

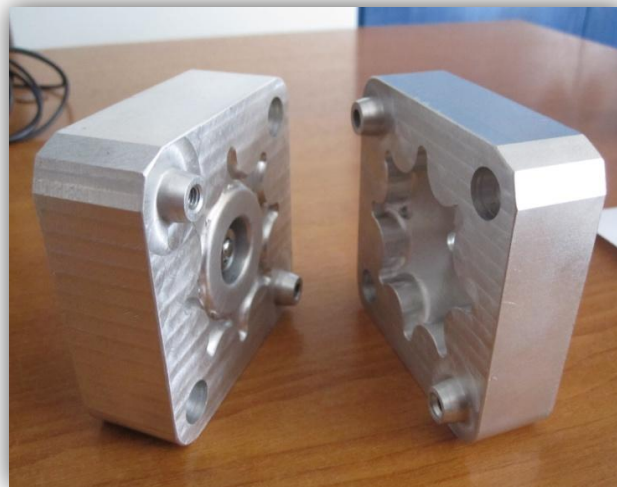


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΣΤΕΦ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ
ΗΡΑΚΛΕΙΟ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΤΙΤΛΟΣ ΕΡΓΑΣΙΑΣ:

**Σχεδιασμός και κατασκευή καλουπιού σε ψηφιακά
καθοδηγούμενη εργαλειομηχανή για χύτευση
πλαστικών τεμαχίων.**



ΕΠΙΒΛΕΨΗ: Καθηγητής Βιδάκης Νεκτάριος, Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός
Πετούσης Μάρκος Δρ. Μηχανολόγος Μηχανικός
ΕΠΙΜΕΛΕΙΑ: Κοτρογιάννης Δημήτριος

ΚΡΗΤΗ 2011

ΕΥΧΑΡΙΣΤΙΕΣ

Με την παρουσίαση της πτυχιακής μου εργασίας ολοκληρώνεται ένας μικρός κύκλος σπουδών που ξεκίνησε το 2005 με την εισαγωγή μου στο Τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Ιδρύματος Κρήτης στο Ηράκλειο.

Αρχικά, θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου Κοτρογιάννη Γεώργιο και Καρλατήρα Ελένη για την αμέριστη και συνεχή συμπαράσταση τους, την ψυχολογική στήριξη και καθοδήγησή τους καθ' όλη τη διάρκεια των σπουδών μου.

Ευχαριστώ επίσης, τους επιβλέποντες καθηγητές μου κύριο Βιδάκη Νεκτάριο και Πετούση Μάρκο για την εμπειριστατωμένη τους καθοδήγηση, τις εύστοχες υποδείξεις και οδηγίες κατά τη διάρκεια της εκπόνησης της πτυχιακής μου εργασίας.

Τέλος, επιθυμώ να εκφράσω την άπειρη εκτίμηση μου στον κύριο Αγγελάκη Μιχαήλ για τη μετάδοση των γνώσεών του στη λειτουργία των εργαλειομηχανών CNC.

ΣΚΟΠΟΣ

Σκοπός της εργασίας αυτής είναι η κατασκευή καλουπιού από αλουμίνιο στην CNC φρέζα HAAS VF-2 του εργαστηρίου μηχανολογίας. Για να κατασκευαστεί το καλούπι θα πρέπει αρχικά να γίνει ο σχεδιασμός του αντικειμένου στο τρισδιάστατο παραμετρικό σχεδιαστικό πρόγραμμα PTC PRO ENGINEER WILDFIRE 4. Μέσω του λογισμικού αυτού θα πραγματοποιηθεί σχεδιασμός του καλουπιού και θα προσομοιωθούν όλες οι κατεργασίες κοπής του ακατέργαστου υλικού ενώ παράλληλα θα παραχθεί ο κώδικας G που είναι χρήσιμος για την επικοινωνία του λογισμικού με τον ελεγκτή της CNC φρέζας. Τελευταίο και πειραματικό στάδιο είναι χύτευση εν κενό του καλουπιού στην μηχανή MK-MINI με ρητίνη 2 συστατικών της εταιρίας AXSON που χρησιμοποιείται σε καλούπια σιλικόνης.

Πίνακας περιεχομένων

Κεφάλαιο 1: CNC ΦΡΕΖΕΣ.....	6
1.1 Εισαγωγή	6
1.2 Ιστορική Εξέλιξη.....	6
1.3 CNC.....	8
1.3.1 Λειτουργία CNC.....	8
1.3.2 Πλεονεκτήματα CNC.....	8
1.3.3 Βήματα Διαδικασίας.....	9
1.3.4 Λογισμικά CAD/CAM/CAE.....	10
Κεφάλαιο 2: ΦΡΕΖΕΣ	11
2.1 Είδη Φρεζομηχανών.....	11
2.2 Κύρια Μέρη.....	12
2.3 Αρχή Λειτουργίας	12
2.4 Καθορισμός των Αξόνων	13
2.5 Απόλυτες και Σχετικές Συντεταγμένες.....	15
2.6 Φρεζάρισμα.....	15
2.7 Διάτρηση με Φρέζα.....	18
2.8 Υγρή / Ξηρή Κατεργασία	20
2.8.1 Κατεργασία με υγρό κοπής.....	20
2.8.2 Κατεργασία Χωρίς Υγρό Κοπής (Dry Machining)	22
2.9 Κοπτικά Εργαλεία και Υλικά για Επιτραπέζιο Φρεζάρισμα.....	23
2.9.1 Κοπή.....	23
2.9.2 Απόβλητο	24
2.10 Βασικά Στοιχεία Μηχανικής Κατά το Φρεζάρισμα.....	25
2.11 Κατηγορίες Φρεζαρίσματος, Κοπτικών Εργαλείων και Επιλογή Κατά το Επιτραπέζιο Φρεζάρισμα	28
2.11.1 Κατηγορίες Φρεζαρίσματος (Milling)	28
2.11.2 Κονδύλια (End Mills)	29
2.11.3 Τρόποι Εισχώρησης Κοπτικού Εργαλείου στην Πρώτη Ύλη.....	34
2.12 Μηχανική Φρεζαρίσματος — Βασικές Εξισώσεις	35
2.13 Μηχανική Διάτρησης & Σπειροτόμησης - Βασικές Εξισώσεις.....	40
2.14 Σφαιροειδή Κονδύλια (ball nose end mills)	41
2.15 Κανόνες Επιλογής και Χρήσης Κοπτικών Εργαλείων.....	43
2.16 Υλικά Κοπτικών Εργαλείων.....	45
2.17 Φθορά Κοπτικών Εργαλείων.....	46
2.18 Τρόποι Συγκράτησης Ακτέργαστων Τεμαχίων	48
2.19 Προγραμματισμός	49
2.20 Είδη Συντήρησης Εργαλειομηχανών Ψηφιακής Καθοδήγησης	50
2.21 Ασφάλεια με τις ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές.....	51
Κεφάλαιο 3: ΚΑΛΟΥΠΙΑ.....	53
3.1 Εισαγωγή	53
3.2 Βασική Ορολογία.....	54
3.3 Οδηγοί - Στήλες και Δακτύλιοι Οδηγήσεως.....	55
3.3.1 Λειτουργία της Στήλης και του Δακτυλίου Οδηγήσεως.....	55
3.3.2 Μέγεθος και Ανοχή των Στηλών και Δακτυλίων Οδηγήσεως.....	56
3.3.3 Διάταξη των Στηλών Οδήγησης.....	57
3.4 Εξώθηση του Αντικειμένου από το Καλούπι	59
3.5 Επιφάνεια Διαχωρισμού.....	62
3.5.1 Επίπεδη Επιφάνεια Διαχωρισμού.....	63

3.5.2 Μη Επίπεδη Επιφάνεια Διαχωρισμού.....	64
3.6 Συστήματα Απαγωγής Αέρα από τον Κοίλο Χώρο του Καλουπιού.....	67
3.7 Προσδιορισμός του Συντελεστή Συστολής ή Συρρίκνωσης του Σχεδιαστικού Προτύπου.....	68
3.8 Draft Angle (Κωνικότητα).....	69
3.9 Weld Line (Γραμμή Συγκόλλησης).....	69
Κεφάλαιο 4: PLASTIC ADVISOR.....	71
4.1 Οδηγός Λειτουργίας Plastic Advisor	71
4.2 Εφαρμογή Σχεδιασμού στο Πειραματικό Τεμάχιο	80
Κεφάλαιο 5: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ ΣΤΟ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ PRO/ENGINEER.....	83
5.1 Εισαγωγή	83
5.2 Η Σημασία της Ακρίβειας (Accuracy) στο Pro/Moldesign	86
5.3 Οδηγός Λειτουργίας Pro/Moldesign	87
5.3.1 Βασικές Ρυθμίσεις	87
5.3.2 Επεξήγηση Εικονιδίων Δεξιάς Μπάρας.....	90
5.3.3 Παράδειγμα Σχεδιασμού	92
5.3.5 Εφαρμογή Σχεδιασμού στο Πειραματικό Τεμάχιο.....	136
Κεφάλαιο 6: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ	142
Κεφάλαιο 7: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ G ΚΩΔΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ CONTROLLER HAAS	156
Κεφάλαιο 8: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΠΛΑΚΩΝ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ.....	159
8.1 Εισαγωγή	159
8.2 Βήματα Διαδικασίας.....	159
Κεφάλαιο 9: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ ΧΥΤΕΥΣΗΣ	172
Κεφάλαιο 10: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ.....	179
10.1 Γενικά	179
10.2 Υλικών χύτευσης και χύτευσης	179
10.3 Κατεργασίας αλουμινίου	179
10.4 Βελτίωσης καλουπιού.....	180
10.5 Διαστατικής ακρίβειας κατασκευής του καλουπιού	180
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ.....	181
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ	183
ΟΔΗΓΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΦΡΕΖΑΣ HAAS VF-2	183
ΟΔΗΓΟΣ ΧΡΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ MK-MINI	216

Κεφάλαιο 1: CNC ΦΡΕΖΕΣ

1.1 Εισαγωγή

CNC = Computer Numerical Control

Οι CNC (υπολογιστικές αριθμητικές ελεγχόμενες) μηχανές είναι πολύπλοκα εργαλεία επεξεργασίας υλικών που μπορούν να δημιουργήσουν πολύπλοκα εξαρτήματα που απαιτούνται από τη σύγχρονη τεχνολογία, οι οποίες αυξάνονται ραγδαία με την πρόοδο των υπολογιστών. Οι CNC μπορούν να βρεθούν σε μηχανές που εκτελούν τις εργασίες όπως τόννοι, φρέζες, κοπή και χάραξη με λέιζερ, υδροκοπή και άλλων βιομηχανικών εργαλείων. Ο όρος CNC αναφέρεται σε μια μεγάλη ομάδα από αυτά τα μηχανήματα που χρησιμοποιούν τη λογική υπολογιστή για τον έλεγχο των κινήσεων για να εκτελεσθεί η κατεργασία.

1.2 Ιστορική Εξέλιξη

Το κίνητρο της 'εφεύρεσης' του αριθμητικού ελέγχου (NC) ήταν η ευκολότερη και γρηγορότερη παραγωγή εξαρτημάτων αεροπλάνων στο πόλεμο των Ιαπώνων με τους Αμερικάνους στον Ειρηνικό Ωκεανό, όπου οι δεύτεροι είχαν εξαιρετικά μεγάλες απώλειες. Η ταχεία παραγωγή και επισκευή αεροσκαφών και ανταλλακτικών στάθηκε πραγματικός πονοκέφαλος για τους μηχανικούς της αεροπορικής βιομηχανίας. Έτσι, πέρα από τη μειωμένη παραγωγική ικανότητα των συμβατικών εργαλειομηχανών, η συνεχής παραγωγή χωρίς συντήρηση και η κόπωση των τεχνιτών οδηγούσε, συχνά, σε ελαττωματικά και επικίνδυνα τεμάχια. Ακόμα, οι απαιτήσεις της βιομηχανίας για ακόμα πιο σύνθετα τεμάχια, δεν μπορούσαν να καλυφθούν από τα συμβατικά μηχανουργεία. Η ιστορική εξέλιξη της εφαρμογής αριθμητικού ελέγχου στις εργαλειομηχανές είναι η ακόλουθη:

1949 Ανάπτυξη αυτοματοποιημένων εργαλειομηχανών ανατέθηκε στον John Pearson και στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης (MIT).

1952 Κατασκευάστηκε η πρώτη μηχανή αριθμητικού ελέγχου, μία Cincinnati Hydrotel, με κατακόρυφη άτρακτο, ταυτόχρονη κίνηση σε τρεις άξονες (3D γραμμική παρεμβολή), 400 περίπου διόδους στη μονάδα ελέγχου και ανάγνωση δεδομένων από διάτρητη ταινία.

1954 Η εταιρία Bendix άρχισε βιομηχανική παραγωγή εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου.

1958 Εμφανίστηκε η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού αριθμητικού ελέγχου η APT (Automatically Programmed Tool) σε συσχετισμό με υπολογιστή IBM 704.

1960 Αντικαταστάθηκαν ρελέ και δίοδοι της μονάδας ελέγχου με τρανζίστορ.

1965 Αυτοματοποιήθηκε η αλλαγή εργαλείων

1968 Εφαρμόστηκαν ολοκληρωμένα κυκλώματα με άμεσο αντίκτυπο στο μέγεθος της μονάδας ελέγχου.

1969 Εμφανίστηκε το πρώτο DNC (σημαίνει κατανεμημένος (**DISTRIBUTED**) και όχι άμεσος(DIRECT) - Standard Omnicontrol φυσικά σε υπολογιστή IBM.

1970 Υλοποιήθηκε η αυτόματη αλλαγή παλετών.

1972 Δημιουργήθηκε η πρώτη γενιά CNC σε mini υπολογιστές.

1976 Άρχισαν να χρησιμοποιούνται πολλαπλοί επεξεργαστές στην αρχιτεκτονική των μονάδων ελέγχου, πράγμα που διευκόλυνε τη διεύρυνση των λειτουργιών που είναι εφικτές στην ίδια την εργαλειομηχανή (κυρίως ο προγραμματισμός της μηχανής).

1980 Ο προγραμματισμός της εργαλειομηχανής υποστηρίζεται από γραφικά με κάποιο είδος προσομοίωσης στην ίδια την μονάδα ελέγχου.

1985 Ξεκίνησε η δημιουργία 'ανοιχτών' συστημάτων και τυποποιημένων πρωτόκολων επικοινωνίας για την ενσωμάτωση των εργαλειομηχανών σε περιβάλλον CIM.

1990 Εμφανίστηκαν ψηφιακά interfaces μεταξύ μονάδας ελέγχου και μονάδας κίνησης που βελτίωσαν πολύ την ακρίβεια και τη δυναμική συμπεριφορά των αξόνων.

1993 Χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά λειτουργικό σύστημα Windows στην μονάδα ελέγχου.

Σημειώνεται ότι η κύρια και τεχνικά πιο απαιτητική εφαρμογή του αριθμητικού ελέγχου γίνεται σε εργαλειομηχανές κοπής, όπου τυπικά ένα εργαλείο ακολουθεί μία γεωμετρική τροχιά. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν χρησιμοποιείται αριθμητικός έλεγχος και σε εργαλειομηχανές διαμόρφωσης (ελασμάτων, σωλήνων κλπ), αλλά και σε μη συμβατικές μηχανές κατεργασιών, όπως η ηλεκτροδιάβρωση.

1.3 CNC

1.3.1 Λειτουργία CNC

CNC είναι η καθοδήγηση μιας εργαλειομηχανής με τη βοήθεια μιας σειράς κωδικοποιημένων εντολών που αποτελούνται από αριθμούς, γράμματα του αλφαβήτου και σύμβολα τα οποία μπορεί να κατανοήσει η μονάδα ελέγχου της μηχανής (machine control unit , MCU). Οι εντολές αυτές μετατρέπονται σε παλμούς ηλεκτρικού ρεύματος τους οποίους ακολουθούν οι κινητήρες και οι μονάδες ελέγχου της μηχανής έτσι ώστε να εκτελεστούν οι μηχανολογικές εργασίες σε ένα εξάρτημα. Οι αριθμοί τα γράμματα και τα σύμβολα είναι κωδικοποιημένες εντολές που αναφέρονται σε συγκεκριμένες αποστάσεις, θέσεις, λειτουργίες ή κινήσεις τις οποίες μπορεί να κατανοήσει η εργαλειομηχανή καθώς διαμορφώνει το εξάρτημα.

Όλες οι διαδικασίες καθοδήγησης και έλεγχου των εργαλειομηχανών CNC από το χέρι τους είναι μονόδρομες. Ο τεχνικός CNC καθορίζει την ακολουθία των κινήσεων της εργαλειομηχανής, τις τιμές των συνθηκών κατεργασίας (πρόωση, βάθη κοπής, ταχύτητα κοπής, κ.λ.π), ελέγχει τη χρήση ή όχι του υγρού κοπής, διαχειρίζεται τα κοπτικά εργαλεία, κ.λ.π. Για όλα αυτά, συντάσσει ένα πρόγραμμα καθοδήγησης σε τυποποιημένη γλώσσα προγραμματισμού (κώδικας), μεταφέρει τον κώδικα στη μονάδα έλεγχου και ενεργοποιεί την εκτέλεση του προγράμματος.

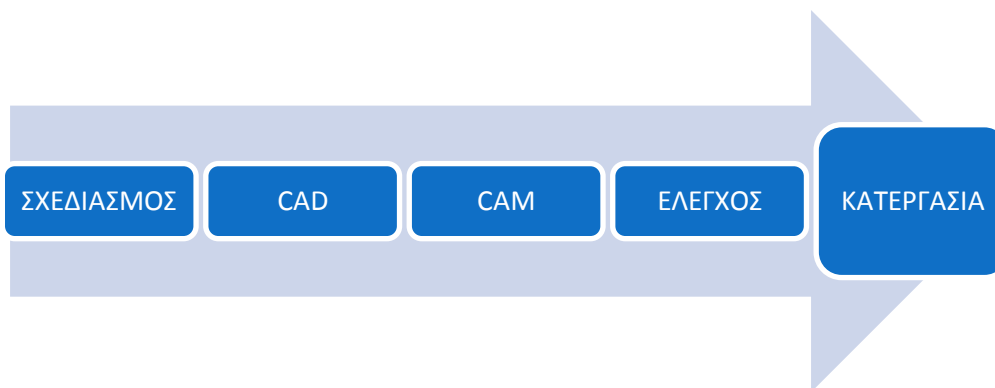
Η CNC καθοδήγηση έχει το πλεονέκτημα της συνεργασίας της με συστήματα σχεδίασης (Computer Aided Design, CAD) και συστήματα κατεργασιών (Computer Integrated Manufacturing, CIM) και ευέλικτα συστήματα παραγωγής (Flexible Manufacturing Systems, FMS). Επιπλέον, ένα μεγάλο ποσοστό υπολογισμών και διαδικασιών έλεγχου καθοδήγησης διεξάγονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή ταχύτερα και με μικρότερο κόστος.

1.3.2 Πλεονεκτήματα CNC

- Ελαττωμένος χρόνος προετοιμασίας για παραγωγή.
- Ελάττωση ανθρώπινου σφάλματος.
- Μεγάλος βαθμός ακρίβειας.
- Πολύπλοκες μηχανουργικές κατεργασίες.
- Αυξημένη παραγωγικότητα.
- Μεγαλύτερη ασφάλεια της εργαλειομηχανής.
- Μικρότερη ανάγκη επίβλεψης.
- Μεγαλύτερη χρήση της μηχανής.
- Μεγαλύτερη ασφάλεια του χειριστή.
- Μεγαλύτερη απόδοση του χειριστή.
- Ελάττωση των άχρηστων υλικών.

1.3.3 Βήματα Διαδικασίας

- **ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ:**
Σκέψη, ορισμός προδιαγραφών και σχεδιασμός τεμαχίου.
- **CAD:**
Μετάφραση της σκέψης στον υπολογιστή. Σχεδιασμός του τεμαχίου σε πρόγραμμα 3D (Τρισδιάστατης απεικόνισης).
- **CAM:**
Μετατροπή του 3D σχεδίου με την χρήση του υπολογιστή στην γλώσσα της μηχανής.
- **ΕΛΕΓΧΟΣ:**
Κατεύθυνση των κινήσεων της μηχανής.
- **ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ:**
Κατασκευή του τεμαχίου σύμφωνα με τις προδιαγραφές.



Σχήμα 1: Διάγραμμα ροής διαδικασίας CNC.

1.3.4 Λογισμικά CAD/CAM/CAE

CAD = Computer Aided Design.

Computer Aided Design (CAD) είναι η ψηφιακή δημιουργία ενός προϊόντος, εξαρτήματος ή συναρμολογήματος.

Ως έννοια περιλαμβάνει τον αρχικό σχεδιασμό των ιδεών που σχετίζονται με τη δημιουργία ενός αντικειμένου, το βιομηχανικό σχεδιασμό, που περιλαμβάνει το σχεδιασμό ελεύθερων επιφανειών, και μετέπειτα τον λεπτομερή σχεδιασμό που θα καθορίσει την τελική μορφή του προϊόντος, όπως την έχει συλλάβει ο σχεδιαστής. Η ψηφιακή αυτή δημιουργία μπορεί να γίνει αντικείμενο περαιτέρω ανάλυσης προτού πάρει έγκριση για να προωθηθεί στην παραγωγή. Η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, επιτρέπει γρήγορες και ακριβείς τροποποιήσεις και ελαχιστοποιεί τα λάθη που προέρχονται από τον ανθρώπινο παράγοντα.

Χρησιμοποιώντας κάποιο CAD λογισμικό, μπορούν να παραχθούν πιο καινοτόμα σχέδια σε μικρότερο χρονικό διάστημα και με μικρότερο κόστος. Με ένα CAD λογισμικό για τρισδιάστατη στερεά μοντελοποίηση, έχετε καλύτερη αντίληψη του μοντέλου και μπορείτε να δημιουργήσετε σχέδια παραγωγής, τρισδιάστατα σχέδια, σχέδια διαδικασιών συναρμολόγησης, φωτορεαλιστικές εικόνες και κινηματική προσομοίωση.

CAM - Computer Aided Manufacturing

Computer Aided Manufacturing είναι η διαδικασία όπου τα CAD δεδομένα επεξεργάζονται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή για την καθοδήγηση CNC εργαλειομηχανών.

Η ψηφιακή πληροφορία ενός κομματιού εισάγεται στο σύστημα CAM από το λογισμικό CAD. Η πληροφορία μπορεί να είναι σε δισδιάστατη (2D) ή τρισδιάστατη (3D) μορφή, ανάλογα με την κατεργασία για την οποία προορίζεται.

CAE - Computer Aided Engineering

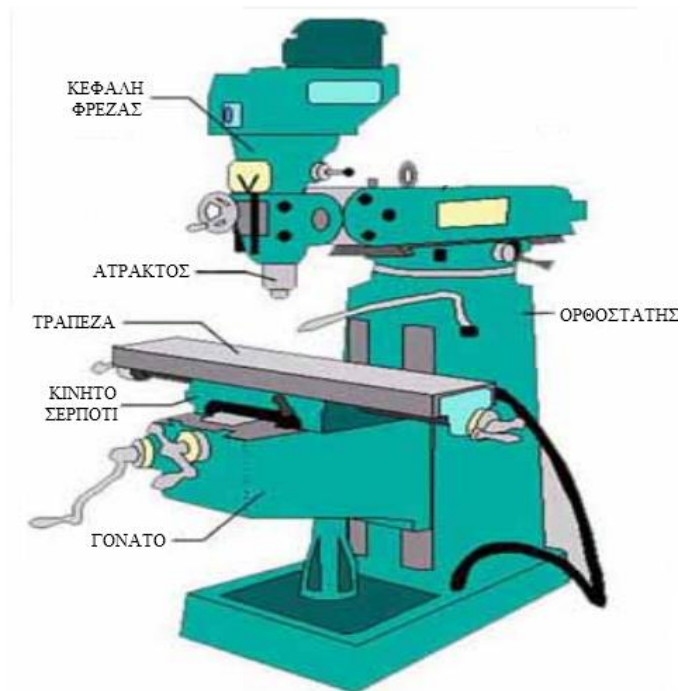
Computer Aided Engineering είναι ο όρος που χρησιμοποιείται για να περιγράψει την προσομοίωση, την επαλήθευση και την ανάλυση που πραγματοποιείται σε ένα ψηφιακό μοντέλο, προϊόν ή συναρμολόγημα, με τη βοήθεια του H/Y. Με τα προγράμματα CAE, εξετάζεται και αξιολογείται η απόδοση ενός προϊόντος, πριν το στάδιο της παραγωγής, χωρίς να χρειαστεί να δημιουργηθεί ένα φυσικό πρωτότυπο. Με εξελιγμένα εργαλεία προσομοίωσης και ανάλυσης, οι μηχανικοί μπορούν να δοκιμάσουν τη δομική και τη θερμική απόδοση, τις δονήσεις, την ανθεκτικότητα και την κινησιακή απόδοση του προϊόντος, από το τρισδιάστατο CAD σχέδιο. Ορισμένα CAD/CAM συστήματα περιλαμβάνουν κάποια απλά εργαλεία ανάλυσης, αλλά για πιο απαιτητικές αναλύσεις, υπάρχουν πιο εξειδικευμένα προγράμματα. Επιπρόσθετα, υπάρχει μια γκάμα εργαλείων βιομηχανικής ανάλυσης και προσομοίωσης, όπως η ανάλυση ροής πλαστικού και η επαλήθευση της βελτιστοποίησης της διαδικασίας injection moulding. Η διαδικασία χύτευσης μετάλλου, μπορεί να προσομοιωθεί και να βελτιστοποιηθεί, ελαχιστοποιώντας τη σπατάλη ακριβών πρώτων υλών και εξασφαλίζοντας ένα χυτό υψηλής ποιότητας.

Κεφάλαιο 2: ΦΡΕΖΕΣ

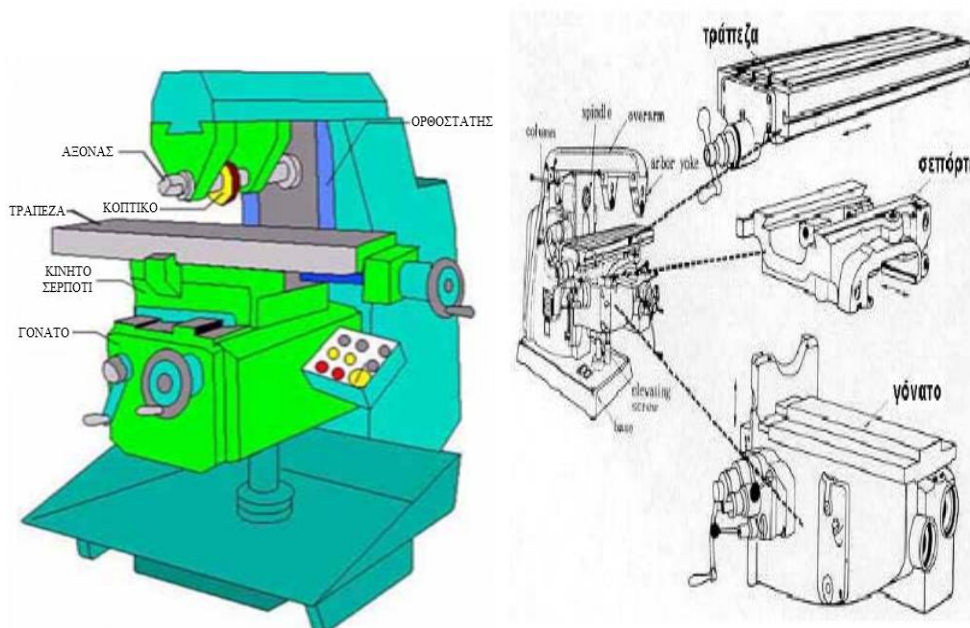
2.1 Είδη Φρεζομηχανών

Υπάρχουν δύο είδη φρεζομηχανών:

- Οριζόντιας ατράκτου.
- Κατακόρυφης-κάθετης ατράκτου.



Εικόνα 1: Λεπτομερή απεικόνιση κάθετης φρεζομηχανής.



Εικόνα 2: Λεπτομερή απεικόνιση οριζόντιας φρεζομηχανής και σεροτί(φορείου)

Με βάση τους άξονες που ενσωματώνουν οι περισσότερες CNC εργαλειομηχανές χαρακτηρίζονται ως τριών (3), τεσσάρων (4) ή και πέντε (5) αξόνων. Σε επιτραπέζια κλίμακα όμως συναντώνται κυρίως μηχανές τριών (3) αξόνων, σε κάποιες από τις οποίες υπάρχει η δυνατότητα εναλλαγής ενός εκ των ευθυγράμμων αξόνων με περιστροφικό μηχανισμό (διαιρέτης). Σε σπανιότερες περιπτώσεις υπάρχουν και επιτραπέζιες μηχανές τεσσάρων αξόνων με δυνατότητα ταυτόχρονης κίνησης τριών ευθυγράμμων αξόνων και ενός περιστροφικού.

2.2 Κύρια Μέρη

Κυρία μέρη σε φρέζες αριθμητικού έλεγχου αποτελούν:

Οι άξονες της εργαλειομηχανής: Με αυτούς επιτελείται συνδυασμός γραμμικών και περιστροφικών κινήσεων. Κάθε άξονας νοείται τόσο με την κινηματική του έννοια, όσο και σαν σύστημα μετάδοσης κίνησης και ισχύος ή μέτρησης επί αυτού των στοιχείων κίνησης (θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση). Οι άξονες, η κίνησή τους και ο έλεγχός τους είναι αποφασιστικής σημασίας για την κατάταξη, το χαρακτηρισμό και τις δυνατότητες των επιτραπέζιων CNC φρεζομηχανών.

Ο κινητήρας κύριας ατράκτου δια του οποίου συντελείται η περιστροφή του κοπτικού εργαλείου.

Το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου, το οποίο περιλαμβάνει συνήθως ένα αριθμό μικροεπεξεργαστών, μνήμης (RAM & ROM) και ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για την επεξεργασία και διαχείριση του προγράμματος κοπής καθώς και ηλεκτρονικά ισχύος για τον έλεγχο των αξόνων. Διάφορα περιφερειακά για την εισαγωγή του προγράμματος στη μηχανή, την εκτύπωση αρχείων και ενδεχόμενα την παρακολούθηση της λειτουργίας της εργαλειομηχανής.

Ο Η/Υ και το λειτουργικό λογισμικό χρησιμοποιούνται για τη διαχείριση του προγράμματος κοπής στη μηχανή (με ενσωματωμένο CAM ή μέσω post-processor από εξωτερικό CAM), την εκτύπωση αρχείων και ενδεχομένως την παρακολούθηση της λειτουργίας της εργαλειομηχανής.

Συσκευές αλλαγής εργαλείων, υπάρχουν δύο ειδών, η κατακόρυφη και η οριζόντια. Η συσκευή αλλαγής εργαλείων μπορεί να αποθηκεύει αρκετά προτοποθετημένα εργαλεία που μπορούν να κληθούν για χρήση αυτόματα, από το πρόγραμμα του εξαρτήματος. Οι συσκευές αλλαγής εργαλείων είναι συνήθως δύο κατευθύνσεων, πράγμα που επιτρέπει τη μικρότερη απόσταση μετακίνησης για την τυχαία πρόσβαση στο εργαλείο. Ο πραγματικός χρόνος αλλαγής εργαλείων είναι μόνο 3 μέχρι 5 sec.

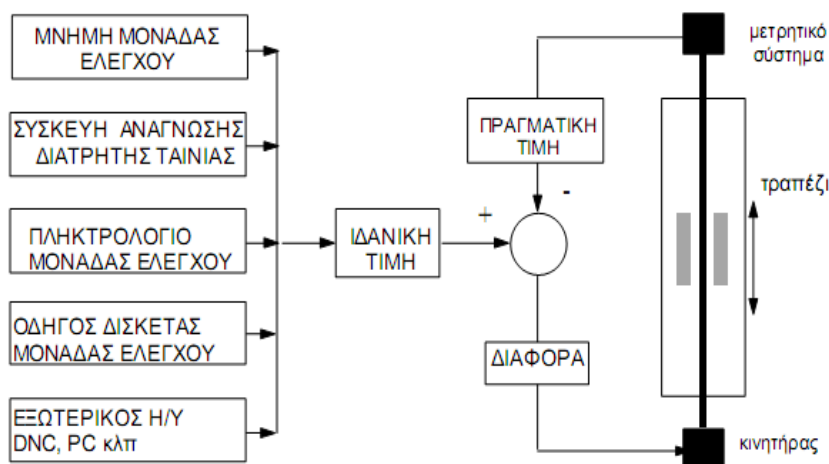
Η MCU (Machine Control Unit) δίνει την δυνατότητα στο χειριστή να εκτελεί μια ποικιλία εργασιών όπως είναι ο προγραμματισμός, η κατεργασία, η διάγνωση, η εποπτεία εργαλείων και μηχανής κλπ. Οι MCU ποικίλουν ανάλογα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Οι νέες MCU είναι περισσότερο εκλεπτυσμένες, πράγμα που κάνει τις εργαλειομηχανές περισσότερο αξιόπιστες και το σύνολο της μηχανουργικής επεξεργασίας λιγότερο εξαρτώμενο από την ανθρώπινη επιδεξιότητα.

2.3 Αρχή Λειτουργίας

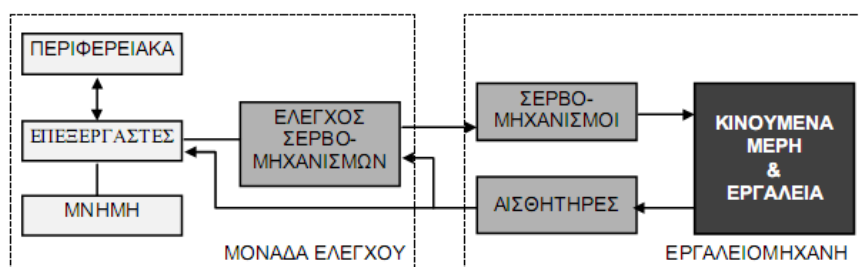
Πρόκειται για ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου ανάδρασης. Οι τιμές αναφοράς που προέρχονται από το πρόγραμμα συγκρίνονται με τις πραγματικές τιμές που μετρώνται όσο συχνά απαιτείται και η διαφορά τους χρησιμοποιείται για την

οδήγηση του συστήματος κίνησης κάθε άξονα ή γενικότερα των πάσης φύσεως ενεργοποιητών (actuators).

Η γενική αρχή λειτουργίας μιας προγραμματιζόμενης εργαλειομηχανής φαίνεται στο σχήμα 2 και 3.



Σχήμα 2: Γενική αρχή λειτουργίας CNC εργαλειομηχανής.



Σχήμα 3: Γενική αρχή λειτουργίας CNC εργαλειομηχανής.

Από τη φύση της κατασκευής τους, οι κινητήρες servo έχουν σταθερή ανάδραση θέσης, λόγω της οπτικής παλμογεννήτριας (optical encoder), με την οποία είναι εφοδιασμένοι. Η συγκεκριμένη συσκευή είναι τοποθετημένη στο πίσω μέρος του κινητήρα και κρατά τον ελεγκτή ενημερωμένο για το πόσο πραγματικά έχει περιστραφεί ο άξονας του κινητήρα. Η ανάδραση θέσης χρησιμοποιείται για να διορθώσει κάθε διαφορά μεταξύ της επιθυμητής και της πραγματικής θέσης. Η σταθερή διορθωτική αυτή διεργασία επιτυγχάνεται σε υψηλές ταχύτητες (μέχρι και τρεις φορές το συνολικό έργο) καθώς και σε περιπτώσεις αυξημένης ισχύος (μέχρι και τρεις φορές τη στρεπτική ροπή) σε υψηλές ταχύτητες. Το σύστημα κλειστού βρόγχου των κινητήρων servo διασφαλίζει επίσης ότι δεν πρόκειται να εμφανιστεί κάποια καθυστέρηση στην κίνηση, εκτός και αν κάποιο αμετακίνητο αντικείμενο εμποδίσει την τροχιά κίνησης.

2.4 Καθορισμός των Αξόνων

Οι άξονες συντεταγμένων και ο τρόπος καθορισμού της θετικής κατεύθυνσης κίνησης για εργαλειομηχανές αριθμητικού ελέγχου περιγράφονται στο ISO-841 του 1974 και στα αντίστοιχα εθνικά πρότυπα DIN, BS κλπ. Ορίζεται δεξιόστροφο καρτεσιανό σύστημα για τους κύριους άξονες X, Y και Z (βλ. Εικόνα 3).

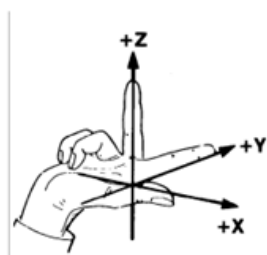
Οι γραμμικοί άξονες μιας εργαλειομηχανής είναι:

- οι κύριοι X, Y, Z,
- οι δευτερεύοντες U, V, W, παράλληλοι προς τις διευθύνσεις X, Y, Z αντίστοιχα.
- οι βοηθητικοί P, Q και R., όχι αναγκαία παράλληλοι προς τις διευθύνσεις X, Y, Z.

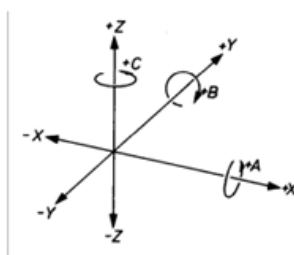
Οι άξονες περιστροφής συμβολίζονται με A, B, και C και είναι επίσης παράλληλοι προς τις κύριες καρτεσιανές διευθύνσεις X, Y, Z. Η θετική κατεύθυνση περιστροφής για τους άξονες A, B, και C προσδιορίζεται με τον κανόνα του δεξιόστροφου κοχλία κοιτώντας προς τη θετική κατεύθυνση των αξόνων X, Y, Z αντίστοιχα.

Ο άξονας R (Reference = αναφορά) συχνά χρησιμοποιείται αντί του Z για να δηλώσει το επίπεδο (αναφοράς) όπου αποσύρεται το εργαλείο φρέζας, δραπάνου και άλλων συναφών εργαλειομηχανών μετά την ολοκλήρωση μιας φάσης κοπής και πριν την έναρξη της επόμενης και πάνω από το οποίο το εργαλείο είναι δυνατό να κινείται με γρήγορη πρόωση.

Κάποτε συμβαίνει επίσης να χρησιμοποιούνται δείκτες (συνήθως 1 και 2) στους άξονες X, Y. Αυτοί οι άξονες αντιστοιχούν σε γέφυρες μεγάλων εργαλειομηχανών, οι οποίες κινούνται στην κατεύθυνση X ή Y με τη βοήθεια δύο κινητήρων (αξόνων). Παρόλο ότι δεν πρόκειται για διαφορετικούς άξονες, αλλά για συμπληρωματικούς, θεωρήθηκε χρήσιμο να διαχωρίζονται τουλάχιστον με ένα δείκτη.



Καθορισμός των κύριων αξόνων



Καθορισμός περιστροφικών αξόνων

Εικόνα 3: Καθορισμός αξόνων.

Για τον καθορισμό θετικής κατεύθυνσης σε κάθε γραμμικό άξονα θεωρείται πάντοτε η σχετική κίνηση του εργαλείου σε σύστημα αναφοράς ακίνητο ως προς το τεμάχιο. Αν στην πραγματικότητα κινείται το τεμάχιο, η κατεύθυνση που καθορίζεται σαν θετική είναι η πραγματική (αντίθετη με την περίπτωση ακίνητου τεμαχίου) αλλά το σύμβολο του αντίστοιχου άξονα ακολουθείται από ένα τόνο, δηλ. +X', +Y' κλπ. Με αυτή τη σύμβαση απαλλάσσεται ο προγραμματιστής από την ανάγκη προσαρμογής του συστήματος συντεταγμένων στην ιδιαίτερη κατασκευή κάθε μηχανής. Οι κανόνες προσανατολισμού του καρτεσιανού συστήματος σε εργαλειομηχανές είναι οι ακόλουθοι :

Για τον άξονα των Z :

- Σε εργαλειομηχανές φρεζαρίσματος ή διάτρησης, η σύμβαση είναι ο Z άξονας να είναι παράλληλος με την άτρακτο και η θετική κατεύθυνση να αντιστοιχεί σε αύξηση της απόστασης τεμαχίου και εργαλείου.

- Γενικά ο άξονας Z είναι κατά μήκος της κύριας άτρακτου (αυτής που διαθέτει την μέγιστη ισχύ). Η άτρακτος μπορεί να περιστρέφει το εργαλείο (όπως σε δράπανα) ή το τεμάχιο (όπως σε τόνους).

- Εάν δεν υπάρχει άτρακτος, όπως λ.χ. σε πλάνες, ο άξονας Z είναι κάθετος στην επιφάνεια συγκράτησης του τεμαχίου (τραπέζι).

Για τον άξονα των X :

- Ο άξονας X είναι παράλληλος προς την επιφάνεια συγκράτησης και παράλληλος προς τη μακρύτερη από τις κινήσεις της μηχανής. Όπου είναι δυνατό πρέπει να είναι οριζόντιος.

- Σε εργαλειομηχανές με περιστρεφόμενα εργαλεία εάν ο άξονας Z είναι οριζόντιος, η θετική κατεύθυνση X είναι προς τα δεξιά κοιτώντας από την κολώνα προς το τεμάχιο, βλ. Εικόνα 2. Εάν ο άξονας Z είναι κατακόρυφος η θετική κατεύθυνση του άξονα X είναι προς τα δεξιά κοιτώντας από την άτρακτο προς την κολώνα, βλ. Εικόνα 1.

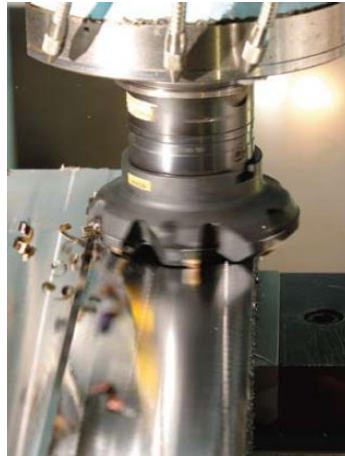
2.5 Απόλυτες και Σχετικές Συντεταγμένες

Τα γεωμετρικά δεδομένα ενός τεμαχίου, που πρόκειται να υποστεί κατεργασία, μπορεί να οριστούν με δυο τρόπους. Πρόκειται για τον απόλυτο και το σχετικό τρόπο προσδιορισμού θέσης σημείων στο επίπεδο ή στο χώρο. Και οι δυο τρόποι είναι μεταξύ τους ισότιμοι, με την έννοια ότι, οποίος από τους δυο κι αν χρησιμοποιηθεί, το αποτέλεσμα της περιγραφής της θέσης θα είναι το ίδιο. Στην περίπτωση προσδιορισμού θέσης με τον απόλυτο τρόπο, οι συντεταγμένες κάθε σημείου δίνονται σε σχέση με την αρχή των αξόνων, που έχει οριστεί. Με τον τρόπο αυτό, κάθε σημείο είναι διαφορετική οντότητα και η περιγραφή του δε σχετίζεται με κανένα άλλο σημείο, εκτός από το μηδενικό (αρχή του συστήματος συντεταγμένων). Έτσι στην ψηφιακή καθοδήγηση υπάρχει η δυνατότητα διακοπής και επανάληψης της κοπής σε κάποια γνωστή θέση, χωρίς να είναι αναγκαία η επανεκτέλεση όλου του προγράμματος.

Στο δεύτερο τρόπο, με τη χρήση δηλαδή των σχετικών συντεταγμένων, η περιγραφή της θέσης ενός σημείου γίνεται πάντα με αναφορά στο προηγούμενο σημείο. Για να μεταφερθεί δηλαδή στη νέα θέση το κοπτικό εργαλείο, πρέπει η κίνηση να γίνει σε σχέση με τη θέση που αυτό βρίσκεται πριν. Η μέθοδος αυτή έχει ένα βασικό μειονέκτημα. Εάν η κατεργασία διακοπεί, για παράδειγμα, λόγω βλάβης του ηλεκτρικού δικτύου, δεν μπορεί να ξεκινήσει πάλι από την ίδια θέση, αφού αυτή είναι ορισμένη σε σχέση με κάποια προηγούμενη θέση, που δεν είναι πια γνωστή. Όμως η μέθοδος αυτή έχει άλλες ευκολίες έλεγχου και αντιγραφής, που την κάνουν σε αρκετές περιπτώσεις ελκυστική στους προγραμματιστές.

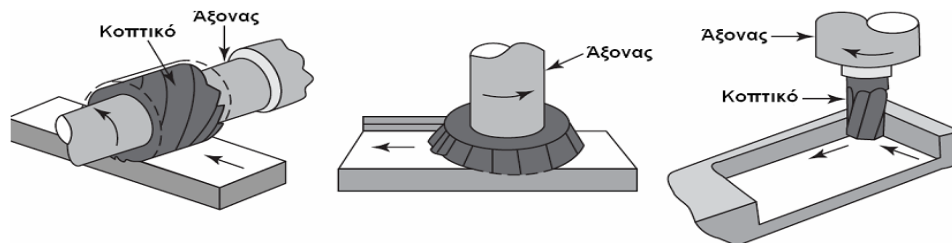
2.6 Φρεζάρισμα

Το φρεζάρισμα είναι μια κατεργασία αφαίρεσης μεταλλικού υλικού όπου, ανάλογα με τις δυνατότητες της εργαλειομηχανής στους άξονες περιστροφής του κομματιού και του κοπτικού εργαλείου, μπορούν να παραχθούν πολύπλοκες γεωμετρίες. Η κύρια κίνηση δίδεται στο κοπτικό εργαλείο, το οποίο διαθέτει πολλές κύριες κόψεις ή δόντια, ενώ στο κομμάτι δίνεται η κίνηση προώσεως. Η διατομή του αποβλήτου μεταβάλλεται σε συνάρτηση με το χρόνο κοπής του κάθε δοντιού, καθώς κάθε δόντι δεν κόβει συνεχώς αλλά μόνο όταν έρχεται σε επαφή με το κομμάτι κατά την περιστροφική κίνηση του κοπτικού εργαλείου.



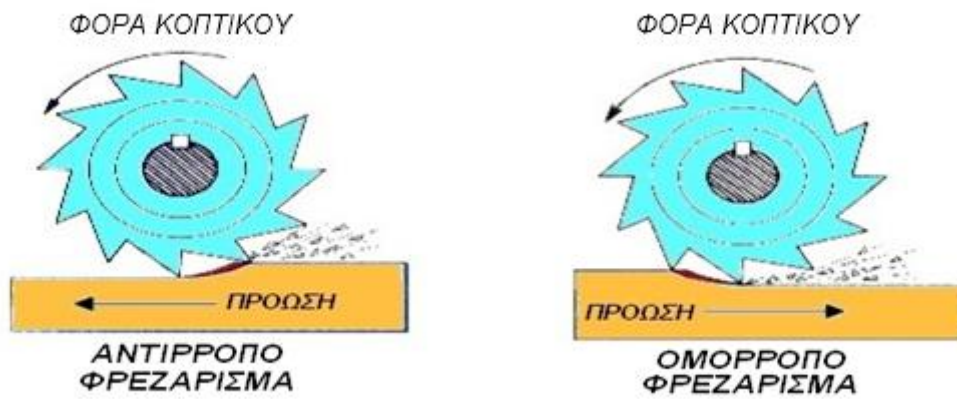
Εικόνα 4: Παράδειγμα φρεζαρίσματος.

Οι κατεργασίες φρεζαρίσματος διακρίνονται σε περιφερικό, μετωπικό και στο φρεζάρισμα με κονδύλι. Με το μετωπικό φρεζάρισμα κατεργάζονται επιφάνειες κάθετες προς τον άξονα του κοπτικού εργαλείου, το οποίο διαθέτει δόντια με κόψεις περιφερειακά και μετωπικά. Με το περιφερικό φρεζάρισμα κατεργάζονται επίπεδες επιφάνειες παράλληλες προς τον άξονα περιστροφής του κοπτικού εργαλείου, το οποίο διαθέτει δόντια με κόψεις μόνο περιφερειακά. Στο φρεζάρισμα με κονδύλι κατεργάζονται διάφορες επιφάνειες μετωπικές ή περιφερικές, καθώς το κοπτικό εργαλείο διαθέτει τη γεωμετρία του περιφερικού εργαλείου, με κάθετη διεύθυνση προς το κομμάτι, όπως στο μετωπικό φρεζάρισμα.

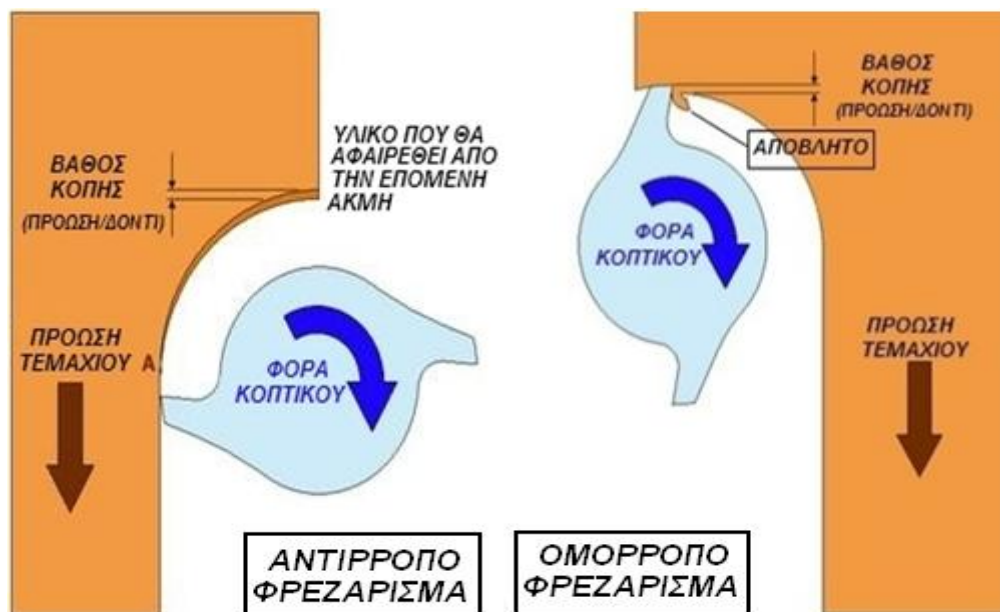


Εικόνα 5: Κατεργασίες φρεζαρίσματος- περιφερικό, μετωπικό και με κονδύλι.

Κατά την κατεργασία φρεζαρίσματος η κίνηση προώσεως του κομματιού μπορεί να είναι αντίρροπη ή ομόρροπη προς την κύρια περιστροφική κίνηση του κοπτικού εργαλείου.



Εικόνα 6: Πλάγια όψη αντίρροπου και ομόρροπου φρεζαρίσματος.



Εικόνα 7: Κάτοψη αντίρροπου και ομόρροπου φρεζαρίσματος.

Στο αντίρροπο φρεζάρισμα το κοπτικό εργαλείο περιστρέφεται αντίθετα από τη διεύθυνση της πρόωσης καθώς το κομμάτι κινείται προς το εργαλείο από τη μεριά όπου τα δόντια κινούνται προς τα πάνω. Το πάχος του αποβλήτου στην αρχή της κοπής του ενός δοντιού είναι το μικρότερο δυνατό και σταδιακά αυξάνεται, όπου στο τέλος της κοπής του ενός δοντιού είναι το μέγιστο. Χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις όπου απαιτείται από το κατεργαζόμενο τεμάχιο να έχει τραχιά επιφάνεια, ώστε να αυξάνεται η ζωή του εργαλείου, καθώς τα δόντια έρχονται σε επαφή με το κομμάτι κάτω από την επιφάνεια του κομματιού.

Στο ομόρροπο φρεζάρισμα το κοπτικό εργαλείο περιστρέφεται σύμφωνα με την διεύθυνση της πρόωσης του τεμαχίου προς κατεργασία. Το τεμάχιο έρχεται σε επαφή με το εργαλείο από τη μεριά που τα δόντια κινούνται προς τα κάτω. Το απόβλητο στην αρχή της κοπής του ενός δοντιού είναι το μεγαλύτερο δυνατό και σταδιακά μειώνεται στο ελάχιστο έως το τέλος της κοπής του ενός δοντιού. Το ομόρροπο φρεζάρισμα χρησιμοποιείται στις περισσότερες περιπτώσεις, γιατί αποδίδει καλύτερες επιφάνειες και μεγαλύτερη ζωή του εργαλείου.

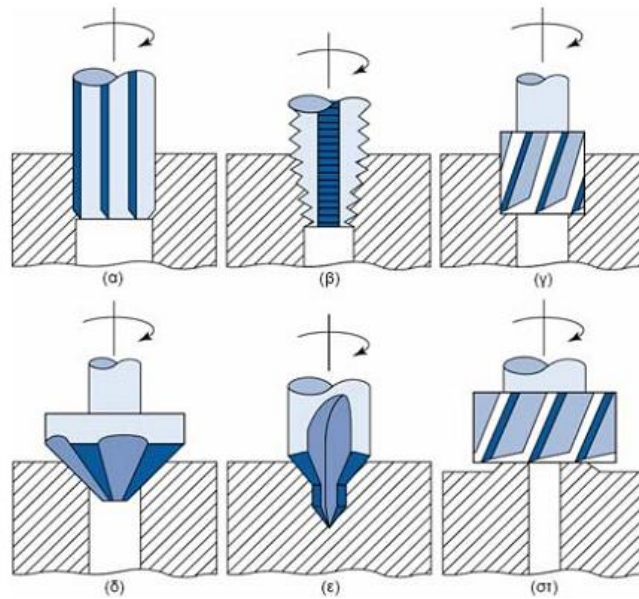
2.7 Διάτρηση με Φρέζα

Η διάτρηση είναι μια απλή, γρήγορη και οικονομική μέθοδος για την διάνοιξη κυλινδρικών οπών ή τη διεύρυνση και μορφοποίηση υπαρχόντων οπών με ελικοειδές κοπτικό εργαλείο. Η κύρια κίνηση και η κίνηση προώσεως δίνεται συνήθως στο κοπτικό εργαλείο. Πάνω στους έλικες του εργαλείου ρέει το απόβλητο, το πάχος του οποίου είναι ίσο με το μήκος της λωρίδας του εργαλείου που εισχωρεί στο αντικείμενο. Οι κατεργασίες δημιουργίας οπών μπορούν να εκτελεστούν και από τις εργαλειομηχανές τórνευσης. Η επαφή του εργαλείου στο κομμάτι είναι συνεχής έως ότου τελειώσει η κατεργασία, το οποίο σημαίνει σταθερές δυνάμεις και θερμοκρασίες. Για αυτό το λόγο, η διάτρηση είναι παρόμοια με την τórνευση.

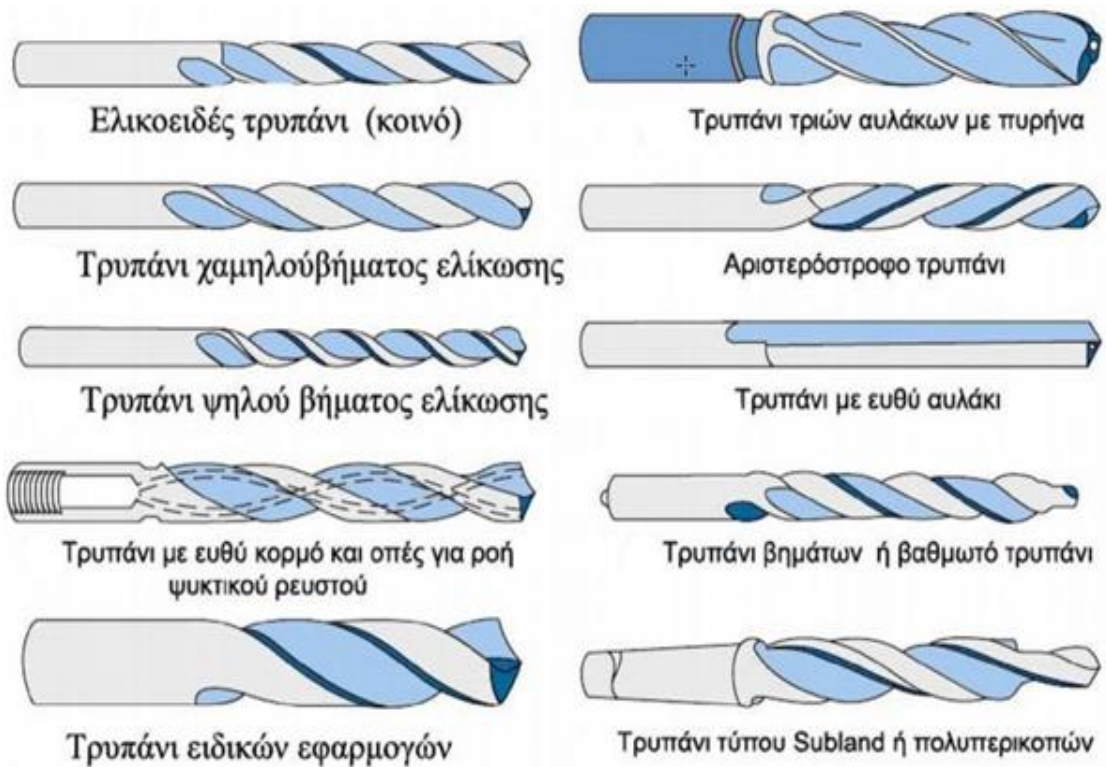


Εικόνα 8: Παράδειγμα διάτρησης.

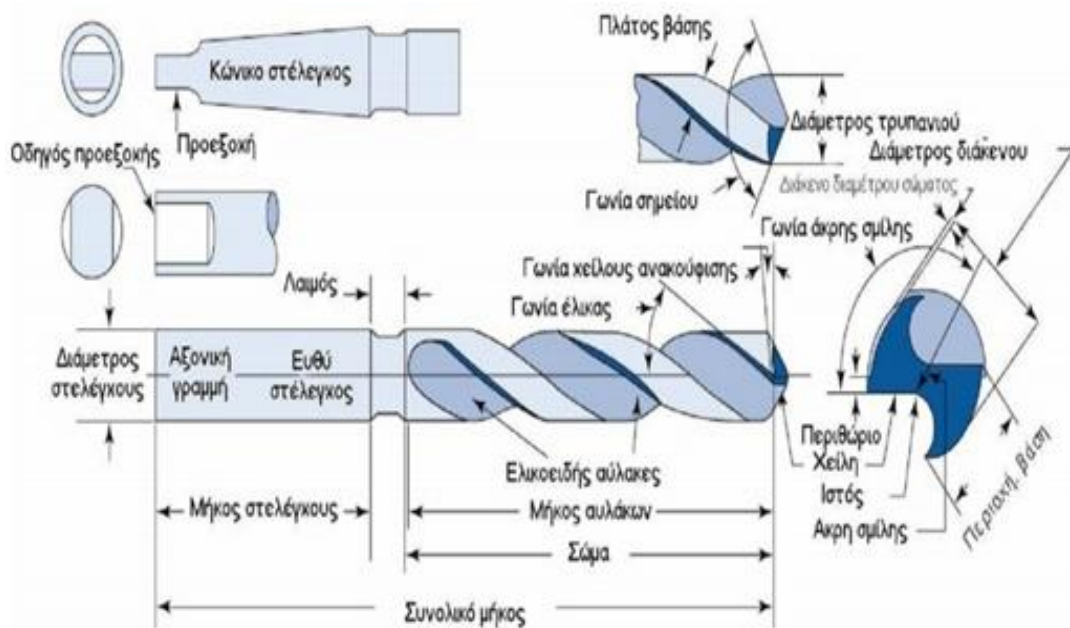
Για τη μορφοποίηση υπαρχόντων οπών χρησιμοποιούνται οι κατεργασίες γλύφανσης, εμβάθυνσης, σπειρώματος, κεντραρίσματος και ισοπέδωσης του άκρου οπής. Η γλύφανση χρησιμοποιείται για την αύξηση της διαμέτρου μιας οπής, αποδίδοντας λεία τελική εσωτερική επιφάνεια. Η σπειροτόμηση χρησιμοποιείται για τη δημιουργία εσωτερικού σπειρώματος στην οπή. Με την εμβύθιση παράγεται μεγαλύτερη διάμετρος στην αρχή της οπής, για την τοποθέτηση της κεφαλής του κοχλία. Παραλλαγή της κατεργασίας εμβύθισης είναι η εμβύθιση με γωνία, η οποία χρησιμοποιείται για την παραγωγή απαιτούμενων κλίσεων για την τοποθέτηση γωνιακών κεφαλών κοχλία. Το κεντράρισμα χρησιμοποιείται πριν την κατασκευή της οπής, δημιουργώντας ένα σημείο ώστε το εργαλείο να κεντραριστεί. Η ισοπέδωση του άκρου της οπής χρησιμοποιείται για τη δημιουργία επίπεδης επιφάνειας πάνω από την οπή.



Εικόνα 9: Κατεργασίες διάτρησης-(α)γλύφανση, (β)σπειροτόμηση, (γ)εμβύθιση, (δ)εμβύθιση με γωνία, (ε)κεντράρισμα, (στ)ισοπέδωση του άκρου οπής.



Εικόνα 10: Τύποι τρυπανιών



Εικόνα 11: Χαρακτηριστικά στοιχεία ελικοειδούς τρυπανιού

2.8 Υγρή / Ξηρή Κατεργασία

Η επιλογή για Υγρή ή Ξηρή Κατεργασία, δηλαδή για χρήση ή όχι ψυκτικού και λιπαντικού υγρού κατά την κατεργασία, δεν ετίθετο καν σαν ερώτημα λίγες δεκαετίες πριν. Τα οφέλη της χρήσης του και από την άλλη μεριά τα προβλήματα της απουσίας του δεν μπορούσαν να αντιμετωπιστούν με άλλο τρόπο. Σήμερα όμως, ειδικά με τις κοπές υψηλής ταχύτητας, η χρήση του ψυκτικού μέσου είναι συζητήσιμη και σε πολλές περιπτώσεις απαγορευτική. Παράλληλα, έχει παρουσιαστεί τα τελευταία χρόνια και η «σχεδόν ξηρή» κατεργασία, που συνδυάζει πλεονεκτήματα και από τα δύο είδη κατεργασίας, χρησιμοποιώντας την ελάχιστη απαιτούμενη ποσότητα λιπαντικού. Για να κατανοήσουμε καλύτερα τις συνθήκες κατά τις οποίες μπορούμε να έχουμε υγρή ή ξηρή κοπή, είναι καλό να αναλύσουμε και τους δύο τρόπους.

2.8.1 Κατεργασία με υγρό κοπής

Οι βασικές λειτουργίες του ψυκτικού υγρού κατά την κοπή μετάλλων είναι κυρίως να προσφέρει ψύξη και λίπανση στις επιφάνειες κατεργασίας (κυρίως του εργαλείου) και δευτερευόντως να απομακρύνει τα απόβλητα. Έτσι επηρεάζει άμεσα τις συνθήκες τριβής, τη θερμοκρασία και τις τάσεις, άρα τον χρόνο ζωής του εργαλείου και την ποιότητα της επιφάνειας του τεμαχίου. Ο όρος που χρησιμοποιείται είναι υγρά κοπής μετάλλου (Metal Working Fluids - MWF).

Μέχρι τον 19^ο αιώνα, το νερό αποτελούσε το μόνο ψυκτικό μέσο, αλλά εγκαταλείφθηκε σταδιακά, γιατί παρόλο που είχε εξαιρετική θερμική χωρητικότητα και ήταν ευκόλως διαθέσιμο, δημιουργούσε γρήγορα φθορά και διάβρωση στα εργαλεία ενώ παράλληλα δεν προσέφερε ικανοποιητική λίπανση. Παρόλα αυτά, έδινε τη δυνατότητα να αυξηθεί η ταχύτητα κοπής κατά 30-40%. Τα ορυκτέλαια χρησιμοποιήθηκαν από την αρχή του 20^{ου} αιώνα και μέχρι σήμερα, ελάχιστα έχει αλλάξει η δομή τους, με εισαγωγή προσθέτων και παραγωγή συνθετικών.

Η σημασία τους στις κατεργασίες κοπής είναι αδιαμφισβήτητη, όμως αυτό δε

σημαίνει ότι είναι πάντοτε σωστό να «πλημμυρίζει» η επιφάνεια κατεργασίας με λιπαντικό, ανεξαρτήτως των συνθηκών κοπής ή της κατεργασίας. Έτσι σπαταλούνται μεγάλες ποσότητες λιπαντικών, τα οποία ούτε ιδιαίτερος φθηνά είναι, ούτε χωρίς άλλα προβλήματα που θα αναλυθούν παρακάτω.

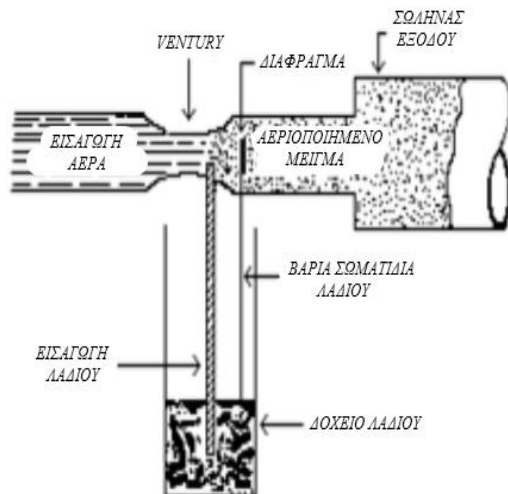
Το κόστος του όλου συστήματος λίπανσης αλλά και η συντήρηση του δεν είναι διόλου άνευ σημασίας. Υπολογίζεται ότι κοστίζει 15-20% της όλης κατεργασίας (έρευνα που έγινε στην Mazda υπολόγισε ότι το κόστος ψύξης και λίπανσης κατά την κατεργασία φτάνει μέχρι και το 30%), ενώ ο καθαρισμός του λιπαντικού μετά τη χρήση δεν είναι πάντοτε αποτελεσματικός, εξαιτίας της συνεχόμενης μείωσης του μεγέθους των αποβλήτων (φτάνουν μέχρι και το 1μm, μέγεθος που δεν κρατάει κανένα φίλτρο), μετά από κάθε επαναχρησιμοποίηση. Το αποτέλεσμα είναι είτε να ανανεώνεται συχνότερα το υγρό κοπής (αύξηση του κόστους) είτε τα απόβλητα αυτά να επηρεάζουν την ακρίβεια της κοπής (μείωση ποιότητας).

Τα ορυκτέλαια αυτά μετά τις κατεργασίες, είναι άκρως βλαβερά για το περιβάλλον αλλά και τους εργάτες που έρχονται σε επαφή μαζί τους. Με την οικολογική συνείδηση συνεχώς να μεγαλώνει, το πρόβλημα διαχείρισης των τοξικών αποβλήτων ίσως είναι και το πλέον σημαντικό πρόβλημα και έχει και οικονομικό αντίκτυπο, εφόσον πλέον όποιος ρυπαίνει, πληρώνει. Και όταν η κατανάλωση υγρών κοπής στην Αμερική σε ετήσια βάση ξεπερνάει τα 400.000.000 λίτρα, γίνεται αντιληπτό το μέγεθος της οικολογικής καταστροφής, ενώ οι εργάτες που έρχονται καθημερινά σε επαφή με αυτά ξεπερνούν το ένα εκατομμύριο.

Το ψυκτικό υγρό προσφέρει πολύ καλύτερες συνθήκες κατά την κοπή, αλλά κυρίως για τις χαμηλές ταχύτητες κοπής. Μετά τα 100m/min, η λίπανση και η ψύξη δεν είναι πλέον το ίδιο αποτελεσματική ενώ για ακόμη μεγαλύτερες ταχύτητες (σε αυτές που αναφέρονται οι κοπές υψηλής ταχύτητας), η αποτελεσματικότητα των υγρών κοπής είναι αμφισβητήσιμη και καθορίζεται από τις συνθήκες κοπής. Αυτό συμβαίνει γιατί κατά την κοπή μετάλλου και ιδιαίτερα στις υψηλές ταχύτητες, η επαφή αποβλήτου και εργαλείου στην επιφάνεια αποβλήτου φτάνει το 100%, με αποτέλεσμα το υγρό να μην μπορεί να εισχωρήσει ανάμεσα στις δύο επιφάνειες.

Είναι βέβαια προφανές, ότι παρόλα τα προβλήματα που παρουσιάζουν τα υγρά κοπής, σε πολλές κατεργασίες δεν έχει βρεθεί ακόμη τρόπος να αντικατασταθούν χωρίς να προκύψουν σημαντικότερα προβλήματα. Γιατί ο χρόνος ζωής του εργαλείου, ειδικά κατά τις κοπές μεσαίων ταχυτήτων θα μειωνόταν δραστικά χωρίς λιπαντικό. Γι' αυτό η ροή του υγρού κοπής κατά την κατεργασία πιθανόν δεν πρόκειται ποτέ να εγκαταλειφθεί. Κατεργασία χωρίς λιπαντικό είναι σήμερα εφαρμόσιμη σε κατεργασίες υψηλής ταχύτητας και είναι πολλά υποσχόμενη για κατεργασίες με γεωμετρικά καθορισμένο κοπτικό εργαλείο.

Ακόμα το ζήτημα της ψύξης αντιμετωπίζεται με αεριοποιημένο μείγμα λιπαντικού μέσου (χαμηλής περιεκτικότητας) που ψεκάζεται στην επιφάνεια κοπής με χρήση διάταξης πεπιεσμένου αέρα και αξιοποίηση του φαινομένου Venturi (Mist Cooling).



Εικόνα 12: Σύστημα αεριοποιημένου μείγματος λιπαντικού

2.8.2 Κατεργασία Χωρίς Υγρό Κοπής (Dry Machining)

Αρχικά πρέπει να αναφερθεί ότι η ξηρή κοπή είναι δυνατή και αξιόπιστη μόνο για κοπή με υψηλές ταχύτητες, καθώς η συγκέντρωση θερμικών φορτίων θα ήταν μη αντιμετωπίσιμη, αφού στις υψηλές ταχύτητες, η επαφή εργαλείου και τεμαχίου ελαχιστοποιείται. Κατά την ξηρή κατεργασία, είναι απαραίτητο να αντιμετωπιστούν επαρκώς οι λειτουργίες που προσφέρει το υγρό κοπής, δηλαδή η ψύξη, η λίπανση και η απομάκρυνση των αποβλήτων. Οι θερμικές καταπονήσεις και η συσσώρευση των αποβλήτων μπορούν να αντιμετωπιστούν με διάφορους τρόπους και επιλογές.

Κατεργαζόμενο Τεμάχιο: Τα χαρακτηριστικά και το υλικό του, καθορίζουν αρχικά αν μπορεί να υποστεί κατεργασία υψηλής ταχύτητας χωρίς υγρό κοπής. Η επιθυμητή ποιότητα επίσης είναι σημαντική καθώς οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται είναι πολύ υψηλές και έτσι, παρόλο που η πλαστική παραμόρφωση του τεμαχίου εννοεί την ευκολία της κοπής, η ποιότητα της επιφάνειας του τεμαχίου χειροτερεύει. Σκοπός λοιπόν είναι να μεταφέρεται όσο το δυνατόν λιγότερη θερμότητα στο τεμάχιο ή τουλάχιστον να μην μένει συγκεντρωμένη στην επιφάνεια αυτού. Γι' αυτό είναι λογικό να προτιμάται η ξηρή κοπή σε κομμάτια με καλή θερμική αγωγιμότητα και με μεγάλη μάζα για την ευκολότερη απαγωγή της θερμότητας.

Κοπτικό Εργαλείο: Αυτό οφείλει να έχει την βέλτιστη γεωμετρική για την μείωση της δύναμης κοπής (και άρα της θερμοκρασίας) με την αύξηση των γωνιών ελευθερίας και για την καλύτερη απομάκρυνση του αποβλήτου. Η απομάκρυνση αυτή διευκολύνεται όταν το απόβλητο είναι διακοπτόμενο και άρα συμφέρει η γωνία αποβλήτου να είναι αρνητική και να «σπάει» το απόβλητο.

Η ξηρή κοπή απαιτεί επίσης κοπτικά εργαλεία με όσο το δυνατό μεγαλύτερη σκληρότητα και θερμική αντοχή. Έτσι τα καρβίδια, τα κεραμικά και το διαμάντι αποτελούν τα μόνα υλικά κατασκευής εργαλείων για τις υψηλές ταχύτητες κοπής. Ειδικά το διαμάντι, είτε σαν υλικό κατασκευής είτε σαν υλικό επικάλυψης είναι το πλέον ενδεδειγμένο, αφού προσφέρει τη μικρότερη τριβή και την καλύτερη αντοχή.

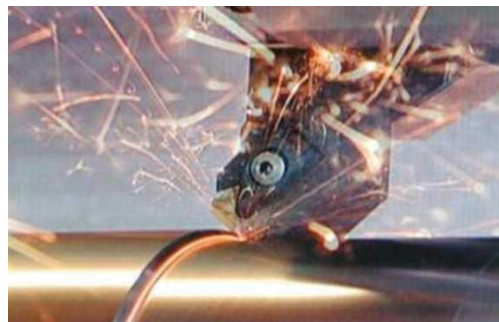
Εργαλειομηχανή: Το κυριότερο που μπορούν να προσφέρουν οι μηχανισμοί μιας εργαλειομηχανής είναι ένα σύστημα απομάκρυνσης αποβλήτων, με ειδική διαμόρφωση του θαλάμου κοπής (καλό θα ήταν να διατηρείται ο χώρος της κοπής

υπό πίεση) και πρωτίστως με σύστημα ψεκασμού αέρα υψηλής πίεσης (flush-fine machining) στο σημείο κοπής.

Συνθήκες Κοπής: Εκτός της ταχύτητας κοπής, είναι σημαντικό επίσης να έχουμε υψηλές ταχύτητες πρόωσης και μεγάλο βάθος κοπής, καθώς παρόλο που αυξάνουν τη θερμοκρασία κατεργασίας, μεγαλύτερο μέρος της θερμότητας απάγεται από τα μεγάλου μεγέθους απόβλητα και έτσι μένει λιγότερη θερμοκρασία στην κατεργασμένη επιφάνεια, βελτιώνοντας την ποιότητα της τελικής επιφανείας.

Το είδος της κατεργασίας επίσης καθορίζει το κατά πόσο μπορεί να χρησιμοποιηθεί κοπή υψηλής ταχύτητας χωρίς υγρό κοπής. Για τις κατεργασίες τόννευσης και φρεζαρίσματος το κυριότερο πρόβλημα εντοπίζεται στα υπερκράματα ενώ όλα τα υπόλοιπα υλικά έχουν τη δυνατότητα να κατεργαστούν.

Η επιλογή των καταλλήλων συνθηκών κοπής δεν είναι καθόλου εύκολη και όλοι οι παραπάνω παράγοντες παίζουν σημαντικό ρόλο.

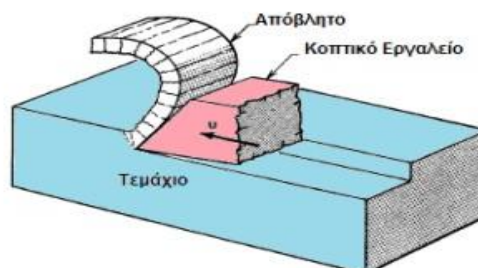


Εικόνα 13: Ξηρή κοπή τεμαχίου χάλυβα με εργαλείο σκληρομετάλλου

2.9 Κοπτικά Εργαλεία και Υλικά για Επιτραπέζιο Φρεζάρισμα

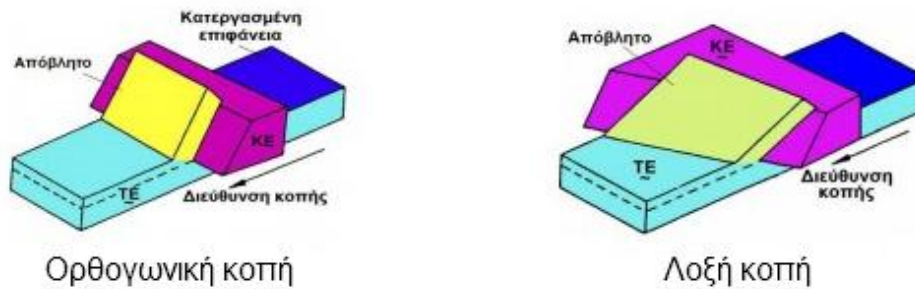
2.9.1 Κοπή

Οι βασικοί συντελεστές κατά την κοπή είναι το κατεργαζόμενο τεμάχιο, το κοπτικό εργαλείο και το απόβλητο. Η κίνηση του κοπτικού εργαλείου (η οποία προσομοιάζεται με σφήνα) ως προς το τεμάχιο σε συγκεκριμένη κατεύθυνση (διεύθυνση κοπής) με ταχύτητα u προκαλεί τον σχηματισμό αποβλήτου, λόγω της ισχυρής πλαστικής παραμόρφωσης του τεμαχίου.



Εικόνα 14: Κίνηση κοπτικού εργαλείου και σχηματισμός αποβλήτου

Ανάλογα με την μορφή της ακμής του κοπτικού εργαλείου μπορούμε να έχουμε είτε ορθογωνική, είτε λοξή κοπή.

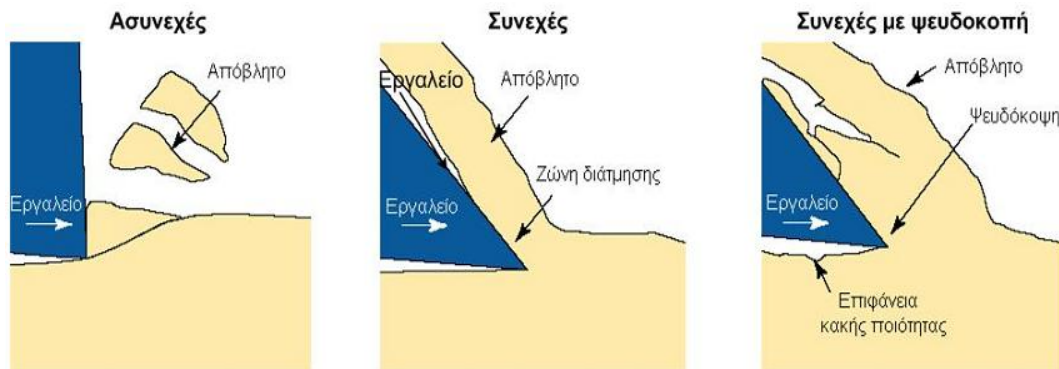


Εικόνα 15: Τύποι κοπής

2.9.2 Απόβλητο

Οι συνθήκες κοπής μετάλλων περιλαμβάνουν τρεις σημαντικές μεταβλητές, το ρυθμό αφαίρεσης υλικού, τη ζωή του εργαλείου και την τελική επιφάνεια. Οι επιλογές στις συνθήκες κοπής πρέπει να εξισορροπούν αυτές τις τρεις μεταβλητές και να εξασφαλίζουν το ελάχιστο κόστος, το μέγιστο ρυθμό παραγωγής και την καλύτερη επιθυμητή τελική επιφάνεια ανάλογα με την κατεργασία.

Η μελέτη του αποβλήτου δίνει τη δυνατότητα εξαγωγής συμπερασμάτων για το φαινόμενο της κοπής. Το απόβλητο σχηματίζεται σε διάφορα μεγέθη και παίρνει ποικίλες μορφές, ανάλογα με την περίπτωση κατεργασίας. Τα βασικά είδη του αποβλήτου είναι το ασυνεχές, το συνεχές και το συνεχές με ψευδοκοπή.



Εικόνα 16: Βασικά είδη αποβλήτου

Κατά το σχηματισμό του ασυνεχούς αποβλήτου το μέταλλο θραύεται περιοδικά και το απόβλητο τεμαχίζεται. Το ασυνεχές απόβλητο παρουσιάζεται συνήθως στην κατεργασία ψαθυρών μετάλλων, όπως είναι ο χυτοσίδηρος, γενικά σε χαμηλές ταχύτητες κοπής και σε μεγάλες προώσεις. Έχει το πλεονέκτημα της εύκολης απομάκρυνσης, όμως χειροτερεύει η τραχύτητα της επιφάνειας.

Κατά το σχηματισμό του συνεχούς αποβλήτου το μέταλλο υφίσταται συνεχή πλαστική παραμόρφωση σε διάτμηση και το απόβλητο έχει τη μορφή ταινίας, η οποία κινείται πάνω στην επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου. Το συνεχές απόβλητο δημιουργείται κατά την κοπή όλκιμων μετάλλων και κραμάτων, κυρίως σε υψηλές ταχύτητες κοπής. Η ύπαρξη συνεχούς αποβλήτου σχετίζεται με ευνοϊκές συνθήκες

κοπής και οδηγεί σε καλύτερης ποιότητας επιφάνεια, όμως το μήκος του αποβλήτου μπορεί να είναι τόσο μεγάλο, ώστε να δυσχεραίνει την απομάκρυνσή του. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με τη χρήση γρεζοθραύστη, ο οποίος αναγκάζει τη θραύση του αποβλήτου.

Η παραγωγή του συνεχούς αποβλήτου με ψευδόκοψη σχηματίζεται όπως και το συνεχές απόβλητο, με τη διαφορά ότι ένα σώμα από ισχυρά παραμορφωμένο και σκληρυμένο μέταλλο, προσκολλάται πάνω στο κοπτικό εργαλείο, δημιουργώντας την ψευδόκοψη. Η κοπή πραγματοποιείται με το προσκολλημένο υλικό και όχι με την επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου, έχοντας σαν αποτέλεσμα, τη χειροτέρευση της τραχύτητας της επιφάνειας του κομματιού, μείωση της ζωής του εργαλείου κοπής και επίδραση στη διαστατική ακρίβεια του κομματιού. Ο σχηματισμός της ψευδόκοψης αποδίδεται στο συνδυασμό των τάσεων και των συνθηκών τριβής και θερμοκρασίας στη διεπιφάνεια αποβλήτου και κοπτικού εργαλείου. Για την επίλυση του προβλήματος πρέπει να αυξηθεί η ταχύτητα κοπής, το οποίο συνεπάγεται και αύξηση της θερμοκρασίας.



Εικόνα 17:Είδη αποβλήτου ανάλογα με την ταχύτητα προώσεως και του βάθους κοπής

2.10 Βασικά Στοιχεία Μηχανικής Κατά το Φρεζάρισμα

Πρόωση κοπής (Cutting Feed) [f]:

Είναι η απόσταση την οποία διανύει το κοπτικό εργαλείο, ή το υπό κατεργασία τεμάχιο (μετατόπιση τραπέζης εργαλειομηχανής), κατά τη διάρκεια μιας περιστροφής της κυρίας ατράκτου της εργαλειομηχανής (Spindle) μαζί με εργαλειομηχανή, μετρούμενη σε ίντσες ανά περιστροφή (IPR) ή mm ανά περιστροφή (mm/rev). Σε μερικές περιπτώσεις η εργαλειομηχανή διεισδύει (Feeds) εντός του υπό κατεργασία τεμαχίου, ενώ σε άλλες περιπτώσεις το υπό κατεργασία τεμάχιο διεισδύει εντός του κοπτικού εργαλείου. Για ένα πολύφτερο κοπτικό εργαλείο (Multipoint tool), η πρόωση κοπής ισούται με τη πρόωση ανά δόντι (Feed Per Tooth) [f_z], μετρούμενη σε ίντσες ανά δόντι (IPT) ή mm/δόντι, πολλαπλασιασμένη με τον αριθμό των οδόντων του κοπτικού εργαλείου.

Ταχύτητα κοπής (Cutting Speed) [v_c]:

Είναι η ταχύτητα του κοπτικού εργαλείου, κατά τη διάρκεια της κοπτικής διαδικασίας, αναγόμενη στην κοπτική ακμή του κοπτικού εργαλείου. Μετριέται σε πρόωση επιφάνειας ανά λεπτό (Surface Feed Per Minute - SFM) ή σε m/min.

Ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου (Spindle Speed) [n]:

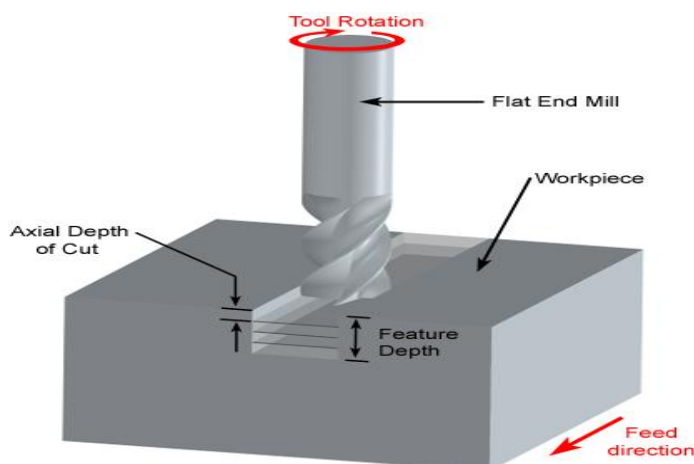
Είναι η περιστροφική ταχύτητα του άξονα της εργαλειομηχανής και συνάμα του κοπτικού εργαλείου, μετρούμενη σε περιστροφές ανά λεπτό (Revolutions Per Minute) (RPM).

Ρυθμός πρόωσης (Feed Rate) :

Είναι η σχετική, στο υπό κατεργασία τεμάχιο, ταχύτητα κοπής του κοπτικού εργαλείου κατά τη διάρκεια της κοπτικής διαδικασίας. Ο ρυθμός πρόωσης μετριέται σε ίντσες ανά λεπτό (IPM) ή mm/min και είναι «προϊόν» της πρόωσης κοπής (IPR) και της ταχύτητας περιστροφής της ατράκτου (RPM).

Αξονικό βάθος κοπής (Axial Depth Of Cut):

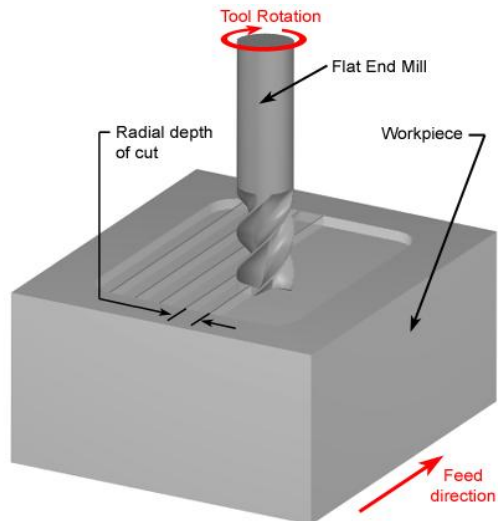
Είναι το βάθος κοπής του κοπτικού εργαλείου στο υπό κατεργασία τεμάχιο , κατά τη διάρκεια της κοπής. Το βάθος κοπής μετράται κατά μήκος του άξονα του κοπτικού εργαλείου. Τα μεγάλα αξονικά βάθη απαιτούν χαμηλό ρυθμό πρόωσης, διαφορετικά μεταφέρονται στην εργαλειομηχανή υψηλά φορτία, κάτι το οποίο μειώνει τη διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου. Για να αποφευχθούν αυτά τα φορτία, η κατεργασία διεξάγεται σε διαφορετικά περάσματα (πάσα). Σε αυτή την περίπτωση το κοπτικό εργαλείο μετατοπίζεται σε διακριτά και καθορισμένα βάθη κοπής ανά πάσο.



Εικόνα 18: Αξονικό βάθος κοπής

Ακτινικό βάθος κοπής (Radial Depth Of Cut):

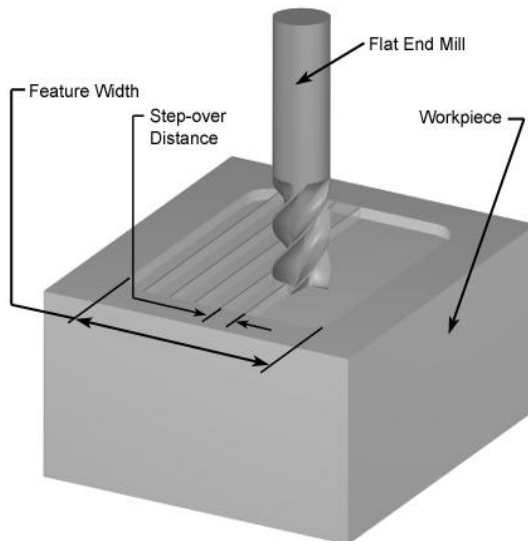
Είναι το βάθος κοπής κατά μήκος της ακτίνας του κοπτικού εργαλείου στο υπό κατεργασία τεμάχιο. Εάν το ακτινικό βάθος κοπής είναι μικρότερο από την ακτίνα του κοπτικού εργαλείου, τότε κόβει τμηματικά και διεξάγει περιφερικό φρεζάρισμα. Εάν το ακτινικό βάθος κοπής ισούται με τη διάμετρο του κοπτικού εργαλείου, τότε εισχωρεί πλήρως στο υπό κατεργασία τεμάχιο και δημιουργεί θυλάκια (Slots). Τα μεγάλα ακτινικά βάθη κοπής απαιτούν χαμηλούς ρυθμούς πρόωσης , διαφορετικά το κοπτικό εργαλείο θα καταπονηθεί με υψηλά φορτία και θα μειωθεί ο χρόνος ζωής του. Για το λόγο αυτό, η κατεργασία εξελίσσεται σε διάφορα στάδια, όσο το κοπτικό εργαλείο κινείται εντός της απόστασης Step-Over και διεισδύει στο επιθυμητό ακτινικό βάθος κοπής.



Εικόνα 19: Ακτινικό βάθος κοπής

Απόσταση διαδοχικού βηματισμού (Step-Over Distance):

Η κατεργασία με φρεζάρισμα μιας γεωμετρίας, η οποία είναι μεγαλύτερης έκτασης από το πλάτος του κοπτικού εργαλείου, θα πρέπει να διεξαχθούν διαδοχικές κοπές, οι οποίες εκτελούνται βαθμιδωτά και διαδοχικά η μια μετά την άλλη, με τρόπο τέτοιο που μοιάζει με διαδοχικούς βηματισμούς του κοπτικού. Η απόσταση διαδοχικού βηματισμού (Step-Over) είναι ταυτόσημη με το ακτινικό βάθος κοπής κάθε πάσου και πρέπει να είναι μικρότερη ή μεγαλύτερη της διαμέτρου του κοπτικού.



Εικόνα 20: Απόσταση διαδοχικού βηματισμού

2.11 Κατηγορίες Φρεζαρίσματος, Κοπτικών Εργαλείων και Επιλογή Κατά το Επιτραπέζιο Φρεζάρισμα

2.11.1 Κατηγορίες Φρεζαρίσματος (Milling)

Το φρεζάρισμα ως κατεργασία διαχωρίζεται στις εξής κατηγορίες:

Γενικό φρεζάρισμα (General Machining): Είναι μια στρατηγική φρεζαρίσματος για γενική χρήση. Το πλάτος κοπής (a_e) και το βάθος κοπής (a_p) μπορούν να διαφέρουν σε κάθε περίπτωση. Τα εργαλεία στην εν λόγω στρατηγική φρεζαρίσματος έχουν συνήθως μεγάλα μήκη κοπής (Long Cutting Lengths) και μικρού πάχους διαμέτρους στα άκρα τους (Core Diameters). Δεν υπάρχουν υψηλές απαιτήσεις στις ανοχές (Tolerances). Στην εν λόγω στρατηγική φρεζαρίσματος, η χρήση των βασικών στοιχείων της τεχνολογίας CNC δεν καθιστά εφικτές προχωρημένες μεθόδους κατεργασίας. Αντιπροσωπευτικά αποτελέσματα της μεθόδου λαμβάνονται από τον βαθμό αποβολής υλικού Q (cm^3 / min). Το εύρος εφαρμογής της εν λόγω κατηγορίας περιλαμβάνει μικρές παραγωγές (Small Batch Sizes) σε ευρύ πεδίο υλικών.

Φρεζάρισμα υψηλών ταχυτήτων (High Speed Precision Machining): Είναι μια στρατηγική φρεζαρίσματος που συνδυάζει μικρά ακτινωτά βάθη κοπής (Small Radial Depth Of Cut) με υψηλές ταχύτητες κοπής και πρόωσης της τράπεζας της εργαλειομηχανής (Table Feed). Ανάλογα με τη μέθοδο, μπορούν να επιτευχθούν υψηλοί βαθμοί αποβολής υλικού και χαμηλές τιμές τραχύτητας R_a . Τυπικά χαρακτηριστικά της εν λόγω στρατηγικής είναι οι μικρές δυνάμεις κοπής που εμφανίζονται, η μειωμένη παραγωγή θερμότητας στο τεμάχιο και το κοπτικό εργαλείο, μικρότερη ανάγκη για γλύφανση (Burr Formation) και υψηλή διαστασιολογική ακρίβεια στο τεμάχιο. Με τη μέθοδο HSM (High Speed Machining) μπορεί να επιτευχθεί υψηλός ρυθμός αποβολής υλικού και αποπεράτωση της επιφάνειας με τη χρήση πολύ υψηλότερων ταχυτήτων κοπής από αυτές που εμφανίζονται στο γενικό φρεζάρισμα (General Machining). Τα εργαλεία είναι πολύ ευσταθή, έχουν μεγάλου πάχους διάμετρο στα άκρα τους και μικρά μήκη κοπής, περιλαμβάνουν κατάλληλα διαμορφωμένο και ευκρινή χώρο για την εξαγωγή του αποβλήτου για την εύκολη απομάκρυνσή του και μπορεί να φέρουν επικάλυψη (π.χ. επικάλυψη κοβαλτίου, που προσδίδει βελτιωμένη αντοχή σε φθορά λόγω των υψηλών ταχυτήτων κοπής). Πεδίο εφαρμογής της εν λόγω μεθόδου φρεζαρίσματος είναι η βιομηχανία ταχείας κατασκευής καλουπιών/χυτών για προ-αποπερατωμένες (Pre-Finishing) και αποπερατωμένες (Finishing) κατεργασίες σε σκληρυμένο χάλυβα (78-62 HRC). Η τεχνική αυτή μπορεί επίσης να εφαρμοστεί στις περισσότερες κατηγορίες υλικών όταν χρησιμοποιηθεί το κατάλληλο εργαλείο και προχωρημένες μέθοδοι κατεργασίας.

Φρεζάρισμα υψηλών αποδόσεων (High Performance Machining): Στην εν λόγω στρατηγική φρεζαρίσματος επιτυγχάνονται πολύ υψηλοί βαθμοί αποβολής υλικού. Τυπικό χαρακτηριστικό της εν λόγω κατεργασίας είναι ότι το πλάτος κοπής (a_e) αντιστοιχεί μια φορά στη διάμετρο κοπής (D_c) και το βάθος κοπής από 1 μέχρι 1,5 φορές στη D_c αναφορικά με το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Με τη μέθοδο HPM (High Performance Machining) επιτυγχάνεται ιδιαίτερα υψηλός ρυθμός αποβολής υλικού εφαρμόζοντας πολύ υψηλότερες φορτίσεις στο απόβλητο (Chip Load) από ότι στο γενικό φρεζάρισμα (General Machining). Τα κοπτικά έχουν ειδικές διαμορφώσεις στους αύλακες τους για την απομάκρυνση του αποβλήτου. Στις αιχμές

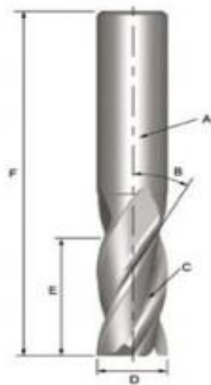
τους έχουν προστατευτικές επιφάνειες 45° ή προστατευτικά γωνιακά ράδια (Corner Radius), δηλαδή έχουν έναν ειδικά λείο διαμορφωμένο χώρο για το απόβλητο και την επικάλυψη που επιδέχονται. Πεδίο εφαρμογής της εν λόγω κατηγορίας είναι οι κατεργασίες σε περιβάλλοντα μαζικής παραγωγής στα οποία ο χρόνος παραγωγής/παράδοσης των τεμαχίων είναι πολύ μεγάλης σημασίας ή σε παραγωγή ξεχωριστών προϊόντων στα οποία απαιτείται υψηλός βαθμός αποβολής υλικού Q (cm^3 / min).

Φρεζάρισμα υψηλών προώσεων (High Feed Machining): Στην εν λόγω στρατηγική φρεζαρίσματος μπορούν να επιτευχθούν υψηλές τιμές προώσεως με πλήρη σύμπλεξη της διαμέτρου του κοπτικού εργαλείου (a_e) σε συνδυασμό με μικρά βάθη κοπής (a_p). Με τη χρήση της τεχνολογίας HFM (High Feed Machining) επιτυγχάνεται υψηλός ρυθμός αποβολής υλικού και αποπεράτωση επιφανειών με πολύ υψηλότερες προώσεις τραπέζης συγκριτικά με αυτές του γενικού φρεζαρίσματος (General Machining). Τα κοπτικά έχουν ιδιαίτερα μελετημένο το κυρίαρχο κοπτικό δόντι (Front Teeth), έχουν πολύ μικρά μήκη για κοπή και επικάλυψη. Πεδίο εφαρμογής της εν λόγω κατηγορίας φρεζαρίσματος είναι οι κατεργασίες μαλακού και σκληρυμένου χάλυβα, κατεργασίες τιτανίου και ανοξείδωτου χάλυβα, καθώς επίσης μπορεί να θεωρηθεί ως μια καλή μέθοδος για προεργασία πριν χρησιμοποιηθεί η μέθοδος HSM. Επίσης μπορεί να εφαρμοστεί για φρεζάρισμα θυλακίων μεγάλου βάθους.

2.11.2 Κονδύλια (End Mills)

Στο επιτραπέζιο φρεζάρισμα σχεδόν κατά αποκλειστικότητα χρησιμοποιούνται τα λεγόμενα κονδύλια (End Mills). Υπάρχουν σε αρκετές μορφές και τα

Βασικά Γεωμετρικά χαρακτηριστικά :



- | | |
|---|--|
| A | Τμήμα ατράκτου κοπτικού (Shank) |
| B | Γωνία Ελίκωσης (Helix Angle) |
| C | Ενεργός επιφάνεια-κανάλι κοπής (Φτερό – Flute) |
| D | Εξωτερική Διάμετρος (Outside Diameter) |
| E | Μήκος Κοπής (Cutting Length) |
| F | Συνολικό Μήκος (Overall Length) |

χαρακτηριστικά τους αναφέρονται παρακάτω.

Εικόνα 21: Γεωμετρικά χαρακτηριστικά κονδυλιού

Επιλέγοντας τον αριθμό των φτερών (flutes)

Διακρίνονται σε δίφτερα, τρίφτερα, τετράφτερα ή και με περισσότερα φτερά (σπανιότερα). Ο αριθμός των φτερών (flutes) στα κονδύλια φρεζαρίσματος (end mill) εξαρτάται από:

- Το κατεργαζόμενο υλικό.
- Τις διαστάσεις του υπό κατεργασία τεμαχίου.
- Τις συνθήκες κατεργασίας.

Τα γενικά χαρακτηριστικά και κριτήρια επιλογής τους φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 1.

Ο ρόλος της γωνίας ελίκωσης (Helix angle)

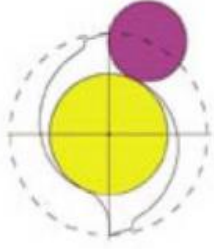
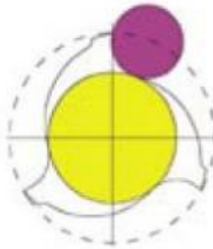
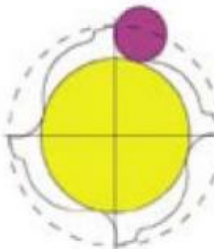
Αυξάνοντας τον αριθμό των φτερών (Flutes), το φορτίο κοπής σε κάθε οδόντωση είναι περισσότερο ομοιογενές, με αποτέλεσμα να προκύπτει καλύτερη ποιότητα επιφανείας στο τεμάχιο που κατεργαζόμαστε.

Μια μεγάλη όμως γωνία ελίκωσης αυξάνει και το φορτίο (FV) κατά μήκος του άξονα του κοπτικού. Ένα μεγάλο φορτίο FV συνεπάγεται τα ακόλουθα:

- Αυξημένα φορτία στις εδράσεις (Bearings) της εργαλειομηχανής.
- Μετατόπιση του κοπτικού κατά μήκος της ατράκτου περιστροφής. Για να αποφευχθεί αυτό το πρόβλημα είναι απαραίτητο να χρησιμοποιηθούν κοχλιωτοί ή τύπου Weldon σφικτήρες (Shanks).



Εικόνα 22: Κονδύλι φρεζαρίσματος (End Mill)

2 flutes	3 flutes	4 flutes (or multiflutes)
		
<p>Αντοχή σε λυγισμό/κάμψη (flexural strength) Υψηλή ←————→ Χαμηλή</p>		
<p>Ρυθμός Απομάκρυνσης αποβλήτου (chip space) Μεγάλος ←————→ Μικρός</p>		
<ul style="list-style-type: none"> • Μεγάλος χώρος αποβλήτου. • Ευκολία αποβολής υλικού. • Ενδείκνυται για slot milling. • Ιδανικό για μεγάλο φόρτο εργασίας. • Μικρότερη ακαμψία εξαιτίας της μικρής διατομής του. • Μικρότερη ποιότητα επιφανείας στο τεμάχιο κατά την αποπεράτωση. 	<ul style="list-style-type: none"> • Χώρος αποβλήτου περίπου ίσου μεγέθους με αυτόν των 2 flutes. • Μεγαλύτερη διατομή – μεγαλύτερη ακαμψία από αυτήν των 2 flutes. • Βελτιωμένη ποιότητα επιφανείας στο τεμάχιο. 	<ul style="list-style-type: none"> • Μεγαλύτερη ακαμψία. • Μεγαλύτερη διατομή – μικρός χώρος αποβλήτου. • Κορυφαία ποιότητα επιφανείας στο τεμάχιο. • Ιδανικό για φρεζάρισμα profile , πλευρικό (side milling) και shallow slotting.

Πίνακας 1: Γενικά χαρακτηριστικά και κριτήρια επιλογής κονδυλίων

Βασικές Κατηγορίες

Τα κονδύλια φρεζαρίσματος κατατάσσονται ανάλογα με τη μορφή τους κατά τον ακόλουθο πίνακα:

Επίπεδα - Ξεχονδρίσματος (Flat end mills)	Σφαιρικά-Σφαιροειδή (Ball-nose End Mills)	Γωνιακά (Corner Radius End Mills)	Χαρακτικά - Λεπτοκατεργασίας (Miniature Cutters)
			
Τελειώνει σε τετραγωνική διατομή	Τελειώνει σε ημισφαιρική διατομή	Τελειώνει σε τετραγωνική διατομή με ράδιο.	Διάμετρος έως 1mm



Πίνακας 2: Κατάταξη κονδυλίων φρεζαρίσματος ανάλογα με την μορφή τους

Το πρότυπο DIN 1836 καθορίζει τους διαφορετικούς τύπους κοπτικής ικανότητας για τα κονδύλια, όπως στον παρακάτω πίνακα:

N	-Για κοπτικά εργαλεία που κατεργάζονται χάλυβα. -Ανεπαρκή σε συνθήκες υψηλής αντίστασης.
W	-Για κοπτικά που κατεργάζονται ελατά (Malleable) υλικά

Πίνακας 3: Μερικοί τύποι κοπτικής ικανότητας κατά το πρότυπο DIN 1836

Χαρακτηριστικά των κονδυλίων ως προς τις κοπτικές αιχμές ως προς τις κοπτικές αιχμές τους (απολήξεις των Flutes) τα κονδύλια υποδιαιρούνται σε :

Κεντροφόρα κονδύλια	Μη-κεντροφόρα κονδύλια
	
<p>Ιδανικό για διάτρηση (drilling) και βυθίσεις (plunging).</p> <p>Στην περίπτωση άρτιου αριθμού ελικώσεων (π.χ. 2-4-6 κτλ), τότε κεντρικά εισχωρούν μόνο δύο αιχμές. Στην περίπτωση περιττού αριθμού ελικώσεων (π.χ. 3-5 κτλ), κεντρικά εισχωρεί μόνο μια αιχμή.</p>	<p>Χρησιμοποιείται μόνο για γεωμετρίες περιγράμματος (profile) και ανοικτών αυλακών (slots)</p> <p>Επιτρέπει την λείανση μεταξύ των κέντρων. (Allows the regrinding between centers)</p>




Πίνακας 4: Χαρακτηριστικά κεντροφόρων και μη κεντροφόρων κονδυλίων.

Περεταίρω Κατηγοριοποίηση για την επιλογή κονδυλίων (End Mills)

Υπάρχουν πολλές κατεργασίες οι οποίες ορίζονται υπό τον όρο "End Milling". Για κάθε κατεργασία, υπάρχει ένας βέλτιστος τύπος κοπτικού εργαλείου που μπορεί να χρησιμοποιηθεί. Τρεις κυρίως παράμετροι επηρεάζουν τον τύπο του κοπτικού που τελικά θα επιλεγεί και την περεταίρω κατηγοριοποίηση των κοπτικών εργαλείων αυτού του τύπου :

- Η κατεύθυνση χρήσης (κοπής) του κοπτικού.
- Ο ρυθμός αποβολής του υλικού (Material Removal Rate).
- Ο τύπος της εφαρμογής.

Όσον αφορά την κατεύθυνση χρήσης του κοπτικού (Direction of the use of the Cutter), μπορούμε να διαχωρίσουμε το σύνολο των κοπτικών σχετικά με τις πιθανές διευθύνσεις εργασίας πάνω στην επιφάνεια του υπό κατεργασία τεμαχίου (Workpiece) με τρεις τρόπους:

3 Διευθύνσεις	2 Διευθύνσεις	1 Διεύθυνση
		

Πίνακας 5: Κατεύθυνση χρήσης του ΚΕ

Παρατήρηση : Η αξονική κατεύθυνση είναι εφικτή μόνο με Centrer Cutting End Mills.

Όσον αφορά το ρυθμό αποβολής υλικού [Material Removal Rate - MRR (Q)] μπορούμε να τον υπολογίσουμε ως τον όγκο του υλικού που αποβάλλεται κατά τη διάρκεια της κοπής. Ο όγκος που αποβάλλεται είναι ο αρχικός όγκος του τεμαχίου πλην αυτόν που μένει μετά το πέρας της κατεργασίας. Ο χρόνος κοπής είναι ο χρόνος που χρειάζεται το κοπτικό για να μετακινηθεί κατά το μήκος του τεμαχίου. Ο ρυθμός αποβολής υλικού είναι η παράμετρος, η οποία επηρεάζει σε σημαντικό βαθμό το βαθμό τελικής ποιότητας αποπεράτωσης (Finishing Grade) του τεμαχίου. Ορίζεται:

$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot a_f}{1000}$$

όπου:






$$Q = MRR(cm^3 / \text{min})$$

$$a_p = \text{αξονικό πάχος (mm)}$$

$$a_e = \text{ακτινικό μήκος (mm)}$$

$$a_f = \text{ρυθμός αποβολής (mm / min)}$$

Όσον αφορά τις εφαρμογές των κονδυλίων αυτές συνδέονται στενά με το ρυθμό αποβολής υλικού. Για κάθε εφαρμογή υπάρχει ένας διαφορετικός ρυθμός αποβολής υλικού, ο οποίος αυξάνεται με τον τρόπο εμπλοκής του κοπτικού εργαλείου με το υπό κατεργασία τεμάχιο.

Πλευρικό φρεζάρισμα (Side Milling)	Μετωπικό φρεζάρισμα (Face Milling)	Slot Milling	Plunge Milling	Ramping
				
Το ακτινικό βάθος κοπής πρέπει να είναι μικρότερο από το 0,25 της διαμέτρου του κοπτικού End Mill.	Το ακτινικό βάθος κοπής δεν πρέπει να είναι παραπάνω από το 0,9 της διαμέτρου του κοπτικού. Το αξονικό βάθος κοπής δεν πρέπει να είναι μικρότερο από το 0,1 της διαμέτρου του κοπτικού.	Φρεζάρισμα θηλακίου για σφηνάμλακα. Το ακτινικό βάθος κοπής είναι ίσο με την διάμετρο του κοπτικού End Mill.	Σε περίπτωση διάτρησης με κοπτικό End Mill η πρόωση θα πρέπει να μειωθεί στο μισό.	Ταυτόχρονη αξονική και ακτινική εισχώρηση του κοπτικού στο ακατέργαστο τεμάχιο.


Πίνακας 6: Συνιστώμενες παράμετροι χρήσης κονδυλίων ανά εφαρμογή

2.11.3 Τρόποι Εισχώρησης Κοπτικού Εργαλείου στην Πρώτη Ύλη

Απαντώνται στις κατεργασίες φρεζαρίσματος οι παρακάτω τρόποι εισχώρησης κοπτικού εργαλείου στο τεμάχιο:


Εισχώρηση με γωνία (ramping)

Προτεινόμενες γωνίες εισχώρησης α στο κατεργαζόμενο τεμάχιο (ramping angle) για εφαρμογή σε κονδύλια φρεζαρίσματος υψηλών ταχυτήτων.

	Αριθμός οδόντων	2	3	≥ 4
	Για χάλυβα και χυτοσίδηρο	≤ 15	≤ 10	≤ 5
	Για αλουμίνιο, χαλκό και πλαστικά	≤ 30	≤ 20	≤ 10
	Για σκληρυμένο χάλυβα	≤ 4	≤ 3	≤ 2

Πίνακας 7: Προτεινόμενες γωνίες εισχώρησης α στο κατεργαζόμενο τεμάχιο

Σπειροειδής εισχώρηση



Υλικό	Προτεινόμενο a_p
Χάλυβας	$\leq 0.10 \times D$
Αλουμίνιο	$\leq 0.20 \times D$
Σκληρυμένος χάλυβας	$\leq 0.05 \times D$

Πίνακας 8: Προτεινόμενες τιμές ταχύτητας σπειροειδούς εισχώρησης για διαφορετικού τύπου υλικά

$$D_{b \max} = 2 \cdot (D - R)$$

όπου ,

$D_{b \max}$ = η μέγιστη δυνατή διάμετρος διάνοιξης

D = Η διάμετρος φρεζαρίσματος

R= Η ακτίνα φρεζαρίσματος

Αξονική εισχώρηση



Εικόνα 23: Αξονική εισχώρηση

Σε αυτήν την περίπτωση, η πρόωση πρέπει να διαιρεθεί με τον αριθμό των οδόντων του κοπτικού εργαλείου. Θα πρέπει να ληφθεί υπόψη το γεγονός ότι δεν πρέπει να διεξαχθεί αξονική εισχώρηση με κονδύλια που φέρουν παραπάνω από τέσσερεις οδόντες.

2.12 Μηχανική Φρεζαρίσματος — Βασικές Εξισώσεις

Δίνονται παρακάτω βασικοί συμβολισμοί και εξισώσεις μηχανικής κοπών που αφορούν στο φρεζάρισμα:

Ορολογία και συμβολισμοί κατά το φρεζάρισμα:

D_c : Διάμετρος κοπής (mm).

l_m : Υπό κατεργασία μήκος (mm).

D_e : Ενεργή διάμετρος κοπής.

a_p : Βάθος κοπής (mm).

a_e : Πλάτος κοπής (mm).

v_c : Ταχύτητα κοπής (m/min).

Q : Ρυθμός αποβολής υλικού (cm^3 / min).

T_c : Χρόνος κατεργασίας (min).

Z_n : Αριθμός δοντιών.

f_z : Πρόωση ανά δόντι (mm/δόντι).

f_n : Πρόωση ανά περιστροφή (mm/rev).

v_f : Ταχύτητα πρόωσης τραπέζης (mm/min).

h_{ex} : Μέγιστο πάχος αποβλήτου (mm).

h_m : Μέσο θεωρητικό πάχος αποβλήτου (mm).

Z_c : Ενεργός αριθμός δοντιών¹.

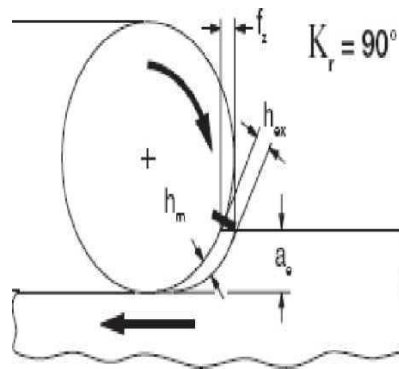
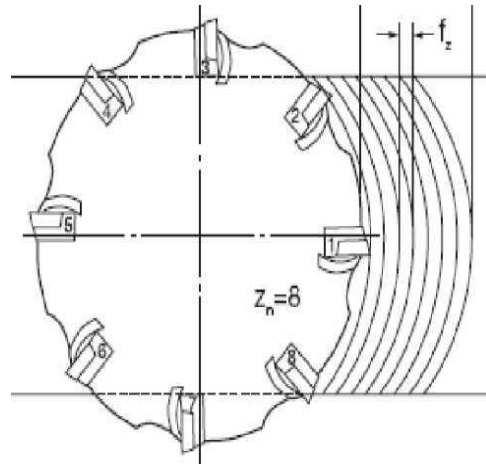
k_c : Δύναμη κοπής ανά mm^2 (N / mm^2).

n : Στροφές ατράκτου (RPM) ή Βαθμός απόδοσης.

k_{c1} : Δύναμη κοπής για πάχος αποβλήτου 1mm (N / mm^2). Είναι διαφορετική για κάθε κατηγορία υλικών της αυτή δίνεται από της πίνακες του κατασκευαστή εργαλείων.

K_r : Βασική γωνία κοπής (degrees).

γ_n : Αξονική κλίση κοπτικού εργαλείου γ_f : Ακτινική κλίση κοπτικού εργαλείου.



¹ Ο ενεργός αριθμός δοντιών Z_c είναι απαραίτητος για τον υπολογισμό των v_f και f . Στις περισσότερες περιπτώσεις ισχύει $Z_c = Z_n$, χωρίς να αποκλείεται όμως να έχουμε $Z_c < Z_n$.

γ_o : (Γωνία κλίσης του κοπτικού εργαλείου) + (γωνία κλίσης του ένθετου πλακιδίου).

m_c : Εκθέτης που λαμβάνεται στον υπολογισμό της δύναμης κοπής ανά mm^2 (K_{ci})

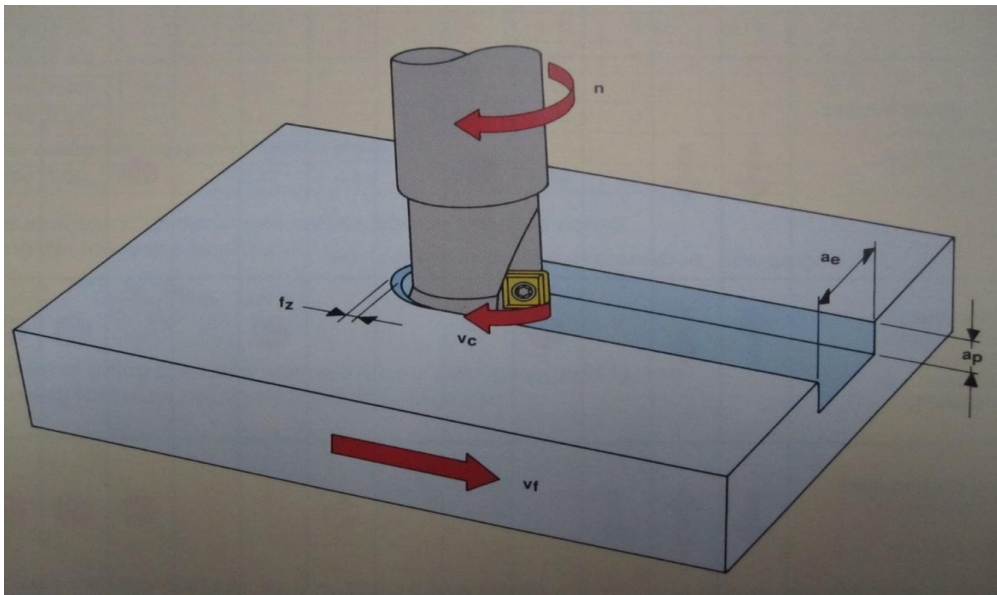
V_{c0} : Σταθερά για την ταχύτητα κοπής.

C_{vc} : Συντελεστής διόρθωσης της ταχύτητας κοπής.

iC : Καταχωρημένος κύκλος.

ω : Γωνία σύμπλεξης.

M_c : Ροπή κοπής (Nm).



Εικόνα 24: Απεικόνιση συμβολισμών φρεζαρίσματος.

Γενικές σχέσεις για το φρεζάρισμα:

$$\text{Ταχύτητα κοπής (} V_c \text{) : } V_c = \frac{n \cdot \pi \cdot D_c}{1000} \text{ [m/min]}$$

$$\text{Στροφές ατράκτου (RPM) : } n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D_c}$$

$$\text{Ταχύτητα πρόωσης (} V_f \text{) : } V_f = n \cdot z_n \cdot f_z \text{ [mm/min]}$$

$$V_f = n \cdot z_c \cdot f_z \text{ [mm/min]}$$

$$\text{Ρυθμός αποβολής υλικού (} Q \text{) : } Q = \frac{a_e \cdot a_p \cdot a_f}{1000} \text{ (cm}^3 \text{/ min)}$$

Πρόωση ανά δόντι (f_z) : $f_z = \frac{V_f}{n \cdot Z_n}$ [mm/δόντι]

Πρόωση ανά περιστροφή (f_n) : $f_n = \frac{V_f}{n}$ [mm/rev]

Δύναμη κοπής ανά mm^2 (k_c) : $k_c = k_{c1} \cdot h_m^{-z}$ [N/ mm^2]
(z: διορθωτικός παράγοντας στο μέσο πάχος αποβλήτου)

Υπολογισμός ισχύος κοπής κατά το φρεζάρισμα:

Ροπή (Nm): $M_c = \frac{\alpha_p \cdot \alpha_e \cdot V_f \cdot k_c}{2\pi \cdot n}$

Ισχύς (kW): $P_c = \frac{\alpha_p \cdot \alpha_e \cdot V_f \cdot k_c}{60 \cdot 102 \cdot 9.81}$

Μέσο θεωρητικό πάχος αποβλήτου (mm): $h_m = \frac{f_z \cdot a_e \cdot 360}{D \cdot \pi \cdot \arccos\left[1 - \frac{2 \cdot a_e}{D}\right]}$

			Drilling	Milling		Threading
			K	K_{C1}	Z	K_C
Application Material Groups			Material factor	N/mm^2	Correction factor	N/mm^2
1. Steel	1.1	Magnetic soft steel	1,3	1400	0,18	2000
	1.2	Structural steel, case carburizing steel	1,4	1450	0,22	2100
	1.3	Plain Carbon steel	1,9	1500	0,20	2200
	1.4	Alloy steel	1,9	1550	0,20	2400
	1.5	Alloy steel, Hardened and tempered steel	2,7	1600	0,20	2500
	1.6	Alloy steel, Hardened and tempered steel	3,4	1700	0,20	2600
	1.7	Alloy steel, Heat treated	3,7	1900	0,20	2900
	1.8	Alloy steel, Hardened & Wear resistant steel	4,0	2300	0,20	2900
2. Stainless Steel	2.1	Free machining, Stainless Steel	1,9	1300	0,36	2300
	2.2	Austenitic,	1,9	1500	0,32	2600
	2.3	Ferritic + Austenitic, Ferritic, Martensitic	2,7	1600	0,24	3000
3. Cast Iron	3.1	Lamellar graphite	1,0	900	0,26	1600
	3.2	Lamellar graphite	1,5	1100	0,26	1600
	3.3	Nodular graphite, Malleable Cast Iron	2,0	1150	0,24	1700
	3.4	Nodular graphite, Malleable Cast Iron	1,5	1450	0,24	2000
4. Titanium	4.1	Titanium, unalloyed	1,4	900	0,20	2000
	4.2	Titanium, alloyed	2,0	1200	0,22	2000
	4.3	Titanium, alloyed	2,7	1450	0,22	2300
5. Nickel	5.1	Nickel, unalloyed	1,3	1100	0,12	1300
	5.2	Nickel, alloyed	2,0	1450	0,22	2000
	5.3	Nickel, alloyed	2,7	1700	0,22	2000
6. Copper	6.1	Copper	0,6	450	0,20	800
	6.2	β -Brass, Bronze	0,7	500	0,30	1000
	6.3	α -Brass	0,7	600	0,32	1000
	6.4	High Strength Bronze	1,5	1600	0,36	1000
7. Aluminium Magnesium	7.1	Al, Mg, unalloyed	0,6	250	0,22	700
	7.2	Al alloyed, Si < 0.5%	0,6	450	0,18	700
	7.3	Al alloyed, Si > 0.5% < 10%	0,7	450	0,18	800
	7.4	Al alloyed, Si > 10% Whisker reinforced Al-alloys Mg-alloys	0,7	500	0,15	1000
8. Synthetic materials	8.1	Thermoplastics	0,6	1400	0,15	400
	8.2	Thermosetting plastics	0,6	1400	0,20	600
	8.3	Reinforced plastic materials	1,0	1600	0,30	800
9. Hard material	9.1	Cermets (metals-ceramics)	4,0	2600	0,38	>2800
10. Graphite	10.1	Graphite	-	200	0,30	600

Πίνακας 9: Δύναμη κοπής για πάχος αποβλίτου 1mm (N/mm^2). Είναι διαφορετική για κάθε κατηγορία υλικών, δίνεται από πίνακες του κατασκευαστή εργαλείων.

2.13 Μηχανική Διάτρησης & Σπειροτόμησης - Βασικές Εξισώσεις

Χωρίς αλλαγή στους συμβολισμούς που δόθηκαν παραπάνω δίνονται επίσης εξισώσεις μηχανικής κοπών που αφορούν στη διάτρηση και σπειροτόμηση, καθώς και αυτές οι κατεργασίες μπορούν αν υλοποιηθούν σε επιτραπέζιες CNC φρέζες.

Διάτρηση:

$$\text{Στροφές ατράκτου (n): } n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi D} \text{ (RPM)}$$

v_c = Ταχύτητα κοπής [m/min]

D= Διάμετρος (mm)

$$\text{Ταχύτητα πρόωσης}(V_f): V_f = n \cdot f_n \text{ (mm/min)}$$

f_n = feed/rev

n = r/min (RPM)

$$\text{Αξονική δύναμη εισχώρησης(T): } T = 11.4 \cdot K \cdot D \cdot (100 \cdot f_n)^{0.85}$$

$$\text{Ισχύς (P): } P = \frac{1.25 \cdot D^2 \cdot K \cdot n \cdot (0.056 + 1.5 \cdot f_n)}{100000} \text{ (kW)}$$

P= Power (kW) (Για μετατροπή σε HP πολλαπλασιάζουμε με 1.341)

K= Συντελεστής υλικού

T= Δύναμη εισχώρησης (N)

Σπειροτόμηση:

$$n = \frac{V_c \cdot 1000}{\pi \cdot D} \text{ (RPM)}$$

$$\text{Ροπή (} M_d \text{): } M_d = \frac{p^2 \cdot D \cdot k_c}{8000} \text{ (Nm)}$$

p = Βήμα [mm]

D= Ονομαστική διάμετρος [mm]

K_c = Δύναμη κοπής ανά mm^2

$$\text{Ισχύς (P): } P = \frac{M_d \cdot 2 \cdot \pi \cdot n}{60} \text{ (kW)}$$

2.14 Σφαιροειδή Κονδύλια (ball nose end mills)

Ένα σφαιροειδές κονδύλι (Ball Nose End Mill) έχει στην άκρη του μια ημισφαιρική επιφάνεια κοπής. Τα σφαιροειδή κονδύλια χρησιμοποιούνται κυρίως για την κατεργασία καλουπιών (Dies) και μητρών (Moulds) καθώς της για την κατασκευή σύνθετων επιφανειών για την αεροπορική βιομηχανία, τη βιομηχανία οχημάτων και την πολεμική βιομηχανία (Defense Industry), ως τα πλέον κατάλληλα για ελεύθερες 3D μορφές.

Η ενεργή διάμετρος κοπής είναι ο βασικότερος παράγοντας που λαμβάνεται υπόψη ώστε να υπολογισθεί για αυτά η ταχύτητα περιστροφής της κυρίας ατράκτου (Spindle). Η ενεργή διάμετρος του κοπτικού εργαλείου είναι αυτή που πραγματικά χρησιμοποιείται στα αξονικά βάθη κοπής. Η ενεργή διάμετρος επηρεάζεται από δυο παραμέτρους: την ακτίνα του κοπτικού εργαλείου και το αξονικό βάθος κοπής. Δίνεται από τη παρακάτω σχέση.

Η ενεργή διάμετρος κοπής αντικαθιστά την διάμετρο (D_c) του κοπτικού εργαλείου όταν υπολογίζεται η ενεργός ταχύτητα κοπής v_c για φρεζάρισμα με σφαιροειδή κονδύλια.

$$V_c = \frac{n \cdot \pi \cdot D_E}{1000}$$

όπου

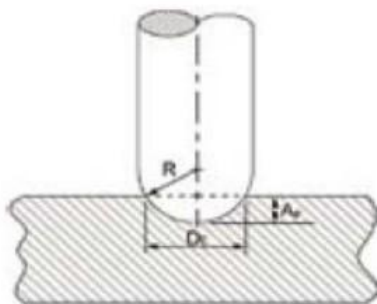
v_c = η ταχύτητα κοπής (m/min).

D_E = η ενεργός διάμετρος κοπής (mm).

.

n = η ταχύτητα περιστροφής (rpm).

Όταν ένα μη επίπεδο κοπτικό εργαλείο, π.χ. όταν ένα σφαιροειδές κονδύλι, χρησιμοποιείται για να κατεργαστεί μια επιφάνεια με την τακτική «zig-zag», μεταξύ δυο πάσων εμφανίζεται υπόλειμμα υλικού, το ύψος των οποίων υπολογίζεται ως εξής :



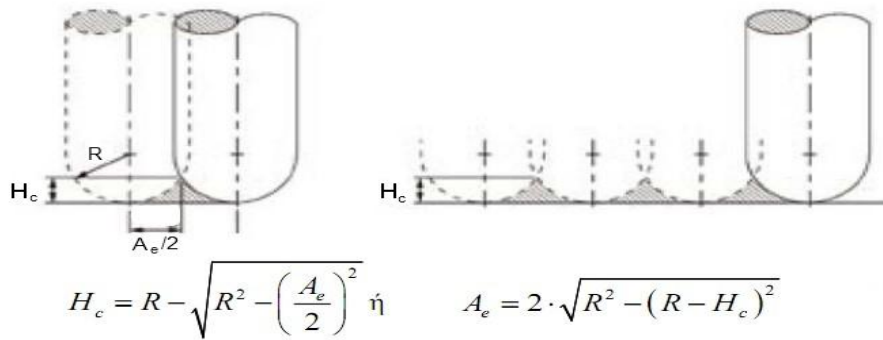
$$D_E = 2 \times \sqrt{R^2 - (R - A_p)^2}$$

D_E = Ενεργή διάμετρος

R = Ακτίνα του κοπτικού εργαλείου

A_p = Αξονικό βάθος κοπής

Εικόνα 25: Ενεργός διάμετρος κοπής



Εικόνα 26: Ύψος του υλικού που απομένει και απόσταση μεταξύ δυο πάσων

όπου,

H_c = Το ύψος του υλικού που απομένει (υπόλειμμα)

R = Η ακτίνα του κοπτικού εργαλείου

A_e = Η απόσταση μεταξύ δυο πάσων

Η συσχέτιση μεταξύ του H_c και της τιμής της τραχύτητας επιφανείας R_a προσεγγίζεται περίπου ως εξής :

H_c (μm)	0.2	0.4	0.7	1.25	2.2	4	8	12.5	25	32	50	63	100
R_a (μm)	0.03	0.05	0.1	0.4	0.4	0.8	1.6	3.2	6.3	8	12.5	16	25

Το R_a αντιστοιχεί περίπου στο 25% του H_c

Πίνακας 10: Συσχέτιση μεταξύ του H_c και της τιμής της τραχύτητας επιφανείας

2.15 Κανόνες Επιλογής και Χρήσης Κοπτικών Εργαλείων

Η επιλογή συνθηκών κατεργασίας για επιτραπέζιες εργαλειομηχανές CNC με δεδομένο το εργαλείο που θα χρησιμοποιηθεί έχει δύο σκέλη, το τεχνολογικό και το οικονομικό. Το πρώτο συνδέεται με όλους εκείνους τους περιορισμούς που αναφέρονται στις τεχνολογικές δυνατότητες της μηχανής, του κοπτικού εργαλείου και του περιβάλλοντος της κατεργασίας (υγρό κοπής, σύστημα συγκράτησης κλπ) καθώς και με τις προδιαγραφές ποιότητας του κατεργαζόμενου τεμαχίου (τραχύτητα επιφάνειας, ανοχές κλπ.). Το δεύτερο σκέλος αναφέρεται στη βελτιστοποίηση των συνθηκών κατεργασίας έτσι ώστε -τυπικά - να μεγιστοποιείται κάποια συνάρτηση κέρδους. Θεωρητικά, δηλαδή, πρόκειται για ένα πρόβλημα πολύ-παραμετρικής βελτιστοποίησης με περιορισμούς.

Στην πράξη πολύ σπάνια ακολουθείται μια τέτοια διαδικασία λόγω των δυσκολιών που προκύπτουν από τη συλλογή των απαιτούμενων δεδομένων, αλλά και από την πολυπλοκότητα της μαθηματικής ή αριθμητικής λύσης. Έτσι, αρκείται κανείς σε επιλογή συνθηκών μέσα από τεχνικούς καταλόγους των εταιρειών παραγωγής εργαλείων, με τη βοήθεια από Handbooks υλικών με επιμέρους διορθώσεις προς τα άνω ή προς τα κάτω.

Πολύ σημαντική κρίνεται και η κτηθείσα κάθε φορά εμπειρία και τεχνογνωσία του χρήστη από την πολυετή ενασχόληση με τα αντικείμενα αυτά.

Πριν διεξαχθεί φρεζάρισμα πρέπει να λαμβάνει κανείς υπόψη τα εξής:

- Επιλέγεται από τους καταλόγους της κατασκευάστριας εταιρείας το καταλληλότερο για την εφαρμογή κονδύλι. Λαμβάνοντας υπόψη ότι υπάρχουν κεντροφόρα (Center Cutting Type) και μη κεντροφόρα (Non-Center Cutting Type) κονδύλια.
- Επιλέγεται η κατάλληλη ταχύτητα κοπής και ο κατάλληλος ρυθμός πρόωσης ώστε να υπάρχει ισορροπία μεταξύ του ρυθμού αποβολής υλικού και της διάρκειας ζωής του κοπτικού εργαλείου.
- Ελέγχεται η κατάσταση και η ηλικία του κοπτικού εργαλείου.
- Επιλέγονται τα καλληλότερα, από άποψη διαστάσεων, κονδύλια με όσο το δυνατόν γίνεται μεγαλύτερη διάμετρο, με σκοπό να μειωθεί η απόκλιση και οι καμπτικές τάσεις που αναπτύσσονται σε αυτά.
- Διαλέγονται κονδύλια με υψηλή στιβαρότητα και αποφεύγεται η υπέρμετρη προβολή του κοπτικού εργαλείου από τον εργαλειοδέτη του.
- Τα κονδύλια με πολλές αυλακώσεις (Flutes), έχουν υψηλή στιβαρότητα, μειωμένο χώρο αποβλήτου και ενδείκνυνται για υψηλές ταχύτητες πρόωσης τραπέζης.
- Τα κονδύλια με λιγότερες αυλακώσεις (Flutes), έχουν μειωμένη στιβαρότητα έναντι αυτών με πολλές αυλακώσεις, παρέχουν περισσότερο χώρο για το απόβλητο και ως συνέπεια αυτού, το απόβλητο αποβάλλεται ευκολότερα από το κοπτικό εργαλείο χωρίς να μπλοκάρει την κοπή ή να συγκολληθεί πάνω του εξαιτίας της ανάπτυξης θερμότητας.

Η επιλογή της καταλληλότερης ταχύτητας κοπής και του ρυθμού πρόωσης πρέπει να γίνεται με γνώμονα τον τύπο του υλικού για το οποίο γίνεται η κατεργασία, το υλικό του κονδυλίου, την ισχύ του άξονα μετάδοσης ισχύος (Spindle) και την ποιότητα επιφανείας που επιδιώκεται.


Επιλογή από καταλόγους

Για κάθε τύπο εργαλείου ανάλογα με το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου και με το υλικό του κοπτικού εργαλείου ο κατασκευαστής δίνει ένα πίνακα με συνιστώμενες τιμές πρόωσης και ταχυτήτων κοπής.

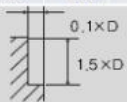
Παράδειγμα - φρεζάρισμα με χρήση κονδυλίων (end mills).

Για πλευρικό φρεζάρισμα με 3flute κονδύλι (Standard Solid Carbide K30), υλικό κατεργασίας αλουμίνιο (Aluminum alloys), πλευρικό φινίρισμα και D=2mm από τον παρακάτω πίνακα του κατασκευαστή υπολογίζουμε τις κατάλληλες παραμέτρους κοπής.

3 FLUTE, FINISH SIDE CUTTING
304303, 104103, 128103



MATERIAL	CARBON STEELS ALLOY STEELS TOOL STEELS		CARBON STEELS ALLOY STEELS TOOL STEELS		CARBON STEELS ALLOY STEELS TOOL STEELS		STAINLESS STEELS TITANIUM ALLOYS		CAST IRON		ALUMINUM ALLOYS		COPPER BRASS NON-FERROUS METALS	
HARDNESS	~ HRC20		HRC20 - HRC30		HRC30 - HRC40									
STRENGTH	500 ~ 800N/mm ²		800 ~ 1000N/mm ²		1000 ~ 1300N/mm ²									
DIAMETER	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED
2	5500	180	4800	160	4000	120	8000	140	6500	330	16000	720	12000	540
3	3700	200	3200	170	2600	130	5300	140	4200	330	11000	690	8000	530
4	2800	200	2400	180	2000	130	4000	140	3200	340	8000	720	6000	540
5	2200	200	1900	180	1600	130	3200	140	2500	340	6400	710	4800	530
6	1800	200	1600	180	1300	130	2600	150	2100	400	5300	760	4000	580
8	1400	200	1200	180	1000	130	2000	150	1600	430	4000	760	3000	580
10	1100	200	950	180	800	130	1600	150	1300	450	3200	760	2400	580
12	900	200	800	180	660	130	1300	150	1000	470	2600	760	2000	580
14	800	200	700	180	570	130	1100	150	900	490	2300	760	1700	580
16	700	220	600	190	500	160	1000	170	800	510	2000	760	1500	580
20	550	220	480	190	400	160	800	180	640	540	1600	760	1200	580



※ The FEED, in long & extra long types, should be reduced by around 50%

RPM = rev/min
FEED = mm/min

Πίνακας 11: Επιλογή κονδυλίων

Για D=2mm → $a_e = 0.1 \cdot D = 0.1 \cdot 2 = 0.2\text{mm} \rightarrow a_e = 0.2\text{mm}$ (ακτινικό μήκος)

$a_{p\text{ max}} = 1.5 \cdot D = 3\text{ mm} \rightarrow a_{p\text{ max}} = 3\text{mm}$, επιλέγω $a_p = 0.1\text{ mm}$ (αξονικό πάχος)

Αρα $D = D_c = 2$, $n = 16000\text{ RPM}$ και $V_f = 720\text{mm/min}$ (Ταχύτητα πρόωσης)

$$V_c = \frac{\pi \cdot n \cdot D_c}{1000} = \frac{16000 \cdot \pi \cdot 2\text{mm}}{1000} = 100.5\text{ m/min} \rightarrow V_c = 100.5\text{ m/min}$$

(Ταχύτητα κοπής)

$$Q = \frac{a_p \cdot a_e \cdot a_f}{1000} = \frac{0.2\text{mm} \cdot 0.1\text{mm} \cdot 720\text{mm/min}}{1000} = 0.0144 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}} \rightarrow Q = 0.0144 \frac{\text{cm}^3}{\text{min}}$$

(Ρυθμός αποβολής υλικού)

$$f_z = \frac{V_f}{n \cdot Z_n} = \frac{720\text{mm/min}}{16000 \cdot 3} = 0.015\text{ mm/δόντι} \rightarrow f_z = 0.015\text{ mm/δόντι}$$

(Πρόωση ανά δόντι)

$$f_n = \frac{V_f}{n} = \frac{720\text{mm/min}}{16000} = 0.045\text{ mm/rev}$$

(Πρόωση ανά περιστροφή)

$$h_m = \frac{f_z \cdot a_e \cdot 360}{D \cdot \pi \cdot \arccos\left[1 - \frac{2 \cdot a_e}{D}\right]} = \frac{0.015 \cdot 0.2 \cdot 360}{2 \cdot \pi \cdot \arccos\left[1 - \frac{2 \cdot 0.2}{D}\right]} = 0.0047 \text{ mm} \rightarrow h_m = 0.0047 \text{ mm}$$

(Μέσο θεωρητικό πάχος αποβλήτου)

Για σκληρωμένο αλουμίνιο , $Si < 0.5\%$ (π.χ. Al 7075) παίρνουμε $k_{cl} = 450 \text{ N/mm}^2$ και $z = 0.18$

Επομένως: $k_c = k_{cl} \cdot h_h^z = 450 \cdot 0.0047^{-0.18} = 1182.68 \text{ N/mm}^2 \rightarrow k_c = 1182.68 \text{ N/mm}^2$

$$P_c = \frac{\alpha_p \cdot \alpha_e \cdot V_f \cdot k_c}{60 \cdot 102 \cdot 9.81} = \frac{0.1 \cdot 0.2 \cdot 720 \cdot 1182.68}{60 \cdot 102 \cdot 9.81} = 0.283 \text{ kW (Ισχύς)}$$

Για παράδειγμα, αν σε μια επιτραπέζια CNC εργαλειομηχανή ο άξονα κυρίας ατράκτου δίδει ισχύ 330Watt και μέγιστη ταχύτητα πρόωσης τραπέζης 3000mm/min, θεωρώντας βαθμό απόδοσης του ηλεκτροκινητήρα $\eta = 0.97$ προκύπτει:

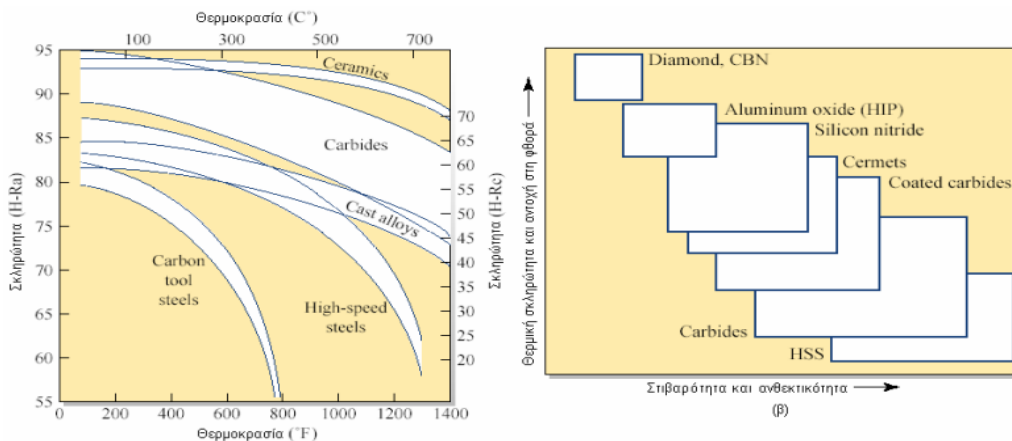
$$P = P_c / \eta = 283.66 / 0.97 = 293 \rightarrow P = 293 \text{ W} < P_{\max} = 330 \text{ W} .$$

Επομένως δεν τίθεται θέμα αστοχίας κινητήρα ούτε του κοπτικού εργαλείου.

2.16 Υλικά Κοπτικών Εργαλείων

Υπάρχουν πολλά υλικά κοπτικών εργαλείων που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία. Το καλύτερο εργαλείο για μια κατεργασία είναι αυτό που έχει επιλεγθεί προσεκτικά και πραγματοποιεί την κατεργασία γρήγορα, αποδοτικά και οικονομικά. Ένα κοπτικό εργαλείο, για να παράγει ποιοτικά και οικονομικά κομμάτια, θα πρέπει να διατηρεί τη σκληρότητά του στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την κοπή, την ανθεκτικότητά του ώστε να μη θρυμματίζεται κατά την κατεργασία και την αντοχή του στη φθορά για να επιτευχθεί η επιθυμητή ζωή του εργαλείου, πριν αυτό χρειαστεί να αντικατασταθεί.

Τα κυριότερα υλικά των κοπτικών εργαλείων είναι, ο χάλυβας, τα χυτευτά κράματα, τα σκληρομέταλλα, τα κεραμικά, τα διαμάντια και οι λειαντικές σκόνες.



Πίνακας 12: Εμβέλεια ιδιοτήτων διάφορων ομάδων κοπτικών υλικών.

Τα καθαρά χαλύβδινα εργαλεία (Carbon Tool Steels), έχουν περιεκτικότητα σε άνθρακα από 0,60% έως 1,50% και χρησιμοποιούνται σε χαμηλές ταχύτητες κοπής, χαμηλές προώσεις και μικρό βάθος κοπής, όπως επίσης, για την κατεργασία μαλακών υλικών. Αυτό συμβαίνει γιατί έχουν χαμηλή αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες και αποσταθεροποιούνται στους 120°C με 200°C.

Τα ταχυχαλύβδινα (HSS, High Speed Steels), εργαλεία εκτός από τον άνθρακα, περιέχουν μεγάλο ποσοστό προσθηκών, όπως το χρώμιο, το βολφράμιο, το βανάδιο, το μολυβδαίνιο και το κοβάλτιο, τα οποία σκληραίνουν το χάλυβα και αυξάνουν την αντοχή στη θερμότητα.

Τα χυτευτά κράματα (Cast Alloys), είναι μη σιδηρούχα κράματα κοβαλτίου και χρωμίου με προσθήκη βολφραμίου και άνθρακα, με σκοπό τη δημιουργία εργαλείων κοπής με ανώτερη σκληρότητα από τα ταχυχαλύβδινα. Τα χυτευτά κράματα, παρέχουν μεγάλη αντίσταση στην τριβή και χρησιμοποιούνται στην κοπή υλικών κακής ποιότητας ή σε υλικά με σκληρές προσμίξεις.

Τα σκληρομέταλλα (Carbides), είναι προϊόντα της κωνιομεταλλουργίας και συνθέτονται από καρβίδια του βολφραμίου σε συνδυασμό με καρβίδια του τιτανίου και του τανταλίου, με συνδετικό υλικό κοβαλτίου. Τα σκληρομέταλλα, διατηρούν τη σκληρότητά τους σε υψηλές θερμοκρασίες, σε αντίθεση με τα κοπτικά εργαλεία χυτής μεταλλουργίας, τα οποία έχουν μεγάλη εξάρτηση στην θερμική κατεργασία για την απόκτηση της σκληρότητας και καταστρέφονται με την επαναθέρμανση κατά την κοπή, λόγω τριβής.

Τα κεραμικά κοπτικά εργαλεία (Ceramics), είναι μη μεταλλικά υλικά και υπερτερούν στη διατήρηση της σκληρότητας σε υψηλές θερμοκρασίες, έναντι των ταχυχαλύβδινων και των σκληρομετάλλων. Όμως, είναι ψαθυρά υλικά με μικρή δυσθραυστότητα και χρησιμοποιούνται για την κατεργασία πολύ σκληρών υλικών σε υψηλές ταχύτητες κοπής.

Το διαμάντι αποτελεί υπέρσκληρο υλικό κοπτικών εργαλείων και χρησιμοποιείται όταν απαιτείται μεγάλη διαστατική ακρίβεια και ελαφρά φινιρίσματα επιφανειών. Είναι η σκληρότερη γνωστή ουσία με το μικρότερο συντελεστή θερμικής διαστολής. Όμως, το διαμάντι είναι ατόφιος άνθρακας και έχει έλξη για τον άνθρακα των σιδηρούχων μετάλλων, γι' αυτό χρησιμοποιούνται μόνο σε μη σιδηρούχα μέταλλα.

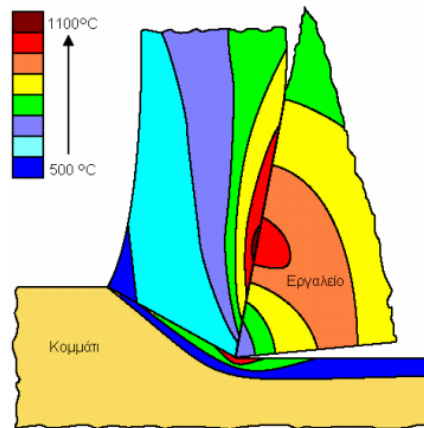
Οι λειαντικές σκόνες είναι κόκκοι λειαντικών ουσιών πάνω σε λειαντικούς τροχούς (σφυριδοτροχούς) με σκοπό τη λείανση.

Τα ταχυχαλύβδινα και τα σκληρομεταλλικά κοπτικά εργαλεία είναι αυτά που χρησιμοποιούνται σε μεγαλύτερη έκταση για τις κατεργασίες αφαίρεσης υλικού. Αυτό συμβαίνει γιατί όσο αυξάνεται η αντοχή στην σκληρότητα του υλικού, τόσο αυξάνεται και το κόστος του.

2.17 Φθορά Κοπτικών Εργαλείων

Η ζωή του κοπτικού εργαλείου είναι ο πιο σημαντικός οικονομικός παράγοντας στην κοπή μετάλλων και επηρεάζεται από την ταχύτητα κοπής και την ταχύτητα παραγωγής. Η μείωση της ταχύτητας κοπής αυξάνει τη ζωή του εργαλείου, όμως μειώνει την ταχύτητα παραγωγής. Ενώ αντίθετα, η αύξηση της ταχύτητας κοπής αυξάνει την ταχύτητα παραγωγής αλλά απαιτούνται περισσότερες αλλαγές των φθαρμένων κοπτικών εργαλείων, το οποίο συνεπάγεται αύξηση του κόστους.

Η φθορά στο κοπτικό εργαλείο προκαλείται από τις υψηλές θερμοκρασίες και από την τριβή που αναπτύσσεται μεταξύ του εργαλείου, του κομματιού και του αποβλήτου. Οι θερμοκρασίες αναπτύσσονται από τη μετατροπή της μηχανικής ενέργειας, που καταναλώνεται στη περιοχή κοπής, σε θερμότητα λόγω της τριβής. Το απόβλητο προκαλεί τριβή στην επιφάνεια του εργαλείου και η κατεργασμένη επιφάνεια προκαλεί τριβή στο κάτω τμήμα της μύτης του εργαλείου. Οι υψηλές θερμοκρασίες προκαλούν οξείδωση του υλικού του εργαλείου, η οποία αυξάνει τον ρυθμό της φθοράς του.

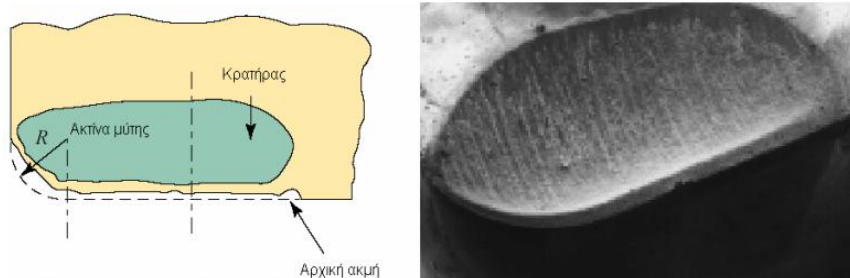


Εικόνα 27: Συνήθης κατανομή θερμότητας στην ζώνη κοπής.

Για τη μείωση της υψηλής θερμοκρασίας, χρησιμοποιούνται ψυκτικά υγρά κατά την κοπή. Επίσης, τα υγρά κοπής βοηθούν στην απομάκρυνση του αποβλήτου από την περιοχή της κοπής. Τα υγρά κοπής συνήθως χρησιμοποιούνται σε κατεργασίες σκληρών υλικών και σε κατεργασίες με χαμηλές ταχύτητες κοπής. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των υλικών των κοπτικών εργαλείων επιτρέπει σε αυτά να εργάζονται σε υψηλότερες θερμοκρασίες, χωρίς να είναι απαραίτητη η χρήση ψυκτικών υγρών, αλλά με τη χρήση πεπιεσμένου αέρα, για να απομακρύνονται τα απόβλητα.

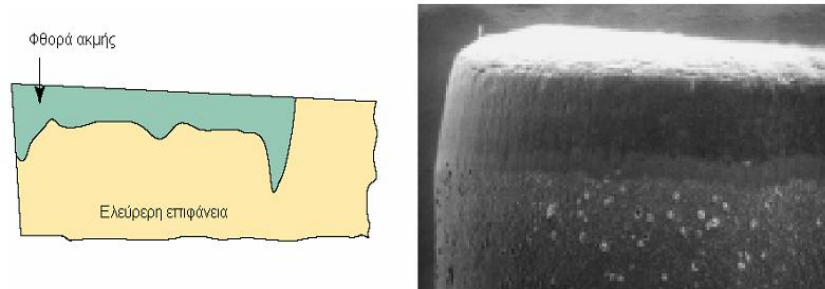
Υπάρχουν αρκετές ενδείξεις της φθοράς των κοπτικών εργαλείων κατά την κατεργασία που μπορούν να εντοπιστούν πριν την αστοχία του εργαλείου, όπως η κατανάλωση μεγαλύτερης ενέργειας, η τραχύτητα της κατεργασμένης επιφάνειας και η αλλαγή της γεωμετρίας του απόβλητου.

Η τριβή του αποβλήτου πάνω στο κοπτικό εργαλείο το φθείρει, δημιουργώντας κρατήρα στην επιφάνειά του. Η φθορά δημιουργείται κάτω από υψηλή ταχύτητα κοπής και όταν κατεργάζονται σκληρά υλικά.



Εικόνα 28: Φθορά κρατήρα.

Η τριβή του εργαλείου με την κατεργασμένη επιφάνεια του κομματιού φθείρει την ακμή του κοπτικού εργαλείου. Αυτή η φθορά εμφανίζεται σε όλα τα εργαλεία και δεν μπορεί να αποφευχθεί.



Εικόνα 29: Φθορά ακμής

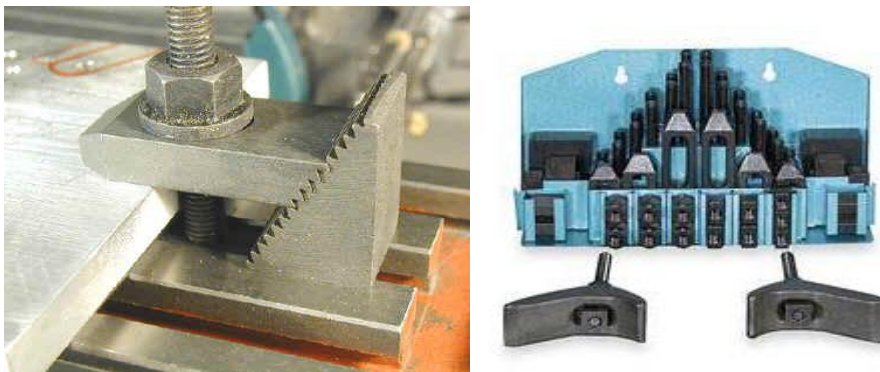
2.18 Τρόποι Συγκράτησης Ακτέργαστων Τεμαχίων

Οι τρόποι συγκράτησης ακτέργαστων τεμαχίων είναι οι εξής:

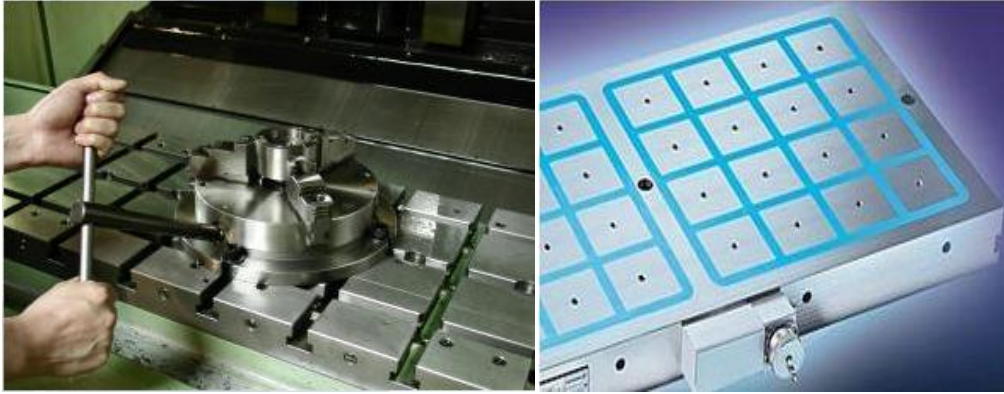
1. Στη μέγγενη
 - Με σιαγόνες που κινούνται και οι δύο ταυτόχρονα
 - Με βάση στρέψεως
 - Με σιαγόνες τύπου V για κυλινδρικά τεμάχια
2. Με κοχλίες (Clamping sets)
3. Σε επιτραπέζιο τσοκ (που προσδένεται πάνω στην τράπεζα- Chuck)
4. Ηλεκτρομαγνητικό Chuck



Εικόνα 30: Grizzly και craftsman angle vise



Εικόνα 31: Clamping sets



Εικόνα 32: Chuck τραπέζας Εικόνα 33: Ηλεκτρομαγνητικό Chuck

2.19 Προγραμματισμός

Ξεκινώντας τον προγραμματισμό της μηχανής μας θα πρέπει να είναι γνωστά:

- Πόσους άξονες κίνησης έχει η μηχανή.
- Ποιες είναι οι μέγιστες στροφές (RPM) της κύριας ατράκτου της μηχανής.
- Ποια είναι η μέγιστη ισχύς του κινητήρα κύριας ατράκτου της μηχανής.
- Πόση είναι η μέγιστη διαδρομή κάθε άξονα.
- Ποια είναι η μέγιστη ταχύτητα πρόωσης της μηχανής (Rapid Rate).
- Ποια είναι η μέγιστη ταχύτητα κοπής της μηχανής (Cutting Feedrate).

Ο προγραμματισμός γίνεται με τρεις εναλλακτικούς τρόπους :

- Συμβατικός (με το χέρι), όπου ο προγραμματιστής βασίζεται :
 - Στο μηχανολογικό σχέδιο του τεμαχίου για τις απαραίτητες πληροφορίες γεωμετρίας.
 - Στις γνώσεις του από την τεχνολογία της κατεργασίας ή ακόμη καλύτερα σε ένα τυπικό ή προκαθορισμένο φασεολόγιο για τον προσδιορισμό των φάσεων της κατεργασίας, την εκλογή εργαλείων, και την εκλογή συνθηκών κατεργασίας (πχ στροφών ατράκτου, πρόωσης κλπ).
- Αλληλεπιδραστικά από το χρήστη με τη βοήθεια H/Y,

Όπου ο υπολογιστής έχει αποθηκευμένες τυπικές “συνιστώσες” γεωμετρικές μορφές που συναντώνται στην πράξη και τα αντίστοιχα στοιχεία για την δημιουργία κώδικα αριθμητικού ελέγχου για κάθε γεωμετρία. Ο χρήστης είναι επιφορτισμένος με την επιλογή του συνόλου των γεωμετρικών μορφών που αποτελούν το τεμάχιο που θα κατασκευασθεί και με την εισαγωγή των δεδομένων τους αλληλεπιδραστικά στο λογισμικό.

Συχνά αυτή η επιλογή γεωμετρίας γίνεται σε ένα μοντέλο του τεμαχίου σε σύστημα CAD.
- Πλήρως αυτόματα από λογισμικό.

Αυτός ο τρόπος ελαχιστοποιεί την επέμβαση του χρήστη λειτουργώντας όπως στην αλληλεπιδραστικό προγραμματισμό αλλά με την πρόσθετη αυτόματη ανάλυση του τεμαχίου σε σειρά τυπικών γεωμετρικών μορφών.

Επειδή αυτό το τελευταίο δεν είναι εύκολο να γίνει στη γενική περίπτωση, ο αυτόματος προγραμματισμός είναι εφικτός σε καλά οριοθετημένες εφαρμογές όπως τόννευση, κατεργασία πρισματικών τεμαχίων με ασυνεχή μεταβολή της τρίτης διάστασης κλπ.

2.20 Είδη Συντήρησης Εργαλειομηχανών Ψηφιακής Καθοδήγησης

Οι απαιτήσεις σε συντήρηση εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης χωρίζονται σε δύο μεγάλες κατηγορίες : Στην προληπτική συντήρηση, που είναι μία προγραμματισμένη διαδικασία, και στην επισκευή βλαβών, που είναι σχεδόν πάντα απρογραμμάτιστη. Η προληπτική συντήρηση συνήθως γίνεται σε χρόνο που η εργαλειομηχανή δεν έχει να εκτελέσει μεγάλο αριθμό παραγγελιών, και έχει μηδενικό χρόνο αναμονής ανταλλακτικών, αφού αυτά έχουν ήδη προμηθευτεί. Αντίθετα, οι βλάβες προκύπτουν σχεδόν πάντα σε συνθήκες παραγωγής και έχουν συχνά μικρό ή μεγάλο χρόνο αναμονής ανταλλακτικών, που προστίθεται στον καθαρό χρόνο επισκευής της βλάβης. Παρά το γεγονός ότι οι τυχαίες βλάβες δεν μπορούν να αποφευχθούν εντελώς με την προληπτική συντήρηση, αυτή εξασφαλίζει την ελαχιστοποίηση των νεκρών χρόνων λόγω βλάβης και ελαχιστοποιεί το κόστος ανταλλακτικών και λειτουργίας των εργαλειομηχανών.

Η εμπειρία και η πράξη έχει θεσπίσει κάποιους κανόνες στην προληπτική συντήρηση των εργαλειομηχανών. Αυτοί είναι :

- Δεν πρέπει να γίνεται επέμβαση σε περιοχές της μηχανής που λειτουργούν σωστά για μεγάλα χρονικά διαστήματα. Δεν υπάρχει λόγος να αλλάζουν ρυθμίσεις και να αποσυναρμολογούνται συσκευές, που έχουν μεγάλη αξιοπιστία, εκτός εάν το συστήνει ο κατασκευαστής.
- Κάθε φορά που οι μηχανές συντηρούνται, πρέπει να δίνεται μεγάλη προσοχή σε ενδείξεις, που υποδεικνύουν πιθανές μελλοντικές βλάβες. Αυτό πρέπει να γίνεται, ακόμα και αν το πρόγραμμα προληπτικής συντήρησης του κατασκευαστή δεν προβλέπει επεμβάσεις. Έτσι, οξειδώσεις, χαλαρές συνδέσεις ξεβαμμένες επαφές, πρέπει να βάζουν σε σκέψεις για το μέλλον.
- Οι τρεις πιο βασικές λειτουργίες συντήρησης που πρέπει να γίνονται, είναι ο καθαρισμός, η λίπανση και η επιθεώρηση στις θέσεις που συνιστά ο κατασκευαστής.
- Η χρήση λιπαντικών πρέπει να είναι προσεκτική και τα προϊόντα που χρησιμοποιούνται να είναι υψηλών προδιαγραφών. Υπερβολικές ποσότητες λαδιών ή γράσου πρέπει να αποφεύγονται. Η υπερβολική λίπανση μπορεί συχνά να προκαλέσει περισσότερα προβλήματα από την περιορισμένη ή μηδαμινή λίπανση.
- Η διάγνωση ηλεκτρονικών βλαβών πρέπει να γίνεται με χρήση ειδικών οργάνων, που συνιστά ο κατασκευαστής. Δεν είναι λίγες οι φορές που καίγονται ή βραχυκυκλώνουν ολόκληρες μονάδες κεντρικού ελέγχου MCU από φτηνά πολύμετρα.

Η προληπτική συντήρηση, ανάλογα με τη συχνότητα που εκτελείται, μπορεί να χωριστεί σε διάφορες κατηγορίες. Η πιο συχνή είναι η εβδομαδιαία συντήρηση, που συνήθως προβλέπει εκτέλεση κάποιου κύκλου κατεργασίας σε δύσκολες συνθήκες και την επίλυση κάποιων μικροπροβλημάτων, που αναφέρει ο χειριστής. Ακόμα, γίνεται έλεγχος όλων των ανεμιστήρων και προσεκτικός καθαρισμός και λίπανση όλων των προσβάσιμων θέσεων. Ακολουθεί η μηνιαία συντήρηση που, εκτός από τα παραπάνω, προβλέπει έλεγχο των συνδέσεων και λίπανση όλων των ανεμιστήρων. Επίσης, προβλέπει λύσιμο των μετρητικών διατάξεων των αξόνων και καθαρισμό από τυχόν σκόνης, ακαθαρσίες κ.λπ.. Τέλος, η ετήσια συντήρηση προβλέπει πλήρη έλεγχο σχεδόν όλων των υποσυστημάτων των εργαλειομηχανών με αλλαγή τσιμουχών, καθαρισμό και σύσφιξη των ηλεκτρονικών μερών και έλεγχο της τροφοδοσίας. Επίσης, προβλέπει καθαρισμό της κονσόλας με ειδικές ηλεκτρικές σκούπες και σφίξιμο όλων των κοχλιών.

Μετά από κάθε έλεγχο πρέπει να καταγράφονται τα ανταλλακτικά που χρησιμοποιήθηκαν, και να παραγγέλλονται νέα, ώστε να υπάρχει πάντα απόθεμα στην αποθήκη. Αυτή η διαδικασία πρέπει να γίνεται αμέσως μετά τη συντήρηση. Για παράδειγμα, εάν αντικατασταθεί μία τσιμούχα που προβλέπεται κατά την ετήσια συντήρηση, δεν πρέπει αυτή να παραγγελθεί πριν την επόμενη συντήρηση, δηλαδή μετά από έναν χρόνο σχεδόν, αφού, σε περίπτωση τυχαίας βλάβης, θα υπάρχει δυσανάλογος χρόνος αναμονής για ένα τόσο φτηνό εξάρτημα.

2.21 Ασφάλεια με τις ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές

Γενικά, κατά την εργασία στο μηχανουργείο, υπάρχει σοβαρός κίνδυνος να συμβούν ατυχήματα, τα οποία μπορούν, κάτω από κάποιες συνθήκες, να προξενήσουν σωματικές βλάβες και υλικές ζημιές. Αυτό ισχύει σε μικρότερο βαθμό, όταν χρησιμοποιούνται ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές, αφού οι τεχνίτες δεν πλησιάζουν τη θέση κοπής, που άλλωστε συνήθως είναι κλεισμένη σε ένα κουβούκλιο. Οι μεγάλες ταχύτητες κοπής, σε συνδυασμό με την πιθανή χρήση μεταφορικών διατάξεων και ρομπότ, μπορεί να δημιουργήσουν συνθήκες που οδηγούν σε ατυχήματα. Οι εργαζόμενοι σε τέτοιους χώρους πρέπει να λαμβάνουν τα απαραίτητα μέτρα για την πρόληψη τέτοιων ατυχημάτων. Οι συνήθεις αιτίες που προκαλούν ατυχήματα είναι:

- Επικίνδυνες ή απερίσκεπτες ενέργειες.
- Σφάλματα εργαζόμενων, λόγω απειρίας, αφαίρεσης ή κούρασης.
- Επικίνδυνο περιβάλλον εργασίας.
- Επικίνδυνη κατάσταση των μηχανημάτων, των εργαλείων ή ακόμα και των κτιριακών εγκαταστάσεων.
- Διαφορά απρόβλεπτα γεγονότα(βραχυκύκλωμα κ.λ.π.).

Τα μέτρα που πρέπει να λαμβάνονται για την ασφάλεια, διακρίνονται σε ατομικά μέτρα ασφάλειας καθενός που κινείται και εργάζεται στο χώρο του μηχανουργείου αλλά και σε γενικότερα μέτρα, που αφορούν τη χρήση των μηχανημάτων του. Τα απαραίτητα προστατευτικά μέτρα που παίρνει κάθε εργαζόμενος, για να μην εμπλακεί σε ατυχήματα είναι:

- Τα προστατευτικά γυαλιά, τα οποία προστατεύουν τα μάτια από τα εκτοξευμένα απόβλητα, από σπινδίρες κλπ.

- Τα γάντια, που προστατεύουν τα χέρια κατά τη μεταφορά ή επεξεργασία υλικών.
- Τα υποδήματα ασφάλειας, που προφυλάσσουν τα ποδιά από τις πτώσεις βαριών αντικειμένων.

Τα βασικά μέτρα για την προστασία των εργαζόμενων, που εργάζονται σε περιστροφικά μηχανήματα και γενικά σε όλες τις εργαλείομηχανές, είτε είναι συμβατικές, είτε με ψηφιακή καθοδήγηση είναι:

- Σωστός χειρισμός και συγκέντρωση προσοχής.
- Καλή κατάσταση εργαλείομηχανών και μηχανουργείου με ευταξία και καθαριότητα.
- Κοπτικά εργαλεία σε καλή κατάσταση.
- Σωστή ρύθμιση περιστροφικής ταχύτητας και πρόωσης.
- Αποφυγή φαρδιών ρηχών και λυμένων μακριών μαλλιών.
- Προσεκτική συγκράτηση τεμαχίων και κοπτικών εργαλείων.
- Σταμάτημα της εργαλείομηχανής, όταν επιδιώκεται μια μέτρηση, ρύθμιση, καθάρισμα ή επισκευή.
- Να μην εγκαταλείπεται η εργαλείο μηχανή, όταν βρίσκεται σε λειτουργία και να κλείνει πάντα το κουβούκλιο προστασίας, ακόμα και για τη λειτουργία δόκιμης στο κενό.

Κεφάλαιο 3: ΚΑΛΟΥΠΙΑ

3.1 Εισαγωγή

Η χύτευση των υλικών είναι μία από τις παλαιότερες τεχνικές της εφαρμοσμένης μεταλλογνωσίας. Ο άνθρωπος έχει αρχίσει να χυτεύει μέταλλα από το 5.000 π.Χ. Όμως η ικανότητα της χύτευσης χυτοσιδήρου και χάλυβα είχε παρουσιάσει σοβαρές δυσκολίες κατά τους αρχαίους χρόνους. Η πρώτη επιτυχής χύτευση χυτοσιδήρου πραγματοποιήθηκε μάλλον για πρώτη φορά στη Κίνα το 500 μ.Χ.

Η χύτευση είναι μία τεχνική διαδικασία, με την οποία ένα υγρό υλικό αποκτά ένα επιθυμητό σχήμα. Αυτό πραγματοποιείται με την απόχυση υγρού, μέσα από μία οπή, στο καλούπι όπου και το υλικό στερεοποιείται. Κατά τη διάρκεια της στερεοποίησης του υγρού, αυτό αποκτά το επιθυμητό σχήμα από το προκατασκευασμένο εσωτερικό μέρος του καλουπιού. Η χύτευση των υλικών πραγματοποιείται σε ειδικά εργαστήρια, τα οποία καλούνται χυτήρια. Η μελέτη της χύτευσης των υλικών είναι ένας σημαντικός κλάδος της κατασκευαστικής τεχνολογίας. Αυτό γίνεται φανερό από το γεγονός ότι οι κυριότερες τεχνολογικές ιδιότητες των χυτών αντικειμένων εξαρτώνται από την ικανοποιητική μελέτη και όχι από την κατασκευή αυτών.

Μια ταξινόμηση των μεθόδων χύτευσης μπορεί να γίνει λαμβάνοντας υπόψη ως κριτήριο τη φύση μοντέλου και καλουπιού.

Διακρίνονται οι ακόλουθες μεγάλες ομάδες μεθόδων χύτευσης :

1. Μέθοδοι με καλούπι μιας χρήσης και μόνιμο μοντέλο.
2. Μέθοδοι με καλούπι και μοντέλο μιας χρήσης.
3. Μέθοδοι με μόνιμο καλούπι.
4. (Ειδικές) Μέθοδοι με μόνιμο ή μιας χρήσης καλούπι.

1. Μέθοδοι με καλούπι μιας χρήσης και μόνιμο μοντέλο

- Χύτευση σε άμμο (Sand casting)
 - Μέθοδος της υγρής άμμου (Green sand casting)
 - Μέθοδος της ξηρής άμμου (Dry-sand casting)
 - Μέθοδος CO₂ (CO₂ casting)
 - Χρήση τσιμέντου ως συνδετικού
 - Χρήση ελαιώδους άμμου
 - Χρήση πολυμερικής ρητίνης ως συνδετικού
- Χύτευση σε άλλα μέσα πλην άμμου (Slurry-mold casting)
 - Χύτευση σε γύψινο καλούπι (Plaster-mold casting)
 - Χύτευση σε κεραμικό καλούπι (Ceramic-mold casting)

2. Μέθοδοι με καλούπι και μοντέλο μιας χρήσης

- Χύτευση με “μάσκα” (Shell casting)
- Χύτευση με “επένδυση” (Investment casting)

3. Μέθοδοι με μόνιμο καλούπι

- Χύτευση βαρύτητας (Gravity casting)
- (Slush casting)
- Χύτευση χαμηλής πίεσης (Low-pressure casting)
- Χύτευση πίεσης (Die casting)

Χύτευση συμπίεσεως (Squeeze casting)

4. (Ειδικές) Μέθοδοι με μόνιμο ή μιας χρήσης καλούπι
Φυγοκεντρική χύτευση (Centrifugal casting)
Ημι-φυγοκεντρική χύτευση (Semi-centrifugal casting)
Φυγοκεντριζόμενη χύτευση (Centrifuged casting)

3.2 Βασική Ορολογία

Κοίλος χώρος του καλουπιού

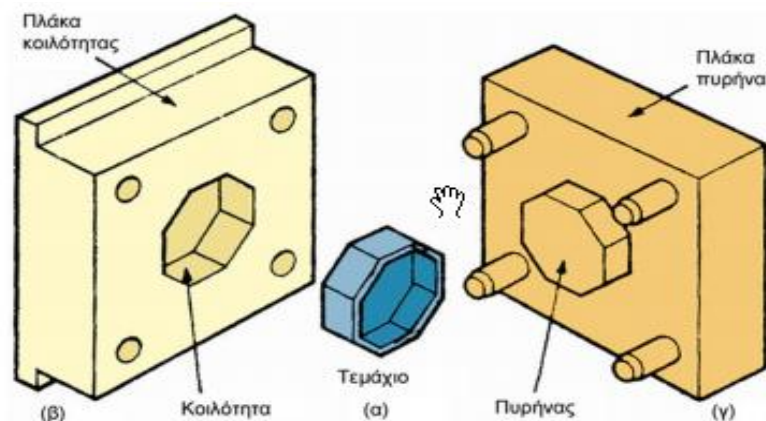
Το καλούπι που προκύπτει για χύτευση με έγχυση, αποτελείται από μέρη τα οποία εμπεριέχουν τον "κοίλο χώρο" ή το "χώρο πληρώσεως". Στον κοίλο χώρο λοιπόν του καλουπιού, μορφοποιείται το αντικείμενο προς παραγωγή, αφού αρχικά έχει εγχυθεί και ψυχθεί το υλικό που βρίσκεται σε εύπλαστη ή παχύρρευστη κατάσταση. Οπότε, κοίλος χώρος μπορεί να οριστεί ως το μέρος του καλουπιού που δίνει μορφή στο αντικείμενο (χυτό τεμάχιο). Ο κοίλος χώρος αποτελείται από τα εξής δύο μέρη:

1. Την "κοιλότητα", που είναι το θηλυκό μέρος του καλουπιού και δίνει στο αντικείμενο την εξωτερική του μορφή.
2. Τον "πυρήνα", που είναι το αρσενικό μέρος του καλουπιού και διαμορφώνει το εσωτερικό του αντικειμένου.

Πλάκες κοιλοτήτων και πυρήνων του καλουπιού

Στην εικόνα 34 απεικονίζεται ένα απλό εξαγωνικό δοχείο. Στην περίπτωση αυτή, το καλούπι αποτελείται από δύο πλάκες. Στη μία πλάκα έχει τοποθετηθεί η κοιλότητα, η οποία διαμορφώνει την εξωτερική μορφή του τεμαχίου και είναι γνωστή ως "πλάκα κοιλότητας" (σημείο έγχυσης).

Ομοίως, ο πυρήνας που προεξέχει από την "πλάκα του πυρήνα", διαμορφώνει την εσωτερική μορφή του τεμαχίου. Όταν το καλούπι κλείσει, οι δύο πλάκες ενώνονται, με αποτέλεσμα τη διαμόρφωση ενός διαστήματος (κενού) μεταξύ της κοιλότητας και του πυρήνα, που ονομάζεται κοίλος χώρος.



Εικόνα 34: Πλάκες κοιλότητας και πυρήνα καλουπιού

3.3 Οδηγοί - Στήλες και Δακτύλιοι Οδηγήσεως

3.3.1 Λειτουργία της Στήλης και του Δακτυλίου Οδηγήσεως.

Ο βασικός σχεδιασμός του καλουπιού, όπως το μέγεθος και η μορφή του αντικειμένου, επηρεάζουν το μέγεθος, τον αριθμό και τη διάταξη των στηλών οδηγώσεως στην πλάκα του καλουπιού.

Βασικός στόχος του συστήματος των στηλών οδηγώσεως είναι η ευθυγράμμιση των πλακών του καλουπιού κατά το "στάδιο εμβολισμού ή έγχυσης". Εντούτοις, οι στήλες έχουν και δευτερεύουσες-βοηθητικές λειτουργίες προστασίας του πυρήνα και επίσης, δρουν ως "πεύροι κεντραρίσματος-ευθυγράμμισης" κατά τη συναρμολόγηση του καλουπιού.

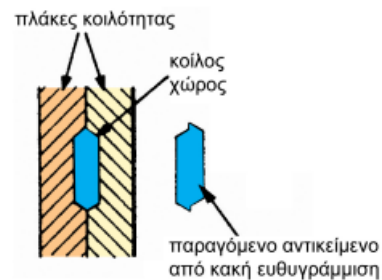
Ο δακτύλιος της στήλης οδηγώσεως, εισάγεται στο καλούπι, για να παρέχει τη σωστή συναρμογή των στηλών οδηγώσεως και στην περίπτωση πιθανής βλάβης και φθοράς, την αντικατάστασή αυτών.

Οι στήλες οδηγώσεως χρησιμοποιούνται συνήθως για τη διασφάλιση της ευθυγράμμισης και των δύο μισών του καλουπιού (κατά το στάδιο κλεισίματος). Ωστόσο, η αναγκαιότητα αυτού εξαρτάται από το σχέδιο του αντικειμένου. Για παράδειγμα, ο κοίλος χώρος του σχήματος 4 κατεργάζεται ολόκληρος στη μία πλάκα του καλουπιού, χωρίς την ύπαρξη της πλάκας του πυρήνα. Στην περίπτωση αυτή, απαιτείται μόνο η "ονομαστική" ευθυγράμμιση των δύο μισών, καθώς η σχετική μετακίνηση των δύο πλακών δεν επηρεάζει τις διαστάσεις του αντικειμένου.

Απεναντίας, στην περίπτωση του σχήματος 5, όπου ο κοίλος χώρος διαμορφώνεται από κοιλότητες και στα δύο μισά του καλουπιού, η καλή ευθυγράμμιση μεταξύ των δύο μισών είναι απαραίτητη. Ακόμα και με την παραμικρή μετακίνηση (ή κακή ευθυγράμμιση) των δύο πλακών, παράγεται ένα αντικείμενο που ορίζεται και ως "αντικείμενο εκτός μήτρας" (σχήμα 5).



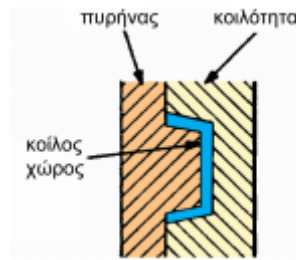
Σχήμα 4: Όταν ο κοίλος χώρος βρίσκεται στη μία πλάκα του καλουπιού, τότε απαιτείται μόνο "ονομαστική" ευθυγράμμιση μεταξύ των πλακών.



Σχήμα 5: Όταν ο κοίλος χώρος διαμορφώνεται και από τις δύο πλάκες του καλουπιού

Η πιο συνηθισμένη περίπτωση είναι αυτή του σχήματος 6 όπου η κοιλότητα και ο πυρήνας διαμορφώνουν τον κοίλο χώρο. Στη συγκεκριμένη περίπτωση, οποιαδήποτε κακή ευθυγράμμιση είναι ακατάλληλη καθώς το πάχος τοιχώματος του αντικειμένου που παράγεται, είναι μικρότερο από το άλλο. Επιπροσθέτως, η εύπλαστη μάζα του υλικού που εγχύεται εντός του κοίλου χώρου, διέρχεται από την ευκολότερη δίοδο και γεμίζει πρώτα τη μεγαλύτερη διατομή του αντικειμένου (πλήρωση του μεγαλύτερου

πάχους τοιχώματος). Το φαινόμενο αυτό μετακινεί τον πυρήνα εκτός ευθυγράμμισης, παράγοντος συνεπώς, αντικείμενα ανεπιθύμητης μορφής.

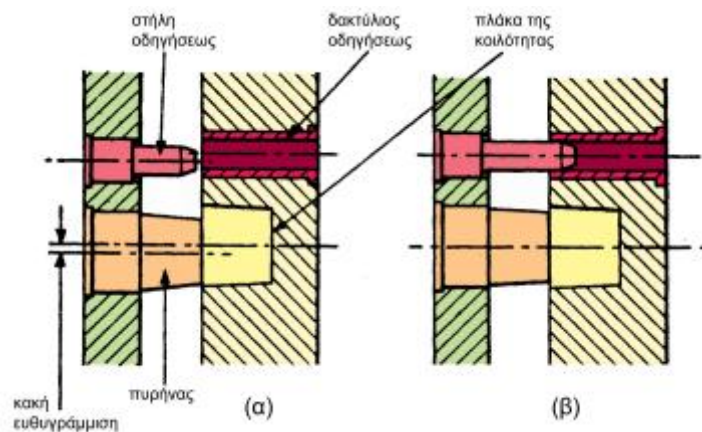


Σχήμα 6: Κακή ευθυγράμμιση μεταξύ του πυρήνα και της κοιλότητας για την παραγωγή αντικειμένων του τύπου "πλαισίου", επιφέρει ανομοιόμορφα πάχη τοιχωμάτων

Και στις δύο διατάξεις, το μήκος της στήλης οδηγήσεως είναι τέτοιο, ώστε να επιτευχθεί η ευθυγράμμιση και των δύο μισών του καλουπιού, πριν την είσοδο του πυρήνα στην κοιλότητα. Χωρίς λοιπόν τη δέουσα προσοχή του σχεδιαστή-κατασκευαστή, οποιαδήποτε κακή ευθυγράμμιση (λόγω της πιθανής φθοράς των δακτυλίων), προκαλεί την πρόσκρουση του πυρήνα στην κοιλότητα με καταστρεπτικές συνέπειες (σχήμα 7).

Για την αποφυγή του ενδεχομένου αυτού, το μήκος της στήλης οδηγήσεως πρέπει να επαρκεί για την είσοδο της στο δακτύλιο οδηγήσεως, πριν την εισαγωγή του πυρήνα στην κοιλότητα (σχήμα 7).

Σημειωτέον, ότι η πατούρα στην άκρη της στήλης οδηγήσεως βοηθά την εισαγωγή της στον δακτύλιο.



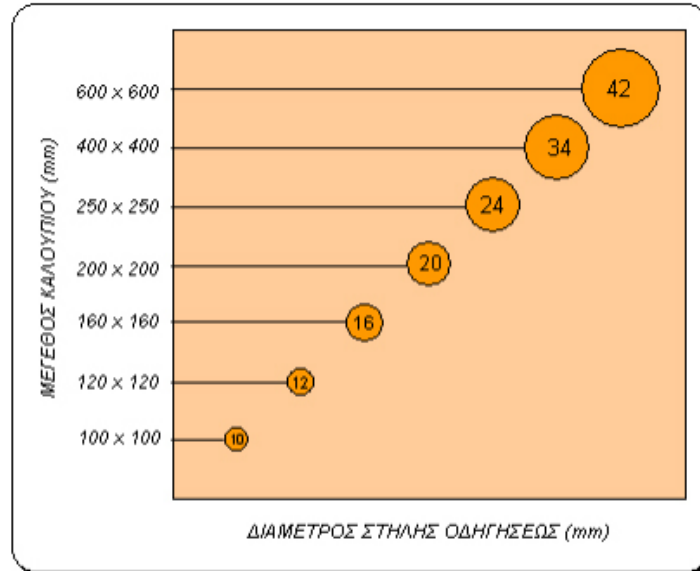
Σχήμα 7: Λανθασμένη (α) και σωστή (β) επιλογή της διάστασης του μήκους της στήλης οδηγήσεως

3.3.2 Μέγεθος και Ανοχή των Στηλών και Δακτυλίων Οδηγήσεως

Το τυπικό μέγεθος των στηλών οδηγήσεως ως τυποποιημένα εξαρτήματα, κυμαίνεται μεταξύ των 10 mm (3/8 in) και 50 mm (2 in) ονομαστικής διαμέτρου. Ορισμένα καλούπια μεγάλου μεγέθους απαιτούν στήλες εκτός της κλίμακας αυτής. Η

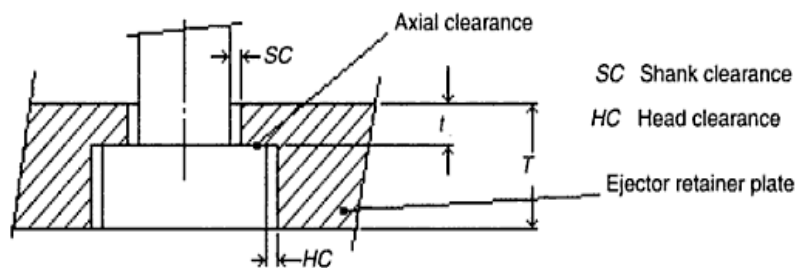
επιλογή της ονομαστικής διαμέτρου εξαρτάται από το μέγεθος του καλουπιού και από την πλευρική τάση που ασκείται στην στήλη οδήγησης

Το διάγραμμα επιλογής της ονομαστικής διαμέτρου της στήλης οδήγησης, απεικονίζεται στο σχήμα 8. Εάν, ασκούνται μεγάλες πλευρικές τάσεις τότε επιλέγεται η αμέσως επόμενη ονομαστική διάμετρος της στήλης (τα μεγέθη των στηλών οδήγησης που δίδονται στο σχήμα 8, βασίζονται στην κλίμακα που διατίθεται από την κατασκευαστική εταιρεία DME).



Σχήμα 8: Ενδεικτικό διάγραμμα για την επιλογή της διαμέτρου της στήλης οδήγησης, σε συνάρτηση με το μέγεθος του καλουπιού (κατασκευαστική εταιρεία DME)

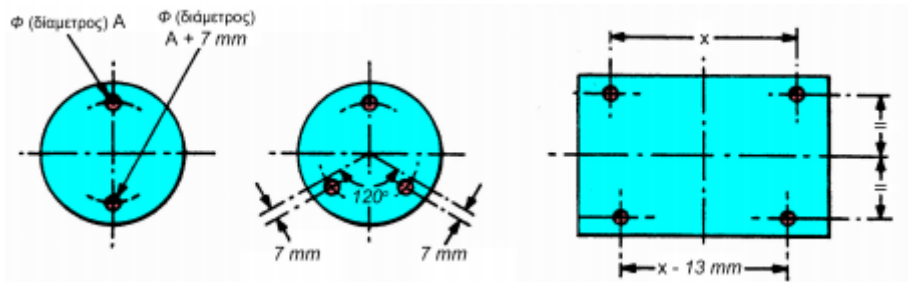
Στη εικόνα 35, παρατηρούνται οι απαραίτητες ανοχές συναρμογής στηλών οδήγησης. Είναι απαραίτητο, οι διαστάσεις των SC και HC να μην ξεπερνούν την τιμή 0.5mm.



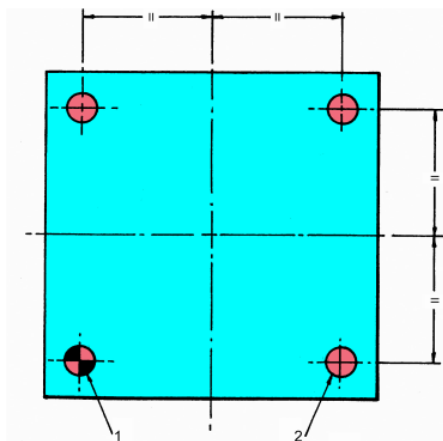
Εικόνα 35: Ανοχές συναρμογής στηλών και δακτυλίων οδήγησης

3.3.3 Διάταξη των Στηλών Οδήγησης

Το πλήθος των στηλών οδήγησης που εισάγονται σε ένα καλούπι, κυμαίνεται από δύο (σχήμα 9α) για τον απλούστερο τύπο έως και τέσσερις (σχήμα 9γ) για τα ορθογώνια καλούπια. Ορισμένα κυλινδρικά καλούπια έχουν τρεις στήλες οδήγησης (σχήμα 9β).



Σχήμα 9: Διατάξεις και διαστάσεις του διπλού (α), τριπλού (β) και τετραπλού (γ) συστήματος των στηλών οδήγησης



Σχήμα 10: Διάταξη του συστήματος των στηλών οδήγησης. Η διάμετρος της μίας στήλης διαστασιολογείται μικρότερη από τις άλλες, για τη σωστή συναρμολόγηση και ευθυγράμμιση του καλουπιού

Εκτός από την ευθυγράμμιση των δύο μισών του καλουπιού, οι στήλες οδήγησης χρησιμοποιούνται και για την αποφυγή της λανθασμένης συναρμολόγησης του καλουπιού. Με την έννοια αυτή, η στήλη οδήγησης λειτουργεί ως πείρος κεντρώσεως. Η διάταξη του συστήματος των διπλών στηλών οδήγησης (Σχήμα 9α) είναι τέτοια, ώστε η διάσταση της διαμέτρου της μίας στήλης να είναι μεγαλύτερη από την άλλη. Ωστόσο, το τριπλό και τετραπλό σύστημα στηλών οδήγησης σχεδιάζεται έτσι ώστε μία ή περισσότερες στήλες να μετατοπίζονται. Το σχήμα 9β, απεικονίζει το τριπλό σύστημα στηλών οδήγησης, στο οποίο οι δύο στήλες μετατοπίζονται κατά 7 mm (1/4 in) από την κλίση των 120° του βασικού επιπέδου. Το σύστημα των τετραπλών στηλών οδήγησης φαίνεται στο σχήμα 9γ, όπου οι δύο οπές στο κάτω μέρος του καλουπιού τοποθετούνται σε απόσταση μικρότερη από αυτή των οπών στο πάνω μέρος κατά 13 mm (1/2 in). Όλες αυτές οι διατάξεις των στηλών οδήγησης, εξασφαλίζουν τη σωστή συναρμολόγηση του καλουπιού.

Μία εναλλακτική μέθοδος που ακολουθείται από τους περισσότερους κατασκευαστές, είναι η χρήση της συμμετρικής διάταξης των στηλών οδήγησης. Εντούτοις, στη συγκεκριμένη διάταξη η διάμετρος της μίας στήλης είναι μικρότερη από τις υπόλοιπες.

Για παράδειγμα, η διάμετρος της μίας στήλης είναι 15 mm (1) ενώ η διάμετρος των υπολοίπων τριών είναι 16 mm (αναφορικά με το Σχήμα 10).

3.4 Εξώθηση του Αντικειμένου από το Καλούπι

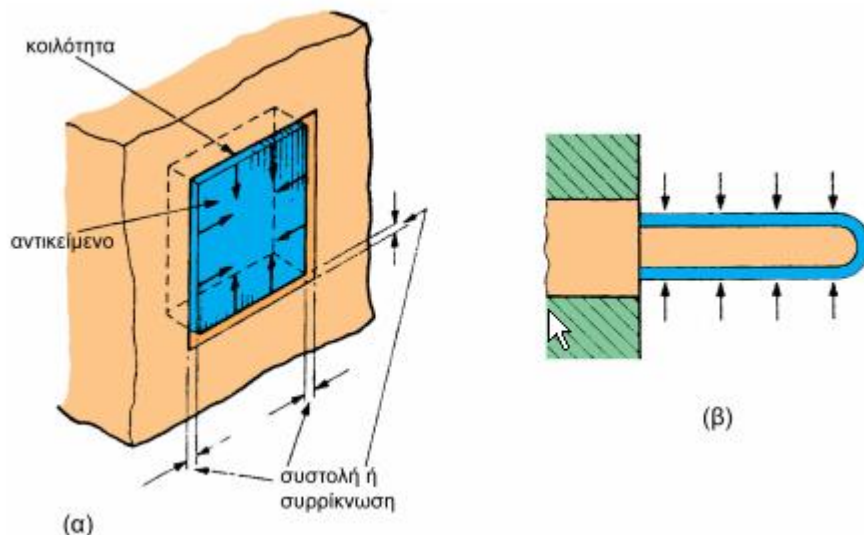
Με τον όρο "εξώθηση" εννοείται η ομοιόμορφη απομάκρυνση του χυτού αντικειμένου από το καλούπι. Επομένως, χρησιμοποιείται ένα σύστημα εξολκείων, το οποίο επιτρέπει μια κατά το δυνατόν αυτόματη απομάκρυνση.

Τεχνικές εξώθησης του αντικειμένου

Όταν το αντικείμενο προς παραγωγή ψυχθεί, συστέλλεται κατά ένα ποσοστό και εξαρτάται κατά κύριο λόγο από το υλικό που χρησιμοποιείται. Αυτό σημαίνει πως οι διαστάσεις του αντικειμένου αλλάζουν, λόγω συρρικνώσεως του υλικού κατά την ψύξη.

Για ένα αντικείμενο το οποίο δεν διαθέτει εσωτερική διαμόρφωση, παραδείγματος χάριν το συμπαγές ορθογώνιο τμήμα πλαστικού (σχήμα 11α), το αντικείμενο συστέλλεται μακριά από τα τοιχώματα της κοιλότητας. Το γεγονός αυτό, επιτρέπει τη χρήση μίας απλής τεχνικής εξώθησης (για παράδειγμα με τη χρήση πεπιεσμένου αέρα).

Όταν όμως το αντικείμενο έχει εσωτερική διαμόρφωση, το αντικείμενο καθώς ψύχεται συρρικνώνεται προς τον πυρήνα με αποτέλεσμα να χρησιμοποιείται ένα περιπλοκότερο σύστημα εξώθησης (σχήμα 11β).

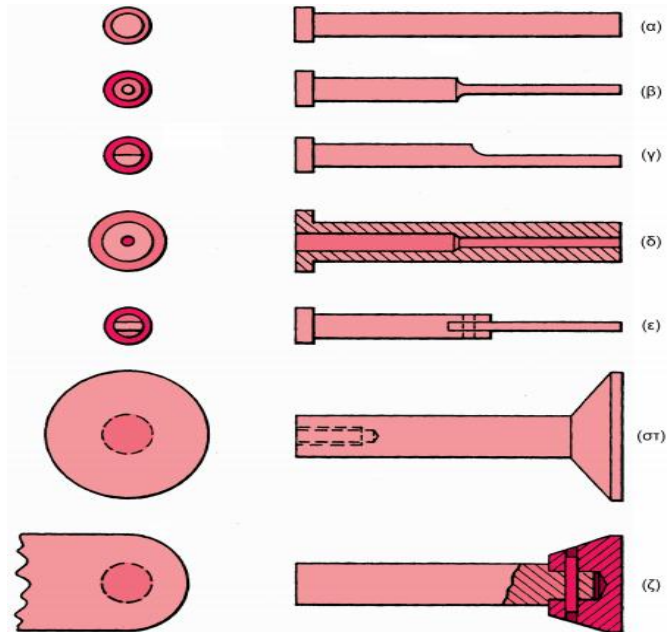


Σχήμα 11: Αποτέλεσμα της συστολής σε δύο διαφορετικά αντικείμενα,
α) το αντικείμενο συστέλλεται μακριά από την κοιλότητα
β) το αντικείμενο συστέλλεται προς τον πυρήνα

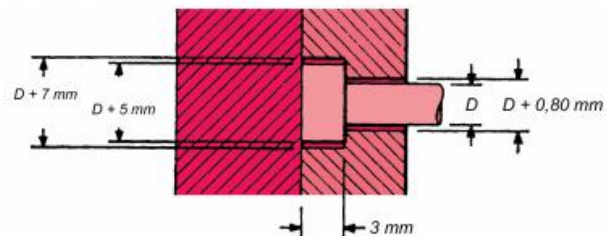
Οι τεχνικές εξώθησης που μπορεί να επιλέξει και να ακολουθήσει ο σχεδιαστής, είναι αρκετές. Η επιλογή κατάλληλης τεχνικής εξαρτάται αυστηρά από τη μορφή του αντικειμένου. Οι βασικές τεχνικές εξώθησης του αντικειμένου είναι οι εξής:

1. Εξώθηση αντικειμένου μέσω πύρων εξολκεία.
2. Εξώθηση αντικειμένου μέσω πύρων εξολκεία σε συνδυασμό με κυλινδρικούς δακτυλίους.
3. Εξώθηση αντικειμένου μέσω ράβδων εξολκεία.
4. Εξώθηση αντικειμένου μέσω πύρων εξολκεία της μορφής πτερυγίου.
5. Εξώθηση αντικειμένου μέσω πεπιεσμένου αέρα (πνευματικά συστήματα).

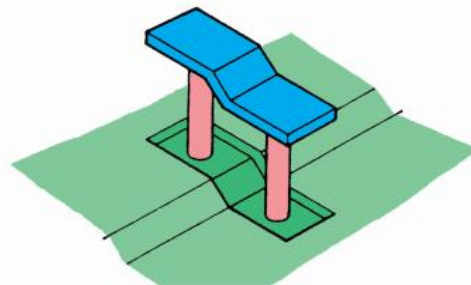
Η εξώθηση μέσω πέρων εξολκέα είναι η πιο διαδεδομένη και η πιο απλή όσον αφορά την εισαγωγή της στο καλούπι. Στη συγκεκριμένη τεχνική, το αντικείμεμο εξωθείται λόγω της τάσης που ασκεί η κυλινδρική χαλύβδινη ράβδος και η οποία ορίζεται ως "πείρος εξολκέα" (σχήμα 12α). Ο πείρος του εξολκέα διαθέτει κεφαλή, για να διευκολυνθεί την προσαρμογή του στις πλάκες του συστήματος εξώθησης.



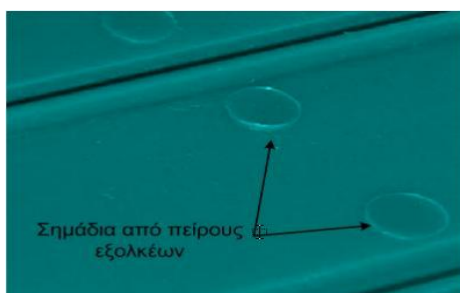
Σχήμα 12: α) απλός πείρος. β) βαθμιδωτός πείρος. γ) πείρος της μορφής D. δ) πείρος με τη χρήση δακτυλίου, ε) πείρος μορφής πτερυγίου, στ) πείρος κωνικής κεφαλής ή τύπου βαλβίδας, ζ) ράβδος



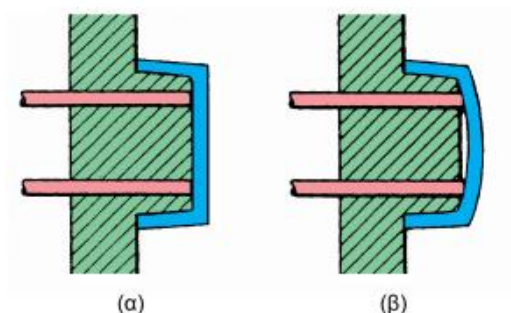
Σχήμα 13: Κατάλληλα διαμορφωμένη εσοχή στην πλάκα-φορέο του εξολκέα, για την ολίσθηση του πέρου



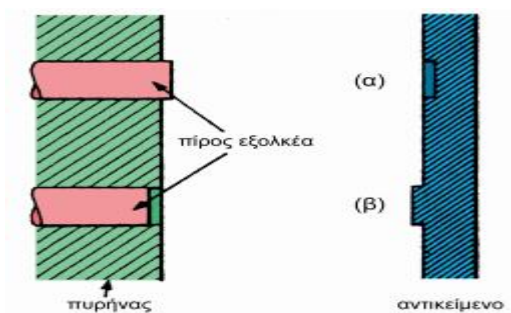
Σχήμα 14: Εξώθηση συμπαγούς αντικειμένου της μορφής Z, με τη χρήση μετωπικών πέρων εξώθησης



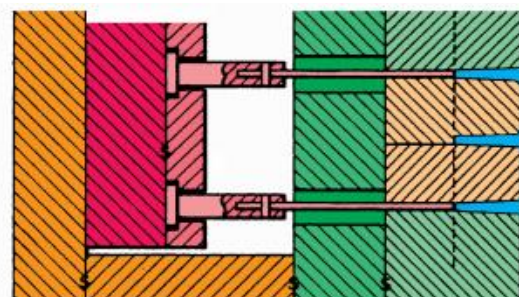
Εικόνα 36: Παράδειγμα επιφανειακών ατελειών από πείρους εξολκείων.



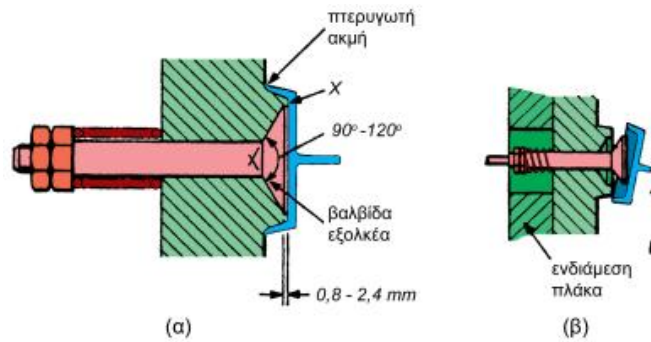
Σχήμα 15: Η εξώθηση αντικειμένων τύπου ορθογωνίου πλαισίου μέσω μετωπικών πείρων εξολκεία, δεν είναι θεμιτή



Σχήμα 16: Εάν ο πείρος του εξολκεία δεν είναι στο ίδιο επίπεδο με την επιφάνεια του πυρήνα, τότε στο αντικείμενο διαμορφώνονται είτε εσοχές (α) είτε προεξοχές (β)

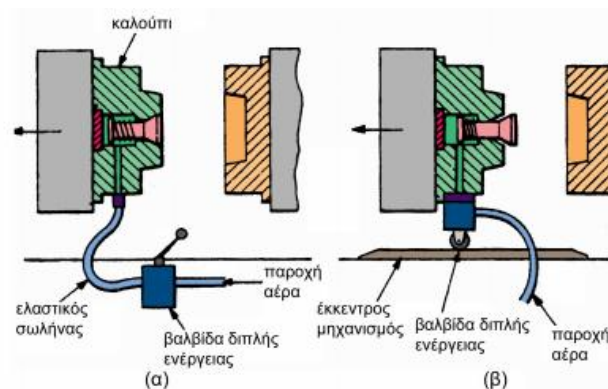


Σχήμα 17: Εξώθηση αντικειμένου μέσω πτερυγωτών πείρων εξολκεία



Σχήμα 18: Εξώθηση αντικειμένου μέσω βαλβίδων, για καλούπι ενός κοίλου χώρου

- α) αρχικό στάδιο εξώθησης του αντικειμένου
β) τελικό στάδιο εξώθησης του αντικειμένου



Σχήμα 19: Μέθοδοι παροχής πεπιεσμένου αέρα εντός του καλουπιού

- α) χειροκίνητη ρύθμιση παροχής (πεπιεσμένου αέρα)
β) αυτοματοποιημένη μονάδα ελέγχου παροχής

3.5 Επιφάνεια Διαχωρισμού

Στο συγκεκριμένο κεφάλαιο, αναλύονται τα είδη των επιφανειών και των επιπέδων διαχωρισμού. Η επιλογή της επιφάνειας διαχωρισμού παίζει σημαντικό ρόλο στην παραγωγή ενός αντικειμένου επιθυμητών διαστάσεων.

Γενικότερα, οι επιφάνειες διαχωρισμού ενός καλουπιού είναι τα τμήματα εκείνα των πλακών που βρίσκονται κοντά στους κοίλους χώρους και όταν αυτά ενωθούν μεταξύ τους, παίζουν το ρόλο του μέσου στεγανοποίησης, ώστε να αποτραπεί η απώλεια εύπλαστης μάζας υλικού από τον κοίλο χώρο.

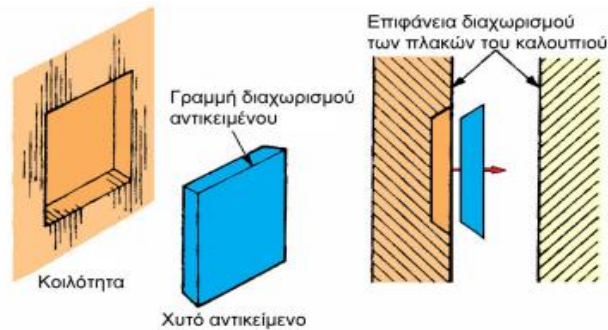
Η επιφάνεια διαχωρισμού μπορεί να διαχωριστεί και να ταξινομηθεί σε επίπεδη και μη επίπεδη. Παραδείγματα προσφάτων επιφανειών διαχωρισμού, είναι οι βαθμιδωτές επιφάνειες, οι επιφάνειες υπό γωνία, οι επιφάνειες περιγράμματος (πρότυπο αντικειμένου προς παραγωγή) και τέλος οι σύνθετες επιφάνειες.

Γενικά, η επίπεδη επιφάνεια διαχωρισμού είναι η πιο απλή σε θέματα κατασκευής και συντήρησης, αφού λειαίνεται και εγκαθίσταται (τοποθέτηση, συναρμογή) εύκολα.

Για την εγκατάσταση ενός ζευγαριού πλακών, η διαδικασία που ακολουθείται είναι η συναρμογή επιφανειών. Αυτό επιτυγχάνεται βάζοντας μπλε τη μία επιφάνεια, φέρνοντας στιγμιαία σε επαφή τις δύο πλάκες και στη συνέχεια, αφαιρώντας οποιαδήποτε έντονα στίγματα, τα οποία είναι εμφανή στην επιφάνεια που δεν είναι βαμμένη μπλε. Οι πλάκες εγκαθίστανται, όταν μία ομοιόμορφη λεπτή στρώση χρώματος μπλε, μεταφέρεται από τη μία πλάκα στην άλλη.

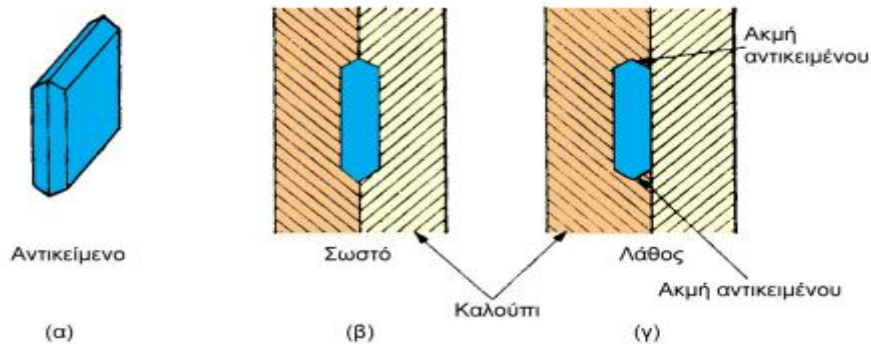
3.5.1 Επίπεδη Επιφάνεια Διαχωρισμού

Στην ουσία η επιφάνεια διαχωρισμού εξαρτάται εξολοκλήρου από τη μορφή του χυτού αντικειμένου. Για παράδειγμα, το αντικείμενο (μορφής ορθογωνίου) του σχήματος 20, έχει επίπεδη επιφάνεια διαχωρισμού. Αυτό συμβαίνει, διότι η κοιλότητα του αντικειμένου εισχωρεί στη μία πλάκα του καλούπι, με αποτέλεσμα η επιφάνεια διαχωρισμού να τοποθετείται στην κορυφή (επάνω μέρος) του αντικειμένου, χαρακτηρίζοντάς την εντελώς επίπεδη.

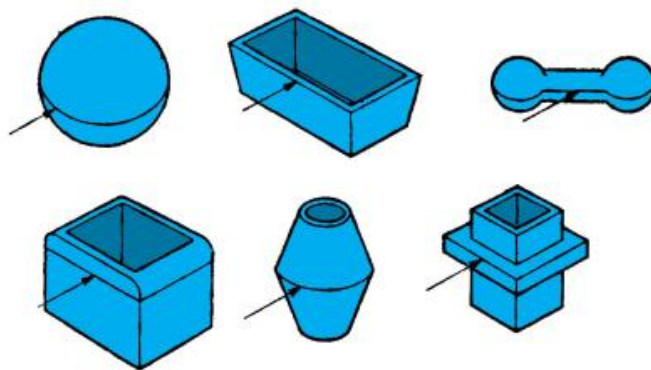


Σχήμα 20: Επιφάνεια και γραμμή διαχωρισμού ενός χυτού αντικειμένου

Η διάταξη αυτή, όσον αφορά την εμφάνιση, είναι ιδεατή, καθώς η γραμμή διαχωρισμού δεν παρατηρείται, εκτός εάν δημιουργηθεί οποιαδήποτε επιφανειακή ανωμαλία στο χυτό τεμάχιο, λόγω του ημιτελούς κλεισίματος των πλακών. Συνεπώς, το φαινόμενο αυτό χαρακτηρίζεται ως "φλασάρισμα". Με τον όρο αυτό εννοείται το αποτέλεσμα που προκύπτει, λόγω της διαφυγής εύπλαστης μάζας υλικού από τον κοίλο χώρο, όταν τα δύο μισά του καλούπι δεν είναι εντελώς κλειστά.



Σχήμα 21: Σωστή και λανθασμένη επιλογή της επιφάνειας διαχωρισμού



Σχήμα 22: Τυπικά αντικείμενα με επίπεδη επιφάνεια διαχωρισμού

Ένα άλλο ζήτημα που πρέπει να ληφθεί υπόψη, είναι ότι η επιφάνεια διαχωρισμού επιλέγεται, έτσι ώστε το αντικείμενο προς παραγωγή, να έχει τη δυνατότητα αφαίρεσης και απόρριψης από το καλούπι. Παραδείγματος χάριν, στο σχήμα 21, απεικονίζεται ένα επίπεδο αντικείμενο μορφής ορθογωνίου, το οποίο εισάγει μία διπλή κωνική ακμή. Είναι φανερό, πως η διαχωριστική γραμμή για το αντικείμενο αυτό, δεν τοποθετείται στο επάνω μέρος της επιφάνειάς του, όπως στην προηγούμενη περίπτωση του σχήματος 20, καθώς η διάταξη αυτή δημιουργεί οξείες ακμές εντός των πλακών, με συνέπεια την πιθανή φθορά του καλουπιού.

Συνοψίζοντας, η γραμμή διαχωρισμού τοποθετείται στην περιοχή της μέγιστης διάστασης του αντικειμένου. Οπότε, εάν η γραμμή αυτή εφάπτεται σε επίπεδη επιφάνεια αντικειμένου τότε η επιφάνεια διαχωρισμού είναι επίπεδη. Στο σχήμα 22, απεικονίζονται διάφορα αντικείμενα με επίπεδη επιφάνεια διαχωρισμού, σύμφωνα με το παραπάνω πόρισμα. Το βελάκι υποδεικνύει τη γραμμή διαχωρισμού.

3.5.2 Μη Επίπεδη Επιφάνεια Διαχωρισμού

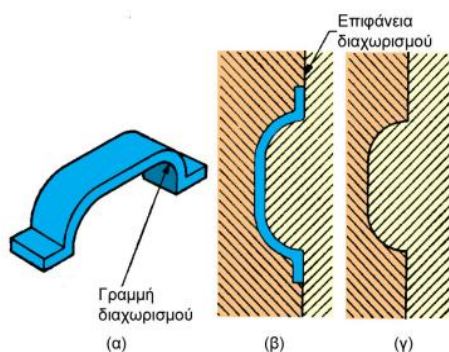
Η διαχωριστική γραμμή αρκετών χυτών αντικειμένων, βρίσκεται σε κοίλες ή διαφορετικά σε μη επίπεδες επιφάνειες. Στις περιπτώσεις αυτές, η επιφάνεια διαχωρισμού είναι είτε βαθμιδωτή, είτε σύνθετη, είτε περιγραμματική ή και ακόμα υπό γωνία.

1)Βαθμιδωτή επιφάνεια διαχωρισμού

Για παράδειγμα, στο αντικείμενο μορφής Z του σχήματος 14, η επιφάνεια διαχωρισμού βρίσκεται στην κορυφή του και παρατηρείται μόνο κατά την απόρριψή του συγκεκριμένου τεμαχίου. Επιπροσθέτως, λόγω της διαβάθμισης αυτής του αντικειμένου, η διαχωριστική επιφάνεια του καλουπιού είναι εξίσου βαθμιδωτή. Πρέπει να σημειωθεί πως καθώς η ακμή του αντικειμένου, όπως παρατηρείται και στην πρόσοψη (εκτός του σπασίματος της γωνίας), είναι τετραγωνικής μορφής, ολόκληρη ή μία πλευρά του προσαρμόζεται στο ένα μισό (πλάκα) του καλουπιού. Εντούτοις, εάν στη διαμόρφωση του αντικειμένου προστεθεί και μία κοίλη ακμή, το καλούπι θα συμπεριλάμβανε και μία δεύτερη επιφάνεια διαχωρισμού, η οποία θα προσαρμοζόταν και στις δύο πλάκες.

2)Περιγραμματική επιφάνεια διαχωρισμού (επιφάνεια διαχωρισμού τύπου προφίλ)

Παράδειγμα της περιγραμματικής επιφάνειας διαχωρισμού απεικονίζεται στο σχήμα 23. Το αντικείμενο, στο οποίο αναφέρεται το συγκεκριμένο παράδειγμα, φαίνεται στο σχήμα 23α. Πρέπει να σημειωθεί πως καθώς η μορφή του αντικειμένου, όπως παρατηρείται και στην τομή του σχήματος 23β, είναι συνεχής, η γενική του μορφή (πλάγια όψη) εισάγει κοιλότητες. Λόγω της τετραγωνικής μορφής της ακμής του τεμαχίου (πρόσοψη), η συνολική μορφή εισχωρεί μόνο στη μία πλάκα του καλουπιού. Επομένως, η μορφή της επιφάνειας διαχωρισμού διαμορφώνεται σύμφωνα με την εσωτερική επιφάνεια του αντικειμένου (σχήμα 23β). Για την απλοποίηση της κατασκευής ενός καλουπιού με πολυάριθμους κοίλους χώρους, η περιγραμματική επιφάνεια διαχωρισμού προεκτείνεται σε όλη την πλάκα του καλουπιού (σχήμα 23γ). Εν συνεχεία, τοποθετούνται και οι υπόλοιποι κοίλοι χώροι, σύμφωνα με την προεπιλεγμένη διάταξη.



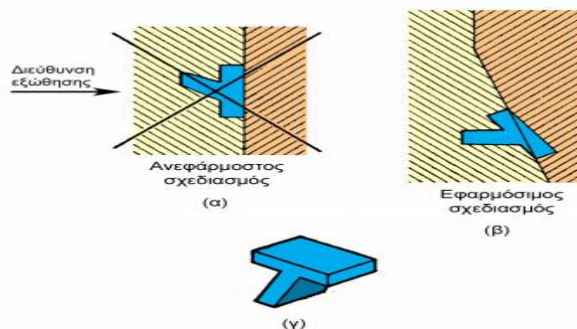
Σχήμα 23: Περιγραμματική επιφάνεια διαχωρισμού

3) Επιφάνεια διαχωρισμού υπό γωνία

Ο σχεδιαστής αντιμετωπίζει συχνά περιπτώσεις αντικειμένων, τα οποία ενώ είναι απόλυτα συμμετρικά, δεν έχουν τη δυνατότητα εξώθησης από το καλούπι, εάν και εφόσον η επιφάνεια διαχωρισμού είναι επίπεδη. Το αντικείμενο του σχήματος 24γ, ανήκει στην κατηγορία αυτή. Τοποθετώντας την επιφάνεια διαχωρισμού σε κεκλιμένο επίπεδο (σχήμα 24β) και έχοντας όλα τα μέρη του αντικειμένου στον ίδιο άξονα με τον άξονα απόρριψης και εξώθησης, το τεμάχιο εξωθείται ομοιόμορφα.

4) Σύνθετες επιφάνειες διαχωρισμού

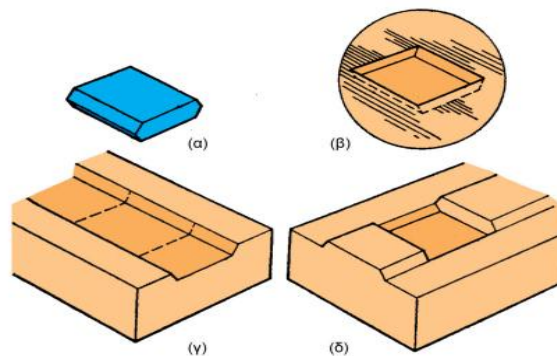
Μέχρι στιγμής, έχουν αναλυθεί μόνο οι περιπτώσεις αντικειμένων που έχουν ακμές συνεχόμενης μορφής (τετραγωνικής, διπλής, κωνικής ή κοίλης μορφής). Στην παράγραφο αυτή, εξετάζονται αντικείμενα, τα οποία δεν έχουν ακμές συνεχής μορφής. Το γεγονός αυτό, συνήθως, οδηγεί σε αρκετά σύνθετες επιφάνειες διαχωρισμού αλλά προς το παρόν εξετάζεται η απλή περίπτωση του σχήματος 25.



Σχήμα 24: Επιφάνεια διαχωρισμού σε κεκλιμένο επίπεδο (υπό γωνία)

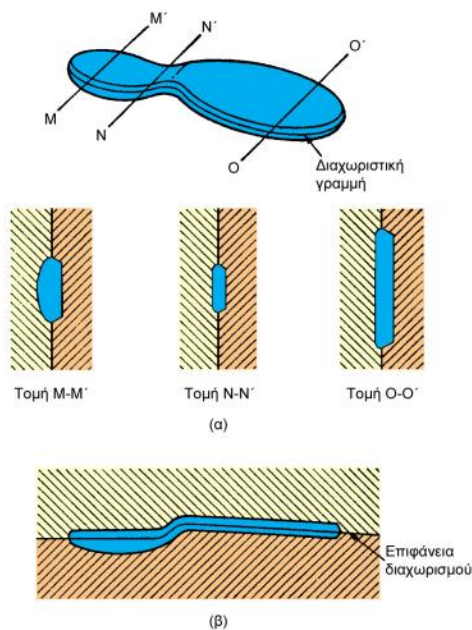
Το αντικείμενο στην προκειμένη περίπτωση (σχήμα 25α), είναι μία επίπεδη πλάκα, μορφής ορθογωνίου. Η ακμή των πλευρών του αντικειμένου, είναι διπλής κωνικής μορφής και οι άκρες του σχηματίζουν γωνία με την επάνω επιφάνεια. Υπάρχουν, βέβαια, δύο εναλλακτικές μέθοδοι σχεδιασμού, οι οποίοι χρησιμοποιούνται στο συγκεκριμένο παράδειγμα. Η πιο απλή μέθοδος, είναι ο σχεδιασμός μιας επίπεδης επιφάνειας διαχωρισμού, στην οποία το μισό του αντικειμένου εισχωρεί σε κάθε μία πλάκα του καλουπιού. Η συγκεκριμένη μέθοδος απεικονίζεται στο σχήμα 25β. Επομένως, η διαχωριστική γραμμή του παραδείγματος, σχεδιάζεται και κατασκευάζεται στη μέση της διπλής κωνικής πλευράς και εγκάρσια των άκρων του. Η διαχωριστική αυτή γραμμή μπορεί να μην είναι αποδεκτή από τον πελάτη, οπότε στη περίπτωση αυτή, ακολουθείται η πιο σύνθετη μέθοδος σχεδιασμού και συγκεκριμένα, χρησιμοποιείται η βαθμιδωτή επιφάνεια διαχωρισμού.

Για να αποτραπεί το πέρασμα της διαχωριστικής γραμμής από το μέσο του αντικειμένου, είναι απαραίτητη η ανάρτηση του επιπέδου επιφάνειας διαχωρισμού, στο ίδιο επίπεδο των άκρων των πλακών του καλουπιού (σχήμα 25δ). Για την επίτευξη της ομοιόμορφης συναρμογής των υπερυψωμένων μερών που προκύπτουν από την παραπάνω διαμόρφωση, είναι αναγκαία η κατεργασία της συμπληρωματικής μορφής της άλλης πλάκας του καλουπιού (σχήμα 25γ). Καθώς λοιπόν, τα υπερυψωμένα αυτά μέρη της πλάκας, ακολουθούν το περίγραμμα του αντικειμένου, διαμορφώνεται ένα απλό κανάλι (αγωγός, δίοδος) της μορφής του σχήματος 25γ. Η προεξέχουσα μορφή της πλάκας του σχήματος 25δ, εγκαθίσταται προσεκτικά στη συμπληρωματική μορφή της άλλης πλάκας (σχήμα 25γ) γιατί διαφορετικά υπάρχει πιθανότητα υπερπλήρωσης του κοίλου χώρου, άρα και πιθανή ανομοιόμορφη παραγωγή του αντικειμένου. Η περιοχή που εσωκλείεται στις διακεκομμένες γραμμές του σχήματος 25γ απαιτεί μία καλύτερη κατεργασία (λείανση) από την υπόλοιπη επιφάνεια του καναλιού, αφού η εν λόγω περιοχή διαμορφώνει τον κοίλο χώρο.



Σχήμα 25: Σύνθετες επιφάνειες διαχωρισμού (παράδειγμα 1)

Σύμφωνα λοιπόν με τα προαναφερθέντα, η επίπεδη επιφάνεια διαχωρισμού είναι η απλούστερη των περιπτώσεων. Συνεπώς, το κόστος παραγωγής της επιφάνειας αυτής, είναι ιδιαίτερα χαμηλό. Στο συγκεκριμένο παράδειγμα, η βαθμιδωτή επιφάνεια διαχωρισμού δίνει στη διαχωριστική γραμμή, τη δυνατότητα τοποθέτησης της στα πιο αφανή σημεία (αφανείς περιοχές) του αντικειμένου. Ένας άλλος παράγοντας, που πρέπει να ληφθεί υπόψη, είναι πως η βαθμιδωτή διαχωριστική γραμμή επιτρέπει την ύπαρξη μιας μικρής διαμήκης απόστασης (ή διαφοράς), μεταξύ των δύο μισών του καλουπιού. Στην περίπτωση, βέβαια, της επίπεδης επιφάνειας διαχωρισμού, μία πανομοιότυπη διαφορά μεταξύ των δύο μισών του καλουπιού, γίνεται εύκολα αντιληπτή επάνω στην επιφάνεια του τελικού αντικειμένου.



Σχήμα 26: Σύνθετες επιφάνειες διαχωρισμού (παράδειγμα 2)

Το επόμενο παράδειγμα που εξετάζεται, είναι η λαβή μίας βούρτσας μαλλιών (σχήμα 26), όπου η ακμή της αλλάζει μορφή συνεχώς. Αρχικά, το μόνο που χρειάζεται για τον προσδιορισμό της διαχωριστικής γραμμής, είναι ο σχεδιασμός πολλών τομών δια μέσου της λαβής και έπειτα η επιλογή της μέγιστης διάστασης ξεχωριστά της κάθε διατομής (π.χ. στα σημεία M, N, O). Όπως φαίνεται και στο αντικείμενο του σχήματος 26, η διαχωριστική γραμμή διέρχεται από όλα αυτά τα σημεία, της μέγιστης διάστασης. Από τη στιγμή, λοιπόν, που η διαχωριστική γραμμή έχει προσδιοριστεί, η επιφάνεια διαχωρισμού σχεδιάζεται σύμφωνα με το σχήμα 26β. Η επιφάνεια αυτή δεν μεταβάλλεται εγκαρσίως, επομένως, έχει τη δυνατότητα κατεργασίας, καθ' όλη την επιφάνεια του καλουπιού. Σε γενικές γραμμές, η διαχωριστική αυτή επιφάνεια, περιορίζεται στην περιοχή κοντά στον ή στους κοίλους χώρους, ώστε ο χρόνος εγκατάστασης και συναρμογής της κυματιστής επιφάνειας, να μειωθεί στο ελάχιστο.

Σε συγκεκριμένα αντικείμενα, η μεταβολή της υψομετρικής διαφοράς μεταξύ των σημείων της μέγιστης διάστασης, είναι απότομη. Στις περιπτώσεις αυτές των αντικειμένων, η διαχωριστική γραμμή διαβαθμίζεται από το ένα επίπεδο στο άλλο, και είναι προτιμότερη η υπό γωνία διαβάθμιση. Είναι συνήθως απαραίτητο, ο κατασκευαστής να έχει την ελευθερία και την άνεση να συναρμόσει τον κοίλο χώρο με τη βαθμιδωτή περιοχή, για τη διασφάλιση της μη ύπαρξης και δημιουργίας τοπικών, οξειών ακμών.

3.6 Συστήματα Απαγωγής Αέρα από τον Κοίλο Χώρο του Καλουπιού

Όταν η εύπλαστη μάζα του υλικού εισέρχεται στον κοίλο χώρο, ο παρευρισκόμενος αέρας εκτοπίζεται. Κανονικά, ο αέρας που βρίσκεται εντός του

κοίλου χώρου, διαφεύγει από το κενό που δημιουργείται από τη συναρμογή των δύο πλακών του καλουπιού.

Εντούτοις, στην περίπτωση, όπου οι δύο πλάκες συναρμολογούνται απόλυτα, ο αέρας παγιδεύεται μέσα στον κοίλο χώρο, με αποτέλεσμα το καλούπι να δυσλειτουργεί (ημιτελής πλήρωση του κοίλου χώρου με υλικό) και τα αντικείμενα, τα οποία παράγονται να έχουν ατέλειες, όπως ξεθώριασμα.

Πρακτικά, ο σωστός σχεδιασμός ενός συστήματος απαγωγής αέρα (ή συστήματος εξαερισμού) στο καλούπι, παρέχει τριχοειδείς αγωγούς εξαερισμού που επιτρέπουν τη εύκολη διαφυγή του αέρα (και άλλων αέριων μαζών που πιθανόν μπορεί να υπάρχουν).

Συνήθως, ο σχεδιαστής-κατασκευαστής δεν προκαθορίζει το σύστημα απαγωγής αέρα. Το γεγονός αυτό έχει ως αποτέλεσμα το σύστημα απαγωγής αέρα να κατεργάζεται στην πλάκα του καλουπιού, αφού το καλούπι έχει δοκιμαστεί.

Το σύστημα απαγωγής αέρα αποτελείται από μία διάταξη τριχοειδών αγωγών μικρού βάθους. Ο συγκεκριμένος αγωγός δεν είναι περισσότερο από 0,05 mm (0,002 in) σε βάθος και 3 mm (1/8 in) σε πλάτος και κατασκευάζεται επάνω στην περιοχή έδρασης.

Εάν επιλεγθεί μεγαλύτερο βάθος, υπάρχει η πιθανότητα διαφυγής υλικού διαμέσω του αυλακιού με συνέπεια την ανεπιθύμητη υπερπλήρωση του κοίλου χώρου, άρα και τη δημιουργία χαρακτηριστικού ίχνους στην επιφάνεια του αντικειμένου.

Οι θέσεις στις οποίες τοποθετείται ο αγωγός εξαερισμού, είναι οι εξής:

- στο σημείο που γειτνιάζει με τη στένωση, σε συμμετρικά κυρίως αντικείμενα,
- στο σημείο όπου συναντώνται περάσματα ροής και τέλος,
- στο κάτω μέρος των οποιονδήποτε προεξοχών

Στην τελευταία περίπτωση, ο αέρας που εναπομένει στον κοίλο χώρο δεν απάγεται με τους επιφανειακούς αγωγούς εξαερισμού. Επομένως, ο σχεδιαστής-κατασκευαστής διαμορφώνει ένα κεντρικό αγωγό εξαερισμού, ο οποίος διαπερνά όλη την πλάκα του καλουπιού. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί, εισάγοντας έναν εξολκέα σε συγκεκριμένο σημείο.

Το μικρό κενό που δημιουργείται μεταξύ του εξολκέα και της οπής στην πλάκα του καλουπιού, επαρκεί ώστε να διαφύγει ο αέρας.

3.7 Προσδιορισμός του Συντελεστή Συστολής ή Συρρίκνωσης του Σχεδιαστικού Προτύπου

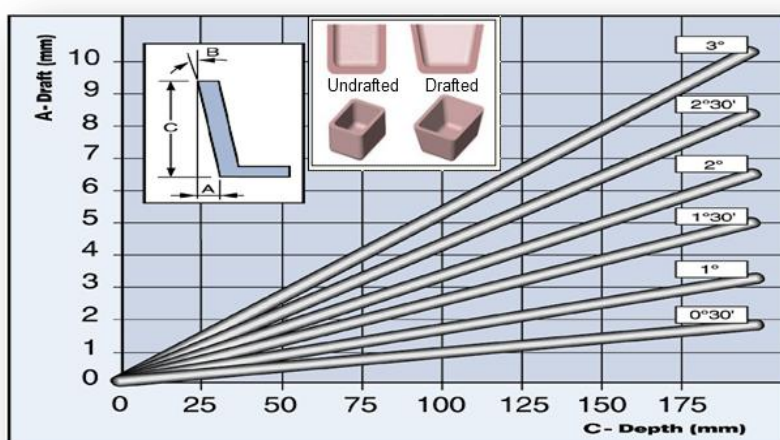
Κατά τον καθορισμό του κοίλου χώρου του καλουπιού λαμβάνεται υπόψη η συστολή και ενδεχόμενα η επανασυστολή του χυτού τεμαχίου. Με τον όρο "συστολή" εννοείται η αλλαγή διαστάσεων των τεμαχίων λόγω συρρικνώσεως του υλικού κατά την ψύξη. Αυτή εκφράζεται ως η διαφορά διαστάσεων μεταξύ κοίλου χώρου του εργαλείου και αντικειμένου. Κατά την αντιμετώπιση αυτής της συστολής (πίνακας 13) έρχεται και μία πρόσθετη δυσχέρεια, αυτή της επανασυστολής. "Επανασυστολή", ορίζεται η διαφορά διαστάσεως μεταξύ ενός αντικειμένου που έχει ψυχθεί στη θερμοκρασία χώρου και του ίδιου του αντικειμένου μετά την επίδραση μιας ορισμένης θερμοκρασίας.

Πρώτη ύλη	Θερμοκρασία υλικού (°C)	Θερμοκρασία εργαλείου (°C)	Συστολή (%)	Κλίση (%)
Πολυστερίνη	150...280	10...50	Ca. 0,45	1,50
ABS	180...540	50...85	0,40...0,70	-
Πολυαιθυλένιο	140...350	20...60	1,50...2,00	0,2...2,00
Πολυπροπυλένιο	150...260	20...60	1,20...2,20	1,50
Πολυανθρακικά	230...320	85...120	0,70...0,80	1,00
PVC	140...210	20...60	0,50...0,70	1,50

Πίνακας 13: Ενδεικτικές τιμές για συνθήκες επεξεργασίας χυτών με έγχυση

3.8 Draft Angle (Κωνικότητα)

Το Draft Angle ορίζεται η γωνία κάποιου τοιχώματος του καλουπιού έτσι ώστε το άνοιγμα της κοιλότητας να είναι ευρύτερο από τη βάση του (κωνικότητα). Το Draft Angle επιτρέπει την ευκολότερη εξώθηση του τμήματος από το καλούπι.

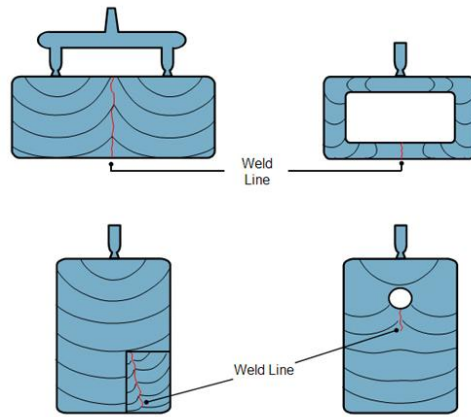


Διάγραμμα 1: Draft (A) σε mm για διάφορα draft angles (B) σε συνάρτηση του βάθους του καλουπιού (C).

Συνήθως το Draft Angle συνιστάται από 1 έως 3 μοίρες. Όσο το Draft αυξάνει η εξώθηση γίνεται ευκολότερη, αλλά αυξάνετε ο κίνδυνος πως κάποια τμήματα μπορεί να γίνουν πάρα πολύ βαριά. Είναι απαραίτητο να προσπαθούμε να κρατάμε τα χαρακτηριστικά στη επιφάνεια διαχωρισμού όπως είναι.

3.9 Weld Line (Γραμμή Συγκόλλησης)

Κατά την χύτευση, Weld line (γραμμή συγκόλλησης) ορίζεται το σημείο ενός τεμαχίου όπου δύο ρεύματα του υλικού χύτευσης ενώνονται. Είναι πιθανό, επίσης να σχηματιστεί από την τήξη ρεύματος που ρέει προς την ίδια ή αντίθετη κατεύθυνση. Επιπροσθέτως, δεν είναι δυνατόν να εξαλειφθούν οι γραμμές συγκόλλησης, αλλά μπορούν να γίνουν αρκετά ισχυρότερες ή μπορεί οι θέσεις τους να αλλάξουν. Στην εικόνα 37, παρατηρούνται πιθανά σημεία Weld Line.



Εικόνα 37: Πιθανά σημεία Weld Line

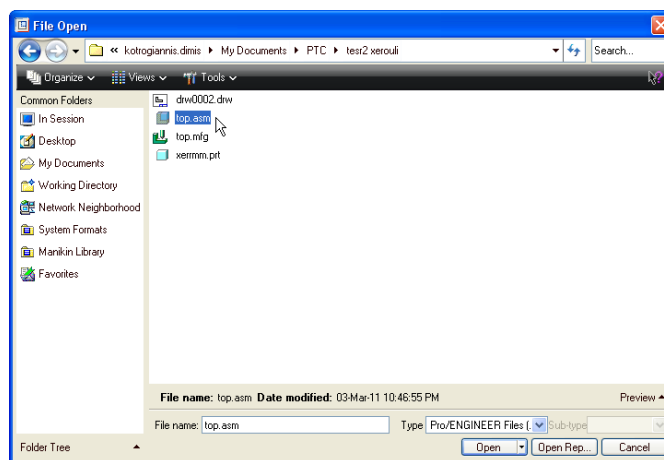
Κεφάλαιο 4: PLASTIC ADVISOR

4.1 Οδηγός Λειτουργίας Plastic Advisor

Είναι μια λειτουργία του PTC όπου με την προσομοίωση της πλαστικής πλήρωσης για μορφοποιημένα τεμάχια δίνει τη δυνατότητα στους μηχανικούς να σχεδιάζουν και να αποκαλύπτουν τα προβλήματα, και να προτείνουν διορθωτικά μέτρα, μειώνοντας το χρόνο ανάπτυξης και το κόστος.

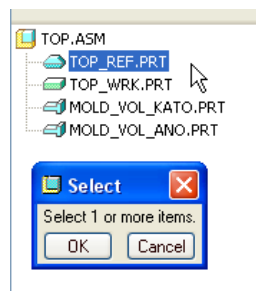
➤ Εκκίνηση

Για την εκκίνηση της λειτουργίας. Επιλέγεται File→Open και έπειτα το αρχείο.



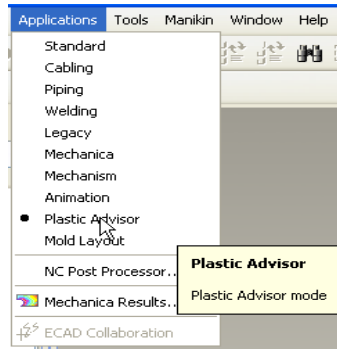
Εικόνα 38: Άνοιγμα αρχείου-τεμαχίου

Επιλέγεται το τεμάχιο που θα προσομοιωθεί και στη συνέχεια

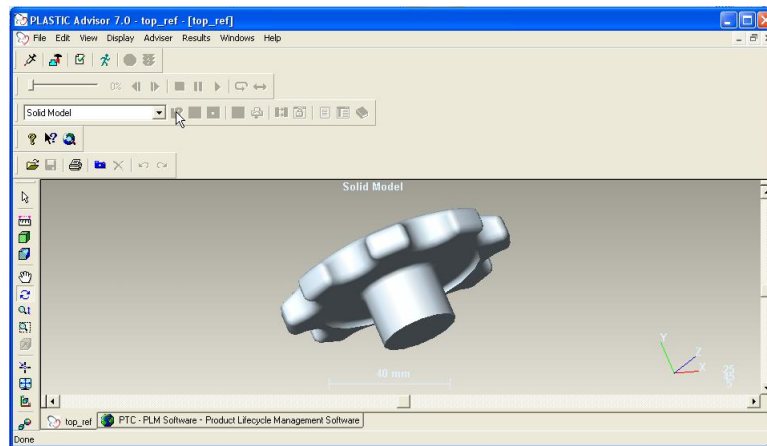


Εικόνα 39: Επιλογή τεμαχίου προσομοίωσης


Από το κεντρικό μενού επιλέγονται Applications→Plastic Advisor.

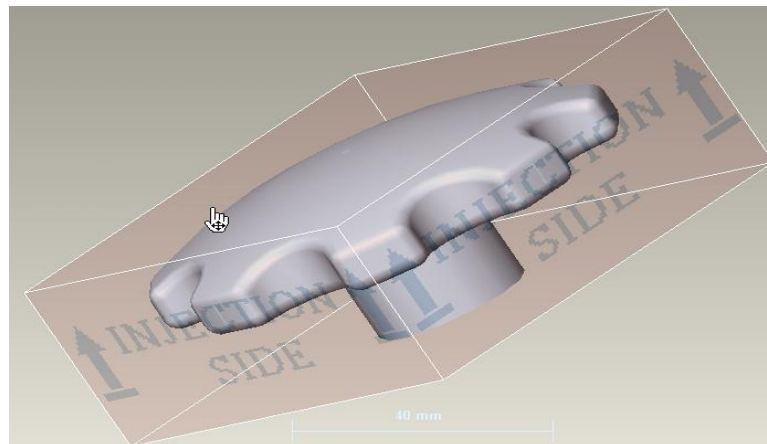


Εικόνα 40: Επιλογή λειτουργίας Plastic Advisor από το βασικό μενού. Έπειτα εμφανίζεται το παράθυρο Plastic Advisor 7.0.




Εικόνα 41: Παράθυρο του Plastic Advisor 7.0

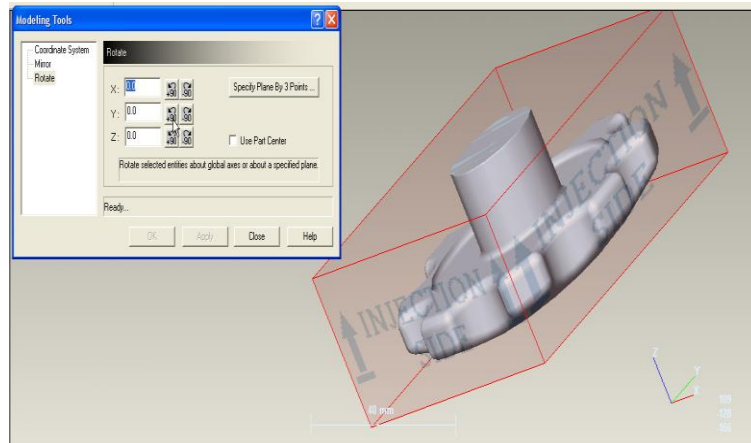
Επιλέγεται το εικονίδιο  για να εμφανιστεί το ακατέργαστο τεμάχιο, όπου πάνω σε αυτό παρατηρείται η φορά έγχυσης.



Εικόνα 42: Φορά έγχυσης τεμαχίου


➤ Ορισμός φοράς έγχυσης

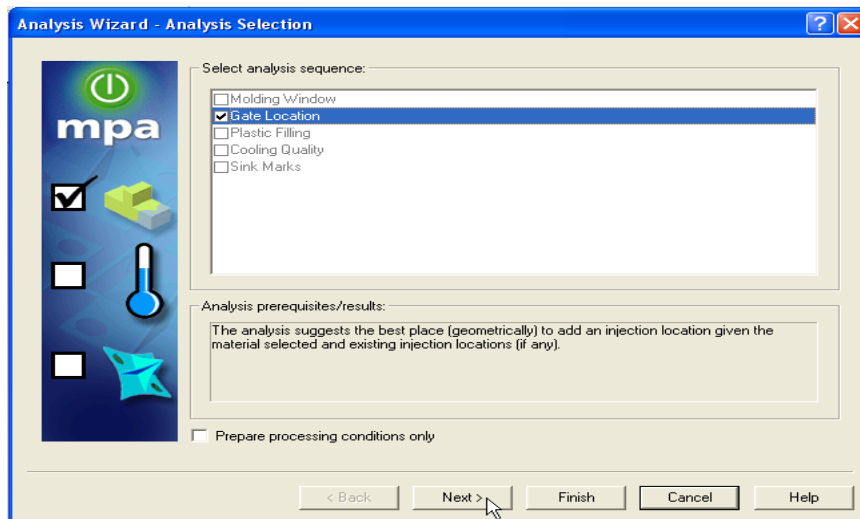
Επιλέγεται το εικονίδιο , όπως και το ακατέργαστο τεμάχιο ώστε να επιτευχθεί η αλλαγή της φοράς έγχυσης.



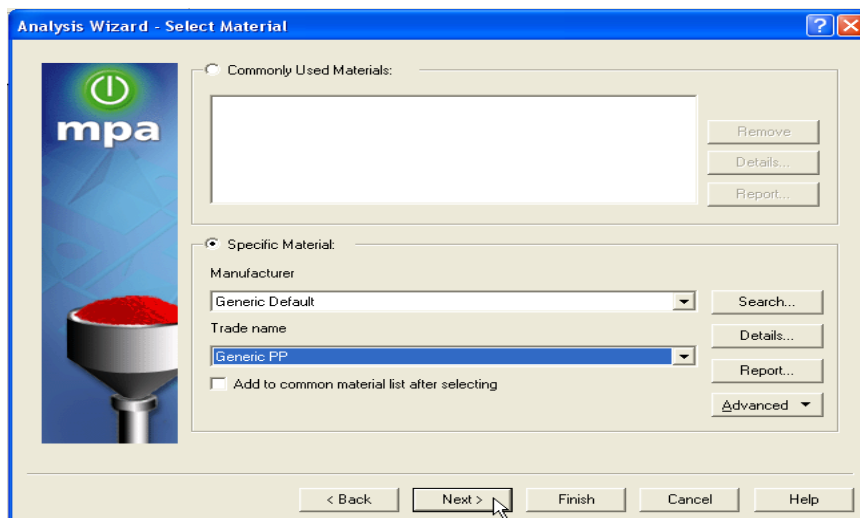
Εικόνα 43: Αλλαγή φοράς έγχυσης τεμαχίου

➤ Επιλογή σημείου έγχυσης.

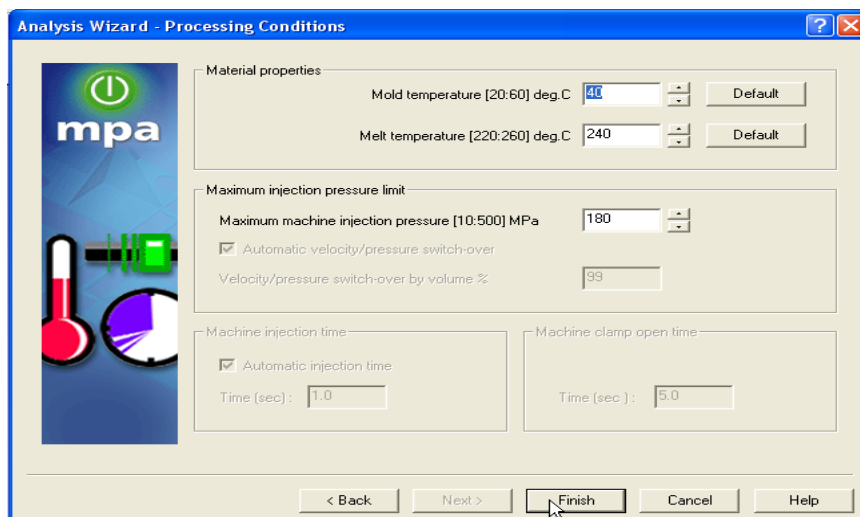
Επιλέγεται το εικονίδιο , για την ανάλυση του τεμαχίου και την εντόπιση του ιδανικού σημείου έγχυσης.



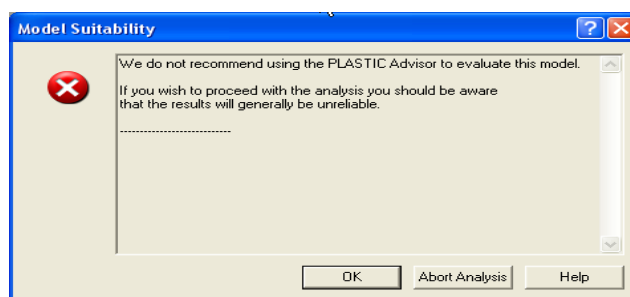
Εικόνα 44: Επιλογή ανάλυσης του ιδανικότερου σημείου έγχυσης



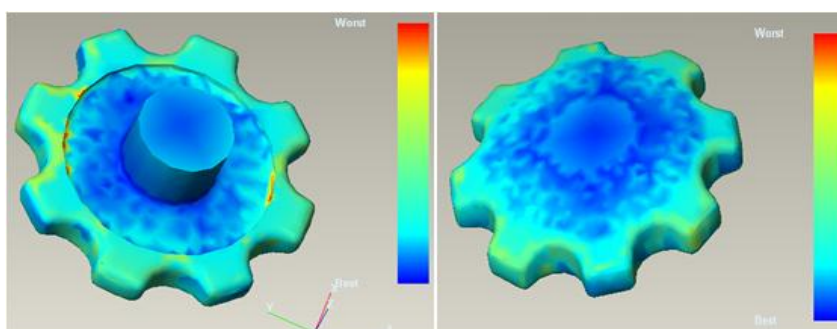
Εικόνα 45: Επιλογή υλικού έγχυσης



Εικόνα 46: Παράμετροι επιλεγμένου υλικού




Εικόνα 47: Προειδοποίηση καταλληλότητας

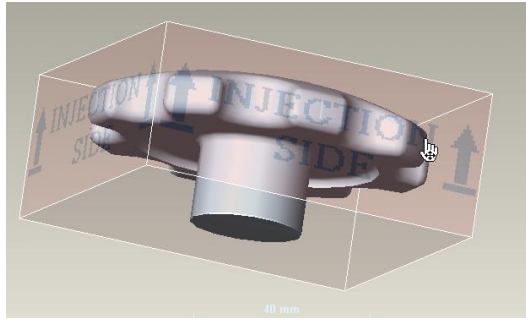


Εικόνα 48: Αποτέλεσμα ανάλυσης για το ιδανικότερο σημείο έγχυσης με φορά έγχυσης από το άνω σημείο

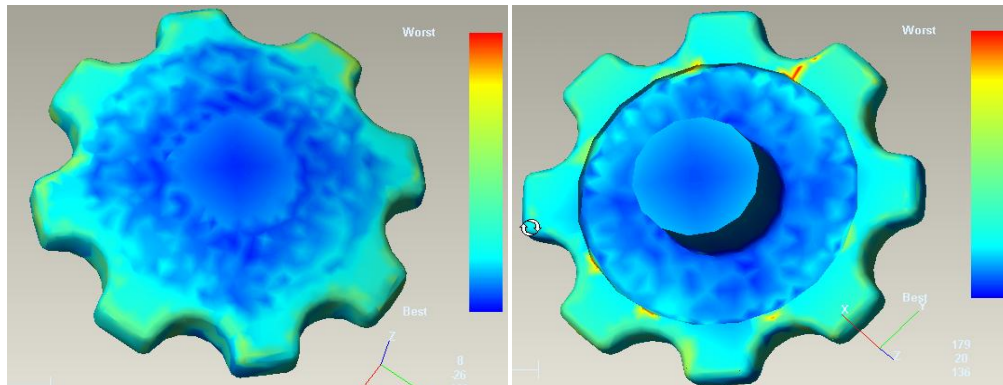
Σύμφωνα με την χρωματική μπάρα παρατηρείται το ιδανικότερο σημείο έγχυσης. Το ιδανικότερο σημείο τονίζεται με το μπλε χρώμα (δεν είναι απαραίτητο να είναι και στην πραγματικότητα αυτό το σημείο έγχυσης) και το χειρότερο με κόκκινο.

- Δοκιμή με αλλαγή της φοράς έγχυσης από την αντίθετη πλευρά για την επιλογή του σημείου έγχυσης.

Επιλέγεται  για την αλλαγή της φοράς έγχυσης.




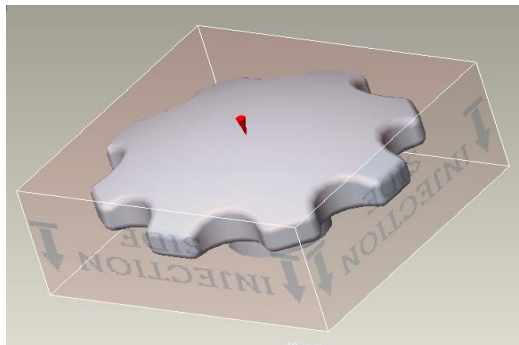
Εικόνα 49: Έλεγχος με αλλαγή της φοράς έγχυσης




Εικόνα 50: : Αποτέλεσμα ανάλυσης για το ιδανικότερο σημείο έγχυσης με φορά έγχυσης από το κάτω σημείο

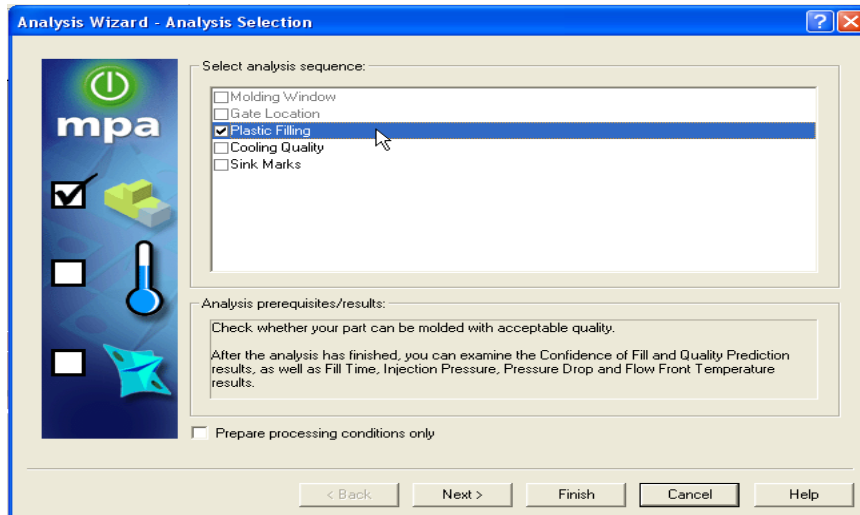
➤ Προσομοίωση και έλεγχος έγχυσης

Επιλέγεται το εικονίδιο  για την εισαγωγή του σημείου έγχυσης. Στην παρακάτω εικόνα εντοπίζεται με κόκκινο χρώμα.

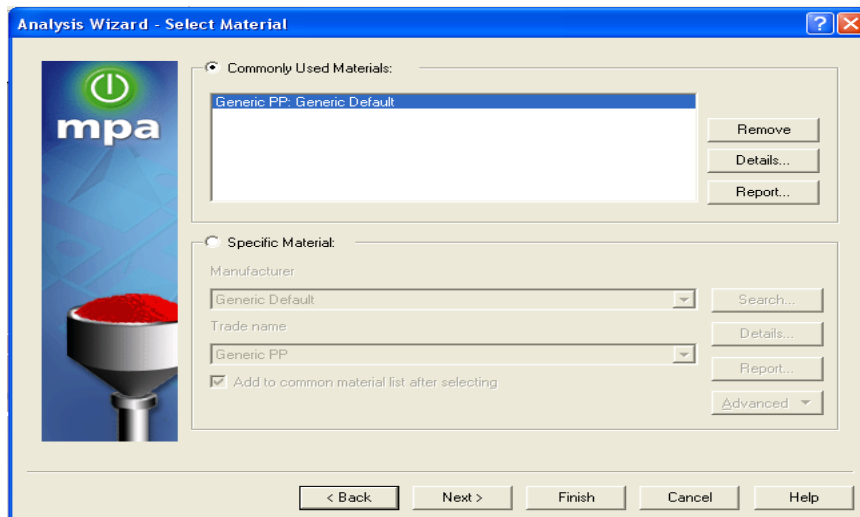


Εικόνα 51: Εισαγωγή του σημείου έγχυσης

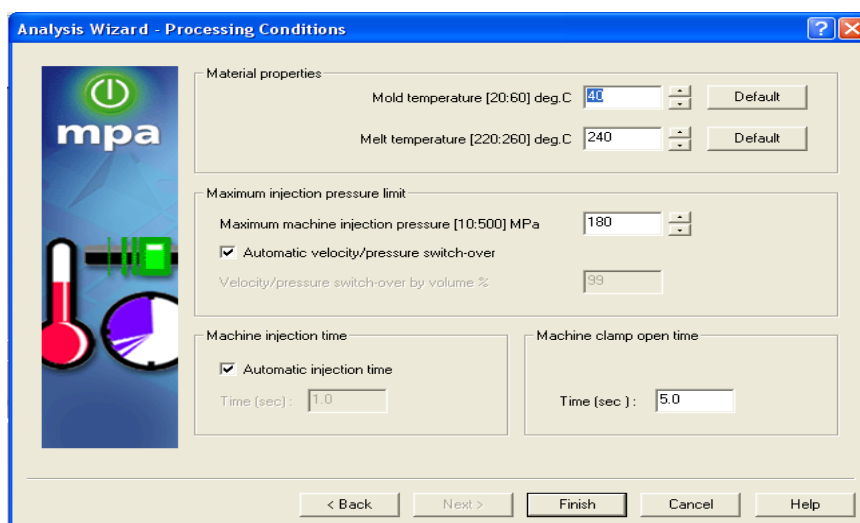
Επιλέγεται το εικονίδιο  για την προσομοίωση της έγχυσης του υλικού. Οι απαραίτητες επιλογές φαίνονται στις παρακάτω εικόνες.



Εικόνα 52: Επιλογή ανάλυσης της πλαστικής πλήρωσης

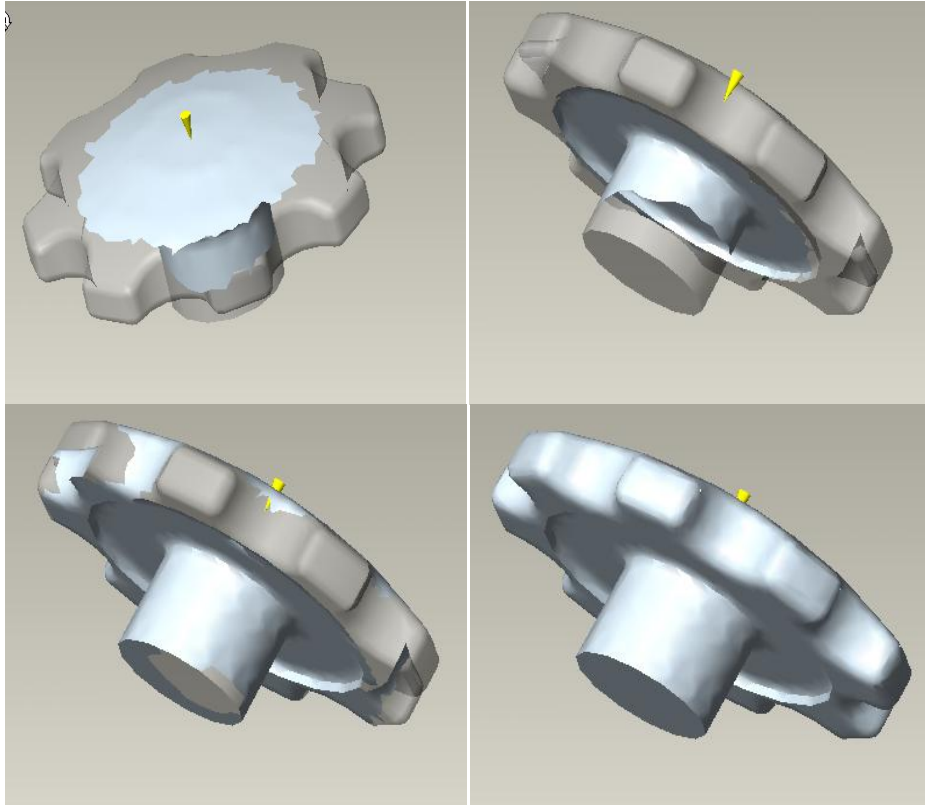


Εικόνα 53: Επιλογή υλικού έγχυσης



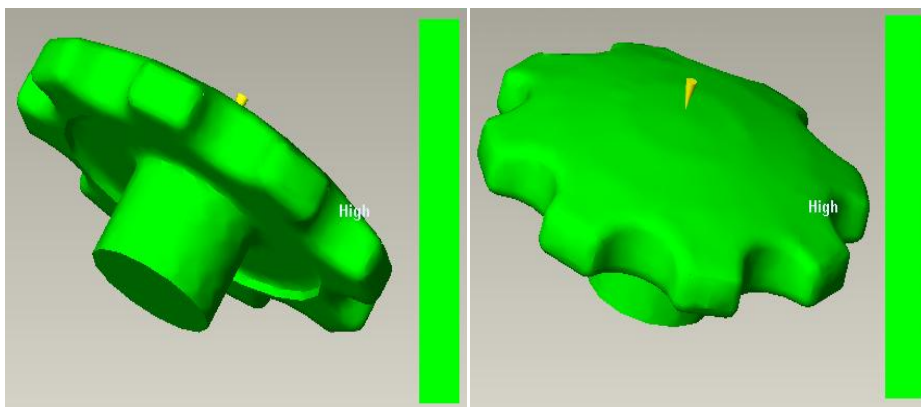
Εικόνα 54: Παράμετροι επιλεγμένου υλικού έγχυσης

Επιλέγεται η εντολή Finish, εφόσον ρυθμιστούν οι παράμετροι, για την παρατήρηση της διαδικασίας προσομοίωσης και την πραγματοποίηση του ελεγχου ποιότητας πλήρωσης. Παρακάτω φαίνονται τα βήματα της διαδικασίας προσομοίωσης της πλήρωσης.




Εικόνα 55: Προσομοίωση πλήρωσης

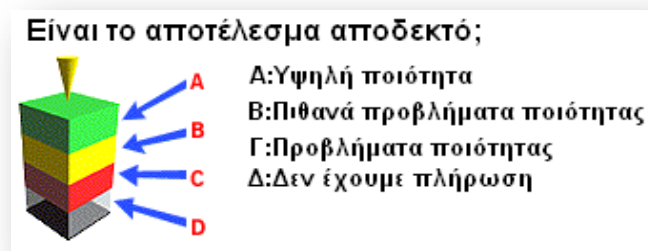
Εφόσον ολοκληρωθεί η διαδικασία προσομοίωσης της πλήρωσης πραγματοποιείται ο έλεγχος ποιότητας της πλήρωσης.



Εικόνα 56: Έλεγχος ποιότητας πλήρωσης

Με την βοήθεια της χρωματικής μπάρας ελέγχεται η ποιότητα πλήρωσης του τεμαχίου. Στην παρούσα περίπτωση δεν παρατηρείται κάποιο πρόβλημα στην πλήρωση. Εναλλακτικά στην μπάρα εμφανίζονται χρώματα παρόμοια με αυτά της εικόνας 57.

Επιλέγοντας το εικονίδιο , εξετάζεται εάν το αποτέλεσμα είναι αποδεκτό.

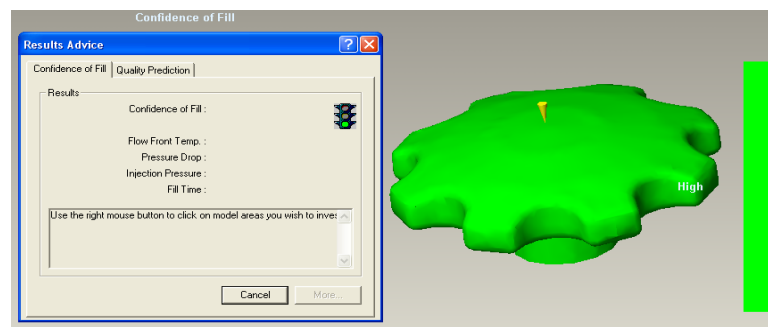


Εικόνα 57: Επεξήγηση χρωμάτων μπάρας για την ποιότητα πλήρωσης

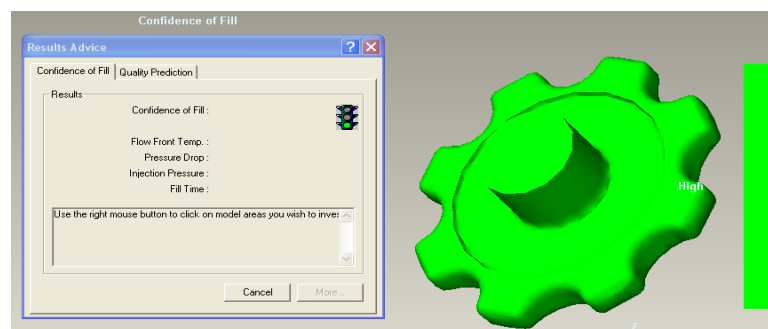
Ο έλεγχος της ποιότητας πλήρωσης έχει την δυνατότητα να πραγματοποιηθεί με δύο τρόπους: A) Confidence Of Fill και B) Quality Prediction.

A) Confidence Of Fill

Η ανάλυση του Confidence of fill προέρχεται από τον συνδυασμό των παραμέτρων της πίεσης και της θερμοκρασίας.



Εικόνα 58: Πρόβλεψη ποιότητας πλήρωσης τεμαχίου βάση του Confidence of fill



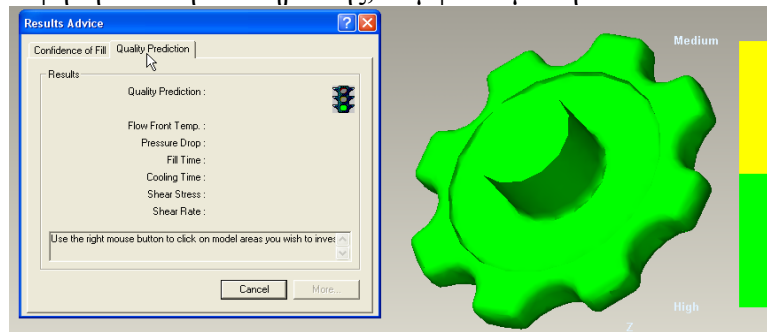
Εικόνα 59: Πρόβλεψη ποιότητας πλήρωσης τεμαχίου βάση του Confidence of fill

B) Quality Prediction

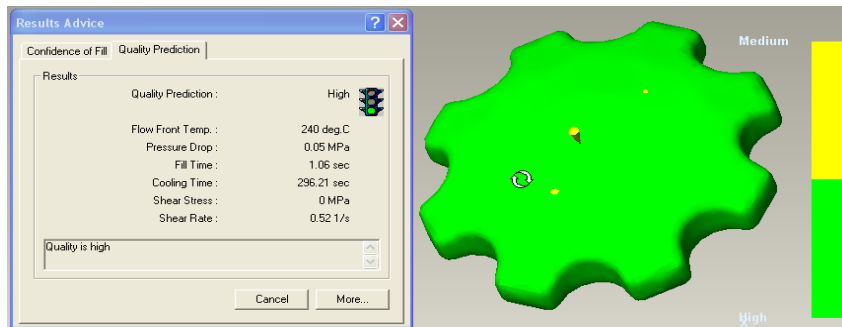
Η ανάλυση του Quality Prediction προέρχεται από τον συνδυασμό των παραμέτρων της πίεσης, της θερμοκρασίας, το ρυθμό ψύξης, του ρυθμού διάτμησης και των διατμητικών τάσεων.

Επιλέγοντας το Quality Prediction ελέγχεται η ποιότητα της πλήρωσης του τεμαχίου, σύμφωνα με την χρωματική μπάρα. Αν παρατηρηθεί κίτρινο χρώμα στο

τεμάχιο, τότε υπάρχει πιθανό πρόβλημα πλήρωσης ενώ αν παρατηρηθεί πράσινο χρώμα, υπάρχει υψηλή ποιότητα πλήρωσης, σύμφωνα με την εικόνα 57.




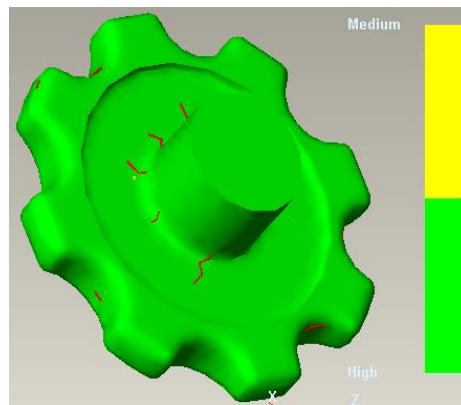
Εικόνα 60: Πρόβλεψη ποιότητας πλήρωσης τεμαχίου βάση του Quality Prediction




Εικόνα 61: Πρόβλεψη ποιότητας τεμαχίου βάση του Quality Prediction

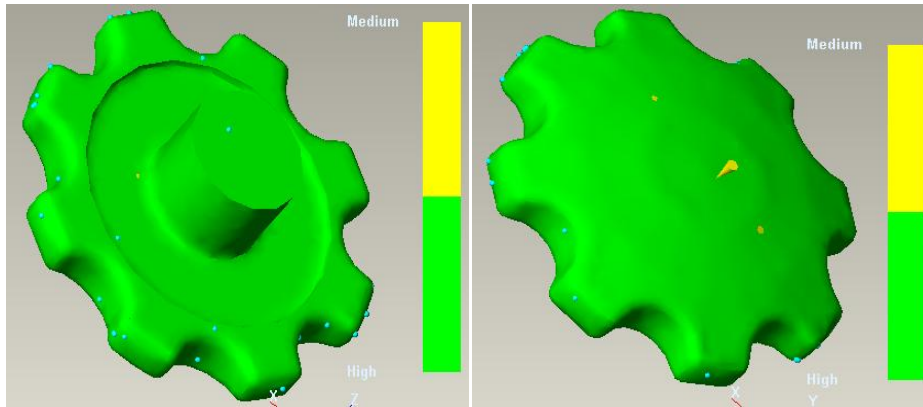
Κάνοντας δεξί κλικ πάνω στο τεμάχιο, παρατηρούνται οι παράμετροι του κάθε σημείου που επιλέχθηκε.

Επιλέγοντας το εικονίδιο , παρατηρούνται τα πιθανά Weld Line Locations, τα οποία εντοπίζονται με κόκκινο χρώμα.



Εικόνα 62: Πιθανά Weld Line Locations

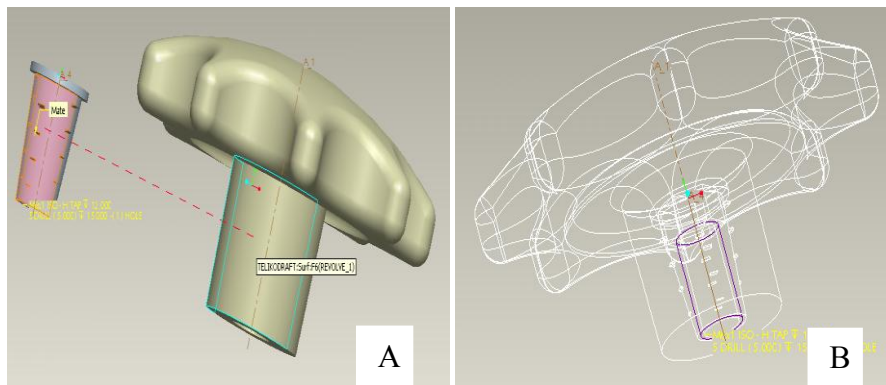
Επιλέγοντας το εικονίδιο , παρατηρούνται τα πιθανά Air Trap Locations (σημεία παγίδευσης αέρα) τα οποία εμφανίζονται με γαλάζιο (Cyan) χρώμα.



Εικόνα 63: Πιθανά Air Trap Locations(σημεία παγίδευσης αέρα)

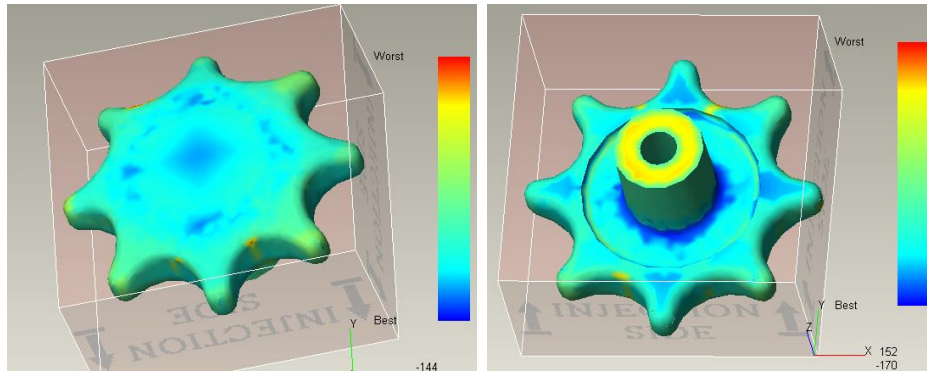
4.2 Εφαρμογή Σχεδιασμού στο Πειραματικό Τεμάχιο

Το σχεδιασμένο πειραματικό τεμάχιο που θα χρησιμοποιηθεί για την δημιουργία του καλουπιού φαίνεται στην εικόνα 64. Όπως παρατηρείται στο κέντρο της κυλινδρικής περιοχής θα τοποθετηθεί μεταλλικό ούπα, το οποίο εσωτερικά έχει σπείρωμα M6x1. Στην εικόνα 64 B παρατηρείται με μωβ χρώμα το μεταλλικό ούπα τοποθετημένο εντός του τεμαχίου.

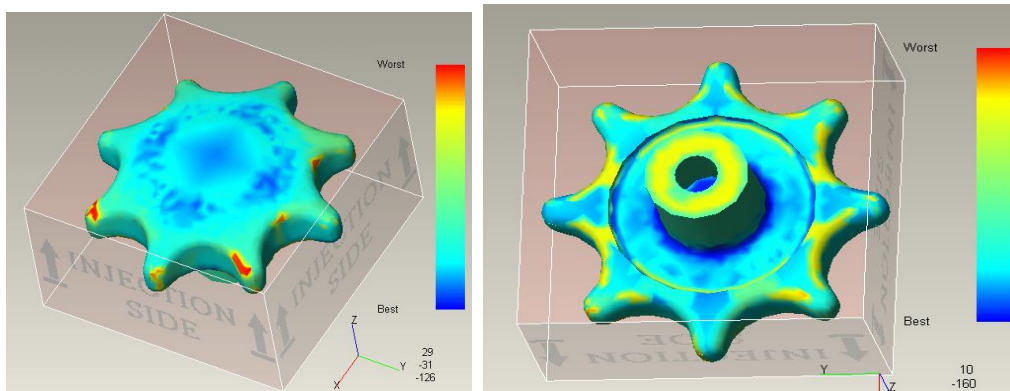


Εικόνα 64: Πειραματικό τεμάχιο

Στις ακόλουθες εικόνες φαίνεται η ανάλυση του πειραματικού τεμαχίου, για την εύρεση του ιδανικότερου σημείου έγχυσης. Πιο αναλυτικά, στην εικόνα 65 παρατηρείται η φορά έγχυσης από το άνω μέρος, ενώ στην εικόνα 66 φαίνεται το αντίθετο.



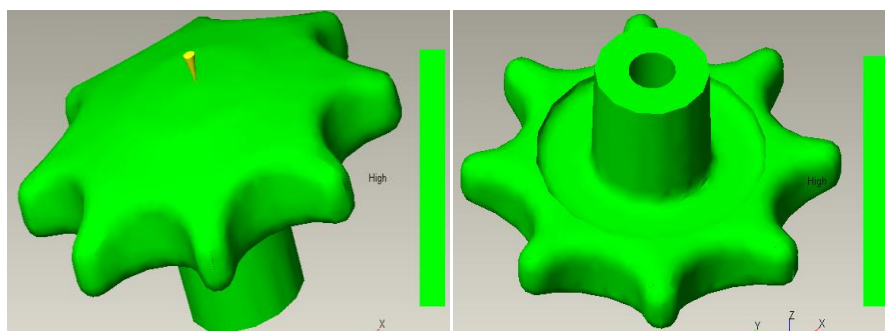
Εικόνα 65: Ανάλυση για την εύρεση του ιδανικότερου σημείου έγχυσης, με φορά έγχυσης από το άνω μέρος



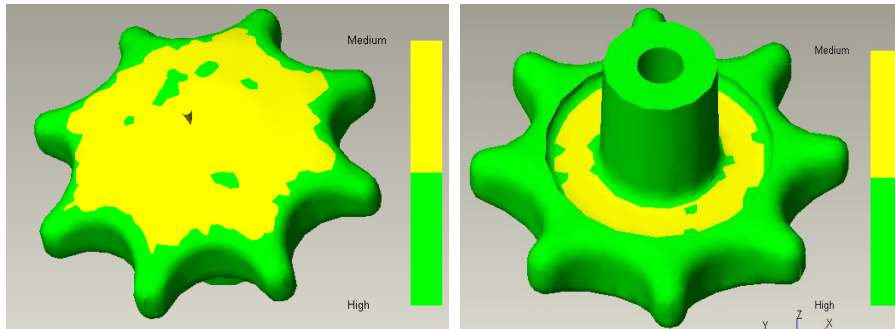
Εικόνα 66: Ανάλυση για την εύρεση του ιδανικότερου σημείου έγχυσης, με φορά έγχυσης από το κάτω μέρος

Από την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε φαίνεται ότι όποια φορά έγχυσης και αν ορισθεί, το ιδανικότερο σημείο έγχυσης είναι στην άνω περιοχή του τεμαχίου, η οποία εμφανίζεται με μπλε χρώμα(εικ. 65).

Παρακάτω ορίστηκε το σημείο έγχυσης (κίτρινος κώνος) και πραγματοποιήθηκε η προσομοίωσή της όπου μπορεί να παρατηρηθεί η ποιότητα πλήρωσης.



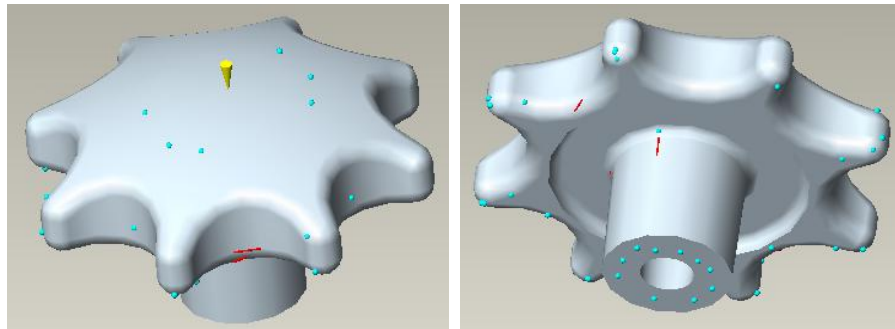
Εικόνα 67: Ποιότητα πλήρωσης Confidence Of Fill



Εικόνα 68: Ποιότητα πλήρωσης Quality Prediction

Στην εικόνα 67, σύμφωνα με τη χρωματική μπάρα στην ανάλυση Confidence Of Fill παρατηρείται ότι είναι πιθανό να μην υπάρχει πρόβλημα στην ποιότητα πλήρωσης. Με την ανάλυση Quality Prediction, στην εικόνα 68, παρατηρείται στα σημεία με κίτρινο χρώμα ότι μπορεί να υπάρξουν πιθανά προβλήματα ποιότητας πλήρωσης.

Παρακάτω φαίνεται η τελευταία ανάλυση που πραγματοποιήθηκε με σκοπό τον εντοπισμό περιοχών Weld Lines και Air traps.



Εικόνα 69: Πιθανές περιοχές Weld Lines και Air traps

Στην εικόνα 69 εντοπίζονται με κόκκινο χρώμα οι περιοχές Weld Lines και με γαλάζιο (Cyan) οι Air Traps.

Κεφάλαιο 5: ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ ΣΤΟ ΠΑΡΑΜΕΤΡΙΚΟ ΛΟΓΙΣΜΙΚΟ PRO/ENGINEER

5.1 Εισαγωγή

Το Pro/Moldesign είναι ένα επιμέρους πρόγραμμα σχεδιασμού του Pro/Engineer, το οποίο παρέχει στο σχεδιαστή εργαλεία προσομοίωσης της διαδικασίας σχεδιασμού ενός καλουπιού, μέσω της γεωμετρίας των αντικειμένων του παραμετρικού CAD, CAM, CAE λογισμικού Pro/Engineer. Η δυνατότητα σχεδιασμού του προτύπου ενός καλουπιού για την παραγωγή ενός αντικειμένου που μοντελοποιείται μέσω του Pro/Engineer, εξαλείφει την ανάγκη αναδημιουργίας της αρχικής γεωμετρίας του καλουπιού. Επίσης, η παραμετρική φύση του λογισμικού επιτρέπει την άμεση ενημέρωση του καλουπιού μετά την τροποποίηση του σχεδιαστικού προτύπου.

Ένα άλλο πρόγραμμα σχεδιασμού εντός του Pro/Engineer, είναι και το Pro/Casting που παρέχει εργαλεία σχεδιασμού, για τη συναρμολόγηση του χυτού (εννοείται, του καλουπιού) και των σχετικών εξαρτημάτων και εργαλεία προετοιμασίας, για την παραγωγή των χυτοπρεσαριστών αντικειμένων.

Συγκεκριμένα, τα δύο αυτά προγράμματα (Pro/Moldesign, Pro/Casting) παρέχουν τις εξής εφαρμογές:

- Ανάλυση της δυνατότητας χύτευσης (και παραγωγής) του μοντελοποιημένου αντικειμένου (μέσω της μεθόδου έγχυσης), εντοπισμός και επιδιόρθωση των προβληματικών ζωνών-τμημάτων.
- Εφαρμογή συστολής (ή τράβηγμα) του σχεδιαστικού αντικειμένου (ή προτύπου), που αντιστοιχεί στο υλικό, τη γεωμετρία και τις διάφορες συνθήκες παραγωγής εντός του καλουπιού (θερμοκρασία υλικού και καλουπιού, πίεση εγχύσεως).
- Εννοιολογικός σχεδιασμός καλουπιού με μία ή περισσότερες κοιλότητες.
- Σχεδιασμός των ένθετων τμημάτων της κοιλότητας και του πυρήνα, συρτών και σιαγόνων, κινηματικών μηχανισμών και άλλων εξαρτημάτων, που βοηθούν στη διαμόρφωση του χυτού αντικειμένου.
- Διαμόρφωση του μοντέλου ενός καλουπιού με τη συναρμολόγηση τυποποιημένων παρελκόμενων (ή εξαρτημάτων), όπως είναι η βάση, οι πείροι, ο εξολκέας, οι δακτύλιοι μπουκαδούρας και οι κοχλίες συγκρατήσεως.
- Δημιουργία συστήματος διαύλων διανομής και αυλών ψύξης.
- Έλεγχος παρεμβαλλόμενων εξαρτημάτων κατά τη διάρκεια ανοίγματος του καλουπιού.

Το Pro/MOLDESIGN αρχίζει με τη δημιουργία ενός μοντέλου παραγωγής. Αυτό το μοντέλο παραγωγής απαιτεί ένα τμήμα μοντέλου Pro/E ονομαζόμενο μοντέλο αναφοράς (**Reference Model**) και συνήθως αντιπροσωπεύει ένα μέρος το οποίο μπορεί να φορμαριστεί. Τα μοντέλα αναφοράς χρησιμοποιούν την γεωμετρία των μοντέλων σχεδιασμού (**Design Model**) ως πηγή.

Το μοντέλο σχεδιασμού συνήθως αντιπροσωπεύει το όραμα του σχεδιαστή για την τελική του παραγωγή. Συνήθως, η γεωμετρία των σχεδιασμένων μοντέλων περιλαμβάνει όλα τα απαραίτητα στοιχεία σχεδίασης τα οποία απαιτούνται για τη λειτουργική παραγωγή, αλλά δεν περιλαμβάνει τα στοιχεία τα οποία φορμάρονται ή απαιτούν τεχνολογία χύτευσης όπως συρρίκνωση, σχέδιο ή γέμισμα. Έτσι, το μοντέλο αναφοράς (**Reference Model**) και το μοντέλο σχεδιασμού (**Design Model**) δεν είναι πανομοιότυπα.

Υπάρχουν 3 τρόποι για να σχεδιάσουμε το μοντέλο αναφοράς:

1. Κληροδοτούμενο (Inherited)

Το τεμάχιο αναφοράς (**Reference Model**) κληρονομεί την γεωμετρία και τις χαρακτηριστικές πληροφορίες από το σχεδιασμένο τεμάχιο. Μπορούν να τροποποιηθούν οι διαστάσεις όλων των χαρακτηριστικών γνωρισμάτων που κληροδοτούνται από το σχεδιασμένο μοντέλο. Όλες οι αλλαγές που γίνονται στο σχεδιαστικό μέρος ενημερώνονται από το μοντέλο αναφοράς, αλλά τα χαρακτηριστικά που προστίθενται ή που τροποποιούνται δεν έχουν καμία επίδραση στο μοντέλο σχεδιασμού. Έτσι το κληροδοτούμενο μοντέλο έχει μια κατευθυντήρια σχέση με το μοντέλο σχεδιασμού.

2. Συγγώνευση με το τεμάχιο αναφοράς (**Reference Model**)

Το Pro/ENGINEER αντιγράφει σχεδιασμένα γεωμετρικά μέρη σε ένα τεμάχιο αναφοράς. Σε αυτήν την περίπτωση, μόνο η γεωμετρία και τα επίπεδα αντιγράφονται από το σχεδιασμένο τεμάχιο και δεν υπάρχει καμία χαρακτηριστική πληροφορία στο τεμάχιο αναφοράς (**Reference Model**). Όλες οι αλλαγές που γίνονται στην φάση του σχεδιασμού ενημερώνονται στο τεμάχιο αναφοράς (**Reference Model**) αλλά τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα που προστίθενται στο μοντέλο αναφοράς δεν έχουν καμία επίδραση στο σχεδιασμένο μοντέλο (**Design Model**). Σε αυτήν την περίπτωση το πρότυπο μοντέλο έχει μια κατευθυντήρια σχέση με το σχεδιασμένο μοντέλο.

3. Ίδιο μοντέλο

Το Pro/ENGINEER χρησιμοποιεί το επιλεγμένο σχεδιασμένο τεμάχιο ως το τεμάχιο αναφοράς του καλουπιού.

Το επόμενο βήμα είναι η προσθήκη της συρρίκνωσης στο τεμάχιο αναφοράς. Όταν το λιωμένο υλικό εισχωρήσει στην κοιλότητα του καλουπιού στερεοποιείται, όπου αυτό θα συρρικνωθεί κατά ένα ορισμένο ποσοστό, το οποίο είναι χαρακτηριστικό κάθε υλικού. Το χαρακτηριστικό της συρρίκνωση διευρύνει το μοντέλο αναφοράς, έτσι ώστε μετά από την στερεοποίηση και την ψύξη, οι τελικές διαστάσεις του τεμαχίου να είναι οι επιθυμητές. Στο Pro/ENGINEER η συρρίκνωση προσδιορίζεται είτε από τη Διάσταση (By Dimension) είτε από την Κλιμάκωση (By Scaling).

Διάσταση (By Dimension)

Επιτρέπεται η δημιουργία ενός συρρικνωμένου συντελεστή για όλες τις διαστάσεις του μοντέλου, επίσης καθορίζονται οι συντελεστές συρρίκνωσης για τις μεμονωμένες διαστάσεις.

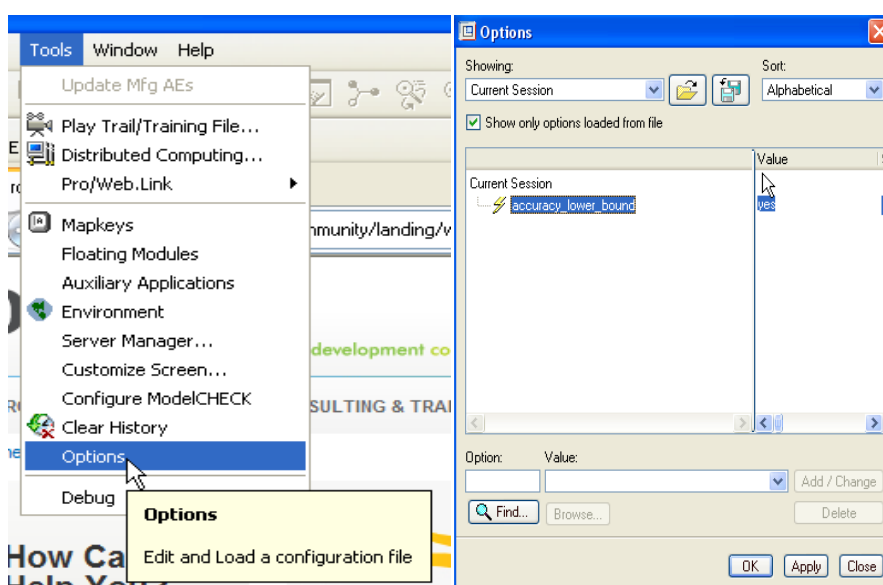
Κλιμάκωση (By Scaling)

Επιτρέπεται να συρρικνωθεί το γεωμετρικό μέρος με βάση της κλίμακά του σε σχέση με ένα σύστημα συντεταγμένων. Στην περίπτωση που εφαρμόζεται στη λειτουργία Mold, θα ισχύει μόνο για το μοντέλο αναφοράς και δεν θα επηρεάζει το μοντέλο σχεδιασμού.

Σε κάθε περίπτωση, η συρρίκνωση υπολογίζεται από ένα εκ των δύο τύπων: $1+S$ ή $1/(1-S)$ όπου S η αναλογία συρρίκνωσης. Πριν την οριστικοποίηση της μεθόδου συρρίκνωσης πρέπει να επιλεγεί ο επιθυμητός τύπος. Ο προεπιλεγμένος τύπος είναι $1+S$.

Το επόμενο βήμα είναι η δημιουργία του μοντέλου κατεργασίας. Το μοντέλο κατεργασίας αντιπροσωπεύει το υλικό από το οποίο δημιουργούνται τα ένθετα καλούπια. Είναι η αξία του συνόλου των στοιχείων του καλουπιού που άμεσα συμμετέχουν στο σχεδιασμό του λιωμένου υλικού. Το μοντέλο κατεργασίας μπορεί να έχει τυποποιημένες συνολικά διαστάσεις για να ταιριάζει στο υπόδειγμα ή να είναι παραγγελία για να δεχθεί τη γεωμετρία του σχεδιασμένου μοντέλου. Σε περίπτωση που το μοντέλο κατεργασίας είναι προϋπάρχον τεμάχιο, μπορεί να ενσωματωθεί στην κατασκευή συναρμολόγησης. Το Pro/MOLDESIGN παρέχει επίσης τα εργαλεία για να δημιουργηθεί το τεμάχιο κατεργασίας αυτόματα ή χειροκίνητα, κατά την λειτουργία συναρμολόγησης.

Εάν το τεμάχιο κατεργασίας έχει δημιουργηθεί στη συναρμολόγηση του καλουπιού, αυτόματα χρησιμοποιεί την ίδια ακρίβεια με το μοντέλο αναφοράς. Αλλά για αυτή την αυτόματη λειτουργία, θα πρέπει από το μενού των ρυθμίσεων `enable_absolute_accuracy` να ενεργοποιηθεί η επιλογή NAI.



Εικόνα 70: Μενού ρυθμίσεων

Το επόμενο βήμα είναι συνήθως η δημιουργία επιφανειών διαχωρισμού που χρησιμοποιούνται για να χωριστεί το τεμάχιο κατεργασίας σε όγκους. Οι επιφάνειες διαχωρισμού μπορούν να δημιουργηθούν χειροκίνητα χρησιμοποιώντας τη βασική τεχνική διαχωρισμού Pro/ENGINEER ή μπορεί να δημιουργηθούν αυτόματα με ειδικά εργαλεία που είναι διαθέσιμα στο μενού κατεργασίας.

Αφού έχουν καθοριστεί οι επιφάνειες διαχωρισμού, το τεμάχιο κατεργασίας μπορεί να χωριστεί σε όγκους. Οι όγκοι του καλουπιού εσωτερικά δημιουργούν κοίλες επιφάνειες, οι οποίες μπορούν να χρησιμοποιηθούν αργότερα ως επιπλέον συστατικά. Όταν η διαδικασία διαχωρισμού εκτελείται στο ακατέργαστο τεμάχιο, το σύστημα δημιουργεί κοίλες επιφάνειες αντιγράφοντας όλες τις επιφάνειες του, αφαιρεί το τεμάχιο αναφοράς από αυτό τον όγκο και έπειτα υπολογίζει τον όγκο του καλουπιού για κάθε πλευρά της διαχωριστικής επιφάνειας.

Τα σταθερά μέρη μπορούν να εξαχθούν από τους όγκους του καλουπιού. Ενώ, τα εξαγόμενα εξαρτήματα παράγονται με τη συμπλήρωση στερεού υλικού, τα οποία είχαν οριστεί αρχικά. Αυτή η διαδικασία, γίνεται αυτόματα και ονομάζεται εξαγωγή.

Αυτά τα μέρη μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή των δεδομένων στο Pro/ NC για την οδήγηση των εργαλειομηχανών CNC.

5.2 Η Σημασία της Ακρίβειας (Accuracy) στο Pro/Moldesign

Ακρίβεια ορίζεται η μικρότερη απόσταση μεταξύ δύο οντοτήτων. Αυτές οι οντότητες μπορεί να είναι σημεία, ακμές ή επιφάνειες. Όσο μικρότερη είναι η τιμή της ακρίβειας τόσο πιο λεπτομερή αντικείμενα μπορούν να εκπροσωπούνται στο Pro/E. Επίσης λέγεται πως η ακρίβεια είναι το μικρότερο μέγεθος (που μετράται κατά τις τρέχουσες μονάδες) που το Pro/ENGINEER μπορεί να αναγνωρίσει.

Όμως, όσο μειώνεται η ακρίβειας (αντίστοιχα γίνεται με την αύξηση της ακρίβειας) ο χρόνος αναγέννησης αυξάνει. Αυτό είναι αποτέλεσμα αύξησης της χρησιμοποιούμενης μνήμης και του μεγέθους του αρχείου. Υπάρχουν δύο μέθοδοι προσδιορισμού ακρίβειας στο Pro/ENGINEER:

1. Σχετική ακρίβεια
2. Απόλυτη ακρίβεια

Η σχετική ακρίβεια συσχετίζει το επίπεδο λεπτομερειών σε ένα μοντέλο βάση του συνολικού του μεγέθους. Βασίζεται σχετικά με την παραδοχή ότι τα μικρότερα μοντέλα απαιτούν πιο εμπεριστατωμένες εργασίες και αντίστροφα. Όταν η ακρίβεια είναι ρυθμισμένη στη σχετική, το λογισμικό καθορίζει την τιμή ακρίβειας σε κάθε βήμα δημιουργίας του τεμαχίου. Καθώς το μέγεθος του τεμαχίου αυξάνεται αυτή θα υπολογίσει μια νέα τιμή για την ακρίβεια και θα την χρησιμοποιήσει από εκείνο το σημείο για όλους τους σχετικούς γεωμετρικούς υπολογισμούς. Έτσι, τα χαρακτηριστικά που δημιουργήθηκαν στην αρχή και στο τέλος του μοντέλου έχουν συνήθως διαφορετική ακρίβεια. Για παράδειγμα, έχουμε δημιουργήσει το χαρακτηριστικό No.30 ως επιφάνεια αντιγραφής του χαρακτηριστικού No.5. Αυτές οι δύο επιφάνειες δεν θα είναι γεωμετρικά ίσες γιατί και τα δύο χαρακτηριστικά δημιουργήθηκαν με διαφορετική ακρίβεια.


Όταν η ακρίβεια του τεμαχίου έχει οριστεί σε απόλυτη ακρίβεια, τα όρια και το μέγεθος δεν έχουν καμία επίδραση στα ακριβή τεμάχια αυτό έχει σαν αποτέλεσμα όλα τα νέα χαρακτηριστικά να βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο ακρίβειας. Η τιμή που ορίζεται για την απόλυτη ακρίβεια χρησιμοποιείται ως η πραγματική ακρίβεια για όλα τα χαρακτηριστικά του μοντέλου.

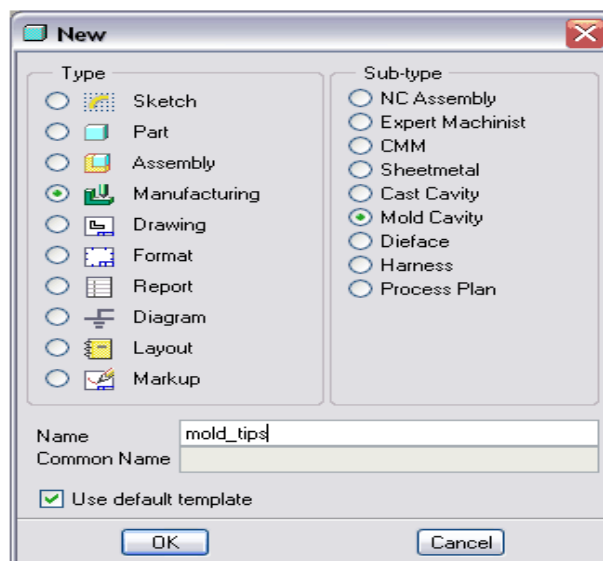
Η ακρίβεια στο Pro/Moldesign γίνεται όλο και πιο σημαντική, διότι η επεξεργασία γίνεται σε περιβάλλον συναρμολόγησης με διαφορετικά μοντέλα με διαφορετικές ακρίβειες. Το μοντέλο αναφοράς συνήθως ορίζεται σε υψηλότερη ακρίβεια (δηλαδή χαμηλότερη τιμή ακρίβειας) προκειμένου να εκπροσωπεί το λεπτομερές έργο. Αλλά το μοντέλο παραγωγής είναι συνήθως ορισμένο σε μικρότερη σχετική ακρίβεια. Όλες οι γεωμετρικές κατασκευές δημιουργούνται κατά το επίπεδο συναρμολόγησης, ωστόσο είναι το χαρακτηριστικό της συναρμολόγησης και κατά συνέπεια της ακρίβειας του κατασκευαστικού μοντέλου που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία της γεωμετρίας. Κόβοντας, υποθετικά, ένα όγκο από κάποιο μοντέλο αναφοράς, η ακρίβεια της συναρμολογημένης κατασκευής ενδέχεται να μην επαρκεί για την αναπαράσταση της γεωμετρίας η οποία έχει δημιουργηθεί στο μοντέλο αναφοράς με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια. Έτσι, για την αποφυγή προβλημάτων, πρέπει να θέσουμε την ακρίβεια της συναρμολόγησης κατασκευής στην απόλυτη θέση και ίση με αυτή του μοντέλου αναφοράς.

Πάντα συνίσταται η χρήση της απόλυτης ακρίβειας στην λειτουργία της κατασκευής. Το Pro/Moldesign ρυθμίζει αυτόματα την ακρίβεια της συναρμολογούμενης κατασκευής ώστε να είναι ίση με αυτή του μοντέλου αναφοράς, όταν το αρχείο ρυθμίσεων enable_absolute_accuracy είναι επιλεγμένο σε Ναι. Στο Moldesign, ο καθορισμός αυτής της επιλογής βοηθά να διατηρήσει την ομοιογενή ακρίβεια για το μοντέλο αναφοράς, το ακατέργαστο τεμάχιο και το συναρμολογούμενο καλούπι. Κατά τον χρόνο πρόσθεσης του μοντέλου αναφοράς στη συναρμολόγηση του καλουπιού, το λογισμικό θα ενημερώσει, εάν διαπιστωθεί απόκλιση μεταξύ της ακρίβειας του συναρμολογούμενου μοντέλου και της ακρίβειας του μοντέλου αναφοράς. Στη συνέχεια μπορεί να γίνει αποδεχτό ή να απορριφτεί ο καθορισμός της ακρίβειας του συναρμολογούμενου μοντέλου ώστε να ισούται με την ακρίβεια του μοντέλου αναφοράς. Δημιουργώντας το ακατέργαστο τεμάχιο στην λειτουργία Mold, η ακρίβεια του είναι αυτοματοποιημένη και ίδια με την ακρίβεια του μοντέλου συναρμολόγησης.

5.3 Οδηγός Λειτουργίας Pro/Moldesign

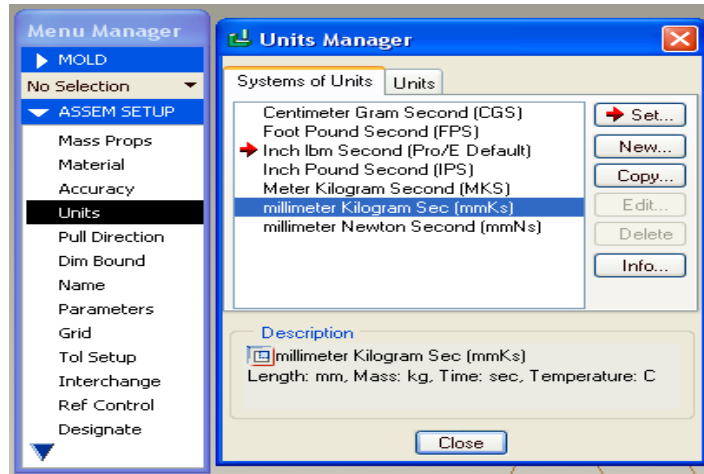
5.3.1 Βασικές Ρυθμίσεις

Για την Δημιουργία αρχείου καλουπιών, επιλέγεται . Για τη δημιουργία του αρχείου των καλουπιών πρέπει να δημιουργηθεί ένα νέο αρχείο τύπου Manufacturing και υποκατηγορίας Mold Cavity.



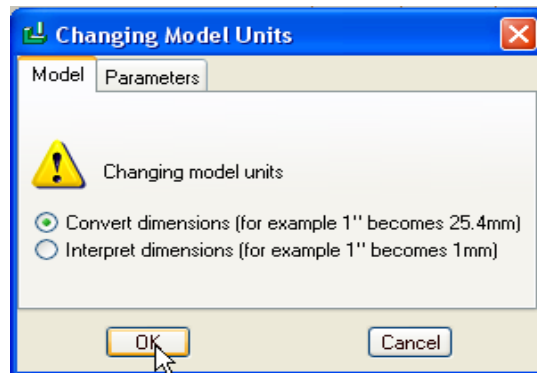
Εικόνα 71: Παράθυρο δημιουργίας αρχείου καλουπιού.

1. Από το κύριο μενού επιλέγεται Edit → Setup, στη συνέχεια εμφανίζεται το παρακάτω μενού, από το οποίο ορίζεται η παράμετρο Units (Μονάδες). Έπειτα καθορίζεται το σύστημα μονάδων που χρειάζεται. Ακολούθως, επιλέγεται Set.



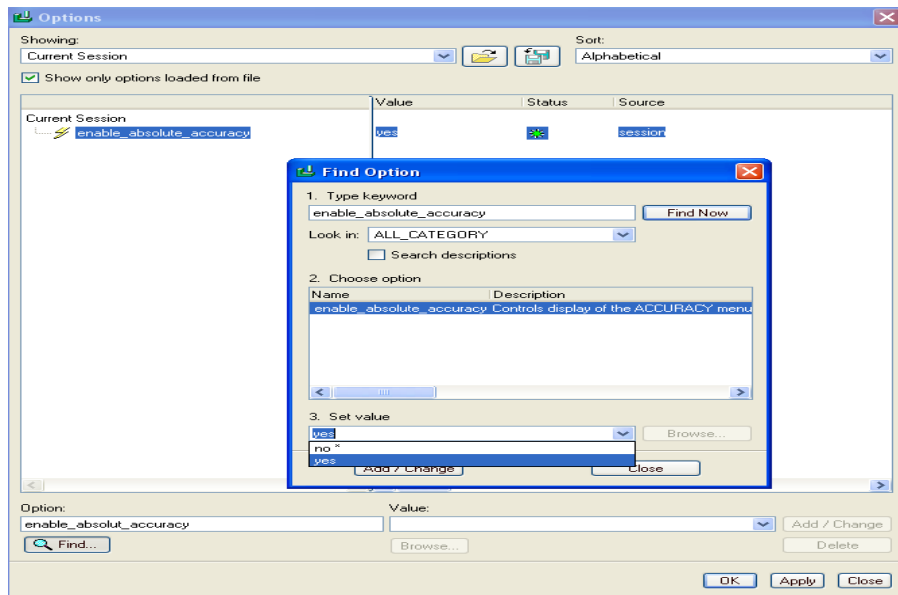
Εικόνα 72: Παράθυρο ρύθμισης μονάδων.

Στο παράθυρο που εμφανίζεται, όπως φαίνεται παρακάτω, υπάρχει η δυνατότητα μετατροπής των μονάδων. Στην πρώτη επιλογή η 1inch=25.4mm και στην δεύτερη η 1inch=1mm.



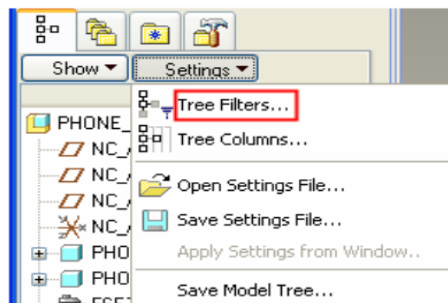
Εικόνα 73: Παράθυρο ρύθμισης μετατροπής μονάδων.

2. Θα πρέπει πάντα η ρύθμιση `enable_absolute_accuracy` να είναι ορισμένη ως `yes`. Η ρύθμιση αυτή γίνεται από το κεντρικό μενού `Tools`→`Options`, και στο παράθυρο που θα ανοίξει επιλέγεται το κελί `option`, πληκτρολογείται η εντολή `enable_absolute_accuracy` και στο κελί `value` ορίζεται το `yes`. Με αυτόν τον τρόπο επιτρέπεται η απόλυτη ακρίβεια. Για την ολοκλήρωση και εφαρμογή της ρύθμισης επιλέγεται `Apply`.

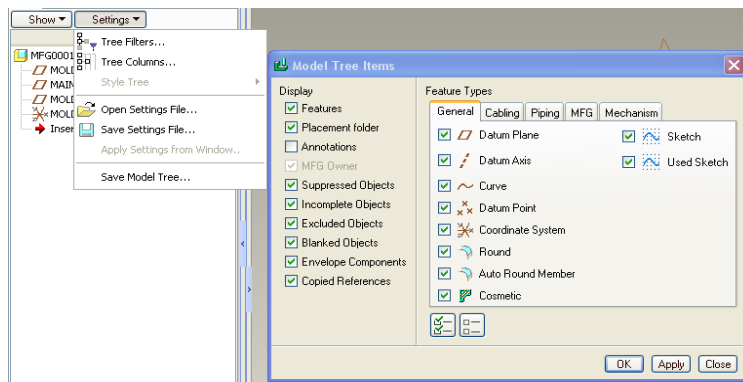


Εικόνα 74: Παράθυρο βασικών ρυθμίσεων.

3. Στην συνέχεια ακολουθείται η ίδια διαδικασία με το βήμα 1, για την εντολή `accuracy_lower_bound` και δίνεται η τιμή `0.000001`, παρακάμπτοντας την προεπιλεγμένη χαμηλότερη ακρίβεια.
4. Επόμενο βήμα είναι η επιλογή Features option στο Model Tree. Στο κουτί διαλόγου επιλέγεται Settings→Tree Filters και έπειτα ορίζονται τα απαραίτητα κουτιά. Η διαδικασία ολοκληρώνεται επιλέγοντας Apply.



Εικόνα 75: Επιλογή ρυθμίσεων του Model Tree.



Εικόνα 76: Παράθυρο ρυθμίσεων του Model Tree.

Τέλος θα εμφανιστούν στο μενού τα εικονίδια του Pro/Mold. Για τον σχεδιασμό καλουπιού θα πρέπει να ακολουθηθούν με την σειρά τα παρακάτω εικονίδια της δεξιάς μπάρας.

5.3.2 Επεξήγηση Εικονιδίων Δεξιάς Μπάρας



Εισαγωγή τεμαχίου / Ορισμός τοποθέτησης.



Ορισμός συρρίκνωσης-συστολής.



Ορισμός ακατέργαστου τεμαχίου.



Δημιουργία ένθετων καλουπιών.(Ολίσθηση και εισαγωγή)



Δημιουργία σκιαγραφημένης καμπύλης.(Διαχωριστική γραμμή)



Δημιουργία διαχωριστικής επιφάνειας.(Περιμετρικής επιφάνειας)



Διαχωρισμός όγκου καλουπιού.



Δημιουργία τμήματος καλουπιού.(Στερεοποίηση όγκου καλουπιού)





Τομή όγκου καλουπιού.










Δημιουργία πλακών συγκράτησης.[Moldbase layout (EMX)]

Αναλυτική επεξήγηση εικονιδίων δεξιάς μπάρας.

- Εισαγωγή τεμαχίου / Ορισμός τοποθέτησης .
- Εφαρμογή συστολής . Κατά τη διάρκεια της ψύξης του καλουπιού το υλικό πλήρωσης συστέλλεται και στερεοποιείται. Άρα, το τελικό κομμάτι θα έχει μικρότερες διαστάσεις από αυτό που σχεδιάστηκε. Για να μην συμβεί αυτό εφαρμόζεται το ποσοστό συρρίκνωσης, βάσει των ιδιοτήτων του υλικού

πλήρωσης, στο αντικείμενο. Η εφαρμογή της συστολής αυξάνει τις διαστάσεις του αντικειμένου, έτσι ώστε όταν θα υπάρξει η συστολή, να αποκτήσει τις επιθυμητές διαστάσεις.

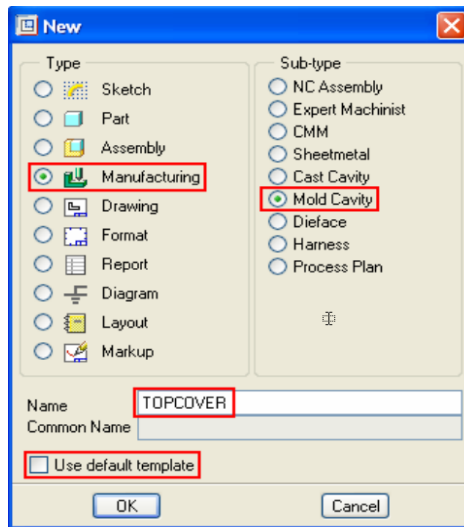
- Δημιουργία όγκου καλουπιών . Για τη δημιουργία του όγκου των καλουπιών γίνεται η αυτόματη δημιουργία του (Automatic Workpiece) με ορθογώνιο σχήμα του οποίου οι πλευρές ισαπέχουν (Uniform Offsets), από τις πλευρές του μεγεθυμένου τελικού τεμαχίου.
- Δημιουργία ένθετων καλουπιών . Σε περιπτώσεις που η γεωμετρία του τεμαχίου περιέχει εγκοπές, είναι απαραίτητη η δημιουργία ένθετων καλουπιών. Τα ένθετα καλούπια δημιουργούνται με εντολές σχεδίασης, συνήθως μόνο με εξώθηση (Extrude), λόγω της απλής τους γεωμετρίας.
- Δημιουργία επιφάνειας διαχωρισμού . Η επιφάνεια διαχωρισμού είναι οι επιφάνειες επαφής των καλουπιών και δημιουργούνται σε δύο βήματα. Το πρώτο βήμα είναι η αυτόματη δημιουργία και η επιλογή των καμπυλών του αντικειμένου , από όπου θα περνά η διαχωριστική επιφάνεια. Στη συνέχεια, στο δεύτερο βήμα δημιουργείται η διαχωριστική επιφάνεια βάσει των παραπάνω καμπυλών. Βέβαια, υπάρχει η δυνατότητα χειροκίνητης δημιουργίας της διαχωριστικής επιφάνειας με εργαλεία σχεδίασης επιφανειών. Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η διαχωριστική επιφάνεια να είναι μια ενωμένη επιφάνεια.
- Δημιουργία συστημάτων Runner ή Water Line ή Ejector Pin Hole (Insert > Runner ή Water Line ή Ejector Pin Hole). Τα συστήματα που είναι απαραίτητο να δημιουργηθούν στα καλούπια είναι το σύστημα ροής του υλικού, το σύστημα ψύξης και το σύστημα εξολκέων. Όλα τα παραπάνω συστήματα είναι ουσιαστικά οπές στα καλούπια και εμφανίζονται ως αφαίρεση υλικού. Για τη δημιουργία των συστημάτων το Pro/Engineer παρέχει έτοιμους τύπους οπών για τα συστήματα, όπου επιλέγεται η γεωμετρία (κυκλική, ημικύκλια, εξαγωνική, τραπεζοειδή και κυκλική τραπεζοειδή) και οι διαστάσεις της οπής και σχεδιάζεται η επιθυμητή θέση του κάθε συστήματος. Τέλος, μετά τη σχεδίαση των συστημάτων γίνεται αυτόματη επιλογή των τμημάτων από τα οποία διαπερνούν τα συστήματα.
- Δημιουργία τμημάτων καλουπιού . Για τη δημιουργία των τμημάτων των καλουπιών πρώτα διαχωρίζεται ο όγκος  στα ξεχωριστά τμήματα και στη συνέχεια, εξάγεται η γεωμετρία του κάθε τμήματος σε ξεχωριστό ανεξάρτητο αρχείο κομματιού (Part).
- Δημιουργία πλακών συγκράτησης . Μετά την εξαγωγή των τμημάτων του καλουπιού ακολουθεί η εισαγωγή των πλακών συγκράτησης των καλουπιών από τη βιβλιοθήκη του Pro/Engineer, με τυποποιημένα μεγέθη των πλακών συγκράτησης. Τέλος, γίνεται η δημιουργία των οπών που απαιτούνται για το σύστημα ροής του υλικού, το σύστημα ψύξης και το σύστημα εξολκέων, στις πλάκες των καλουπιών.

5.3.3 Παράδειγμα Σχεδιασμού

5.3.3.1 Δημιουργία Αρχείου

Από το βασικό μενού επιλέγεται File→New

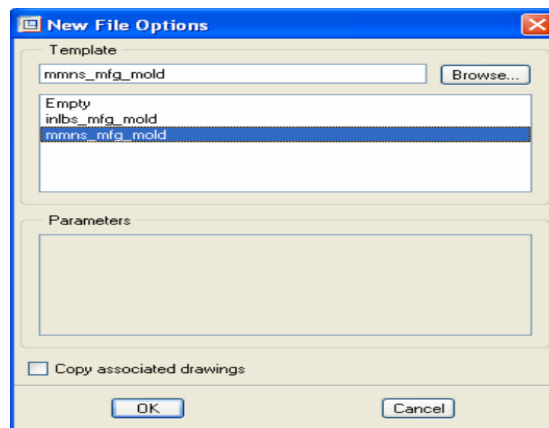
Στο κουτί διαλόγου που θα εμφανιστεί επιλέγεται **Manufacturing and Mold Cavity**. Έπειτα πληκτρολογείται το όνομα **TOPCOVER** και αποεπιλέγεται η ρύθμιση **Use default template** (Χρήση προεπιλεγμένου προτύπου)



Εικόνα 77: Επιλογή ρυθμίσεων στο παράθυρο δημιουργίας νέου τεμαχίου-αρχείου.

Έπειτα επιλέγεται .

Στο νέο παράθυρο που εμφανίζεται ορίζετε **mmns_mfg_mold** (Μετρικό σύστημα)



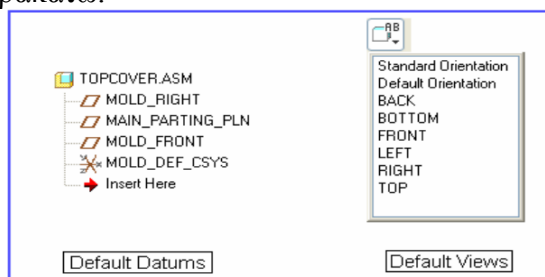
Εικόνα 78: Παράθυρο επιλογής μονάδων λειτουργίας.

Ένα πρότυπο αρχείο περιέχει όλες τις αναγκαίες ρυθμίσεις που ένας χρήστης πραγματοποιεί συνήθως με τον ταυτόχρονο ορισμό ενός μοντέλου παραγωγής. Με αυτόν τον τρόπο τα μοντέλα παραγωγής δημιουργούνται ταχύτερα και η παραγωγικότητα είναι πολύ πιο αποτελεσματική.

Επιλέγεται για τη δημιουργία μοντέλου κατεργασίας. Το λογισμικό θα δημιουργήσει δύο αρχεία 1. topcover.mfg, 2. topcover.asm.

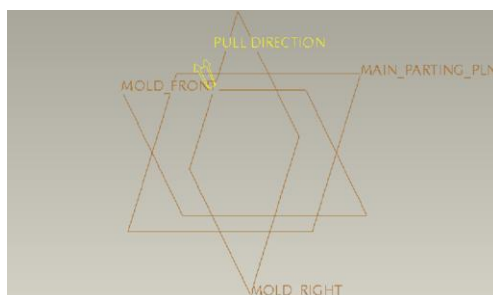
Το αρχείο με την "mfg" κατάληξη είναι το αρχείο διαδικασία καλουπιού και περιέχει τις σχετικές πληροφορίες του καλουπιού. Το αρχείο με την "asm" είναι η επέκταση του συναρμολογημένου καλουπιού. Τυπικά, το συναρμολογημένο καλούπι αποτελείται από το πρότυπο αναφοράς, το ακατέργαστο τεμάχιο, τις επιφάνειες διαχωρισμού, τους όγκους των καλουπιών ,τα διαιρούμενα εξαρτήματα.

Το σύστημα αυτομάτως δημιουργεί προεπιλεγμένα επίπεδα(Default Datums), όπως φαίνεται και παρακάτω.



Εικόνα 79: Εμφάνιση προεπιλεγμένων επιπέδων στο Model Tree και στο μενού επιλογής προβολής.

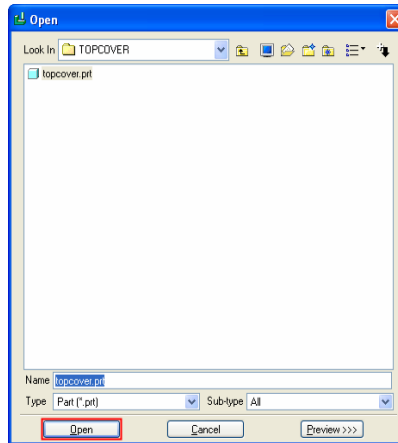
Στο παράθυρο γραφικών παρατηρείται το βέλος PULL DIRECTION να δείχνει προς τα πάνω. Αυτό δείχνει την προκαθορισμένη φορά ανοίγματος των καλουπιών. Η προκαθορισμένη φορά χρησιμοποιείται και από άλλα χαρακτηριστικά, όπως την γραμμή διαχωρισμού των καλουπιών (Silhouette Curve (Parting Line)).



Εικόνα 80: Απεικόνιση επιπέδων και βέλους PULL DIRECTION στο παράθυρο γραφικών.

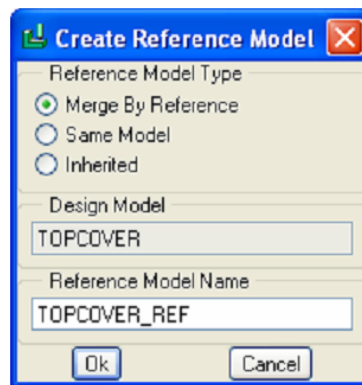
5.3.3.2 Εισαγωγή Τεμαχίου

- Εισάγεται το τεμάχιο επεξεργασίας ώστε να σχεδιαστεί το καλούπι του, επιλέγοντας το εικονίδιο



Εικόνα 81: Παράθυρο εισαγωγής τεμαχίου επεξεργασίας στο παράθυρο γραφικών.

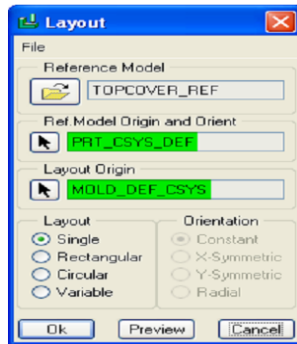
- Επιλογή του αρχείου topcover.prt, έπειτα επιλέγεται . Αμέσως εμφανίζονται δύο παράθυρα το Create Reference Model και το Layout.
- Στην συνέχεια, επιλέγεται το Merge By Reference → OK και Single → OK σε κάθε παράθυρο αντίστοιχα.



Εικόνα 82: Επιλογή τρόπου σχεδιασμού του μοντέλου αναφοράς.

Η επιλογή Merge By Reference είναι προεπιλεγμένη από το λογισμικό, έτσι δίνεται το όνομα TOPCOVER_REF στο νέο Reference Model.

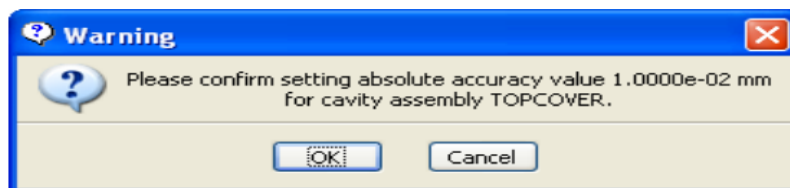
- Έπειτα επιλέγεται . Αμέσως ανοίγει το παράθυρο Layout(Διάταξη). Με αυτόν τον τρόπο εισάγεται το Reference Model σε ένα συναρμολογούμενο καλούπι.



Εικόνα 83: Παράθυρο επιλογής διάταξης του Reference model.

Έχουν επιλεγεί αυτόματα τα συστήματα συντεταγμένων του Reference model και του καλουπιού. Το εν λόγω σύστημα συντεταγμένων που χρησιμοποιείται για να τοποθετηθεί το τεμάχιο αναφοράς εντός του συναρμολογημένου καλουπιού. Το σύστημα συντεταγμένων του τεμαχίου αναφοράς καθορίζει τον προσανατολισμό του τεμαχίου αναφοράς εντός του συναρμολογημένου καλουπιού. Με το προεπιλεγμένο σύστημα αναφοράς επιλέγεται το πρώτο σύστημα συντεταγμένων στο πλαίσιο αναφοράς. Υπάρχει η δυνατότητα τοποθέτησης ενός τεμαχίου αναφοράς είτε μία φορά είτε περισσότερες εντός του συναρμολογούμενου καλουπιού, από την πρόσβαση στους κανόνες διάταξης που υπάρχουν στο παράθυρο διαλόγου.

- Η προεπιλεγμένη επιλογή Single είναι επιλεγμένη για διάταξη (Layout) η οποία σημαίνει ότι εξαιτίας του μοντέλου αναφοράς θα διατίθεται ο συντονισμός του συστήματος συντεταγμένων με το συναρμολογούμενο καλούπι.
- Επιλέγεται , στην περίπτωση τοποθέτησης του τεμαχίου αναφοράς μια φορά. Εμφανίζεται μία προειδοποίηση για την αλλαγή της απόλυτης ακρίβειας του μοντέλου κατεργασίας. Αυτό γίνεται για να αλλάξει η απόλυτη ακρίβεια του μοντέλου κατεργασίας και να γίνει ίση με του Reference model.



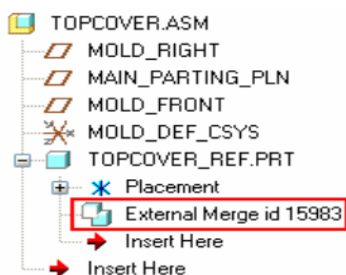
Εικόνα 84: Προειδοποίηση αλλαγής της απόλυτης ακρίβειας του μοντέλου κατεργασίας.

- Επιλέγεται .
- Και εμφανίζεται το μοντέλο.



Εικόνα 85: Εμφάνιση μοντέλου στο παράθυρο γραφικών.

Παρατηρώντας το Model tree διαπιστώνεται ότι το Reference part αποτελείται από ένα μόνο απλό feature, όπως φαίνεται στην εικόνα 86.



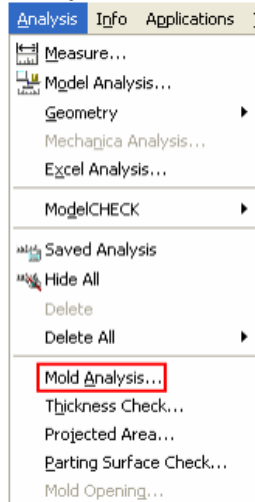
Εικόνα 86: Model Tree του Reference part.

Το Merge feature αντιγράφει την γεωμετρία του μοντέλου που σχεδιάστηκε σε ένα Reference Model. Σε αυτό το παράδειγμα το TOPCOVER.PRT είναι το μοντέλο σχεδιασμού (Design Model) και TOPCOVER_REF.PRT είναι το reference model.

5.3.3.3 Draft Check

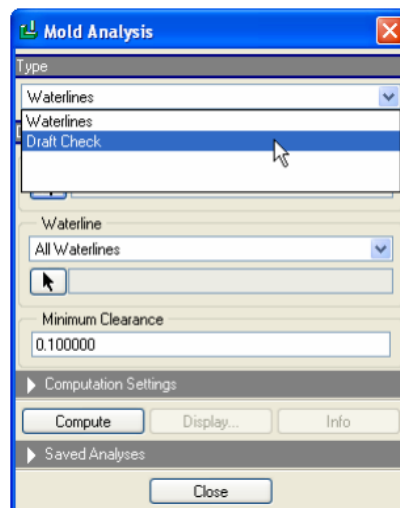
Στη λειτουργία Draft Check πραγματοποιείται η ανάλυση του τεμαχίου για ένα ικανοποιητικό σχέδιο. Το σχέδιο είναι πολύ σημαντικό για τα παραγόμενα αντικείμενα από τα καλούπια, το οποίο διευκολύνει τη διαδικασία εκβολής του παραγόμενου αντικειμένου από το καλούπι.

- Επιλογή **Analysis>Mold Analysis**




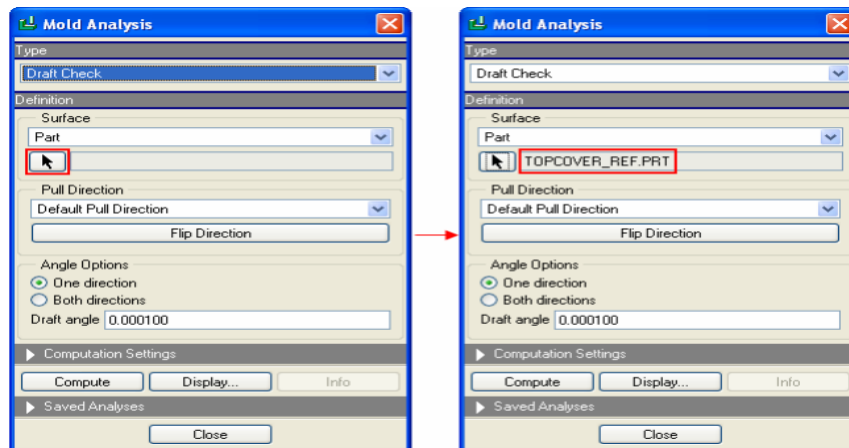
Εικόνα 87: Επιλογή Mold Analysis από το βασικό μενού.

- Εμφανίζεται το κουτί διαλόγου Mold Analysis. Στην συνέχεια, επιλέγεται αλλαγή στον τύπο σε **Draft Check**.



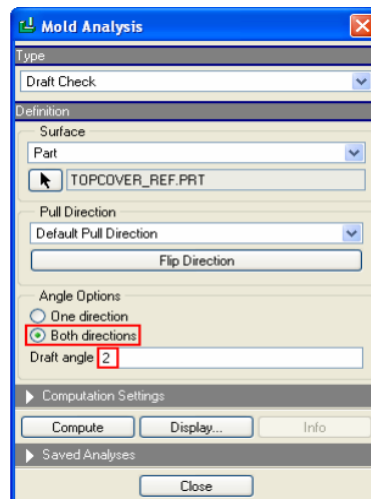
Εικόνα 88: Επιλογή τύπου ανάλυσης Draft Check.

- Για τη επιφάνεια αναφοράς επιλέγεται το εικονίδιο  και στη συνέχεια το τεμάχιο αναφοράς κάνοντας πάνω του διπλό κλικ.



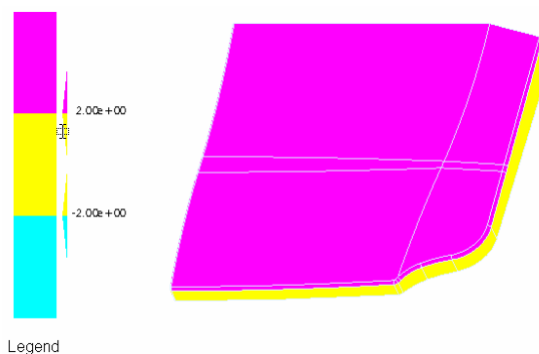
Εικόνα 89: Επιλογή τεμαχίου στο οποίο θα πραγματοποιήσετε Draft Check.

- Καθορίζεται μια κοίλη επιφάνεια ή πλήρες μέρος του τεμαχίου για να εκτελεστεί ο έλεγχος του σχεδίου.
- Αλλαγή των ρυθμίσεων γωνίας (Angle options) σε δύο διευθύνσεις (**Both directions**) και εισαγωγή **2** στο πεδίο Draft angle.




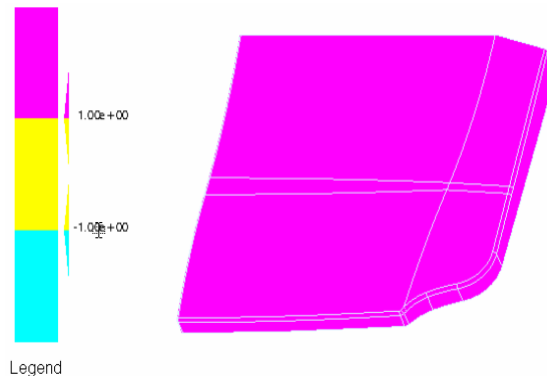
Εικόνα 90: Επιλογές Angle Options.

- Επιλέγεται **Compute** για να εκτελεσθεί η ανάλυση. Το λογισμικό θα εμφανίσει τα αποτελέσματα όπως φαίνεται παρακάτω.




Εικόνα 91: Αποτέλεσμα ανάλυσης για Draft Angle=2

- Το κίτρινο απεικονίζει τα τοιχώματα που έχουν λιγότερο από 2° κλίση (Draft). Ακολουθεί αλλαγή της γωνίας Draft σε 1° και επιλέγεται . Το τεμάχιο θα εμφανιστεί όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 92: Αποτέλεσμα ανάλυσης για Draft Angle=1

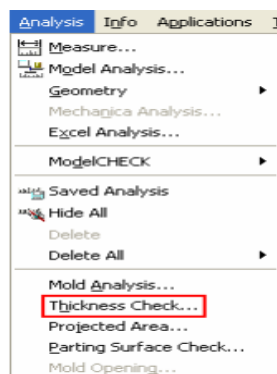
Στην περίπτωση όπου όλες οι επιφάνειες έχουν περισσότερο από 1° Draft σύμφωνα με το Legend (Χρωματική κλίμακα), ο σχεδιαστής θα πρέπει να επιλέξει βασισμένος στο υλικό που πρέπει να μπει στο καλούπι και την τελική επιφάνεια του αντικειμένου και να αποφασίσει αν αυτό το σχέδιο(Draft) είναι επαρκές ή όχι.

- Επιλογή  για να κλείσει το κουτί διαλόγου.

5.3.3.4 Thickness

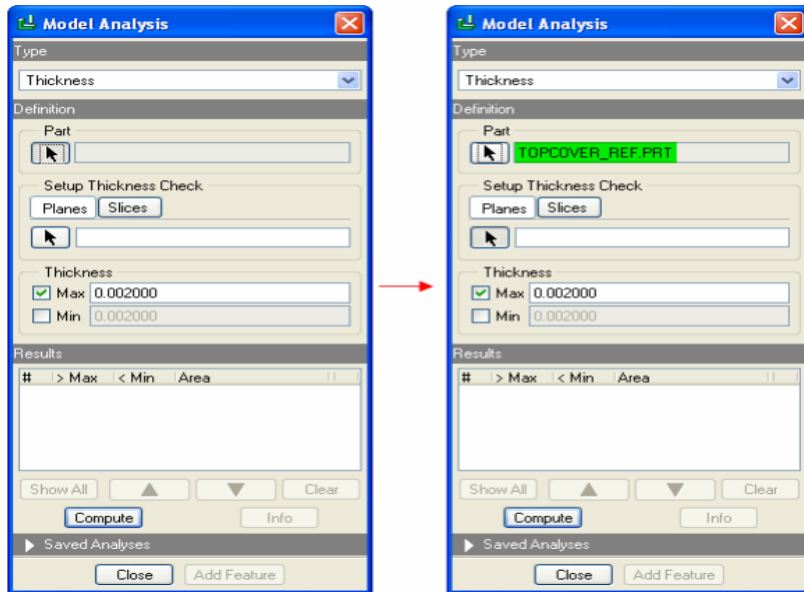
Στη λειτουργία Thickness πραγματοποιείται η ανάλυση για τον έλεγχο του ομοιόμορφου πάχους του τεμαχίου αναφοράς χρησιμοποιώντας το Thickness Check tool.

- Επιλογή **Analysis>Thickness Check**



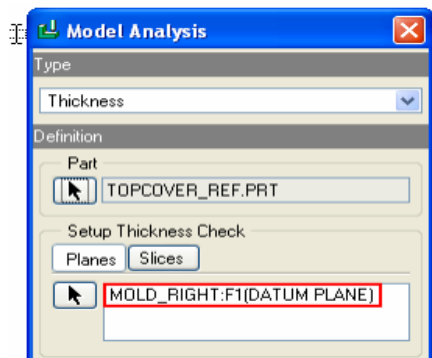
Εικόνα 93: Επιλογή Thickness Check από το βασικό μενού.

- Όταν εμφανιστεί το κουτί διαλόγου Model Analysis, το λογισμικό παραπέμπει στην επιλογή ενός τεμαχίου προς ανάλυση. Επιλογή ως τεμαχίου αναφοράς το **TOPCOVER_REF**.



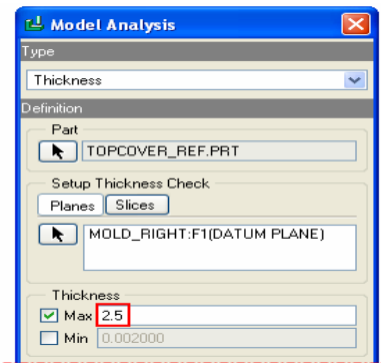
Εικόνα 94: Επιλογή τεμαχίου στο οποίο θα πραγματοποιήσετε Thickness Check.

- Παραπομπή στην επιλογή του επιπέδου κατά μήκος του οποίου θα ελέγξει το πάχος. Επιλογή MOLD_RIGHT επιπέδου αναφοράς και οριστικοποιείται με διπλό μεσαίο κλικ.



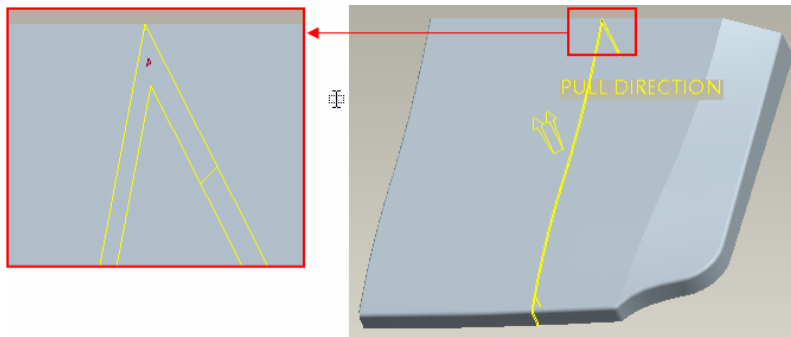
Εικόνα 95: Επιλογή επιπέδου όπου θα πραγματοποιήσετε τον έλεγχο.

- Το τμήμα Setup Thickness Check έχει δύο ρυθμίσεις. Την προεπιλεγμένη Planes () η οποία είναι ενεργοποιημένη. Αυτή χρησιμοποιείται για να αναλύσει ένα τεμάχιο κατά μήκος του επιλεγμένου πλάνου. Υπάρχει η δυνατότητα επιλογής περισσότερων από ένα πλάνα κρατώντας πατημένο το Ctrl και επιλέγοντας τα επιθυμητά πλάνα.
- Εισαγωγή στο πεδίο Max την τιμή **2.5** για το μέγιστο πάχος του τεμαχίου.




Εικόνα 96: Εισαγωγή τιμής μέγιστου πάχους του τεμαχίου.

- Επιλογή του εικονιδίου  και τα αποτελέσματα θα εμφανιστούν όπως φαίνονται παρακάτω.




Εικόνα 97: Αποτέλεσμα ανάλυσης.

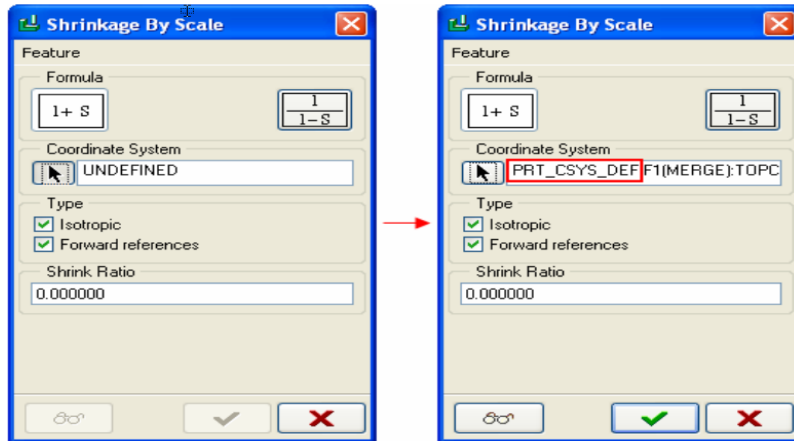
Το κόκκινο τρίγωνο, που βρίσκεται στο παραπάνω σχήμα, αντιπροσωπεύει την περιοχή που είναι παχύτερη από το μέγιστο πάχος που εισάγεται στο πεδίο Max.

- Επιλέγεται  για να κλείσει το κουτί διαλόγου.

5.3.3.5 Shrinkage (Συρρίκνωση)

Ακολουθούνται τα παρακάτω βήματα:

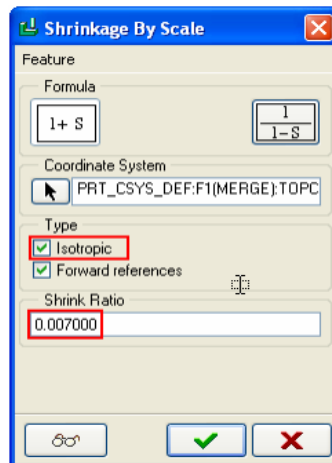
- Επιλογή του εικονιδίου Shrinkage by Scale  για τον καθορισμό του συντελεστή συρρίκνωσης για το πλαστικό αντικείμενο.
- Το λογισμικό παραπέμπει στην επιλογή του συστήματος συντεταγμένων. Επιλογή PRT_CSYS_DEF σύστημα συντεταγμένων.




Εικόνα 98: Επιλογή συστήματος συντεταγμένων.

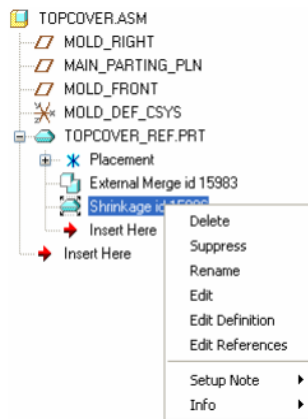
Το σύστημα συντεταγμένων χρησιμοποιείται για να υπολογισθεί η συρρίκνωση. Το λογισμικό κάνει σε κλίμακα το τεμάχιο σε σχέση με το τεμάχιο αναφοράς, σε αυτό το σύστημα συντεταγμένων. Επομένως, το σημείο της προέλευσης αυτού του συστήματος συντεταγμένων παραμένει σταθερό.

- Εισαγωγή του ποσοστού συρρίκνωσης στο παράθυρο Shrink Ratio που είναι ίδια για τις διευθύνσεις X, Y και Z (**0.007** για 0.7% συρρίκνωση πλαστικού ABS).
- Εισαγωγή **0.007** στο πεδίο Shrink Ratio. Η ρύθμιση Isotropic είναι επιλεγμένη αυτό σημαίνει ότι το λογισμικό χρησιμοποιεί το ίδιο Shrink Ratio για όλες τις διευθύνσεις (X, Y και Z).



Εικόνα 99: Επιλογή τύπου συρρίκνωσης και εισαγωγή του ποσοστού συρρίκνωσης.

- Πληκτρολογείται  για την επιβεβαίωση της συρρίκνωσης για το τεμάχιο αναφοράς.




Εικόνα 100: Πρόσθεση του χαρακτηριστικού συρρίκνωσης στο Model Tree.

- Παρατηρώντας το Model Tree φαίνεται ότι η συρρίκνωση έχει προστεθεί στο τεμάχιο αναφοράς, ως χωριστό χαρακτηριστικό. Κάνοντας δεξί κλικ πάνω στο χαρακτηριστικό συρρικνώματος υπάρχει πρόσβαση στο μενού συντόμευσης. Αυτό το μενού μπορεί να χρησιμοποιηθεί για διαγραφή ή αλλαγή της συρρίκνωσης επιλέγοντας τις κατάλληλες ρυθμίσεις.

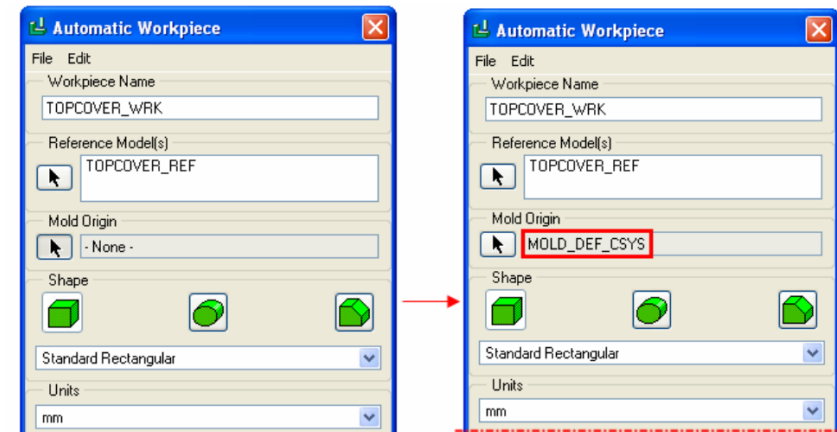
5.3.3.6 Δημιουργία Ακατέργαστου Τεμαχίου (Workpiece)

Για την αυτόματη δημιουργία ενός ακατέργαστου τεμαχίου είναι απαραίτητη η επιβεβαίωση εγκατάστασης του καταλόγου Mold Component Catalog. Στην περίπτωση μη εγκατάστασης του καταλόγου θα εμφανιστεί το μήνυμα: “No files or directories found”, τότε απαιτείται η επανεγκατάσταση του Pro/ENGINEER setup ώστε να εγκατασταθεί ο κατάλογος Mold Component Catalog. Στην συνέχεια χρησιμοποιείται η λειτουργία Automatic Workpiece Creation που είναι μία λειτουργικότητα του Pro/MOLD.

Η λειτουργικότητα Automatic Workpiece Creation δίνει την δυνατότητα της δημιουργίας ακατέργαστου τεμαχίου το οποίο βασίζεται στο μέγεθος και την θέση του μοντέλου αναφοράς. Για τη δημιουργία του αυτόματου ακατέργαστου τεμαχίου, επιλέγεται το εικονίδιο  ώστε να ανοίξει το παράθυρο Automatic Workpiece.

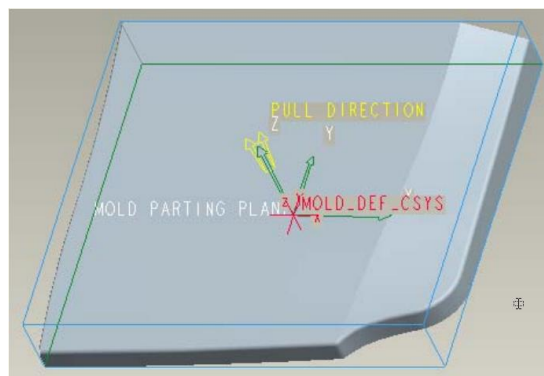
Έπειτα εμφανίζεται το κουτί διαλόγου Automatic Workpiece το οποίο παραπέμπει στην επιλογή του συστήματος συντεταγμένων για τον προσανατολισμό του ακατέργαστου τεμαχίου.

Στην συνέχεια, επιλέγεται το MOLD_DEF_CSYS. Ο Z άξονας του συστήματος συντεταγμένων θα πρέπει να είναι παράλληλος με το pull direction (Με την διεύθυνση ανοίγματος του καλουπιού).



Εικόνα 101: Επιλογή συστήματος συντεταγμένων.

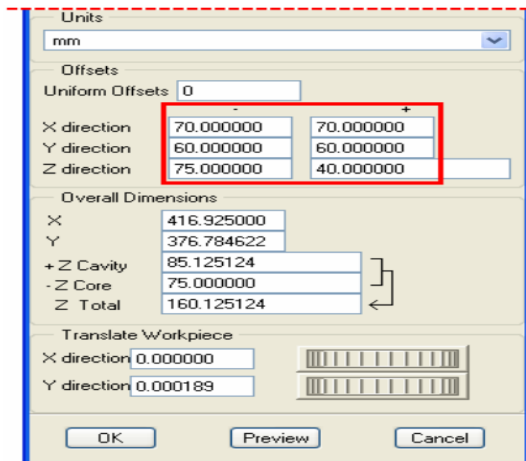
Παρατηρώντας το παράθυρο γραφικών φαίνεται να εμφανίζεται ένα ορθογώνιο πλαίσιο οριοθέτησης γύρω από το μοντέλο αναφοράς.



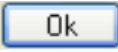
Εικόνα 102: Ορθογώνιο πλαίσιο οριοθέτησης γύρω από το μοντέλο αναφοράς.

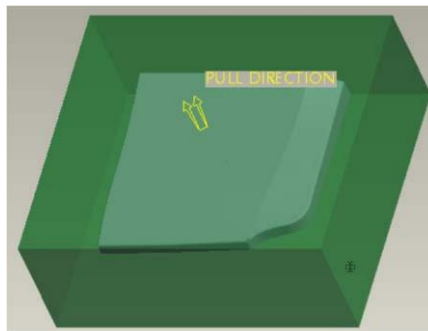
Το ορθογώνιο πλαίσιο οριοθέτησης είναι το μικρότερο δυνατό που ενσωματώνεται πλήρως το Reference model. Το κουτί διαλόγου Automatic Workpiece δίνει την δυνατότητα να μεταβάλεται το μέγεθος του ακατέργαστου τεμαχίου χρησιμοποιώντας την ρύθμιση Offsets.

- Εισαγωγή της τιμής offset στο κουτί διαλόγου όπως φαίνεται παρακάτω. Το Offset προσθέτει υλικό γύρω από το ορθογώνιο πλαίσιο οριοθέτησης εισάγοντας τιμή για κάθε διεύθυνση.



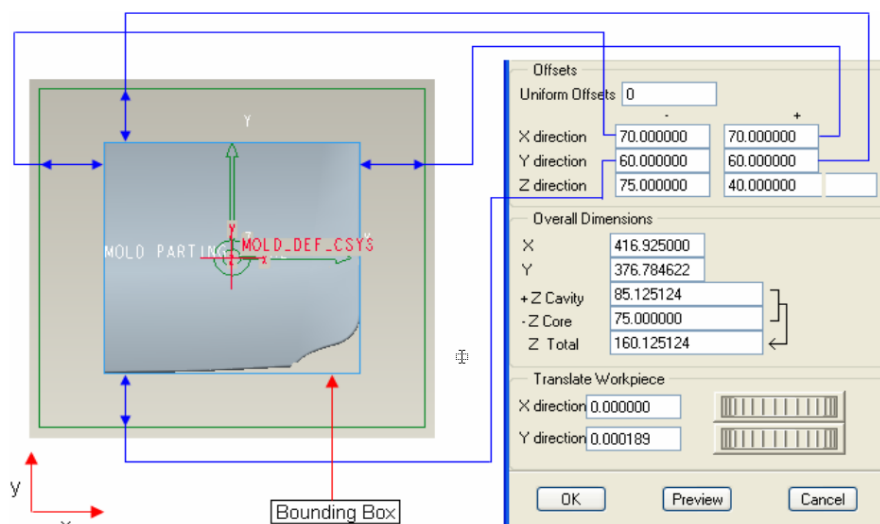
Εικόνα 103: Εισαγωγή της τιμής offset.

- Πληκτρολογώντας , ολοκληρώνεται ο ορισμός του ακατέργαστου τεμαχίου. Το ακατέργαστο θα εμφανιστεί όπως φαίνεται παρακάτω.

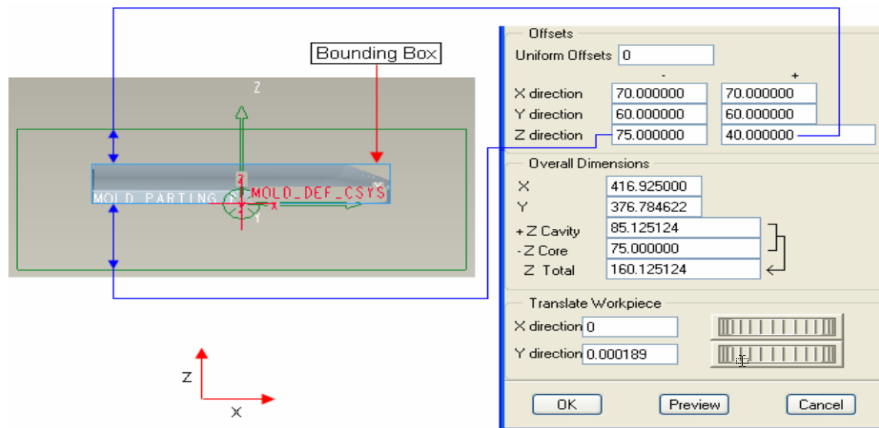


Εικόνα 104: Εμφάνιση ακατέργαστου τεμαχίου.

- Παρακάτω, παρατηρείται οι ρυθμίσεις offsets για το ακατέργαστο τεμάχιο.




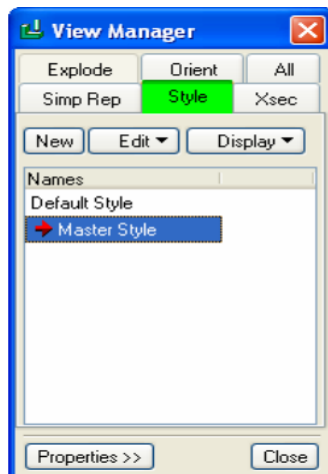
Εικόνα 105: Κάτοψη επεξήγησης.



Εικόνα 106: Πλάγια όψη επεξήγησης.

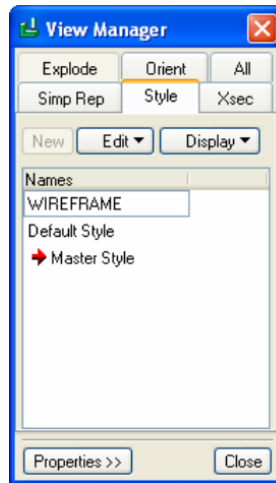
5.3.3.7 Καθορισμός Απεικόνισης σε Καλωδιακή (Wireframe).

- Επιλογή **View>View Manager** ή του εικονιδίου  για να εμφανιστεί το κουτί διαλόγου View Manager και επιλογή Style, εάν δεν είναι προεπιλεγμένο, όπως φαίνεται παρακάτω.



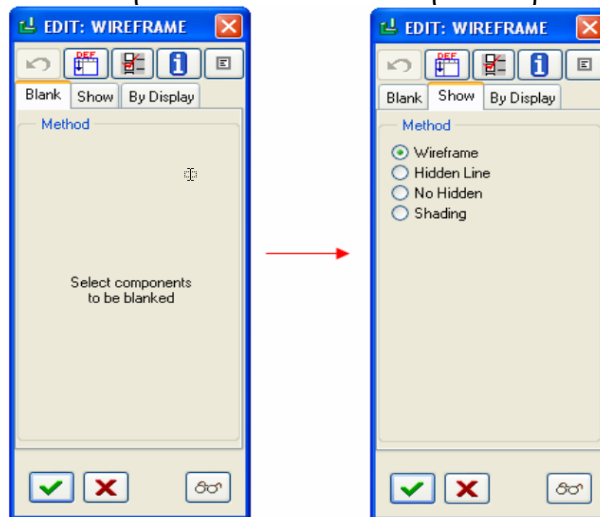
Εικόνα 107: Επιλογή ρύθμισης Style.

- Για τον καθορισμό μίας νέας απεικόνισης, επιλογή **New**.
- Πληκτρολογείται **WIREFRAME** και επιλέγεται Enter.



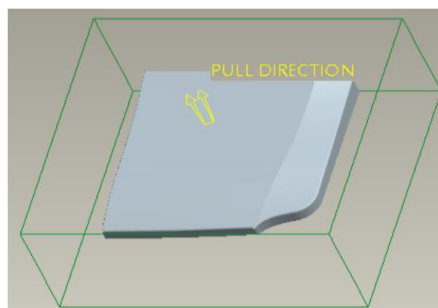
Εικόνα 108: Εμφάνιση της νέας απεικόνισης στο υπομενού Names.

- Έπειτα θα εμφανιστεί το κουτί διαλόγου EDIT. Επιλογή της καρτέλας Show και παρατηρείται ότι η Wireframe απεικόνιση είναι προεπιλεγμένη.




Εικόνα 109: Επιλογή ρύθμισης Show.

- Επιλογή του ακατέργαστου τεμαχίου με το αριστερό κλικ του ποντικιού και επιλογή για έξοδο από το παράθυρο.

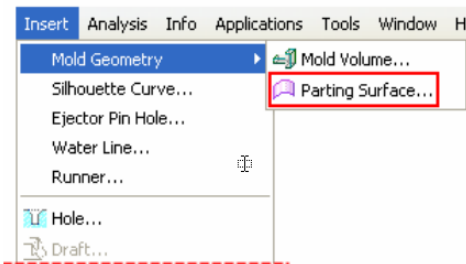


Εικόνα 110: Καλωδιακή (Wireframe) απεικόνιση.

- Επιλέγεται  για έξοδο από το κουτί διαλόγου View Manager.

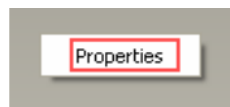
5.3.3.8 Δημιουργία Επίπεδης Επιφάνειας Διαχωρισμού

- Επιλέγεται **Insert>Mold Geometry>Parting Surface** ή επιλέγεται το εικονίδιο .

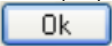


Εικόνα 111: Επιλογή εντολής Parting Surface από το βασικό μενού.

- Δεξί κλικ στο παράθυρο γραφικών και επιλογή **Properties** στο μενού που εμφανίζεται, όπως δείχνει παρακάτω.



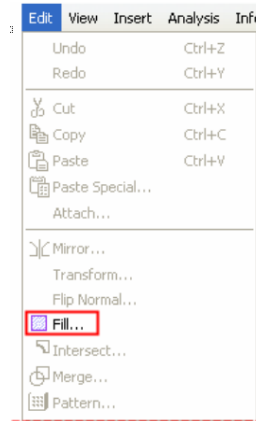
Εικόνα 112: Επιλογή Properties του μενού που εμφανίζεται.

- Εισαγωγή **PS_FLAT** ως το όνομα της διαχωριστικής επιφάνειας και επιλογή .



Εικόνα 113: Εισαγωγή ονόματος της διαχωριστικής επιφάνειας.

- Για τη δημιουργία μίας επίπεδης επιφάνειας, επιλέγεται **Edit>Fill**.



Εικόνα 114: Επιλογή εντολής Fill από το βασικό μενού.


- Επιλέγεται στο πάνελ πληροφοριών.

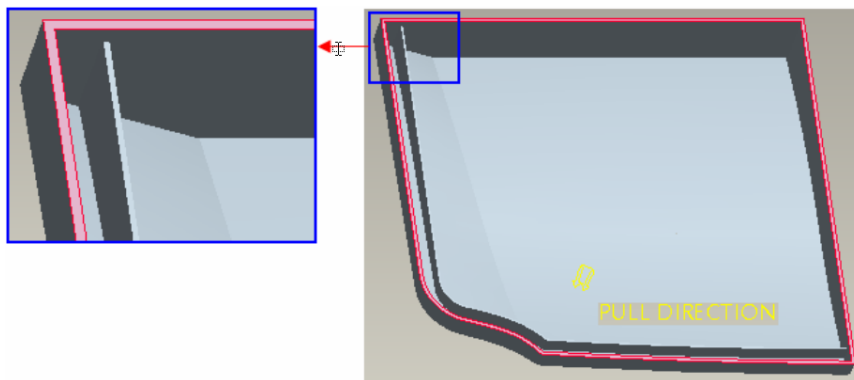


Εικόνα 115: Επιλογή Define του πάνελ πληροφοριών.

- Επιλογή της συνεχόμενης τονούμενης επιφάνειας όπως φαίνεται παρακάτω.

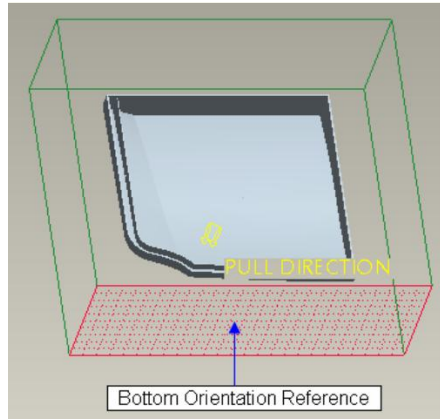
ΠΡΟΣΟΧΗ!

Χρησιμοποιείται το εικονίδιο  για να οριστεί UNBLANK το Wireframe ακατέργαστο τεμάχιο, και έπειτα επιλέγεται η επιθυμητή επιφάνεια.



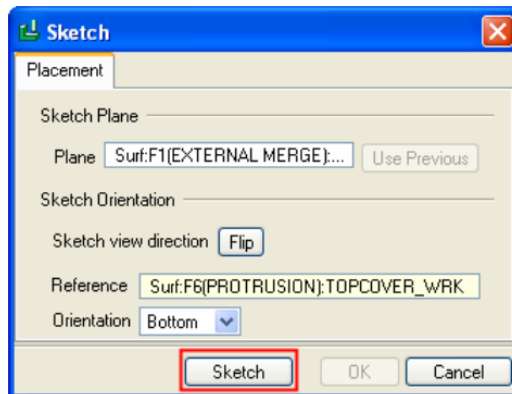
Εικόνα 116: Επιλογή της συνεχόμενης τονούμενης επιφάνειας.

- Επιλογή της ακόλουθης επιφάνειας ως κάτω προσανατολισμένο πλάνο (Bottom Orientation Plane)




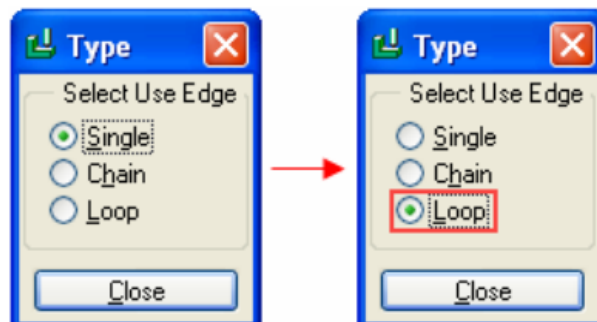
Εικόνα 117: Επιλογή προσανατολισμένου πλάνο.

- Επιλέγεται **Sketch** και το λογισμικό θα εμφανίσει το παράθυρο Sketch.



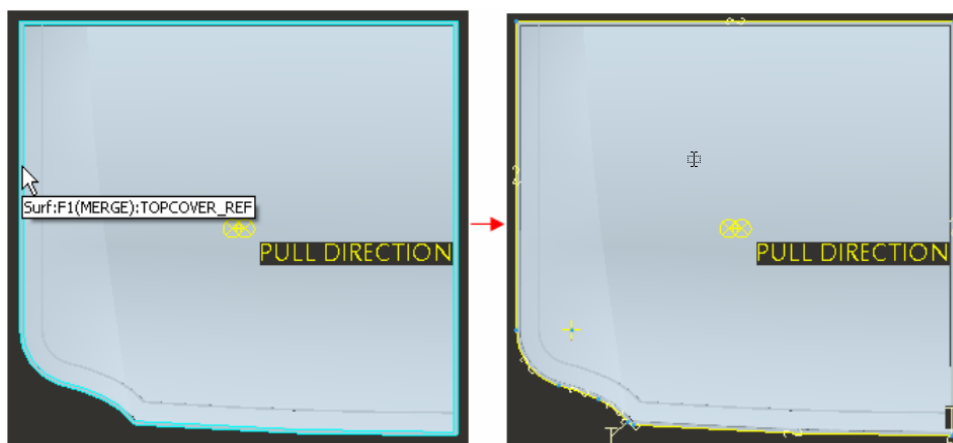
Εικόνα 118: Επιλογή Sketch για να εμφανιστεί το παράθυρο Sketch.

- Επιλογή **Sketch>Edge>Use** ή το εικονίδιο .
- Στο παράθυρο που εμφανίζεται, επιλέγεται **Yes**.
- Στο παράθυρο Type, επιλέγεται η ρύθμιση **Loop**.



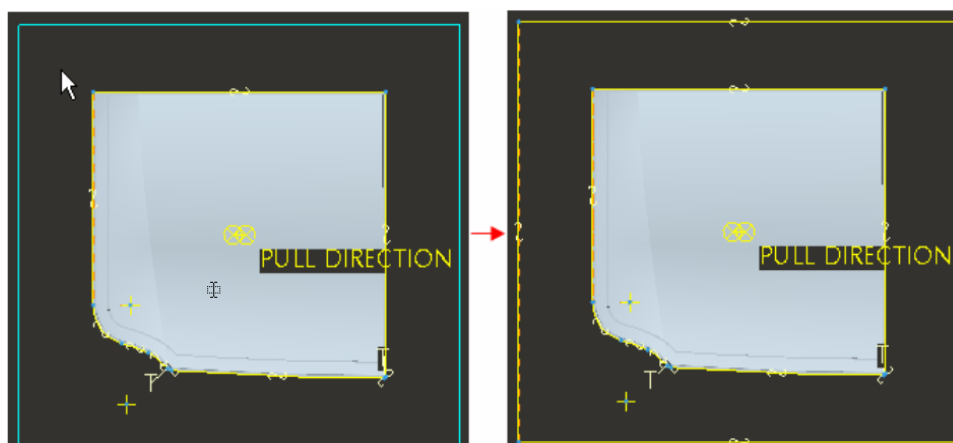
Εικόνα 119: Επιλογή ρύθμισης Loop.

- Επιλογή της εξωτερικής συνεχόμενης επιφάνειας στο τεμάχιο αναφοράς όπως παρατηρείται παρακάτω.



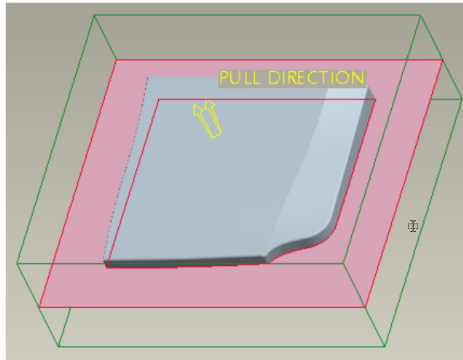
Εικόνα 120: Επιλογή της εξωτερικής συνεχόμενης επιφάνειας.

- Επιλογή της περιμετρικής επιφάνειας του ακατέργαστου έτσι ώστε το σχέδιασμα να εμφανίζεται όπως παρακάτω.




Εικόνα 121: Επιλογή της περιμετρικής επιφάνειας του ακατέργαστου.

- Επιλογή εφόσον ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός.
- Επιλογή ή μεσαίο κλικ για να ολοκληρωθεί το Fill Surface Feature.
- Επόμενη επιλογή , για να ολοκληρωθεί έτσι η επιφάνεια διαχωρισμού.
- Έπειτα η επιφάνεια διαχωρισμού θα εμφανιστεί όπως φαίνεται παρακάτω (τονούμενη).



Εικόνα 122: Απεικόνιση της επιφάνειας διαχωρισμού.

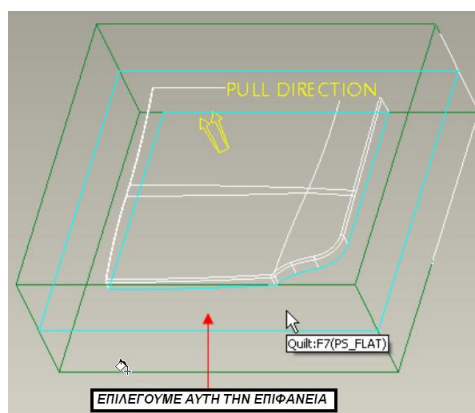
5.3.3.9 Διαχωρισμός Πλακών Καλουπιού (Splitting)

- Επιλέγεται το εικονίδιο . Στη συνέχεια εμφανίζεται το παράθυρο SPLIT VOLUME, όπου οι προεπιλεγμένες ρυθμίσεις μένουν όπως έχουν, οι οποίες είναι Two Volumes και All Wrkpcs, στην περίπτωση διαχωρισμού του ακατέργαστου τεμαχίου σε δύο όγκους.
- Ακολουθεί η επιλογή **Done** ή μεσαίο κλικ για συνέχιση.



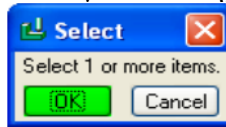
Εικόνα 123: Επιλογή ρυθμίσεων του παραθύρου SPLIT VOLUME.

- Το λογισμικό παραπέμπει στην επιλογή της διαχωριστικής επιφάνειας ώστε να διαχωριστεί το ακατέργαστο τεμάχιο, στη συνέχεια επιλέγεται η προηγούμενη ορισμένη επιφάνεια **PS_FLAT**, όπως παρατηρείται παρακάτω.



Εικόνα 124: Επιλογή της διαχωριστικής επιφάνειας.

- Επιλογή ή μεσαίο κλικ για ολοκλήρωση επιλογής των επιφανειών.



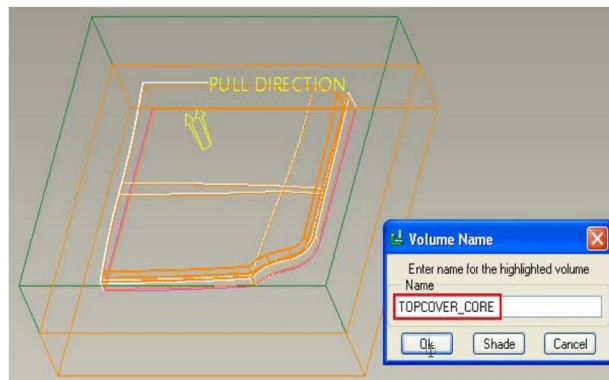
Εικόνα 125: Επιβεβαίωση επιλογής επιφανειών.

- Εφόσον έχουν επιλεγεί σωστά οι παραμέτροι, επιλέγεται ή μεσαίο κλικ για έξοδο από το παράθυρο Split.



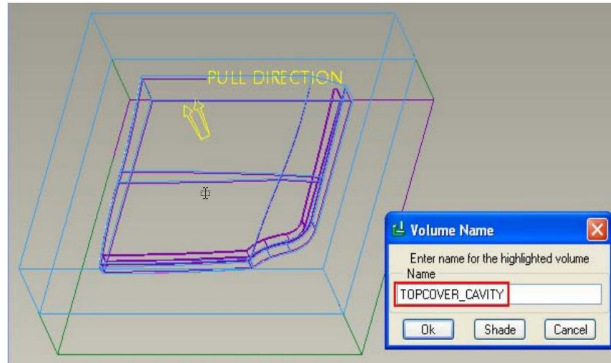
Εικόνα 126: Επιβεβαίωση επιλογών.

- Εισαγωγή **TOPCOVER_CORE** ως όνομα του τονούμενου όγκου, όπως παρατηρείται παρακάτω και επιλογή .



Εικόνα 127: Εισαγωγή ονόματος του τονούμενου όγκου.

- Το λογισμικό θα τονίσει τον δεύτερο χωριζόμενο όγκο. Στη συνέχεια εισάγεται το **TOPCOVER_CAVITY** ως το όνομα του τονούμενου όγκου, όπως παρατηρείται παρακάτω και επιλέγεται .



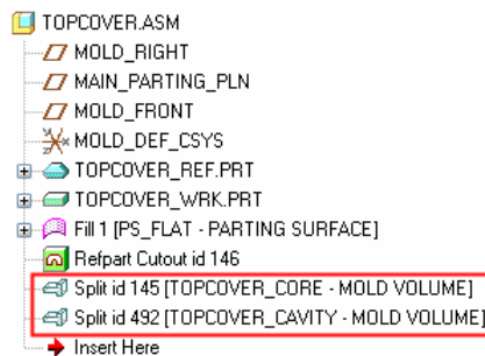
Εικόνα 128: Εισαγωγή ονόματος του τονούμενου όγκου.

ΥΠΕΝΘΥΜΙΣΗ

Ο διαχωρισμός δεν αλλάζει την γεωμετρία του ακατέργαστου τεμαχίου. Όταν η διαδικασία διαχωρισμού είναι σε εξέλιξη για το ακατέργαστο τεμάχιο, το λογισμικό:

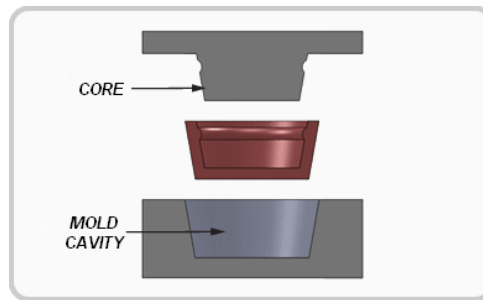
1. Δημιουργεί ένα όγκο (κλειστές κοίλες επιφάνειες) αντιγράφοντας όλες τις επιφάνειες του ακατέργαστου τεμαχίου.
2. Αφαιρεί το τεμάχιο αναφοράς έξω από αυτόν το όγκο.
3. Χωρίζει τον όγκο σε περιοχές (όγκους), διαχωρίζοντας τον στην επιφάνεια διαχωρισμού.
4. Δίνει μοναδικά ονόματα στους όγκους του καλουπιού και στην διαχωριστική επιφάνεια.

- Παρατηρώντας το Model tree, φαίνονται δύο χαρακτηριστικά που εμφανίζονται για τον διαχωρισμό των όγκων, όπως παρακάτω.




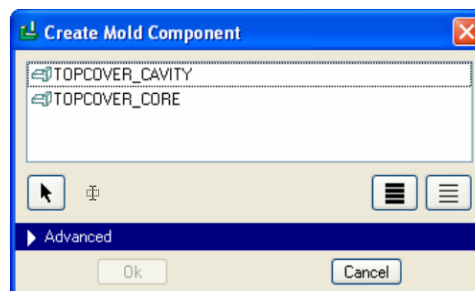
Εικόνα 129: Εμφάνιση των δύο χαρακτηριστικών όγκων στο Model tree.

5.3.3.10 Εξαγωγή των Στερεών Στοιχείων του Καλουπιού


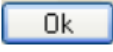


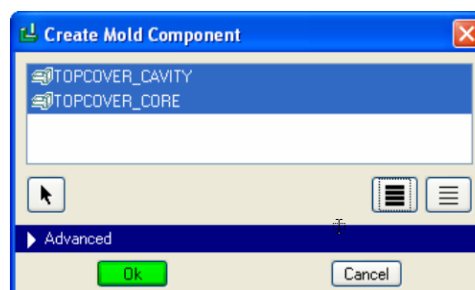
Εικόνα 130: Απεικόνιση τμημάτων χαρακτηριστικού καλουπιού.

- Για εξαγωγή των εξαρτημάτων του καλουπιού επιλέγεται **Mold Comp>Extract** ή το εικονίδιο .
- Έπειτα εμφανίζεται το παράθυρο Create Mold Component όπως παρατηρείται παρακάτω.



Εικόνα 131: Παράθυρο Create Mold Component.

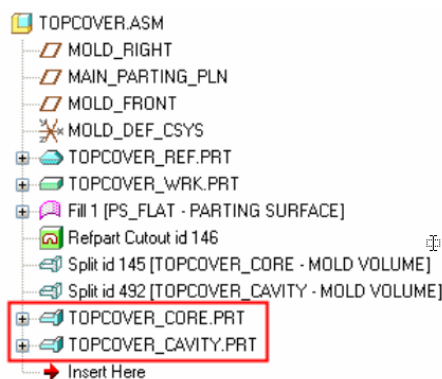
- Το παράθυρο εμφανίζει όλους τους παρόντες όγκους του συναρμολογούμενου καλουπιού. Επιλογή  για να τονισθούν οι δύο όγκοι που υπάρχουν στο κουτί διαλόγου.
- Επιλογή  για ολοκλήρωση της τρέχουσας διαδικασίας.



Εικόνα 132: Επιλογές που πραγματοποιείτε στο παράθυρο Create Mold Component

Το σύστημα γεμίζει τους σχεδιασμένους όγκους με στερεό υλικό για τη δημιουργία αντίστοιχων εξαρτημάτων. Το όνομα του τελικού εξαρτήματος είναι το ίδιο με το όνομα του όγκου.

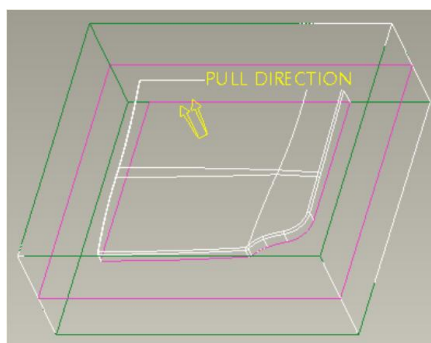
- Παρατηρώντας το Model tree, φαίνεται ότι εμφανίζονται δύο νέα εξαρτήματα: **TOPCOVER_CORE.PRT** και **TOPCOVER_CAVITY.PRT**



Εικόνα 133: Εμφάνιση εξαρτημάτων στο Model Tree

Το εξαγόμενο εξάρτημα διατηρεί συνειρμικά τα χαρακτηριστικά με το parent volume, εάν ο όγκος μετατραπεί, το εξάρτημα θα ενημερώσει το μοντέλο του καλουπιού Regenerated.

- Παρατηρώντας το παράθυρο γραφικών φαίνεται ότι το λογισμικό έχει αυτομάτως σβήσει τα parent volumes των εξαγόμενων εξαρτημάτων.



Εικόνα 134: Εμφάνιση καλουπιού σε καλωδιακή(Wireframe) απεικόνιση

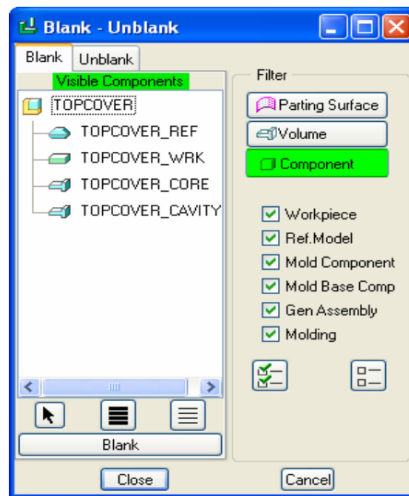
5.3.3.11 Δημιουργία Ένθετων Εξαρτημάτων

➤ Uncluttering the view (Τακτοποίηση προβολής)


Το Pro/MOLDESIGN παρέχει το κουτί διαλόγου Blank - Unblank ώστε να αφαιρούνται και να προσθέτονται εξαρτήματα, επιφάνειες διαχωρισμού ή όγκοι στην παρούσα προβολή του μοντέλου. Παρακάτω αναφέρεται ο τρόπος αφαίρεσης όλων των εξαρτημάτων εκτός από το TOPCOVER_CORE.

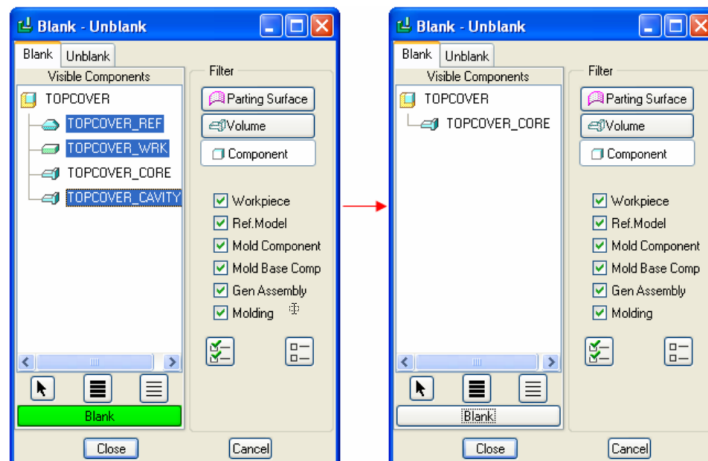
- Επιλογή ώστε να εμφανιστεί το κουτί διαλόγου Blank–Unblank, όπως φαίνεται παρακάτω.

Σημείωση: Το Component Filter πρέπει να είναι ενεργό και όλα τα εξαρτήματα του παρόντος συναρμολογημένου καλουπιού να είναι στην λίστα ως ορατά εξαρτήματα (Visible Components).



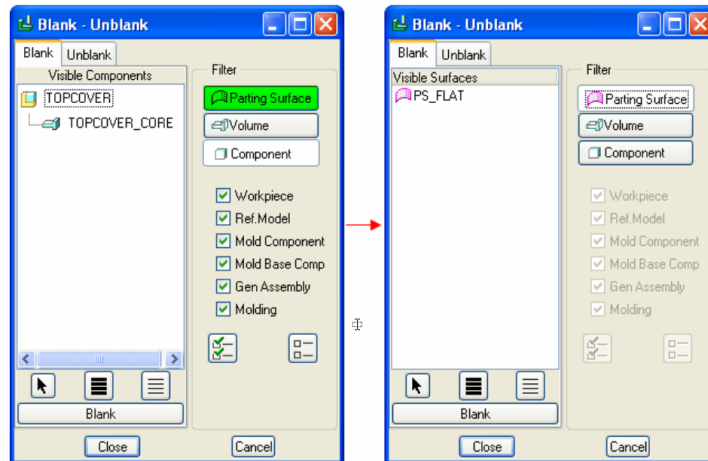
Εικόνα 135: Παράθυρο τακτοποίησης προβολής

- Επιλογή TOPCOVER_REF, TOPCOVER_WRK και TOPCOVER_CAVITY έχοντας πατημένο το πλήκτρο Ctrl και τέλος επιλέγετε .



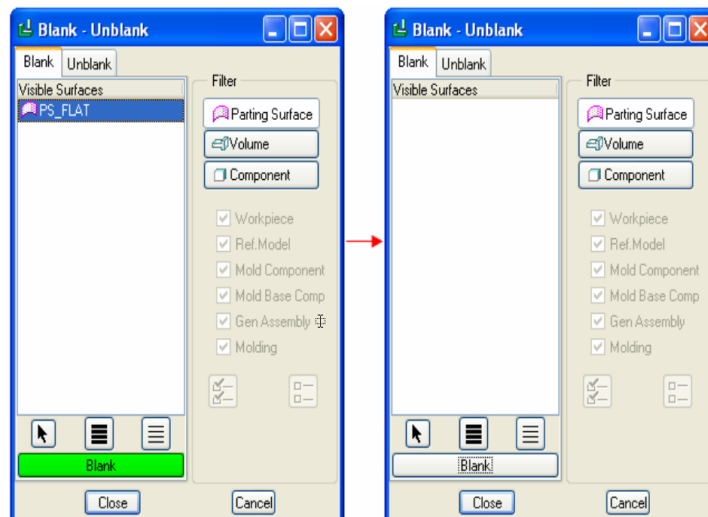
Εικόνα 136: Επιλογές του παράθυρου τακτοποίησης προβολής

- Στην συνέχεια αφαιρείται η επιφάνεια διαχωρισμού και ενεργοποιείται το φίλτρο Parting Surface επιλέγοντας .



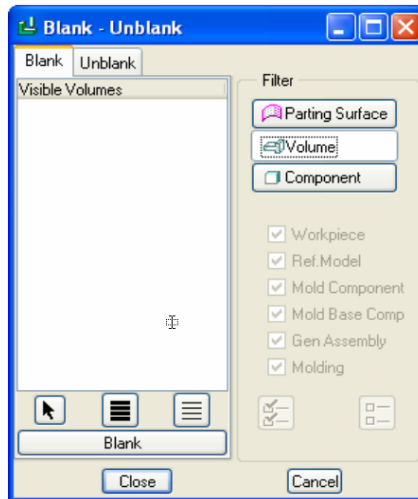
Εικόνα 137: Ενεργοποίηση του φίλτρου Parting Surface

- Επιλογή PS_FLAT και έπειτα .



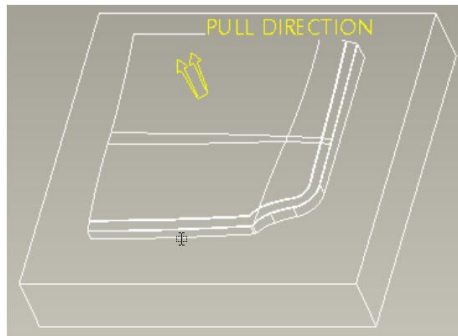
Εικόνα 138: Επιλογή της επιφάνειας διαχωρισμού και απόκρυψη(Blank)

- Επόμενο βήμα είναι η ενεργοποίηση του φίλτρου Volume (Όγκος), επιλέγοντας . Παρατηρείται ότι δεν υπάρχει όγκος που αναγράφεται ως Visible Volumes, όπως φαίνεται παρακάτω. Αυτό συμβαίνει επειδή το λογισμικό εξάγει τα εξαρτήματα εκτός των όγκων του καλουπιού και αυτομάτως τα parent volumes γίνονται μη ορατά.



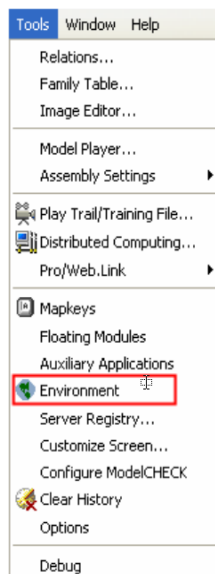
Εικόνα 139: Ενεργοποίηση του φίλτρου Volume(Όγκος)

- Επιλογή **Close** ώστε να κλείσει το παράθυρο. Παρατηρείται παρακάτω ότι μόνο το TOPCOVER_CORE εμφανίζεται στην οθόνη γραφικών.



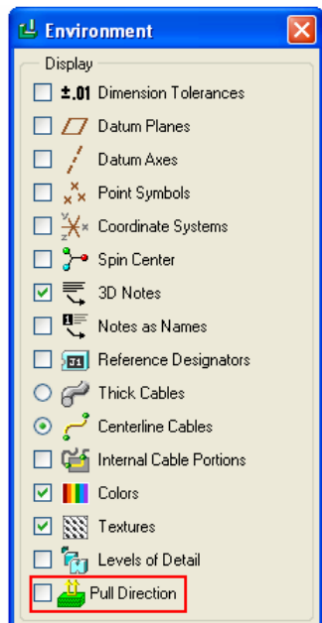
Εικόνα 140: Εμφάνιση του TOPCOVER_CORE στην οθόνη γραφικών

- Για να σβηστεί το βέλος Pull Direction, επιλέγεται **Tools>Environment**.

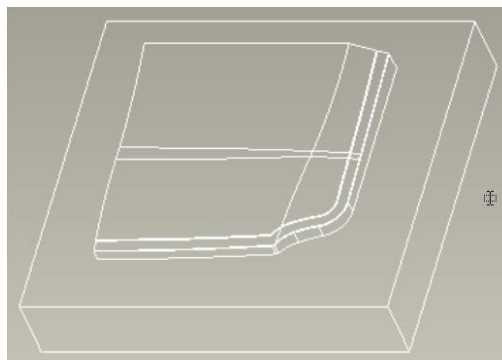


Εικόνα 141: Επιλογή εντολής Environment από το βασικό μενού Tools

- Έπειτα στο παράθυρο Environment, αποεπιλέγεται η ρύθμιση **Pull Direction**. Έτσι παρατηρείται ότι το βέλος Pull Direction εξαφανίστηκε από την οθόνη γραφικών.



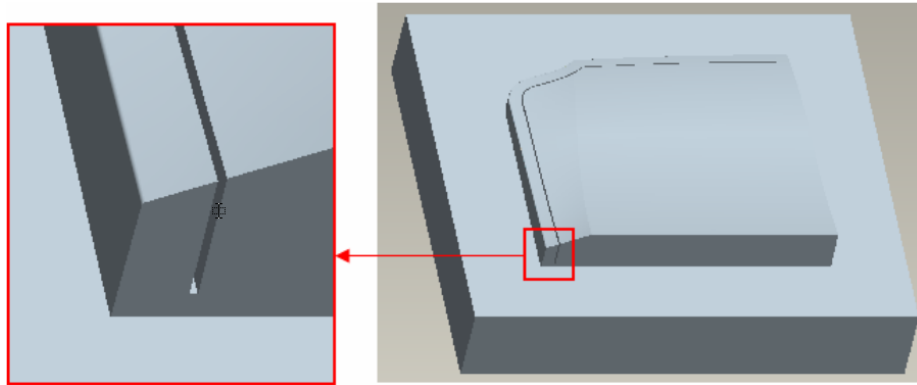
Εικόνα 142: Αποεπιλογή της ρύθμισης Pull Direction του παραθύρου Environment



Εικόνα 143: Απόκρυψη του βέλους Pull Direction από την οθόνη γραφικών

➤ Διαχωρισμός από τον ένθετο όγκο (Splitting off the insert volume)

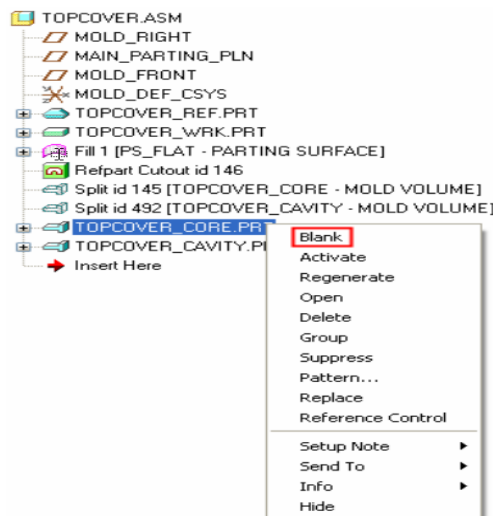
Στην εικόνα που ακολουθεί παρατηρείται ότι στο TOPCOVER_CORE.PRT υπάρχει μια πολύ λεπτή υποδοχή.



Εικόνα 144: Λεπτή υποδοχή του TOPCOVER_CORE.PRT

Από άποψη κατεργασίας, είναι πολύ δύσκολο να επεξεργαστεί αυτή την πολύ λεπτή υποδοχή στον στερεό πυρήνα (Solid Core). Έτσι θα πρέπει να του δοθεί αυτή η μορφή. Στη συνέχεια, θα δημιουργηθεί μία άλλη διαχωριστική επιφάνεια που θα χρησιμοποιηθεί για να γίνει η σχισμή στον όγκο του TOPCOVER_CORE. Πριν ξεκινήσει ο ορισμός της νέας διαχωριστικής επιφάνειας, θα πρέπει πρώτα να εξαφανιστεί (Blank) το TOPCOVER_CORE.PRT.

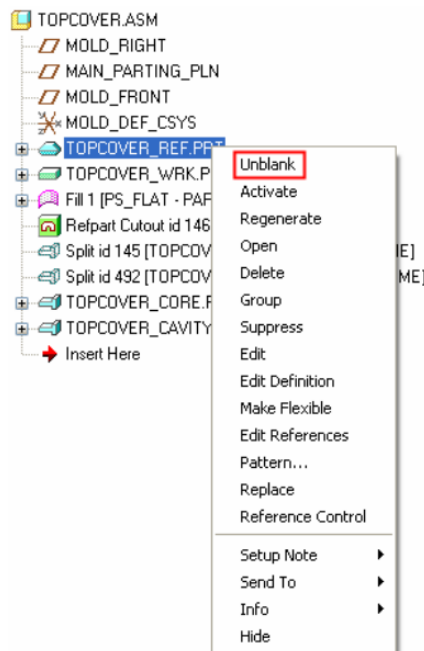
- Στο Model tree κάνοντας δεξί κλικ στο TOPCOVER_CORE.PRT, επιλέγεται **Blank**, όπως φαίνεται παρακάτω. Υπάρχει η δυνατότητα να εμφανίζονται και να αποκρύπτονται αντικείμενα χρησιμοποιώντας το παράθυρο Blank- Unblank ή απευθείας από το Model tree.




Εικόνα 145: Επιλογή εντολής Blank για το TOPCOVER_CORE.PRT από το Model Tree

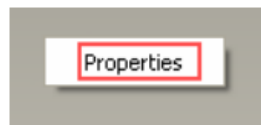
- Αφού έχει καθοριστεί η νέα διαχωριστική επιφάνεια, αναφέρεται η γεωμετρία του τεμαχίου TOPCOVER_REF. Έτσι το πρώτο βήμα που ακολουθείται είναι η εμφάνιση του. Πηγαίνοντας στο Model Tree κάνοντας δεξί κλικ στο TOPCOVER_REF.PRT ώστε να επιλεγεί το **Unblank**, όπως φαίνεται στην εικόνα παρακάτω. Είναι ιδιαίτερα επιθυμητό να μην χρησιμοποιείται η γεωμετρία των αποσπώμενων εξαρτημάτων ή των όγκων του καλουπιού ως αναφορά φτιάχνοντας τις επιφάνειες διαχωρισμού. Εάν μία γεωμετρία, που χρησιμοποιήθηκε ως αναφορά, αργότερα χρησιμοποιηθεί για την λειτουργία

του διαχωρισμού (Split), η επιφάνεια διαχωρισμού θα αποτύχει να δημιουργηθεί και θα πρέπει να επαναπροσδιοριστεί η επιφάνεια και να διευκρινιστούν οι νέες αναφορές (References).

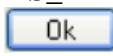


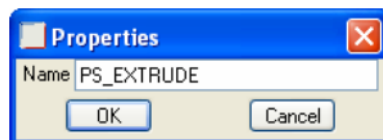
Εικόνα 146: Επιλογή εντολής Unblank για το TOPCOVER_REF.PRT από το Model Tree

- Παρακάτω δημιουργείται η επιφάνεια διαχωρισμού, η οποία αποτελείται από μία χαρακτηριστική εξωθούμενη επιφάνεια δύο κατευθύνσεων. Για την δημιουργία της επιφάνειας επιλέγεται **Insert>Mold Geometry>Parting Surface** ή το εικονίδιο .
- Στην συνέχεια, με δεξί κλικ στο παράθυρο γραφικών επιλέγεται **Properties** στο μενού που θα εμφανιστεί, όπως παρακάτω.



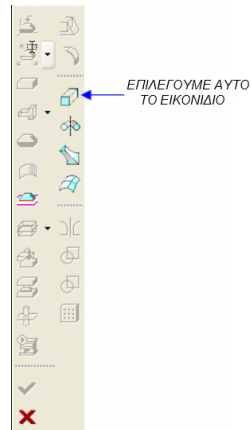
Εικόνα 147: Επιλογή Properties του μενού που εμφανίζεται

- Εισάγεται **PS_EXTRUDE** ως όνομα της διαχωριστικής επιφάνειας και επιλέγεται .



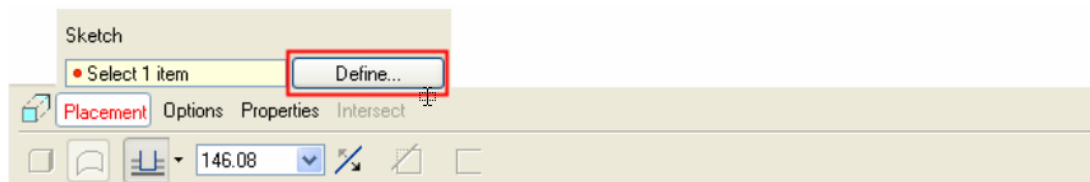
Εικόνα 148: Εισαγωγή ονόματος της διαχωριστικής επιφάνειας

- Στην συνέχεια επιλέγεται το εικονίδιο  για τη χρήση του Extrude Tool.




Εικόνα 149: Επιλογή εντολής Extrude Tool από την δεξιά μπάρα εντολών

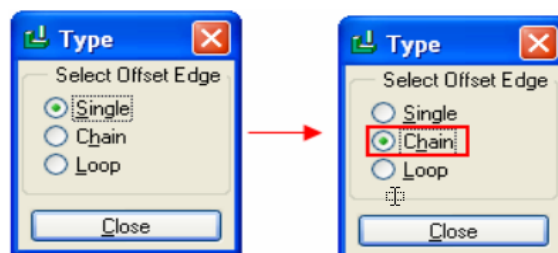
- Επιλογή από το πάνελ πληροφοριών.



Εικόνα 150: Επιλογή Define του πάνελ πληροφοριών

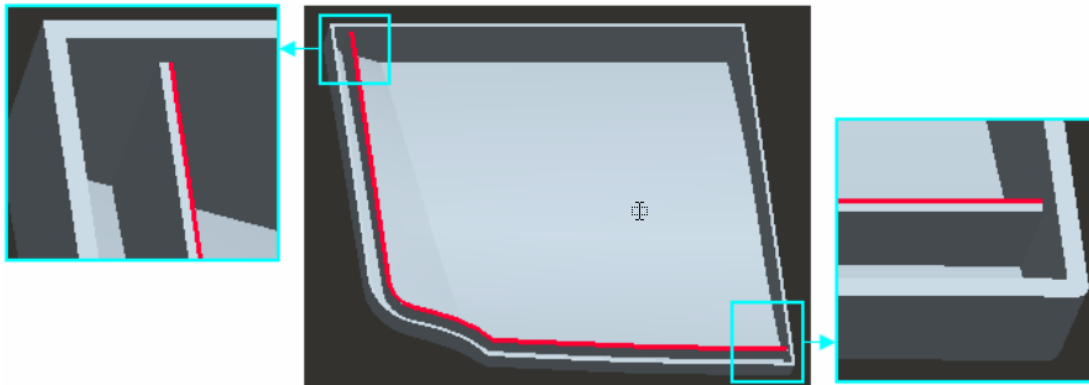
- Για το πλάνο σχεδίασης (Sketching Plane) επιλέγεται . Η προηγούμενη ρύθμιση (Use Previous) χρησιμοποιείται για να επιλεγούν τα Sketching and Orientation References του τελευταίου χαρακτηριστικού του τεμαχίου επεξεργασίας. Είναι απαραίτητο να είναι γνωστό το τελευταίο χαρακτηριστικό του τεμαχίου που επεξεργάστηκε, στο οποίο απαιτείται Sketching References και είναι το χαρακτηριστικό της συμπληρωματικής επιφάνειας (Fill Surface) σε αυτήν την άσκηση. Έτσι το λογισμικό θα χρησιμοποιήσει το ίδιο πλάνο Sketching και Orientation που χρησιμοποιήθηκε για την συμπληρωματική επιφάνεια (Fill Surface).

- Επιλογή **Sketch>Edge>Offset** ή το εικονίδιο . Στο παράθυρο που θα εμφανιστεί επιλέγεται . Στο παράθυρο Type, επιλέγεται η ρύθμιση **Chain**.



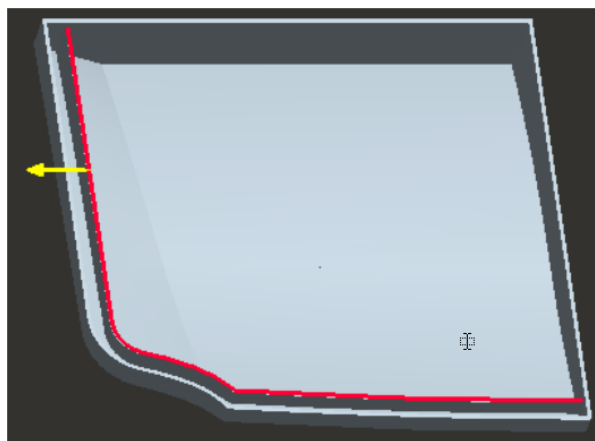
Εικόνα 151: Επιλογή της ρύθμισης Chain

- Επιλέγεται η εσωτερική συνεχόμενη ακμή της ράβδωσης που είναι χαμηλότερη από την εξωτερική πλευρά, όπως παρακάτω.



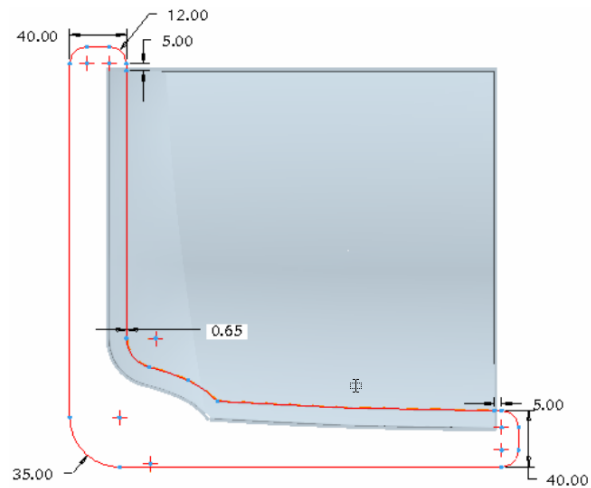
Εικόνα 152: Επιλογή της εσωτερικής συνεχόμενης ακμής της ράβδωσης

- Εισάγεται ως τιμή offset ο αριθμός **0.65**, για την μεταφορά της συνεχόμενης γραμμής που επιλέχθηκε στο προηγούμενο βήμα, στο μέσο της εσωτερικής ράβδωσης.




Εικόνα 153: Μεταφορά της επιλεγόμενης, συνεχόμενης γραμμής του προηγούμενου βήματος, στο μέσο της εσωτερικής ράβδωσης

- Έχει ορισθεί η συνεχόμενη γραμμή να είναι στο μέσο της εσωτερικής ράβδωσης επειδή διευκολύνει τους σχεδιαστές καλουπιών στην τοποθέτηση του εισαγόμενου εξαρτήματος κατά τη διάρκεια εργασιών στον πάγκο. Μπορεί να τοποθετηθεί σε οποιοδήποτε σημείο κατά μήκος του πλάτους της ράβδωσης ανάλογα με την επιλογή του σχεδιαστή, αλλάζοντας την τιμή μετατόπισης.
- Ολοκληρώνεται ο σχεδιασμός όπως φαίνεται παρακάτω. Είναι θετικό για την πρακτική κοπή να εφαρμόζεται μεγάλη ακτίνα στις γωνίες δεδομένου διότι διευκολύνει την κατεργασία τους με μεγαλύτερα κοπτικά.



Εικόνα 154: Δισδιάστατος σχεδιασμός ένθετου εξαρτήματος

- Επιλέγεται το εικονίδιο , εφόσον ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός. Στην συνέχεια εισάγεται η τιμή **25** για το βάθος εξώθησης(extrusion depth), όπως παρακάτω.



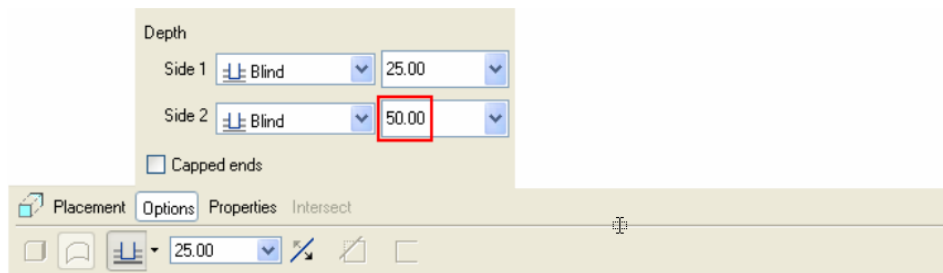
Εικόνα 155: Εισαγωγή της τιμής του βάθους εξώθησης στο πάνελ πληροφοριών.

- Το μοντέλο θα εμφανιστεί όπως δείχνει η ακόλουθη εικόνα.





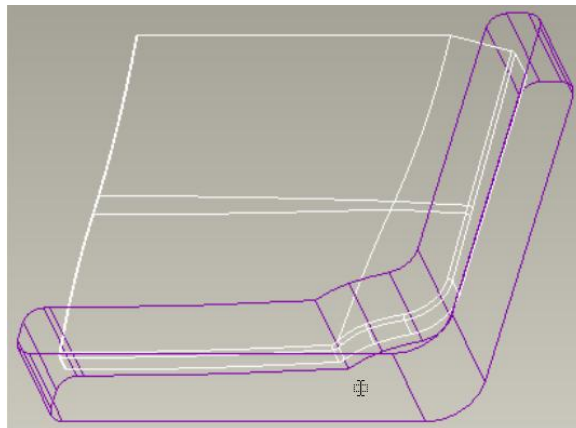
Εικόνα 156: Τρισδιάστατος σχεδιασμός ένθετου εξαρτήματος

- Το βάθος εξώθησης (Extrusion Depth) ελέγχει το βάθος των ένθετων εξαρτημάτων στο TOPCOVER_CORE. Για το βάθος στη δεύτερη διεύθυνση, εισάγεται ένα κατά προσέγγιση αριθμό έτσι ώστε η εξωθούμενη επιφάνεια να υπερβαίνει το τεμάχιο αναφοράς. Επιλέγεται **Options** και εισάγεται η τιμή **50** για το βάθος εξώθησης για το Side 2, όπως παρακάτω.



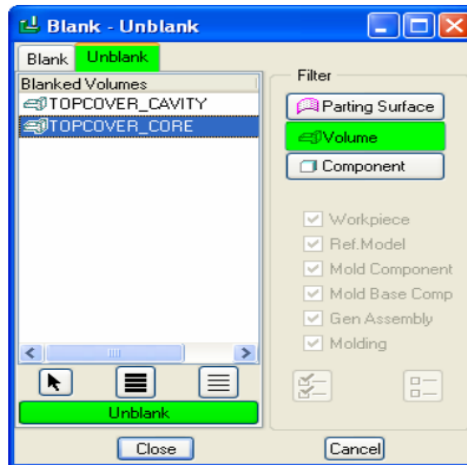
Εικόνα 157: Εισαγωγή της τιμής του βάθους εξώθησης της δεύτερης διεύθυνσης στο πάνελ πληροφοριών

- Στην συνέχεια, επιλέγεται η ρύθμιση **Capped ends** από το μενού ρυθμίσεων του πάνελ. Χρησιμοποιείται η ρύθμιση **Capped ends** επειδή η διαχωριστική επιφάνεια δεν κόβει εντελώς τον όγκο και η διαδικασία διαχωρισμού του καλουπιού θα αποτύχει.
- Επιλέγεται  ή μεσαίο κλικ για να ολοκληρωθεί η διαδικασία Extrude Surface Feature.
- Επιλέγεται  για να ολοκληρωθεί ο καθορισμός της διαχωριστικής επιφάνειας. Παρακάτω φαίνεται η διαχωριστική επιφάνεια όπως θα εμφανιστεί.




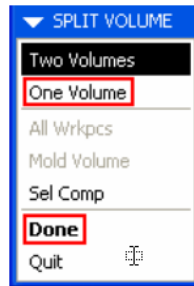
Εικόνα 158: Εμφάνιση διαχωριστικής επιφάνειας του ένθετου όγκου

- Για τον διαχωρισμό του πυρήνα, θα πρέπει να διαχωριστεί ο όγκος TOPCOVER_CORE και όχι το τεμάχιο TOPCOVER_CORE.PRT. Ο διαχωρισμός ενός εξαρτήματος δεν αλλάζει τη γεωμετρία του αλλά δημιουργεί νέο που δεν επιδιώκεται για τη παρούσα κατάσταση. Πρώτα αποκρύπτεται το τεμάχιο αναφοράς και εμφανίζεται ο όγκος TOPCOVER_CORE.



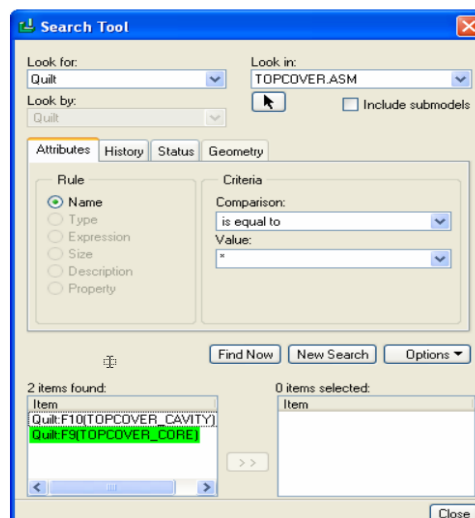
Εικόνα 159: Απόκρυψη του τεμαχίου αναφοράς και εμφάνιση του όγκου TOPCOVER_CORE

- Επιλέγεται το εικονίδιο . Και στη συνέχεια επιλέγεται **One Volume>Mold Volume>Done**.



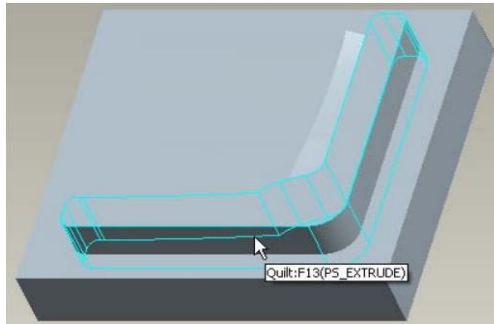
Εικόνα 160: Απαραίτητες επιλογές του παραθύρου Split Volume

- Η διάσπαση όγκου ταξινομεί τη γεωμετρία σε αυτή την πλευρά της επιφάνειας διαχωρισμού και δημιουργεί έναν νέο όγκο για αυτόν. Η υπόλοιπη γεωμετρία ανήκει ακόμα στον αρχικό όγκο που αυτός χωρίζεται (Split). Στο παράθυρο Search Tool, επιλέγεται TOPCOVER_CORE quilt και πιέζεται μεσαίο κλικ.



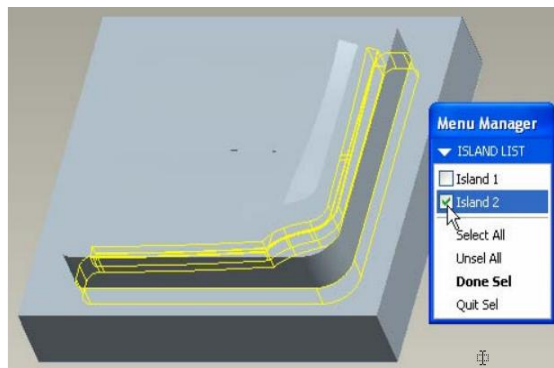
Εικόνα 161: Επιλογή του TOPCOVER_CORE quilt του παραθύρου Search Tool

- Το λογισμικό παραπέμπει στην επιλογή της επιφάνεια διαχωρισμού για το διαχωρισμό του καλουπιού. Επιλέγεται **Quilt:PS_EXTRUDE**.

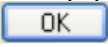


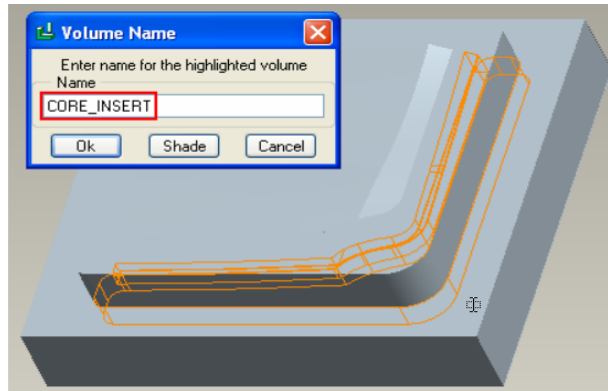
Εικόνα 162: Επιλογή της επιφάνειας διαχωρισμού **Quilt:PS_EXTRUDE**

- Στη συνέχεια επιλέγεται  ή μεσαίο κλικ για να ολοκληρωθεί η επιλογή των επιφανειών. Στο **ISLAND LIST** του παραθύρου **Menu Manager**, επιλέγεται **Island 2**.



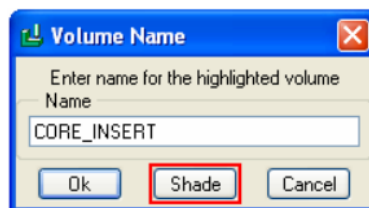
Εικόνα 163: Επιλογή **Island 2** του υπομενού **ISLAND LIST**

- Η διάσπαση έχει αναγνωρίσει τη γεωμετρία και των δύο πλευρών της επιφάνειας διαχωρισμού και τώρα ζητείται η πλευρά που πρέπει να συνδεθεί με το νέο όγκο. Όταν το ποντίκι τοποθετείται πάνω στο **Island 1** ή **2** στις επιλογές η σχετική γεωμετρία τονίζεται στην οθόνη. Επιλέγεται **Done Sel** για να επιβεβαιωθεί η τρέχουσα επιλογή.
- Επιλέγεται  ή μεσαίο κλικ για έξοδο από το παράθυρο **Split**. Το λογισμικό θα δώσει έμφαση στον υπολογισμένο όγκο και θα ζητήσει να εισαχθεί ένα μοναδικό όνομα στο παράθυρο **Volume Name**.
- Πληκτρολογείται **CORE_INSERT** ως όνομα του τονούμενου όγκου όπως παρακάτω.



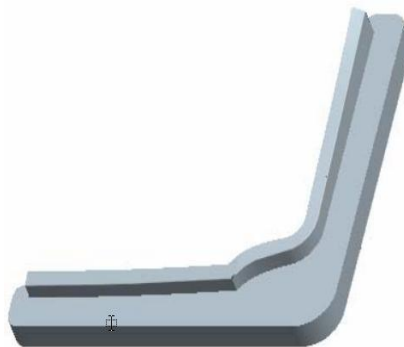
Εικόνα 164: Εισαγωγή ονόματος του τονούμενου όγκου

- Επιλέγεται για να εμφανιστεί ο σκιασμένος όγκος(Shaded Mode).



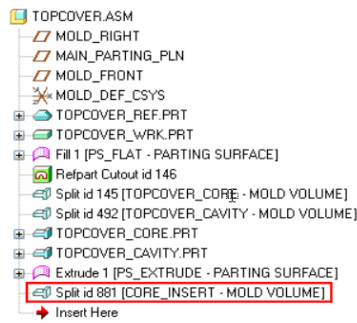
Εικόνα 165: Επιλογή Shade του παραθύρου Volume Name

- Ο όγκος αφαιρείται και εμφανίζεται ο σκιασμένος, όπως φαίνεται στην εικόνα 166.





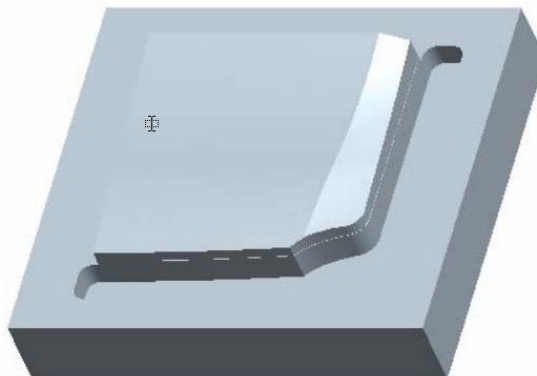
Εικόνα 166: Εμφάνιση του σκιασμένου όγκου

- Επιλέγεται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας. Για την λειτουργία One Volume Split, το λογισμικό έχει δημιουργήσει ένα απλό χαρακτηριστικό(Feature) στο Model Tree, όπως φαίνεται παρακάτω.



Εικόνα 167: Χαρακτηριστικό(feature) στο Model Tree


- Επιλέγεται το εικονίδιο  ώστε να αποκρύπτονται όλοι οι όγκοι και οι διαχωριστικές επιφάνειες, επίσης εμφανίζεται το εξάρτημα TOPCOVER_CORE.PRT.
- Επιλέγεται το εικονίδιο  για να επανασυναρμολογηθεί το TOPCOVER_CORE, όπως φαίνεται παρακάτω. Η λειτουργία Split αφαιρεί την γεωμετρία του όγκου TOPCOVER_CORE, ο οποίος ήταν μέσα στα όρια της διαχωριστικής επιφάνειας PS_EXTRUDE, για να δημιουργήσει τον όγκο CORE_INSERT. Παρατηρείται ότι ενώ ο όγκος TOPCOVER_CORE άλλαξε, το εξάρτημα TOPCOVER_CORE.PRT είναι ενημερωμένο αναλόγως.

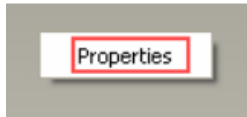


Εικόνα 168: Ενημερωμένο TOPCOVER_CORE.PRT μετά τις αλλαγές




➤ Χωρίζοντας τον ένθετο όγκο στα δυο.

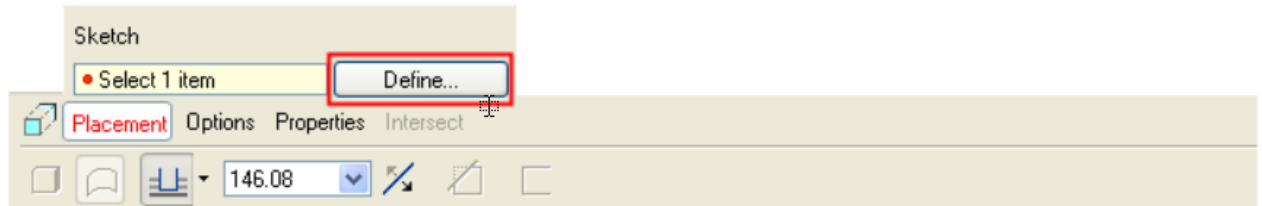
Το ένθετο CORE_INSERT είναι πολύ μεγάλου μεγέθους και περίεργης μορφής. Θα απαιτήσει ένα πολύ μεγάλο κομμάτι του μετάλλου για να επεξεργαστεί στη μηχανή. Έτσι θα είναι κατάλληλο να χωριστεί σε δύο μισά. Επομένως χρειάζεται μια άλλη επιφάνεια διαχωρισμού για να εκτελεστεί αυτή η λειτουργία. Πριν ξεκινήσει η δημιουργία της διαχωριστικής επιφάνειας, πρέπει να αποκρυφτεί (Blank) το TOPCOVER_CORE και να εμφανιστεί (Unblank) το τεμάχιο TOPCOVER_REF.

- Επιλέγεται το εικονίδιο  . Κάνοντας δεξί κλικ στο παράθυρο γραφικών, το μενού **Properties** εμφανίζεται, με σκοπό την επιλογή του.

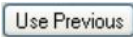


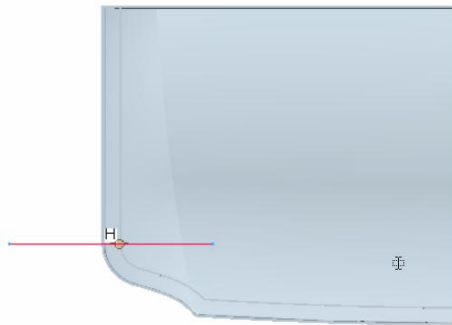
Εικόνα 169: Επιλογή Properties του μενού που εμφανίζεται

- Εισάγεται **PS_EXTRUDE_S** ως το όνομα της διαχωριστικής επιφάνειας και επιλέγεται .
- Επιλογή  για χρήση του Extrude Tool.
- Επιλογή  στο πάνελ πληροφοριών.





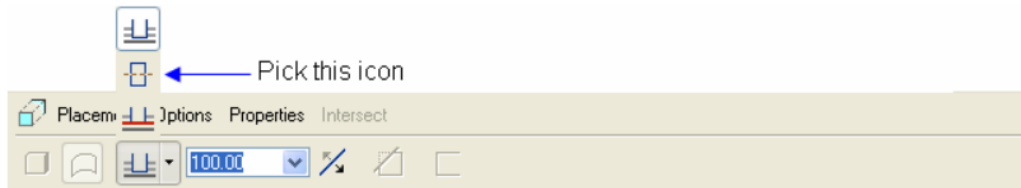
Εικόνα 170: Επιλογή Define στο πάνελ πληροφοριών

- Για το πλάνο σχεδίασης (Sketching Plane) επιλέγεται . Μετά την επιλογή των κατάλληλων References, σχεδιάζεται μία ευθεία γραμμή όπως παρακάτω. Το μέγεθος της γραμμής δεν είναι σημαντικό. Η μόνη απαίτηση είναι ότι πρέπει να κόψει εντελώς το CORE_INSERT. Η καθοδήγηση μπορεί να επιτευχθεί με την εμφάνιση (Unblank) της επιφάνειας διαχωρισμού PS_EXTRUDE ή του όγκου CORE_INSERT. Η θέση αυτής της γραμμής σχετικά με το ένθετο εξαρτάται από απόφαση του σχεδιαστή που θα το χωρίσει.





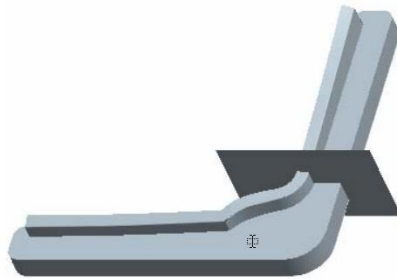
Εικόνα 171: Δισδιάστατος σχεδιασμός ευθείας γραμμής διαχωρισμού του ένθετου όγκου

- Επιλογή  εφόσον ολοκληρωθεί ο σχεδιασμός.
- Εισάγεται η τιμή **100** για το βάθος εξώθησης (Extrusion Depth). Η αλλαγή της ρύθμισης βάθους σε συμμετρική (Symmetric), γίνεται επιλέγοντας το εικονίδιο  από την λίστα ρυθμίσεων Depth.




Εικόνα 172: Επιλογή συμμετρικού βάθους από το πάνελ πληροφοριών

- Επιλέγεται  ή μεσαίο κλικ για ολοκλήρωση της χαρακτηριστικής επιφάνεια.
- Επιλέγεται  ώστε να ολοκληρωθεί ο καθορισμός της διαχωριστικής επιφάνειας. Στην συνέχεια αποκρύπτοντας το τεμάχιο αναφοράς εμφανίζεται ο όγκος CORE_INSERT. Η επιφάνεια διαχωρισμού κόβει εντελώς τον όγκο, όπως φαίνεται παρακάτω.



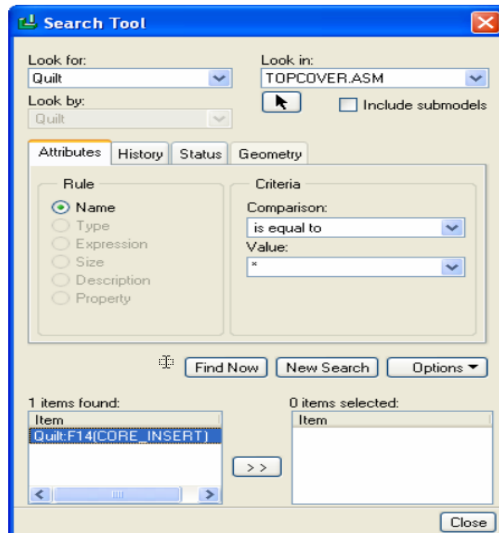
Εικόνα 173: Επιφάνεια διαχωρισμού του ένθετου όγκου

- Επιλέγεται το εικονίδιο .
- Στο παράθυρο SPLIT VOLUME, αφήνονται τα Two Volumes και Mold Volume ως έχουν, ολοκληρώνεται επιλέγοντας **DONE**.



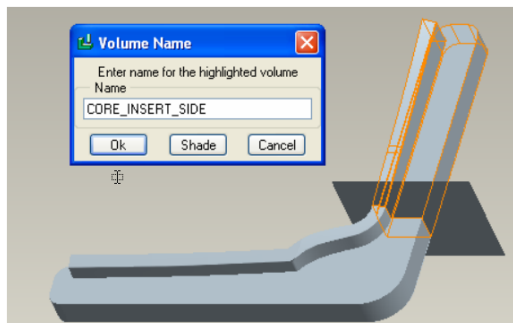
Εικόνα 174: Απαραίτητες επιλογές του παραθύρου Split Volume

- Στο παράθυρο Search Tool, επιλέγεται QUILT:CORE_INSERT πιέζοντας μεσαίο κλικ.



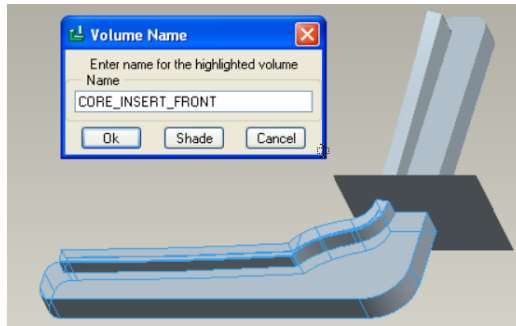
Εικόνα 175: Επιλογή του QUILT:CORE_INSERT από το παράθυρο Search Tool

- Το λογισμικό παραπέμπει στην επιλογή της επιφάνειας διαχωρισμού για το χώρισμα του καλουπιού. Ωστόσο επιλέγεται το quilt of PS_EXTRUDE_S.
- Επιλέγεται ή μεσαίο κλικ για την ολοκλήρωση της επιλογής των επιφανειών.
- Στη συνέχεια, επιλέγεται ή μεσαίο κλικ για έξοδο από το παράθυρο Split. Ως όνομα του τονούμενου όγκου εισάγεται **CORE_INSERT_SIDE**, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα και επιλέγεται .



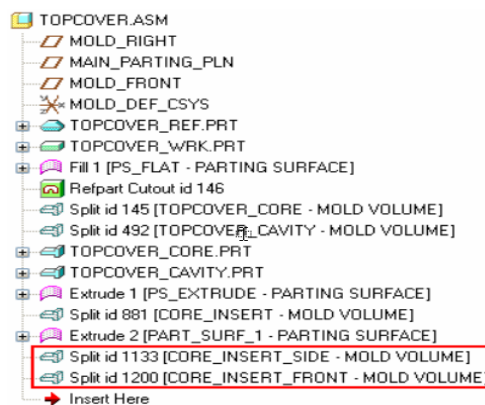
Εικόνα 176: Ονομασία τονούμενου όγκου

- Το λογισμικό θα τονίσει τον δεύτερο χωρισμένο όγκο. Ως όνομα του τονούμενου όγκου εισάγεται **CORE_INSERT_FRONT**, όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα και επιλέγεται .




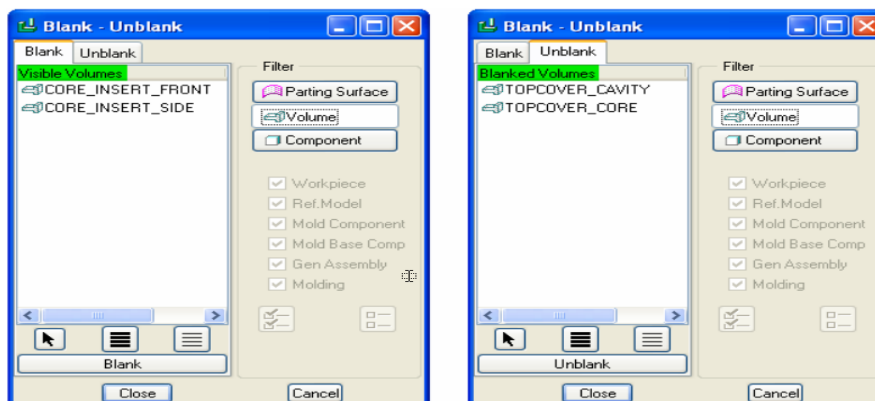
Εικόνα 177: Ονομασία τονούμενου όγκου

- Για την λειτουργία Two Volumes split, το λογισμικό δημιουργεί δύο χαρακτηριστικά (Features) στο Model Tree, όπως παρακάτω.





Εικόνα 178: Εμφάνιση των δύο νέων χαρακτηριστικών(features) στο Model Tree

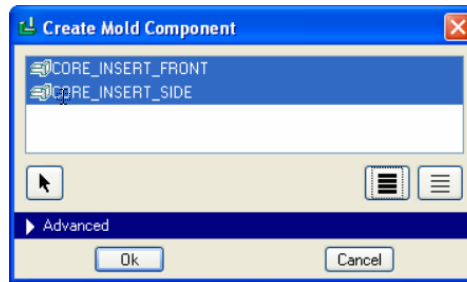
Επιλογή  για απόκρυψη της επιφάνεια διαχωρισμού PS_EXTRUDE_S. Στην περίπτωση ενεργοποίησης του φίλτρου όγκου, παρατηρείται ότι δεν υπάρχει κανένας όγκος CORE_INSERT στο παράθυρο Blank-Unblank. Έχει χρησιμοποιηθεί από τη λειτουργία διαχωρισμού για τη δημιουργία των δύο νέων ενθέτων, όπως φαίνεται παρακάτω.




Εικόνα 179: Ενεργοποίηση του φίλτρου όγκου στο παράθυρο Blank-Unblank

- Για να αποσπαστούν τα εξαρτήματα του καλουπιού επιλέγεται **Mold Comp>Extract** ή το εικονίδιο .

- Επιλογή  για να διαλεχτούν και οι δύο όγκοι που εμφανίζονται στο παράθυρο Create Mold Component.



Εικόνα 180: Επιλογή όγκων στο παράθυρο Create Mold Component

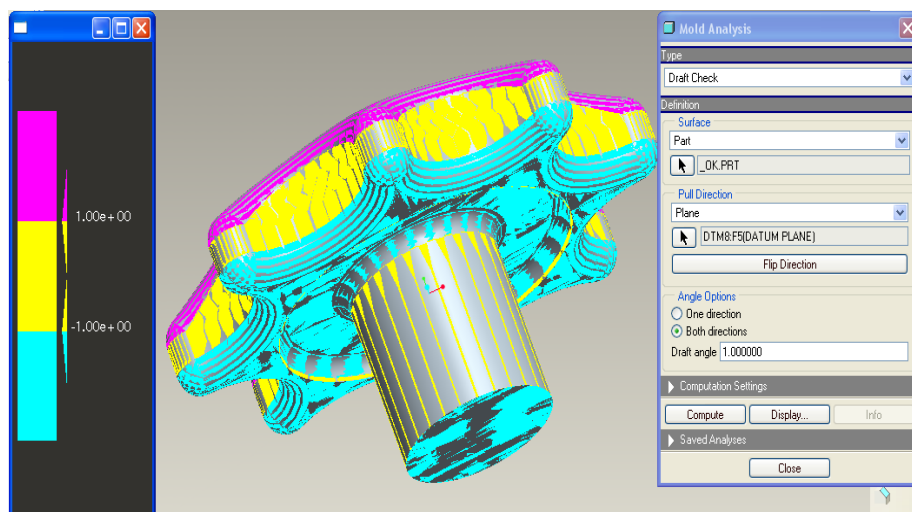
- Επιλογή  για συνέχιση της τρέχουσας επιλογής.
- Δύο νέα εξαρτήματα θα εμφανιστούν στο Model Tree: CORE_INSERT_FRONT και CORE_INSERT_SIDE. Τα αποσπώμενα εξαρτήματα μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την παραγωγή των στοιχείων στο Pro/NC για την οδήγηση των CNC εργαλειομηχανών ή μπορούν να αναλυθούν ακριβώς όπως οποιοδήποτε άλλο κανονικό μέρος του Pro/E.
- Επιλέγεται **File>Save** ώστε να ολοκληρωθεί η εργασία.

5.3.4 Εφαρμογή Σχεδιασμού στο Πειραματικό Τεμάχιο

5.3.4.1 Draft Check

Στην εικόνα 181, παρατηρείται το αποτέλεσμα της ανάλυσης Draft Check στο αρχικό σχεδιασμένο τεμάχιο. Κατά την ανάλυση φαίνεται κατά πόσο οι επιφάνειες αποκλίνουν από το απαιτούμενο Draft Angle (στην συγκεκριμένη ανάλυση είναι ορισμένο το Draft Angle=1).

Με το χρώμα μωβ (Magenta) και θαλασσί (Cyan) εμφανίζονται τα σημεία που είναι επαρκή και δε χρειάζονται κάποια επεξεργασία για καλύτερη εκβολή του τεμαχίου από το καλούπι. Τα σημεία που απαιτούν διόρθωση εμφανίζονται με κίτρινο χρώμα και το πόσο αποκλίνουν από το επιθυμητό Draft Angle παρατηρείται στην χρωματική μπάρα.

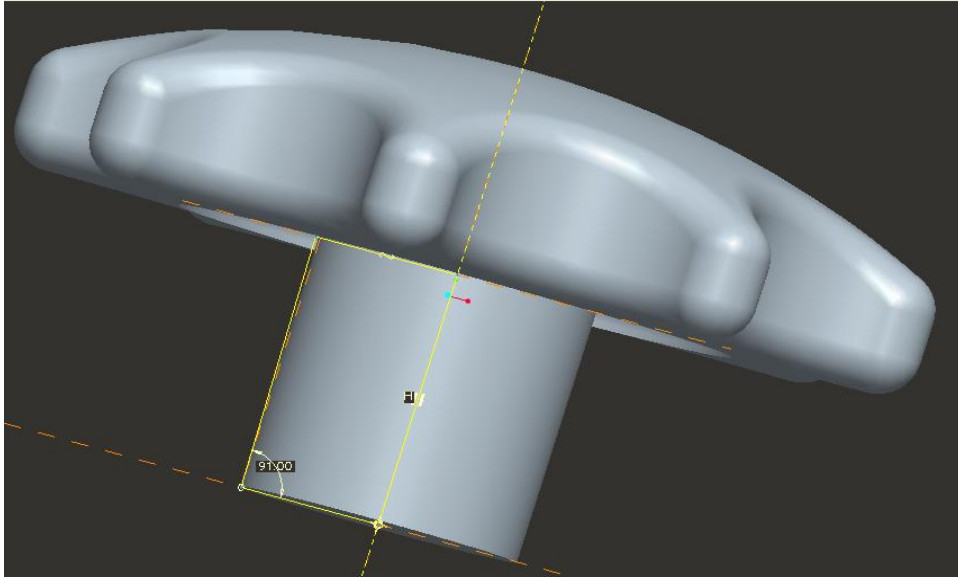


Εικόνα 181: Αποτελέσματα ανάλυσης Draft Check αρχικού σχεδιασμένου τεμαχίου

Σύμφωνα με την ανάλυση, το σχεδιασμένο τεμάχιο χρειάζεται διόρθωση 1° στις περιοχές που έχουν χρώμα κίτρινο. Παρακάτω θα πραγματοποιηθεί διόρθωση στην κίτρινη κυλινδρική περιοχή. Στο ανώτερο κίτρινο σημείο περιμετρικά της λαβής δεν θα χρειαστεί διόρθωση διότι σε αυτό το σημείο είναι η επιφάνεια διαχωρισμού όπου δεν υπάρχει πρόβλημα εκβολής του χυτού τεμαχίου από το καλούπι.

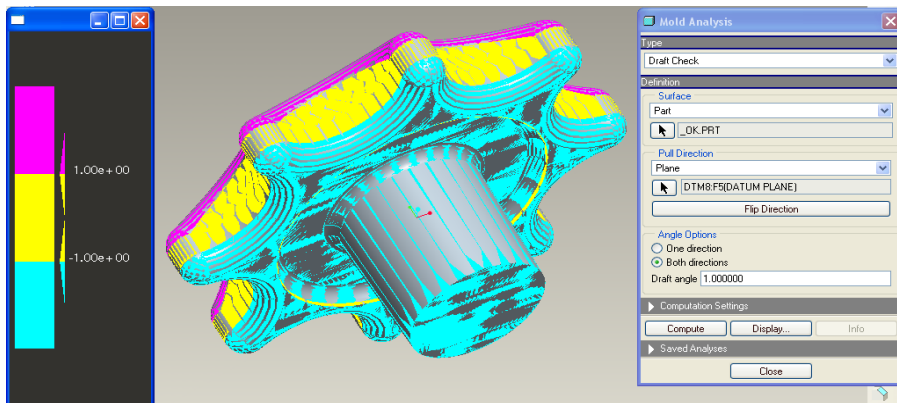
➤ Διόρθωση σχεδίου

Για τη διόρθωση του σχεδίου είναι απαραίτητη η δημιουργία κλίσης 1° (Draft angle) στην κυλινδρική επιφάνεια. Στην εικόνα 182 παρατηρείται η απαραίτητη κλίση, ώστε να επιτευχθεί η κωνικότητα.



Εικόνα 182: Δημιουργία κλίσης για να δημιουργηθεί η κωνικότητα

Εφόσον πραγματοποιηθεί η διόρθωση θα επαναληφθεί πάλι μία ανάλυση στο Draft Check για να επιβεβαιωθεί εάν η διόρθωση είναι επιτυχής. Στην εικόνα 183, παρατηρείται το αποτέλεσμα της ανάλυσης Draft Check.

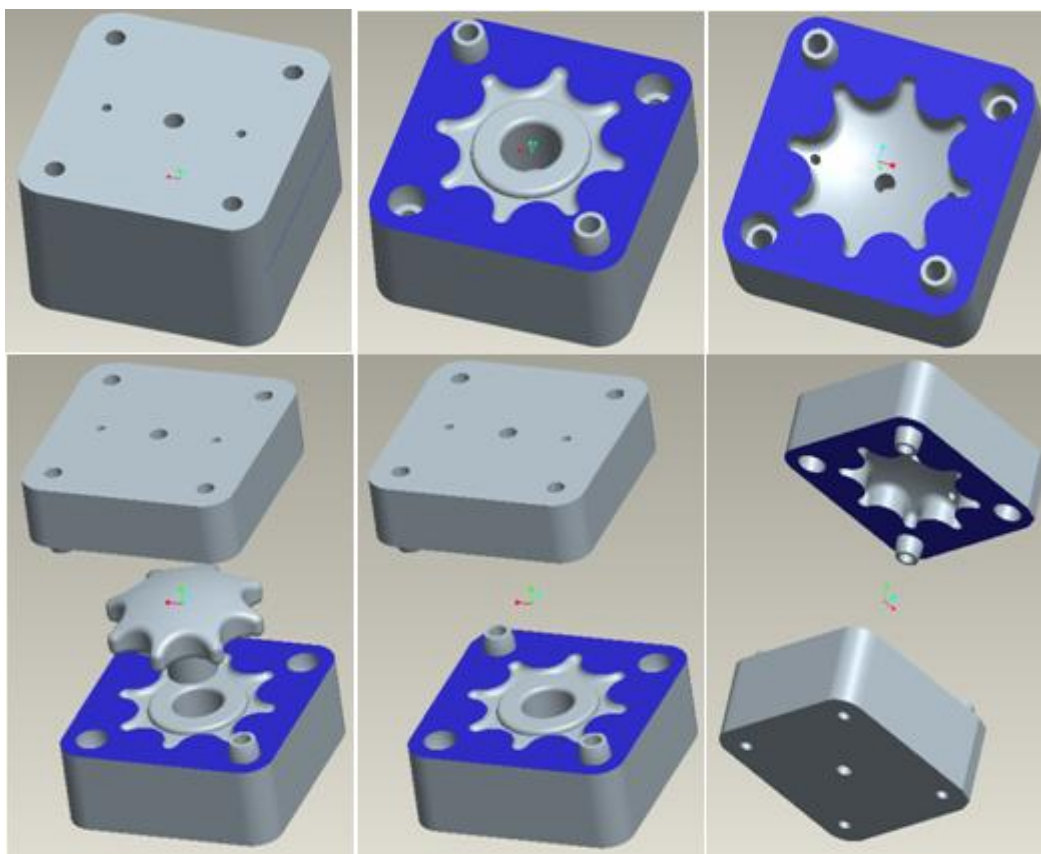


Εικόνα 183: Αποτελέσματα ανάλυσης Draft Check διορθωμένου σχεδιασμένου τεμαχίου

Στην ανάλυση Draft Check που πραγματοποιήθηκε, παρατηρήθηκε ότι η διόρθωση στο σχέδιο είναι επιτυχής εφόσον η περιοχή που διορθώθηκε εμφανίζεται με χρώμα θαλασσί (Cyan).

5.3.4.2 Pro/Moldesign

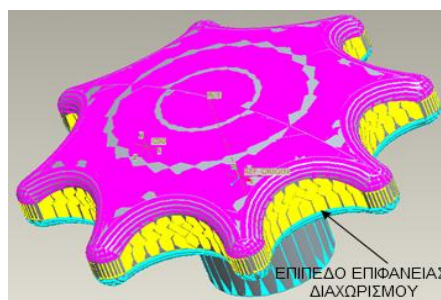
Παρακάτω παρατηρείται το αποτέλεσμα σχεδιασμού, στο Pro/Moldesign, του πειραματικού τεμαχίου.



Εικόνα 184: Αποτελέσμα σχεδιασμού από το Pro/Moldesign

5.3.4.3 Επιφάνεια διαχωρισμού

Το επίπεδο διαχωρισμού πρέπει να τοποθετηθεί στην περιοχή του τεμαχίου που έχει τη μέγιστη διάσταση, το οποίο στην παρακάτω εικόνα παρατηρείται με κίτρινο χρώμα. Επιλέχθηκε αυτό το σημείο για να επιτευχθεί ευκολότερη εξώθηση του τεμαχίου από το καλούπι.

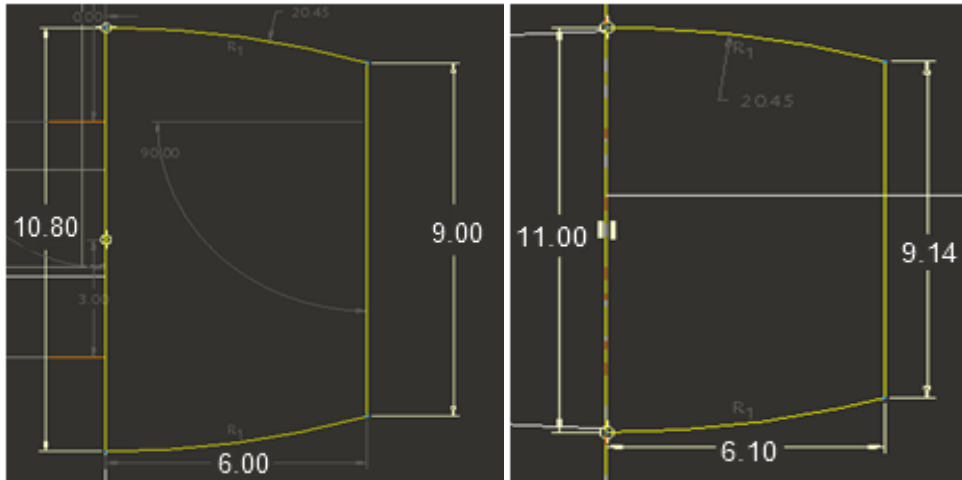


Εικόνα 185: Επίπεδο επιφάνειας διαχωρισμού

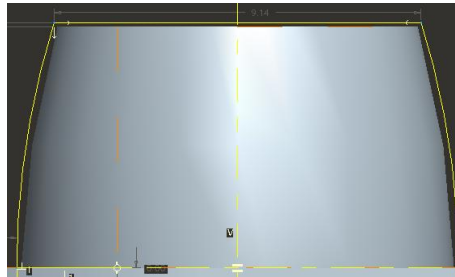
5.3.4.4 Μέγεθος και ανοχή συναρμογής στηλών οδήγησης

Η διάμετρος της στήλης οδήγησης επιλέχθηκε να είναι 10mm σύμφωνα με το σχήμα επιλογής της ονομαστικής διαμέτρου της στήλης οδήγησης της εταιρίας

DME. Παρακάτω παρατηρείται ο σχεδιασμός των στηλών οδήγησης καθώς και οι ανοχές που έχουν οριστεί.



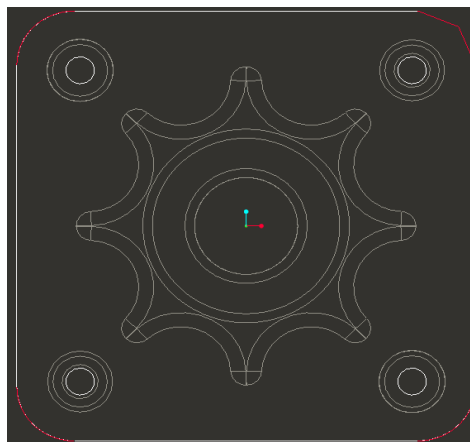
Εικόνα 186: Στήλη οδήγηση και Υποδοχή στήλης οδήγησης



Εικόνα 187: Κάνοντας Mirror την υποδοχή της στήλης οδηγήσεως στη στήλη οδηγήσεως

5.3.4.5 Συναρμολόγηση καλουπιού

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρείται η πλάκα πυρήνα όπου τα τρία κόκκινα τονούμενα σημεία είναι κυκλικά ενώ στο ένα έχει δημιουργηθεί ακμή. Αυτό πραγματοποιήθηκε για την αποφυγή της λανθασμένης συναρμολόγησης του καλουπιού.

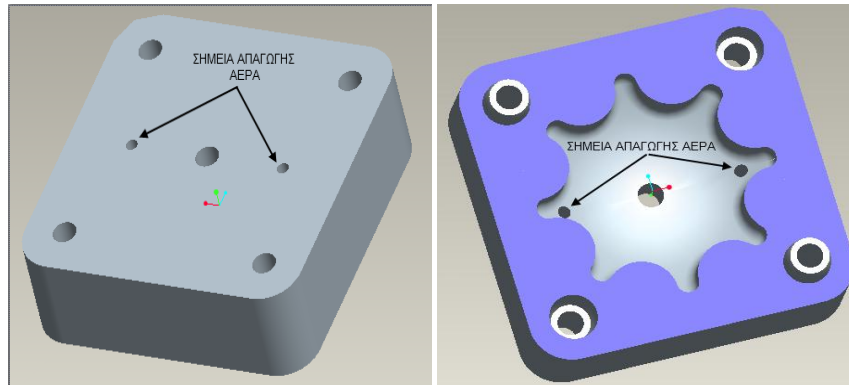


Εικόνα 188: Σχεδιασμός σημείου για την αποφυγή της λανθασμένης συναρμολόγησης του καλουπιού

5.3.4.6 Σημεία απαγωγής αέρα

Τα σημεία απαγωγής αέρα επιλέχθηκαν να τοποθετηθούν σύμφωνα με την ανάλυση που πραγματοποιήθηκε στο Plastic Advisor (σημεία στα οποία παρατηρήθηκαν συγκεντρωμένα Air Traps) όπως και σε σημεία αντίστοιχα με αυτά που χρησιμοποιούνται στο καλούπι σιλικόνης. Στο συγκεκριμένο καλούπι τοποθετήθηκαν στα άκρα της μέγιστης διαμέτρου του τεμαχίου.

Οι διάμετροι απαγωγής αέρα, επίσης επιλέχθηκαν να είναι οι αντίστοιχοι με αυτούς που χρησιμοποιούνται στα καλούπια σιλικόνης.



Εικόνα 189: Σημεία απαγωγής αέρα.

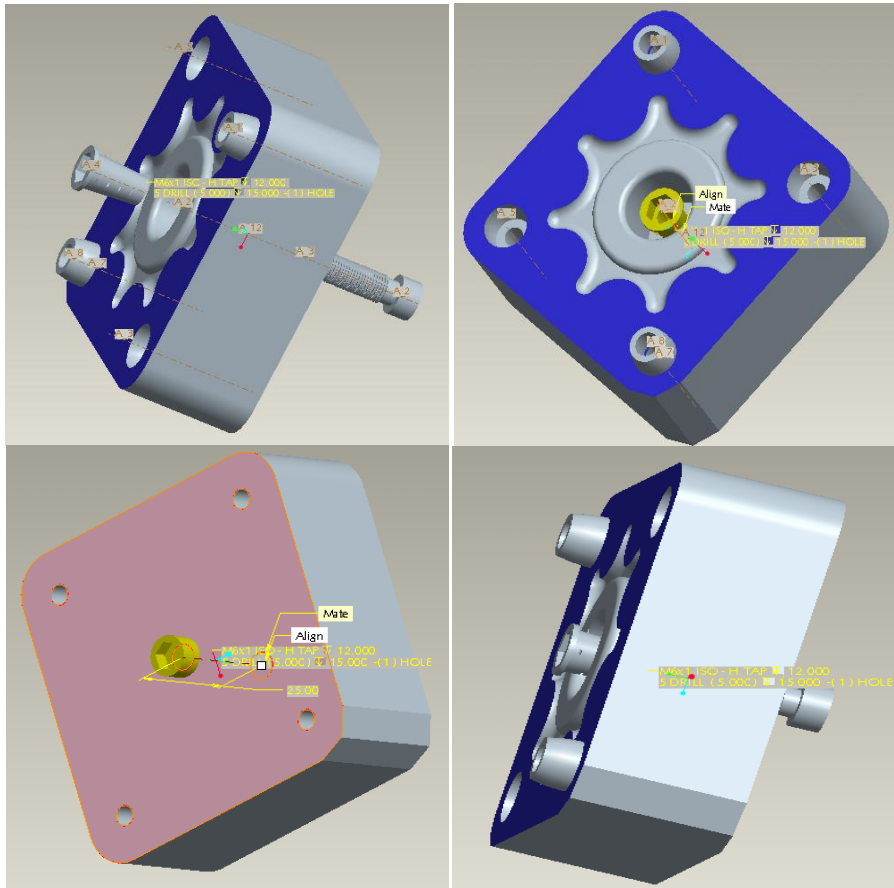
5.3.4.7 Διάμετρο σημείου έγχυσης υλικού

Αρχικά, βάση της διαμέτρου του χωνιού της μηχανής έγχυσης και σύμφωνα με την διάμετρο έγχυσης που χρησιμοποιείται στα καλούπια σιλικόνης, η διάμετρος του σημείου έγχυσης υλικού επιλέχθηκε να είναι 6mm.

5.3.4.8 Σύστημα εξώθησης

Η εξώθηση του τεμαχίου από το καλούπι θα πραγματοποιηθεί με τη βοήθεια του μεταλλικού ούπα και του κοχλία στερέωσης του. Κάνοντας τη χύτευση και εφόσον στερεοποιηθεί το υλικό έγχυσης, ξεβιδώνοντας τον κοχλία μέχρι κάποιο σημείο και έπειτα πιέζοντας τον, το τεμάχιο θα απορριφθεί από το καλούπι.

Στην εικόνα 190 παρατηρείται η τοποθέτηση του μεταλλικού ούπα και του κοχλία στερέωσης του.



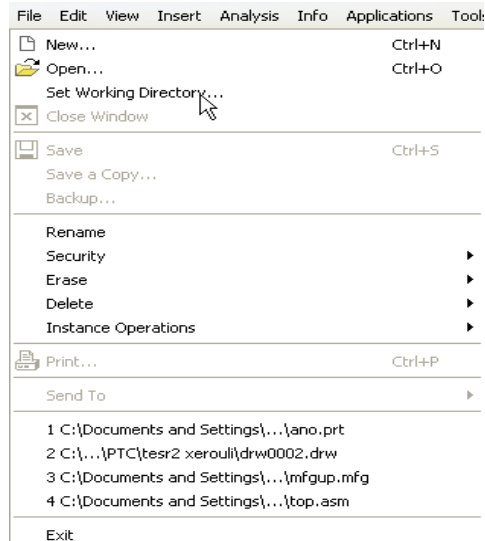
Εικόνα 190: Σύστημα εξώθησης

Κεφάλαιο 6: ΠΡΟΣΟΜΟΙΩΣΗ ΜΗΧΑΝΟΥΡΓΙΚΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Με τη βοήθεια του λογισμικού Pro/Engineer πραγματοποιείται η προσομοίωση της μηχανουργικής κατεργασίας.

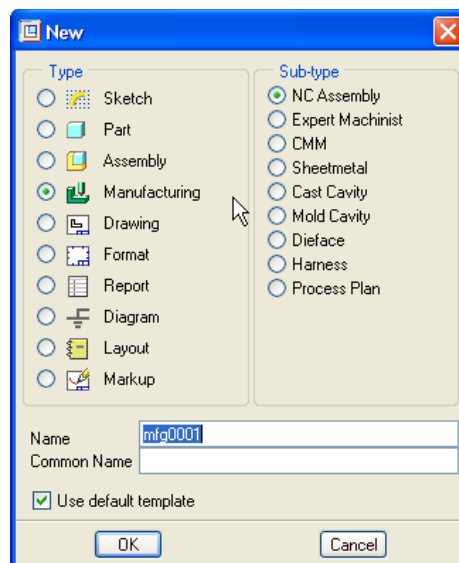
Εκκίνηση

Αρχικά ορίζεται ο φάκελος εργασίας. Όπως φαίνεται στην εικόνα 191, από το κεντρικό μενού επιλέγεται File→Set Working Directory.



Εικόνα 191: Ορισμός φακέλου εργασίας


Επιλέγεται  Manufacturing και  NC Assembly, όπως παρατηρείται παρακάτω.

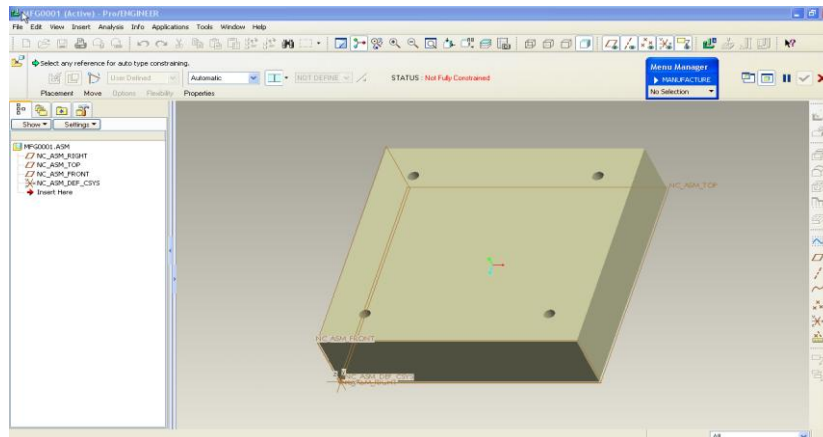


Εικόνα 192: Δημιουργία νέας διαδικασίας προσομοίωσης μηχανουργικής κατεργασίας

➤ Εισαγωγή τεμαχίου

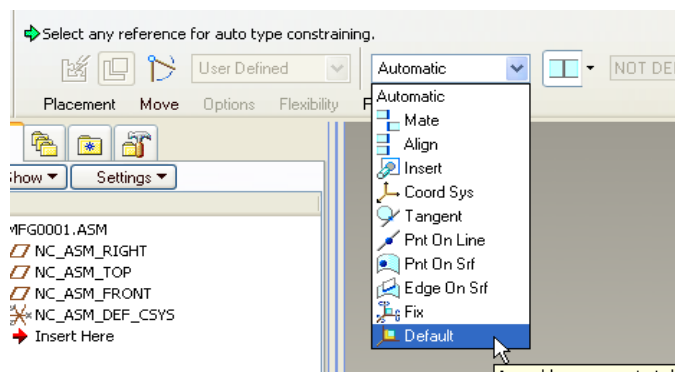
Πριν την εισαγωγή του τεμαχίου, είναι απαραίτητη η ρύθμιση των μονάδων λειτουργίας του προγράμματος επιλέγοντας από το παράθυρο Menu Manager → Set Up → Units.

Από την δεξιά μπάρα επιλέγεται το εικονίδιο  για να εισαχθεί το τεμάχιο κατεργασίας. Έπειτα από τη εισαγωγή θα εμφανιστούν τα παρακάτω αποτελέσματα.




Εικόνα 193: Εισαγωγή τεμαχίου κατεργασίας στο παράθυρο γραφικών


Από το πάνελ πληροφοριών, επιλέγεται Default, όπως παρατηρείται παρακάτω.

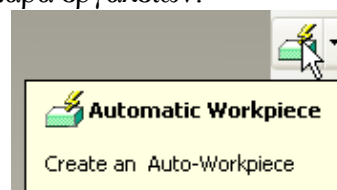


Εικόνα 194: Επιλογή Default από το πάνελ πληροφοριών

Στη συνέχεια, επιλέγεται  για επιβεβαίωση.

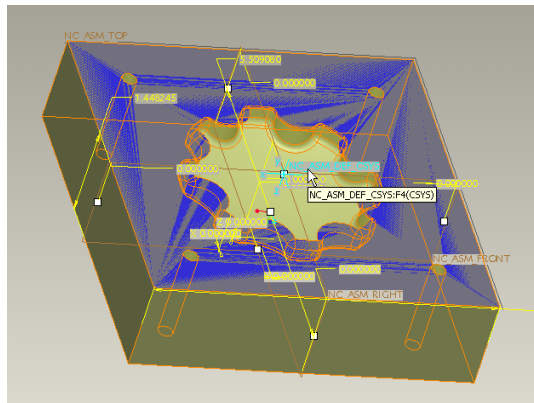
➤ Δημιουργία ακατέργαστου τεμαχίου (workpiece)

Επόμενο βήμα είναι η δημιουργία του ακατέργαστου τεμαχίου. Επιλέγεται το εικονίδιο  από την δεξιά μπάρα εργαλείων.



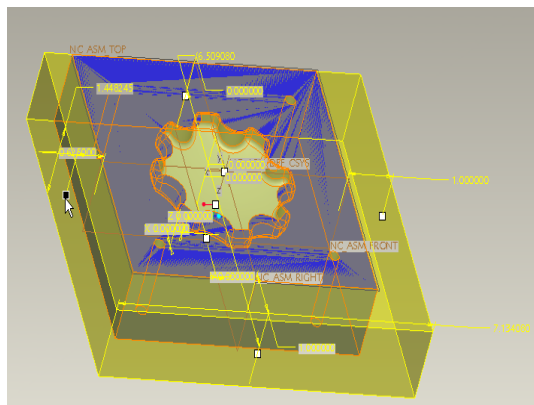
Εικόνα 195: Επιλογή εικονιδίου

Επιλογή του συστήματος συντεταγμένων του τεμαχίου, όπως παρακάτω.




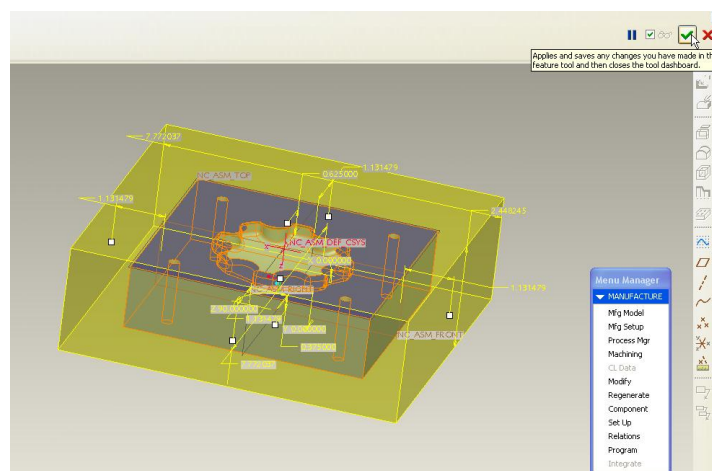
Εικόνα 196: Επιλογή συστήματος συντεταγμένων του τεμαχίου

Ορισμός των διαστάσεων στο Workpiece σε κάθε άξονα, όπως στην εικόνα 197.

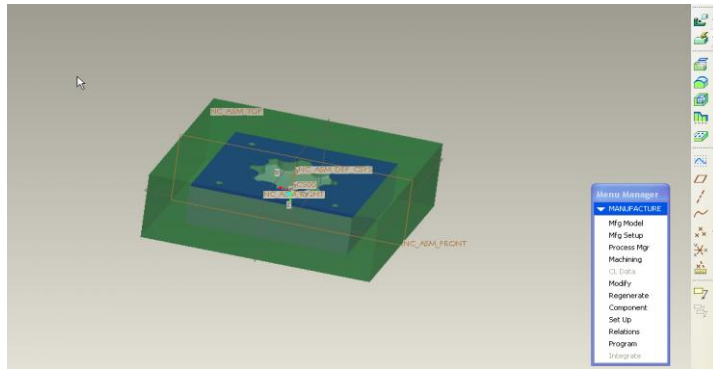


Εικόνα 197: Ορισμός διαστάσεων του Workpiece για κάθε άξονα

Έπειτα, επιλέγοντας το εικονίδιο  ολοκληρώνεται η διαδικασία δημιουργίας του Workpiece.

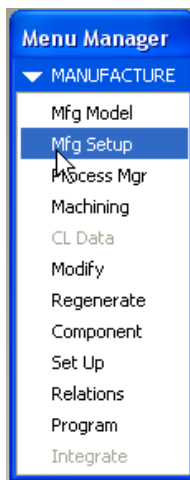


Εικόνα 198: Τελικές διαστάσεις Workpiece



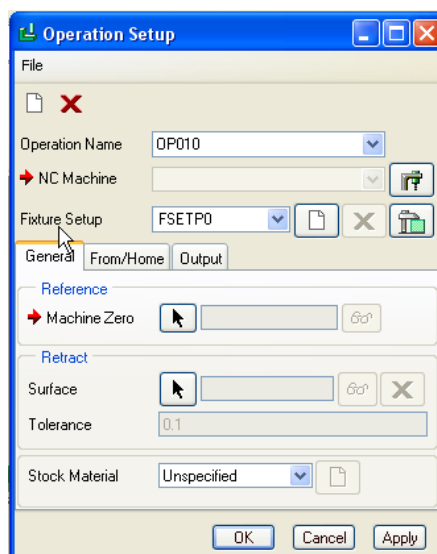
Εικόνα 199: Επιβεβαίωση διαστάσεων και εμφάνιση του Workpiece

- Ρύθμιση Παραμέτρων μηχανής (Mfg setup).
Από το μενού MANUFACTURE επιλέγεται Mfg Setup.




Εικόνα 200: Επιλογή από το μενού MANUFACTURE το MfgSetup

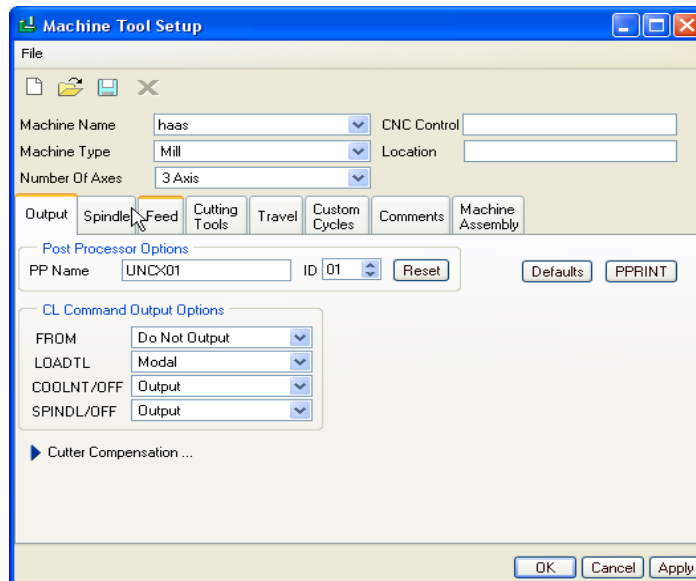
Στη συνέχεια, εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο.



Εικόνα 201: Παράθυρο Operation Setup


Στην επιλογή Operation Name ορίζεται ένα οποιοδήποτε όνομα της κατεργασίας.

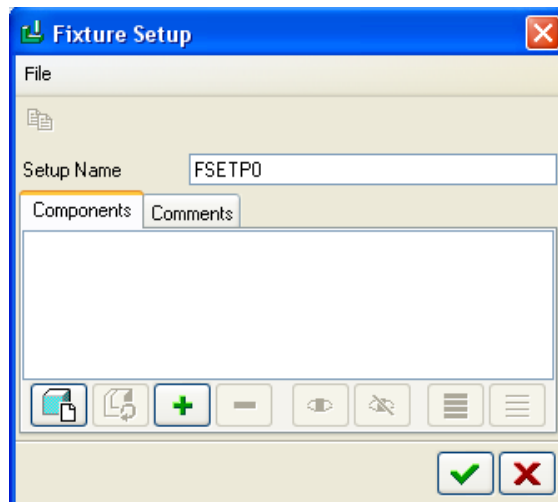
Επιλέγεται το εικονίδιο , ώστε να εμφανιστεί το παρακάτω παράθυρο.




Εικόνα 202: Απαραίτητες ρυθμίσεις του παραθύρου Machine Tool Setup

Σε αυτό το σημείο, ορίζεται το όνομα της μηχανής(Machine Name), τον τύπο της μηχανής (Machine Type), τον αριθμό αξόνων της μηχανής (Numbers Of Axes), όπως και άλλες λεπτομέρειες της μηχανής. Έπειτα επιλέγεται Apply.

Επόμενο βήμα είναι η επιλογή του εικονιδίου . Ακολουθεί η εμφάνιση του παραθύρου Fixture Setup.



Εικόνα 203: Παράθυρο Fixture Setup.


Επιλέγεται  για επιβεβαίωση. Σε αυτό το σημείο, στην περίπτωση που χρειάζεται, εισάγεται το σύστημα συγκράτησης(π.χ. Μέγγενη).

Επόμενο βήμα είναι ο ορισμός του σημείου μηδέν της μηχανής στο υπομενού Reference του παραθύρου Operation Setup.

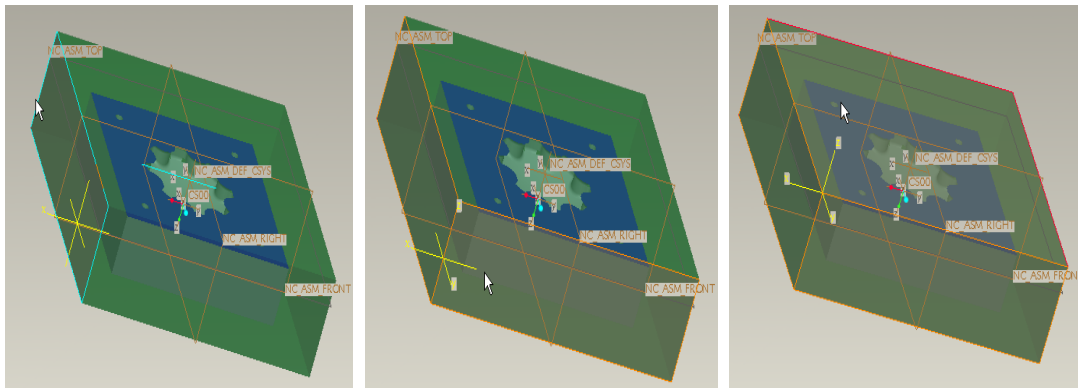


Εικόνα 204: Υπομενού Reference του παραθύρου Operation Setup.

Στην περίπτωση μη ορισμού του σημείου μηδέν, ακολουθείται η παρακάτω διαδικασία:


Από την δεξιά μπάρα επιλέγεται το εικονίδιο , για να δημιουργηθεί ένα νέο σύστημα συντεταγμένων, το οποίο θα οριστεί ως σημείο μηδέν της μηχανής.

Κρατώντας το πλήκτρο Ctrl, επιλέγονται οι επιφάνειες, όπως παρατηρείται στις παρακάτω εικόνες για την δημιουργία του συστήματος συντεταγμένων όπου θα μηδενιστεί η μηχανή.



Εικόνα 205: Επιλογή πλευρών και δημιουργία νέου συστήματος συντεταγμένων


Έπειτα, ορίζεται το σημείο μηδέν της μηχανής στο υπομενού Reference του παραθύρου Operation Setup.

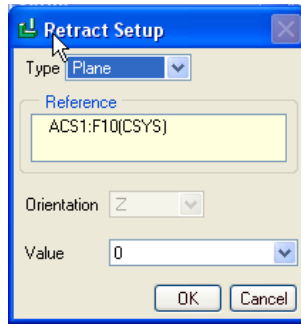
Κάνοντας κλικ στο εικονίδιο , επιλέγεται το σύστημα συντεταγμένων που δημιουργήθηκε.

Επιφάνεια Retract.



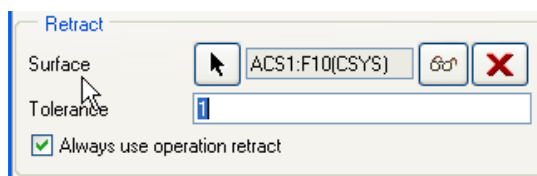
Εικόνα 206: Υπομενού Retract του παραθύρου Operation Setup

Κάνοντας κλικ στο εικονίδιο , εμφανίζεται το παρακάτω παράθυρο όπου επιλέγεται η επιφάνεια Retract και δίνεται η τιμή (Value).

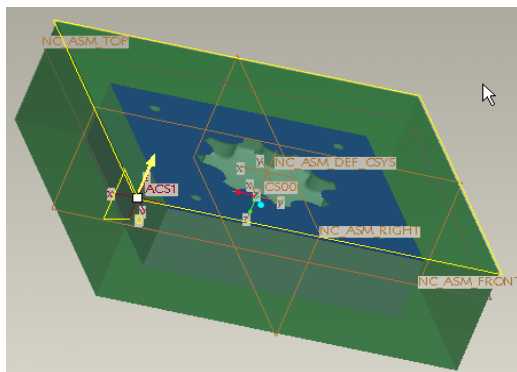


Εικόνα 207: Παράθυρο Retract Setup

Δίνεται η τιμή στην ανοχή (Tolerance).



Εικόνα 208: Υπομενού Retract του παραθύρου Operation Setup



Εικόνα 209: Απεικόνιση επιφάνειας Retract

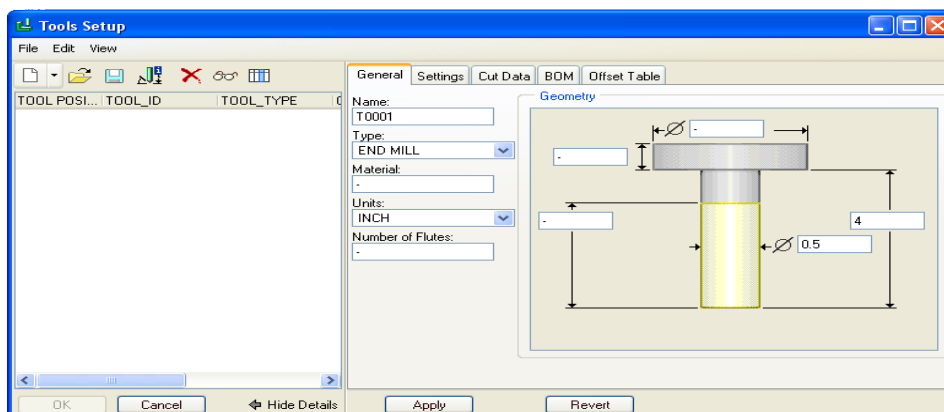
➤ Κατεργασία(Machining)

Για τον ορισμό της κατεργασίας, από το παράθυρο Menu Manager ακολουθούνται οι διαδικασίες όπως φαίνονται στην παρακάτω εικόνα.



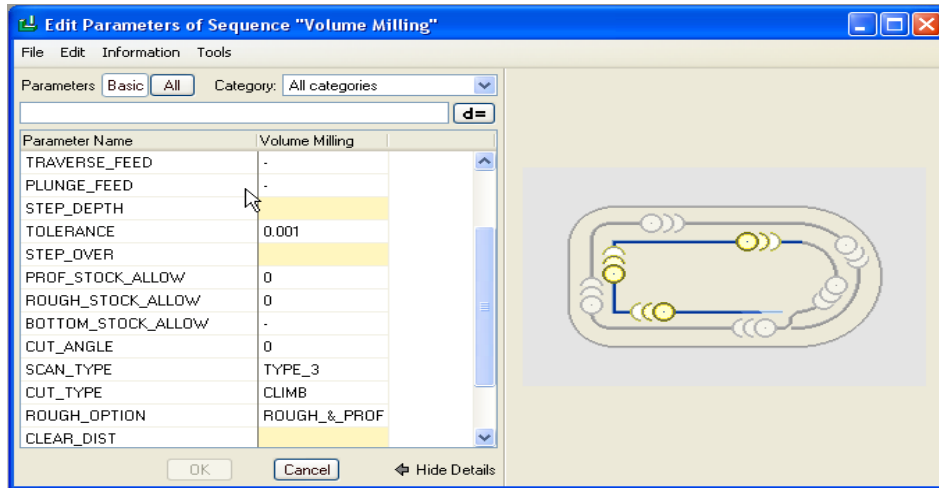
Εικόνα 210: Βήματα επιλογής για τον ορισμό όγκου κατεργασίας

Ακολουθεί ο ορισμός εργαλείου.



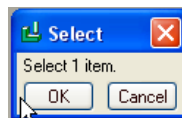
Εικόνα 211: Παράθυρο ορισμού εργαλείου

Έπειτα ορίζονται οι παράμετροι. Απαραίτητος είναι ο ορισμός των κενών που είναι τονούμενα.





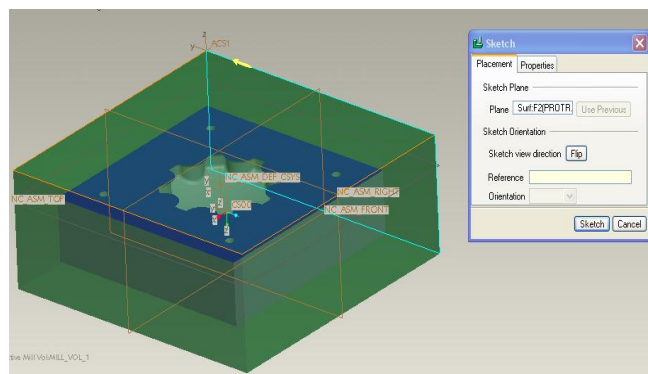
Εικόνα 212: Παράθυρο ορισμού παραμέτρων

Εφόσον ορισθούν οι παράμετροι, επιλέγεται , ώστε να εμφανιστεί στην οθόνη το παρακάτω παράθυρο.



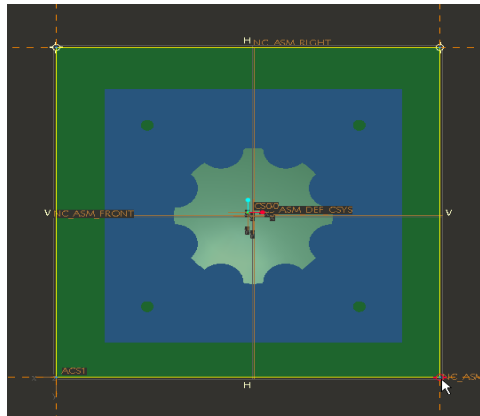
Εικόνα 213: Παράθυρο επιλογής τεμαχίου

Από την δεξιά μπάρα επιλέγεται το εικονίδιο  για την δημιουργία του όγκου κατεργασίας. Έπειτα από την δεξιά μπάρα γίνεται κλικ στο  . Έπειτα, επιλέγεται η επιφάνεια κατεργασίας και γίνεται κλικ στο .




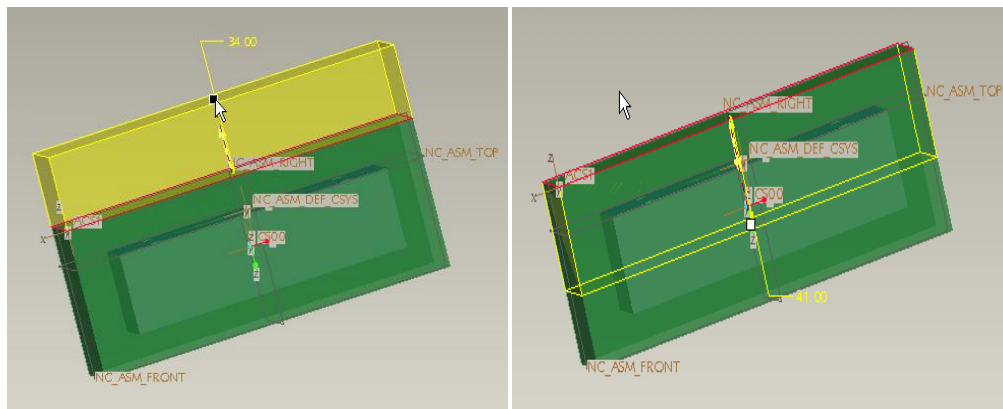
Εικόνα 214: Επιλογή επιφάνειας κατεργασίας (Με γαλάζιο παρατηρείτε την Reference επιφάνεια)

Επιλέγονται τα References, ώστε να σχεδιαστεί ένα παραλληλόγραμμο ίσο με τις διαστάσεις του ακατέργαστου τεμαχίου. Τέλος, επιλέγεται από την δεξιά μπάρα .




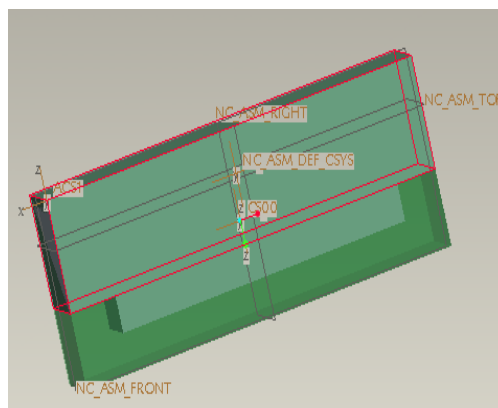
Εικόνα 215: Σχεδιασμός παραλληλογράμμου ίσο με τις διαστάσεις του ακατέργαστου τεμαχίου

Από την δεξιά μπάρα επιλέγεται το  και ορίζεται η φορά και το ύψος του όγκου κατεργασίας.




Εικόνα 216: Ορισμός φοράς και ύψους όγκου

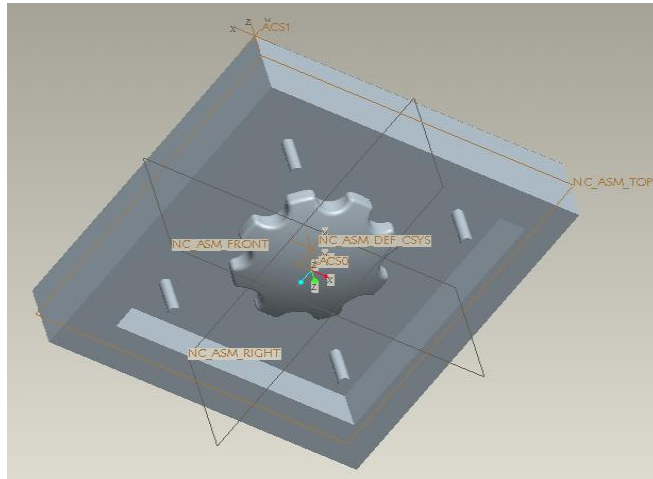
Επιλέγεται  και στην οθόνη παρατηρείται ο όγκος που δημιουργήθηκε.





Εικόνα 217: Επιβεβαίωση φοράς και ύψους όγκου

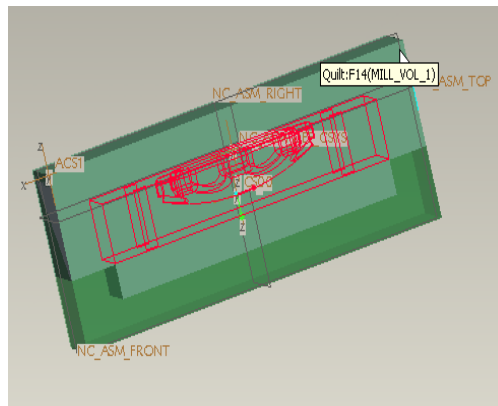
Το εικονίδιο  (Trim) χρησιμοποιείται για την αφαίρεση του όγκου που δημιουργήθηκε από τον όγκο του τεμαχίου, με αποτέλεσμα ο όγκος που θα παραμείνει να είναι αυτός που θα είναι προς κατεργασία.

Στην παρακάτω εικόνα παρατηρείται ο όγκος που θα αφαιρεθεί κατά την κατεργασία.



Εικόνα 218: Όγκος που θα κατεργαστεί

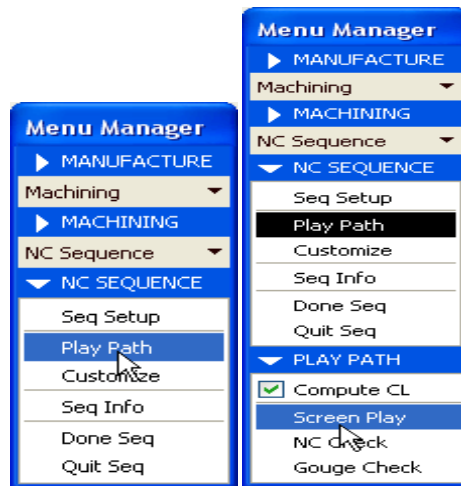
Από την δεξιά μπάρα επιλέγεται το εικονίδιο  (Trim), έπειτα το λογισμικό παραπέμπει στην επιλογή του τεμαχίου. Στην οθόνη θα εμφανιστεί τονούμενος με κόκκινο χρώμα ο όγκος που θα αφαιρεθεί από τον όγκο που δημιουργήθηκε (θα εμφανιστεί όπως στην παρακάτω οθόνη), έπειτα, επιλέγεται  για επιβεβαίωση.



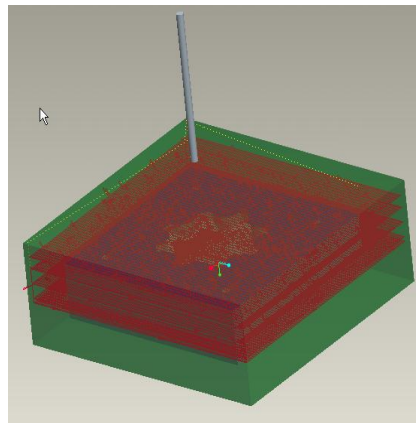
Εικόνα 219: Όγκος που θα αφαιρεθεί από τον όγκο που δημιουργήθηκε

- Προσομοίωση της τροχιάς του κοπτικού εργαλείου.

Για την προσομοίωση της τροχιάς του κοπτικού εργαλείου ακολουθούνται οι παρακάτω επιλογές από το Menu Manager.



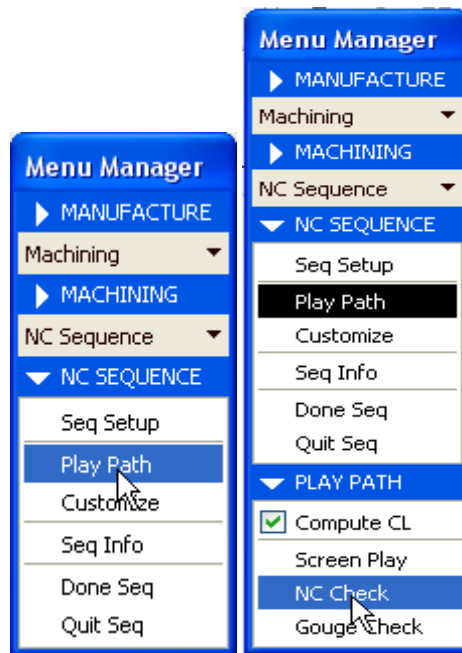
Εικόνα 220: Βήματα επιλογής για την προσομοίωση της τροχιάς του κοπτικού
 Παρακάτω, παρατηρείται η τροχιά του κοπτικού εργαλείου.



Εικόνα 221: Προσομοίωση της τροχιάς του κοπτικού

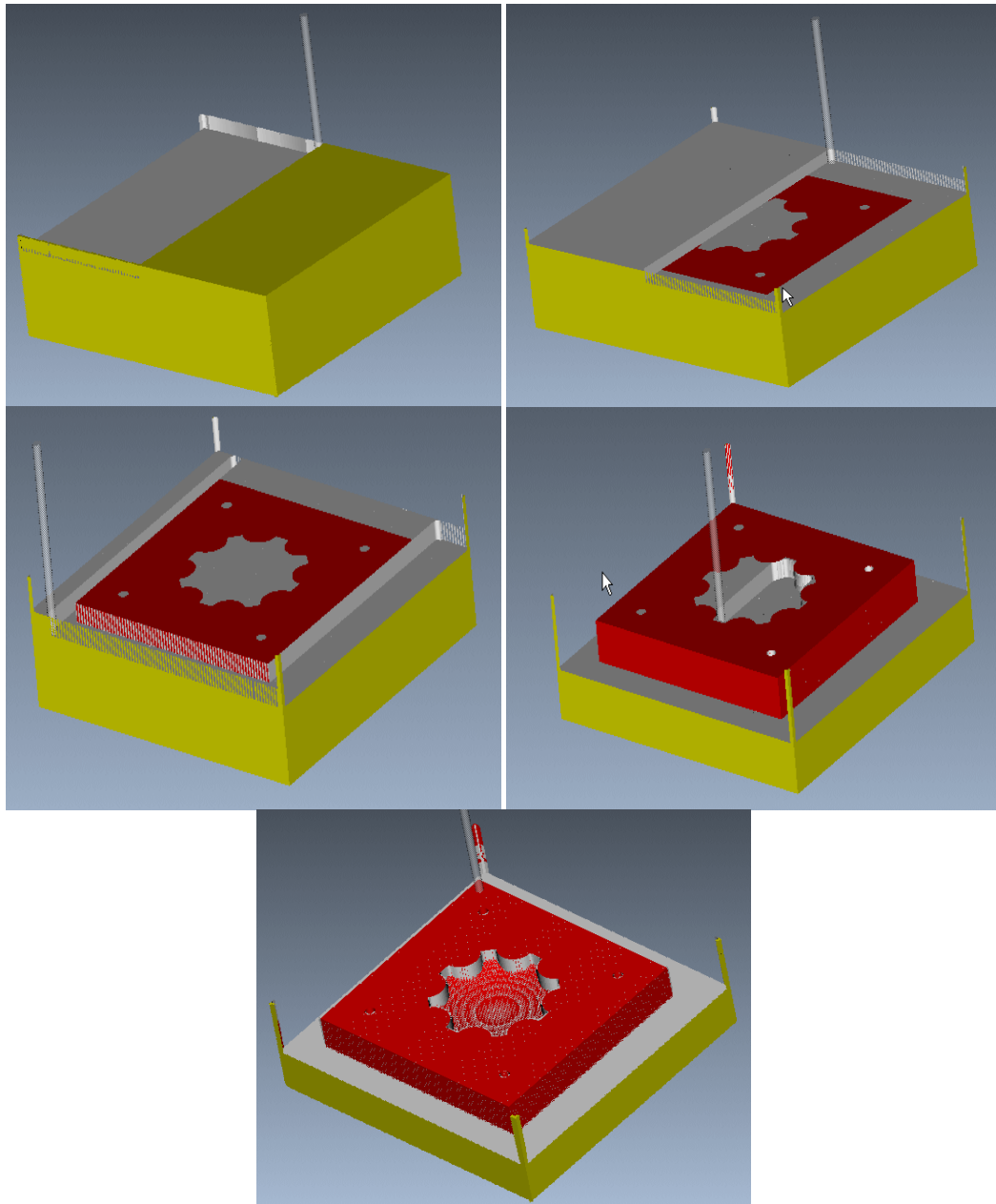
- Τρισδιάστατη απεικόνιση κοπής.

Για την προσομοίωση της κοπής του κοπτικού εργαλείου σε τρισδιάστατη απεικόνιση ακολουθούνται οι παρακάτω επιλογές από το Menu Manager.



Εικόνα 222: Βήματα επιλογής για την τρισδιάστατη απεικόνιση κοπής του κοπτικού

Στην παρακάτω εικόνα, παρατηρούνται αποσπάσματα εικόνων από την τρισδιάστατη απεικόνιση κοπής. Το κόκκινο χρώμα απεικονίζει ότι το κοπτικό εργαλείο έχει κατεργαστεί το υλικό που απαιτείται και έχει φτάσει έως την επιθυμητή επιφάνεια.



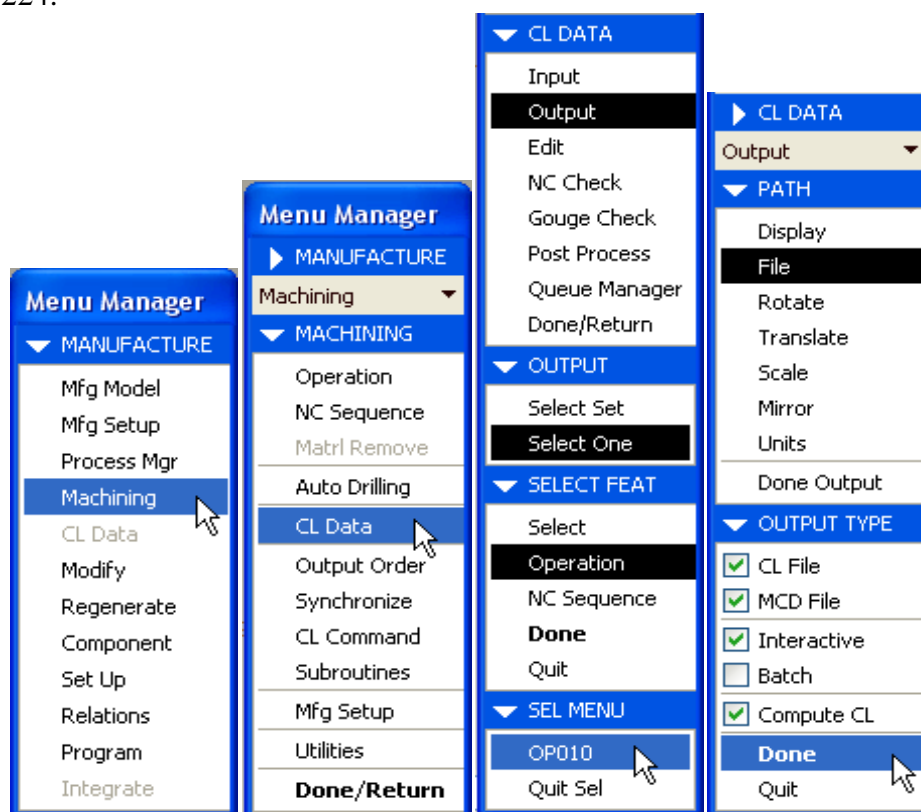
Εικόνα 223: Τρισδιάστατη απεικόνιση κοπής

Κεφάλαιο 7: ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ G ΚΩΔΙΚΑ ΓΙΑ ΤΟ CONTROLLER HAAS

Η παραγωγή του κώδικα της εργαλειομηχανής είναι το τελευταίο στάδιο της εικονικής δημιουργίας των κατεργασιών κοπής της αρχικής μηχανουργικής κατεργασίας των καλουπιών. Τελειώνοντας τις κατεργασίες κοπής οι διαδρομές των εργαλείων πρέπει να ενωθούν και να μεταφραστούν στον κώδικα της εργαλειομηχανής. Υπάρχουν πολλοί διαφορετικοί κωδικοποιητές, καθώς υπάρχουν και πολλές διαφορετικές εργαλειομηχανές. Για αυτό το λόγο, πρέπει να βρεθεί ο σωστός κωδικοποιητής για την κάθε εργαλειομηχανή που χρησιμοποιείται.

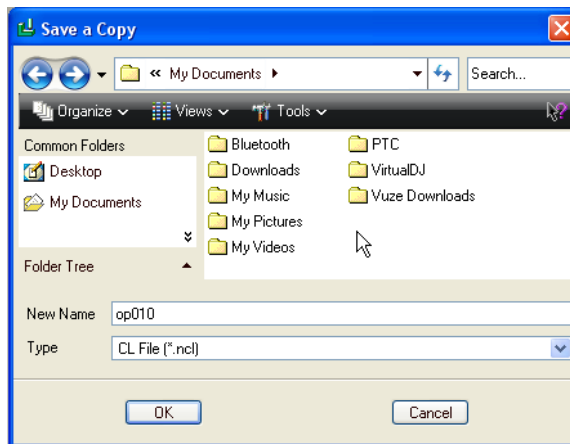
Μετά τη δημιουργία των κατεργασιών του πυρήνα και της κοιλότητας έγινε η παραγωγή του κώδικα της εργαλειομηχανής που θα πραγματοποιήσει την κοπή. Ο κώδικας της εργαλειομηχανής περιέχει συντεταγμένες για την κίνηση του εργαλείου και του κομματιού, όπως επίσης και πληροφορίες για τον έλεγχο των συστημάτων της εργαλειομηχανής, όπως είναι η ταχύτητα περιστροφής, η χρήση του ψυκτικού υγρού και η αλλαγή του κοπτικού εργαλείου. Για την κατασκευή των καλουπιών έγινε η παραδοχή ότι έστω η εργαλειομηχανή χρησιμοποιεί τον κώδικα G.

Για την εξαγωγή κώδικα λειτουργίας σε αρχείο ακολουθείται η διαδικασία όπως στην εικόνα 224.



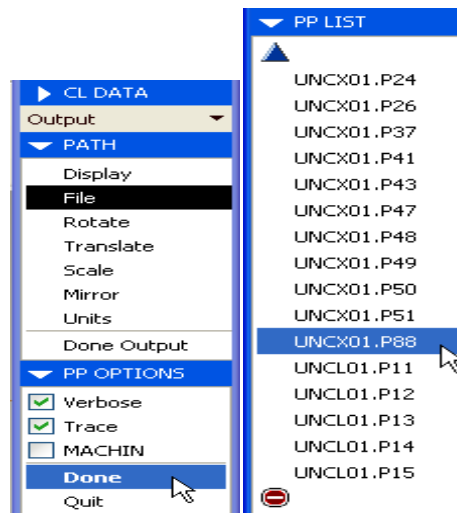
Εικόνα 224: Βήματα επιλογής για την δημιουργία G κώδικα

Εφόσον επιλεγθεί η εντολή Done θα εμφανιστεί το παρακάτω παράθυρο που παραπέμπει στον φάκελο αποθήκευσης του αρχείου με κατάληξη .ncf όπου εμπεριέχεται ο G κώδικας.



Εικόνα 225: Επιλογή θέσης αποθήκευσης G κώδικα

Αφού επιλεγεί **OK** γίνεται επαναυπολογισμός του αρχείου .ncl και θα εμφανιστεί το παρακάτω μενού με τις ρυθμίσεις του PostProcessor. Ο PP (PostProcessor) UNCX01.P88 είναι ο αντίστοιχος για τον Controller της HAAS.

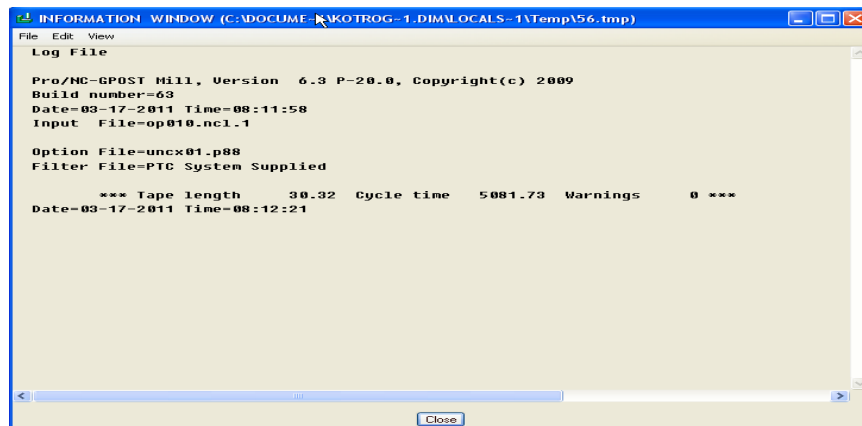


Εικόνα 226: Επιλογή PostProcessor από το μενού PP LIST

Εισάγεται ο αριθμός του προγράμματος, ο οποίος θα πρέπει να είναι της μορφής 0001, και πληκτρολογείται Enter.

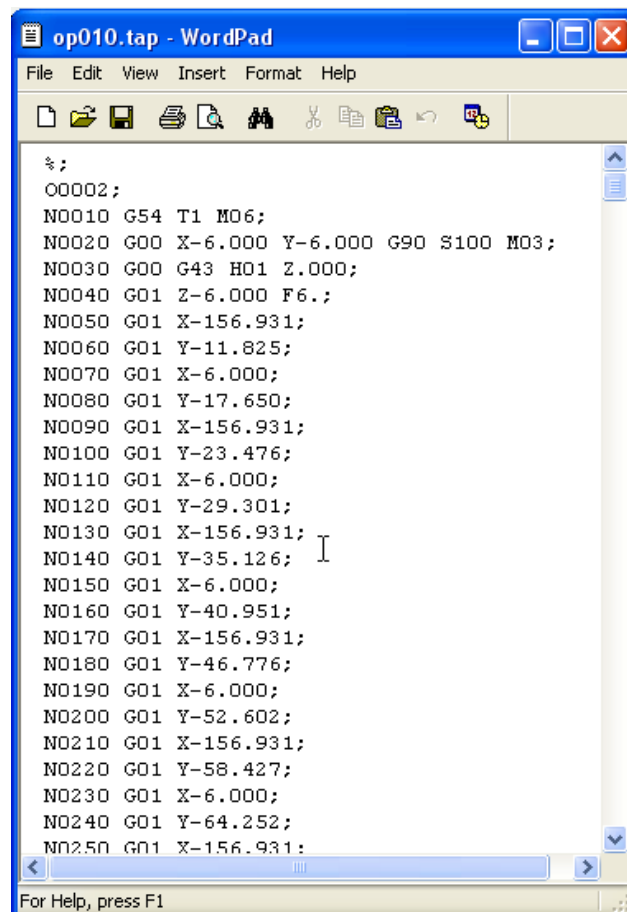


Εικόνα 227: Αρίθμηση προγράμματος



Εικόνα 228: Παράθυρο πληροφοριών του προγράμματος

Έπειτα ανοίγοντας το αρχείο με το πρόγραμμα Wordpad, στη θέση που είναι αποθηκευμένο, πραγματοποιείται ο έλεγχος του κώδικα. Το αρχείο έχει κατάληξη .tap.



Εικόνα 229: Έλεγχος του προγράμματος που δημιουργήσαμε

Κεφάλαιο 8: ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΤΩΝ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΩΝ ΠΛΑΚΩΝ ΤΟΥ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ

8.1 Εισαγωγή

Σε αυτό το κεφάλαιο γίνεται περιγραφή των εικονικών κατεργασιών που απαιτήθηκαν στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Pro Engineering όπως και των πραγματικών κατεργασιών στην εργαλειομηχανή για την κατασκευή των πειραματικών πλακών του καλουπιού.

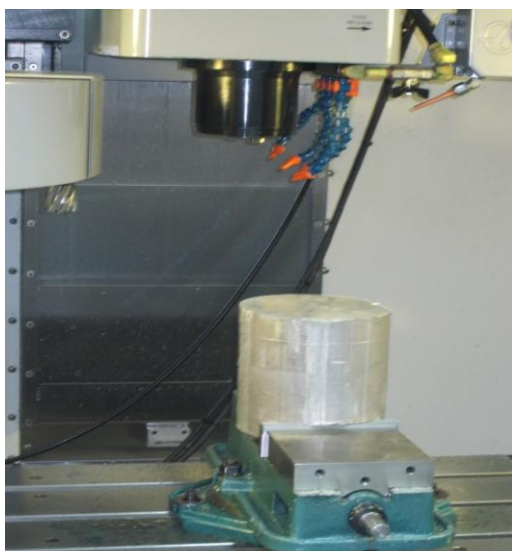
8.2 Βήματα Διαδικασίας

Στην εικόνα 230, παρατηρείται το ακατέργαστο τεμάχιο αλουμινίου και το σχεδιασμένο ακατέργαστο τεμάχιο.



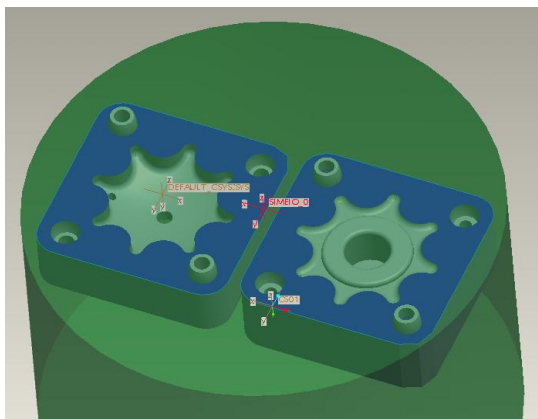
Εικόνα 230: Ακατέργαστο τεμάχιο αλουμινίου – σχεδιασμένο ακατέργαστο τεμάχιο

Για να προσδεθεί το ακατέργαστο τεμάχιο στην μέγγενη της εργαλειομηχανής χρειάστηκε να γίνει αφαίρεση υλικού στο κάτω μέρος.



Εικόνα 231: Πρόσδεση ακατέργαστου τεμαχίου στην μέγγενη της εργαλειομηχανής

Στην συνέχεια στο σχεδιαστικό πρόγραμμα έγινε εισαγωγή των πλακών του καλουπιού στον όγκο του ακατέργαστου τεμαχίου και ορίστηκε το σύστημα συντεταγμένων G54 (σημείο μηδενισμού ακατέργαστου τεμαχίου), το οποίο καθορίστηκε πρώτα στο σχεδιαστικό πρόγραμμα και έπειτα εισήχθησαν οι τιμές των συντεταγμένων στον CONTROLLER της εργαλειομηχανής.



Εικόνα 232: Εισαγωγή πλακών καλουπιού στο ακατέργαστο τεμάχιο.

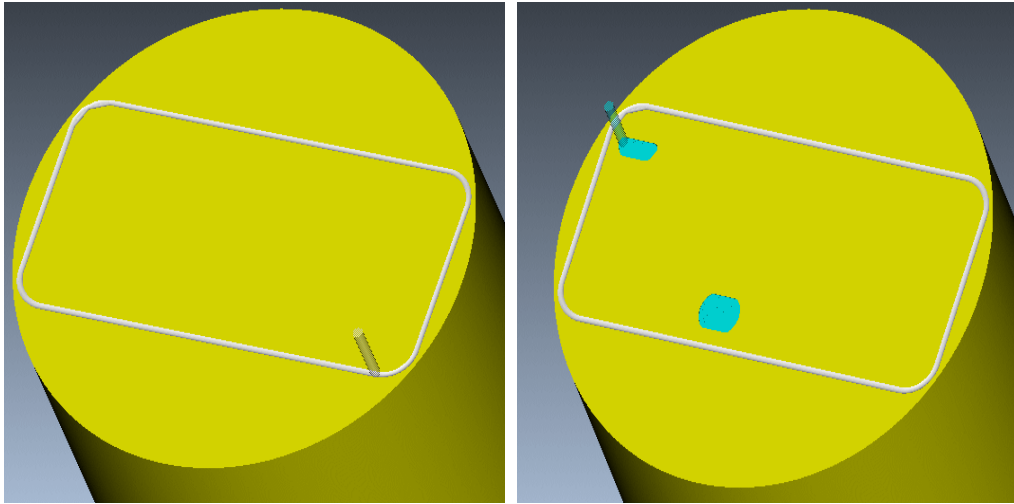


Εικόνα 233: Δήλωση σημείου μηδέν στο CONTROLLER της εργαλειομηχανής

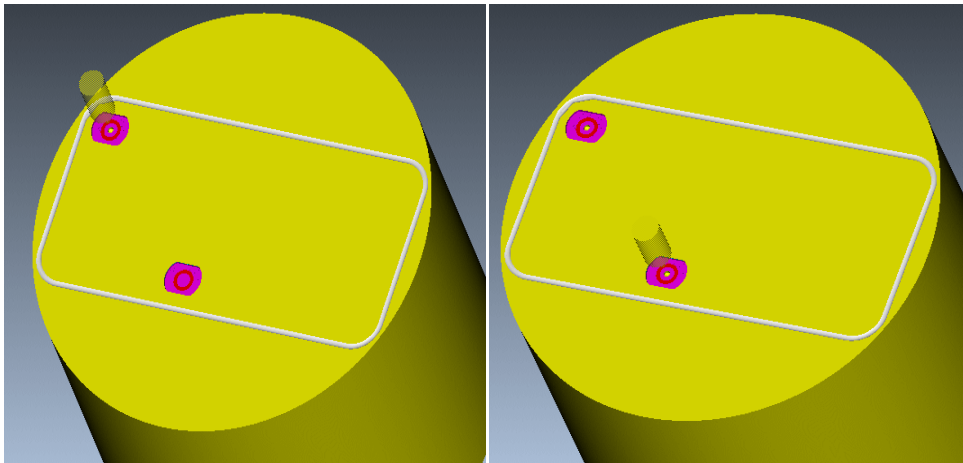
Κατά την διαδικασία προσομοίωσης, όπως φαίνεται παρακάτω, παρατηρούνται κάποιες διαφοροποιήσεις χρωμάτων σε κάθε κατεργασία. Το κάθε χρώμα αντιστοιχεί σε κάποιο κοπτικό εργαλείο.

1^η Κατεργασία

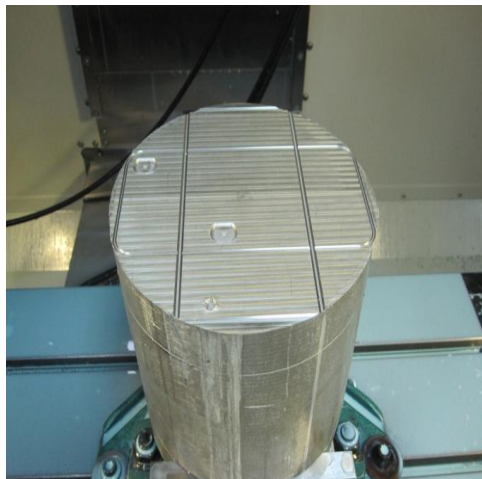
Πραγματοποιήθηκε μία περιμετρική δοκιμαστική χάραξη με κοπτικό 4mm Ball Mill μέσω τις εντολής Volume για να ελεγχτεί ο μηδενισμός και να παρατηρηθεί εάν οι πλάκες του καλουπιού είναι εντός των ορίων του ακατέργαστου τεμαχίου. Επίσης κατεργάστηκαν οι στήλες οδήγησης με την εντολή Face με κοπτικό 4mm End Mill και δημιουργήθηκαν οι οπές κεντραρίσματος των στηλών οδήγησης.



Εικόνα 234: Περιμετρική δοκιμαστική χάραξη-φινίρισμα στηλών οδήγησης



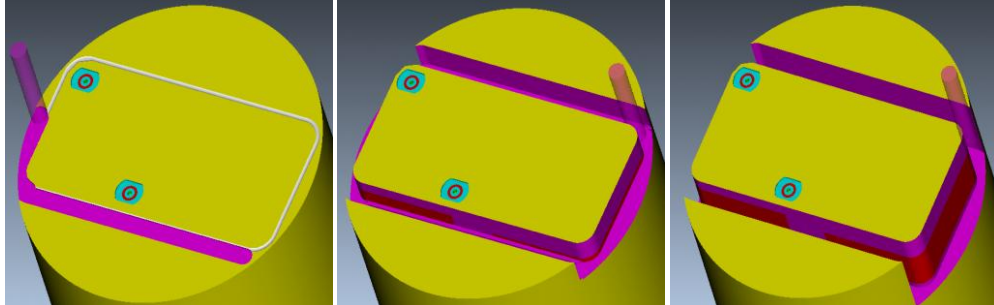
Εικόνα 235: Δημιουργία οπών κεντραρίσματος των στηλών οδήγησης



Εικόνα 236: Αποτέλεσμα περιμετρικής δοκιμαστικής χάραξης, φινίρισμα οδηγών στο άνω τεμάχιο του καλουπιού και οπών κεντραρίσματος

2^η Κατεργασία

Πραγματοποιήθηκε αφαίρεση υλικού περιμετρικά των πλακών του καλουπιού με κοπτικό 10mm τύπου End Mill μέσω της εντολής Volume του σχεδιαστικού προγράμματος.



Εικόνα 237: Προσομοίωση αφαίρεσης υλικού περιμετρικά των πλακών του καλουπιού

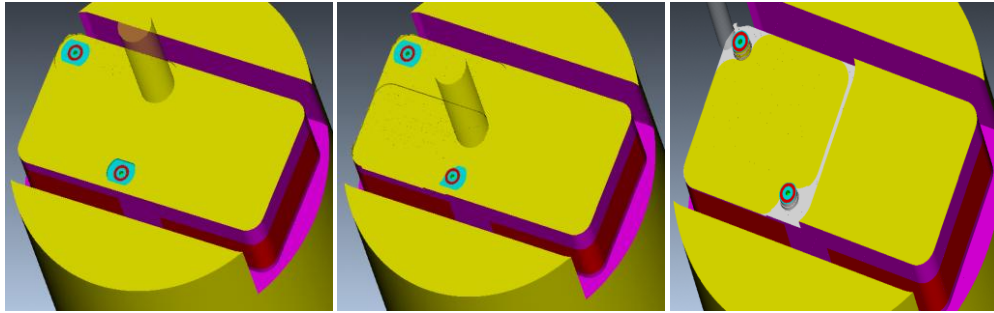


Εικόνα 238: Αποτέλεσμα αφαίρεσης υλικού περιμετρικά των πλακών του καλουπιού

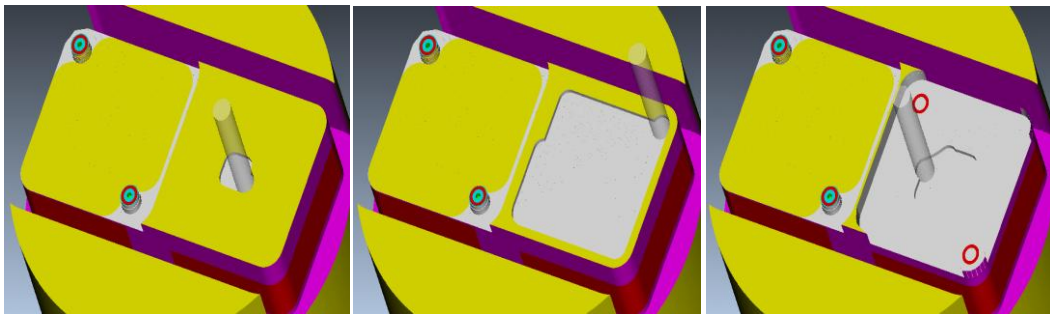
3^η Κατεργασία

Πραγματοποιήθηκε αφαίρεση του υλικού στο άνω μέρος των πλακών, όπου παρέμεινε πάνω από τις επιφάνειες αναφοράς (τελικές επιφάνειες) με υλικό πάχους 1mm έτσι ώστε να πραγματοποιηθούν όλες τις απαραίτητες κατεργασίες και να αφαιρεθεί το απομένον υλικό με την τελευταία κατεργασία. Ακολουθήθηκε αυτή η διαδικασία έτσι ώστε οι επιφάνειες αναφοράς να έχουν όσο το δυνατόν μικρότερη τραχύτητα, το οποίο επιτυγχάνεται με υψηλή ταχύτητα περιστροφής, χαμηλή πρόωση και μικρό βάθος κοπής.

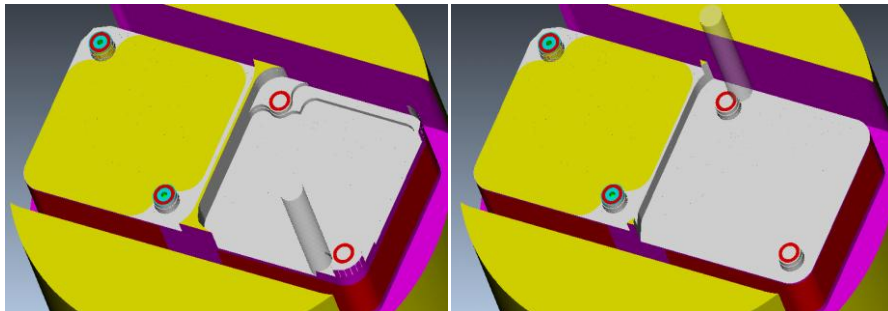
Αρχικά, η κατεργασία έγινε με κοπτικό 20mm τύπου End Mill μέσω της εντολής Volume του σχεδιαστικού προγράμματος για την πλάκα κοιλότητας του καλουπιού και έπειτα με κοπτικό 10mm τύπου End Mill μέσω της ίδιας εντολής για την πλάκα πυρήνα του καλουπιού.



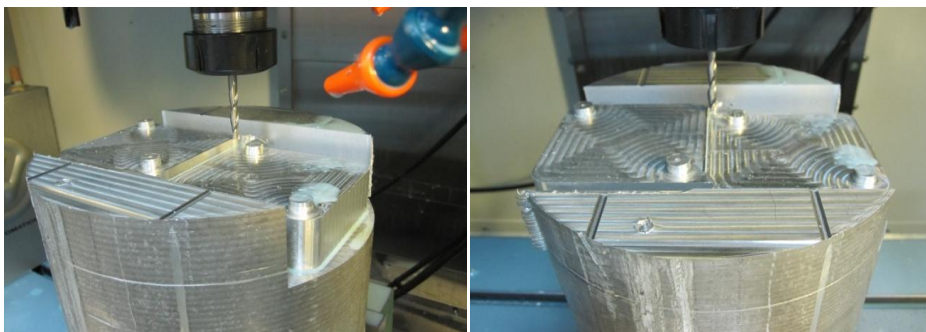
Εικόνα 239: Προσομοίωση κατεργασίας με κοπτικό 20mm τύπου End Mill για την πλάκα κοιλότητας του καλουπιού



Εικόνα 240: Προσομοίωση κατεργασίας με κοπτικό 20mm τύπου End Mill για την πλάκα πυρήνα του καλουπιού

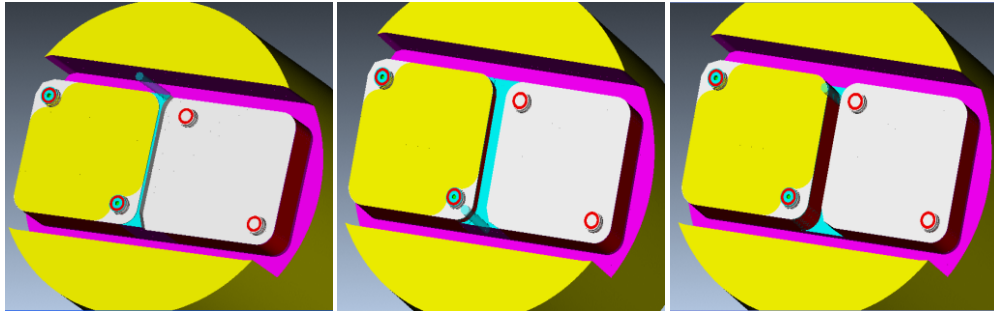


Εικόνα 241: Αποτέλεσμα αφαίρεσης υλικού στο άνω μέρος των πλακών, όπου υπάρχει απομένον υλικό 1mm από την επιφάνεια αναφοράς

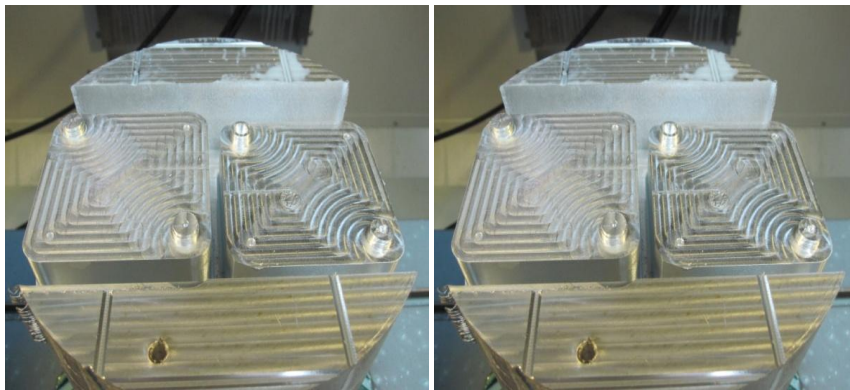


4^η Κατεργασία

Πραγματοποιήθηκε αφαίρεση υλικού ενδιάμεσα των πλακών με κοπτικό 5mm τύπου End Mill μέσω της εντολής Volume του σχεδιαστικού προγράμματος



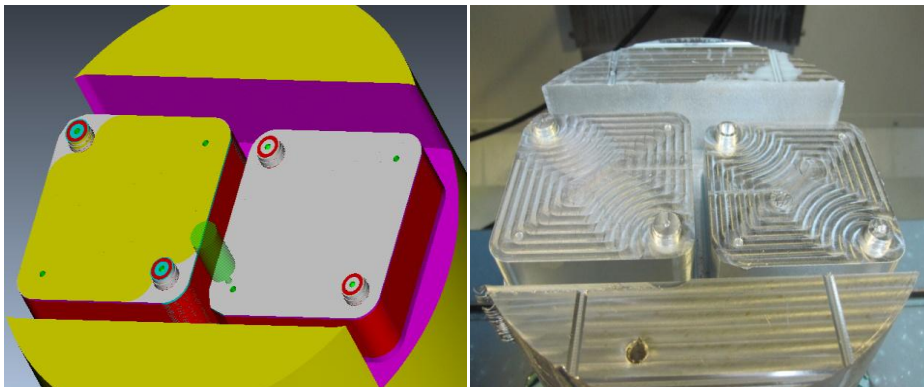
Εικόνα 242: Αποτέλεσμα αφαίρεσης υλικού ενδιάμεσα των πλακών(Παρατηρούμε με γαλάζιο χρώμα)



Εικόνα 243: Αποτέλεσμα Αφαίρεσης υλικού ενδιάμεσα των πλακών

5^η Κατεργασία

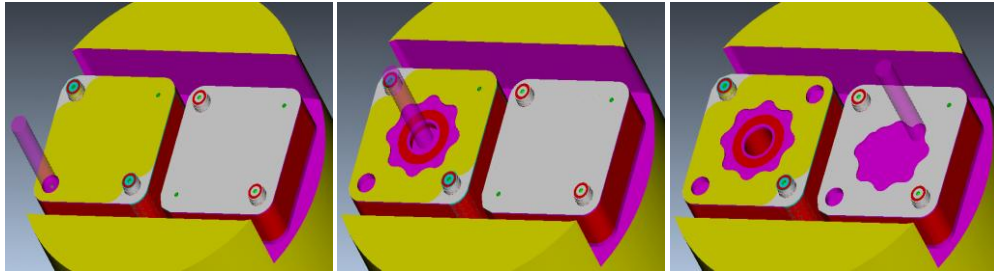
Δημιουργήθηκαν οπές κεντραρίσματος των στηλών οδηγήσεως, με κονδύλι κεντραρίσματος (Center-Drill) μέσω της εντολής Deep Drilling (Const Peck) του σχεδιαστικού προγράμματος.



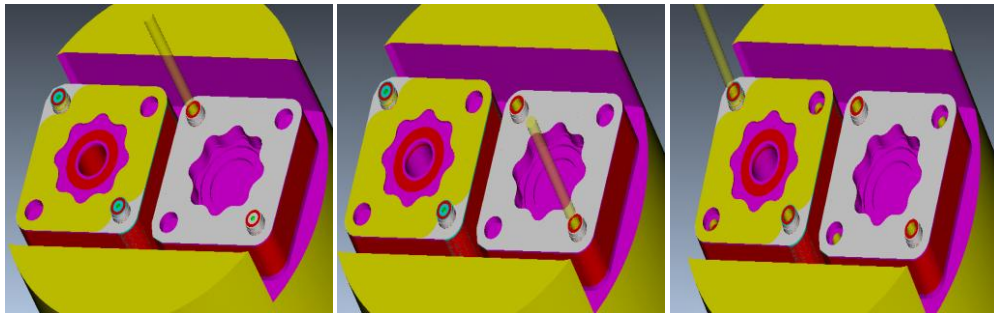
Εικόνα 244: Προσομοίωση-Αποτέλεσμα δημιουργίας οπών κεντραρίσματος

6^η Κατεργασία

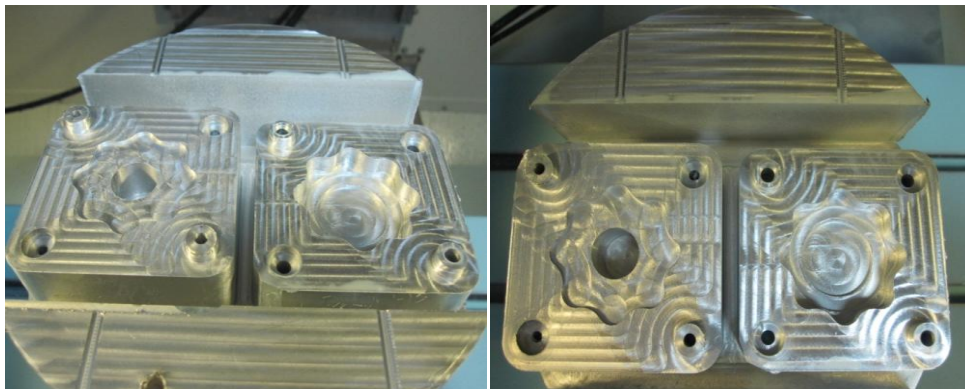
Πραγματοποιήθηκε αφαίρεση του υλικού με κοπτικό 10mm τύπου End Mill μέσω της εντολής Volume του σχεδιαστικού προγράμματος στις άνω επιφάνειες των πλακών του καλουπιού, όπως και διάτρηση οπών με τρυπάνι 6mm μέσω της εντολής Deep Drilling (Const Peck). Παρατηρείται ότι απομένει υλικό, το οποίο θα αφαιρεθεί σε επόμενη κατεργασία με άλλο τύπο κοπτικού και διαμέτρου.



Εικόνα 245: Προσομοίωση αφαίρεσης υλικού με κοπτικό 10mm



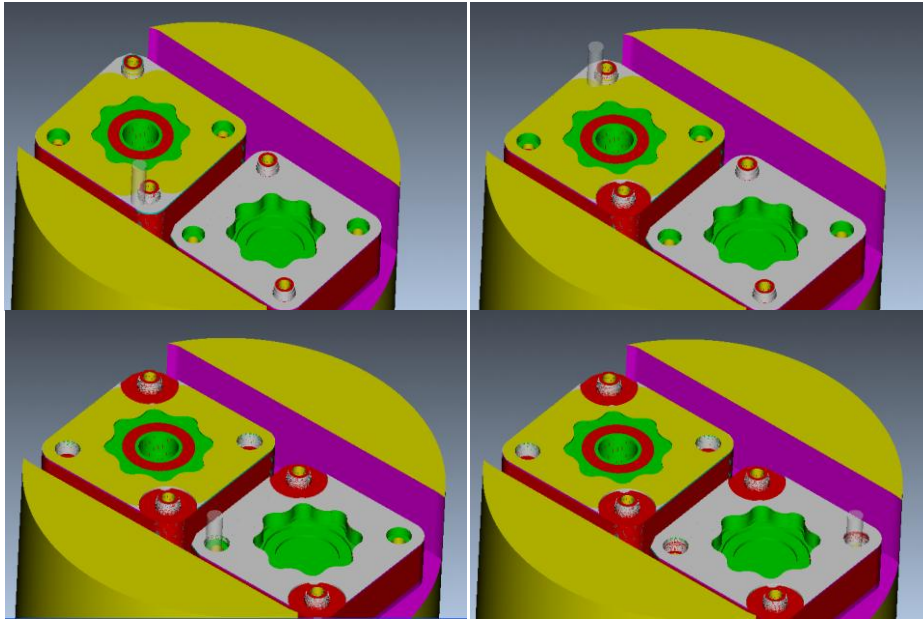
Εικόνα 246: Προσομοίωση διάτρησης οπών



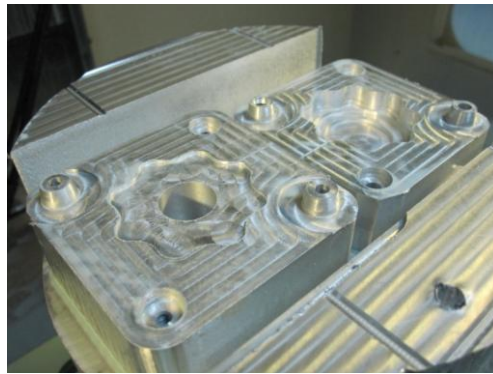
Εικόνα 247: Αποτέλεσμα κατεργασίας με το κοπτικό 10mm και διάτρησης οπών.

7^η Κατεργασία

Πραγματοποιήθηκε φινίρισμα των στηλών οδηγήσεως με κοπτικό 7mm τύπου End Mill μέσω της εντολής Surface του σχεδιαστικού προγράμματος.



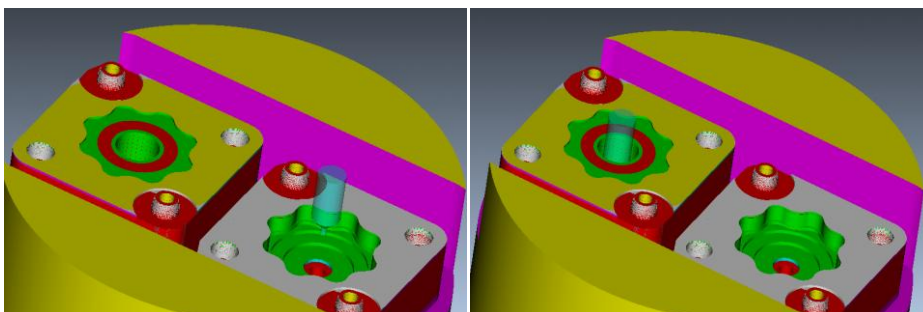
Εικόνα 248: Προσομοίωση φινιρίσματος στηλών οδήγησης



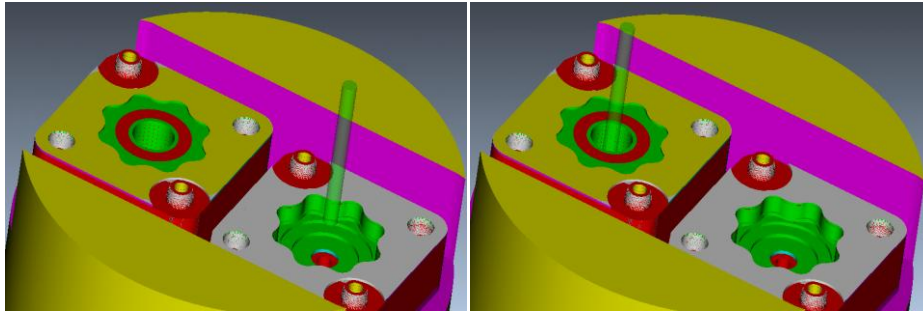
Εικόνα 249: Αποτέλεσμα φινιρίσματος των στηλών οδήγησης

8^η Κατεργασία

Δημιουργήθηκαν οπές κεντραρίσματος των στηλών οδήγησης, με κονδύλι κεντραρίσματος (Center-Drill) μέσω της εντολής Deep Drilling (Const Peck) του σχεδιαστικού προγράμματος, και διάτρηση οπών τρυπάνι 6mm μέσω της εντολής Deep Drilling (Const Peck).



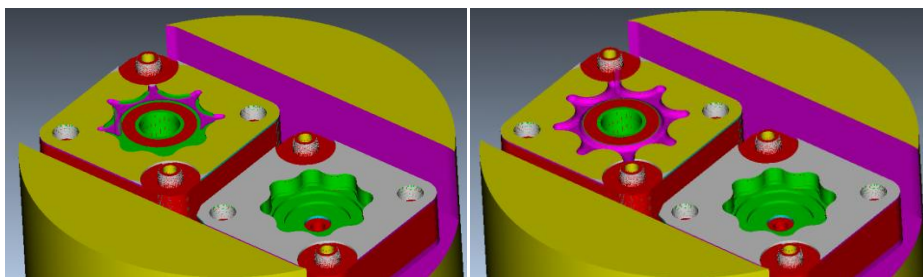
Εικόνα 250: Προσομοίωση οπών κεντραρίσματος



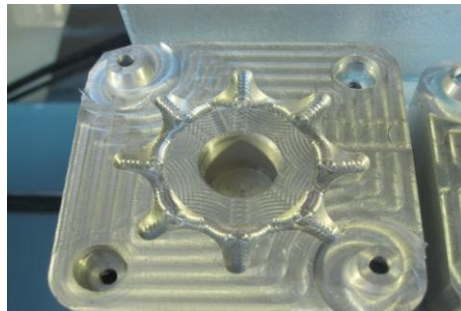
Εικόνα 251: Προσομοίωση διάτρησης οπών.

9^η Κατεργασία

Αφαιρέθηκε υλικό στο μέσο της πλάκας πυρήνα του καλουπιού με κοπτικό 3mm τύπου Ball Mill με την κατεργασία Volume στο σχεδιαστικό πρόγραμμα.



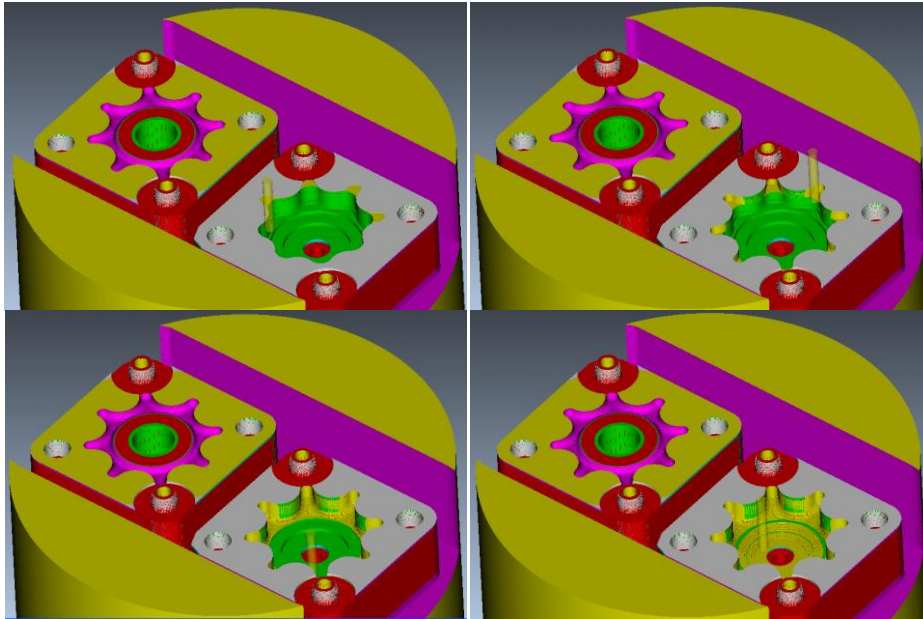
Εικόνα 252: Προσομοίωση αφαίρεσης υλικού της πλάκας πυρήνα



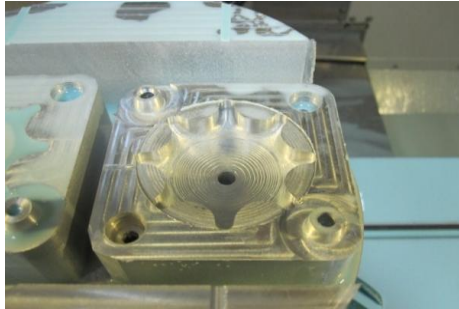
Εικόνα 253: Αποτέλεσμα αφαίρεσης υλικού της πλάκας πυρήνα

10^η Κατεργασία

Αφαιρέθηκε το υλικό στο μέσο της πλάκας κοιλότητας του καλουπιού με κοπτικό 3mm τύπου End Mill με την κατεργασία Volume στο σχεδιαστικό πρόγραμμα.



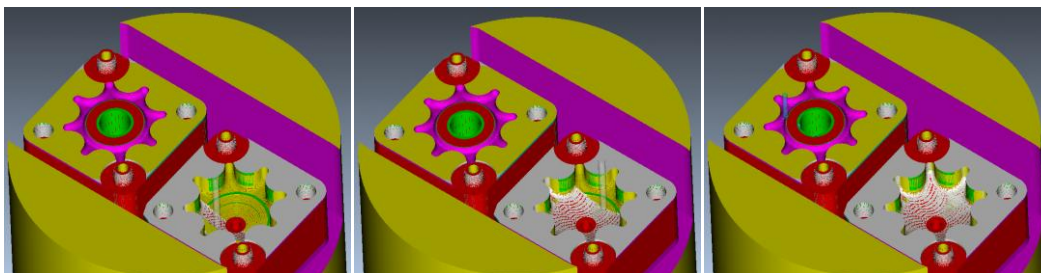
Εικόνα 254: Προσομοίωση αφαίρεσης υλικού στο μέσω της πλάκας κοιλότητας



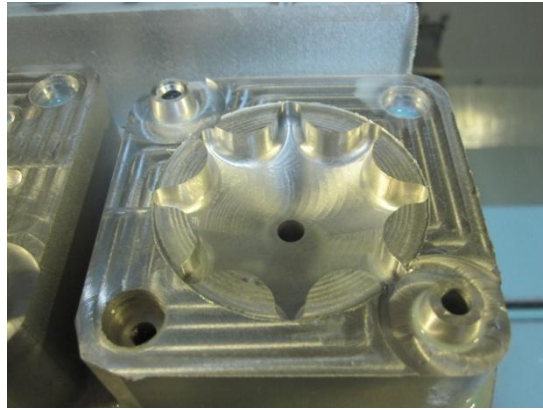
Εικόνα 255: Αποτέλεσμα αφαίρεσης υλικού στο μέσω της πλάκας κοιλότητας

11^η Κατεργασία

Πραγματοποιήθηκε φινίρισμα στο μέσω της πλάκας κοιλότητας με κοπτικό 3mm τύπου Ball Mill με την κατεργασία Surface στο σχεδιαστικό πρόγραμμα.



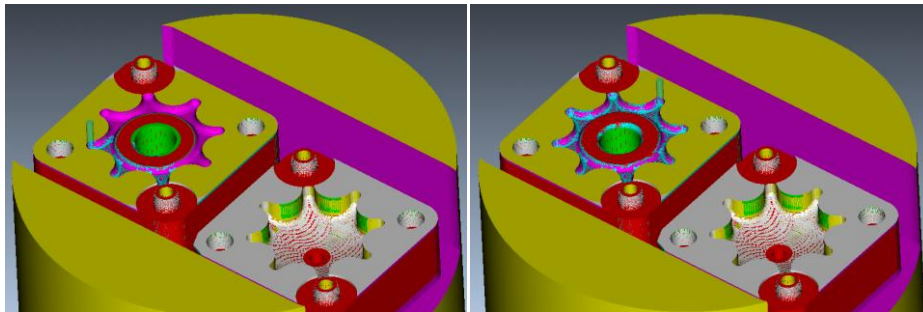
Εικόνα 256: Αποτέλεσμα φινιρίσματος της πλάκας κοιλότητας



Εικόνα 257: Αποτέλεσμα φινιρίσματος της πλάκας κοιλότητας

12^η Κατεργασία

Πραγματοποιήθηκε φινιρίσμα της πλάκας πυρήνα με κοπτικό 3mm τύπου Ball Mill με την κατεργασία Surface στο σχεδιαστικό πρόγραμμα.



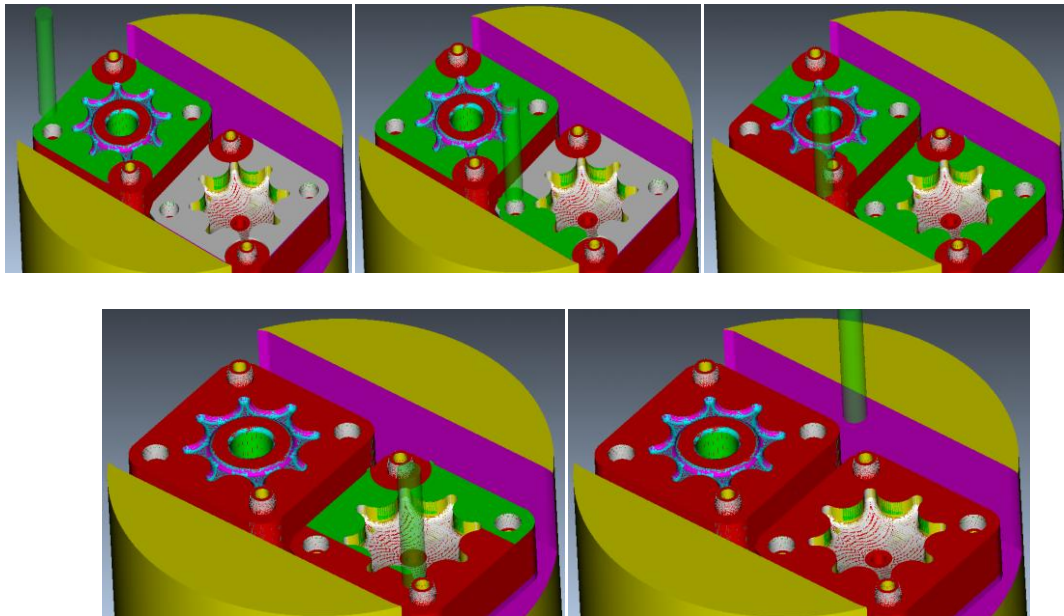
Εικόνα 258: Προσομοίωση φινιρίσματος της πλάκας πυρήνα



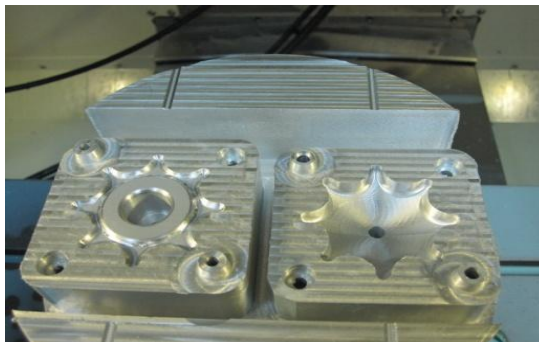
Εικόνα 259: Αποτέλεσμα φινιρίσματος της πλάκας πυρήνα

13^η Κατεργασία

Πραγματοποιήθηκε φινιρίσμα επιφανειών των πλακών του καλουπιού με κοπτικό 10mm τύπου End Mill με την κατεργασία Surface στο σχεδιαστικό πρόγραμμα.



Εικόνα 260: Προσομοίωση φινιρίσματος επιφανειών των πλακών



Εικόνα 261: Αποτέλεσμα φινιρίσματος επιφανειών των πλακών

Στον παρακάτω πίνακα παρατηρείται συγκεντρωτική λίστα κατεργασιών, κοπτικών και παραμέτρων κοπής που χρησιμοποιήθηκαν κατά την κατεργασία.

ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ	ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ	ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ	ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ	ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ	ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ	ΔΙΑΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΤΡΗΣΗ	ΔΙΑΤΡΗΣΗ	ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ	ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ	ΞΕΧΟΝΔΡΙΣΜΑ	ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ	ΦΙΝΙΡΙΣΜΑ
ΤΥΠΟΣ ΚΟΠΤΙΚΟΥ	BALL MILL	END MILL	END MILL	END MILL	END MILL	CENTER-DRILLING	DRILL	DRILL	END MILL	BALL MILL	END MILL	BALL MILL	END MILL
ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ ΚΟΠΤΙΚΟΥ (mm)	4	4	10	20	5	-	6	5	7	3	3	3	10
ΑΡΙΘΜΟΣ ΦΤΕΡΩΝ	4	4	4	4	2	-	-	-	4	4	4	4	4
PLUNGE FEED(mmPM)	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50	50
STEP DEPTH(mm)	0,5	0,3	2	4	0,75	-	-	-	-	0,2	1	-	-
STEP OVER(mm)	0,5	0,5	2,5	8	1,5	-	-	-	0,3	0,2	0,2	0,1	2,5
CUT FEED (mmPM)	150	160	200	220	170	-	-	-	100	150	150	180	100
SPINDLE SPEED(RPM)	5200	7000	6000	4000	6500	-	-	-	6000	5600	7000	6800	6500
PECK DEPTH(mm)	-	-	-	-	-	1	2	2	-	-	-	-	-

Πίνακας 14: Λίστα κατεργασιών, κοπτικών και παραμέτρων κοπής.

14^η Κατεργασία

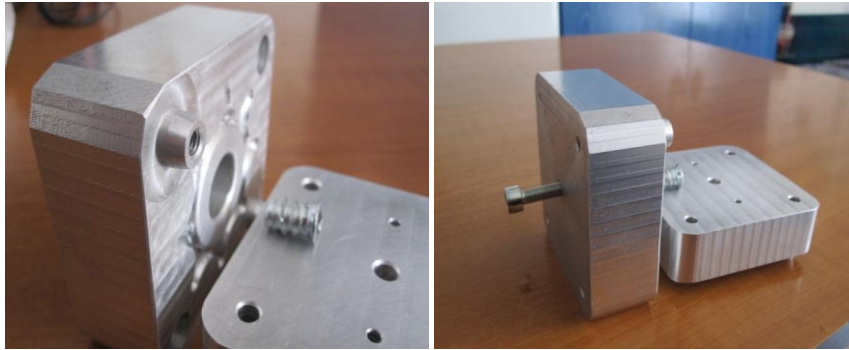
Απότμηση πλακών από το ακατέργαστο τεμάχιο σε πριονοκορδέλα υγρής κοπής.



Εικόνα 262: Απότμηση πλακών καλουπιού

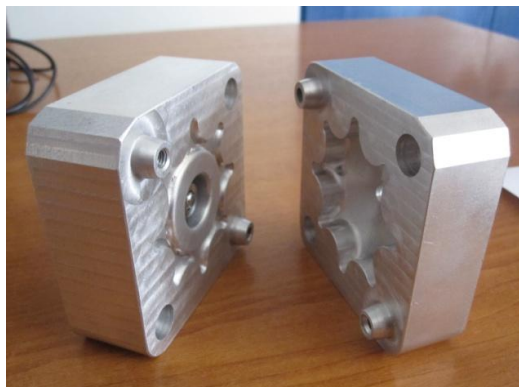
Κεφάλαιο 9: ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΔΟΚΙΜΗ ΧΥΤΕΥΣΗΣ

Πριν την διαδικασία της χύτευσης γίνεται εισαγωγή του μεταλλικού ούπα και σταθεροποιείται εξωτερικά με τον κοχλία.



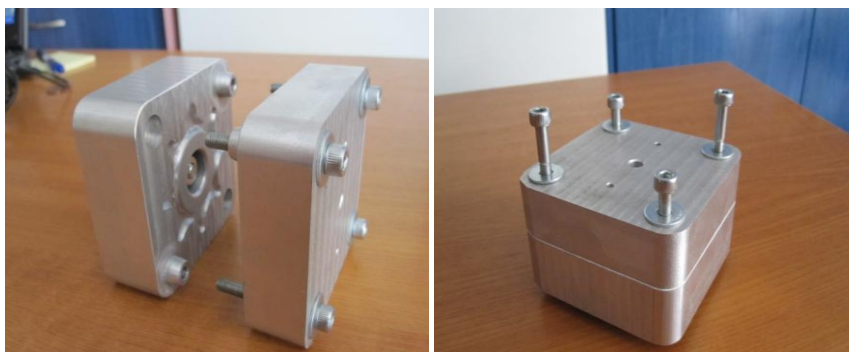
Εικόνα 263: Τοποθέτηση ούπα

Ψεκάζονται οι κοιλότητες και επιφάνειες του καλούπιού με σπρέι σιλικόνης από απόσταση περίπου 20-25cm.



Εικόνα 264: Ψέκασμα επιφανειών και κοιλότητων

Έπειτα τοποθετούνται οι κοχλίες, κλείνεται το καλούπι και συσφίγγονται οι κοχλίες.



Εικόνα 265: Τοποθέτηση και σύσφιξη κοχλίων

➤ Ρητίνες

Όλες οι ρητίνες που προσφέρονται με την μηχανή χύτευσης, είναι ειδικά κατασκευασμένες για να χρησιμοποιούνται στον θάλαμο εκκένωσης, γι' αυτό και δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται αλλού. Κατά κύριο λόγο, υπάρχουν ρητίνες δύο υλικών, αποτελούμενες από Polyole και Isocyanate. Η αναλογία του μίγματος πρέπει να είναι μεταξύ του 100:100 και 100:75, γι' αυτό και πρέπει οι ποσότητες να υπολογίζονται με ψηφιακή ζυγαριά ακριβείας, με μέγιστη απόκλιση +/- 2g. Πριν το ζύγισμα των υλικών αυτά πρέπει να ανακατεύονται προσεκτικά.

Απαραίτητη προϋπόθεση είναι η μελέτη του Technical Data της ρητίνης που θα χρησιμοποιηθεί. Σε αυτό δίδονται όλες οι πληροφορίες για τις αναλογίες μίξης, το χρόνο ανάμιξης και το χρόνο θεραπείας στο φούρνο.

Εξαιτίας του γεγονότος ότι οι PU ρητίνες απορροφούν την υγρασία του αέρα, οι συσκευασίες τους πρέπει να αποθηκεύονται σε ένα ξηρό δωμάτιο στους 18°C περίπου, και να ανοίγονται ακριβώς πριν χρησιμοποιηθούν. Το συστατικό Α, το σκληρυντικό, μπορεί να κρυσταλλοσκοπηθεί, ανάλογα με τον χρόνο και την θερμοκρασία αποθήκευσης.

Εάν εμφανιστούν κρύσταλλοι στο υλικό Α, τότε αυτό πρέπει να βρεθεί σε θερμοκρασία της τάξεως των 70°C για περίπου 2-3 ώρες, έως ότου αυτοί εξαφανιστούν. Σημαντικό είναι να μην αρχίσει η διαδικασία, πριν η ρητίνη κρυώσει και φτάσει στους 35°C, γιατί αλλιώς ο χρόνος πήξης της θα είναι πολύ μακρύς.

Στην συγκεκριμένη χύτευση θα χρησιμοποιηθούν οι ρητίνες PX 761 και PX 521/HT PART A, PX 522/HT PART B της εταιρείας AXSON.

➤ Υπολογίζοντας τις Ποσότητες Ρητινών

• ΤΥΠΟΙ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΠΟΣΟΤΗΤΑΣ ΣΥΣΤΑΤΙΚΩΝ ΡΗΤΙΝΗΣ

$$\text{ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟ ΤΟ Α ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ:} \\ \frac{A}{A+B} * X(\text{gr συνολικού μίγματος}) + 4\text{gr}(\text{Απομένων υλικό στο δοχείο})$$

ΠΟΣΟΤΗΤΑ ΑΠΟ ΤΟ Β ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ:

$$\frac{B}{A+B} * X(\text{gr συνολικού μίγματος})$$

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ

Αναλογία μίγματος 100:50 (100 gr από το Α συστατικό και 50 gr από το συστατικό Β) και το αντικείμενο που θα χυτευθεί χρειάζεται 50 gr υλικό.

$$\text{ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ Α: } \frac{100}{150} * 50 + 4 = 36 \text{ gr}$$

$$\text{ΣΥΣΤΑΤΙΚΟ Β: } \frac{50}{150} * 50 = 16.67 \text{ gr}$$

Ανάλογα με το μέγεθος του δοχείου και το είδος της ρητίνης, υπάρχουν κάποιες ελάχιστες ποσότητες που πρέπει να χρησιμοποιηθούν. Σε κάθε περίπτωση στο δοχείο A θα παραμείνει κάποιο υπόλοιπο, το οποίο επηρεάζει την αναλογία του μίγματος.

Για να κρατηθεί η ακρίβεια των υπολογισμών όσο γίνεται πιο χαμηλά, καλό θα ήταν να χρησιμοποιηθεί το δοχείο A αρκετές φορές, όταν το αντικείμενο φτιάχνεται με το ίδιο είδος ρητίνης. Το δοχείο A, με το υπόλειμμα από την προηγούμενη χρήση του, τοποθετείται στην ζυγαριά και αυτή μηδενίζεται. Με αυτόν τον τρόπο με την δεύτερη παραγωγή αντικειμένου έχουμε την προσέγγιση της τέλει αναλογίας μίγματος. Βέβαια το δοχείο B θα πρέπει να αλλάζεται μετά από κάθε χρήση του. Το βάρος του δοχείου όμως θα πρέπει και αυτό να μηδενίζεται, μηδενίζοντας την ζυγαριά με το δοχείο πάνω της.

Εάν το αρχικό μοντέλο είναι φτιαγμένο από πλαστικό, η απαιτούμενη ποσότητα ρητίνης μπορεί να προσεγγιστεί με αποδεκτή ακρίβεια, ζυγίζοντας το μοντέλο, προσθέτοντας όμως 20 με 30% παραπάνω για τα ανοίγματα και τις τυχόν βάσεις. Σε αντίθετη περίπτωση η ποσότητα της ρητίνης για το πρώτο αντικείμενο πρέπει να υπολογιστεί. Στην πρώτη προσπάθεια καλύτερο θα ήταν να χρησιμοποιηθεί λίγο παραπάνω υλικό από το να μην γεμίσει τελείως το καλούπι.



Εικόνα 266: Ζύγιση υλικού

➤ Ετοιμασία του υλικού

Αφού ζυγισθούν τα δύο υλικά μέσα στα δοχεία A και B, αυτά τοποθετούνται μέσα στο θάλαμο της μηχανής, στις προκαθορισμένες θέσεις τους και ασφαλίζονται. Πάντα τοποθετείται το πιο παχύρευστο συστατικό στο κάτω δοχείο. Στη συνέχεια η διαδικασία είναι η ακόλουθη.

Πρώτα από όλα τοποθετείται το δοχείο B στην θέση του και ασφαλίζεται. Κατόπιν τοποθετείται μέσα σε αυτό τον αναδευτήρα σηκώνοντας την ασφάλεια που βρίσκεται πάνω από αυτό. Έπειτα τοποθετείται το δοχείο A και ασφαλίζεται. Όταν τοποθετηθούν και τα δύο δοχεία, πρέπει οι βάσεις τους να «πατάνε» καλά και το χείλος τους να έχει μπει ακριβώς στις υποδοχές που υπάρχουν. Αφού όλα τα παραπάνω έχουν γίνει σωστά τότε τοποθετείται και η ασφάλεια που βρίσκεται στο χείλος του κάθε δοχείου.

Εάν αυτό είναι εφικτό, η εξαέρωση των υλικών πρέπει να γίνεται σε δύο βήματα. Η κύρια εξαέρωση διαρκεί περίπου 15-30 λεπτά, ανάλογα με το είδος των υλικών, και πρέπει να γίνει χωρίς το καλούπι να έχει τοποθετηθεί μέσα στο θάλαμο. Εάν αυτό τοποθετηθεί από την αρχή τότε θα πέσει η θερμοκρασία του, κάτι που δεν είναι επιθυμητό για την όλη διαδικασία. Μετά την κύρια εξαέρωση, το καλούπι βγαίνει από τον φούρνο και τοποθετείται μέσα στο θάλαμο. Για μικρά καλούπια, το μικρό χωνί,

που περιλαμβάνεται στην μηχανή είναι ότι καλύτερο για την είσοδο των υλικών μέσα στο καλούπι. Το χωνί, απλά τοποθετείται στο κεντρικό άνοιγμα του καλουπιού.



Εικόνα 267: Τοποθέτηση υλικών στις ειδικές βάσεις του θαλάμου

Το καλούπι πρέπει να τοποθετηθεί ακριβώς κάτω από το δοχείο Β. Για μεγαλύτερα καλούπια, χρησιμοποιείται το μεγάλο πλαστικό χωνί, το οποίο και αυτό περιλαμβάνεται στην μηχανή. Σε συνάρτηση με το πόσο μεγάλο είναι το καλούπι, κόβεται το χωνί στο άκρο του έτσι ώστε αυτό να εφαρμόζει ακριβώς στο κεντρικό άνοιγμα του καλουπιού. Εάν τα ανοίγματα στο καλούπι είναι παραπάνω από ένα τότε χρησιμοποιείται το εργαλείο «Υ».



Εικόνα 268: Τρόποι εισόδου υλικού στο καλούπι

Ο θάλαμος εκκενώνεται και η ρητίνη επαναεξαερώνεται στο απόλυτο κενό (ένδειξη μηδέν) για 3-5 λεπτά. Είναι χρήσιμο το μίγμα των υλικών να βρίσκεται στην θερμοκρασία των 35⁰C, γιατί οι συνθήκες αυτές διευκολύνουν και επιταχύνουν την εξαέρωση.

Θέτεται σε λειτουργία η αντλία και η εκκένωση του αέρα έχει αρχίσει, τότε ξεκινά η μέτρηση για τον ακριβή χρόνο διάρκειας αυτή της φάσης. Μετά από περίπου 8 λεπτά, 3 λεπτά εκκένωσης του θαλάμου και 5 λεπτά εκκένωσης των υλικών, αρχίζει η «πραγματική» διαδικασία.

➤ Η Διαδικασία Έκχυσης των Υλικών στο Καλούπι

Μετά το πέρας των 8 λεπτών που απαιτούνται για την ολοκλήρωση της διαδικασίας εκκένωσης τότε μηδενίζεται το ρολόι. Εκείνη τη στιγμή αναμιγνύονται το υλικό του δοχείου Α με το Β και το ρολόι ξαναρχίζει. Τώρα τα δύο υλικά έχουν αναμειχθεί και πλέον το ρολόι δεν μετράει τίποτα άλλο από τον χρόνο πήξης του μίγματος. Από αυτό το σημείο ο χρόνος μετράει αντίστροφα. Η όλη διαδικασία

πρέπει να ολοκληρωθεί πριν τον πέρας του χρόνου πήξης του μίγματος. Ο χρόνος αυτός ποικίλει από 1,5 έως 20 λεπτά, ανάλογα με το είδος των ρητινών.

Μετά την έναρξη λειτουργίας του ρολογιού αναμιγνύονται το υλικό του δοχείου A με του δοχείου B και ακολουθεί ανάμιξη με το μίξερ. Η ταχύτητα του μίξερ στο σύστημα ελέγχεται χειροκίνητα και εξαρτάται από την ποσότητα και από το πόσο παχύρευστο είναι το μίγμα. Το ανακάτεμα των υλικών ολοκληρώνεται μετά από 15-20 δευτερόλεπτα.



Εικόνα 269: Ανάμιξη υλικών

Η ανάμιξη των υλικών πρέπει να γίνεται σε πίεση λίγο κάτω από την μέγιστη πίεση της μηχανής (0,8 mbar). Μετά την ανάδευση των υλικών, το μίγμα χρειάζεται μία μικρή μείωση της πίεσεως για να βγει από αυτό τυχόν αέρας που έχει εγκλωβιστεί με την μορφή φυσαλίδων.

Αφού το μίγμα παραμένει σε αυτή την πίεση για περίπου 15-30 δευτερόλεπτα τότε είναι πλέον έτοιμο για να γεμίσει το καλούπι. Στρέφεται ο μοχλός ελέγχου του δοχείου B και αδειάζει το μίγμα μέσα στο καλούπι έως ότου αυτό γεμίσει τελείως. Αυτή η διαδικασία απαιτεί εκτός από γρήγορες κινήσεις και εξαιρετική προσοχή. Μόλις το καλούπι γεμίσει τελείως με το μίγμα, τότε πρέπει να ελαττωθεί ακόμη περισσότερο η πίεση μέσα στον θάλαμο έτσι ώστε το μίγμα να φτάσει σε κάθε γωνία του καλουπιού και τυχόν αέρας εγκλωβισμένος μέσα σε αυτό να βγει στον θάλαμο.



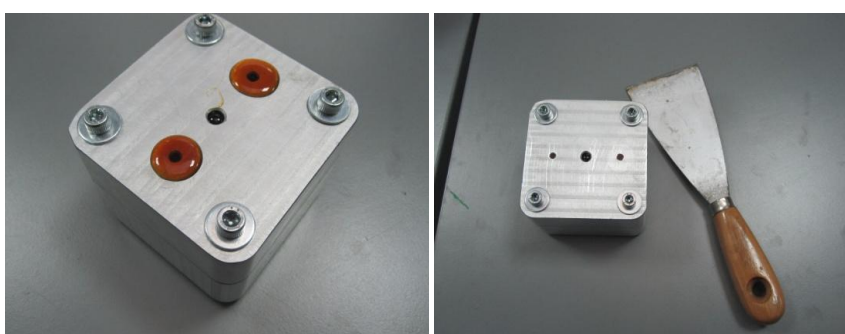
Εικόνα 270: Γέμισμα καλουπιού

Αφού ολοκληρωθεί τελείως και αυτή η διαδικασία, τότε πρέπει να μηδενιστεί η πίεση στο θάλαμο και να αφαιρεθεί προσεκτικά το καλούπι. Βγάζοντας το, τοποθετείται μέσα στον φούρνο και το μόνο που πρέπει να γίνει τώρα είναι η πήξη της ρητίνης.

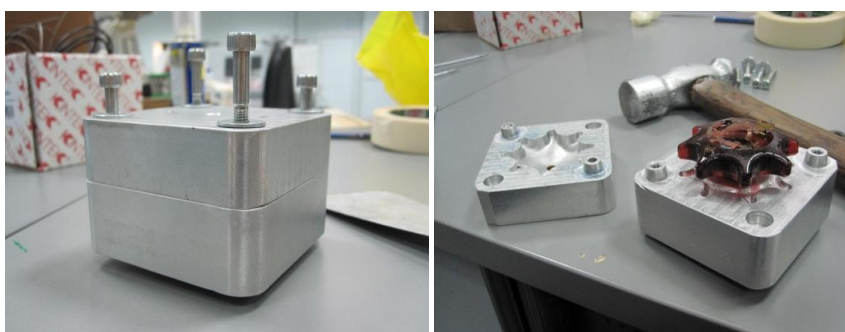


Εικόνα 271: Προσθήκη καλουπιού στο φούρνο

Έπειτα βγάζοντας το καλούπι από τον θάλαμο του φούρνου, αφαιρείται το υλικό που έχει υπερχειλίσει με μία σπάτουλα και έπειτα ανοίγουμε το καλούπι.



Εικόνα 272: Αφαίρεση υλικού που έχει υπερχειλίσει

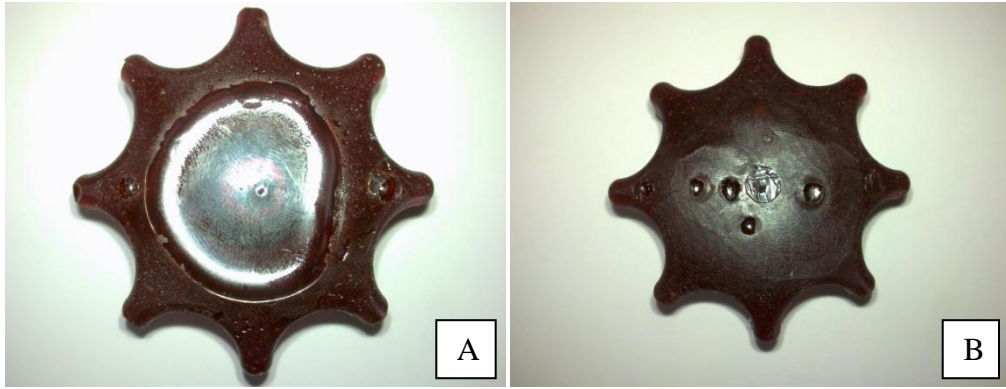


Εικόνα 273: Άνοιγμα καλουπιού

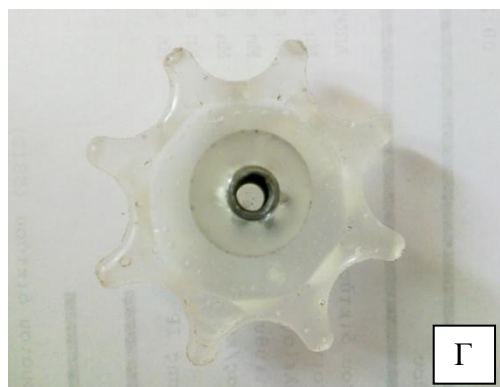
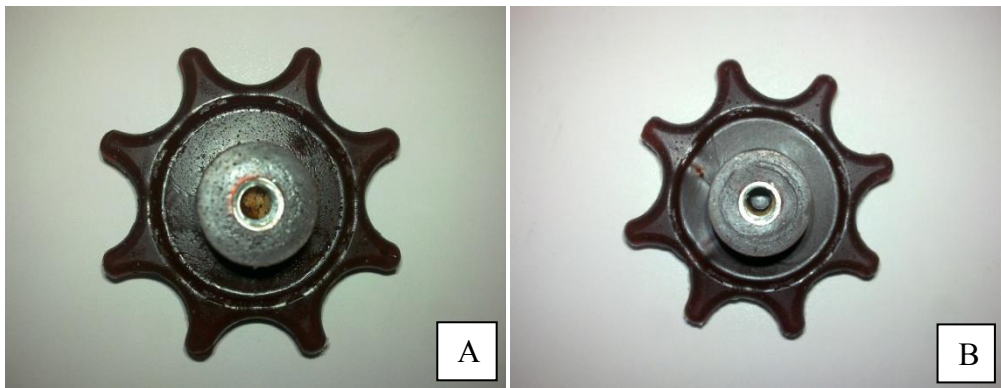
Στις παρακάτω εικόνες 274 και 275 παρατηρείται με κεχριμπαρι χρώμα το υλικό χύτευσης PX 761 και με διάφανο το PX 521/HT PART A, PX 522/HT PART B.

Αποτέλεσμα της πρώτης χύτευσης είναι η μη πλήρωση του χυτού (εικ.274A και 274B). Η μη πλήρωση οφείλεται στο μεγάλο ιξώδες του υλικού, οπότε επιλέχθηκε να γίνει διάνοιξη της διαμέτρου της οπής έγχυσης κατά 0,5mm. Το χυτό της εικόνας 274 A έγινε με διάμετρο οπής έγχυσης 6mm ενώ των εικόνων 274 B και 274Γ με διάμετρο οπής έγχυσης 6.5mm όπου παρατηρούνται και καλύτερα αποτελέσματα έγχυσης.

Κατά την δεύτερη(εικ.274B και 275B) και τρίτη (εικ.274Γ και 275Γ) χύτευση παρατηρήθηκαν σημεία παγίδευσης αέρα. Σε σημεία όπου δεν έχουμε λεία επιφάνεια του χυτού τεμαχίου (κυρίως στην εικ.275B) οφείλεται στα σταγονίδια που απέμειναν κατά το ψεκασμό με το σπρέι σιλικόνης.



Εικόνα 274: Αποτελέσματα χύτευσης



Εικόνα 275: Αποτελέσματα χύτευσης

Κεφάλαιο 10: ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

10.1 Γενικά

Η διαδικασία πραγματοποιήθηκε για να ελεγχθεί εάν η χύτευση με τις ρητίνες PX 761 και PX 521/HT PART A, PX 522/HT PART B είναι εφικτή σε κανονικό καλούπι, εκτός από το καλούπι σιλικόνης. Κατά κύριο λόγο το πείραμα έγινε διότι οι ρητίνες δεν απαιτούν επεξεργασία σε υψηλές θερμοκρασίες, το οποίο απαιτεί ειδικές συνθήκες και εγκαταστάσεις. Επιπρόσθετα, το καλούπι σιλικόνης φθείρεται με την επανειλημμένη χρήση, σε αντίθεση με το καλούπι αλουμινίου το οποίο είναι και πιο ανθεκτικό.

Πραγματοποιώντας την διαδικασία χύτευσης με τις ρητίνες PX 761 και PX 521/HT PART A, PX 522/HT PART B σε καλούπι αλουμινίου επιβεβαιώνεται ότι η διαδικασία είναι εφικτή. Μειονεκτήματα της διαδικασίας είναι το κόστος (υλικού, κοπτικών εργαλείων, κατανάλωσης ρεύματος, ψυκτικού υγρού) και ο χρόνος κατασκευής του καλουπιού από αλουμίνιο.

10.2 Υλικά χύτευσης και χύτευση

Το υλικό PX 761 (κεχριμπαρί χρώματος) είναι πιο μαλακό και εύκαμπτο σε αντίθεση με το PX 521/HT PART A, PX 522/HT PART B (διάφανου χρώματος) το οποίο είναι σκληρό και άκαμπτο.

Κατά τη χύτευση με το υλικό PX 761, η εξώθηση του εξαρτήματος από το καλούπι ήταν εύκολη σε αντιπαράθεση με του υλικού PX 521/HT PART A, PX 522/HT PART B, λόγω του ότι το δεύτερο υλικό είναι πιο σκληρό και άκαμπτο. Για να επιτευχθεί καλύτερη εξώθηση εξαρτήματος κατά την χύτευση με το υλικό PX 521/HT PART A, PX 522/HT PART B θα πρέπει να γίνει αλλαγή στην κωνικότητα του καλουπιού (Draft Angle), όπως και σχεδιασμός νέου συστήματος εξώθησης.

Κατά την διαδικασία της χύτευσης πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στα παρακάτω:

- Σωστός ψεκασμός με σπρέι σιλικόνης των επιφανειών κοιλότητας και πυρήνα των πλακών του καλουπιού. Ο ανομοιόμορφος ψεκασμός, όπως και η μεγαλύτερη ποσότητα ψεκασμού σιλικόνης δημιουργεί ατέλειες στην επιφάνεια του παραγόμενου εξαρτήματος.
- Ψεκασμός των σπειρωμάτων του καλουπιού με σπρέι σιλικόνης, έτσι ώστε αν εισχωρήσει το ρευστό υλικό χύτευσης στο σπείρωμα οι κοχλίες να μπορούν να ξεβιδώσουν.

10.3 Κατεργασία αλουμινίου

Κατά την κατεργασία του αλουμινίου για την κατασκευή των πλακών του καλουπιού:

- Είναι απαραίτητη η χρήση ψυκτικού υγρού.
- Να γίνεται σωστή επιλογή ταχύτητας- πρόωσης- βάθους κοπής.

- Να επιλέγονται εργαλεία με μικρή φθορά κατά την κατεργασία των τελικών επιφανειών.
- Αρχικά να ποντάρονται τα κέντρα των οπών με κονδύλι κεντραρίσματος και έπειτα ακολουθεί η διάτρηση των οπών.
- Η ποιότητα της κατεργασμένης επιφάνειας εξαρτάται από την τροχιά κοπτικού εργαλείου, όπως και τον τρόπο εισχώρησης του κοπτικού εργαλείου στο υλικό.

10.4 Βελτίωση καλουπιού

Οι στήλες οδήγησης του καλουπιού θα πρέπει να κατεργαστούν ώστε να γίνουν αφαιρούμενες, που σε περίπτωση φθοράς να μπορούν να αντικατασταθούν. Επίσης να χρησιμοποιηθούν δακτύλιοι οδήγησης οι οποίοι να είναι και αυτοί αφαιρούμενοι για τον ίδιο λόγο.

10.5 Διαστατική ακρίβεια κατασκευή του καλουπιού

Η διαφορά στις διαστάσεις του κατασκευασμένου καλουπιού σε σχέση με το σχεδιασμένο εξάρτημα είναι της τάξεως των εκατοστών του χιλιοστού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Κατασκευαστικά Στοιχεία CNC Εργαλειομηχανών-Σημειώσεις μαθήματος Ψηφιακή Καθοδήγηση/CAM ΑΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ.
2. Μηχανουργική Τεχνολογία- Α. Λαζαρίδη- Ίδρυμα Ευγενίδου, 1997.
3. Κατασκευή Πρωτοτύπων με Τριαξονική Επιτραπέζια Φρέζα CNC- Διπλωματική Εργασία- Χαράλαμπος Βάρελης
4. Εργαλειομηχανές- Γ.Βοσνιάκος
5. Milling Machine – Wikipedia
6. Σχεδίαση με Χρήση Υπολογιστή (CAD) και Δίκτυα Παραγωγής (CAM)- Σημειώσεις εργαστηρίου τμήματος αυτοματισμού ΑΤΕΙ ΧΑΛΚΙΔΑΣ
7. Ψηφιακή Καθοδήγηση Κέντρων Κατεργασίας με Controls HAAS, FANUC, SIEMENS & HEIDENHAIN-Διπλωματική εργασία Βακόνδιος Δημήτριος
8. Στοιχεία Τεχνολογίας Παραγωγής - <http://medilab.pme.duth.gr>
9. Φρεζάρισμα-<http://courseware.mech.ntua.gr>
10. Αξιολόγηση Παραμέτρων Εκτίμησης Φθοράς Κοπτικών με Χρήση της Μεθόδου Σχεδιασμού Πειράματος - Διπλωματική εργασία Μαρία Ε. Βογιατζή
11. <http://www.cnccookbook.com>
12. <http://www.cncncmachines.com>
13. www.cnczone.com
14. www.cnhobby.gr
15. www.cncinformation.com
16. <http://www.madehow.com/Volume-2/CNC-Machine-Tool.html>
17. <http://www.scribd.com/doc/48041951/freza>
18. DME- <http://www.dme.net>- Εταιρία κατασκευής καλουπιών.

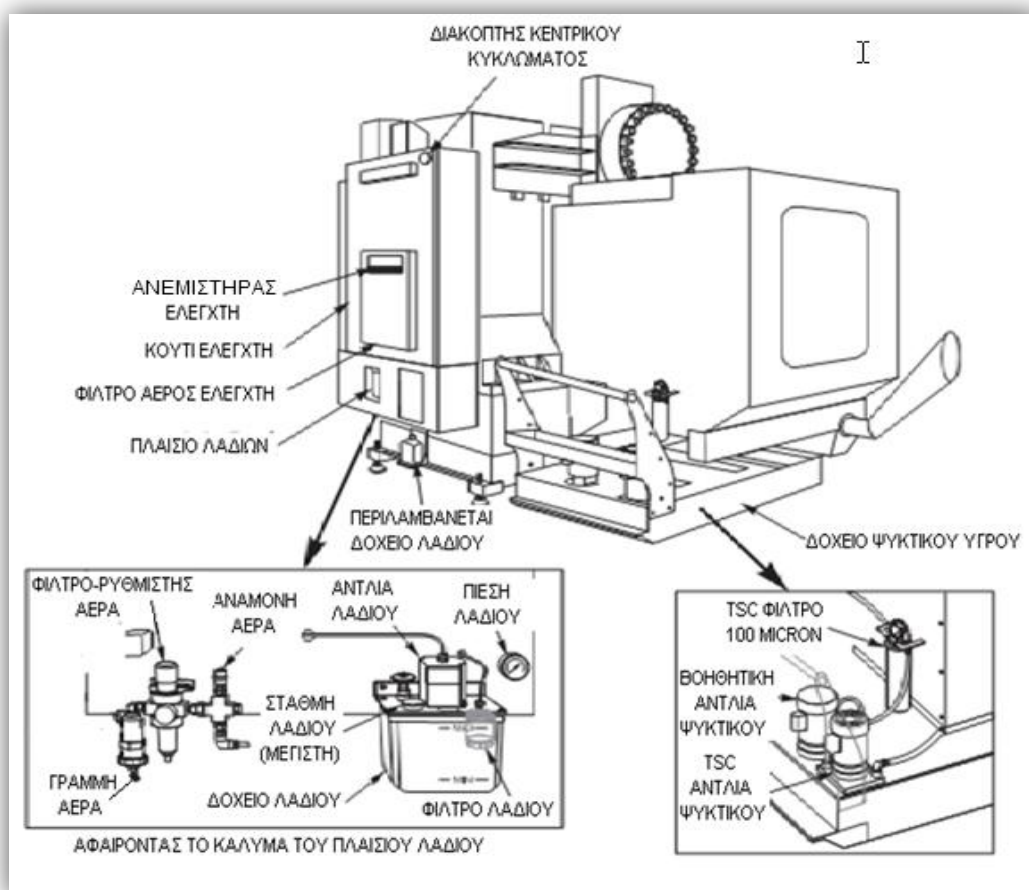
19. <http://www.moldmakingtechnology.com>
20. <http://mould-technology.blogspot.com/2008/01/plastic-processing-methode.html>
21. <http://zone.ni.com/devzone/cda/tut/p/id/3130#toc0>
22. <http://plastics.turkavkaz.ru/processes/molding/injection-molding/process.html>
23. <http://www.kxcad.net>
24. <http://www.proetutorials.com>
25. <http://www.s2e.co.uk>
26. <http://proengineernet.com/>
27. <http://www.proe.com/>
28. <http://www.myyellowcoat.com>
29. <http://www.kennametal.com>
30. <http://www.super-tech.com>
31. Mold engineering 2nd edition- Herbert Rees

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ

ΟΔΗΓΟΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ ΦΡΕΖΑΣ HAAS VF-2

Κύρια σημεία της φρέζας VF-2

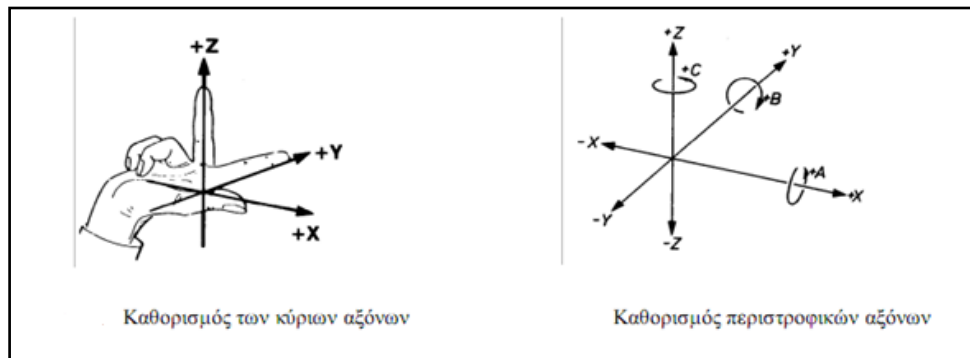
Όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα, τα κύρια μέρη της φρέζας VF – 2 βρίσκονται στο πίσω μέρος της. Ξεκινώντας από πάνω δεξιά, βρίσκεται ο διακόπτης κεντρικού κυκλώματος. Παρακάτω υπάρχει ο ανεμιστήρας, το κουτί και το φίλτρο αέρος του ελεγκτή. Στο κάτω μέρος της φρέζας υπάρχει το πλαίσιο λαδιών. Αφαιρώντας το κάλυμμα του, φαίνεται να υπάρχει το φίλτρο-ρυθμιστής αέρα, η γραμμή καθορισμού του αέρα καθώς και η ένδειξη αναμονής του. Επίσης, περιλαμβάνεται το δοχείο λαδιού μαζί με το φίλτρο καθώς και οι ενδείξεις της στάθμης και της πίεσης του λαδιού. Επιπλέον σε αυτό το πλαίσιο βρίσκεται η αντλία λαδιού. Στο κάτω μέρος της φρέζας υπάρχει το δοχείο ψυκτικού υγρού, το οποίο συμπεριλαμβάνει το TSC φίλτρο, την βοηθητική αντλία και την TSC αντλία ψυκτικού υγρού.



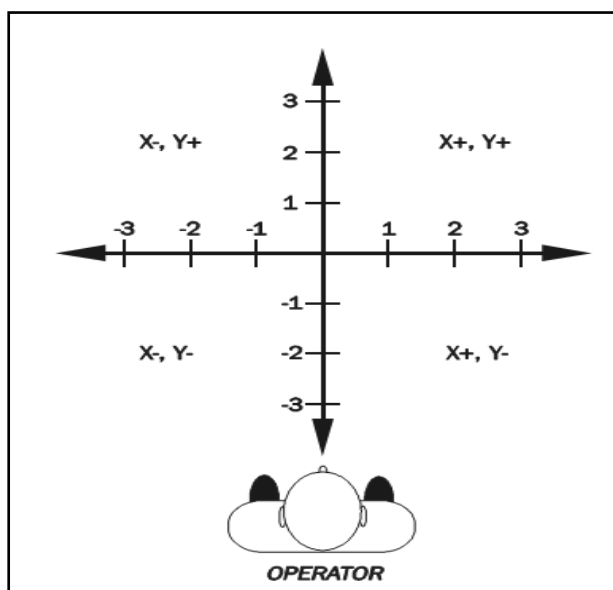
Εικόνα 276: Κύρια σημεία της φρέζας VF-2

Καθορισμός αξόνων για την χρήση της φρέζας VF-2.

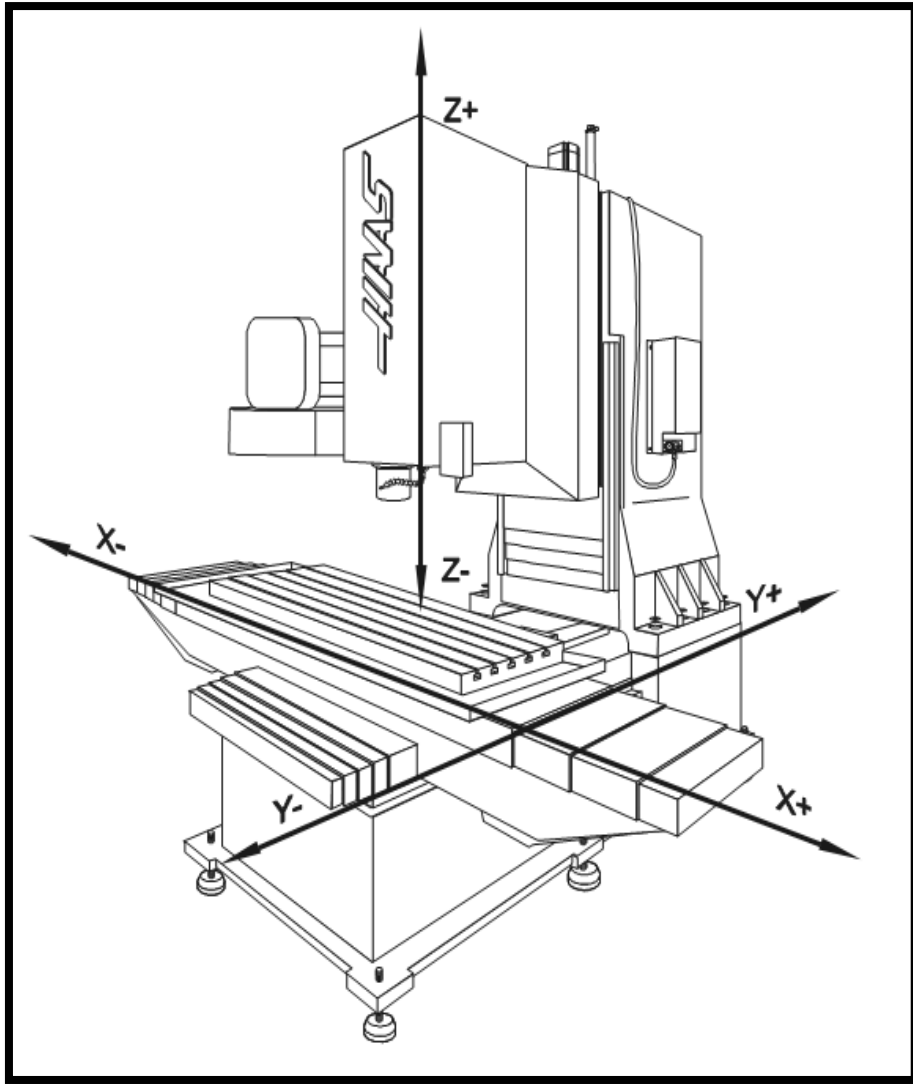
Είναι απαραίτητος ο καθορισμός των κύριων αξόνων για την εύχρηστη λειτουργία της φρέζας VF-2. Χρησιμοποιώντας τον αντίχειρα, τον δείκτη και το μεσαίο δάχτυλο, όπως στην εικόνα 277, ορίζουμε ως άξονα XX' τον αντίχειρα, τον δείκτη ως άξονα YY' και το μεσαίο δάχτυλο ως τον άξονα ZZ' . Η περιστροφική κίνηση στους άξονες αυτούς είναι δεξιόστροφη. Ο χρήστης της φρέζας βρίσκεται παράλληλα στον άξονα XX' και κάθετα στον άξονα YY (εικόνα 278). Στην εικόνα 279 φαίνονται πως είναι εικονικά η φορά των αξόνων της φρέζας.



Εικόνα 277: Καθορισμός αξόνων

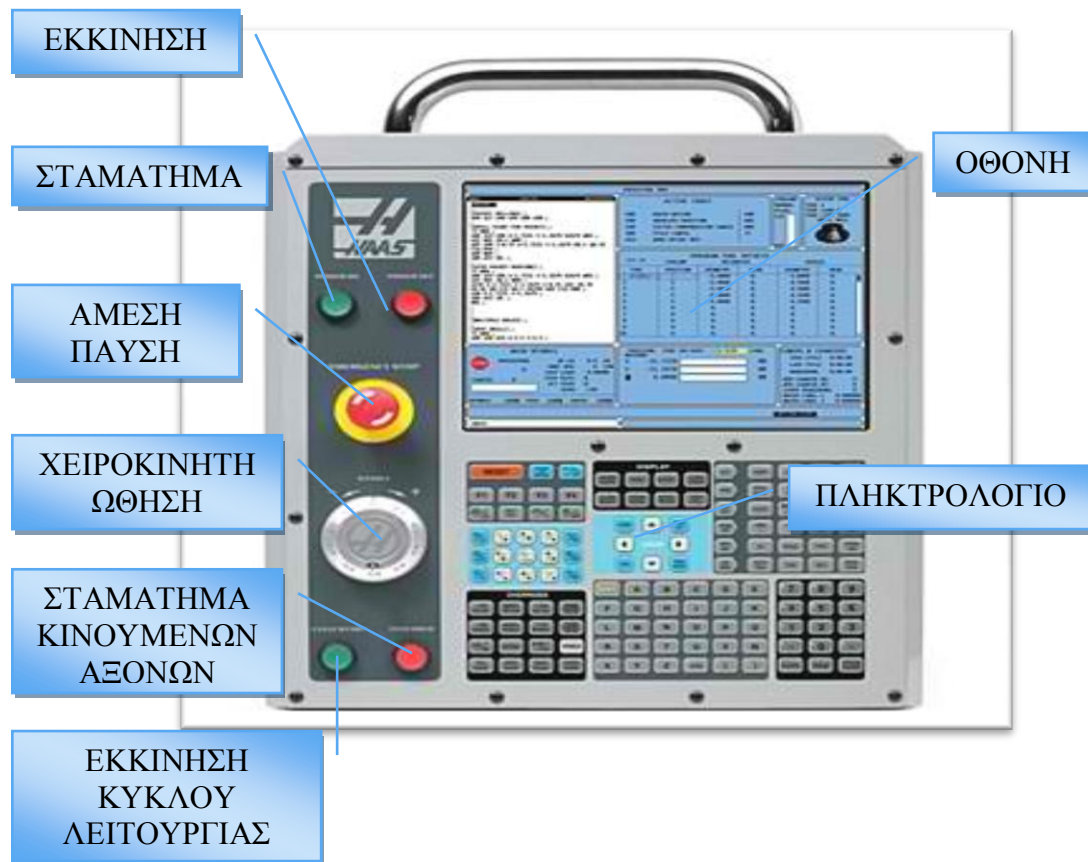


Εικόνα 278: Θέση χρήστη μπροστά στην φρέζα



Εικόνα 279: Φορά αξόνων μηχανής

Επεξήγηση πλήκτρων του CONTROLLER.



Εικόνα 280: CONTROLLER της φρέζας VF-2

POWER OFF - Σβήσιμο μηχανής.

POWER ON - Εκκίνηση μηχανής.

EMERGENCY STOP – Τερματίζει όλες τις κινήσεις των αξόνων, για παράδειγμα τον άξονα περιστροφής, την ομπρέλα εργαλείων και την αντλία ψυκτικού υγρού.

JOG HANDLE - Χρησιμοποιείται για την ώθηση όλων των αξόνων την κύλιση του προγράμματος και την επεξεργασία εντολών από το μενού.

CYCLE START - Εκκίνηση προγράμματος και λειτουργιών. Επίσης χρησιμοποιείται για την εκκίνηση του πρόγραμμα απεικόνισης τροχιάς του κοπτικού (Graphics mode) – Επανεκκίνηση λειτουργίας όλων των αξόνων.

FEED HOLD – Τερματίζει όλες τις κινήσεις των αξόνων εκτός από τον άξονα περιστροφής.



Εικόνα 281: Πληκτρολόγιο CONTROLLER της φρέζας VF-2.




→ Τερματίζει τη λειτουργία της μηχανής (άξονες, άξονα περιστροφής, αντλία ψυκτικού υγρού & μύλο εργαλείων). Αυτή η μέθοδος δε συνίσταται για τερματισμό της λειτουργίας της μηχανής, διότι είναι δύσκολο να συνεχιστεί η διαδικασία από το σημείο που σταμάτησε.

Για τερματισμό της μηχανής τη στιγμή λειτουργίας και άνοιγμα της πόρτας για έλεγχο:

- Ενεργοποίηση της εντολής SINGLE BLOCK, πιέζοντας το πλήκτρο
- Εκτελείται το BLOCK.
- Πιέζεται το πλήκτρο FEED HOLD.



- Πιέζεται το πλήκτρο .
- Απασφάλιση της πόρτας σε λίγα δευτερόλεπτα.
- Κλείνοντας την πόρτα και πιέζοντας το πλήκτρο CYCLE START, συνεχίζεται η λειτουργία.



→ Πιέζοντας αυτό το πλήκτρο οι άξονες της μηχανής θα επιστρέψουν στη θέση μηδέν και υπάρχει περίπτωση για αλλαγή εργαλείου. Για περισσότερες πληροφορίες στο Setting 81.



→ Έλεγχος του μύλου των εργαλείων σε περίπτωση μη φυσιολογικού σταματήματος. Για περισσότερες πληροφορίες, στην ενότητα για το τμήμα του μύλου εργαλείων .



→ Επεξεργασία προγραμμάτων, όπως OFFSET MODE.



→ Αποθήκευση του μήκους του εργαλείου κατά τη διάρκεια μηδενισμού του (μηδενισμός κοπτικού).



→ Επιλογή επόμενου εργαλείου από το μύλο εργαλείων (συνήθως χρησιμοποιείται για τις ρυθμίσεις του τεμαχίου).



→ Απελευθέρωση του εργαλείου από τον άξονα περιστροφής στις λειτουργίες MDI MODE, ZERO RETURN MODE, HANDLE JOG MODE.



→ Αυτόματη ρύθμιση του συστήματος συντεταγμένων εργασίας κατά τη διάρκεια μηδενισμού του τεμαχίου.



→ Εκκίνηση περιστροφής του ελικοειδή άξονα αποβλήτων προς τα εμπρός (ώθηση αποβλήτων έξω από τη μηχανή).





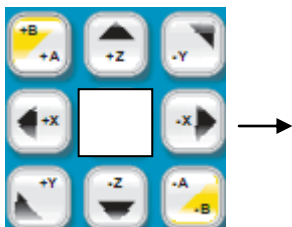
→ Τερματισμός του ελικοειδή άξονα αποβλήτων.



→ Εκκίνηση περιστροφής του ελικοειδή άξονα αποβλήτων προς τα πίσω (Είναι χρήσιμο για τον καθαρισμό του άξονα).



→ Λειτουργεί με τα πλήκτρα επιλογής αξόνων. Πιέζοντας το πλήκτρο και το πλήκτρο επιλογής κάποιου άξονα π.χ. , τότε ο άξονας χ θα κινηθεί με μέγιστη ταχύτητα μέχρι να πιεστεί το πλήκτρο .



Πλήκτρα επιλογής αξόνων.

Πατώντας κάποιο πλήκτρο επιλέγεται τον άξονα ο οποίος θα κινηθεί χειροκίνητα χρησιμοποιώντας το JOG HANDLE. Κρατώντας πιεσμένο κάποιο από τα πλήκτρα τότε ο άξονας κινείται με την ταχύτητα που έχει επιλεγθεί.



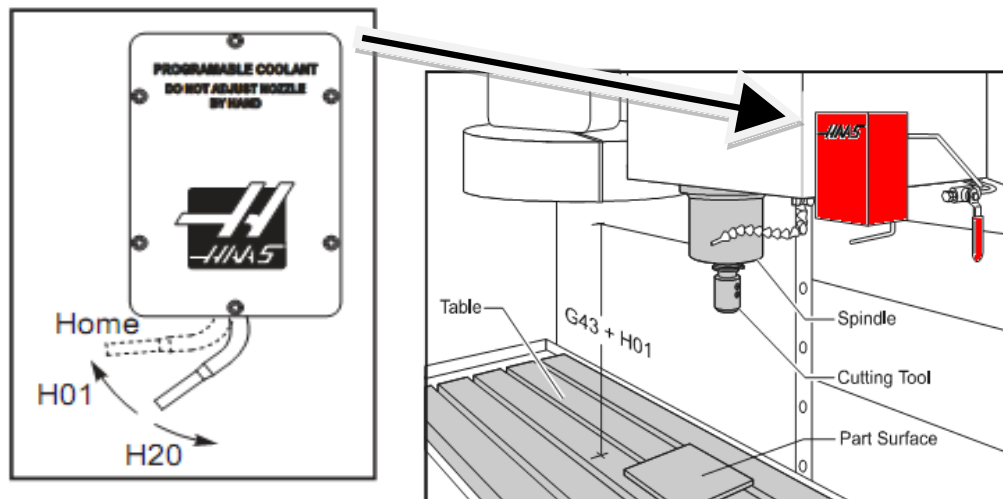
→ Μετακινεί το (προαιρετικό) προγραμματιζόμενο μπεκ ψυκτικού υγρού προς τα πάνω.



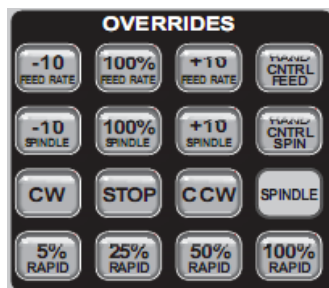
→ Μετακινεί το (προαιρετικό) προγραμματιζόμενο μπεκ ψυκτικού υγρού προς τα κάτω.



→ Πιέζοντας το πλήκτρο, στη λειτουργία MDI MODE ενεργοποιείται το (προαιρετικό) σύστημα ψυκτικού υγρού μέσω του άξονα (TSC-Through Spindle Coolant) και αν πιεστεί το πλήκτρο ξανά, απενεργοποιείται το σύστημα.



Εικόνα 282: Προγραμματιζόμενο μπεκ ψυκτικού υγρού



→ Μείωση της τρέχουσας τιμής FEED RATE (ταχύτητα τροφοδοσίας ή πρόωσης) κατά 10%.



→ Ρύθμιση στο μέγιστο το FEED RATE, σύμφωνα με το FEED RATE που έχει οριστεί από το πρόγραμμα CAM.



→ Αύξηση της τρέχουσας τιμής FEED RATE (ταχύτητα τροφοδοσίας ή πρόωσης) κατά 10%.



→ Πιέζοντας το πλήκτρο αυξομειώνεται χειροκίνητα κατά 1% το FEED RATE στρέφοντας το JOG HANDLE.



→ Μείωση της τρέχουσας τιμής της ταχύτητας της ατράκτου κατά 10%.



→ Ρύθμιση στο μέγιστο της ταχύτητας της ατράκτου σύμφωνα με τον ορισμό από το πρόγραμμα CAM.



→ Αύξηση της τρέχουσας τιμής της ταχύτητας της ατράκτου κατά 10%.





→ Πιέζοντας το πλήκτρο αυτό αυξομειώνεται χειροκίνητα κατά 1% την ταχύτητα της ατράκτου στρέφοντας το JOG HANDLE.



→ Εκκινεί την άτρακτο στρέφοντάς την σύμφωνα με τους δείκτες του ρολογιού.



→ Εκκινεί την άτρακτο στρέφοντάς την αντίστροφα με τους δείκτες του ρολογιού. Η άτρακτος μπορεί να ξεκινήσει και να σταματήσει με τα

πλήκτρα  και . Οποιαδήποτε στιγμή η μηχανή έχει εκτελέσει το Single Block ή όταν έχει πιεστεί το πλήκτρο FEED HOLD. Όταν πιεστεί το πλήκτρο Cycle Start και το πρόγραμμα επαναεκκινηθεί, η άτρακτος θα ξεκινήσει να στρέφεται με την προηγούμενη επιλεγμένη τιμή.



→ Τερματίζει την περιστροφή της ατράκτου.



→ Θέεται η πρόωση ελεύθερης λειτουργίας των αξόνων της μηχανής στο 5%. Με τον όρο ελεύθερη λειτουργία εννοούνται οι κινήσεις που κάνει η μηχανή όταν δεν εκτελεί κατεργασία.



→ Θέεται η πρόωση ελεύθερης λειτουργίας των αξόνων της μηχανής στο 25%.



→ Θέεται η πρόωση ελεύθερης λειτουργίας των αξόνων της μηχανής στο 50%.



→ Θέεται η πρόωση ελεύθερης λειτουργίας των αξόνων της μηχανής στο 100%.



→ Μετακίνηση του κέρσορα στην αρχή της οθόνης. Στις διορθώσεις προγραμμάτων ο κέρσορας μεταφέρεται στο ανώτερο αριστερό block του προγράμματος.



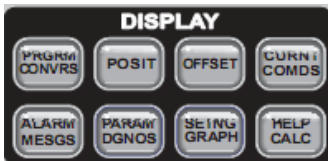
→ Μετακίνηση του κέρσορα στο τέλος της οθόνης. Στις διορθώσεις προγραμμάτων ο κέρσορας μεταφέρεται στο κατώτερο block του προγράμματος.



→ Αλλαγή σελίδων προς τα πάνω στην ανάγνωση κάποιου προγράμματος.




→ Αλλαγή σελίδων προς τα κάτω.



→ Εμφανίζει στην οθόνη το τρέχον επιλεγμένο πρόγραμμα. Στο EDIT MODE πατώντας το πλήκτρο δυο φορές εισάγεται QUICK CODE, ενώ πατώντας το τρεις φορές εισάγεται VISUAL QUICK CODE.



→ Εμφάνιση των συντεταγμένων στην οθόνη των αξόνων της μηχανής.

Πατώντας τα πλήκτρα  &  φαίνεται το σημείο εργασίας της ατράκτου όπως και το σημείο που θα διανύσει ώστε να πάει στο επόμενο σημείο εργασίας.



→ Εμφάνιση του γεωμετρικού μήκους του εργαλείου, του ακτινικού Offset, του Wear Offset και της στάθμη του ψυκτικού υγρού στην οθόνη.

Πατώντας το:



2 φορές ή



1 φορά, γίνεται εισαγωγή στην σελίδα WORK OFFSETS.




→ Εμφανίζει στην οθόνη τις λεπτομέρειες του τρέχοντος προγράμματος (π.χ. G,M,H και T κώδικες), πληροφορίες για το φορτίο της ατράκτου και τις συνταγμένες των αξόνων τις μηχανής ενώ το πρόγραμμα τρέχει. Πατώντας



το πλήκτρο φαίνεται το φορτίο/ταλάντευση του εργαλείου κοπής, η διάρκεια ζωής του, οι συντηρήσεις, οι μεταβλητές μακροεντολές και οι λεπτομέρειες για τους κωδικούς και τους χρόνους των προγραμμάτων.



→ Εμφανίζει στην οθόνη τις προειδοποιήσεις (ALARM VIEWER) και τα μηνύματα (MESSAGE SCREEN). Υπάρχουν 3 προειδοποιητικά

παράθυρα τα οποία εναλλάσσονται πατώντας το πλήκτρο  (RIGHT ARROW).





Αν επιλεγθεί το πλήκτρο :

1 φορά: Παρατηρούνται οι τρέχουσες ενεργές προειδοποιήσεις.

2 φορές: Παρατηρείται το ιστορικό πρόσφατων προειδοποιήσεων

3 φορές: Παρατηρείται η οθόνη ALARM VIEWER η οποία δείχνει μια προειδοποίηση και την περιγραφή της. Επίσης φαίνονται άλλες

προειδοποιήσεις πατώντας τα πλήκτρα  ή . Επιπλέον εισάγεται κάποιος αριθμός προειδοποίησης και πατώντας το πλήκτρο






θα εμφανιστεί στην οθόνη το όνομα και η περιγραφή της προειδοποίησης.






Πατώντας το πλήκτρο 2 φορές θα εμφανιστεί μια σελίδα με μηνύματα και σημειώσεις για το χρήστη. Χρησιμοποιώντας το πληκτρολόγιο μπορούν να εισαχθούν μηνύματα ή σημειώσεις για το τρέχον πρόγραμμα ή για άλλους χρήστες. Εάν υπάρχει κάποιο μήνυμα, κατά την εκκίνηση της μηχανής στη σελίδα MESSAGE τότε αυτό θα εμφανίζεται μέχρις ότου διαγραφεί.





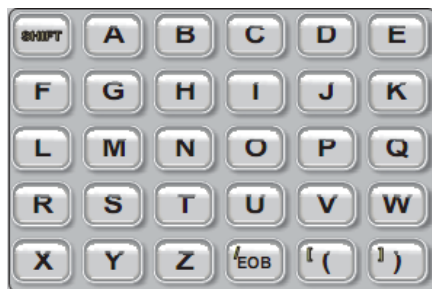
→ Εμφανίζει στην οθόνη παραμέτρους που ορίζουν τις λειτουργίες της μηχανής. Για την αναζήτηση μίας γνωστής παραμέτρου, εισάγεται ο αριθμός της και πιέζεται το πλήκτρο  ή . Οι παράμετροι είναι ρυθμισμένοι από το εργοστάσιο και δεν αλλάζουν. Πιέζοντας 2 φορές το πλήκτρο  θα εμφανιστεί η πρώτη σελίδα διαγνωστικών στοιχείων, τα οποία χρησιμοποιούνται από τεχνικούς της HAAS.



→ Εμφανίζει στην οθόνη τις ρυθμίσεις που μπορεί να επεξεργαστεί ο χρήστης. Οι ρυθμίσεις είναι ομαδοποιημένες και αναφέρονται σε συγκεκριμένο θέμα. Για την εύρεση μίας γνωστή ρύθμισης, εισάγεται ο αριθμός της και πιέζεται το πλήκτρο  ή . Πιέζοντας 2 φορές το πλήκτρο  ενεργοποιείται το GRAPHICS MODE, όπου ο χρήστης μπορεί να δει την τροχιά που θα ακολουθήσει το κοπτικό εργαλείο για το συγκεκριμένο πρόγραμμα. Το βήμα αυτό ελέγχει τυχών σφάλματα στο πρόγραμμα.



→ Εμφανίζει στην οθόνη ένα σύντομο εγχειρίδιο. Παρατηρούνται επίσης σύντομες περιγραφές των G & M κωδικών, του επεξεργαστή και λύσεις για την αντιμετώπιση προβλημάτων και συντήρησης. Πιέζοντας το  2 φορές εμφανίζεται στην οθόνη η βοηθητική αριθμομηχανή, όπου παρατηρούνται οι υπόλοιπες λειτουργίες πιέζοντας το .



→ Κρατώντας το πατημένο εισάγονται οι βοηθητικοί χαρακτήρες που βρίσκονται στο πληκτρολόγιο.



→ (END OF BLOCK) Πιέζοντας το πλήκτρο, εισάγεται στην οθόνη το (;), το οποίο δείχνει την τελευταία γραμμή του προγράμματος. (/-) Το σύμβολο αυτό δείχνει τη διαίρεση και είναι πριν από ένα block κάποιου προγράμματος, τότε αυτό αγνοείται όταν το πρόγραμμα τρέχει.



→ Οι () χρησιμοποιούνται για να ξεχωρίζουν οι εντολές του CNC προγράμματος από τα σχόλια του χρήστη. Οι [] χρησιμοποιούνται σε συναρτήσεις μακροεντολών.



→ Αυτή η λειτουργία βοηθά στην σύνταξη ή διόρθωση προγραμμάτων στη μνήμη του επεξεργαστή.



→ Εισαγωγή εντολών σε ένα πρόγραμμα μετά το κέρσορα. Επίσης εισάγονται κείμενα από το πρόχειρο στο τρέχον σημείο του κέρσορα και αντιγράφονται blocks ενός κώδικα σε ένα πρόγραμμα.



→ Αλλαγή των τονισμένων εντολών, κειμένων ή χαρακτήρων με καινούργιες εντολές, κείμενα ή χαρακτήρες. Επιπλέον αλλάζουν οι τονιζόμενες μεταβλητές στα αποθηκευμένα κείμενα στο πρόχειρο ή μετακίνηση επιλεγμένων block σε άλλη τοποθεσία.



→ Διαγράφεται ότι έχουμε τονούμενο.



→ Αναίρεση των 9 τελευταίων αλλαγών και αποεπιλογή των τονούμενων block.



→ Επιλογή του MEMORY MODE. Το τρέχον πρόγραμμα που έχει επιλεγθεί από τη λίστα προγραμμάτων έχει τη δυνατότητα λειτουργίας.




→ Ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται το SINGLE BLOCK. Όταν είναι ενεργοποιημένο το SINGLE BLOCK στο πρόγραμμα, τότε μόνο ένα block (σειρά) του εκτελείται κάθε φορά. Για να εκτελεστεί το επόμενο block θα πρέπει να πατηθεί το πλήκτρο CYCLE START.



→ Χρησιμοποιείται για έλεγχο των πραγματικών κινήσεων της μηχανής χωρίς την κοπή του τεμαχίου.



→ Ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται το OPTIONAL STOPS (προαιρετικό σταμάτημα). Επίσης φαίνεται από τον G κώδικα στην εντολή G103. Όταν είναι ενεργοποιημένο και η εντολή M01(προαιρετικό σταμάτημα) είναι προγραμματισμένη, η μηχανή θα σταματήσει όταν φτάσει στην εντολή M01. Η μηχανή θα συνεχίσει τη λειτουργία της μόλις πιεστεί το πλήκτρο CYCLE START. Ωστόσο, βασιζόμενοι στη λειτουργία LOOK-AHEAD(G103), μπορεί να μη σταματήσει αμέσως (βλέπε στο block LOOK-AHEAD). Με άλλα λόγια, το block LOOK-AHEAD, ενώ είναι ενεργοποιημένο το OPTIONAL STOP, αγνοεί την πλησιέστερη εντολή

M01. Εάν είναι πατημένο το πλήκτρο  ενώ τρέχει το πρόγραμμα τότε το αποτέλεσμα θα είναι στην επόμενη γραμμή από αυτή που είναι τονούμενη το προαιρετικό σταμάτημα.



→ Ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται η λειτουργία BLOCK DELETE. μέσα στην γραμμή του κώδικα, οι εντολές που είναι μετά θα αγνοηθούν εάν το χαρακτηριστικό είναι ενεργοποιημένο. Εάν πατηθεί το πλήκτρο



τότε από το block που βρίσκεται σταματάει 2 γραμμές μετά, εκτός και αν το κοπτικό χρησιμοποιείται, τότε σε αυτήν την περίπτωση, από το block που βρίσκεται σταματάει 4 γραμμές μετά. Η επεξεργασία θα επιβραδυνθεί στα σημεία που περιέχονται BLOCK DELETE κατά τη διάρκεια της κατεργασίας υψηλής ταχύτητας.



→ Λειτουργία MDI (χειροκίνητη εισαγωγή δεδομένων), όπου εδώ να γράφοντας ένα πρόγραμμα, το οποίο δεν θα εισάγεται στη μνήμη. Λειτουργία DNC(άμεσος αριθμητικός έλεγχος), όπου επιτρέπεται σε μεγάλα προγράμματα να μπορούν να εκτελεστούν.




→ Ενεργοποιείται ή απενεργοποιείται το προαιρετικό ψυκτικό υγρό.




→ Περιστρέφεται ο άξονας σε μία δεδομένη θέση και στη συνέχεια κλειδώνει την άτρακτο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί κατά τη ρύθμιση της εγκατάστασης τεμαχίων και κοπτικών εργαλείων.



→ Ο μύλος εργαλείων μεταφέρεται στη θέση του επόμενου εργαλείου. Τοποθετώντας ένα συγκεκριμένο εργαλείο στην άτρακτο, μεταφέρεται το


πρόγραμμα στη θέση MDI MODE πατώντας το πλήκτρο ,

πληκτρολογώντας το νούμερο του εργαλείου π.χ. T4 (το 4 εργαλείο) και


πιέζεται το πλήκτρο .



→ Κινεί το μύλο εργαλείων στη θέση του προηγούμενου εργαλείου. Για την τοποθέτηση ενός συγκεκριμένου εργαλείου στην άτρακτο, μεταφέρεται το


πρόγραμμα στη θέση MDI MODE πατώντας το πλήκτρο ,

πληκτρολογώντας το νούμερο του εργαλείου π.χ. T4 (το 4 εργαλείο) και

πιέζεται το πλήκτρο .



→ Επιλογή της αξονικής χειροκίνητης ώθησης, η οποία για κάθε κλικ περιστροφής στο HANDLE JOG, εφόσον έχει επιλεγεί βήμα πιέζοντας το



πλήκτρο , κινεί τον άξονα κατά 0.0001 inches (metric 0.001mm) ανάλογα με το σύστημα μονάδων που επιλέγεται. Στην λειτουργία DRY RUN κινείται κατά .1 inches/min.





→ Ο πρώτος αριθμός (άνω αριθμός): Όταν λειτουργεί σε ίντσες, επιλέγει το πόσο θα κινηθεί για κάθε κλικ του HANDLE JOG. Όταν η φρέζα δουλεύει σε mm ο πρώτος αριθμός πολλαπλασιάζεται επί δέκα για να βρεθεί η ώθηση του άξονα (π.χ. 0,0001 γίνεται 0,001 mm).

Ο δεύτερος αριθμός (κάτω σειρά): Χρησιμοποιείται για την λειτουργία DRY RUN ώστε να επιλεγεί η ταχύτητα αξονικών κινήσεων και την ταχύτητα τροφοδοσίας(Feedrate).



→ Επιλέγεται η λειτουργία ZERO RETURN, όπου εμφανίζεται στην οθόνη η θέση του άξονα σε 4 διαφορετικές κατηγορίες όπου αυτές είναι: 1) Operator, 2) Work G54, 3) Machine, 4) Distance-to-go. Αυτά μπορούν να εναλλαχθούν ώστε να εμφανιστούν σε μεγαλύτερα παράθυρα με τα πλήκτρα  & .






→ Επιστρέφει όλους τους άξονες στο σημείο μηδέν της μηχανής, εφόσον έχει πιεστεί το πλήκτρο . Αυτό το πλήκτρο έχει την ίδια λειτουργία με το , εκτός του ότι δεν θα πραγματοποιηθεί η αλλαγή του εργαλείου. Αυτό μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον καθορισμό των αρχικών μηδενικών σημείων των αξόνων της μηχανής.



→ Ρυθμίζει τις επιλεγμένες οθόνες και μετρητές στο 0.




→ Επιστρέφεται ο άξονας που έχει επιλεγεί στο μηδενικό του σημείο.

Πιέζοντας το πλήκτρο , έπειτα εισάγεται το γράμμα (π.χ. ) του επιθυμητού άξονα και πιέζεται το πλήκτρο .



→ Επιστρέφουν όλοι οι άξονες στο σημείο μηδέν της μηχανής με γρήγορη κίνηση. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα επιστροφής ενός άξονα στο σημείο μηδέν της μηχανής, πληκτρολογώντας το γράμμα του άξονα και πιέζοντας

το πλήκτρο . Όμως, δεν εμφανίζεται προειδοποιητικό μήνυμα σε περίπτωση πιθανής σύγκρουσης. Για παράδειγμα, εάν ο Z άξονας βρίσκεται κάτω και μεταξύ τεμαχίων και δοθεί εντολή οι άξονες X και Y να επιστρέψουν στο σημείο μηδέν τους, τότε θα υπάρξει σύγκρουση.



→ Εμφανίζει στην οθόνη τα προγράμματα που είναι αποθηκευμένα στον Controller.



→ Μετατρέπει το τονούμενο πρόγραμμα, από το μενού program list, στο τρέχον πρόγραμμα. ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Το τρέχον πρόγραμμα έχει ένα "*" πριν από αυτό στο μενού program list.



→ Στέλνει προγράμματα μέσω της θύρας RS-232.



→ Λαμβάνει προγράμματα μέσω της θύρας RS-232.



→ Διαγράφει το τονούμενο πρόγραμμα στο μενού MEMORY MODE ή ολόκληρο το πρόγραμμα όταν βρίσκεται στο μενού MDI MODE.



→ Χρησιμοποιείται για διαγραφή του τελευταίου χαρακτήρα που έχει εισαχθεί.



→ Χρησιμοποιείται για την εισαγωγή τυποποιημένων σχόλιων που βρίσκονται είτε μέσα σε προγράμματα ή στην περιοχή των μηνυμάτων. Χρησιμοποιείται και για την εισαγωγή του κενού μεταξύ χαρακτήρων.








→ Πλήκτρο γενικής εισαγωγής.

(-) αρνητικό σύμβολο- Χρησιμοποιείται για την αρνητική τιμή των αριθμών.

(.) δεκαδικό σημείο- Χρησιμοποιείται για το σύμβολο της δεκαδικής ακρίβειας.


Οθόνη

Οι ακόλουθες θέσεις των αξόνων που εμφανίζονται στην οθόνη:

- **HOMEPAGE:**
Αυτή η οθόνη εμφανίζει τέσσερα παράθυρα (Operator, Work, Machine and Distance to go) ταυτόχρονα. Χρησιμοποιώντας τα πλήκτρα  &  ή  &  γίνεται η μετακίνηση στα παράθυρα.
- **Operator display:**
Αυτό το παράθυρο χρησιμοποιείται για να εμφανίσει την απόσταση που ο χρήστης έχει ωθήσει οποιοδήποτε από τους άξονες. Αυτό δεν αντιπροσωπεύει την πραγματική απόσταση του άξονα από το σημείο μηδέν της μηχανής. Οι άξονες μπορούν να μηδενίζονται, επιλέγοντας έναν άξονα (X, Y ή Z) και πατώντας το πλήκτρο .
- **Work Display:**
Εμφανίζει τη θέση των X, Y και Z σε σχέση με το τεμάχιο ,όχι το σημείο μηδέν της μηχανής. Με την εκκίνηση της μηχανής θα εμφανιστεί αυτόματα η τιμή του work offset G54. Η θέση μπορεί να αλλάξει μόνο με την εισαγωγή τιμών στο κώδικα G54 μέσω της G59, G110 με G129, ή από εντολές του κώδικα G92 σε ένα πρόγραμμα.
- **Machine Display:**
Αυτό το παράθυρο είναι η πραγματική θέση αξόνων σε σχέση με το σημείο μηδέν της μηχανής.
- **Distance To Go:**
Το παράθυρο αυτό εμφανίζει την απόσταση που απομένει πριν οι άξονες φτάσουν στην θέση, όπου τους έχει δοθεί η εντολή.

Λειτουργία μηχανής

Εκκίνηση μηχανής

- Για την εκκίνηση της μηχανής θέτεται στην θέση ON ο κεντρικός διακόπτης που βρίσκεται στο πίσω μέρος της μηχανής.
- Έπειτα πιέζεται το πλήκτρο POWER ON στον CONTROLLER.
- Η μηχανή θα περάσει από έλεγχο και στη συνέχεια να εμφανιστούν μηνύματα στην οθόνη ή συναγερμοί στην οθόνη. Σε κάθε περίπτωση ο controller θα εμφανίσει συναγερμό (102 servos OFF). Πιέζοντας το πλήκτρο  μια ή δύο φορές θα διαγραφούν οι συναγερμοί. Αν ο συναγερμός δεν διαγραφεί, η μηχανή θα χρειάζεται συντήρηση τότε σε αυτή την περίπτωση


καλούμε τον αντιπρόσωπο. Μόλις οι συναγερμοί διαγραφούν, το μηχάνημα χρειάζεται ένα σημείο αναφοράς για να ξεκινήσει όλες τις λειτουργίες από το σημείο που ονομάζεται "HOME". Το σημείο HOME (μηδενισμός των



αξόνων) της μηχανής, γίνεται πατώντας το πλήκτρο

Προσοχή: Η αυτόματη κίνηση θα ξεκινήσει όταν πατηθεί το κουμπί. Ο χειριστής πρέπει να βρίσκεται μακριά από το εσωτερικό της μηχανής και από το σημείο αλλαγής του κοπτικού εργαλείου.



- Πατώντας το  θα σβηστεί ο συναγερμός 102. Εφόσον η μηχανή έρθει στο σημείο HOME τότε θα είναι έτοιμη για να λειτουργήσει.
- Έπειτα πρέπει να ελεγχθεί η πίεση του αέρα (**85-90 PSI**) όπως και η στάθμη λαδιών στο πίσω μέρος της μηχανής όπως φαίνεται στην εικόνα 273.
- Η στάθμη του ψυκτικού υγρού ελέγχεται από τον CONTROLLER πιέζοντας



το πλήκτρο

- Εάν η μηχανή έχει να λειτουργήσει περισσότερες από 4 μέρες είναι απαραίτητο να τρέξει το πρόγραμμα Warm Up, ώστε να προθερμανθούν τα λιπαντικά της μηχανής. Το πρόγραμμα αυτό έχει διάρκεια 20 λεπτών. Απαραίτητη είναι και η κίνηση της χειροκίνητης αντλίας λαδιού του η οποία χρησιμεύει στην λίπανση των εδράνων κύλισης.




Εικόνα 283: Δοχείο λαδιού και φίλτρο αέρα



Εικόνα 284: Μονάδα ψυκτικού υγρού

Αλλαγή κόνου-κοπτικού εργαλείου.

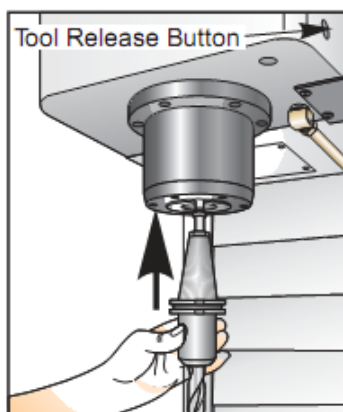
- Μεταφορά στο μενού MDI MODE
- Πληκτρολογείται το νούμερο του εργαλείου που θα αντικαταστήσει το ήδη υπάρχον εργαλείο στην άτρακτο(π.χ. T3 M06;)

- Πιέζεται το πλήκτρο  ή CYCLE START.
- Σε περίπτωση απελευθέρωσης του κοπτικού εργαλείου από την άτρακτο

πιέζεται από τον Controller το πλήκτρο  ή το πλήκτρο Tool Release Button, που είναι τοποθετημένο δίπλα στην άτρακτο όπως φαίνεται στην παρακάτω εικόνα.

ΠΡΟΣΟΧΗ!!!!

Πριν πιεστεί το πλήκτρο Tool Release Button πρέπει ο χειριστής να κρατάει με το χέρι το εργαλείο γιατί διαφορετικά το εργαλείο θα πέσει στην τράπεζα με αποτέλεσμα να σπάσει το κοπτικό εργαλείο.




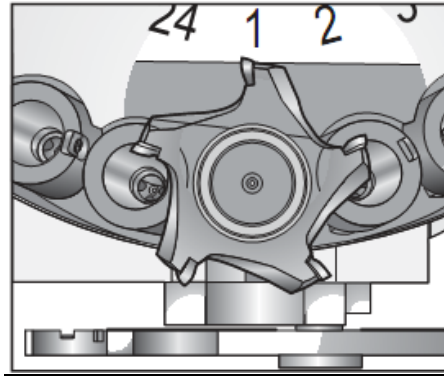
Εικόνα 285: Σημείο πλήκτρου Tool Release Button

Θέση κοπτικών εργαλείων

Η φρέζα Haas VF-2 έχει 20 κοπτικά εργαλεία τοποθετημένα στο μύλο.

Σημεία προσοχής κατά την τοποθέτηση εργαλείων στο μύλο

- Πριν τοποθετηθεί κοπτικό εργαλείο στο μύλο, θα πρέπει να οριστούν οι άξονες της μηχανής στο σημείο μηδέν, πιέζοντας το πλήκτρο . Αυτό πρέπει να γίνεται σε κάθε εκκίνηση της μηχανής.
- Κατά την εισαγωγή νέου κοπτικού εργαλείου στο μύλο πρέπει να προσεχθεί η διάμετρος του κοπτικού εργαλείου. Όπως φαίνεται στη παρακάτω εικόνα η διάμετρος του κοπτικού εργαλείου 1 είναι αρκετά μεγάλη, οπότε θα πρέπει να αφαιρεθούν τελείως τα κοπτικά 24 και 2, για να τοποθετηθεί το κοπτικό εργαλείο 1 και να αποφευχθεί η πρόσκρουση με τα άλλα δύο κοπτικά εργαλεία.



Εικόνα 286: Εργαλείο μεγάλης διαμέτρου τοποθετημένο στην ομπρέλα εργαλείων








Ορισμός Μηδενισμού.

Μηδενισμός είναι η εύρεση του σημείου αναφοράς του εργαλείου ή τεμαχίου κατεργασίας, σε σχέση με το σημείο μηδέν της μηχανής. Αυτό εισάγεται σε συγκεκριμένο πίνακα (TOOL OFFSET MEASURE ή WORK ZERO SET) και στην ουσία προσδιορίζει στη μηχανή το μήκος του κοπτικού ή το σημείο που είναι τοποθετημένο το τεμάχιο στην τράπεζα της μηχανής. Σημείο αναφοράς κομματιού είναι αυτό από όπου ξεκινούν οι σημαντικότερες διαστάσεις του, συνήθως φαίνεται στο σχέδιο ή ορίζεται από τον κατασκευαστή.

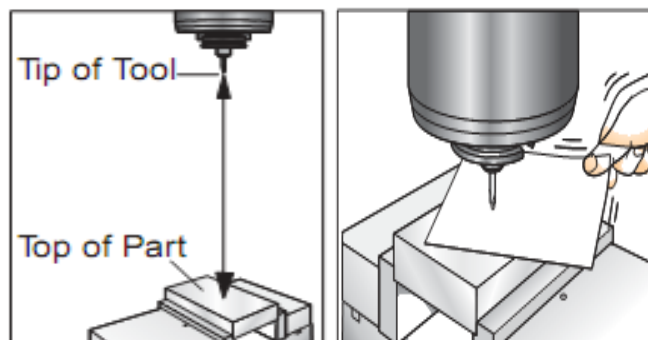
Ορισμός εργαλείου αναφοράς

➤ Κοπτικό Εργαλείο





Ως εργαλείο αναφοράς χρησιμοποιείται κάποιο κοπτικό εργαλείο φινιρίσματος. Το κοπτικό εργαλείο αναφοράς θα πρέπει να τοποθετείται στην θέση 1.

1. Πιέζεται το πλήκτρο .
2. Πληκτρολογείται T1 M06;
3. Πιέζεται το πλήκτρο  ή CYCLE START, οπότε στην άτρακτο υπάρχει το εργαλείο 1.
4. Ωθείται και πλησιάζεται το κοπτικό εργαλείο στο τεμάχιο ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:
 1. 
 2. Επιλέγεται ο άξονας Z
 3. Επιλέγεται το βήμα πρόωσης  ή  ή  ή 
 4. Ωθείται ο άξονας στρέφοντας το JOG HANDLE

- Έχοντας πλησιάσει στο κομμάτι, ενδιάμεσα στην μύτη του εργαλείου και στο τεμάχιο τοποθετείται ένα φύλλο χαρτιού, το οποίο κινείται, όσο ο άξονας ωθείται.




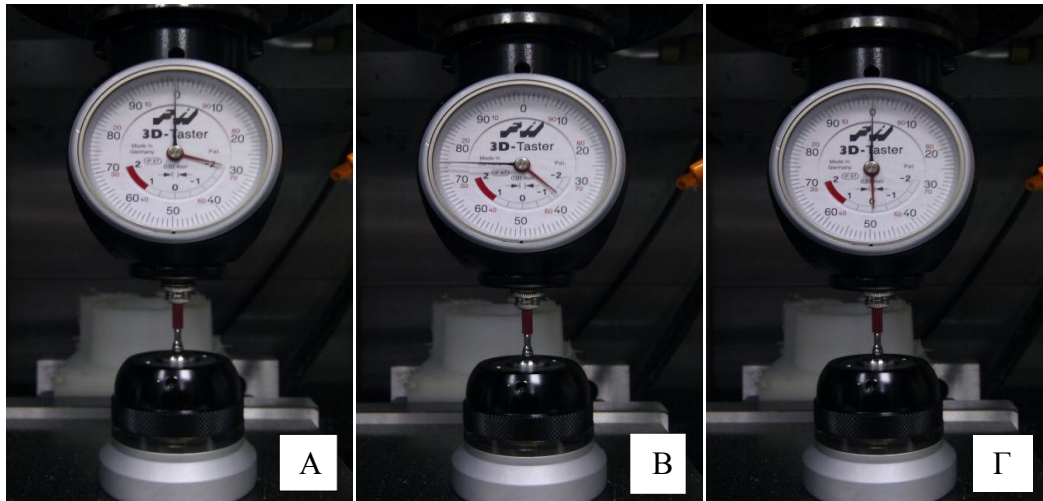
Εικόνα 287: Τοποθέτηση φύλλου χαρτιού ανάμεσα στην μύτη του κοπτικού και του άνω μέρους του τεμαχίου

- Σε περίπτωση αντίστασης πιέζεται  μια ή δυο φορές έτσι ώστε να μεταφερθεί στο παράθυρο WORK ZERO OFFSET. Επιλέγεται η γραμμή G54 και η στήλη Z και πιέζεται το πλήκτρο  για να οριστεί το εργαλείο 1 ως εργαλείο αναφοράς.
- Έπειτα πιέζεται πάλι  για να μεταφερθεί στο παράθυρο TOOL OFFSET και να μηδενιστεί το μήκος του πιέζοντας  (παρατηρείται ότι η τιμή του στον άξονα Z θα είναι 0).





➤ Με το μετρητικό ρολόι 3DTASTER.

Έχοντας τοποθετημένο το 3DTASTER στην θέση 1, και την μαγνητική βάση τοποθετημένη σε επίπεδη καθαρή επιφάνεια.

- Πιέζεται το πλήκτρο .
- Πλησιάζεται η άτρακτος αργά στο τεμάχιο. Όπως φαίνεται στην 1^η εικόνα το μετρητικό ρολόι η μαύρη βελόνα δείχνει στο 0 και η κόκκινη στο -2.
- Κινείται αργά ο άξονας έτσι ώστε και ο μαύρος και ο κόκκινος δείκτης να δείξουν 0, όπως φαίνεται στην εικόνα 288 Γ.










Εικόνα 288: Διαδικασία ορισμού του 3DTASTER ως εργαλείο αναφοράς

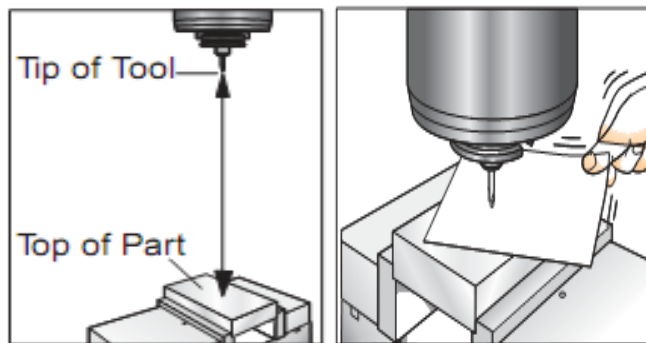
4. Πιέζεται  μια η δυο φορές έτσι ώστε να δείχνει το παράθυρο WORK ZERO OFFSET. Επιλέγεται η γραμμή G54 και η στήλη Z και πιέζεται το πλήκτρο  για να οριστεί το 3D TASTER ως εργαλείο αναφοράς.
5. Έπειτα πιέζεται πάλι  για να μεταφερθεί στο παράθυρο TOOL OFFSET και να μηδενιστεί το μήκος του, πιέζοντας το πλήκτρο  (παρατηρείται ότι η τιμή του στον άξονα Z θα είναι 0).

Δήλωση εργαλείων


➤ Με εργαλείο αναφοράς κοπτικό εργαλείο.
Έστω ότι δηλώνεται το κοπτικό εργαλείο 5.


- Πιέζεται το πλήκτρο .
- Πληκτρολογείται T5 M06;
- Πιέζεται το πλήκτρο , οπότε στην άτρακτο υπάρχει το εργαλείο 5
- Ωθείται και πλησιάζεται το εργαλείο στο τεμάχιο ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:
 1. Πιέζεται .
 2. Επιλογή άξονα Z
 3. Επιλογή του βήματος πρόωσης  ή  ή  ή .
 4. Ωθείται ο άξονας, στρέφοντας το JOG HANDLE.

5. Έχοντας πλησιάσει στο κομμάτι, ενδιάμεσα στην μύτη του εργαλείου και στο τεμάχιο τοποθετείται ένα φύλλο χαρτιού, το οποίο κινείται όσο ωθείται ο άξονας.





Εικόνα 289: Τοποθέτηση φύλλου χαρτιού ανάμεσα στην μύτη του κοπτικού και του άνω μέρους του τεμαχίου






6. Στην περίπτωση αντίστασης, πιέζεται το πλήκτρο . Μετακινώντας με τα βέλη τον αριθμό εργαλείου και τη στήλη LENGTH (μήκος)


7. Πιέζεται το πλήκτρο . Η τιμή του μήκους του εργαλείου έχει καταχωρηθεί στον πίνακα.

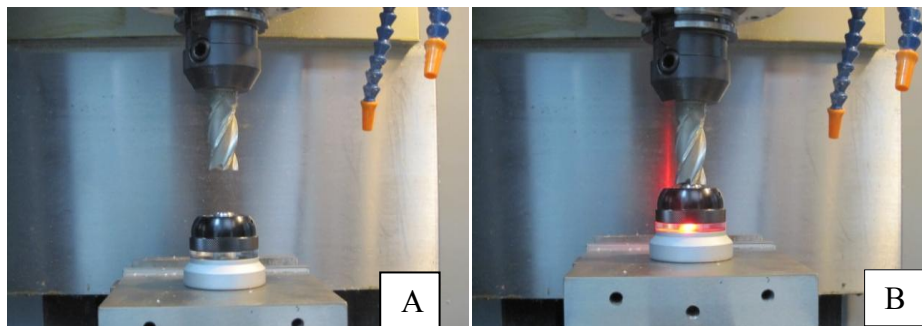
➤ Με εργαλείο αναφοράς το 3DTASTER.

Έχοντας ορίσει το 3DTASTER ως εργαλείο αναφοράς, τοποθετείται η μαγνητική βάση σε επίπεδη και καθαρή επιφάνεια. Έστω ότι δηλώνεται το κοπτικό εργαλείο 5.


- Πιέζεται το πλήκτρο .
- Πληκτρολογείται T5 M06;
- Πιέζεται το πλήκτρο , οπότε στην άτρακτο είναι τοποθετημένο το εργαλείο 5.
- Ωθείται και πλησιάζεται το εργαλείο στην μαγνητική βάση ακολουθώντας τα παρακάτω βήματα:

1. 
2. Επιλογή άξονα Z
3. Επιλογή του βήματος πρόωσης  ή  ή  ή  (πλησιάζοντας κοντά στην μαγνητική βάση επιλέγεται μικρό βήμα πρόωσης).
4. Ωθείται ο άξονας, στρέφοντας το JOG HANDLE.

5. Όταν ανάψει η λυχνία LED της μαγνητικής βάσης, πιέζεται το πλήκτρο .



Εικόνα 290: Επαφή του κοπτικού εργαλείου στην μαγνητική βάση


6. Μετακινείται με τα βέλη στον αριθμός εργαλείου και στη στήλη LENGTH (μήκος).
7. Πιέζεται το πλήκτρο . Το μήκος του εργαλείου έχει καταχωρηθεί στον πίνακα.

ΠΡΟΣΟΧΗ

Εάν έχει ξεκινήσει η κατεργασία του τεμαχίου και χρειαστεί η χρήση ενός νέου κοπτικού εργαλείου τότε:

- Σημειώνονται οι συντεταγμένες του συστήματος G54, όπου γίνεται η εργασία.
- Ορίζεται το 3DTASTER ή το κοπτικό αναφοράς ως εργαλείο αναφοράς
- Μηδενίζεται το νέο εργαλείο.
- Εισάγονται οι συντεταγμένες (που σημειώθηκαν) του συστήματος G54, όπου γίνεται η εργασία.

Παρατηρήσεις







Πιέζοντας το πλήκτρο  τοποθετείται το επόμενο εργαλείο στην άτρακτο (μόνο εάν δεν έχει γίνει άλλος χειρισμός). Στον πίνακα των εργαλείων μπορεί να συμπληρωθεί η στήλη RADIUS (ακτίνα του εργαλείου).

Προσοχή στη θέση που καταχωρείται το μήκος του κοπτικού εργαλείου, γιατί σε περίπτωση λάθους, η τιμή θα καταχωρηθεί σε άλλο κοπτικό εργαλείο με πιθανό αποτέλεσμα την πρόσκρουση του κοπτικού εργαλείου στο τεμάχιο. Η θέση του μήκους πρέπει να είναι τονούμενη όπως και το νούμερο του εργαλείου .

Μηδενισμός τεμαχίου κατεργασίας


➤ Κατά τους άξονες X και Y

Για τον ορισμό του σημείου, χρησιμοποιούνται κλασικοί τρόποι και εργαλεία, όπως θα γινόταν με μια συμβατική εργαλειομηχανή (μετρητικό ρολόι, πείρος, φρεζάρισμα κομματιού, αισθητήρας επαφής κ.λπ.)


1. Πιέζεται το πλήκτρο , ελέγχεται στην οθόνη (πάνω και δεξιά) αν γραφεί G54. Εάν όχι τότε πρέπει να ενεργοποιηθεί.
2. Πιέζεται  και επιλέγεται ταχύτητα πρόωσης με την όποια θα κινηθεί  ή  ή  ή .
3. Επιλέγεται ο άξονας κατά τον όποιο θα κινηθεί (X , Y).
4. Κινείται προς το σημείο μηδενισμού και ορίζεται.

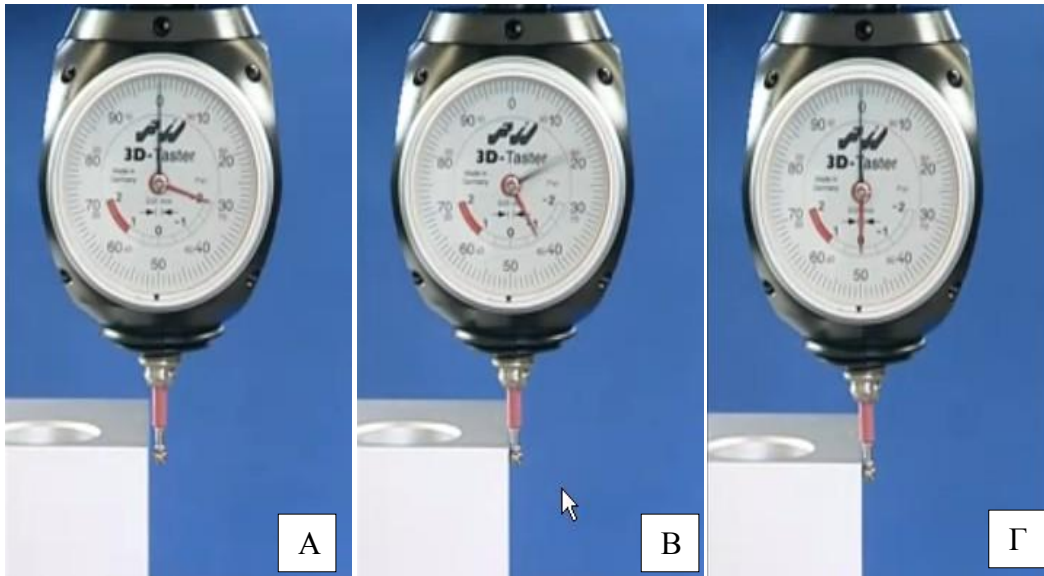
Μηδενισμός μπορεί να γίνει είτε με το κοπτικό ή με μετρητικό ρολόι ή αισθητήρα επαφής. Παρακάτω θα αναλυθεί ο μηδενισμός με το κοπτικό και το μετρητικό ρολόι.

➤ Μηδενισμός με το κοπτικό

1. Πιέζεται το πλήκτρο  για να ξεκινήσει η άτρακτος να περιστρέφεται.
2. Πλησιάζεται η άτρακτος αργά στο τεμάχιο και ενώ ακουμπήσει ελαφρά τότε ακολουθεί το βήμα 5 παρακάτω.
3. Όταν μηδενίζεται με εργαλείο κάποιας διαμέτρου τότε το σημείο που θα ακουμπήσει στο κομμάτι δεν είναι το κέντρο του, αλλά η ακτίνα, άρα γίνεται μια μετατόπιση του σημείου μηδέν τόση όσο η ακτίνα του εργαλείου. Θα πρέπει λοιπόν ή να μετακινηθεί το εργαλείο (τόσο όσο η ακτίνα του) ή να διορθωθεί η τιμή που περάστηκε στον πίνακα κάνοντας ADD (Διορθώνεται το σωστό πρόσημο και τιμή και πιέζεται WRITE/ENTER) .


➤ Μηδενισμός με το μετρητικό ρολόι 3D TASTER

1. Πιέζεται το πλήκτρο .
2. Πλησιάζεται η άτρακτος αργά στο τεμάχιο. Όπως φαίνεται στην εικόνα 291A, στο μετρητικό ρολόι η μαύρη βελόνα δείχνει στο 0 και η κόκκινη -2.
3. Κινώντας αργά τον άξονα έτσι ώστε και ο μαύρος και ο κόκκινος δείκτης να δείξουν 0, όπως φαίνεται στην εικόνα 291Γ.
4. Ακολουθείται το βήμα 5.




Εικόνα 291: Μηδενισμός με το μετρητικό ρολόι 3D TASTER κατά τον άξονα X



5. Πιέζεται  (αν χρειαστεί και δεύτερη φορά), για να εμφανιστεί η οθόνη WORK ZERO OFFSET(G54) .
6. Επιλέγεται ο άξονας (X , Y).




7. Πιέζεται , για να μηδενιστεί ο άξονας που έχει επιλεγεί. Επαναλαμβάνεται η ίδια διαδικασία για τους άξονες X και Y.
- Μηδενισμός κατά τον Z άξονα


➤ Με το κοπτικό

Επιλέγεται το εργαλείο αναφοράς. Για το εργαλείο αυτό η τιμή του μήκους του στο παράθυρο TOOL OFFSET και στη στήλη LENGTH πρέπει να είναι μηδέν.




1. Πιέζεται  .
2. Πληκτρολογείται ο αριθμός T1 M06;



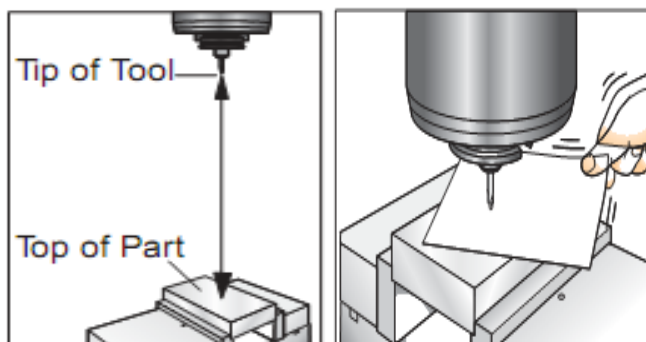
3. Πιέζεται  .



4. Επιλέγεται , ταχύτητα πρόωσης, άξονα Z και ωθείται το κοπτικό εργαλείο προς την επιφάνεια αναφοράς του κομματιού έως να ακουμπήσει στην επιφάνεια.

ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΗ.

Μηδενίζεται χωρίς να τεθεί ο άξονας σε περιστροφή. Αυτό γίνεται ως εξής: Έχοντας πλησιάσει στο κομμάτι, ενδιάμεσα στη μύτη του εργαλείου και στο τεμάχιο τοποθετείται ένα φύλλο χαρτιού, το οποίο όσο πλησιάζει τον άξονα το κινείτε. Στην περίπτωση αντίστασης ακολουθούνται τα επόμενα βήματα.



Εικόνα 292: Τοποθέτηση φύλλου χαρτιού ανάμεσα στην μύτη του κοπτικού και του άνω μέρους του τεμαχίου



3. Πιέζεται μία η δύο φορές έτσι ώστε να εμφανιστεί το παράθυρο WORK ZERO OFFSET. Επιλέγεται η γραμμή G54 και η στήλη Z (εάν η εργασία γινόταν σε κάποιο άλλο σύστημα συντεταγμένων τότε θα επιλεγόταν. Στη συγκεκριμένη περίπτωση η εργασία γίνεται στο σύστημα συντεταγμένων G54).



4. Πιέζεται . Ο μηδενισμός στο Z άξονα έχει ολοκληρωθεί.

➤ Με το μετρητικό ρολόι 3DTaster.

Επιλέγεται το μετρητικό ρολόι και έστω ότι βρίσκεται στην θέση 1



1. Πιέζεται .
2. Πληκτρολογείται το T1 M06;



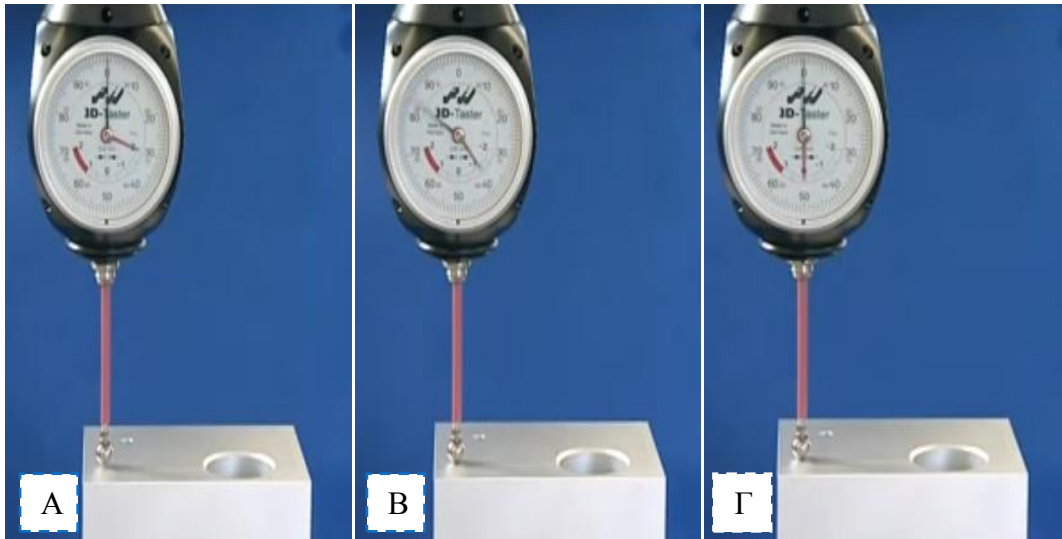
3. Πιέζεται το πλήκτρο .
4. Πιέζεται το πλήκτρο CYCLE START.




5. Πιέζεται το πλήκτρο .



6. Επιλέγεται το πλήκτρο , ταχύτητα πρόωσης, άξονα Z και πλησιάζει το 3DTaster προς την επιφάνεια αναφοράς του κομματιού.
7. Όπως παρατηρείται στην εικόνα 293A, στο μετρητικό ρολόι η μαύρη βελόνα δείχνει στο 0 και η κόκκινη στο -2.
8. Κινείται αργά ο άξονας έτσι ώστε και ο μαύρος και ο κόκκινος δείκτης να μεταφερθούν 0, όπως φαίνεται στην εικόνα 293Γ.



Εικόνα 293: Μηδενισμός με το μετρητικό ρολόι 3D TASTER κατά τον άξονα Z



9. Επιλέγεται  μια η δυο φορές έτσι ώστε να μεταφερθεί στο παράθυρο WORK ZERO OFFSET. Επιλέγεται η γραμμή G54 και η στήλη Z (εάν η εργασία γινόταν σε κάποιο άλλο σύστημα συντεταγμένων τότε επιλέγεται. Στην συγκεκριμένη περίπτωση, η εργασία γίνεται στο σύστημα συντεταγμένων G54). Ο μηδενισμός του Z έχει ολοκληρωθεί .

Ονομασία, αρίθμηση και επιλογή προγραμμάτων.

Για την δημιουργία ή την επιλογή ενός νέου προγράμματος, πιέζεται το πλήκτρο



για να εισέλθει στην οθόνη ο κατάλογος των προγραμμάτων λειτουργίας. Εισάγεται ένας αριθμός προγράμματος με την μορφή 0nnnnn- Το γράμμα "O"

ακολουθείται από 5 αριθμούς και πιέζεται το πλήκτρο  ή . Εάν το πρόγραμμα υπάρχει, αυτό θα επιλεγεί (το πρόγραμμα που έχει επιλέγει έχει μπροστά του το σύμβολο "*"'). Αν αυτό δεν υπάρχει, θα δημιουργηθεί. Πιέζεται το πλήκτρο



για να εμφανιστεί το νέο πρόγραμμα. Ένα νέο πρόγραμμα αποτελείται μόνο από το όνομα του προγράμματος και ένα End of Block (τέλος του μπλοκ) που συμβολίζεται με (;). Τα αριθμημένα προγράμματα διατηρούνται όταν η συσκευή είναι απενεργοποιημένη.

The screenshot shows a menu titled "PROGRAM (LIST PROG)" with a "F1-HELP" button. On the left, there are device selection buttons: MEMORY, FLOPPY, HARD DRIVE, USB (highlighted), and NET SHARE. The main area displays a directory listing for "HARD DRIVE" with columns for file name, size, date, and time. The file "HYTING" is highlighted in yellow. At the bottom, it shows "3 PROGRAMS 68% FREE (889260 BYTES)".

Annotations on the screen include:

- ΕΠΙΛΕΓΜΕΝΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ**: Points to the highlighted "HYTING" file.
- ΑΝΩ ΣΗΜΕΙΟ ΚΑΤΑΛΟΓΟΥ**: Points to the "HARD DRIVE" header.
- ΚΑΤΑΛΟΓΟΣ**: Points to the "DIR" column.
- ΣΥΣΚΕΥΕΣ**: Points to the device selection buttons on the left.
- ΤΟΝΟΥΜΕΝΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ**: Points to the "HYTING" file.
- ΥΠΟΚΑΤΑΛΟΓΟΣ**: Points to the "PROJECT 2" sub-directory.
- ΜΕΓΕΘΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**: Points to the size column.
- ΩΡΑ & ΗΜΕΡΟΜΗΝΙΑ ΠΟΥ ΔΗΜΙΟΥΡΓΗΘΗΚΕ ΤΟ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ**: Points to the date and time columns.
- ΠΗΓΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**: Points to "SOURCE MEMORY" at the bottom.
- ΠΡΟΟΡΙΣΜΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΟΣ**: Points to "DESTINATION: HARD DRIVE" at the bottom.

ΠΛΟΗΓΗΣΗ ΚΑΤΑΛΟΓΟΥ

Κεντρική

- ◀ Επιλογή συσκευής
- ▶ Επιλογή καταλόγου

Συσκευή

- ▲ Επιλογή προς τα επάνω
- ▼ Επιλογή προς τα κάτω

Κατάλογος

- ▲ Επιλογή προς τα επάνω
- ▼ Επιλογή προς τα κάτω

HOME Πηγαίνουμε στο πρώτο αρχείο

END Πηγαίνουμε στο τελευταίο αρχείο

PAGE UP Προηγούμενα 22 αρχεία

PAGE DOWN Επόμενα 22 αρχεία

WRITE Επιλογή πηγαίου αρχείου για αντιγραφή και επικόλληση ή αλλαγή καταλόγου

F2 Αντιγραφή επιλεγόμενου πηγαίου αρχείου και ανάγνωση ή επικόλληση στην τρέχουσα συσκευή

INSERT Δημιουργία νέου φακέλου στον τρέχων κατάλογο


ALTER Μετονομασία τонуμένου αρχείου-Γράφουμε το όνομα του αρχείου στην γραμμή εντολών και





Εικόνα 294: Παράθυρο επιλογής προγράμματος της οθόνης του CONTROLLER της φρέζας




Επιλογή προγράμματος και εκκίνηση κατεργασίας.

➤ Μέσω μενού του CONTROLLER











- Επιλέγεται αρχικά η συσκευή προγράμματος.

- Πιέζεται το πλήκτρο 

- Επιλέγεται το πρόγραμμα από τη λίστα με τα πλήκτρα , ,  & .

- Επιλέγεται με το πλήκτρο  (το πρόγραμμα που έχει επιλέγει θα έχει πριν από αυτό το σύμβολο ``*``)
- Πιέζεται το πλήκτρο  για την επαναφορά στο μενού MEM MODE.
- Πιέζεται το πλήκτρο CYCLE START για την εκκίνηση του προγράμματος.
- Για την επιλογή ενός νέου προγράμματος ενώ βρίσκεται στο MEM MODE, πληκτρολογείται το όνομα του προγράμματος (Onnnnn) και πιέζεται το πλήκτρο .

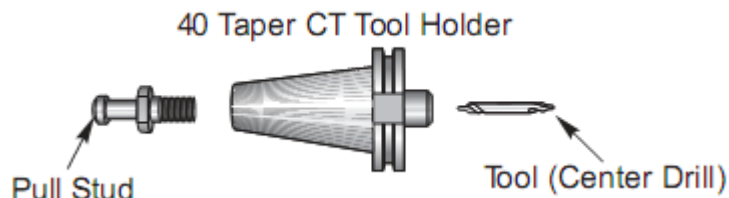
➤ Μέσω USB

- Επιλέγεται η συσκευή USB.
- Επιλέγεται το πρόγραμμα από τη λίστα με τα πλήκτρα , ,  & .
- Πιέζεται το πλήκτρο  για την αντιγραφή του προγράμματος στη μνήμη.
- Μεταφορά στο μενού MEMORY.
- Πιέζεται το πλήκτρο  για να επικολληθεί στο μενού MEMORY.
- Επιλογή του πλήκτρου  (Το πρόγραμμα που θα έχει επιλέγει θα έχει πριν από αυτό το σύμβολο ``*``)
- Πιέζεται το πλήκτρο  για να μεταφερθεί στο μενού MEM MODE.
- Τέλος, πιέζεται το πλήκτρο CYCLE START για να τρέξει το πρόγραμμα
- Για την αφαίρεση της συσκευής USB, πιέζεται το πλήκτρο  για την μεταφορά στο LIST/PROG display και πιέζεται το πλήκτρο . Αναμονή έως ότου το μήνυμα κατάργησης εξαφανιστεί.

Κόνοι ατράκτου

- Επιλογή pull stud και κώνου

Στην εικόνα 295 παρατηρούνται αναλυτικά τα εξαρτήματα του κώνου 40 Taper CT, ενώ στον πίνακα 15 οι παράμετροι επιλογής Pull stud και κώνου.



Εικόνα 295: Pull stud και κώνος

40T CT 24-Piece Kits • TPS24CT (TSC) • PS24CT (Non-TSC)					
50T CT • TPS24CT50 (TSC) • PS24CT50 (Non-TSC)					
40T BT • TPS24BT (TSC) • PS24BT (non-TSC)					
50T BT • TPS24E50 (TSC) • PS24E50 (Non-TSC)					
CT CAT V-Flange					
40T	2.69	2.50	.44	5/8"-11	1.75
50T	4.00	3.87	.44	1"-8	2.75
BT MAS 403					
40T	2.57	2.48	.65	M16X2	1.75
50T	4.00	3.94	.91	M24X3	2.75

Πίνακας 15: Παράμετροι επιλογής Pull stud και κώνου.

- Συντήρηση

Για την συντήρηση καθαρίζεται το μέρος του κώνου που τοποθετείται στην άτρακτο με ένα ελαφρώς λαδωμένο πανί, ώστε να αφήσει μια λεπτή επιστρωση λαδιού η οποία αποτρέπει την οξείδωση του.

Επεξήγηση των κωδικών προγράμματος

Παρακάτω ακολουθεί η ανάλυση των κωδικών προγράμματος.

D → Επιλογή αντιστάθμισης ακτίνας εργαλείου.

F → Πρόωση κοπής.

I → Μετατόπιση κατά X άξονα.

- J** → Μετατόπιση κατά Y άξονα.
- K** → Φινίρισμα.
- L** → Προαιρετικός αριθμός επαναλήψεων.
- P** → Αριθμός υποπρογράμματος που ορίζει τη μορφή της εσοχής.
- Q** → Βάθος κοπής (πάσο), θετικές τιμές μόνο (> 0).
- R** → Επίπεδο ασφάλειας.
- S** → Αριθμός στροφών, προαιρετικό.
- X** → Σημείο εισόδου εργαλείου.
- Y** → Σημείο εισόδου εργαλείου.
- Z** → Τελικό βάθος μορφής.

Διαδικασίες Πριν την Εκκίνηση

- Πριν την εκκίνηση και εκτέλεση του προγράμματος, ελέγχεται ο κώδικα για τυχόν λάθη.
- Πιέζοντας το FEED HOLD θα σταματήσουν οι κινήσεις κατά τους άξονες X, Y, και Z. Η άτρακτος θα συνεχίσει να περιστρέφεται. Αυτή είναι μια κατάλληλη μέθοδος ακινητοποίησης για να αποφύγετε μεγάλης σημασίας προβλήματα, και να ελεγχτούν οι θέσεις του κοπτικού εργαλείου. Η επανεκκίνηση του προγράμματος γίνεται πιέζοντας το **CYCLE START**. Είναι καλό να κρατάτε το δάχτυλο σας στο FEED HOLD έτσι ώστε να είσαστε απολύτως σίγουροι ότι ο κώδικας σας είναι απολύτως ασφαλές για να τρέξει.
- Εκτελείται ο κώδικας χωρίς να δένεται το τεμάχιο στην μέγγενη, διαφορετικά εκτελείται σε κάποιο μαλακό υλικό όπως ERTALON ή ERTALIT.
- Η ταχύτητα πρόωσης θα πρέπει να είναι στο 5%.

ΟΔΗΓΟΣ ΧΡΗΣΕΩΣ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ MK-MINI



Εικόνα 296: Μηχανή έγχυσης κενού MK-MINI.

Οδηγός Χρήσεως της Μηχανής

Αρχίζοντας τη διαδικασία:

- Τραβήξτε τον κόκκινο διακόπτη άμεσης παύσης.
- Ανοίξτε την αντλία.
- Αφήστε την αντλία να ζεσταθεί για περίπου 20 λεπτά, στρέφοντας την βαλβίδα (τάπα) σταθεροποίησης του αέρα ανοικτή, η οποία βρίσκεται στο άνω μέρος της αντλίας κενού. (Γίνεται αντιληπτό ότι η βαλβίδα είναι ανοικτή από τον θόρυβο της αντλίας κενού)
- Κλείστε την βαλβίδα σταθεροποίησης του αέρα.
- Ψεκάστε το εσωτερικό του θαλάμου της μηχανής με το ειδικό σπρέι.

Προετοιμασία των υλικών:

Βάλτε το δοχείο και τον αναδευτήρα στις θέσεις τους, κλείστε την πόρτα και εκκενώστε τον θάλαμο, γυρίζοντας τον διακόπτη τριών θέσεων στην πάνω θέση. Εάν είναι απαραίτητο, αφήστε τον αναδευτήρα να γυρίζει, έτσι ώστε να επιταχυνθεί η διαδικασία εξαέρωσης.

Μετά το πέρας της εκκένωσης (5-20λεπτά), φέρτε τον θάλαμο στην φυσιολογική του κατάσταση, γυρίζοντας τον διακόπτη στην κάτω θέση. Τοποθετείστε το θερμό καλούπι (70 °C) κάτω από το χωνί, εφαρμόζοντάς το στο κεντρικό αυλό εισαγωγής του καλουπιού. Εάν χρειάζεται το καλούπι να ανασηκωθεί παραπάνω τοποθετήστε από κάτω του κάποια προσθήκη.

Η διαδικασία έγχυσης των υλικών :

- Εκκενώστε ξανά τον θάλαμο.
- Μετά από περίπου 3 λεπτά ή μόλις φτάσετε την τιμή εκκένωσης των – 1,0mbar: Αναμειγνύετε τα υλικά.
- Εκκινήστε το μίξερ και στραγγίστε το δοχείο A.

- Ανακατεύστε το μίγμα για 30-60 δευτερόλεπτα, και μετά σταματήστε το μίξερ.
- Ανάλογα με το πόσες φυσαλίδες υπάρχουν στο μίγμα, μειώστε την πίεση, γυρίστε το διακόπτη στην κάτω θέση έως ότου φτάσετε την τιμή $-0,90$ με $-0,95$ bar. Μετά γυρίστε το διακόπτη στην οριζόντια θέση.
- Γυρίστε το μοχλό του δοχείου B και αδειάστε το μίγμα στο καλούπι. Έπειτα, ξαναφέρετε το δοχείο στην κανονική του θέση.
- Μόλις το μίγμα ξεχειλίσει στα ανοίγματα του καλουπιού, γυρίστε το διακόπτη στην κάτω θέση, βγάλτε το καλούπι από το θάλαμο και τοποθετήστε το μέσα στο θάλαμο του φούρνου στους 70°C .
- Βγάλτε τον αναδευτήρα και καθαρίστε τον.

Συντήρηση της μηχανής:

- Καθημερινά: Καθαρίζετε την μηχανή, αφαιρέστε τυχόν υπολείμματα του μίγματος αμέσως, με καθαριστικό τζαμιών.
- Περίπου κάθε 1,000 ώρες λειτουργίας, αλλάξτε το λάδι της αντλίας διαβάζοντας προσεχτικά το εγχειρίδιο λειτουργίας της.