

ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ

ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΎΔΡΑΥΛΙΚΟΥ
ΠΗΔΑΛΙΟΥ ΠΛΟΙΟΥ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ : ΣΟΥΠΑΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΤΣΑΛΗΣ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ

ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΟΥΠΑΡΑΝΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ

ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ

2016

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ: ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΎΔΡΑΥΛΙΚΟΥ
ΠΗΔΑΛΙΟΥ ΠΛΟΙΟΥ**

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ : ΣΟΥΠΙΑΔΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ

ΑΜ: 4852

ΤΣΑΛΗΣ ΘΕΜΙΣΤΟΚΛΗΣ

ΑΜ: 4796

ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ: 28/6/2016

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 προσομοίωσης των κατεργασιών κατασκευής των εξαρτημάτων. Κατά την διαδικασία σχεδιασμού της κατεργασίας των εν λόγω δοκιμίων, έγιναν πολλές δοκιμές και επιλέχθηκε η βέλτιστη στρατηγική που αφορά την κατεργασία με γνώμονα τον χρόνο και τα κοπτικά εργαλεία. Αρχικά έγινε ο σχεδιασμός των μερών (Parts) και η συναρμολόγηση (assembly). Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας πραγματοποιήθηκε ο σχεδιασμός της κατεργασίας εξαρτημάτων. Μετά την σχεδίαση στον ηλεκτρονικό υπολογιστή με την βοήθεια του εν λόγω λογισμικού επιτυγχάνεται αρχικά η εκ νέου σχεδίαση κάποιων τεμαχίων ούτως ώστε να βελτιστοποιηθεί τόσο η λειτουργία τους όσο και η τάση κατεργαστικότητας 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) να εξάγει τον κώδικα της εργαλειομηχανής G και M και να εισάγει τον κώδικα σε αυτόματη εργαλειομηχανή CNC (Computer Numerical Control).

Abstract

The design of the test pieces was performed with the aid of a 3 Dimensional Design program called TopSolid 2005. This program gives the opportunity of design, assembly, mechanical movement and simulating the manufacturing treatment of the parts. During the design process treatment of the test pieces there were many tests and the optimal strategy was selected concerning treatment by time and cutting tools. At first took part the design of the Parts and the Assembly. As part of this thesis took the design of the parts' treatment. After the design on the computer (with the help of the particular software) it was initially achieved to redesign some pieces so as to optimize the operation and the tension of their treatment. In the second phase there will be both accurate and targeted construction of the parts as one can insert the geometry in CAM (Computer Aided Manufacturing) extract the code of machine tools G and M and insert the code in an automatic machine tool CNC (Computer Numerical Control).

Πρόλογος

Η σχεδίαση ενός μηχανήματος, μιας ομάδας εξαρτημάτων ή απλά ενός μόνο εξαρτήματος είναι μια πρόκληση για τον μηχανικό να κατανοήσει σε βάθος την ακριβή λειτουργία, τον συσχετισμό και τις αλληλεπιδράσεις μεταξύ των εξαρτημάτων. Η κατανόηση της λειτουργίας γίνεται πολύ πιο δύσκολη όταν το αντικείμενο είναι ένα σύστημα αποτελούμενο από πολλά εξαρτήματα και μηχανήματα ταυτόχρονα. Πλέον όμως με την χρήση των ηλεκτρονικών υπολογιστών και των προγραμμάτων τρισδιάστατης σχεδίασης: η μελέτη, η κατανόηση και το τελικό αποτέλεσμα έχει γίνει ευκολότερο.

Η παρούσα πτυχιακή εργασία πραγματεύεται με την τρισδιάστατη σχεδίαση της κατεργασίας εξαρτημάτων, ενός ηλεκτροϋδραυλικού πηδαλίου πλοίου 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.

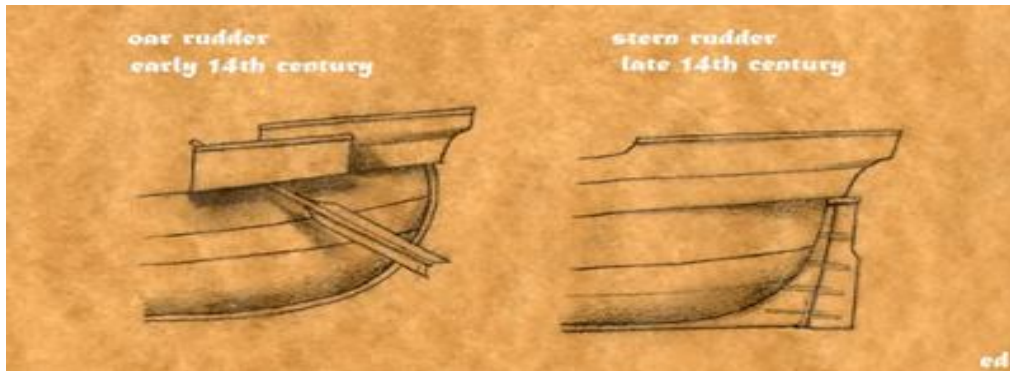
Για τον λόγο αυτό κρίθηκε σκόπιμο να αναφερθούν πληροφορίες σχετικά με τα εξαρτήματα που απαρτίζεται το ηλεκτροϋδραυλικό σύστημα πηδαλιούχησης. Στη συνέχεια θα γίνει πιο συγκεκριμένη αναφορά στο σχήμα, στην λειτουργία και στα μέρη του ηλεκτροϋδραυλικού πηδαλίου. Τέλος θα κατασκευαστούν τα διάφορα μέρη και εξαρτήματα του πηδαλίου αυτού σε πρόγραμμα τρισδιάστατης σχεδίασης.

Κεφάλαιο 1

ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΗΔΑΛΙΟ

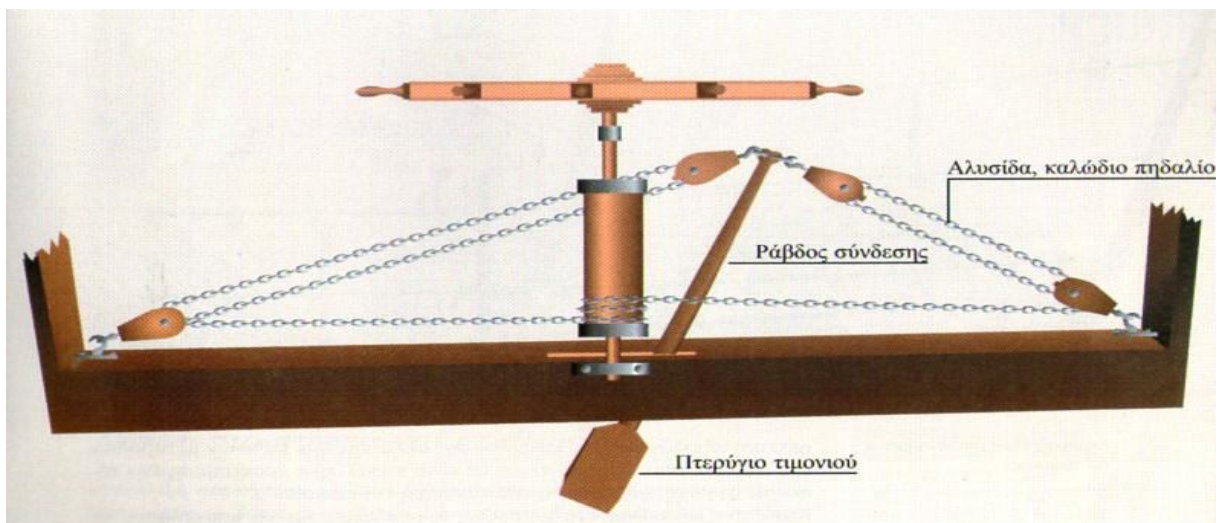
1.1 Ιστορική εξέλιξη.

Ο πρώτος τύπος πηδαλίου, ήταν απλώς ένα κουπί με σκαλμό το οποίο χρησιμοποιούνταν, για να στρέφει προς τα πλάγια, την πρύμνη των πλοίων.



Εικόνα 1.1: Το πηδάλιο πριν και μετά τον 14^ο αιώνα.

Κατά τον 18^ο αιώνα έγινε ιδιαίτερα επιτακτική η ανάγκη για τα επιβλητικά πλοία γραμμής να διατηρήσουν αναλλοίωτη την ικανότητα πυρός ανεξάρτητα από τις καιρικές συνθήκες. Σε αυτό, πέρα από την πρόοδο στην εξάρτιση και στη διαμόρφωση των σκαφών, αποφασιστική αποδείχθηκε η εισαγωγή του τιμονιού με ρόδα (οιακοστρόφιο) και αλυσίδα (ή καλώδιο)πηδαλίου.



Εικόνα 1.2: Πηδάλιο με οιακοστρόφιο τον 18^ο αιώνα.

Στις αρχές του 19ου αιώνα όπου οι απαιτήσεις έφεραν την ανάγκη, για την δημιουργία νέων εμπορικών και πολεμικών πλοίων μεγάλων διαστάσεων με την παρουσία προωστήριων μηχανών είχε σαν συνέπεια, την δημιουργία διαφόρων συστημάτων, που αφορούσε την πηδαλιούχηση των πλοίων αυτών.

Κατά την ανάπτυξη της ναυτιλίας και κατά τις αρχές του 20ου αιώνα εμφανίστηκαν, τα υδραυλικά συστήματα πηδαλίου. Σαν εργαζόμενο μέσο, χρησιμοποιούσαν το λάδι, μέσω μιας εγκαταστάσεως, με χειροκίνητες αντλίες, ελαιοκυλίνδρους και υδραυλικά έμβολα ,που μέσω υδραυλικών δικτύων, μεταδίδονταν η κίνηση, από την γέφυρα του πλοίου, στον άξονα του πηδαλίου.



Εικόνα 1.3 Υδραυλικό σύστημα 20^{ου} αιώνα.

Από τα μέσα του 20ου αιώνα, άρχισε να εφαρμόζεται, το πιο αποτελεσματικό σύστημα πηδαλίου, το ηλεκτροϋδραυλικό, που η εφαρμογή του αποτελεί μέχρι και σήμερα, μια από τις πιο αξιόπιστες λύσεις, για την πηδαλιούχηση ενός πλοίου. Ο τύπος του πηδαλίου αυτού αναλύετε λεπτομερώς σε επόμενο κεφάλαιο.

1.2 Θεωρία πηδαλιούχησης.

Ο έλεγχος του πλοίου σε οριζόντιο επίπεδο , αναφέρεται στην ικανότητα του πλοίου να διατηρείται ή να μεταβάλλεται η κατεύθυνση της πορείας του με χρήση κατάλληλων οργάνων.

Η δράση της πηδαλιούχησης, εξαρτάται, από την κατανομή των πιέσεων, στις δύο περιβρεχόμενες επιφάνειες του πηδαλίου. Όταν π .χ., το πηδάλιο στραφεί, σε μία γωνία θ , αναπτύσσεται δύναμη, στο κέντρο πίεσεως του. Το κέντρο πίεσεως του πηδαλίου, βρίσκεται, εμπρός του γεωμετρικού κέντρου, της επιφάνειας του πηδαλίου και εμφανίζεται, κατά την μετακίνηση του πηδαλίου, προς μια πλευρά, με αποτέλεσμα, την καταστροφή της συμμετρικής κατανομής, των υδάτινων μαζών , με αποτέλεσμα, την γέννηση μιας κάθετης δύναμης, που επενεργεί στο κέντρο πίεσεως του.

Η δημιουργία της δύναμης αυτής, οφείλεται στην διαφορά ταχύτητας των υδάτινων μαζών, στις δύο επιφάνειες του πηδαλίου. Έτσι, η διαφορά αυτή των ταχυτήτων, σύμφωνα με το θεώρημα Bernoulli, προκαλεί μια διαφορά πιέσεων, μεταξύ των υδάτινων μαζών, που έχει σαν αποτέλεσμα, την εμφάνιση της δύναμης, η οποία δρα επάνω στο πηδάλιο και που δημιουργεί μια ροπή, ως προς το κέντρο βάρους του πλοίου.

Η ροπή αυτή, είναι υπεύθυνη, για την στροφή του πλοίου. Η ολική δύναμη, που δρα, επάνω στο πηδάλιο, έχει σαν συνιστώσες, τη δυναμική άνωση ή απλώς άνωση, η οποία δρα, κατά διεύθυνση κάθετη, προς την διεύθυνση ροής και τη δυναμική αντίσταση ή απλώς αντίσταση, η οποία δρα, κατά τη διεύθυνση της ροής του νερού.

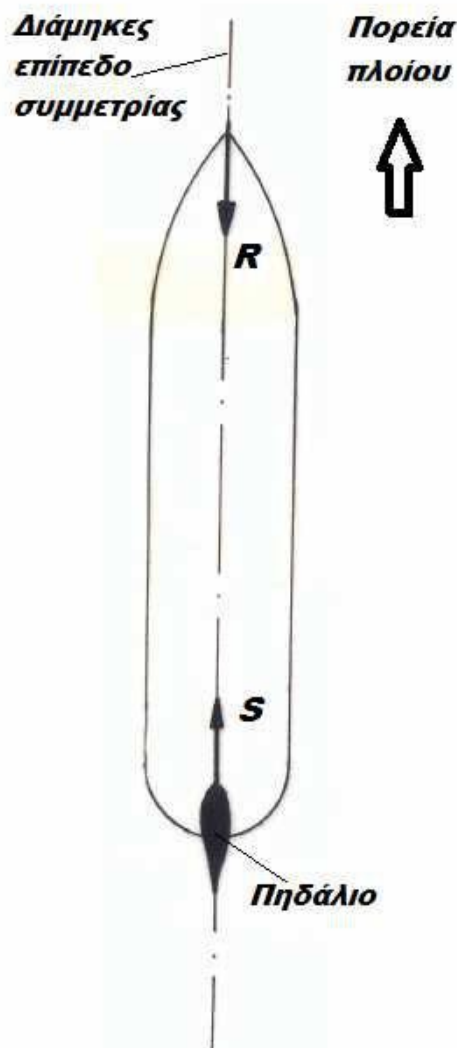
Η ικανότητα ελιγμών του πλοίου δηλώνει την ευκολία με την οποία ένα πλοίο μπορεί να διατηρηθεί σε μια συγκεκριμένη πορεία. Η απόδοση του πλοίου είναι η ευστάθεια κατεύθυνσης, δηλαδή όταν ένα πλοίο υποστεί μια διαταραχή από την αρχική του πορεία, θεωρείται ότι είναι ευσταθές όταν τείνει να ακολουθήσει μια νέα ευθεία πορεία.

Η ικανότητα αυτή σχετίζεται επίσης με την ικανότητα απόκρισης του πλοίου στην επενέργεια επιφανειών ελέγχου κατά την εκκίνηση ή την μεταβολή της γωνίας της πορείας του, καθώς επίσης και με τη δυνατότητα του πλοίου να εκτελέσει ένα πλήρη κύκλο στροφής σε συγκεκριμένο χώρο. Το πιο παλαιό όργανο αλλά και το πλέον κατάλληλο είναι το πηδάλιο (επιφάνεια ελέγχου), το οποίο σχηματικά παριστάνεται από μια κατακόρυφη πλάκα τοποθετημένη στο διαμήκες επίπεδο συμμετρίας του πλοίου στο πρυμναίο άκρο του σκάφους, με τρόπον ώστε να υπάρχει η δυνατότητα περιστροφής της ως προς κατακόρυφο άξονα.

Ένα πολύ σημαντικό στοιχείο, του σχεδιασμού του πηδαλίου, είναι ο τρόπος, με τον οποίο μεταβάλλονται, η άνωση και η αντίσταση, καθώς αλλάζει η γωνία προβολής. Και αυτό, γιατί η δύναμη ανώσεως, είναι υπεύθυνη, για την ανάπτυξη της αναγκαίας ροπής, για την στροφή του πλοίου.

Το υγρό ρεύμα κατά μήκος των πλευρών του πλοίου το οποίο πλέει σε ήρεμο νερό με το πηδάλιο στο διαμήκες επίπεδο συμμετρίας (χωρίς κλίση ως προς αυτό), είναι συμμετρικό, επομένως, οποιαδήποτε δύναμη που δρα κατά την εγκάρσια διεύθυνση επί του πλοίου, και που μπορεί να προκαλείται από την κίνηση του νερού κατά μήκος των πλευρών του πλοίου, εξισορροπείται από τη συμμετρία της γάστρας.

Κατά συνέπεια , επειδή η ώση S από το σύστημα πρόωσης του πλοίου και η αντίσταση R στην κίνηση του πλοίου ευρίσκονται στο επίπεδο συμμετρίας , το πλοίο πλέει επί μιας ευθύγραμμης πορείας όταν φυσικά δεν ενεργούν εξωτερικές διαταράξεις (εικόνα 1.4).



Εικόνα 1.4 Άξονας συμμετρίας πλοίου.

Ο προορισμός του ηδάλιου είναι να δημιουργεί μια δύναμη ελέγχου η οποία με τη σειρά της δημιουργεί μια ροπή περί τον κατακόρυφο άξονα επί του πλοίου, με αποτέλεσμα το πλοίο να περιστραφεί και να προσανατολιστεί με μια γωνία προσπτώσεως ως προς την κατεύθυνση της ροής.

Οι δυνάμεις και οι ροπές που δημιουργούνται επί του πλοίου σαν αποτέλεσμα αυτής της περιστροφής και της γωνίας προσπτώσεως καθορίζουν τις ελκτικές ικανότητες του πλοίου.

Το ηδάλιο πρέπει να αναπτύσσει άνωση και στις δύο αντίθετες κατευθύνσεις γωνιακής εκτροπής, και για το λόγο αυτό είναι συμμετρικό πτερύγιο υδροδυναμικής μορφής (ηδάλια μικρών πλοίων αποτελούνται από επίπεδη πλάκα με οριζόντιες ενισχύσεις) με κατακόρυφο άξονα συμμετρίας.

Υπάρχει ένα σημείο στο πλοίο, στο οποίο όταν επιδράσει μια δύναμη κάθετη ως προς το επίπεδο συμμετρίας του, δεν παρατηρείται αλλαγή πορείας. Το σημείο αυτό ονομάζεται ουδέτερο σημείο (neutral point) και βρίσκεται σε απόσταση $\frac{1}{6}$ πρύμνηθεν της προωραίας καθέτου (εικόνα 1.5).



Εικόνα 1.5 Neutral Point

Εάν η δύναμη F εφαρμοστεί από τα δεξιά προς τα αριστερά πρύμνηθεν του ουδέτερου σημείου, το πλοίο θα στρίψει δεξιά. Εάν η δύναμη F εφαρμοστεί από τα δεξιά προς τα αριστερά αλλά πρώραθεν του ουδέτερου σημείου το πλοίο θα στρίψει αριστερά.

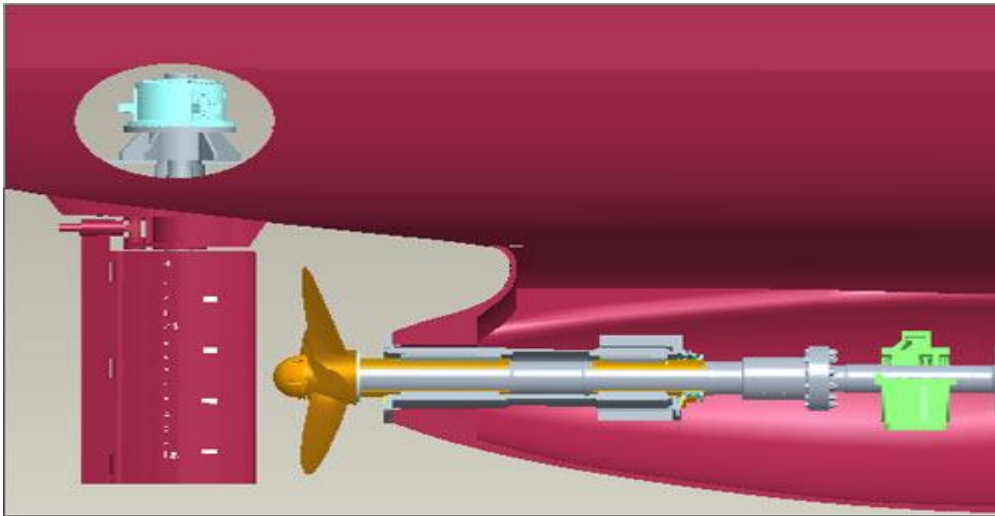
Όσο μεγαλύτερη είναι η απόσταση του σημείου εφαρμογής της δύναμης από το ουδέτερο σημείο, τόσο μεγαλύτερη είναι η επίδραση της δύναμης στη διαδικασία στροφής του πλοίου.

Η ικανότητα στροφής του πλοίου εξασφαλίζεται από το πηδάλιο και η ροπή που δημιουργείται όταν το πηδάλιο είναι σε γωνία α ως προς το διαμήκες επίπεδο συμμετρίας του πλοίου, είναι τόσο μεγαλύτερη όσο πιο μακριά το πηδάλιο βρίσκεται από το ουδέτερο σημείο.

Σε σχέση επομένως με τη θέση του ουδέτερου σημείου και την ιδιότητά του, το πηδάλιο τοποθετείται όσο πιο μακριά, άρα στην πρύμνη του πλοίου και συγκεκριμένα στον ομόρου της έλικας όπου και υφίσταται την επίδραση μάζας νερού που έχει επιταχυνθεί λόγω της έλικας, γεγονός που δημιουργεί μεγαλύτερη δύναμη άρα και ροπή, οπότε εξασφαλίζεται μεγαλύτερη ευελιξία στο πλοίο.

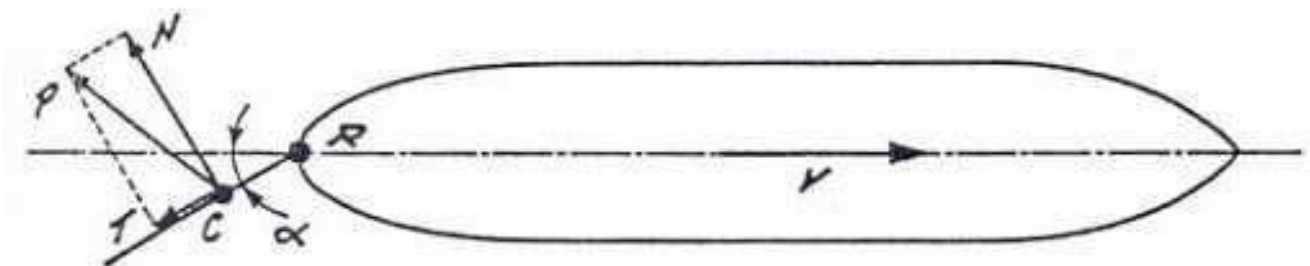
Κατά συνέπεια, το πηδάλιο είναι περισσότερο αποτελεσματικό όταν τοποθετείται στην πρύμνη του πλοίου. Όταν το πηδάλιο είναι σε γωνία "0" ως προς το διαμήκες επίπεδο συμμετρίας και το πλοίο

κινείται ευθύγραμμα με ταχύτητα V , οι δύο πλευρικές επιφάνειες του πηδαλίου προσβάλλονται από το ρευστό κατά ίδιο τρόπο, ούτως ώστε δεν επιδρά καμία δύναμη δεδομένου ότι οι πιέσεις που εξασκούνται επί των δύο πλευρών του πτερυγίου του πηδαλίου είναι ίσες και αντίθετες.



Εικόνα 1.6 Πλάγια όψη πηδαλίου και έλικας

Όταν το πηδάλιο είναι σε κλίση υπό γωνία α ως προς το διαμήκες επίπεδο συμμετρίας του πλοίου, το ρευστό εξασκεί μια υπερπίεση στο πρόσωπο (στην πλευρά που απ' ευθείας βαπτίζεται από τη ροή) και μια υποπίεση στη ράχη (στην αντίθετη πλευρά), με αποτέλεσμα τη συνισταμένη δύναμη N , η οποία ασκείται στο σημείο C που βρίσκεται πρώραθεν του κέντρου βάρους της επιφάνειας του πηδαλίου και κάθετα σε αυτήν. Εξαιτίας του ιξώδους του νερού στο οποίο είναι βυθισμένο το πηδάλιο, εξασκείται επί αυτού μια εφαπτόμενη δύναμη T (τριβή) η οποία μαζί με την N δίδουν μια συνισταμένη P , όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα. Επειδή η εφαπτομενική δύναμη είναι πολύ μικρή, θεωρείται αμελητέα και η δύναμη N ταυτίζεται με την P .



Εικόνα 1.7 Οι δυνάμεις που δέχεται το πηδάλιο υπό γωνία.

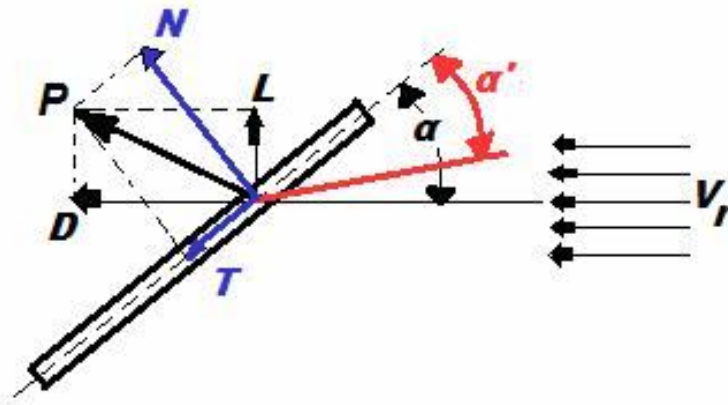
Η δύναμη P ονομάζεται δύναμη επί του πηδαλίου. Αυτή η δύναμη τείνει να επαναφέρει το πηδάλιο στο διαμήκες επίπεδο συμμετρίας με μια ροπή $P \cdot CR$, όπου R παριστάνει την προβολή του άξονα περιστροφής του πηδαλίου στο οριζόντιο επίπεδο, οπότε για να εμποδιστεί αυτή η κίνηση

επαναφοράς, πρέπει να εφαρμοστεί στον άξονα του πηδαλίου μια ροπή ίση και αντίθετη.

Η δύναμη που δημιουργεί ένα πηδάλιο είναι ανάλογη με την επιφάνειά του. Όσο πιο μεγάλη είναι η επιφάνεια, τόσο μεγαλύτερη είναι η δύναμη που δημιουργεί τη στροφή και επομένως τόσο μεγαλύτερη είναι η ευελιξία του πλοίου.

Η δύναμη P αναλύεται στη δύναμη D , παράλληλη στη διεύθυνση της ταχύτητας V και στη δύναμη L κάθετη στην ταχύτητα V .

Η παρουσία του σκάφους και της έλικας εμπρός από το πηδάλιο, αλλάζουν την ομοιομορφία της ροής V_R , σχηματίζοντας τη γωνία α' μεταξύ του επιπέδου συμμετρίας του πηδαλίου και της πραγματικής διεύθυνσης της ροής.



Εικόνα 1.8 Πως επιδρά η έλικα στο πηδάλιο.

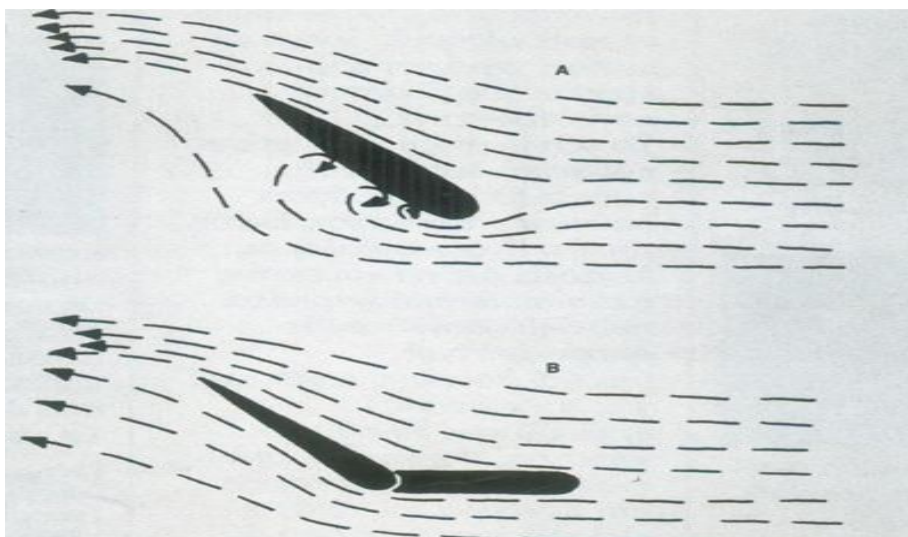
Με το πηδάλιο πίσω από την έλικα, η ταχύτητα V_R που περιβάλλει την επιφάνεια του πηδαλίου είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα V προχώρησης του πλοίου και αυτό εξ αιτίας του ομόρου της έλικας.

1.3 Το σχήμα του πηδαλίου.

Πηδάλιο, όπως όλοι γνωρίζουμε, είναι εκείνο το περύγιο του συστήματος διεύθυνσης του τιμονιού, που βρίσκεται μέσα στο νερό.

Το πηδάλιο γενικά μπορεί να πάρει διάφορες μορφές, δηλαδή να είναι ορθογώνιο με ελαφρά στρογγυλευμένη την πρυμιά κάτω γωνία, τραπεζοειδές ή ακόμα και ελλειπτικό, που συναντάμε κυρίως στα σύγχρονα πλοία.

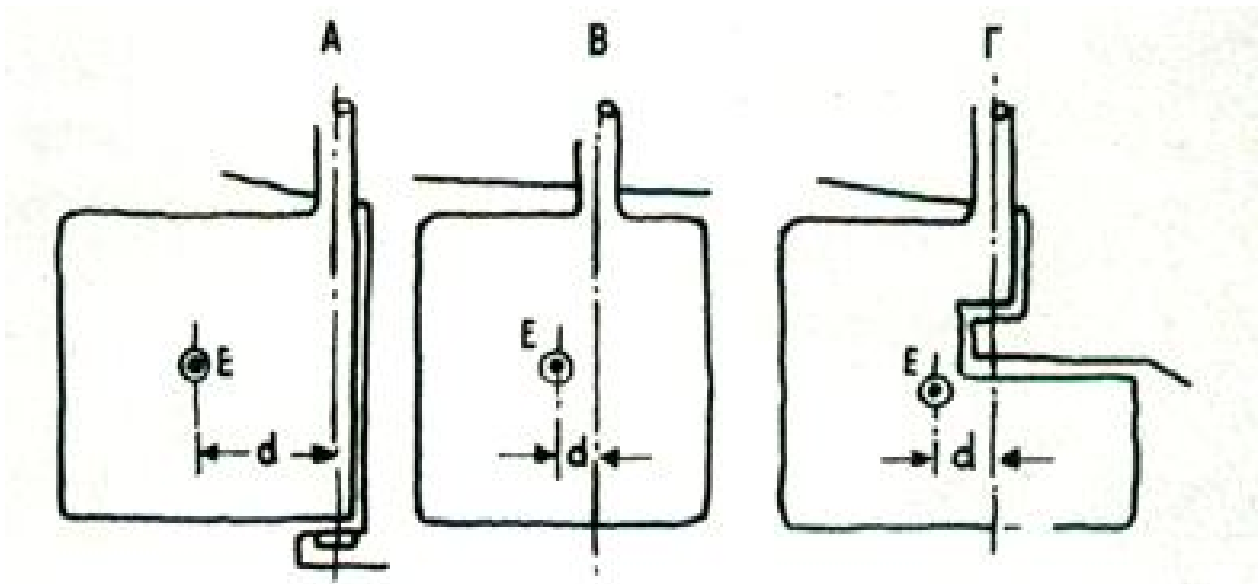
Το πτερύγιο του πηδαλίου μπορεί να είναι το γνωστό κοινό πηδάλιο, που στρέφεται γύρω από τα βελόνια (εικόνα 1.9 A) ή το κοίλο υδροδυναμικό πηδάλιο, που με τη βοήθεια του ποδοστήματος, δημιουργεί μια υδροδυναμική τομή στη ροή του νερού (εικόνα 1.9 B). Όπως φαίνεται και από την εικόνα, το δεύτερο διευκολύνει την ομαλή ροή του νερού, με αποτέλεσμα το σκάφος να μην έχει απώλειες στην ταχύτητα. Συνήθως το υδροδυναμικό πηδάλιο το συναντάμε κυρίως σε αργοκίνητα σκάφη.



Εικόνα 1.9 Μορφές πηδαλίου.

Ένας άλλος ορισμός του πηδαλίου είναι αυτός που εξαρτάται από την κατανομή του κέντρου εφαρμογής της δύναμης του πηδαλίου από τον άξονα περιστροφής του. Στην παρακάτω εικόνα βλέπουμε τρεις διαφορετικούς τύπους πηδαλίων, το κοινό (A), το ζυγοσταθμισμένο (balanced rudder) (B) και το ημιζυγοσταθμισμένο (semi-balanced rudder) (Γ), όπου με E σημειώνεται το κέντρο εφαρμογής και με d η απόσταση από τον άξονα. Όσο πιο μικρή είναι η απόσταση d, τόσο πιο μικρή είναι και η ροπή στρέψης ζ του ($E \times d$), άρα και τόσο πιο «ελαφρύ» το Τιμόνι.

Ο συνηθέστερος τύπος για τα διπλέλικά ταχύπλοα μηχανοκίνητα είναι το ζυγοσταθμισμένο (B) ενώ για τα πιο αργά και κυρίως μονέλικά μηχανοκίνητα οι άλλοι δύο τύποι (A και Γ).



Εικόνα 1.10 Τύποι πηδαλίων.

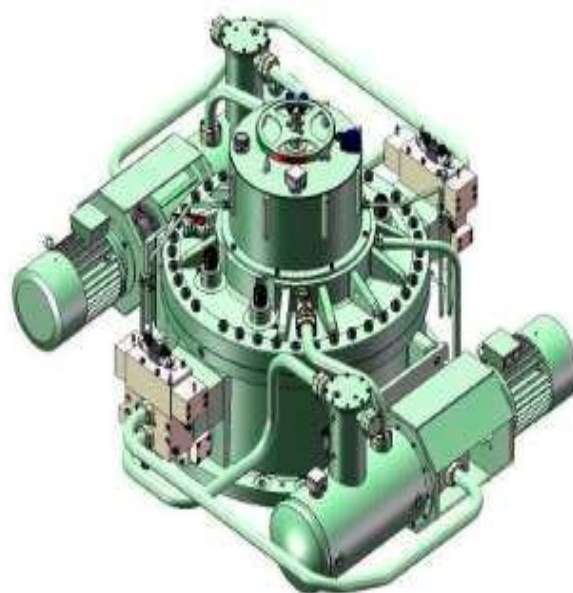
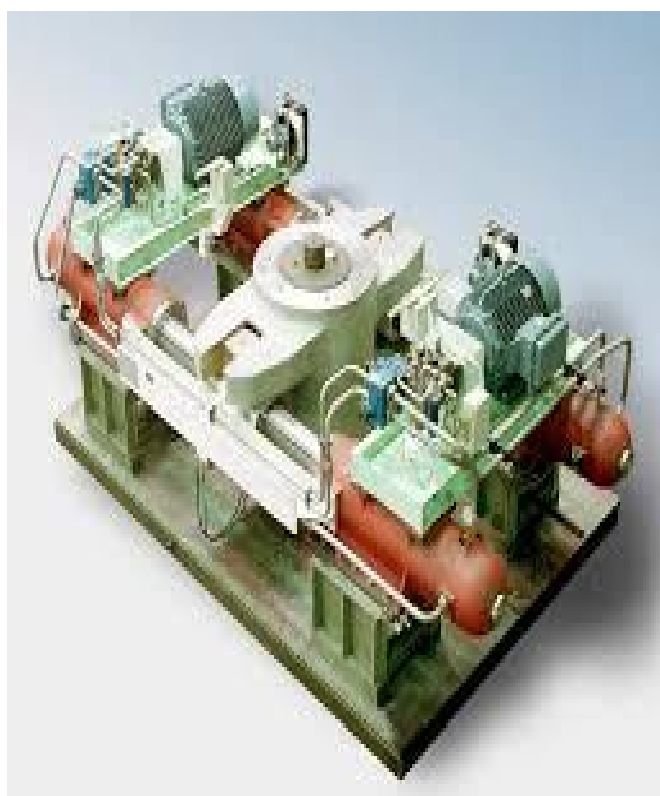
Το ζυγοσταθμισμένο πηδάλιο παρουσιάζει αισθητή διαφορά από τα άλλα, όχι μόνο από την άποψη της κατασκευής του, τη διάταξη, την ανάρτηση και την προσαρμογή του στην πρύμη, αλλά και από την άποψη της ενέργειας, γιατί η έλλειψη του skeg επιτρέπει τη διαφυγή του νερού από το πλωριό τμήμα του. Το πηδάλιο αυτού του τύπου λειτουργεί ουσιαστικά σαν μια ελεύθερη ή φέρουσα επιφάνεια κατά την έννοια των κανόνων της υδροδυναμικής, χωρίς δηλαδή τη συνεργασία του ποδοστήματος ή της ουράς των υφάλων του σκάφους. Η επιλογή του πηδαλίου, σχετίζεται εν γένει, με όλη την εγκατάσταση του μηχανισμού πηδαλίου.

Κεφάλαιο 2

ΗΛΕΚΤΡΟΪΔΡΑΥΛΙΚΟ ΠΗΔΑΛΙΟ

2.1 Γενικά.

Υπάρχουν δύο τύποι πηδαλίων σε αυτήν την κατηγορία: τα πηδάλια με έμβολα βυθίσεως και τα περιστροφικά πτερυγιοφόρα πηδάλια.

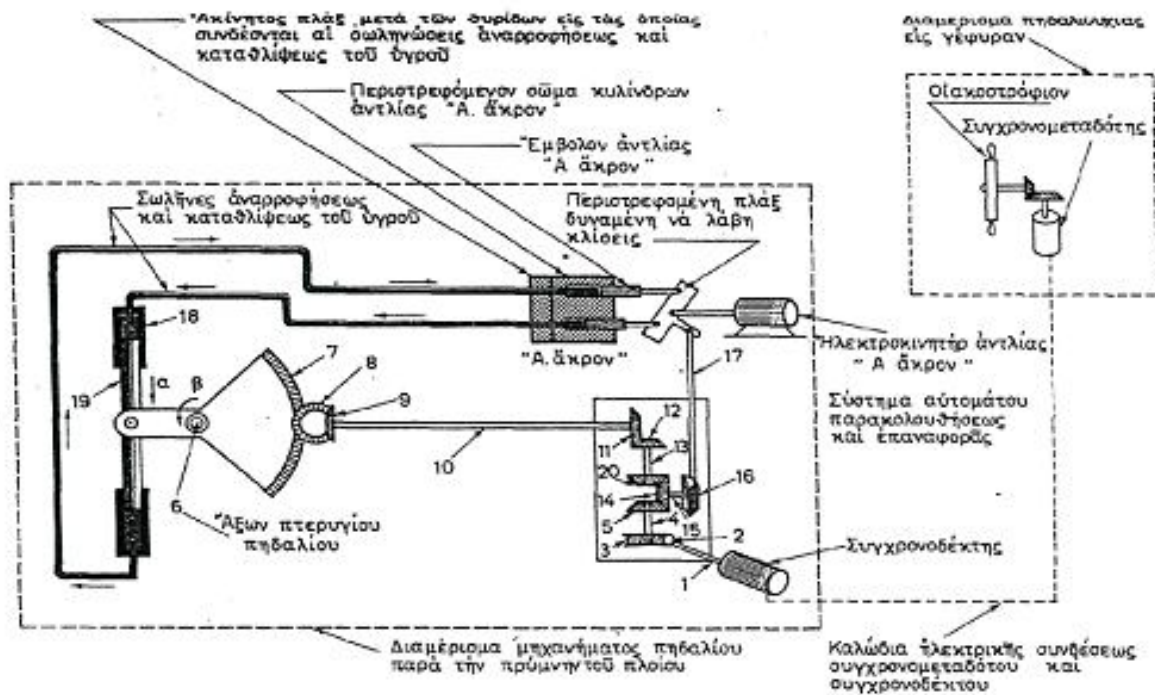


Εικόνα 2.1 Πηδάλιο με έμβολα βυθίσεως (αριστερά). Περιστροφικό πτερυγιοφόρο πηδάλιο (δεξιά).

Σχεδόν όλα τα σύγχρονα πλοία είναι σήμερα εφοδιασμένα με ηλεκτροϋδραυλικά πηδάλια. Η ανάγκη χρησιμοποίησης ηλεκτροϋδραυλικών συστημάτων πηδαλίων στα σύγχρονα πλοία μεγάλου κυρίως εκτοπίσματος και υψηλών ταχυτήτων, επέβαλε η απαιτούμενη υψηλή ροπή στρέψεως των πτερυγίων η οποία δεν μπορεί να ικανοποιηθεί από την σχετικά περιορισμένη ροπή στρέψης των ηλεκτροκινητήρων των ηλεκτρομηχανικών ή ηλεκτρικών συστημάτων.

2.2 Περιγραφή και λειτουργία

Στην εικόνα 2.2 βλέπουμε τυπική σκαριφηματική διάταξη ηλεκτροϋδραυλικού συστήματος πηδαλίου, που πάνω εκεί θα εξηγηθούν οι βασικές αρχές λειτουργίας του.



Εικόνα 2.2 Διάταξη ηλεκτροϋδραυλικού συστήματος πηδαλίου.

Για την περιστροφή του οιακοστροφίου, το οποίο βρίσκεται στο διαμέρισμα πηδαλιουχίας στην γέφυρα υπάρχει σύστημα οδοντωτών τροχών που περιστρέφεται και ονομάζεται συγχρονομεταδότης.

Η περιστροφή του συγχρονομεταδότη μεταδίδεται μέσω καλωδίων στο διαμέρισμα μηχανήματος πηδαλίου (στην πρύμη του πλοίου) όπου βρίσκεται ο συγχρονοδέκτης, ο οποίος ακολουθεί πιστά τις κινήσεις του συγχρονομεταδότη.

Ο συγχρονομεταδότης και ο συγχρονοδέκτης είναι ηλεκτρολογικές μονάδες. Συνήθως ο συγχρονομεταδότης συνδέεται με τον συγχρονοδέκτη μέσω δύο ομάδων καλωδίων, η μία εκ των οποίων βρίσκεται στην αριστερή πλευρά του πλοίου ενώ η άλλη από την δεξιά πλευρά. Από τις ομάδες αυτές η μία μόνο είναι ενεργοποιημένη ενώ η άλλη μένει ως εφεδρική

Η περιστροφή του άξονα του συγχρονοδέκτη 1 έχει σαν αποτέλεσμα την περιστροφή του ατέρμονα κοιλία 2 επί του οποίου εμπλέκεται η κορώνα 3 που έτσι αναγκάζεται να περιστραφεί. Η κορώνα όμως 3 είναι σφηνωμένη στον ίδιο άξονα, που είναι σφηνωμένος και ο γωνιακός οδοντωτός τροχός 5 ο οποίος και την ακολουθεί στην περιστροφή της. Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι στην εξεταζόμενη

στιγμή το πτερύγιο του πηδαλίου, και συνεπώς και ο άξονας του 6 δεν έχει αρχίσει ακόμα να περιστρέφεται.

Συνεπώς οι τροχοί 7, 8, 9, 11, 12, 20 είναι ακίνητοι δεδομένου ότι οι 9 και 11 είναι σφηνωμένοι στον ίδιο άξονα 10, οι δε 12 και 20 στον άξονα 13. Επομένως όταν ο τροχός 5 αρχίσει να περιστρέφεται λόγω της περιστροφής του συγχρονοδέκτη, ο τροχός 20 παραμένει ακίνητος. Αυτό αναγκάζει τον τροχό 14 να κυλίσει στην περιφέρεια των 5 και 20. (δηλαδή ο 14 γίνεται δορυφόρος) ο δε άξονας 15 του τροχού 14 διαγράφει κυκλικό τομέα κάθετο προς το επίπεδο του οχήματος.

Το άκρο του άξονα 15 κατά την κίνηση του αυτή βρίσκεται μέσα σε αυλάκι επί της κοίλης κυλινδρικής επιφάνειας του τεμαχίου 16 όπως είναι προφανές, η οριζόντια αυτή κίνηση του άξονα 15 έχει σαν συνέπεια την ανύψωση. Η καταβίβαση του μοχλού 17 ο οποίος και δίνει κλίση στην περιστρεφόμενη πλάκα της υδραυλικής αντλίας "Α άκρον" στην οποία και συνδέονται οι διωστήρες των εμβόλων .

Με τον τρόπο αυτό η αντλία αρχίζει να αναρροφά και να καταθλίβει υγρό (στην περίπτωση μας λάδι). Το λάδι αυτό καθώς καταθλίβεται στον άνω κύλινδρο 18 μετακινεί το έμβολο 19 κατά την διεύθυνση του βέλους α και συνεπώς περιστρέφει τον άξονα του πτερυγίου του πηδαλίου 6 κατά την διεύθυνση του βέλους β. Η περιστροφή όμως αυτή του άξονα 6, έχει ως αποτέλεσμα να θέσει σε κίνηση τον οδοντωτό δρομέα 7 και τους οδοντωτούς τροχούς 8, 9, 11, 12, 20 μέσω των αξόνων 10 και 13.

Η κινητοποίηση του τροχού 20 έχει ως αποτέλεσμα την επαναφορά του δορυφόρου 14, στην αρχική του θέση και συνεπώς και του άκρου του άξονα 15 στο μέσον του αυλακιού του στοιχείου 16. Έτσι ο μοχλός 17 επανέρχεται στην αρχική θέση και επομένως και η πλάκα της υδραυλικής αντλίας επανέρχεται στην κατακόρυφη θέση.

Από το σημείο αυτό, ανεξάρτητα το ότι η αντλία συνεχίζει να περιστρέφεται από τον ηλεκτροκινητήρα της, δεν καταθλίβει ούτε αναφορά λάδι και συνεπώς το πτερύγιο του πηδαλίου, παραμένει στην θέση στην οποία βρέθηκε. Η θέση αυτή ανταποκρίνεται στην επιθυμητή γωνία περιστροφής του πηδαλίου, που ορίστηκε από το οιακοστροφείο του διαμερίσματος πηδαλιουχίας. Περιστροφή του οιακοστροφείου κατά αντίθετη διεύθυνση έχει σαν αποτέλεσμα την εκ νέου ενεργοποίηση του όλου μηχανισμού, ο οποίος αυτήν την φορά δίνει αντίθετη κλίση στην πλάκα της υδραυλικής αντλίας και συνεπώς περιστρέφει τον άξονα 6 του πτερυγίου πηδαλίου κατά την αντίθετη διεύθυνση του βέλους β. Το όλο σύστημα έχει πλήθος ασφαλιστικών διατάξεων και λοιπών υποβοηθητικών μηχανισμών και κρίνεται σκόπιμο να σημειωθούν τα παρακάτω:

α) Σε περίπτωση βλάβης του συγχρονομεταδότη, του συγχρονοδέκτη ή βλάβης του συστήματος μεταδόσεως από την γέφυρα στο διαμέρισμα μηχανήματος πηδαλίου, τότε το πηδάλιο μπορεί να χειρίζεται τοπικώς από την πρύμνη με απευθείας περιστροφή με κατάλληλο οιακοστρόφιο συνδεδεμένο.

β) Σε περίπτωση βλάβης του ηλεκτροκινητήρα της αντλίας, η αντλία μπορεί να περιστραφεί χειροκίνητα μέσω ειδικού προσαρμοζόμενου χειροστροφάλου, οπότε και η διακυβέρνηση του πλοίου δύναται να γίνει από την γέφυρα είτε από το πρυμναίο οιακοστρόφιο.

γ) Σε περίπτωση απώλειας της ηλεκτρικής ισχύος του πλοίου, το πηδάλιο μπορεί να χειριστεί από το πρυμναίο οιακοστρόφιο το οποίο ως προαναφέρθηκε περιστρέφει του άξονα 1 του συγχρονοδέκτη. Στην περίπτωση αυτή επειδή ο ηλεκτροκινητήρας της υδραυλικής αντλίας δεν θα λειτουργεί περιστρέφουμε την αντλία δια χειροστροφάλου.

δ) Σε περίπτωση βλάβης της ίδιας της υδραυλικής αντλίας το πηδάλιο μπορεί και πάλι να χειριστεί δια ανοιγοκλεισίματος ειδικών βαλβίδων αναρροφήσεως και καταθλίψεως του ελαίου στους κυλίνδρους 18 με την βοήθεια χειροκίνητης αντλίας.

Πρέπει επίσης να σημειωθεί ότι το σύστημα που περιγράψαμε έχει πάντοτε δύο υδραυλικές αντλίες, που η μία λειτουργεί ενώ η άλλη παραμένει ως εφεδρική και μπορεί εύκολα να τοποθετηθεί στο δίκτυο, είτε αυτόματα είτε χειροκίνητα. Στην παραπάνω εικόνα για λόγους απλοποιήσεως των δικτύων εικονίζεται μόνο η μία αντλία.

2.3 Τα μέρη του συστήματος.

Συστήματα Τηλεκινήσεως:

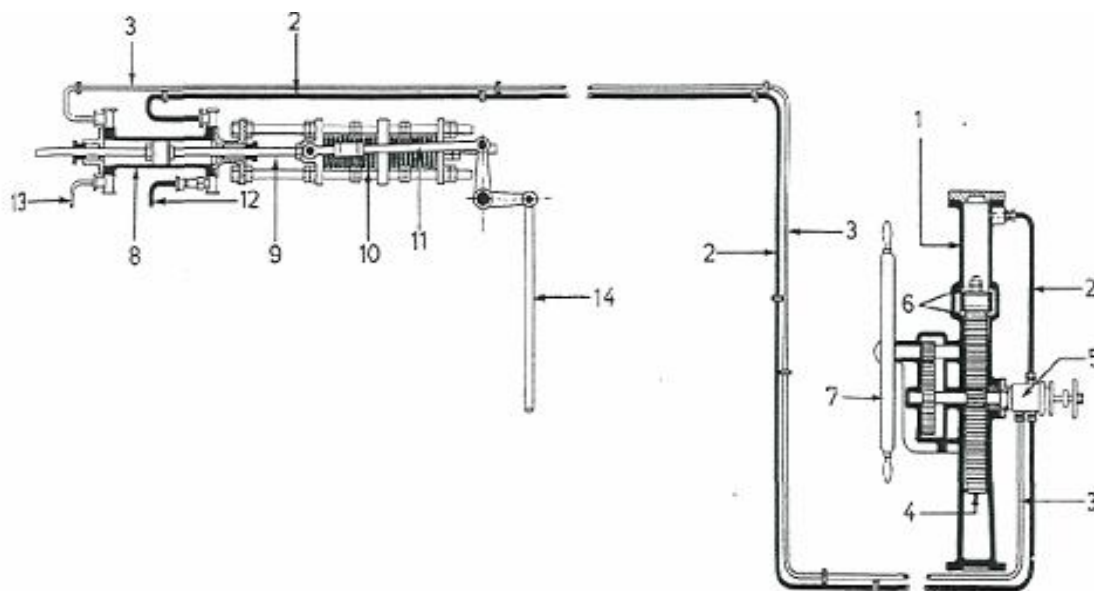
α) **Μηχανικό σύστημα:** Αποτελείται από ράβδους και κωνικούς τροχούς. Δεν χρησιμοποιείται πια. Είχε χρήση στα ατμοκίνητα πηδάλια, που έχουν πια εξαλειφθεί.

β) Υδραυλικό σύστημα:

Η εικόνα 2.3 παριστά στο σύνολο της την διάταξη υδραυλικής μετάδοσης όπως εφαρμόζεται από τον οίκο BROWN.

Το σύστημα είναι πολύ διαδεδομένο και απλό. Χρησιμοποιείται σε μεγάλα σκάφη, όταν η απόσταση από την γέφυρα μέχρι το διαμέρισμα του πηδαλίου είναι μεγάλη οπότε και η μηχανική μετάδοση δυσχεραίνεται. Η κίνηση μεταδίδεται με υδραυλική ενέργεια και επεκράτησε να ονομάζεται υδραυλική τηλεκίνηση και το όλο σύστημα μετάδοσης με τηλεκίνητηρα. Ως εργαζόμενη

ουσία σ' αυτό, χρησιμοποιείται ειδικό λάδι τηλεκινήτων (tellemotor oil) ή αποσταγμένο νερό με γλυκερίνη 25% έως και 50% για τα ψυχρά κλίματα. Η γλυκερίνη χρησιμοποιείται για τον υποβιβασμό του σημείου πήξεως του νερού. Η αρχή της λειτουργίας του είναι απλή. Στην γέφυρα τοποθετείται ελαιοκύλινδρος 1, ο οποίος καλείται τηλεκινήτρας μεταδόσεως (transmitter) ή πομπός και είναι γεμάτος με λάδι ή νερό με γλυκερίνη.



Εικόνα 2.3 Διάταξη υδραυλικής μετάδοσης **BROWN**

Μέσα σε αυτόν παλινδρομεί έμβολο κινούμενο μέσω οδοντωτού κανόνα 4 και συστήματος οδοντωτών τροχών από το οιακοστρόφιο, που χειρίζεται ο πηδαλιούχος. Από τον κύλινδρο του μεταδότη αναχωρούν δύο σωλήνες, ο 2 από την άνω όψη του εμβόλου και ο 3 από την κάτω. Οι σωλήνες αυτοί οδηγούνται αντίστοιχα στις δύο όψεις του εμβόλου του αντίστοιχου κυλίνδρου του ηλεκτροκίνητου δεκτή 8 (receiver), ο οποίος είναι τοποθετημένος στο διαμέρισμα πηδαλίου.

Μέσα στον ελαιοκίνητρα δέκτη παλινδρομεί έμβολο, που τηρείται στην μέση του θέση με τα ισχυρά ελατήρια 10 ρυθμισμένα έτσι, ώστε να έχουν την τάση να επαναφέρουν το έμβολο πάντοτε στη μέση θέση. Το όλο σύστημα τηλεκινήτων και των σωλήνων συγκοινωνίας τους είναι γεμάτο υγρό.

Όταν το οιακοστρόφιο 7 στρέφεται δεξιά ή αριστερά, το έμβολο του μεταδότη ανέρχεται ή κατέρχεται και ασκεί έτσι πίεση στην μία όψη του εμβόλου του δέκτη και δημιουργεί ανάλογη υποπίεση από την άλλη, ώστε αυτό να μετακινηθεί δεξιά ή αριστερά ανάλογα.

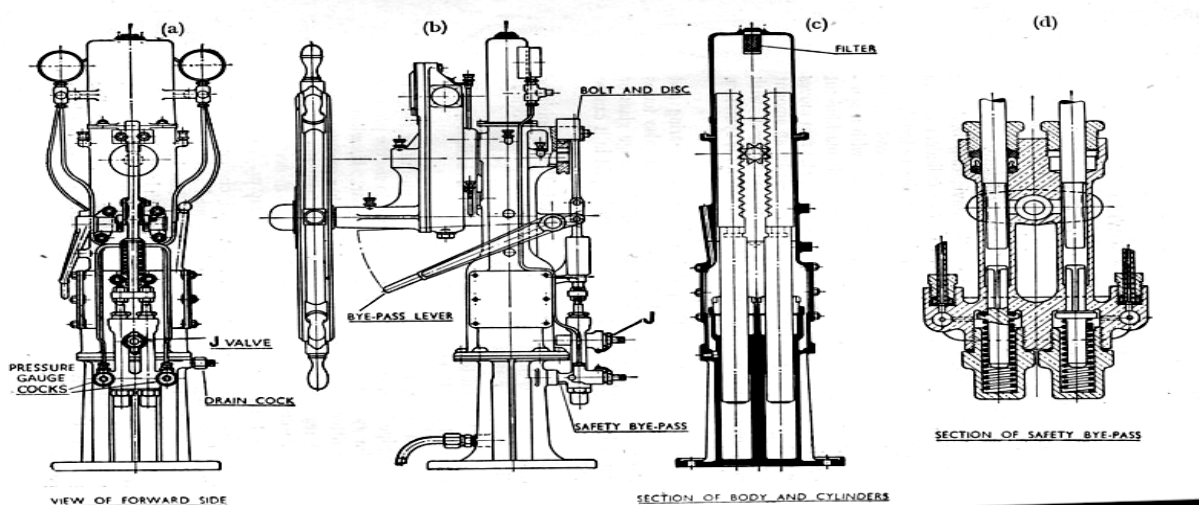
Η μετακίνηση του αυτή μεταδίδεται από το βάκτρο του 9 μέσω των μοχλών 11, 14 προς το βάκτρο του μηχανήματος πηδαλίου. Το μηχανήμα εκκινεί και προκαλεί την στροφή του άξονα του πηδαλίου.

Αν από οποιαδήποτε γωνιακή θέση του πηδαλίου ο πηδαλιούχος αφήσει ελεύθερο το οιακοστρόφιο τότε η ένταση των ελατηρίων 10 επαναφέρει το έμβολο του δέκτη στην μέση θέση ώσπου το έμβολο του μεταδότη να έλθει και αυτό στην μέση θέση του και οι πιέσεις του υγρού να ισορροπήσουν με την βοήθεια και των οπών 6.

Το οιακοστρόφιο όμως στρέφεται από τον οδοντωτό κανόνα και τον οδοντωτό τροχό κατά φορά αντίστροφη προς αυτήν που το είχε στρέψει προηγουμένως ο πηδαλιούχος, ώσπου να ισορροπήσει και αυτό στην μέση θέση. Ταυτόχρονα με την επαναφορά του εμβόλου του τηλεκινήτηρα δέκτη στην μέση θέση του, το βάκτρο του 11 επενεργεί στο μοχλό 14.

Έτσι το μηχανήμα πηδαλίου κινείται αντίστοιχα και όπως προηγουμένως, επαναφέρει τη πηδάλιο στη μέση θέση. Έτσι όλα βρίσκονται ξανά στη μέση θέση, δηλαδή οιακοστρόφιο, τηλεκινήτηρες, μεταδότης-δέκτης, και πηδάλιο. Από τη θέση αυτή το σύστημα είναι έτοιμο να κινηθεί πάλι προς οποιαδήποτε κατεύθυνση προς τα δεξιά ή αριστερά, όπως προηγουμένως. Η βαλβίδα βραχυκυκλώσεως 5 θέτει σε συγκοινωνία τα άκρα του τηλεκινήτηρα μεταδότη όταν απαιτείται. Ο σωλήνας 12 με ανεπίστροφη βαλβίδα χρησιμεύει για την πλήρωση του συστήματος με υγρό από την δεξαμενή πληρώσεως ενώ ο σωλήνας 13 συνδέει αυτό με χειραντλία για την συμπλήρωση και διανομή του.

Συστήματα υδραυλικής τηλεκινήσεως κατασκευάζονται από πολλά εργοστάσια με μικρές διαφορές μεταξύ τους.



Εικόνα 2.4 Πηδάλιο Mactaggart-Scott.

Από αυτά επίσης αξιοσημείωτο είναι και το σύστημα υδραυλικής μεταδόσεως με τηλεκινήτηρες (μεταδότη και δεκτή) τύπου Mactaggart-Scott, του οποίου τα κύρια χαρακτηριστικά είναι τα εξής:

1) Ο τηλεκινήτηρας μεταδότης δεν αποτελείται από ένα αλλά από δύο κατακόρυφους κυλίνδρους κοντά ο ένας στον άλλον και μέσα στο ίδιο σώμα, το οποίο στο άνω μέρος διαμορφώνεται σε δεξαμενή συμπλήρωσεως του υγρού . Μέσα στους κυλίνδρους κινούνται από ένα έμβολο βυθίσεως. Το έμβολο είναι κυλινδρικό στο κάτω μισό του και παίρνει την μορφή οδοντωτού κανόνα στο άνω μισό. Οι δύο οδοντωτοί κανόνες, ο ένας απέναντι στον άλλον, κινούνται από τον οδοντωτό τροχό του οιακοστροφίου αντίστροφα, ώστε, όταν το ένα έμβολο κατέρχεται, το άλλο ανέρχεται. Έτσι στον έναν κύλινδρο δημιουργείται υπερπίεση, στον άλλο υποπίεση του υγρού.

2) Ο τηλεκινήτηρας-δέκτης αποτελείται, όπως και ο νεώτερης μορφής τηλεκινήτηρας Brown, από κύλινδρο, ο οποίος στο μέσο του φέρει διάφραγμα στεγανό.

Το διάφραγμα φέρει δύο έμβολα, ανά ένα σε κάθε πλευρά του, που είναι σταθερά πάνω στο σκάφος και ακίνητα. Όταν η υπερπίεση του υγρού μεταδοθεί στην μία όψη του διαφράγματος, ενώ ταυτόχρονα στην άλλη θα δημιουργηθεί υποπίεση (και οι δύο προέρχονται από το μεταδότη λόγω κινήσεως του οιακοστροφίου), τότε, επειδή τα έμβολα του δέκτη είναι σταθερά, ο κύλινδρος του θα μετακινηθεί προς τη μία ή την άλλη κατεύθυνση ανάλογα. Η κίνηση αυτή του κυλίνδρου του δέκτη μεταδίδεται μέσω διωστήρα από το σώμα του κυλίνδρου στο μηχανήμα πηδαλίου και η λειτουργία κατά τα λοιπά είναι όμοια όπως έχει περιγραφεί στο σύστημα Brown.

Ο τηλεκινήτηρας δέκτης κατασκευάζεται και δίδυμος, δηλαδή με δύο κυλίνδρους και τέσσερα σταθερά έμβολα αντίστοιχα.

Στο σχήμα παριστάνεται τηλεκινήτηρας Mactaggart-Scott όπου διακρίνουμε τη μετάδοση της κινήσεως από το σώμα των κυλίνδρων μέσω διωστήρα προς τους οδηγούς κινήσεως του κυλίνδρου με την βοήθεια δύο ζυγών που ολισθαίνουν (κ. τραβέρσες) και αντισταθμιστικά ελατήρια και λοιπές κατασκευαστικές λεπτομέρειες του συστήματος .

Σε όλα τα συστήματα υδραυλικής τηλεκινήσεως μεγάλη προσοχή πρέπει να δίνεται στον καλό εξαερισμό τους για να υπάρχει τέλεια ανταπόκριση μεταξύ οιακοστροφίου και μηχανήματος. Η πλήρωση ο εξαερισμός και ο έλεγχος διαρροών πρέπει να γίνεται από το προσωπικό με μέγιστη ακρίβεια κατά τις οδηγίες του κατασκευαστή.

Σε αυτά εξάλλου προβλέπεται απαραίτητη διάταξη αποσυνδέσεως τους από το μηχανήμα πηδαλίου και λειτουργίας του από το διαμέρισμα του, με κατάλληλο σύνδεσμο σε μικρό οιακοστρόφιο χειροκίνητο.

γ) Ηλεκτρικό σύστημα

Διακρίνεται σε δύο τύπους, δηλαδή τον τύπο με οδηγό κινητήρα συνεχούς ρεύματος και τον τύπο με σύγχρονους κινητήρες εναλλασσόμενου ρεύματος.

Ο πρώτος τύπος χρησιμοποιείται σε παλαιότερες εγκαταστάσεις ηλεκτροϋδραυλικών συστημάτων. Αποτελείται από μικρό αναστρεφόμενο κινητήρα συνεχούς ρεύματος ο οποίος συνδέεται μέσω διαφορικού συστήματος προς τον άξονα ελέγχου της αντλίας λαδιού που κινεί το μηχανήμα πηδαλίου.

Ο οδηγός κινητήρας ελέγχεται με την βοήθεια πίνακα μαγνητικού ελέγχου η επαφών, ο οποίος βρίσκεται κοντά στον κινητήρα. Ο έλεγχος γίνεται από το κύριο χειριστήριο που είναι τοποθετημένο στο θάλαμο πηδαλιουχίας.

Ο κινητήρας είναι εφοδιασμένος με μαγνητική πέδη (φρένο), η οποία έγκαιρα σταματά και κρατεί αυτόν, όταν το κύριο χειριστήριο επαναφέρεται στην ουδέτερη θέση.

Ο δεύτερος τύπος που χρησιμοποιείται περισσότερο, αποτελείται από ηλεκτρικούς μεταδότες και δέκτες ομοίους με μικρούς κινητήρες. Αυτοί συνδέονται με την ίδια παροχή εναλλασσόμενου ρεύματος. Όταν περιστρέφεται από τον πηδαλιούχο ο κινητήρας-μεταδότης, ο κινητήρας δέκτης στρέφεται με την ίδια ταχύτητα και προς την ίδια κατεύθυνση.

Οι μεταδότες εγκαθίστανται στην γέφυρα ή σε άλλες θέσεις πηδαλιουχίσεως και συνδέονται μηχανικά με τα οιακοστροφία. Κάθε μεταδότης συνδέεται ηλεκτρική με αντίστοιχο δέκτη στο διαμέρισμα του μηχανήματος πηδαλίου.

Ο δέκτης στην συνέχεια συνδέεται με τον άξονα ελέγχου της αντλίας λαδιών κινήσεως του μηχανήματος πηδαλίου μέσω διαφορικού.

Όταν υπάρχουν περισσότερες από μια θέσεις τηλεχειρισμού, υπάρχει και κατάλληλος επιλογέας για την επιθυμητή θέση ελέγχου. Ενδεικτικές λυχνίες υπάρχουν στις θέσεις αυτές και στον επιλογέα, οι οποίες δείχνουν το κύκλωμα που έχει επιλεγεί και την διαθέσιμη ισχύ.

Και στους δύο παραπάνω τύπους το διαφορικό δέχεται κατ' αναστροφή έννοια ανάλογη κίνηση από τον οίακα και επαναφέρει σε ουδέτερη θέση του άξονα ελέγχου της αντλίας του μηχανήματος πηδαλίου. Έτσι η αντλία λαδιού δεν καταθλίβει λάδι και το πηδάλιο σταματάει σε μια δεδομένη γωνιά, ευθύς ως ο πηδαλιούχος σταματήσει την περιστροφή του οιακοστροφίου.

Μηχανισμός Στρέψεως Πηδαλίου:

Ο μηχανισμός αυτός είναι υδραυλικής ενέργειας, παλινδρομικός εμβολοφόρος η περιστροφικός. Ο παλινδρομικός εμβολοφόρος αποτελείται από δύο κυλίνδρους με ένα ή δύο έμβολα βυθίσεως. Ανάμεσα σε αυτά επενεργεί η αναρρόφηση και η κατάθλιψη της αντλίας του μηχανήματος πηδαλίου και η ενέργεια αυτή έχει ως αποτέλεσμα τη μετακίνηση των εμβόλων. Η μετακίνηση αυτή μέσω βραχιόνων η ζυγώματος μεταδίδεται στον κορμό του πηδαλίου.

Ο περιστροφικός αποτελείται από κυλινδρικούς δακτυλιοειδείς τομείς, μέσα στους οποίους βρίσκονται πτερύγια που επέχουν θέση εμβόλων. Αυτά μετακινούνται γωνιακά η περιστρέφονται λόγω της ενέργειας αναρροφήσεως και καταθλίψεως που ασκεί η αντλία του μηχανήματος πηδαλίου. Γι' αυτό και ο τύπος αυτός του μηχανισμού καλείται με περιστροφικά πτερύγια.

Υδραυλικές Αντλίες:

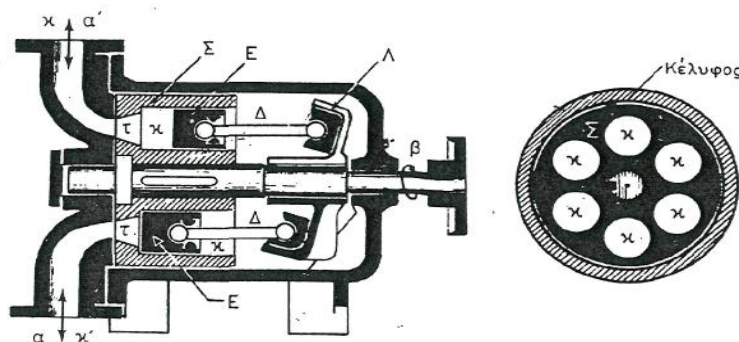
Οι δυο κυριότεροι τύποι υδραυλικών αντλιών που χρησιμοποιούνται στα ηλεκτρουδραυλικά πηδάλια πλοίων είναι η αντλία Waterbury και η αντλία Hele-Shaw.

α) Η αντλία Waterbury:

Η αντλία αυτή εικόνα 2.5 έχει ως στροφείο κυλινδρικό σώμα Σ, μέσα στο οποίο υπάρχουν 6-8 κύλινδροι Κ ανοικτοί κατά το ένα άκρο, ενώ στο άλλο φέρουν κωνική οπή.

Μέσα σε κάθε κύλινδρο παλίνδρομες έμβολο Ε με διωστήρα Δ σφαιρικής κεφαλής που στο άλλο άκρο συνδέεται με σφαιρική επίσης άρθρωση ποδιού προς κατάλληλο κύπελλο.

Κατά την λειτουργία της αντλίας τα κύπελλα περιστρέφονται μέσα σε λεκάνη Λ που μπορεί να ρυθμίζεται έτσι ώστε άλλοτε να είναι τελείως κάθετη στον άξονα και άλλοτε να λαμβάνει κλίση ως προς αυτόν προς τα δεξιά η αριστερά, ανάλογα.



Εικόνα 2.5 Αντλία Waterbury.

Ο κινητήριος άξονας της αντλίας περιστρέφει το στροφείο πάντοτε κατά την έννοια του βέλους β . Μαζί με το σώμα Σ , το οποίο σφηνώνεται στον άξονα, περιστρέφονται οι κύλινδροι K και το έμβολο E με τους διωστήρες Δ και τα κύπελλα. Τα κύπελλα αυτά, όπως είπαμε και στα προηγούμενα, κινούνται μέσα στη λεκάνη Λ , η οποία παίρνει κάθε φορά μια σταθερή κλίση. Όταν η λεκάνη Λ είναι παράλληλη προς το σώμα Σ τότε τα έμβολα περιστρέφονται μαζί με τους κυλίνδρους, χωρίς να εκτελούν καμία παλινδρομική κίνηση. Στη θέση αυτή της λεκάνης επομένως η αντλία ούτε αναρροφά ούτε καταθλίβει.

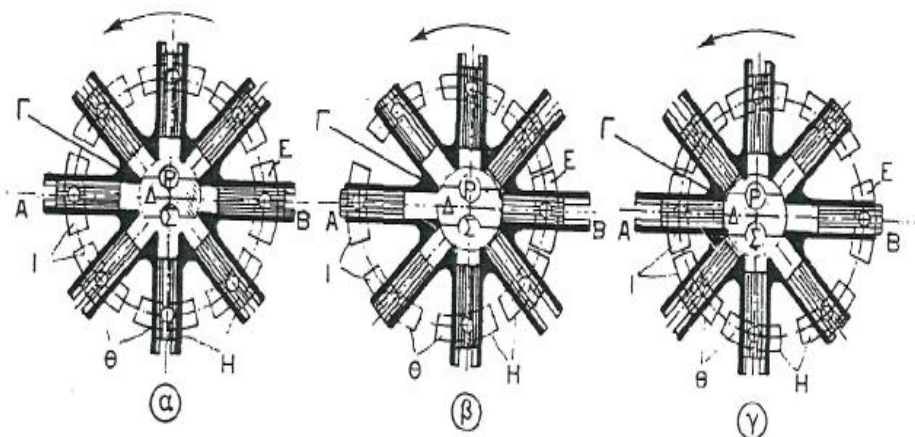
Όταν όμως δώσουμε στην λεκάνη ορισμένη κλίση και τη σταθεροποιήσουμε σ' αυτή την θέση τότε, καθώς περιστρέφονται οι κύλινδροι, τα κύπελλα αναγκάζονται να περιστρέφονται μέσα στην λεκάνη. Κάθε έμβολο αναγκάζεται έτσι σε μία πλήρη στροφή του στροφείου να εκτελέσει δύο απλές διαδρομές, δηλαδή μία παλινδρόμηση μέσα στον κύλινδρο.

Αν η διεύθυνση περιστροφής είναι πάντοτε η ίδια κατά την έννοια του βέλους β , τότε, όταν ο κύλινδρος εκτελεί μισή στροφή κινούμενος από την κατώτερη του θέση προς την ανώτερη, το αντίστοιχο έμβολο απομακρύνεται σιγά-σιγά από την οπή και το υγρό εισέρχεται στον αντίστοιχο κύλινδρο. Έτσι πραγματοποιείται η αναρρόφηση μέσα σε αυτό, ώσπου ο κύλινδρος φθάσει στην ανώτερη του θέση. Κατά τον ίδιο τρόπο κατά το άλλο μισό της περιστροφής του σώματος των κυλίνδρων πραγματοποιείται η κατάθλιψη από αυτόν τον κύλινδρο.

Το ίδιο συμβαίνει με όλους τους κυλίνδρους διαδοχικά, ώστε η αναρρόφηση από το χώρο a και η κατάθλιψη δια του χώρο K να γίνονται τις περισσότερες φορές χωρίς διακοπή. Αν τώρα ρυθμίσουμε την κλίση της λεκάνης αντίθετα, αναστρέφεται η όρη του υγρού και θα έχουμε αναρρόφηση από τον χώρο a' και κατάθλιψη δια του χώρο K . Η ρύθμιση της εκάστοτε θέσεως της λεκάνης γίνεται εξωτερικά με ιδιαίτερο μηχανισμό ελέγχου, σε οποιαδήποτε ενδιάμεση θέση, μεταξύ των ακραίων θέσης, ανάλογα με την επιθυμητή παροχή και την φορά διακίνησης του υγρού.

β) Αντλία Hele-Shaw.

Η αντλία αυτή εικονίζεται διαγραμματικά στην εικόνα 2.6 σε τρεις διαφορετικές θέσεις (α), (β), (γ). Αποτελείται από το σώμα των κυλίνδρων Γ , το οποίο φέρει ακτινικά τοποθετημένους 6,7 η 8 κυλίνδρους και το οποίο κινείται από τον κινητήριο άξονα του μηχανήματος της αντλίας.



Εικόνα 3.6 Αντλία Hele-Shaw.

Στο κέντρο του σώματος των κυλίνδρων βρίσκεται το σταθερό τεμάχιο Δ με τα ανοίγματα P και Σ που χρησιμοποιούνται και για την αναρρόφηση και για την κατάθλιψη του υγρού. Τα ανοίγματα αυτά συγκοινωνούν με τους εξωτερικούς αγωγούς συγκοινωνίας των κυλίνδρων.

Μέσα στους ακτινοειδώς τοποθετημένους κυλίνδρους βρίσκονται τα έμβολα Θ , κάθε ένα από τα οποία διαπερνάται από έναν πείρο H . Οι πείροι αυτοί H συνδέονται στο άκρο τους με τα πλινθία ολισθήσεως K που είναι τοποθετημένα μέσα σε δακτυλιοειδή περιφερειακή αύλακα ή μέσα στην στεφάνη του σώματος της αντλίας. Έτσι κατά την περιστροφή του σώματος της αντλίας τα πλινθία K κινούνται υποχρεωτικά μέσα στην αύλακα της, ώστε οι πείροι H να διαγράφουν την κυλινδρική τροχιά E . Η τροχιά αυτή E μπορεί να μεταβάλλει θέση κατά την έννοια της ευθείας $A-B$ προς τα δεξιά η αριστερά.

Όταν η τροχιά βρίσκεται σε ομόκεντρη θέση ως προς το τεμάχιο Δ , όπως στην θέση (α) , τότε και όταν ακόμη το σώμα των κυλίνδρων περιστρέφεται τα έμβολα παραμένουν ακίνητα, σε σχέση προς τους κυλίνδρους τους, χωρίς συνεπώς να πραγματοποιούν ούτε αναρρόφηση ούτε κατάθλιψη. Η θέση αυτής της τροχιάς ονομάζεται Μέση θέση.

Όταν η τροχιά μετατεθεί σε παράκεντρη θέση προς τα αριστερά όπως στην θέση (β) και με την ίδια πάντα φορά περιστροφής του σώματος των κυλίνδρων τα έμβολα θα κινούνται ακινικά μέσα στους κυλίνδρους σε διαδρομή τόση, όση και η εκκεντρικότητα της τροχιάς.

Έτσι τα επάνω από την γραμμή A-B έμβολα θα αυξάνουν προοδευτικά όγκο μέσα στους κυλίνδρους τους και συνεπώς θα αναρροφούν υγρό δια μέσου της θυρίδας E του τεμαχίου Δ. Τα κάτω από την γραμμή AB έμβολα θα μειώνουν προοδευτικά τον όγκο των κυλίνδρων τους και συνεπώς θα πραγματοποιούν την κατάθλιψη του υγρού δια μέσω της θυρίδας Σ του τεμαχίου Δ. Έτσι η αντλία αναρροφά συνεχώς από το P και καταθλίβει προς το Σ.

Όταν η τροχιά μετατεθεί σε παράκεντρη θέση προς τα δεξιά όπως στην θέση (γ) θα συμβούν ακριβώς τα αντίθετα, με αποτέλεσμα να πραγματοποιείται αναρρόφηση από το Σ και κατάθλιψη προς του P.

Η παροχή της αντλίας είναι ανάλογη προς την εκκεντρικότητα της τροχιάς, η οποία ρυθμίζεται από εξωτερικό μηχανισμό. Στις ακραίες θέσεις της τροχιάς είναι μέγιστη, ενώ στην κεντρική τοποθέτηση της μηδενική. Μεσαίες παροχές επιτυγχάνονται με την τοποθέτηση της τροχιάς σε ενδιάμεσες θέσεις. Η περιφερειακή αύλακα μέσα στην οποία κινούνται τα πλινθία I, κατασκευάζεται ως ελεύθερος δακτύλιος με ένσφαιρους τρίβεις για την ελάττωση της από την τριβή αντιστάσεως κατά την κίνηση των πλινθίων.

Οιακοστρόφιο:

Το οιακοστρόφιο κατασκευάζεται από χάλυβα, σχεδιάζεται και κατασκευάζεται σύμφωνα με τις απαιτήσεις που η κλάση ορίζει για τα πηδάλια. Είναι δεμένο με βίδες και παξιμάδια και έρχεται σε άμεση επαφή με το ρουλεμάν του εμβόλου. Έτσι καθώς το έμβολο Κάνει ευθύγραμμη μετατόπιση η ένωση αυτή είναι που μετατρέπει την κίνηση σε περιστροφική και πραγματοποιείται η στέψη του πηδαλίου.

Έμβολο και κύλινδρος:

Το έμβολο φτιάχνεται από ανθρακούχο χάλυβα για διαρθρωτική μηχανική χρήση, και ο υδραυλικός κύλινδρος κατασκευάζεται από οξώδης χυτοσίδηρο.

Η γρανάζωση του εμβόλου βρίσκεται στο κέντρο του και έχει απόλυτη ακρίβεια, η επαφή με την αντίστοιχη οδόντωση του οιακοστροφίου είναι άμεση. Η δύναμη της ώθησης εφαρμόζεται στην κεφαλή του εμβόλου και ως εκ τούτου το υλικό κατασκευής της κεφαλής χρήζει περεταίρω επεξεργασίας όσον αναφορά την αντοχή. Στεγνά από λάδι μέταλλα τοποθετούνται στην οπή των ρουλεμάν του εμβόλου ώστε να εμποδίζουν την περιστροφή του.

Τέσσερις (ή δύο) υδραυλικοί κύλινδροι που κινούν το ένα ή δύο σετ εμβόλων είναι εγκατεστημένα σταθερά στην σιδηροκατασκευή του πλοίου. Ένα ζεύγος αντίθετα τοποθετημένων κυλίνδρων είναι

συνδεμένοι με το έμβολο κίνησης και ένα δεύτερα ζεύγος είναι τοποθετημένο παράλληλα με το πρώτο στην περίπτωση χρήσης δύο εμβόλων.

Οι υδραυλικές αντλίες είναι εγκατεστημένες επάνω στους κυλίνδρους. Στο εσωτερικό κάθε κυλίνδρου υπάρχει στένωση η οποία υποστηρίζει το έμβολο και αποσβένει την κατακόρυφη συνιστώσα της δύναμης του εμβόλου. Επίσης στο εσωτερικό κάθε κυλίνδρου υπάρχουν πέντε τσιμούχες οι οποίες αποτρέπουν την διαρροή λαδιού. Η μέθοδος αυτή σήμερα έχει εκμηδενίσει την απώλεια λαδιού από τους κυλίνδρους.

Η κίνηση του πηδαλίου μπορεί να παρατηρηθεί από τον εν δείκτη γωνίας πηδαλίου που βρίσκεται ανάμεσα στους δυο αντίθετους κυλίνδρους. Η μέγιστη γωνία πηδαλίου περιορίζεται από τις ασφαλιστικές διατάξεις στις 36.2 μοίρες ωστόσο όμως η μέγιστη γωνία εργασίας είναι αυτή των 35 μοιρών. Επίσης για γωνίες πέραν των 37 μοιρών η κίνηση εμποδίζεται και μηχανικά πλέον από ένα stopper εγκατεστημένο στον πυθμένα του υδραυλικού κυλίνδρου.

Δεξαμενή ελαίου:

Η δεξαμενή ελαίου είναι φτιαγμένη από χυτοσίδηρο και είναι τοποθετημένη στον υδραυλικό κύλινδρο. Στο εσωτερικό της δεξαμενής είναι εγκατεστημένοι οι απαραίτητοι σύνδεσμοι αντλίας, κυλίνδρου και σωληνώσεων, και έξω από την δεξαμενή η μονάδα ελέγχου των αντλιών, η αντλία και οι βαλβίδες. Το φίλτρο λαδιού, ο αισθητήρας στάθμης δεξαμενής, το θερμόμετρο και η βαλβίδα κενώσεως είναι επίσης προσαρτημένα επάνω στην δεξαμενή.

Βαλβίδα OilBlock:

Εκκινώντας μια αντλία με την προϋπόθεση ότι δύο ή περισσότερες αντλίες είναι εγκατεστημένες και ότι το δίκτυο είναι έτοιμο για παράλληλη λειτουργία των αντλιών, η πίεση λαδιού που θα δώσει η αντλία δεν θα επηρεάσει το έμβολο, απλά θα σπρώξει τις υπόλοιπες αντλίες προς την αντίθετη κατεύθυνση. Η βαλβίδα Oilblock είναι μια πρόληψη για την αποτροπή του φαινομένου αυτού.

Το σύστημα συνεχούς ελέγχου:

Το σήμα της επιθυμητής γωνίας πηδαλίου συγκρίνεται με την πραγματική γωνία πηδαλίου και το σήμα απόκλισης μετατρέπεται σε σήμα ελέγχου της αντλίας στο πλαίσιο ελέγχου. Με αυτό το σήμα, ο κινητήρας δίνει ροπή και η υδραυλική αντλία παίρνει κλίση μέσω του υδραυλικού χειριστή λεκάνης. Το λάδι στην συνέχεια καταθλίβεται από την υδραυλική αντλία και εφαρμόζεται στον υδραυλικό κύλινδρο, και το οιακοστρόφιο περιστρέφεται μέσω του εμβόλου και των οδοντώσεων.

Ο κινητήρας σταματά να δίνει ροπή όταν η αντλία φτάσει την επιθυμητή γωνία κλίσης που αντιστοιχεί στο σήμα ελέγχου της αντλίας επειδή το ηλεκτρικό σήμα της γωνίας κλίσεως της αντλίας αναδρά στο κιβώτιο ελέγχου της εγκατάστασης.

Όταν η πραγματική γωνία πλησιάζει το σήμα γωνίας, η υδραυλική αντλία γυρίζει στην ουδέτερη θέση λόγω της ανάποδης κίνησης του κινητήρα ροπής και η κλίση σταματά να υπάρχει όταν η πραγματική γωνία συμπέσει με την γωνία σήματος και το λάδι πλέον δεν καταθλίβεται από την υδραυλική αντλία καθώς το σήμα ανάδρασης δεν έχει διαφορά με το σήμα εισόδου.

Κιβώτιο ελέγχου:

Αυτό το κιβώτιο παρέχεται από τον κατασκευαστή του αυτόματου πιλότου με σκοπό να μετασχηματίζει σήμα παρέκκλισης σε σήμα ελέγχου της αντλίας. Επίσης ελέγχει την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα όταν το πηδάλιο δουλεύει στα όρια γωνιών.

Το πιλοτικό καρούλι του υδραυλικού ρυθμιστή κινείται από τον κινητήρα ροπής. Το Σέρβο - έμβολο που συνδέεται με το περίβλημα του κυλίνδρου της υδραυλικής αντλίας κινείται επίσης με την βοήθεια της πίεσης λαδιού που παράγεται από την Σέρβο -αντλία και το λάδι που καταθλίβεται από την αντλία. Η άτρακτος του ρότορα του κινητήρα είναι συνδεδεμένη με το πιλοτικό καρούλι και η περιστροφική κίνηση μετατρέπεται σε δύναμη του καρουλιού.

Το Σέρβο - έμβολο είναι επίσης συνδεδεμένο με την λεκάνη της αντλίας και έτσι η κίνηση του εμβόλου μεταδίδεται στην αντλία. Ενώ το Σέρβο -έμβολο είναι συνδεδεμένο με την ανατροφοδότηση μέσω του μοχλού τροφοδοσίας επιστροφής, και η διαδρομή του εμβόλου αναδρά στην ανατροφοδότηση χιτωνίου.

Όταν το πιλοτικό καρούλι έχει εντολή να «σπρώξει», υδραυλική πίεση λαδιού οδηγείται προς τον χώρο Α της αντλίας (η συγκοινωνία μεταξύ Α και Β χώρων είναι κλειστή). Ο χώρος Β της αντλίας Ανοίγει για αποστράγγιση. Αναλόγως το σέρβο-έμβολο κινείται προς τα δεξιά και σταματά στην θέση όπου η ανάδραση κλείνει την δίοδο από τον χώρο Β στην αποστράγγιση. Δηλαδή το σέρβο-έμβολο σταματά στην θέση που αντιστοιχεί στην διαδρομή του πιλοτικού καρουλιού. Το σέρβο-έμβολο δίνει κλήση στην αντλία στην ίδια κατεύθυνση και με την ίδια γωνία που ορίζει η κίνηση στου πιλοτικού καρουλιού.

Όταν το πιλοτικό καρούλι έχει εντολή να «τραβήξει», λάδι υπό πίεση οδηγείται και στους δυο χώρους Α και Β. Καθώς η επιφάνεια άσκησης της πίεσης είναι μεγαλύτερη στον χώρο Β από ότι στον χώρο Α, το σέρβο-έμβολο κινείται προς τα αριστερά και σταματά στην θέση που το πιλοτικό καρούλι σταματά. Σε αυτή την θέση το πέρασμα του λαδιού από τον χώρο Γ προς την αποστράγγιση ανοίγει στον Β και το πέρασμα μεταξύ Α και Β είναι κλειστό.

Τέλος ένα ελατήριο είναι υπεύθυνο για να κρατάει την αντλία στην ουδέτερη θέση στην περίπτωση που καμία δύναμη δεν ασκείται από το πιλοτικό καρούλι. Επίσης το ελατήριο επιστρέφει το πιλοτικό καρούλι στην ουδέτερη θέση όταν η πηγή ελέγχου του κινητήρα ροπής αποτύχει και η αντλία επίσης γυρνάει στην ουδέτερη θέση.

Κινητήρας ροπής:

Ο κινητήρας ροπής παρέχεται προκειμένου να ελέγχει το πιλοτικό καρούλι και αποτελείται κύριος από το πλαίσιο όπου ο στάτορας είναι εγκατεστημένος, τον ρότορα με το τύλιγμα και του μαγνήτες προσκολλημένους στον άξονα του ρότορα, μια χειροκίνητη ασφαλιστική διάταξη με μοχλό, μια πινακίδα με ένδειξη της γωνίας κλίσης της αντλίας και είναι εγκατεστημένος στο πλαίσιο του υδραυλικού ρυθμιστή.

Διαφορικός μετασχηματιστής:

Ο διαφορικός μετασχηματιστής έχει σκοπό να ανιχνεύει την κίνηση του πιλοτικού καρουλιού και να αναδρά ηλεκτρικό σήμα της γωνίας κλίσης της αντλίας στο κιβώτιο ελέγχου. Ο μετασχηματιστής αυτός είναι εγκατεστημένος στο πλαίσιο του υδραυλικού ρυθμιστή.

Μονάδα Σέρβο-αντλίας:

Η μονάδα αυτή έχει σκοπό την παροχή λαδιού υπό πίεση στον υδραυλικό ρυθμιστή και στην OilBlock βαλβίδα και είναι εγκατεστημένη στην δεξαμενή ελαίου. Η σέρβο-αντλία συνδέεται με τον ηλεκτροκινητήρα μέσω ευέλικτων συνδέσμων και ξεκινά πριν την κύρια αντλία/κινητήρα.

Ανακουφιστική βαλβίδα για την Σέρβο-αντλία:

Η ανακουφιστική βαλβίδα είναι τοποθετημένη στην πολλαπλή της μονάδας βαλβίδων με σκοπό να ρυθμίζει την Σέρβο-πίεση.

Φίλτρο γραμμής:

Το εργαζόμενο λάδι ρέει από την είσοδο του φίλτρου από την σέρβο-αντλία και φιλτράρεται ενώ περνάει μέσα από τα στοιχεία του φίλτρου από μέσα προς τα έξω και φτάνει στην έξοδο, τότε επενεργεί ο υδραυλικός ρυθμιστής και η OilBlock βαλβίδα.

Το φίλτρο αποτελείται από το κάλυμμα με έναν εν δείκτη, μια ανακουφιστική βαλβίδα, τα στοιχεία του φίλτρου και μια βάνα αποστράγγισης.

Ενδείκτης φίλτρου:

Κατά το φιλτράρισμα, η επιφάνειες του φίλτρου μολύνονται από μικροσωματίδια και βρωμιές που παρασύρει το λάδι και η διαφορά της πίεσης εισαγωγής με αυτήν την πίεσης εξαγωγής αυξάνεται,

πράγμα το οποίο προκαλεί σφάλματα στην σέρβο-αντλία και στον υδραυλικό εξοπλισμό γενικά. Γι' αυτό και υπάρχει ο εν δείκτης φίλτρου, ώστε να είμαστε σε θέση να γνωρίζουμε την κατάσταση του φίλτρου πριν αυτό μπλοκάρει τελείως.

Ανακουφιστική βαλβίδα φίλτρου:

Όταν το φίλτρο δεν έχει καθαριστεί ή αντικατασταθεί παρά την ένδειξη στον εν δείκτη διαφοράς πίεσης, η ανακουφιστική βαλβίδα ανοίγει προκειμένου να μην γίνουν καταστροφές στο φίλτρο αλλά και στην όλη εγκατάσταση.

Μονάδα αντίστροφης ανάδρασης:

Αυτή η μονάδα είναι συνδεδεμένη μηχανικά με το οιακοστρόφιο με σκοπό να αναδρά ηλεκτρικό σήμα της πραγματικής γωνίας πηδαλίου πίσω στο τιμόνι της γέφυρας. Αυτή η μονάδα συνήθως παρέχεται από τον κατασκευαστή του αυτόματου πιλότου.

Οριοθέτης γωνίας πηδαλίου:

Η συγκεκριμένη διάταξη παρέχεται στα συστήματα πηδαλιουχίσεως με σκοπό την ακαριαία παύση της κίνησης του πηδαλίου ακυρώνοντας το ηλεκτρικό σήμα του κινητήρα ροπής και απενεργοποιώντας την ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα, στην περίπτωση που για οποιονδήποτε λόγο το πηδάλιο κινηθεί έξω από τα όρια γωνίας που ορίζει ο κατασκευαστής (κατά κανόνα είναι οι 35 μοίρες).

Οι οροθετικοί διακόπτες (limit switches) είναι τοποθετημένοι ανάμεσα στους απέναντι μεταξύ τους υδραυλικούς κυλίνδρους και ενεργοποιούνται από την κίνηση του εμβόλου.

Κεφάλαιο 3

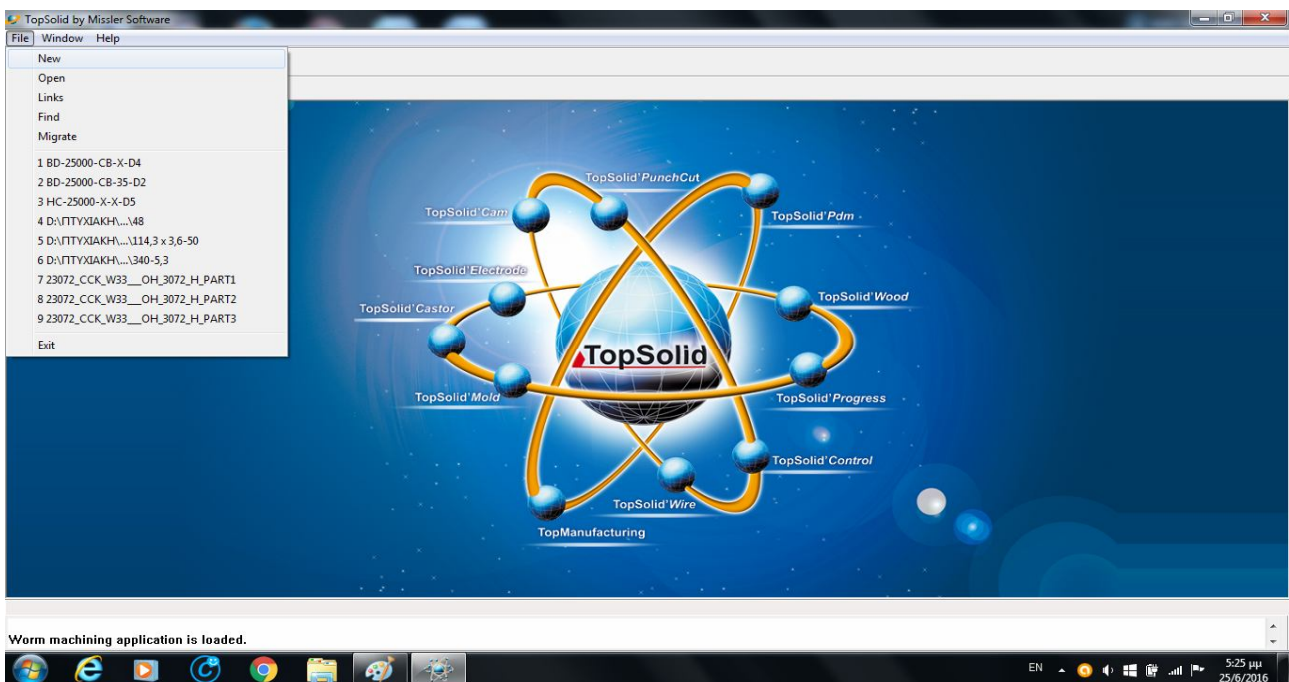
3D ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

3.1 Κατεργασία σε τόρνο.

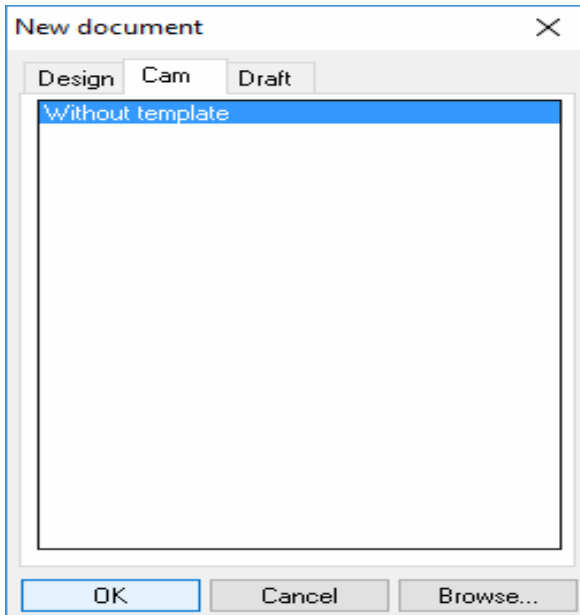
Για να κατασκευαστεί ένα εξάρτημα σε τόρνο, στο πρόγραμμα TopSolid ακολουθείτε η σειρά όπως στις παρακάτω εικόνες.



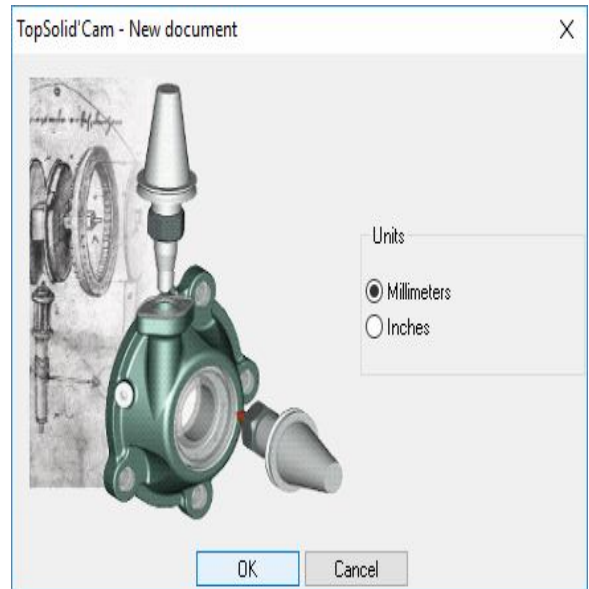
Εικόνα 3.1 Άνοιγμα προγράμματος TopSolid.



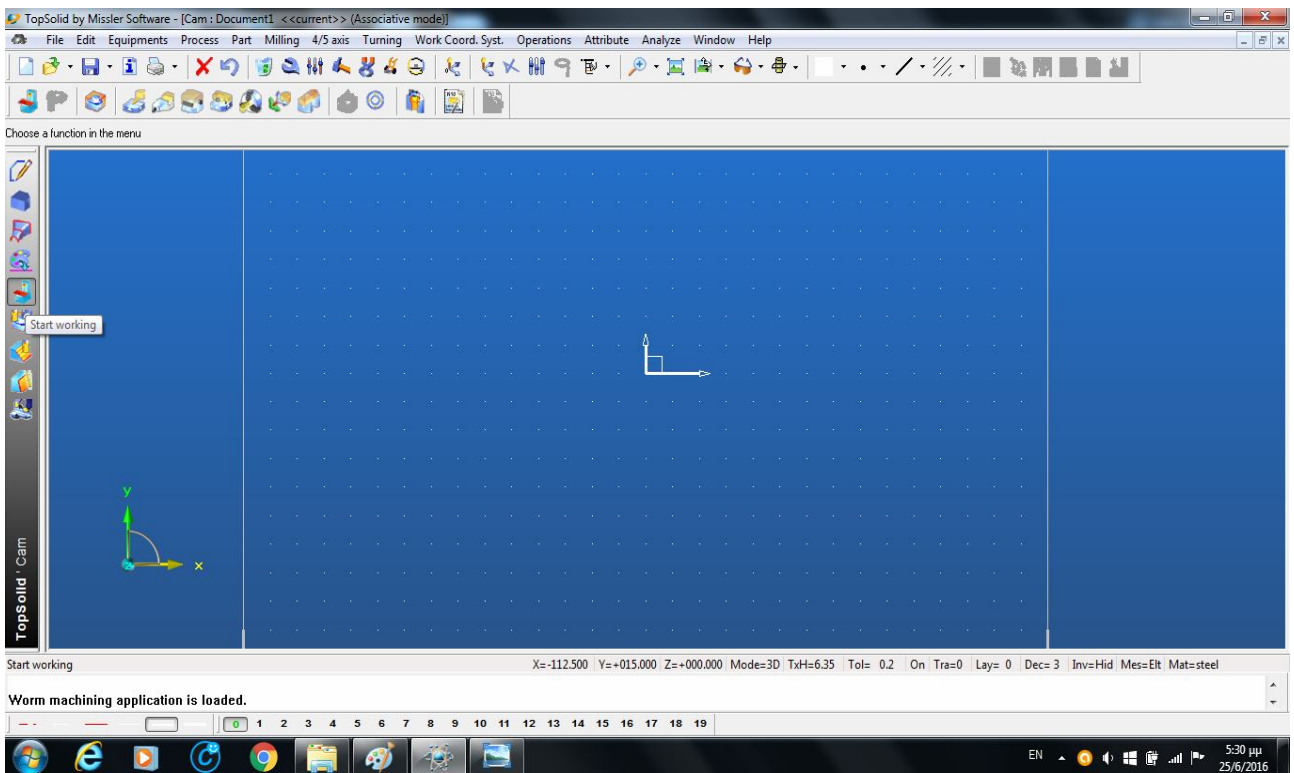
Εικόνα 3.2 Επιλογή File και στη συνέχεια New.



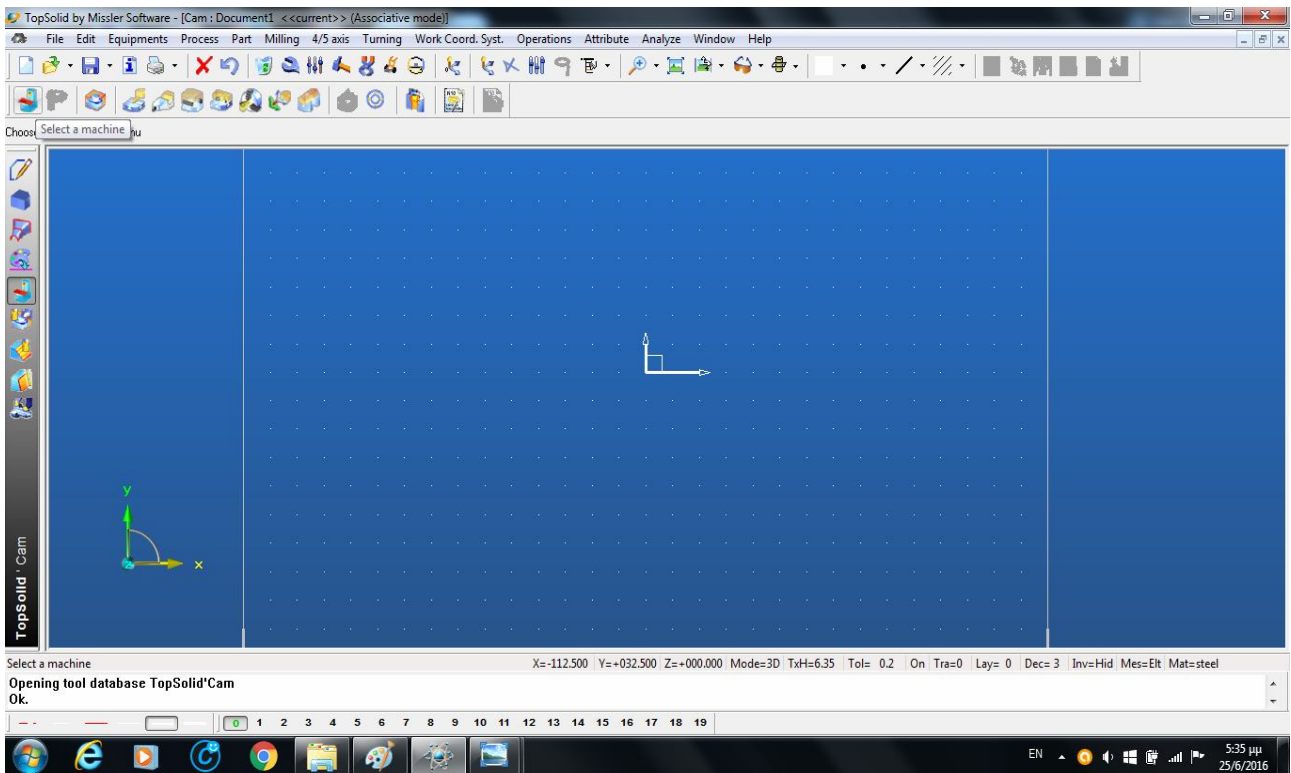
Εικόνα 3.3 Επιλογή κατεργασίας.



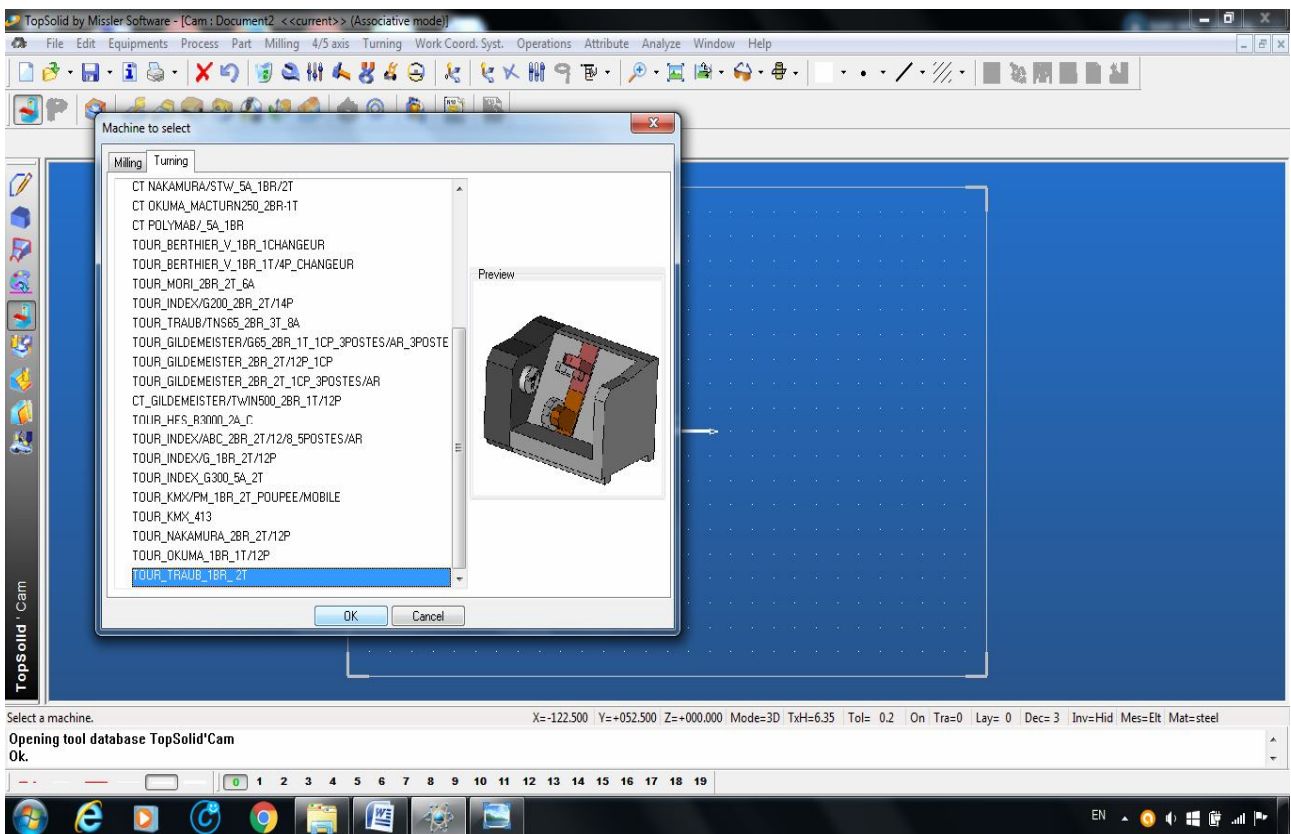
Εικόνα 3.4 Επιλογή μονάδας μέτρησης.



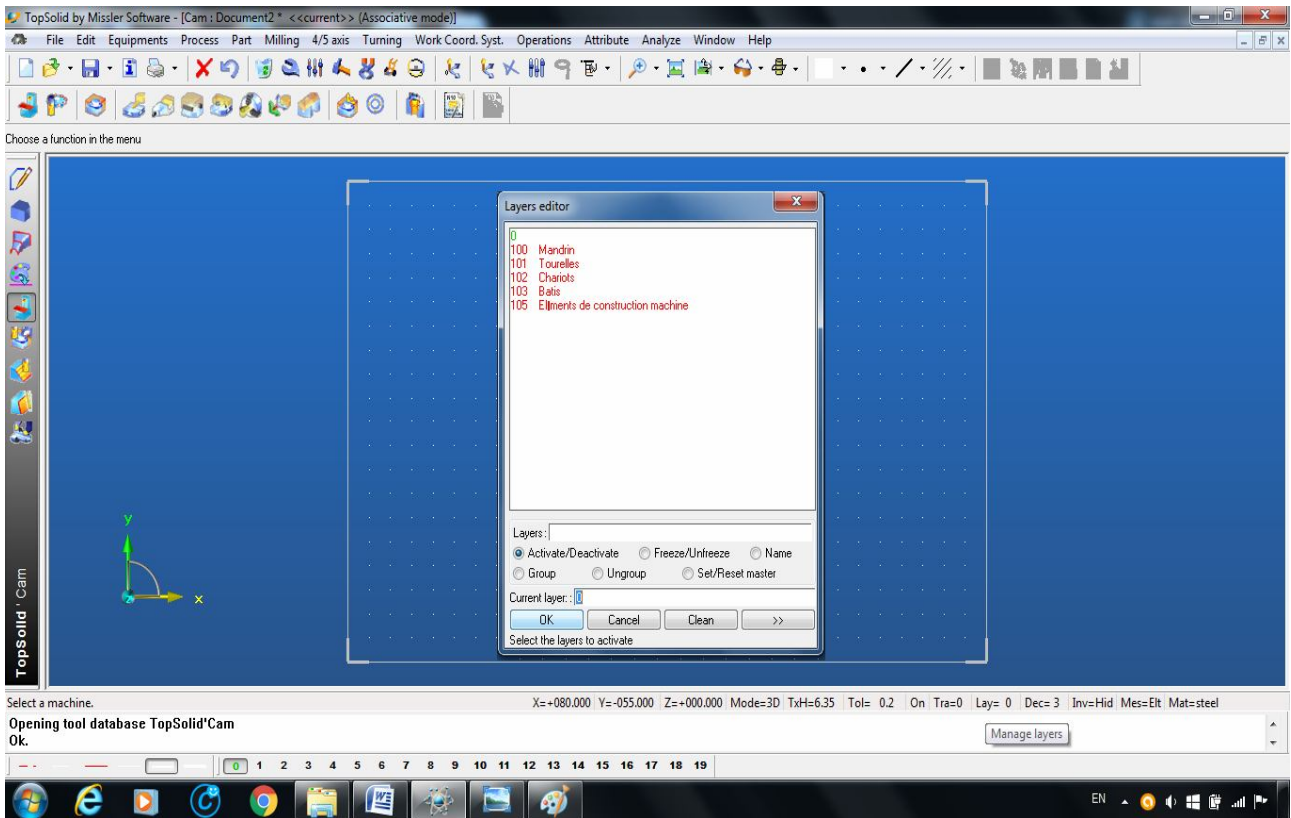
Εικόνα 3.5 Εμφάνιση επιφάνειας εργασίας προγράμματος και επιλογή Start Working.



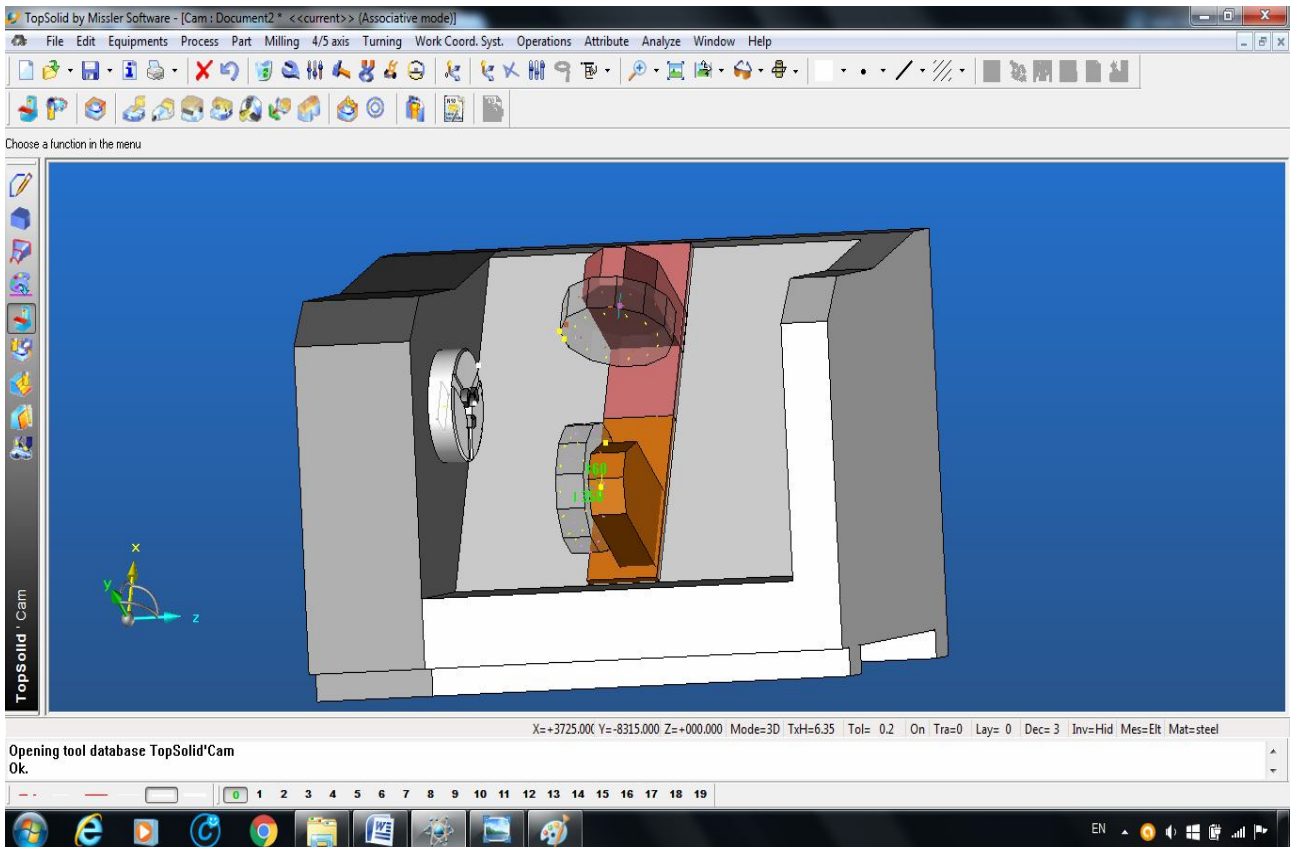
Εικόνα 3.6 Κουμπι επιλογής μηχανήματος.



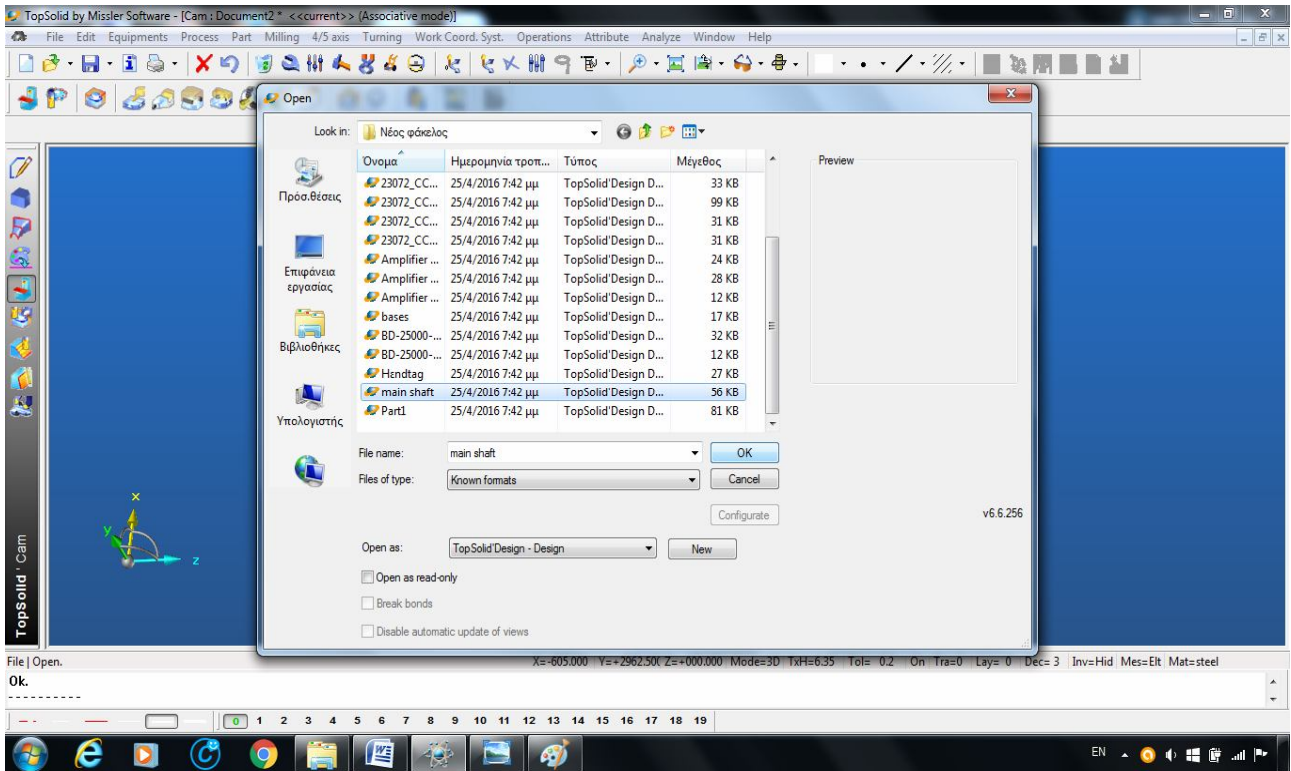
Εικόνα 3.7 Επιλέγεται το μηχανήμα το οποίο επιθυμείται.



Εικόνα 3.8 Επιλέγονται τα εξαρτήματα της εργαλειομηχανής προς εμφάνιση και στη συνέχεια OK.

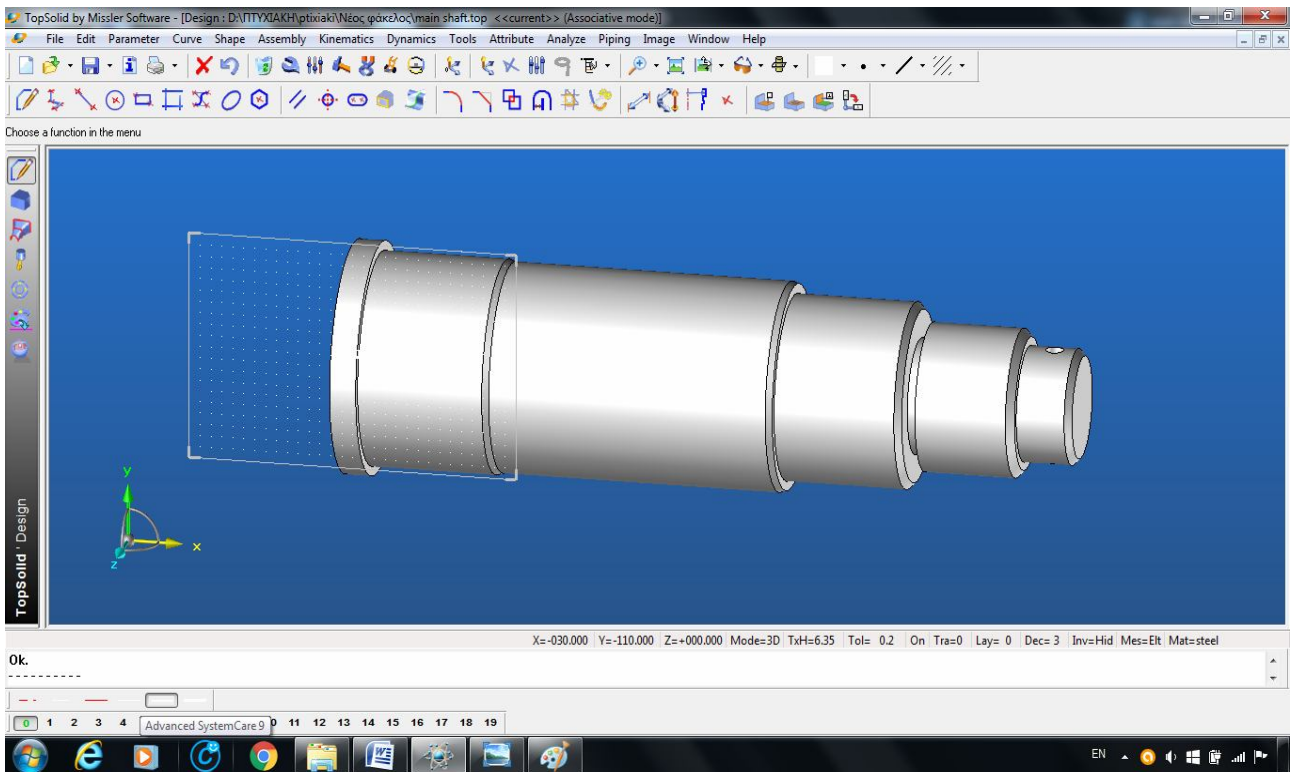


Εικόνα 3.9 Εμφάνιση του τόρνου.

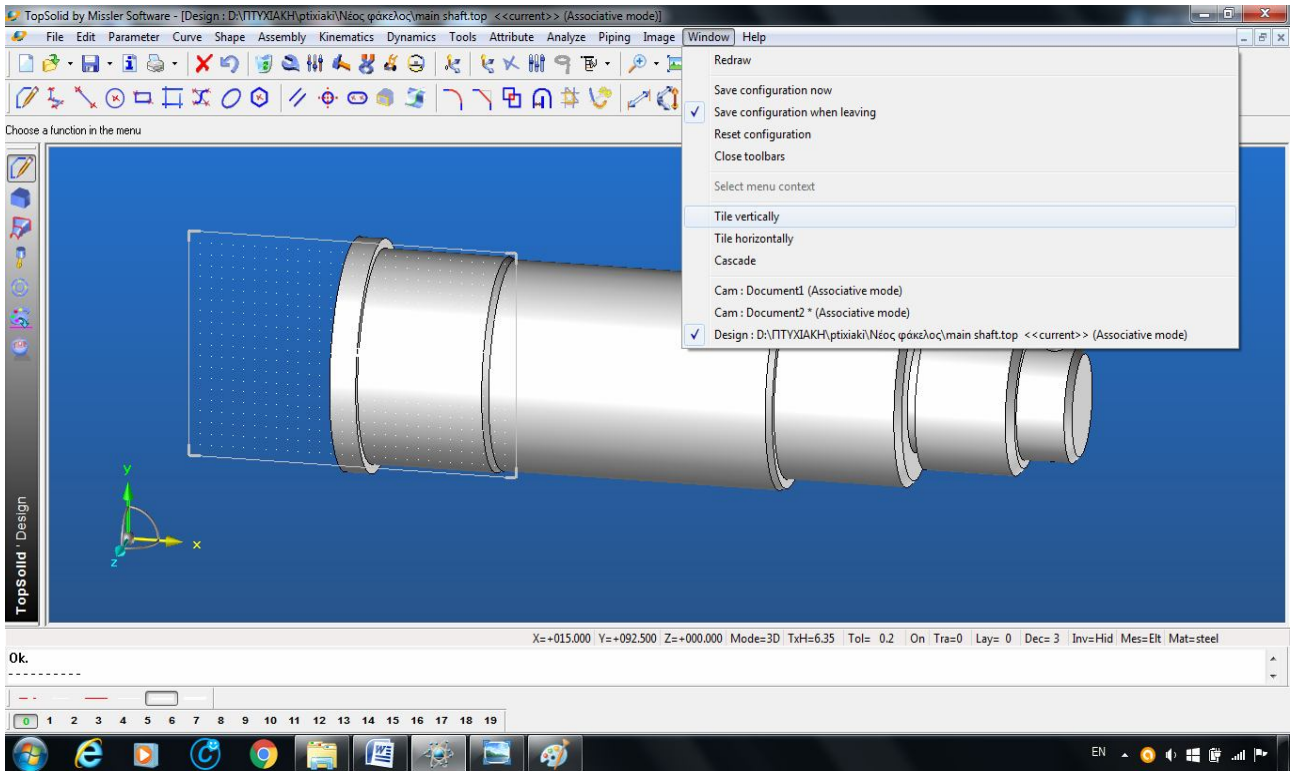


Εικόνα 3.10 Επιλέγεται File-Open για την επιλογή του εξαρτήματος προς καταργασία και στη συνέχεια OK.

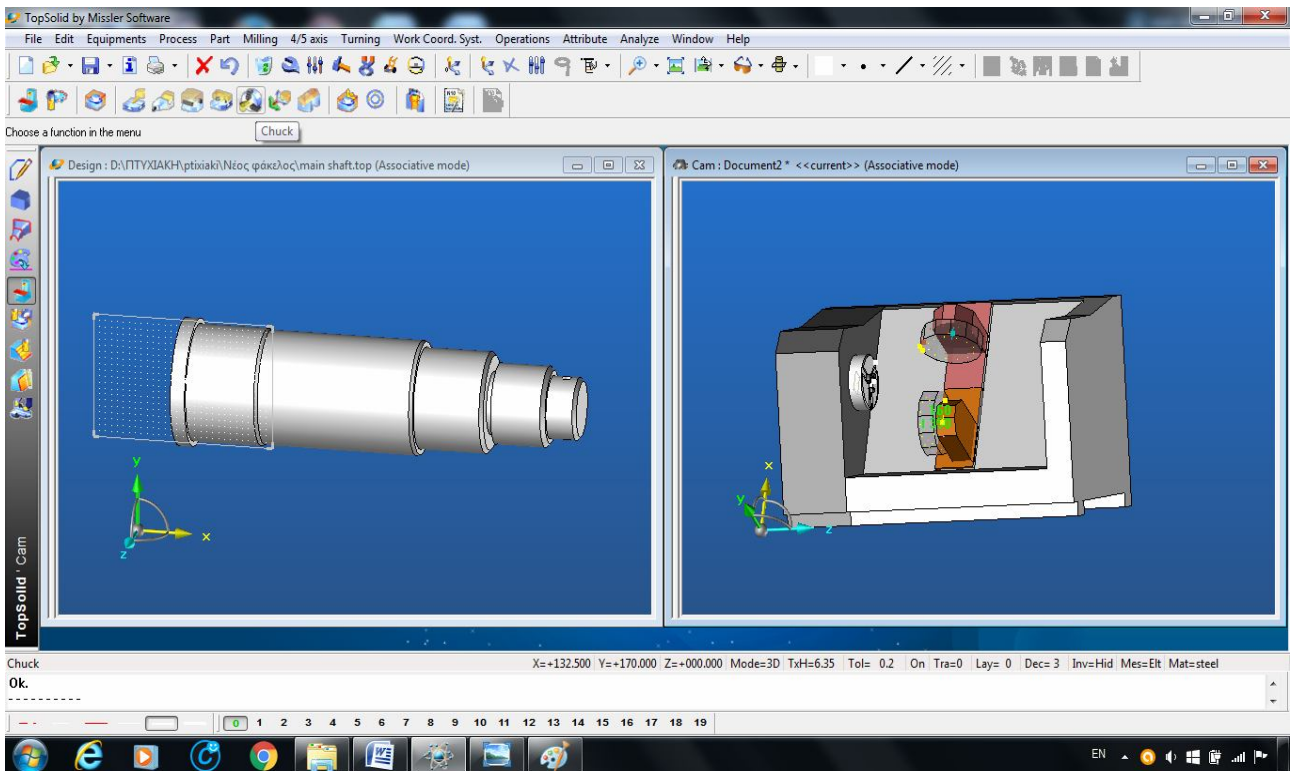
Το εξάρτημα το οποίο επιλέγεται είναι ο κεντρικός άξονας ηλεκτροϋδραυλικού πηδαλίου πλοίου.



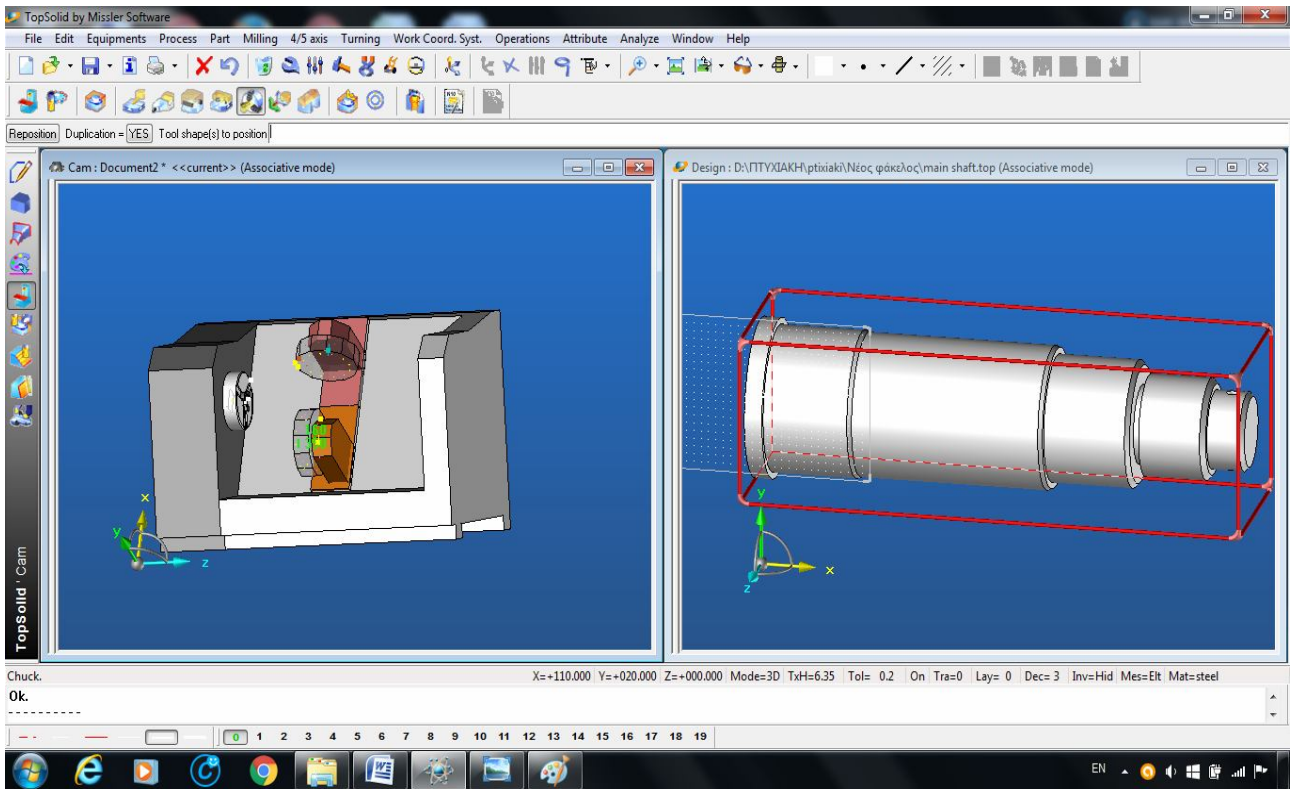
Εικόνα 3.11 Εμφάνιση εξαρτήματος προς καταργασία.



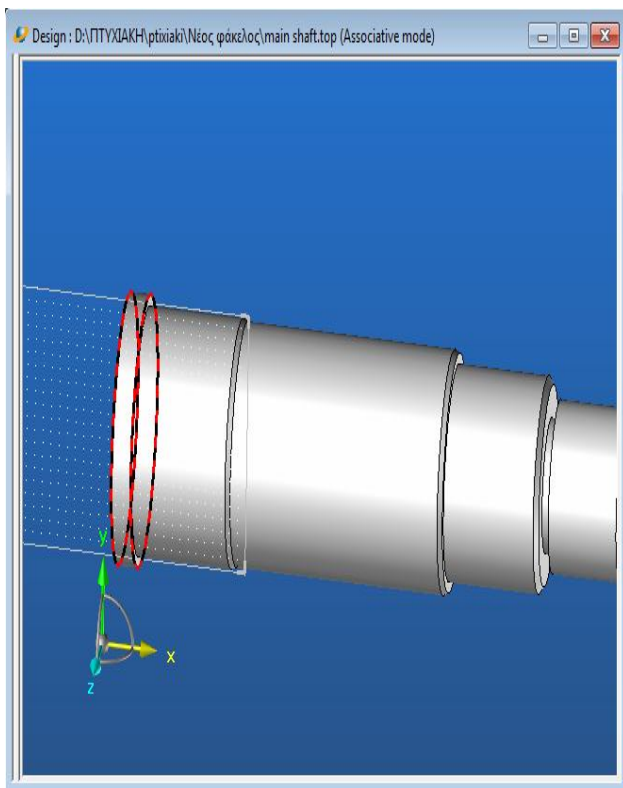
Εικόνα 3.12 Window-Tile vertically για εμφάνιση των παραθύρων σε παράθεση.



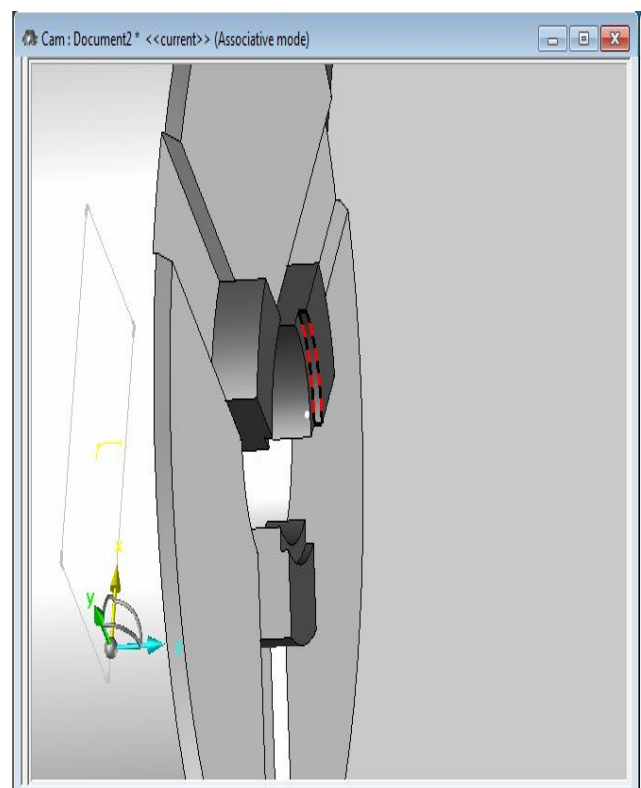
Εικόνα 3.13 Κλικ στην επιλογή Chuck για την τοποθέτηση του εξαρτήματος στον σφιγκτήρα.



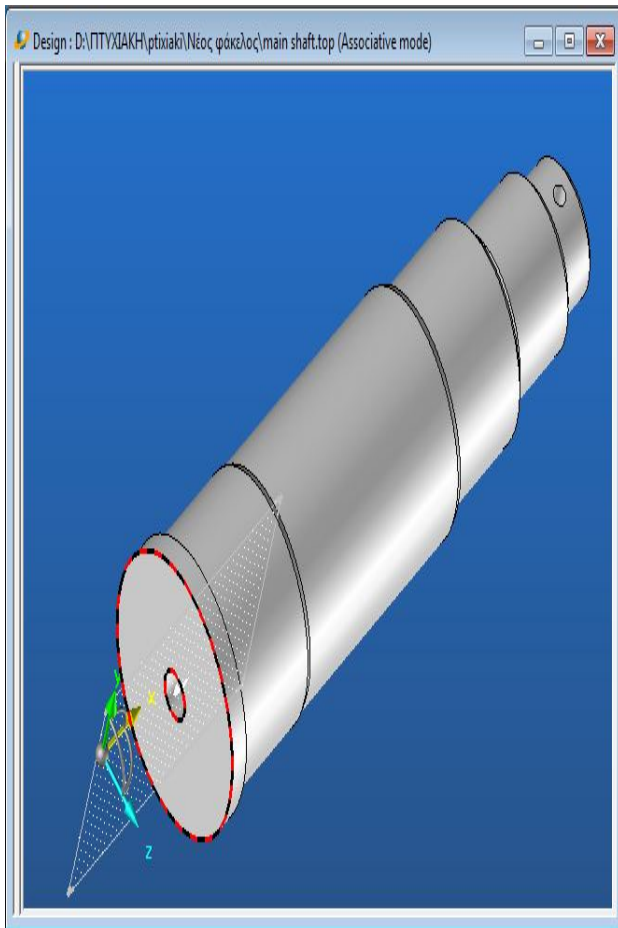
Εικόνα 3.14 Επιλογή του εξαρτήματος προς τοποθέτηση στο σφιγκτήρα.



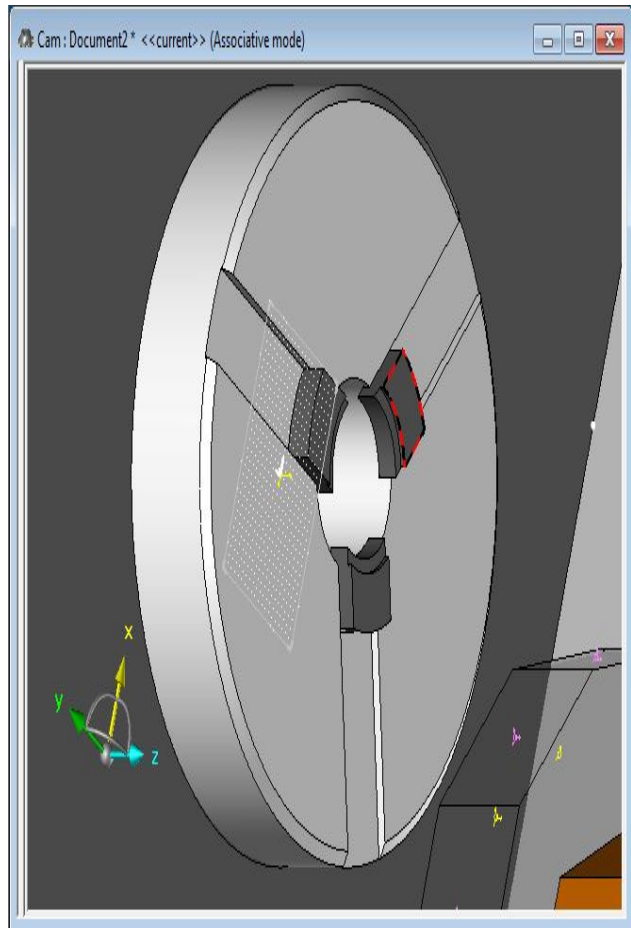
Εικόνα 3.15 Επιλογή επιφάνειας προς σφίξιμο.



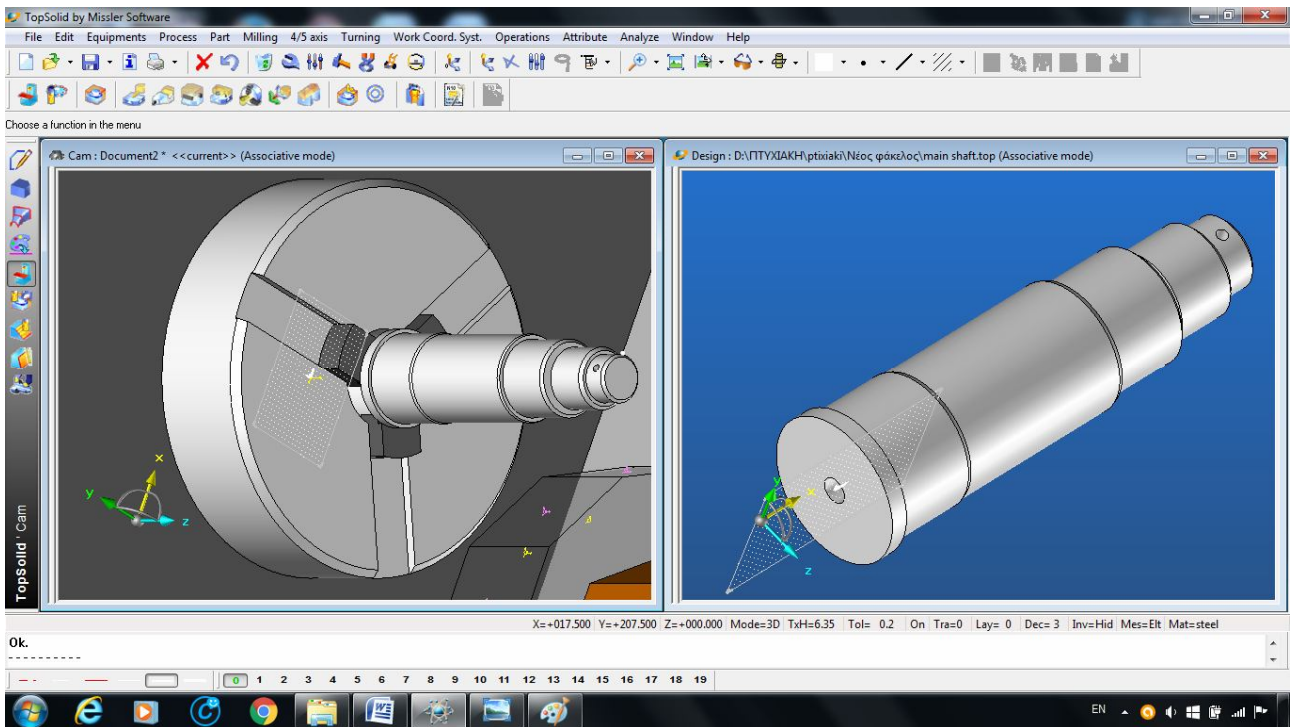
Εικόνα 3.16 Θέση επιφάνειας στο σφιγκτήρα.



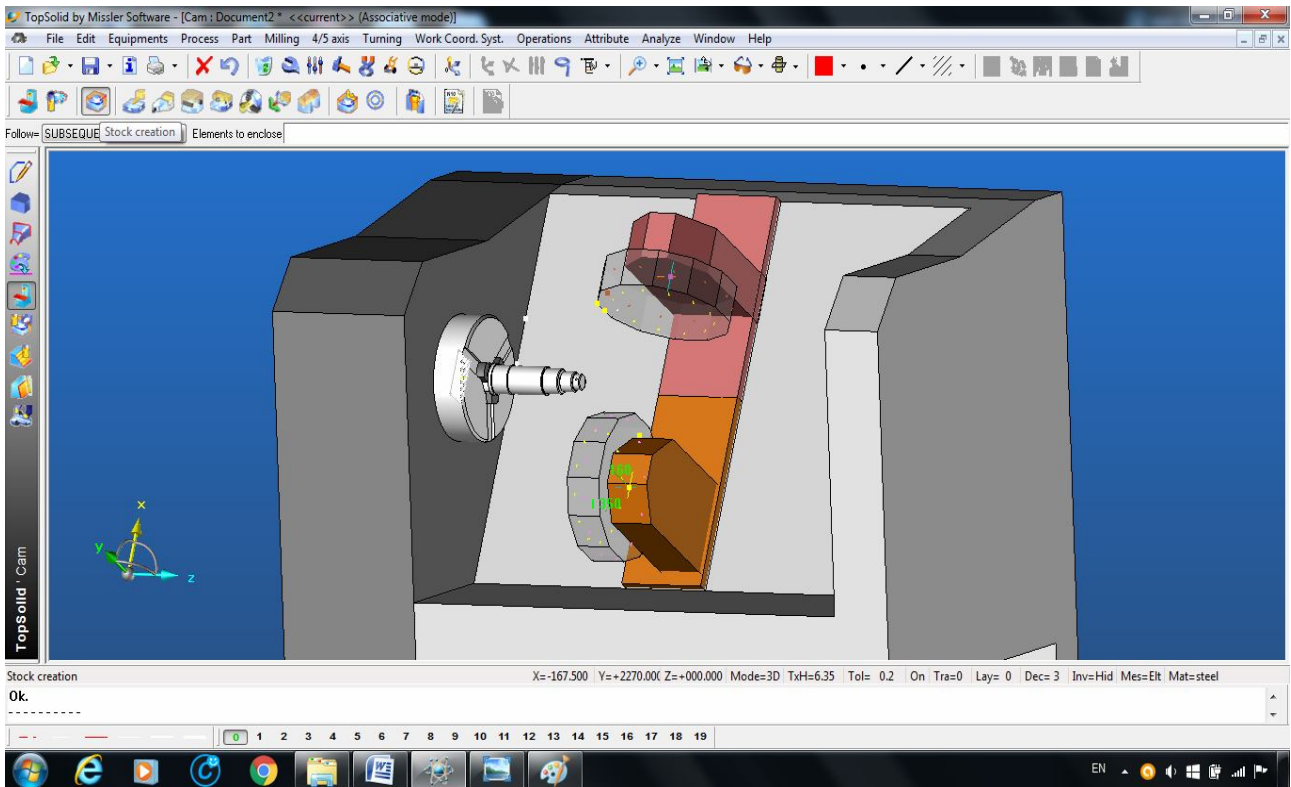
Εικόνα 3.17 Επιλογή της τελικής επιφάνειας.



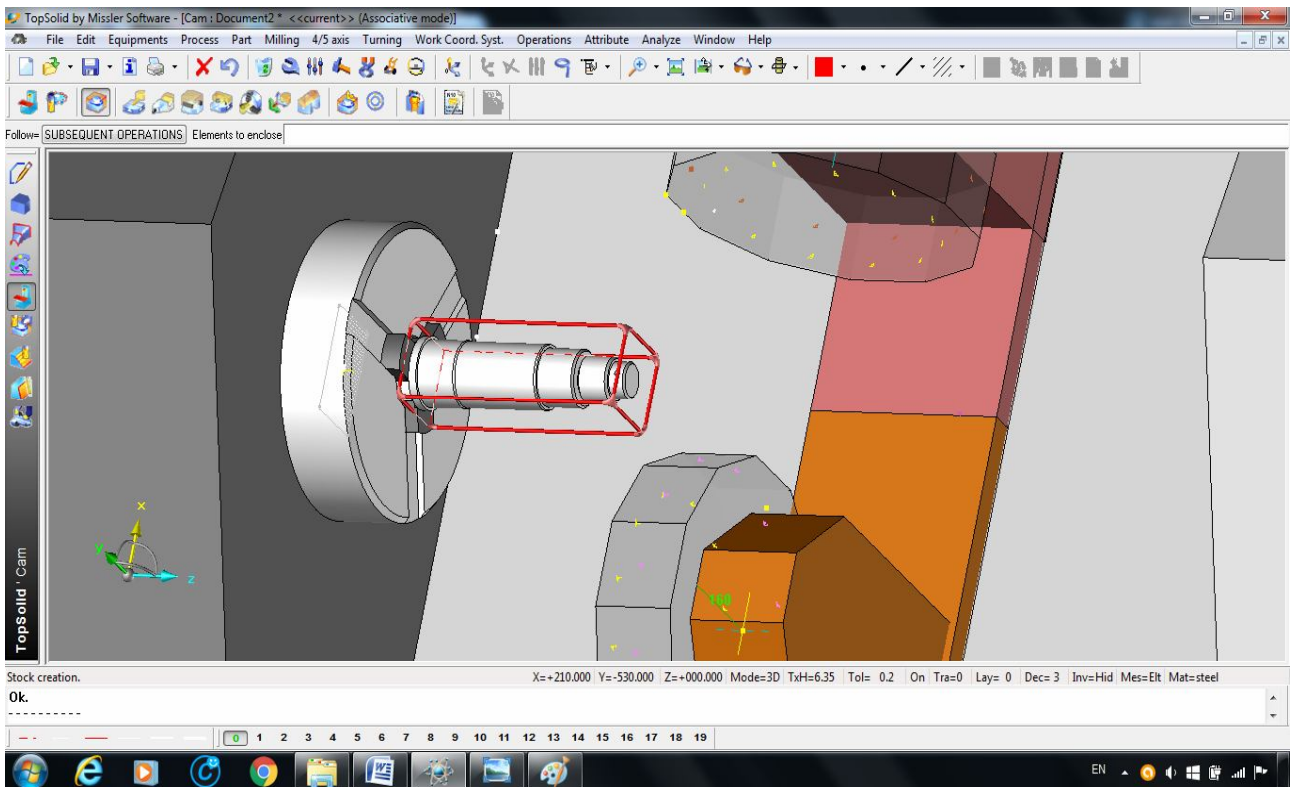
Εικόνα 3.18 Θέση της τελικής επιφάνειας.



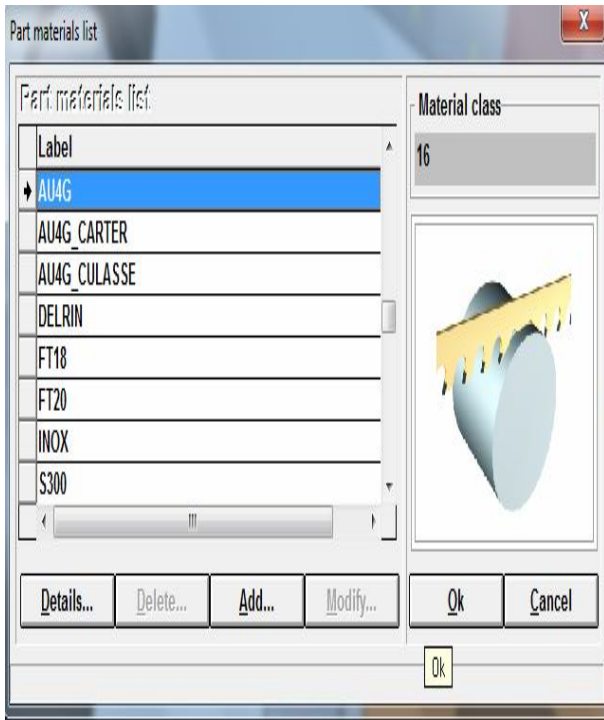
Εικόνα 3.19 Τοποθέτηση εξαρτήματος στον σφιγκτήρα.



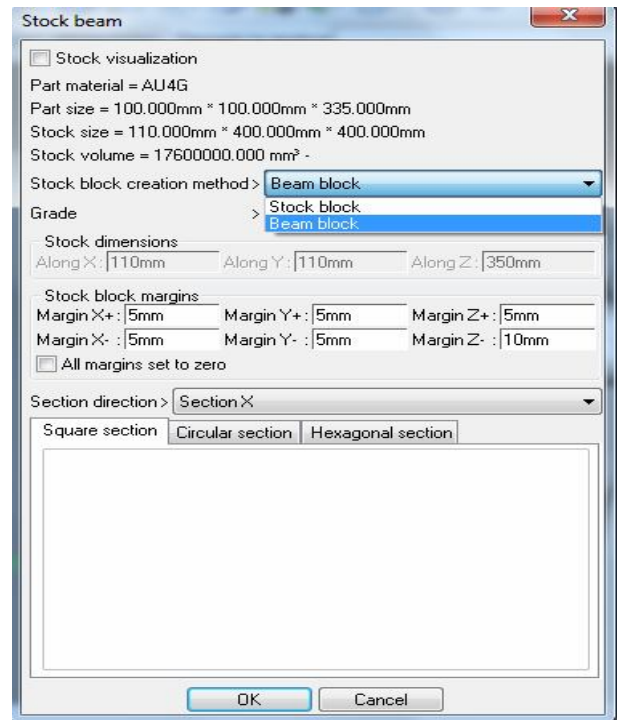
Εικόνα 3.20 Για την περίκλιση του εξαρτήματος με κάποιο υλικό επιλέγεται Stock Creation.



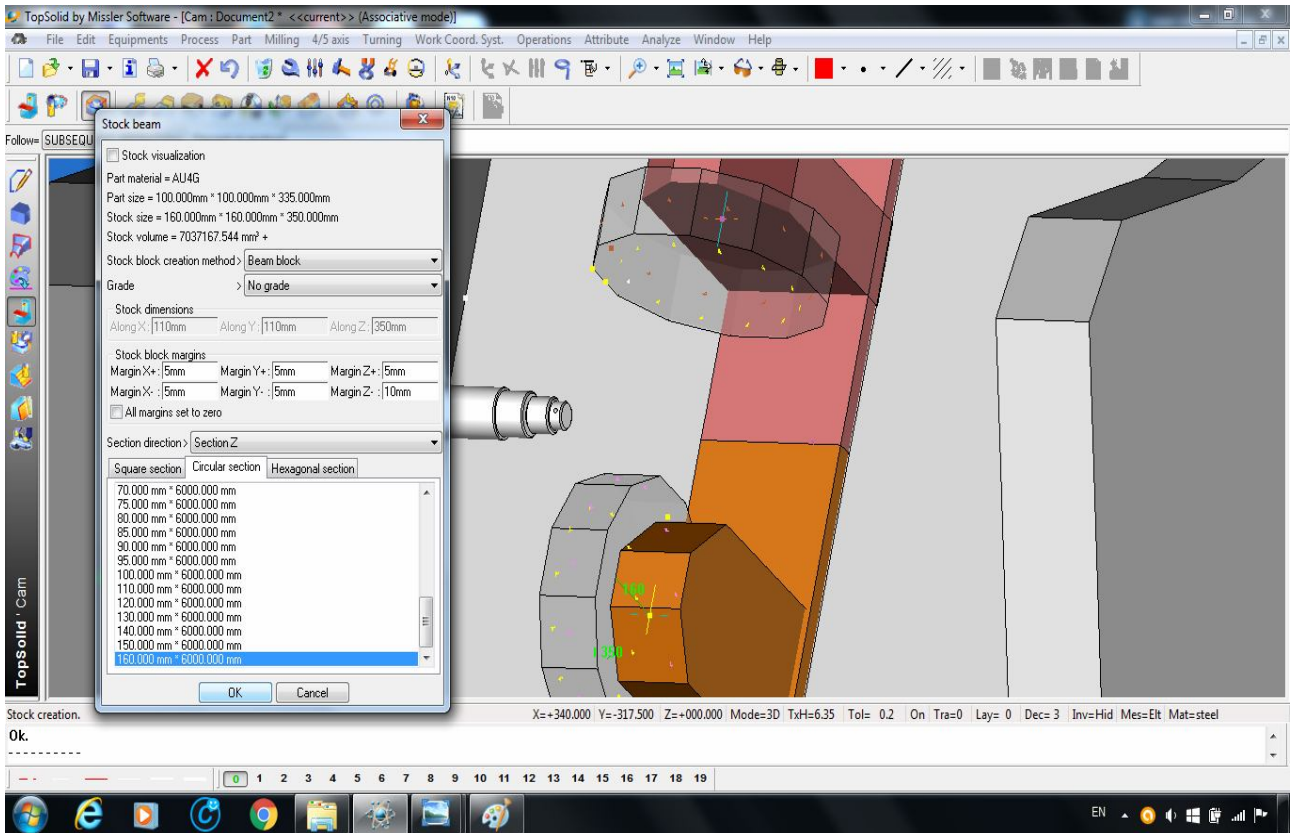
Εικόνα 3.21 Επιλέγεται το εξάρτημα που θα περιβάλλεται από μασίφ υλικό.



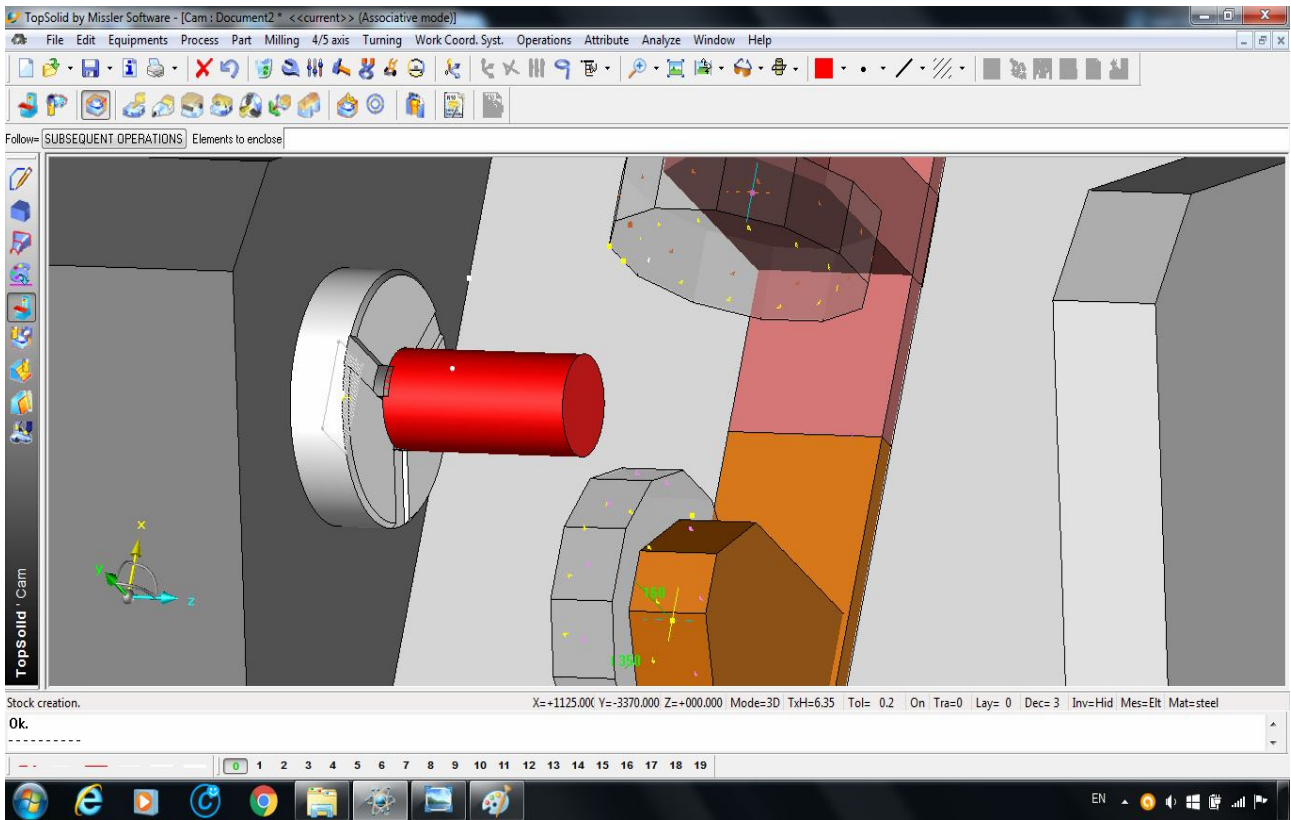
Εικόνα 3.22 Επιλογή υλικού εξαρτήματος.



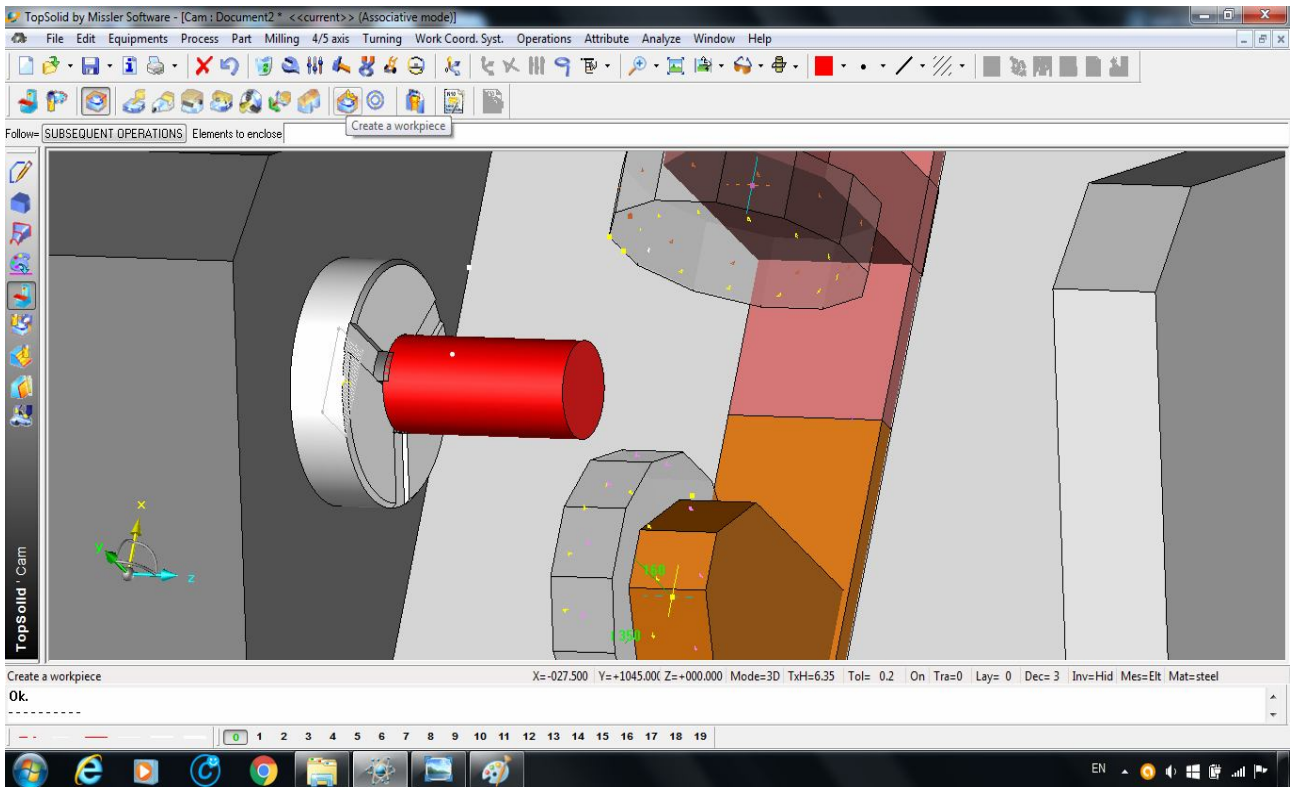
Εικόνα 3.23 Επιλογή κορμού σε σχήμα δοκού.



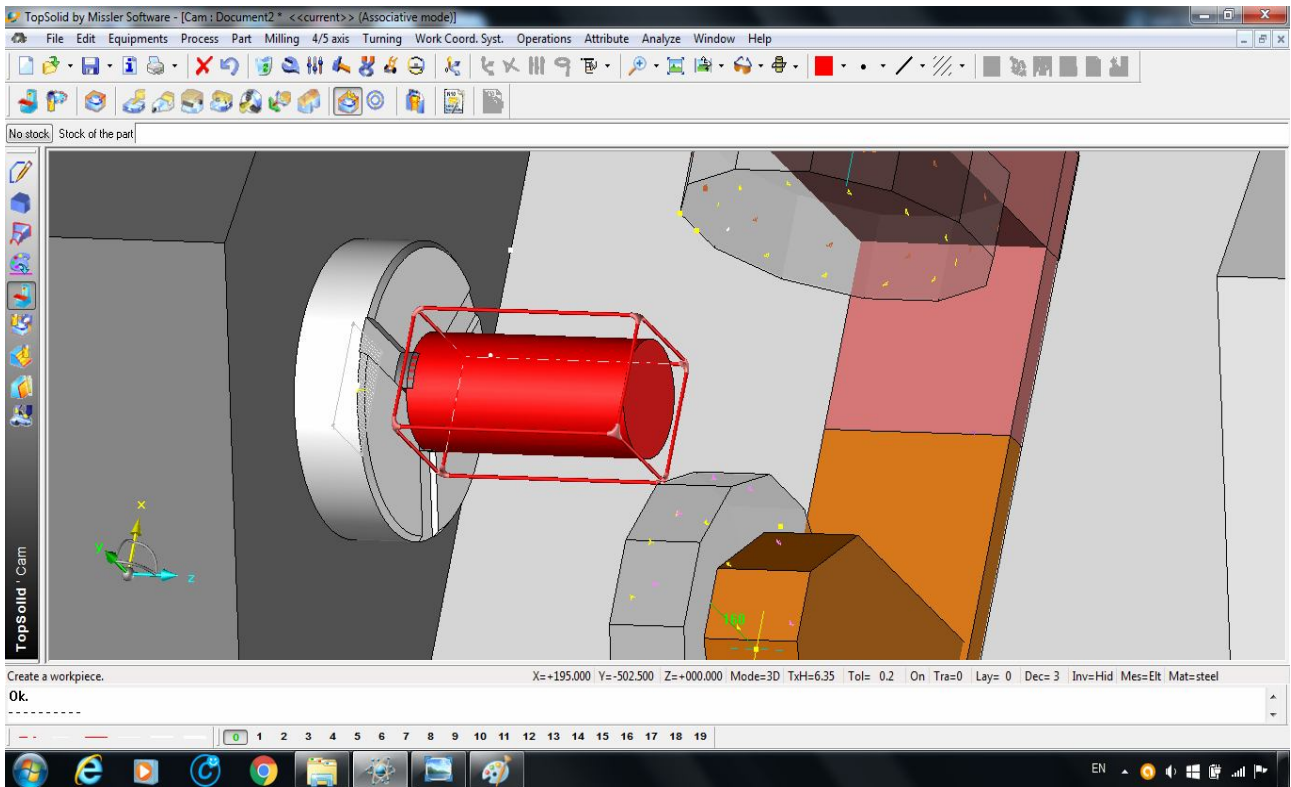
Εικόνα 3.24 Επιλέγεται κυλινδρική τομή ως προς τον άξονα Z και στη συνέχεια OK.



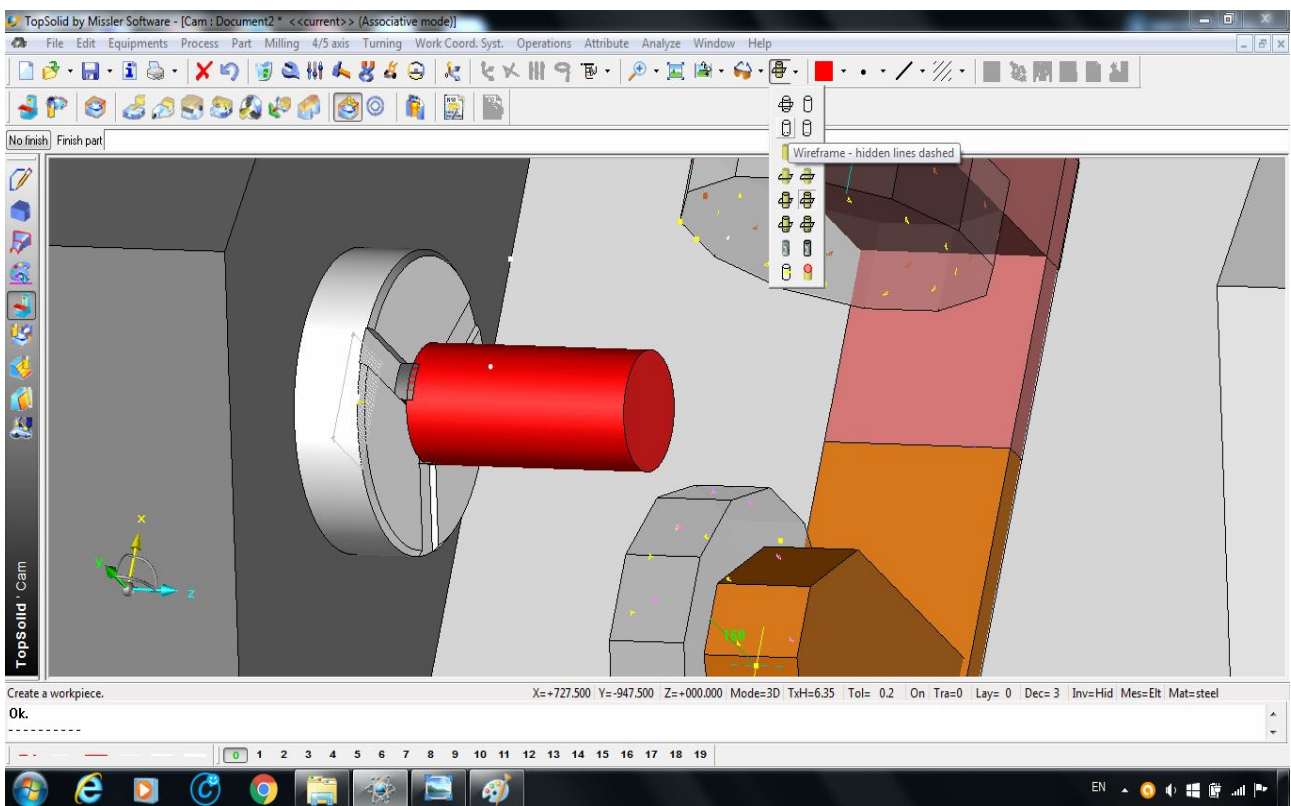
Εικόνα 3.25 Εμφάνιση ακατέργαστου υλικού.



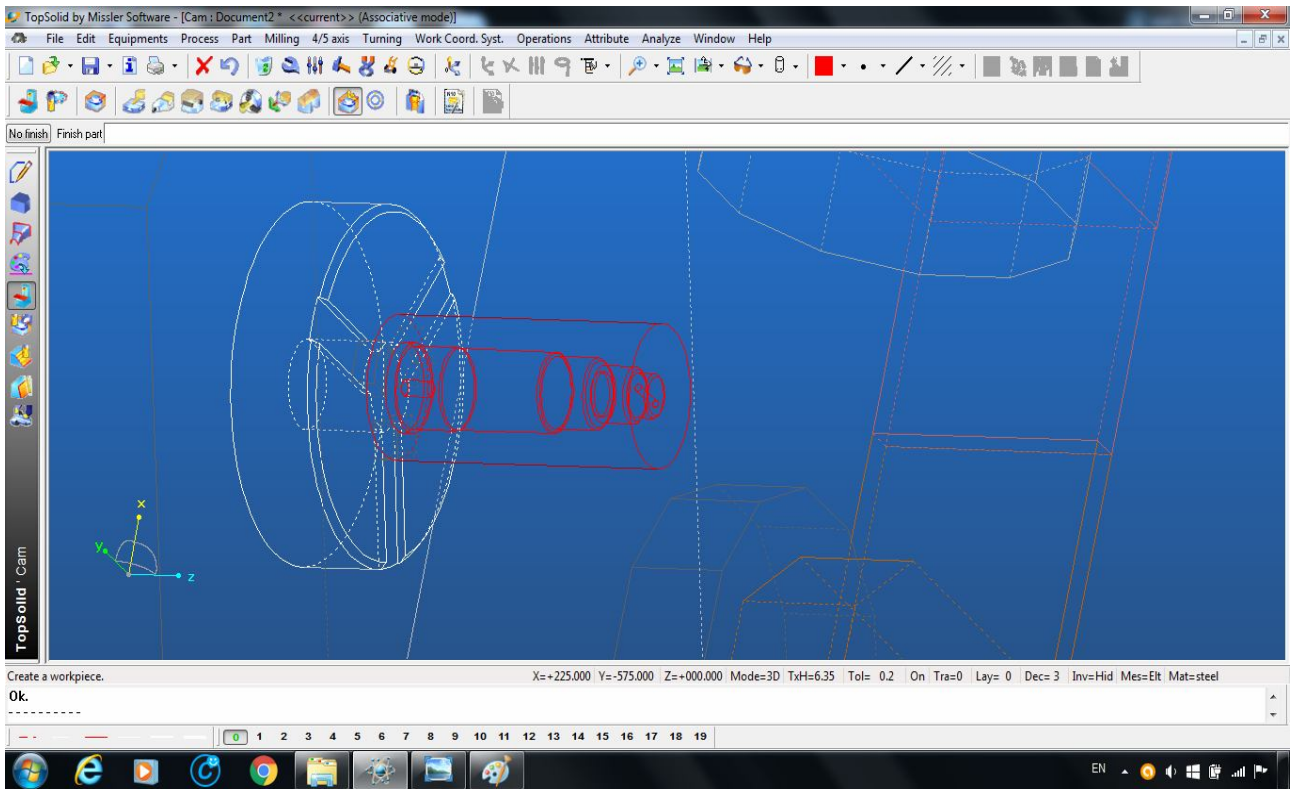
Εικόνα 3.26 Για την δημιουργία κατεργασίας επιλέγεται το πλήκτρο Create a workpiece.



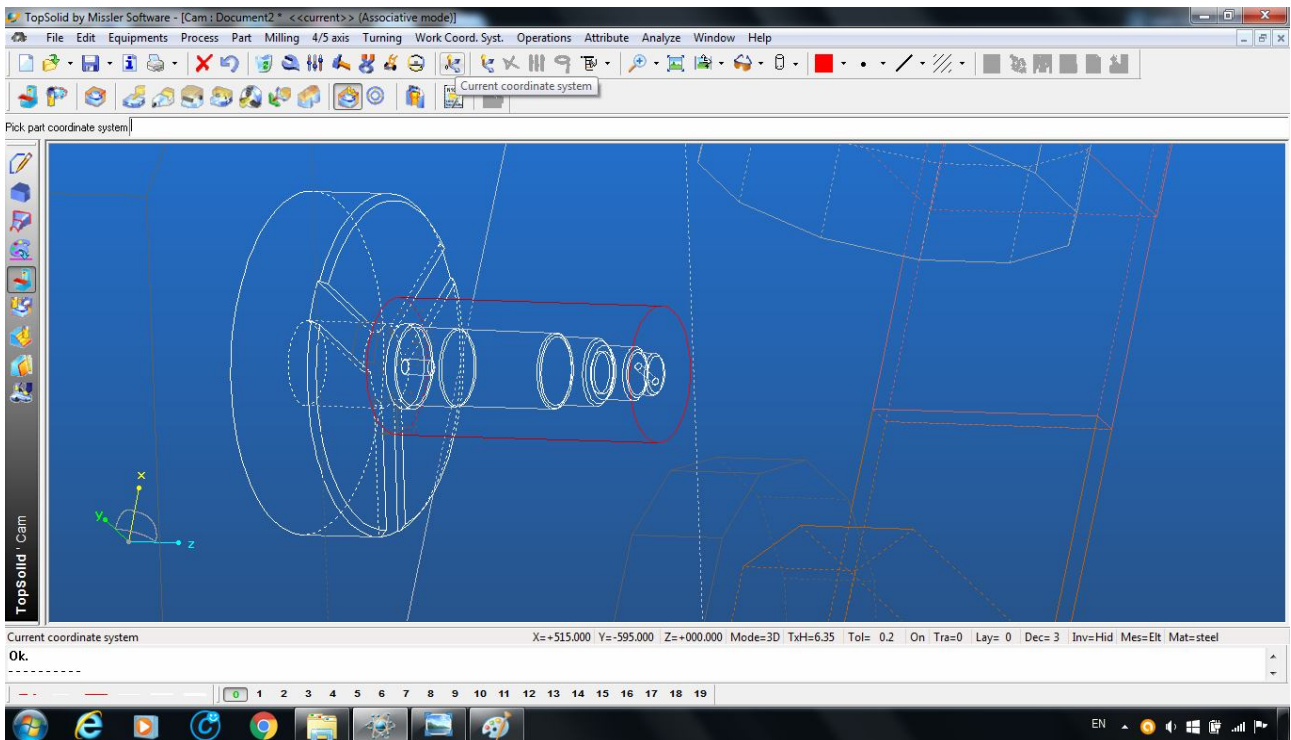
Εικόνα 3.27 Επιλογή υλικού προς καταργασία.



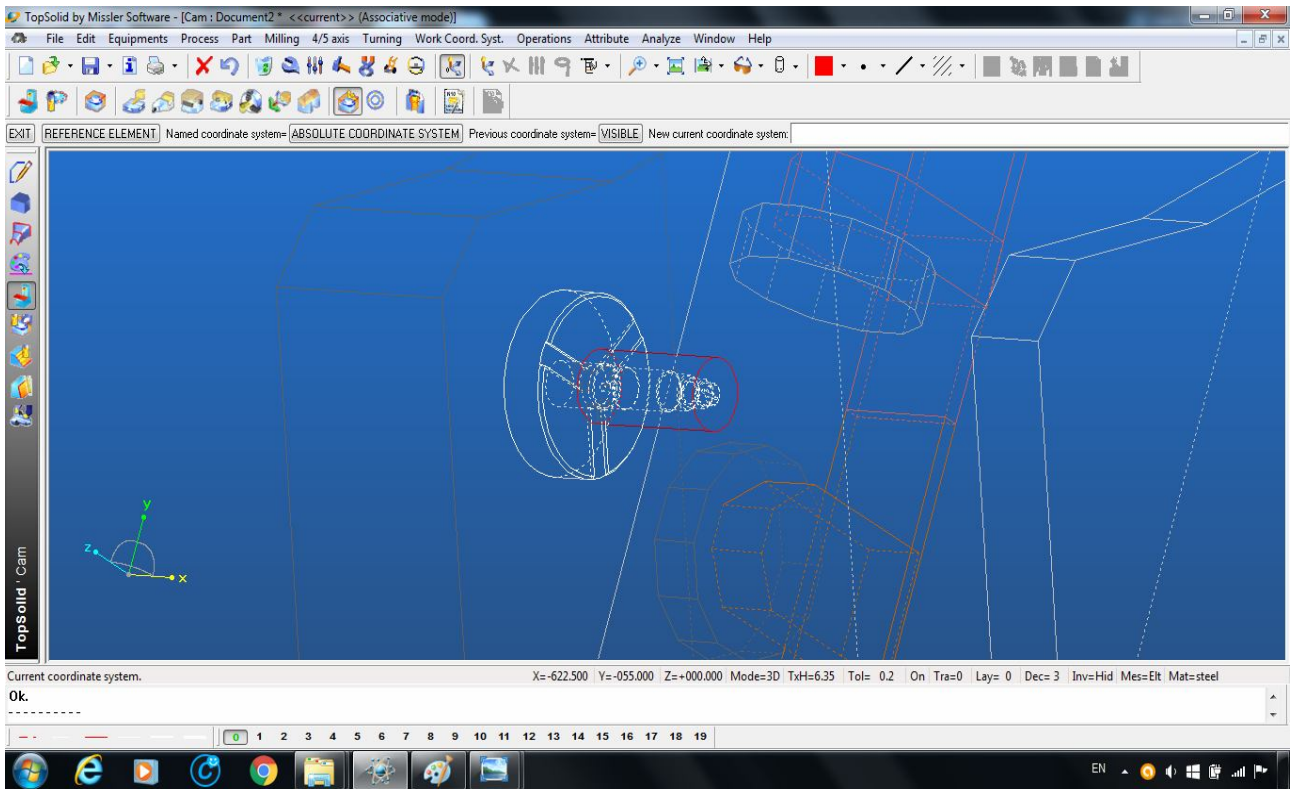
Εικόνα 3.28 Επιλέγεται πλαίσιο κεκρυμμένων διακεκομμένων γραμμών για την εμφάνιση του τελικού μέρους κατασκευής.



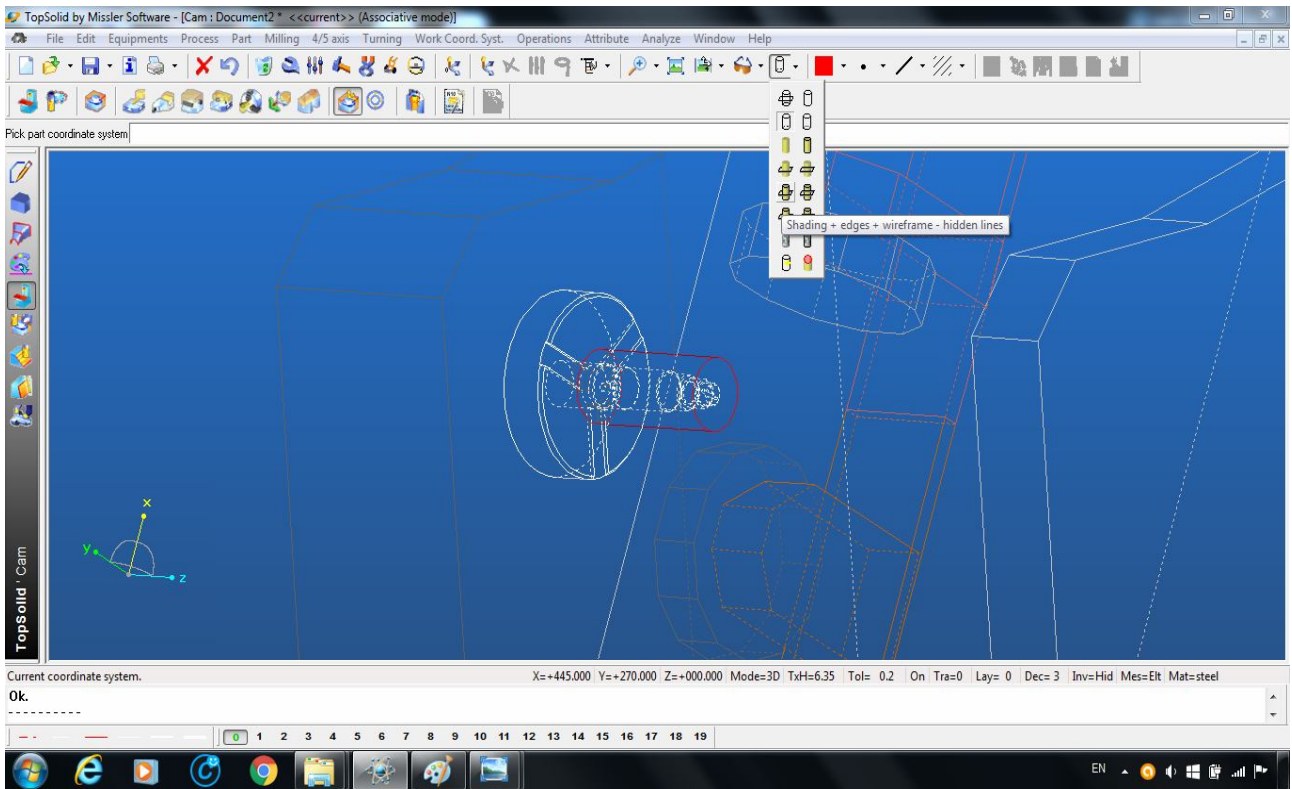
Εικόνα 3.29 Εμφάνιση και επιλογή τελικού κομματιού.



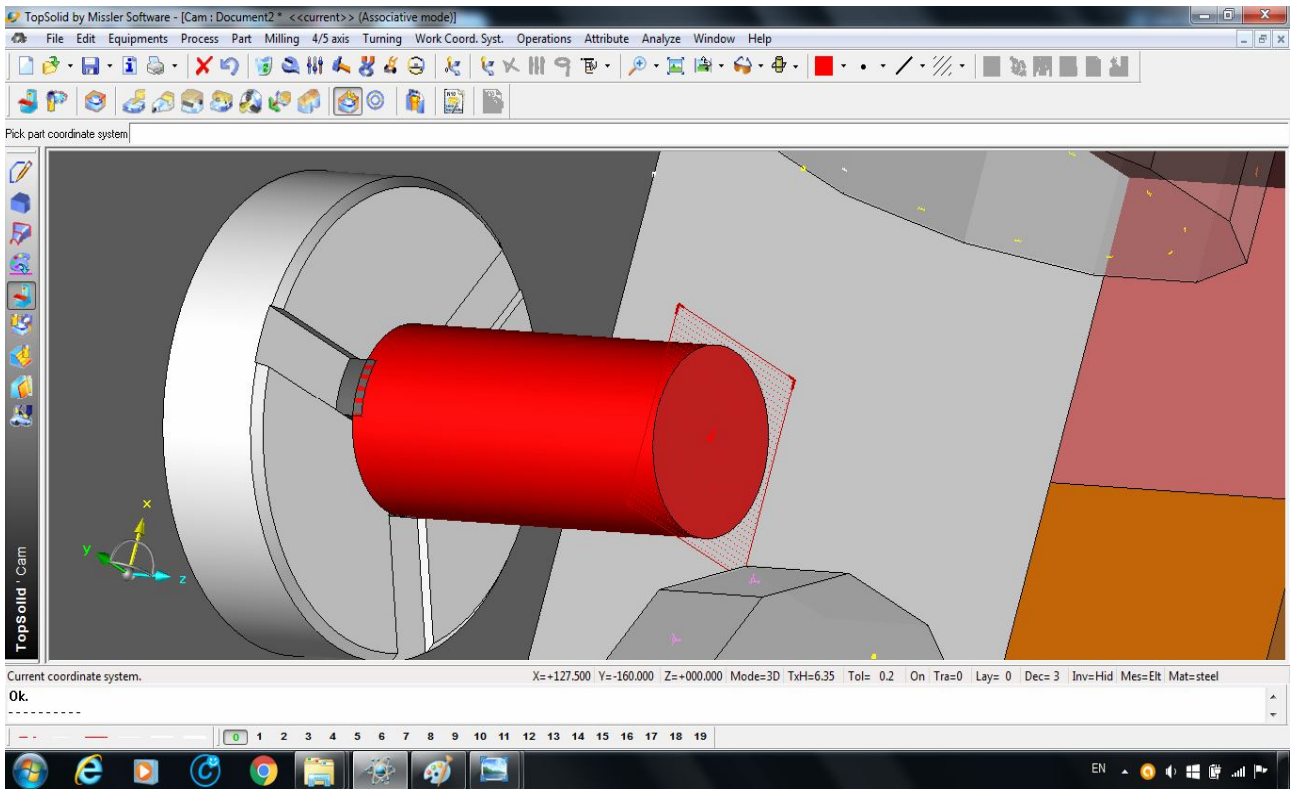
Εικόνα 3.30 Κουμπί επιλογής συντεταγμένων σημείου εκκίνησης προς επεξεργασία.



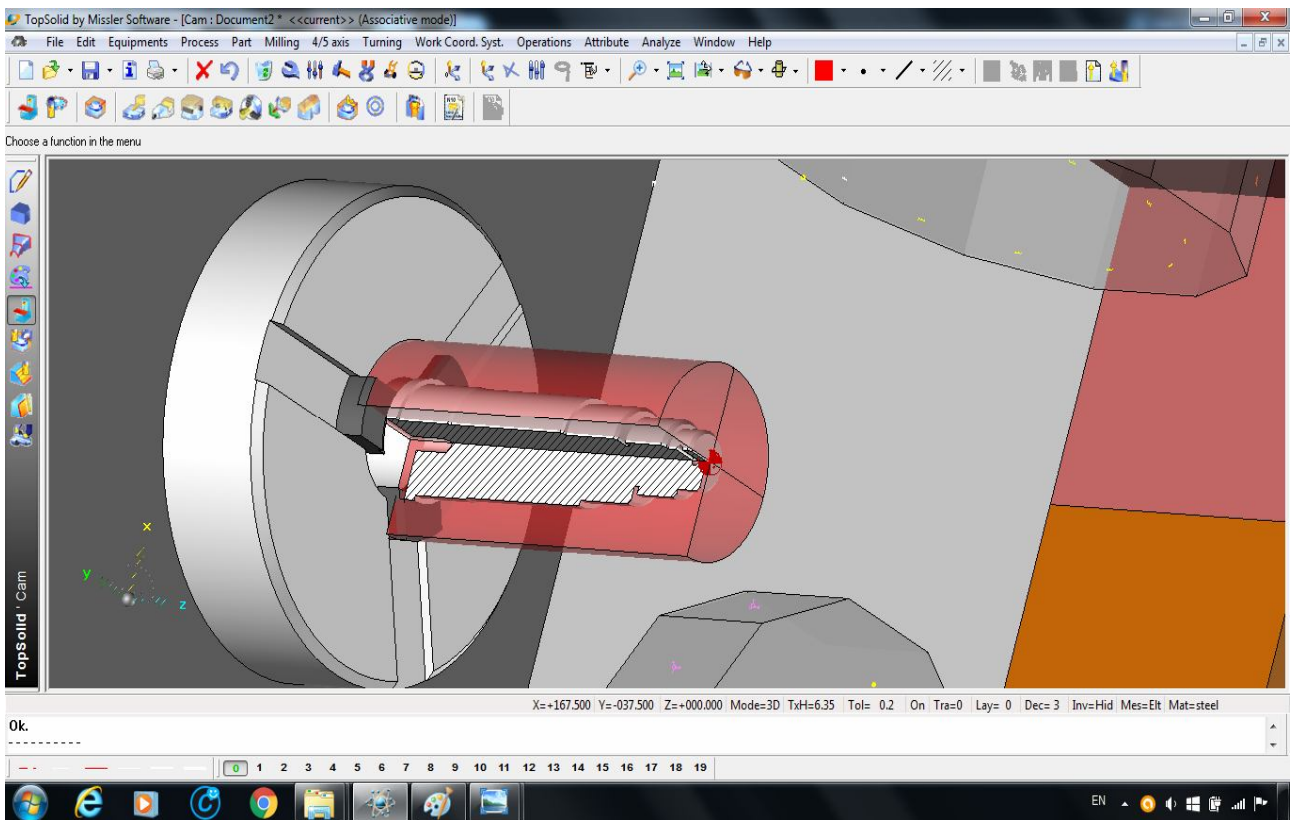
Εικόνα 3.31 Επιλογή συντεταγμένων σημείου εκκίνησης προς επεξεργασία.



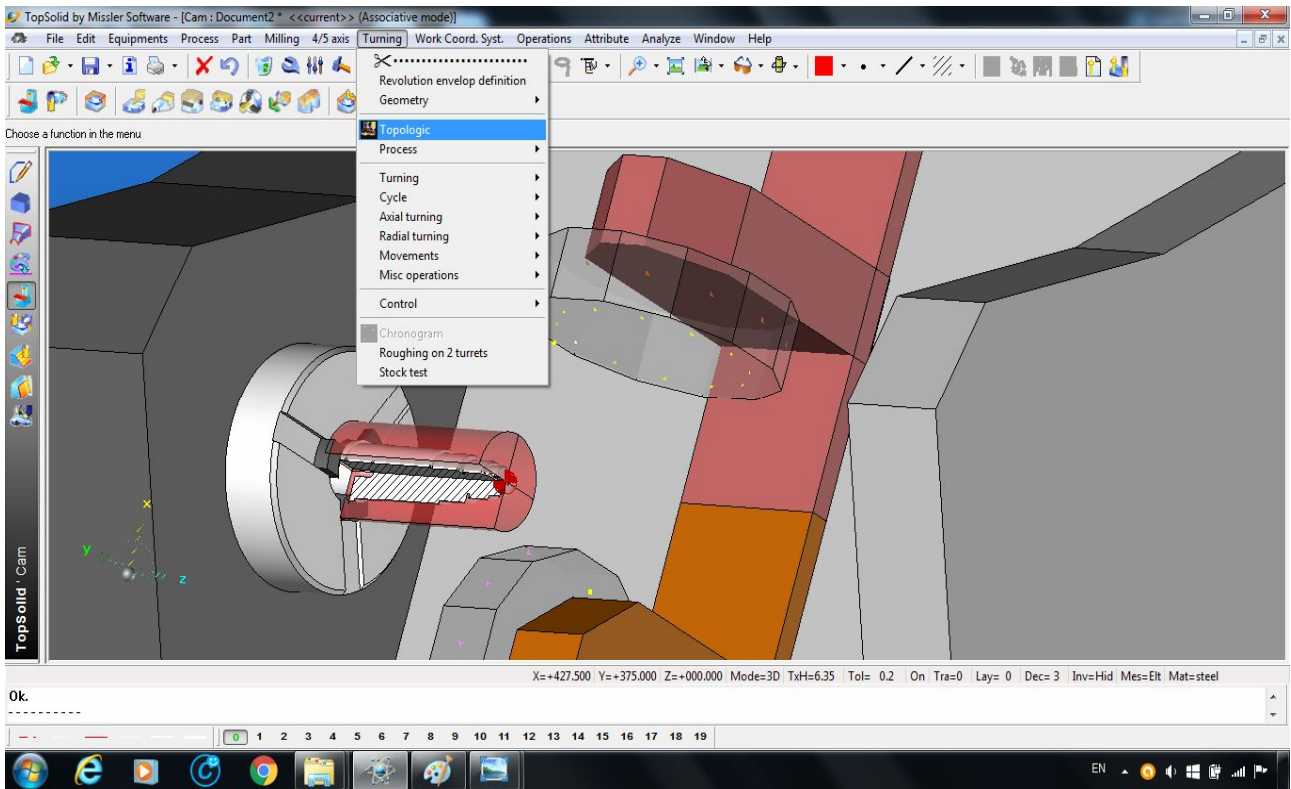
Εικόνα 3.32 Επιλογή σκίασης του άκρου του υλικού.



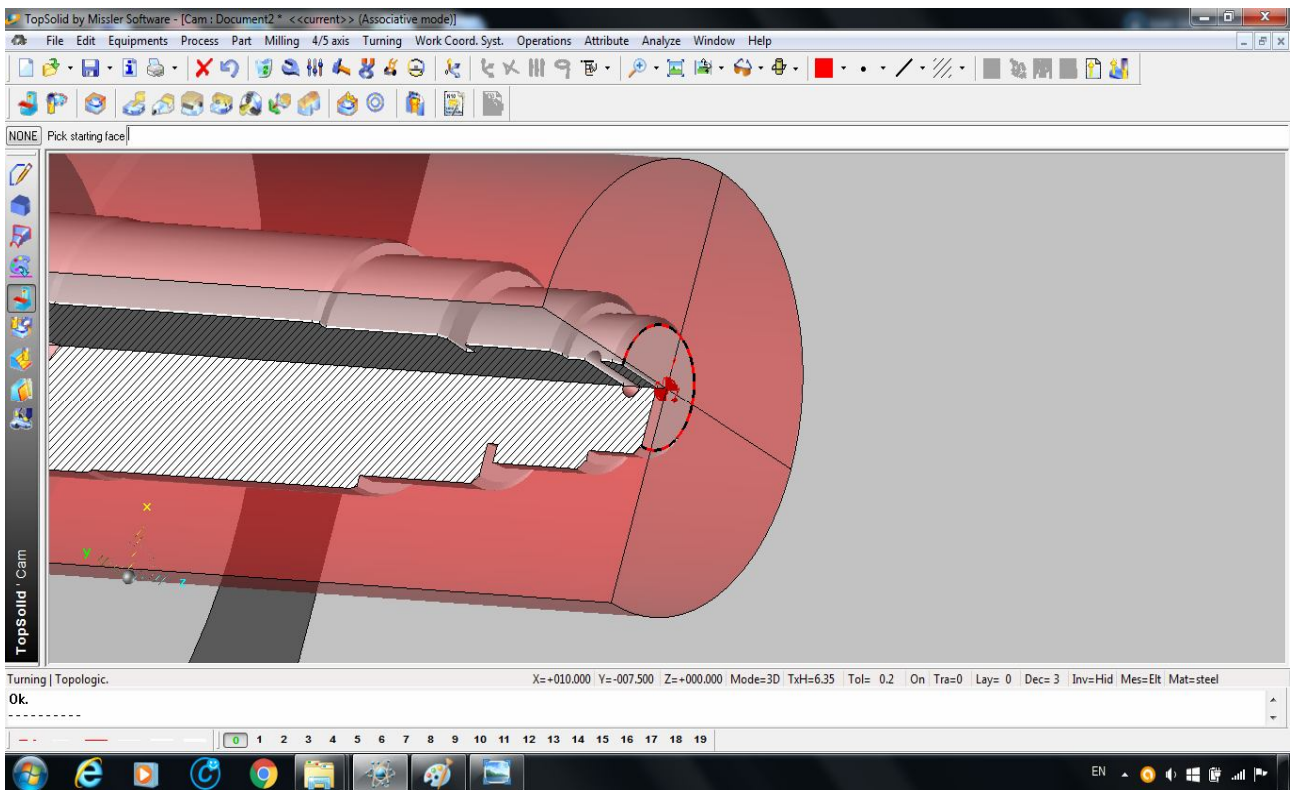
Εικόνα 3.33 Εμφάνιση σκίασης του άκρου του υλικού.



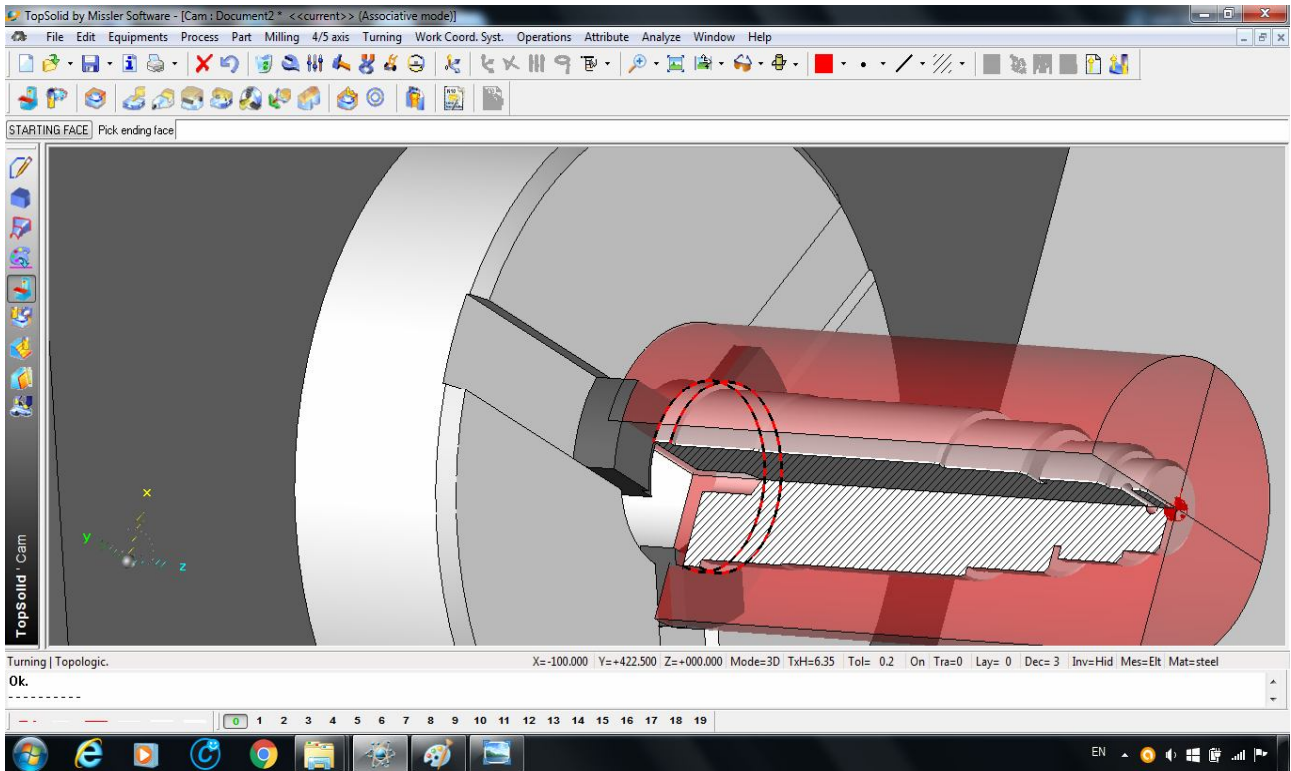
Εικόνα 3.34 Εμφάνιση του ακατέργαστου υλικού και του τελικού προϊόντος.



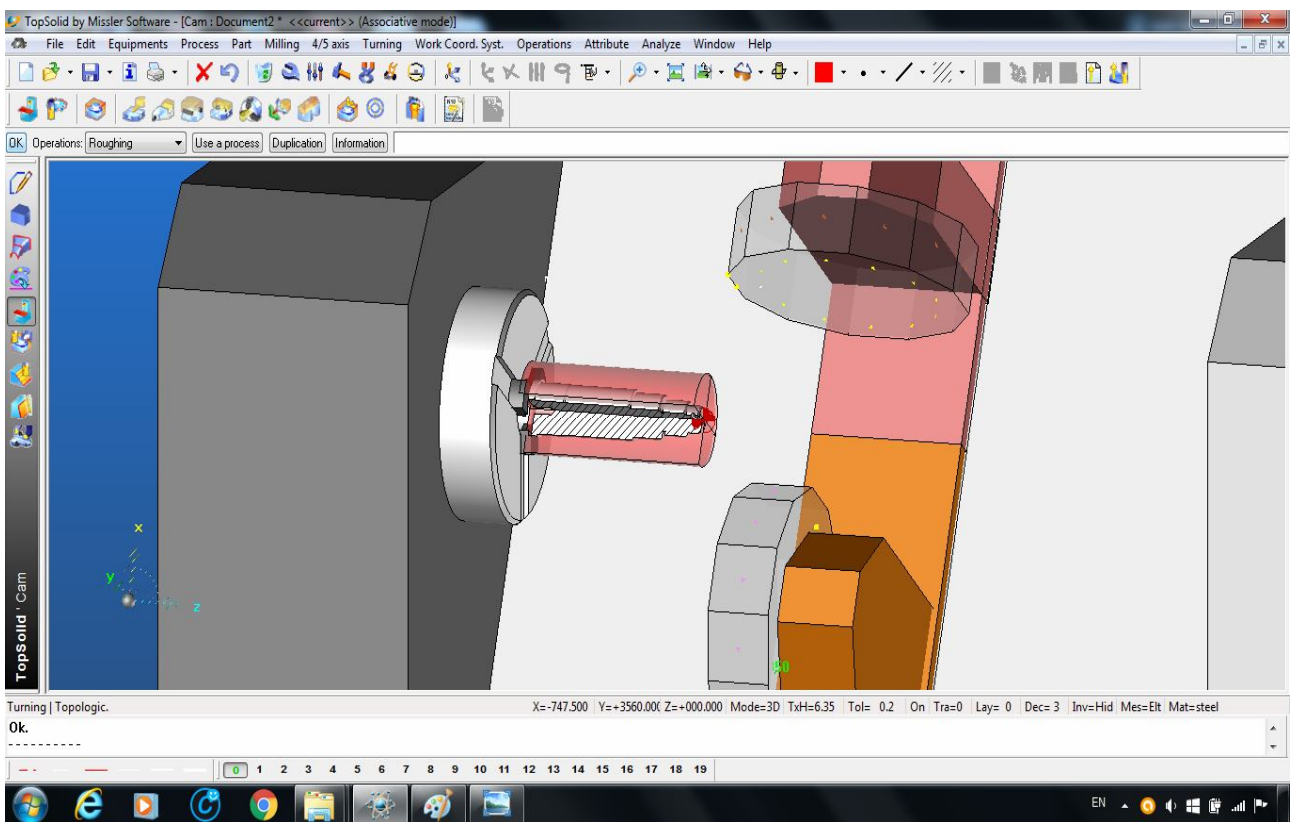
Εικόνα 3.35 Turning-Topologic για επίδειξη των μερών αρχής και τέλους του υλικού προς τονρίσμα.



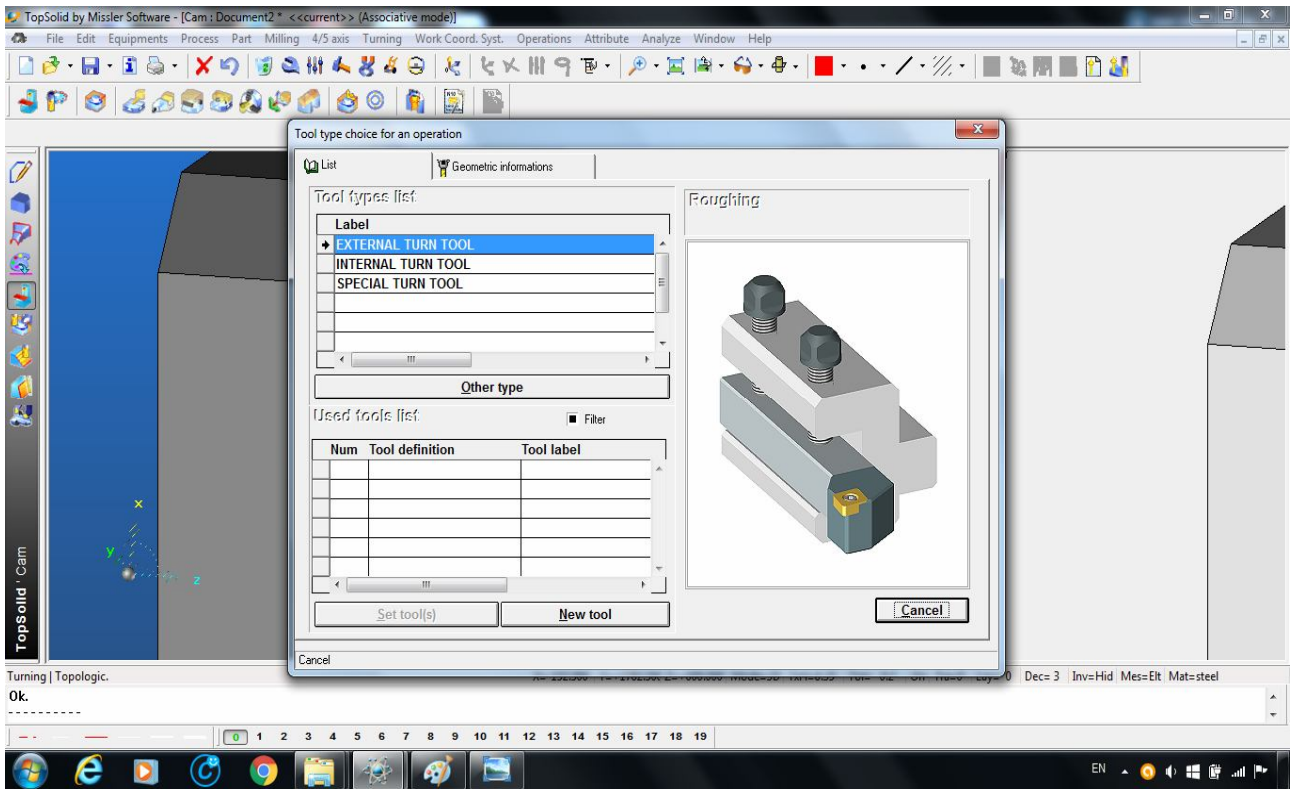
Εικόνα 3.36 Επίδειξη μηδενικού σημείου.



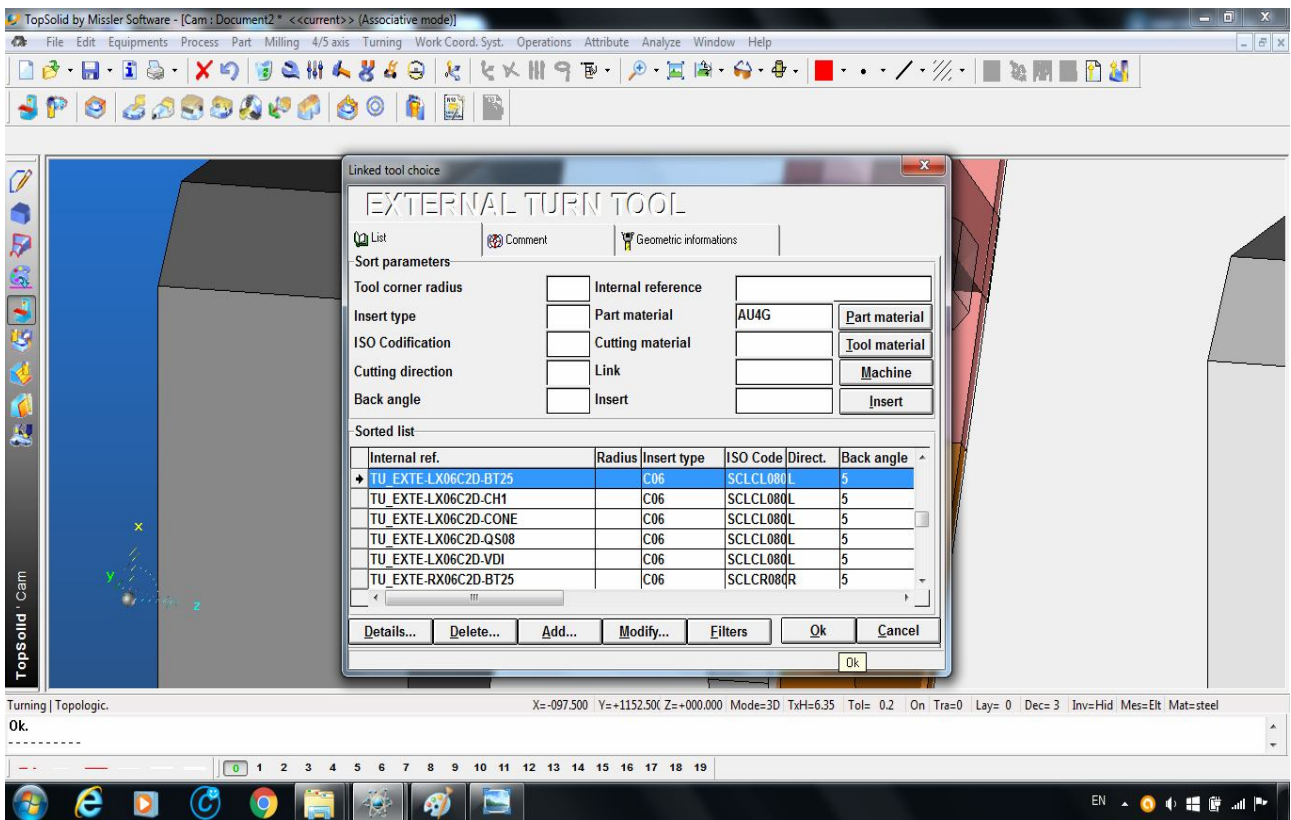
Εικόνα 3.37 Επίδειξη τέλους άξονα.



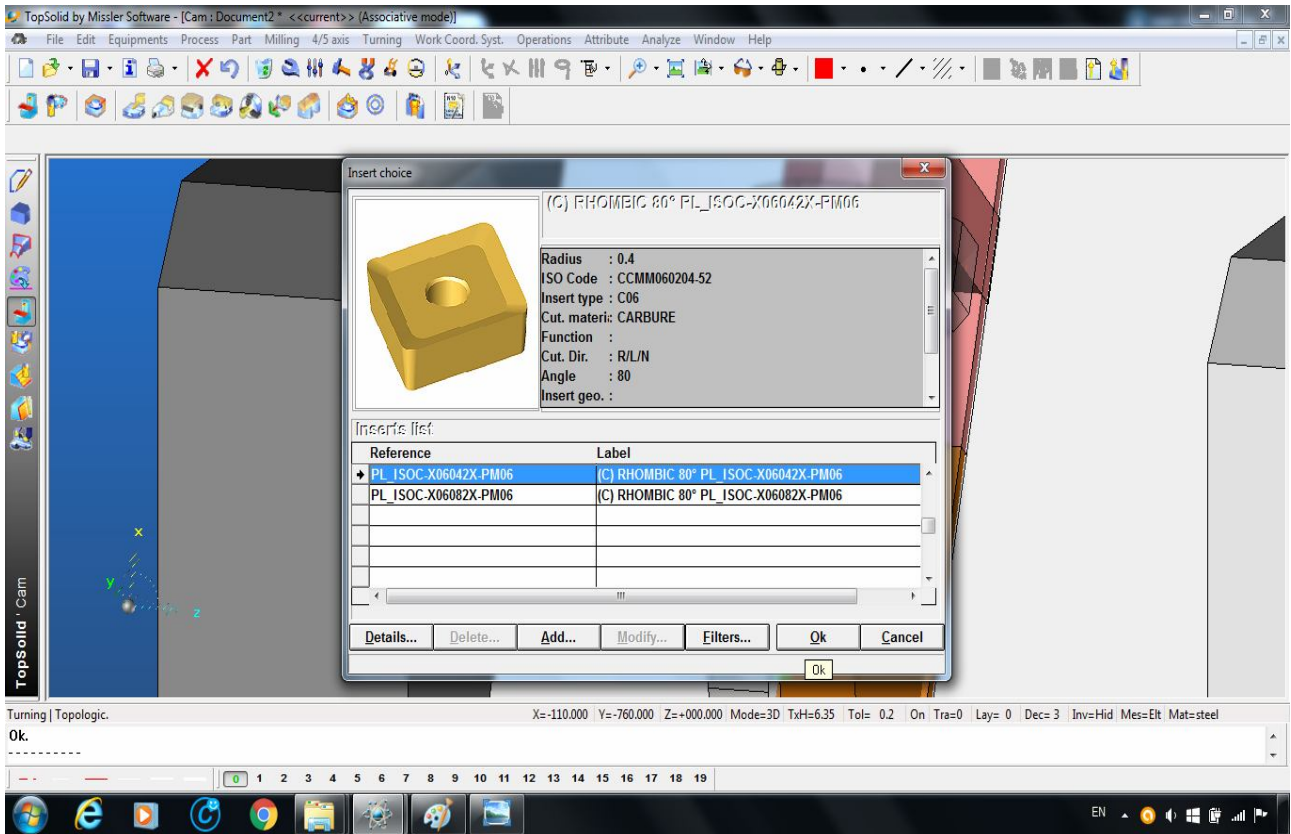
Εικόνα 3.38 Επιλέγεται λειτουργία ξεχονδρίσματος και στη συνέχεια OK.



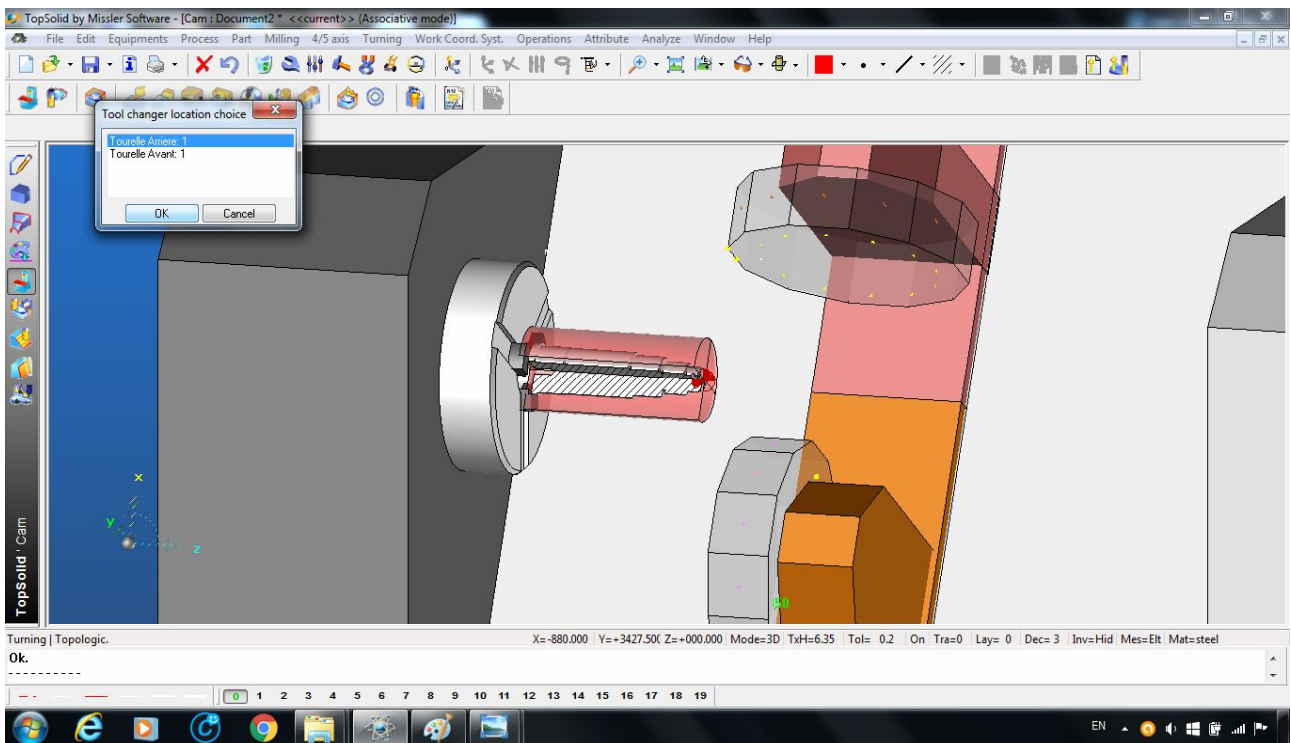
Εικόνα 3.39 Επιλογή τύπου εργαλείου κοπής.



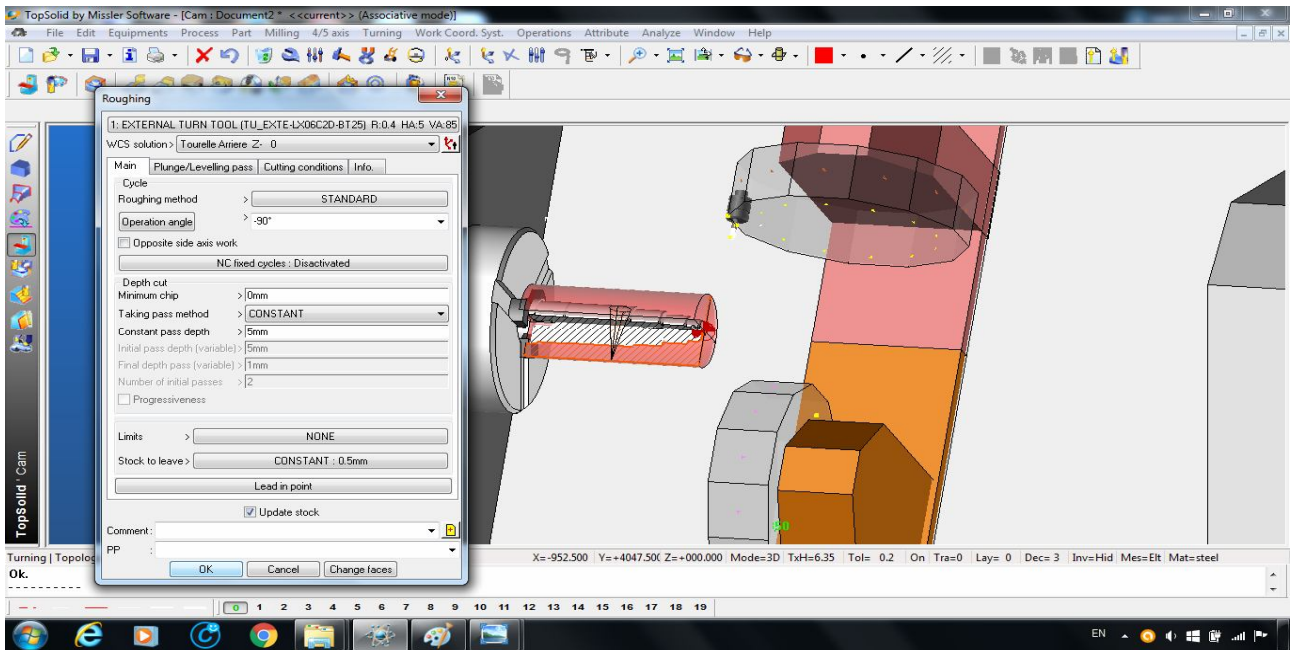
Εικόνα 3.40 Επιλογή τρόπου ένωσης εργαλείου κοπής με το κοπτικό μέσο.



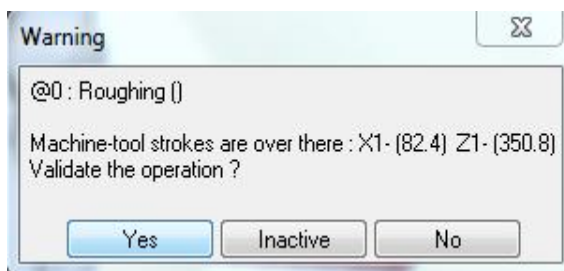
Εικόνα 3.41 Επιλογή υλικού κοπτικού μέσου και στη συνέχεια OK.



Εικόνα 3.42 Επιλογή τρόπου αλλαγής σημείων.



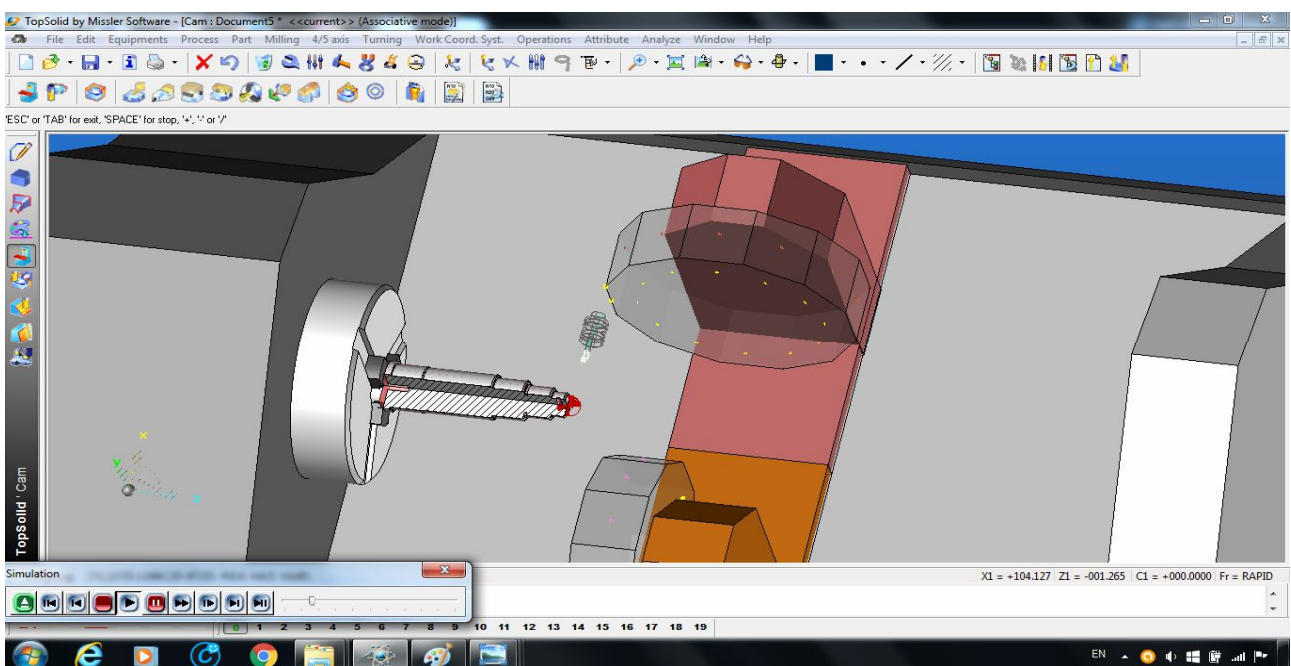
Εικόνα 3.43 Εντολή OK για εκκίνηση επεξεργασίας.



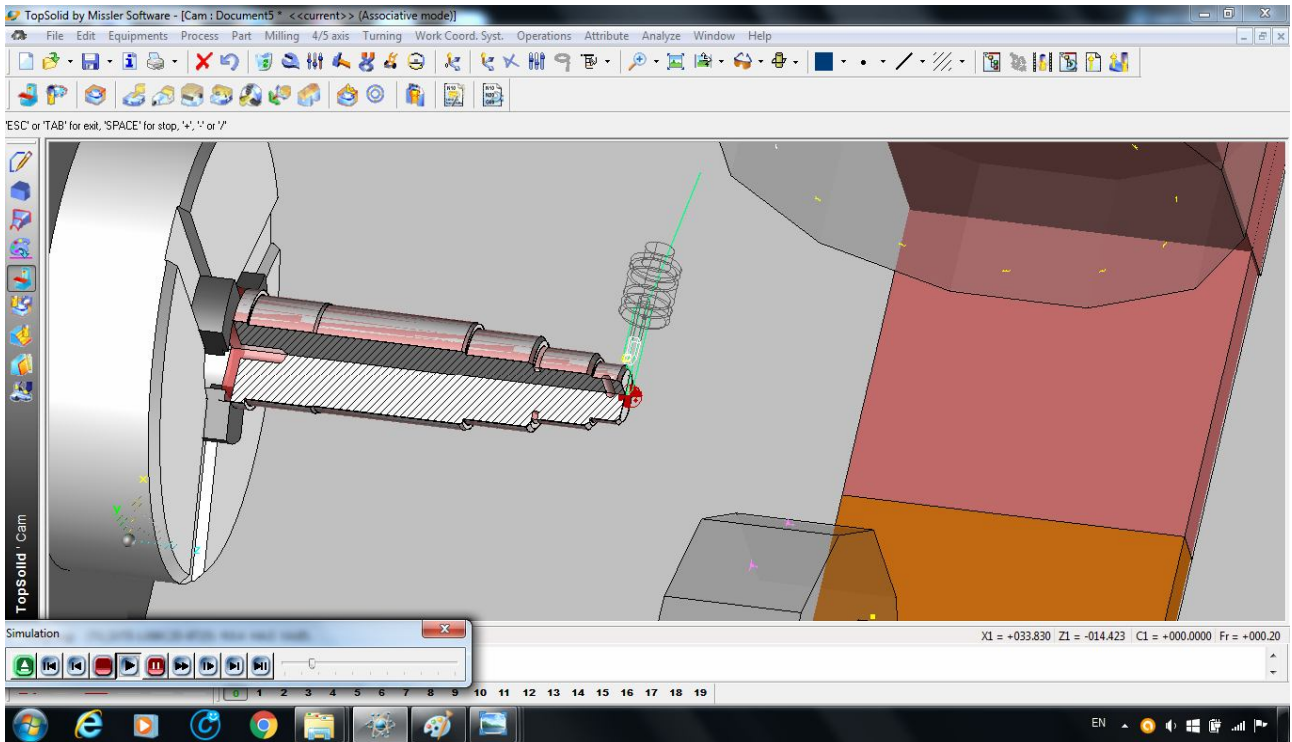
Εικόνα 3.44 Επιλογή YES.



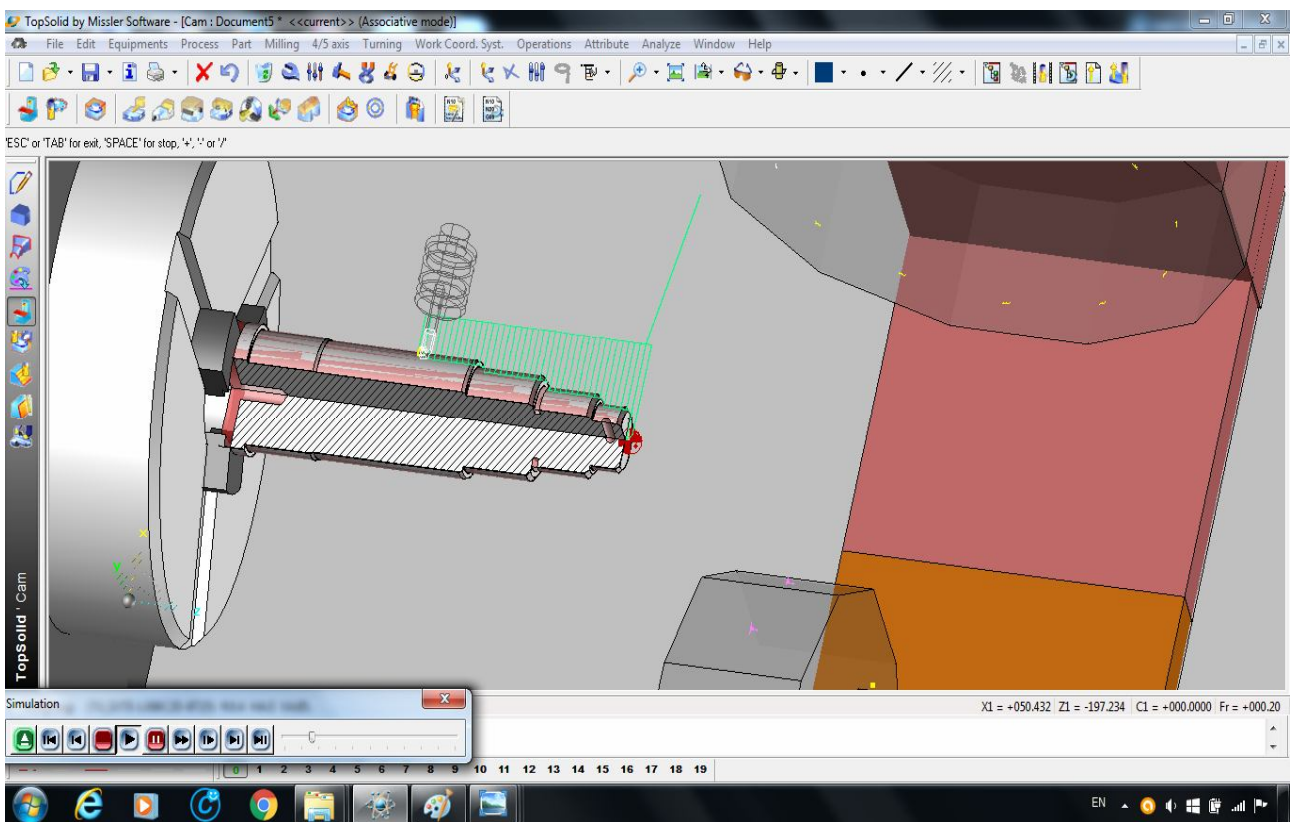
Εικόνα 3.45 Επιλογή YES.



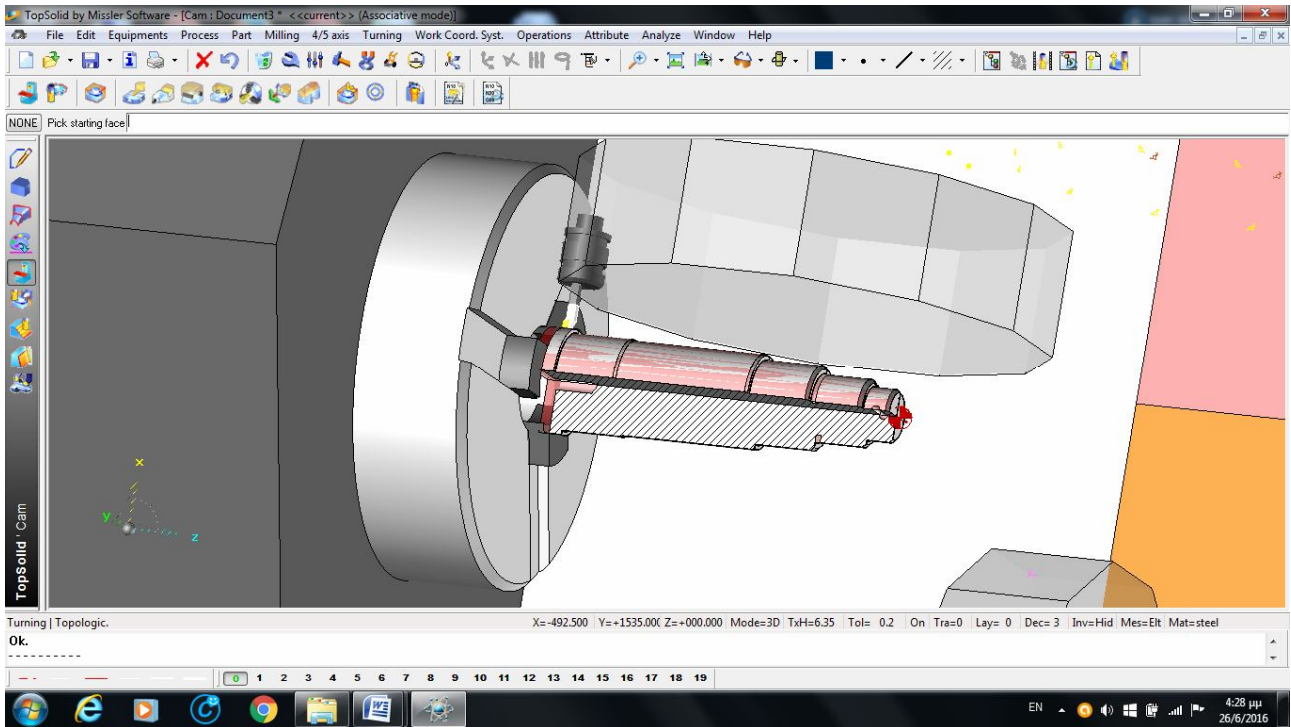
Εικόνα 3.46 Έναρξη προσομοίωσης.



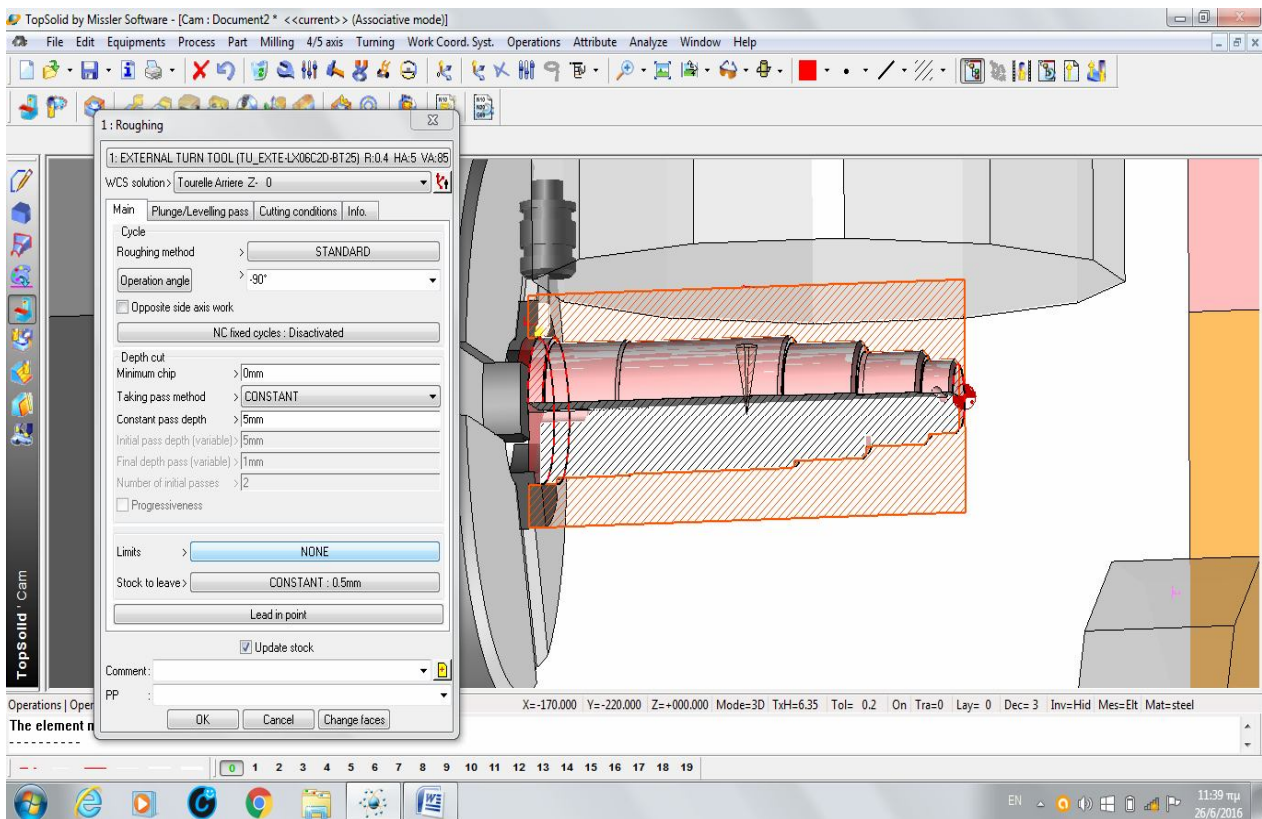
Εικόνα 3.47 Εκκίνηση ξεχονδρίσματος.



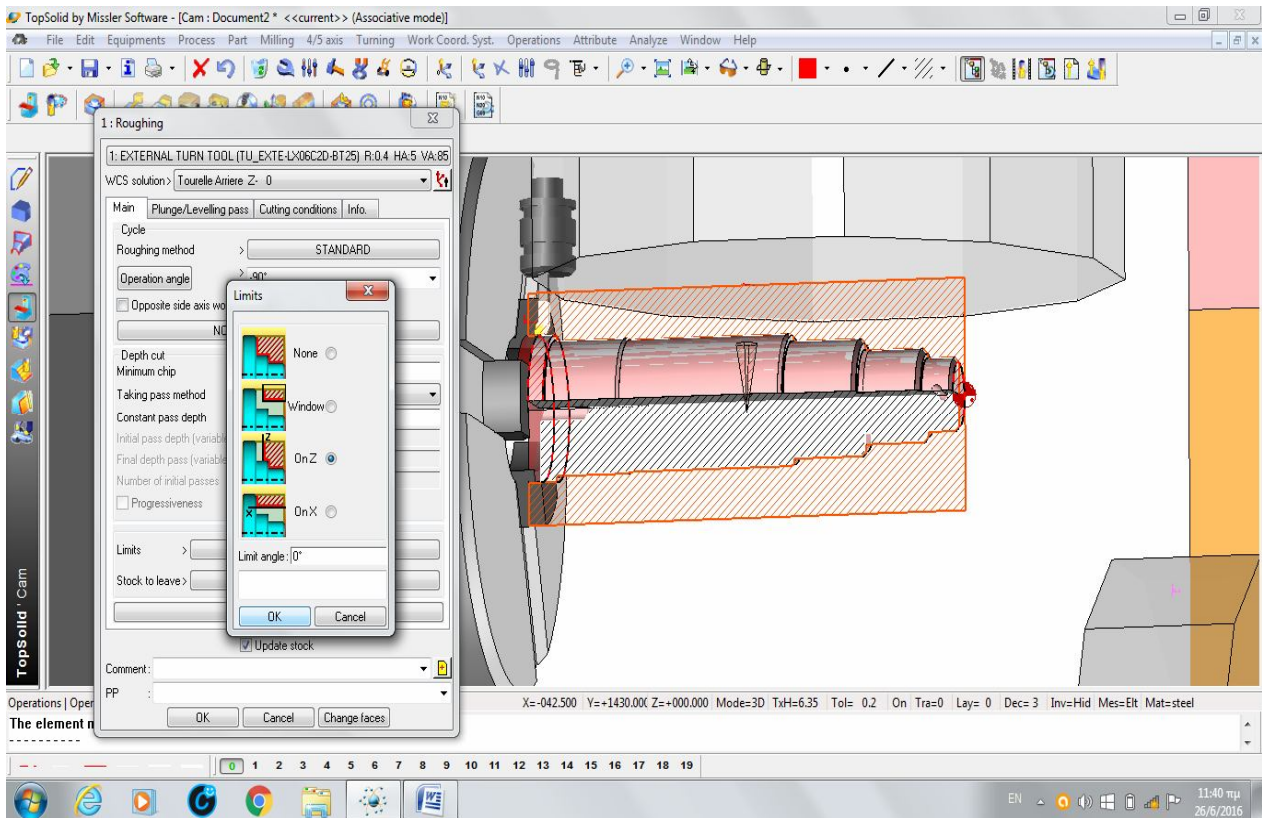
Εικόνα 3.48 Μέση ξεχονδρίσματος.



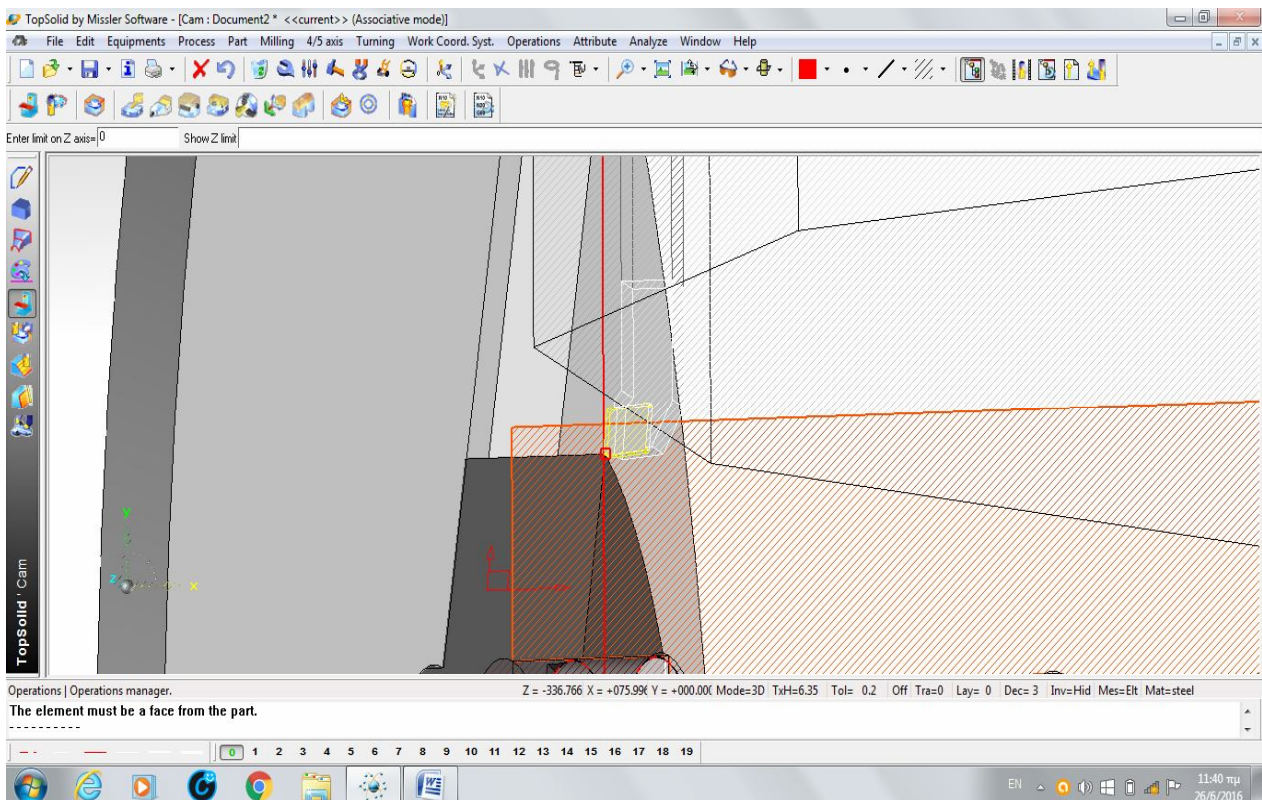
Εικόνα 3.49 Εμφάνιση προβλήματος (σύγκρουση με τσοκ).



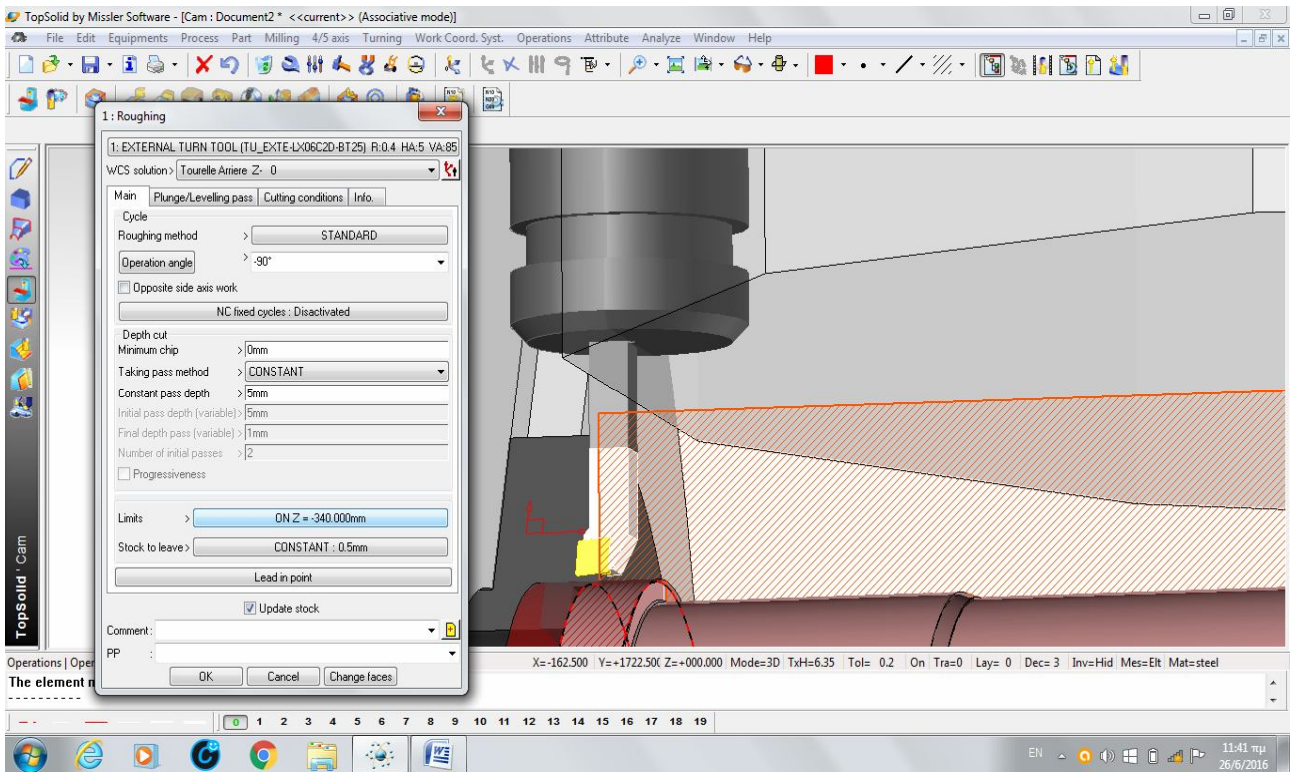
Εικόνα 3.50 Διαδικασία επίλυσης προβλήματος (οριοθέτηση τερματισμού σε συγκεκριμένο σημείο στον άξονα z)



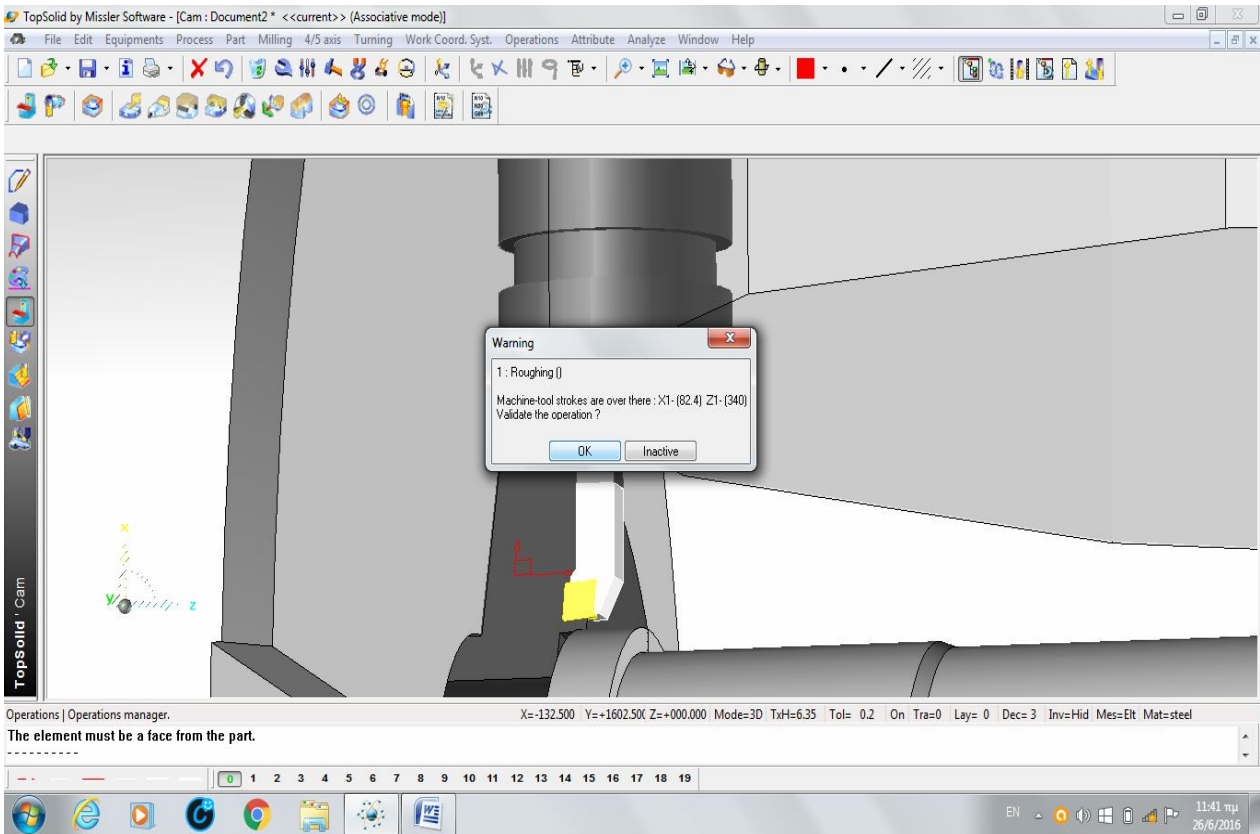
Εικόνα 3.51 Επιλογή άξονα (z)



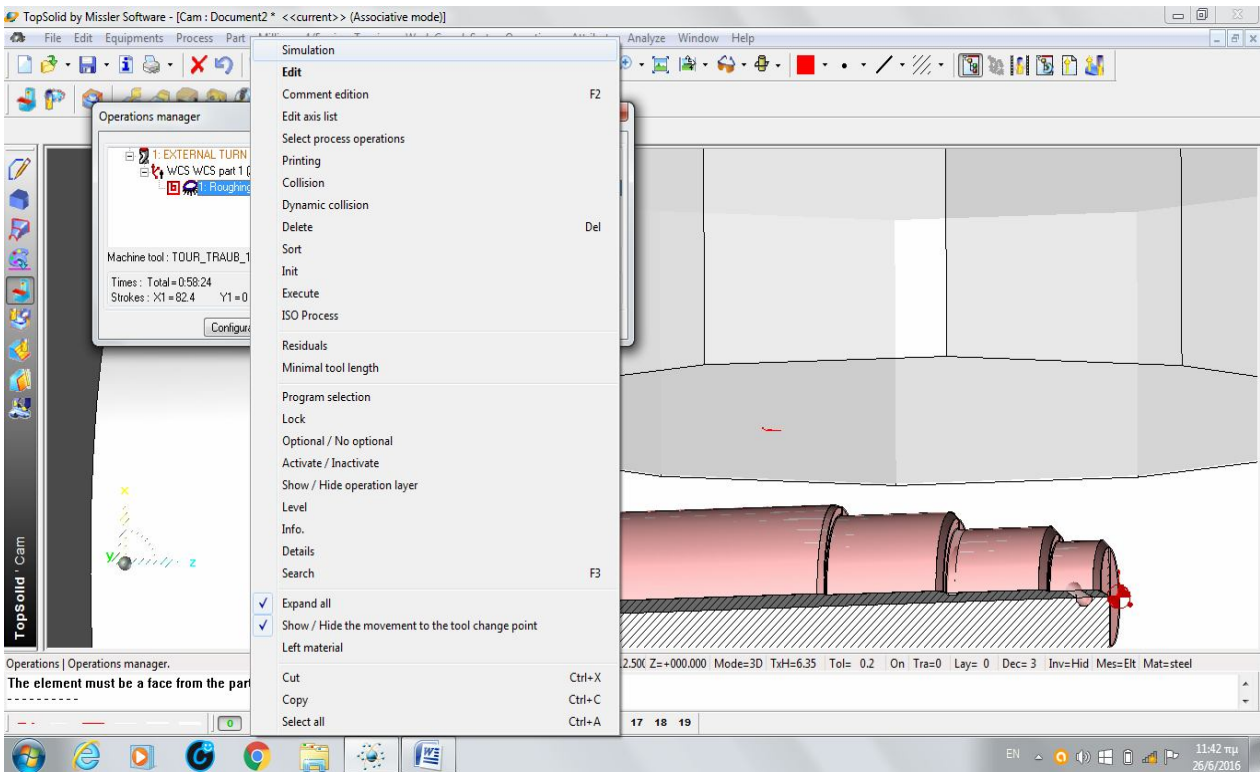
Εικόνα 3.52 Οριοθέτηση τέλους για της εξασφάλιση της ακεραιότητας του εργαλείου (αποφυγή της σύγκρουσης)



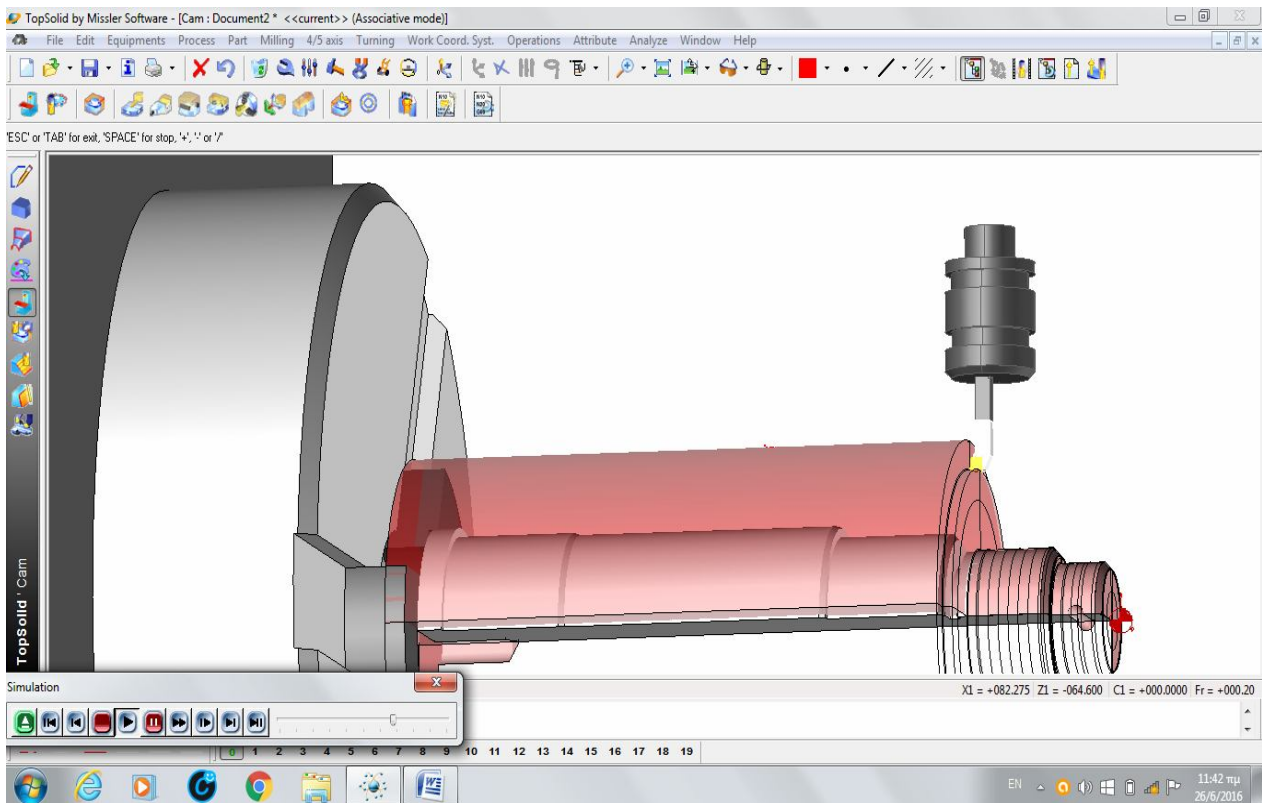
Εικόνα 3.53 Τελικό σημείο κοπής ($z = -340\text{mm}$)



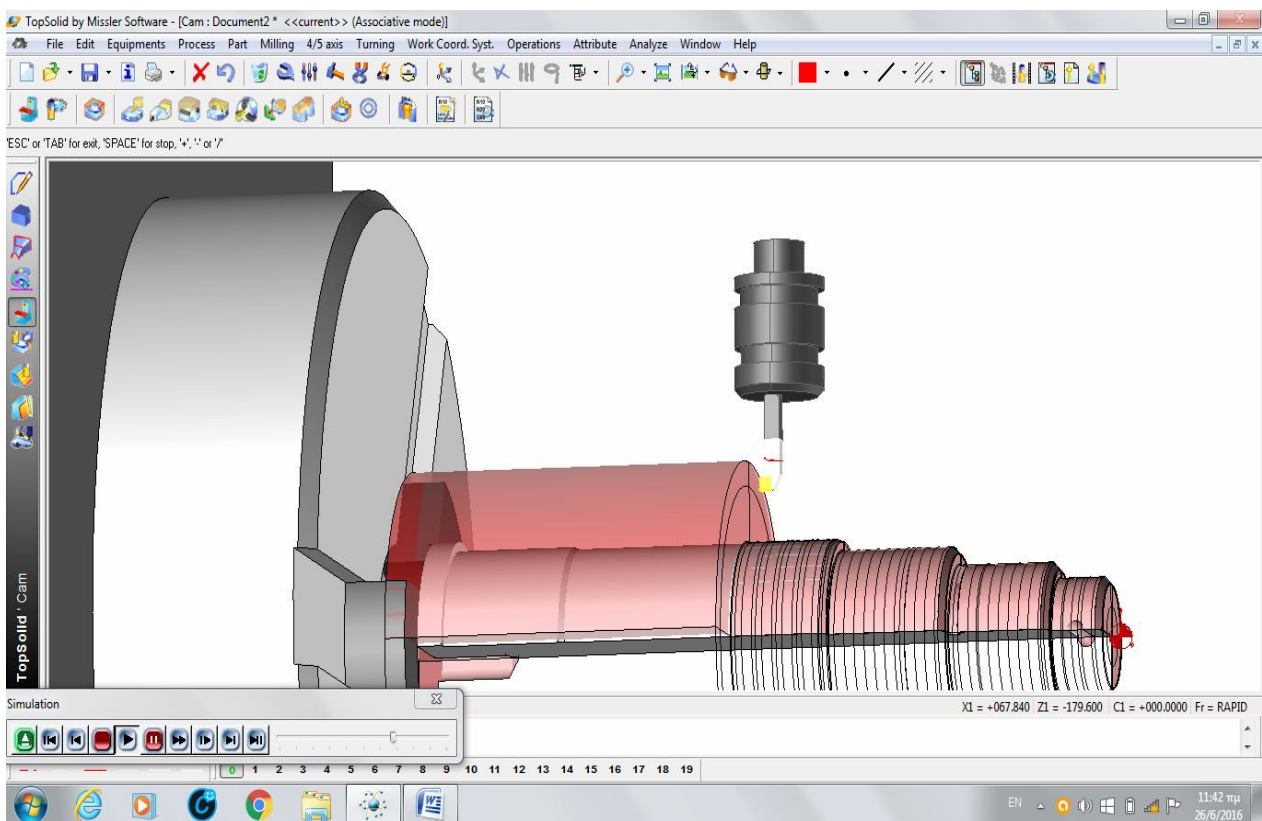
Εικόνα 3.54 Επιλογή OK.



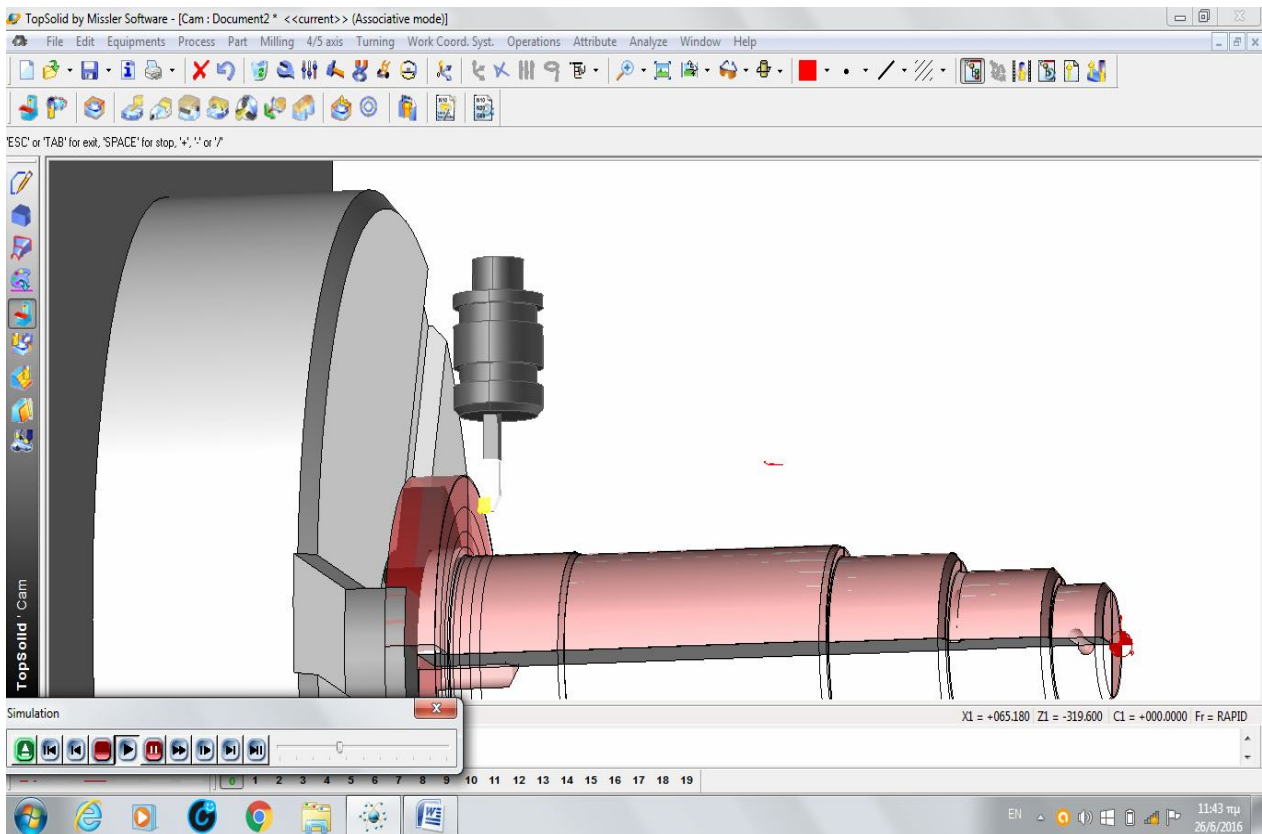
Εικόνα 3.55 Επανάληψη προσομοίωσης.



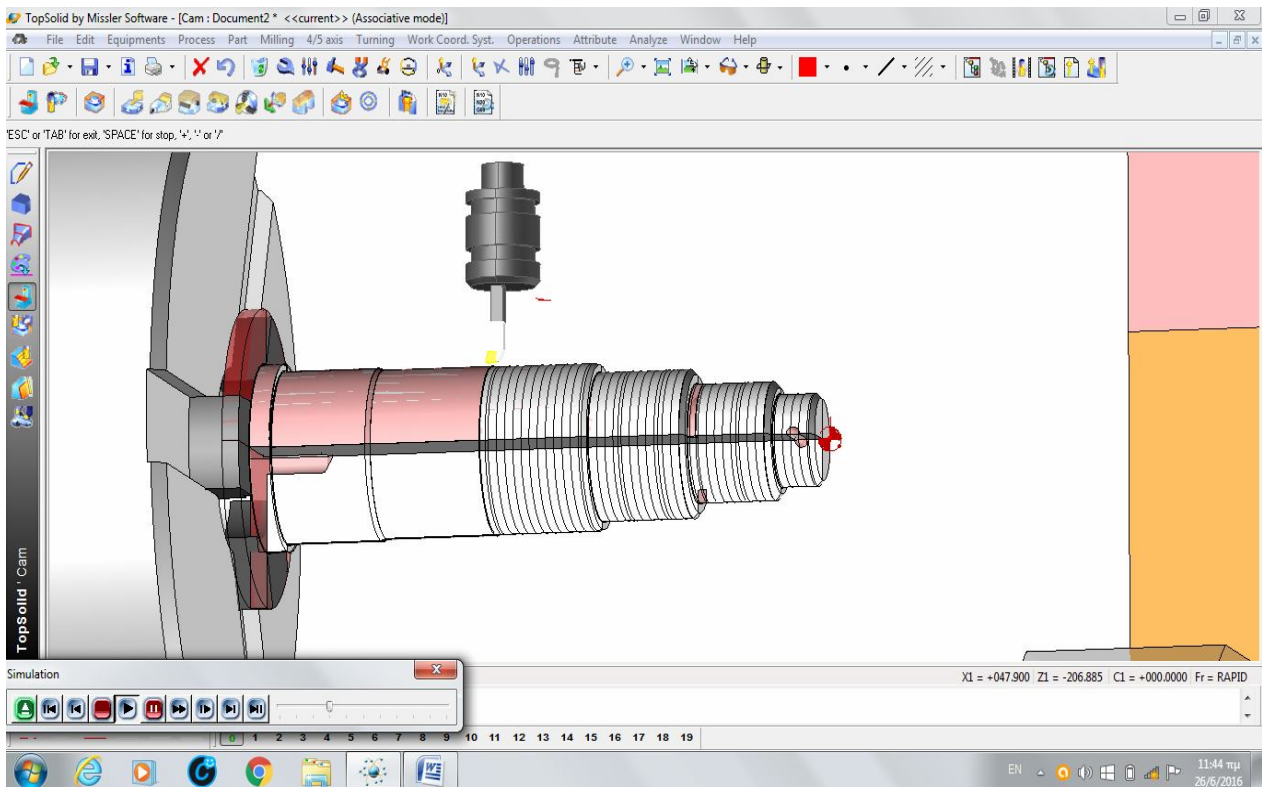
Εικόνα 3.56 Εκκίνηση ξεχονδρίσματος.



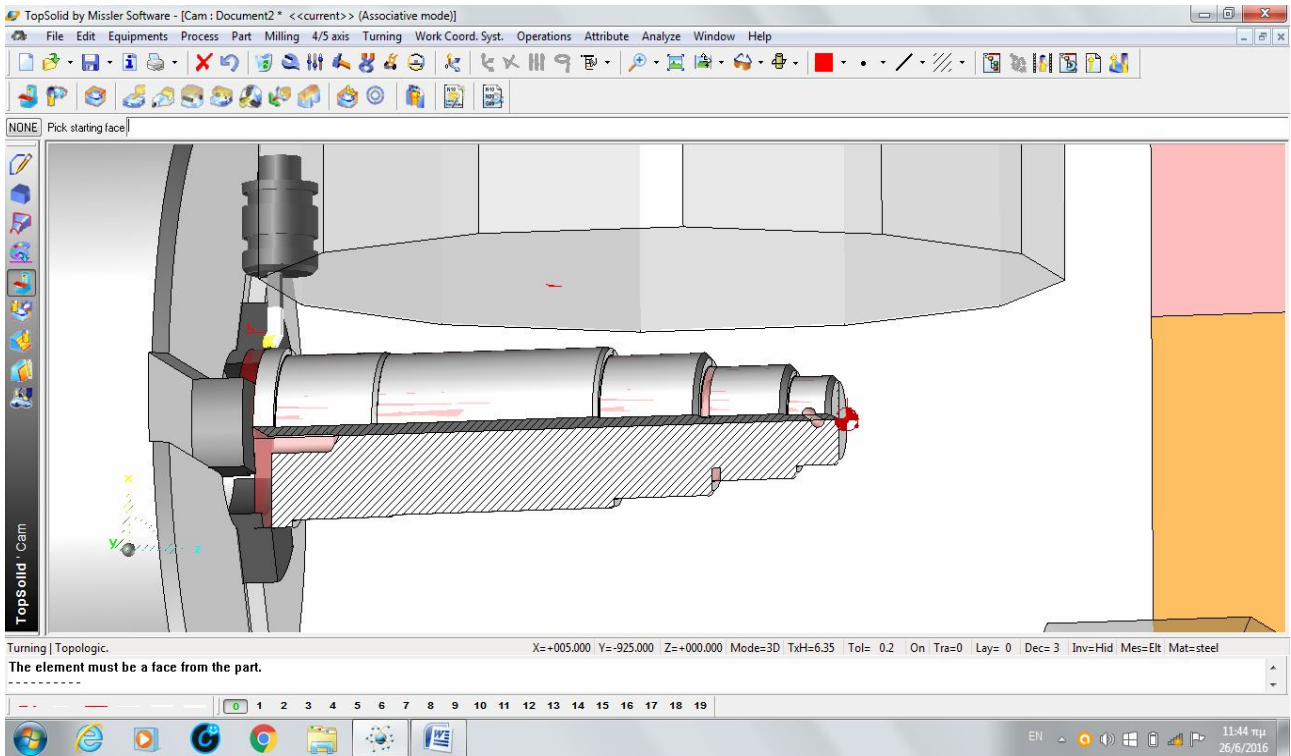
Εικόνα 3.57 Κατεργασία σε εξέλιξη.



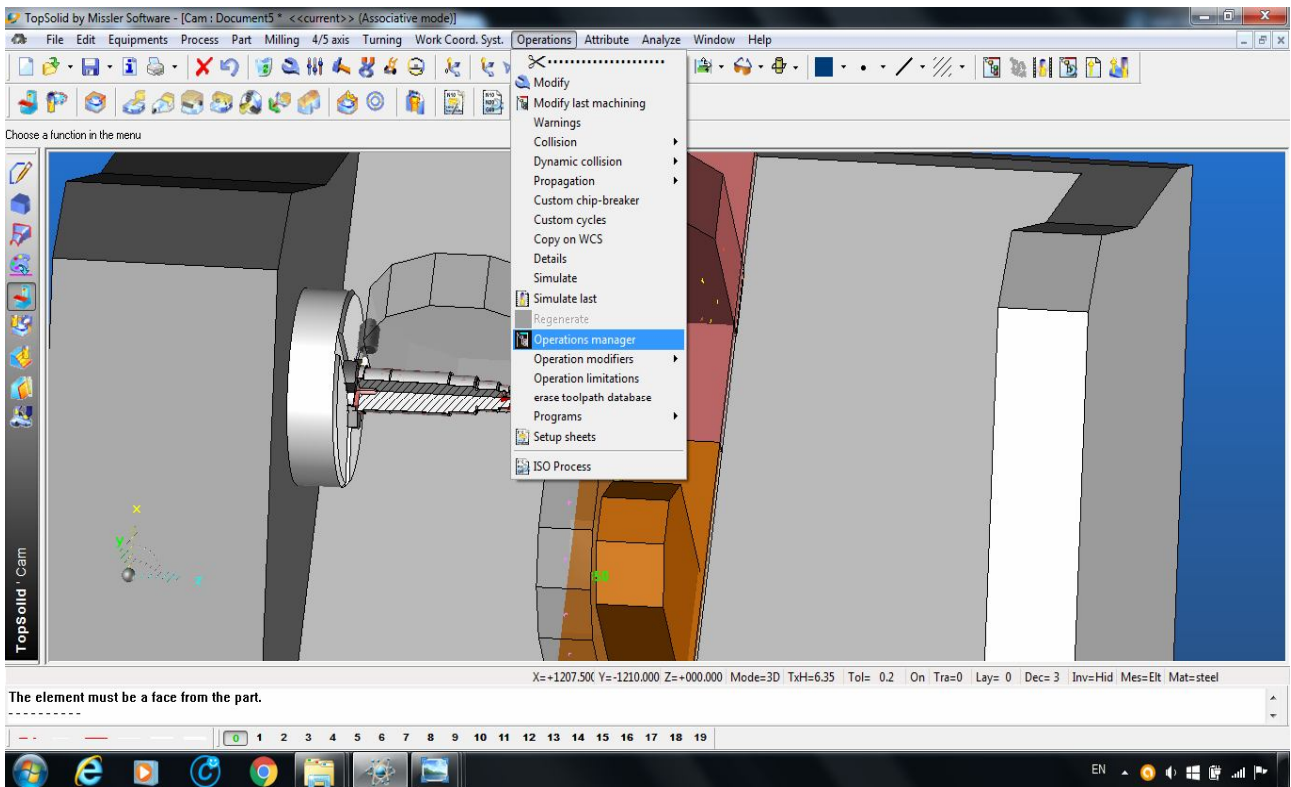
Εικόνα 3.58 Κατεργασία πριν το τέλος.



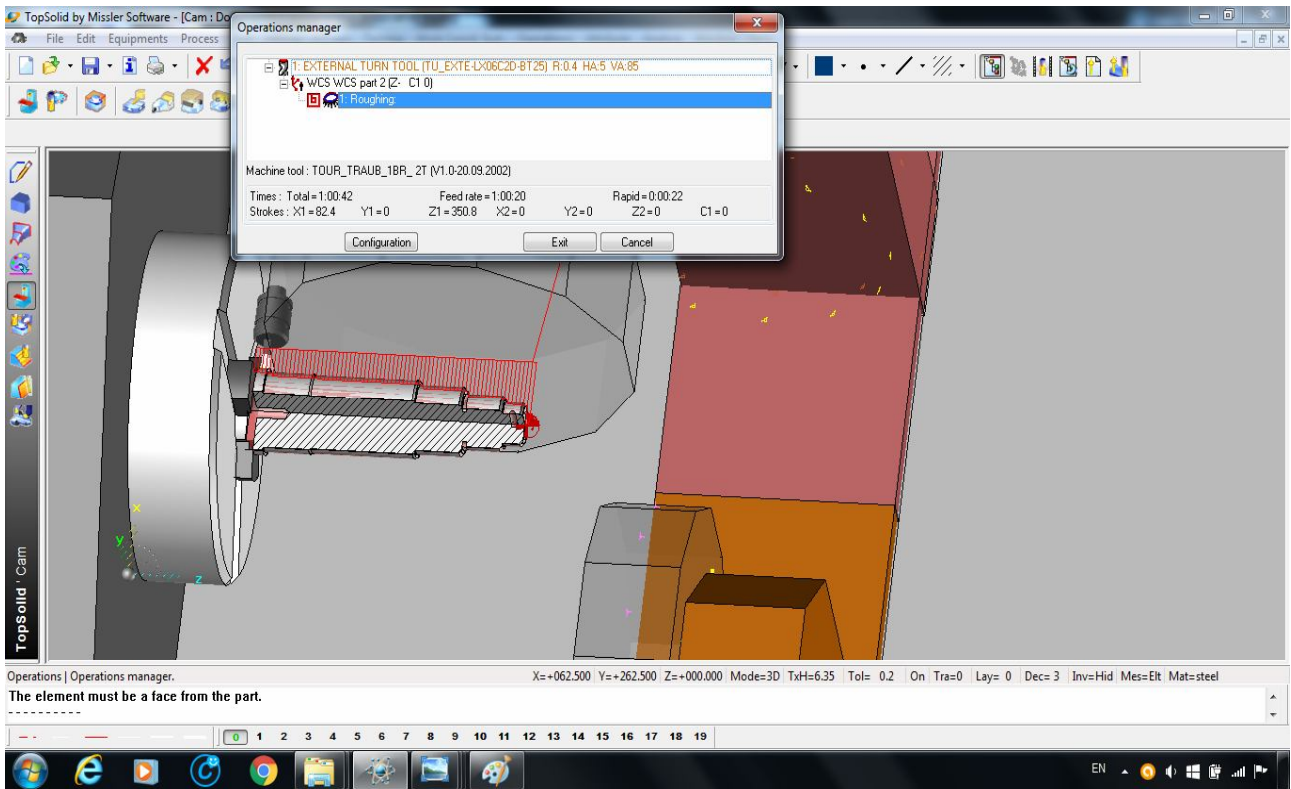
Εικόνα 3.59 Τελικό φινίρισμα εξαρτήματος.



Εικόνα 3.60 Εξάρτημα μετά το τέλος της κατεργασίας.

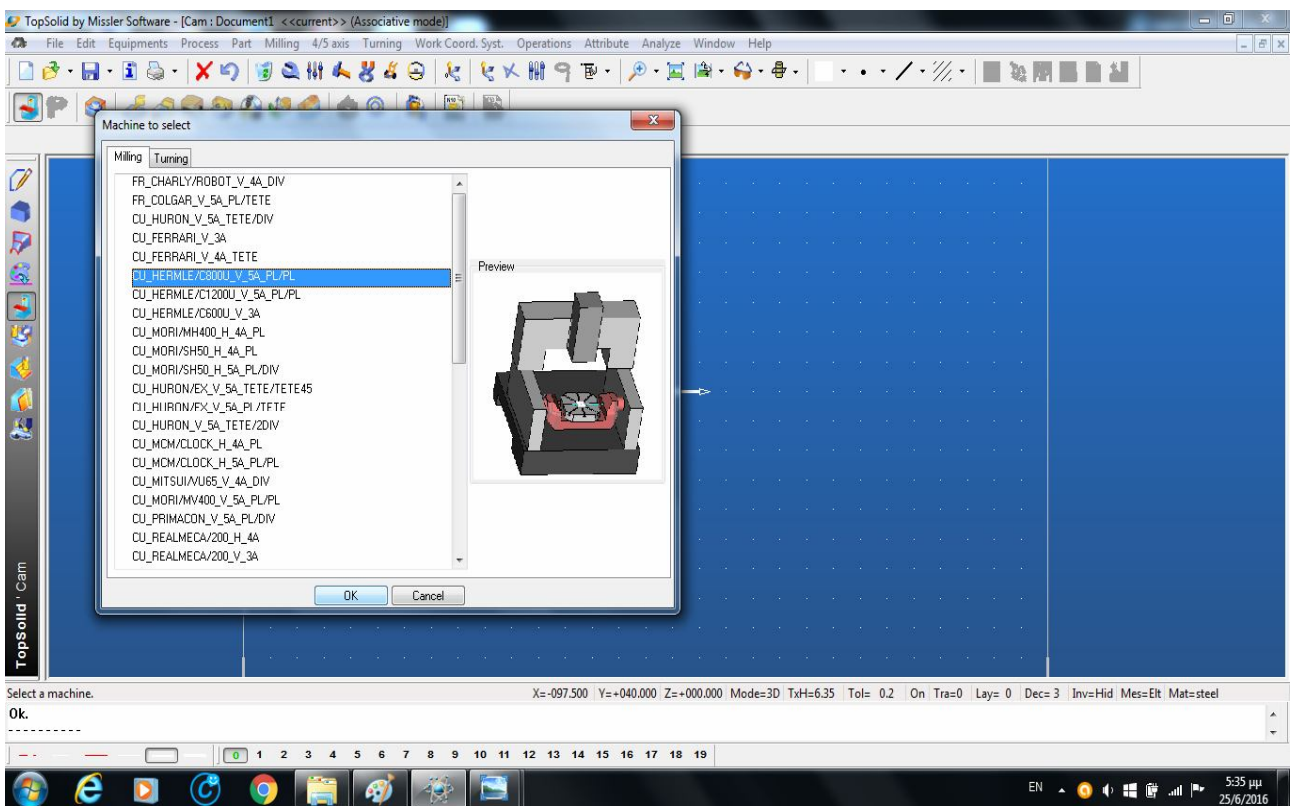


Εικόνα 3.61 Εντολή Operations-Operations manager για εμφάνιση λεπτομερειών λειτουργίας.

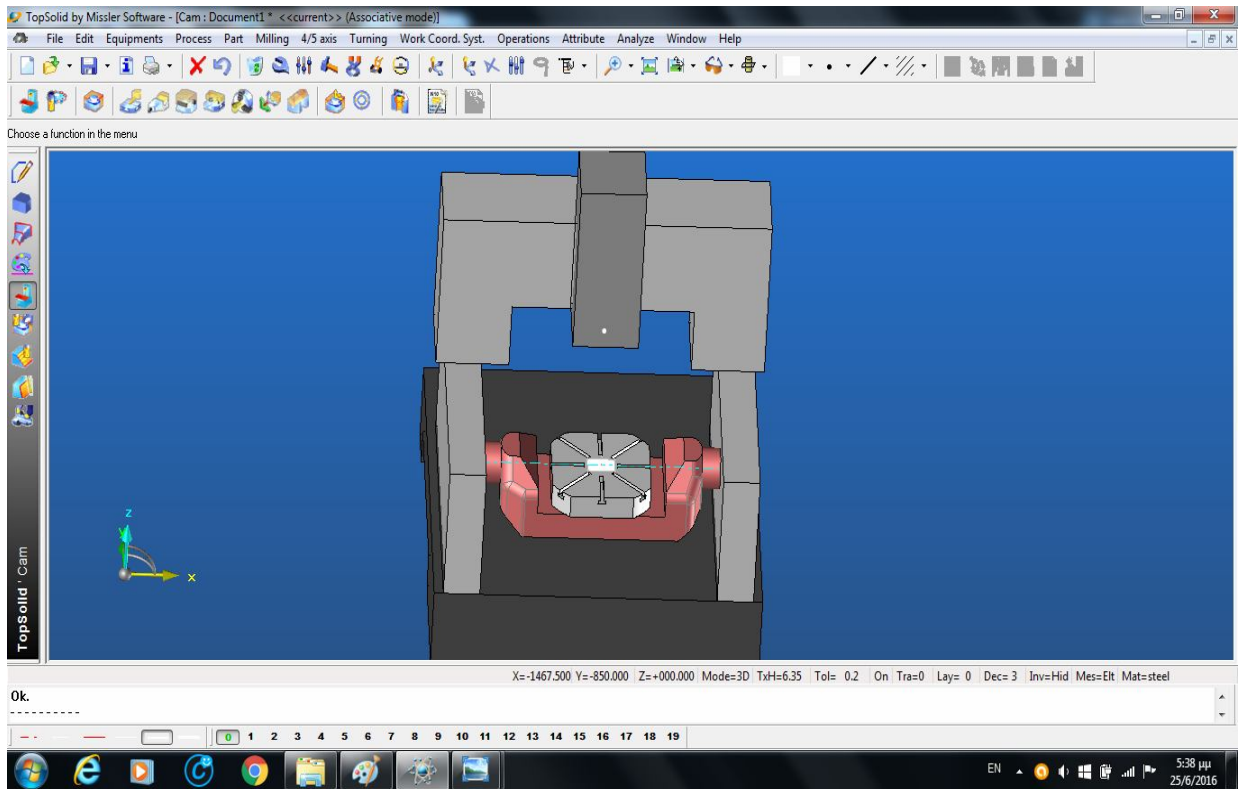


Εικόνα 3.62 Εμφάνιση χρόνου κατεργασίας και διαδρομών

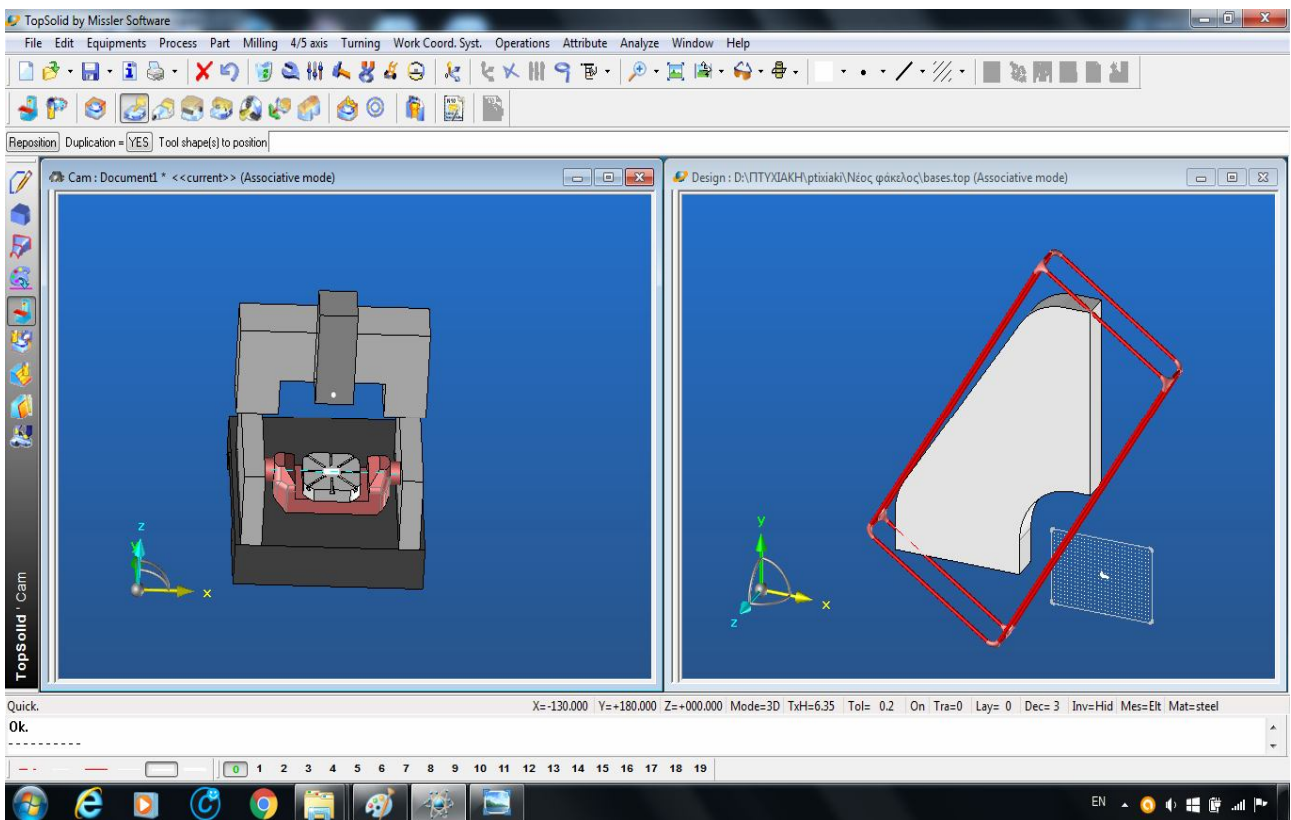
3.2 Κατεργασία σε φραιζοδράπανο.



Εικόνα 3.63 Επιλογή επιθυμητού φραιζοδράπανου.

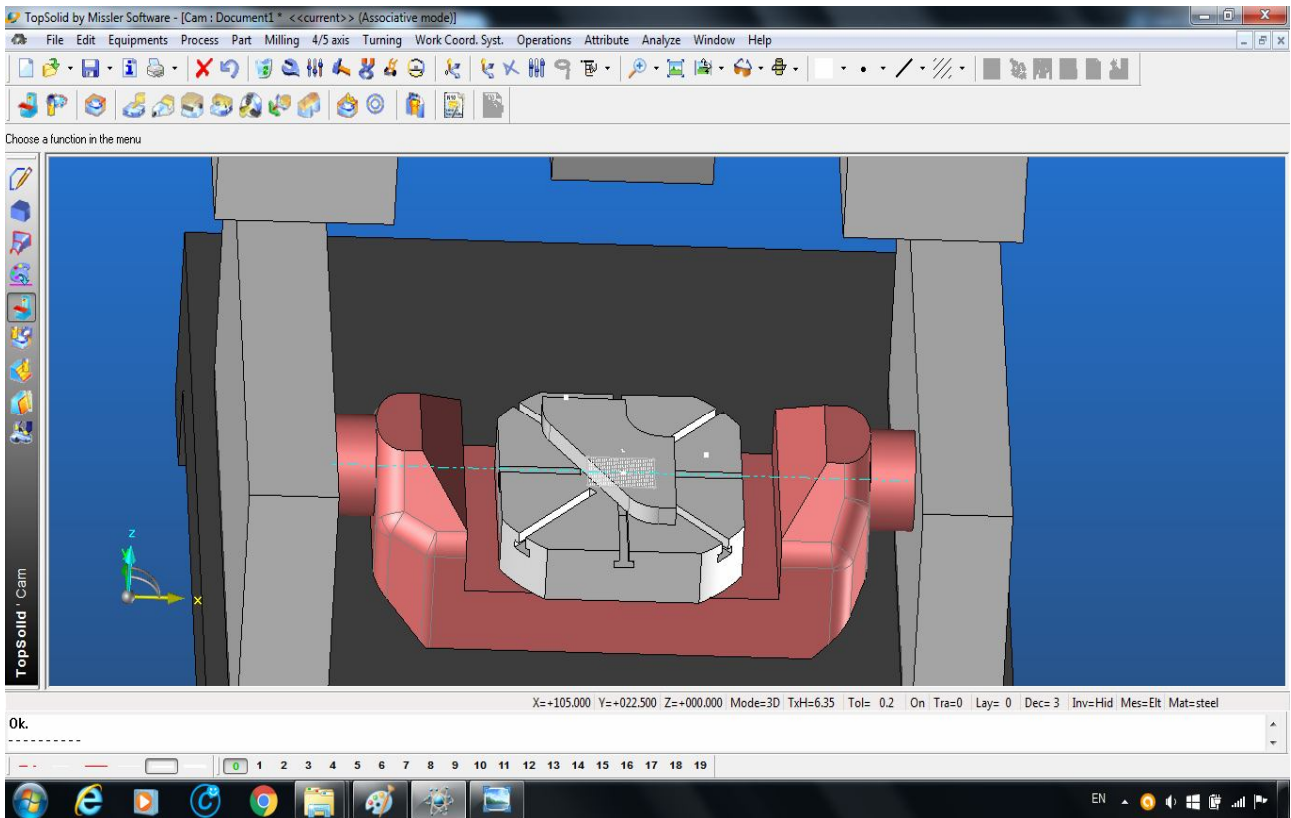


Εικόνα 3.64 Εμφάνιση εργαλειομηχανής στην επιφάνεια εργασίας του προγράμματος.

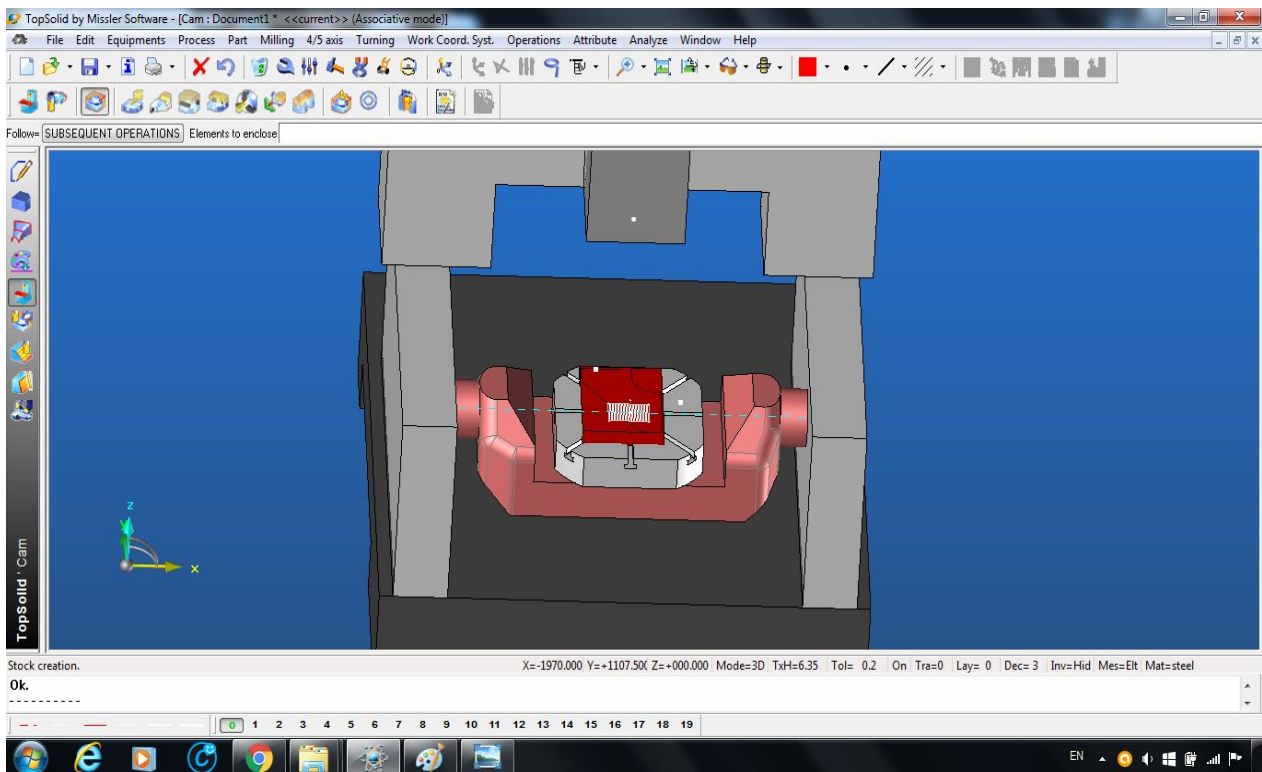


Εικόνα 4.65 Επιλογή εξαρτήματος προς καταργασία.

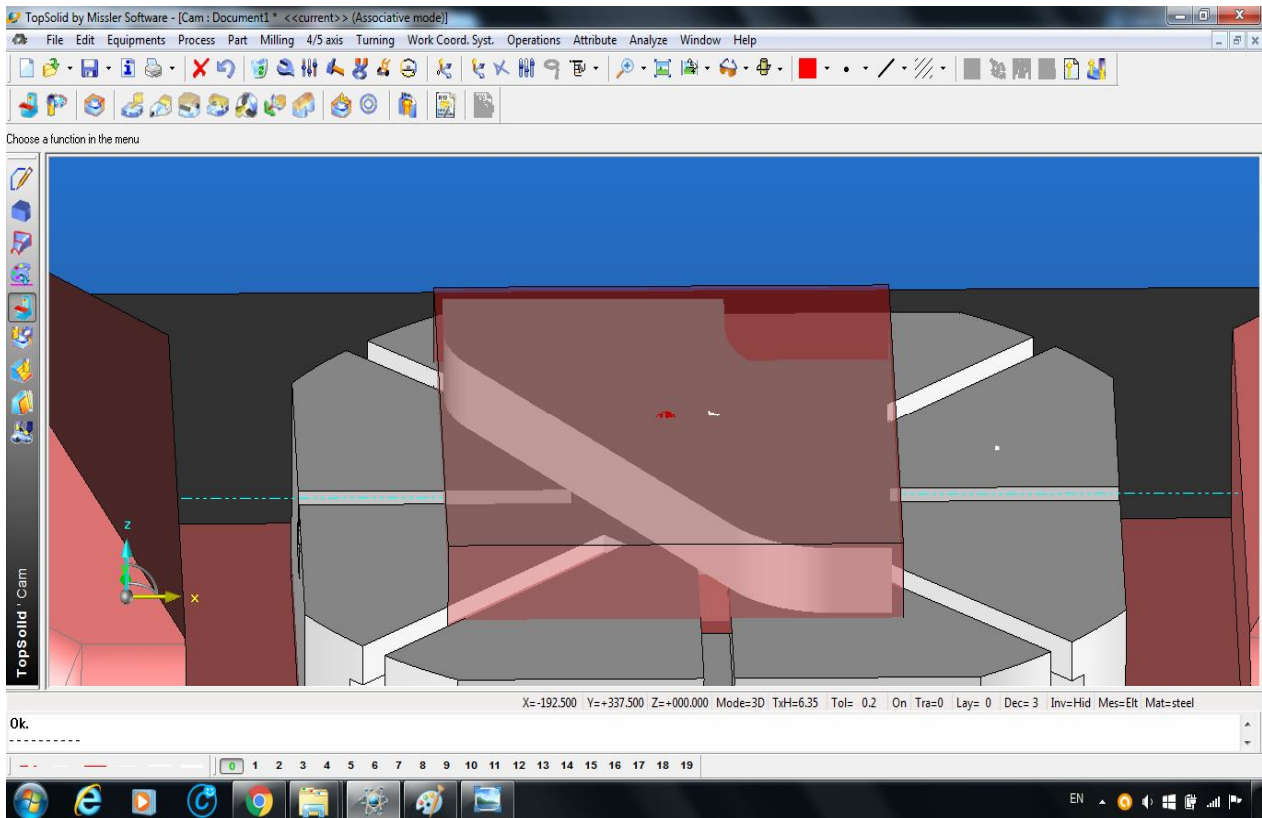
Το εξάρτημα το οποίο επιλέχθηκε είναι μία από τις βάσεις του συστήματος του πεδαλιού.



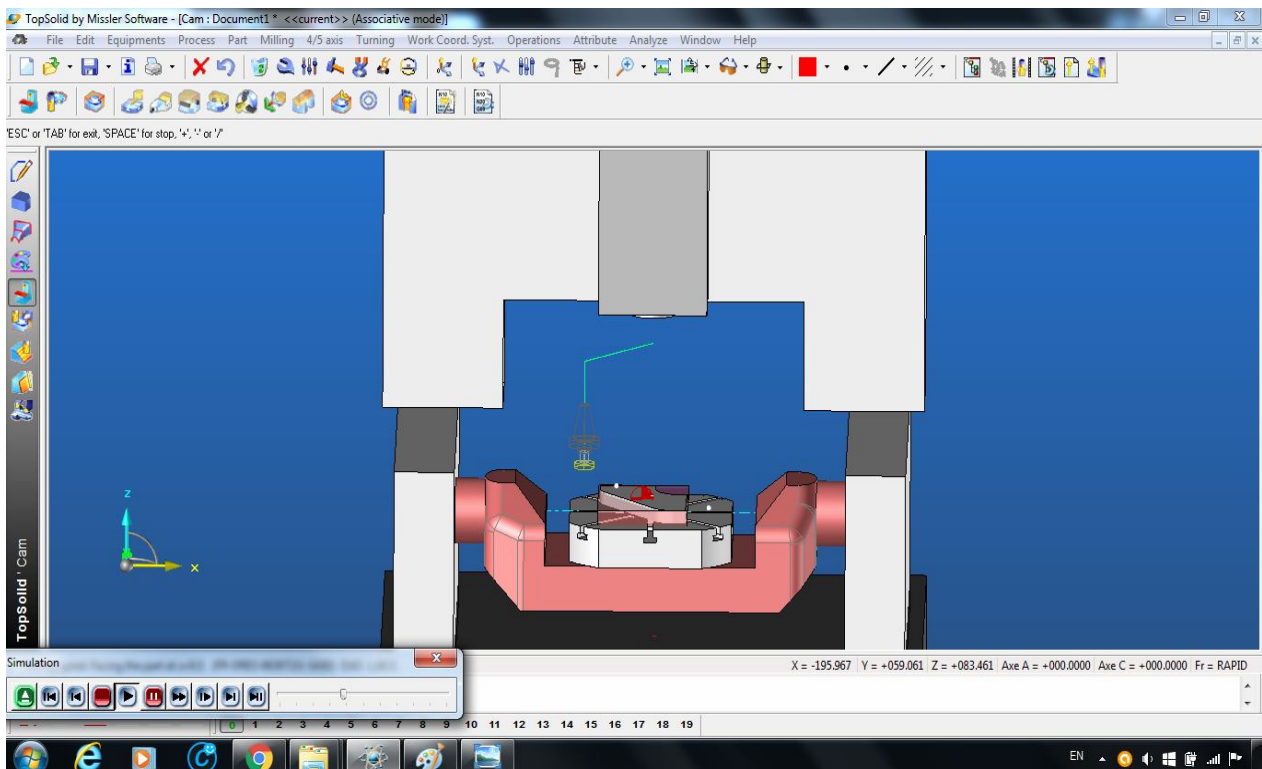
Εικόνα 3.66 Τοποθέτηση εξαρτήματος.



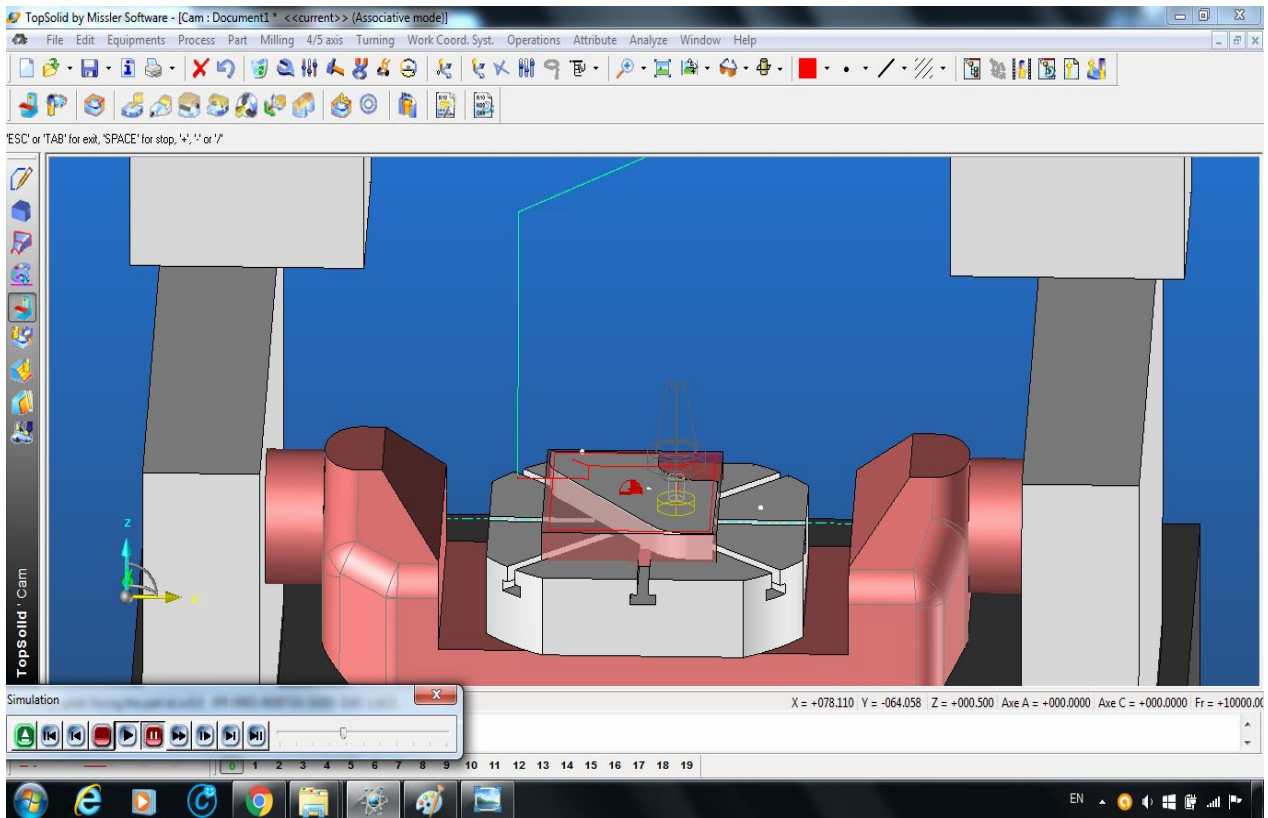
Εικόνα 3.67 Επιλογή επιθυμητού υλικού κατασκευής.



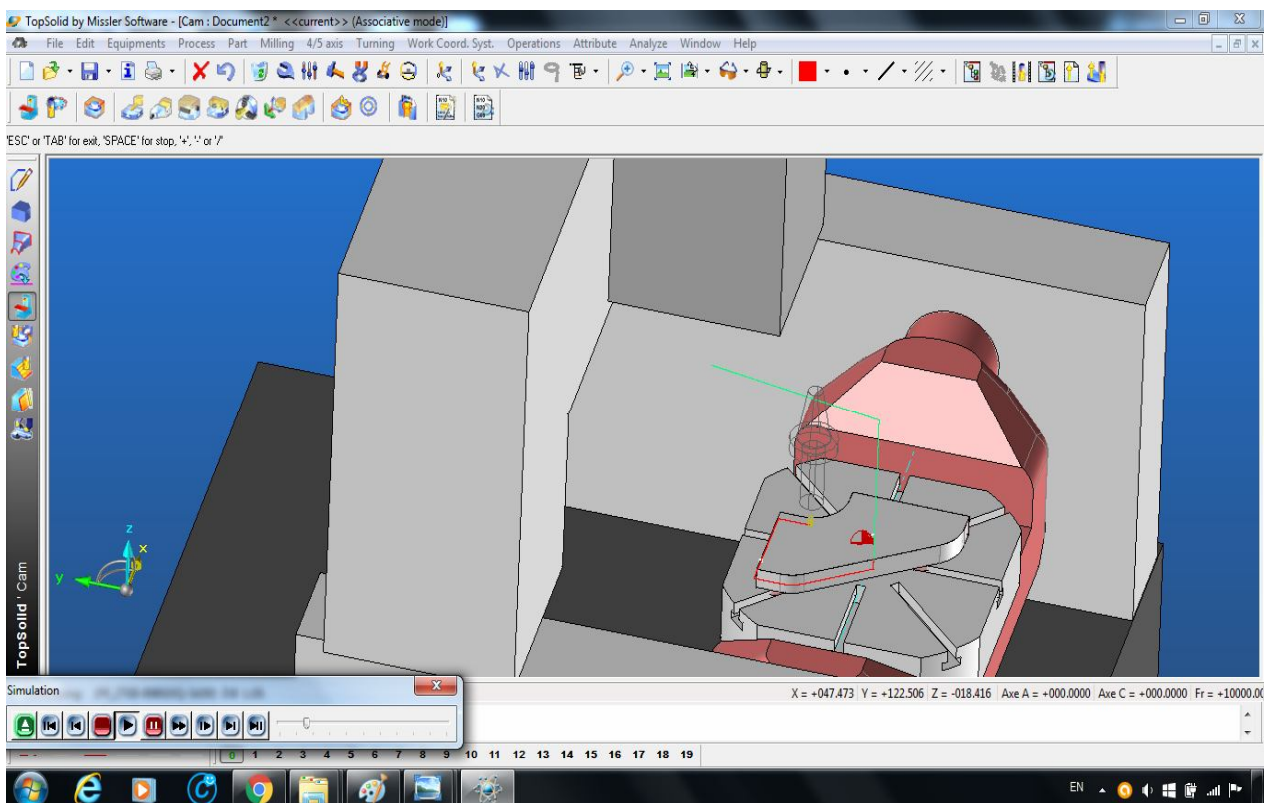
Εικόνα 3.68 Καθορισμός συντεταγμένων σημείου εκκίνησης.



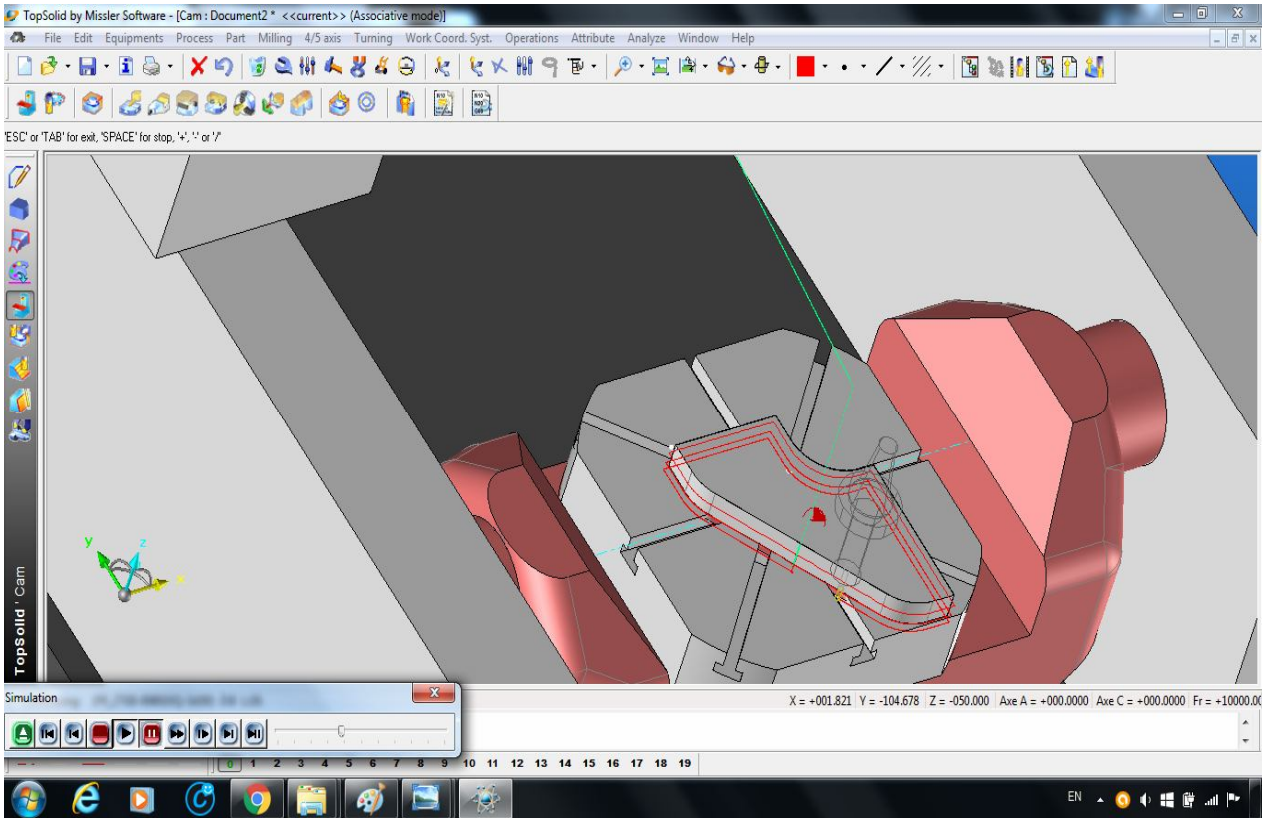
Εικόνα 3.69 Εκκίνηση προσομοίωσης.



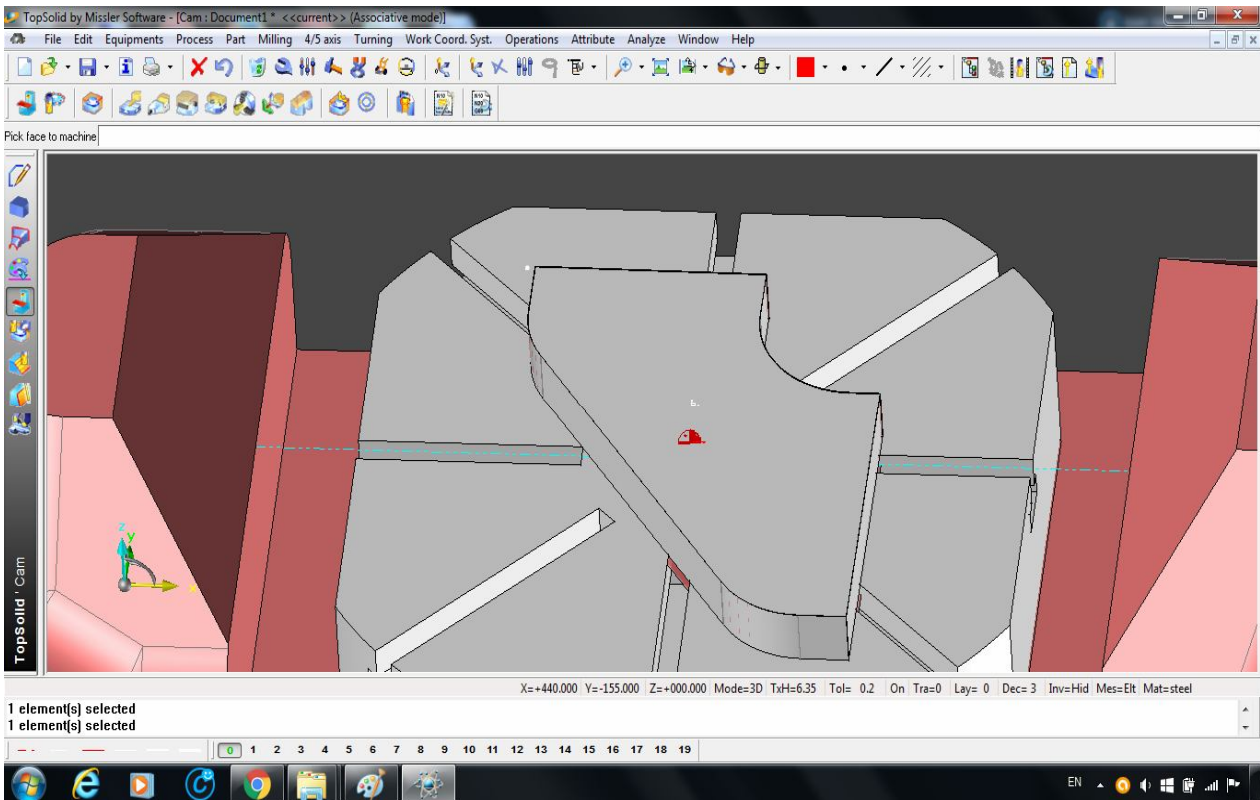
Εικόνα 3.70 Facing άνω όψης.



Εικόνα 3.71 Κατασκευή περιγράμματος εξαρτήματος.



Εικόνα 3.72 Τέλος περιμετρικής κατεργασίας.



Εικόνα 3.73 Αποπεράτωση κατεργασιών και τελική όψη εξαρτήματος.

Επίλογος - Συμπεράσματα

Για την πραγματοποίηση της τρισδιάστατης σχεδίασης ενός ηλεκτροϋδραυλικού πηδαλίου πλοίου χρησιμοποιήθηκε πρόγραμμα 3D σχεδίασης TOPSOLID CAM. 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. Μία ακόμα σημαντική δυνατότητα του προγράμματος είναι ότι μπορεί και επεξεργάζεται το τελικό σχέδιο σε animation π.χ. (αν το τελικό σχέδιο είναι ένα σύστημα γραναζιών υπάρχει η δυνατότητα να γίνει παρατήρηση της λειτουργίας του), μπορούμε να το δούμε μέσα από τομή η και ακόμα σε διάγραμμα αντοχής υλικού, ώστε να δούμε σε ποια σημεία καταπονείται η διάταξή μας. Η σχεδίαση γίνεται αρχικά σε CAD απ το οποίο το τελικό σχέδιο μπορεί εισάγεται στο πρόγραμμα CAM και να προκύψει ο G κώδικας βάσει του οποίου θα υλοποιηθεί σε αυτόματο κέντρο κατεργασίας C.N.C.

Βιβλιογραφία

1. <http://forshipbuilding.com/>
2. <http://www.machineryspaces.com>
3. <http://marinediesels.co.uk/>
4. <http://www.ortsa.gr/>
5. <http://www.brighthubengineering.com/>
6. <https://images.google.com/>

Παράρτημα

Κώδικας G και M της μηχανής

N1 G54

N2 G0 G90 G71 G40

N3 T1 D1

N4 G92 S1000

N5 G95 G96 S100 M4 M8

N6 X164.8 Z-4.6

N7 G1 X45.746 F.2

N8 X44.746 Z-4.1

N9 X0

N10 X9. Z0.4

N11 G0 X164.8

N12 Z-9.6

N13 G1 X51.8

N14 Z-7.627

N15 X45.746 Z-4.6

N16 G0 X164.8

N17 Z-14.6

N18 G1 X51.8

N19 Z-9.6

N20 G0 X164.8

N21 Z-19.6

N22 G1 X51.8

N23 Z-14.6

N24 G0 X164.8

N25 Z-24.6

N26 G1 X51.8

N27 Z-19.6

N28 G0 X164.8

N29 Z-29.6

N30 G1 X58.746

N31 X57.746 Z-29.1

N32 X51.8

N33 Z-24.6
N34 G0 X164.8
N35 Z-34.6
N36 G1 X65.8
N37 Z-33.127
N38 X58.746 Z-29.6
N39 G0 X164.8
N40 Z-39.6
N41 G1 X65.8
N42 Z-34.6
N43 G0 X164.8
N44 Z-44.6
N45 G1 X65.8
N46 Z-39.6
N47 G0 X164.8
N48 Z-49.6
N49 G1 X65.8
N50 Z-44.6
N51 G0 X164.8
N52 Z-54.6
N53 G1 X65.8
N54 Z-49.6
N55 G0 X164.8
N56 Z-59.6
N57 G1 X65.8
N58 Z-54.6
N59 G0 X164.8
N60 Z-64.6
N61 G1 X65.8
N62 Z-59.6
N63 G0 X164.8
N64 Z-69.6
N65 G1 X65.8
N66 Z-64.6
N67 G0 X164.8

N68 Z-74.6
N69 G1 X65.8
N70 Z-69.6
N71 G0 X164.8
N72 Z-79.6
N73 G1 X75.746
N74 X74.746 Z-79.1
N75 X65.8
N76 Z-74.6
N77 G0 X164.8
N78 Z-84.6
N79 G1 X81.8
N80 Z-82.627
N81 X75.746 Z-79.6
N82 G0 X164.8
N83 Z-89.6
N84 G1 X81.8
N85 Z-84.6
N86 G0 X164.8
N87 Z-94.6
N88 G1 X81.8
N89 Z-89.6
N90 G0 X164.8
N91 Z-99.6
N92 G1 X81.8
N93 Z-94.6
N94 G0 X164.8
N95 Z-104.6
N96 G1 X81.8
N97 Z-99.6
N98 G0 X164.8
N99 Z-109.6
N100 G1 X81.8
N101 Z-104.6
N102 G0 X164.8

N103 Z-114.6
N104 G1 X81.8
N105 Z-109.6
N106 G0 X164.8
N107 Z-119.6
N108 G1 X81.8
N109 Z-114.6
N110 G0 X164.8
N111 Z-124.6
N112 G1 X81.8
N113 Z-119.6
N114 G0 X164.8
N115 Z-129.6
N116 G1 X81.8
N117 Z-124.6
N118 G0 X164.8
N119 Z-134.6
N120 G1 X81.8
N121 Z-129.6
N122 G0 X164.8
N123 Z-139.6
N124 G1 X90.964
N125 X89.297 Z-137.1
N126 X81.8
N127 Z-134.6
N128 G0 X164.8
N129 Z-144.6
N130 G1 X91.8
N131 Z-140.854
N132 X90.964 Z-139.6
N133 G0 X164.8
N134 Z-149.6
N135 G1 X91.8
N136 Z-144.6
N137 G0 X164.8

N138 Z-154.6
N139 G1 X91.8
N140 Z-149.6
N141 G0 X164.8
N142 Z-159.6
N143 G1 X91.8
N144 Z-154.6
N145 G0 X164.8
N146 Z-164.6
N147 G1 X91.8
N148 Z-159.6
N149 G0 X164.8
N150 Z-169.6
N151 G1 X91.8
N152 Z-164.6
N153 G0 X164.8
N154 Z-174.6
N155 G1 X91.8
N156 Z-169.6
N157 G0 X164.8
N158 Z-179.6
N159 G1 X91.8
N160 Z-174.6
N161 G0 X164.8
N162 Z-184.6
N163 G1 X91.8
N164 Z-179.6
N165 G0 X164.8
N166 Z-189.6
N167 G1 X91.8
N168 Z-184.6
N169 G0 X164.8
N170 Z-194.6
N171 G1 X91.8
N172 Z-189.6

N173 G0 X164.8
N174 Z-199.6
N175 G1 X91.8
N176 Z-194.6
N177 G0 X164.8
N178 Z-204.6
N179 G1 X91.8
N180 Z-199.6
N181 G0 X164.8
N182 Z-209.6
N183 G1 X91.8
N184 Z-204.6
N185 G0 X164.8
N186 Z-214.6
N187 G1 X91.8
N188 Z-209.6
N189 G0 X164.8
N190 Z-219.6
N191 G1 X91.8
N192 Z-214.6
N193 G0 X164.8
N194 Z-224.6
N195 G1 X91.8
N196 Z-219.6
N197 G0 X164.8
N198 Z-229.6
N199 G1 X91.8
N200 Z-224.6
N201 G0 X164.8
N202 Z-234.6
N203 G1 X91.8
N204 Z-229.6
N205 G0 X164.8
N206 Z-239.6
N207 G1 X91.8

N208 Z-234.6
N209 G0 X164.8
N210 Z-244.6
N211 G1 X91.8
N212 Z-239.6
N213 G0 X164.8
N214 Z-249.6
N215 G1 X91.8
N216 Z-244.6
N217 G0 X164.8
N218 Z-254.6
N219 G1 X91.8
N220 Z-249.6
N221 G0 X164.8
N222 Z-259.6
N223 G1 X91.8
N224 Z-254.6
N225 G0 X164.8
N226 Z-264.6
N227 G1 X91.8
N228 Z-259.6
N229 G0 X164.8
N230 Z-269.6
N231 G1 X92.964
N232 X91.8 Z-267.854
N233 Z-264.6
N234 G0 X164.8
N235 Z-274.6
N236 G1 X93.8
N237 Z-270.854
N238 X92.964 Z-269.6
N239 G0 X164.8
N240 Z-279.6
N241 G1 X93.8
N242 Z-274.6

N243 G0 X164.8
N244 Z-284.6
N245 G1 X93.8
N246 Z-279.6
N247 G0 X164.8
N248 Z-289.6
N249 G1 X93.8
N250 Z-284.6
N251 G0 X164.8
N252 Z-294.6
N253 G1 X93.8
N254 Z-289.6
N255 G0 X164.8
N256 Z-299.6
N257 G1 X93.8
N258 Z-294.6
N259 G0 X164.8
N260 Z-304.6
N261 G1 X93.8
N262 Z-299.6
N263 G0 X164.8
N264 Z-309.6
N265 G1 X93.8
N266 Z-304.6
N267 G0 X164.8
N268 Z-314.6
N269 G1 X93.8
N270 Z-309.6
N271 G0 X164.8
N272 Z-319.6
N273 G1 X93.8
N274 Z-314.6
N275 G0 X164.8
N276 Z-324.6
N277 G1 X93.8

N278 Z-319.6
N279 G0 X164.8
N280 Z-329.6
N281 G1 X101.8
N282 Z-327.1
N283 X93.8
N284 Z-324.6
N285 G0 X164.8
N286 Z-334.6
N287 G1 X101.8
N288 Z-329.6
N289 G0 X164.8
N290 Z-339.6
N291 G1 X101.8
N292 Z-334.6
N293 X104.628 Z-333.186
;
N294 G0 Z-9.047
N295 X55.8
N296 G1 X50.8
N297 Z-7.834
N298 X44.331 Z-4.6
N299 X0
N300 X1. Z-4.1
N301 G0 X55.8
N302 Z-13.994
N303 G1 X50.8
N304 Z-9.047
N305 G0 X55.8
N306 Z-18.941
N307 G1 X50.8
N308 Z-13.994
N309 G0 X55.8
N310 Z-23.889
N311 G1 X50.8

N312 Z-18.941
N313 G0 X55.8
N314 Z-28.836
N315 G1 X50.8
N316 Z-23.889
N317 G0 X69.8
N318 Z-33.783
N319 G1 X64.8
N320 Z-33.334
N321 X57.331 Z-29.6
N322 X50.8
N323 Z-28.836
N324 G0 X69.8
N325 Z-38.73
N326 G1 X64.8
N327 Z-33.783
N328 G0 X69.8
N329 Z-43.677
N330 G1 X64.8
N331 Z-38.73
N332 G0 X69.8
N333 Z-48.624
N334 G1 X64.8
N335 Z-43.677
N336 G0 X69.8
N337 Z-53.571
N338 G1 X64.8
N339 Z-48.624
N340 G0 X69.8
N341 Z-58.519
N342 G1 X64.8
N343 Z-53.571
N344 G0 X69.8
N345 Z-63.466
N346 G1 X64.8

N347 Z-58.519
N348 G0 X69.8
N349 Z-68.413
N350 G1 X64.8
N351 Z-63.466
N352 G0 X69.8
N353 Z-73.36
N354 G1 X64.8
N355 Z-68.413
N356 G0 X69.8
N357 Z-78.307
N358 G1 X64.8
N359 Z-73.36
N360 G0 X85.8
N361 Z-83.254
N362 G1 X80.8
N363 Z-82.834
N364 X74.331 Z-79.6
N365 X64.8
N366 Z-78.307
N367 G0 X85.8
N368 Z-88.201
N369 G1 X80.8
N370 Z-83.254
N371 G0 X85.8
N372 Z-93.149
N373 G1 X80.8
N374 Z-88.201
N375 G0 X85.8
N376 Z-98.096
N377 G1 X80.8
N378 Z-93.149
N379 G0 X85.8
N380 Z-103.043
N381 G1 X80.8

N382 Z-98.096
N383 G0 X85.8
N384 Z-107.99
N385 G1 X80.8
N386 Z-103.043
N387 G0 X85.8
N388 Z-112.937
N389 G1 X80.8
N390 Z-107.99
N391 G0 X85.8
N392 Z-117.884
N393 G1 X80.8
N394 Z-112.937
N395 G0 X85.8
N396 Z-122.831
N397 G1 X80.8
N398 Z-117.884
N399 G0 X85.8
N400 Z-127.779
N401 G1 X80.8
N402 Z-122.831
N403 G0 X85.8
N404 Z-132.726
N405 G1 X80.8
N406 Z-127.779
N407 G0 X93.679
N408 Z-137.673
N409 G1 X88.625
N410 X88.577 Z-137.6
N411 X80.8
N412 Z-132.726
N413 G0 X95.8
N414 Z-142.62
N415 G1 X90.8
N416 Z-140.935

N417 X88.625 Z-137.673
N418 G0 X95.8
N419 Z-147.567
N420 G1 X90.8
N421 Z-142.62
N422 G0 X95.8
N423 Z-152.514
N424 G1 X90.8
N425 Z-147.567
N426 G0 X95.8
N427 Z-157.461
N428 G1 X90.8
N429 Z-152.514
N430 G0 X95.8
N431 Z-162.409
N432 G1 X90.8
N433 Z-157.461
N434 G0 X95.8
N435 Z-167.356
N436 G1 X90.8
N437 Z-162.409
N438 G0 X95.8
N439 Z-172.303
N440 G1 X90.8
N441 Z-167.356
N442 G0 X95.8
N443 Z-177.25
N444 G1 X90.8
N445 Z-172.303
N446 G0 X95.8
N447 Z-182.197
N448 G1 X90.8
N449 Z-177.25
N450 G0 X95.8
N451 Z-187.144

N452 G1 X90.8
N453 Z-182.197
N454 G0 X95.8
N455 Z-192.091
N456 G1 X90.8
N457 Z-187.144
N458 G0 X95.8
N459 Z-197.039
N460 G1 X90.8
N461 Z-192.091
N462 G0 X95.8
N463 Z-201.986
N464 G1 X90.8
N465 Z-197.039
N466 G0 X95.8
N467 Z-206.933
N468 G1 X90.8
N469 Z-201.986
N470 G0 X95.8
N471 Z-211.88
N472 G1 X90.8
N473 Z-206.933
N474 G0 X95.8
N475 Z-216.827
N476 G1 X90.8
N477 Z-211.88
N478 G0 X95.8
N479 Z-221.774
N480 G1 X90.8
N481 Z-216.827
N482 G0 X95.8
N483 Z-226.721
N484 G1 X90.8
N485 Z-221.774
N486 G0 X95.8

N487 Z-231.669
N488 G1 X90.8
N489 Z-226.721
N490 G0 X95.8
N491 Z-236.616
N492 G1 X90.8
N493 Z-231.669
N494 G0 X95.8
N495 Z-241.563
N496 G1 X90.8
N497 Z-236.616
N498 G0 X95.8
N499 Z-246.51
N500 G1 X90.8
N501 Z-241.563
N502 G0 X95.8
N503 Z-251.457
N504 G1 X90.8
N505 Z-246.51
N506 G0 X95.8
N507 Z-256.404
N508 G1 X90.8
N509 Z-251.457
N510 G0 X95.8
N511 Z-261.351
N512 G1 X90.8
N513 Z-256.404
N514 G0 X95.8
N515 Z-266.299
N516 G1 X90.8
N517 Z-261.351
N518 G0 X97.8
N519 Z-271.246
N520 G1 X92.8
N521 Z-270.935

N522 X90.8 Z-267.935
N523 Z-266.299
N524 G0 X97.8
N525 Z-276.193
N526 G1 X92.8
N527 Z-271.246
N528 G0 X97.8
N529 Z-281.14
N530 G1 X92.8
N531 Z-276.193
N532 G0 X97.8
N533 Z-286.087
N534 G1 X92.8
N535 Z-281.14
N536 G0 X97.8
N537 Z-291.034
N538 G1 X92.8
N539 Z-286.087
N540 G0 X97.8
N541 Z-295.981
N542 G1 X92.8
N543 Z-291.034
N544 G0 X97.8
N545 Z-300.929
N546 G1 X92.8
N547 Z-295.981
N548 G0 X97.8
N549 Z-305.876
N550 G1 X92.8
N551 Z-300.929
N552 G0 X97.8
N553 Z-310.823
N554 G1 X92.8
N555 Z-305.876
N556 G0 X97.8

N557 Z-315.77
N558 G1 X92.8
N559 Z-310.823
N560 G0 X97.8
N561 Z-320.717
N562 G1 X92.8
N563 Z-315.77
N564 G0 X97.8
N565 Z-325.664
N566 G1 X92.8
N567 Z-320.717
N568 G0 X105.8
N569 Z-330.611
N570 G1 X100.8
N571 Z-327.6
N572 X92.8
N573 Z-325.664
N574 G0 X105.8
N575 Z-335.559
N576 G1 X100.8
N577 Z-330.611
N578 G0 X164.8
N579 Z-340.506
N580 G1 X100.8
N581 Z-335.559
N582 G0 X164.8
N583 Z-345.453
N584 G1 X100.8
N585 Z-340.506
N586 G0 X164.8
N587 Z-350.4
N588 G1 X100.8
N589 Z-350.
N590 Z-345.453
N591 X103.628 Z-344.039

N592 G0 M9

N593 M30

Περιεχόμενα

Περίληψη	3
Abstract	4
Πρόλογος.....	5
Κεφάλαιο 1:ΓΕΝΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ ΠΗΔΑΛΙΟ.....	6
Κεφάλαιο 2: ΗΛΕΚΤΡΟΎΔΡΑΥΛΙΚΟ ΠΗΔΑΛΙΟ	15
Κεφάλαιο 3: 3D ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ.....	31
Επίλογος - Συμπεράσματα	65
Βιβλιογραφία.....	66
Παράρτημα.....	67