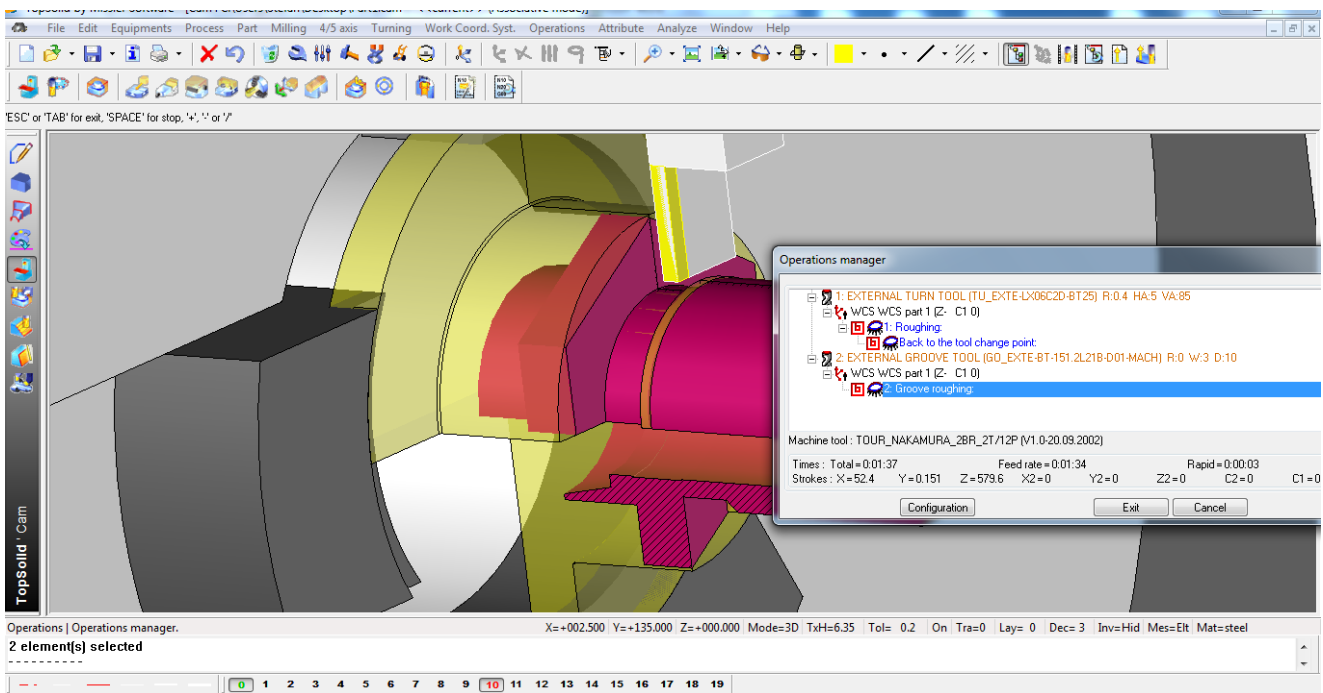
## Επιλογή εργαλειοδέτη



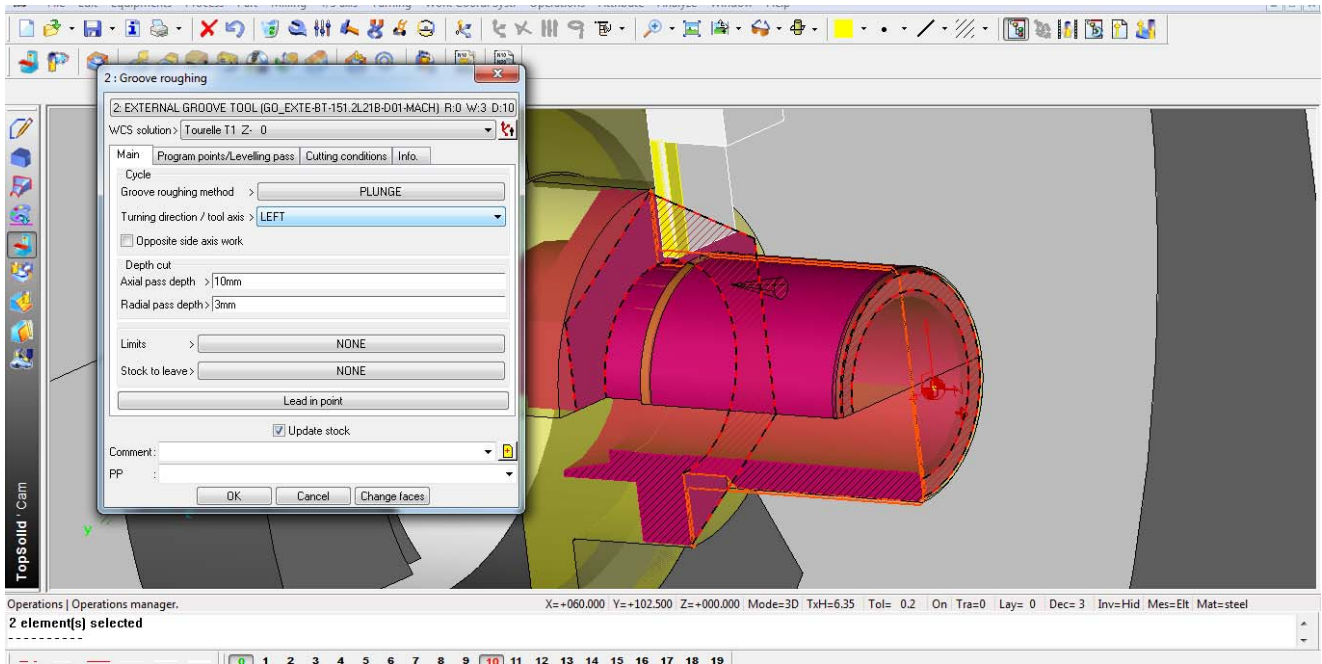
## Προσομοίωση κατεργασίας



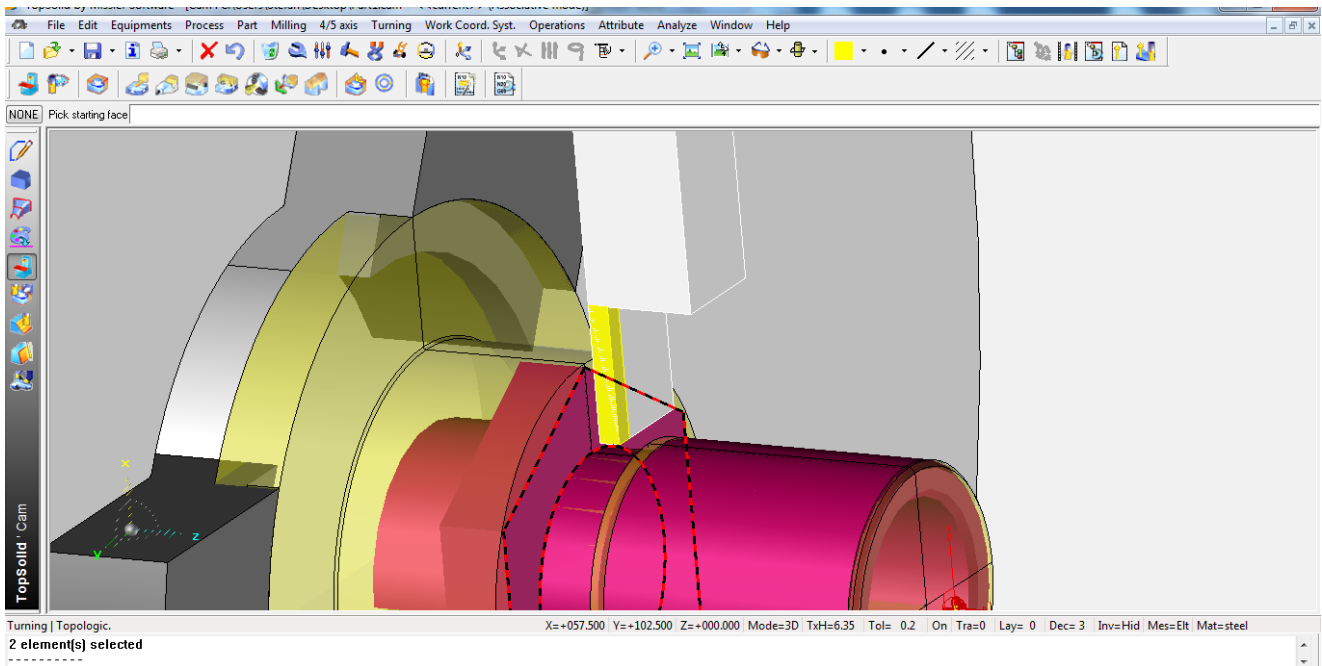
Προσομοίωση κατεργασίας



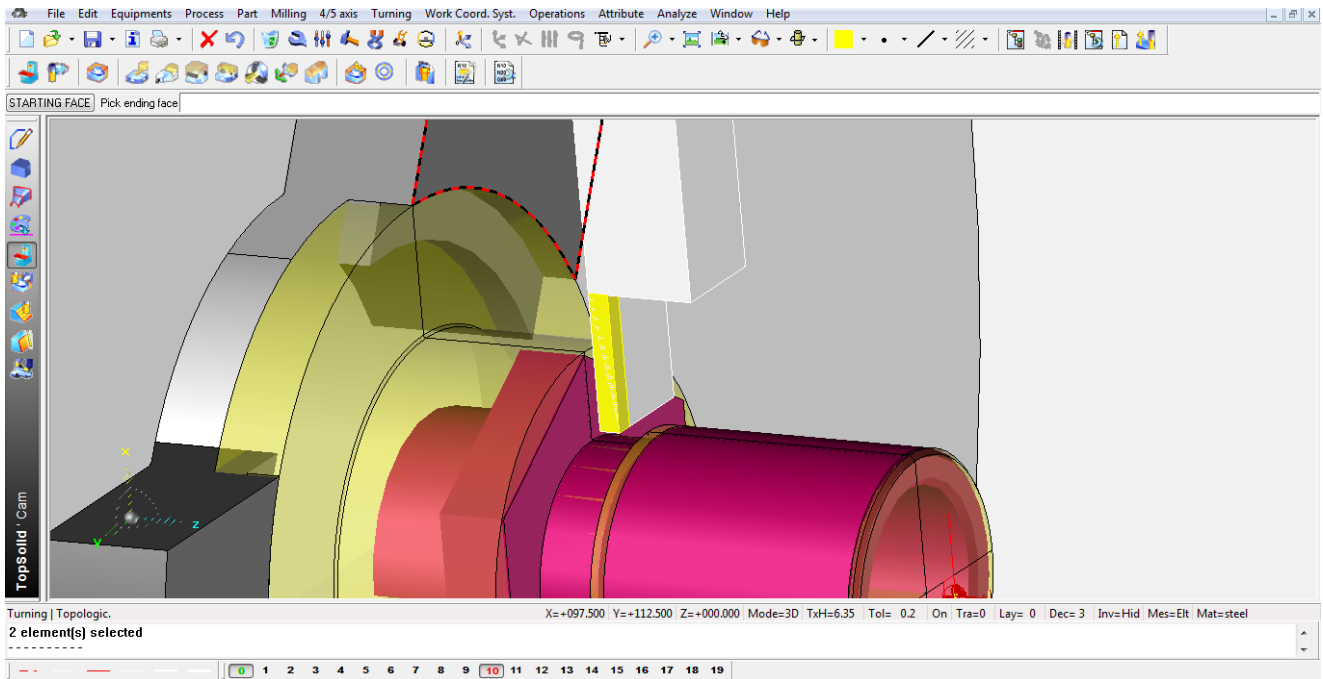
Προσομοίωση κατεργασίας



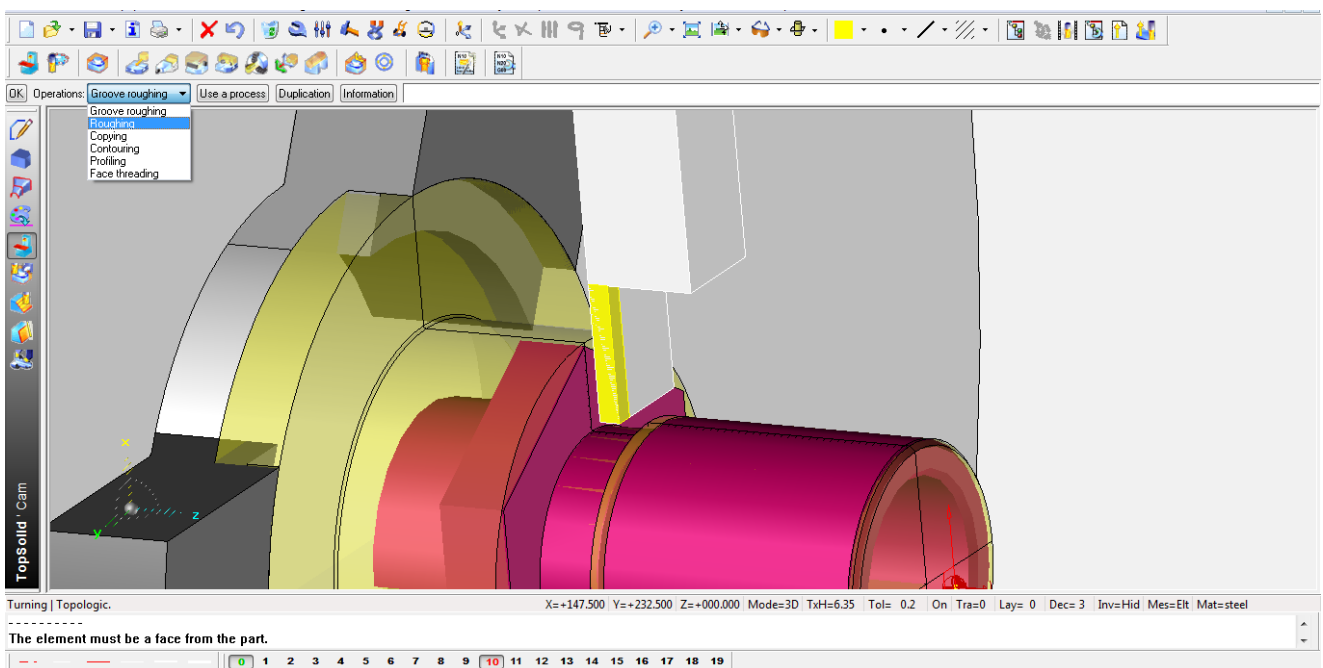
## Προσομοίωση κατεργασίας – Εμφάνιση διαδρομών



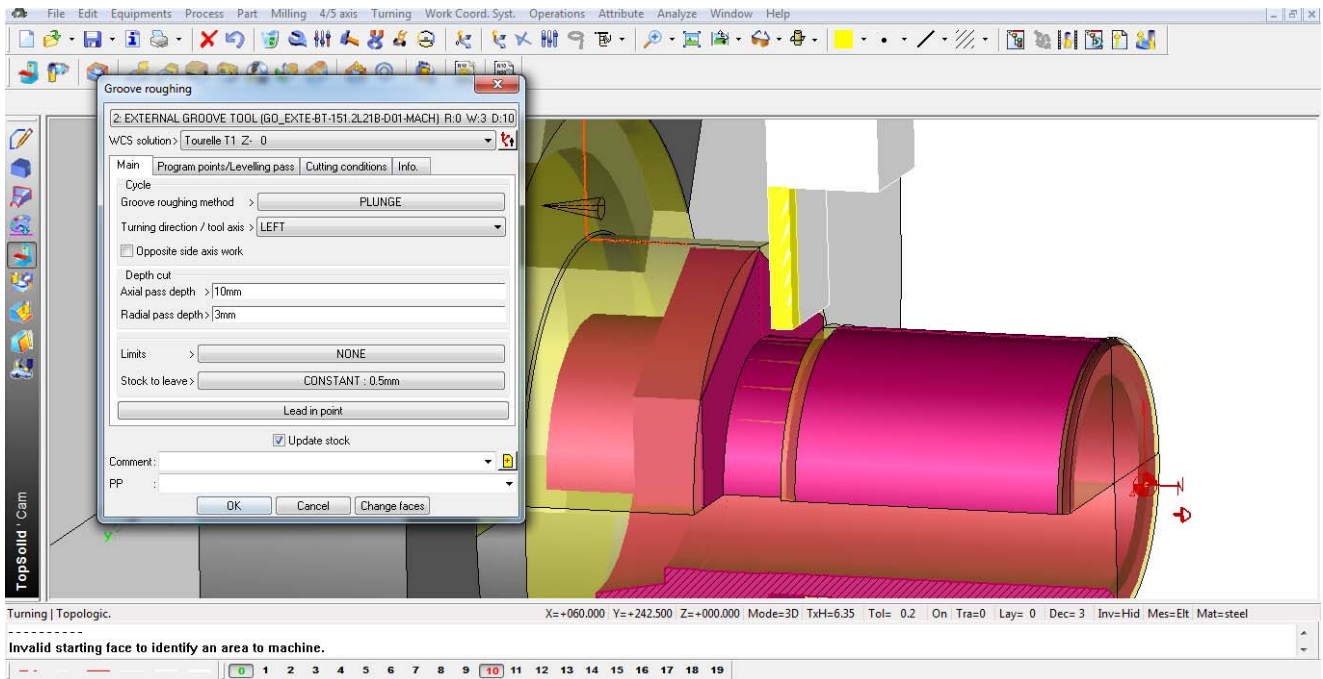
## Οριοθέτηση κοπτικού εργαλείου



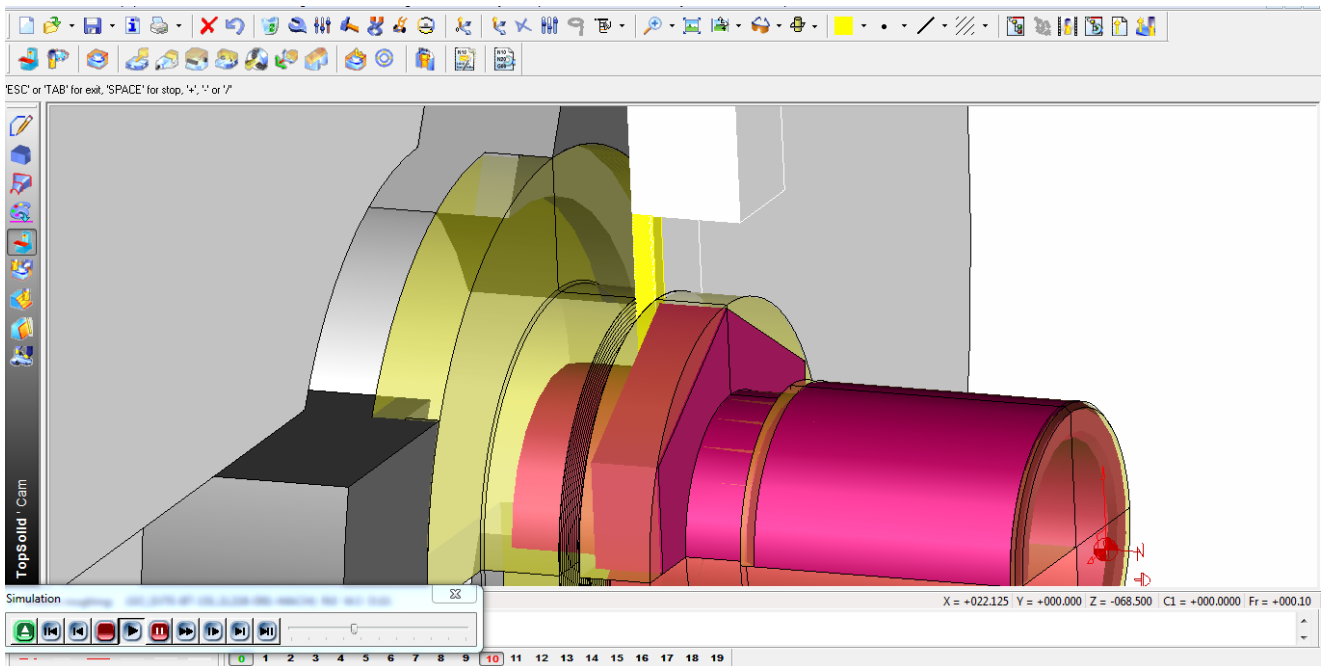
## Οριοθέτηση κοπτικού εργαλείου



## Ξεχόνδρισμα αυλακιού

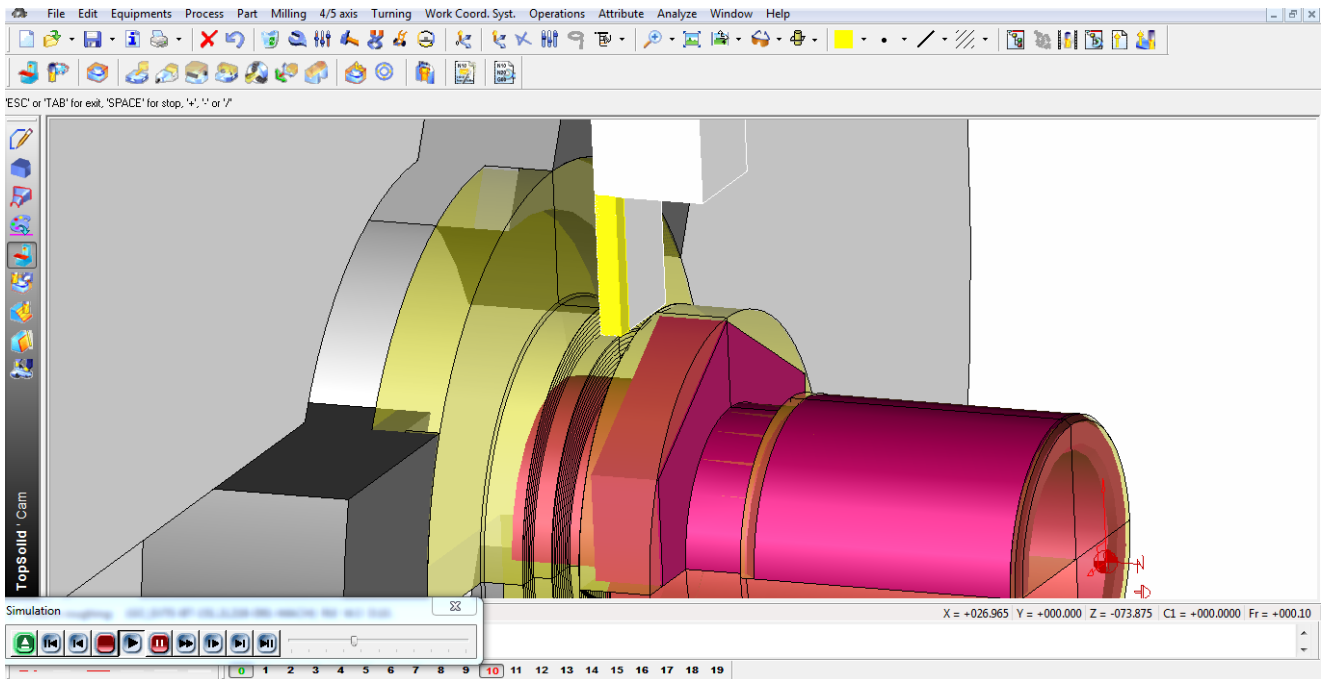


## Ξεχόνδρισμα αυλακιού – καθορισμός παραμέτρων

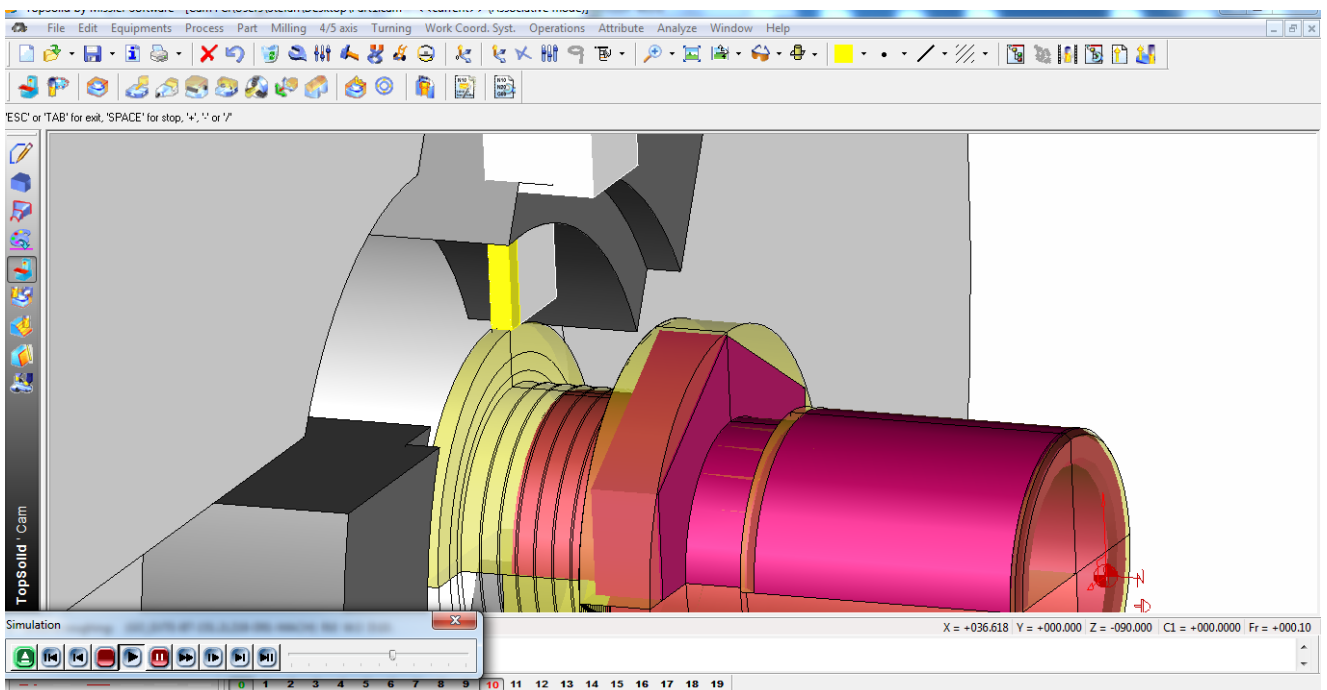


## Προσομοίωση κατεργασίας

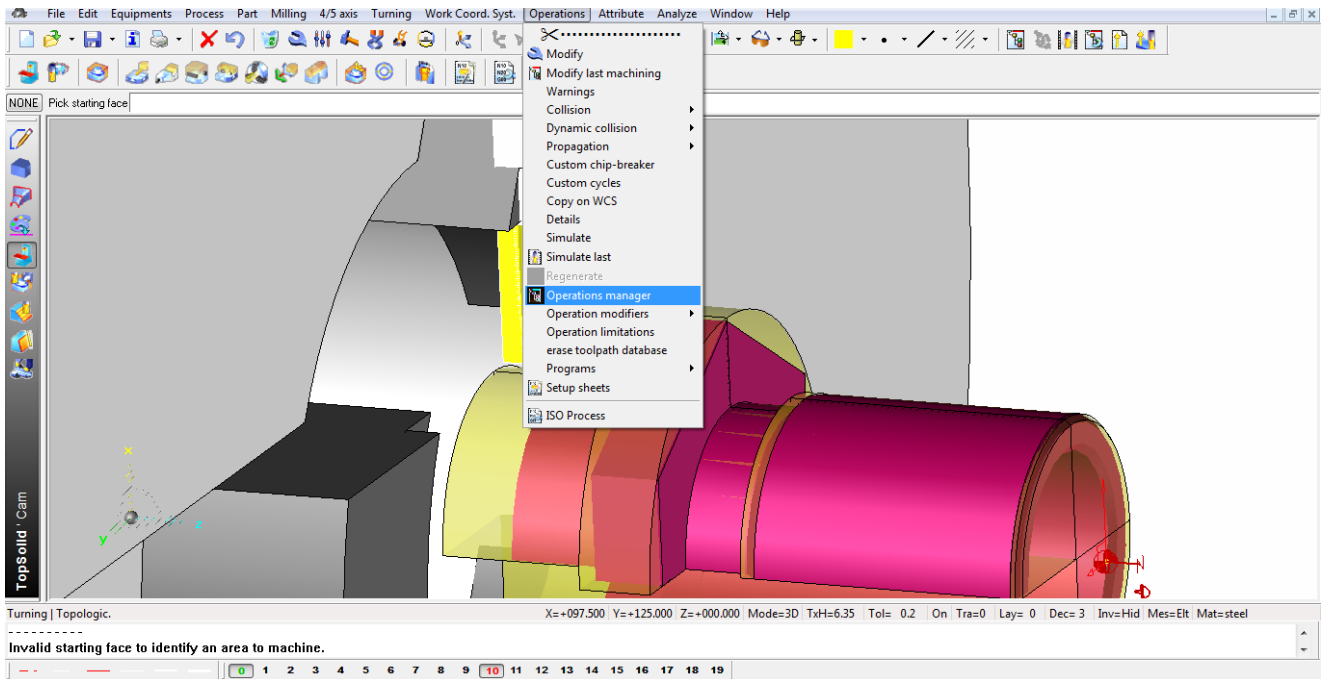




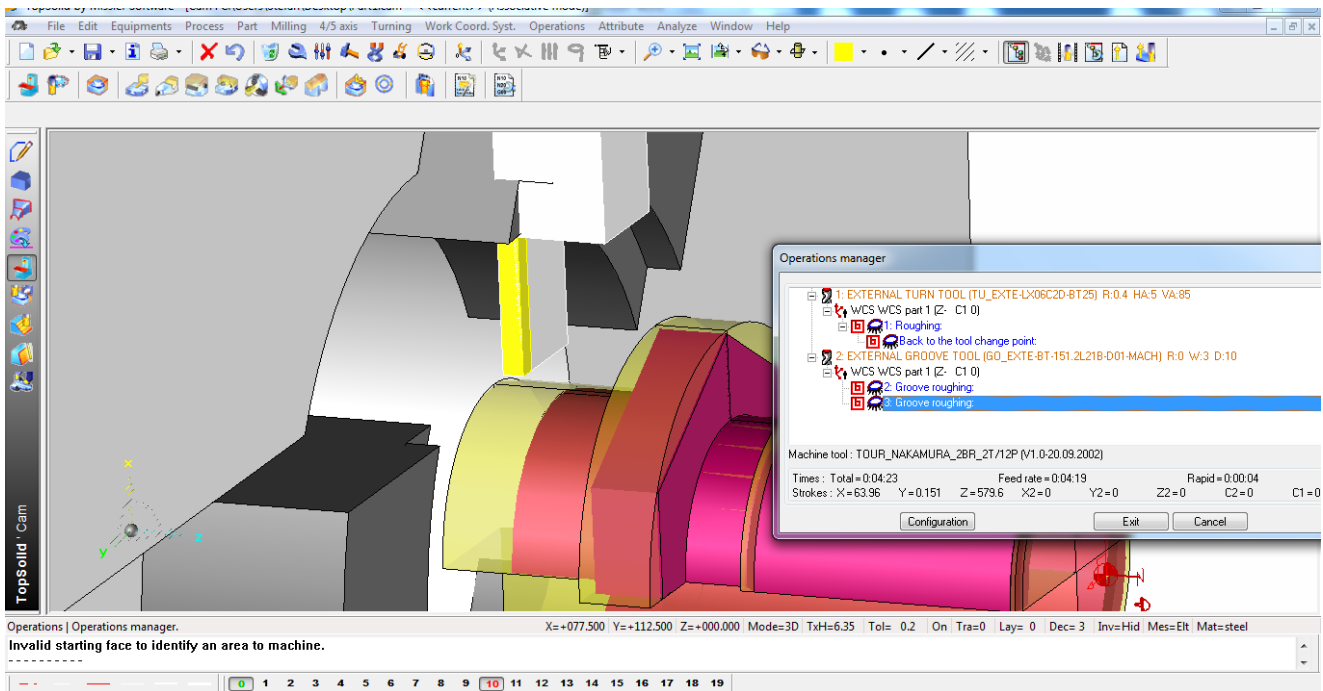
**Προσομοίωση κατεργασίας**



**Προσομοίωση κατεργασίας – Σύγκρουση τσοκ με κοπτικό εργαλείο**

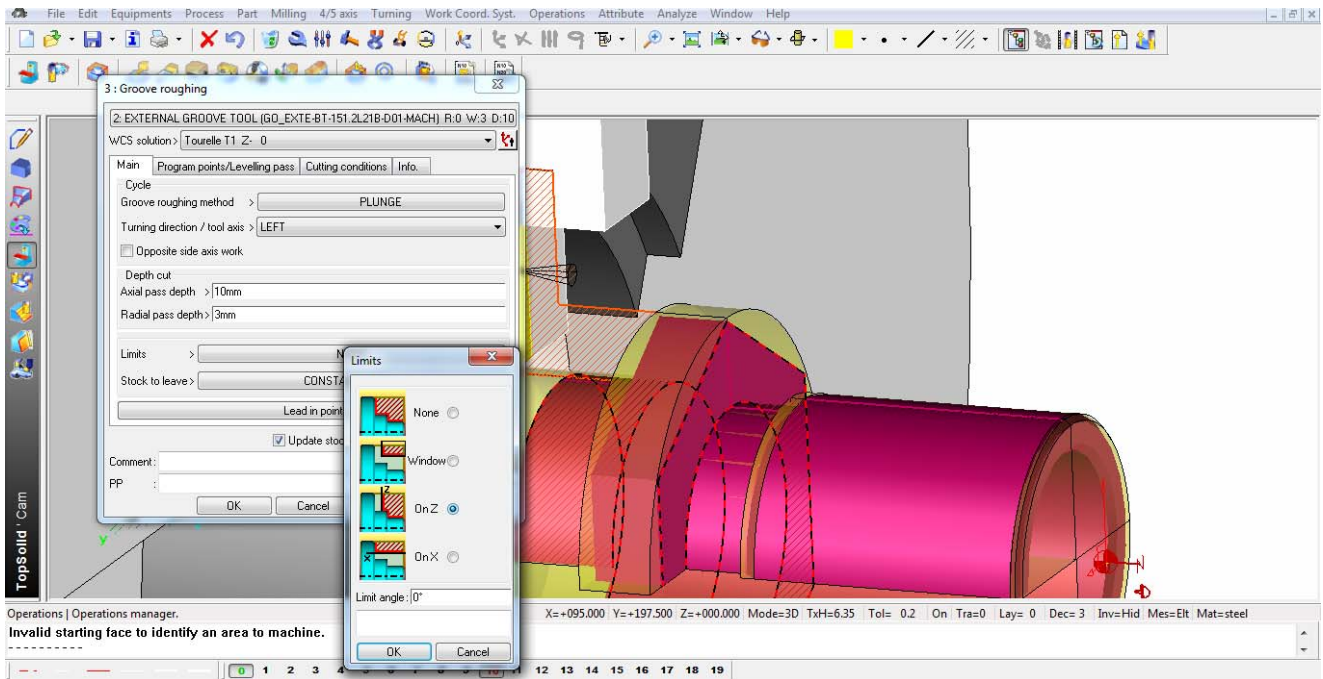


## Διόρθωση παραμέτρων

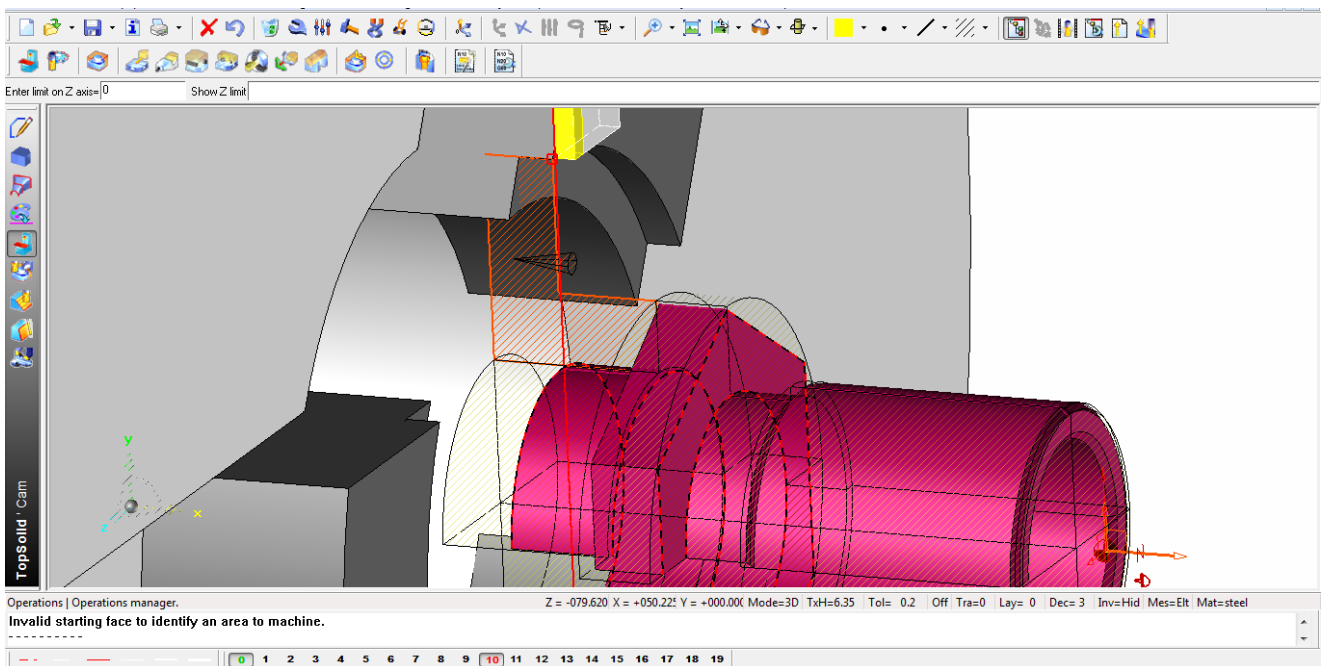


## Διόρθωση παραμέτρων

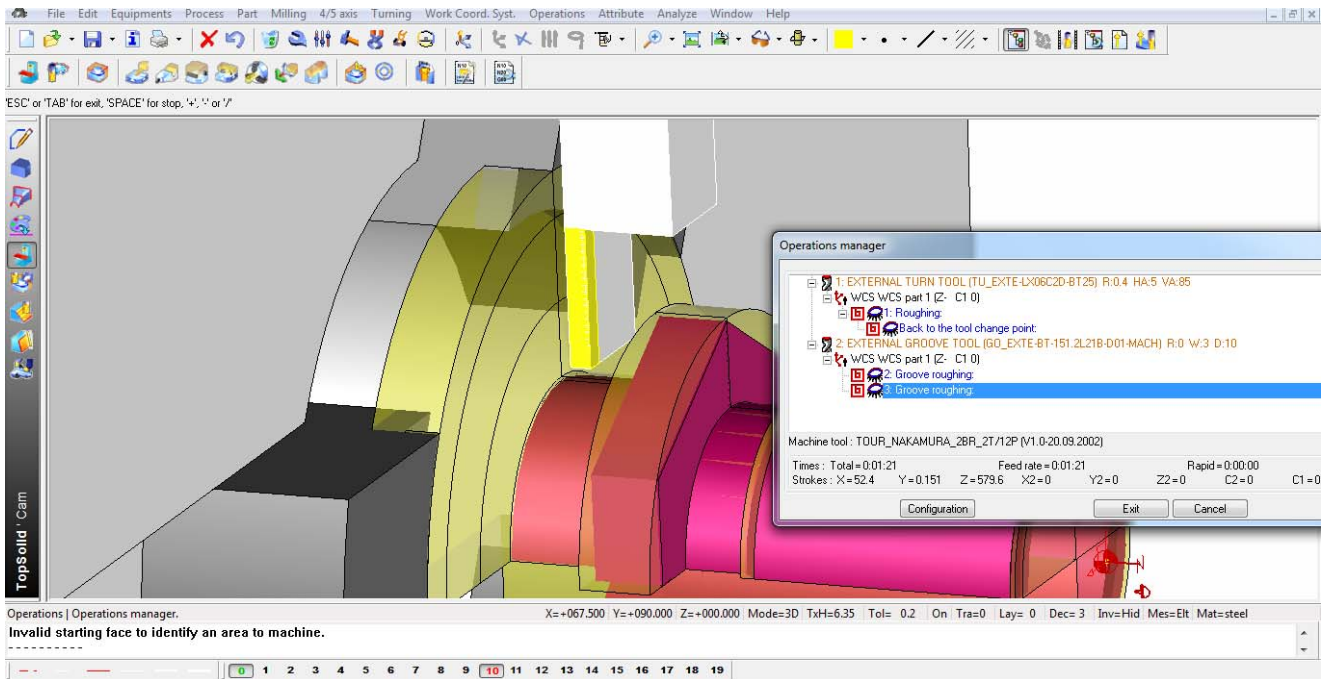




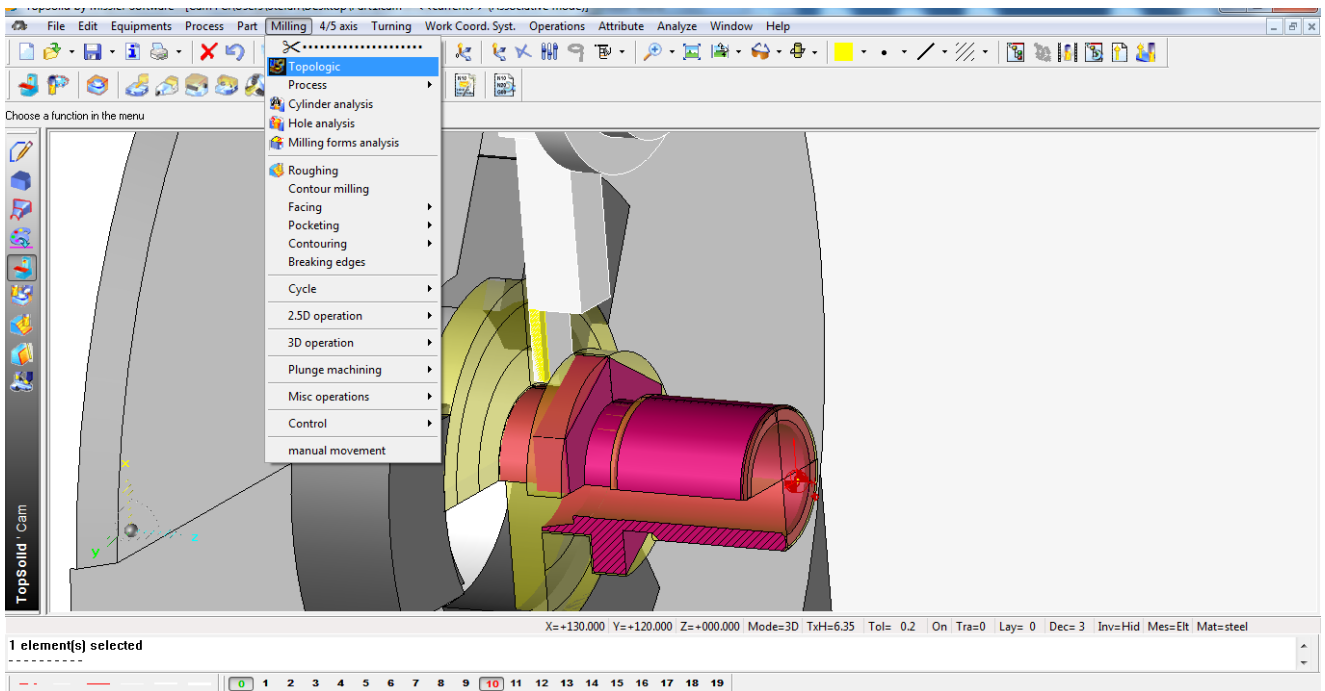
## Διόρθωση παραμέτρων – Οριοθέτηση στον άξονα z



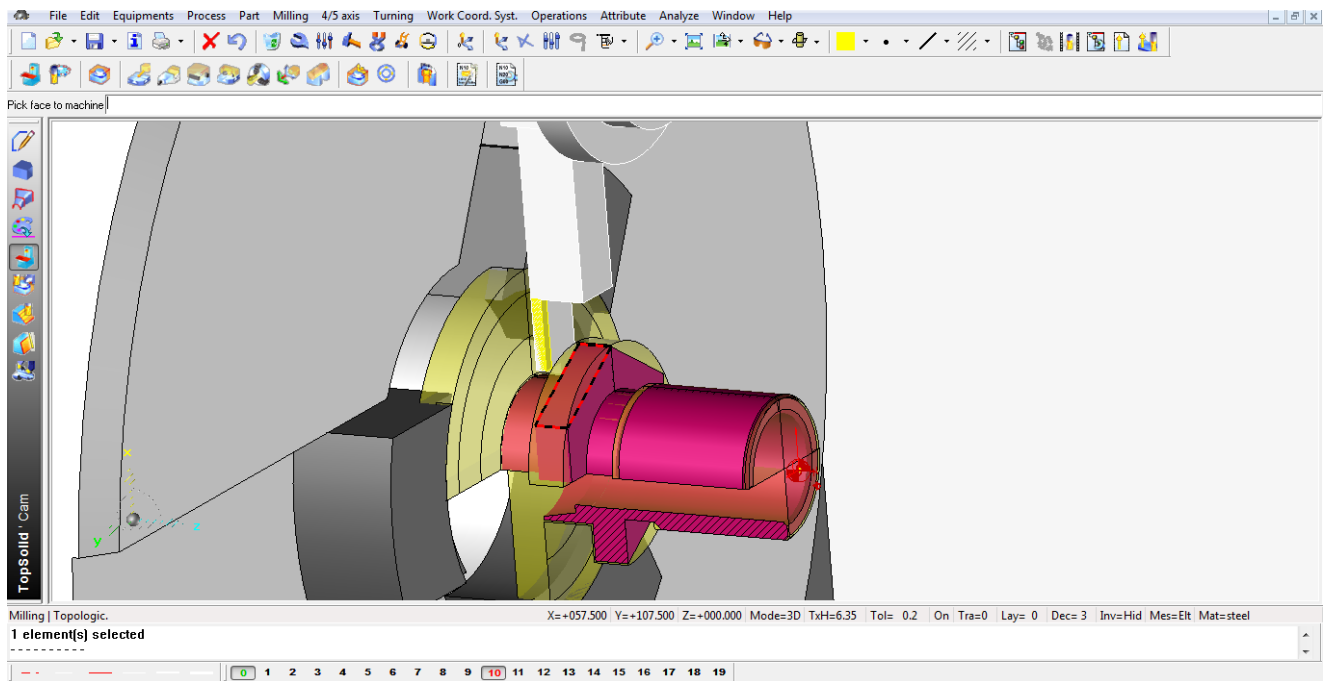
## Διόρθωση παραμέτρων – Οριοθέτηση στον άξονα z



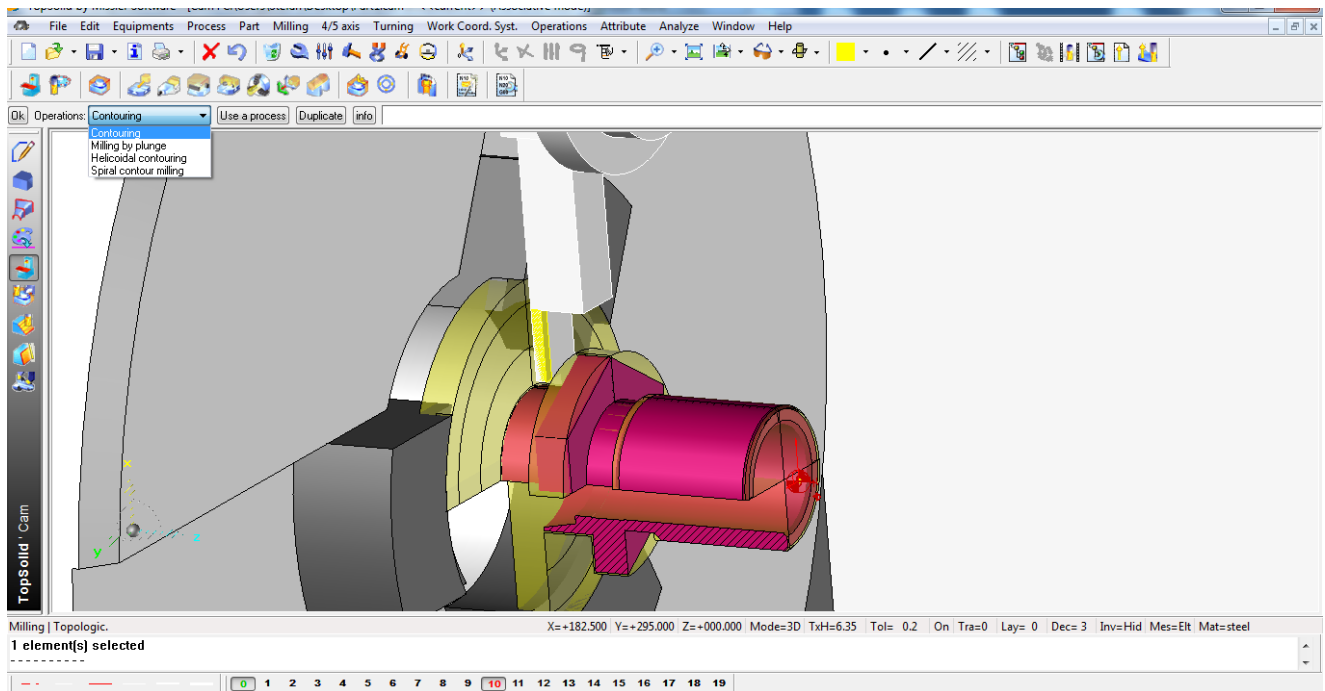
## Προσομοίωση κατεργασίας



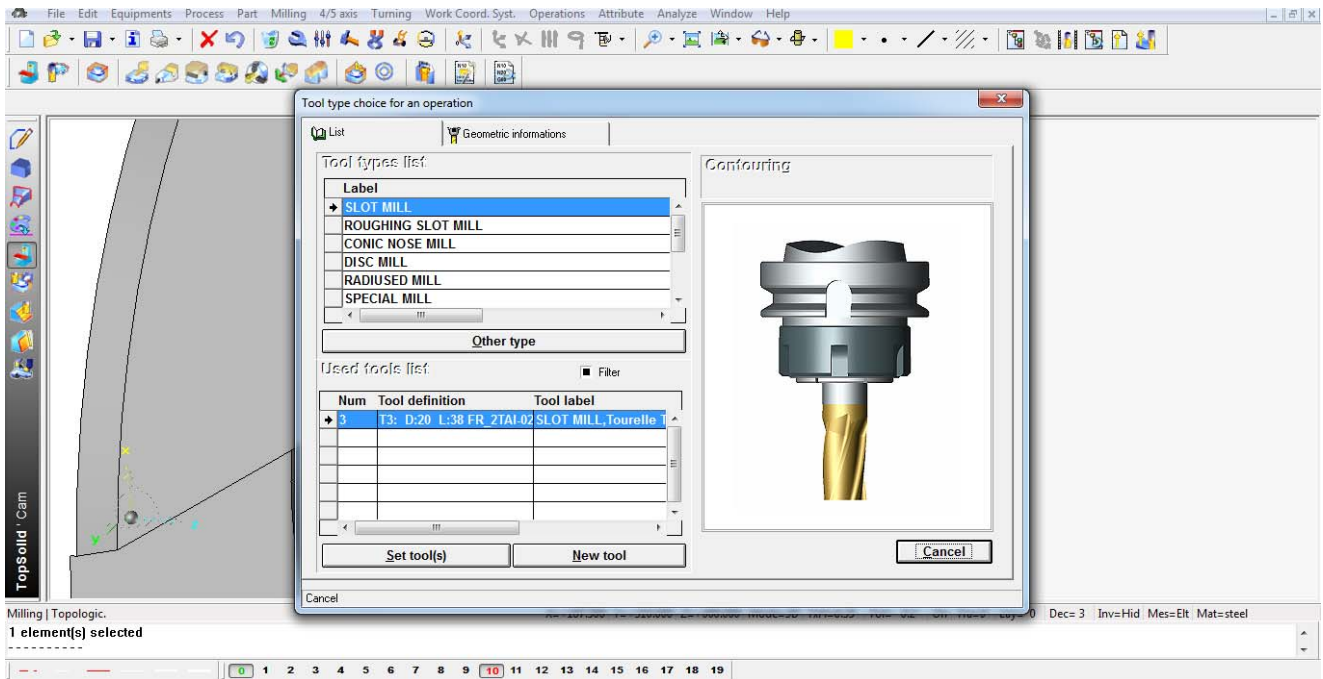
## Προσομοίωση κατεργασίας



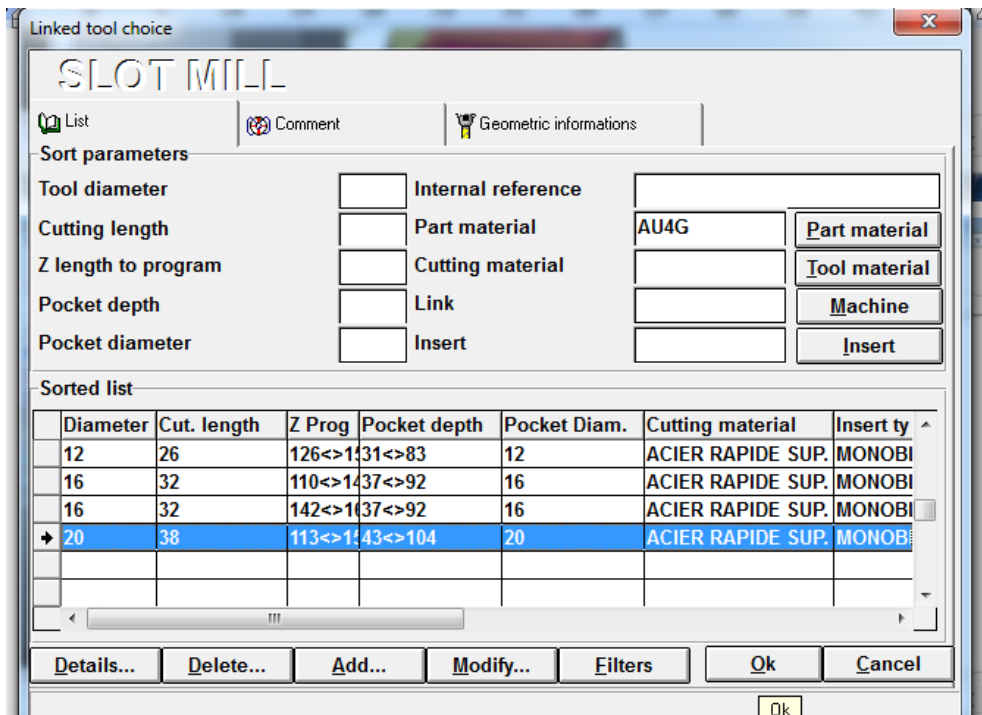
## Προσομοίωση κατεργασίας



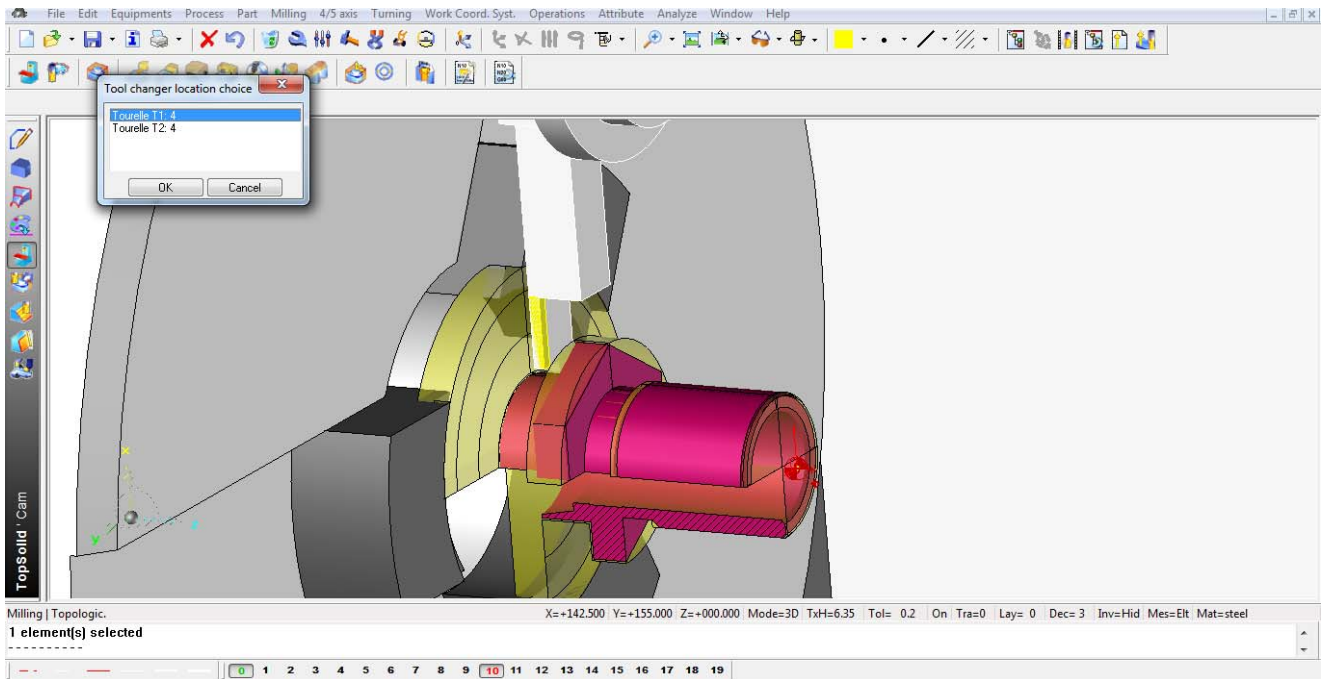
## Φραιζάρισμα δοκιμίου



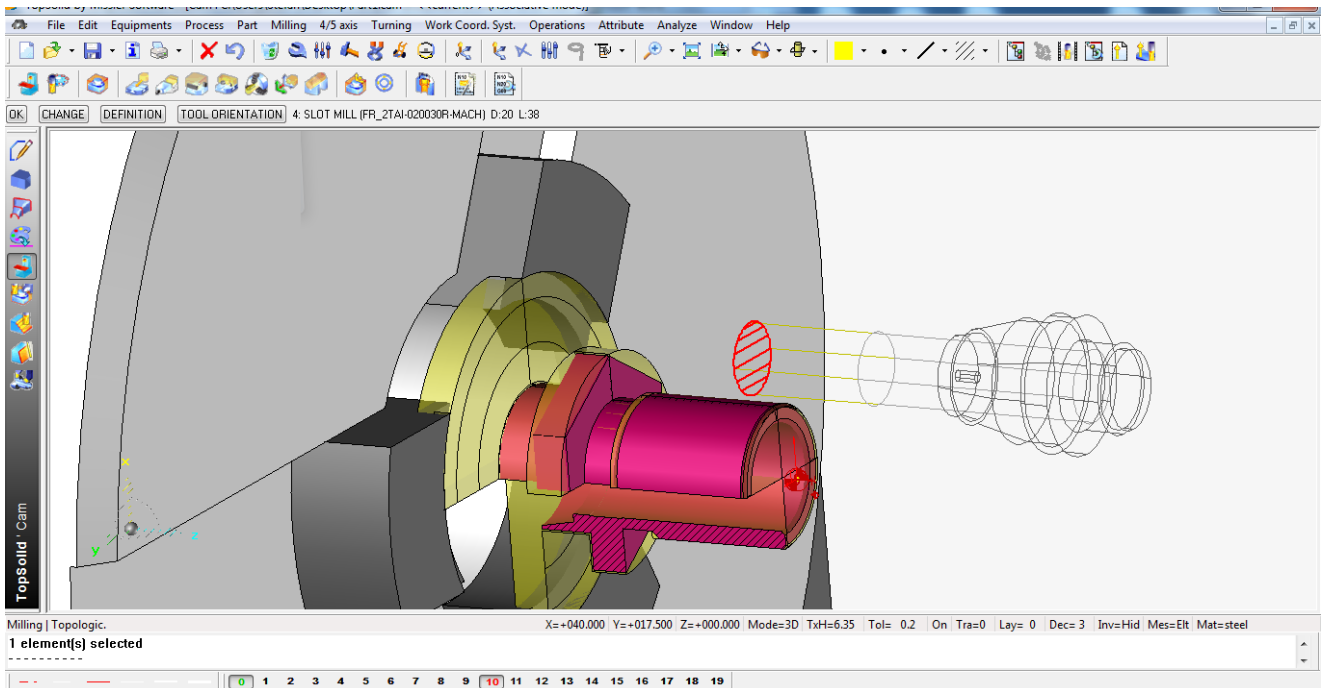
### Επιλογή κατάλληλου κονδυλίου



### Επιλογή διαμέτρου κονδυλίου

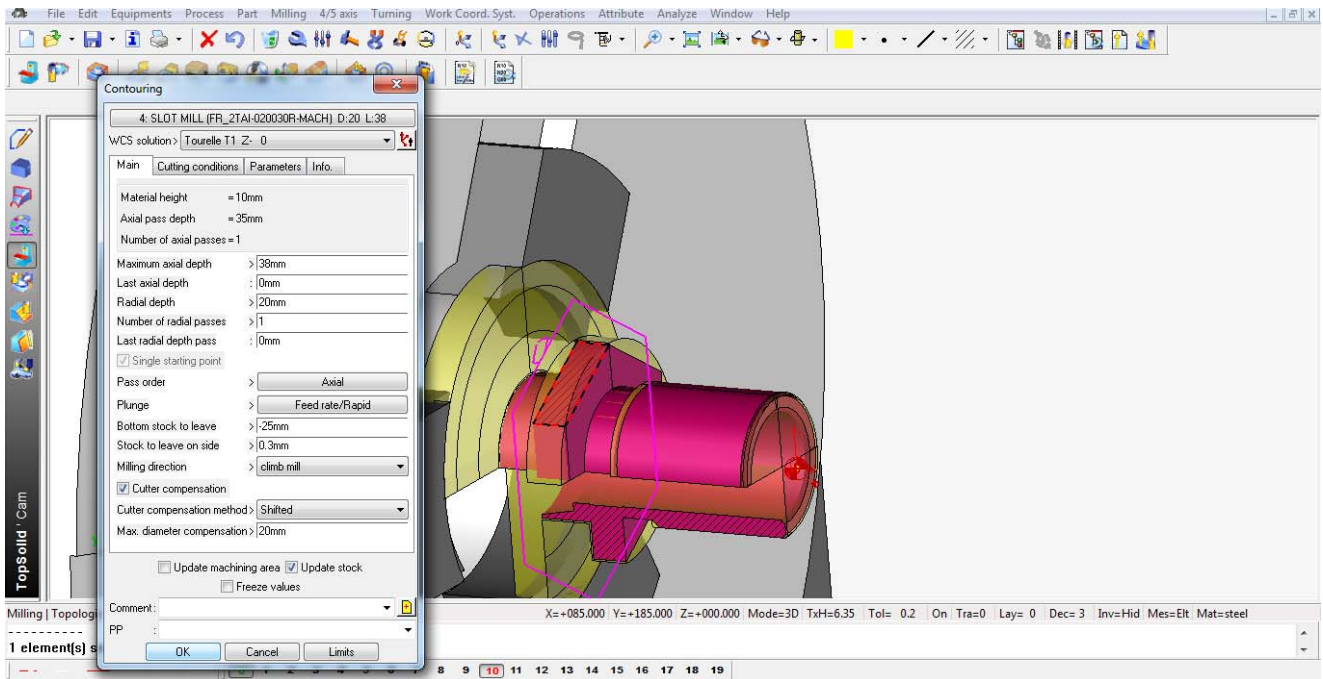


### Επιλογή εργαλειοδέτη

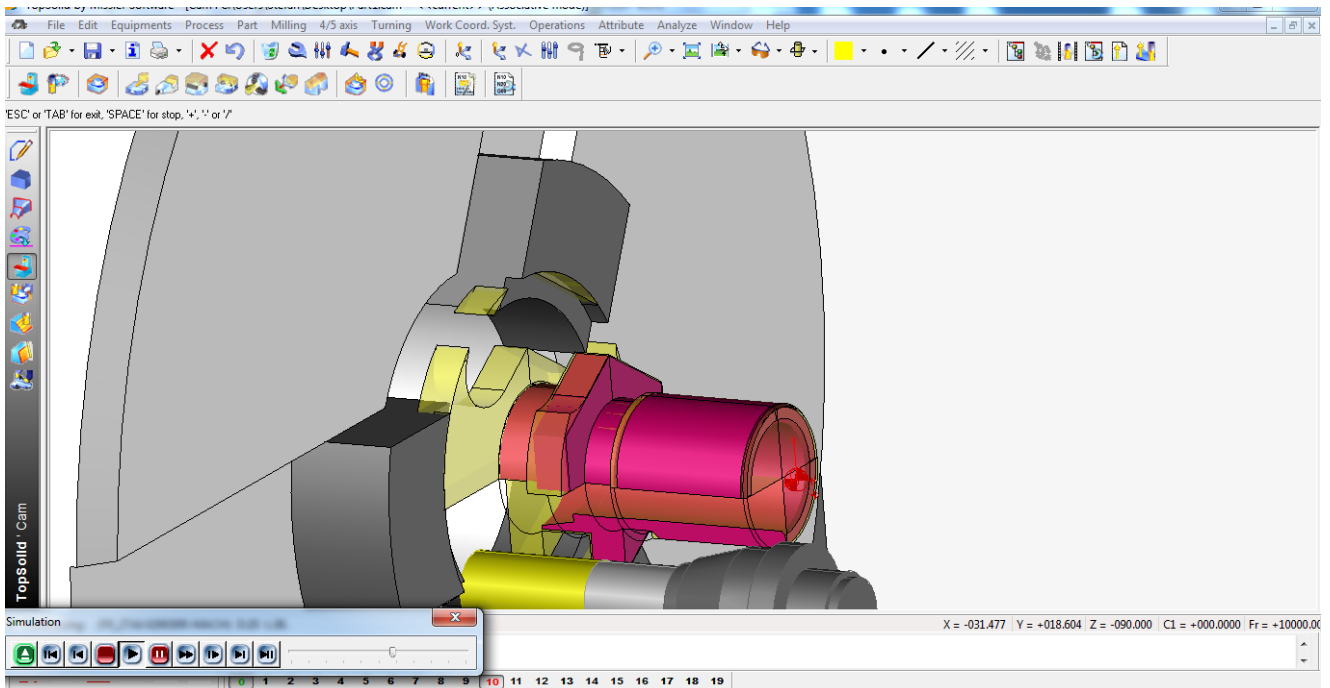


### Επιλογή τοποθέτησης μανέλας με κοπτικό εργαλείο

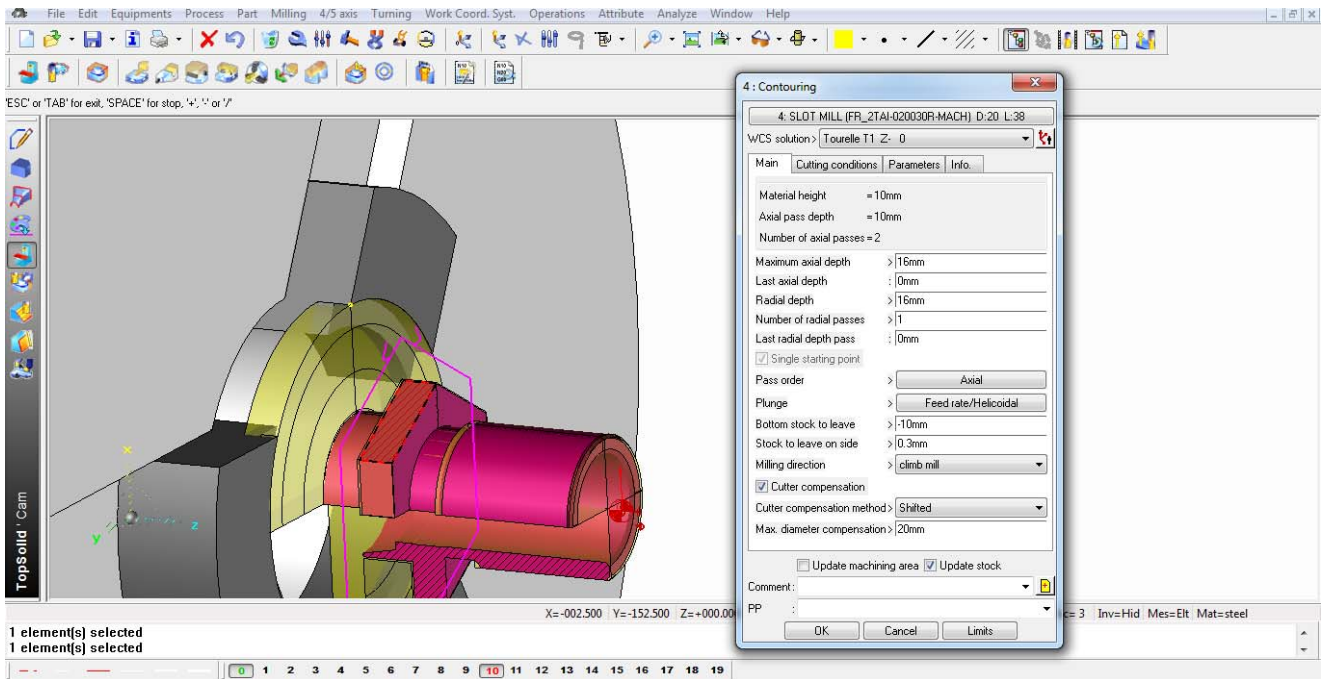




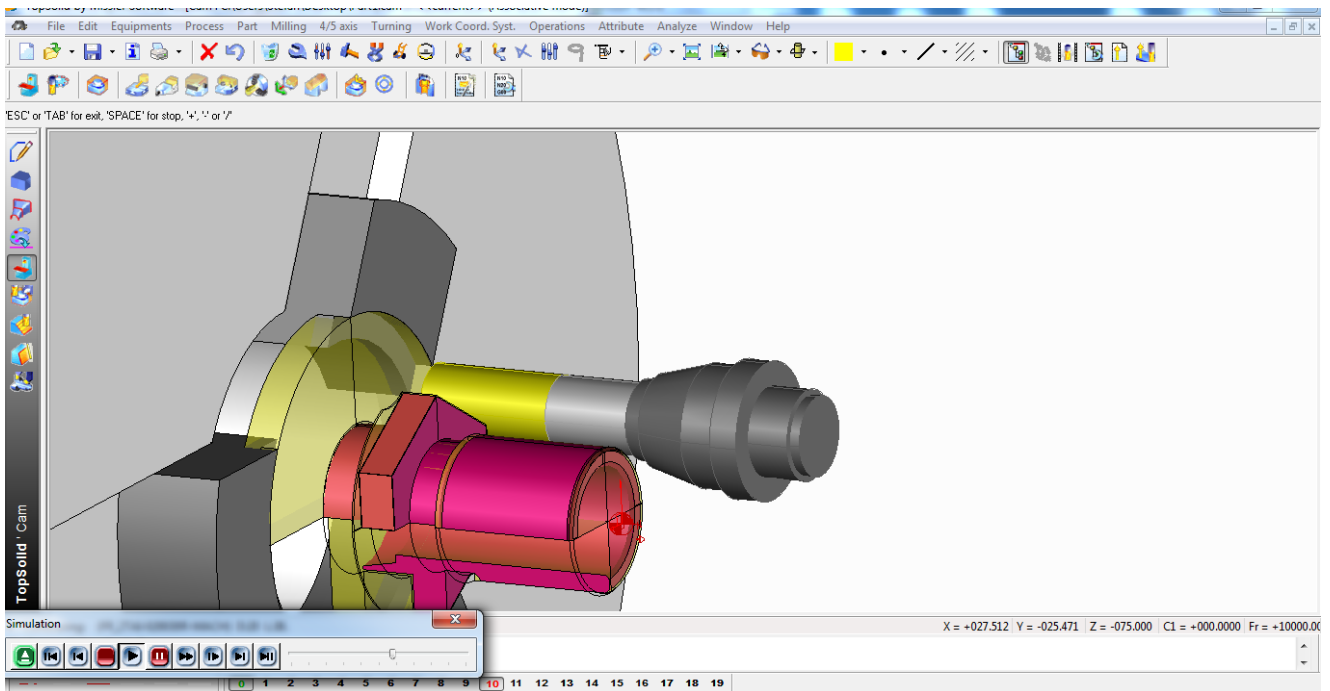
## Επιλογή παραμέτρων



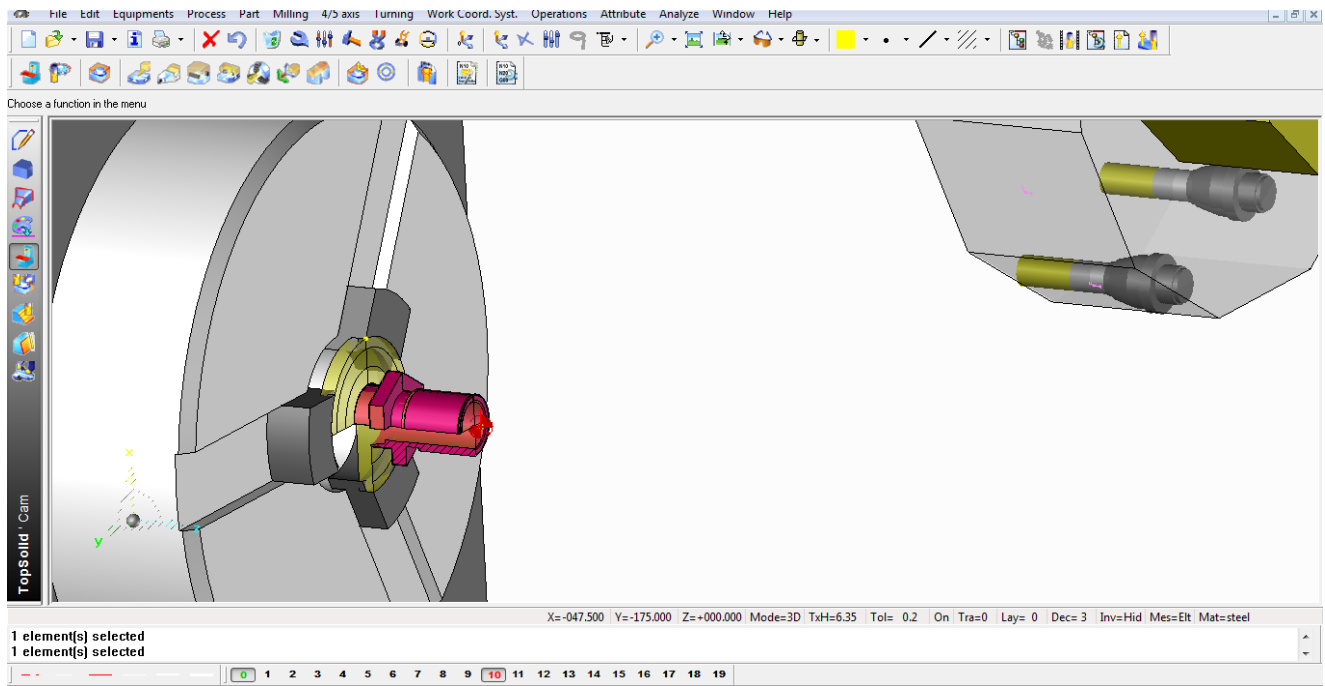
## Προσομοίωση κατεργασίας – σύγκρουση κοπτικού με τσοκ



## Επιλογή – Διόρθωση παραμέτρων



## Προσομοίωση κατεργασίας



## Προσομοίωση κατεργασίας – Τελικό δοκίμιο



## Επίλογος – Συμπεράσματα

Για την πραγματοποίηση της τρισδιάστατης σχεδίασης ενός συστήματος ρυθμιστή στροφών Woodward 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.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

### **Βιβλία και Εγχειρίδια**

Βιβλίο Μεκ Ευθ. Α. Βουσούρα

Εγχειρίδια λειτουργίας και συντηρήσεως υδραυλικών ρυθμιστών woodward (Manual woodward governors από πλοία)

Έγχυση καυσίμου στις ναυτικές μηχανές, εκδόσεις Σταυτιδάκη

Μηχανές εσωτερικής καύσης, εκδόσεις ΑΕΤΟΣ

Μηχανές Εσωτερικής Καύσης τόμοι 1,2

Μηχανές εσωτερικής καύσης, Καθηγητή Κλιανή Λαζάρου Τ.Ε.Ι Αθηνών

Μηχανές sulzer R.N.D και R.T.A

### **Ηλεκτρονικές Πηγές**

[www.woodward.com](http://www.woodward.com)

[www.maritime.org](http://www.maritime.org)

[www.mas.gr](http://www.mas.gr).

[www.machineryspaces.com](http://www.machineryspaces.com)

[www.govconsys.com](http://www.govconsys.com)

[www.marinediesels.co.uk](http://www.marinediesels.co.uk)

## Παράρτημα Κώδικα G και M της εργαλειομηχανής CNC

**N1 G54**

**N2 G0 G90 G71 G40**

**N3 T1 D1**

**N4 G92 S1000**

**N5 G95 G96 S100 M4 M8**

**;**

**N6 X104.8 Z-4.6**

**N7 G1 X39.746 F.2**

**N8 X38.746 Z-4.1**

**N9 X0**

**N10 X9. Z0.4**

**N11 G0 X104.8**

**N12 Z-9.6**

**N13 G1 X41.8**

**N14 Z-5.627**

**N15 X39.746 Z-4.6**

**N16 G0 X104.8**

**N17 Z-14.6**

**N18 G1 X41.8**

**N19 Z-9.6**

**N20 G0 X104.8**

**N21 Z-19.6**

**N22 G1 X41.8**

**N23 Z-14.6**

**N24 G0 X104.8**

**N25 Z-24.6**

**N26 G1 X41.8**  
**N27 Z-19.6**  
**N28 G0 X104.8**  
**N29 Z-29.6**  
**N30 G1 X41.8**  
**N31 Z-24.6**  
**N32 G0 X104.8**  
**N33 Z-34.6**  
**N34 G1 X41.8**  
**N35 Z-29.6**  
**N36 G0 X104.8**  
**N37 Z-39.6**  
**N38 G1 X41.8**  
**N39 Z-34.6**  
**N40 G0 X104.8**  
**N41 Z-44.6**  
**N42 G1 X41.8**  
**N43 Z-39.6**  
**N44 G0 X104.8**  
**N45 Z-49.6**  
**N46 G1 X41.8**  
**N47 Z-44.6**  
**N48 G0 X104.8**  
**N49 Z-54.6**  
**N50 G1 X62.449**  
**N51 Z-54.1**  
**N52 X41.8**  
**N53 Z-49.6**  
**N54 G0 X104.8**

**N55 Z-59.6**  
**N56 G1 X62.449**  
**N57 Z-54.6**  
**N58 G0 X104.8**  
**N59 Z-64.6**  
**N60 G1 X62.449**  
**N61 Z-59.6**  
**N62 G0 X104.8**  
**N63 Z-69.6**  
**N64 G1 X62.449**  
**N65 Z-64.6**  
**N66 G0 X104.8**  
**N67 Z-74.6**  
**N68 G1 X62.449**  
**N69 Z-69.6**  
**N70 G0 X104.8**  
**N71 Z-79.6**  
**N72 G1 X62.449**  
**N73 Z-74.6**  
**N74 X65.278 Z-73.186**  
**N75 G0 M9**  
**N76 T2 D2**  
**N77 G92 S1000**  
**N78 G95 G96 S100 M4 M8**  
  
;  
**N79 X42.414 Z-4.5**  
**N80 G1 X22.414 F.1**  
**N81 G4 U.06**  
**N82 X2.414**

**N83 G4 U.01**  
**N84 X0**  
**N85 X42.414**  
**N86 G0 X45.**  
**N87 Z-7.471**  
**N88 G1 X40.**  
**N89 G4 U.11**  
**N90 X42.828 Z-6.056**  
**N91 G0 X45.**  
**N92 Z-10.441**  
**N93 G1 X40.**  
**N94 G4 U.11**  
**N95 X42.828 Z-9.027**  
**N96 G0 X45.**  
**N97 Z-13.412**  
**N98 G1 X40.**  
**N99 G4 U.11**  
**N100 X42.828 Z-11.998**  
**N101 G0 X45.**  
**N102 Z-16.382**  
**N103 G1 X40.**  
**N104 G4 U.11**  
**N105 X42.828 Z-14.968**  
**N106 G0 X45.**  
**N107 Z-19.353**  
**N108 G1 X40.**  
**N109 G4 U.11**  
**N110 X42.828 Z-17.939**  
**N111 G0 X45.**

**N112 Z-22.324**  
**N113 G1 X40.**  
**N114 G4 U.11**  
**N115 X42.828 Z-20.909**  
**N116 G0 X45.**  
**N117 Z-25.294**  
**N118 G1 X40.**  
**N119 G4 U.11**  
**N120 X42.828 Z-23.88**  
**N121 G0 X45.**  
**N122 Z-28.265**  
**N123 G1 X40.**  
**N124 G4 U.11**  
**N125 X42.828 Z-26.85**  
**N126 G0 X45.**  
**N127 Z-31.235**  
**N128 G1 X40.**  
**N129 G4 U.11**  
**N130 X42.828 Z-29.821**  
**N131 G0 X45.**  
**N132 Z-34.206**  
**N133 G1 X40.**  
**N134 G4 U.11**  
**N135 X42.828 Z-32.792**  
**N136 G0 X45.**  
**N137 Z-37.176**  
**N138 G1 X40.**  
**N139 G4 U.11**  
**N140 X42.828 Z-35.762**

**N141 G0 X45.**  
**N142 Z-40.147**  
**N143 G1 X40.**  
**N144 G4 U.11**  
**N145 X42.828 Z-38.733**  
**N146 G0 X45.**  
**N147 Z-43.118**  
**N148 G1 X40.**  
**N149 G4 U.11**  
**N150 X42.828 Z-41.703**  
**N151 G0 X45.**  
**N152 Z-46.088**  
**N153 G1 X40.**  
**N154 G4 U.11**  
**N155 X42.828 Z-44.674**  
**N156 G0 X45.**  
**N157 Z-49.059**  
**N158 G1 X36.**  
**N159 G4 U.1**  
**N160 X40.**  
**N161 X42.828 Z-47.645**  
**N162 G0 X45.**  
**N163 Z-52.029**  
**N164 G1 X36.**  
**N165 G4 U.1**  
**N166 X38.828 Z-50.615**  
**N167 G0 X65.649**  
**N168 Z-55.**  
**N169 G1 X45.649**



**N170 G4 U.13**  
**N171 X36.**  
**N172 G4 U.1**  
**N173 X38.828 Z-53.586**  
**;**  
**N174 G0 X65.649**  
**N175 Z-68.5**  
**N176 G1 X45.649**  
**N177 G4 U.13**  
**N178 X41.**  
**N179 G4 U.12**  
**N180 X65.649**  
**N181 G0 Z-71.375**  
**N182 G1 X45.649**  
**N183 G4 U.13**  
**N184 X41.**  
**N185 G4 U.12**  
**N186 X43.828 Z-69.961**  
**N187 G0 X65.649**  
**N188 Z-74.25**  
**N189 G1 X45.649**  
**N190 G4 U.13**  
**N191 X41.**  
**N192 G4 U.12**  
**N193 X43.828 Z-72.836**  
**N194 G0 X65.649**  
**N195 Z-77.125**  
**N196 G1 X45.649**  
**N197 G4 U.13**

**N198 X41.**  
**N199 G4 U.12**  
**N200 X43.828 Z-75.711**  
**N201 G0 X66.449**  
**N202 Z-80.**  
**N203 G1 X46.449**  
**N204 G4 U.13**  
**N205 X41.**  
**N206 G4 U.12**  
**N207 X43.828 Z-78.586**  
**N208 G0 M9**  
**N209 T4 D4**  
**N210 G94**  
**N211 G50 M8**  
**N212 G97 S9999 M3**  
**;**  
**N213 X86.858 Z80.711**  
**N214 Z-53.**  
**N215 G3 G17 X85.784 Y8.333 Z-65. I-.208 J-.489 K63. F7500.**  
**N216 G1 G41 X77.989 Y10.583 4 F10000.**  
**N217 G3 X77.989 Y5.583 R5.**  
**N218 G1 X84.436 Y0**  
**N219 X42.218 Y-36.562**  
**N220 X-42.218**  
**N221 X-84.436 Y0**  
**N222 X-42.218 Y36.562**  
**N223 X42.218**  
**N224 X84.436 Y0**  
**N225 X77.989 Y-5.583**

**N226 G3 X77.989 Y-10.583 R5.**

**N227 G1 G40 X86.65 Y-8.083**

**N228 G0 Z-2.5**

**N229 X86.858**

**N230 Z-63.**

**N231 G3 X85.784 Y8.333 Z-75. I-.208 J-.489 K73. F7500.**

**N232 G1 G41 X77.989 Y10.583 F10000.**

**N233 G3 X77.989 Y5.583 R5.**

**N234 G1 X84.436 Y0**

**N235 X42.218 Y-36.562**

**N236 X-42.218**

**N237 X-84.436 Y0**

**N238 X-42.218 Y36.562**

**N239 X42.218**

**N240 X84.436 Y0**

**N241 X77.989 Y-5.583**

**N242 G3 X77.989 Y-10.583 R5.**

**N243 G1 G40 X86.65 Y-8.083**

**N244 G0 Z-2.5**

**N245 M9**

**N246 M30**

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Περίληψη .....	3
Abstract .....	4
Πρόλογος .....	5
Κεφάλαιο 1: Εισαγωγή στους ρυθμιστές στροφών.....	6
Ρυθμιστές στροφών .....	6
Κεφάλαιο 2: Αρχή λειτουργίας και είδη ρυθμιστών στροφών .....	8
2.1 Μηχανικός ρυθμιστής στροφών.....	8
2.2 Μηχανικός-υδραυλικός ρυθμιστής στροφών.....	10
2.3 Ηλεκτρονικός ρυθμιστής στροφών .....	12
Κεφάλαιο 3: Ο υδραυλικός ρυθμιστής στροφών Woodward.....	14
3.1 Ιστορικά στοιχεία .....	14
3.2 Βασική περιγραφή του μηχανισμού.....	15
3.3 Η λειτουργία του μηχανισμού .....	21
3.4 Τρόπος ρύθμισης .....	23
Κεφάλαιο 4: Λειτουργία των βασικών εξαρτημάτων του ρυθμιστή.....	25
4.1 Μονάδα καθορισμού στροφών .....	25
4.2 Μονάδα πίεσεως λαδιού.....	26
4.3 Φυγοκεντρικός ελεγκτής στροφών .....	26
4.4 Μονάδα αποσβέσεως ταλαντώσεων.....	27
4.7 Επενεργητής στροφών.....	27
Κεφάλαιο 5: Ανάλυση εξαρτημάτων ρυθμιστή .....	28
5.1 Αντλία λαδιού .....	29
5.2 Δοχείο διατηρήσεως σταθερής πίεσεως (accumulator) .....	30
5.3 Έμβολο ισχύος .....	31
5.4 Βαλβίδα ελέγχου υδραυλικού λαδιού(Pilot valve system) .....	32
5.5 Αντίβαρα (flyweight and ballhead system) .....	34
5.6 Ελατήριο καθορισμού επιθυμητών στροφών (Speeder spring) και συστήματα καθορισμού επιθυμητών στροφών .....	35

<b>6.0 Τρισδιάστατος Σχεδιασμός Μηχανισμού.....</b>	<b>38</b>
<b>Επίλογος-Συμπεράσματα.....</b>	<b>85</b>
<b>Βιβλιογραφία .....</b>	<b>86</b>
<b>Παράρτημα Κώδικα G και M της εργαλειομηχανής CNC.....</b>	<b>87</b>