

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ**

**ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ**

**ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : Κατασκευή εναλλάκτη θερμότητας (CAM)**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ : Σαραπτσής Θεοφύλακτος**

**Σαμαράς Αθανάσιος**

**ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ**

**ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ : ΚΟΥΠΑΡΑΝΗΣ ΣΤΕΦΑΝΟΣ**

**ΝΕΑ ΜΗΧΑΝΙΩΝΑ**

**2014**

**ΑΚΑΔΗΜΙΑ ΕΜΠΟΡΙΚΟΥ ΝΑΥΤΙΚΟΥ  
ΜΑΚΕΔΟΝΙΑΣ  
ΣΧΟΛΗ ΜΗΧΑΝΙΚΩΝ**

**ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ**

**ΘΕΜΑ : Κατασκευή εναλλάκτη θερμότητας (CAM)**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ : Σαραπτής Θεοφύλακτος  
ΑΜ : 4562  
Σαμαράς Αθανάσιος  
ΑΜ: 4633**

**ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΑΡΑΔΟΣΗΣ :**

Βεβαιώνεται η ολοκλήρωση της παραπάνω πτυχιακής εργασίας

Ο καθηγητής

## Περίληψη

Η σχεδίαση και συναρμολόγηση των υπό σχεδίαση δοκιμίων έγινε με πρόγραμμα τρισδιάστατης σχεδίασης. Η χρήση του προγράμματος έγινε από μηνιαία μακέτα free trial. Το πρόγραμμα δίνει την δυνατότητα, σχεδίασης, συναρμολόγησης, μηχανικής κίνησης και δοκιμασίες αντοχής. Κατά την διαδικασία σχεδιασμού των εν λόγω δοκιμίων, έγιναν πολλές δοκιμές διαφόρων σχεδιασμών. Το σχέδιο που επιλέχθηκε και σχεδιάστηκε είναι ενός εναλλάκτη θερμότητας. Έγινε σχεδιασμός των μερών (Parts) και η συναρμολόγηση (assembly).

Σκοπός της εργασίας είναι η γενική περιγραφή ενός συστήματος σε πλήρη τομή, αφού αυτό μπορεί να αποτελέσει ένα εποπτικό μέσο για την διδασκαλία των ναυτικών μαθημάτων. Αυτή η γενική περιγραφή με τις ανάλογες τομές και το animation αποτελεί το βασικό εργαλείο για την επίτευξη της αποτελεσματικής κατανόησης από τους μαθητές της Ακαδημίας. Μετά την σχεδίαση στον ηλεκτρονικό υπολογιστή με την βοήθεια του λογισμικού επιτυγχάνεται αρχικά η εκ νέου σχεδίαση κάποιων τεμαχίων ούτως ώστε να βελτιστοποιηθεί η λειτουργία τους.

Σε δεύτερη φάση θα γίνει και ακριβής και στοχευόμενη η κατασκευή τους αφού κάποιος μπορεί να περάσει την γεωμετρία στο CAM (Computer Aided Manufacturing) και να εισάγει τον κώδικα σε αυτόματη εργαλειομηχανή CNC (Computer Numerical Control).

Όλο αυτό το σχέδιο πραγματοποιείται σε πρόγραμμα ηλεκτρονικού υπολογιστή λόγω του ότι οι δυνατότητες που παρέχει είναι μεγάλες και διευκολύνει αρκετά στο να γίνουν ακριβείς σχεδιάσεις, γρήγορες διορθώσεις όπου χρειάζεται και σαφώς ποιο γρήγορη κατασκευή.

Έτσι στο συγκεκριμένη εργασία έχει χρησιμοποιηθεί το λογισμικό TOPSOLID CAM ώστε να γίνει ο σχεδιασμός των κατεργασιών, να γίνει η εξαγωγή του κώδικα και να επιτευχθεί η επιθυμητή επαναληψιμότητα.

## **Abstract**

The design and assembly of the design under test was a three-dimensional drawing program platform. The use of the model was made by monthly free trial. The program allows, design, assembly, mechanical motion and strength tests. During the design process of testing purposes, numerous trials of various designs. The design was conceived and is one heat exchanger. Done design parts (Parts) and assembling them.

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

The thesis is that for a wide range of shipping in these modern pumps and the detailed design that can be useful in future for a similar construction. This whole project is a computer program because it provides the potential is quite large and easier to make accurate designs, fast corrections where necessary and clearly how fast construction.

Thus the specific paper used TOPSOLID CAM software to make the design of the machining parts, to make the extraction of the code and to achieve the desired reproducibility.

## Πρόλογος

Η σχεδίαση ενός απλού εξαρτήματος, μίας απλής κατασκευής είναι μία πρόκληση για ένα σχεδιαστή μηχανικό αφού του δίνεται η δυνατότητα να δει , να συγκρίνει και να διακρίνει οντότητες οι οποίες είναι δύσκολο να τις φανταστεί στο επίπεδο. Αυτό είναι πολύ περισσότερο δύσκολο σε μία συναρμολογημένη διάταξη με πολλά εξαρτήματα. Στην σημερινή εποχή δίνεται η δυνατότητα με την 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 **εναλλάκτη θερμότητας** δίνοντας με τον τρόπο αυτό και στον πιο δύσκολο αναγνώστη μία εύκολη εικόνα της σημασίας τους .

# Κεφάλαιο 1

## Εναλλάκτες θερμότητας

Εναλλάκτες θερμότητας (heat exchangers) ονομάζονται συσκευές, με τις οποίες επιτυγχάνεται η μεταβίβαση ποσού θερμότητας από ένα ρευστό σε άλλο με χαμηλότερη θερμοκρασία. Απαραίτητη προϋπόθεση για τη μεταβίβαση θερμότητας είναι τα δυο ρευστά να έχουν διαφορετική θερμοκρασία. Αυτό αναφέρεται στον Β' θερμοδυναμικό Νόμο (Αρχή Carnot), όπου η θερμότητα πορεύεται από τις υψηλότερες προς τις χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Με τους εναλλάκτες επιδιώκεται είτε η θέρμανση ενός ρευστού από άλλο με υψηλότερη θερμοκρασία, οπότε γενικά ονομάζονται θερμαντήρες (Heaters) είτε αφαίρεση θερμότητας δηλαδή η ψύξη ενός ρευστού από άλλο με χαμηλότερη θερμοκρασία οπότε γενικά ονομάζονται ψυγεία ή ψυκτήρες (Coolers).

Τους εναλλάκτες θερμότητας μπορεί κάποιος να τους συναντήσει σε διάφορες μορφές στις εγκαταστάσεις των πλοίων. Παραδείγματα εναλλακτών θερμότητας είναι:

- Ψυγεία των εξατμίσεων στις ατμομηχανές
- Ψυγεία αποσταγμένου νερού Μ . Ε . Κ .
- Ψυκτήρες λαδιού λιπάνσεως, πόσιμου νερού ή αέρα
- Οι βραστήρες παραγωγής αποσταγμένου νερού
- Οι προθερμαντήρες τροφοδοτικού νερού, πετρελαίου και καυσιγόνου αέρα
- Οι οικονομητήρες τροφοδοτικού νερού
- Οι υπερθερμαντήρες, αφυπερθερμαντήρες, αναθερμαντήρες ατμού
- Οι αναθερμαντήρες των στροβίλων κλπ

Η γνώση λειτουργίας και συντήρησης των συσκευών εναλλαγής θερμότητας κατέχουν εξέχουσα θέση στις γενικές γνώσεις, τις οποίες είναι απαραίτητο να έχει κάθε μηχανικός εμπορικού ναυτικού για τη σωστή λειτουργία των μηχανών και των βοηθητικών μηχανημάτων που περιέχονται σε κάθε μηχανοστάσιο πλοίου.

Τα είδη των εναλλακτών θερμότητας ποικίλουν, ενώ η νέα τεχνολογία επιτρέπει τη συνεχή τροποποίηση τους προκειμένου να βελτιωθεί η απόδοση τους, η αντοχή τους στις βλάβες και να γίνει απλούστερος ο τρόπος συντήρησής τους.



**Εικόνα 1.1 :** Εναλλάκτης θερμότητας

### **1.1 Απόδοση και μετάδοση θερμότητας στους εναλλάκτες**

Στους εναλλάκτες επιφανείας γενικά η μετάδοση πραγματοποιείται ως μία από τις μορφές της αγωγής που καλείται σύνθετη διάβαση της θερμότητας. Σύμφωνα με αυτή, δηλαδή η θερμότητα είναι υποχρεωμένη να διέλθει από αλληπάλλληλα στρώματα ή θερμικές αντιστάσεις. Στην πράξη και κατά την λειτουργία εναλλάκτη αυτού του είδους και αν κάποιος θεωρήσει αμελητέα την ακτινοβολία της συσκευής προς το περιβάλλον (δεδομένου άλλωστε ότι μονώνεται επαρκώς), πάρα πολλοί παράγοντες εισέρχονται επηρεάζοντας την απόδοση του.

Οι παράγοντες αυτοί είναι οι στιγμιαίες μεταβολές της θερμοκρασίας των ρευστών, η ρύπανση των επιφανειών μεταδόσεως της θερμότητας (αυλών κλπ.), από αιθάλη ή άλατα, ή γεώδης ύλες, θαλάσσιους οργανισμούς και άλλους ανάλογα με την φύση της συσκευής. Εκτός από αυτά η ταχύτητα κινήσεως και η ποσότητα των ρευστών που κυκλοφορούν αποτελούν πολύ σοβαρούς παράγοντες μιας και ανεξάρτητα από το επίπεδο των θερμοκρασιών, των δύο συναλλασσόμενων ρευστών, το ένα παρέχει και το άλλο απορροφά την θερμότητα. Αν η απορρόφηση αυτή πέσει κάτω από ένα όριο προσδιορισμένο από πριν, τότε προκαλείται υπερθέρμανση του υλικού μέσο του οποίου μεταδίδεται η θερμότητα με καταστρεπτικά για την συσκευή αποτελέσματα.

## 1.2 Μετάδοση θερμότητας στους εναλλάκτες επιφάνειας

Για την μελέτη του φαινομένου λαμβάνει κάποιος υπ' όψη ότι όταν το ρευστό κινείται και εφάπτεται σε στερεή επιφάνεια, τότε στην επιφάνεια αυτή σχηματίζεται πάντοτε λεπτό στρώμα ή μεμβράνη που κινείται με ελάχιστη ταχύτητα ή παραμένει ακίνητη. Η θερμότητα του ρευστού αναγκάζεται έτσι να διέλθει πρώτα της μεμβράνης αυτής και στην συνέχεια να εισέλθει στην στερεή πλάκα. Το πάχος της μεμβράνης αυτής εξαρτάται από το συντελεστή ιξώδους του ρευστού και από την ταχύτητα κινήσεως του. Είναι δηλαδή μικρότερο όσο το ρευστό είναι πιο λεπτόρρευστο και όσο η ταχύτητα κινήσεως είναι μεγαλύτερη.

Το πάχος της μεμβράνης ελαττώνεται στο ελάχιστο όταν η ροή του από στρωτή, όπως είναι σε μικρές ταχύτητες μετατραπεί σε στροβιλώδη (μεγάλες ταχύτητες), ή διαφορετικά υπερβεί την κρίσιμη ταχύτητα ροής. Οποσδήποτε όμως η μεμβράνη αυτή ανεξάρτητα από το πάχος που έχει κάθε φορά, προσφέρει αντίσταση στη διάβαση της θερμότητας. Η αντίσταση αυτή, εκφράζεται με το λεγόμενο συντελεστή μεμβράνης (film coefficient) του ρευστού.

## 1.3 Κατάταξη εναλλακτών θερμότητας.

Οι εναλλάκτες θερμότητας διακρίνονται σε δυο βασικές κατηγορίες, τους εναλλάκτες αναμίξεως ή εξ' επαφής και τους εναλλάκτες επιφάνειας.

### **Εναλλάκτες αναμίξεως:**

Στους εναλλάκτες αναμίξεως τα δυο ρευστά αναμιγνύονται μεταξύ τους. Οι εναλλάκτες δεν χρησιμοποιούνται πια έξω από τα ψυγεία αναμίξεως των εγχυτήρων που χρησιμοποιούνται για την ψύξη του μίγματος εγχυτήρων κενού. Σ' αυτούς όμως η ψύξη γίνεται με το νερό που καταθλίβει η αντλία συμπυκνώματος δηλαδή δεν επέρχεται μόλυνση όλου του τροφοδοτικού κυκλώματος με άλατα.

Παρουσιάζουν ενδιαφέρον όμως ως προθερμαντήρες αναμίξεως που βέβαια δεν χρησιμοποιούνται σήμερα όπου η προθέρμανση γίνεται με ράντισμα του τροφοδοτικού νερού επάνω στις εξατμίσεις των μηχανημάτων στο ίδιο κέλυφος. Το μίγμα που προκύπτει είναι καθαρό



τροφοδοτικό νερό θερμοκρασίας κατά μέγιστο όση αυτή των εξατμίσεων οι οποίες συμπυκνωμένες χορηγούν την λανθάνουσα θερμότητα τους.

Οι προθερμαντήρες αναμίξεως χρησίμευσαν ως πρόδρομοι της απαραίτητης σήμερα για όλες τις σύγχρονες εγκαταστάσεις εξαεριστικής δεξαμενής.

### **Εναλλάκτες επιφανείας:**

Οι εναλλάκτες επιφανείας είναι αυτοί που χρησιμοποιούνται περισσότερο στα πλοία. Σ' αυτούς τα δυο ρευστά, το θερμό και το ψυχρό, διαχωρίζονται πάντοτε μεταξύ τους από διαχωριστικό μεταλλικό σώμα ορισμένου πάχους. Αυτό μπορεί να είναι διαχωριστική πλάκα ή συνηθέστερα το σώμα σωλήνα (αυλού) μέσα στον οποίο κυκλοφορεί το ένα ρευστό, ενώ εξωτερικά ο σωλήνας αυτός περιβάλλεται από το άλλο.

Οι εναλλάκτες κατασκευάζονται σε τρεις διαφορετικούς τύπους: α) Τους αυλωτούς, β) Τους κυψελωτούς, γ) Τους με επίπεδες ψυκτικές πλάκες.

Οι **εναλλάκτες** διαχωρίζονται επίσης και σε άλλες τρεις υποκατηγορίες:

**A. Εναλλάκτες ομορροής**, όπου τα δυο ρευστά ρέουν προς την ίδια διεύθυνση.

**B. Εναλλάκτες αντιρροής**, όπου τα δυο ρευστά ρέουν προς αντίθετες κατευθύνσεις.

**Γ. Εναλλάκτες σταυρορροής**, όπου τα δυο ρευστά ρέουν προς διασταυρούμενες κατευθύνσεις

## **1.4 Ψυγεία**

Με τον όρο ψυγεία εννοούνται γενικά εναλλάκτες, με τους οποίους επιτυγχάνουμε τον υποβιβασμό της θερμοκρασίας ή την ψύξη ενός ρευστού από το άλλο το οποίο για αυτό καλείται ψυκτικό μέσο.

Η ψύξη, όταν το ψυχώμενο ρευστό βρίσκεται σε κατάσταση ατμών συνοδεύεται από μερική συμπύκνωση ατμών και αντίστοιχα μετάβαση του ρευστού σε υγρή κατάσταση. Αυτό συμβαίνει σε περιπτώσεις ψυγείων ατμομηχανών και ψυκτικών μηχανών οπότε τα ψυγεία καλούνται ορθότερα ψυγεία συμπυκνώσεως ή πιο απλά συμπυκνωτές (condensers).

Σε περιπτώσεις όπου το ψυχώμενο ρευστό είναι υγρό π.χ λάδι λιπάνσεως, τότε τα ψυγεία αποκαλούνται ορθότερα ψυκτήρες (coolers).

### 1.5 Κατάταξη ψυγείων

Τα ψυγεία επιφανείας διακρίνονται σε **απλής ροής** όπου το νερό κυκλοφορίας πορεύεται προς μια κατεύθυνση και **διπλής ροής ή αναστρεφόμενης**. Για την επίτευξη της αναστροφής της ροής ο συλλέκτης χωρίζεται σε δυο μισά με τη βοήθεια διαχωριστικής πλάκας ή διαφράγματος. Έτσι το νερό κατευθύνεται δια των αυλών που βρίσκονται στο κάτω μισό, προς τη μια κατεύθυνση και αναστρέφει πορεία μέσα στον οπίσθιο συλλέκτη (συλλέκτη αναστροφής) από όπου εισέρχεται στους αυλούς του επάνω μισού, πορεύεται κατ' αντίθετη διεύθυνση και εξέρχεται από επάνω με τον οχετό εξαγωγής.

Τα ψυγεία διακρίνονται επίσης ανάλογα με την ειδική τους διαμόρφωση σε κυλινδρικά, ελλειπτικά, αποειδή ή καρδιοειδή) ψυγεία τύπου αναθερμάνσεως, κ.λ.π.



**Εικόνα 1.2 :** Διαμόρφωση τούμπων χωρίς το εξωτερικό κέλυφος

## 1.6 Προθερμαντήρες

Οι προθερμαντήρες είναι εναλλάκτες θερμότητας με τους οποίους επιτυγχάνουμε την ανύψωση της θερμοκρασίας ενός ρευστού με την βοήθεια ενός άλλου που βρίσκεται σε υψηλότερη θερμοκρασία. Χρησιμοποιούνται στις μηχανολογικές εγκαταστάσεις πλοίων ως προθερμαντήρες τροφοδοτικού νερού και εξαερωτήρες, ως προθερμαντήρες πετρελαίου λεβήτων ή βαρέως πετρελαίου Μ.Ε.Κ., ως προθερμαντήρες αέρα, ως προθερμαντήρες λαδιού λεβήτων πριν από τον καθαρισμό τους.

## 1.7 Είδη προθερμαντήρων

Οι προθερμαντήρες νερού διακρίνονται σε δυο κατηγορίες :Σε **προθερμαντήρες αναμίξεως** και σε **προθερμαντήρες επιφανείας**.

**1.Προθερμαντήρες αναμίξεως.** Οι προθερμαντήρες αναμίξεως δεν χρησιμοποιούνται σήμερα και έχουν αντικατασταθεί από το τους προθερμαντήρες επιφανείας.

**2.Προθερμαντήρες επιφανείας.** Οι προθερμαντήρες επιφανείας χαρακτηρίζονται ως προθερμαντήρες για χαμηλές πιέσεις όταν λειτουργούν με πιέσεις νερού μέχρι 7 κρ/cm<sup>2</sup> και υψηλές πιέσεις όταν λειτουργούν με υψηλότερες πιέσεις μέχρι και 60 κρ/cm<sup>2</sup>

Οι χαμηλές πιέσεις εγκαθίστανται στην σωλήνωση της αναρροφήσεως της τροφοδοτικής αντλίας, ενώ οι χαμηλές πιέσεις στην σωλήνωση της καταθλίψεως αυτής προς τον λέβητα.

Σε πολυσταδιακά συστήματα αναθερμάνσεως του νερού είναι αναγκαίο να χαρακτηρίζονται ως προθερμαντήρες υψηλής πίεσεως, μεσαίας πίεσεως και χαμηλής πίεσεως αντίστοιχα. Από κατασκευαστική άποψη οι προθερμαντήρες αυτοί δεν διέφεραν ουσιωδώς από τα γνωστά μας ψυγεία. Με την βοήθεια καταλλήλων διαφραγμάτων τα οποία τοποθετούνται στους δύο συλλέκτες, ρυθμίζεται ώστε το νερό που κυκλοφορεί μέσα στους αυλούς, να πραγματοποιεί περισσότερες από μία διαδρομές μέχρι μηδέν. Ανάλυση κυματοειδούς διαδρομής πραγματοποιείται από τον θερμαινόμενο ατμό, ο οποίος περιβάλλει τους αυλούς με την βοήθεια εγκαρσίων προς τους αυλούς διαφραγμάτων, τα οποία χρησιμεύουν και για την στήριξη των αυλών.

Με την πολλαπλή αυτή ροή των δύο ρευστών επιτυγχάνεται η μέγιστη απόδοση κατά την μετάδοση της θερμότητας και η μέγιστη ελάττωση των διαστάσεων της συσκευής. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι αυλοί κατασκευάζονται σε σχήμα "Ο", οπότε η συσκευή κατασκευάζεται με ένα μόνο πώμα και μία αυλοφόρα πλάκα στην οποία εκτονώνονται και τα δύο άκρα των αυλών σχήματος "Π". Με την βοήθεια διαμήκους διαφράγματος στο πώμα το νερό πραγματοποιεί τότε δύο μόνο διαδρομές.

Οι προθερμαντήρες χαμηλής πίεσεως κατασκευάζονται με τραβηχτούς αυλούς και πλάκες από ορείχαλκο ή από μέταλλο, ενώ τα πώματα και τα κελύφη γίνονται χυτοσιδερένια ή από μαλακό χάλυβα.

Οι προθερμαντήρες υψηλής πίεσεως κατασκευάζονται αντίστοιχα με τραβηχτούς αυλούς και πλάκες από χαλκό ή κράμα χαλκού-νικελίου, τα πώματα από μαλακό σφυρήλατο χάλυβα και τα κελύφη από ελάσματα μαλακού χάλυβα.

Οι προθερμαντήρες κατασκευάζονται οριζόντιοι ή κατακόρυφοι.

Τα συνήθη εξαρτήματα, τα οποία φέρουν (εκτός από τα κύρια μέρη, από τα οποία αποτελούνται) είναι θυρίδες επιθεωρήσεως και καθαρισμού, βαλβίδες εισόδου και εξόδου του νερού και του ατμού, εξαεριστικά του χώρου ατμού και νερού, ασφαλιστικές βαλβίδες ατμού και νερού υδροδεικτικών υγρών, δηλαδή του συμπυκνώματος του ατμού θερμάνσεως.



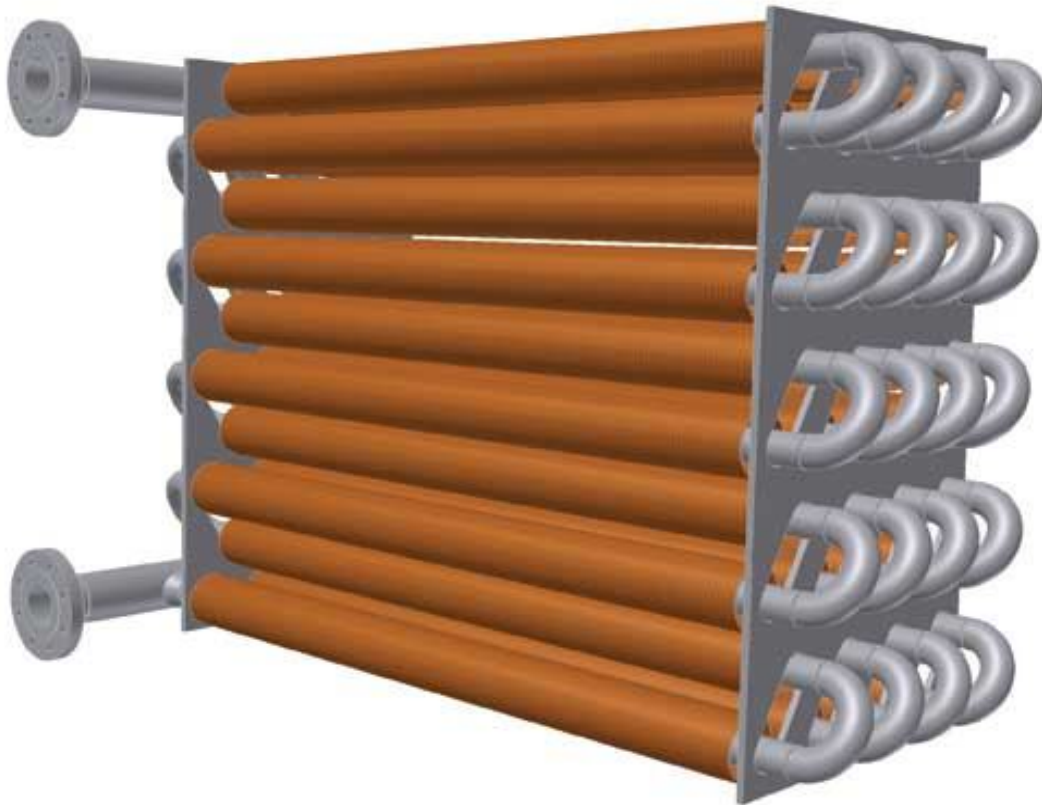
**Εικόνα 1.3 :** Φωτογραφία προθερμαντήρα

## **1.8 Οικονομητήρες**

Ο οικονομητήρας αποτελείται από συγκρότημα αυλών, οι οποίοι τοποθετούνται επάνω από τις δέσμες των ατμογόνων αυλών. Συνδέεται με εξωτερικές σωληνώσεις προς το τροφοδοτικό σύστημα, ώστε το νερό να ρέει από τους αυλούς του, προτού εισέλθει στον λέβητα. Τα θερμά καυσαέρια του καπνοθάλαμου περιβάλλουν τους αυλούς και δίνουν σε αυτούς θερμότητα, με αποτέλεσμα την ανύψωση της θερμοκρασίας του τροφοδοτικού νερού και την εξοικονόμηση μεγάλων ποσοτήτων θερμότητας.

Η οικονομία που επιτυγχάνεται ανέρχεται σε 10% περίπου ανά 10 °F ή 5,5 °C ανυψώσεως της θερμότητας του τροφοδοτικού νερού.

Πρέπει να σημειωθεί ότι λόγω μεγαλύτερης θερμοκρασιακής διαφοράς μεταξύ καυσαερίων και νερού στην βάση της καπνοδόχου, η μετάδοση της θερμότητας πραγματοποιείται καλύτερα στον οικονομητήρα παρά στα ατμογόνα στοιχεία του λέβητα.



**Εικόνα 1.4:** Το εσωτερικό του οικονομητήρα

## 1.9 Υπερθερμαντήρες

Ένας υπερθερμαντήρας σε γενικές γραμμές αποτελείται από συγκρότημα αυλών που εσωτερικά διαρρέονται από τον κεκορεσμένο ατμό, ενώ τα εξωτερικά θερμαίνονται με ακτινοβολία της εστίας ή με αγωγή από τα καυσαέρια.

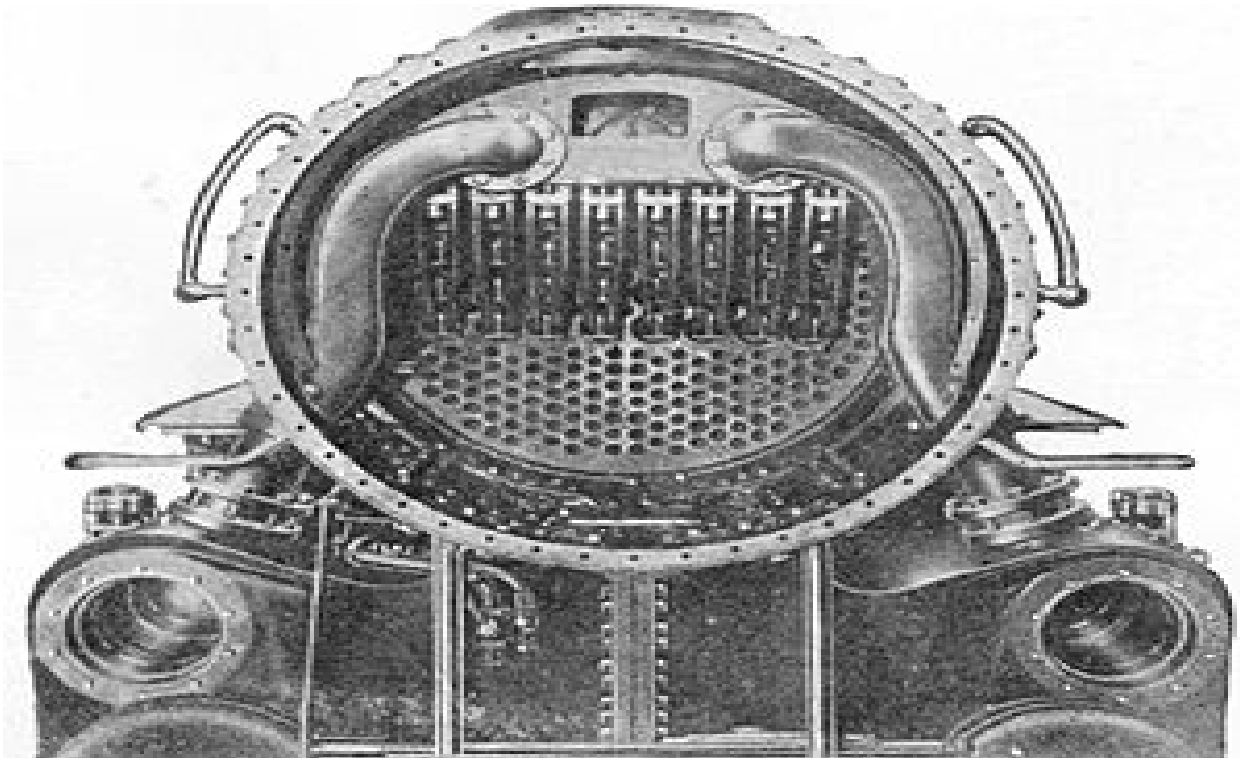
Μέσα στον υπερθερμαντήρα γίνεται υπό σταθερή πίεση η θέρμανση του κορεσμένου ατμού. Έτσι εξατμίζεται η υγρασία του ατμού, ο οποίος αρχικά γίνεται ξηρός και στην συνέχεια αποκτά υψηλότερη θερμοκρασία και αντίστοιχα μεγαλύτερο ειδικό όγκο.

## 1.10 Είδη υπερθερμαντήρων

Οι υπερθερμαντήρες βασικά διακρίνονται σε δύο κατηγορίες:

1. **Υπερθερμαντήρες φλογαυλωτών λεβήτων.** Οι υπερθερμαντήρες φλογαυλωτών λεβήτων υποδιαιρούνται σε υπερθερμαντήρες που βρίσκονται μέσα στους φλογοδρόμους, υπερθερμαντήρες φλογοθαλάμου και υπερθερμαντήρες καπνοθάλαμου.

2. **Υπερθερμαντήρες υδραυλωτών.** Οι υπερθερμαντήρες υδραυλωτών λεβήτων διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο που απορροφούν την θερμότητα σε υπερθερμαντήρες ακτινοβολίας (radiant type) και υπερθερμαντήρες με αγωγή (convection type). Ανάλογα με την σχετική θέση τους ως προς τους αμογόνους αλούς σε εξωτερικούς (overdeck) και ενδιάμεσους ή παρεντιθέμενους (interdeck).



Εικόνα 1.5 : Η μπροστά μεριά του υπερθερμαντήρα

## 1.11 Αναθερμαντήρες

Οι αναθερμαντήρες κατασκευάζονται σε δύο μορφές. Στην μία ο ατμός, που χρησιμοποιήθηκε μερικώς στην μηχανή αναθερμαίνεται ενδιάμεσως με ατμό υψηλής πίεσεως που παραλαμβάνεται

μετά από τον ατμοφράκτη του λέβητα. Στην άλλη η αναθέρμανση γίνεται μέσα σε ιδιαίτερη συσκευή του ίδιου του λέβητα με τα καυσάερα του.

### **1.12 Πλεονεκτήματα αναθερμαντήρων**

Τα πλεονεκτήματα της χρήσεως των αναθερμαντήρων είναι:

- α) Αύξηση του παραγόμενου έργου ανά κιλό ατμού, άρα ελάττωση της ειδικής κατανάλωσης του καυσίμου.
- β) Αύξηση του βαθμού ξηρότητας του ατμού της τελευταίας διαβάθμισης του στροβίλου χαμηλής πίεσεως, με συνέπεια την προστασία των πτερυγίων των τελευταίων πέρα από διάβρωση που προκαλούν τα αιωρούμενα σταγονίδια νερού που περιέχονται στον υγρό ατμό.
- γ) Ελάττωση των απωλειών, λόγω τριβών του υδρατμού, οι οποίες είναι τόσο μεγαλύτερες όσο ο υδρατμός είναι υγρότερος.

### **1.13 Αφυπερθερμαντήρες**

Οι αφυπερθερμαντήρες είναι συσκευές με τις οποίες κατά κανόνα υποβιβάζεται η θερμοκρασία του υπέρθερμου ατμού.

Βασικά ένας αφυπερθερμαντήρας μετατρέπει τον υπέρθερμο ατμό σε κορεσμένο προς χρήση κυρίως των βοηθητικών μηχανημάτων.

Η απαιτούμενη ποσότητα ατμού για τα βοηθητικά μηχανήματα οδηγείται μέσω οφιοειδούς σωλήνα βυθισμένου στο τμήμα του νερού του υδροθαλάμου. Ο προς αφυπερθέρμανση ατμός οδηγείται από την έξοδο του υπερθερμαντήρα στην είσοδο του αφυπερθερμαντήρα. Κατά τη δίοδο του από τον τελευταίο χάνει την υπερθέρμανση του, μεταδίδοντας θερμότητα στο νερό το οποίο βρίσκεται στην θερμοκρασία κορεσμού.

Εγκαταλείπει την έξοδο του αφυπερθερμαντήρα σχεδόν σε θερμοκρασία κορεσμένου και εισέρχεται στο δίκτυο του βοηθητικού κορεσμού.



### **1.14 Συστήματα απόσταξης**

Απόσταξη είναι η παραγωγή καθαρού νερού από θαλασσινό νερό με απόσταξη και επανασυμπύκνωση. Το αποσταγμένο νερό παράγεται ως αποτέλεσμα της εξάτμισης του θαλασσινού νερού είτε με βρασμό είτε με μία διαδικασία ταχείας εξάτμισης. Αυτή η εξάτμιση καθιστά δυνατή τη μείωση των διαλυμένων στερεών στο θαλασσινό νερό από 32,000 μέρη ανά εκατομμύριο μερών σε δύο ή τρία (μέρη ανά εκατομμύριο μερών) στο αποσταγμένο νερό. Ο εξοπλισμός που χρησιμοποιείται ονομάζεται «εξατμιστής» αν και χρησιμοποιείται ο όρος «αποστακτήρας» (βαπορέτα).

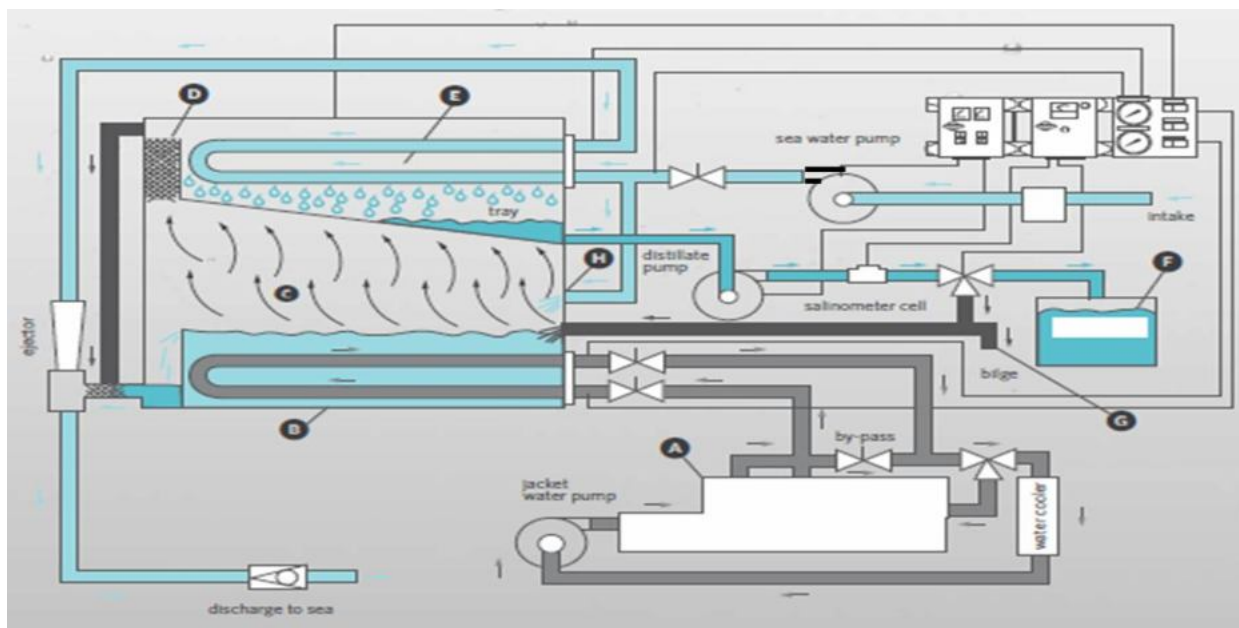
### **1.15 Διαδικασία απόσταξης**

Το θαλασσινό νερό βράζει χρησιμοποιώντας ενέργεια από μία σερπαντίνα θέρμανσης και μειώνοντας την πίεση στο κέλυφος του εξατμιστήρα. Με την διαδικασία αυτή ο βρασμός μπορεί να λάβει χώρα στους 60°C περίπου.

Το θαλασσινό νερό από τις υπηρεσίες του πλοίου κατά πρώτο κυκλοφορεί μέσω του συμπυκνωτή και στη συνέχεια μέρος της εξαγωγής του, διατίθεται ως τροφοδοσία στο θάλαμο εξάτμισης. Το θερμό νερό ή ατμός από τα υδροχιτώνια μιας μηχανής diesel διέρχεται μέσω των αυλών του θερμαντήρα και λόγω της μειωμένης πίεσης στο θάλαμο το θαλασσινό νερό βράζει.

Ο παραγόμενος ατμός στο θάλαμο ανέρχεται και περνάει μέσα από ένα διαχωριστήρα ή αφυγραντή ο οποίος εμποδίζει τα σταγονίδια του νερού να διέλθουν από αυτόν. Στο τμήμα συμπύκνωσης ο ατμός γίνεται καθαρό νερό που αναρροφάται από την αντλία αποστάγματος. Η τροφοδοσία θαλασσινού νερού ρυθμίζεται από έναν ρυθμιστή ροής και περίπου εξατμίζεται το μισό νερό τροφοδοσίας.

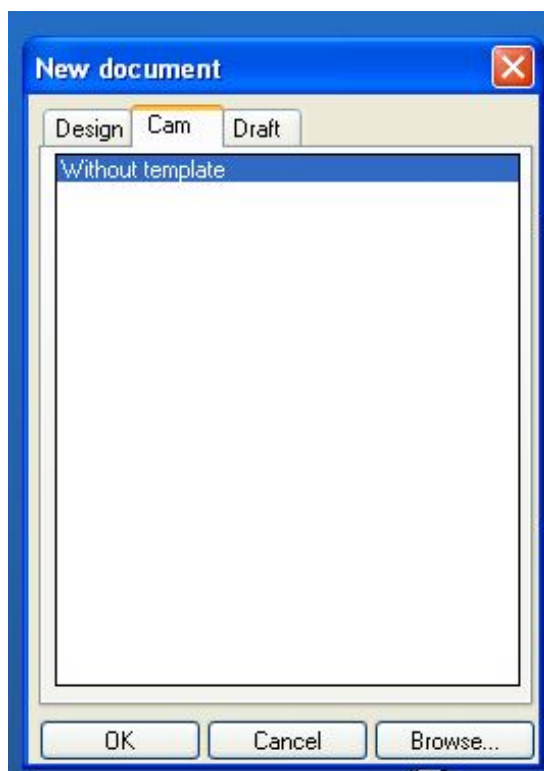
Η ποσότητα που απομένει υπερχειλίζει σταθερά ένα φράγμα και απομακρύνει το επιπλέον αλμυρό νερό ή την άλμη. Ένα τζιφάρι συνδυασμένης χρήσης άλμης και αέρα αναρροφά τον αέρα και την άλμη από τον εξατμιστή



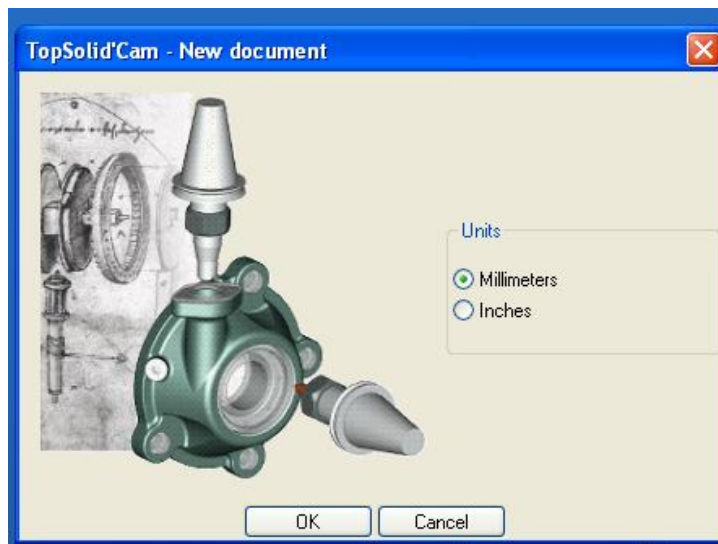
**Εικόνα 1.6 :** Η διαδικασία παραγωγής αποσταγμένου νερού σε σκαρίφημα

## Κεφάλαιο 2

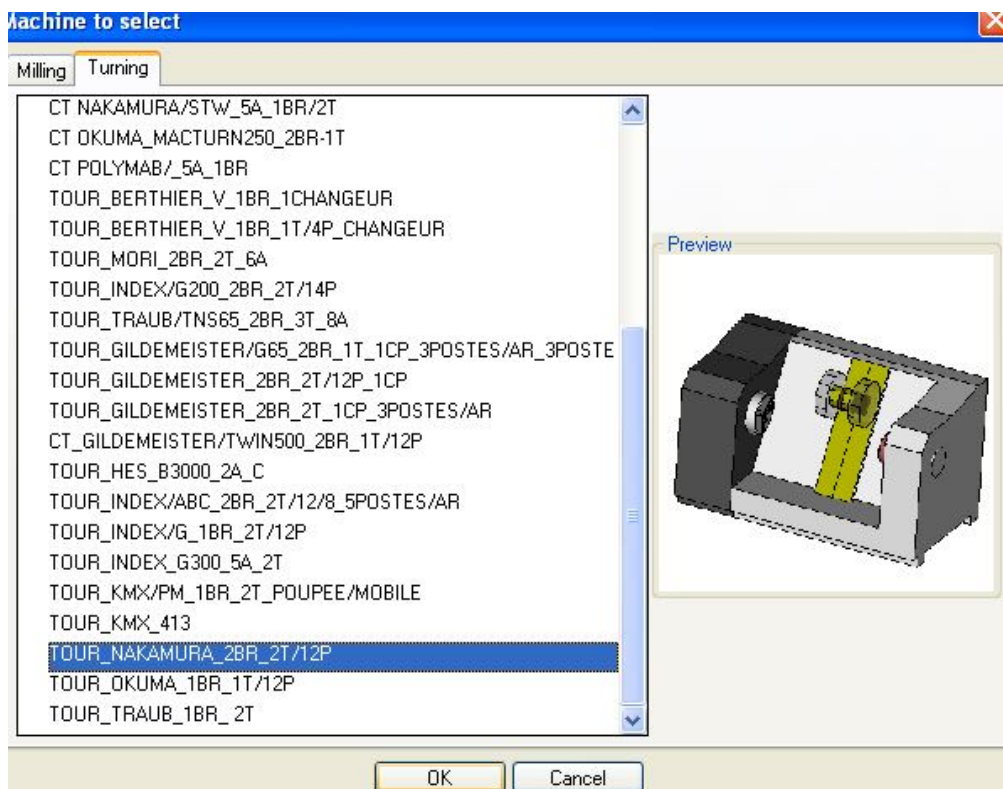
### Κατασκευή δοκιμίων εναλλάκτη θερμότητας



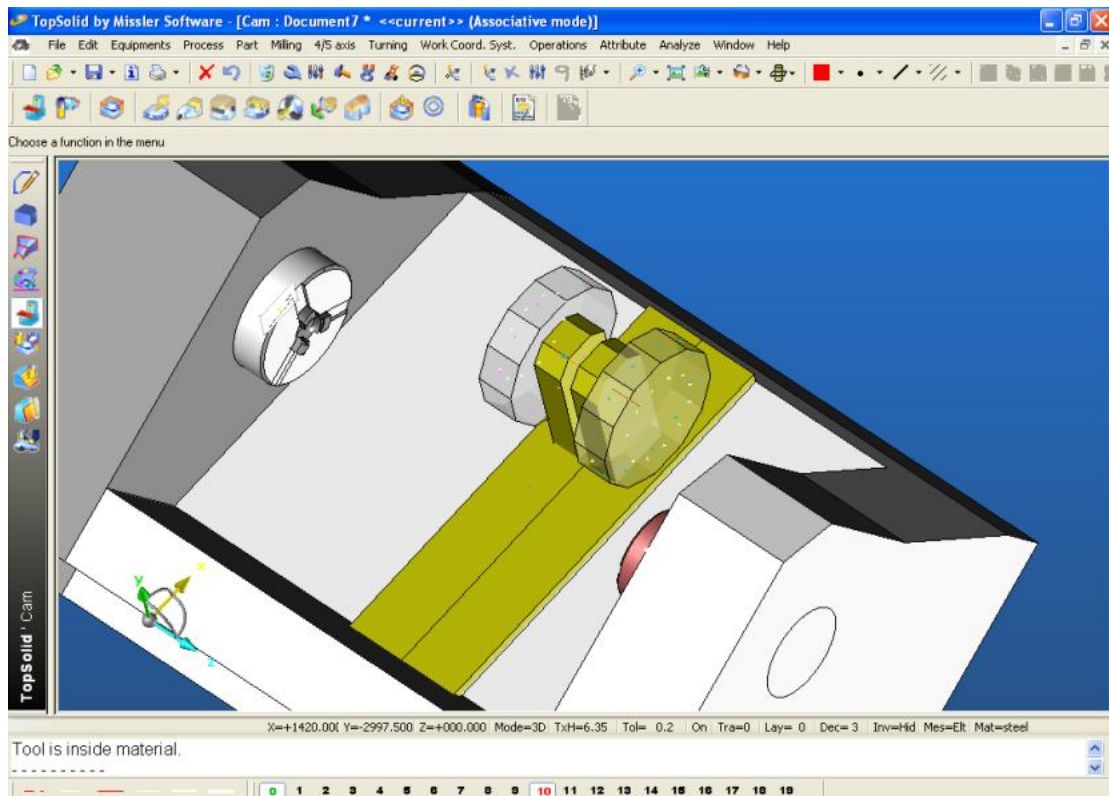
Εικόνα 1: Δημιουργία νέου εγγράφου CAM



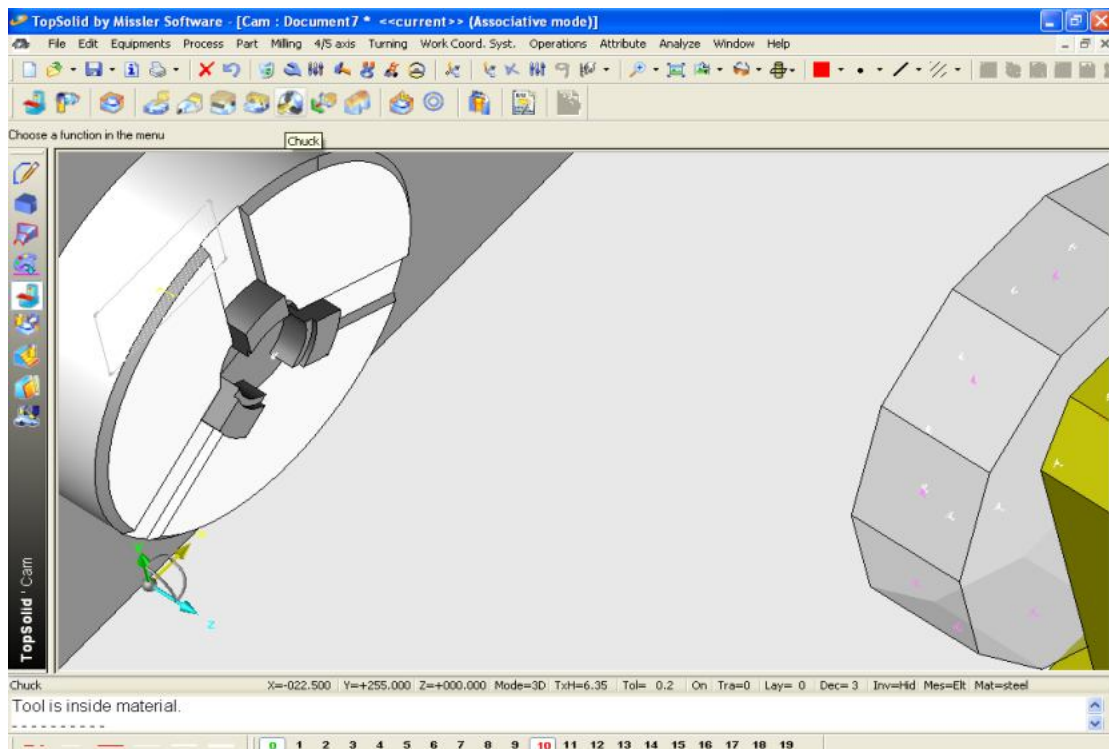
Εικόνα 2: Επιλογή σε mm ή ίντσες



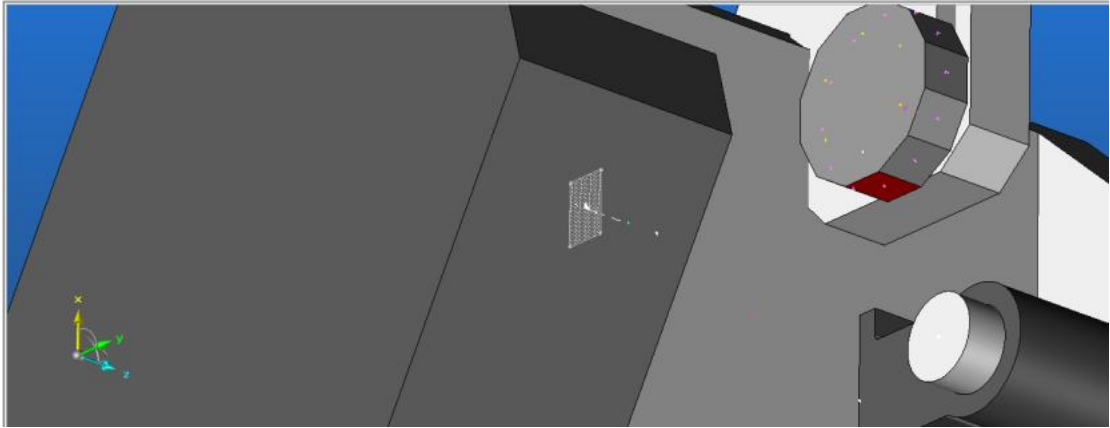
Εικόνα 3: Επιλογή εργαλειομηχανής



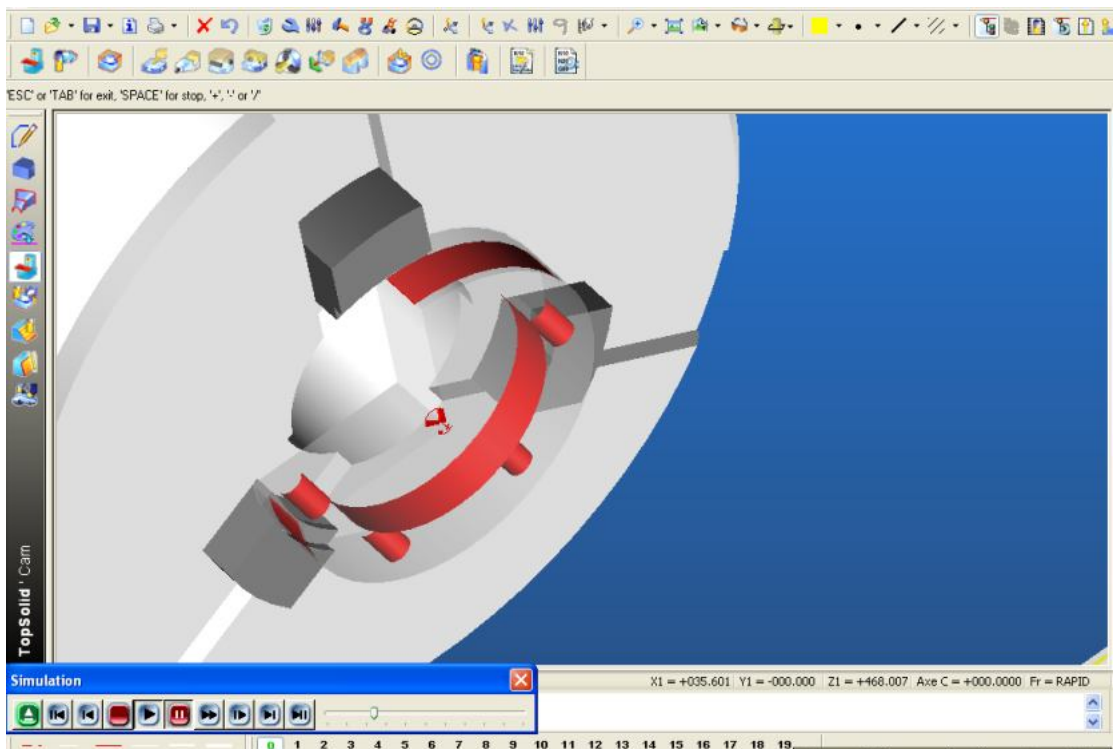
Εικόνα 4: Εργαλειομηχανή σε πλήρη εμφάνιση



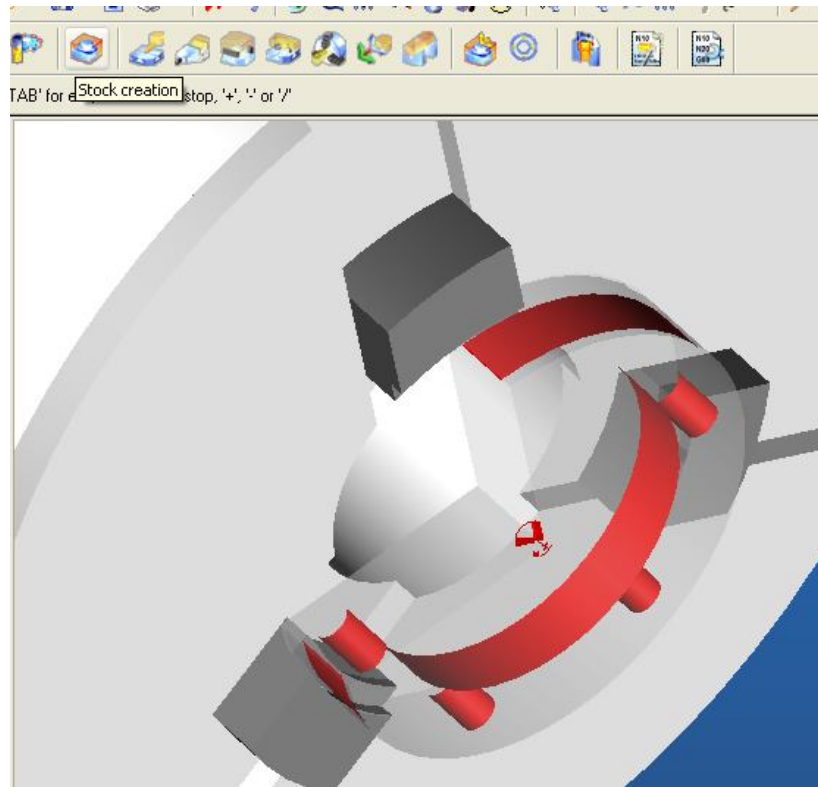
Εικόνα 5: Εμφάνιση του τσοκ



Εικόνα 6: Εργαλειοδέτης - κουκουβάγια

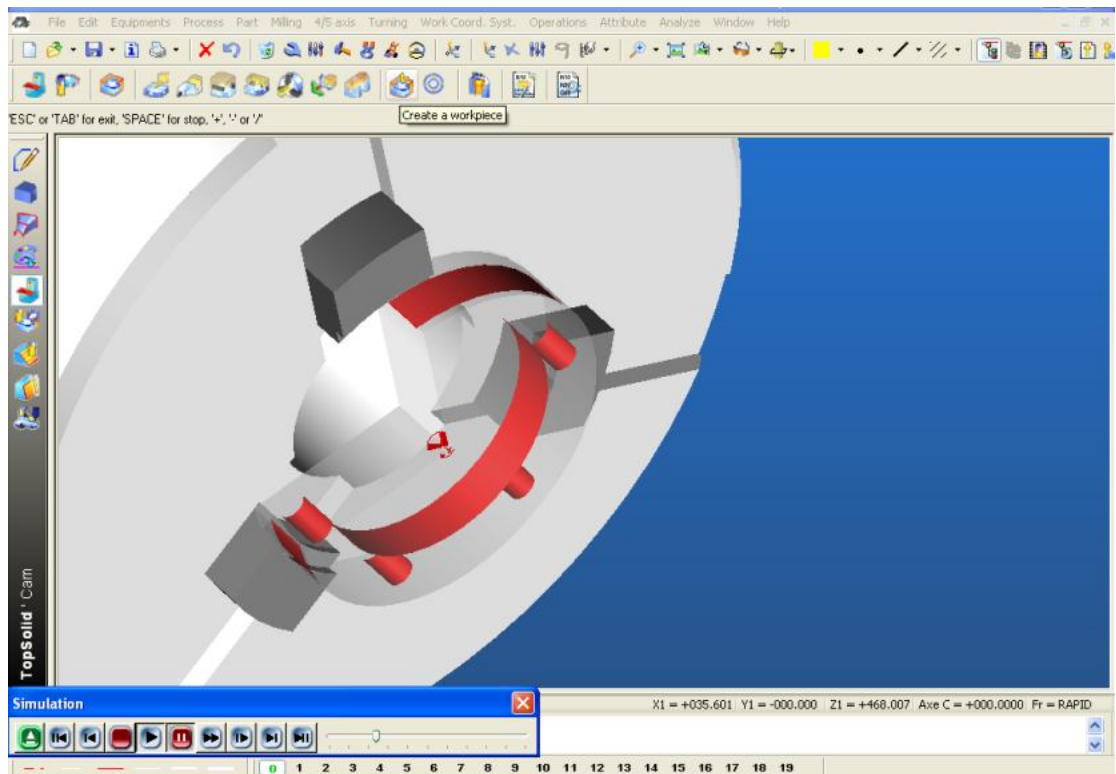


Εικόνα 7: Εισαγωγή δοκιμίου στην εργαλειομηχανή

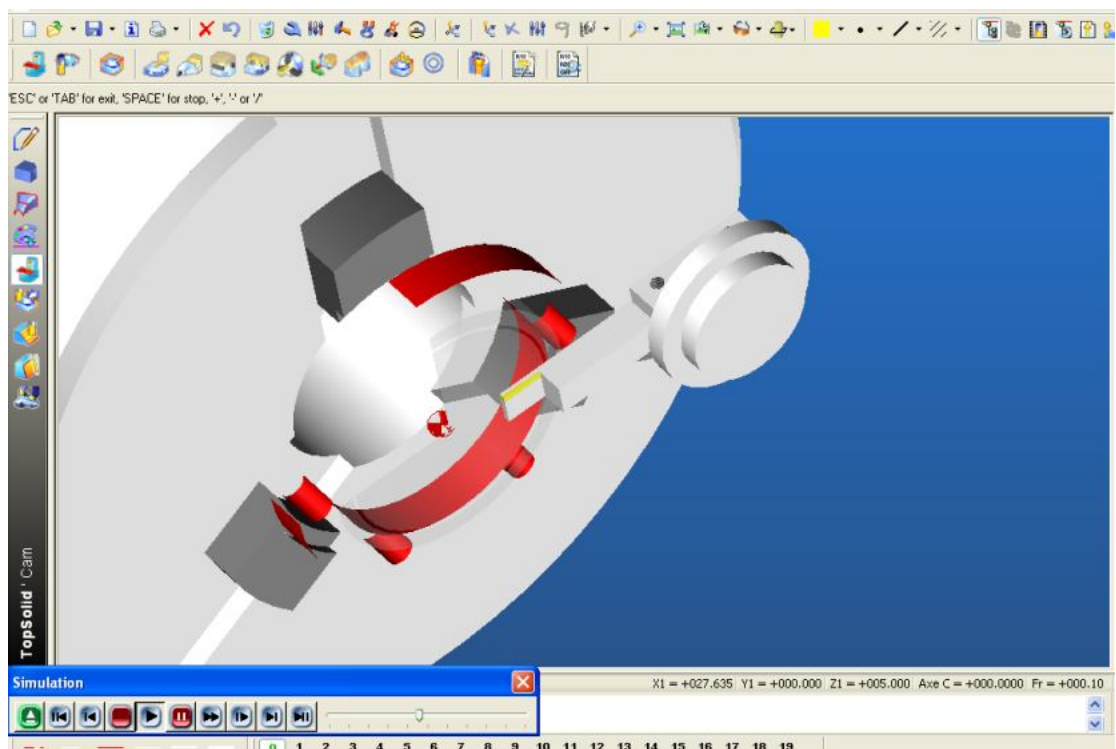


Εικόνα 8: Δημιουργία ακατέργαστου δοκιμίου



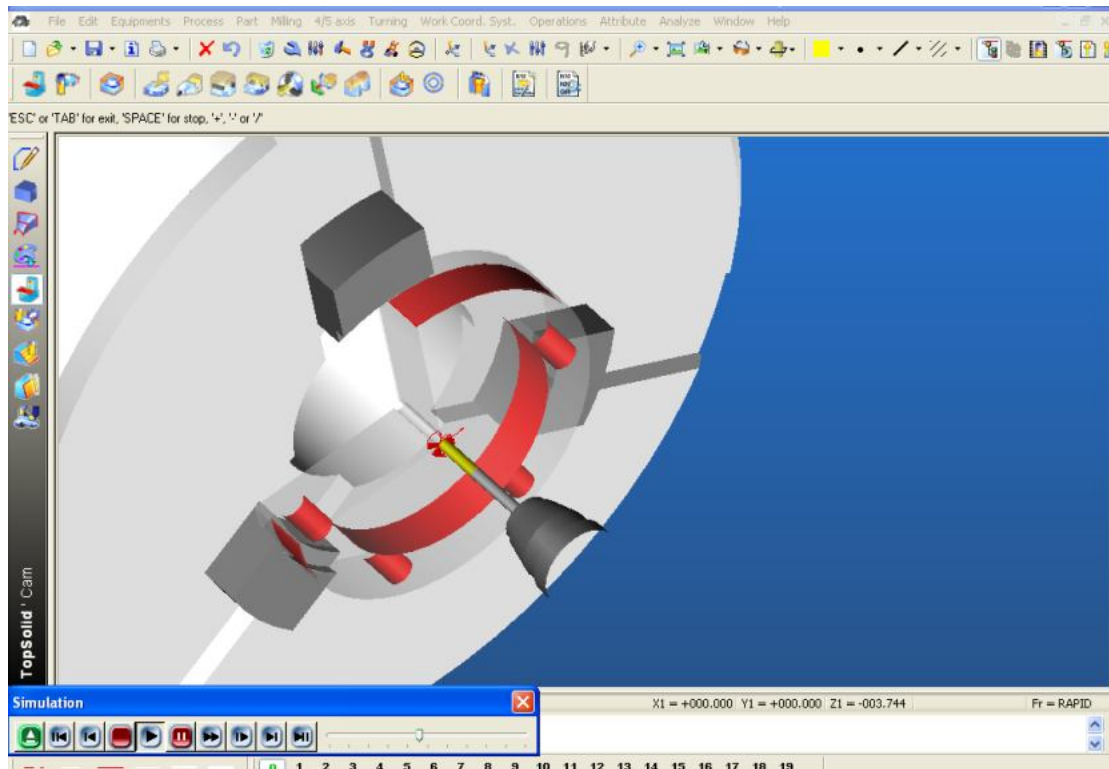


Εικόνα 9: Δημιουργία μηδενικού σημείου

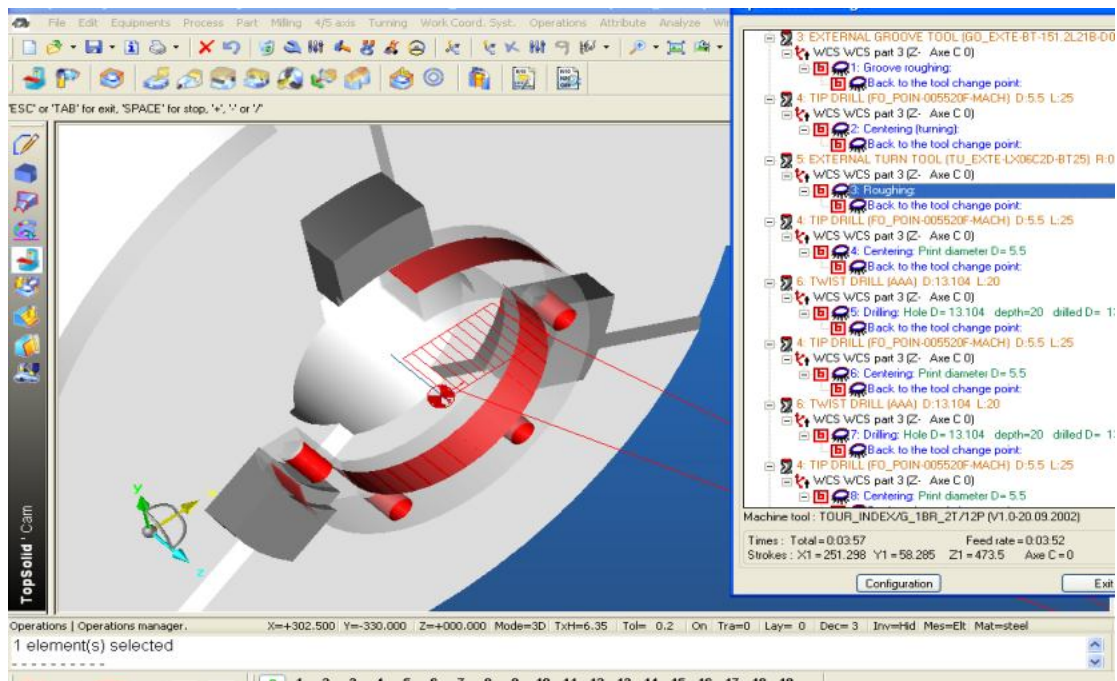


Εικόνα 10: Κατεργασία προσώπου φλάντζας

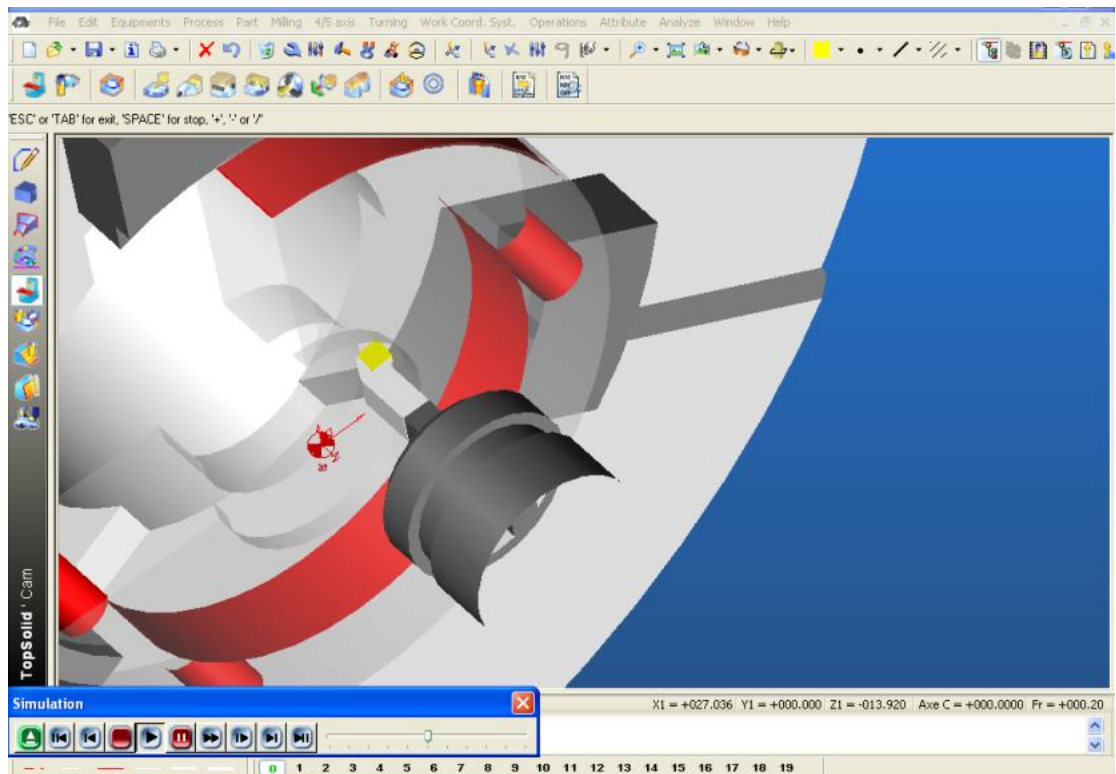




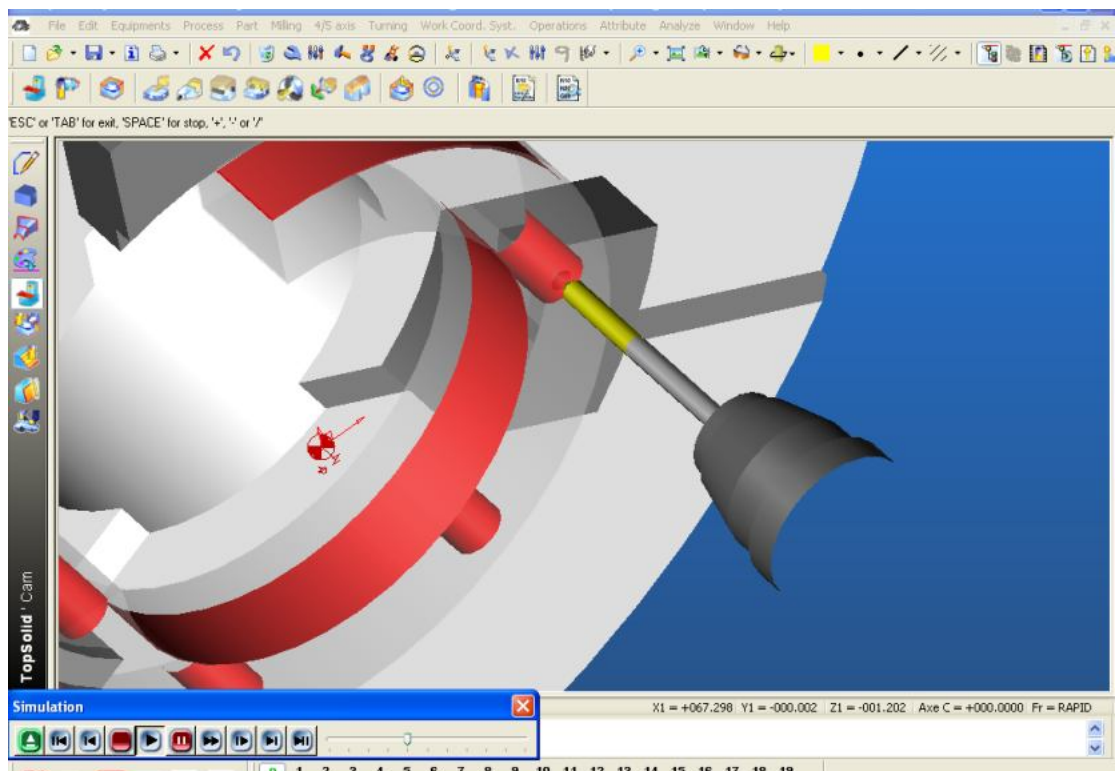
Εικόνα 11: Κατεργασία διάνοιξης οπής



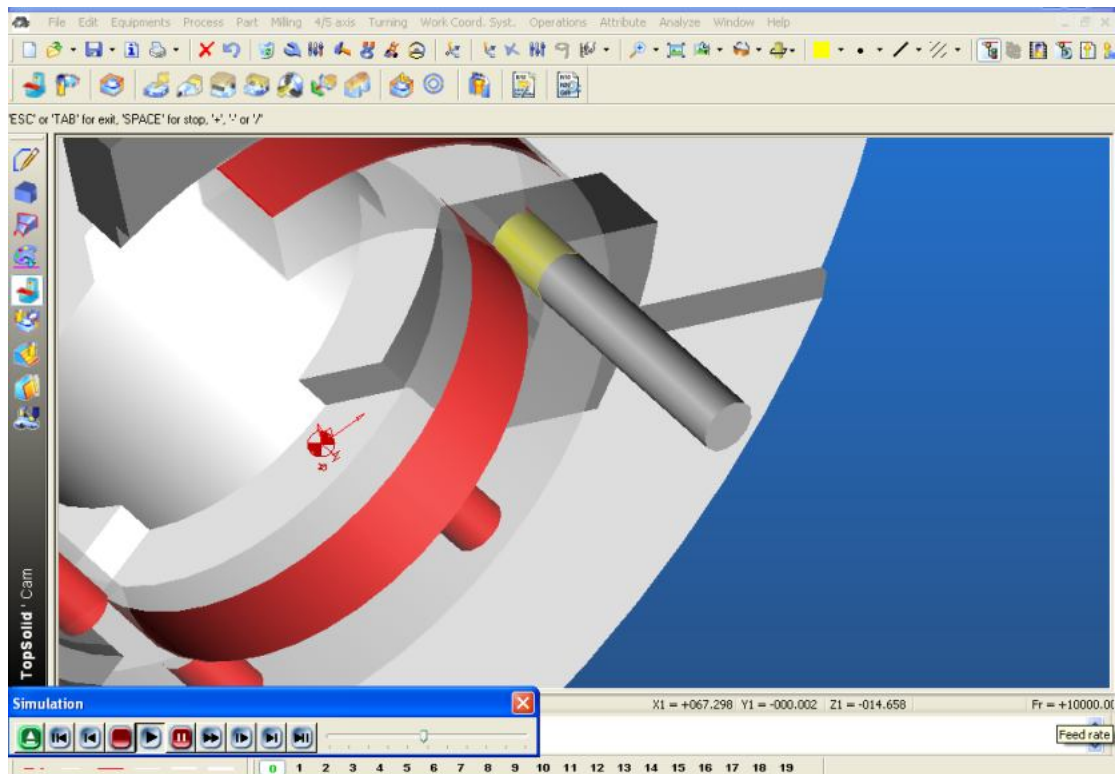
Εικόνα 12: Ξεχόνδρισμα εσωτερικής τórνευσης



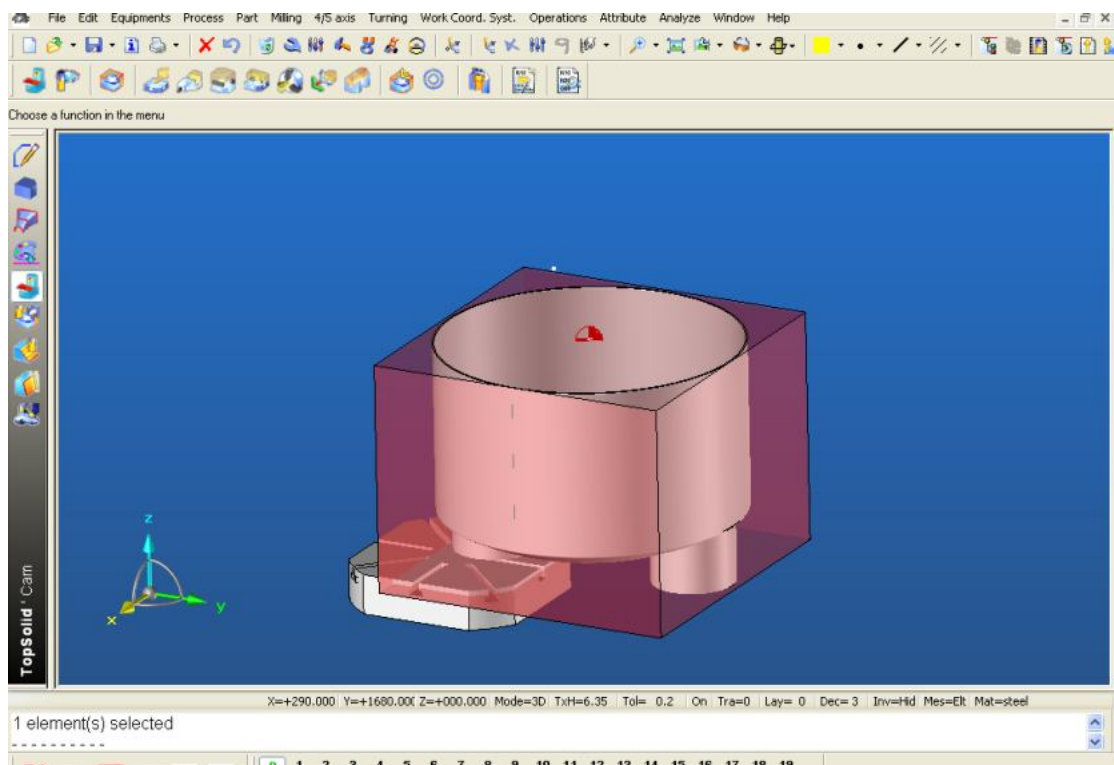
Εικόνα 13: Ξεχόνδρισμα εσωτερικής τórνευσης



Εικόνα 14: Κατεργασία διάνοιξης σπής

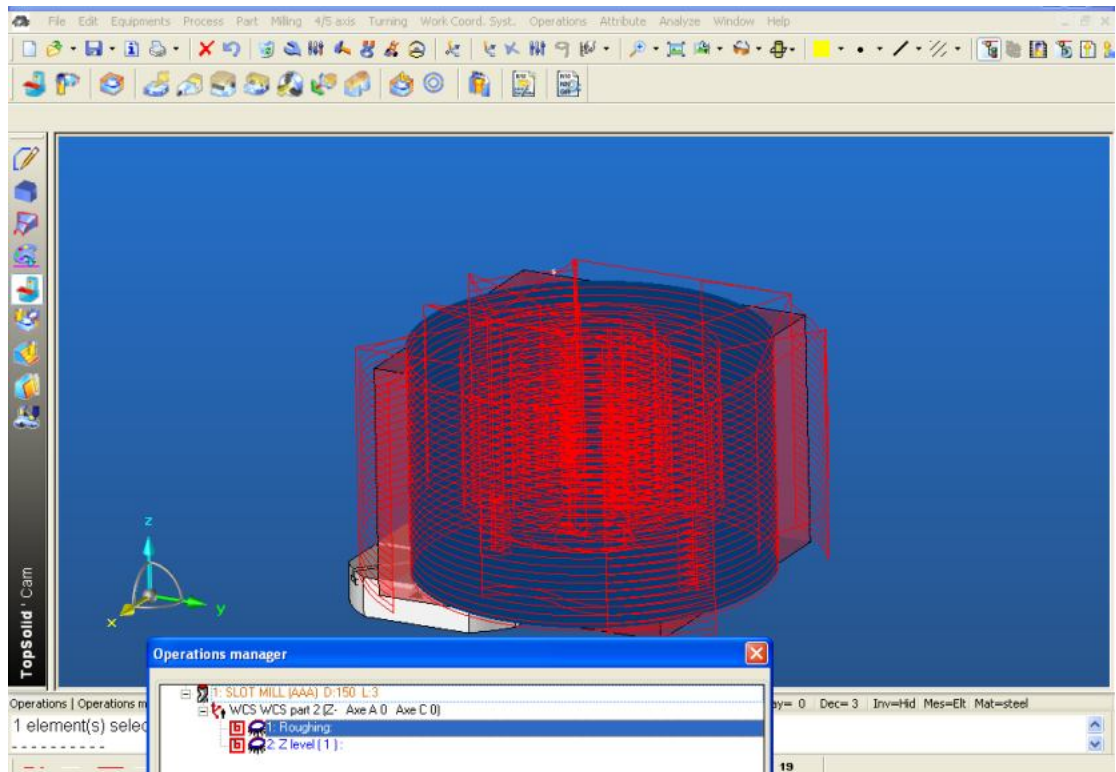


Εικόνα 15: Κατεργασία διάνοιξης σπής

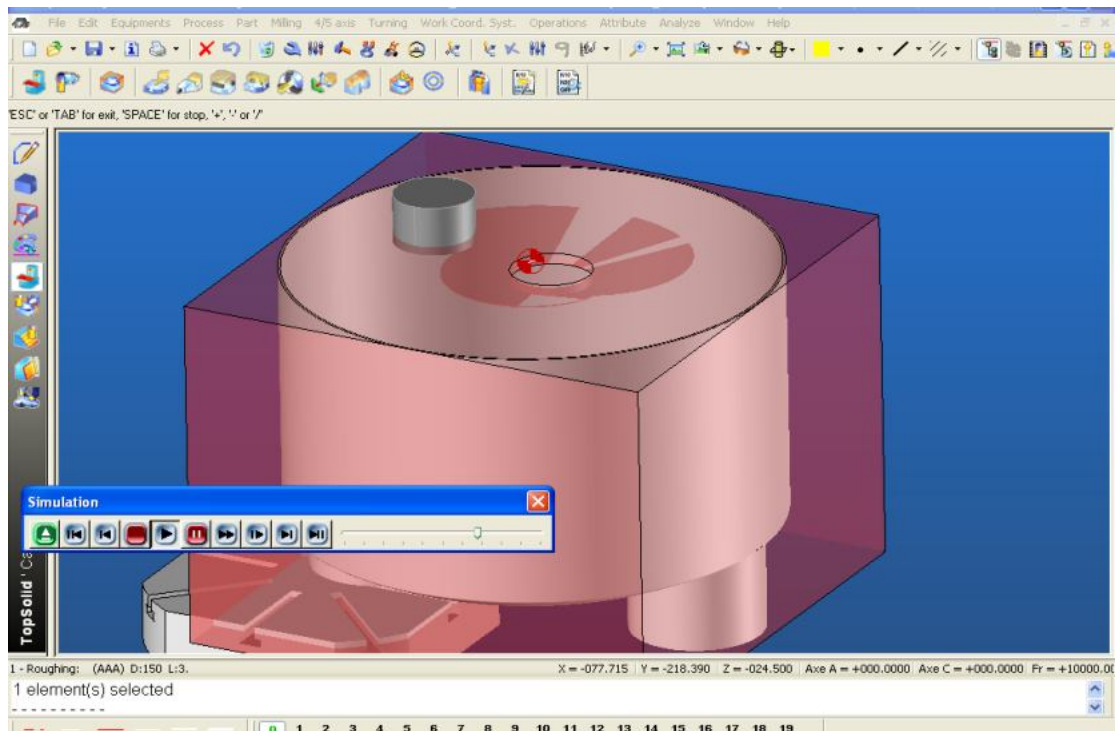


Εικόνα 16: Εισαγωγή νέου δοκιμίου στη φραιζα

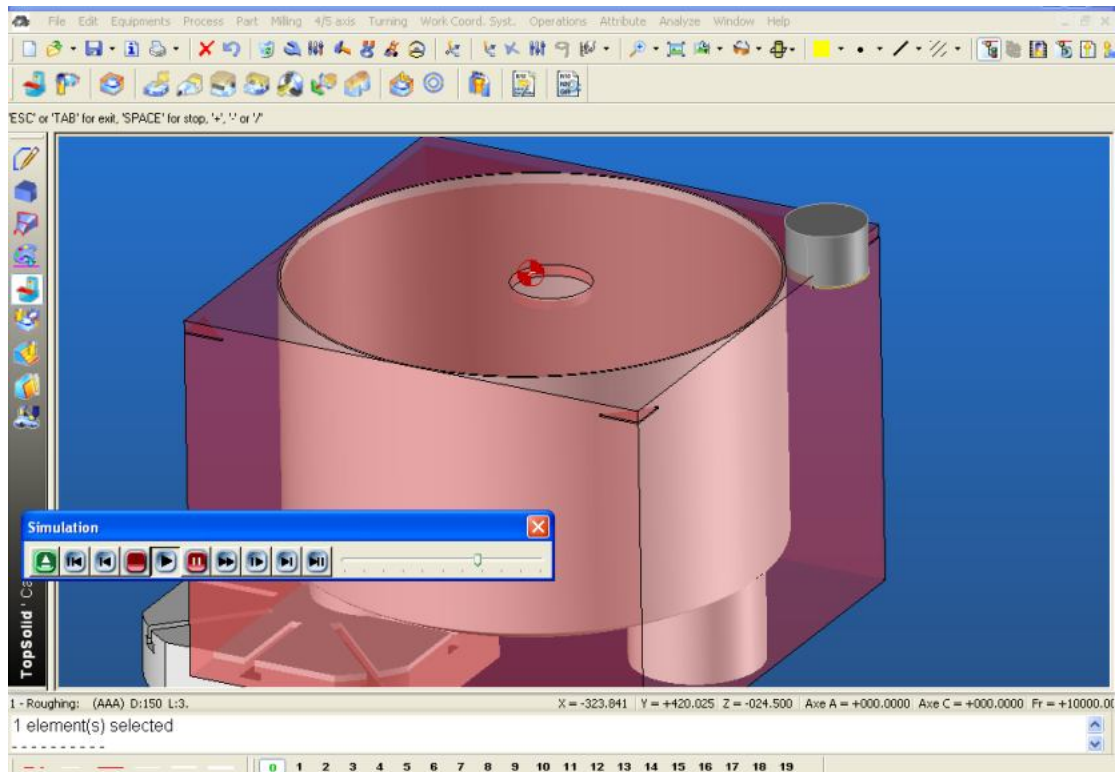




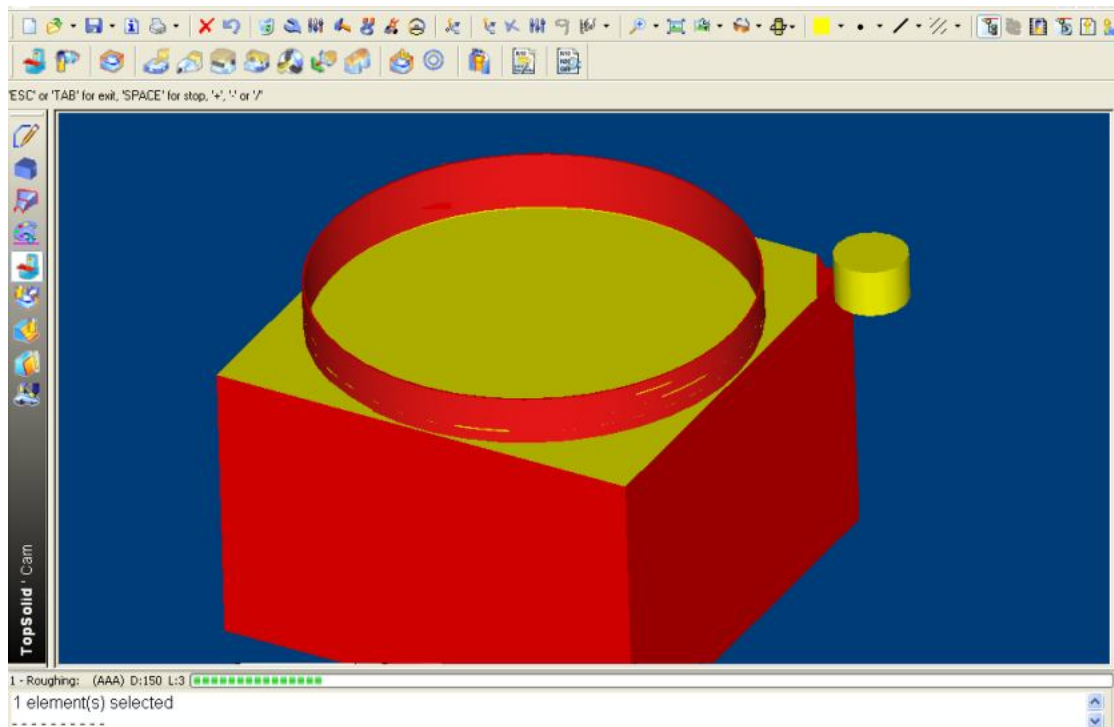
Εικόνα 17: Προσομοίωση διαδρομών εργαλείου



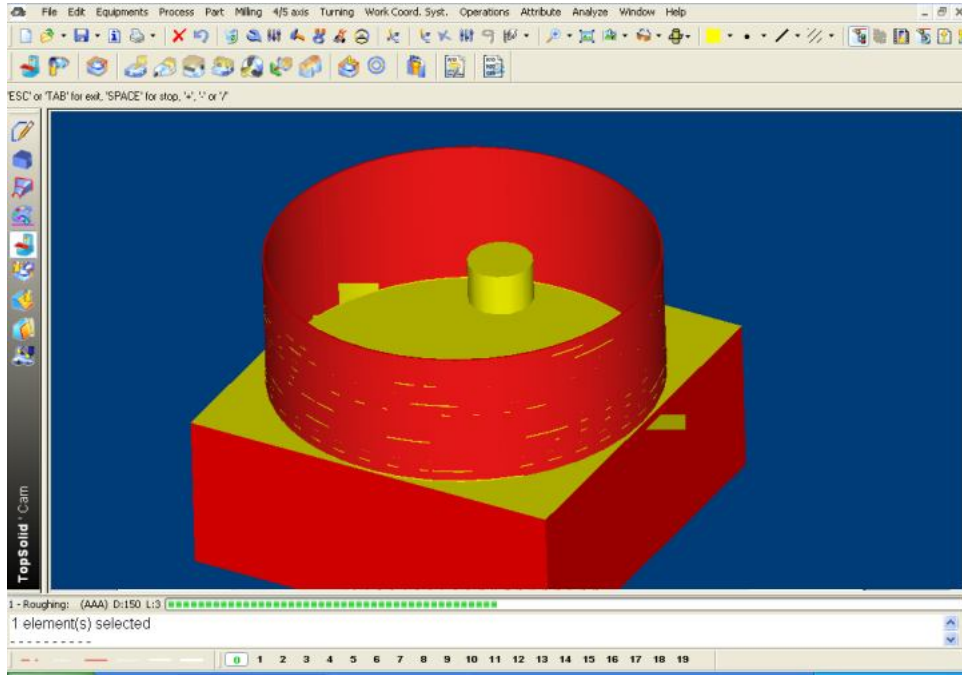
Εικόνα 18: Προσομοίωση ξεχονδρίσματος



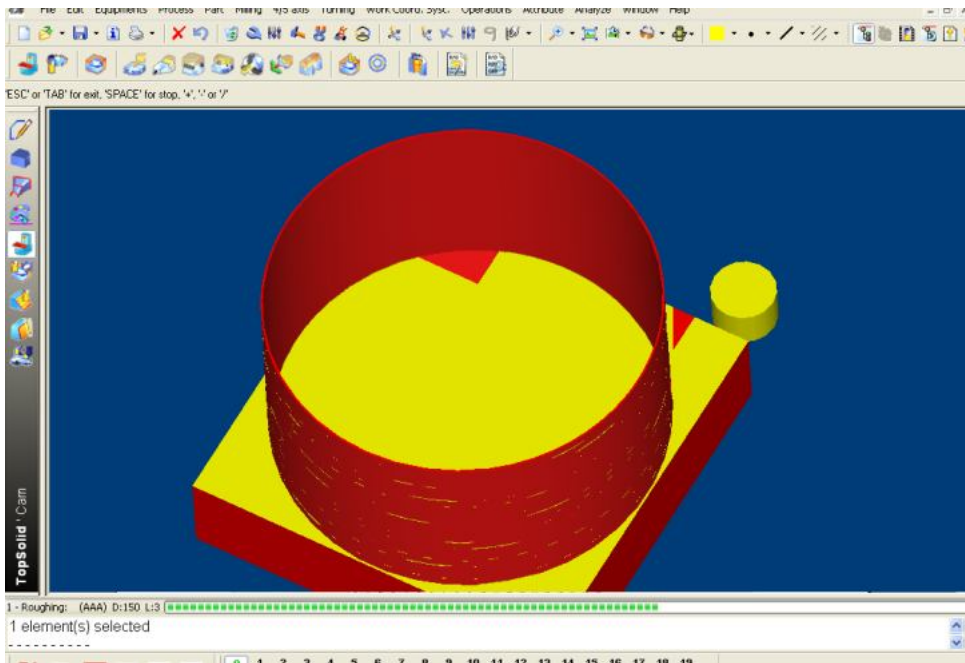
Εικόνα 19: Προσομοίωση ξεχονδρίσματος



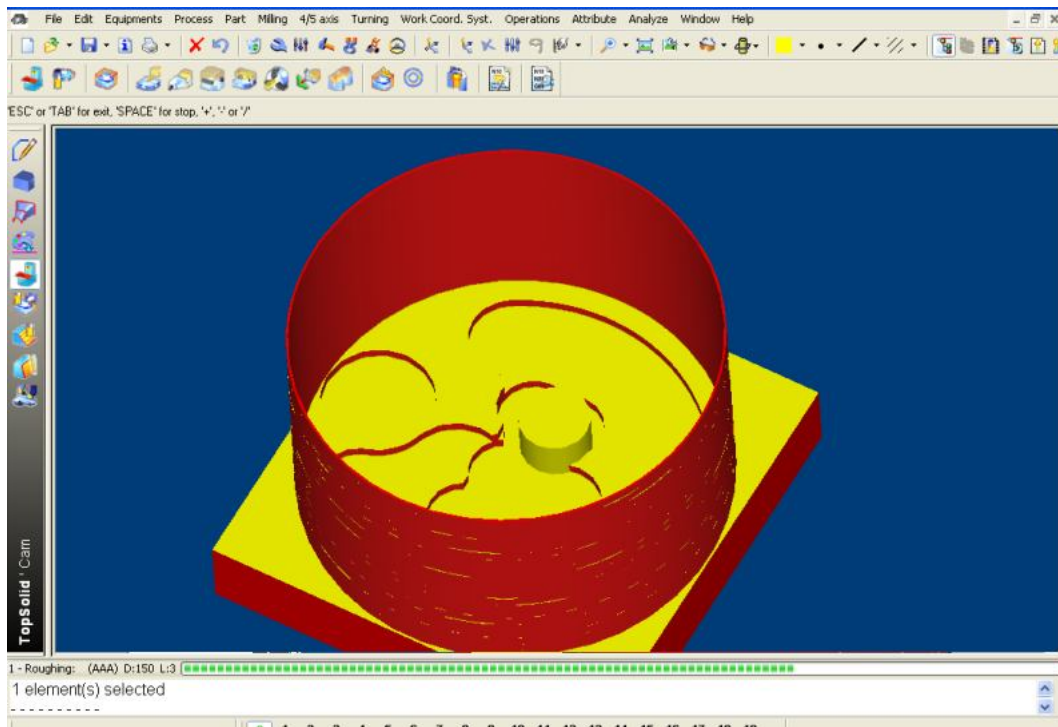
Εικόνα 20: Προσομοίωση ξεχονδρίσματος



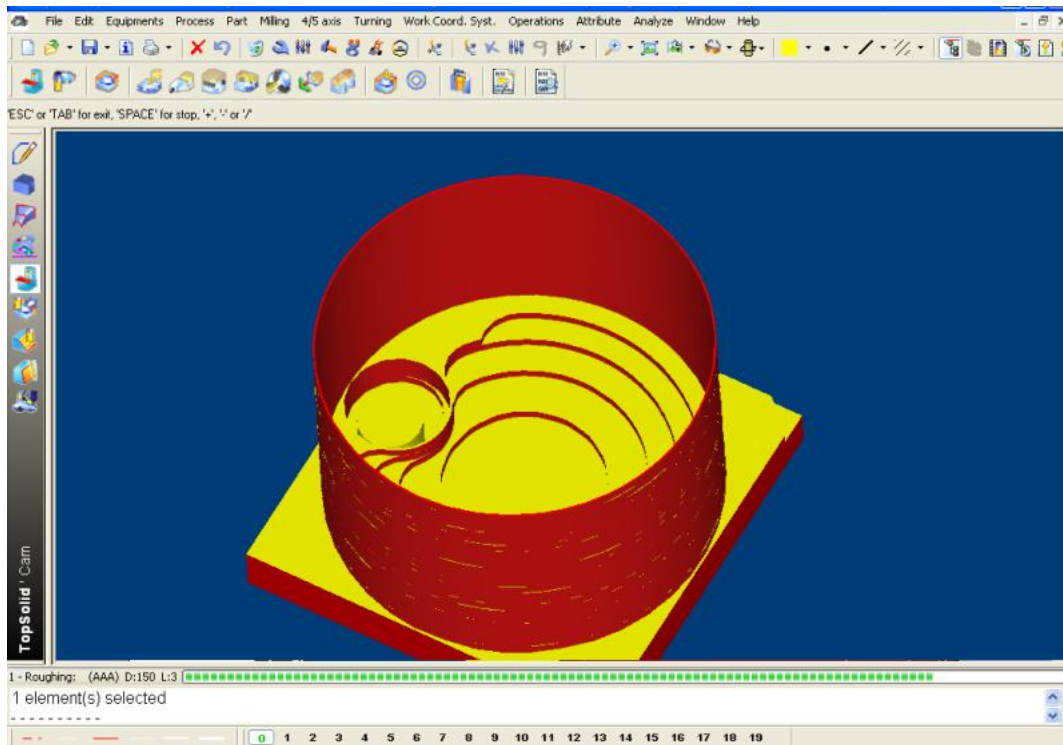
Εικόνα 21: Προσομοίωση ξεχονδρίσματος



Εικόνα 22: Προσομοίωση ξεχονδρίσματος

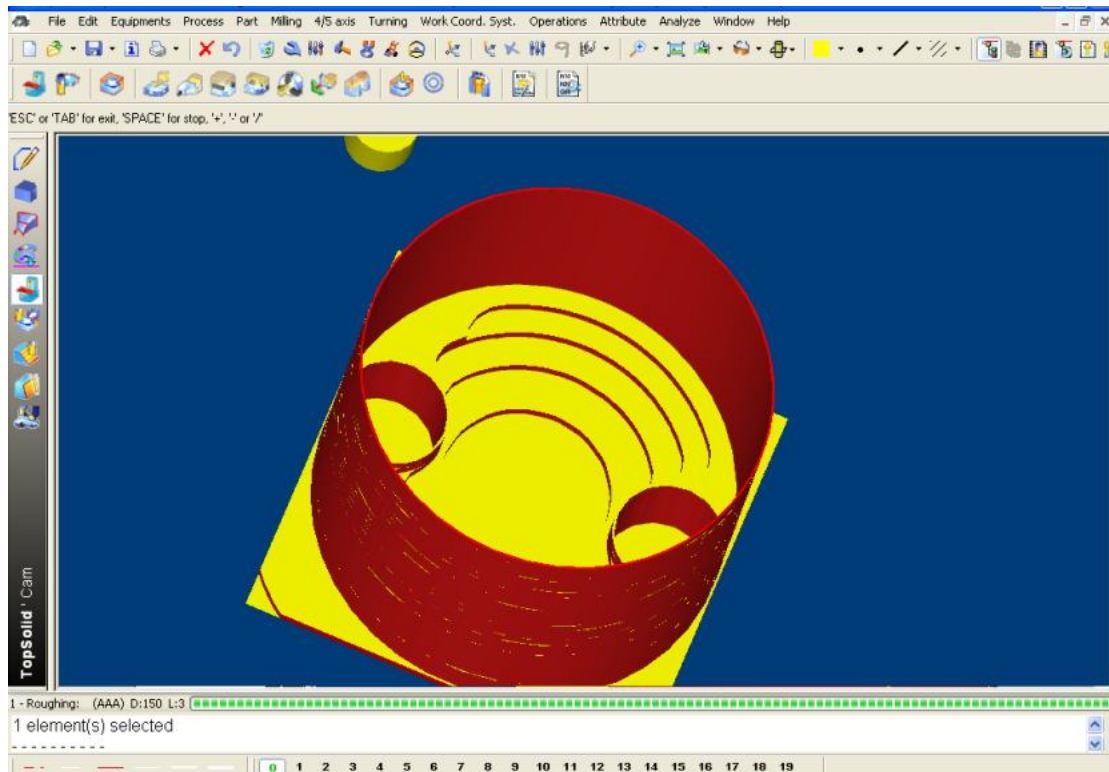


Εικόνα 23: Προσομοίωση ξεχονδρίσματος

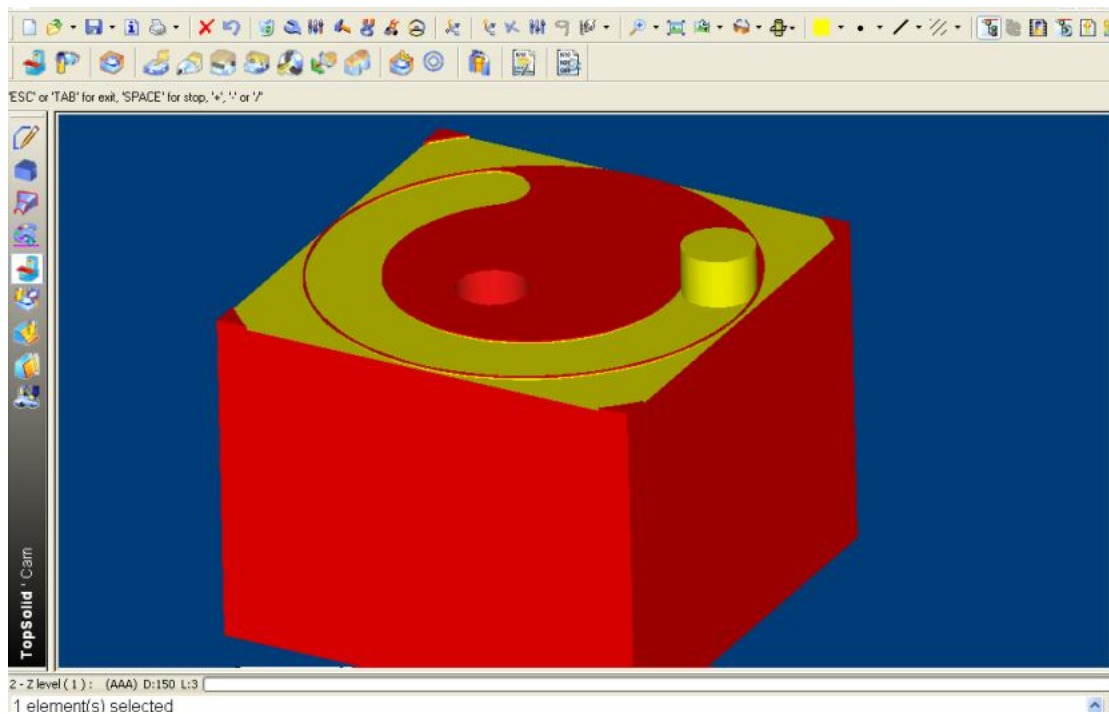


Εικόνα 24: Προσομοίωση ξεχονδρίσματος



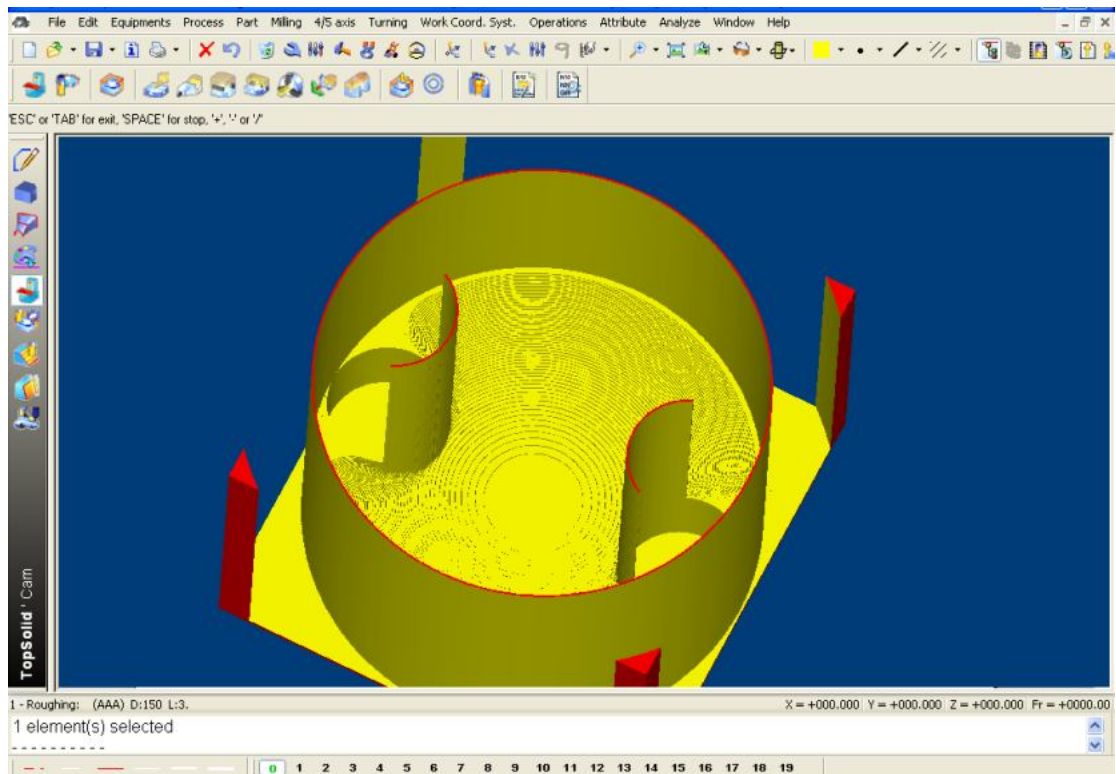


Εικόνα 25: Προσομοίωση ξεχονδρίσματος

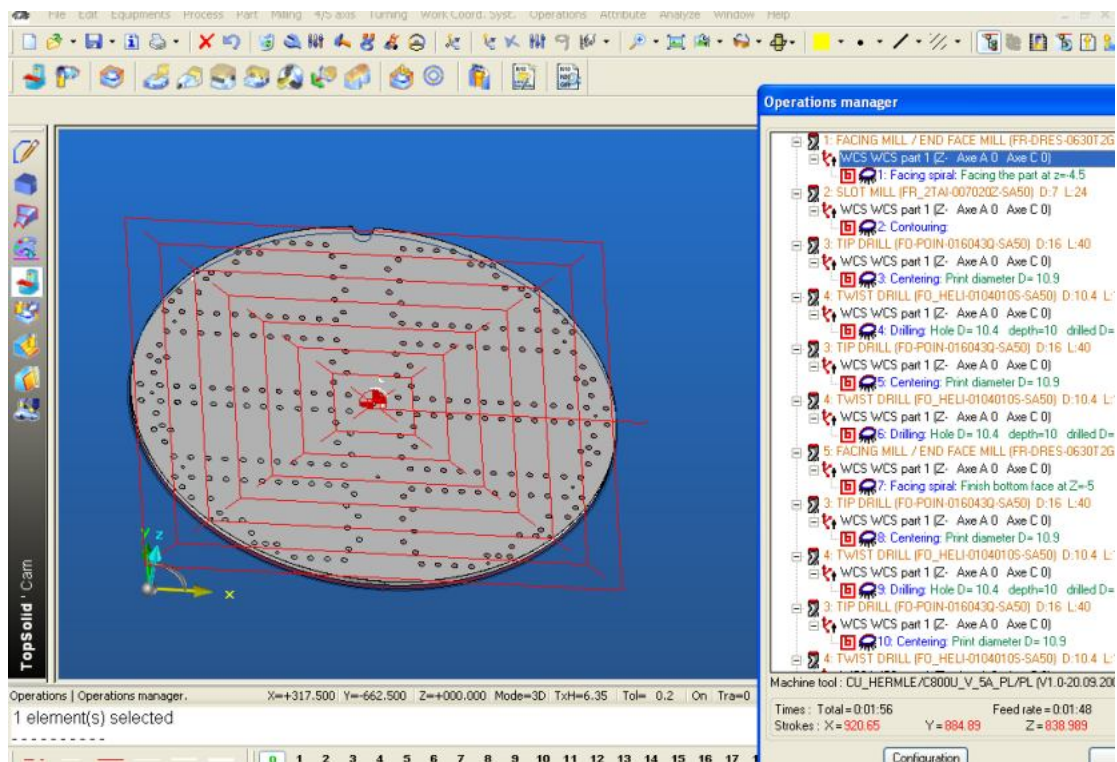


Εικόνα 26: Προσομοίωση φινιρίσματος

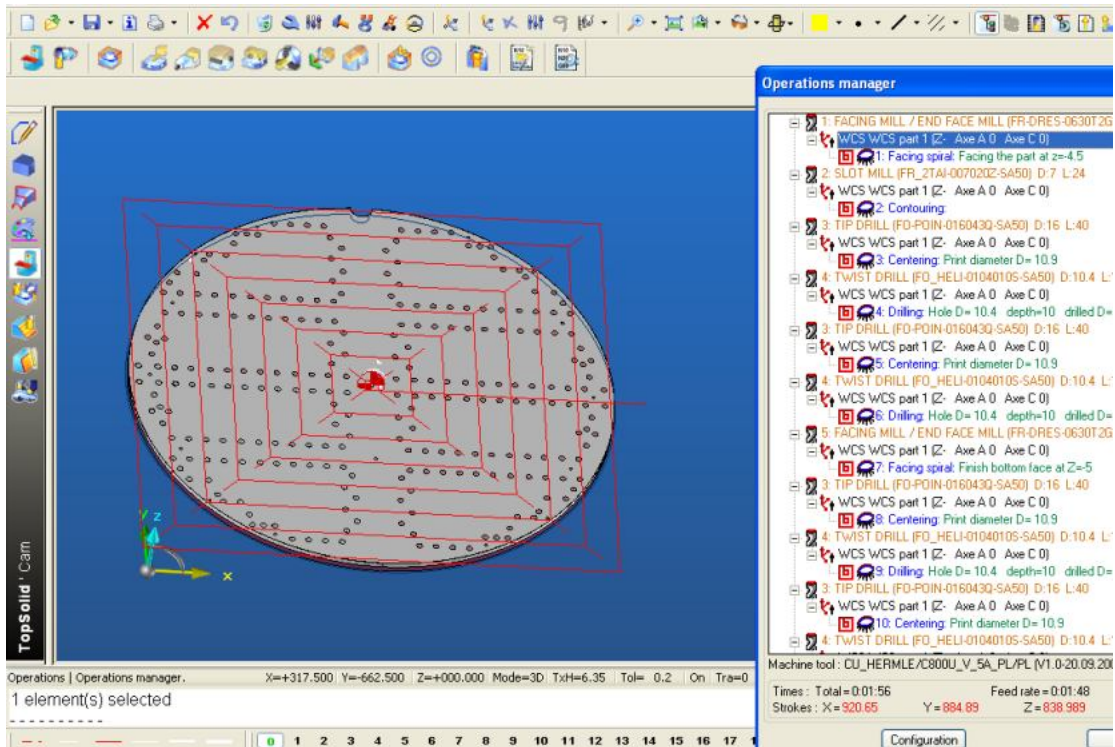




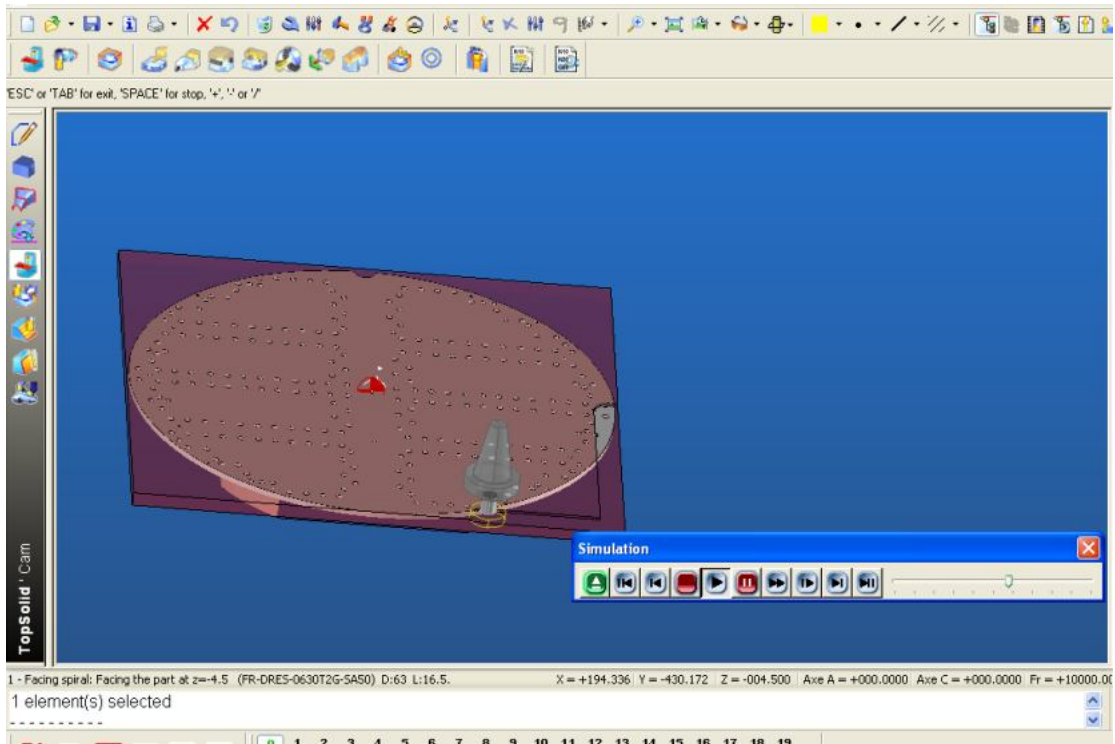
Εικόνα 27: Προσομοίωση φινιρίσματος



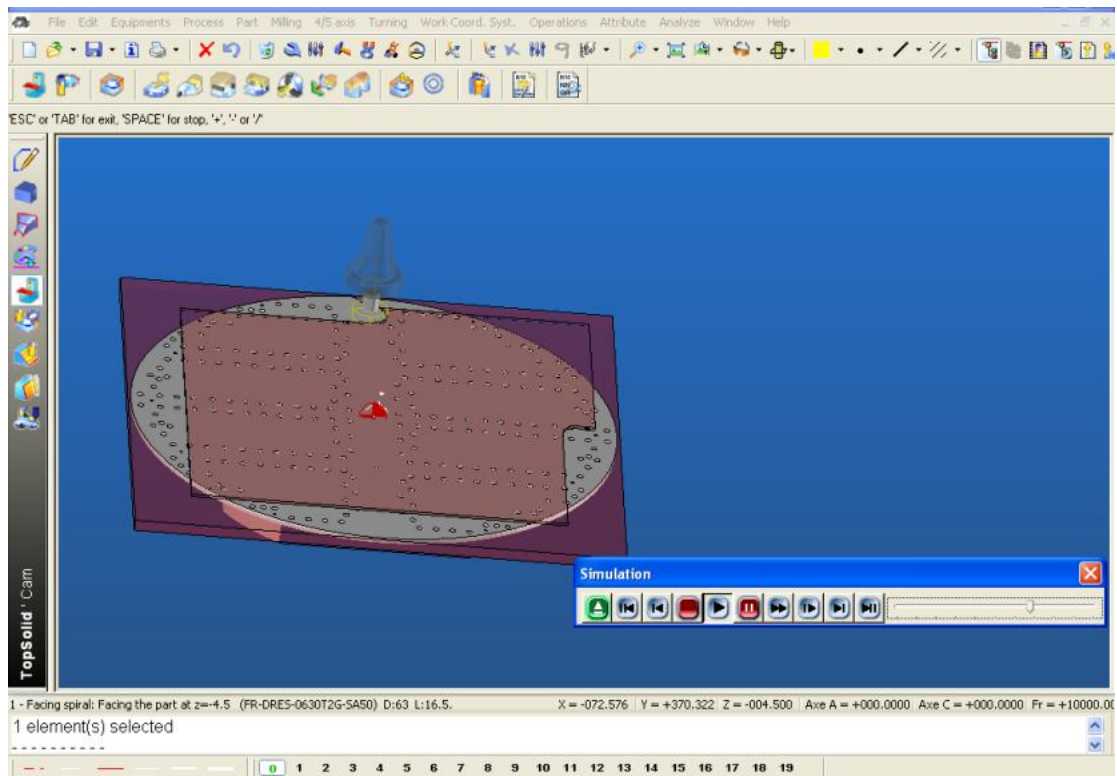
Εικόνα 28: Εισαγωγή νέου δοκιμίου



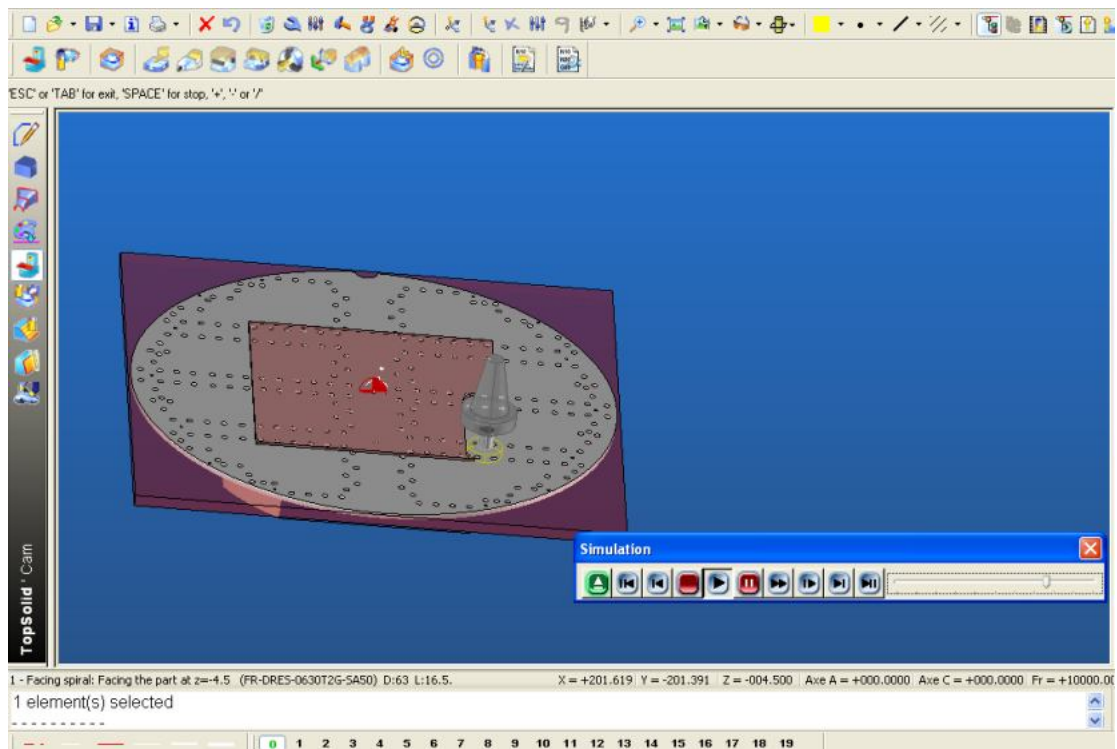
Εικόνα 29: Κατεργασία προσώπου – Διαδρομές εργαλείου



Εικόνα 30: Κατεργασία προσώπου

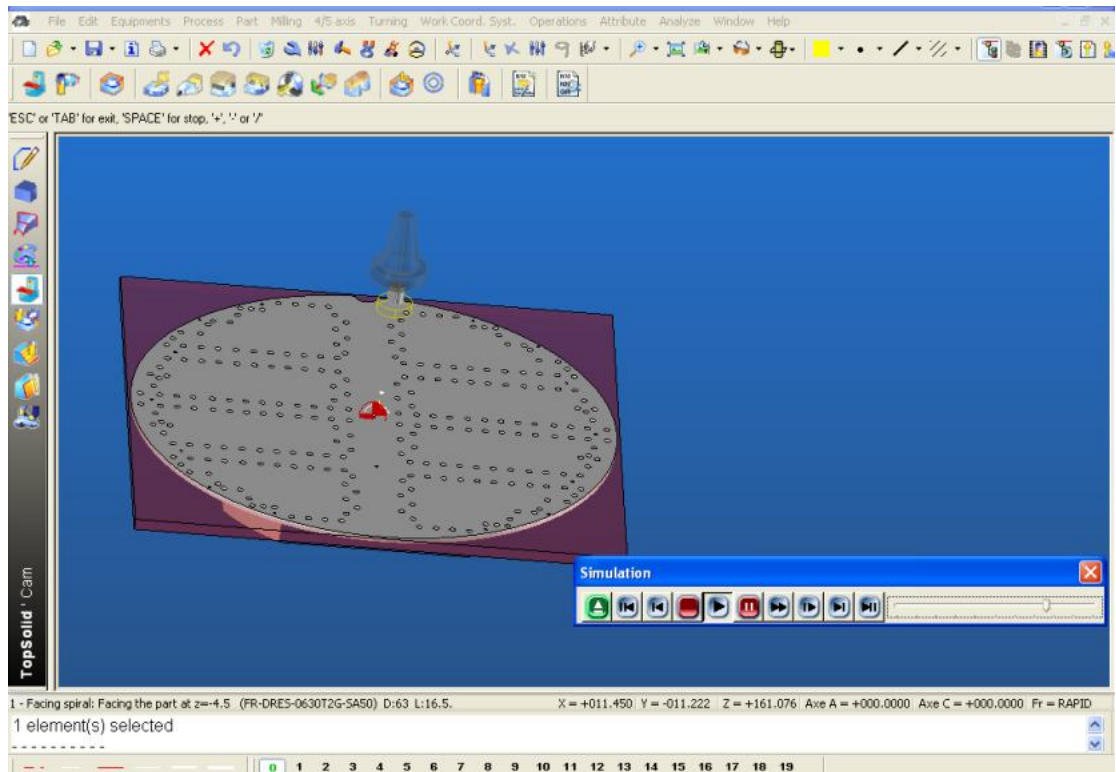


Εικόνα 31: Κατεργασία προσώπου

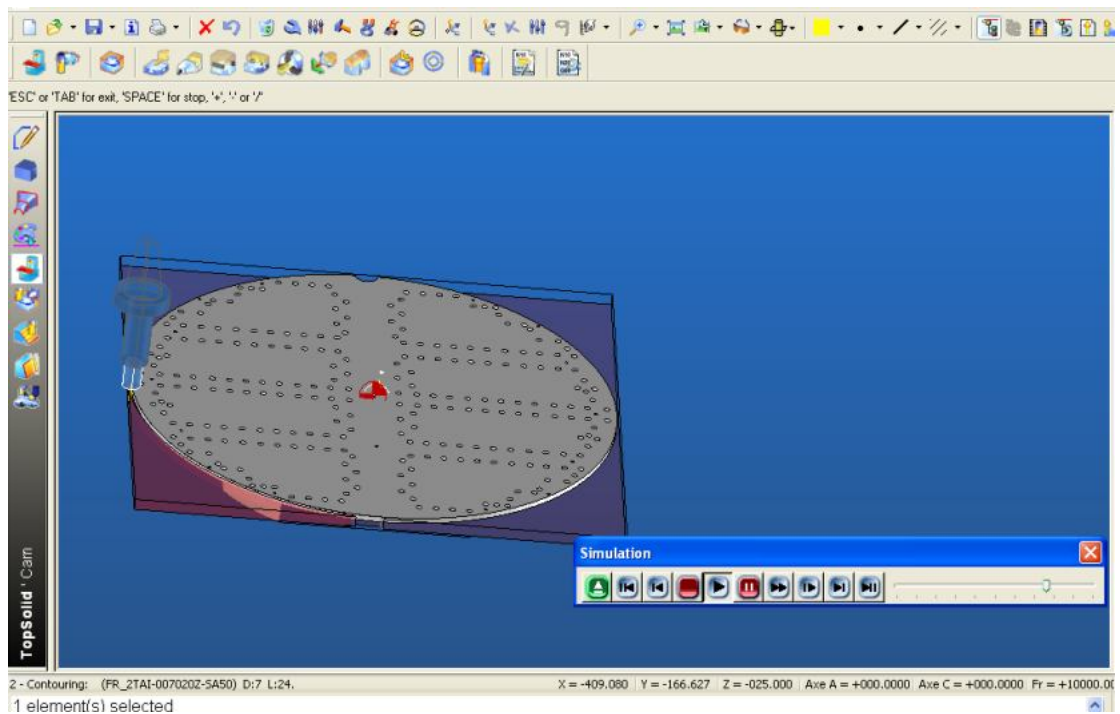


Εικόνα 32: Κατεργασία προσώπου

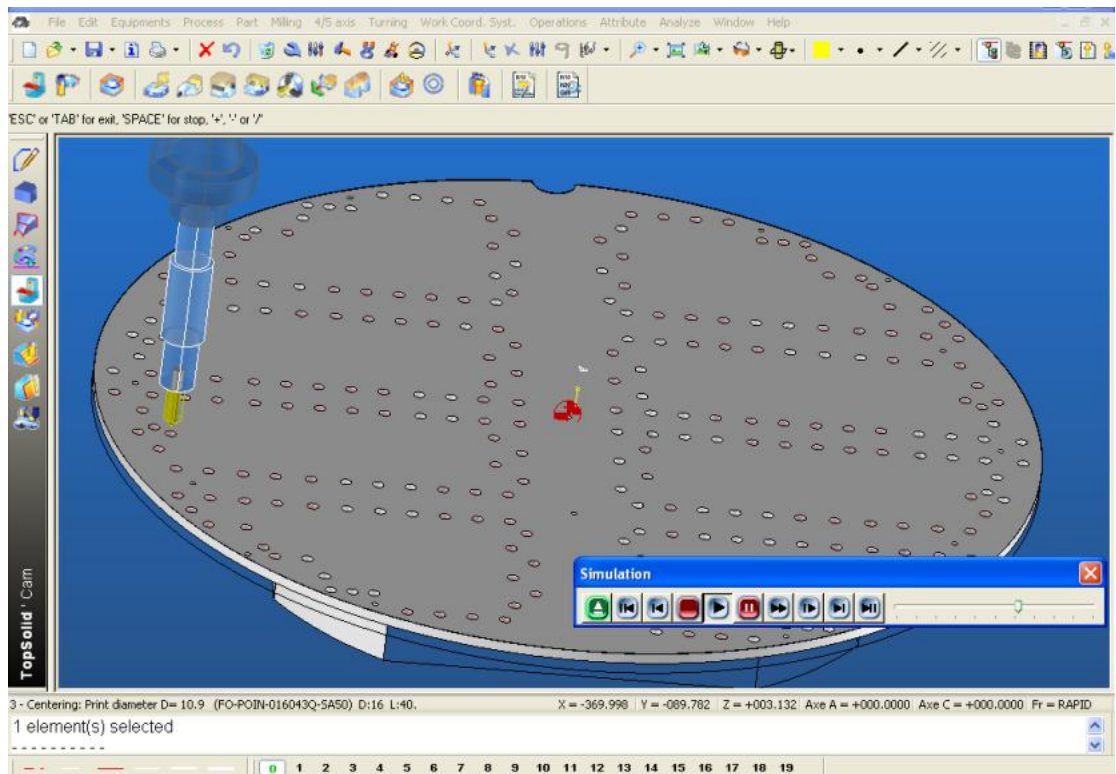




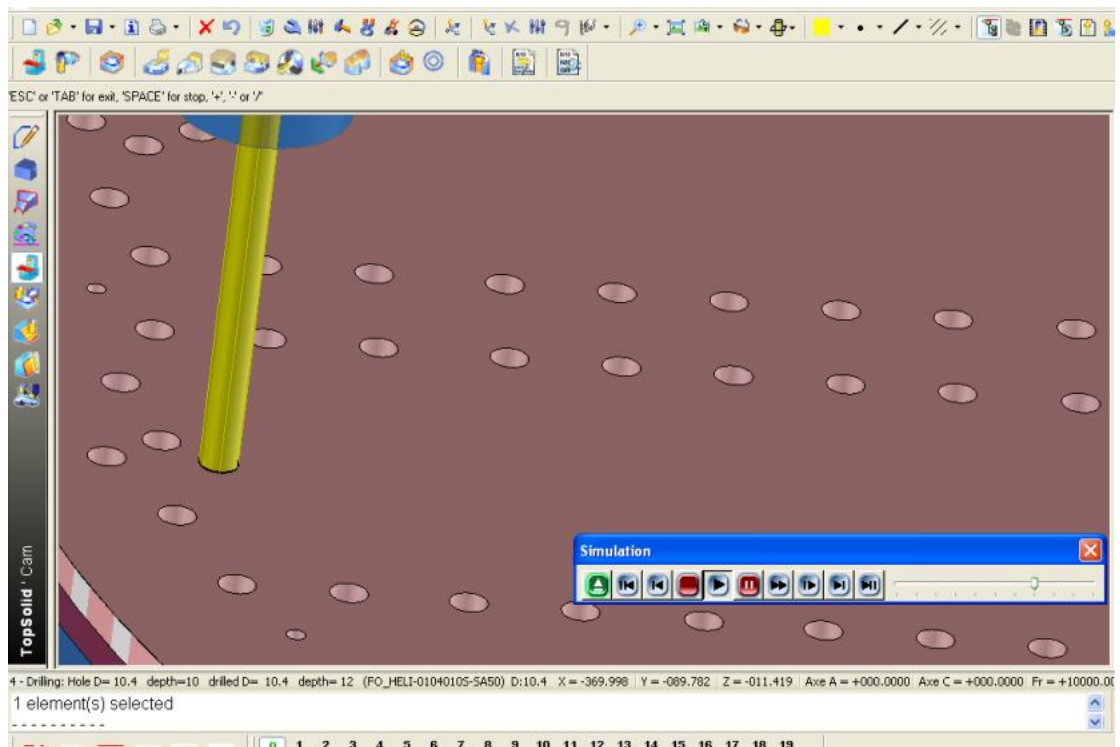
Εικόνα 33: Απομάκρυνση εργαλείου



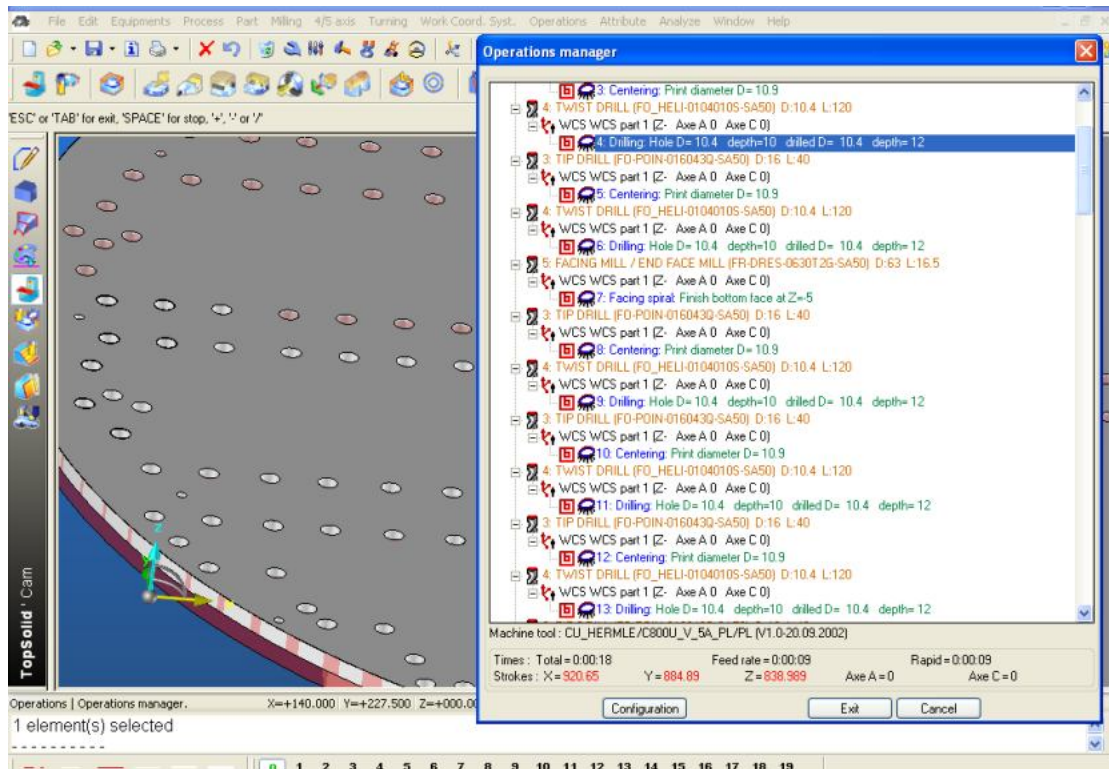
Εικόνα 34: Κατεργασία περιφερειακού φραιζαρίσματος



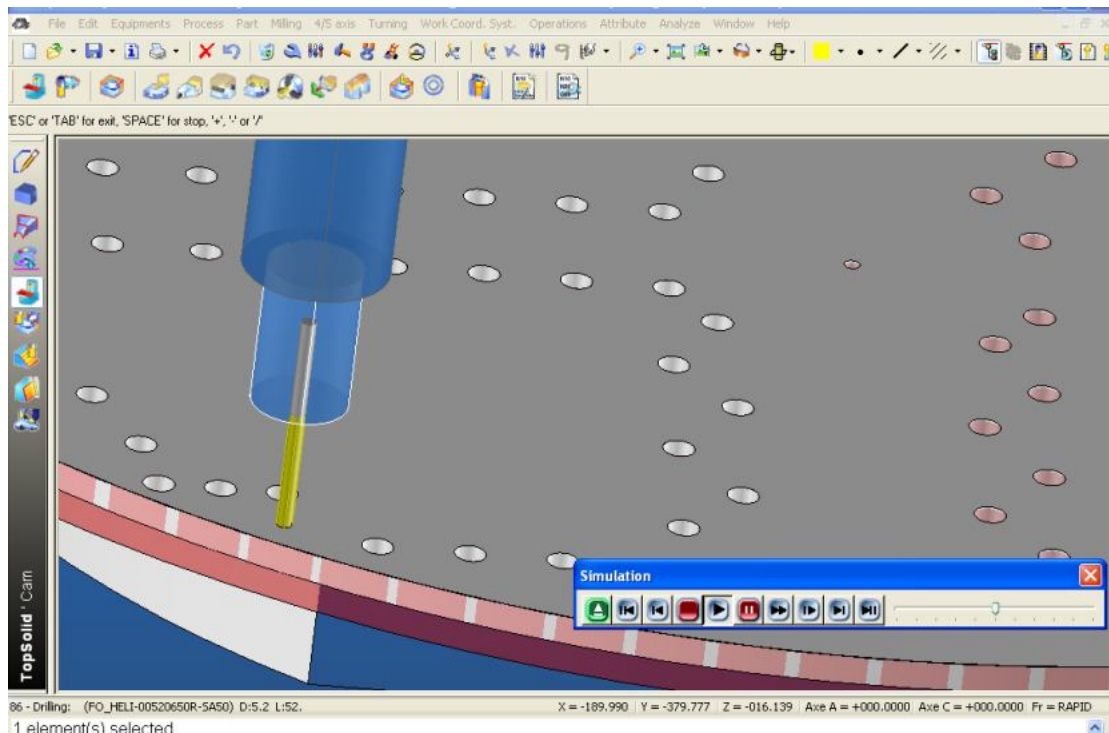
Εικόνα 34: Κεντράρισμα - Διάνοιξη σπής



Εικόνα 35: Διάνοιξη σπής



Εικόνα 36: Διάνοξη σπών σε ολόκληρη την πλάκα



Εικόνα 37: Διάνοξη σπής (Φ5mm)

## Παράρτημα: Κώδικας G και M της Μηχανής

### Πλάκα

%000001

(FACING MILL / END FACE MILL FR-DRES-0630T2G-SA50)

T01 M06

F10000

S9999 M03

M08

(FACING THE PART AT Z=-4.5)

(WCS PART 1)

G0 A0.000 C0.000

G0 X490.250 Y-11.222

G0 Z639.989

G0 Z-2.500

F7500

G1 Z-4.500

F10000

G1 X430.400

G1 Y-430.172

G1 X-430.400

G1 Y430.172

G1 X430.400

G1 Y-11.222

G1 X370.550

G1 Y-370.322

G1 X398.900 Y-398.672

G1 X370.550 Y-370.322  
G1 X-370.550  
G1 X-398.900 Y-398.672  
G1 X-370.550 Y-370.322  
G1 Y370.322  
G1 X-398.900 Y398.672  
G1 X-370.550 Y370.322  
G1 X370.550  
G1 X398.900 Y398.672  
G1 X370.550 Y370.322  
G1 Y-11.222  
G1 X310.700  
G1 Y-310.472  
G1 X339.050 Y-338.822  
G1 X310.700 Y-310.472  
G1 X-310.700  
G1 X-339.050 Y-338.822  
G1 X-310.700 Y-310.472  
G1 Y310.472  
G1 X-339.050 Y338.822  
G1 X-310.700 Y310.472  
G1 X310.700  
G1 X339.050 Y338.822  
G1 X310.700 Y310.472  
G1 Y-11.222  
G1 X250.850  
G1 Y-250.622



G1 X279.200 Y-278.972  
G1 X250.850 Y-250.622  
G1 X-250.850  
G1 X-279.200 Y-278.972  
G1 X-250.850 Y-250.622  
G1 Y250.622  
G1 X-279.200 Y278.972  
G1 X-250.850 Y250.622  
G1 X250.850  
G1 X279.200 Y278.972  
G1 X250.850 Y250.622  
G1 Y-11.222  
G1 X191.000  
G1 Y-190.772  
G1 X219.350 Y-219.122  
G1 X191.000 Y-190.772  
G1 X-191.000  
G1 X-219.350 Y-219.122  
G1 X-191.000 Y-190.772  
G1 Y190.772  
G1 X-219.350 Y219.122  
G1 X-191.000 Y190.772  
G1 X191.000  
G1 X219.350 Y219.122  
G1 X191.000 Y190.772  
G1 Y-11.222  
G1 X131.150

G1 Y-130.922  
G1 X159.500 Y-159.272  
G1 X131.150 Y-130.922  
G1 X-131.150  
G1 X-159.500 Y-159.272  
G1 X-131.150 Y-130.922  
G1 Y130.922  
G1 X-159.500 Y159.272  
G1 X-131.150 Y130.922  
G1 X131.150  
G1 X159.500 Y159.272  
G1 X131.150 Y130.922  
G1 Y-11.222  
G1 X71.300  
G1 Y-71.072  
G1 X99.650 Y-99.422  
G1 X71.300 Y-71.072  
G1 X-71.300  
G1 X-99.650 Y-99.422  
G1 X-71.300 Y-71.072  
G1 Y71.072  
G1 X-99.650 Y99.422  
G1 X-71.300 Y71.072  
G1 X71.300  
G1 X99.650 Y99.422  
G1 X71.300 Y71.072  
G1 Y-11.222

G1 X11.450  
G1 X39.800 Y-39.572  
G1 X11.450 Y-11.222  
G1 X-11.450  
G1 X-39.800 Y-39.572  
G1 X-11.450 Y-11.222  
G1 Y11.222  
G1 X-39.800 Y39.572  
G1 X-11.450 Y11.222  
G1 X11.450  
G1 X39.800 Y39.572  
G1 X11.450 Y11.222  
G1 Y-11.222  
G0 Z2.500  
G0 Z639.989  
M09  
G0 Z2.500  
(SLOT MILL FR\_2TAI-007020Z-SA50)  
T02 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
G0 A0.000 C0.000  
G0 X0.518 Y-443.322  
G0 Z639.989  
G0 Z-2.500  
F7500

G1 Z-25.000

F10000

G1 G41 X2.033 Y-442.445

G3 X0.516 Y-441.572 I0.518 J-443.322

G2 X-20.180 Y441.567 I0.000 J0.228

G2 X-16.208 Y437.858 I-20.007 J437.771

G3 X16.184 Y437.859 I-0.012 J438.228

G2 X20.156 Y441.568 I19.983 J437.772

G2 X-0.492 Y-441.572 I0.000 J0.228

G3 X-2.009 Y-442.445 I-0.494 J-443.322

G1 G40 X-0.494 Y-443.322

G0 Z-2.500

G0 Z639.989

M09

G0 Z-2.500

(TIP DRILL FO-POIN-016043Q-SA50)

T03 M06

F10000

S9999 M03

M08

(PRINT DIAMETER D= 10.9)

G0 A0.000 C0.000

G0 X-369.998 Y-89.782

G0 Z639.989

G0 Z-2.500

G81 Z-9.950 R-2.500

G0 G80 Z-2.500

G0 Z639.989  
M09  
G0 Z-2.500  
(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)  
T04 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
(HOLE D= 10.4 DEPTH=10 DRILLED D= 10.4 DEPTH= 12)  
G0 A0.000 C0.000  
G0 X-369.998 Y-89.782  
G0 Z639.989  
G0 Z-2.500  
G81 Z-20.125 R-2.500  
G0 G80 Z-2.500  
G0 Z639.989  
M09  
G0 Z-2.500  
(TIP DRILL FO-POIN-016043Q-SA50)  
T03 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
(PRINT DIAMETER D= 10.9)  
G0 A0.000 C0.000  
G0 X-384.998 Y-79.782  
G0 Z639.989

G0 Z-2.500  
G81 Z-9.950 R-2.500  
G0 G80 Z-2.500  
G0 Z639.989  
M09  
G0 Z-2.500  
(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)  
T04 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
(HOLE D= 10.4 DEPTH=10 DRILLED D= 10.4 DEPTH= 12)  
G0 A0.000 C0.000  
G0 X-384.998 Y-79.782  
G0 Z639.989  
G0 Z-2.500  
G81 Z-20.125 R-2.500  
G0 G80 Z-2.500  
G0 Z639.989  
M09  
G0 Z-2.500  
(FACING MILL / END FACE MILL FR-DRES-0630T2G-SA50)  
T05 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
(FINISH BOTTOM FACE AT Z=-5)

G0 A0.000 C0.000  
G0 X2.365 Y406.016  
G0 Z639.989  
G0 Z-2.500  
F7500  
G1 Z-5.000  
F10000  
G3 X29.415 Y424.911 I-0.012 J438.228  
G2 X-29.438 Y424.909 I0.000 J0.228  
G3 X2.365 Y406.016 I-0.012 J438.228  
G1 X6.770 Y346.328  
G3 X52.246 Y362.328 I-0.012 J438.228  
G2 X-52.265 Y362.325 I0.000 J0.228  
G3 X6.770 Y346.328 I-0.012 J438.228  
G1 X11.175 Y286.640  
G3 X62.651 Y299.746 I-0.012 J438.228  
G2 X-62.667 Y299.742 I0.000 J0.228  
G3 X11.175 Y286.640 I-0.012 J438.228  
G1 X15.580 Y226.953  
G3 X66.721 Y237.163 I-0.012 J438.228  
G2 X-66.734 Y237.159 I0.000 J0.228  
G3 X15.580 Y226.953 I-0.012 J438.228  
G1 X19.985 Y167.265  
G3 X65.643 Y174.580 I-0.012 J438.228  
G2 X-65.653 Y174.576 I0.000 J0.228  
G3 X19.985 Y167.265 I-0.012 J438.228  
G1 X24.390 Y107.577

G3 X59.138 Y111.997 I-0.012 J438.228  
G2 X-59.144 Y111.994 I0.000 J0.228  
G3 X24.390 Y107.577 I-0.012 J438.228  
G1 X28.795 Y47.890  
G3 X44.903 Y49.414 I-0.012 J438.228  
G2 X-44.906 Y49.411 I0.000 J0.228  
G3 X28.795 Y47.890 I-0.012 J438.228  
G1 X31.113 Y16.475  
G2 X-31.114 Y16.473 I0.000 J0.228  
G3 X31.113 Y16.475 I-0.012 J438.228  
G0 Z-2.000  
G0 Z639.989  
M09  
G0 Z-2.000  
(TIP DRILL FO-POIN-016043Q-SA50)  
T03 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
(PRINT DIAMETER D= 10.9)  
G0 A0.000 C0.000  
G0 X-394.999 Y-49.783  
G0 Z639.989  
G0 Z-3.000  
G81 Z-10.450 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 Z639.989



M09  
G0 Z-3.000  
(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)  
T04 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
(HOLE D= 10.4 DEPTH=10 DRILLED D= 10.4 DEPTH= 12)  
G0 A0.000 C0.000  
G0 X-394.999 Y-49.783  
G0 Z639.989  
G0 Z-3.000  
G81 Z-20.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 Z639.989  
M09  
G0 Z-3.000  
(TIP DRILL FO-POIN-016043Q-SA50)  
T03 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
(PRINT DIAMETER D= 10.9)  
G0 A0.000 C0.000  
G0 X-399.998 Y-90.783  
G0 Z639.989  
G0 Z-3.000

G81 Z-10.450 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 Z639.989  
M09  
G0 Z-3.000  
(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)  
T04 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
(HOLE D= 10.4 DEPTH=10 DRILLED D= 10.4 DEPTH= 12)  
G0 A0.000 C0.000  
G0 X-399.998 Y-90.783  
G0 Z639.989  
G0 Z-3.000  
G81 Z-20.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 Z639.989  
M09  
G0 Z-3.000  
(TIP DRILL FO-POIN-016043Q-SA50)  
T03 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
(PRINT DIAMETER D= 10.9)  
G0 A0.000 C0.000

G0 X-384.999 Y-19.782

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-10.450 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T04 M06

F10000

S9999 M03

M08

(HOLE D= 10.4 DEPTH=10 DRILLED D= 10.4 DEPTH=12)

G0 A0.000 C0.000

G0 X-384.999 Y-19.782

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-20.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TIP DRILL FO-POIN-016043Q-SA50)

T03 M06

F10000

S9999 M03

M08

(PRINT DIAMETER D= 10.9)

G0 A0.000 C0.000

G0 X-354.999 Y-19.782

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-10.450 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T04 M06

F10000

S9999 M03

M08

(HOLE D= 10.4 DEPTH=10 DRILLED D= 10.4 DEPTH= 12)

G0 A0.000 C0.000

G0 X-354.999 Y-19.782

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-20.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TIP DRILL FO-POIN-016043Q-SA50)

T03 M06

F10000

S9999 M03

M08

(PRINT DIAMETER D= 10.9)

G0 A0.000 C0.000

G0 X-419.999 Y-19.783

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-10.450 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T04 M06

F10000

S9999 M03

M08

(HOLE D= 10.4 DEPTH=10 DRILLED D= 10.4 DEPTH= 12)

G0 A0.000 C0.000

G0 X-419.999 Y-19.783

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-20.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09  
G0 Z-3.000  
(TIP DRILL FO-POIN-016043Q-SA50)  
T03 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
(PRINT DIAMETER D= 10.9)  
G0 A0.000 C0.000  
G0 X-420.001 Y20.217  
G0 Z639.989  
G0 Z-3.000  
G81 Z-10.450 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 Z639.989  
M09  
G0 Z-3.000  
(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)  
T04 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
(HOLE D= 10.4 DEPTH=10 DRILLED D= 10.4 DEPTH=12)  
G0 A0.000 C0.000  
G0 X-420.001 Y20.217  
G0 Z639.989  
G0 Z-3.000

G81 Z-20.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TIP DRILL FO-POIN-016043Q-SA50)

T03 M06

F10000

S9999 M03

M08

(PRINT DIAMETER D= 10.9)

G0 A0.000 C0.000

G0 X-385.001 Y20.218

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-10.450 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T04 M06

F10000

S9999 M03

M08

(HOLE D= 10.4 DEPTH=10 DRILLED D= 10.4 DEPTH= 12)

G0 A0.000 C0.000

G0 X-385.001 Y20.218

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-20.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TIP DRILL FO-POIN-016043Q-SA50)

T03 M06

F10000

S9999 M03

M08

(PRINT DIAMETER D= 10.9)

G0 A0.000 C0.000

G0 X-355.001 Y20.218

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-10.450 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T04 M06

F10000

S9999 M03



M08

(HOLE D= 10.4 DEPTH=10 DRILLED D= 10.4 DEPTH= 12)

G0 A0.000 C0.000

G0 X-355.001 Y20.218

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-20.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TIP DRILL FO-POIN-016043Q-SA50)

T03 M06

F10000

S9999 M03

M08

(PRINT DIAMETER D= 10.9)

G0 A0.000 C0.000

G0 X-381.997 Y-119.782

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-10.450 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T04 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
(HOLE D= 10.4 DEPTH=10 DRILLED D= 10.4 DEPTH= 12)

G0 A0.000 C0.000  
G0 X-381.997 Y-119.782  
G0 Z639.989  
G0 Z-3.000

G81 Z-20.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T06 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-336.996 Y-154.781

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T07 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-366.996 Y-154.782

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-00520650R-SA50)

T08 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-351.995 Y-179.781

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-17.501 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T09 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-304.996 Y-154.780

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T10 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-366.994 Y-204.782

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T11 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-336.994 Y-204.781

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-00520650R-SA50)

T12 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-400.000 Y0.217

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-17.501 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T13 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-325.001 Y20.219

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T06 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-324.999 Y-19.781

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 Z639.989  
M09  
G0 Z-3.000  
(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)  
T10 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
G0 A0.000 C0.000  
G0 X-289.999 Y-19.780  
G0 Z639.989  
G0 Z-3.000  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 Z639.989  
M09  
G0 Z-3.000  
(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)  
T04 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
G0 A0.000 C0.000  
G0 X-229.999 Y-19.778  
G0 Z639.989

G0 Z-3.000  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-354.994 Y-229.782  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-339.993 Y-254.781  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-44.999 Y-19.773  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 Z639.989  
M09  
G0 Z-3.000  
(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)  
T14 M06  
F10000  
S9999 M03  
M08  
G0 A0.000 C0.000  
G0 X-77.499 Y-19.774  
G0 Z639.989  
G0 Z-3.000  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 Z639.989



M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T04 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-107.499 Y-19.775

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-136.999 Y-19.776

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-169.999 Y-19.777

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-199.999

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-259.999 Y-19.779

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-69.999 Y-49.774

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-44.998 Y-74.773

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-69.997 Y-99.774

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-44.997 Y-127.273

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-59.996 Y-154.774

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-89.996

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-119.996 Y-154.775

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-149.996 Y-154.776

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T15 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-179.996 Y-154.777

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T04 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-209.996 Y-154.778

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-241.996 Y-154.779

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-274.996

G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-69.989 Y-389.774  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-59.990 Y-361.774  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-39.991 Y-337.273  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-59.992 Y-309.774  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-39.992 Y-279.773  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-99.989 Y-389.775  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-129.989  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-59.993 Y-254.774  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-44.994 Y-224.773

G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-59.994 Y-204.774  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-159.989 Y-389.776  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-89.994 Y-204.774  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-119.994 Y-204.775  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-149.994 Y-204.776  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-179.994 Y-204.777  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-209.994 Y-204.778  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-241.994 Y-204.779  
G81 Z-19.125 R-3.000  
G0 G80 Z-3.000  
G0 X-274.994

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-304.994 Y-204.780

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-304.993 Y-254.780

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-00520650R-SA50)

T08 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-304.992 Y-304.780

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-17.501 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-0104010S-SA50)

T04 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-289.992 Y-289.780

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-279.992 Y-304.780

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-249.992 Y-304.779

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-234.991 Y-334.778

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-229.990 Y-359.778

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-189.990 Y-359.777

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X-209.990 Y-359.778

G81 Z-19.125 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 Z639.989

M09

G0 Z-3.000

(TWIST DRILL FO\_HELI-00520650R-SA50)

T08 M06

F10000

S9999 M03

M08

G0 A0.000 C0.000

G0 X-189.990 Y-379.777

G0 Z639.989

G0 Z-3.000

G81 Z-17.501 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

G0 X0.005 Y-179.772

G81 Z-17.501 R-3.000

G0 G80 Z-3.000

M09

M02

### **Φλάντζα**

%000001

(EXTERNAL GROOVE TOOL GO\_EXTE-BT-151.2L21B-D01-MACH)

T03 M06

F.1

S194 M04

M08



(WCS PART 3)

G0 C0.000

G0 X82.000 Y0.000

G0 Z123.137

G0 Z5.000

G1 X72.000

G1 G18 X62.000

G1 X52.000

G1 X42.000

G1 X32.000

G1 X22.000

G1 X12.000

G1 X2.000

G1 X0.000

G1 X82.000

G0 Z2.750

G1 X72.000

G1 X62.000

G1 X52.000

G1 X42.000

G1 X32.000

G1 X22.000

G1 X12.000

G1 X2.000

G1 X0.000

G1 X1.414 Z4.164

G0 X82.000

G0 Z0.500  
G1 X72.000  
G1 X62.000  
G1 X52.000  
G1 X42.000  
G1 X32.000  
G1 X22.000  
G1 X12.000  
G1 X2.000  
G1 X0.000  
G1 X1.414 Z1.914  
M09  
(TIP DRILL FO\_POIN-005520F-MACH)  
T04 M06  
F1  
S9999 M03  
M08  
G0 C0.000  
G0 X0.000 Y0.000  
G0 Z123.137  
G0 Z2.500  
G81 Z-36.260 R2.500  
G0 G80 Z2.500  
M09  
(EXTERNAL TURN TOOL TU\_EXTE-LX06C2D-BT25)  
T05 M06  
F.2

S2184 M04

M08

G0 C0.000

G0 X7.287 Y0.000

G0 Z123.137

G0 Z2.900

G1 Z-30.400

G0 X2.350

G0 Z2.900

G0 X12.225

G1 Z-30.400

G0 X7.287

G0 Z2.900

G0 X17.162

G1 Z-30.400

G0 X12.225

G0 Z2.900

G0 X22.099

G1 Z-30.400

G0 X17.162

G0 Z2.900

G0 X27.036

G1 Z-30.400

G0 X22.099

G0 Z2.900

G0 X31.974

G1 Z-30.400

G0 X27.036  
G0 Z2.900  
G0 X36.911  
G1 Z-30.400  
G0 X31.974  
G0 Z2.900  
G0 X41.848  
G1 Z-30.400  
G0 X36.911  
G0 Z2.900  
G0 X46.785  
G1 Z-30.400  
G0 X41.848  
G0 Z2.900  
G0 X51.723  
G1 Z-30.400  
G0 X46.785  
G0 Z2.900  
G0 X56.660  
G1 Z-30.400  
G1 X51.723 Z-25.463  
G1 X50.309 Z-24.049  
M09  
(TIP DRILL FO\_POIN-005520F-MACH)  
T04 M06  
F10000  
S9999 M03

M08

(PRINT DIAMETER D= 5.5)

G0 C0.000

G0 X67.298 Y-0.002

G0 Z123.137

G0 Z2.500

G81 Z-2.250 R2.500

G0 G80 Z2.500

G0 Z123.137

M09

G0 Z2.500

(TWIST DRILL AAA)

T06 M06

F10000

S9999 M03

M08

(HOLE D= 13.104 DEPTH=20 DRILLED D= 13.104 DEPTH= 22)

G0 C0.000

G0 X67.298 Y-0.002

G0 Z123.137

G0 Z2.500

G81 Z-25.783 R2.500

G0 G80 Z2.500

G0 Z123.137

M09

G0 Z2.500

(TIP DRILL FO\_POIN-005520F-MACH)

T04 M06

F10000

S9999 M03

M08

(PRINT DIAMETER D= 5.5)

G0 C0.000

G0 X33.647 Y-58.283

G0 Z123.137

G0 Z2.500

G81 Z-2.250 R2.500

G0 G80 Z2.500

G0 Z123.137

M09

G0 Z2.500

(TWIST DRILL AAA)

T06 M06

F10000

S9999 M03

M08

(HOLE D= 13.104 DEPTH=20 DRILLED D= 13.104 DEPTH= 22)

G0 C0.000

G0 X33.647 Y-58.283

G0 Z123.137

G0 Z2.500

G81 Z-25.783 R2.500

G0 G80 Z2.500

G0 Z123.137

```
M09
G0 Z2.500
(TIP DRILL FO_POIN-005520F-MACH)
T04 M06
F10000
S9999 M03
M08
(PRINT DIAMETER D= 5.5)
G0 C0.000
G0 X-33.651 Y-58.281
G0 Z123.137
G0 Z2.500
G81 Z-2.250 R2.500
G0 G80 Z2.500
G0 Z123.137
M09
G0 Z2.500
(TWIST DRILL AAA)
T06 M06
F10000
S9999 M03
M08
(HOLE D= 13.104 DEPTH=20 DRILLED D= 13.104 DEPTH= 22)
G0 C0.000
G0 X-33.651 Y-58.281
G0 Z123.137
G0 Z2.500
```

```
G81 Z-25.783 R2.500
G0 G80 Z2.500
G0 Z123.137
M09
G0 Z2.500
(TIP DRILL FO_POIN-005520F-MACH)
T04 M06
F10000
S9999 M03
M08
(PRINT DIAMETER D= 5.5)
G0 C0.000
G0 X-67.298 Y0.002
G0 Z123.137
G0 Z2.500
G81 Z-2.250 R2.500
G0 G80 Z2.500
G0 Z123.137
M09
G0 Z2.500
(TWIST DRILL AAA)
T06 M06
F10000
S9999 M03
M08
(HOLE D= 13.104 DEPTH=20 DRILLED D= 13.104 DEPTH= 22)
G0 C0.000
```



G0 X-67.298 Y0.002

G0 Z123.137

G0 Z2.500

G81 Z-25.783 R2.500

G0 G80 Z2.500

M09

M02

## Επίλογος – Συμπεράσματα

Για την πραγματοποίηση της τρισδιάστατης σχεδίασης ενός εναλλάκτη θερμότητας 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 ολοκλήρωσή 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

### Βιβλία

1. ΒΟΗΘΗΤΙΚΑ ΜΗΧΑΝΗΜΑΤΑ ΠΛΟΙΩΝ, ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
2. ΕΦΑΡΜΟΣΜΕΝΗ ΘΕΡΜΟΔΥΝΑΜΙΚΗ, ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
3. ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΝΑΥΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ, Δ.Α. ΔΟΥΜΑΝΗΣ
4. ΝΑΥΤΙΚΟΙ ΑΤΜΟΛΕΒΗΤΕΣ, ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

### Ιστοσελίδες

Wikipedia

<http://el.wikipedia.org>

## Περιεχόμενα

Περίληψη.....	3
Abstract.....	4
Πρόλογος.....	5
Κεφάλαιο 1    Εναλλάκτες θερμότητας.....	6
1.1 Απόδοση και μετάδοση θερμότητας στους εναλλάκτες.....	7
1.2 Μετάδοση θερμότητας στους εναλλάκτης επιφάνειας.....	8
1.3 Κατάταξη εναλλάκτη θερμότητας.....	8
1.4 Ψυγεία.....	9
1.5 Κατάταξη ψυγείων.....	10
1.6 Προθερμαντήρες.....	11
1.7 Είδη προθερμαντήρων.....	11
1.8 Οικονομητήρες.....	14
1.9 Υπερθερμαντήρες.....	15
1.10    Είδη υπερθερμαντήρων.....	15
1.11    Αναθερμαντήρες.....	16
1.12    Πλεονεκτήματα αναθερμαντήρων.....	16
1.13    Αφυπερθερμαντήρες.....	17
1.14    Συστήματα απόσταξης.....	17
1.15    Διαδικασία απόσταξης.....	18
Κεφάλαιο 2    Κατασκευή δοκιμίων εναλλάκτη θερμότητας.....	19
Παράρτημα.....	39
Επίλογος – Συμπεράσματα.....	82
Βιβλιογραφία.....	83