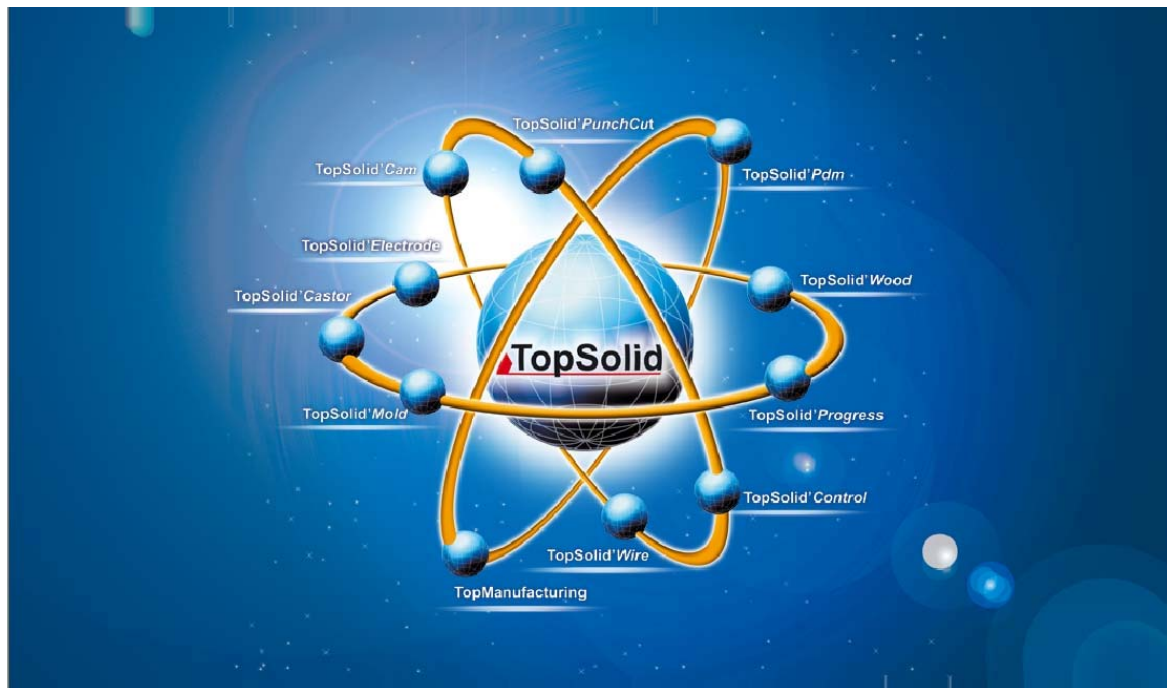


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΣΕΡΡΩΝ  
ΣΧΟΛΗ ΣΤΕΦ  
ΤΜΗΜΑ: ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

## ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΘΕΜΑ:** ΤΡΙΣΔΙΑΣΤΑΤΗ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟΥ  
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΣΧΕΣΙΑΣΗ ΜΗΤΡΑΣ  
ΧΥΤΕΥΣΗΣ



ΥΠΕΥΘΥΝΟΣ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΔΑΥΙΔ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΒΑΣΣΙΟΥ ΓΕΩΡΓΙΟΣ  
ΚΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗΣ ΙΩΑΝΝΗΣ

ΣΕΡΡΕΣ 2010

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

### ΣΕΛΙΔΑ

<b>Εισαγωγή</b> .....	3
<b>Κεφάλαιο 1 Ιστορική Αναδρομή</b> .....	4
1.1 Γενικά.....	4
1.2 Η τεχνική της χύτευσης σε μήτρα κατά την Εποχή του Χαλκού. ....	5
1.2.1 Μήτρες για περιαπτά.....	6
1.2.2 Μήτρες για δακτυλίδια.....	6
1.2.3 Στάδια της χύτευση.....	7
<b>Κεφάλαιο 2 Χύτευση</b> .....	8
2.1 Μοντέλα – Ορολογία χύτευσης.....	8
2.2 Μέθοδοι χύτευσης.....	11
2.3 Προβλήματα κατά τη χύτευση.....	12
2.4 Χύτευση σε καλούπια μιας χρήσης.....	12
2.4.1 Χύτευση σε άμμο.....	12
2.4.2 Χύτευση κελύφους.....	15
2.4.3 Χύτευση με εξαμιζόμενο μοντέλο.....	16
2.4.4 Χύτευση σε γύψο.....	17
2.4.5 Χύτευση σε κεραμικό καλούπι.....	17
2.4.6 Χύτευση με την τεχνική του χαμένου κεριού.....	17
2.5 Χύτευση με καλούπια πολλαπλών χρήσεων.....	19
2.5.1 Χύτευση σε μόνιμο καλούπι.....	19
2.5.2 Χύτευση με χαμηλή πίεση.....	19
2.5.3 Χύτευση σε μήτρα.....	20
2.5.4 Φυγοκεντρική χύτευση.....	21
2.5.5 Χύτευση σφυρηλάτησης.....	22
2.5.6 Συνεχής Χύτευση.....	22
2.6 Κράματα Κασσιτέρου χαμηλών θερμοκρασιών για την χύτευση διαφόρων αντικειμένων.....	23
2.7 Επιλογή του σωστού κράματος.....	24
2.8 Κονιομεταλλουργία.....	25

2.8.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Κονιομεταλλουργίας.....	26
2.8.2 Εφαρμογές Κονιομεταλλουργίας.....	26
2.9 Χυτοσίδηρος.....	27
2.9.1 Παραγωγή.....	27
2.9.2 Ιδιότητες.....	28
2.9.3 Φαίος χυτοσίδηρος.....	29
2.9.4 Όλκιμος χυτοσίδηρος.....	30
2.9.5 Λευκοί χυτοσίδηροι.....	31
2.9.6 Ελατός ή μαλακτός χυτοσίδηρος.....	31
<b>Κεφάλαιο 3 Τρισδιάστατη Σχεδίαση εδράνου ολίσθησης 3D CAD στο Top Solid Design.....</b>	<b>33</b>
<b>Κεφάλαιο 4 Τρισδιάστατη Σχεδίαση εδράνου ολίσθησης 3D CAD στο Top Solid Mold.....</b>	<b>52</b>
<b>Κεφάλαιο 5 Δημιουργία τρισδιάστατης γεωμετρίας καλουπίου χύτευσης στο Top Solid Mold.....</b>	<b>57</b>
<b>Κεφάλαιο 6 Σύνοψη – Συμπεράσματα.....</b>	<b>74</b>
<b>Βιβλιογραφία.....</b>	<b>75</b>

# ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία σχεδιάσαμε ένα έδρανο ρουλεμάν και το πήραμε από μηχανουργείο που βρίσκεται στη βιομηχανική περιοχή του Βόλου. Στο μηχανολογικό εργαστήριο του Τ.Ε.Ι. Σερρών μετρήσαμε και καταγράψαμε όλες τις διαστάσεις του εδράνου με παχύμετρο, ώστε να είναι ακριβής ο σχεδιασμός του. Λόγω όμως, ότι το έδρανο είχε χρησιμοποιηθεί και κάποιες διαστάσεις του είχαν αλλοιωθεί σχεδιάσαμε το κομμάτι με τις διαστάσεις του στη κατάσταση που βρίσκεται τώρα.. Στην αρχή, για την εκμάθηση του προγράμματος Top Solid, σχεδιάσαμε απλά γεωμετρικά σχήματα και πειραματιστήκαμε, ώστε να καταλάβουμε τις εντολές του προγράμματος. Το πρόγραμμα ήταν εύχρηστο, αλλά αντιμετωπίσαμε δυσκολίες, λόγω της πληθώρας εντολών που υπάρχουν στο μενού.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## ΙΣΤΟΡΙΚΗ ΑΝΑΔΡΟΜΗ

### 1.1 Γενικά

Οι πρώτοι μεταλλουργοί αγνοώντας τις δυνατότητες της τήξεως ή της εν θερμό σφυρηλατήσεως του μετάλλου χρησιμοποιούσαν την μέθοδο της χονδροπελεκήσεως και του τυπώματος με χτυπήματα, που εφάρμοζαν με την χρησιμοποίηση λίθων. Αυτό εξηγεί την υπεροχή των μαλακών μετάλλων, χρυσού και χαλκού. Στη συνέχεια σκέφτηκαν να χρησιμοποιήσουν την φωτιά για να διαμορφώσουν τα μέταλλα με σφυρηλάτηση και χρησιμοποίηση καλούπιών. Το πρώτο κράμα δια τήξεως φαίνεται ότι ήταν ο μπρούτζος ή ο ορείχαλκος. Η χύτευση είναι μία από τις πιο παλιές μεθόδους διαμόρφωσης. Στη χύτευση, λιωμένο μέταλλο χύνεται σε ένα καλούπι (βλέπε σχήμα 1.1), το οποίο συνήθως είναι φτιαγμένο από άμμο ή από μέταλλο και έχει κοιλότητα ενός συγκεκριμένου σχήματος. Το υλικό στη συνέχεια ψύχεται, το καλούπι αφαιρείται και έτσι δημιουργείται το χυτό προϊόν. Η χύτευση πρωτοεμφανίστηκε γύρω στο 3,500 π.Χ. στη Μεσοποταμία και χρησιμοποιήθηκε για παραγωγή χάλκινων εξαρτημάτων, κυρίως επίπεδων, με καλούπια από πέτρα ή ψημένο πηλό. Γύρω στο 2,000 π.Χ. η χύτευση εξελίχθηκε περισσότερο. Για πρώτη φορά χρησιμοποιήθηκαν πυρήνες από ψημένο πηλό (αντίστοιχες με τις σημερινές «καρδιές»), για να φτιάχνονται εσωτερικές κοιλότητες μέσα στα χυτά που ανακάλυψε ο άνθρωπος.



Σχήμα 1.1 : Χύτευση

Η τεχνολογία της χύτευσης εξελίχθηκε στη συνέχεια από τους Κινέζους γύρω στο 1,500 π.Χ.. Οι Κινέζοι, παρά το ότι δεν είχαν χρησιμοποιήσει μέχρι τότε τη χύτευση, την υιοθέτησαν και την ανέπτυξαν, ιδιαίτερα στον τομέα του καλουπιού. Η αρχαιολογική σκαπάνη έχει ανακαλύψει καλούπια κατασκευασμένα με ξεχωριστή τέχνη. Οι Κινέζοι χρησιμοποιούσαν διαίρετά καλούπια με πολλά εξαρτήματα που προσδένονταν μεταξύ τους (μικροί και τριάντα). Εκτός από τους Κινέζους, ιδιαίτερη τέχνη στη χύτευση παρουσίασαν και οι Ινδοί, που χύτευαν χαλκό και μπρούντζο για εργαλεία, όπλα, σκεύη κ.λπ.. Τέλος, η χύτευση του σιδήρου πρωτοεμφανίστηκε γύρω στα 1000 π.Χ. στη Συρία και στην Περσία.

## **1.2 Η ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΗΣ ΧΥΤΕΥΣΕΙΣ ΣΕ ΜΗΤΡΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΠΟΧΗ ΤΟΥ ΧΑΛΚΟΥ.**

Με την τεχνική της χύτευσης κατασκευαζόταν κατά την εποχή του χαλκού από μέταλλο ή υαλομάζα .Πληθώρα τέτοιων κοσμημάτων από χρυσό και υαλομάζα έχουν αποκαλυφθεί , μεταξύ άλλων θέσεων της περιόδου και στις Αρχαίες Κρήτης. Η τεχνική συνιστάται από χύσιμο υλικού , σε ρευστή μορφή , μέσα σε μήτρα στο σχήμα του κοσμήματος , η οποία ήταν συνήθως από στεατίτη αλλά και από άλλες πέτρες , ή μέταλλο , ή ακόμα και άμμο με σκοπό τη μαζική παραγωγή. Η αρχή της χρήσης της μήτρας στις χάνδρες και στα περιαιπτά από υαλομάζα τοποθετείται χρονικά στη δεύτερη χιλιετία Π.Χ και είναι καθαρά μυκηναϊκή τεχνική. Η χρήση της χύτευσης για άλλους τύπους κοσμημάτων όπως ενώτια και δακτυλίδια είναι μεταγενέστερη και ίσως προέρχεται από την Αίγυπτο. Συνήθως οι μήτρες για το δούλεμα της υαλομάζας είναι κατασκευασμένες από μαλακότερες πέτρες και διαφέρουν από τις μήτρες για μέταλλο ως προς τα βαθιά αυλάκια που φέρουν , από τα οποία το ρευστό μέταλλο δεν θα μπορούσε να διαφύγει. Με την τεχνική της χύτευσης κατασκευαζόταν στην αρχή μόνο συμπαγή μεταλλικά αντικείμενα , αργότερα όμως , για μεγαλύτερη οικονομία στο μέταλλο άρχισε η παραγωγή κοίλων (κούφινων) κοσμημάτων. Μέσα στη μήτρα τοποθετούνταν επιμήκεις πυρήνες , ώστε το υλικό να γεμίζει το χώρο ανάμεσα στα τοιχώματα της μήτρας και στον πυρήνα. Για κοσμήματα αποτελούμενα από δύο και τρία μέρη χρησιμοποιούνταν ανοιχτά καλούπια, σταδιακά όμως η χρήση τους περιορίστηκε κυρίως στην κατασκευή κοσμημάτων με επίπεδη την πίσω επιφάνεια.

Ανοιχτά καλούπια από πέτρα η πηλό άψητο χρησιμοποιήθηκαν επίσης και για την κατασκευή ενωτίων και δακτυλίων με ξεχωριστή σφενδόνη. Μήτρες έχουν βρεθεί σε αρκετές θέσεις της Μέσης και κυρίως της Ύστερης Εποχής και ανταποκρίνονται σε τύπους κοσμημάτων ήδη γνωστούς από τα ταφικά κυρίως σύνολα της περιόδου.

### **1.2. 1. ΜΗΤΡΕΣ ΓΙΑ ΠΕΡΙΑΠΤΑ**

Ο τύπος του σχηματοποιημένου θυσάνου είναι πολύ συνηθισμένο διακοσμητικό στοιχείο κατά την Μυκηναϊκή περίοδο και είναι αποτυπωμένος σε πολλές μήτρες κυρίως από τις Μυκήνες. Τα κοσμήματα αυτού του τύπου πρέπει να έφεραν οριζόντια διάτρηση ακριβώς κάτω από την διακοσμημένη καλυπτήρια πλάκα, για την ανάρτηση τους στο περιδέραιο. Μήτρα στεατίτη για κόσμημα σχηματοποιημένου θυσάνου σε υαλομάζα ή φαγετιανή αποκαλύφθηκε στην Κνωσσό και ανήκει στη Μέση Μινωϊκή Τρίτη Περίοδο. Άλλη μήτρα από γρανίτη αποκαλύφθηκε στην Ακρόπολη των Μυκηνών με τύπους κοσμημάτων και στις δύο πλευρές. Η πιο αποκαλυπτική ίσως μήτρα ως προς την πληθώρα των τύπων που παρουσιάζει προέρχεται πάλι από την Ακρόπολη των Μυκηνών. Είναι από βασάλτη και έχει το σχήμα κύβου και φέρει τύπους και στις έξι πλευρές. Επίσης μήτρες βρέθηκαν σε τάφο στον Κεφάλα Κρήτης και στην Χίο.

### **1.2.2. ΜΗΤΡΕΣ ΓΙΑ ΔΑΚΤΥΛΙΔΙΑ**

Στο εργαστήριο του ανακτόρου της Θήβας ήρθε στο φώς μήτρα για την κατασκευή κρίνων αποτελούμενη από δύο κομμάτια. Το ένα κομμάτι είναι από σχιστόλιθο και το άλλο από μαλακό λευκό λίθο. Οι κύκλοι (δυο μεγάλοι δυο μικροί ) είναι σχεδιασμένοι με διαβήτη και ο καθένας φέρει στο κέντρο αυλάκι για το χύσιμο του μετάλλου. Η μήτρα αυτή ιδιαίτερα σημαντική γιατί στην άκρη του ενός διατηρείται υπόλειμμα χυμένου από την χύτευση όσο και γιατί στη μια πλευρά διατηρούνται τρεις τύποι με εγχάρακτες παραστάσεις πλοίου , μυριαπόδου και ζώα που πιθανόν χρησιμοποιήθηκαν για την κόσμηση ταινιών απιο χρυσό και φαίνεται αυτή να ήταν η πρώτη χρήση μήτρας. Στεατίνη μήτρα ημικυλινδρικού σχήματος αποκαλύφθηκε στην Αθήνα. Το εύρημα αυτό είναι σημαντικό τόσο για την κατασκευή

του όσο και για την σπανιότητα του. Χρησιμοποιήθηκε για την παραγωγή δακτυλιδιού με σφενδόνη διακόσμηση με κοκκίδωση τόσο από την Κρήτη όσο και από περιοχές της Ηπειρωτικής Ελλάδας. Στεάτινη μήτρα αποκαλύφθηκε επίσης στην Ελευσίνα και χρησιμοποιήθηκε για την κατασκευή δακτυλιδιού με παράσταση στη σφενδόνη όπως οι σφραγιδόλιθοι από χρυσό που φέρνουν θρησκευτικές σκηνές.

### **1.2. 3. ΣΤΑΔΙΑ ΤΗΣ ΧΥΤΕΥΣΗΣ**

Πιθανή αναπαράσταση της τεχνικής προσφέρει η τοιχογραφία από τάφο των Θηβών της Αιγύπτου η οποία έχει αναγνωριστεί με κάποιο δισταγμό από την C. Andrews. Ένας εργάτης , σκυμμένος στον πάγκο του , πλάθει σε λεκάνη μια μπάλα από φαγιεντιανή ενώ ένας δεύτερος εργάτης δουλεύει ένα πολύχρωμο κόσμημα σε σχήμα κρίνου. Κοσμήματα αυτού του σχήματος αλλά και σκαραβαΐοι κατασκευασμένοι με την ίδια τεχνική έχουν βρεθεί στην Αίγυπτο κατά την περίοδο Αμάρνα ενώ κατά το Νέο Βασίλειο η μέθοδος χρησιμοποιούταν για μονοκόμματα δακτυλίδια με σφενδόνη. Η πολυχρωμία των κοσμημάτων επιτυγχανόταν με τον διαφορετικό χρωματισμό της υαλομάζας πριν από την τοποθέτηση του καλουπιού στον κλίβανο.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### ΧΥΤΕΥΣΗ

Σήμερα η χύτευση είναι μία από τις σημαντικότερες κατεργασίες μορφοποίησης προϊόντων. Υπάρχουν ειδικές μονάδες για την παραγωγή χυτών αντικειμένων, που ονομάζονται χυτήρια και που παράγουν μεταλλικά προϊόντα, σχεδόν στην τελική τους μορφή. Τα προϊόντα της χύτευσης ποικίλλουν σε υλικά (χρησιμοποιούνται κυρίως μέταλλα), σε πολυπλοκότητα και διαστάσεις. Αρχίζουν από λίγα χιλιοστά και βάρος μερικά κλάσματα του γραμμαρίου, όπως είναι τα δοντάκια των φερμουάρ, και καταλήγουν σε μεγέθη που πλησιάζουν τα 10 m και βάρη μερικών τόνων, όπως είναι οι προπέλες των υπερωκεανίων. Τα πιο ευρέως χρησιμοποιούμενα μεταλλικά υλικά είναι ο χυτοσίδηρος, ο χάλυβας, το αλουμίνιο, ο μπρούντζος, ο ορείχαλκος, το μαγνήσιο και τα κράματα του ψευδαργύρου. Με τη συνεχή εξέλιξη της τεχνολογίας έχουν αναπτυχθεί πολλές μέθοδοι χύτευσης. Μία κατηγοριοποίηση βασίζεται στο είδος του καλουπιού

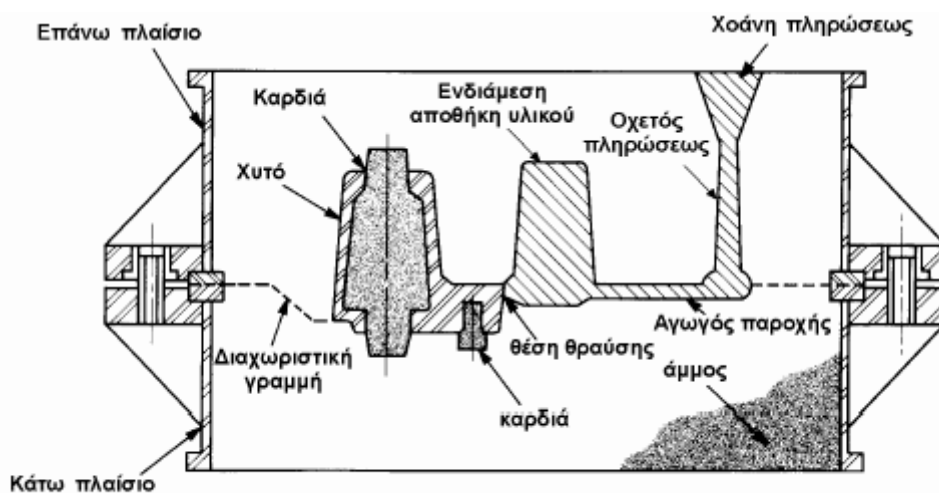
Έτσι, η χύτευση διακρίνεται σε :

1. Χύτευση σε καλούπια μίας χρήσης (χύτευση σε άμμο, γύψο, κεραμικό καλούπι κ.λπ.). Τα καλούπια σε αυτού του τύπου τη χύτευση καταστρέφονται προκειμένου να αποκαλυφθεί το χυτό.
2. Χύτευση σε καλούπια πολλαπλών χρήσεων (χύτευση με βαρύτητα, υπό πίεση, φυγοκεντρική χύτευση κ.λπ.). Τα καλούπια σε αυτού του τύπου τη χύτευση χρησιμοποιούνται για πολλές συνεχόμενες χυτεύσεις

#### 2.1 Μοντέλα – Ορολογία χύτευσης

Ένα τυπικό καλούπι για χύτευση σε υγρή άμμο (πράσινη), στο οποίο φαίνεται η βασική ορολογία των εξαρτημάτων που χρησιμοποιούνται στα περισσότερα είδη χύτευσης, παρουσιάζεται στο σχήμα 1.2. Τα καλούπια, που είναι ο σημαντικότερος παράγοντας σε μία χύτευση, τις περισσότερες φορές, αλλά όχι πάντα, είναι διαιρετά και αποτελούνται από δύο μέρη. Εξάιρεση αποτελεί η χύτευση με μοντέλα από κερί ή θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη, που εκεί χρησιμοποιείται ένα ολόσωμο καλούπι,

καθώς και η χύτευση με μήτρα και γενικά όλες οι χυτεύσεις που επαναχρησιμοποιούν τα καλούπια. Σε αυτές τις χυτεύσεις χρησιμοποιούνται καλούπια ή μήτρες με περισσότερα από δύο μέρη προκειμένου να χυτευθούν πολύπλοκα αντικείμενα



Σχήμα 1.2 : Καλούπι για χύτευση σε άμμο σε τομή

Για να δοθεί στην κοιλότητα του καλουπιού το κατάλληλο σχήμα , ώστε να χυτευθεί το υλικό και να παραχθεί το χυτό , χρησιμοποιούνται τα μοντέλα . Τα μοντέλα είναι πιστά αντίγραφα του προϊόντος που πρόκειται να παραχθεί . Συνήθως κατασκευάζονται από ξύλο (λόγω του χαμηλού του κόστους ), μέταλλο , γύψο ή συνθετικές ρητίνες . Τα μεταλλικά μοντέλα έχουν μεγάλο κόστος παραγωγής και κατασκευάζονται από αλουμίνιο , μπρούντζο , χυτοσίδηρο κ.λπ . Ανάλογα με το υλικό , που πρόκειται να χυτευθεί , πρέπει να υπολογισθεί η συστολή που θα συμβεί στο μέταλλο μετά την απόψυξη . Η συστολή αυτή , που εκτείνεται προς όλες τις κατευθύνσεις , εξαρτάται από το υλικό και από τον όγκο του χυτού και πρέπει να ληφθεί υπόψη στη δημιουργία του μοντέλου , ώστε το τελικό χυτό να είναι στις διαστάσεις που προβλέπονται από το μηχανολογικό σχέδιο . Έτσι , τα μοντέλα φτιάχνονται λίγο μεγαλύτερα από το χυτό που θέλουμε να παραχθεί .

Στις περισσότερες διαδικασίες χύτευσης χρησιμοποιούνται πυρήνες ή καρδιές , που είναι φτιαγμένες από άμμο ή μέταλλο , μέσα στην κοιλότητα του καλούπιού , για να δημιουργήσουν εσωτερικές διαμορφώσεις στο χυτό . Κάθε καλούπι διαθέτει επίσης ένα σύστημα καναλιών για να κατανεμηθεί το λιωμένο μέταλλο και κατακόρυφους αγωγούς για τροφοδοσία . Ιδιαίτερα για τα κομμάτια που έχουν μεγάλο όγκο , χρησιμοποιούνται στα καλούπια ενδιάμεσες αποθήκες υλικού . Ο ρόλος των αποθηκών αυτών είναι πολύ σημαντικός , γιατί στις περιπτώσεις μεγάλων κομματιών δημιουργούνται κενά στο χυτό από τη στερεοποίηση των εξωτερικών επιφανειών πριν από το εσωτερικό του χυτού . Με τη χρήση τους , τα σφάλματα στερεοποίησης δημιουργούνται σε αυτές και το χυτό παραμένει χωρίς κενά .Σημαντικό ρόλο παίζουν οι ενδιάμεσες αποθήκες , όταν πρόκειται να χυτευθούν πολύ καθαρά μέταλλα , μια και μαζεύονται σε αυτές οι τυχόν ακαθαρσίες , ενώ το χυτό παραμένει καθαρό .

## 2.2 Μέθοδοι χύτευσης

Οι μέθοδοι χύτευσης που χρησιμοποιούνται σήμερα είναι πολλές και εμφανίζονται με πολλές παραλλαγές . Στον Πίνακα Π .1.1 παρουσιάζονται οι βασικότερες μέθοδοι χύτευσης με σύντομη περιγραφή και χαρακτηριστικά , ενώ αναλύονται περισσότερο στα επόμενα κεφάλαια .

Χύτευση		Περιγραφή	Υλικά	Σύνηθες μέγεθος
<b>νέα χρήση του μοντέλου και καταστροφή του καλουπιού</b>	...σε άμμο	το καλούπι κατασκευάζεται από άμμο γύρω από ξύλινο ή μεταλλικό μοντέλο.	όλα τα κοινά υλικά	από μικρά κομμάτια έως εξαιρετικά μεγάλα
	...σε κέλυφος	Το καλούπι κατασκευάζεται από άμμο και ρητίνη που σκληραίνει τοπικά γύρω από θερμαινόμενο μοντέλο.	Κυρίως σιδηρούχα υλικά, χαλκός και αλουμίνιο	μικρά κομμάτια έως 45 Kg.
	...σε γύψο	το καλούπι γίνεται με εμβάπτιση σε γύψο. Το καλούπι ψήνεται, αφού βγει το μοντέλο.	κυρίως αλουμίνιο και χαλκός	μικρά κομμάτια έως 45 Kg.
	...σε κεραμικό καλούπι	το καλούπι γίνεται με εμβάπτιση σε πυριμαχα υλικά.	όλα τα κοινά υλικά	από μικρά κομμάτια έως εξαιρετικά μεγάλα
<b>νέα χρήση του καλουπιού</b>	...σε μήτρα	Το καλούπι είναι μεταλλικό Το λιωμένο μέταλλο συμπιέζεται σε μήτρα με μεγάλη πίεση.	κυρίως ψευδάργυρος, μαγνήσιο, αλουμίνιο και μερικοί χάλυβες	μικρά κομμάτια έως περίπου 23 Kg.
	...με χαμηλή πίεση	Το λιωμένο μέταλλο ρέει μέσα στο καλούπι με χαμηλή πίεση.	κυρίως αλουμίνιο	μικρά κομμάτια έως περίπου 23 Kg.
	...σε μόνιμο καλούπι	Το καλούπι είναι μεταλλικό και χωρισμένο σε δύο τμήματα. Το λιωμένο μέταλλο ρέει στο καλούπι με τη βαρύτητα.	κυρίως μη σιδηρούχα υλικά.	0,5-23 kg
	...φυγοκεντρική	Η χύτευση γίνεται σε περιστρεφόμενο καλούπι μέσω της φυγόκεντρης δύναμης.	τα περισσότερα μέταλλα	Μεγάλα, πάνω από 45 Kg
	...σφυρηλάτησης	Το λιωμένο μέταλλο συμπιέζεται σε μήτρα από ένα έμβολο, όπως στη σφυρηλάτηση.	Κυρίως μη σιδηρούχα υλικά	μέχρι 4 Kg
<b>καταστροφή του καλουπιού και καταστροφή του μοντέλου</b>	...με την τεχνική του χαμένου κεριού	Το μοντέλο κατασκευάζεται από κεριό ή πλαστικό και λιώνει δημιουργώντας το καλούπι.	χάλυβες, μη σιδηρούχα μέταλλα	Πολύ μικρά, περίπου 2 Kg
	... με εξατμιζόμενο μοντέλο	Το μοντέλο κατασκευάζεται από πολυστερένιο και εξατμίζεται, όταν έρθει σε επαφή με το λιωμένο μέταλλο.	όλα τα μέταλλα, κυρίως σίδηρος.	Πολύ μικρά, 2 Kg και πάνω

Πίνακας Π.1.1 : Συγκεντρωτικός πίνακας βασικότερων μεθόδων χύτευσης

## 2.3 Προβλήματα κατά τη χύτευση

Τα προβλήματα που εμφανίζονται συχνά στη χύτευση σχετίζονται κυρίως με σφάλματα στη δημιουργία του καλουπιού , στη σχεδίαση του μοντέλου και των καρδιών , στην τοποθέτηση των οχετών εισόδου ή των ενδιάμεσων αποθηκών λιωμένου υλικού , στη διαδικασία της χύτευσης κ.λπ .. Τα σφάλματα αυτά δημιουργούν ελαττώματα στα χυτά αντικείμενα , που συνήθως είναι :

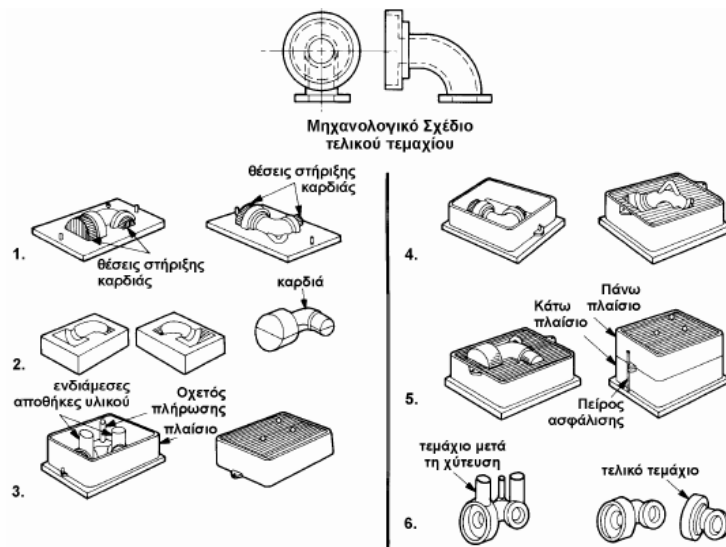
1. Ρωγμές που προέρχονται από τη συρρίκνωση του υλικού του χυτού λόγω συστολής κατά την απόψυξη .
2. Εγκλείσματα από οξειδία που παραμένουν στο χυτό .
3. Σπληλαιώσεις που οφείλονται στη παρουσία αερίων στο μέταλλο κατά τη στερεοποίηση .
4. Ασυνέχειες στο χυτό .

Ο έλεγχος των χυτών γίνεται χρησιμοποιώντας μη καταστροφικές μεθόδους. Μία από αυτές τις μεθόδους είναι η ραδιογραφία με τη βοήθεια της οποίας ελέγχεται η συνέχεια και η ομοιομορφία του υλικού , του χυτού αντικειμένου . Στη ραδιογραφία , προσπίπτουν ακτίνες X στα χυτά , η μεταβολή της έντασης των οποίων καταγράφεται σε φωτογραφικό φιλμ. Οι ατέλειες που μπορούν να διαπιστωθούν , πρέπει να έχουν μέγεθος μεγαλύτερο του 2% του πάχους του ελεγχόμενου χυτού αντικειμένου .

## 2.4 Χύτευση σε καλούπια μιας χρήσης

### 2.4.1 Χύτευση σε άμμο

Η χύτευση σε άμμο είναι η παραδοσιακή μέθοδος χύτευσης , η οποία χρησιμοποιείται εδώ και αιώνες . Ακόμα και σήμερα , μεγάλο ποσοστό της παραγωγής χυτών αντικειμένων πραγματοποιείται με αυτή τη μέθοδο . Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιεί την άμμο ( $\text{SiO}_2$ ) για τη δημιουργία του καλουπιού , εκμεταλλευόμενη το μικρό της κόστος και την αντίστασή της στις υψηλές θερμοκρασίες . Η άμμος συνήθως χρησιμοποιείται αναμεμειγμένη με διάφορα πρόσθετα που αυξάνουν ακόμα τις ιδιότητές της . Τέτοια πρόσθετα είναι η άργιλος που χρησιμοποιείται ως συνδετικό υλικό και το νερό . Ένα τυπικό παράδειγμα χύτευσης σε άμμο φαίνεται στο σχήμα 1.3. Στο σχήμα αυτό διακρίνονται τα στάδια στα οποία πραγματοποιείται η χύτευση αυτή .

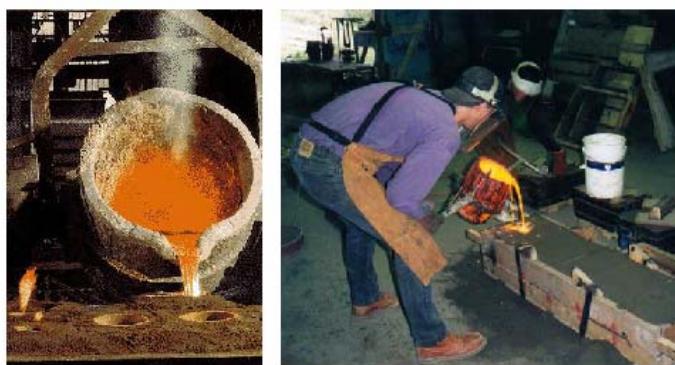


Σχήμα 1.3 : Χύτευση σε άμμο

Η πρώτη εργασία στη χύτευση με άμμο είναι η δημιουργία του μοντέλου (βήμα 1 του σχήματος). Το μοντέλο είναι αντίγραφο του τεμαχίου που πρόκειται να χυτευθεί και φτιάχνεται κυρίως από ξύλο ή μέταλλο, ανάλογα με τον αριθμό των χυτεύσεων που θα γίνουν και το μέγεθος του χυτού. Μοντέλα από ξύλο έχουν μικρό κόστος και είναι ιδανικά για λίγες χυτεύσεις. Συνήθως φτιάχνονται από ξύλο καρδιάς ή βελανιδιάς και γενικά από ξύλα που κατεργάζονται εύκολα. Τα μεταλλικά μοντέλα έχουν μεγαλύτερο κόστος και φτιάχνονται από αλουμίνιο, χυτοσίδηρο και μπρούντζο, ενώ μοντέλα φτιάχνονται και από συνθετικές ρητίνες, γύψο κ.λπ..

Για την περίπτωση που το αντικείμενο που πρόκειται να χυτευθεί έχει εσωτερική κοιλότητα, χρησιμοποιείται η καρδιά, δηλαδή ένας πυρήνας που θα παραμείνει κατά τη διάρκεια της χύτευσης μέσα στο καλούπι και θα εξασφαλίσει τη διαμόρφωση της κοιλότητας. Οι καρδιές μπορούν να είναι κι αυτές από άμμο και φτιάχνονται σε ειδικά, για το σκοπό αυτό, πλαίσια (βήμα 2). Η κατασκευή των καρδιών απαιτεί και αυτή ιδιαίτερη προσοχή ως προς τις διαστάσεις και τη μορφή και περιλαμβάνει, εκτός από την καρδιά, και τα σημεία στήριξής της στο καλούπι. Στο βήμα 3 φαίνεται το πάνω πλαίσιο του καλουπιού, στο οποίο έχει τοποθετηθεί το μισό μοντέλο, ο οχετός πλήρωσης και οι ενδιάμεσες αποθήκες υλικού. Οι ενδιάμεσες αποθήκες υλικού εκτός από την αποφυγή δημιουργίας κενών στο χυτό, όπως ήδη αναφέρθηκε, παίζουν εδώ και το ρόλο των εξαεριστικών, για να απάγονται τα αέρια που δημιουργούνται κατά τη χύτευση. Στη διπλανή εικόνα στο βήμα 3 φαίνεται το ίδιο

πλαίσιο , αφού συμπληρώθηκε με άμμο και κατόπιν αφαιρέθηκαν με προσοχή το μοντέλο από τη βάση , οι αποθήκες και ο οχετός πλήρωσης . Στο βήμα 4 διαμορφώνεται αντίστοιχα το κάτω πλαίσιο με το άλλο μισό μοντέλο , ενώ στο βήμα 5 τοποθετείται η καρδιά στο κάτω πλαίσιο και συμπληρώνεται το καλούπι με το πάνω πλαίσιο . Τέλος , μετά τη χύτευση (βλ . σχήμα 1.4), την απόψυξη και τον καθαρισμό , στο βήμα 6 φαίνεται το τελικό τεμάχιο πριν και μετά την αφαίρεση των δύο ενδιάμεσων αποθηκών και του οχετού πλήρωσης .



Σχήμα 1.4 : Χύτευση σε καλούπι από άμμο

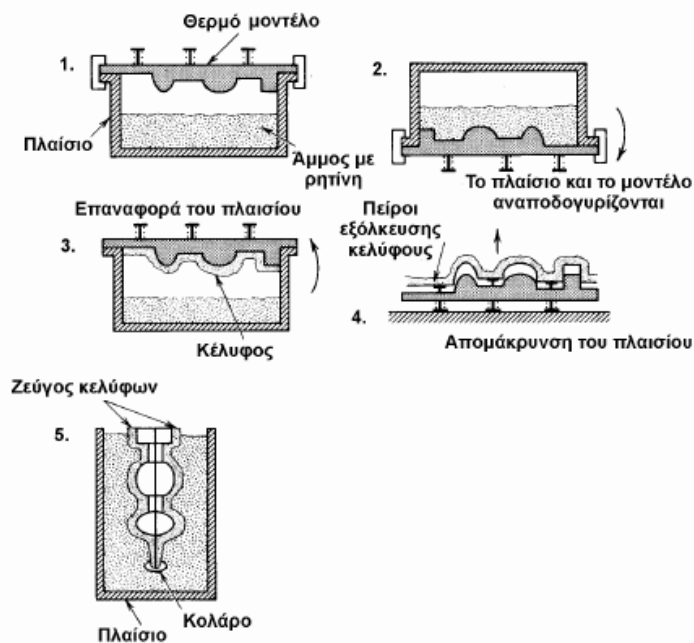
Όλα τα στάδια που προαναφέρθηκαν απαιτούν λεπτούς χειρισμούς και επιδεξιότητα από τον τεχνίτη που πραγματοποιεί τη χύτευση . Ειδικά η κατασκευή του μοντέλου απαιτεί μεγάλη επιδεξιότητα μια και πρέπει να έχει προβλεφθεί να απομακρύνεται εύκολα , χωρίς να καταστρέφει το αποτύπωμα στην άμμο , καθώς και η συστολή που θα υποστεί το τεμάχιο μετά την απόψυξή του . Αντίστοιχη επιδεξιότητα απαιτείται και στην κατασκευή των πυρήνων (καρδιών ) . Η άμμος που χρησιμοποιείται στη χύτευση χαρακτηρίζεται από το μέγεθος των κόκκων της . Έτσι , για μεγάλα κομμάτια χρησιμοποιείται η χονδρόκοκκη άμμος , ενώ λεπτόκοκκη άμμος χρησιμοποιείται για χύτευση μικρών αντικειμένων . Επίσης , η άμμος μπορεί να είναι υγρή (πράσινη ) για τη χύτευση μικρών αντικειμένων , ενώ για τη χύτευση μεγαλύτερων χρησιμοποιείται άμμος αποξηραμένη σε φούρνους . Για τη δημιουργία των καλουπιών με άμμο , χυτών ιδιαίτερα μεγάλων διαστάσεων , χρησιμοποιείται ειδική μηχανή τροφοδοσίας της άμμου.

## 2.4.2 Χύτευση κελύφους

Η μέθοδος αυτή πρωτοεμφανίστηκε κατά τη διάρκεια του 2 ου Παγκοσμίου Πολέμου . Στη μέθοδο αυτή το υλικό από το οποίο φτιάχνεται το καλούπι είναι λεπτή άμμος και 2,5-4% θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη . Το μοντέλο είναι μεταλλικό και θερμαίνεται σε θερμοκρασία 175-270°C. Η διαδικασία της χύτευσης κελύφους ακολουθεί πέντε στάδια που περιγράφονται παρακάτω και φαίνονται στο σχήμα 1.5. Τα στάδια αυτά είναι :

1. Το μείγμα από την άμμο και τη θερμοσκληρυνόμενη ρητίνη τοποθετείται σε ένα πλαίσιο που σκεπάζεται από πάνω με το θερμόμεταλλικό μοντέλο (εικόνα 1). Το πλαίσιο αναποδογυρίζεται και η άμμος πέφτει πάνω στο μοντέλο (εικόνα 2). Η θερμότητα του μοντέλου σκληραίνει τοπικά και η άμμος πέφτει πάνω στο μοντέλο (εικόνα 2). Η θερμότητα του μοντέλου σκληραίνει τοπικά μία περιοχή πάχους περίπου 3,2 mm από την άμμο και τη ρητίνη και δημιουργεί το κέλυφος
2. Το πλαίσιο γυρίζεται στην αρχική του θέση , η άμμος πέφτει στη βάση του πλαισίου και το κέλυφος παραμένει με το μοντέλο (εικόνα 3). Το μοντέλο μαζί με το κέλυφος τοποθετούνται σε φούρνο για μερικά λεπτά , ώστε το κέλυφος να σκληρυνθεί καλύτερα και να λάβει την τελική του μορφή .
3. Το κέλυφος απομακρύνεται από το μοντέλο (εικόνα 4).
4. Δύο ίδια τμήματα του κελύφους ενώνονται και δημιουργούν το καλούπι (εικόνα 5).
5. Το καλούπι που δημιουργήθηκε με τον τρόπο αυτό , τοποθετείται σε ένα πλαίσιο με άμμο για υποστήριξη του κελύφους κατά τη χύτευση .





Σχήμα 1.5 : Χύτευση κελύφους

Στη μέθοδο αυτή , η ακρίβεια που επιτυγχάνεται στις διαστάσεις του χυτού είναι μόνο μερικά εκατοστά του χιλιοστού . Αυτό οφείλεται στη σχεδόν μηδενική συρρίκνωση που υφίσταται το κέλυφος.

### 2.4.3 Χύτευση με εξαμιζόμενο μοντέλο

Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται σε περιπτώσεις που γίνεται μικρός αριθμός χυτεύσεων . Στις περιπτώσεις αυτές , το κόστος κατασκευής των μοντέλων γίνεται ιδιαίτερα υψηλό . Έτσι , με τη μέθοδο αυτή , κατασκευάζονται μοντέλα από πολυστυρένιο , γύρω από τα οποία τοποθετείται άμμος και δημιουργείται το καλούπι . Το μοντέλο παραμένει μέσα στο καλούπι και όταν έρθει σε επαφή με το λιωμένο μέταλλο εξαμιζείται , δημιουργώντας έτσι την κοιλότητα του καλουπιού . Με τη μέθοδο αυτή μπορούν να χυτευθούν αρκετά πολύπλοκα αντικείμενα με μικρό κόστος .

#### **2.4.4 Χύτευση σε γύψο**

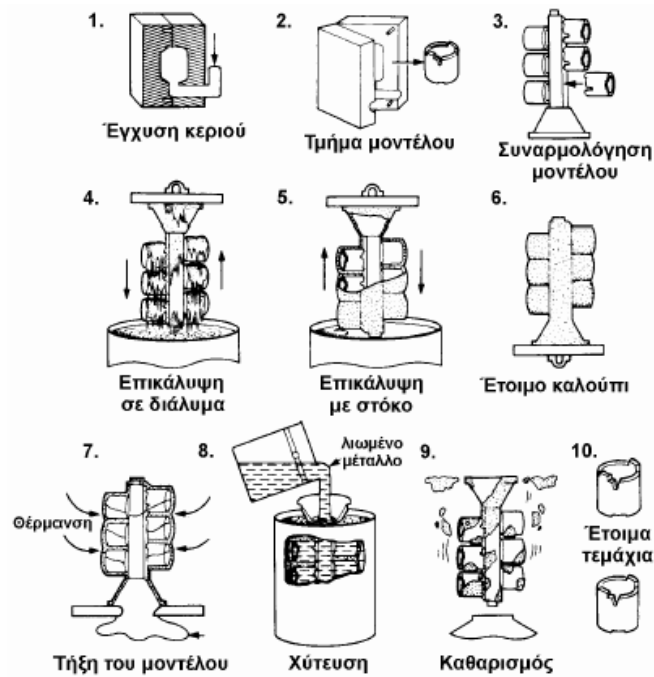
Σε αυτή τη μέθοδο χύτευσης , το καλούπι είναι φτιαγμένο από γύψο με πρόσθετα , όπως είναι ίνες αμιάντου , ορυκτά του μαγνησίου και του πυριτίου .Τα υλικά αυτά αναμειγνύονται με νερό και το διάλυμα χύνεται και περιβάλλει το μοντέλο. Όταν το διάλυμα στερεοποιηθεί , απομακρύνεται το μοντέλο και το καλούπι , αφού ξηραίνεται σε θερμοκρασία 200°C περίπου είναι έτοιμο για τη χύτευση . Επειδή το καλούπι από γύψο αντέχει μέχρι τη θερμοκρασία των 1200°C, η μέθοδος χύτευσης με γύψο χρησιμοποιείται μόνο για χύτευση αλουμινίου , μαγνησίου , ψευδαργύρου και κραμάτων του χαλκού .Η χύτευση με γύψο δίνει πολύ καλή επιφάνεια του χυτού και λόγω της μικρής συρρίκνωσης του καλουπιού δίνει πολύ μεγάλη ακρίβεια στις διαστάσεις .Έτσι η μέθοδος αυτή και η μέθοδος χύτευσης με την τεχνική του χαμένου κεριού και της χύτευσης σε κεραμικό καλούπι (που περιγράφονται παρακάτω ) είναι γνωστές ως μέθοδοι χύτευσης ακριβείας ..

#### **2.4.5 Χύτευση σε κεραμικό καλούπι**

Η χύτευση σε κεραμικό καλούπι δε διαφέρει πολύ από τη χύτευση σε γύψο . Η ουσιαστική διαφορά βρίσκεται στα υλικά που χρησιμοποιούνται για το καλούπι . Το αντίστοιχο διάλυμα , που χύνεται γύρω από το μοντέλο για να δημιουργηθεί το καλούπι , είναι από ανθεκτικά υλικά στις υψηλές θερμοκρασίες , όπως το οξείδιο του Αλουμινίου ( $Al_2O_3$ ), το οξείδιο του πυριτίου ( $SiO_2$ ) και το ορυκτό ζirkον ( $ZrSiO_4$ ). Τα υλικά αυτά δίνουν τη δυνατότητα χύτευσης μετάλλων και κραμάτων με υψηλό σημείο τήξης , όπως είναι τα σιδηρούχα κράματα . Η μέθοδος αυτή έχει σχετικά μεγάλο κόστος , αλλά δίνει πολύ ικανοποιητικά αποτελέσματα στην ποιότητα της επιφάνειας του χυτού και στην ακρίβεια των διαστάσεών του .

#### **2.4.6 Χύτευση με την τεχνική του χαμένου κεριού**

Η χύτευση με την τεχνική του χαμένου κεριού είναι από τις πιο παλιές μεθόδους χύτευσης που χρησιμοποιήθηκαν . Στη μέθοδο αυτή το μοντέλο κατασκευάζεται από κεριό ή πλαστικό και καταστρέφεται σε κάθε χύτευση . Στο σχήμα 1.6 φαίνονται τα στάδια της μεθόδου .



Σχήμα 1.6 : Χύτευση με την τεχνική του χαμένου κεριού.

1. Το μοντέλο φτιάχνεται σε διαιρούμενο καλούπι με έγχυση κεριού ή πλαστικού .
2. Το μοντέλο απομακρύνεται από το καλούπι του .
3. Δημιουργείται το συνολικό μοντέλο της χύτευσης .
4. Το μοντέλο βυθίζεται μερικές φορές σε διάλυμα πυρίμαχων υλικών , όπως είναι η άμμος και συνδετικών υλικών , όπως το πυριτικό αιθύλιο και το πυριτικό νάτριο . Αφού κάθε φορά ξηραθεί το στρώμα της επικάλυψης , το μοντέλο ξαναβυθίζεται στο διάλυμα , ώστε να αυξηθεί το πάχος της επικάλυψης (3 έως 6mm
5. Το μοντέλο βυθίζεται σε στόκο και επικαλύπτεται με αυτόν .
6. Το έτοιμο μοντέλο .
7. Το επικαλυμμένο μοντέλο τοποθετείται σε φούρνο γύρω στους 1100°C, όπου λιώνει το κεριό ή το πλαστικό και απομένει το έτοιμο καλούπι.
8. Πραγματοποιείται η χύτευση .
9. Το καλούπι καθαρίζεται σπάζοντας την επικάλυψη .
10. Έτοιμα χυτά κομμάτια , αφού αφαιρεθούν οι αγωγοί τροφοδοσίας και η χοάνη πλήρωσεως .

Με τη μέθοδο αυτή κατασκευάζονται σύνθετα κομμάτια που είναι δύσκολο ή ανοικονομικό να κατασκευασθούν με άλλη μέθοδο χύτευσης .Τυπικά παραδείγματα είναι : υδραυλικές βάνες , πτερύγια αεροστροβίλων κ.λπ .

Σε σύγκριση με άλλες μεθόδους , η μέθοδος με την τεχνική του χαμένου κεριού έχει αρκετά πλεονεκτήματα , αλλά και μειονεκτήματα . Αυτοματοποιείται εύκολα , ιδιαίτερα για παραγωγή πολύ μικρών αντικειμένων και έτσι έχει χαμηλό κόστος . Από την άλλη μεριά απαιτεί πολλές διαφορετικές φάσεις για την πραγματοποίησή της και γι ' αυτό δεν είναι προτιμότερη από τη χύτευση σε άμμο , εκτός από την περίπτωση που τα χυτά κομμάτια πρέπει να έχουν μεγάλη ακρίβεια και καλή τελική επιφάνεια . Ως κανόνας , σε σύγκριση με άλλες μεθόδους που δίνουν καλή ακρίβεια σε διαστάσεις και ποιότητα επιφάνειας , η χύτευση με την τεχνική του χαμένου κεριού προτιμάται για παραγωγή σύνθετων αντικειμένων σε μικρές διαστάσεις . Αντίθετα , η χύτευση σε κέλυφος προτιμάται για παραγωγή απλών αντικειμένων με μεγάλες όμως διαστάσεις .

## **2.5 Χύτευση με καλούπια πολλαπλών χρήσεων**

### **2.5.1 Χύτευση σε μόνιμο καλούπι**

Στη μέθοδο αυτή το καλούπι είναι κατασκευασμένο , ανάλογα με το υλικό που θα χυτευθεί , από χυτοσίδηρο , χάλυβα , μπρούντζο ή πυρίμαχα κράματα μετάλλων . Το καλούπι είναι χωρισμένο σε δύο τμήματα και κλείνει με μηχανικό τρόπο . Μετά την εισαγωγή του λιωμένου μετάλλου , το καλούπι ανοίγει και το χυτό απομακρύνεται . Η παροχή του λιωμένου μετάλλου γίνεται με βαρύτητα σε αντίθεση με τη χύτευση σε μήτρα , όπου το λιωμένο μέταλλο αναγκάζεται να εισέλθει στο καλούπι με πίεση . Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για μη σιδηρούχα κράματα , μόλυβδο , ψευδάργυρο , κράματα μαγνησίου , μπρούντζο και χυτοσίδηρο και έχει πλεονέκτημα τη μεγάλη της παραγωγικότητα . Τυπικά παραδείγματα προϊόντων που παράγονται με αυτή τη μεθοδο είναι : έμβολα μηχανών εσωτερικής καύσης , block κυλίνδρων για συμπιεστές ψυγείων , εξαρτήματα γραφομηχανών από αλουμίνιο κ.λπ . Η χύτευση σε μόνιμο καλούπι γίνεται συνήθως χειροκίνητα , αλλά σε ορισμένες περιπτώσεις γίνεται και με μηχανικό τρόπο . Στην περίπτωση αυτή το καλούπι μεταφέρεται σε διάφορες θέσεις εργασίας για καθαρισμό , τοποθέτηση των καρδιών , κλείσιμο , ψύξη , άνοιγμα και απομάκρυνση του χυτού .

### **2.5.2 Χύτευση με χαμηλή πίεση**

Η χύτευση με χαμηλή πίεση διαφέρει από τη χύτευση σε μόνιμο καλούπι στη διαδικασία εισόδου του λιωμένου μετάλλου . Το λιωμένο μέταλλο βρίσκεται σε ειδικό δοχείο που θερμαίνεται συνεχώς και αναγκάζεται να εισέλθει στο καλούπι μέσω πίεσης , η οποία παραμένει μέχρι το υλικό να στερεοποιηθεί . Μόλις σταματήσει η πίεση , το χυτό απομακρύνεται , ενώ το παραμένον λιωμένο μέταλλο

στον αγωγό επιστρέφει στο δοχείο . Η μέθοδος αυτή δίνει μεσαίας τάξης ποιότητα επιφάνειας στο χυτό και διαστατική ακρίβεια . Χρησιμοποιείται για τη χύτευση αλουμινίου σε γύψινα καλούπια και χυτοσιδήρου . Παραλλαγή της μεθόδου αυτής είναι η χύτευση σε κενό . Στη μέθοδο αυτή , η άμμος συγκρατείται στο καλούπι με τη βοήθεια κενού . Τα δύο τμήματα του καλούπιού στη επικαλύπτονται με λεπτό στρώμα πλαστικού , ώστε να διατηρείται το κενό αυτό . Τα μοντέλα μέθοδο αυτή κατασκευάζονται , όπως και στις προηγούμενες μεθόδους .

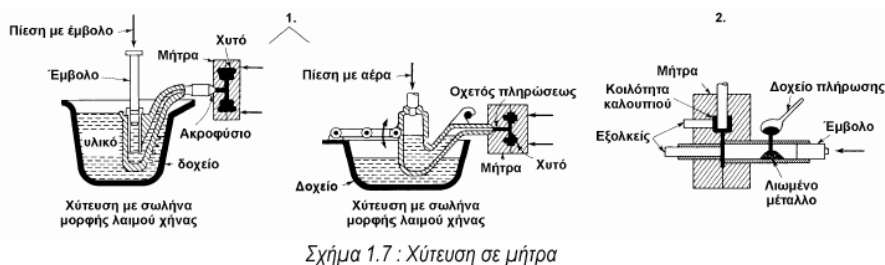
### 2.5.3 Χύτευση σε μήτρα

Η χύτευση σε μήτρα μοιάζει με τη χύτευση σε μόνιμο καλούπι και σε χαμηλή πίεση . Στη μέθοδο αυτή ασκείται πίεση στο λιωμένο μέταλλο που βρίσκεται σε ένα δοχείο , ώστε να γεμίσει ταχύτατα την κοιλότητα μίας μήτρας . Οι μήτρες αυτές κατασκευάζονται από χαλυβοκράματα ή ανθρακούχους χάλυβες , ανάλογα του υλικού που πρόκειται να χυτευθεί . Πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι:

- 1 η μεγάλη της παραγωγικότητα . Η παραγωγή μπορεί να φτάσει τα 1000 κομμάτια την ώρα, ανάλογα με το σχήμα και το μέγεθος του κομματιού που θα χυτευθεί,
- 2 μεγάλη διαστατική ακρίβεια και καλή ποιότητα επιφάνειας στα χυτά ,
- 3 χυτά με αυξημένη μηχανική αντοχή και
- 4 πολύ μικρή συρρίκνωση λόγω συστολής στο χυτό , που οφείλεται στην πίεση που ασκείται κατά τη χύτευση και τη στερεοποίηση .

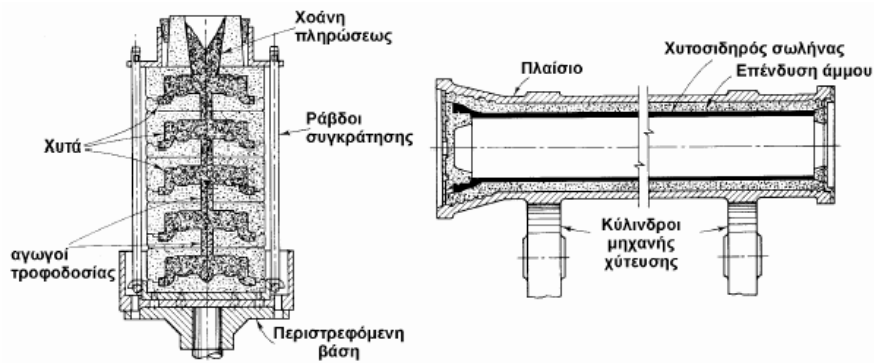
Η χύτευση σε μήτρα εμφανίζεται σε δύο βασικούς τύπους , στη χύτευση , όπου το λιωμένο μέταλλο βρίσκεται σε θερμό θάλαμο μέσα στη μηχανή χύτευσης (που λέγεται χυτόπρεσα), και στη χύτευση , όπου το λιωμένο μέταλλο λιώνει εκτός της μηχανής χύτευσης και τοποθετείται σε θάλαμο , όπου συμπιέζεται και οδηγείται στη μήτρα . Στο μέταλλο μεταφέρεται με δοχείο και χύνεται στο εσωτερικό ενός αγωγού . Στη συνέχεια , με τη βοήθεια εμβόλου , το λιωμένο μέταλλο συμπιέζεται και γεμίζει τη μήτρα . Η μέθοδος αυτή λέγεται και μέθοδος ψυχρού θαλάμου . Και στις δύο

προαναφερόμενες περιπτώσεις , το έτοιμο χυτό απομακρύνεται με κατάλληλους εξολκείς και η διαδικασία επαναλαμβάνεται



#### 2.5.4 Φυγοκεντρική χύτευση

Στη φυγοκεντρική χύτευση χύνεται , με σταθερή παροχή , λιωμένο μέταλλο σε ένα περιστρεφόμενο μεταλλικό καλούπι . Οι φυγόκεντρες δυνάμεις , που αναπτύσσονται με την περιστροφή , οδηγούν το λιωμένο μέταλλο στην εσωτερική επιφάνεια του καλουπιού . Με αυτή τη μέθοδο μπορούν να κατασκευασθούν χυτοσιδηροί σωλήνες μεγάλων διαμέτρων , κύλινδροι και γενικά τεμάχια συμμετρικά εκ περιστροφής . Πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι το χαμηλό κόστος , η καλή ποιότητα του χυτού και η οικονομία στο υλικό , μια και δε χρησιμοποιούνται αγωγοί πλήρωσεως , ενδιάμεσες αποθήκες κ.λπ .. Η οικονομία που γίνεται στο υλικό φθάνει το 40%. Στο σχήμα 1.8 φαίνονται , η κατακόρυφη και οριζόντια φυγοκεντρική χύτευση . Από την κατακόρυφη χύτευση του σχήματος προκύπτει μία δέσμη τροχών (ζάντες) , ενώ από την οριζόντια ένας χυτοσιδηρός σωλήνας.



Σχήμα 1.8 : Κατακόρυφη και οριζόντια φυγοκεντρική χύτευση

### 2.5.5 Χύτευση σφυρηλάτησης

Η χύτευση με σφυρηλάτηση είναι σχετικά νέα μέθοδος χύτευσης και πρωτοεμφανίστηκε στη δεκαετία του '60. Η μέθοδος αυτή μοιάζει με τη σφυρηλάτηση, επειδή χρησιμοποιείται μία μήτρα στην οποία μέσα χύνεται το λιωμένο μέταλλο, ένα έμβολο που διαμορφώνει το υλικό με πίεση (όπως στη σφυρηλάτηση) και ένας εξολκέας για να απομακρύνει το χυτό.

### 2.5.6 Συνεχής Χύτευση

Στη συνεχή χύτευση εισέρχεται λιωμένο μέταλλο από το ένα άκρο ενός καλουπιού, που είναι ανοιχτό και από τις δύο άκρες, ψύχεται απότομα και εξέρχεται στερεοποιημένο από το άλλο άκρο του καλουπιού, έχοντας μία συγκεκριμένη μορφή. Υλικά που χυτεύονται με αυτή τη διαδικασία είναι ο χαλκός, ο μπρούντζος, το αλουμίνιο και σε ειδικές περιπτώσεις χάλυβας, χυτοσίδηρος κλπ..

Μία τυπική διαδικασία συνεχούς χύτευσης φαίνεται στο σχήμα 1.9. Το υλικό χύνεται μέσα στο καλούπι ή σε μήτρα από ένα ενδιάμεσο φούρνο. Το πάνω μέρος του καλουπιού ψύχεται με ψεκάσμο νερού, ώστε το λιωμένο μέταλλο να ψύχεται και να στερεοποιείται γρήγορα. Το στερεό πλέον μέταλλο απομακρύνεται συνεχώς με τη βοήθεια περιστρεφόμενων κυλίνδρων και κόβεται στο μήκος που είναι επιθυμητό. Η διαδικασία ξεκινά με μια αρχική ράβδο στην οποία χύνεται το πρώτο μέταλλο



Σχήμα 1.9 : Συνεχής χύτευση

Η συνεχής χύτευση χρησιμοποιείται για παραγωγή τυποποιημένων ράβδων διαφόρων διατομών , είτε αυτές είναι κοίλες είτε γεμάτες . Οι διαστάσεις μπορούν να κυμαίνονται από μερικά mm σε διάμετρο , έως περίπου 250mm, ενώ το μήκος των ράβδων που παράγονται φθάνει τα 6m. Οι μήτρες ή τα καλούπια που χρησιμοποιούνται είναι κατασκευασμένα από χαλκό ή γραφίτη , είναι απλά στην κατασκευή τους και οικονομικά.

## 2.6 Κράματα Κασσιτέρου χαμηλών θερμοκρασιών για την χύτευση διαφόρων αντικειμένων

Η Βιομηχανία Alpha-Fry Technologies παράγει μια σημαντική σειρά κραμάτων υψηλής ποιότητας σε διάφορους συνδυασμούς μετάλλων Κασσιτέρου, Μολύβδου, Αντιμωνίου, Βισμούθιου, Χαλκού κ.α.

Πρώτες ύλες υψηλής ποιότητας και καθαρότητας και αποδεδειγμένες τεχνικές παραγωγής, παράγουν μια σειρά κραμάτων που εγγυούνται αξιόπιστα αποτελέσματα αναπαραγωγής των λεπτομερειών των καλουπιών με τη μεγαλύτερη ακρίβεια και



συνοχή. Σ' αυτή τη σειρά μετάλλων χύτευσης συμπεριλαμβάνονται και κράματα που λυώνουν σε σχετικά χαμηλές θερμοκρασίες, για τη χρήση σε λαστιχένια καλούπια.

## 2.7 ΕΠΙΛΟΓΗ ΤΟΥ ΣΩΣΤΟΥ ΚΡΑΜΑΤΟΣ

Υπάρχουν 4 κύριες ομάδες κραμάτων χύτευσης:

Pewter- Lead Free (Πιότερ χωρίς μόλυβδο)

Η ανώτερη σειρά κραμάτων χύτευσης λόγω της υψηλής περιεκτικότητας σε Κασσίτερο (92-97%) που πληρεί όλες τις προδιαγραφές κραμάτων χωρίς μόλυβδο. Τα κράματα αυτά περιέχουν επίσης λίγο αντιμόνιο και χαλκό. Το κράμα Tandem J30 χρησιμοποιείται ευρέως για χυτεύσεις υψηλής λεπτομέρειας όπου απαιτείται πατινάρισμα αντί για επιμετάλλωση ή βαφή. Για υψηλής ποιότητας σκεύη, για συλλεκτικά αγαλματίδια, για πόνια σκάκι, κοσμήματα κ.α. Θερμ. ζέσεως-τήξεως 225-240°C. Θερμ. χύτευσης 295-315°C. Το κράμα Marlow L/F 1 παρέχει καλή ρευστότητα και παράγει εξαιρετη λεπτομέρεια και καθαρές επιφάνειες χωρίς πόρους. Εξαιρετο για υψηλής ποιότητας κοσμήματα, χαρακτήρες, δοχεία αρωματοποιίας, ρολόγια, φωτογραφοθήκες, είδη δώρων, αγαλματίδια κ.α. Θερμ. ζέσεως-τήξεως 220-230°C. Θερμ. χύτευσης 300-315°C.

Tin Base (Με κύριο μέταλλο τον κασσίτερο)

Περιέχουν τουλάχιστον 80% κασσίτερο και συνήθως συμπεριλαμβάνουν αντιμόνιο και μόλυβδο και είναι ιδανικά για κοσμήματα, αγαλματίδια, φιγουρίνια, στρατιωτάκια κ.α. Το κράμα Tandem J75 (SnPb20) δίδει εξαιρετη ρευστότητα, καθοριστικότητα, ελάχιστη συστολή και χρησιμοποιείται σαν ένα από τα κύρια κράματα για κοσμήματα, αγαλματίδια κ.α. υψηλής ποιότητας. Θερμ. ζέσεως-τήξεως 185-270°C. Θερμ. χύτευσης 310-330°C.

Lead Rich (υψηλή περιεκτικότητα σε μόλυβδο)

Κράματα κατάλληλα για διάφορες απαιτήσεις χύτευσης και οικονομικότερα από τα προηγούμενα κράματα. Το κράμα Tandem KA SnPB42 (μόλυβδος 42%) είναι το πλέον χρησιμοποιούμενο κράμα για μοντελισμό, κοσμήματα, τρόπαια κ.α. με εξαιρετη επιφάνεια για επιμετάλλωση, βάνιμο και πατινάρισμα. Η χαμηλή του

θερμοκρασία αυξάνει τη διάρκεια ζωής των καλουπιών (183-185°C & θερμοκρασία χύτευσης 240-280°C).

Lead Base (Με κύριο μέταλλο το μόλυβδο)

Για κατασκευή πολύ φθηνών προϊόντων.

## 2.8 ΚΟΝΙΟΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ

Με τον όρο Κονιομεταλλουργία εννοούμε το σύνολο των τεχνικών , σύμφωνα με τις οποίες πραγματοποιείται η μορφοποίηση εξαρτημάτων , χρησιμοποιώντας σκόνες των πρώτων υλών , οι οποίες δε λιώνουν κατά τη διάρκεια της κατεργασίας . Η κονιομεταλλουργία αποτέλεσε , από αρχαιοτάτων χρόνων , βασική μέθοδο κατασκευής κεραμικών δοχείων , αμφορέων και άλλων αντικειμένων , ξεκινώντας από πηλό . Τα πρώτα βιομηχανικά προϊόντα κονιομεταλλουργίας κατασκευάστηκαν το 1829 από τον Wollaston, ο οποίος μορφοποίησε τα πρώτα χωνευτήρια πλατίνας για τη χημική βιομηχανία και βιοτεχνία, ξεκινώντας από σκόνη πλατίνας . Το υψηλό σημείο τήξεως της πλατίνας (1772°C) καθιστά δύσκολη και με υψηλές ενεργειακές απαιτήσεις (μεγάλη κατανάλωση ενέργειας για τη θέρμανση και τήξη της σκόνης ) τη διαμόρφωση προϊόντων πλατίνας με χύτευση .

Τα πιο συνήθη , στη βιομηχανική πρακτική , στάδια της Κονιομεταλλουργίας είναι τα ακόλουθα :

- (1) Παραγωγή κόνεων των πρώτων υλών , κατάλληλου μεγέθους και σχήματος .
- (2) Ανάμειξη κόνεων των συστατικών του προς μορφοποίηση εξαρτήματος .
- (3) Συμπύεση του μείγματος κόνεων , είτε εν ψυχρώ είτε εν θερμώ , οδηγεί στη δημιουργία πορώδους συμπιέσματος
- (4) Πυροσυσσωμάτωση , δηλαδή έψηση του πορώδους συμπιέσματος σε θερμοκρασία κατώτερη του σημείου τήξεως του πιο δύστηκτου συστατικού.

### **2.8.1 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της Κονιομεταλλουργίας**

Η Κονιομεταλλουργία παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα :

1. Εφαρμόζεται στην περίπτωση μορφοποίησης δύστηκτων υλικών (μετάλλων και κεραμικών), επειδή δεν απαιτείται τήξη των συστατικών της σκόνης.
2. Είναι η πλέον κατάλληλη για την μορφοποίηση υλικών που διασπώνται ή οξειδώνονται με την τήξη τους (καρβίδια, νιτρίδια).
3. Δεν υπάρχει κίνδυνος διάλυσης αερίων ή εισαγωγής ακαθαρσιών, όπως συμβαίνει στη χύτευση.
4. Δεν καταναλώνονται μεγάλα ποσά ενέργειας, διότι δεν απαιτείται τήξη του υλικού.
5. Τα εξαρτήματα Κονιομεταλλουργίας διαμορφώνονται στην τελική τους γεωμετρία, χωρίς μεγάλες μεταβολές όγκου, όπως π.χ. η συρρίκνωση που παρατηρείται στα χυτά.
6. Η ποιότητα της επιφάνειας είναι ικανοποιητική και δεν απαιτείται, τις περισσότερες φορές, κατεργασία αποπεράτωσης (π.χ. λείανση).

Εμφανίζει επίσης τα ακόλουθα μειονεκτήματα :

- ο Λόγω των υψηλών πιέσεων που εφαρμόζονται (ιδίως στην περίπτωση μορφοποίησης κεραμικών) απαιτούνται υψηλής αντοχής καλούπια και έμβολα μορφοποίησης.
- ο Η πυροσυσσωμάτωση μπορεί να είναι χρονοβόρος διαδικασία (μπορεί να διαρκέσει ίσως και αρκετές ώρες).
- ο Στα προϊόντα της Κονιομεταλλουργίας υπάρχει πάντοτε ένα μικρό ποσοστό πορώδους με αρνητικά αποτελέσματα στη συνολική αντοχή του υλικού.

### **2.8.2 Εφαρμογές Κονιομεταλλουργίας**

Οι κατεργασίες της Κονιομεταλλουργίας εφαρμόζονται για την κατασκευή βιομηχανικών εξαρτημάτων όπως :

1. Κεραμικών υλικών, κυρίως κοπτικών εργαλείων από καρβίδια, αλλά και άλλων στοιχείων μηχανών, όπως π.χ. τριβέων, εδράνων, οδοντωτών τροχών κ.λπ. .
2. Πορώδων υλικών, όπως π.χ. φίλτρων.
3. Αυτολιπαινόμενων εδράνων με συγκεκριμένο πορώδες.
4. Νημάτων και αντιστάσεων από δύστηκτα και πυρίμαχα μέταλλα, όπως π.χ. βολφραμίου, τανταλίου, μολυβδαινίου, νιοβίου κ.λπ. .

5.Εξαρτημάτων πολύπλοκης γεωμετρίας , των οποίων η κατασκευή με συμβατικές κατεργασίες θα ήταν ασύμφορη και χρονοβόρος .

## **2.9 Χυτοσίδηρος**

Ο χυτοσίδηρος (κοινώς *μαντέμι*) είναι κράμα σιδήρου με άνθρακα σε περιεκτικότητα μεγαλύτερη από 2,1% κατά βάρος. Στην πραγματικότητα με τον όρο «χυτοσίδηρος» εννοείται μία οικογένεια κραμάτων τα οποία εκτός από άνθρακα, μπορεί να περιέχουν και άλλα στοιχεία όπως πυρίτιο, κ.λπ. Οι χυτοσίδηροι είναι εύθραυστοι σε σύγκριση με τον χάλυβα, αλλά παρουσιάζουν πιο καλή αντίσταση στην τριβή και την διάβρωση.

### **2.9.1 Παραγωγή**

Ο πρωτογενής χυτοσίδηρος παράγεται με αναγωγή σιδηρομεταλλευμάτων σε υψικάμινο και χύνεται στην μορφή μικρών πλινθωμάτων, που αποκαλούνται «χελώνες» (αγγλ., pig iron). Με την ανάτηξη πρωτογενούς χυτοσιδήρου και την προσθήκη κραματικών στοιχείων παράγονται διάφορες ποιότητες χυτοσιδήρου που προορίζονται για διαφορετικές χρήσεις. Οι δευτερογενείς χυτοσίδηροι διακρίνονται συνήθως σε φαιούς (γκρίζους) και λευκούς, ανάλογα με το χρώμα που παρουσιάζουν οι επιφάνειες θραύσης τους και ανάλογα με την μορφή του άνθρακα που περιέχουν.



Υψικάμινος της Bethlehem Steel στις ΗΠΑ. Στις υψικάμινους παράγεται χυτοσίδηρος με την αναγωγή σιδηρομεταλλευμάτων.

### 2.9.2 Ιδιότητες

Η περιεκτικότητα του χυτοσιδήρου σε άνθρακα μπορεί να φτάσει και το 6,67% (σημείο δημιουργίας καθαρού σεμεντίτη:  $\text{Fe}_3\text{C}$ ), αλλά σπανίως ξεπερνά το 4,3% (ευτηκτικό σημείο του διαγράμματος φάσεων  $\text{Fe-C}$ ). Εκτός από άνθρακα, οι κοινοί χυτοσίδηροι περιέχουν πυρίτιο (1–3%) και μαγγάνιο (~0,5%), ενώ υπάρχουν και ισχυρά κραματωμένοι χυτοσίδηροι με υψηλή περιεκτικότητα σε νικέλιο (4–20%) και χρώμιο (~3%).

Γενικά, οι χυτοσίδηροι παρουσιάζουν τα εξής χαρακτηριστικά:

- χαμηλό κόστος παραγωγής,
- χαμηλό σημείο τήξης (1140–1200°C),
- ευκολία χύτευσης σε συγκεκριμένες διαστάσεις,
- ευκολία μηχανουργικής κατεργασίας,
- σχετικά καλή αντίσταση στην μηχανική φθορά και την διάβρωση,
- υψηλή ικανότητα απορρόφησης κραδασμών, και
- σχετικά καλή μηχανική αντοχή (108–340 MPa).

### 2.9.3 Φαίος χυτοσίδηρος

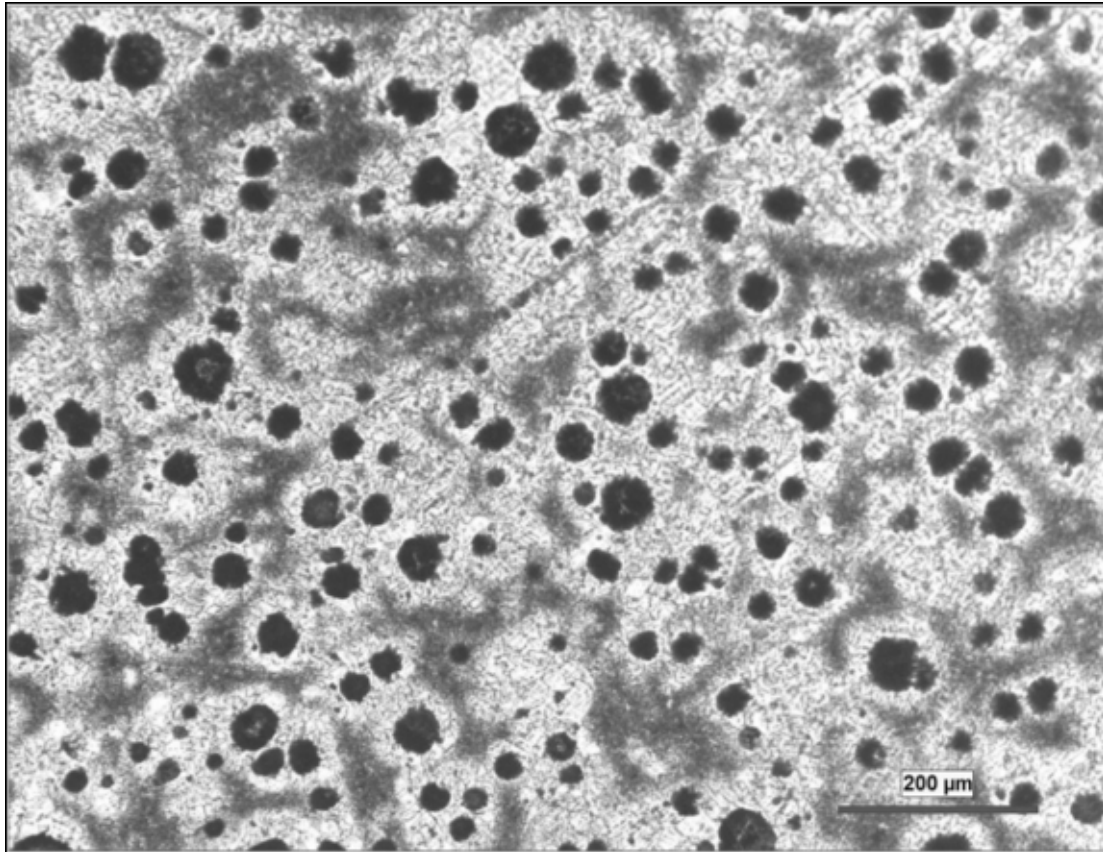
Ο φαίος ή γκρίζος χυτοσίδηρος (αγγλ., grey cast iron) παράγεται με την ανάτηξη πρωτογενούς χυτοσιδήρου, την προσθήκη πυριτίου και την αργή ψύξη του τήγματος. Η προσθήκη πυριτίου και η αργή ψύξη του τήγματος ευνοούν τον σχηματισμό γραφίτη, που είναι και η πλέον σταθερή φάση στο διάγραμμα Fe–C. Ένα άλλο κραματικό στοιχείο που ευνοεί τον σχηματισμό γραφίτη είναι το δημήτριο. Ο γραφίτης παίρνει την μορφή φύλλων μεταξύ των κόκκων του ευτηκτοειδούς περλίτη (εναλλασσόμενα φύλλα ή «λαμέλες» φερρίτη ( $\alpha$ -Fe) – σεμεντίτη ( $\text{Fe}_3\text{C}$ )). Επιπλέον, το πυρίτιο και ο φώσφορος ταπεινώνουν το σημείο τήξης του χυτοσιδήρου και γι' αυτό συνυπολογίζονται στο λεγόμενο περιεχόμενο ισοδύναμου άνθρακα. Ο γραφίτης κάνει τον χυτοσίδηρο πιο εύθραυστο, αλλά ταυτοχρόνως αυξάνει την ευκολία μηχανικής κατεργασίας (δρα ως λιπαντικό), την αντίσταση στην διάβρωση και την ικανότητα απορρόφησης κραδασμών. Οι φαιοί χυτοσίδηροι παρουσιάζουν επίσης υψηλή θερμική αγωγιμότητα και γι' αυτό χρησιμοποιούνται για την κατασκευή σκευών κουζίνας και φρένων.



Ο φαίος χυτοσίδηρος αποτελεί ιδανικό υλικό για μερικά μαγειρικά σκεύη σαν την ρηγή κατσαρόλα της φωτογραφίας (διάμ. 26 cm).

#### 2.9.4 Όλκιμος χυτοσίδηρος

Μια ειδική κατηγορία φαιού χυτοσιδήρου είναι ο όλκιμος χυτοσίδηρος ή χυτοσίδηρος σφαιροειδούς γραφίτη (αγγλ. ductile cast iron ή nodular iron), ο οποίος παράγεται με την προσθήκη μαγνησίου (στην μορφή σιδηρομαγνησίου) σε τήγμα πρωτογενούς χυτοσιδήρου. Το μαγνήσιο εμποδίζει την ανάπτυξη των φύλλων γραφίτη ο οποίος με την παρουσία του μαγνησίου σχηματίζει σφαιρίδια. Ο σφαιροειδής γραφίτης προσδίδει στον χυτοσίδηρο πιο υψηλή μηχανική αντοχή (> 400 MPa) και πιο υψηλή αντοχή στην διάβρωση. Γι' αυτό οι όλκιμοι χυτοσίδηροι χρησιμοποιούνται σε ένα μεγάλο φάσμα εφαρμογών: σωληνώσεις αποχετεύσεων, εξαρτήματα μηχανών, εξαρτήματα ανεμογεννητριών, κ.λπ. Ήνας τυπικός όλκιμος χυτοσίδηρος περιέχει περίπου 3,3% C, 2,5% Si, 0,3% Mn και 0,03–0,05% Mg. Εκτός από τους απλούς όλκιμους χυτοσιδήρους, υπάρχουν και οι κραματωμένοι όλκιμοι χυτοσίδηροι, που περιέχουν υψηλά ποσοστά άλλων κραματικών στοιχείων όπως Ni, Cr, κ.ά.. Οι κραματωμένοι όλκιμοι χυτοσίδηροι υπόκεινται σε θερμική κατεργασία και διακρίνονται ανάλογα με την κύρια φάση τους (ωστενιτικοί, μπαινιτικοί, κ.λπ.). Ορισμένοι κραματωμένοι όλκιμοι χυτοσίδηροι παρουσιάζουν πολύ αντοχή που φτάνει και τα 1600 MPa (π.χ. ωστενιτικός όλκιμος χυτοσίδηρος ASTM A897 Grade 1600/1300/-).



Ο όλκιμος χυτοσίδηρος παρουσιάζει χαρακτηριστική μικροδομή με τον γραφίτη να σχηματίζει σφαιροειδείς κόκκους

### 2.9.5 Λευκοί χυτοσίδηροι

Ο λευκός χυτοσίδηρος (αγγλ., white cast iron) παράγεται με την ανάτηξη πρωτογενούς χυτοσιδήρου και την γρήγορη ψύξη του τήγματος. Η ταχεία ψύξη του τήγματος προκαλεί τον σχηματισμό μετασταθούς σεμεντίτη ( $Fe_3C$ ) στα όρια των κόκκων περλίτη. Η προσθήκη χρωμίου ευνοεί επίσης τον σχηματισμό μετασταθούς σεμεντίτη. Ο σεμεντίτης, που είναι λευκός, σπάζει εύκολα και γι' αυτό ο λευκός χυτοσίδηρος είναι πολύ ψαθυρός. Ωστόσο, εξαιτίας του σεμεντίτη, ο λευκός χυτοσίδηρος είναι πιο σκληρός σε σύγκριση με τον φαιό χυτοσίδηρο. Ο λευκός χυτοσίδηρος χρησιμοποιείται σε εφαρμογές που απαιτούν φθινό και σκληρό υλικό, όπως π.χ. στην κατασκευή εξαρτημάτων για αντλίες, στην κατασκευή σφαιρών για σφαιρόμυλους λειοτρίβησης υλικών, κ.λπ. Λευκοί χυτοσίδηροι κραματωμένοι με χρώμιο χρησιμοποιούνται για την χύτευση αντικειμένων πολύ μεγάλων διαστάσεων, όπως π.χ. γιγαντιαίες προπέλες βάρους 10 τόνων.



Η ταχεία ψύξη τήγματος πρωτογενούς χυτοσιδήρου είναι δύσκολη όταν το καλούπι έχει μεγάλες διαστάσεις. Έτσι, συμβαίνει ορισμένα αντικείμενα φτιαγμένα από χυτοσίδηρο να έχουν σκληρή επιφάνεια από λευκό χυτοσίδηρο και εσωτερικό από πιο μαλακό φαιό χυτοσίδηρο.

### 2.9.6 Ελατός ή μαλακτός χυτοσίδηρος

Μια ειδική κατηγορία λευκού χυτοσιδήρου είναι ο **ελατός ή μαλακτός χυτοσίδηρος** (αγγλ., malleable iron), ο οποίος παράγεται με ανόπτηση κοινού λευκού χυτοσιδήρου στους 900°C. Κατά την διάρκεια της ανόπτησης, ο σεμεντίτης διασπάται σε γραφίτη, που σχηματίζει σφαιρίδια. Σε σύγκριση με τους όλκιμους χυτοσιδήρους, τα σφαιρίδια γραφίτη στον ελατό χυτοσίδηρο είναι πιο μικρά και πιο διάσπαρτα. Ο ελατός χυτοσίδηρος βρίσκει εφαρμογές στην παραγωγή μικρών χυτών αντικειμένων.

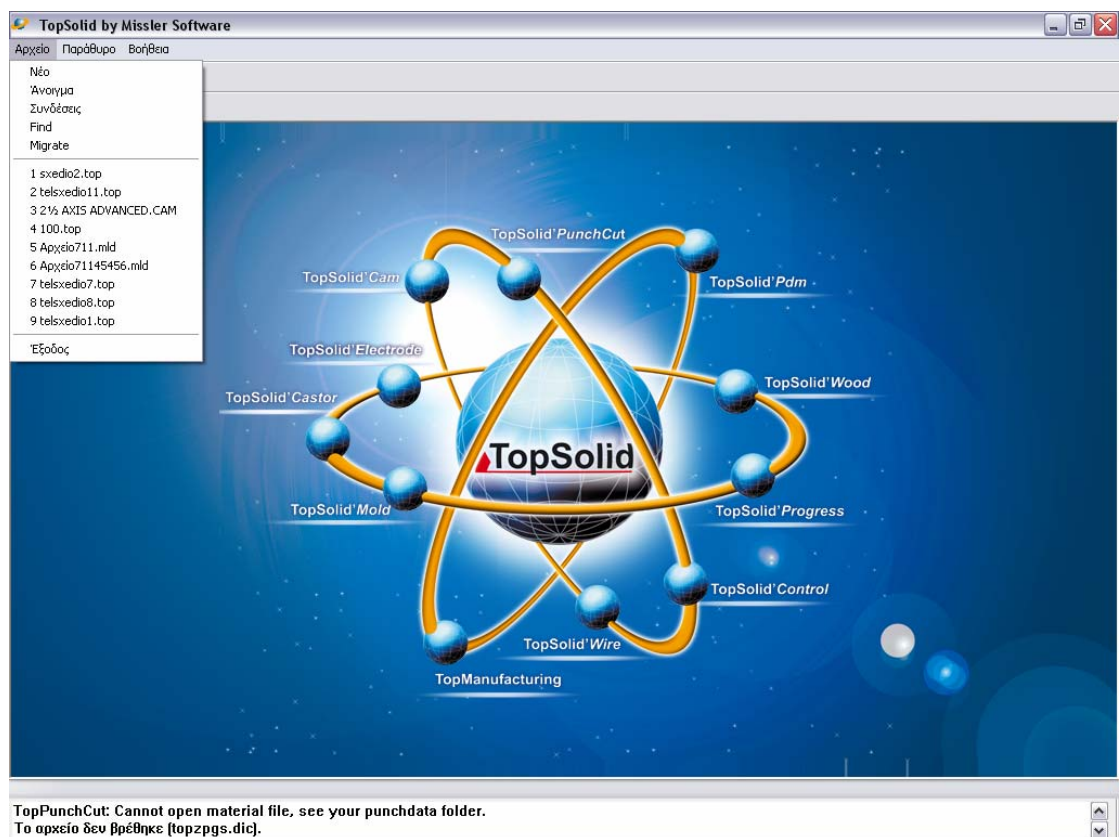


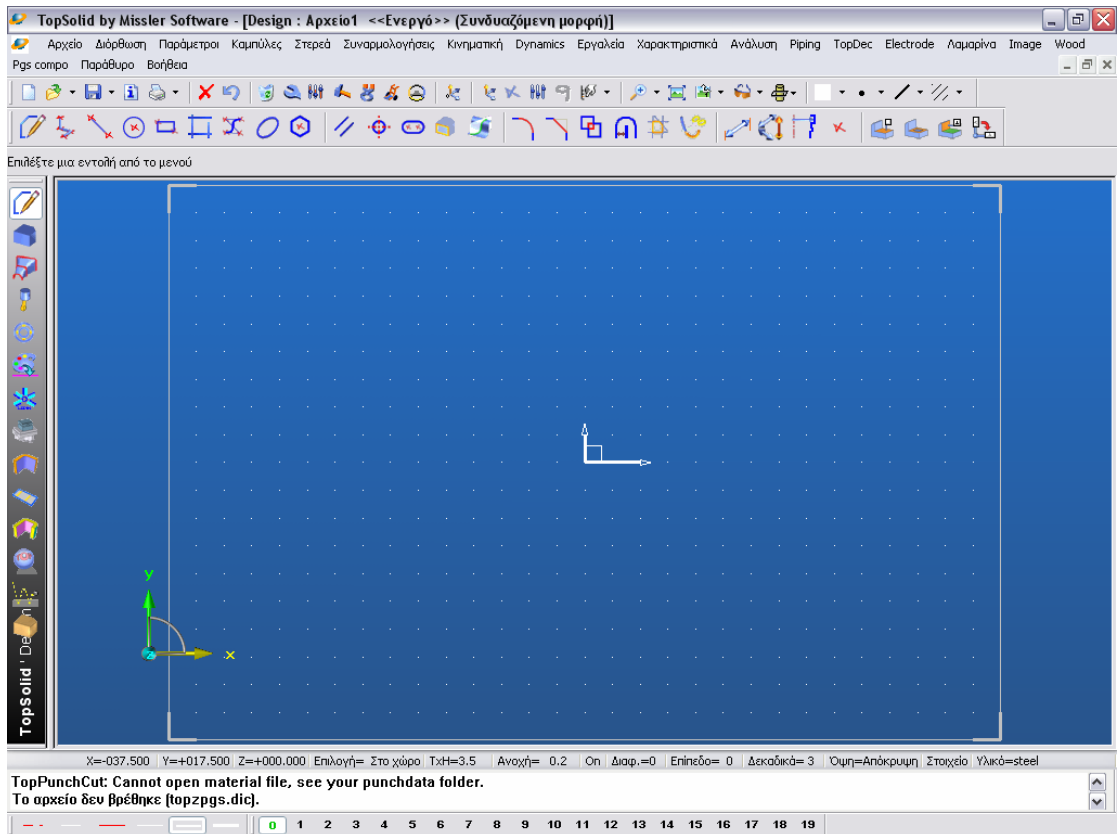
Παλιό θερμαντικό σώμα («καλοριφέρ») φτιαγμένο από χυτοσίδηρο («μαντέμι»).

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

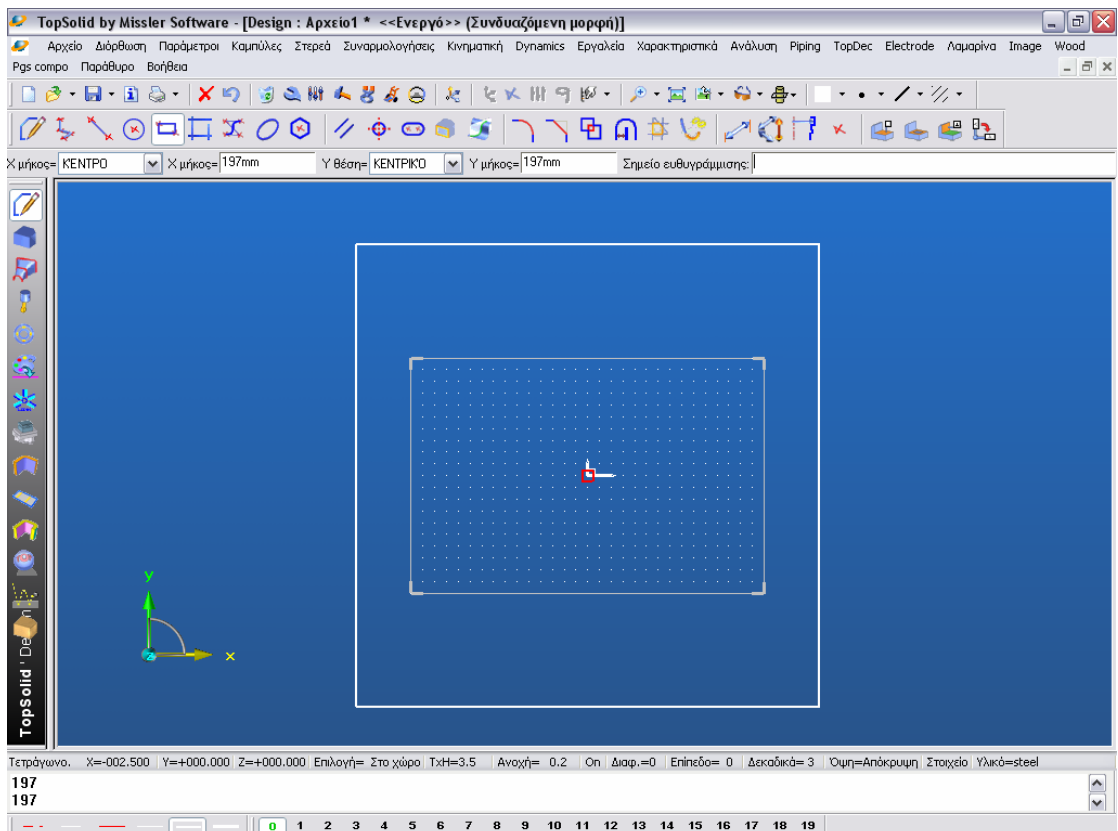
### 3.1 Τρισδιάστατη Σχεδίαση εδράνου ολίσθησης 3D CAD στο Top Solid Design.

1. Ανοίγουμε το πρόγραμμα και επιλέγουμε αρχείο → Νέο → Design χωρίς πρότυπο OK → Τύπος σχεδιασμού συνδυαζόμενη μορφή μονάδες χιλιοστά OK. Με αυτόν τον τρόπο βρισκόμαστε στην επιφάνεια του προγράμματος και μπορούμε να σχεδιάσουμε.

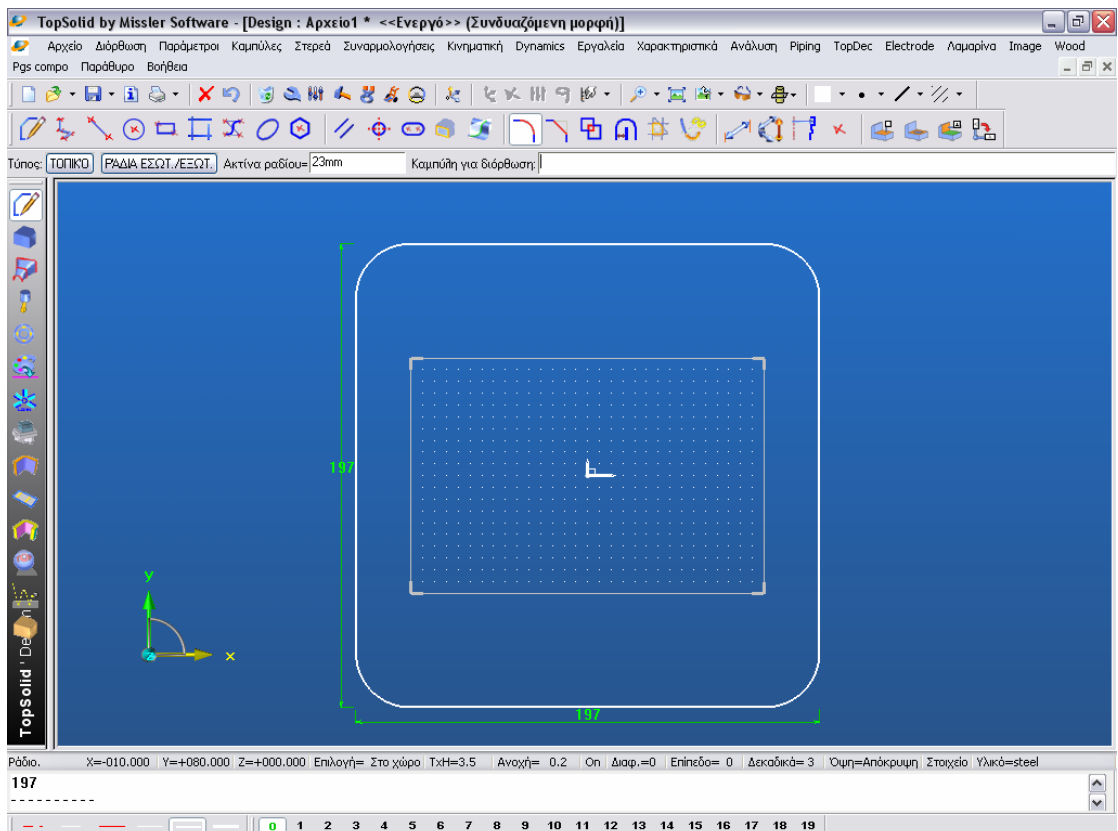
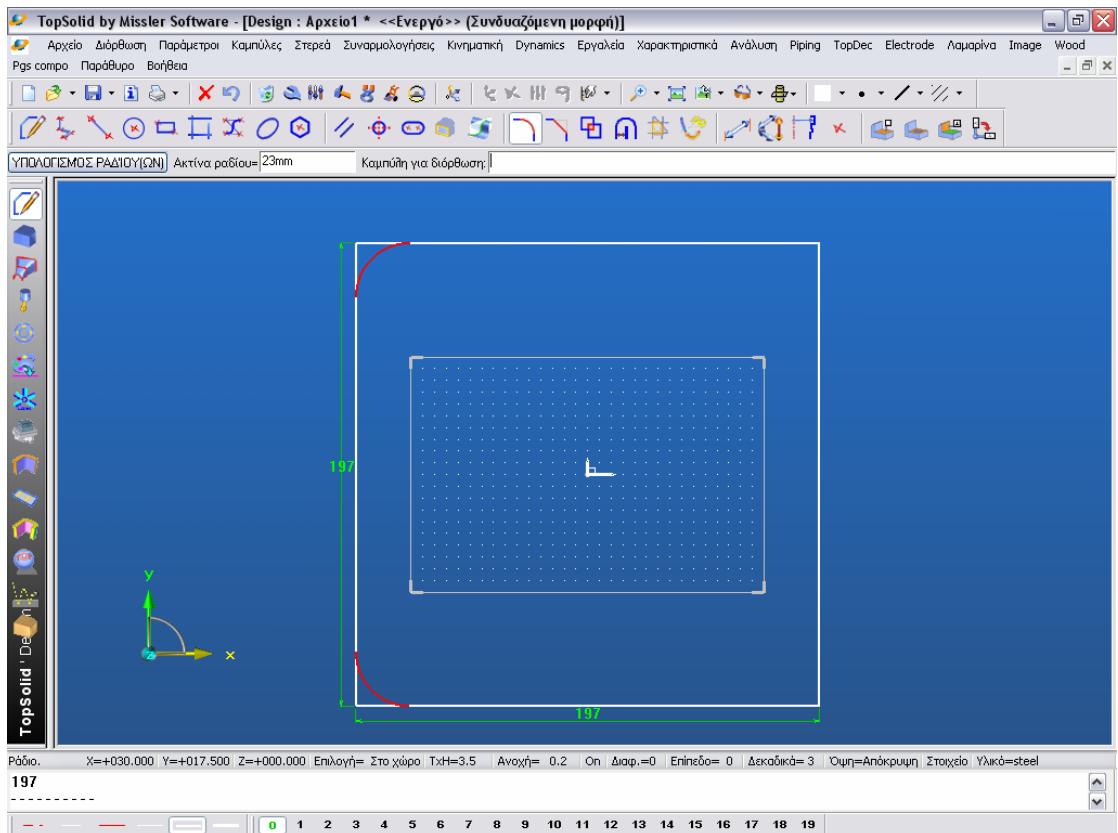




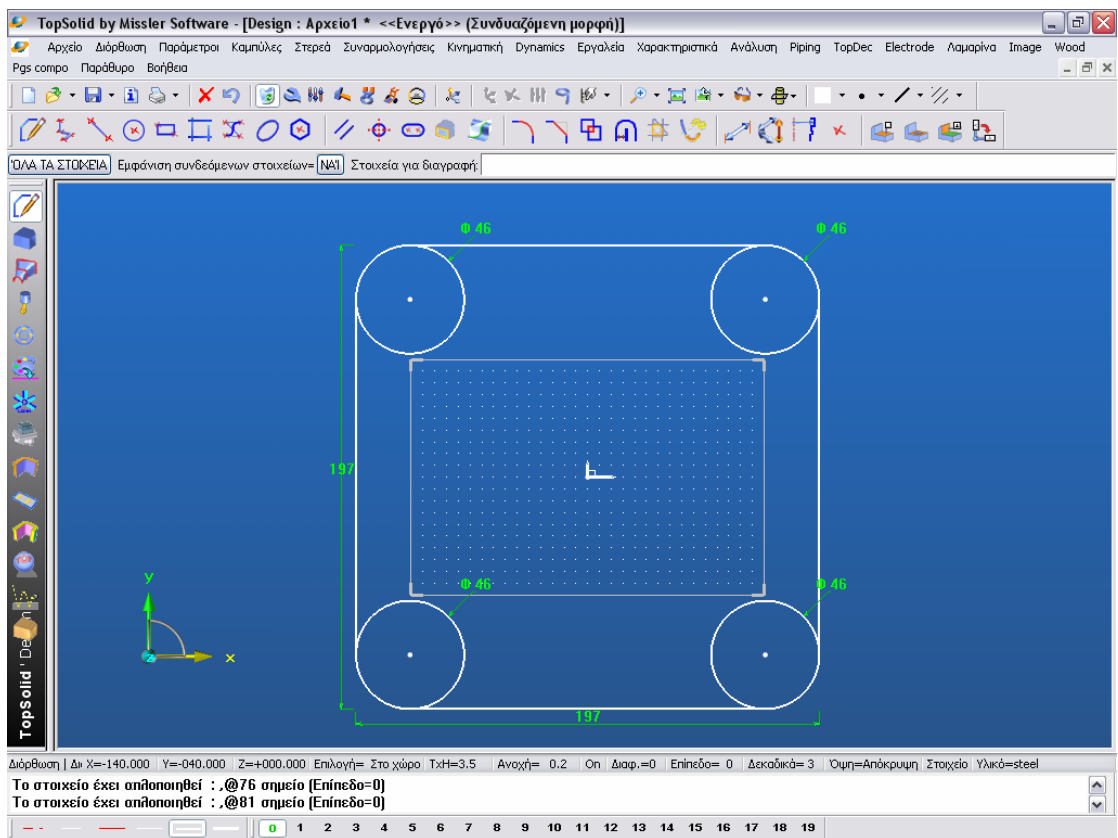
2. Επιλέγουμε τετράγωνο → x μήκος 197 enter ψ μήκος 197 enter και το τοποθετούμε στο κέντρο του συστήματος συντεταγμένων.



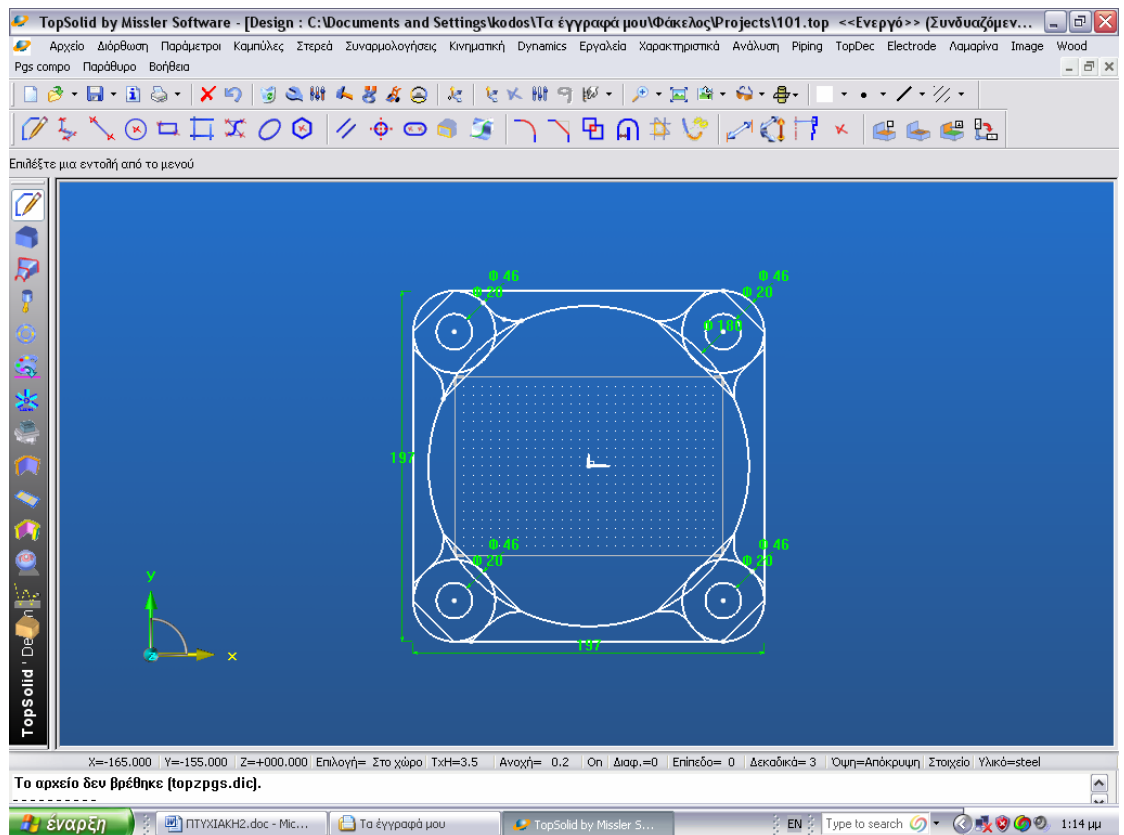
3. Ράδιο → ακτίνα ραδίου 23 mm καμπύλη για διόρθωση και επιλέγουμε όλες τις πλευρές για να δημιουργήσουμε τις καμπύλες.



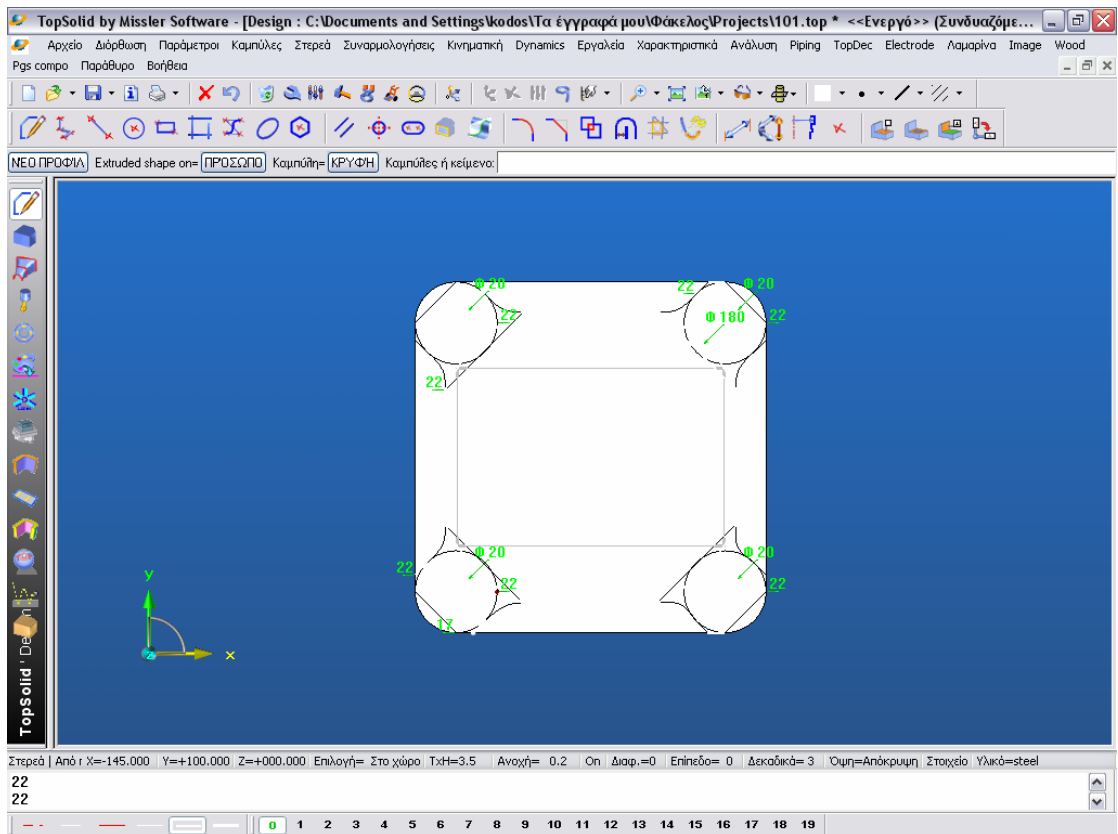
4. Δημιουργούμε ένα βοηθητικό τετράγωνο επιλέγοντας τετράγωνο  $\rightarrow$  x μήκος 151 enter ψ μήκος 151 enter κ το τοποθετούμε στο κέντρο του συστήματος συντεταγμένων. Στις γωνίες του τετραγώνου τοποθετούμε 4 κύκλους. Δημιουργία κύκλου  $\rightarrow$  διάμετρος 46 και στην συνέχεια σβήνουμε το βοηθητικό τετράγωνο που δημιουργήσαμε επιλέγοντας διόρθωση  $\rightarrow$  διαγραφή και επιλέγουμε το στοιχείο που θέλουμε να διαγράψουμε.



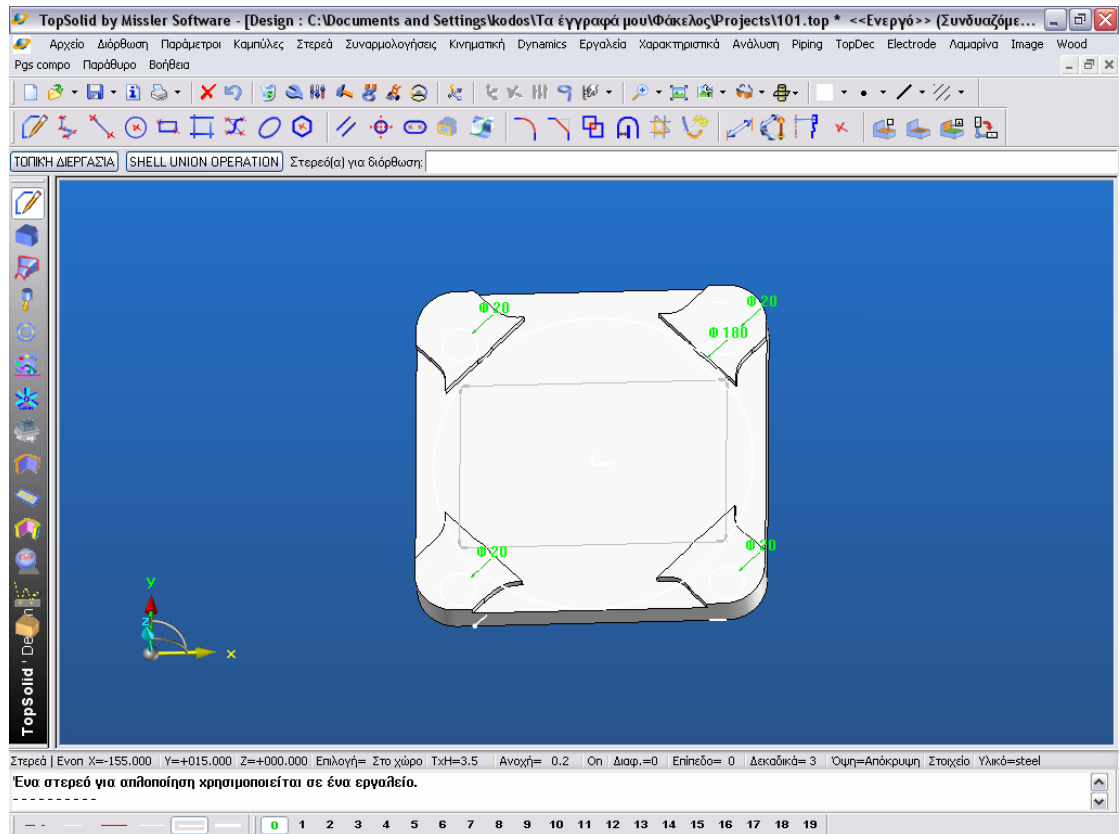
5. Με την βοήθεια της εντολής γραμμή, δημιουργίας κύκλου και δημιουργία offset προφίλ δημιουργήσαμε βοηθητικά στοιχεία , για να σχεδιάσουμε τις καμπύλες στις 4 πλευρές του εδράνου. Με την εντολή Συγχώνευση θα επιλέξουμε όλα όσα σχεδιάσαμε για το κάτω μέρος του εδράνου και στην συνέχεια θα του δώσουμε όγκο ώστε να σχεδιαστεί σε τρισδιάστατη μορφή 3d.



6. Επιλέγουμε την εντολή στερεά → από προέκταση και δίνουμε ύψος 17 mm στο τετράγωνο που έχουμε σχεδιάσει και έχουμε δείξει τον τρόπο στην παραπάνω εντολή(βλέπε 2) .Με τον ίδιο τρόπο συνεχίζουμε και στα υπόλοιπα στοιχεία που έχουμε σχεδιάσει.

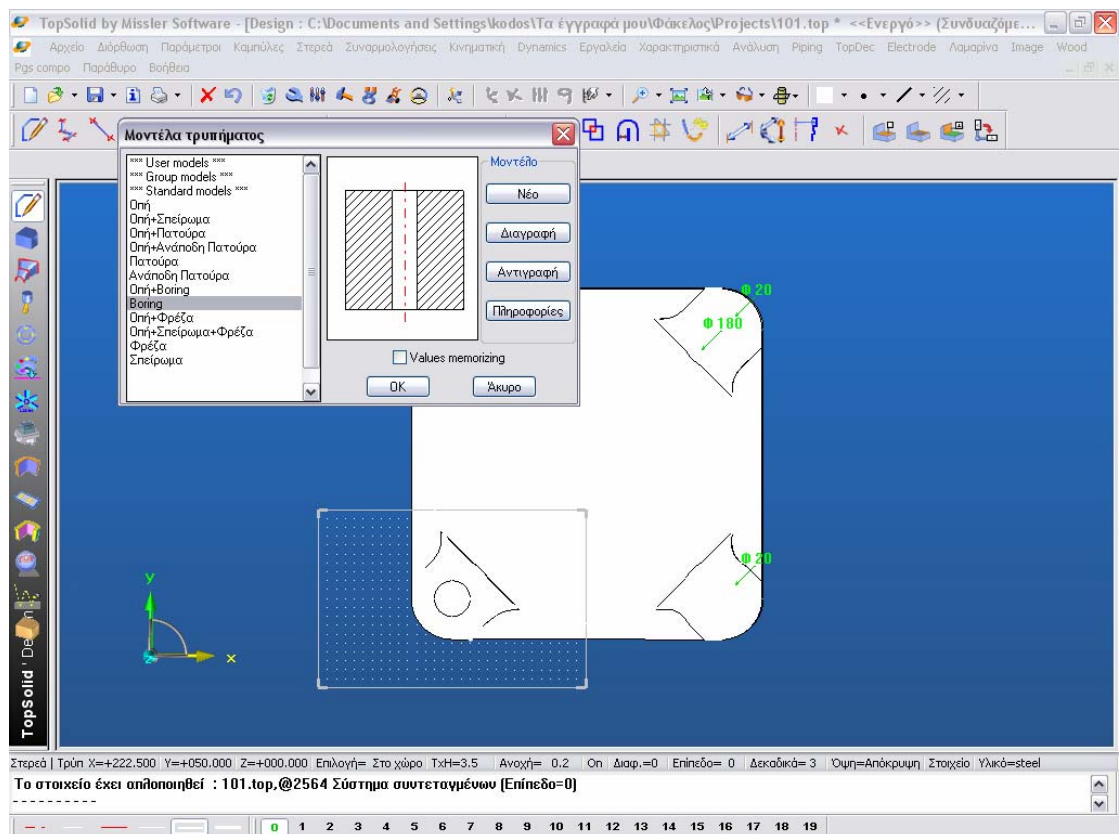


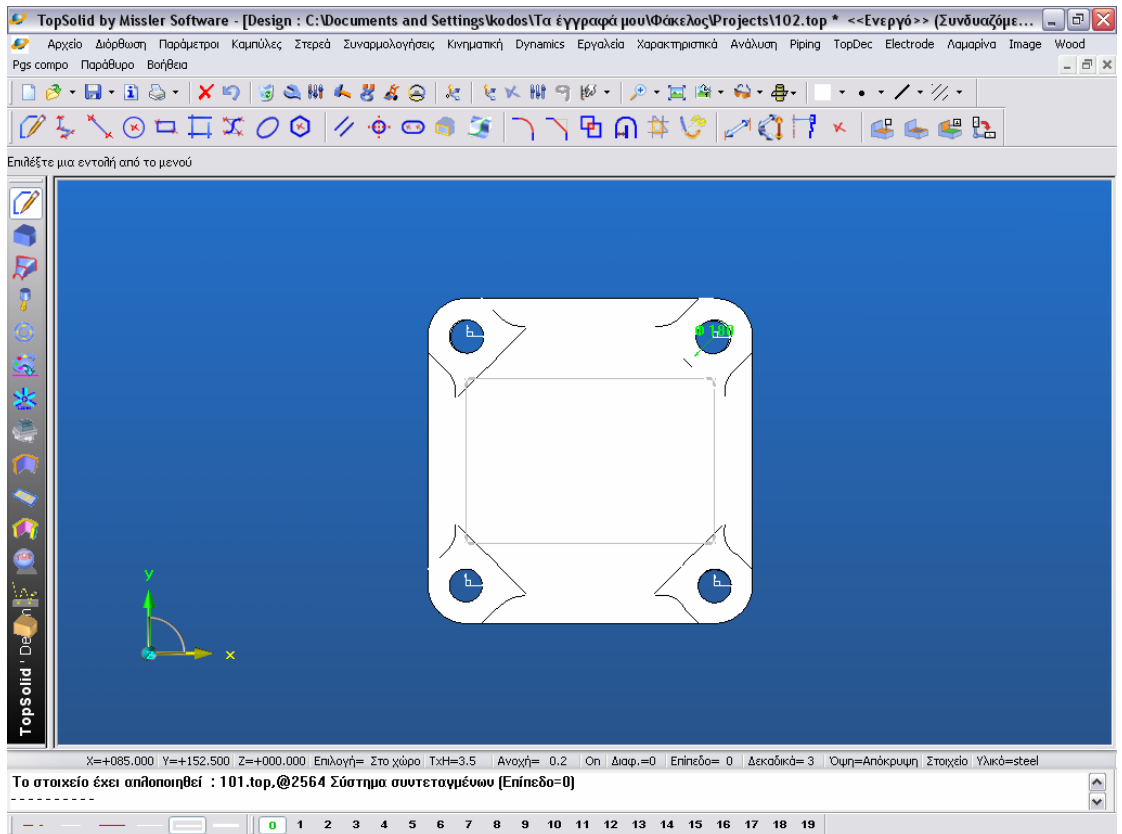
7. Επιλέγουμε Στερεά → Ενοποίηση και με τον κέρσορα επιλέγουμε τα κομμάτια που έχουμε σχεδιάσει και με ένα κλικ τα ενοποιούμε ώστε να μην είναι διαφορετικά κομμάτια.





8. Στις τέσσερις γωνίες του τετραγώνου θα μεταφέρουμε το σύστημα συντεταγμένων για να δημιουργήσουμε 4 οπές .Επιλέγουμε Εργαλεία → σύστημα συντεταγμένων και κάνουμε κλικ στο σημείο που θέλουμε να το μεταφέρουμε → και κάνουμε κλικ στο θέση ως ενεργό .Στην συνέχεια επιλέγουμε Στέρια → τρύπημα → πρόσωπο για τρύπημα θα επιλέξουμε το κέντρο του συστήματος συντεταγμένων → μοντέλα τρυπήματος Boring ok → Boring διαμετρής διάμετρος 20 mm[H7] ok.Με τον ίδιο τρόπο δημιουργούμε και τις υπόλοιπες 3 οπές. Πλέον έχουμε δημιουργήσει το κάτω μέρος του εδράνου.

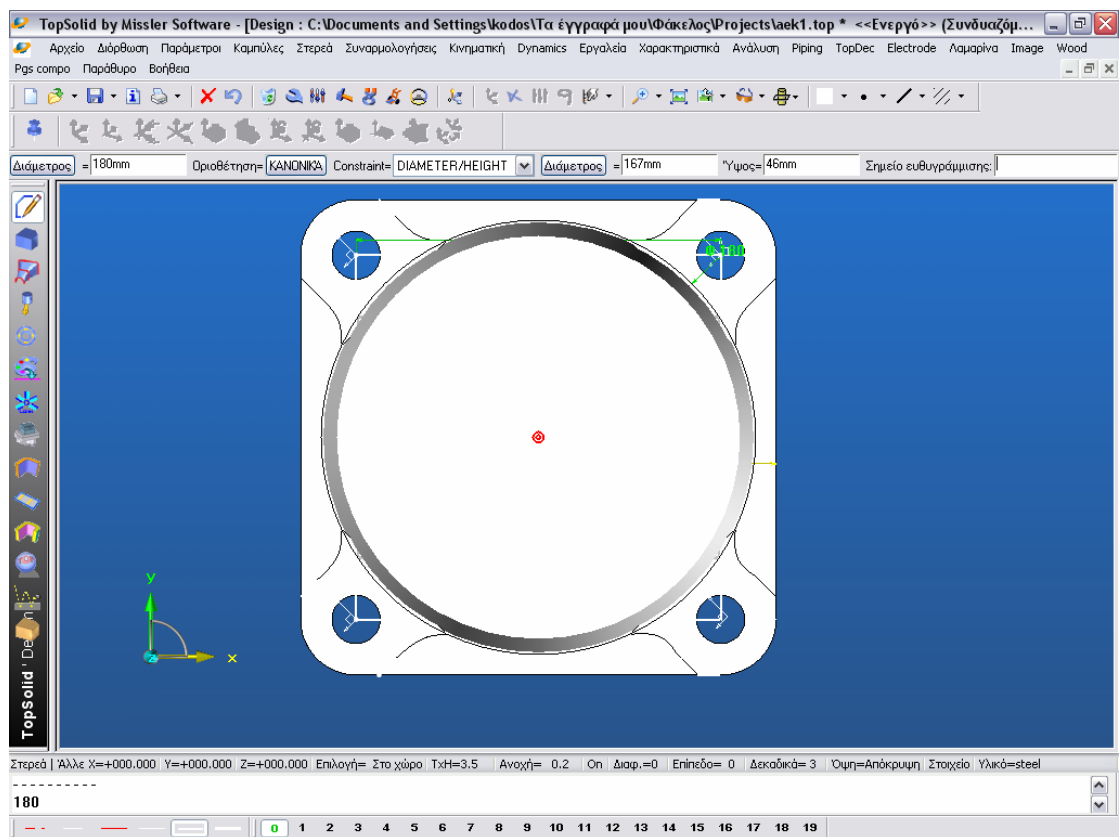




9. Αρχείο → αποθήκευση ως → όνομα αρχείου sxedio1 OK .

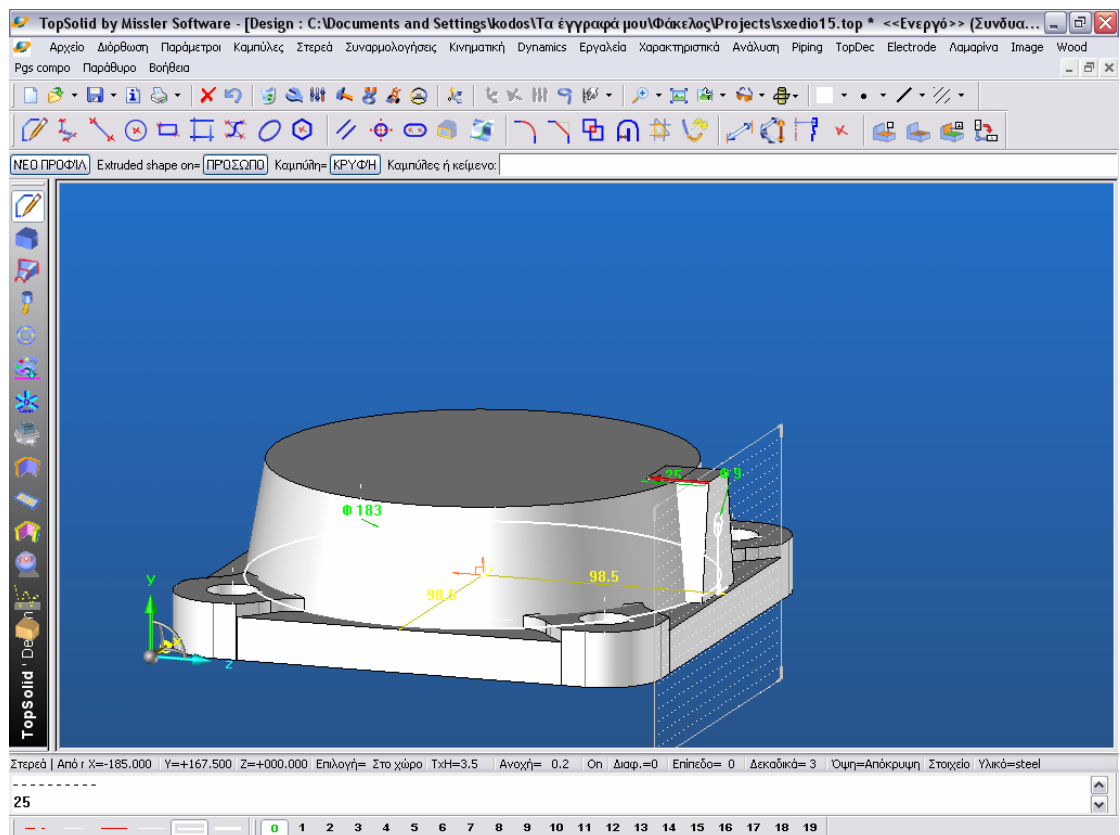
10. Μεταφέρουμε το σύστημα συντεταγμένων στο κέντρο του κομματιού μας αλλά σε νέα θέση . Εργαλεία → σύστημα συντεταγμένων και επιλέγουμε το κέντρο του κομματιού → κλικ θέση ως ενεργό .

11. Στερεά → Άλλες μορφές → κώνος → διάμετρος 180 mm enter → επιλέγουμε Z+ → διάμετρος 180 mm ,οριοθέτηση κανονικά , constraint Diameter/ Height , διάμετρος 167 mm ύψος 46 mm . Το κομμάτι που σχεδιάσαμε θα το τοποθετήσουμε στο κέντρο του συστήματος συντεταγμένων .

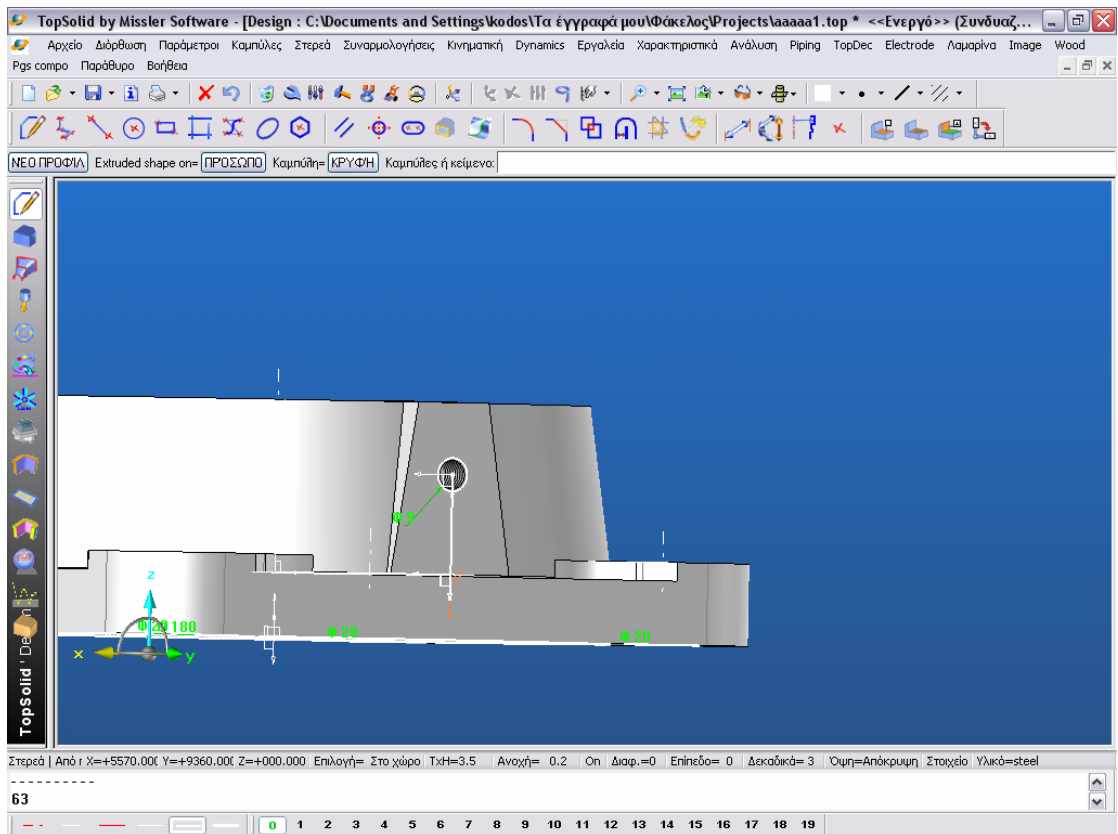


Έχουμε τοποθετήσει το πάνω μέρος του εδράνου και στην συνέχεια θα σχεδιάσουμε τα άλλα μέρη που βρίσκονται σε αυτό.

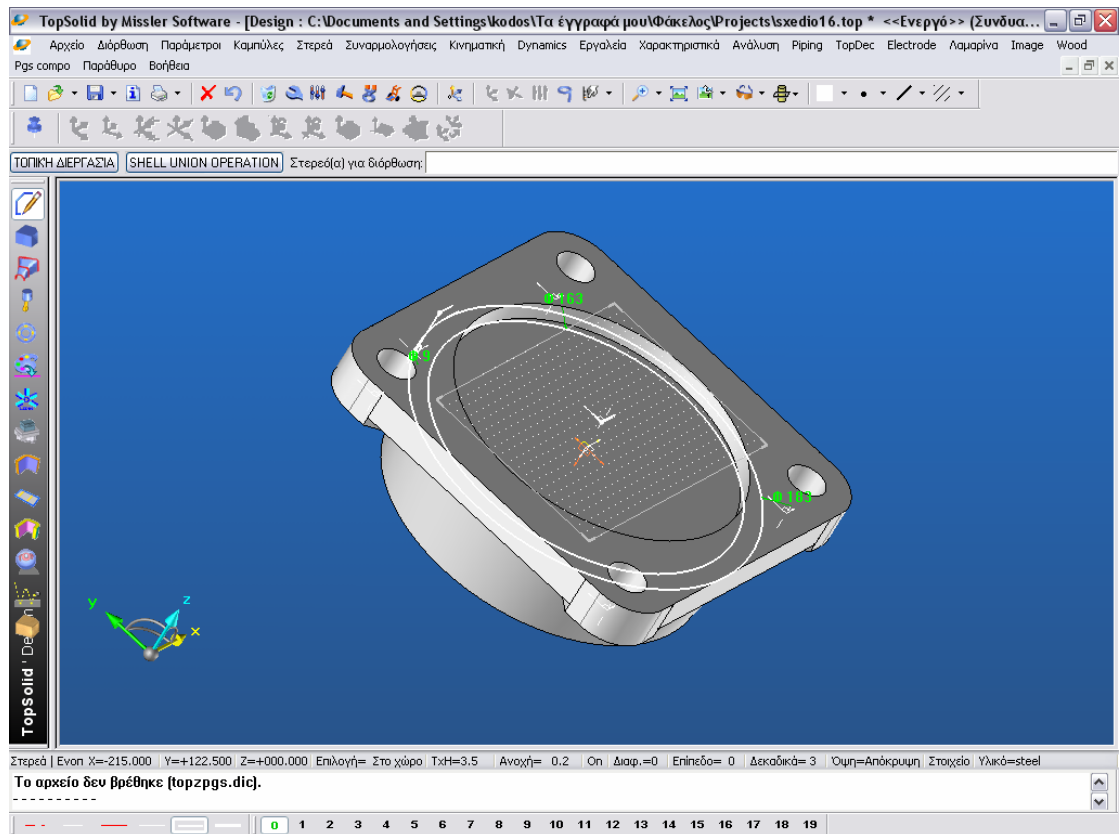
12. Δημιουργούμε μια βοηθητική γραμμή ώστε να μεταφέρουμε ακριβώς το σύστημα συντεταγμένων στο σημείο που θέλουμε και εκεί σχεδιάζουμε με την βοήθεια των εντολών Γραμμή , Δημιουργία offset προφίλ και Δημιουργία κύκλου σχεδιάζουμε το κομμάτι στο πλαϊνό μέρος του εδράνου και την οπή με το σπείρωμα. Με την εντολή συγχώνευση επιλέγουμε τις γραμμές που σχεδιάσαμε και με την εντολή Στερεά → από προέκταση δίνουμε τον όγκο που χρειάζεται .



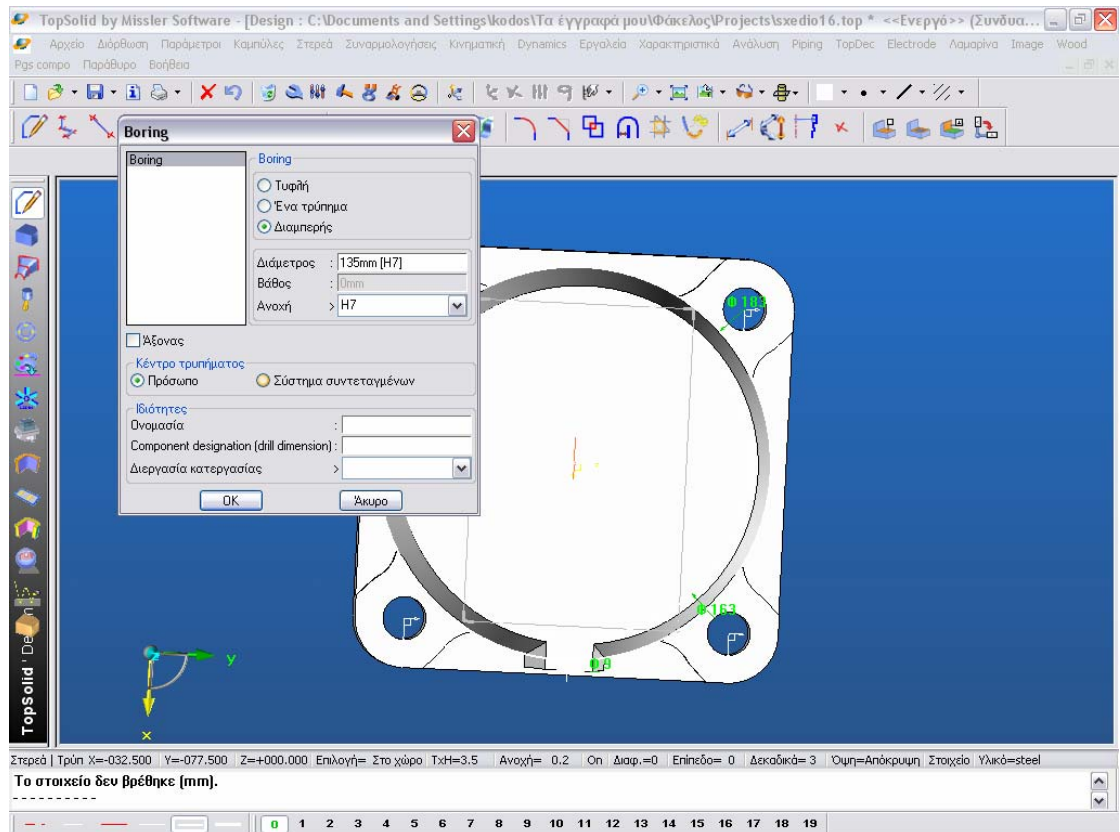
13. Την οπή θα την δημιουργήσουμε ως εξής: Στερεά → τρύπημα → πρόσωπο για τρύπημα τον κύκλο που δημιουργήσαμε → μοντέλα τρυπήματος οπή + σπείρωμα ok → standard iso μετρικό ονομασία M9 βάθος 30 mm ok .

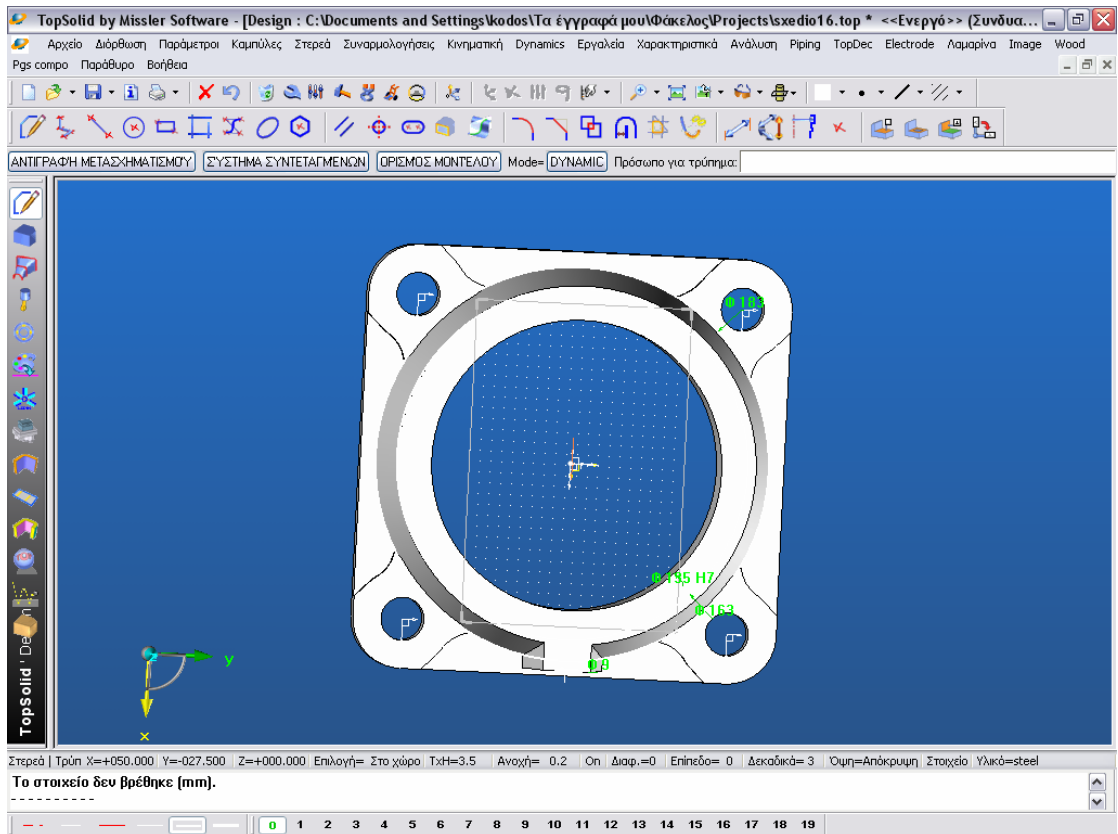


14. Μεταφέρουμε το σύστημα συντεταγμένων στο κάτω μέρος του εδράνου .  
Στερεά → τρύπημα , πρόσωπο για τρύπημα θα επιλέξουμε το κέντρο του  
συστήματος συντεταγμένων → μοντέλα τρυπήματος πατούρα ok →  
διάμετρος 153 mm βάθος 10 mm ok .



15. Μεταφέρουμε το σύστημα συντεταγμένων αυτή τη φορά στο πάνω μέρος του εδράνου . Στερεά → τρύπημα , πρόσωπο για τρύπημα το κέντρο του συστήματος → μοντέλα τρυπήματος boring ok → boring διαμετρής διάμετρος 135 mm ok.

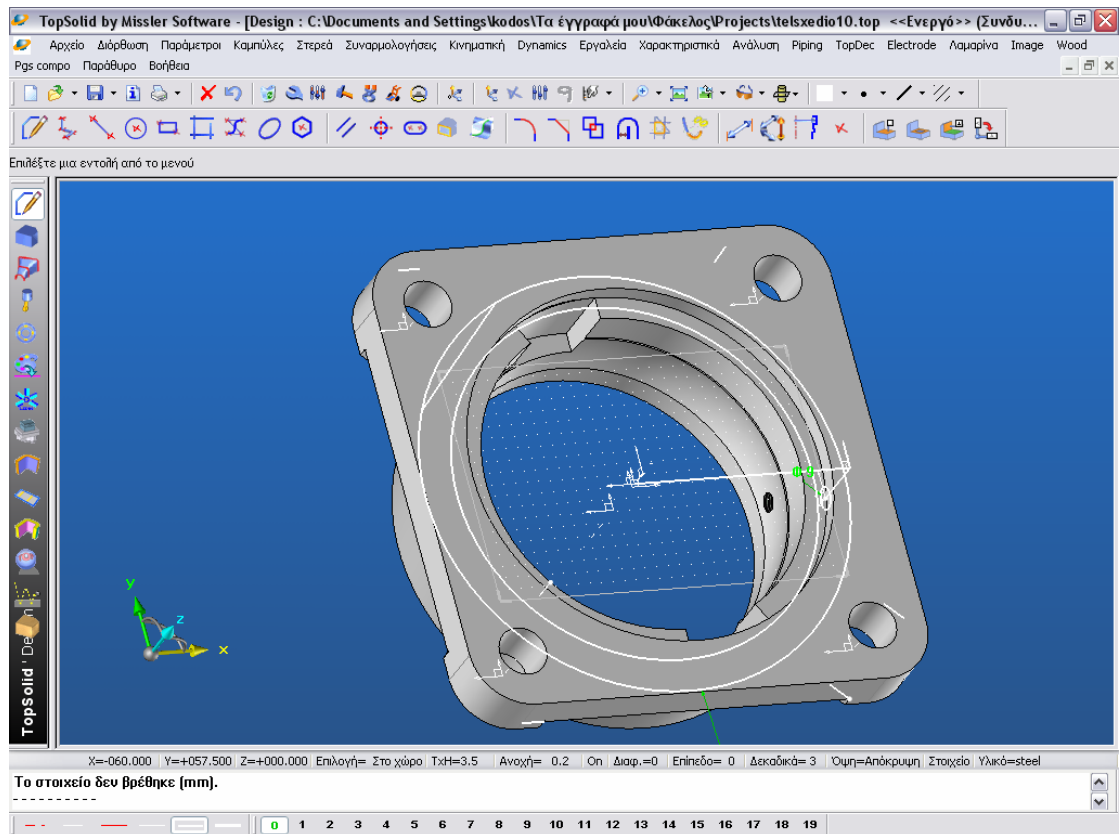




16. Για να δημιουργήσουμε την καμπυλότητα μέσα στο έδρανο μεταφέρουμε το σύστημα συντεταγμένων στο απαιτούμενο σημείο . Στερεά → άλλες μορφές → σφαίρα → διάμετρος 135,5 mm κεντρικό σημείο θα επιλέξουμε το κέντρο του συστήματος συντεταγμένων .
17. Στην συνέχεια θα αφαιρέσουμε τη σφαίρα με τον εξής τρόπο : Στερεά → αφαίρεση → στερεό (α) για διόρθωση και επιλέγουμε το έδρανο → απόκρυψη εργαλείων ναι , τήρηση διαδοχικών λειτουργιών , ράδιο - , στερεό (α) για χρησιμοποίηση και επιλέγουμε την σφαίρα που δημιουργήσαμε στην παραπάνω εντολή.



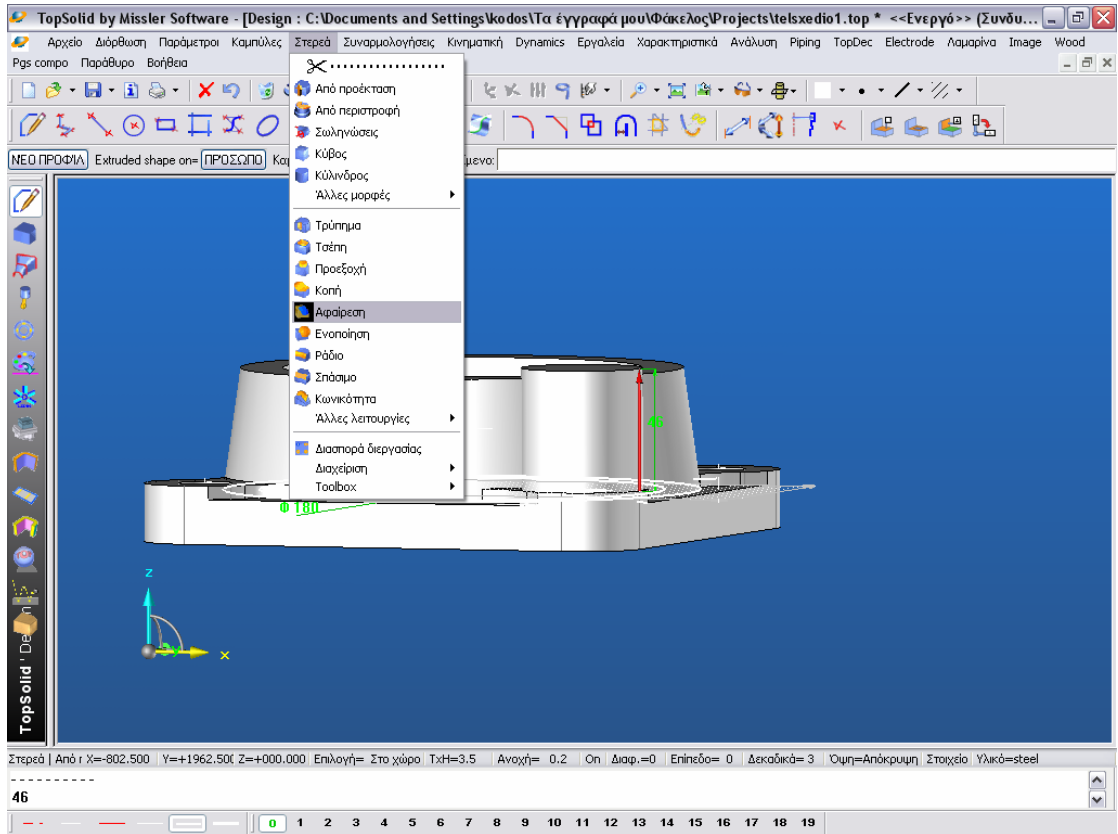
18. Μεταφέρουμε το σύστημα συντεταγμένων για να δημιουργήσουμε τα σπασίματα μέσα στο έδρανο με την χρήση των εντολών γραμμή , συγχώνευση , στερεά → από προέκταση , στερεά → ενοποίηση , στερεά → αφαίρεση.

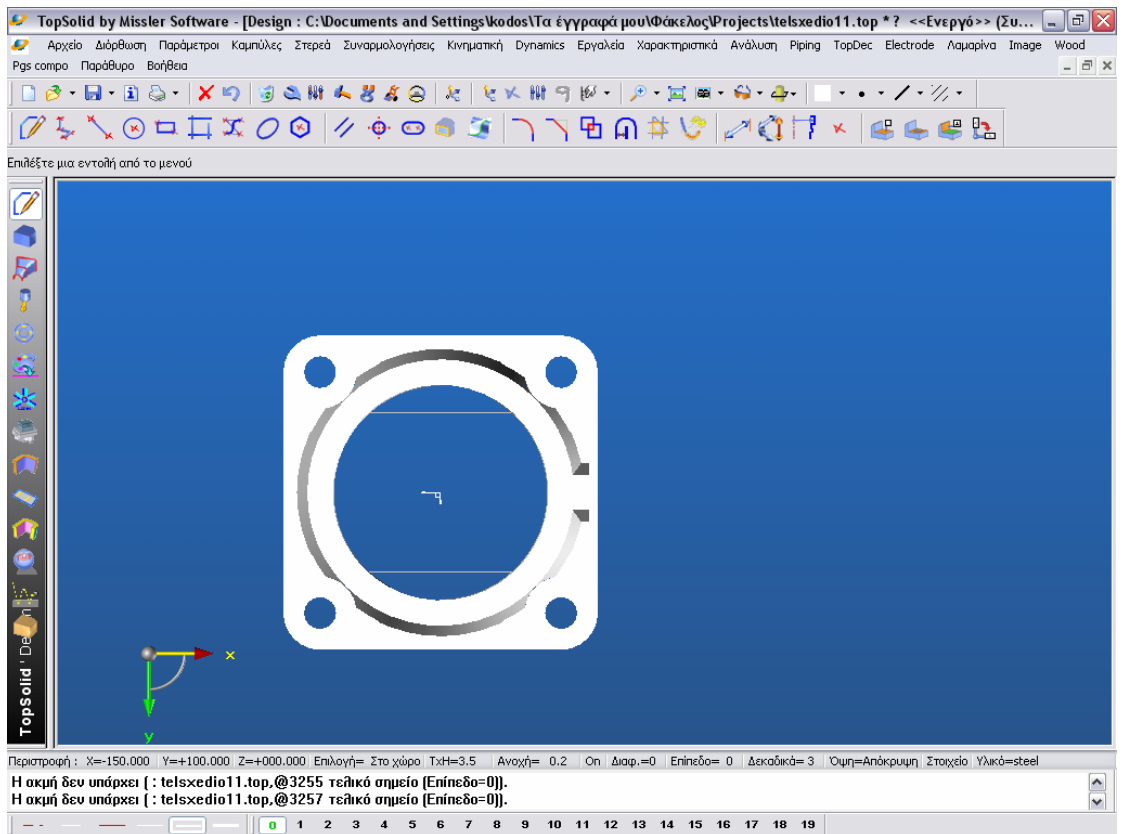
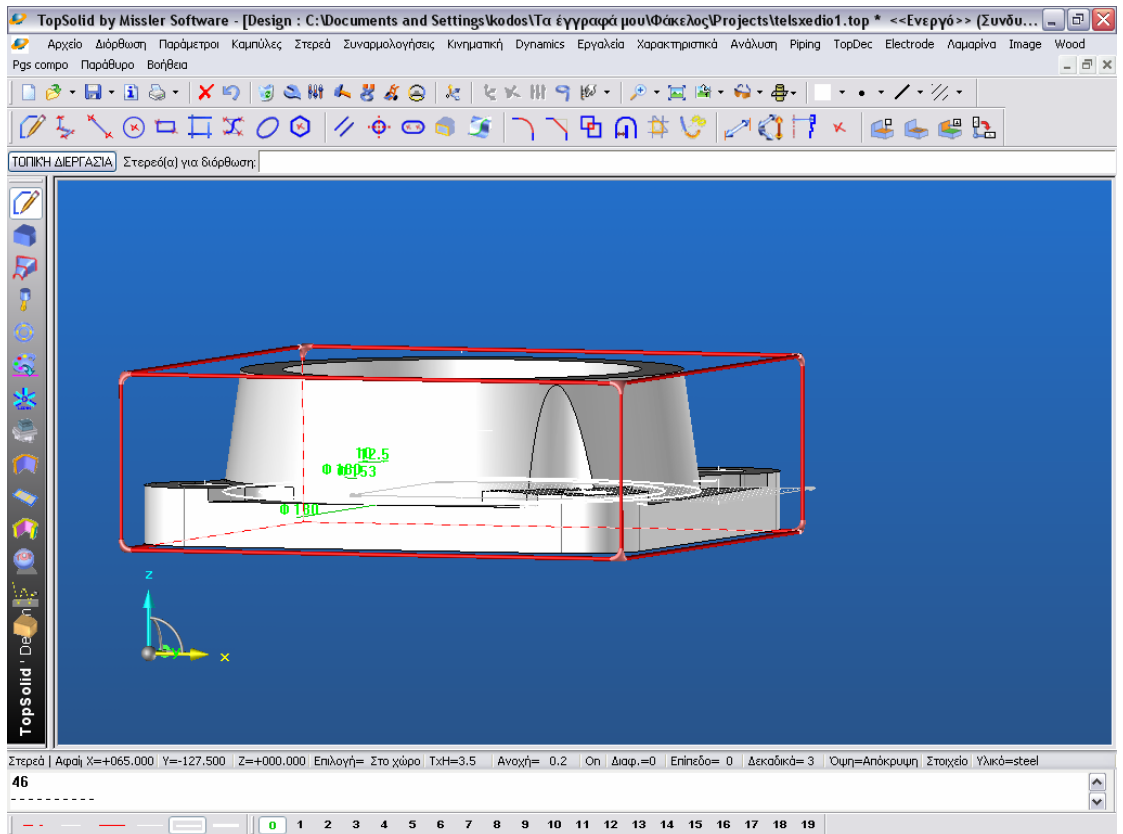


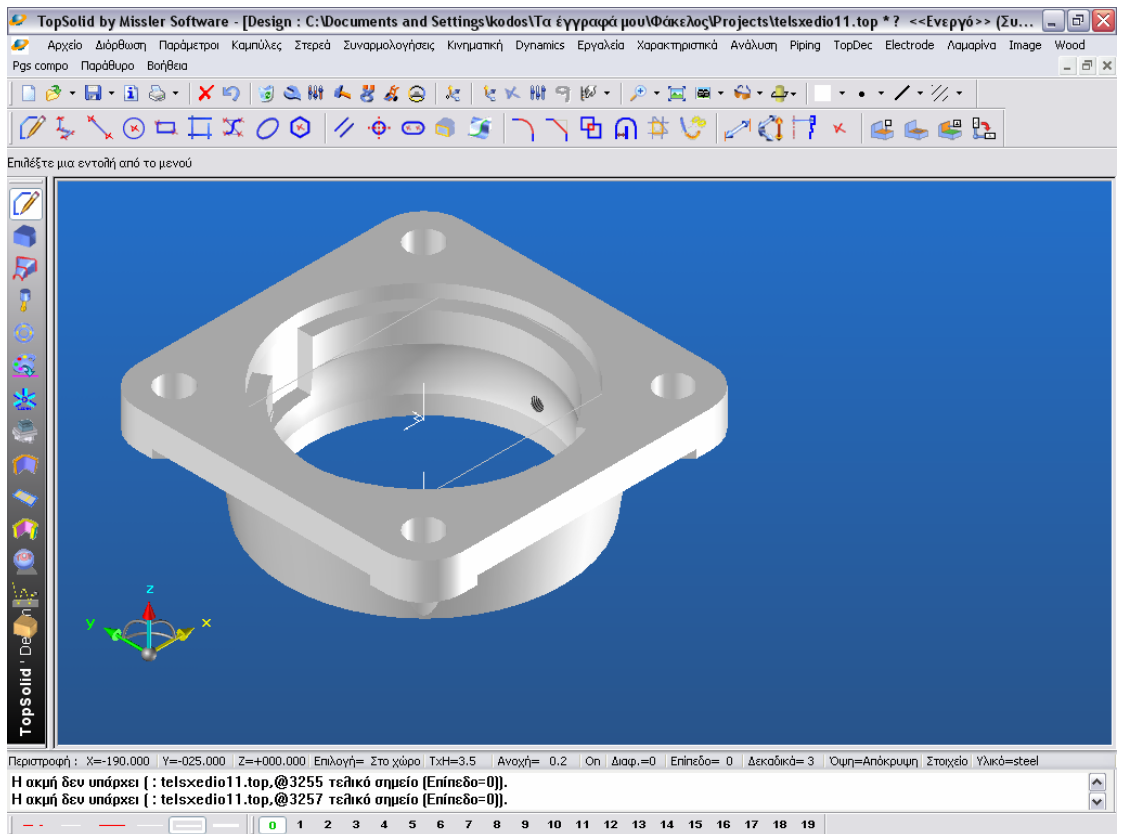
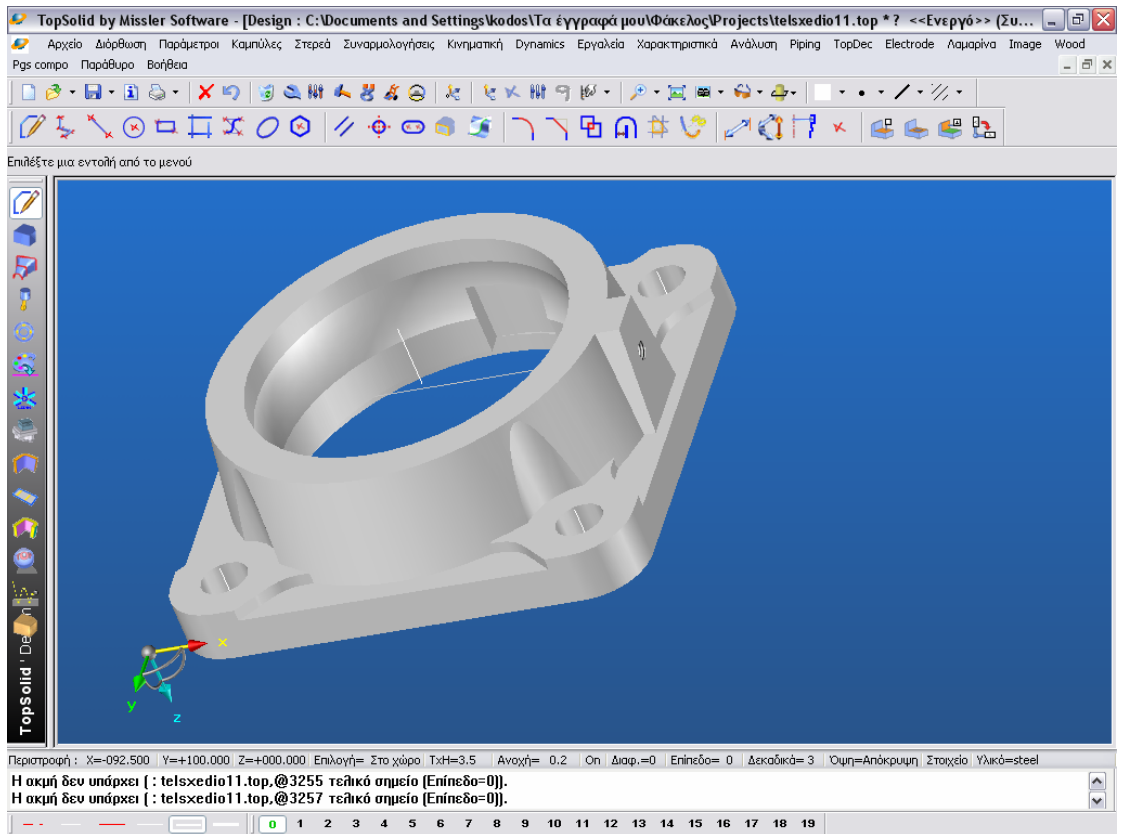
Με τις εντολές 19 , 20 ,21 θα αφαιρέσουμε υλικό περιμετρικά του εδράνου.

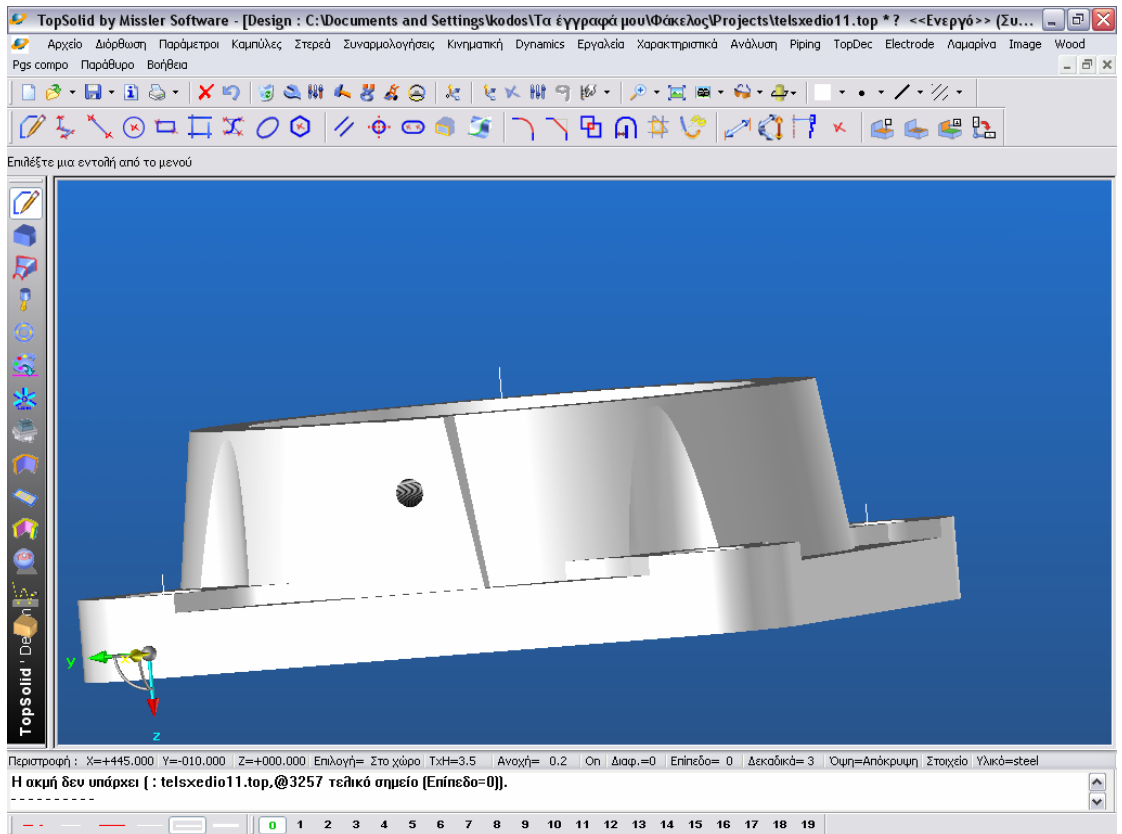
19. Μεταφέρουμε το σύστημα σε μια από τις τέσσερις οπές που έχουμε .  
 Δημιουργία κύκλου → ακτίνα 23 mm κέντρο επιλέγουμε το κέντρο του συστήματος συντεταγμένων.
20. Στερεά → από προέκταση → Νέο προφίλ , extruded shape on πρόσωπο ,καμπύλη κρυφή καμπύλες ή κείμενο επιλέγουμε τον κύκλο που σχεδιάσαμε στην εντολή 19 → οριοθέτηση κανονικά τύπος στερεό mode ύψος 46 mm .

21. Στερεά → αφαίρεση → τοπική διεργασία στερεό (α) για διόρθωση και επιλέγουμε το έδρανο → απόκρυψη εργαλείων και ,τήρηση διαδοχικών λειτουργιών ,ράδιο - , στερεό (α) για χρησιμοποίηση και επιλέγουμε το κομμάτι που σχεδιάσαμε (εντολή 20).







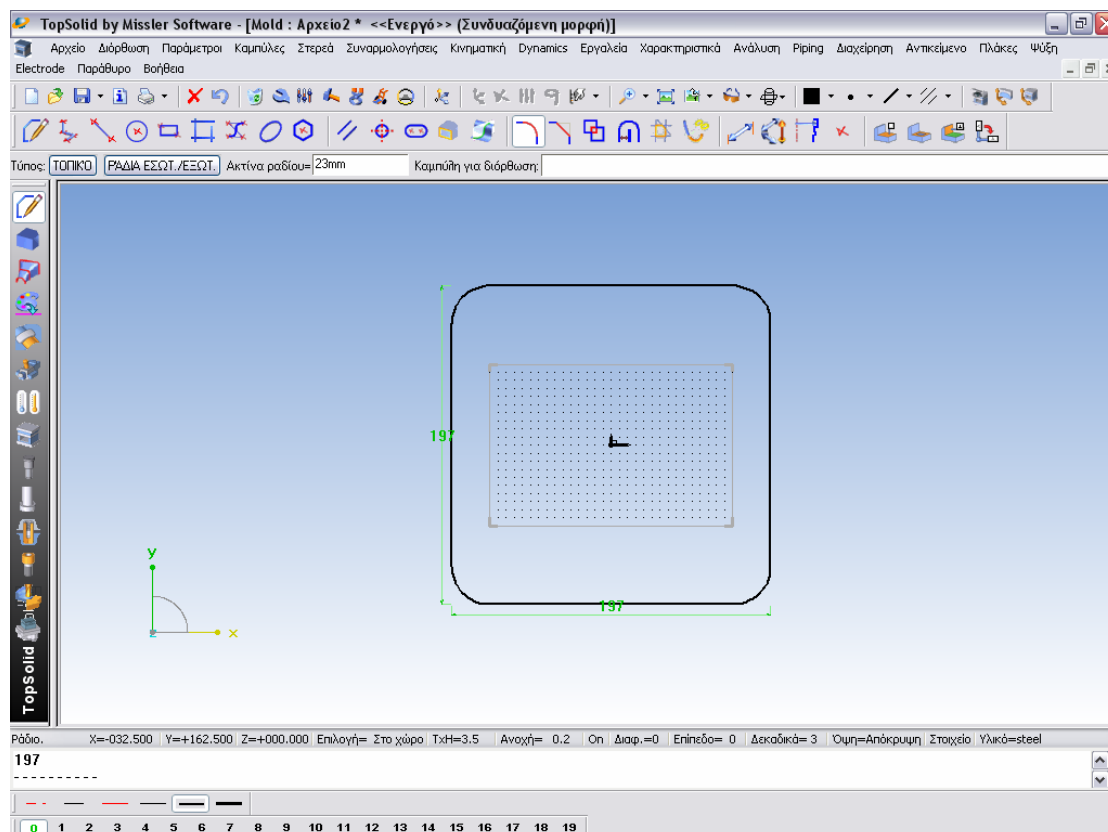


22. Το έδρανο έχει σχεδιαστεί και θα το αποθηκεύσουμε . Αρχείο → αποθήκευση ως → όνομα αρχείου telsxedio OK .

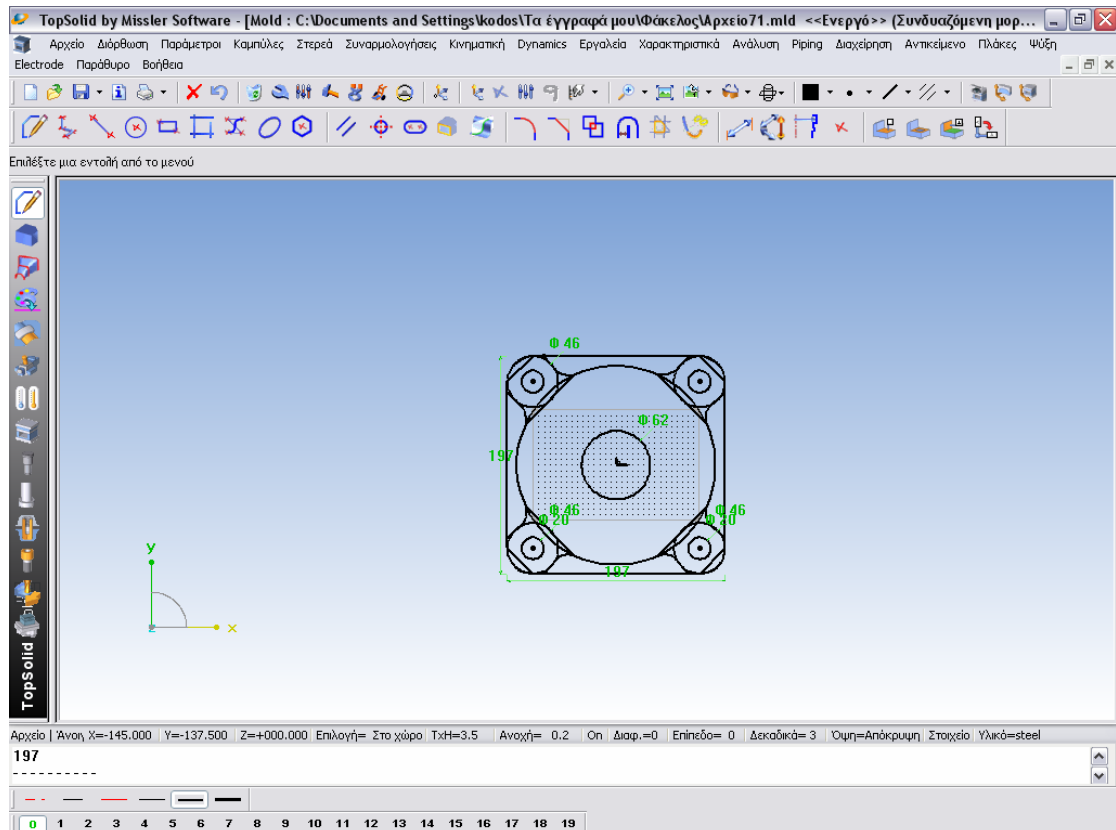
## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 Τρισδιάστατη σχεδίαση εδράνου ολίσθησης 3d Cad στο Top Solid Mold

Στο Top Solid Mold σχεδιάζουμε το κομμάτι το οποίο στην περίπτωση μας είναι το έδρανο ρουλεμάν που έχει βγει από την μήτρα του και δεν έχει υποστεί κατεργασία για να φτάσει στην τελική του μορφή την οποία την σχεδιάσαμε στο Top Solid Design.

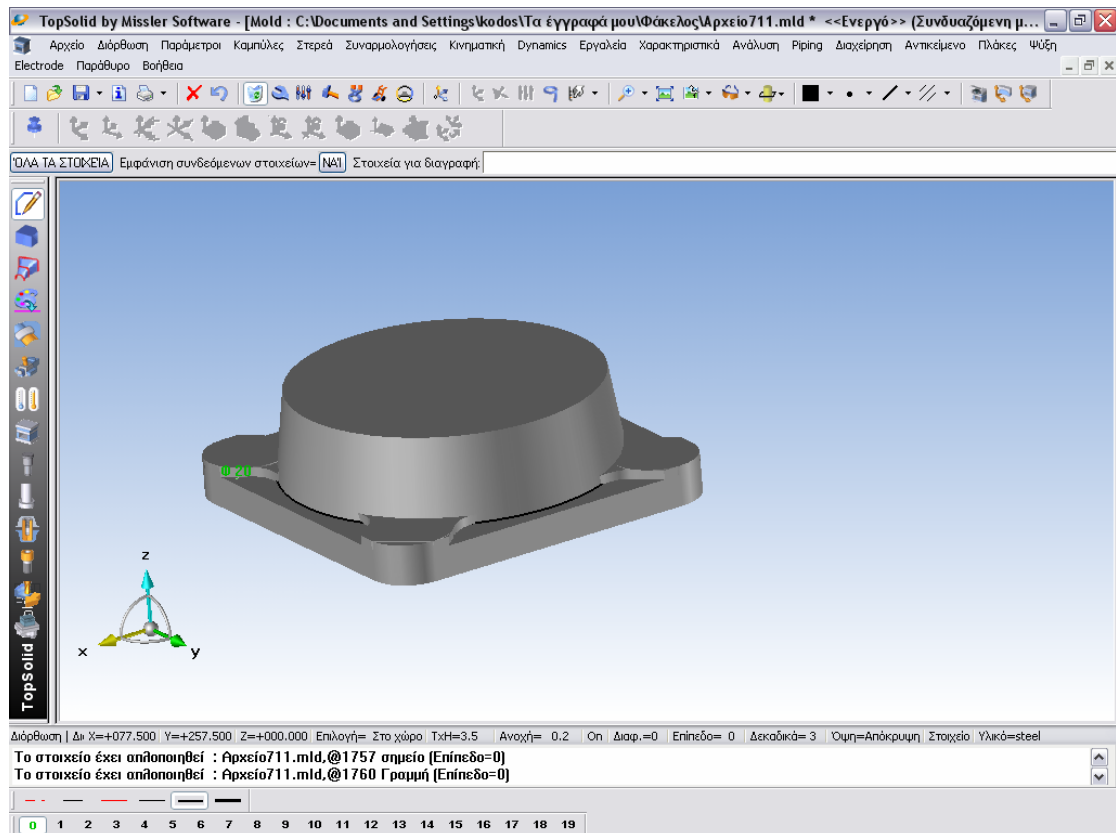
1. Ανοίγουμε το πρόγραμμα Top Solid. Επιλέγουμε αρχείο → νέο → νέο αρχείο επιλέγουμε Mold ok → τύπος σχεδιασμού συνδυαζόμενη μορφή , μονάδες χιλιοστά ok. Με αυτόν τον τρόπο βρισκόμαστε στην επιφάνεια εργασίας του Mold .
2. Επιλέγουμε τετράγωνο → x μήκος 197 enter ψ μήκος 197 enter και το τοποθετούμε στο κέντρο του συστήματος συντεταγμένων.
3. Ράδιο → ακτίνα ραδίου 23 mm καμπύλη για διόρθωση και επιλέγουμε όλες τις πλευρές για να δημιουργήσουμε τις καμπύλες.



4. Δημιουργούμε ένα βοηθητικό τετράγωνο επιλέγοντας τετράγωνο → x μήκος 151 enter ψ μήκος 151 enter κ το τοποθετούμε στο κέντρο του συστήματος συντεταγμένων. Στις γωνίες του τετραγώνου τοποθετούμε 4 κύκλους. Δημιουργία κύκλου → διάμετρος 46 και στην συνέχεια σβήνουμε το βοηθητικό τετράγωνο που δημιουργήσαμε επιλέγοντας διόρθωση → διαγραφή και επιλέγουμε το στοιχείο που θέλουμε να διαγράψουμε.
5. Με την βοήθεια της εντολής γραμμή, δημιουργίας κύκλου και δημιουργία offset προφίλ δημιουργήσαμε βοηθητικά στοιχεία , για να σχεδιάσουμε τις καμπύλες στις 4 πλευρές του εδράνου. Με την εντολή Συγχώνευση θα επιλέξουμε όλα όσα σχεδιάσαμε για το κάτω μέρος του εδράνου και στην συνέχεια θα του δώσουμε όγκο ώστε να σχεδιαστεί σε τρισδιάστατη μορφή 3d.

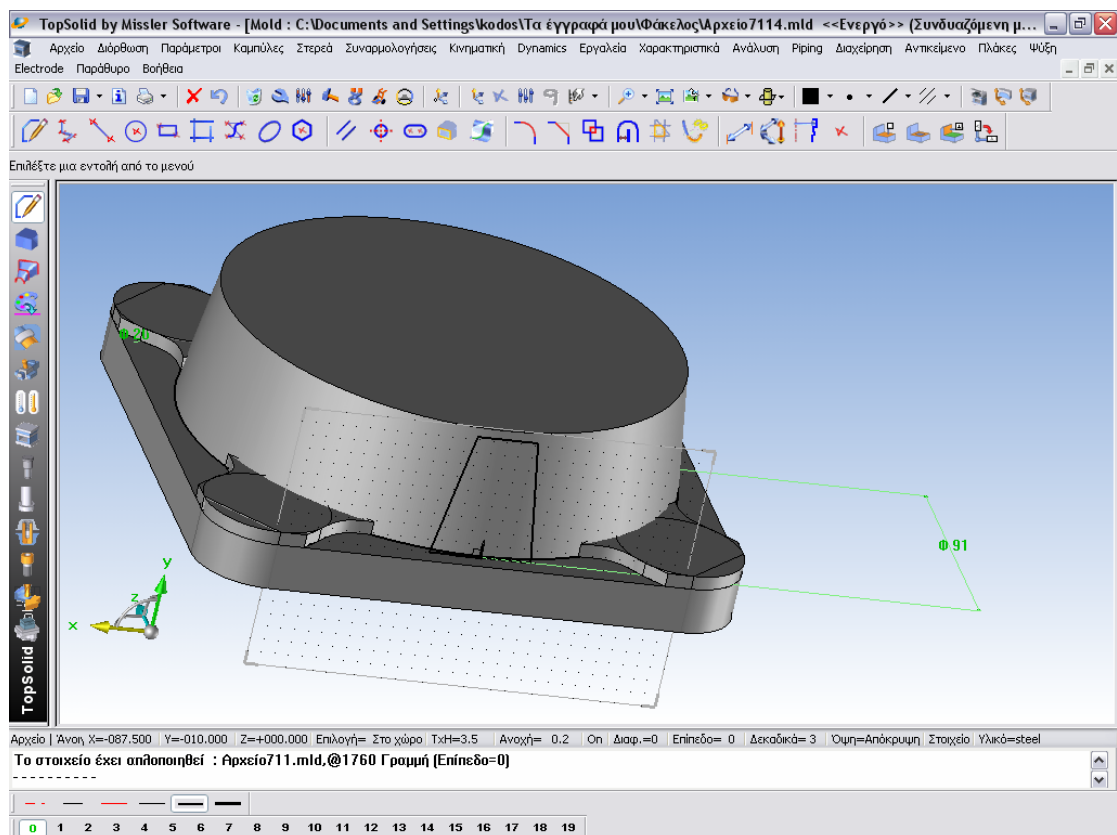


6. Επιλέγουμε την εντολή στερεά → από προέκταση και δίνουμε ύψος 17 mm στο τετράγωνο που έχουμε σχεδιάσει και έχουμε δείξει τον τρόπο στην παραπάνω εντολή(βλέπε 2) .Με τον ίδιο τρόπο συνεχίζουμε και στα υπόλοιπα στοιχεία που έχουμε σχεδιάσει.
7. Επιλέγουμε Στερεά → Ενοποίηση και με τον κέρσορα επιλέγουμε τα κομμάτια που έχουμε σχεδιάσει και με ένα κλικ τα ενοποιούμε ώστε να μην είναι διαφορετικά κομμάτια.
8. Αρχείο → αποθήκευση ως → όνομα αρχείου sxedio2 OK
9. Μεταφέρουμε το σύστημα συντεταγμένων στο κέντρο του κομματιού μας αλλά σε νέα θέση . Εργαλεία → σύστημα συντεταγμένων και επιλέγουμε το κέντρο του κομματιού → κλικ θέση ως ενεργό.
10. Στερεά → Άλλες μορφές → κώνος → διάμετρος 180 mm enter → επιλέγουμε Z+ → διάμετρος 180 mm ,οριοθέτηση κανονικά , constraint Diameter/ Height , διάμετρος 167 mm ύψος 46 mm . Το κομμάτι που σχεδιάσαμε θα το τοποθετήσουμε στο κέντρο του συστήματος συντεταγμένων .

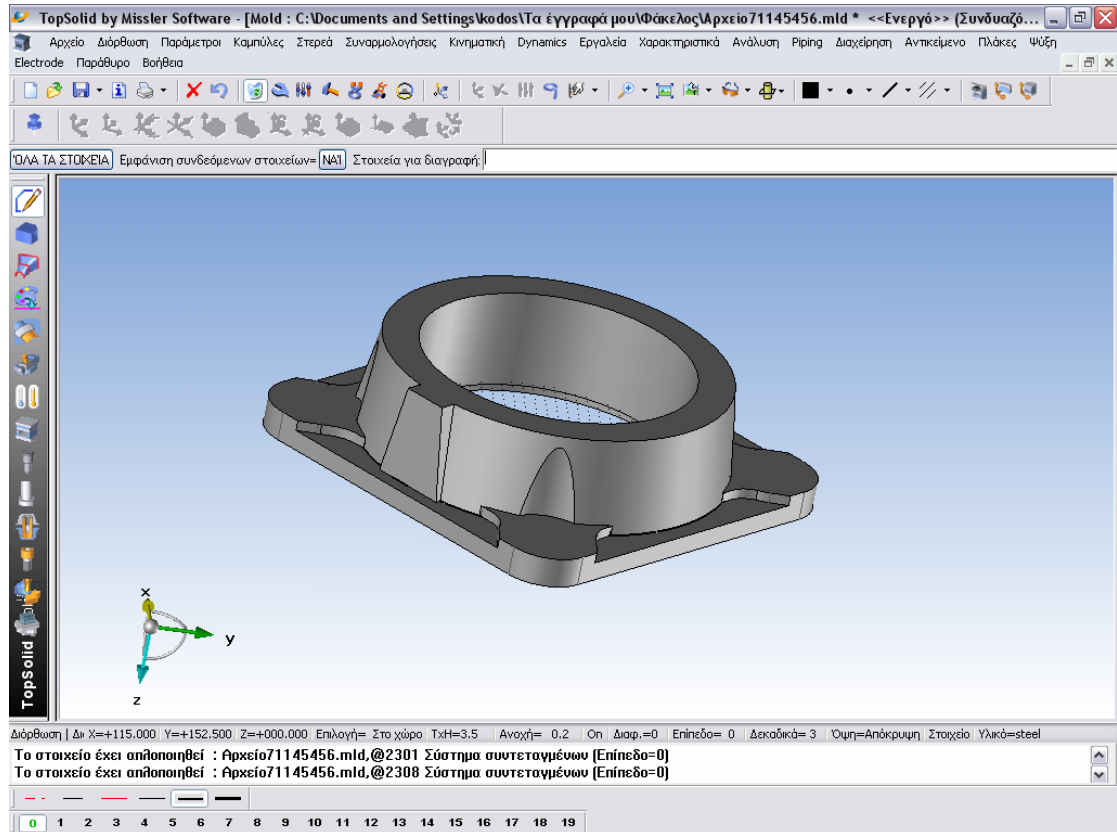




11. Δημιουργούμε μια βοηθητική γραμμή ώστε να μεταφέρουμε ακριβώς το σύστημα συντεταγμένων στο σημείο που θέλουμε και εκεί σχεδιάζουμε με την βοήθεια των εντολών Γραμμή , Δημιουργία offset προφίλ και Δημιουργία κύκλου σχεδιάζουμε το κομμάτι στο πλαϊνό μέρος του εδράνου. Με την εντολή συγχώνευση επιλέγουμε τις γραμμές που σχεδιάσαμε και με την εντολή Στερεά → από προέκταση δίνουμε τον όγκο που χρειάζεται .



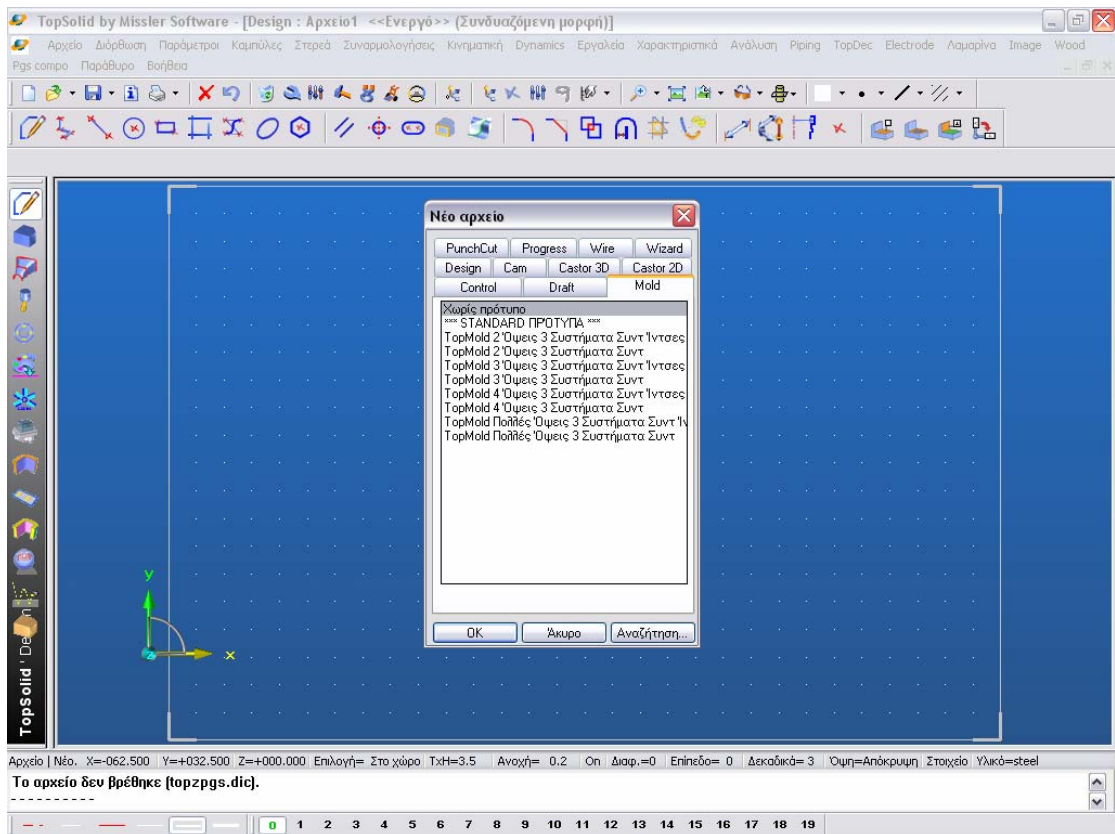
12. Μεταφέρουμε το σύστημα συντεταγμένων στο πάνω μέρος του εδράνου και επιλέγουμε την εντολή Στερεά → τρύπημα → μοντέλα τρυπήματος Boring ok → Boring διαμετρής , διάμετρος 135 mm [H7] κέντρο τρυπήματος πρόσωπο ok.



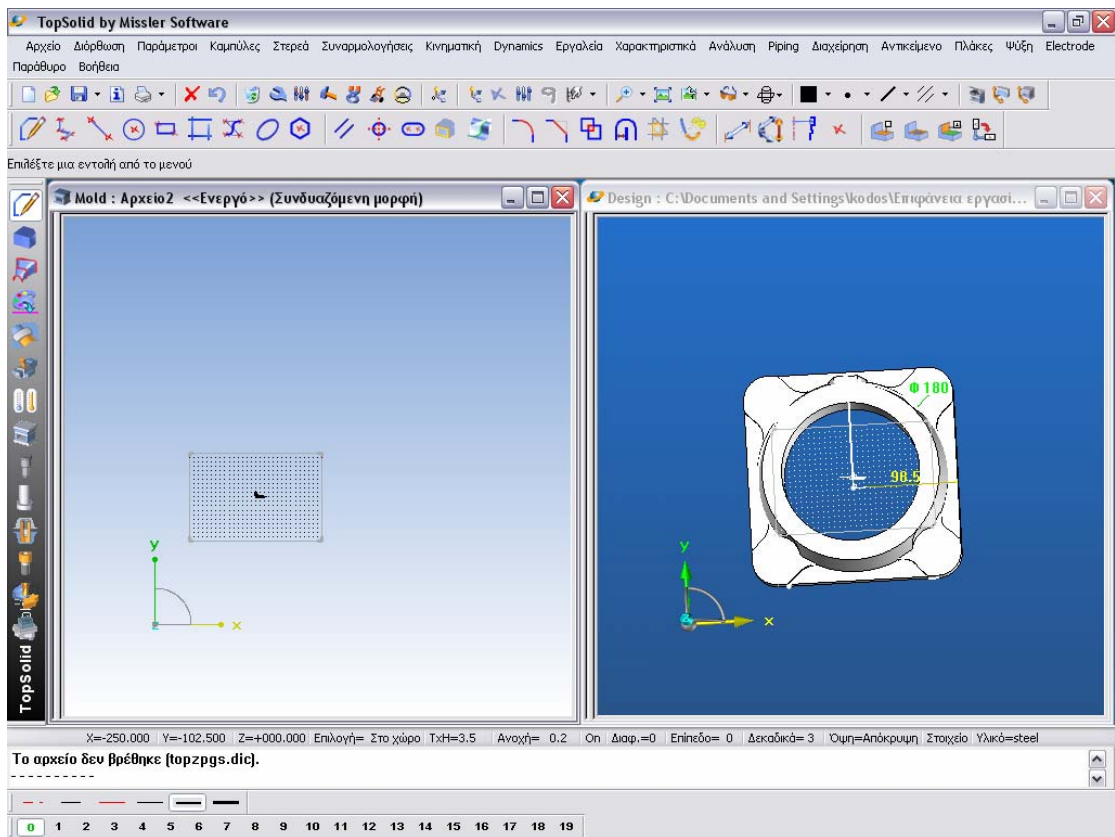
13. Το έδρανο έχει σχεδιαστεί στο Top solid Mold και θα το αποθηκεύσουμε .  
Αρχείο → αποθήκευση ως → όνομα αρχείου telsxedio1 OK .

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 Δημιουργία τρισδιάστατης γεωμετρία καλουπιού χύτευσης στο Top Solid Mold

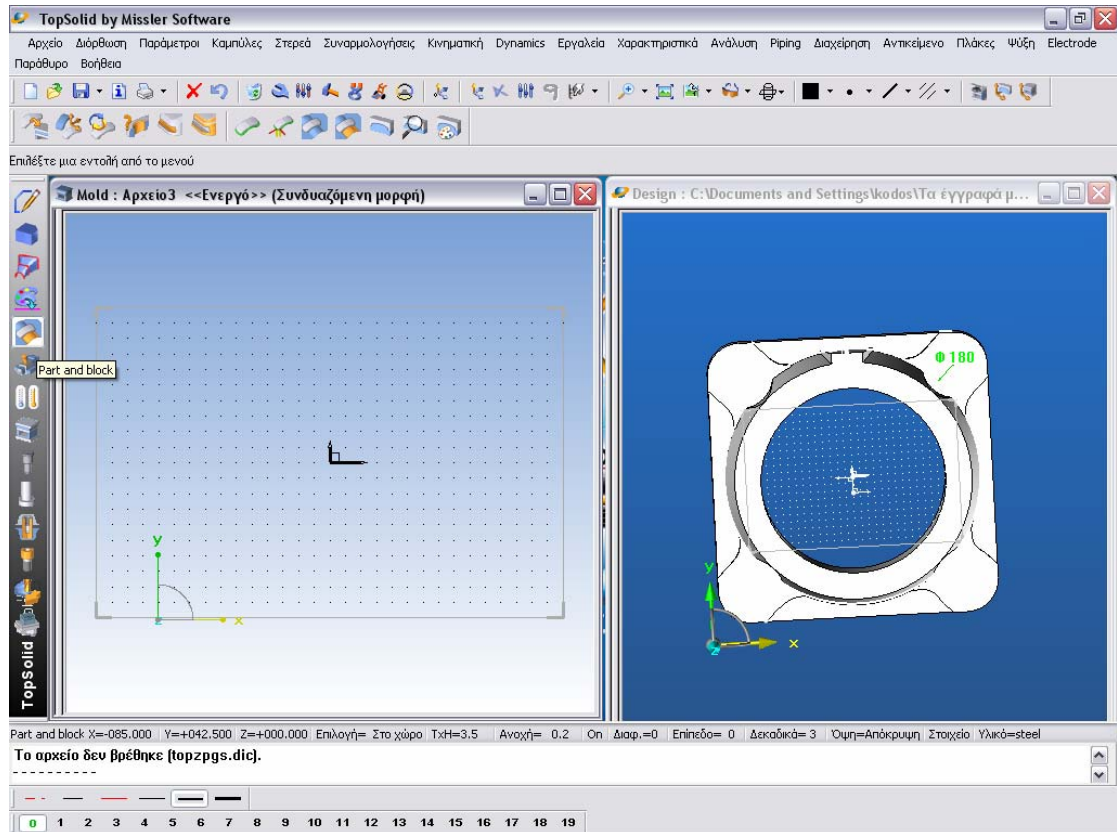
1. Δημιουργούμε το αντικείμενο μας σε περιβάλλον design ώστε το αρχείο να έχει κατάληξη .top.
2. Εφόσον δημιουργηθεί και ενώ έχουμε είναι ενεργό κάνουμε κλικ στο Αρχείο → Νέο → Mold → χωρίς πρότυπο → ok → ok και είμαστε σε περιβάλλον Mold.

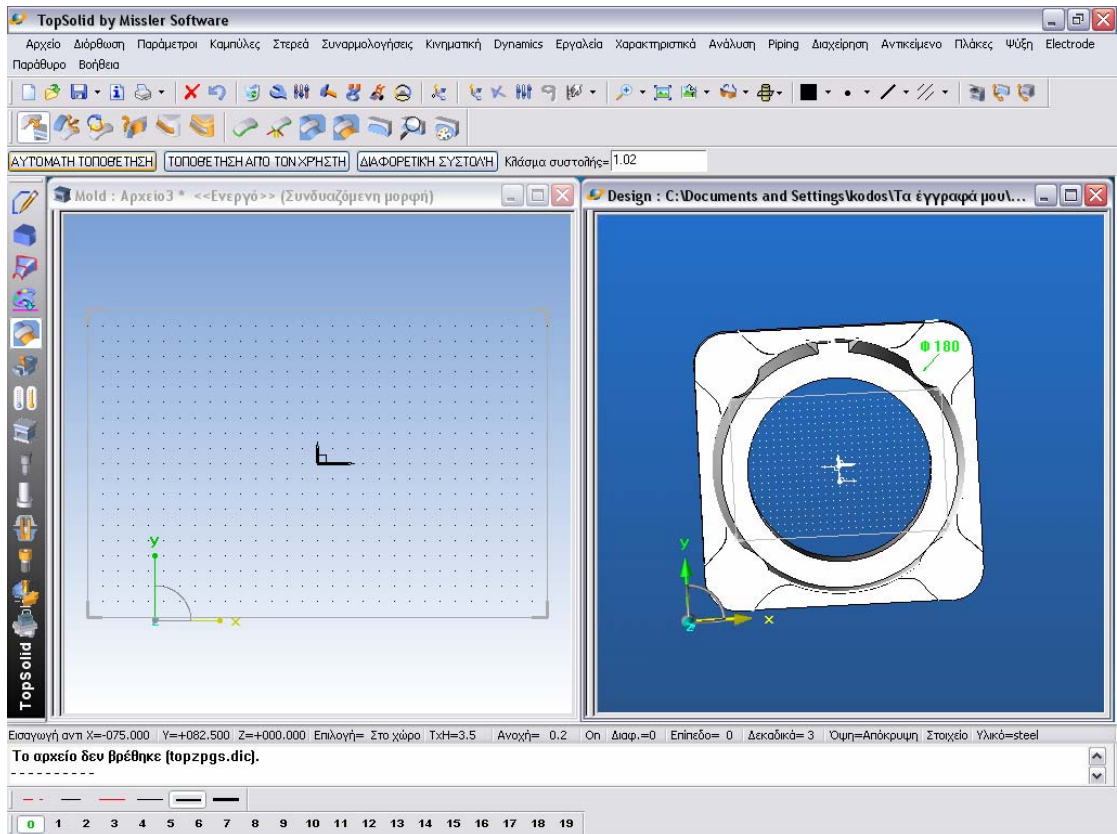
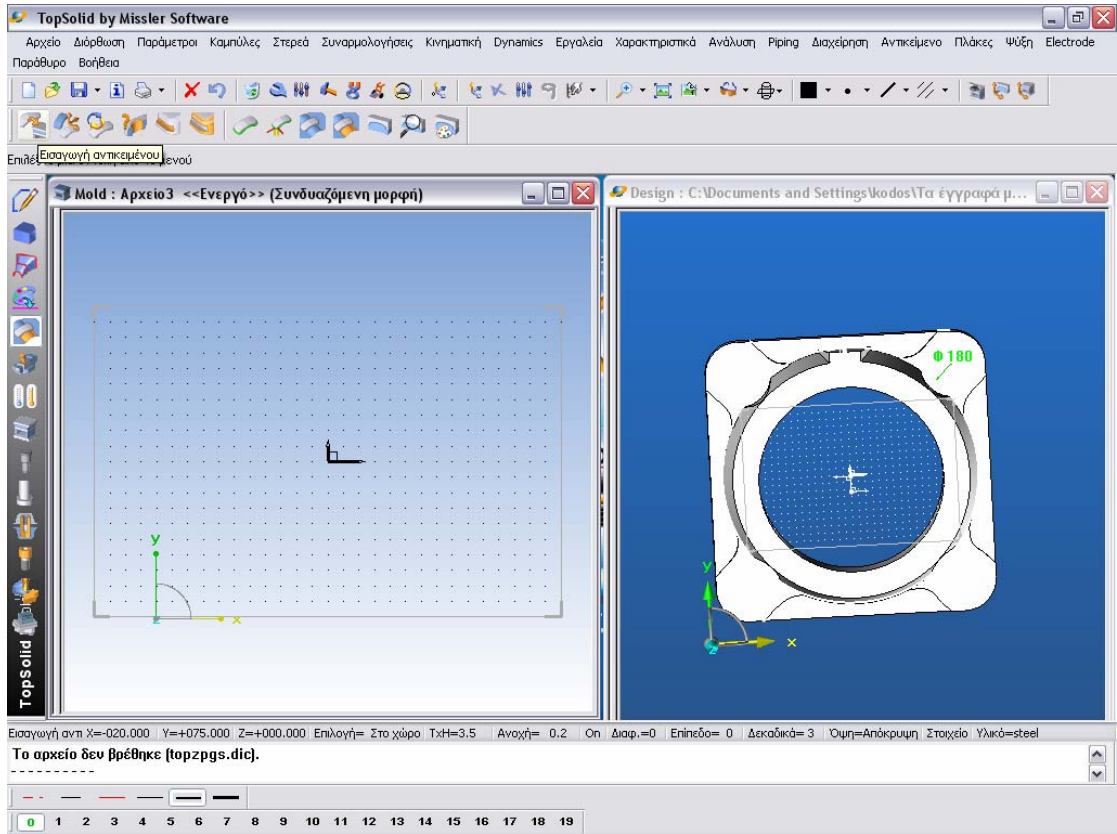


3. Επιλέγουμε Παράθυρο → Στοίχιση κάθετα ώστε να βλέπουμε και τα δύο παράθυρα Mold και Design

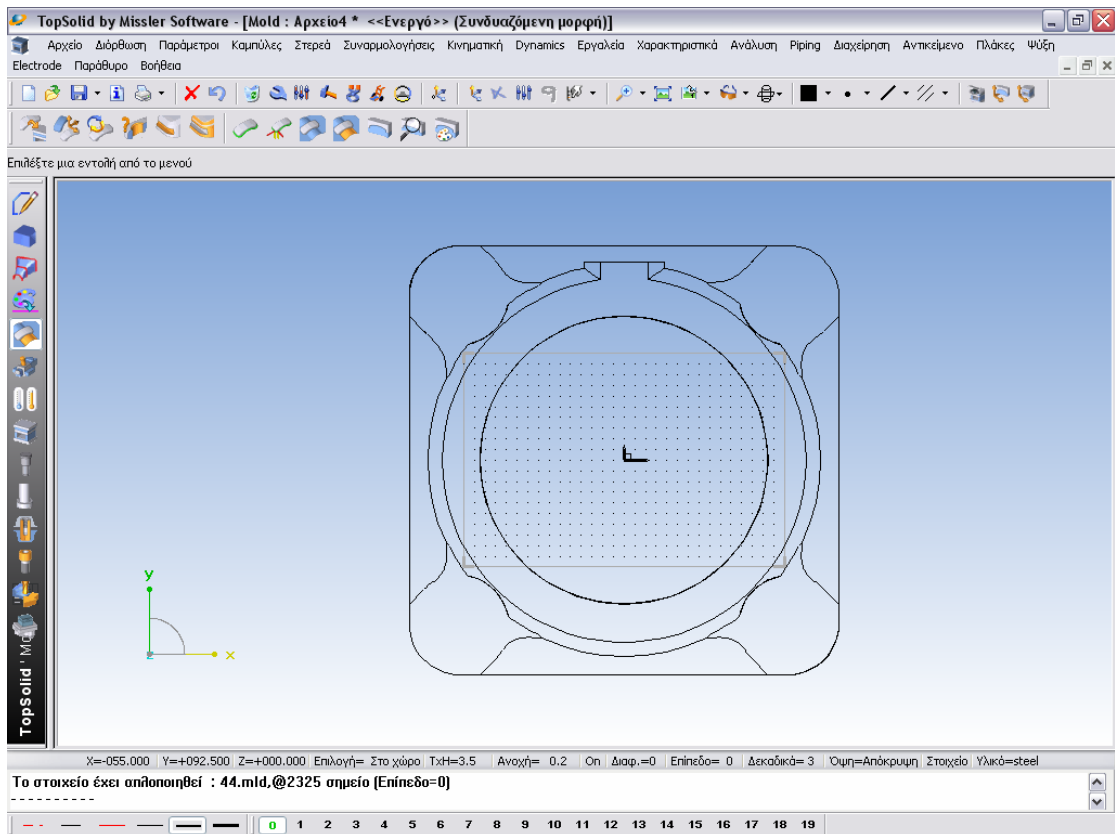


4. Στην αριστερή μπάρα εργαλείων υπάρχει το εικονίδιο Part and Block το επιλέγουμε και εμφανίζεται μια καινούργια μπάρα με εντολές που αφορούν το Part and Block → κλικ στο εισαγωγή αντικειμένου → επιλέγουμε το αντικείμενο → κλάσμα συστολής από 1 το κάνουμε 1.02 → αυτόματη τοποθέτηση έξοδος.

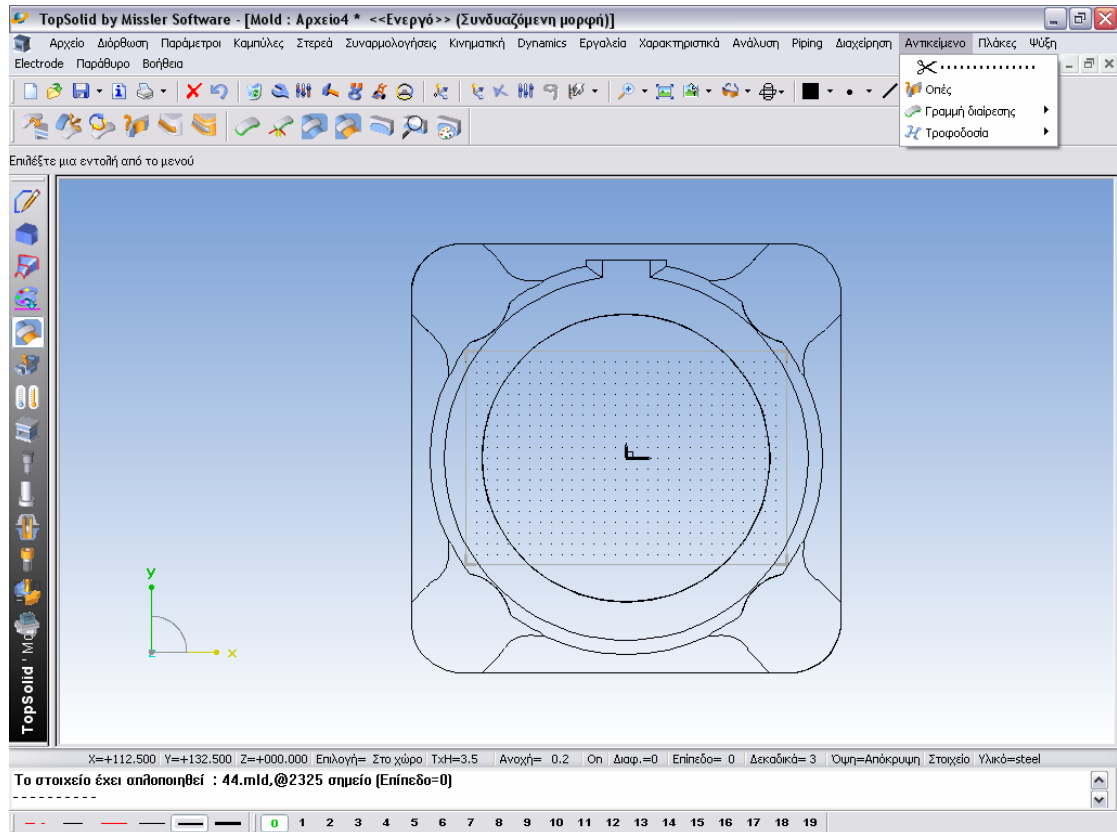




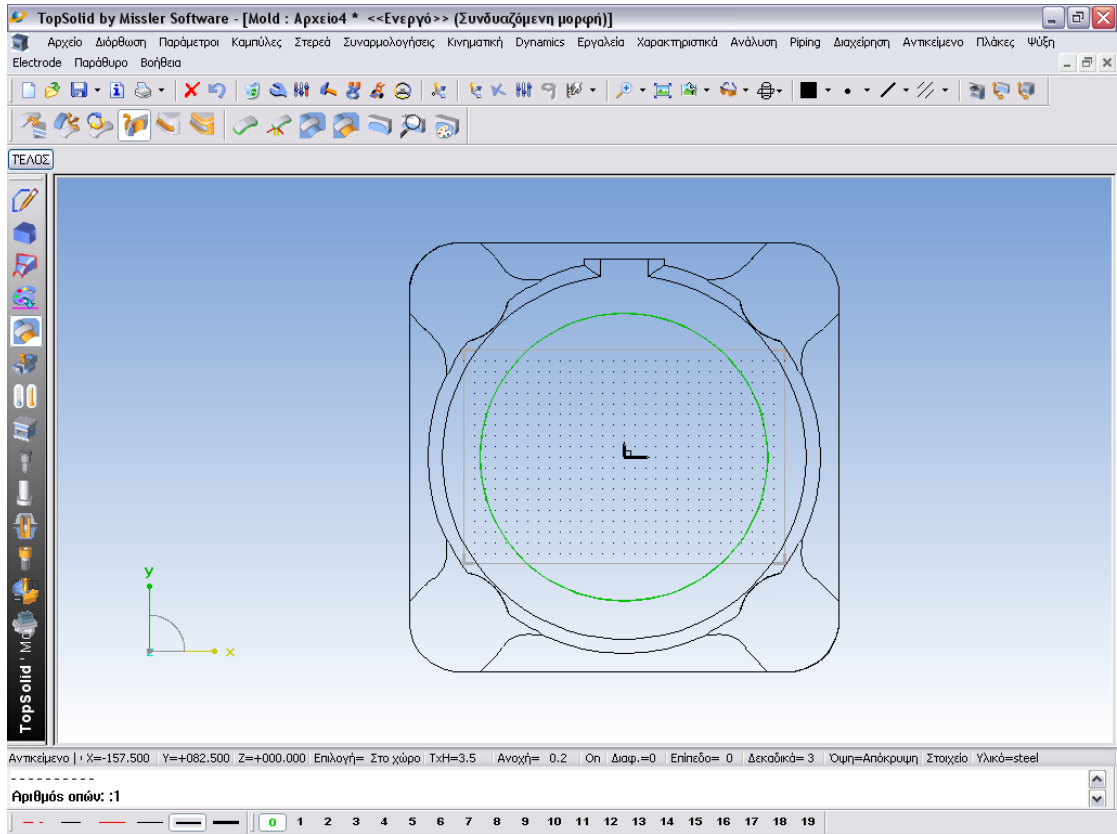
## 5. Μεγιστοποίηση το παράθυρο Mold.



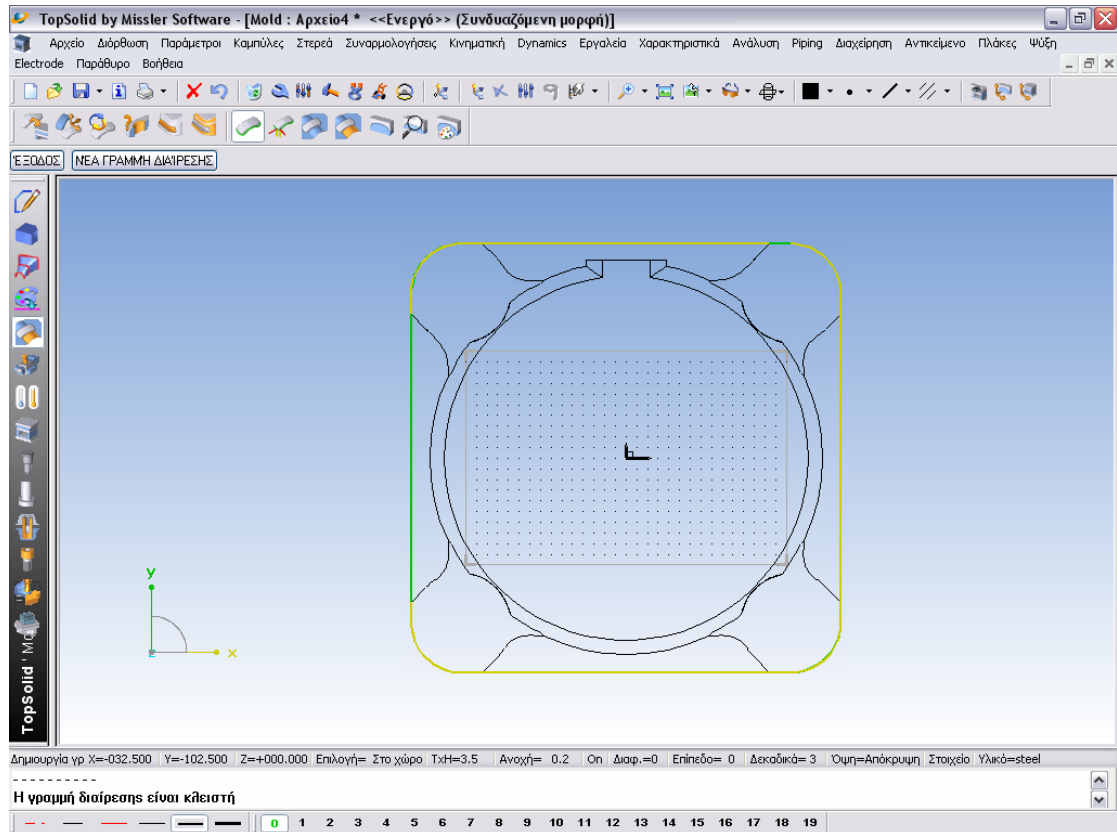
6. Από το μενού κάνουμε κλικ στο Αντικείμενο → οπές → Αυτόματη αναζήτηση στο κάτω μέρος του περιβάλλοντος Mold μας εμφανίζει μήνυμα με τον αριθμό των οπών. Στην δική μας περίπτωση ο αριθμός οπών είναι 1 → εμφάνιση → εμφάνιση των επιφανειών οπής → τέλος. Στο αντικείμενο μας έχει εμφανιστεί με πράσινο χρώμα η οπή μας → ok → ok.



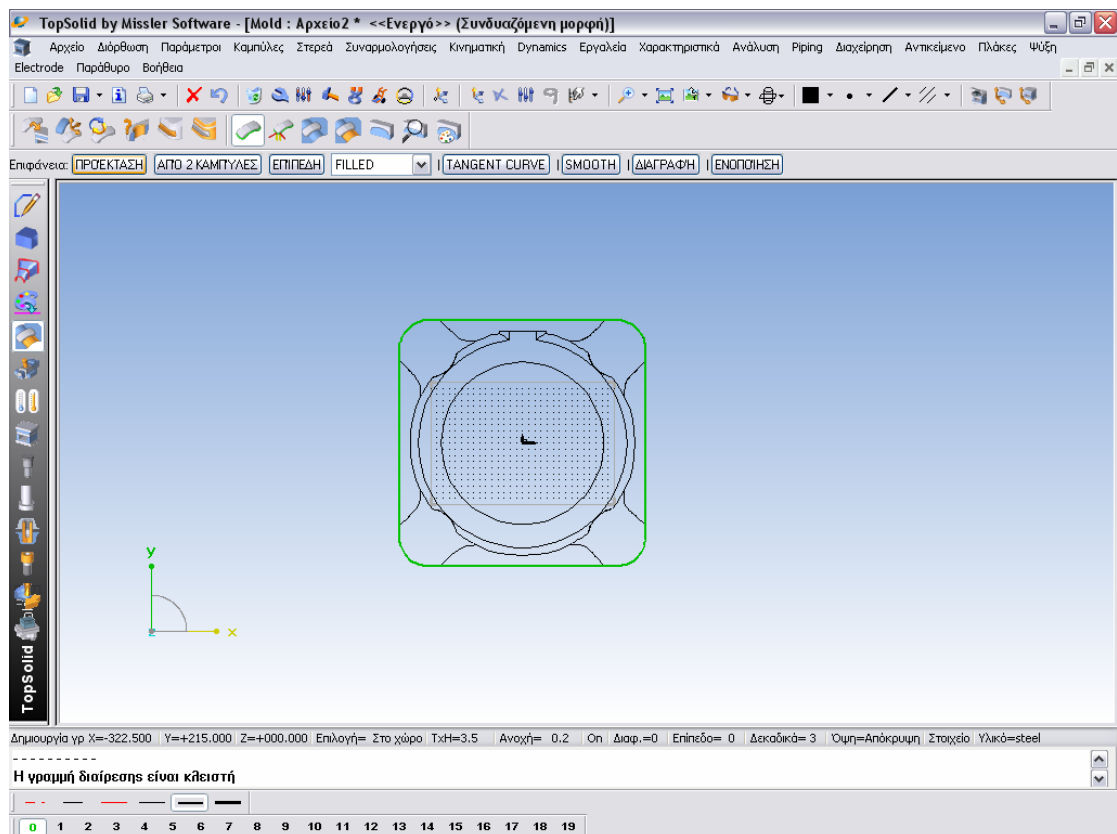


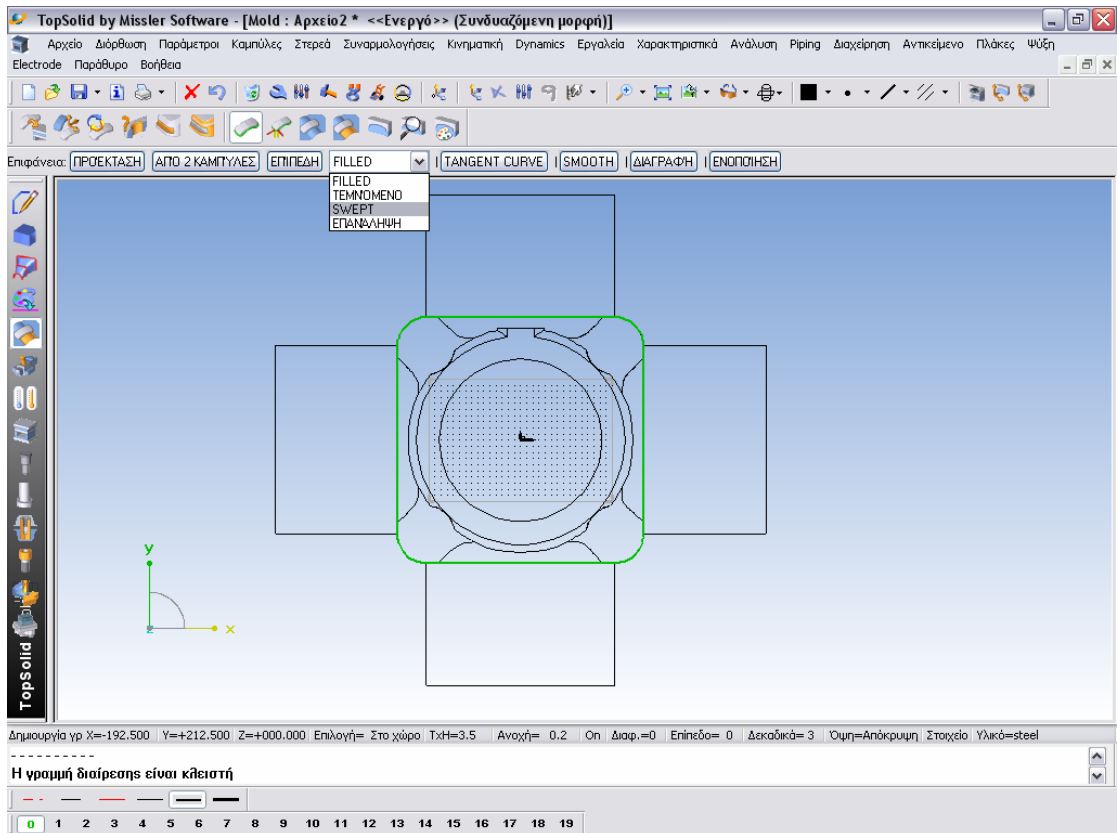
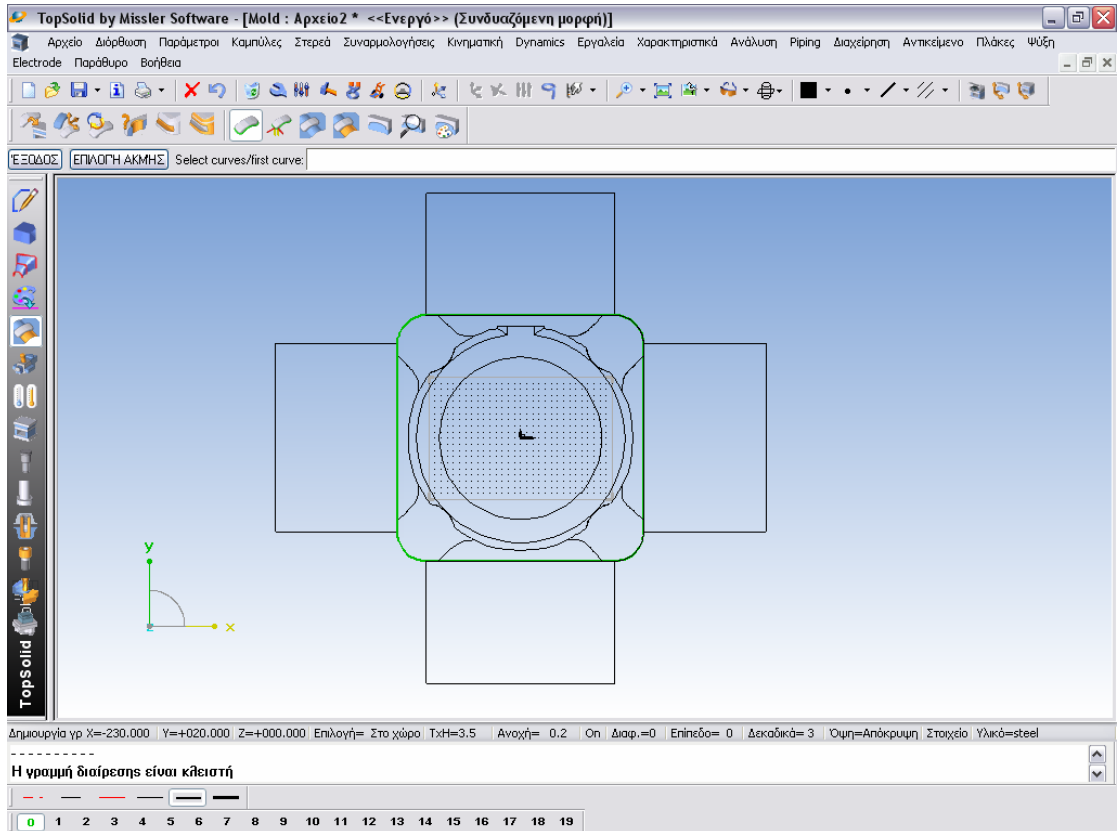


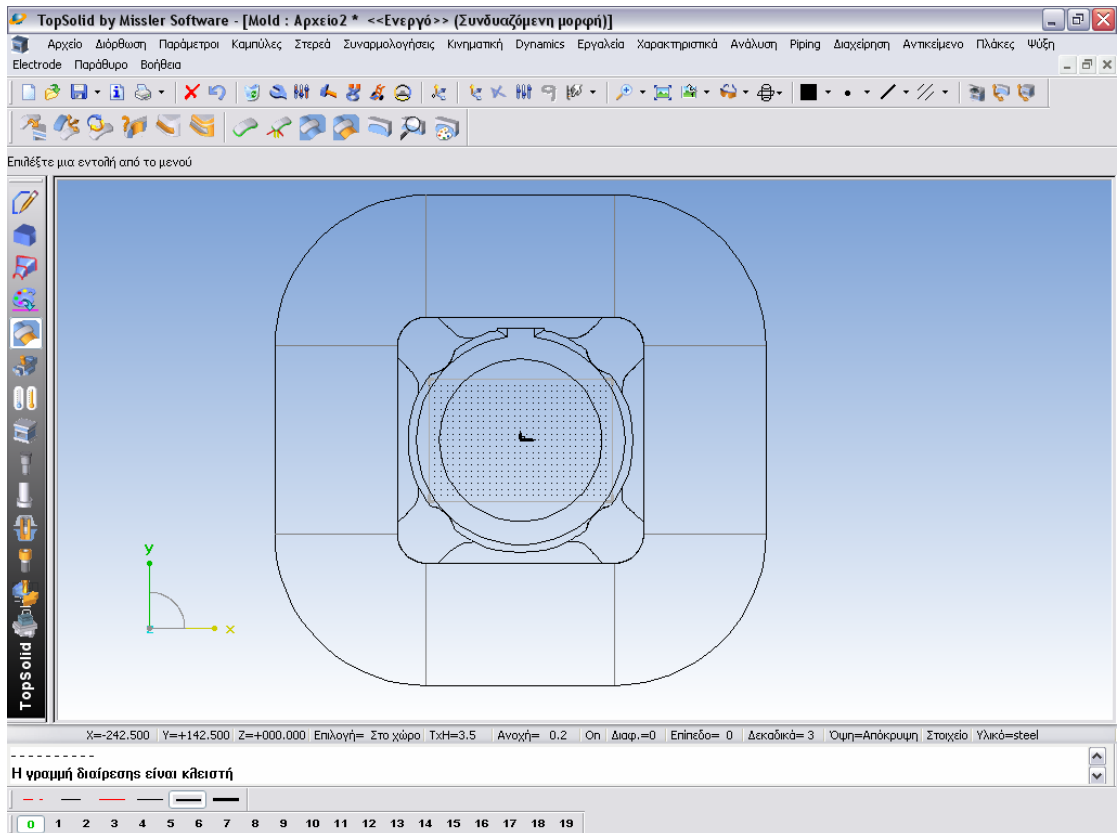
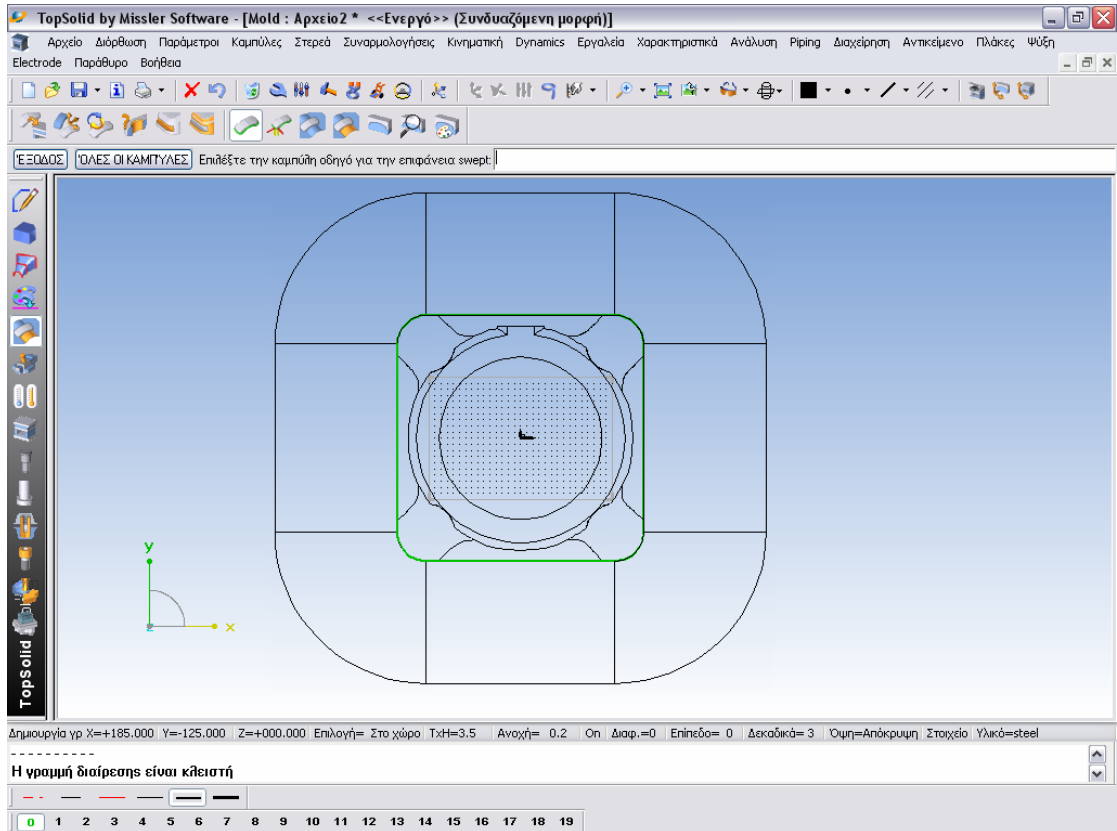
7. Στην μπάρα εργασιών Part and Block κάνουμε κλικ στο δημιουργία γραμμών διαίρεσης → επιλέγουμε το μοντέλο → προέκταση εμφανίζονται δύο κίτρινες γραμμές περιμετρικά του μοντέλου → επιλέγουμε την κάτω γραμμή και αυτόματα γίνεται πράσινη (προσοχή πρέπει στη μπάρα κάτω αριστερά να γράψει ότι η γραμμή είναι κλειστή) → έξοδος .



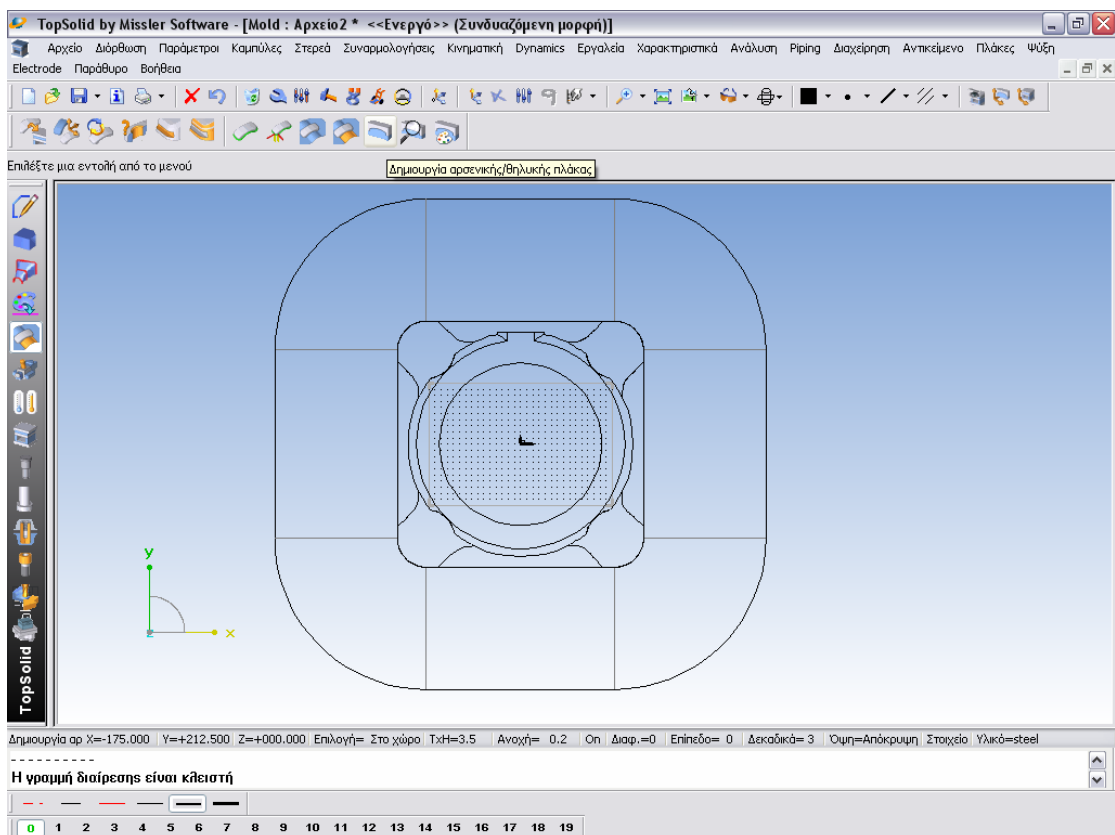
8. Κλικ στο εικονίδιο view → κάτωγη → προέκταση → κλικάρουμε την κάτω ακμή δύο φορές, μία για αρχή και μία για τέλος → ok και σέρνουμε το ποντίκι προς τα κάτω μέχρι να φανεί ένα πράσινο τετράγωνο και κλικ κάπου εκεί ώστε να μείνει σταθερό αυτό το τετράγωνο. Κατόπιν κάνουμε ακριβώς το ίδιο βήμα και για τις επόμενες τρεις ακμές . Μόλις εμφανιστούν και τα τέσσερα τετράγωνα → έξοδος → Αλλάζουμε το FILLED σε SWEPT και κάνουμε κλικ σε ένα από τα τέσσερα R (ράδια), κλικ στην ακμή του αριστερού τετραγώνου και ξανά κλικ στην ακμή του δεξιού τετραγώνου. Επαναλαμβάνουμε το ίδιο βήμα και για τα υπόλοιπα τρία R. Στη συνέχεια πατάμε έξοδος → ενοποίηση → ok.

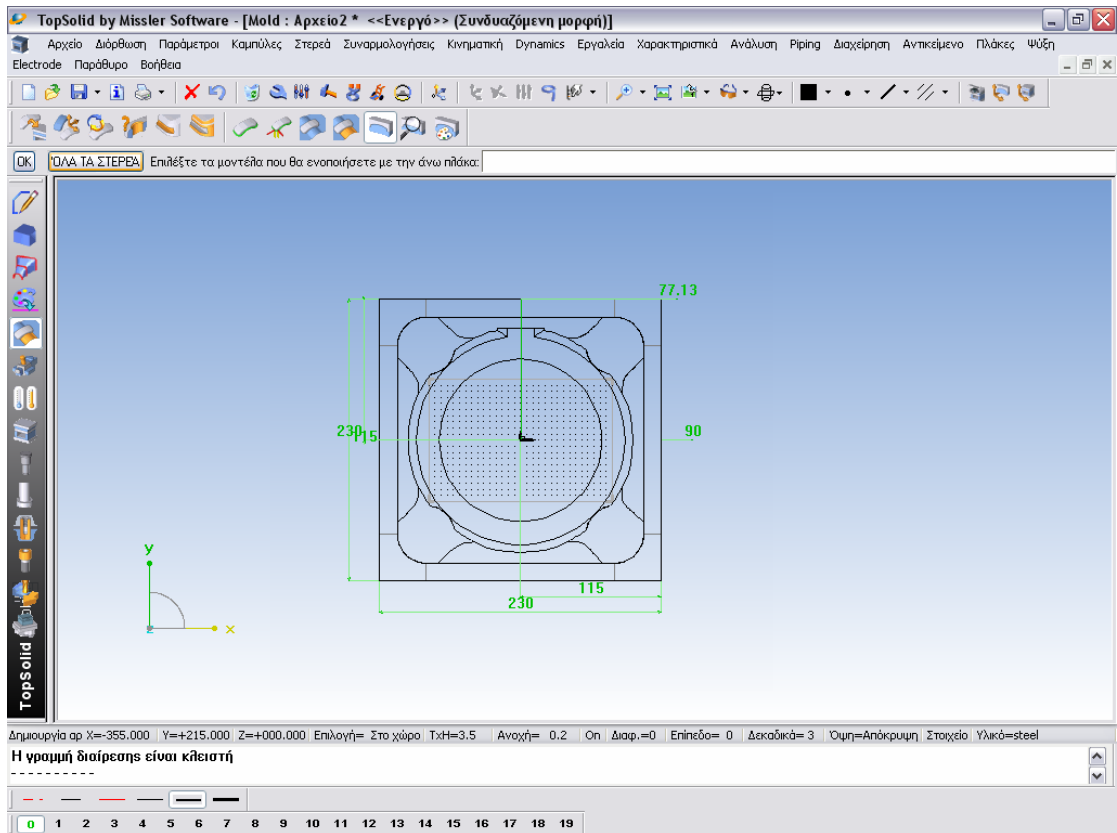
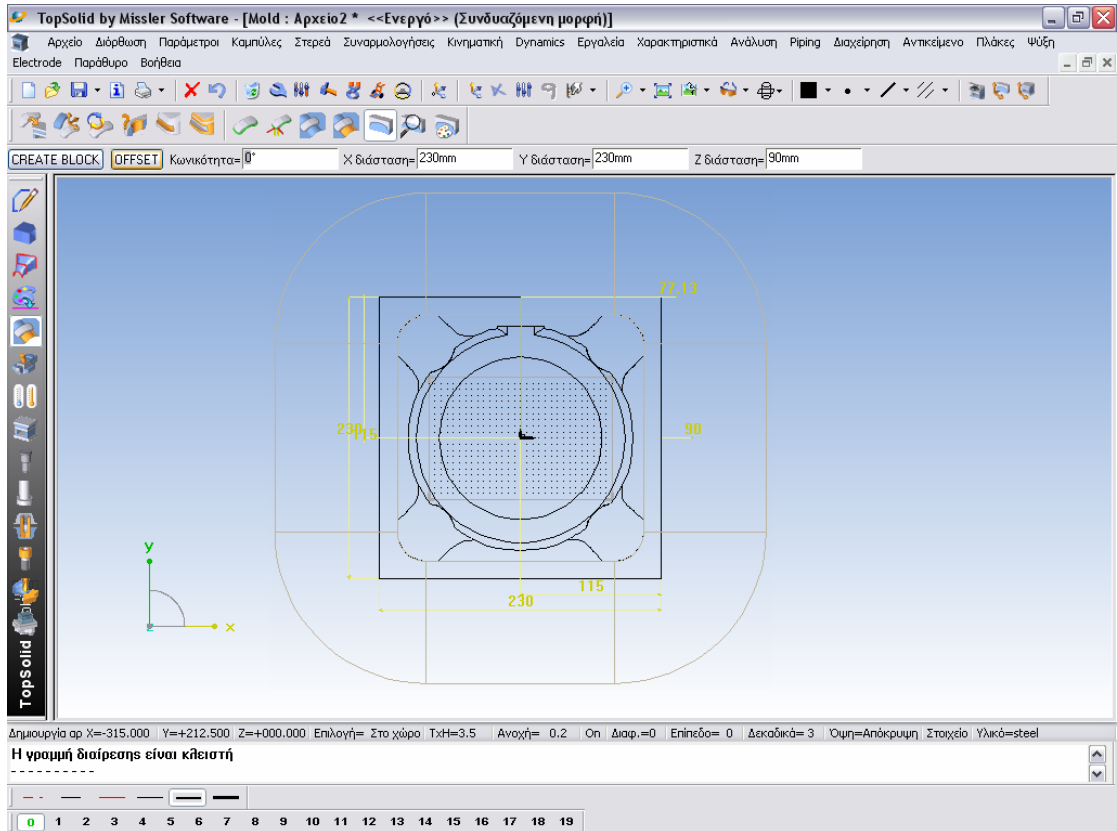


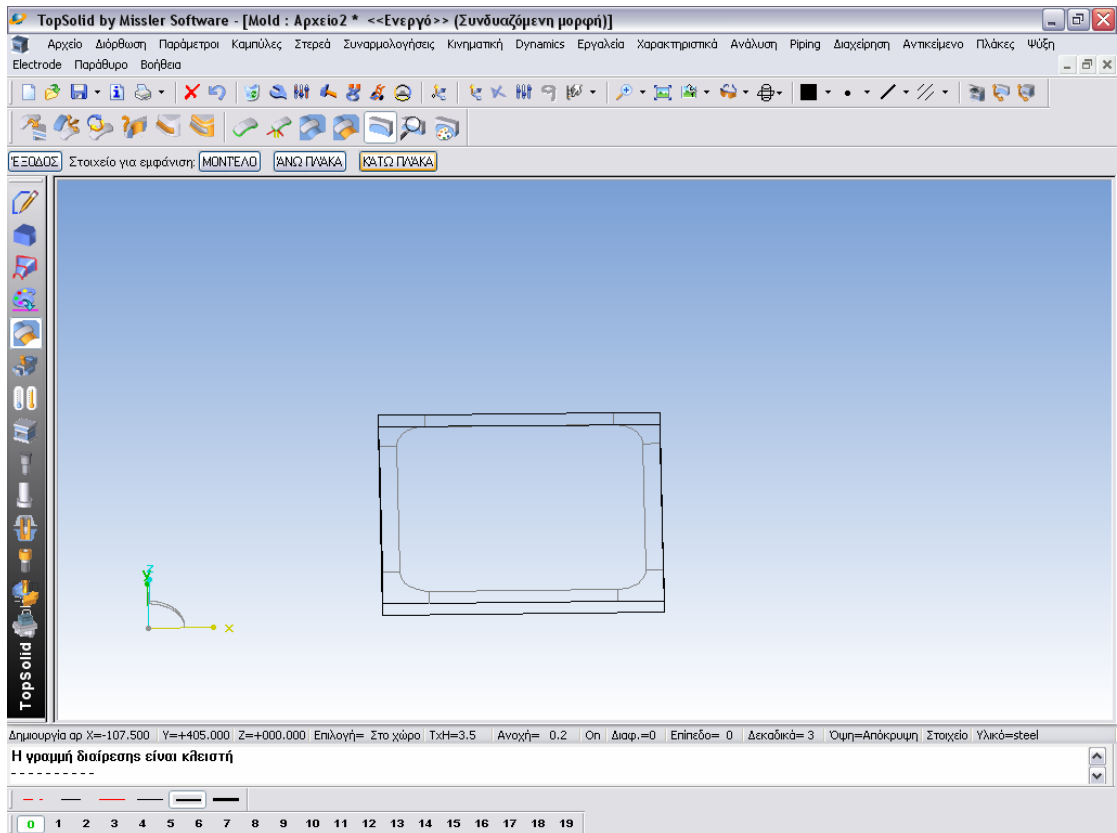
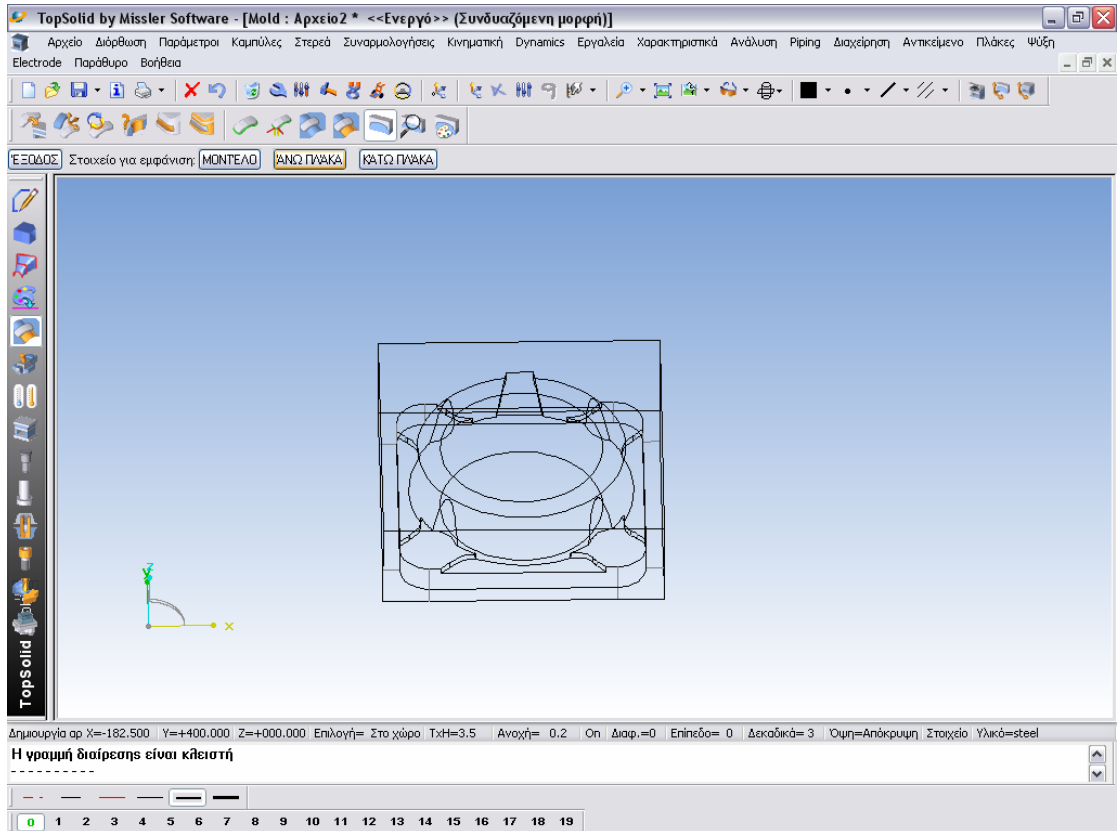




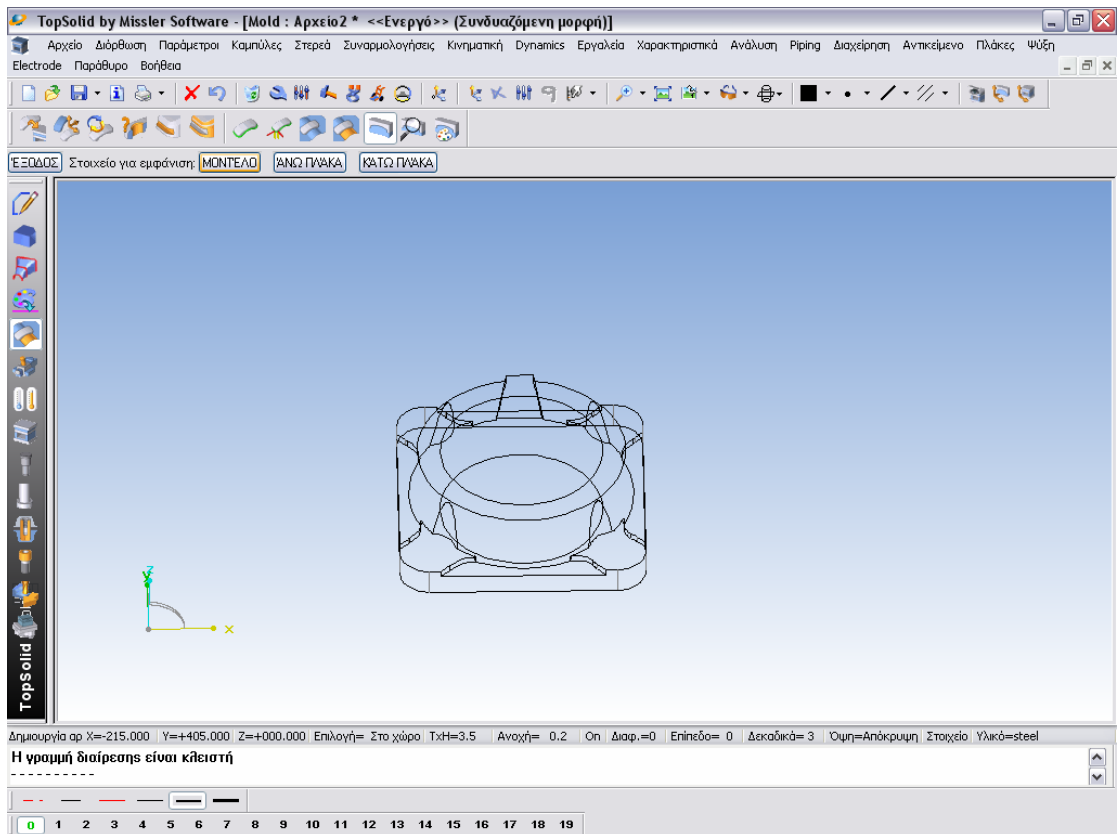
9. Από την μπάρα εργασιών Part and Block κλικ στο δημιουργία αρσενικής θυλικής πλάκας → ενεργό σύστημα συντεταγμένων → επιλογή όλων των μοντέλων → create block → όλα τα στερεά → Κάτω πλάκα → άνω πλάκα → έξοδος.



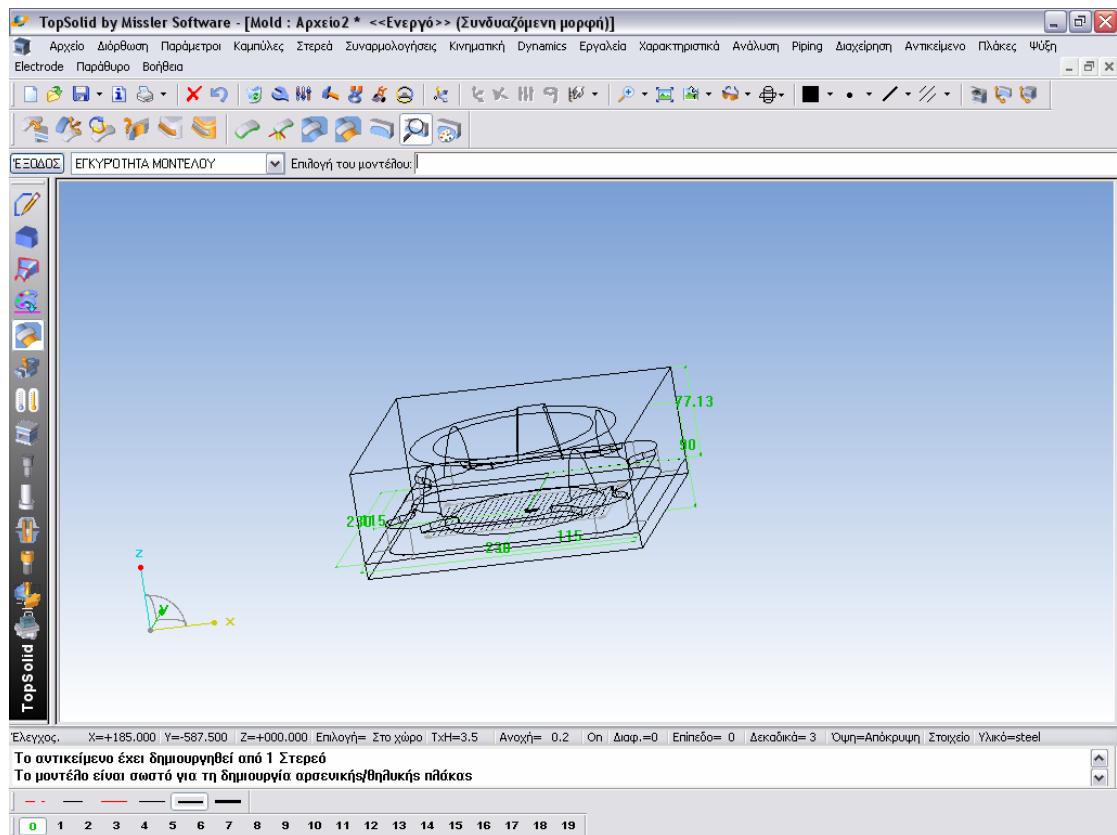








10. Κάνοντας έλεγχο μπορείς να δεις αν το μοντέλο είναι σωστό βλέποντας τα μηνύματα που εμφανίζονται από κάτω .



11. Αρχείο → αποθήκευση ως όνομα αρχείου telsxedio3 ok.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Σύνοψη – Συμπεράσματα

Με την χρήση λογισμικού τρισδιάστατης σχεδίασης Top Solid (3d modeling) μπορούμε να σχεδιάσουμε διαφόρων τύπων μηχανολογικών εξαρτημάτων με μεγάλη ακρίβεια διαστάσεων και ανοχών, μπορούμε επίσης να σχεδιάσουμε και να δημιουργήσουμε καλούπια χυτών εξαρτημάτων. Το παράδειγμα εδράνου ολίσθησης που έχει παραχθεί από την χύτευση ελατού χυτοσιδήρου μπορεί να επαναληφθεί σε οποιοδήποτε άλλο χυτό μηχανολογικό εξάρτημα διαφορετικού τύπου υλικού.

## **ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ**

- [http://www.chaviaras.gr/alphafry\\_usa\\_el.asp](http://www.chaviaras.gr/alphafry_usa_el.asp)
- <http://www.arxaiologia.gr/assets/media/PDF/migrated/1457.pdf>.
- <http://www.tm.teiher.gr/>