



ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ

Τεχνολογικό
Εκπαιδευτικό Ίδρυμα
Κρήτης

Σχολή Τεχνολογικών
Εφαρμογών

Τμήμα Μηχανολογίας

ΜΕΛΕΤΗ, ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΚΑΙ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗ ΜΗΤΡΑΣ ΚΑΛΟΥΠΙΟΥ ΨΑΡΟΤΟΥΦΕΚΟΥ



Σπουδαστής: Α.Μ:

Κάργατζης Νικόλαος 3993

Επιβλέπων καθηγητής:

Δρ.Πετούσης Μάρκος

Ηράκλειο

2013

Ευχαριστίες

Η πτυχιακή αυτή εργασία εκπονήθηκε στις εγκαταστάσεις του εργαστηρίου Μηχατρονικής στο τμήμα Μηχανολογίας του Τ.Ε.Ι Ηρακλείου Κρήτης. Θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους με βοήθησαν στην υλοποίηση αυτής της εργασίας, όλο αυτό το χρονικό διάστημα.

Πρώτα από όλα θέλω να εκφράσω τις θερμές μου ευχαριστίες την οικογένεια μου, που με στήριξε ηθικά και οικονομικά όλα αυτά τα χρόνια, δίνοντας μου κουράγιο να φτάσω στο στόχο μου. Ιδιαίτερα ευχαριστώ τον αδερφό μου, που μου μετέδωσε τις γνώσεις και το παθός του για τη μηχανολογία.

Θερμές ευχαριστίες απευθύνω στον επιβλέπων καθηγητή μου Δρ.Πετούση Μάρκο, για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε δίνοντας μου τη δυνατότητα να εκπονήσω την πτυχιακή μου εργασία στον επιστημονικό τομέα που επιθυμούσα. Όπως επίσης και για την πολύτιμη βοήθεια και καθοδήγηση του, για την επίλυση διάφορων θεμάτων. Καθώς και όλους τους καθηγητές που είχα όλα τα χρόνια της μέχρι στιγμής ακαδημαϊκής μου ζωής, για τις γνώσεις που μου μετέδωσαν.

Κλείνοντας, δεν μπορώ να ξεχάσω την στήριξη και την βοήθεια όλων των συμφοιτητών μου μέσα στο εργαστήριο και ξεχωριστά τους το Χρυσουλάκη Χρήστο, το Βασίλη Βάμβουκα και την Κορίνα Καλέργη για τον χρόνο που αφιέρωσαν βοηθώντας στην πτυχιακή μου εργασία. Χωρίς τη βοήθεια αυτών, θα ήταν πολύ δύσκολο να ολοκληρωθεί η εργασία.

Περιεχόμενα

Περιεχόμενα	2
Κεφάλαιο 1ο. Τα συστήματα CAD/CAM και η εξέλιξη τους	4
1.1 Γενικά.....	4
1.2 Σκοποί τεχνικής αυτοματοποίησης σχεδιασμού προϊόντων	5
1.3 Περιγραφή/Δομή μεθολογίας/Εναλλακτικές λύσεις	9
1.3.1 Concept Development και Βιομηχανικός Σχεδιάσμος (Industrial Design Products)	9
1.3.2 Συστήματα CAD	10
1.3.3 Εργαλεία μηχανικής με τη βοήθεια υπολογιστή	13
1.3.4 Ανάλυση με Πεπερασμένα Στοιχεία.....	13
1.3.5 Εργαλεία και μηχανές “Ταχείας Πρωτοτυποποίησης”	15
1.3.6 Εργαλεία “Διαχείρισης Δεδομένων Προϊόντος”	15
1.4. Περιοχές Εφαρμογής της Τεχνικής Αυτοματοποίησης Σχεδιασμού προϊόντων	16
1.5. Κόστος υλοποίησης	18
1.6. Συνθήκες υλοποίησης	18
1.6.1 Σφάλματα Εφαρμογής.....	18
1.6.2 Άγνοια Χειριστή.....	19
1.7. Διαδικασία Υλοποίησης	19
1.7.1 Βήματα/ Στάδια	19
1.7.2 Εκπαίδευση	19
1.7.3 Οργάνωση	20
1.7.4 Λειτουργίες.....	21
1.7.5 Διαδικασίες	21
Κεφάλαιο 2ο. Σχεδιασμός και μελέτη λαβής ψαροτούφεκου στο Creo Parametric 2.0	22
2.1 Γενικά για το Creo parametric 2.0	22
2.1.1 Γεωμετρικός Σχεδιασμός στο Creo (part modeling).....	22
2.1.2 Σχεδιασμός επιφανειών(surface modelling).....	23
2.1.3 Σχεδιασμός με την εφαρμογή freestyle	23
2.1.4 Σχεδιασμός διαδικασίας παραγωγής (CAM).....	23
2.1.5 Σχεδιασμός καλουπιού (mold design).....	24
2.2 Σχεδιασμος και μελετη μεσω της εφαρμογης Freestyle.....	24
Κεφάλαιο 3ο. Εξέλιξη σχεδίων	31
3.1 Σχεδιασμός-εξέλιξη λαβής	31
3.2 Σχεδιασμός ψαροτούφεκου	33

Κεφάλαιο 4ο . Οδηγός εκτύπωσης μέσω του προγράμματος Catalyst Ex.....	38
Κεφάλαιο 5ο Οδηγός κατασκευής Καλουπιού στο Creo Parametric 2.0.....	42
5.1 Οδηγός κατασκευής καλουπιού.....	42
5.2 Καλούπι λαβής	48
5.3 Καλούπι ψαροτούφεκου	50
Κεφάλαιο 6ο : Κατασκευή του καλουπιού για τη λαβή σε cnc εργαλειομηχανή.....	52
6.1 Κατεργασίες και συνθήκες κοπής ξεχονδρίσματος.	52
6.2 Κατεργασίες και συνθήκες κοπής finishing.....	56
Κεφάλαιο 7ο : Προσομοίωση αφαίρεσης υλικού	59
7.1 Προσομοίωση αφαίρεσης υλικού λαβής.....	59
7.2 Προσομοίωση αφαίρεσης υλικού ψαροτούφεκου	63
Κεφάλαιο 8ο : Κατασκευή καλουπιού στην CNC μηχανή	66
Κεφάλαιο 9ο : Έγχυση Μείγματος Πολυμερών-Ανθρακονημάτων	71
9.1 Γενικά.....	71
9.2 Προετοιμασία.....	71
9.3 Κατασκευή του ανθρακονημάτινου προϊόντος	72
Κεφάλαιο 10ο :Συμπεράσματα	74
Βιβλιογραφία-Αναφορές.....	75

Κεφάλαιο 1ο. Τα συστήματα CAD/CAM και η εξέλιξή τους

1.1 Γενικά

“Σχεδιασμός με τη Βοήθεια Υπολογιστή” (CAD) ορίζεται η χρήση της τεχνολογίας πληροφορικής στη διαδικασία Σχεδιασμού. Ένα σύστημα CAD αποτελείται από υλικό τεχνολογίας πληροφορικής (*hardware-H/W*), εξειδικευμένο λογισμικό (*software-S/W*), ανάλογα με τη συγκεκριμένη περιοχή εφαρμογής και περιφερειακά συστήματα, τα οποία σε ορισμένες εφαρμογές είναι απολύτως εξειδικευμένα. Πυρήνας ενός συστήματος CAD αποτελεί το λογισμικό, το οποίο χρησιμοποιεί γραφικά για την αναπαράσταση του προϊόντος, βάσεις δεδομένων για την αποθήκευση του μοντέλου του προϊόντος και οδηγεί τα περιφερειακά για την παρουσίαση του προϊόντος. Η χρήση του δεν μεταβάλλει τη φύση της διαδικασίας σχεδιασμού αλλά, όπως δηλώνει η ονομασία του, αποτελεί βοήθημα για το σχεδιαστή του προϊόντος. Ο σχεδιαστής διατηρεί τον πρωταρχικό ρόλο στη διαδικασία, από τη φάση της αναγνώρισης του προβλήματος έως αυτήν της υλοποίησης. Ο ρόλος του συστήματος CAD είναι η προσφορά βοήθειας προς το σχεδιαστή εξασφαλίζοντάς του:

- Ακριβή και εύκολα τροποποιήσιμη γραφική αναπαράσταση του προϊόντος. Ο χρήστης έχει στην οθόνη του μια σχεδόν πραγματική άποψη του προϊόντος, στο οποίο μπορεί να επιφέρει οποιοσδήποτε τροποποιήσεις, ενώ μπορεί να παρουσιάσει τις ιδέες του επί της οθόνης χωρίς πρωτότυπο, ιδιαίτερα κατά τη διάρκεια των αρχικών σταδίων της διαδικασίας σχεδιασμού.
- Δυνατότητα για σύνθετη ανάλυση σχεδιασμού σε σύντομο χρόνο. Με την υλοποίηση των μεθόδων Ανάλυσης Πεπερασμένων Στοιχείων ο χρήστης μπορεί να εκτελέσει:
 - Ανάλυση στατικής, δυναμικής και φυσικής συχνότητας
 - Ανάλυση μεταφοράς θερμότητας
 - Πλαστική ανάλυση
 - Ανάλυση ροής ρευστού
 - Ανάλυση κίνησης
 - Ανάλυση ανοχής
 - Βελτιστοποίηση σχεδιασμού
- Καταγραφή και ανάκληση πληροφοριών με συνοχή και ταχύτητα. Συγκεκριμένα, η χρήση των συστημάτων “Διαχείρισης Δεδομένων Προϊόντων” (PDM) δίνει τη δυνατότητα αποθήκευσης όλου του ιστορικού του σχεδιασμού και της επεξεργασίας ενός συγκεκριμένου προϊόντος, για μελλοντική χρήση και αναβάθμιση. Την τεχνική εισηγήθηκε ο *Ian Sutherland* του *MIT*, όταν δημιουργήθηκε το πρώτο σχετικό σύστημα, το “*Sketch-pad*”, στα πλαίσια του ερευνητικού προγράμματος *SAGE* (“*Semi-Automatic Ground Environment*”). Πρώτοι χρήστες και πρόδρομοι της ανάπτυξης της τεχνολογίας CAD υπήρξαν οι βιομηχανίες αυτοκινήτων και αεροδιαστημικής. Το πρώτο σύστημα είχε ιδιαίτερα υψηλό κόστος καθώς η τεχνολογία γραφικών με υπολογιστή δεν ήταν ακόμη αρκετά εξελιγμένη και η χρήση του συστήματος απαιτούσε εξειδικευμένο υλικό και λογισμικό, τα οποία παρείχαν κυρίως οι διανομείς του συστήματος CAD. Τα πρώτα συστήματα CAD ήταν συστήματα με υποστήριξη υπολογιστή εξαρτώμενα από το κεντρικό σύστημα, ενώ σήμερα η σχετική τεχνολογία απευθύνεται σε συνδεδεμένους σε δίκτυο, αλλά αυτόνομους σταθμούς εργασίας (συστήματα με βάση τα “*Unix* ή *Windows*”). Στις αρχές του 1980, η “*Autodesk*” κυκλοφορεί το πρώτο σύστημα CAD που βασίζεται σε προσωπικό υπολογιστή (PC), το “*Autocad*”. Σήμερα, το κύριο λειτουργικό σύστημα για συστήματα CAD είναι τα *Windows*.

Οι πρώτες εφαρμογές αφορούσαν σχεδίαση δύο διαστάσεων (2D), λόγω του ότι τα συστήματα είχαν τη δυνατότητα μοντελοποίησης σε δύο διαστάσεις μόνο. Ακόμη και σήμερα, η εκτέλεση σχεδίων δύο διαστάσεων εξακολουθεί να αποτελεί τον κύριο τομέα εφαρμογής (ως προς τον αριθμό των σταθμών εργασίας). Αργότερα, (στα μέσα της δεκαετίας του '80), ως επακόλουθο της προόδου της τεχνολογίας τρισδιάστατης μοντελοποίησης και της ανάπτυξης στον τομέα του υλικού τεχνολογίας πληροφορικής, τα συστήματα τρισδιάστατης μοντελοποίησης γνώρισαν ιδιαίτερη επιτυχία. Στην αρχή τα εν λόγω συστήματα

βασίζονταν σε μοντέλα ακμών. Οι βιομηχανίες αυτοκινήτων και αεροδιαστημικής χρησιμοποιούσαν συστήματα μοντελοποίησης επιφανείας για την ακριβή αναπαράσταση του κορμού του προϊόντος. Παράλληλα, η μοντελοποίηση στερεών όγκων αναγνωριζόταν ως το μόνο σύστημα με ικανότητα παραγωγής σαφούς αναπαράστασης του προϊόντος, μη διαθέτοντας όμως επαρκή υποστήριξη για αναπαραστάσεις σύνθετων εξαρτημάτων. Σήμερα παρατηρείται συγχώνευση των τεχνολογιών μοντελοποίησης επιφανειών και στερεών όγκων. Στην πλειονότητά τους, τα συστήματα μοντελοποίησης στερεών όγκων μπορούν να μοντελοποιούν τα περισσότερα βιομηχανικά προϊόντα. Τα συστήματα που είναι διαθέσιμα σήμερα (ιδιαίτερα όσα προορίζονται για μηχανολογικές εφαρμογές, τα οποία και αποτελούν την πλειονότητα των συστημάτων που διατίθενται ανά τον κόσμο) χρησιμοποιούν καμπύλες “Nurbs”, ή την τεχνολογία μοντελοποίησης στερεών όγκων και αποτελούν συστήματα που λειτουργούν βάσει παραμέτρων και χαρακτηριστικών.

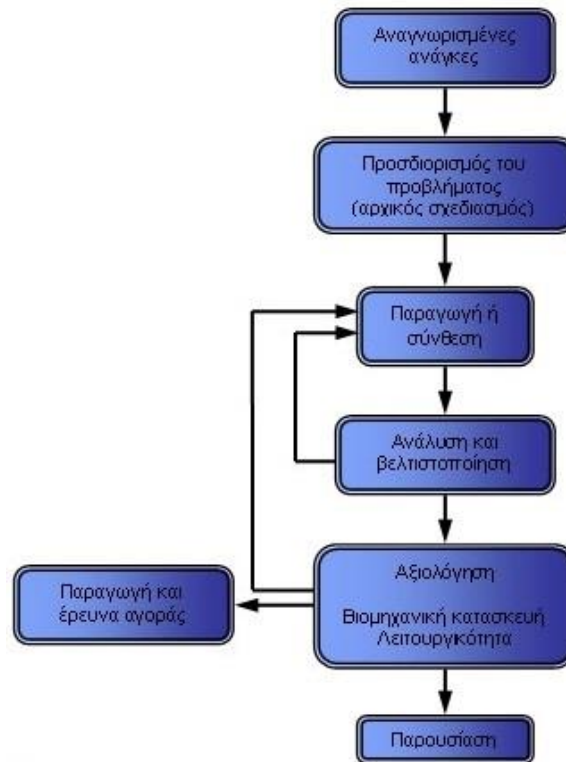
Η χρήση των συστημάτων CAD έχει εξαπλωθεί σε όλους τους τομείς της βιομηχανίας, όπως AEC, Ηλεκτρονική, Κλωστοϋφαντουργία, Συσκευασία, Ένδυση, Δερμάτινα Είδη και Υποδηματοποιία, κλπ. Σήμερα, κυκλοφορούν πολλά συστήματα CAD, τα οποία διατίθενται σε διάφορες χώρες από μεγάλο αριθμό διανομέων.

1.2 Σκοποί τεχνικής αυτοματοποίησης σχεδιασμού προϊόντων

Αρχικά, η εν λόγω τεχνική αποσκοπούσε στην αυτοματοποίηση ενός αριθμού εργασιών, κυρίως μοντελοποίησης προϊόντος. Σήμερα, τα συστήματα CAD καλύπτουν τις περισσότερες δραστηριότητες σχεδιασμού, καταγράφουν το σύνολο των δεδομένων του προϊόντος και χρησιμοποιούνται ως βάση για τη συνεργασία από απόσταση μεταξύ διαφορετικών ομάδων σχεδιασμού. Οι περιοχές εφαρμογής τεχνικών που αφορούν στο CAD, όπως CAD, CAE (“Μηχανική με τη Βοήθεια Υπολογιστή”) και CAM (“Κατεργασία με τη Βοήθεια Υπολογιστή”) παρουσιάζονται στα παρακάτω σχήματα. Στο σχήμα 1.1, απεικονίζεται μια απλοποιημένη αναπαράσταση του κύκλου σχεδιασμού, ενώ το σχήμα 1.2, αφορά τη χρήση των συστημάτων Τεχνολογίας Πληροφορικής. Οι ανωτέρω λειτουργίες δεν επιτελούνται από ένα και μόνο σύστημα και πολύ συχνά οι επιχειρήσεις χρησιμοποιούν περισσότερα από ένα συστήματα, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις εφαρμογών CAD και CAE.

Η χρήση των συστημάτων CAD μπορεί να μειώσει το χρόνο που απαιτείται για το σχεδιασμό ενός προϊόντος, γεγονός που θέτει την επιχείρηση σε πλεονεκτική θέση, εφόσον το προϊόν μπορεί να εισαχθεί νωρίτερα στην αγορά. Στο σχήμα 1.3, παρουσιάζεται μια αναπαράσταση του χρόνου ανάπτυξης και της ωφέλιμης διάρκειας ζωής του προϊόντος. Όσο πιο σύντομος είναι ο χρόνος ανάπτυξης, τόσο πιο νωρίς το προϊόν εισάγεται στην αγορά και τόσο μεγαλύτερη μπορεί να είναι η ωφέλιμη διάρκεια ζωής του, δεδομένου ότι διαθέτει την απαιτούμενη ποιότητα κατασκευής.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω, οι πρώτες εφαρμογές CAD αφορούσαν προσχέδια δύο διαστάσεων, ενώ σήμερα πρόκειται κυρίως για τρισδιάστατες συμπαγείς και παραμετρικές αναπαραστάσεις του πραγματικού προϊόντος. Οι δυνατότητες που προσφέρονται περιλαμβάνουν την μοντελοποίηση ολοκληρωμένων συναρμολογήσεων καθώς και την πλήρη ανάλυση ενός εικονικού πρωτοτύπου. Η τρισδιάστατη αναπαράσταση μπορεί να μεταφερθεί για επεξεργασία σε άλλα υπολογιστικά περιβάλλοντα, αποτελώντας το μέσο επικοινωνίας μεταξύ διαφορετικών ομάδων προσωπικού από διάφορα τμήματα μιας επιχείρησης ή ενός οργανισμού. Τα συστήματα CAD προσφέρουν τη δυνατότητα εφαρμογής της σύγχρονης μηχανικής ενώ μπορούν να επηρεάσουν σημαντικά το κόστος, τη λειτουργικότητα και την ποιότητα του τελικού προϊόντος. Πολλές μελέτες σε διάφορους τομείς αναφέρουν ότι οι δαπάνες της διαδικασίας σχεδιασμού αντιπροσωπεύουν ένα μικρό ποσοστό του συνολικού κόστους προϊόντος (σχήμα 1.4). Ο χρόνος που απαιτείται για το σχεδιασμό ποικίλει ανάλογα με το προϊόν. Για παράδειγμα, στην περίπτωση της αεροδιαστημικής βιομηχανίας μπορεί να φθάσει έως και το 40%.



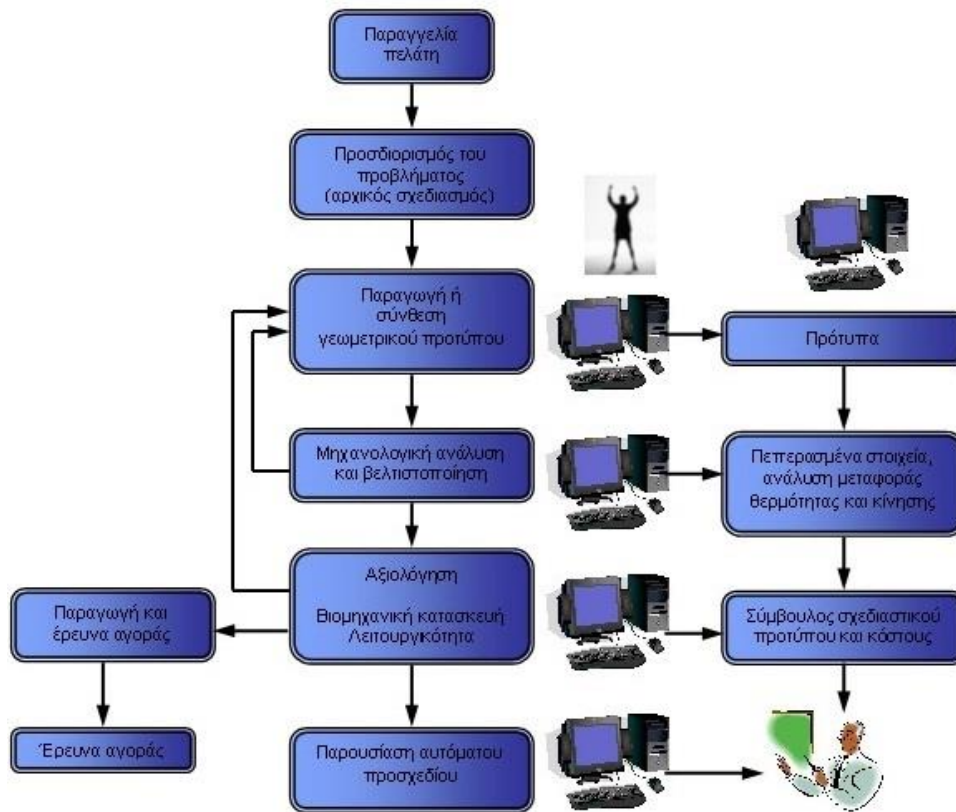
Σχήμα 1.1 : Γενικευμένη διαδικασία σχεδιασμού.

Ωστόσο, το τελικό κόστος προϊόντος είναι δυνατό να προβλέπεται κατά τη διάρκεια της φάσης σχεδιασμού, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.5. Ο άξονας x' αναπαριστά τα διάφορα στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού ενώ ο άξονας yy' το κόστος προϊόντος. Οι δύο συμπαγείς καμπύλες αναπαριστούν το κόστος προϊόντος: η χαμηλότερη αντιστοιχεί στις δαπάνες που προκύπτουν στην πορεία, το πραγματικό κόστος του προϊόντος κατά την ανάπτυξή του. Ο εννοιολογικός σχεδιασμός και ο σχεδιασμός των λεπτομερειών αντιπροσωπεύουν μόνο το 20% του τελικού κόστους, ενώ τον παράγοντα με τη μεγαλύτερη βαρύτητα αποτελεί η παραγωγή. Η άλλη καμπύλη, ενδεικτική του καθορισμένου κόστους, υποδεικνύει ότι, κατά το μεγαλύτερο μέρος του, το κόστος προϊόντος καθορίζεται από τα αρχικά στάδια του κύκλου ζωής του, πριν την ολοκλήρωση του αρχικού κύκλου σχεδιασμού. Καθώς είναι εμφανές ότι ένα σημαντικό μέρος του κόστους καθορίζεται κατά το στάδιο του σχεδιασμού, διάφορες πτυχές της διάρκειας ζωής προϊόντος θα πρέπει να εξετάζονται κατά τη διάρκεια του συγκεκριμένου σταδίου.

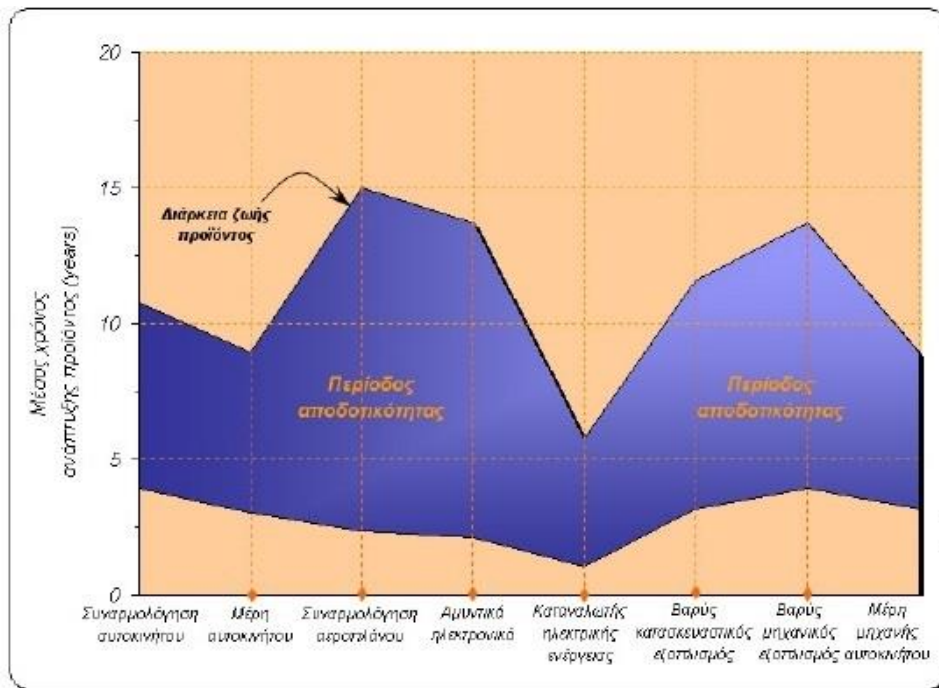
Η διακεκομμένη καμπύλη υποδεικνύει το βαθμό ευκολίας ενσωμάτωσης αλλαγών στο προϊόν. Κατά τα αρχικά στάδια, η δοκιμή διάφορων εναλλακτικών λύσεων είναι εύκολη, ενώ σε μεταγενέστερα στάδια οι τροποποιήσεις γίνονται πολύ δύσκολα. Τα συστήματα CAD έχουν τη δυνατότητα να παρέχουν, κατά τα αρχικά στάδια της διαδικασίας σχεδιασμού, ένα ψηφιακό πρωτότυπο του προϊόντος, το οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί για σκοπούς δοκιμών και αξιολόγησης. Πρόσβαση στο συγκεκριμένο πρωτότυπο έχουν ειδικοί από διάφορα τμήματα, ώστε να μπορούν, ενώ ο σχεδιασμός βρίσκεται σε αρχικό στάδιο, να εκφράσουν τη γνώμη τους για το προϊόν, με σκοπό την ολοκλήρωση της διαδικασίας σε λιγότερο χρόνο και με τα ελάχιστα δυνατά σφάλματα. Οι περισσότεροι ερευνητές δέχονται ότι η ύπαρξη ενός ψηφιακού πρωτοτύπου κατά τα αρχικά στάδια του σχεδιασμού επιτρέπει την επικέντρωση των προσπαθειών στο στάδιο καθορισμού (αρχικό στάδιο) της διαδικασίας σχεδιασμού και όχι στον επανασχεδιασμό ενός ολοκληρωμένου σχεδιασμού, όπως φαίνεται στο σχήμα 1.6.

Όσο νωρίτερα δοκιμάζεται μια αλλαγή στο σχεδιασμό, τόσο λιγότερος χρόνος απαιτείται για την υλοποίησή της και τις σχετικές δοκιμές, όπως και λιγότερο αυστηρός έλεγχος πριν την ενεργοποίηση της αλλαγής, με αποτέλεσμα το χαμηλότερο σχετικό κόστος για την εφαρμογή της αλλαγής. Επιπλέον, όσο περισσότερος χρόνος αφιερώνεται στο σχεδιασμό του προϊόντος και όσο περισσότερες προσπάθειες επικεντρώνονται στην πρόβλεψη της ποιότητας του τελικού προϊόντος, τόσο μειώνεται ο απαιτούμενος χρόνος για τη

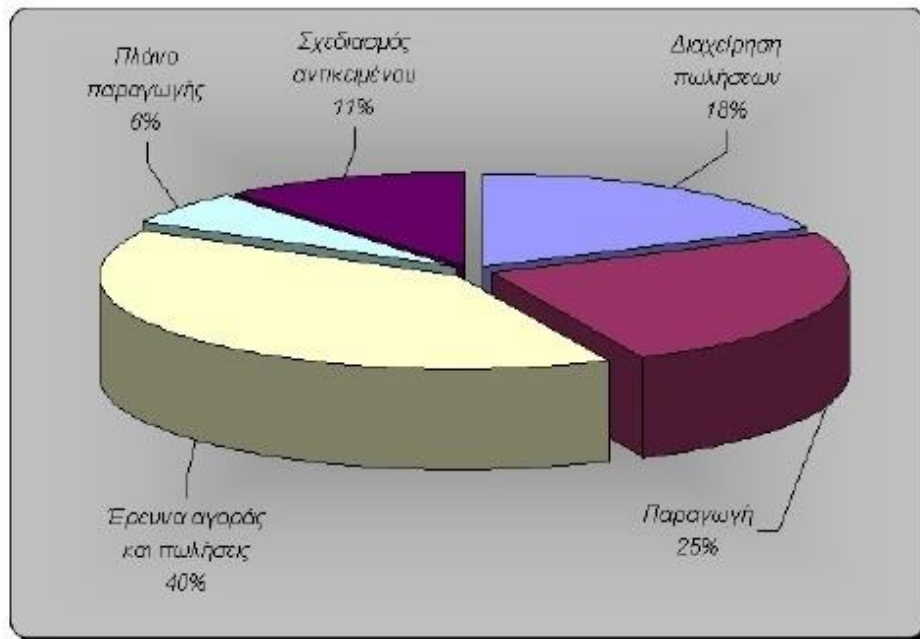
διόρθωση σφαλμάτων. Όταν ένα σφάλμα ανιχνεύεται στο στάδιο παραγωγής, οι προσπάθειες επικεντρώνονται στην επανόρθωση των συμπτωμάτων του και όχι της αιτίας που το προκαλεί.



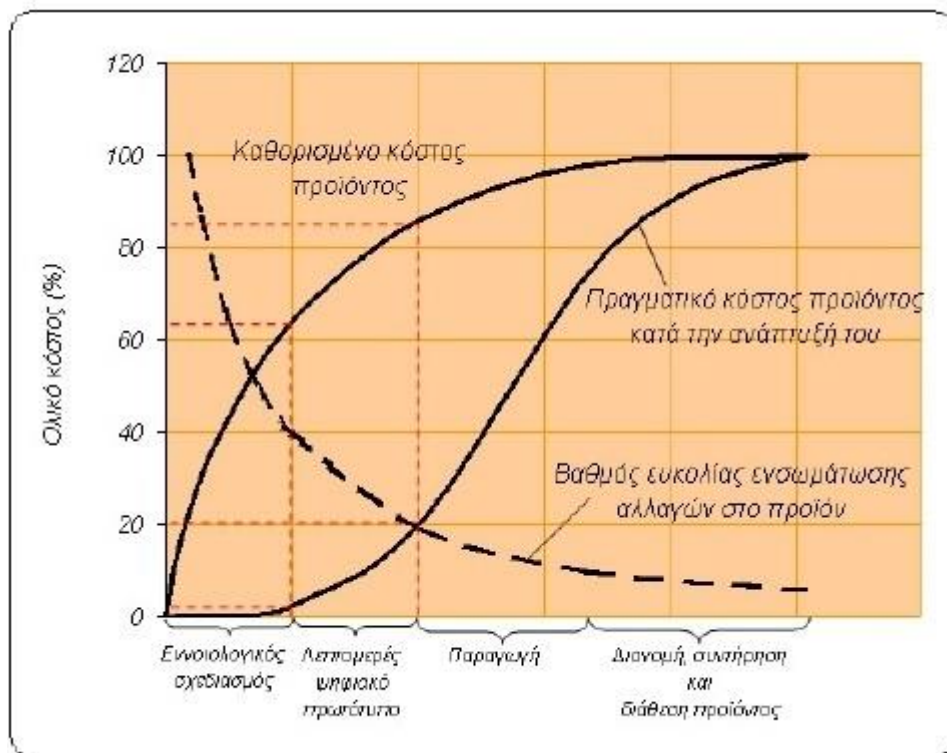
Σχήμα 1.2 : Εφαρμογές Τεχνολογίας Πληροφορικής στη διαδικασία σχεδιασμού.



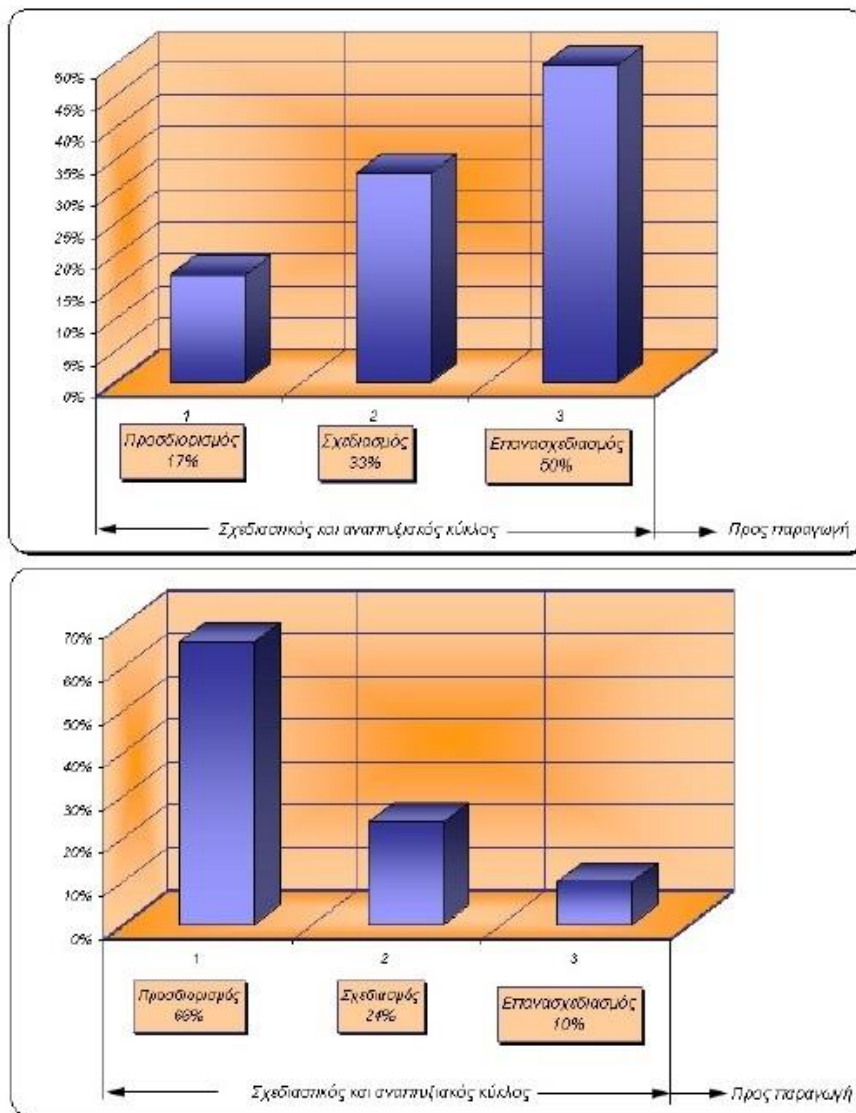
Σχήμα 1.3 : Ανάλυση του μέσου χρόνου ανάπτυξης προϊόντος (ενδεικτικό της απαρχής της περιόδου αποπληρωμής) και του ωφέλιμου χρόνου προϊόντος (περίοδος αποδοτικότητας) για διάφορα βιομηχανικά προϊόντα.



Σχήμα 1.4 : Κατανομή πραγματικών λειτουργικών δαπανών διάφορων τμημάτων.



Σχήμα 1.5 : Χαρακτηριστικές καμπύλες αναπαράστασης του κόστους που προκύπτει και καθορίζεται κατά την διάρκεια ζωής του προϊόντος



Σχήμα 1.6 : Κατανομή χρόνου ανάπτυξης προϊόντος. Όσο νωρίτερα προσδιορίζεται ένα νέο προϊόν, τόσο λιγότερος ανασχεδιασμός απαιτείται για την ολοκλήρωση του τελικού σχεδιασμού.

1.3 Περιγραφή/Δομή μεθολογίας/Εναλλακτικές λύσεις

Το φάσμα των συστημάτων που σχετίζονται με τον κύκλο ανάπτυξης του προϊόντος είναι ευρύ. Χαρακτηριστική είναι η ακόλουθη ταξινόμηση:

1.3.1 Concept Development και Βιομηχανικός Σχεδιάσμος (Industrial Design Products)

Πρόκειται κυρίως για συστήματα μοντελοποίησης επιφανείας για μηχανολογικά προϊόντα, με υψηλού επιπέδου απεικόνιση. Συνήθως, η διαδικασία αρχίζει με ένα σκαρίφημα του προϊόντος, στο οποίο μπορεί να αποδοθεί χρώμα και υφή (σχήμα 7.7). Συνεχίζεται με τη δημιουργία του τρισδιάστατου μοντέλου από τα προσχέδια των δύο διαστάσεων, για να φθάσει, με τη χρήση προηγμένης απόδοσης φωτορεαλισμού και κίνησης, στην τελική φάση της περαιτέρω αξιολόγησης, της παρουσίασης και πώλησης των ιδεών (σχήμα 1.7).



Σχήμα 1.7 : Σκαρίφημα προϊόντος, χαρτογράφηση του χρώματος και της υφής του μοντέλου (εικόνα της έκθεσης του Δρ. Νικολάου Μπιλάλη, για το ερευνητικό πρόγραμμα Innoregio :Διάδοση Τεχνολογιών Ανάπτυξης)

Τα συστήματα “Βιομηχανικού Σχεδιασμού” με τη βοήθεια υπολογιστή εφαρμόζονται σε πολλά βιομηχανικά προϊόντα, από τα καταναλωτικά προϊόντα καθημερινής χρήσης, αθλητικά είδη, υπολογιστές, εξοπλισμούς, και σύνθετες κατασκευές όπως αυτοκίνητα,(σχήμα 1.8).



Σχήμα 1.8 : Διάφορα εμπορικά προϊόντα, τα οποία σχεδιάστηκαν με τη χρήση του συστήματος Βιομηχανικού Σχεδιασμού και τη βοήθεια Ηλεκτρονικού Υπολογιστή(εικόνα της έκθεσης του Δρ. Νικολάου Μπιλάλη, για το ερευνητικό πρόγραμμα Innoregio :Διάδοση Τεχνολογιών Ανάπτυξης)

Αποτελούν συνήθως ολοκληρωμένα προϊόντα τα οποία προσφέρουν τη δυνατότητα της σταδιακής μετάβασης από το στάδιο της αρχικής σύλληψης σε αυτό της δημιουργίας προϊόντων κατασκευής. Συνδυάζουν:

1. Ψηφιακό προσχεδιασμό, που παρέχει τη δυνατότητα πειραματισμού, ο οποίος δεν είναι εφικτός με τη χρήση των παραδοσιακών εργαλείων.
- 2.Μοντελοποίηση επιφανειών ελεύθερης μορφής με εργαλεία υψηλής προσαρμοστικότητας.
3. Ασυναγώνιστα ρεαλιστική οπτική αναπαράσταση για σκοπούς σχεδιασμού, αξιολόγησης, αναθεώρησης και έγκρισης.
4. Ποιότητα, ορθότητα και ακρίβεια που απαιτούνται για την ένταξη με μηχανικές και κατασκευαστικές διεργασίες.
5. Εργαλεία ανάστροφης μηχανικής, τα οποία μετατρέπουν δεδομένα από ψηφιακοποίηση σε τρισδιάστατα ψηφιακά μοντέλα.
6. Μεταφορά δεδομένων σε συστήματα CAD.

Μεταξύ των πλέον διαδεδομένων συστημάτων Βιομηχανικού Σχεδιασμού συγκαταλέγονται τα εξής:

- *Alias/Wavefront* και *Maya* της *Silicon Graphics*
- *CDRS, Pro Engineer* της *Parametric Technology*
- Προϊόντα των *CATIA, Unigraphics, SDRC, PTC Global Services*

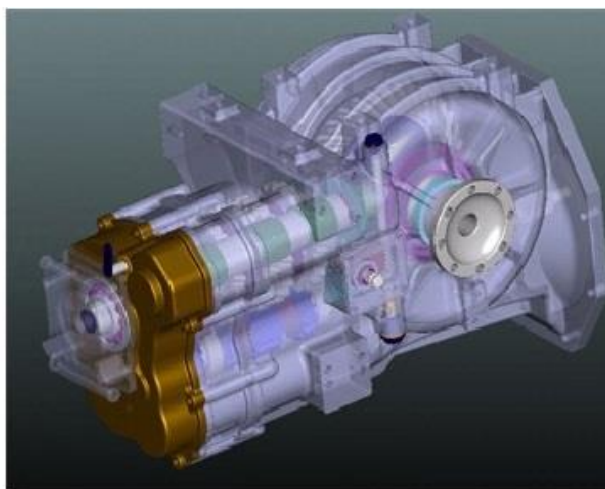
1.3.2 Συστήματα CAD

Τα σύγχρονα συστήματα, ιδιαίτερα όσα απευθύνονται σε μηχανολογικά προϊόντα αποτελούν τρισδιάστατα

συστήματα, τα οποία κατακτούν και τους υπόλοιπους τομείς. Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση μπορεί να αποτελεί μοντελοποίηση ακμών, επιφανειών ή στερεών. Τα περισσότερα μεσαίας κλίμακας συστήματα CAD του τομέα μηχανολογικών προϊόντων είναι “Συστήματα Μοντελοποίησης Στερεών Όγκων βάσει Παραμέτρων και Χαρακτηριστικών”.

Η μοντελοποίηση ακμών αποτέλεσε την πρώτη απόπειρα αναπαράστασης των τριών διαστάσεων ενός αντικειμένου. Η αναπαράσταση αποδείχθηκε ανεπαρκής εφόσον παρουσίαζε πολλά μειονεκτήματα από άποψη ακριβείας, απεικόνισης, κλπ. Με απλά λόγια, ένα δισδιάστατο μοντέλο δικτύματος κατασκευάζεται σχηματίζοντας τον σκελετό του εξαρτήματος, που αποτελείται από ακμές και μόνο. Η συγκεκριμένη τεχνική αποτελεί πλέον ενδιάμεσο στάδιο για την κατασκευή ενός μοντέλου επιφανειών ή στερεών όγκων.

Ένα μοντέλο επιφανειών μοντελοποιεί την εξωτερική επιφάνεια του εξαρτήματος. Τα πρώτα συστήματα βασίζονταν σε καμπύλες τύπου Fergusson και Bezier, ενώ τα σύγχρονα χρησιμοποιούν κυρίως “nurbs”, που έχουν τη δυνατότητα μοντελοποίησης όλων σχεδόν των βιομηχανικών εξαρτημάτων, όπως επιφάνειες αεροσκαφών και αυτοκινήτων (επιφάνειες Κλάσης A), ναυπήγησης πλοίων, πλαστικά εξαρτήματα και υλικά συσκευασίας γενικά, μεταλλικά εξαρτήματα, υποδήματα κλπ. Αποτελούν τα καταλληλότερα συστήματα για την αναπαράσταση βιομηχανικών εξαρτημάτων. Η χρήση ενός τέτοιου συστήματος δεν είναι εύκολη και απαιτεί εις βάθος γνώση των μαθηματικών των καμπυλών nurbs. Επιτρέπει την παραγωγή επιφανειών, οι οποίες δεν μπορούν προς το παρόν να προκύψουν με τη χρήση συστημάτων μοντελοποίησης στερεών όγκων. Δημιουργούνται από γενικές σαρώσεις κατά μήκος καμπυλών, σχήματα αναλογικής ανάπτυξης με τη χρήση σωμάτων προερχομένων από εξώθηση 1, 2 ή 3 οδηγών, στρογγυλέματα με κυκλική ή κωνική διατομή και επιφάνειες οι οποίες γεφυρώνουν ομαλά τα κενά μεταξύ δύο ή περισσότερων άλλων σωμάτων. Τα περισσότερα έχουν τη δυνατότητα δημιουργίας σχημάτων που ορίζονται, μέσω ενός πλέγματος από καμπύλες/ σημεία ή μέσω ενός σύννεφου από σημεία, μία τεχνική κατάλληλη για εργασίες ανάστροφης μηχανικής. Η επεξεργασία μοντέλων γίνεται με την τροποποίηση των καθορισμένων καμπυλών, με την αλλαγή των αριθμητικών τιμών των παραμέτρων ή μέσω της χρήσης γραφικών ή μαθηματικών νόμων που ελέγχουν τα δημιουργημένα σχήματα. Τα συστήματα περιλαμβάνουν επίσης εργαλεία εύκολης χρήσης για την αξιολόγηση του σχήματος, του μεγέθους και της καμπυλότητας σύνθετων μοντέλων. Οι επιφάνειες που δημιουργούνται μέσω υπομονάδας επιφανειών ελεύθερης μορφής μπορούν να ενταχθούν σε ένα μοντέλο στερεών όγκων. Ένα τυπικό εξάρτημα που μοντελοποιείται με σύστημα μοντελοποίησης επιφανειών απεικονίζεται στο σχήμα 1.9. Τα συστήματα αυτά δεν έχουν τη δυνατότητα (ή δεν είναι κατάλληλα) για μοντελοποίηση καλλιτεχνικών τεμαχίων (όπως κοσμήματα), ή οργανικών μορφών όπως μορφές δράσης, ανθρώπινα σώματα και πρόσωπα, κλπ. Για τέτοιου είδους εφαρμογές αναπτύσσονται ειδικά συστήματα όπως, το *SensAble Free Form* της *Paraform*, και το *Simagrafi* της *Graphitek*.



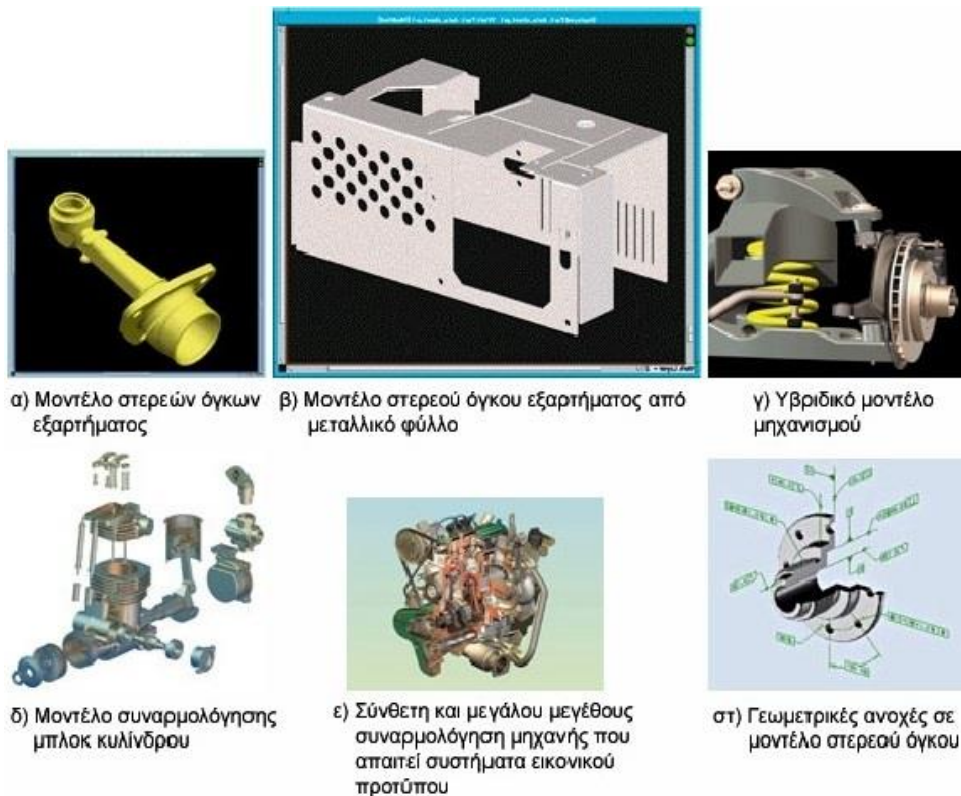
Σχήμα 1.9 : Εξάρτημα που απαιτεί σύστημα μοντελοποίησης επιφανειών (εικόνα από την εταιρία Parametric Technology Corporation)

Τα “Συστήματα Μοντελοποίησης Στερεών Όγκων” θεωρούνται ότι προσφέρουν την πιο πλήρη αναπαράσταση ενός εξαρτήματος. Συνδυάζουν τη μοντελοποίηση με την τοπολογία. Τα πρώτα συστήματα βασίζονταν στα αρχέτυπα για την αναπαράσταση του διαστήματος, διαμορφώνοντας τα συστήματα CSG (*Constructive solid Modelling*). Τα σύγχρονα συστήματα είναι τύπου B-Rep (*Boundary Representation*). Τα CSG και τα B-Rep χρησιμοποιούνται για τη μοντελοποίηση της βάσης δεδομένων της τοπολογίας του εξαρτήματος. Κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1990 όλα τα συστήματα μοντελοποίησης στερεών όγκων που διατίθενται χαρακτηρίζονται ως συστήματα βασιζόμενα σε Παραμέτρους και Χαρακτηριστικά. Ένα από τα πρώτα συστήματα παρουσίασε η *Parametric Technology Corp.*, όταν εισήγαγε το σύστημα *Pro/Engineer*. Με την παραμετρική τεχνολογία ο χρήστης αποδίδει παραμέτρους για τον ορισμό των διαστάσεων, των σχέσεων μεταξύ των παραμέτρων και των σχέσεων μεταξύ των εξαρτημάτων (ως προς τη θέση και το μέγεθος). Μπορεί επομένως να ορίσει ένα νέο εξάρτημα αποδίδοντας νέες τιμές στις παραμέτρους ή να ορίσει μία ολόκληρη οικογένεια εξαρτημάτων μέσω ενός πίνακα διαστάσεων. Με την μοντελοποίηση βάσει χαρακτηριστικών ο χρήστης έχει πρόσβαση σε υψηλότερο επίπεδο έκφρασης για μοντελοποίηση (ή μπορεί να ορίσει τα δικά του χαρακτηριστικά). Τα χαρακτηριστικά αυτά έχουν ενσωματωμένο αριθμό ιδιοτήτων, στις οποίες συμπεριλαμβάνονται η μορφή, οι διαστάσεις και η θέση.

Οι συνηθισμένες λειτουργίες που περιλαμβάνονται στα συστήματα μοντελοποίησης στερεών όγκων είναι δισδιάστατα και τρισδιάστατα μοντέλα ακμών, σαρωμένα εξωθημένα και στερεά εκ περιστροφής, λογικές πράξεις καθώς επίσης και παραμετρική επεξεργασία. Χρησιμοποιούν εργαλεία σχεδίου για γρήγορη και αποτελεσματική εννοιολογική σχεδίαση, όπως επίσης και εργαλεία για πιο γενικές εργασίες μοντελοποίησης και επεξεργασίας. Με τη μοντελοποίηση βάσει χαρακτηριστικών ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει διάφορες οπές, αυλακώσεις, εσοχές, βάσεις, εξοχές, όπως επίσης και μία πλήρη σειρά κυλίνδρων, κύβων, κώνων, σφαιρών, σωλήνων, ράβδων, στρογγυλεμάτων, λοξοτμήσεων κ.α. Μπορεί επίσης να κοιλάνει μοντέλα στερεών όγκων και να δημιουργήσει λεπτόσωμα αντικείμενα. Τα χαρακτηριστικά που ορίζονται από τον χρήστη μπορούν να αποθηκευτούν σε έναν κοινό κατάλογο και να προστεθούν στα μοντέλα σχεδιασμού.

Ένα σημαντικό χαρακτηριστικό του συστήματος μοντελοποίησης στερεών όγκων βάσει Παραμέτρων και Χαρακτηριστικών σχετίζεται με τις δυνατότητες μοντελοποίησης συναρμολόγησης που προσφέρουν μία ταυτόχρονα συνθετική και αναλυτική προσέγγιση στην ανάπτυξη προϊόντων. Τα εξαρτήματα συνδυάζονται ή τοποθετούνται και είναι συνειρμικά. Ορισμένα από αυτά επιτρέπουν τη δημιουργία εξαιρετικά μεγάλων δομών προϊόντων, τα οποία μπορεί να μοιράζεται μία ομάδα σχεδιασμού. Για τις συναρμολογήσεις αυτές χρησιμοποιούνται κάποια ειδικά συστήματα που εκτελούν έλεγχο της φόρτωσης δεδομένων, ώστε να ανταποκρίνονται γρήγορα στις εντολές του χρήστη. Τα συστήματα αυτά είναι κατάλληλα για την ψηφιακή διαδικασία δημιουργίας του μοντέλου ενός σχεδίου για κατάστρωση σύνθετων προϊόντων και επιτρέπουν το γρήγορο καθαρισμό, τον έλεγχο και τη φωτοαπόδοση των σκιασμένων και των κρυφών γραμμών θέασης. Τα περισσότερα συστήματα ενσωματώνουν μία υπομονάδα για σχεδιασμό μεταλλικών φύλλων, παρέχοντας στο σχεδιαστή τη δυνατότητα να ορίζει και να προσομοιώνει τις ακολουθίες κατασκευής, να ξεδιπλώνει και να αναδιπλώνει τα μοντέλα και να παράγει ακριβή δεδομένα επίπεδης σχηματομορφής για “downstream” εφαρμογές.

Τα εξαρτήματα που δημιουργούνται σε συστήματα μοντελοποίησης στερεών όγκων μπορούν να μεταφέρονται σε συστήματα προσχεδίων για παραγωγή σχεδίων. Η υπομονάδα αυτή δημιουργεί διαστάσεις που ταυτίζονται με το γεωμετρικό μοντέλο διασφαλίζοντας την ενημέρωσή τους σε κάποια αλλαγή του μοντέλου, μειώνοντας έτσι τον χρόνο που απαιτείται για την ενημέρωση των σχεδίων. Οι δυνατότητες αυτόματης κατάστρωσης άποψης παρέχουν γρήγορη κατάστρωση σχεδίου για όλες τις όψεις, τις τομές και τις προβολές.



Σχήμα 1.10 : Αναθεώρηση συστημάτων παραμετρικής μοντελοποίησης (εικόνα της έκθεσης του Δρ. Νικολάου Μπιλάλη, για το ερευνητικό πρόγραμμα Innoregio :Διάδοση Τεχνολογιών Ανάπτυξης)

1.3.3 Εργαλεία μηχανικής με τη βοήθεια υπολογιστή

Η μηχανική ανάλυση αφορά την ανάλυση και αξιολόγηση σχεδίων μηχανικών προϊόντων. Για τον υπολογισμό των λειτουργικών, πρακτικών και κατασκευαστικών παραμέτρων του προϊόντος χρησιμοποιούνται κάποιες τεχνικές που βασίζονται στους υπολογιστές. Η “Ανάλυση Πεπερασμένων Στοιχείων” (FEA) αποτελεί μία από τις πιο συνηθισμένες τεχνικές μηχανικής ανάλυσης. Εκτός από την FEA, η ανάλυση ανοχής, η βελτιστοποίηση σχεδιασμού, η ανάλυση μηχανισμού και η ανάλυση μαζικών ιδιοτήτων μαζών αποτελούν μερικές από τις τεχνικές με τη βοήθεια υπολογιστή που χρησιμοποιούν οι μηχανικοί για την ανάλυση και αξιολόγηση των σχεδίων μηχανικών προϊόντων.

1.3.4 Ανάλυση με Πεπερασμένα Στοιχεία

Η “Ανάλυση Πεπερασμένων Στοιχείων” (FEA) είναι μία δυναμική διεργασία αριθμητικής ανάλυσης που χρησιμοποιείται ευρέως σε εφαρμογές μηχανικής. Η FEA χρησιμοποιείται για την ανάλυση και τη μελέτη της λειτουργικής επίδοσης ενός αντικειμένου διαχωρίζοντάς το σε μικρά δομικά τμήματα που ονομάζονται πεπερασμένα στοιχεία. Για παράδειγμα, οι λειτουργικές επιδόσεις ενός αντικειμένου ή συνεχούς μέσου, όπως οι τάσεις και οι κάμψεις μίας κατασκευής, προσδιορίζονται με τη χρήση της FEA. Ο πυρήνας της μεθόδου FEA είναι μία εξιδανίκευση του αντικειμένου ή του συνεχούς από ένα πεπερασμένο αριθμό διακριτών μεταβλητών.

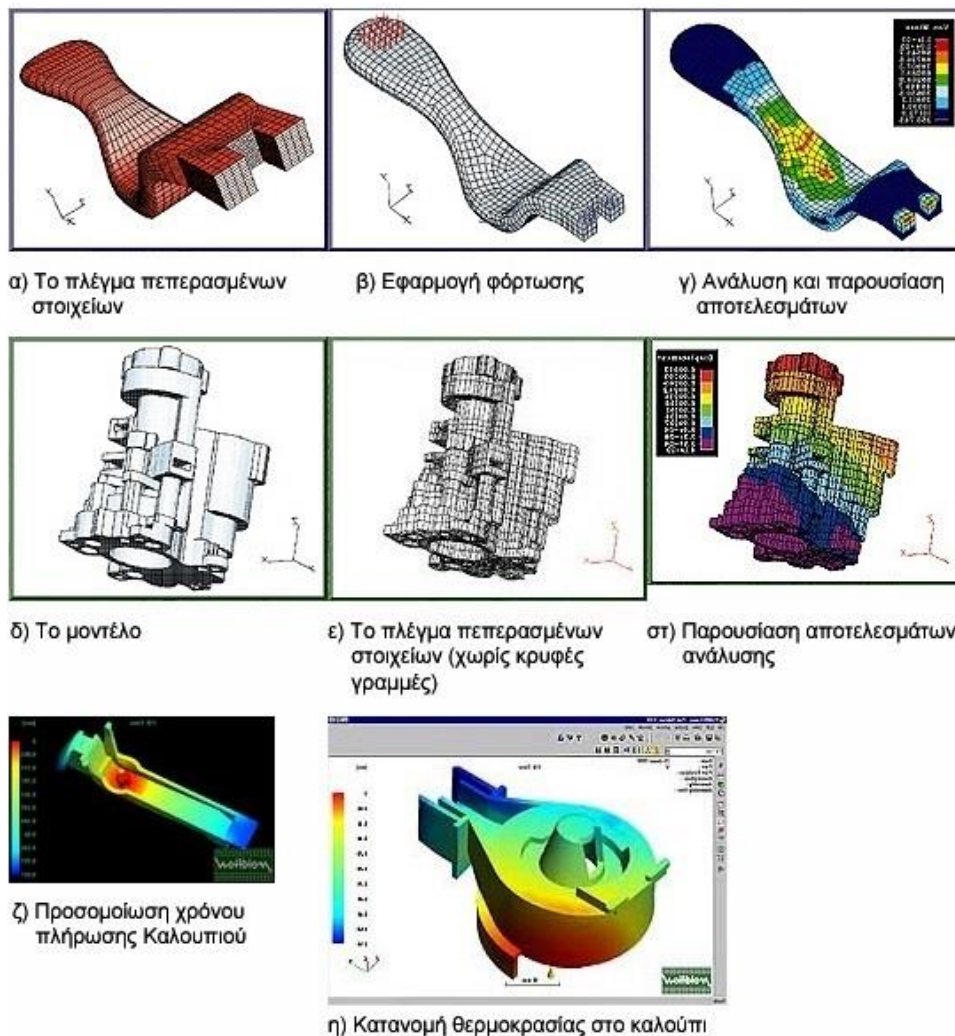
Για το σκοπό αυτό, το αντικείμενο διαχωρίζεται πρώτα σε ένα πλέγμα στοιχείων που συνιστά το μοντέλο του πραγματικού αντικειμένου. Η διεργασία αυτή ονομάζεται και “πλεγμάτωση”. Το κάθε στοιχείο είναι ένα απλό σχήμα όπως ένα τετράγωνο, τρίγωνο, ή κύβος ή άλλο πρότυπο σχήμα, για το οποίο το “Πρόγραμμα Πεπερασμένων Στοιχείων” διαθέτει πληροφορίες, ώστε να καταγράψει τις εξισώσεις ελέγχου με τη μορφή μίας μήτρας ακαμψίας. Οι άγνωστες παράμετροι για το κάθε στοιχείο είναι οι μετατοπίσεις στα

σημεία των κόμβων, που είναι τα σημεία στα οποία τα στοιχεία συνδέονται.

Το λογισμικό Πεπερασμένων Στοιχείων συγκεντρώνει τις μήτρες ακαμψίας για αυτά τα απλά στοιχεία, για να καταρτίσει τη σφαιρική μήτρα ακαμψίας για ολόκληρο το μοντέλο. Αυτή η μήτρα ακαμψίας λύνεται ως προς τις άγνωστες μετατοπίσεις δεδομένων των γνωστών δυνάμεων και των οριακών συνθηκών. Από την μετατόπιση στους κόμβους, μπορούν στη συνέχεια να υπολογιστούν οι τάσεις σε κάθε στοιχείο. Κατά την εφαρμογή της FEA ακολουθούνται συνήθως τα παρακάτω βήματα:

1. Διακριτοποίηση του δεδομένου συνεχούς
2. Επιλογή της προσέγγισης της επίλυσης
3. Ανάπτυξη μήτρας για τα στοιχεία και τις εξισώσεις
4. Συγκέντρωση των εξισώσεων των στοιχείων
5. Επίλυση των αγνώστων στους κόμβους
6. Αξιολόγηση του αποτελέσματος

Ορισμένα πακέτα λογισμικού για μηχανική ανάλυση που έχουν αναπτυχθεί, έχουν τη δυνατότητα να καλύπτουν μία ευρεία ποικιλία εφαρμογών (σχήμα 1.11, σχήμα 1.12). Οι εφαρμογές αυτές περιλαμβάνουν: Στατική ανάλυση, Δυναμική ανάλυση μεταβατικών φαινομένων, Ανάλυση φυσικής συχνότητας, Ανάλυση μεταφοράς θερμότητας, Πλαστική ανάλυση, Ανάλυση ροής ρευστού, Ανάλυση κίνησης, Ανάλυση ανοχών.



Σχήμα 1.11 : Παραδείγματα Ανάλυσης Πεπερασμένων Στοιχείων (εικόνα από την εταιρία Moldflow Plastics Engineering)



Σχήμα 1.12 : Κινηματική ανάλυση του συστήματος προσγείωσης και του μηχανισμού υποστήριξης (εικόνα της έκθεσης του Δρ. Νικολάου Μπιλάλη, για το ερευνητικό πρόγραμμα Innoregio : Διάδοση Τεχνολογιών Ανάπτυξης)

1.3.5 Εργαλεία και μηχανές “Ταχείας Πρωτοτυποποίησης”

Το “Ταχύ Πρωτότυπο” επιτρέπει την "εκτύπωση" τρισδιάστατων μοντέλων σχεδίων με εξίσου εύκολο τρόπο, όπως κατά την εκτύπωσή τους σε χαρτί. Είναι ένας γρήγορος και αποτελεσματικός ως προς το κόστος τρόπος βελτίωσης του τρόπου μεταβίβασης των ιδεών ενός σχεδιαστή εντός και εκτός του οργανισμού. Επιφέρει επανάσταση στην διεργασία ανάπτυξης, βοηθώντας την ομάδα σχεδιασμού να επωφεληθεί από περισσότερες ευκαιρίες, πιο αποδοτικά από ποτέ. Τα πλεονεκτήματά του συντελούν στη μεγαλύτερη κατανόηση και τη γρηγορότερη έγκριση των ιδεών της ομάδας, τη δημιουργία καταπληκτικών μοντέλων γρήγορα και οικονομικά, την άμεση κατασκευή χωρίς τη μεσολάβηση της εκπαίδευσης και τη δραματική βελτίωση του τρόπου εργασίας. Η τεχνολογία χρησιμοποιείται για:

- α) Επικύρωση ιδεών
- β) Κοινοποίηση πρόθεσης σχεδιασμού
- γ) Ανάδραση πληροφοριών μεταξύ πελάτη και διανομέα
- δ) Πακέτα προσφορών
- ε) Master τρισδιάστατων φαξ
- στ) Πρότυπα χύτευσης

Η μέθοδος πρωτοπαρουσιάστηκε το 1987 και σήμερα πολλές τεχνολογίες βρίσκονται στο στάδιο ανάπτυξης. Οι κύριες τεχνολογίες που χρησιμοποιούνται είναι:

- “Στερεολιθογραφία” (*Stereolithography*)
- “Σκλήρυνση Στερεού Εδάφους” (*Solid Ground Curing*)
- “Επιλογική Περίτξη με Λέιζερ” (*Selective Laser Sintering*)
- “Κατασκευή πολυστρωματικών αντικειμένων” (*Laminated Object Manufacturing*)
- “Μοντέλα απόθεσης υλικού” (*Fused Deposition Modelling*)
- “Τρισδιάστατη Εκτύπωση” (*Three Dimensional Printing*)

Τα περισσότερα συστήματα CAD μπορούν να παρέχουν έξοδο για μηχανές Ταχείας Πρωτοτυποποίησης στο μορφότυπο *STL*.

1.3.6 Εργαλεία “Διαχείρισης Δεδομένων Προϊόντος”

Η “Διαχείριση Δεδομένων Προϊόντος” (*Product Data Management*) αποτελεί ένα εργαλείο που μπορεί να χρησιμοποιείται για την υποστήριξη ολόκληρης της διάρκειας ζωής ενός προϊόντος συμπεριλαμβανομένου του ορισμού του προϊόντος ή της εγκατάστασης και της υποστήριξης λειτουργιών παραγωγής και επιχείρησης. Η τεχνολογία *PDM* παρέχει ένα τρόπο συνεργασίας και ανταλλαγής πληροφοριών σε πολλαπλά σημεία συνεχούς ολοκλήρωσης, από τον σχεδιασμό έως την κατασκευή και την υποστήριξη. Σε εκτεταμένες επιχειρήσεις, η *PDM* μπορεί να φανεί αποτελεσματική στη διαχείριση της αλυσίδας παροχής πληροφοριών των προϊόντων εξυπηρετώντας ως γέφυρα πληροφοριών μεταξύ επιχειρήσεων, υπεργολάβων, διανομέων, συμβούλων, εταίρων και πελατών.

Τα συστήματα PDM διαχειρίζονται την πλήρη διάρθρωση ενός προϊόντος, συμπεριλαμβάνοντας όλα τα μηχανικά και ηλεκτρονικά στοιχεία καθώς και τα συστατικά λογισμικού και τεκμηρίωσης. Η τεχνολογία εφαρμόζεται σε οποιαδήποτε προϊόντα διακριτής κατασκευής όπως αυτοκίνητα, συστήματα αεροσκαφών και άμυνας, εργαλειομηχανές και τηλεπικοινωνιακό εξοπλισμό. Η τεχνολογία PDM διασφαλίζει την πρόσβαση ανθρώπων και συστημάτων σε ακριβείς πληροφορίες εννοιών σχεδίου, πρωτοτύπων, κατασκευής, λειτουργιών ή συντήρησης καθ' όλη τη διάρκεια ζωής ενός προϊόντος. Τα συστήματα PDM παρέχουν μία δομή που δίνει τη δυνατότητα αποθήκευσης, διαχείρισης και ελέγχου όλων των τύπων πληροφοριών προϊόντος. Συμπεριλαμβάνονται ηλεκτρονικά έγγραφα, ψηφιακά αρχεία και αρχεία βάσεων δεδομένων σε ό,τι αφορά τα εξής:

1. Διαμόρφωση προϊόντος
2. Σχέδια έργου
3. Ορισμός εξαρτήματος και άλλα δεδομένα σχεδιασμού
4. Οπτικοακουστικά σχόλια
5. Προδιαγραφές
6. Έγγραφα σε χαρτί
7. Σκαριφήματα CAD
8. Αρχεία συντήρησης και υποστήριξης
9. Γεωμετρικά μοντέλα
10. Έγγραφα αποθηκευμένα σε ηλεκτρονική μορφή, σημειώσεις, αλληλογραφία
11. Σαρωμένες εικόνες
12. Απαιτήσεις ασφάλειας και κανονισμών
13. Μοντέλα και αποτελέσματα μηχανικής ανάλυσης
14. Σχέδια προγραμματισμού παραγωγής και δρομολόγηση
15. Προγράμματα μερών NC

Τα συστήματα PDM επί του παρόντος χρησιμοποιούνται από πολλές βιομηχανίες όπως:

- Κατασκευής αεροσκαφών
- Αυτοκινήτων: συναρμολόγηση και εξαρτήματα
- Γενικών μηχανικών κατασκευών
- Ηλεκτρικών και ηλεκτρονικών εξαρτημάτων
- Κατασκευής υπολογιστών
- Αμυντικών συστημάτων
- Έρευνας και παραγωγής πετρελαίου και φυσικού αερίου
- Χημικών και μηχανικής των βιομηχανικών διεργασιών
- Συμβούλων σχεδιασμού και διαχείρισης
- Κατασκευή τροφίμων και ποτών
- Φαρμακευτική
- Παραγωγή ενέργειας
- Επιχειρήσεων δομικών έργων
- Μεταφορέων: οδικών, σιδηροδρομικών, θαλάσσιων, αεροπορικών
- Οργανισμούς κοινής ωφελείας: ηλεκτρικού ρεύματος, ύδρευσης, τηλεπικοινωνιών
- Κεντρικών και τοπικών κυβερνήσεων

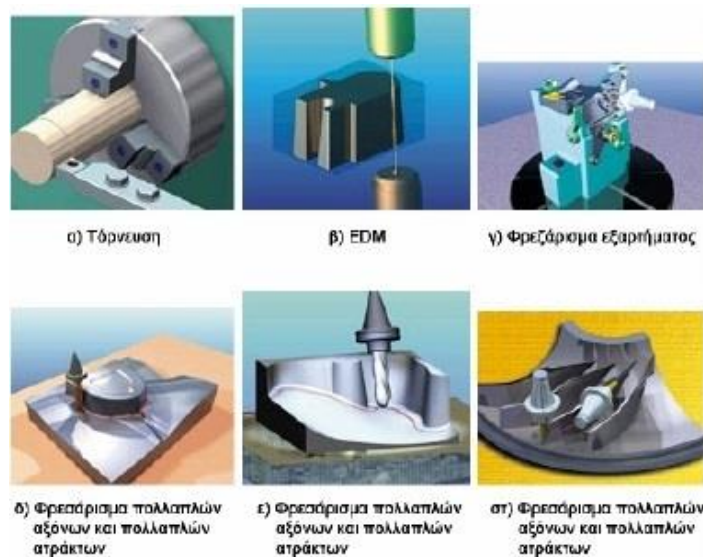
1.4. Περιοχές Εφαρμογής της Τεχνικής Αυτοματοποίησης Σχεδιασμού προϊόντων

Το σύστημα CAD έχει εφαρμοστεί σε πολλούς βιομηχανικούς τομείς.

- “Ο τομέας της μηχανολογίας”, αποτελεί τον μεγαλύτερο χρήστη των συστημάτων CAD. Οι εφαρμογές συνδυάζονται συνήθως με την κατασκευή, διαμορφώνοντας ένα σύστημα CAD/CAM. Οι εφαρμογές καλύπτουν όλους τους τύπους κατασκευαστικών λειτουργιών όπως φρεζάρισμα (2 ½, 3=5 άξονας ελέγχου), τόννευση, EDM σύρματος, διάτρηση κλπ. Ο χρήστης μπορεί να δοκιμάσει το πρόγραμμα του εξαρτήματος επί οθόνης πριν τη μεταφορά στην εργαλειομηχανή και να εκτελέσει εντοπισμό συγκρούσεων, υποκοπές Τα περισσότερα συστήματα διαθέτουν ενσωματωμένο

τελικό επεξεργαστή για να επικοινωνούν με τις εργαλειομηχανές. Στο σχήμα 7.13, απεικονίζονται παρόμοια παραδείγματα.

- “Ο τομέας AEC”, αποτελεί τη δεύτερη μεγαλύτερη περιοχή εφαρμογής των συστημάτων CAD. Οι εφαρμογές ποικίλουν από ένα απλό δομικό σχέδιο έως έργα μεγάλης κλίμακας, εσωτερικό σχεδιασμό, στατική και δυναμική ανάλυση κλπ. Οι εφαρμογές αυτές βρίσκονται εκτός του πεδίου εφαρμογής της παρούσας έκθεσης. Στο σχήμα 7.14 παρουσιάζονται κάποια παραδείγματα μεγάλων έργων.
- “Η ηλεκτρονική μηχανική”, είναι η τρίτη μεγαλύτερη περιοχή εφαρμογής. Ο υπολογιστής έχει τη δυνατότητα να εκτελεί όλα τα σχέδια IC. Η πολυπλοκότητα των σχεδίων όμως επιβάλλει τη χρήση των συστημάτων CAD. Τα σύγχρονα συστήματα περιλαμβάνουν στο λογισμικό τους μερικά έτοιμα σχέδια για να προσφέρουν κάποιου είδους βοήθεια στους χρήστες για τα νέα τους σχέδια.
- “Η βιομηχανία ένδυσης”, είναι ένας επίσης μεγάλος χρήστης. Ο αριθμός των διαθέσιμων συστημάτων είναι περιορισμένος. Ένας μικρός αριθμός επιχειρήσεων προσφέρει συστήματα για τον τομέα ένδυσης ανά τον κόσμο, ενώ σε εθνική βάση υπάρχουν κάποιες επιχειρήσεις που προσφέρουν τέτοια συστήματα. Τα συστήματα ένδυσης είναι μάλλον ακριβά γιατί χρησιμοποιούν εξειδικευμένο εξοπλισμό, όπως μεγάλους σχεδιογράφους, κοπτικά εργαλεία για πατρόν και αυτόματες μηχανές για το κόψιμο του υφάσματος. Η εφαρμογή τους ποικίλει από το σχέδιο μόδας έως την κατασκευή. Η μεγαλύτερη χρήση των συστημάτων γίνεται για σχέδιο πατρόν και για κατάλληλο στρώσιμο του πατρόν στο ύφασμα όπου επιτυγχάνεται και η μεγαλύτερη οικονομία.



Σχήμα 1.13 : Παραδείγματα εφαρμογών CAM (εικόνα της έκθεσης του Δρ. Νικολάου Μπιλάλη, για το ερευνητικό πρόγραμμα Innoregio : Διάδοση Τεχνολογιών Ανάπτυξης)



Σχήμα 1.14 : Διάφορα μεγάλα έργα όπου έχει εφαρμοστεί ο τομέας AEC CAD (εικόνα της έκθεσης του Δρ. Νικολάου Μπιλάλη, για το ερευνητικό πρόγραμμα Innoregio : Διάδοση Τεχνολογιών Ανάπτυξης)

Η δυνατότητα χειρισμού ηλεκτρονικών δεδομένων (σχέδια πατρόν) είναι απολύτως απαραίτητη για όλες τις εταιρίες που αναλαμβάνουν υπεργολαβία για λογαριασμό ενός μεγάλου προμηθευτή. Το στρώσιμο του πατρόν στο ύφασμα μπορεί να συντελέσει στην εξοικονόμηση υλικού και να δικαιολογήσει την επένδυση σε CAD. Στη σημερινή εποχή, η εφαρμογή των συστημάτων σχεδίου μόδας γίνεται ολοένα και πιο δημοφιλής. Τα συστήματα αυτά έχουν τη δυνατότητα να παράγουν μία ολόκληρη συλλογή σε χαρτί, εξοικονομώντας τα

χρήματα της δειγματοληψίας και πολύ συχνά είναι συνδεδεμένα σε ειδικούς εκτυπωτές με ψεκασμό μελάνης που έχουν τη δυνατότητα εκτύπωσης σε ύφασμα για γρήγορη δειγματοληψία. Στην βιομηχανία ένδυσης υπάρχουν μηχανές ελεγχόμενες από υπολογιστή παρόμοιες με τις μηχανές CNC που χρησιμοποιούνται στην κατεργασία μετάλλων. Οι μηχανές αυτές εκτελούν το πλέξιμο και το κόψιμο του υφάσματος αυτόματα και ελέγχονται απευθείας από τα συστήματα CAD. Επιπλέον, μπορούν να συνδυαστούν με ένα σύστημα αποθήκευσης σχηματίζοντας ένα είδος Εύκαμπτου Κελιού Κατασκευής. Στα ακόλουθα σχήματα απεικονίζονται μερικοί εξοπλισμοί που χρησιμοποιούνται για τον CAD ένδυσης.

1.5. Κόστος υλοποίησης

Το κόστος υλοποίησης συνίσταται στην αγορά εξοπλισμού και λογισμικού και στο κόστος εκπαίδευσης και υποστήριξης. Κανένα από αυτά δεν θα πρέπει να υποτιμάται. Οι τιμές των συστημάτων μειώνονται συνεχώς (Υλικού και Λογισμικού), αλλά το κόστος της εκπαίδευσης αυξάνεται. Η διαδικασία της εκπαίδευσης αναλύεται παρακάτω. Το κόστος των εξειδικευμένων συστημάτων, όπως κατασκευής φύλλων μετάλλου, προγραμμάτων ανάλυσης κλπ, είναι υψηλότερο. Όσον αφορά στα συστήματα υποστήριξης, όπως PDM, RP, το κόστος της υποστήριξης και των συμβουλευτικών υπηρεσιών είναι πολύ υψηλό. Η διαδικασία υλοποίησης είναι μακροχρόνια και χρειάζεται αρκετός χρόνος για τη ρύθμιση και την αποτελεσματική χρήση του συστήματος.

1.6. Συνθήκες υλοποίησης

Σε μία έρευνα που διεξάχθηκε από το περιοδικό *CAD Report* σε αναγνώστες του και χρήστες του CAD όσον αφορά στην απώλεια παραγωγικότητας λόγω των λειτουργιών CAD/CAM και CAE, αποκομίστηκαν τα παρακάτω αποτελέσματα:

- α) Σφάλμα χειριστή – 28%
- β) Προβλήματα εφαρμογής – 26%
- γ) Ανεπαρκής διαχείριση δεδομένων – 18%
- δ) Αστοχίες του διακομιστή δικτύου ή του συστήματος – 12%
- ε) Αστοχίες του λειτουργικού συστήματος – 4%
- στ) Βλάβη του υλικού (hardware) – 2%
- ζ) Άλλο – 10%

Οι διαχειριστές CAD πρέπει να διαχειρίζονται τα αίτια αστοχίας, ιδιαίτερα σε μεγάλες εγκαταστάσεις, ώστε να επιτυγχάνεται πλήρης λειτουργία του συστήματος. Ακολουθεί περαιτέρω ανάλυση των δύο πρώτων αιτιών αστοχίας.

1.6.1 Σφάλματα Εφαρμογής

Τα περισσότερα λογισμικά CAD είναι λιγότερο αξιόπιστα σε σχέση με τα γενικά λογισμικά επιχειρήσεων για τους εξής λόγους:

1. Εκτελούν δυσκολότερες λειτουργίες
2. Σε ένα πρόγραμμα CAD υπάρχουν περισσότερες λογικές διακλαδώσεις απ' ό τι σε μία τυπική εφαρμογή επιχείρησης
3. Το μικρό μέγεθος της κοινωνίας χρηστών και ο περιορισμένος αριθμός των δοκιμαστών των εκδόσεων βήτα
4. Οι περισσότεροι ειδικοί ανάπτυξης λογισμικού CAD έχουν μόνο μία αόριστη ιδέα του πώς χρησιμοποιούν τα συστήματά τους οι σχεδιαστές
5. Οι ειδικοί ανάπτυξης λογισμικού CAD σπάνια συναντούν τους πραγματικούς χρήστες του CAD

Στην αποκατάσταση των προγραμμάτων θα πρέπει να συνεισφέρουν και οι χρήστες του CAD. Πρέπει να συγκεντρώνουν τα δικά τους δεδομένα για τις καταρρεύσεις του συστήματος ή τις αστοχίες κατά την εκτέλεση ορισμένων εργασιών. Αυτό εξάλλου θα τους βοηθήσει να αναγνωρίζουν τις ασυμβατότητες ως

προς το “Υλισμικό”, την απώλεια παραγωγικότητας, τη λανθασμένη εγκατάσταση λογισμικού.

1.6.2 Άγνοια Χειριστή

Αυτό οφείλεται στο γεγονός ότι πολλοί χρήστες δεν ακολουθούν σωστά τις διαδικασίες, οι οποίες είναι συνήθως πολύπλοκες. Οφείλεται στα εξής:

- α) Ανεπαρκές λογισμικό
- β) Τα συστήματα δεν είναι καθόλου «έξυπνα»
- γ) Διαδικασίες όπως αρίθμηση, στρωματοποίηση, ονοματοδοσία φακέλων, βιβλιοθήκες προτύπων μερών κλπ. πρέπει να αναβαθμίζονται με κάθε νέα δημοσίευση.

Ο καλύτερος τρόπος αναβάθμισης των διαδικασιών δεν είναι μέσω δουλειάς γραφείου, αλλά μέσω μίας εσωτερικής τοποθεσία διαδικτύου.

1.7. Διαδικασία Υλοποίησης

1.7.1 Βήματα/ Στάδια

Η επιτυχής εισαγωγή μιας πλήρους σειράς συστήματος CAD/CAM αποτελεί μία μακρόχρονη διαδικασία. Όπως και κάθε εφαρμογή της Τεχνολογίας Πληροφορικής, ξεκινάει με την αξιολόγηση των αναγκών, τις τεχνικές προδιαγραφές του συστήματος, την επιλογή του πιο κατάλληλου συστήματος και την υλοποίηση. Κατά την αξιολόγηση των αναγκών πρέπει να πραγματοποιείται μία σταδιακή υλοποίηση του συνολικού συστήματος. Πριν από την υλοποίηση πολλών υπομονάδων πρέπει να ακολουθούνται ορισμένα βήματα. Τα υπάρχοντα συστήματα ή ο εξοπλισμός Πληροφορικής που απαιτεί ανταλλαγή δεδομένων με το σύστημα CAD πρέπει να λαμβάνονται υπόψη κατά τον καθορισμό των προδιαγραφών. Οι τρέχουσες τάσεις στην εξέλιξη των συστημάτων CAD είναι εξίσου σημαντικές και πρέπει να εξετάζονται. Οι τεχνικές προδιαγραφές ενός συστήματος θα πρέπει να καλύπτουν το μεγαλύτερο μέρος των αναγκών του χρήστη. Σε ορισμένες εφαρμογές δεν θα πρέπει να είναι ανεξάρτητες από το διανομέα. Σε αναπτυσσόμενες χώρες, όπως η Ελλάδα, όπου οι χρήστες εξειδικευμένων συστημάτων είναι λίγοι, η τοπική υποστήριξη είναι πολύ σημαντική. Πρέπει να λαμβάνεται υπόψη η υπάρχουσα βάση πελατών και να πραγματοποιούνται κάποιες τοπικές επισκέψεις. Η αξιολόγηση των εναλλακτικών λύσεων και της επιλογής του πιο κατάλληλου συστήματος δεν θα πρέπει να βασίζονται μόνο σε θεωρητική αξιολόγηση. Πρέπει να πραγματοποιείται δοκιμασία απόδοσης τριών ή τεσσάρων υποψήφιων συστημάτων με βάση ένα ή δύο τεμάχια που αντιπροσωπεύουν το φάσμα προϊόντων που παράγει μία επιχείρηση. Η θεωρητική αξιολόγηση διαφόρων συστημάτων δεν εκτελείται εύκολα, εκτός αν η επιχείρηση είναι ήδη χρήστης CAD, έχει πολύ καλή γνώση των συστημάτων CAD και παρακολουθεί τις εξελίξεις στα συστήματα CAD. Μερικές φορές ο τύπος της εργασίας που εκτελεί μία επιχείρηση κατευθύνει την επιλογή ενός συστήματος CAD. Μεγάλοι κατασκευαστές με πολλούς υπεργολάβους, τους αναγκάζουν να αγοράσουν το ίδιο σύστημα CAD με αυτό που χρησιμοποιούν οι ίδιοι. Αυτό το κάνουν, για να αποφύγουν προβλήματα μετάφρασης δεδομένων από ένα σύστημα CAD σε άλλο. Η υλοποίηση είναι το δυσκολότερο στάδιο. Απαιτεί ισχυρή υποστήριξη από τη διαχείριση, χρόνο για ανταπόδοση και δεν θα πρέπει να αποτελεί μία προσωρινή εργασία για μερικούς σχεδιαστές. Τα προβλήματα που πρέπει να διευθετούνται περιλαμβάνουν εκπαίδευση, οργάνωση της ομάδας CAD, λειτουργία του συστήματος και καθορισμό διαδικασιών. Το καθένα από αυτά περιγράφεται παρακάτω.

1.7.2 Εκπαίδευση

Η εκπαίδευση είναι το πιο σημαντικό βήμα για την επιτυχή υλοποίηση ενός συστήματος CAD. Για νέες εγκαταστάσεις, η επιλογή του προσωπικού και η επιτυχία της εκπαίδευσης αποτελούν πολύ σημαντικούς παράγοντες καθώς οι αποτυχίες συχνά εξουδετερώνονται πολύ δύσκολα. Η δημιουργία ενός σταθερού επιπέδου εξειδίκευσης και εμπιστοσύνης του χρήστη θα πρέπει να τονίζεται ιδιαίτερα καθώς είναι πολύ σημαντικότερη από τη υιοθέτηση δύσκολων στόχων παραγωγικότητας. Μετά την αρχική εγκατάσταση του

συστήματος και την εκπαίδευση του προσωπικού,θα πρέπει να αρχίζει να αυξάνεται και η παραγωγικότητα, η οποία ενδέχεται να πλησιάσει τα επίπεδα παραγωγής που πραγματοποιούνταν πριν την εισαγωγή του CAD. Πολλές φορές όμως, οι αποτυχίες που προκαλούνται λόγω απώλειας δεδομένων, σφαλμάτων των χειριστών ή έλλειψης ικανοτήτων θα συντρίψουν την παραγωγικότητα και θα απογοητεύσουν τη διαχείριση και τους χρήστες. Τα αίτια τέτοιων αποτυχιών πρέπει να ανιχνεύονται και να διορθώνονται. Το κάθε πρόβλημα που αντιμετωπίζεται θα πρέπει να αντιπροσωπεύει για το προσωπικό μία ευκαιρία εκμάθησης. Οι χειριστές έχουν την τάση να χρησιμοποιούν γνωστές εντολές αντί να προσπαθούν να μάθουν νέους και γρηγορότερους τρόπους να εκτελούν τις εργασίες τους. Συνήθως ο διαχειριστής αναλαμβάνει τον προσδιορισμό πιο παραγωγικών λειτουργιών και την αναζήτηση και ανάπτυξη νέων μεθόδων χρήσης. Η εκπαίδευση θα πρέπει να περιλαμβάνει:

- Αρχική εκπαίδευση για νέους χειριστές καθώς επίσης και διαρκή εκπαίδευση για έμπειρους χρήστες.
 - Εκπαίδευση μεταξύ των μελών της ομάδας. Η παροχή βοήθειας από όλο το προσωπικό CAD προς τα νέα μέλη της ομάδας έχει ιδιαίτερη σημασία ώστε αυτά να μάθουν αποτελεσματικές τεχνικές και διαδικασίες.
 - Τακτικές συγκεντρώσεις με σκοπό την παρουσίαση νέων εντολών, προγραμμάτων και μενού ή άλλων τεχνικών εξοικονόμησης χρόνου.
 - Τεκμηρίωση συγκεκριμένων προγραμμάτων και διαδικασιών για την εύκολη ανεύρεση και χρήση τους από το προσωπικό.
 - Το προσωπικό πρέπει να αναπτύσσει τις δικές του επιδεξιότητες επίλυσης προβλημάτων. Πρέπει λοιπόν να του ανατίθενται ανάλογες ευθύνες .Καθώς η εκπαίδευση δεν είναι μία δραστηριότητα που διεξάγεται μία μόνο φορά, παρέχεται ο ακόλουθος κατάλογος εκπαιδευτικών δραστηριοτήτων
 - Ο κάθε νέος χρήστης πρέπει να ακολουθεί ένα κανονικό πρόγραμμα διδασκαλίας πάνω στη χρήση του λογισμικού CAD.
 - Πρέπει να παρέχεται εκπαίδευση με κάθε νέα κυκλοφορία λογισμικού. Συνήθως, η εκπαίδευση αυτή είναι σύντομη (μία ημέρα το πολύ).
 - Κάθε δύο εβδομάδες τουλάχιστον, η ομάδα πρέπει να διεξάγει συγκεντρώσεις παραγωγικότητας όπου μπορούν να συζητούνται θέματα όσον αφορά νέες διαδικασίες, σφάλματα.
 - Ανάπτυξη τοποθεσίας WEB για το κάθε εμπορικό είδος λογισμικού (SW) CAD.
- Στην τοποθεσία αυτή καταχωρούνται:
- ο Επιχειρησιακές διεργασίες
 - ο Απαντήσεις σε συχνές ερωτήσεις
 - ο Τρόποι εξουδετέρωσης γνωστών σφαλμάτων λογισμικού
 - ο Έγγραφο αναφοράς σφαλμάτων
 - Παρακολούθηση συναντήσεων της ομάδας χρηστών και αποκόμιση αναφοράς τους.
 - Ανάθεση σε ένα πρόσωπο της ανάπτυξης και τεκμηρίωσης των ειδικών ως προς τις επιχειρησιακές διεργασίες εργαλείων αυτόματου σχεδιασμού.
 - Προϋπολογισμός των δραστηριοτήτων εκπαίδευσης και αύξησης της παραγωγικότητας.

1.7.3 Οργάνωση

Η σωστή λειτουργία του CAD κατά την πρώτη απόπειρα είναι πολύ σημαντική. Αυτό επιτυγχάνεται επιλέγοντας ανθρώπους που έχουν την μεγαλύτερη πιθανότητα να κάνουν το σύστημα να δουλέψει και καθορίζοντας με σαφήνεια τα δικαιώματα και τις ευθύνες τους. Εάν το τμήμα είναι σωστά οργανωμένο, ο διαχειριστής έχει τη δυνατότητα να αφιερώνει περισσότερο χρόνο στην παραγωγή και τα τεχνικά προβλήματα. Αντίθετα, εάν το τμήμα είναι ανοργάνωτο, ή εάν πολλά άτομα και χειριστές χρησιμοποιούν ταυτόχρονα το σύστημα χωρίς λόγο, ή εάν οι χειριστές δεν γνωρίζουν τις υποχρεώσεις τους, δεν θα γίνεται καθόλου δουλειά και το πρόγραμμα CAD θα αποβεί καταστροφικό.

Η συνεργασία μεταξύ των τμημάτων είναι κρίσιμος παράγοντας για την μελλοντική ανάπτυξη του CAD/CAM στα πλαίσια της επιχείρησης. Με την πρόβλεψη των μελλοντικών εφαρμογών του εξοπλισμού CAD/CAM η ομάδα θα είναι καλύτερα προετοιμασμένη, ώστε να χειριστεί την ανάπτυξη αυτή οργανωμένα. Θα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη τα σχέδια για μελλοντική επέκταση της επιχείρησης πριν τις μεγάλες επενδύσεις σε μελέτες ή σχέδια κατασκευής εγκαταστάσεων. Σε μεγάλες εγκαταστάσεις, η διαμόρφωση μίας επιτροπής γραφικών θα βοηθήσει στον ορισμό της κατεύθυνσης του CAD/CAM στα πλαίσια της επιχείρησης και στην αναγνώριση των ενδεχόμενων περιοχών εφαρμογής νέου εξοπλισμού. Με το σωστό

σχεδιασμό και την επικοινωνία μεταξύ των τμημάτων που θα χρησιμοποιούν τη βάση δεδομένων CAD/CAM μπορούν να αποφεύγονται προβλήματα ασυμβατότητας μεταξύ υπολογιστικών συστημάτων. Τα θέματα οργάνωσης είναι κρίσιμα για την αποτελεσματική διαχείριση και ανάπτυξη του συστήματος. Οι διαχειριστές CAD μπορούν να επωφελούνται από τη σωστή οργάνωση των τμημάτων τους, ώστε να έχουν τη δυνατότητα να αφιερώνουν περισσότερο χρόνο σε τεχνικά και λειτουργικά θέματα.

1.7.4 Λειτουργίες

Στην αρχή, το σύστημα CAD θα πρέπει να χρησιμοποιείται για απλά έργα με σκοπό τον έλεγχο του συστήματος και την απόκτηση εμπιστοσύνης. Εάν το σύστημα προορίζεται για παραγωγή σχεδίων, τα σχέδια που ενδέχεται να έχουν πολλές αναθεωρήσεις είναι ιδανικά διότι η αναθεώρηση δεδομένων σε ένα σύστημα CAD είναι γρηγορότερη και καθαρότερη από την αλλαγή σκίτσων τυπωμένων σε χαρτί. Ακόμη και αν η δημιουργία ενός έργου ή ενός σχεδίου απαιτεί περισσότερο χρόνο με το σύστημα CAD απ' ό,τι με τις χειροκίνητες μεθόδους, ο χρόνος που εξοικονομείται κατά τον κύκλο της επανάληψης ή της αναθεώρησης θα πρέπει να αποφέρει καθαρή εξοικονόμηση ως προς την παραδοσιακή μέθοδο ή το χειροκίνητο προσχεδιασμό. Επιπλέον, η εισαγωγή εξαρτημάτων που έχουν ήδη ελεγχθεί, λεπτομερειών, σημειώσεων ή άλλων δεδομένων σε ένα προϊόν ή σχέδιο μπορεί επίσης να συμβάλλει στην εξοικονόμηση του χρόνου ελέγχου.

Η επιτυχία του CAD δεν είναι αυτόματη. Για την επιτυχή λειτουργία του συστήματος απαιτείται αρκετή μελέτη, εκπαίδευση και επιμονή. Είναι βέβαιο ότι οι προσπάθειες για αυτοματοποίηση θα αποτύχουν εάν οι χειριστές δεν διαθέτουν τις απαραίτητες ικανότητες προγραμματισμού του συστήματος, ή εάν ο σχεδιασμός είναι ανεπαρκής. Μία επιχείρηση πρέπει να εμπεδώσει τον τρόπο χρήσης των μερών της βιβλιοθήκης, των μενού και των βασικών εντολών του συστήματος πριν επιχειρήσει να προγραμματίσει το σύστημα. Σε περίπτωση που κάποιος χρήστης επιλέγει έργα προς αυτοματοποίηση, πρέπει να βεβαιωθεί ότι υπάρχει αρκετή δουλειά, ώστε να αντισταθμίσει το κόστος εκπαίδευσης και ανάπτυξης λογισμικού, ιδιαίτερα εάν απαιτείται εκτεταμένος προγραμματισμός.

Συνιστάται η αρχική αυτοματοποίηση εργασιών που πρόκειται να συμβάλλουν στην εξοικονόμηση των μεγαλύτερων χρηματικών ποσών και που έχουν την μεγαλύτερη πιθανότητα επιτυχούς ολοκλήρωσης στο σύστημα. Και βέβαια, δεν πρόκειται να πραγματοποιηθούν οποιεσδήποτε εργασίες εάν τα καθήκοντα που ανατίθενται υπερβαίνουν τις ικανότητες των χειριστών. Τα χρονοδιαγράμματα πρέπει να περιλαμβάνουν τον χρόνο για την ανάπτυξη του συστήματος. Διαφορετικά, οι επιδεξιότητες θα καλυφθούν μέσα σε σύντομο χρονικό διάστημα. Η ανάπτυξη θα πρέπει να εφαρμόζεται σε περιοχές που θα αποβούν πλέον ωφέλιμες στο μεγαλύτερο μέρος των ευθυνών της ομάδας. Όλα τα μέλη της ομάδας CAD θα πρέπει να συμμετέχουν στην ανάλυση των εργασιών προκειμένου να βρουν τον "καλύτερο τρόπο εκτέλεσής τους" στο σύστημα CAD. Ο διαχειριστής του CAD πρέπει να είναι αρκετά ευέλικτος ώστε να επιτύχει την αποτελεσματική λειτουργία του CAD στο τμήμα και να κατευθύνει την εξέλιξή του στα πλαίσια της επιχείρησης.

1.7.5 Διαδικασίες

Οι γραπτές διαδικασίες έχουν μεγάλη σημασία διότι παρέχουν σαφείς αδιαμφισβήτητες οδηγίες στο προσωπικό του CAD και οι χρήστες του CAD έχουν γνώση των συγκεκριμένων υποχρεώσεών τους. Εάν οι χρήστες δεν κατανοήσουν σωστά ορισμένα πράγματα όσον αφορά στις απαιτήσεις εργασίας, μπορούν να γνωστοποιήσουν τα παράπονά τους σαφέστερα, αναφερόμενοι σε μέρη της διαδικασίας που χρειάζονται βελτίωση ή αναθεώρηση. Οι διαδικασίες θα πρέπει να ενημερώνονται κατ' ανάγκη με σκοπό την απλοποίηση και το εκσυγχρονισμό των λειτουργιών και την επίτευξη της καλύτερης δυνατής ενοποίησης με τα άλλα τμήματα που χρησιμοποιούν τη βάση δεδομένων CAD.

Οι διαδικασίες είναι πολύτιμες και για τον λόγο ότι, αφού οριστικοποιηθούν, μπορούν να επαναχρησιμοποιηθούν. Βοηθούν στην εκπαίδευση νέων χρηστών και στην ανανέωση της εκπαίδευσης περιστασιακών χρηστών. Οι πληροφορίες δεν χάνονται όταν οι άνθρωποι κλειδιά εγκαταλείπουν την επιχείρηση. Οι σωστές διαδικασίες παρέχουν στερεά θεμέλια για την παραγωγική ανάπτυξη του CAD στην επιχείρηση.

Κεφάλαιο 2ο. Σχεδιασμός και μελέτη λαβής ψαροτούφεκου στο Creo Parametric 2.0

2.1 Γενικά για το Creo parametric 2.0

Στα πλαίσια της παρούσας πτυχιακής εργασίας, έχει επιλεγεί το CAD/CAM/CAE λογισμικό Creo Parametric 2.0, το οποίο μαζί με τα επιμέρους εργαλεία σχεδιασμού καλουπιών (Pro/Mold), ελεύθερου σχεδιασμού (freestyle) και την εφαρμογή των κατεργασιών (manufacturing) έχει αναπτύξει μία δομημένη μεθοδολογία.

Το συγκεκριμένο λογισμικό (Creo Parametric 2.0) παρέχει έναν κατάλογο εργαλείων που δεν αφορά μόνο την απεικόνιση και την παραγωγή ενός τρισδιάστατου γεωμετρικού μοντέλου, αλλά και άλλες εφαρμογές του τομέα της μηχανολογίας. Στις εφαρμογές αυτές συμπεριλαμβάνονται ο σχεδιασμός καλουπιών μέσω της μεθόδου της έγχυσης, η προσομοίωση πλήρωσης του κοίλου χώρου του καλουπιού με υλικό (Plastic advisor), ο υπολογισμός αναπτυσσόμενων καταπονήσεων σε κρίσιμα σημεία (creo simulate), η προσομοίωση κινηματικών χαρακτηριστικών λειτουργίας, η ανάλυση συμπεριφοράς της εύπλαστης μάζας του υλικού και η προσομοίωση της κατεργασίας των διαφόρων εξαρτημάτων μέσω διαφόρων εργαλειομηχανών. Οι διάφοροι καταλόγοι που παρέχονται μπορούν να τροποποιηθούν ανάλογα με τις ανάγκες του χρήστη. Το λογισμικό υποστηρίζεται μέσω του διαδικτύου και ο χρήστης μπορεί εύκολα να έχει σημαντική υποστήριξη από την PTC Corporate, είτε τοπικά σε πολλές χώρες ή μέσω ηλεκτρονικού ταχυδρομείου.

2.1.1 Γεωμετρικός Σχεδιασμός στο Creo (part modeling)

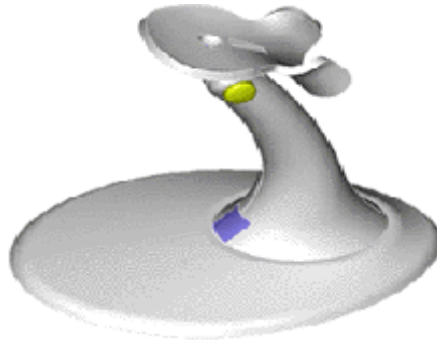
Στον γεωμετρικό σχεδιασμό του Creo μπορεί να δημιουργηθεί ένα καινούριο δοκίμιο ή part (Σχήμα 2.1), μέσω ενός σχεδίου (sketch) και να έχει στερεά χαρακτηριστικά όπως και να τροποποιηθούν προϋπάρχων δοκίμια ότι μορφή και αν έχουν. Ο γεωμετρικός σχεδιασμός δείχνει με γεωμετρική ακρίβεια πως να σχεδιαστεί ένα δισδιάστατο σχέδιο, χρησιμοποιώντας γεωμετρικές έννοιες και διαστάσεις μέσα στο σχέδιο. Ο γεωμετρικός σχεδιασμός μπορεί επίσης να δείξει πως να σχεδιαστεί από ένα σχέδιο δυο διαστάσεων από άλλα προγράμματα όπως π.χ. Auto Cad συνδυάζοντας άπλες άλλα και πιο εξελιγμένες επιλογές του σχεδιασμού εξελίσσοντας έτσι το οποιοδήποτε σχέδιο. Μεσώ της βοήθειας του Creo ο χρήστης μπορεί να καταλάβει την μεθοδολογία άλλα και την ορολογία που κάθε χρήστης πρέπει να ξέρει πριν ξεκινήσει να σχεδιάζει.



Σχήμα 2.1.1 : Δοκίμιο (Part)

2.1.2 Σχεδιασμός επιφανειών (surface modelling)

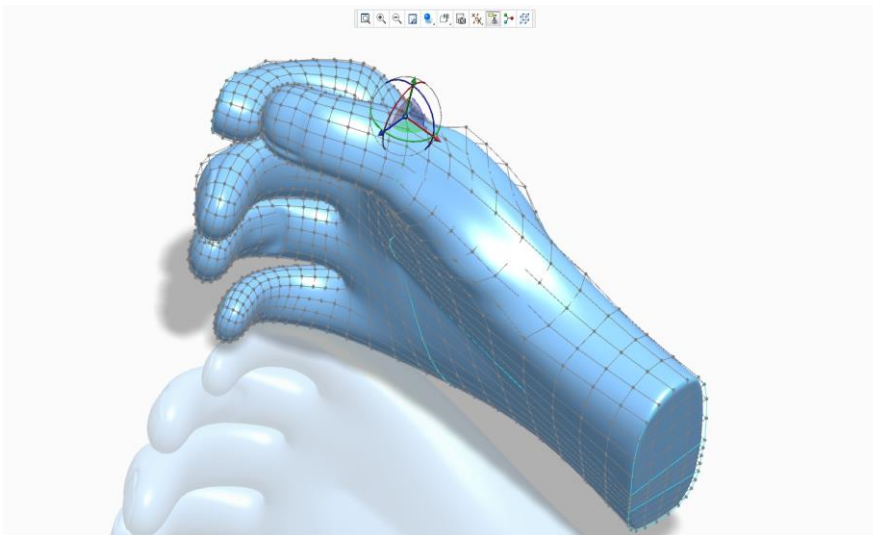
Με το σχεδιασμό επιφανειών ο κάθε χρήστης μπορεί να δημιουργήσει και να τροποποιήσει επιφάνειες και καμπύλες σε ένα προϋπάρχον δοκίμιο κατευθείαν στην οθόνη του. Μεσώ της βοήθειας ο χρήστης μπορεί να μάθει να χειρίζεται εφαρμογές με τις οποίες να μπορεί να σχεδιάζει παραμετρικές ή μη παραμετρικές καμπύλες και επιφάνειες καθώς και εισαχθέντα δοκίμια (Σχήμα 2.2). Επίσης μπορεί να μάθει πως να τροποποιήσει την μορφή άλλα και τη γεωμετρία κάθε καμπυλότητας ή επιφάνειας στερεών ή μη στερεών δοκιμίων και να της τροποποιήσει υπό κλίμακα , περιστρέφοντας τις , εκτείνοντας τις , κάμπτοντας τις και τέλος να τις συστρέψει σε οποιαδήποτε μορφή θέλει.



Σχήμα 2.1.2 : Δοκίμιο (Part) περίπλοκης γεωμετρίας

2.1.3 Σχεδιασμός με την εφαρμογή freestyle

Η εφαρμογή freestyle φέρει εντολές για να δημιουργεί ο χρήστης λείες επιφάνειες εύκολα και γρήγορα χρησιμοποιώντας ένα πολυγωνικό πλέγμα. Μπορεί ο χρήστης να τροποποιήσει και να διαιρέσει επιφάνειες ή γωνίες ή γραμμές του πλέγματος για μεγαλύτερη ακρίβεια. Αυτό παράγει ένα πιο πυκνό πλέγμα από το πρωταρχικό το οποίο χρησιμοποιεί την αρχική γεωμετρία. Οι γραμμές , οι επιφάνειες και οι γωνίες του πλέγματος ονομάζονται elements (στοιχεία). Επιλέγοντας πάνω σε ένα από αυτά τα στοιχεία ο χρήστης μπορεί άπλα τραβώντας το (Σχήμα 2.3) να δημιουργήσει οποιαδήποτε στέρεη επιφάνεια θέλουμε χρησιμοποιώντας το πρωταρχικό μας σχέδιο.

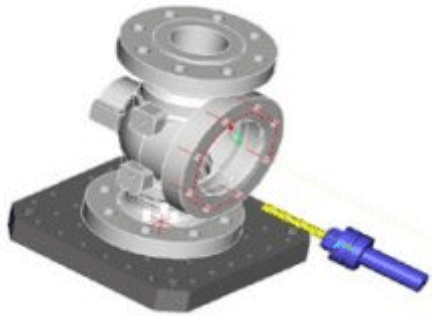


Σχήμα 2.1.3 : Δοκίμιο (Part) στο freestyle

2.1.4 Σχεδιασμός διαδικασίας παραγωγής (CAM)

Χρησιμοποιώντας την εφαρμογή των κατεργασιών ο χρήστης μπορεί να ορίσει και να προσομοιώσει τη λειτουργία σε CNC μηχανές , να δημιουργήσει συναρμολογήσεις δοκιμίων (Σχήμα 2.4) και ακατέργαστων,

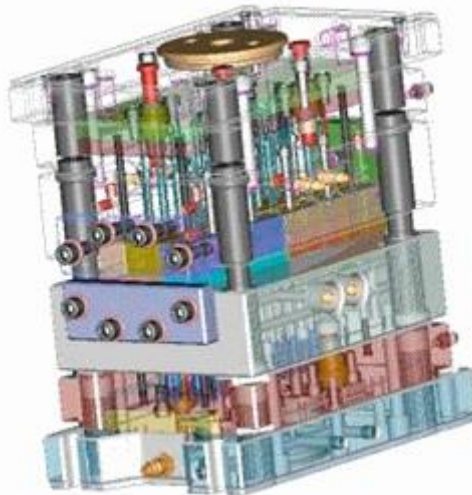
ακολουθίες κατεργασιών. Ο χρήστης μπορεί να δημιουργήσει προγράμματα ακολουθιών για παράγωγη, όπως έχει αναφερθεί, για πολυεδρικά δοκίμια με δύσκολη γεωμετρία χρησιμοποιώντας 3 ή ακόμα και 4 άξονες. Μεσώ της εφαρμογής αυτής μπορεί ο χρήστης να στήσει την NC μηχανή του και να παράγει μεσώ των κατεργασιών G κωδικά έτοιμο προς εκτέλεση από τις μηχανές.



Σχήμα 2.1.4 : Προσομείωση κατεργασίας CAM

2.1.5 Σχεδιασμός καλουπιού (mold design)

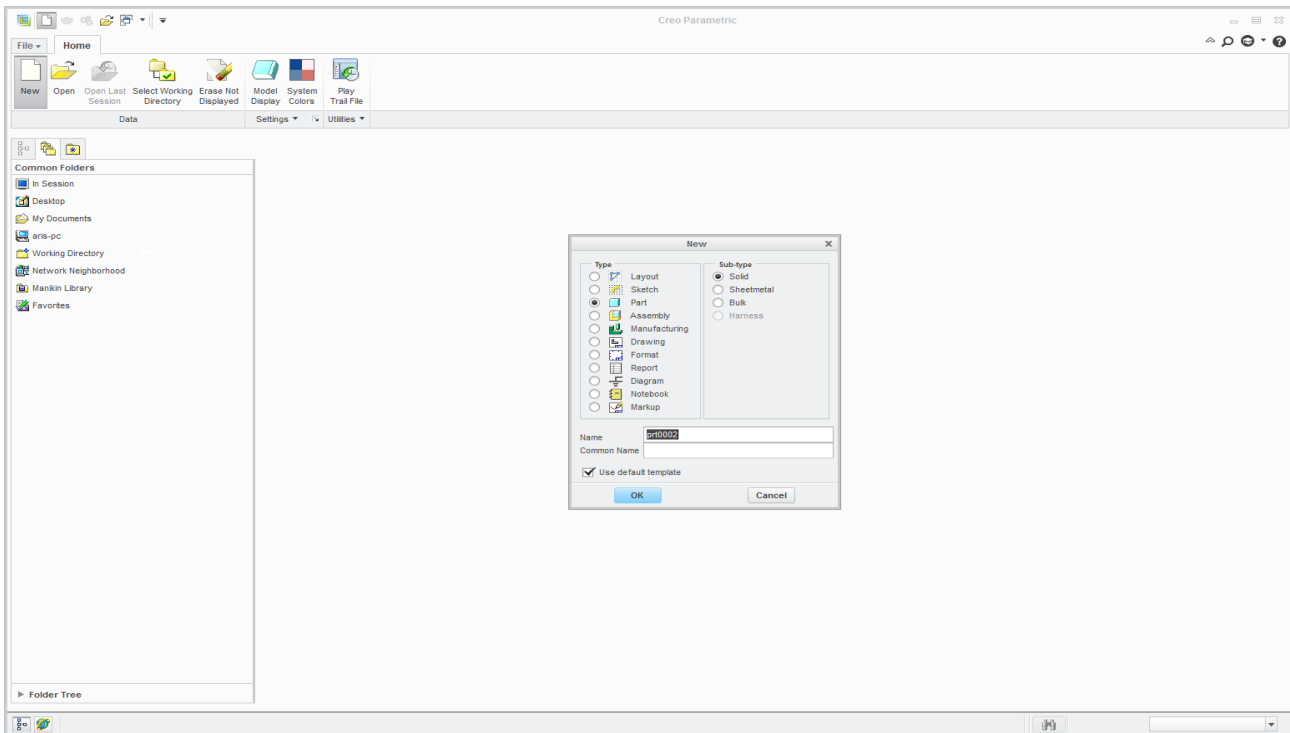
Με την εφαρμογή καλουπιού και έγχυσης ο χρήστης μπορεί να σχεδιάσει το καλούπι καθώς και την συναρμολόγηση του από τα εκάστοτε κομμάτια του, έτσι ώστε να είναι έτοιμο προς κατεργασία. Ο χρήστης μπορεί να τροποποιήσει και να αναλύσει κομμάτια του καλουπιού (Σχήμα 2.5) ή ένα ολόκληρο καλούπι μεσώ του αρχικού σχεδιασμού ή απευθείας να τροποποιήσει τις κοιλότητες του καλουπιού ή ακόμα και τα πρωταρχικά σχέδια.



Σχήμα 2.1.5 : Εξομείωση καλουπιού μέσω του Mold design

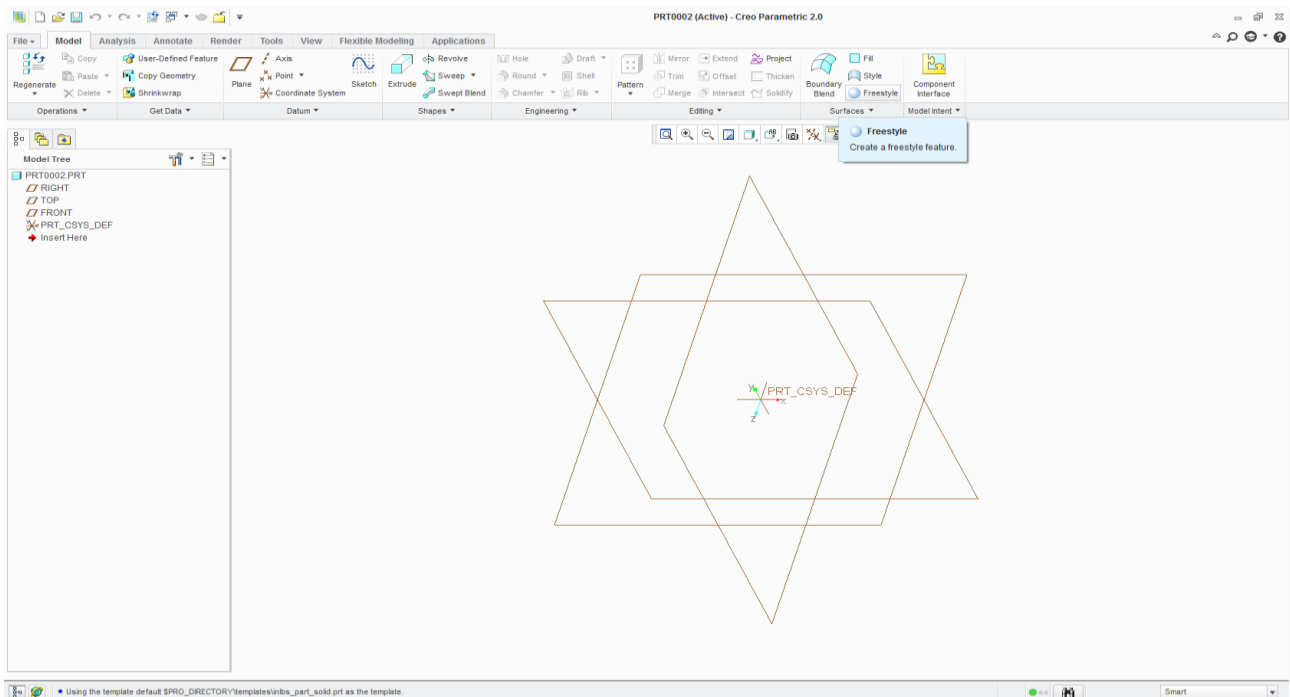
2.2 Σχεδιασμος και μελετη μεσω της εφαρμογης Freestyle

Για να γίνει ένα κομμάτι με τη μέθοδο freestyle ο χρήστης θα ξεκινήσει δημιουργώντας ένα καινούριο κομμάτι στο Creo 2,(Σχήμα 2.2.1) δίνοντας προσχή στην επιλογή use default template.Αν ο χρήστης δε γνωρίζει αν σχεδιάζει στο μετρικό σύστημα απειλέγει την παραπάνω εντολή και στη συνέχεια επιλέγει mmns_part_solid, που είναι πιο εύκολο από το να ανατρέξει στην μπάρα αναζήτησης και να μπει στο model properties και να αλλάξει χειροκίνητα τις μονάδες μέτρησης που χρησιμοποιεί.



Σχήμα 2.2.1: Αρχικές ρυθμίσεις

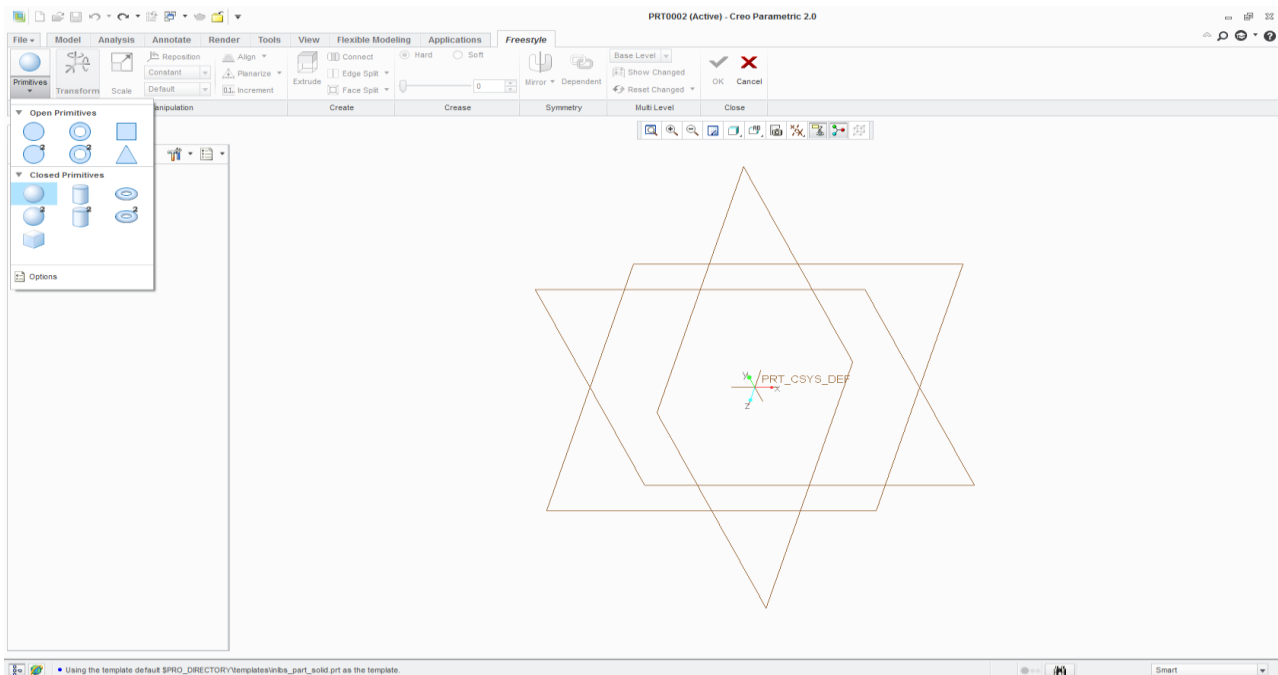
Στο μενού της καρτέλας Model ο χρήστης βρίσκει και επιλέγει την επιλογή freestyle (Σχήμα 2.2.2) για να ξεκινήσει τον σχεδιασμό.



Σχήμα 2.2.2: Καρτέλα Freestyle

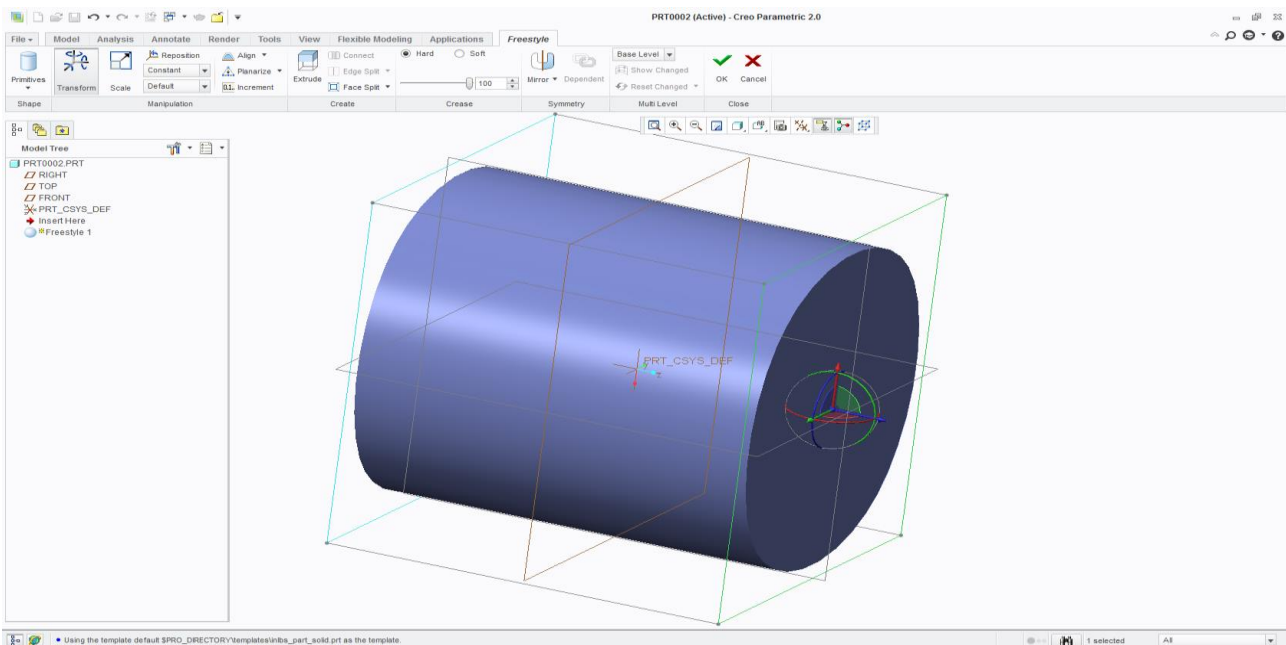
Αμέσως ανοίγει το μενού του freestyle και παρατηρείται ότι έχει λίγες επιλογές σε σχέση με την καρτέλα του Model. Έτσι υπάρχουν οι κλασικές εντολές mirror, extrude και scale καθώς και κάποιες πρόσθετες επιλογές όπως το transform και στα αριστερά του Mirror, φαίνεται και η εντολή dependent (αναλυτική επεξήγηση των εντολών θα ακολουθήσει παρακάτω). Αρχικά επιλέγεται το πρωταρχικό σχέδιο, τι μορφή θα έχει και πόσες διαστάσεις. Πατώντας το βελάκι της εντολής Primitive(Σχήμα 2.2.3) αριστερά της καρτέλας, δίνονται πολλά πρωταρχικά σχέδια προς επιλογή. Δίνονται σε 2 διαστάσεις ο κύκλος, το τετράγωνο, το τρίγωνο και ο δακτύλιος, ενώ ακριβώς από κάτω φαίνονται τα τρισδιάστατα σχέδια του δακτύλιου και του

τετράγωνου, άλλα τώρα προστιθείτε και ο κώνος και η σφαίρα.



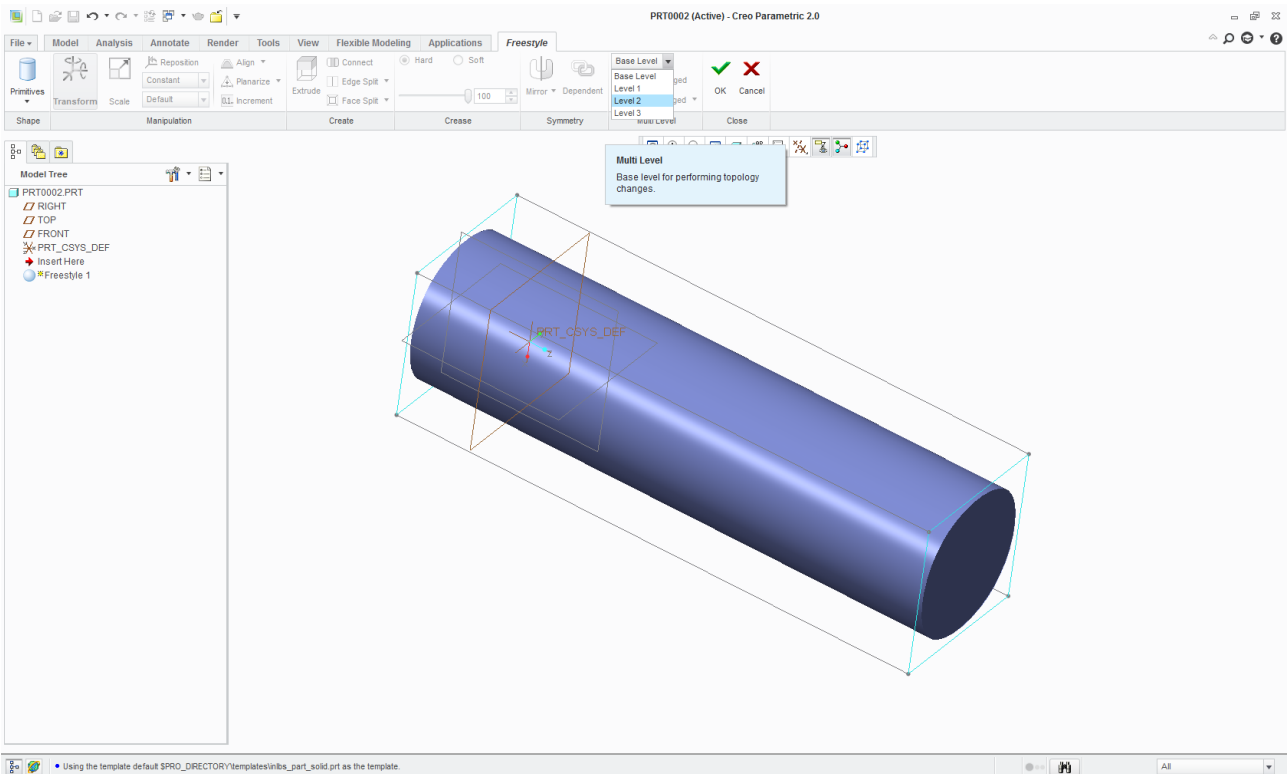
Σχήμα 2.2.3: Πρωταρχικά σχήματα

Για το συγκεκριμένο παράδειγμα επιλέγεται ένας κύλινδρος σε τρεις διαστάσεις και αμέσως παρατηρείται ότι γύρω από τον κύλινδρο εμφανίζεται ένα πλέγμα. Πατώντας ένα επίπεδο π.χ. το κάτω δεξιά, (Σχήμα 2.2.4) φαίνεται ότι αμέσως είναι επιλεγμένη η εντολή transform γίνεται αυτόματα) και έτσι γίνεται εύκολα η διαμόρφωση του πρωταρχικού σχεδίου.



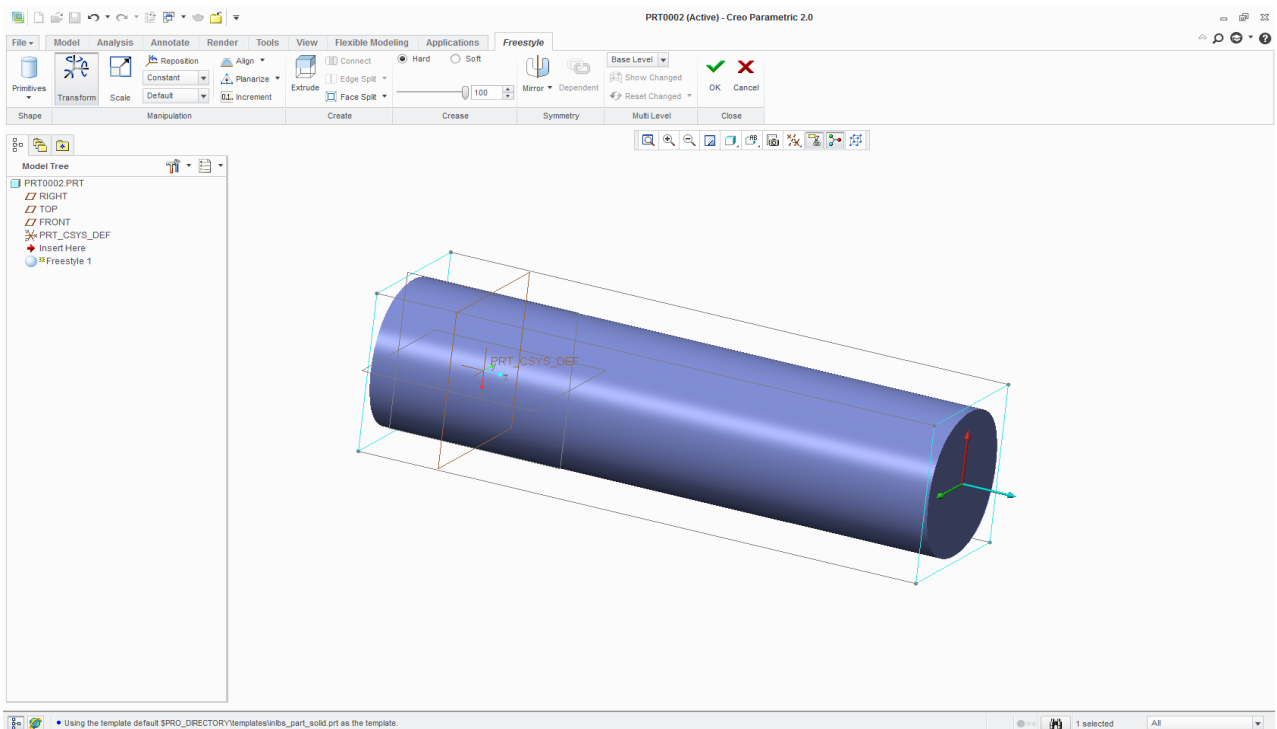
Σχήμα 2.2.4: Πρωταρχικό σχήμα-κύλινδρος

Για να αρχίσει ο χρήστης την οποιαδήποτε διαμόρφωση επιλέγει ένα επίπεδο ή ακμή ή οποιαδήποτε γραμμή στο σχέδιο και άπλα τραβάει τους άξονες που είναι χρωματισμένοι με μπλε κόκκινο και πράσινο χρώμα. Έστω λοιπόν ότι ο χρήστης τραβάει τον Z άξονα (Σχήμα 2.2.5) που είναι το μπλε βέλος για να μεγαλώσει τον κώνο του.



Σχήμα 2.2.5: Επιμύκνιση Κυλίνδρου

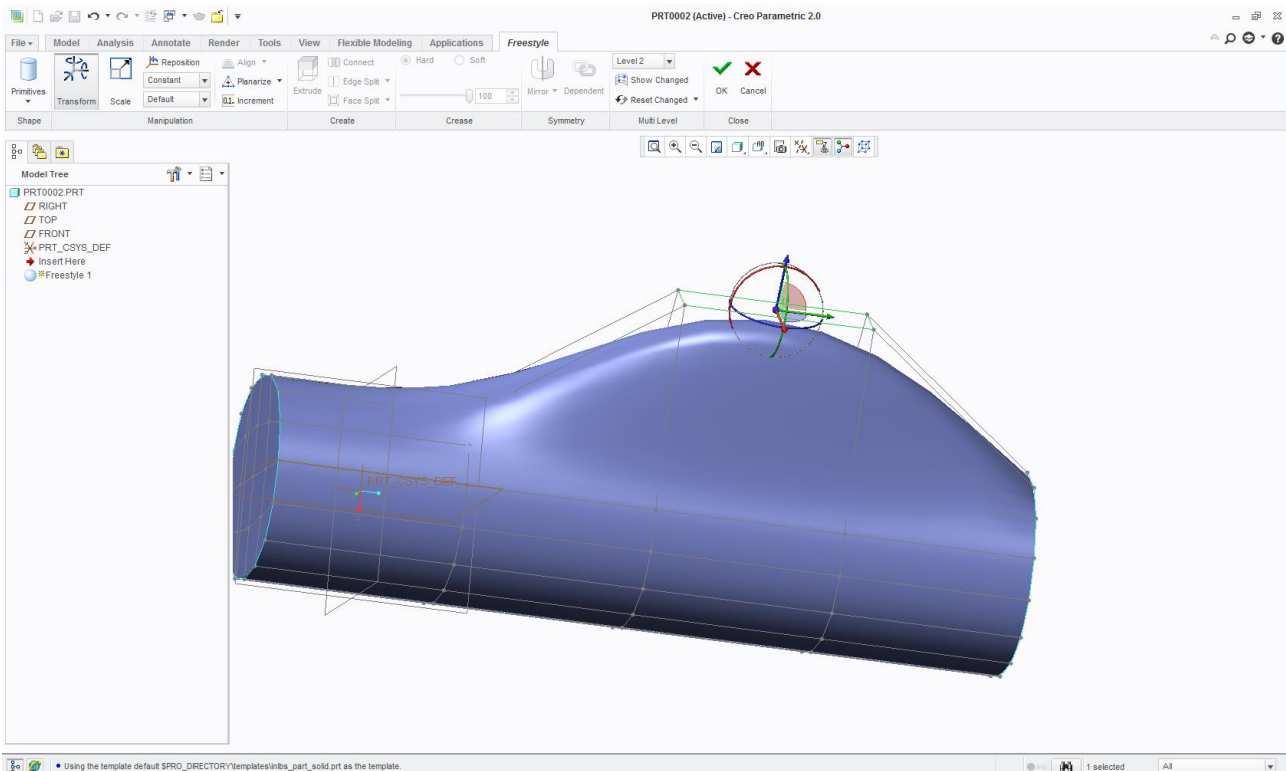
Το επίπεδο ακρίβειας μπορεί να αλλάξει κι αυτό από το μενού multi level και από το base level που είναι το αρχικό. Ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το πρώτο, το δεύτερο ή ακόμα και το τρίτο επίπεδο ακρίβειας (Σχήμα 2.2.6). Στην ουσία αυτό που γίνεται, είναι ότι κάνει το πλέγμα πιο πυκνό άρα και πιο ακριβές για να καταλήξει ο χρήστης στο τελικό του σχέδιο με τη μικρότερη δυνατή διαμόρφωση.



Σχήμα 2.2.6: Επιλογή επιπέδων ακρίβειας

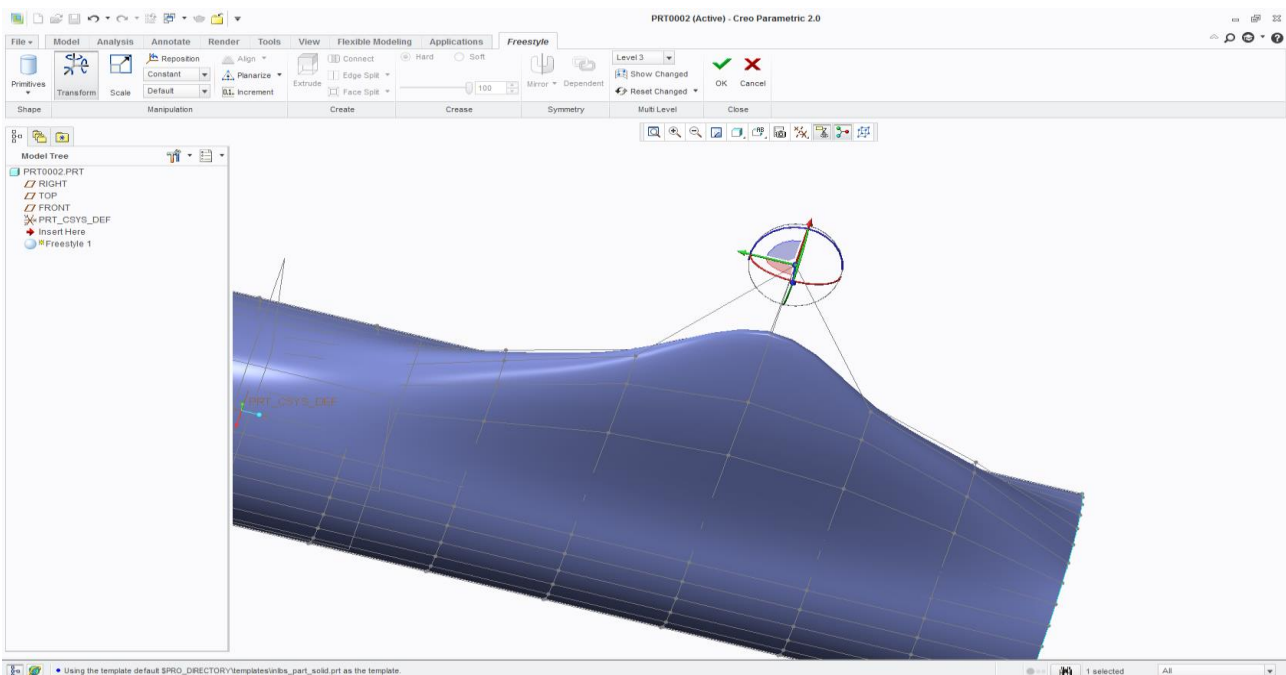
Ο χρήστης διαλέγει το δεύτερο επίπεδο ακρίβειας και αμέσως βλέπει ότι το πλέγμα αλλάζει και γίνεται πιο πυκνό με πιο πολλές ακμές και με μικρότερα και περισσότερα επίπεδα για να επιλέξει. Έτσι διαλέγει ένα

επίπεδο και τραβάει με το κόκκινο βέλος στον άξονα $-X$ (Σχήμα 2.2.7) και βλέπει την παραμόρφωση που γίνεται. Το πρωταρχικό επίπεδο μένει ως έχει και όλα τα άλλα αλλάζουν ανάλογα με το πόσο ο χρήστης θα τραβήξει το βέλος.



Σχήμα 2.2.7: Πλευρική Παραμόρφωση κατά τον άξονα X

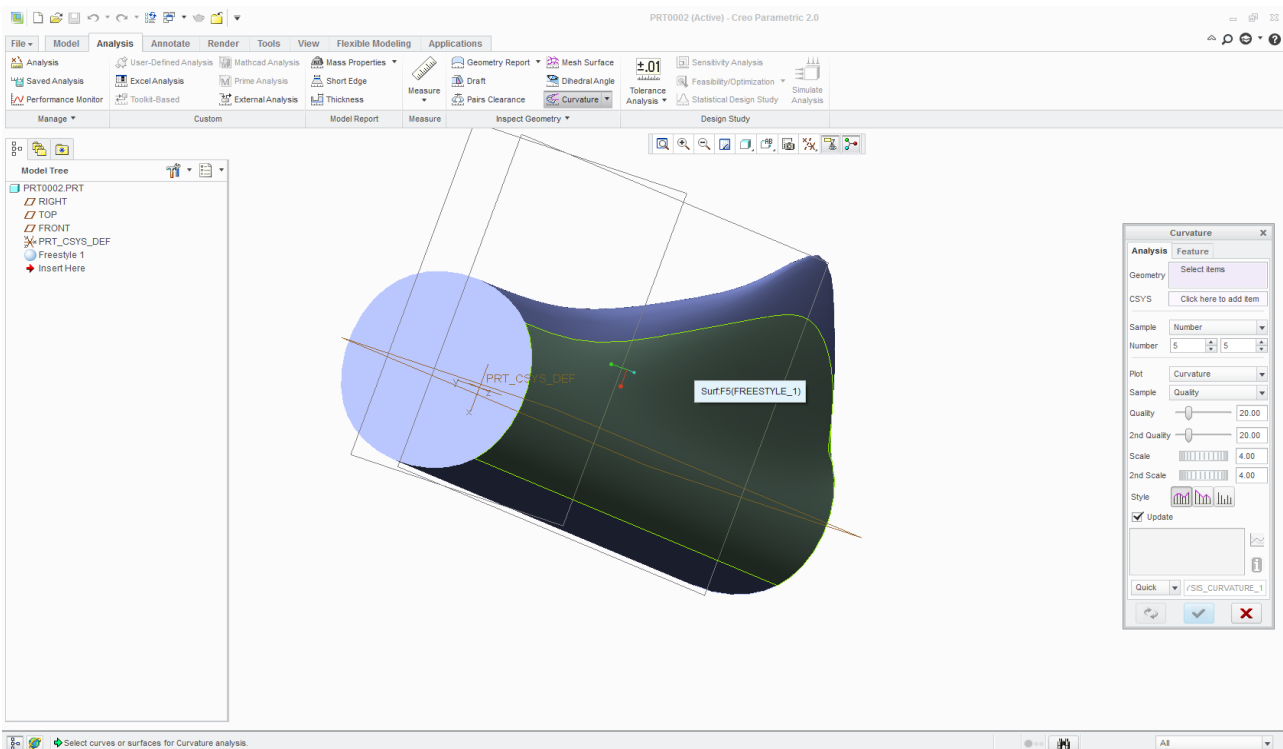
Ο χρήστης έχει κάνει μια διαμόρφωση άλλα χρειάζεται ακόμα μεγαλύτερη ακρίβεια. Έτσι διαλέγει το τρίτο επίπεδο και το πλέγμα του χρήστη παίρνει την μεγαλύτερη δυνατή πυκνότητα του πλέγματος για την διαμόρφωση που θέλει να κάνει. Επιλέγει μια ακμή και ομοίως τραβάει στον $-X$ (Σχήμα 2.2.8) και βλέπει ότι έχει κάνει μια μικρότερη παραμόρφωση σε μέγεθος δεκάτων χιλιοστού.



Σχήμα 2.2.8: Μεγαλύτερη ακρίβεια πλευρικής παραμόρφωσης κατά τον άξονα X

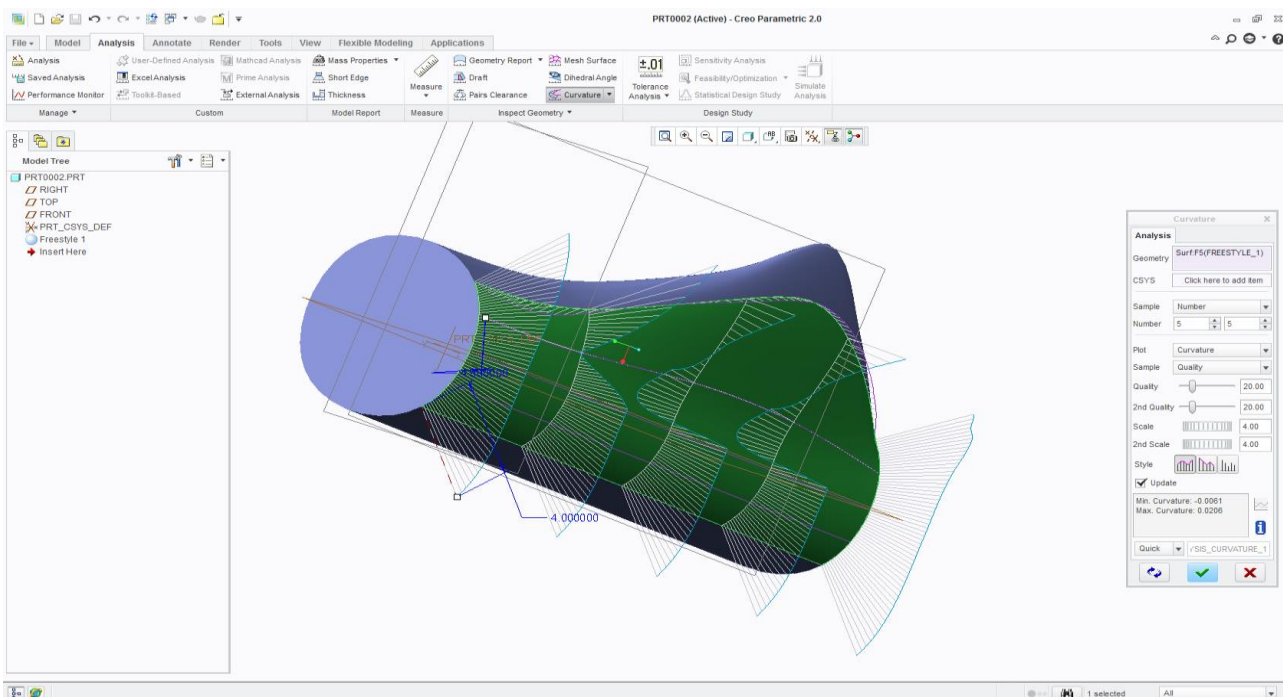
Ο χρήστης έχει σχεδόν τελειώσει τη διαμόρφωση του. Τώρα πρέπει να εξετάσει την καμπυλότητα του σχεδίου του και κατά πόσο είναι αυτή ομαλή. Το κάνει αυτό πηγαίνοντας στην καρτέλα Analysis (Σχήμα

2.2.9) και επιλέγοντας την εντολή curvature και έστω ότι αυτός πρέπει να ελέγξει την καμπυλότητα στην σκιαγραφημένη με πράσινο, επιφάνεια του.



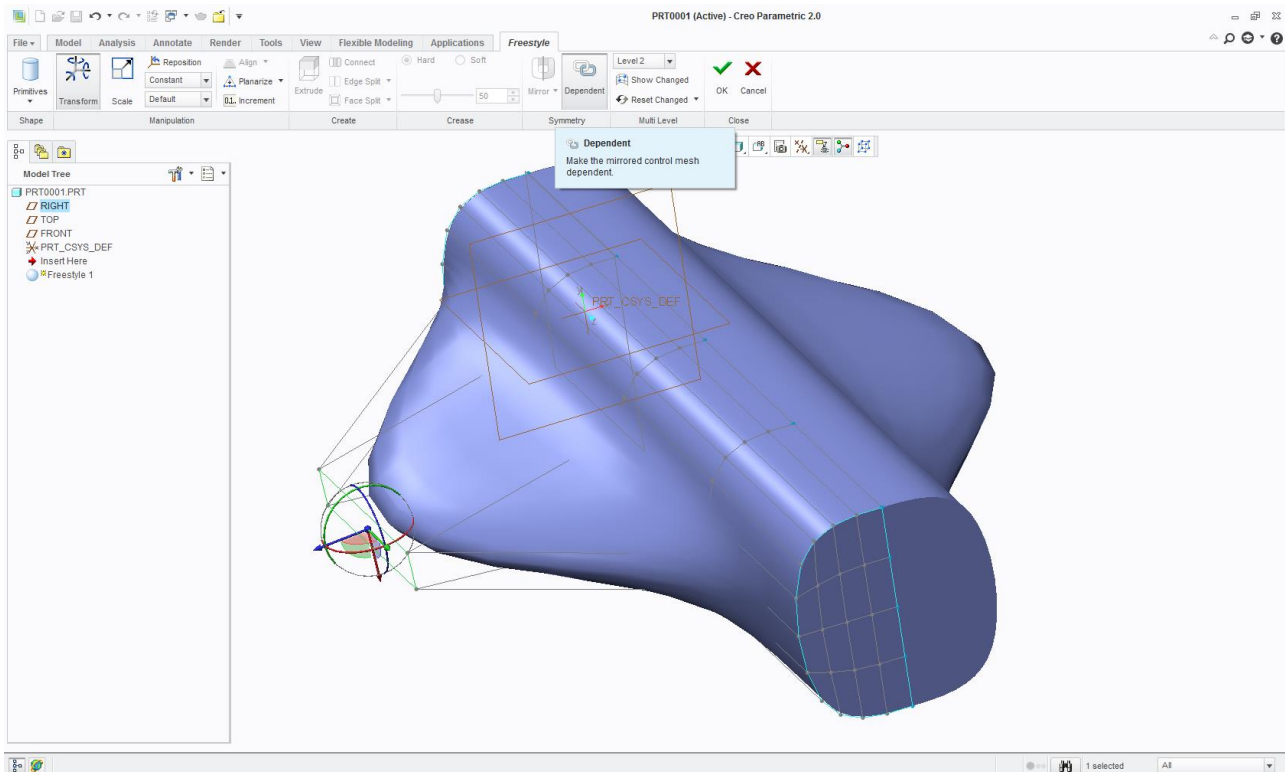
Σχήμα 2.2.9: Καρτέλα Analysis

Επιλέγοντας την επιφάνεια που θέλει ο χρήστης (στην περίπτωση αυτή, είναι η επιφάνεια με πράσινο χρώμα) στην θέση που λέει το παράθυρο geometry. Στην εντολή scale, εννοεί την κλίμακα της καμπυλότητας, ενώ από κάτω στο style απεικονίζει και τι μορφή θέλει ο χρήστης να έχει στα γραφήματα (άπλες γραμμές ή γραμμές με την ομαλότητα της καμπύλης) και ανάλογα πράττει (Σχήμα 2.3) . Αν η ομαλότητα της επιφάνειας είναι απότομη ξανά σχεδιάζει ο χρήστης όσες φορές χρειάζεται μέχρι το σχέδιο να τον ικανοποιεί.



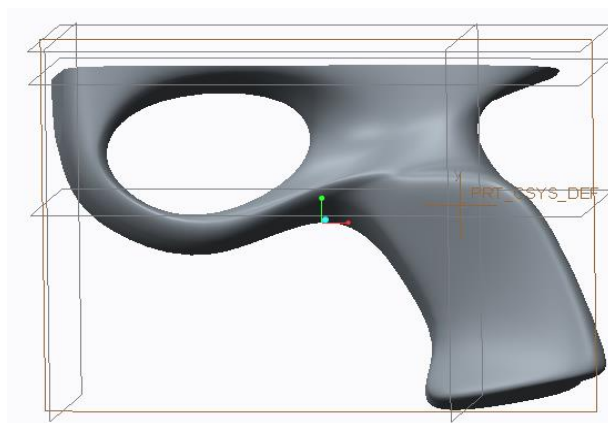
Σχήμα 2.3: Σχεδιάγραμμα Analysis -Καμπυλότητα

Τέλος η εντολές mirror και dependent είναι αλληλένδετες. Αν δεν έχει κάνει ο χρήστης mirror, η εντολή dependent δεν γίνεται. Αυτό σημαίνει ότι κάνοντας mirror καθώς ο χρήστης κάνει μια μικρή αλλαγή βλέπει ότι έχοντας πατημένο το dependent την κάνει και από την άλλη μεριά του επίπεδου που έχει επιλέξει για να κάνει το mirror (Σχήμα 2.3.1). Ο χρήστης επιλέγει λοιπόν ένα από τα κυρία επίπεδα στην μέση του κυλίνδρου που έχει σχεδιάσει και ξανά τραβάει και βλέπει ότι από την μια μεριά του σχεδίου δεν βγάζει πλέγμα και αυτό γιατί δεν το χρειάζεται μιας και η μια πλευρά είναι πλέον εξαρτώμενη της άλλης.



Σχήμα 2.3.1: Εντολή mirror

Με τις παραπάνω εντολές και με αρκετές τροποποιήσεις έτσι ώστε οι καμπύλες της λαβής να είναι ομαλές, ο χρήστης καταλήξε στο παρακάτω σχέδιο(Σχήμα 2.3.2). Στο επόμενο κεφάλαιο απεικονίζεται η εξέλιξη αυτή μέχρι το τελικό σχέδιο.

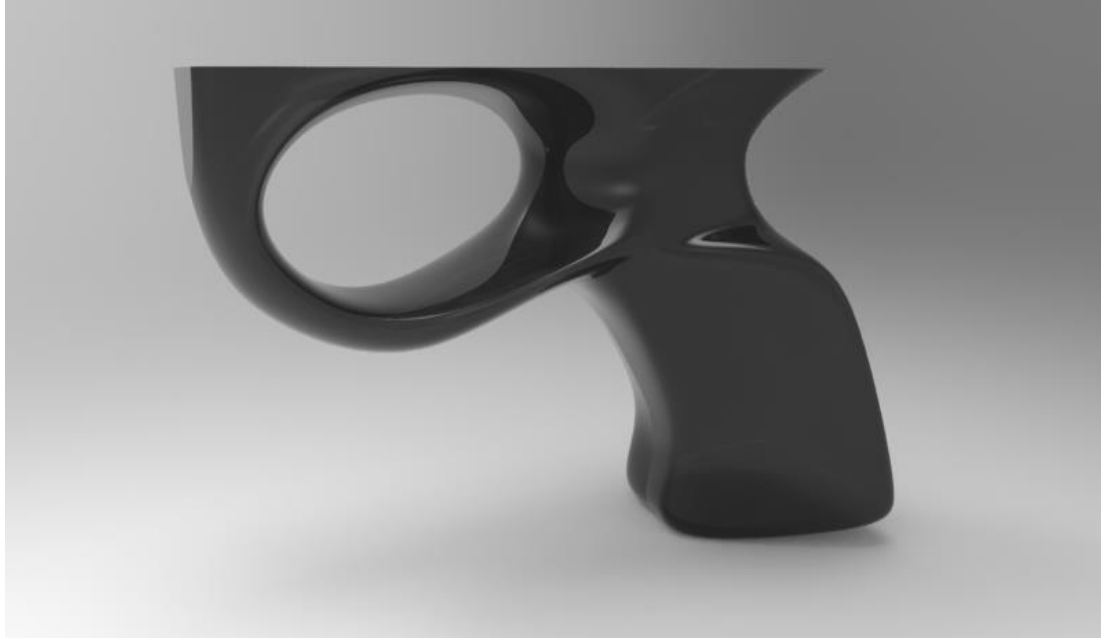


Σχήμα 2.3.2: Τελικό σχέδιο χειρολαβής έπειτα από το Freestyle

Κεφάλαιο 3ο. Εξέλιξη σχεδίων

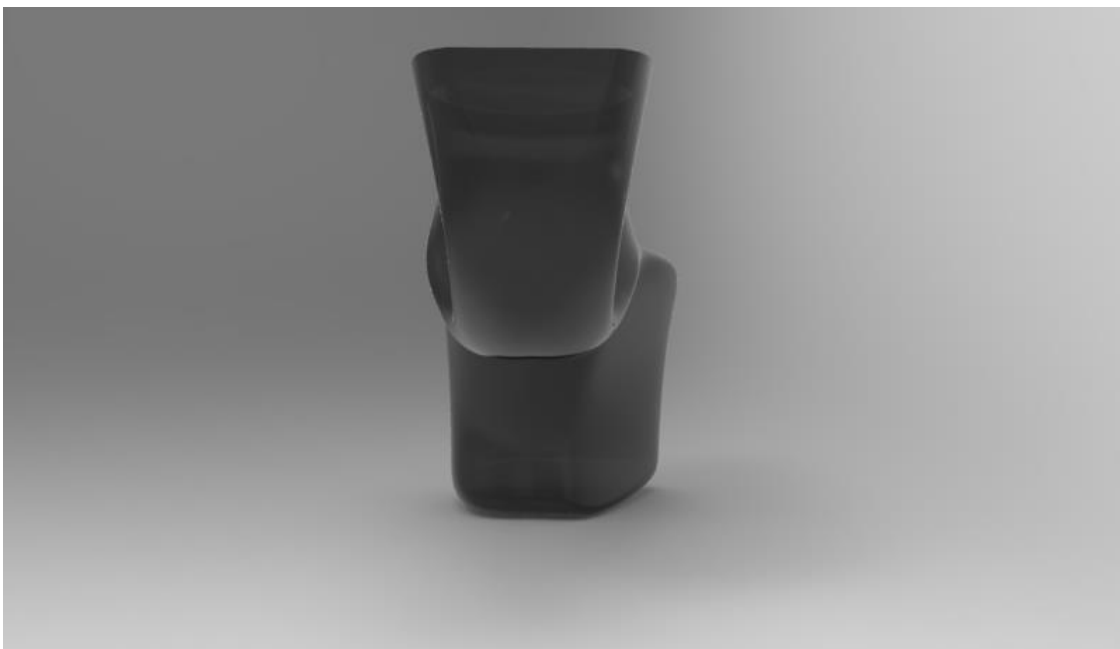
3.1 Σχεδιασμός-εξέλιξη λαβής

Το πρώτο σχέδιο όπως προέκυψε από τις παραπάνω εργασίες είναι το παρακάτω (Εικόνα 3.1.1)



Εικόνα 3.1.1: Πρωταρχικό σχέδιο χειρολαβής

Στη μπροστινή μεριά (Εικόνα 3.1.2) φαίνεται ένα λάθος το οποίο δεν φαινόταν στο αρχικό σχέδιο. Το λάθος ήταν το πάχος της χειρολαβής το οποίο δεν άφηνε την παλάμη του χρήστη να κλείσει γύρω της.

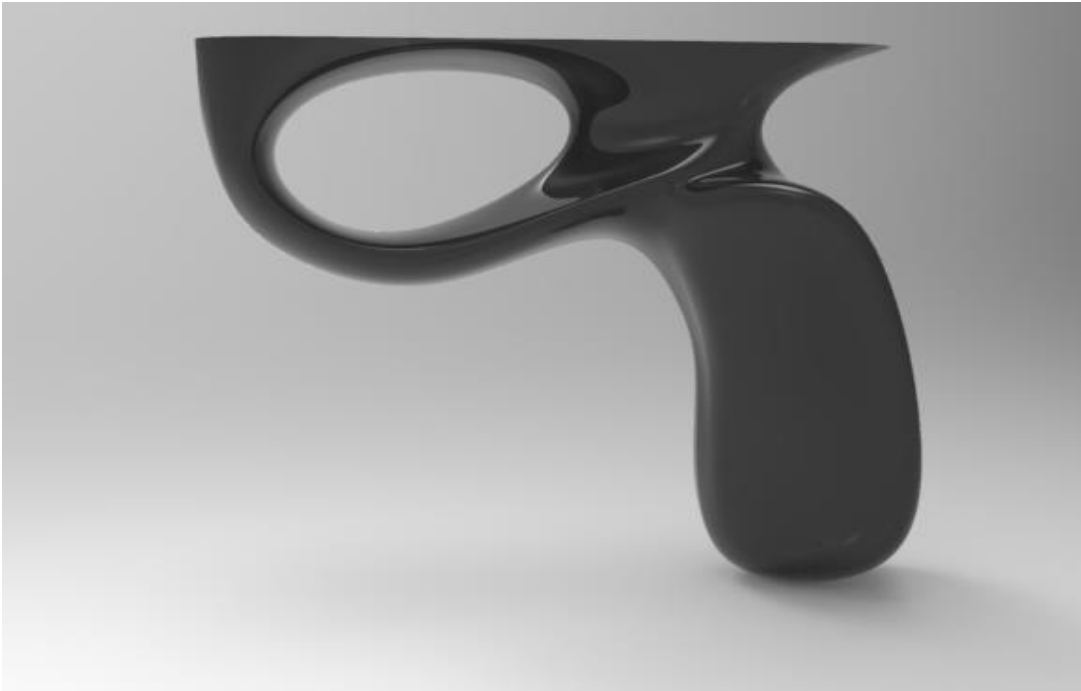


Εικόνα 3.1.2: Μπροστινή μεριά πρωταρχικού σχεδίου χειρολαβής

Για την περαιτέρω εξέλιξη του σχεδίου είναι αναγκαίο να εκτυπωθεί τρισδιάστατα η λαβή έτσι ώστε να εξεταστούν οι μετρήσεις για την παλάμη, το μήκος του δείκτη, να εξασφαλιστεί ότι ο δείκτης εισέρχεται άνετα στην κοιλότητα που είναι η σκανδάλη και τέλος να εξεταστεί το πόσο εργονομικά σωστή είναι η λαβή.

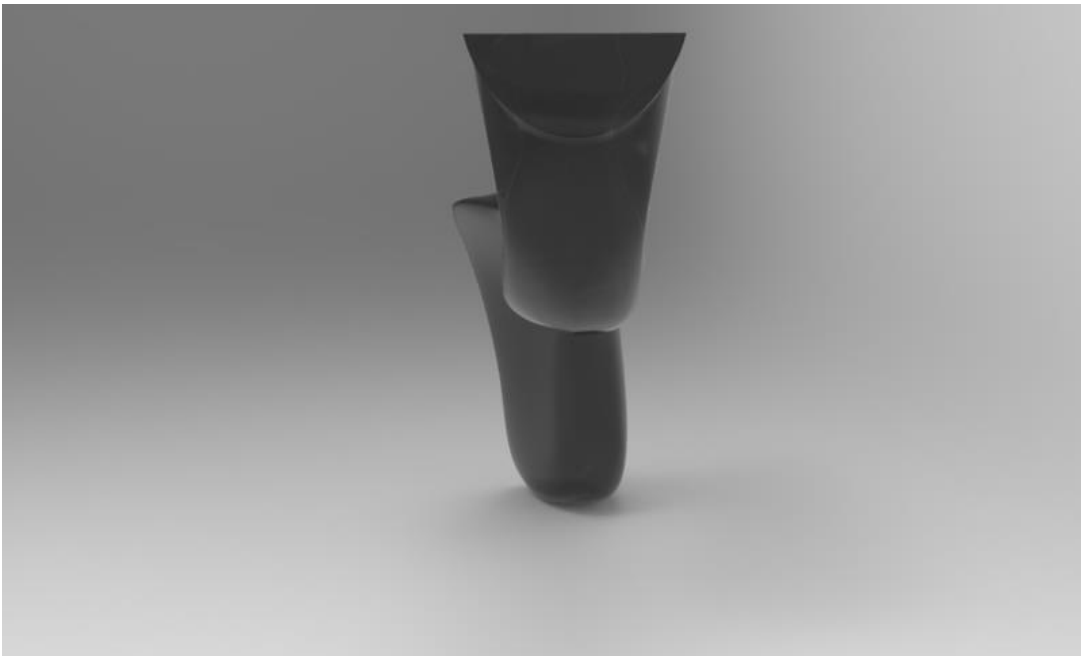
Αφού λοιπόν εκτυπώθηκε η λαβή (Εικόνα 3.3) γίνεται επιστροφή στο freestyle έτσι ώστε να γίνουν οι

απαιτούμενες διορθώσεις (το πως γίνεται η τρισδιάστατη εκτύπωση αναλύεται εκτενώς σε παρακάτω κεφάλαιο).



Εικόνα 3.1.3: Πρώτη εξέλιξη πρωταρχικού σχεδίου χειρολαβής

Πάλι όμως χρειάστηκε, αφού η λαβή εκτυπώθηκε, να γίνουν κάποιες μικρές ρυθμίσεις στο σχέδιο, όπως το πλάτος της λαβής, στο σημείο που καταλήγει το μεσαίο δάχτυλο γιατί δεν ήταν πάλι εργονομικά σωστό. Επίσης, το μήκος της χειρολαβής δεν ήταν σωστό και τα δάχτυλα ανθρώπων με μεγάλες παλάμες περίσσευαν και δεν εφάρμοζαν σωστά στη χειρολαβή. Έπειτα απο τις διορθώσεις λοιπόν προέκυψε το παρακάτω σχέδιο το οποίο είναι και το τελικό (Εικόνες 3.1.4, 3.1.5, 3.1.6).



Εικόνα 3.1.4 : Τελικό σχέδιο χειρολαβής-Μπροστινή Όψη



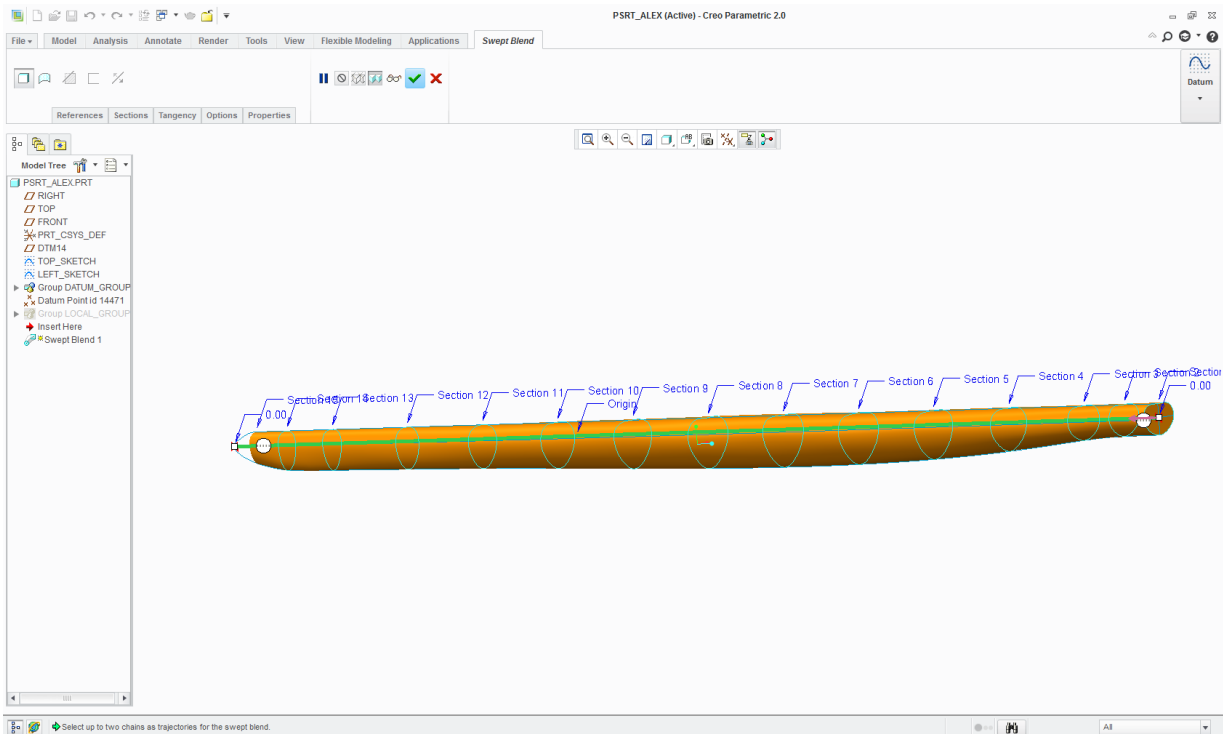
Εικόνα 3.1.5 : Τελικό σχέδιο χειρολαβής -Δεξιά Όψη



Εικόνα 3.1.6 : Τελικό σχέδιο χειρολαβής-Αριστερή Όψη

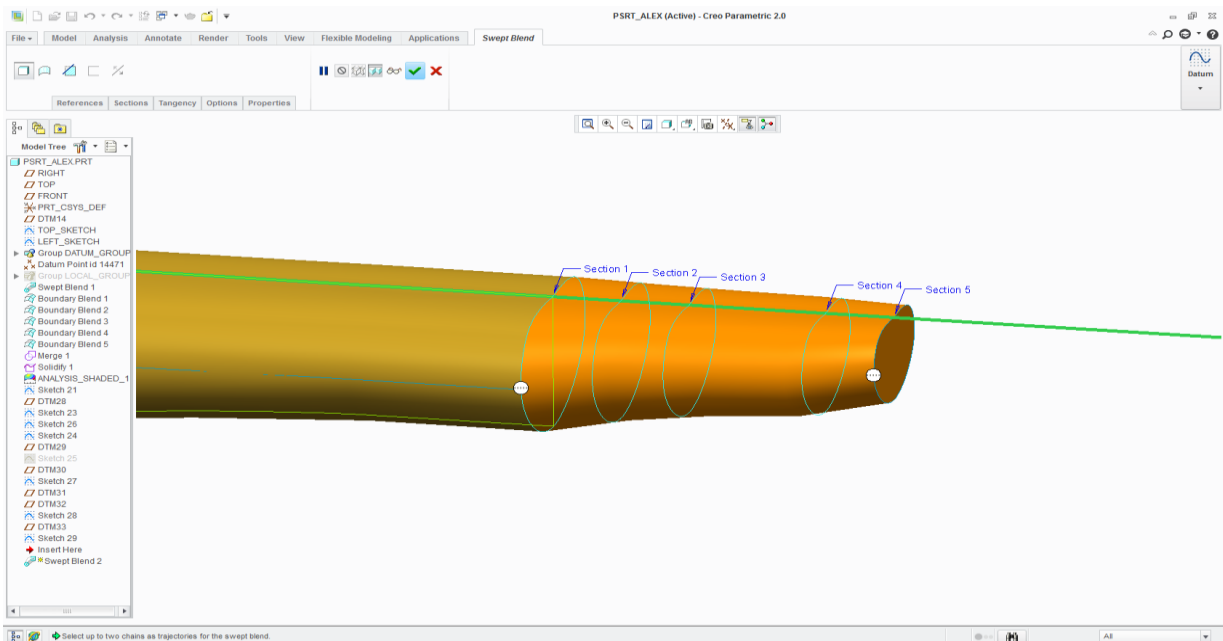
3.2 Σχεδιασμός ψαροτούφεκου

Στο κυρίως μέρος του όπλου πραγματοποιήθηκε παραμετρικός σχεδιασμός(Σχήμα 3.2.1-3.2.2) καθώς με αυτό τον τρόπο σχεδιασμού ο χρήστης έχει τη δυνατότητα να αλλάξει ένα συγκεκριμένο κομμάτι του σχεδίου , χωρίς όμως να επηρεάσει τα υπόλοιπα τμήματά του και έτσι να χαλάσει το συνολικό σχέδιο.



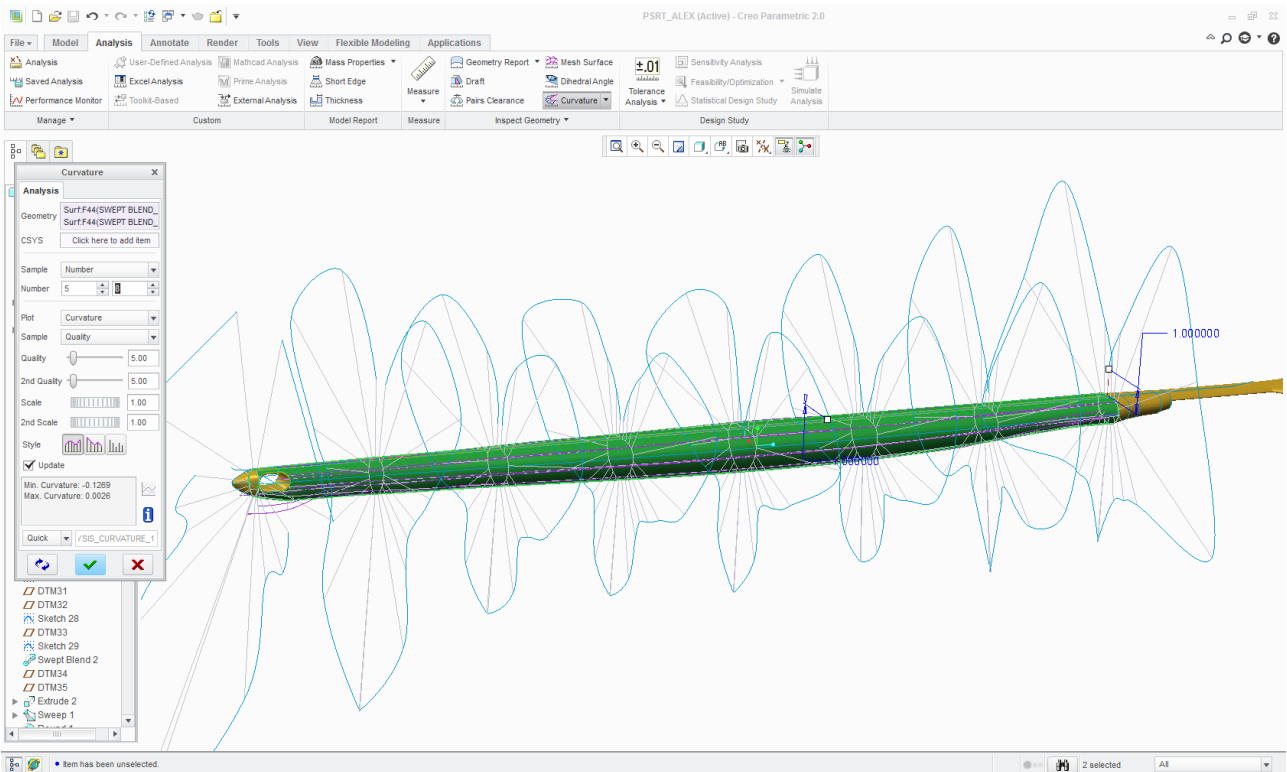
Σχήμα 3.2.1: Παραμετρικός σχεδιασμός ψαροτούφεκου

Χρησιμοποιώντας τη μέθοδο του παραμετρικού σχεδιασμού, έγινε τμηματικός σχεδιασμός του κυρίως μέρους του όπλου. Αρχικά, σχεδιάστηκε το μπροστινό (μεγαλύτερο) κομμάτι του όπλου(Σχήμα 3.2.1). και στη συνέχεια ακολούθησε και το πίσω (μικρότερο) κομμάτι (Σχήμα 3.2.2).

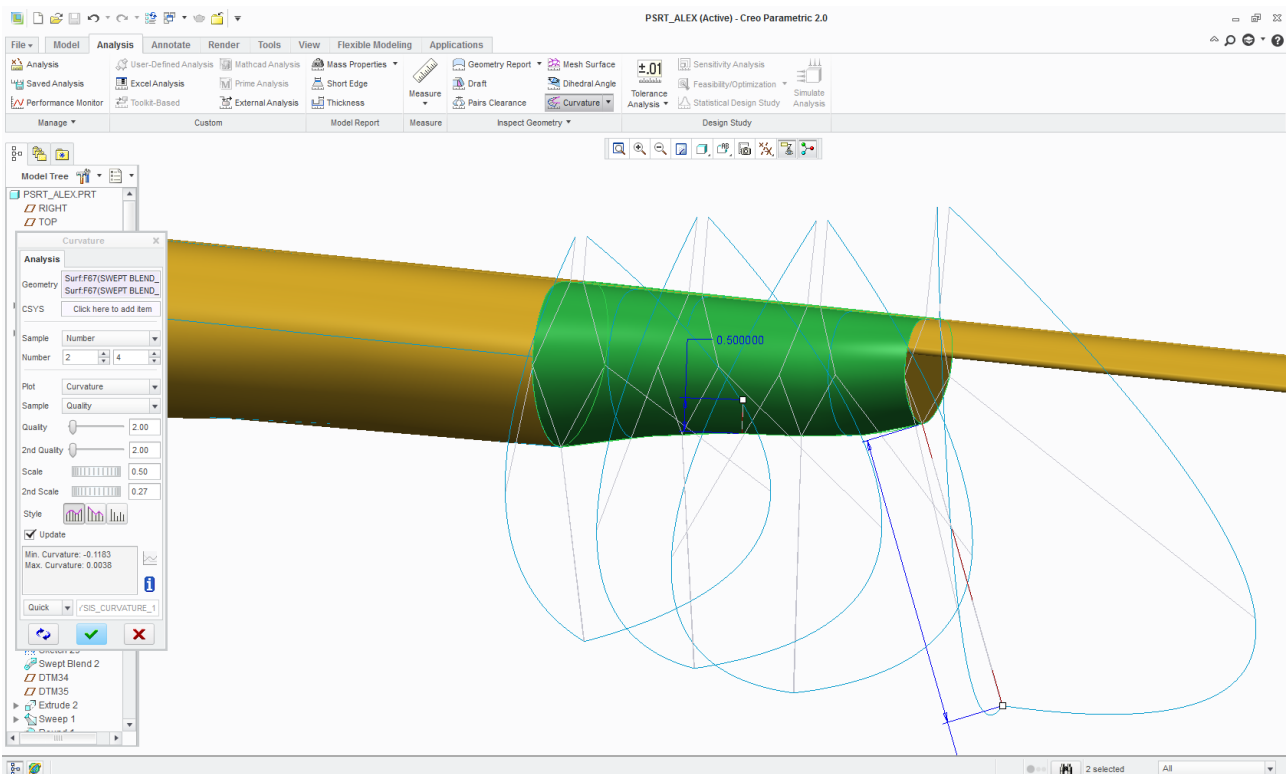


Σχήμα 3.2.2.: Παραμετρικός σχεδιασμός ψαροτούφεκου

Αξίζει να σημειωθεί ότι ξεκινώντας από το πίσω μέρος του μεγαλύτερου κομματιού αντίστοιχα από ελλειπτική σε παραβολική. Αυτό επαληθεύεται εύκολα με τον έλεγχο καμπυλότητας ο οποίος και πραγματοποιήθηκε. Επίσης, με τον έλεγχο καμπυλότητας ο χρήστης μπορεί να εξετάσει κατά πόσο η καμπυλότητα σε όλο το μήκος του όπλου είναι ομαλή και αναλόγως να την αλλάξει όπου αυτό είναι απαραίτητο (Σχήμα 3.2.3-3.2.4).

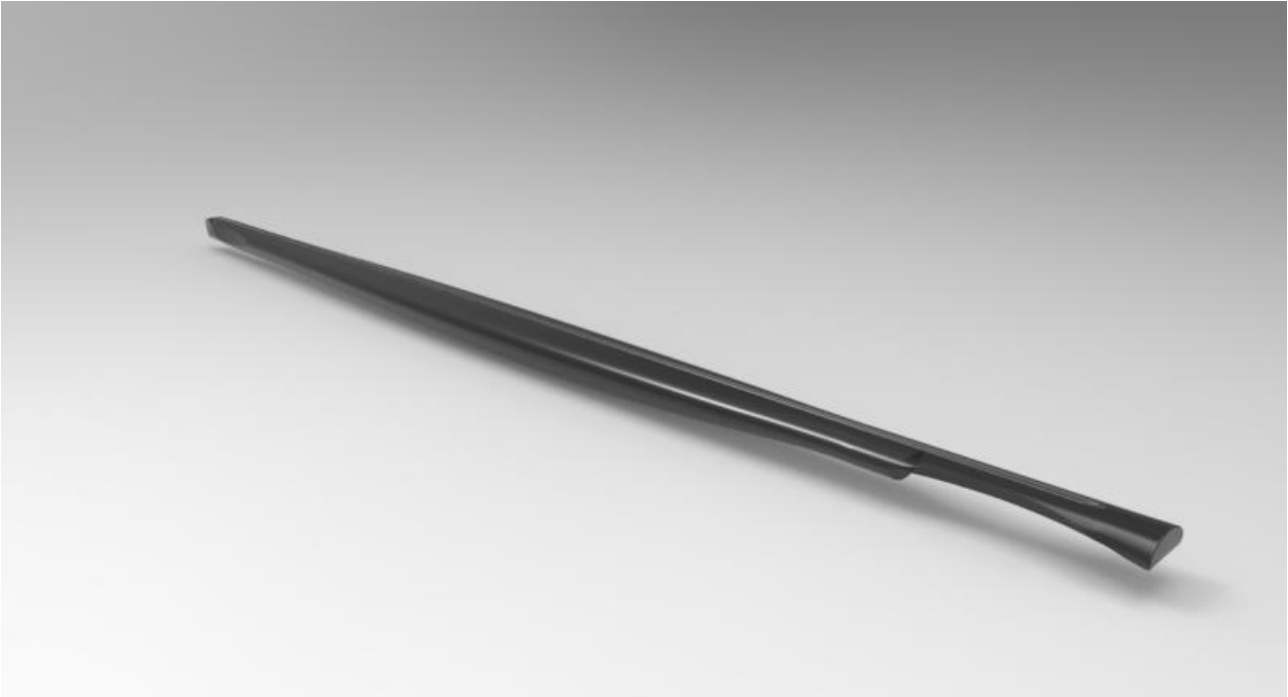


Σχήμα 3.2.3: Έλεγχος ανάλυσης καμπυλότητας μπροστινού τμήματος



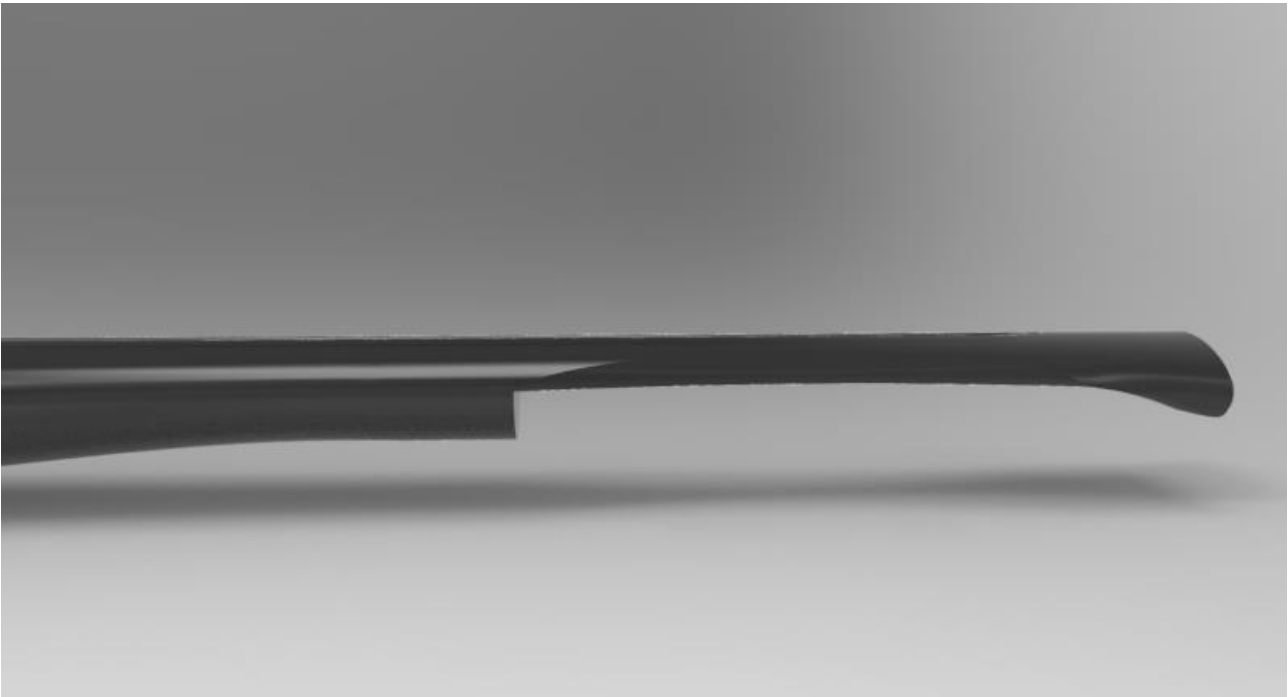
Σχήμα 3.2.4: Έλεγχος ανάλυσης καμπυλότητας πίσω τμήματος

Στην συνέχεια τελειωμένο το σχέδιο του κυρίως μέρους του όπλου όπως φαίνεται και στην παρακάτω εικόνα (Εικόνα 3.2.5) .



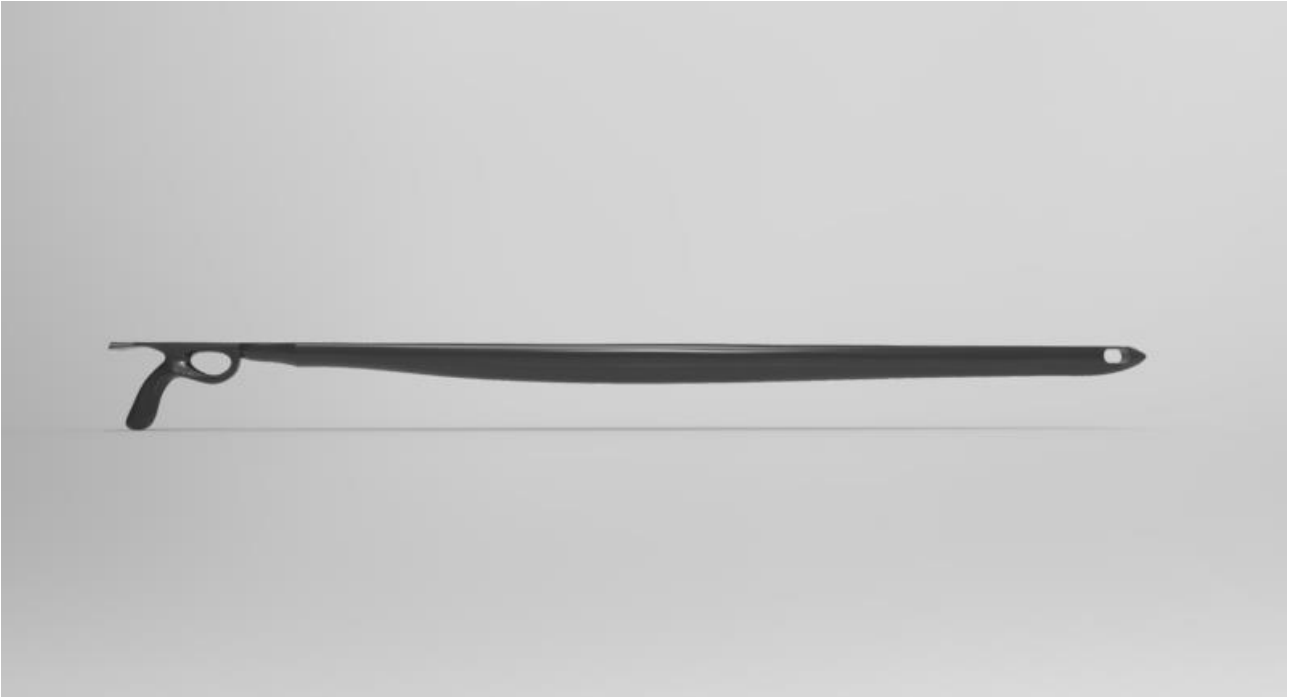
Εικόνα 3.2.5: τελικό σχέδιο κυρίου μέρους ψαροτούφεκου

Μεγεθύνοντας στο σημείο που προσάπτεται η λαβή (Εικόνα 3.2.6), φαίνονται όλες οι λεπτομέρειες που σχεδιάστηκαν για να είναι τελείως εφραπτόμενα μεταξύ τους το κυρίως σώμα και η λαβή.



Εικόνα 3.2.6: Βάση λαβής

Τέλος, συναρμολογώντας τα κομμάτια του κυρίως σώματος και της λαβής προκύπτει το τελικό προϊόν (Εικόνα 3.2.7). Κοιτώντας προσεκτικά μπορεί κανείς να διακρίνει την υδροδυναμική όλου του σχεδίου και το πως η λαβή εφάπτεται τελεία χωρίς να χαλάει την ομογένεια του σχεδίου.



Εικόνα 3.2.7: Συναρμολόγηση ψαροτούφεκου

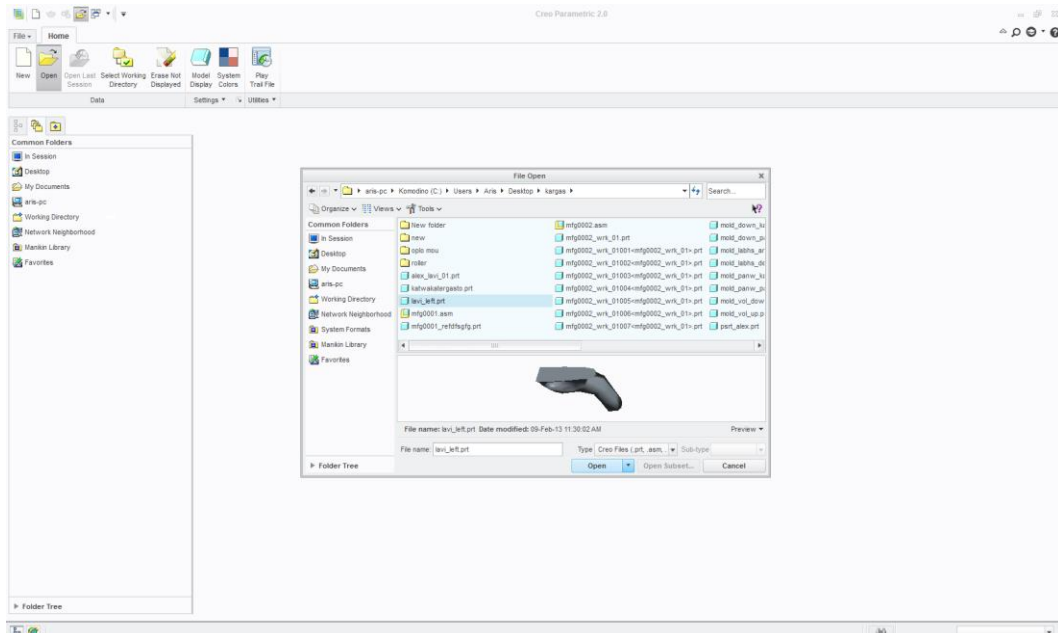
Και άλλη μια μεγέθυνση στο συγκεκριμένο σημείο από την πίσω όψη



Εικόνα 3.2.8: Συναρμολόγηση ψαροτούφεκου-Λαβή

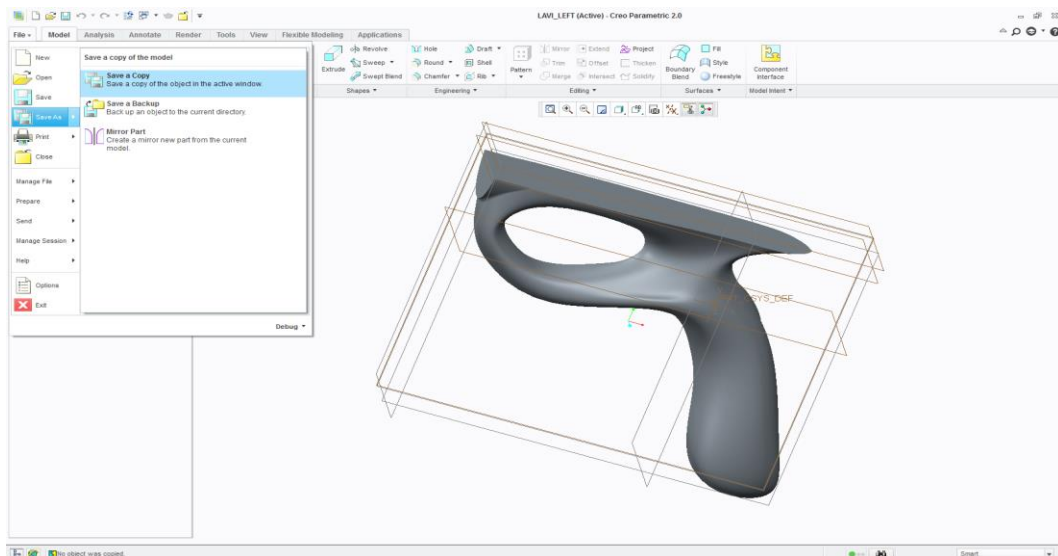
Κεφάλαιο 4ο . Οδηγός εκτύπωσης μέσω του προγράμματος Catalyst Ex

Για να εκτυπωθεί το δοκίμιο στο πρόγραμμα Catalyst Ex, πρέπει να έχει γίνει μια προεργασία στο Creo 2, ώστε να υπάρχει μια όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια. Αρχικά, γίνεται η επιλογή του σωστού αρχείου(Σχήμα 4.1.1).



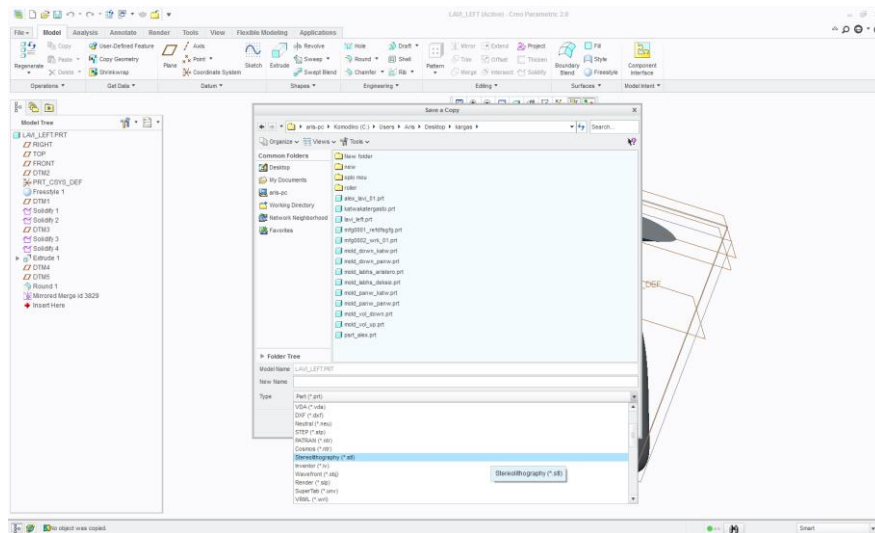
Σχήμα 4.1.1: Μενού επιλογής αρχείου

Έπειτα, εφόσον γίνει κάποιος αρχικός έλεγχος, επιλέγεται η καρτέλα file, στην συνέχεια η επιλογή save as και τέλος επιλέγεται save a copy (Σχήμα 4.1.2).



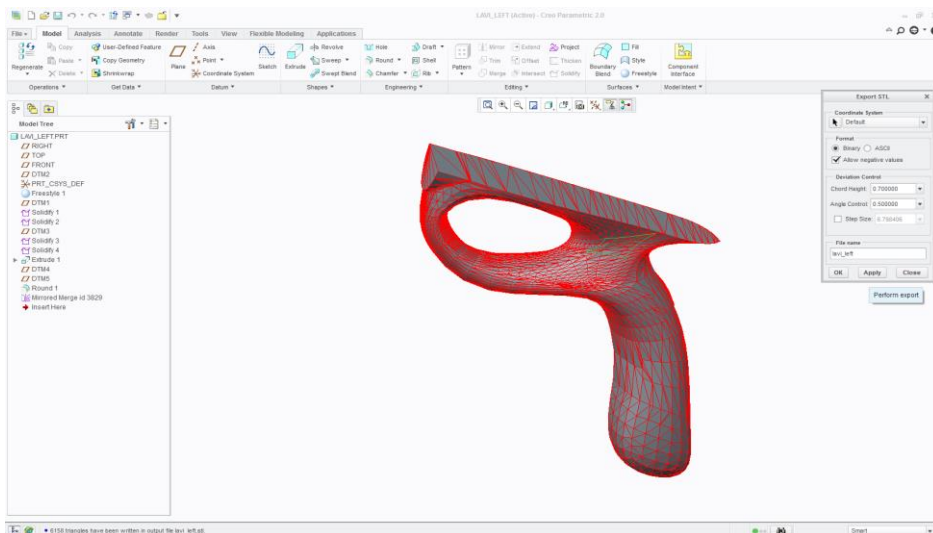
Σχήμα 4.1.2: Επιλεγμένο αρχείο

Αμέσως το Creo ανοίγει ένα νέο παράθυρο και ρωτάει το χρήστη ως τι αρχείο χρειάζεται να σωθεί. Το Catalyst χρειάζεται αρχεία stereolithography για να πραγματοποιήσει εκτύπωση(Σχήμα 4.1.3). Η επέκταση αρχείου (file extension) για τέτοιου είδους αρχεία είναι το (.stl), η οποία και επιλέγεται από το μενού. Εφόσον επιλεγεί και ένα βατό όνομα για το αρχείο, επιλέγεται το (OK).



Σχήμα 4.1.3: Αποθήκευση ως .STL(stereolithography)

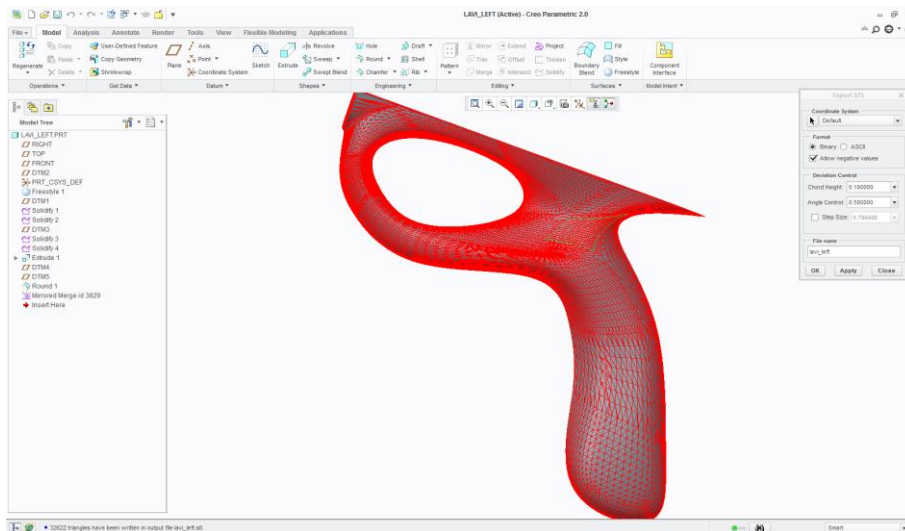
Το πρόγραμμα ανοίγει ένα νέο παράθυρο και ρωτάει το χρήστη να το εξάγει (export as) σαν (.stl) αρχείο. Αμέσως το δοκίμιο (ή κομμάτι) περιβάλλεται από πλέγμα (Σχήμα 4.1.4) δυνμοπολύγωνων (mesh), σε όλη την επιφάνεια του. Είναι μια απαραίτητη διεργασία, για να κατανοήσει το λογισμικό Catalyst σωστά τη βέλτιστη θέση του προς εκτύπωση δοκιμίου στο χώρο εκτύπωσης.



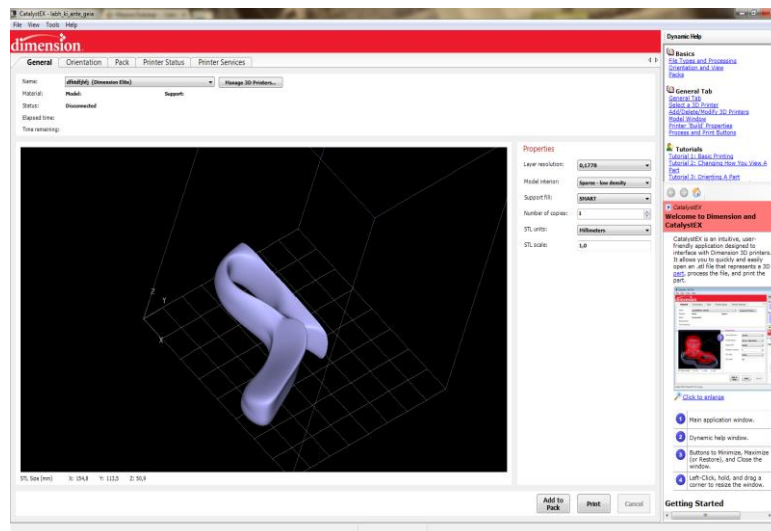
Σχήμα 4.1.4: Συναμοπολύγωνο και πλέγμα

Αν χρειάζεται μεγαλύτερη ακρίβεια επιλέγεται από το παράθυρο (chord height) το ύψος των χορδών του πλέγματος, από 0,7 γίνεται επιλογή σε 0 (μόνο του το Creo βάζει το μικρότερο δυνατό πχ. 0,02). Αμέσως είναι εμφανές ότι το πλέγμα έχει γίνει πιο πυκνό(Σχήμα 4.1.5) και υπάρχουν πιο πολλά δυναμοπολύγωνα. Βάζοντας έπειτα στο angle control την επιλογή λιγότερο από 0,5 (πχ. 0,2), επιλέγοντας το step size (είναι το μέγεθος των δυναμοπολύγωνων) από 5 που είναι περίπου στο 0,3 , ο χρήστης πειραματιζόμενος επιτυγχάνει την μεγαλύτερη δυνατή ακρίβεια. Πατώντας OK το αποθηκεύεται και ο χρήστης ανοίγει το catalyst για τα περαιτέρω.

Έχοντας ανοίξει το catalyst, ανοίγοντας και το αρχείο, ο χρήστης ελέγχει πάνω αριστερά στην ένδειξη name με ποιον εκτυπωτή θα εκτυπώσει. Από κάτω στο μαύρο το παράθυρο φαίνεται το κομμάτι και αριστερά οι επιλογές εκτύπωσης(Σχήμα 4.1.6). Πρώτη επιλογή είναι η ακρίβεια και βάζουμε την μικρότερη δυνατή ενώ από κάτω είναι η πυκνότητα του υλικού και ο χρήστης επιλέγει sparse low density. Στις από κάτω γραμμές το catalyst ρωτάει για τα υποστυλώματα, πως θα κατασκευαστούν και πως να είναι στερεωμένα, ποιές είναι οι μονάδες μέτρησης, ποσα κομμάτια θα κατασκευαστούν και τέλος ποιά θα είναι η κλίμακα που θα να έχει το εκτυπωμένο κομμάτι.



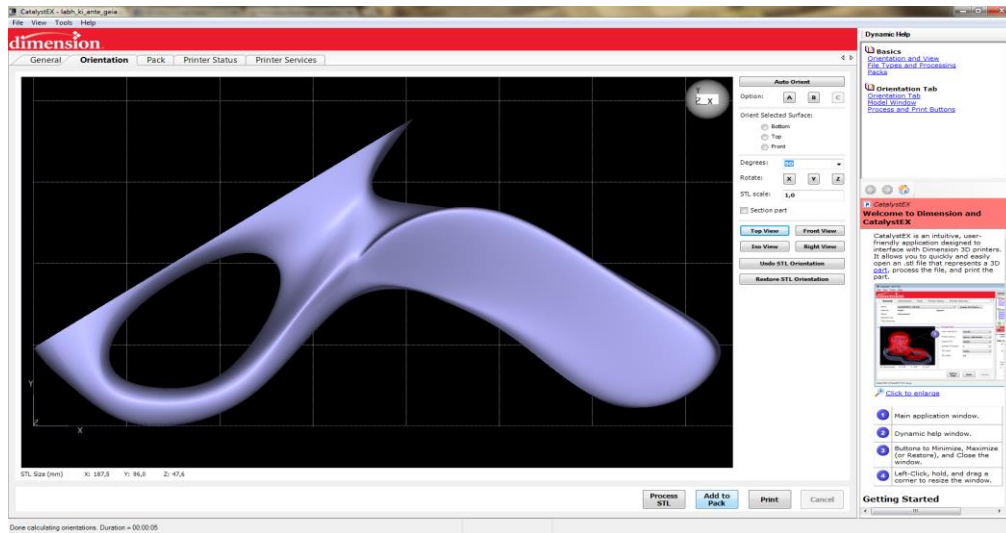
Σχήμα 4.1.5: Μεγαλύτερη ακρίβεια πλέγματος και δυναμοπολυγώνων



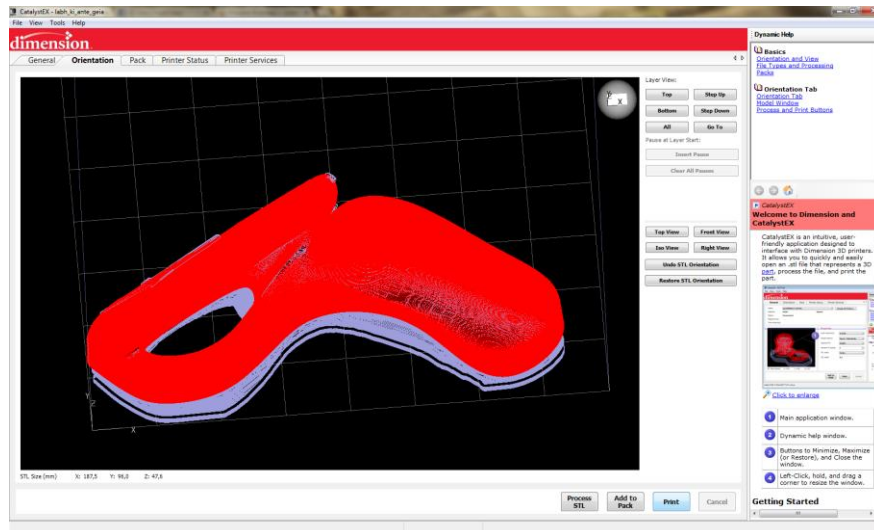
Σχήμα 4.1.6: Επιλεγμένο αρχείο στο catalyst

Στην δεύτερη καρτέλα που ονομάζεται orientation, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει με ποια κατεύθυνση θα εκτυπωθεί το κομμάτι του. (Σχήμα 4.1.7) Εδώ πρέπει επισημανθεί ότι είναι πάρα πολύ σημαντικό ότι σε κομμάτια που έχουν περιπλοκή γεωμετρία πρέπει να επιλεγθεί το auto orient γιατί το catalyst θα τοποθετήσει το κομμάτι μας στην καλύτερη δυνατή θέση έτσι ώστε οι πιο περίπλοκες επιφάνειες να είναι 100% προσβάσιμες στην φορά του ακροφυσίου του εκτυπωτή. Τέλος ο χρήστης επιλέγει το add to pack και το catalyst ξεκινάει τους υπολογισμούς των τροχιών του ακροφυσίου του εκτυπωτή και βάζει και τα supports που είναι τα υποστυλώματα του κομματιού για να γίνει όσο το δυνατόν πιο σταθερό απάνω στην βάση που έχει τοποθετηθεί.

Το τελικό κομμάτι θα είναι κόκκινο και θα εμφανίζει με κόκκινο χρώμα(Σχήμα 4.1.8) τις τροχιές του υλικού που θα ενχυθεί ενώ από κάτω από το κομμάτι θα είναι με γκρι χρώμα τα υποστυλώματα που θα χρειαστούν για την κατασκευή του κομματιού. Το μόνο που μένει απο τον χρήστη είναι να επιλέξει το Print και μετά περιμένει το τελικό προϊόν να εκτυπωθεί.



Σχήμα 4.1.7: Επιλογή κατεύθυνσης εκτύπωσης αρχείου

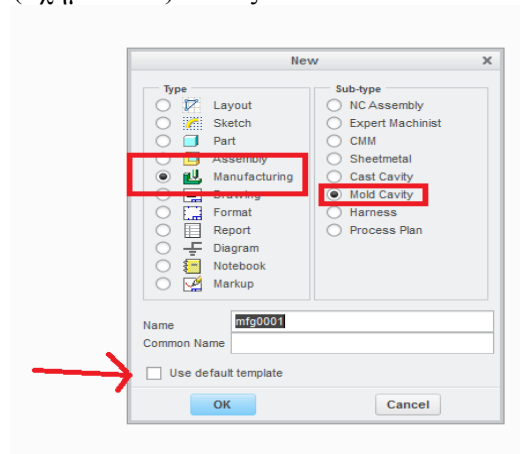


Σχήμα 4.1.8: Τροχιές και υποστυλώματα αρχείου

Κεφάλαιο 5ο Οδηγός κατασκευής Καλούπιού στο Creo Parametric 2.0

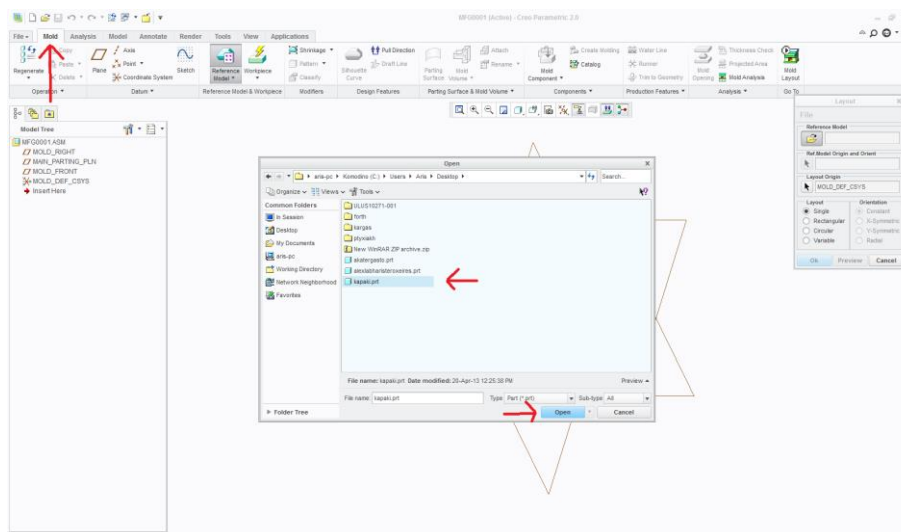
5.1 Οδηγός κατασκευής καλούπιού

Αρχικά ο χρήστης πρέπει να ανοίξει το creo 2 και να επιλέξει την εντολή new manufacturing, ενώ ταυτόχρονα πρέπει να επιλέξει και mold cavity που είναι η εφαρμογή του creo για τα καλούπια. Στη συνέχεια, απειλέγει το use default template,διότι μπορεί το creo 2 να έχει σαν default επιλογή τις ίντσες, και επιλέγει το mmns_mfg_mold(Σχήμα 5.1.1). Τέλος πατάει OK.



Σχήμα 5.1.1: Αρχικές ρυθμίσεις για κατασκευή καλούπιού στο Creo

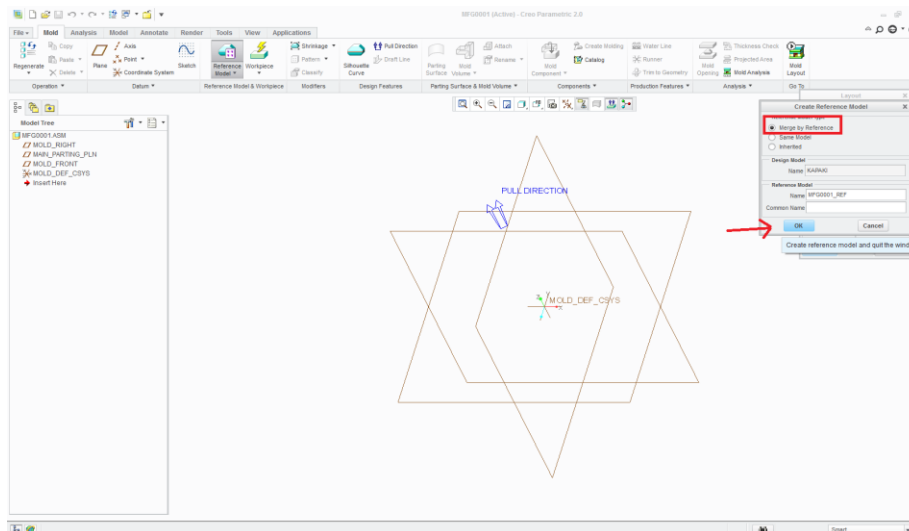
Στη συνέχεια στην καρτέλα που λέγεται mold επιλέγει την εντολή reference model και πρέπει να ανατρέξει και να βρεί στον φάκελο που έχει δημιουργήσει, το κομμάτι που έχει σχεδιάσει (Σχήμα 5.1.2). Τέλος πατάει OPEN.



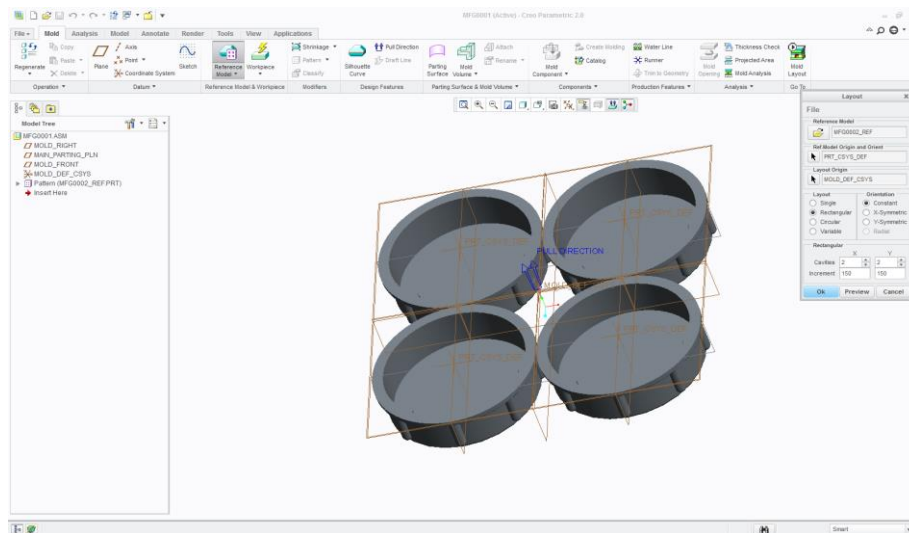
Σχήμα 5.1.2: Επιλογή αρχείου

Στο καινούριο παράθυρο που εμφανίζεται επιλέγει merge by reference και OK (Σχήμα 5.1.3)

Στη συνέχεια εμφανίζεται ένα νέο παράθυρο που ζητάει τη διάταξη (αυτοτελής -παράλληλη-κυκλική και μεταβλητή) που θέλει ο χρήστης να δώσει στο κομμάτι μέσα στο ακατέργαστο, άλλα και ποσά τέτοια κομμάτια θέλει να δημιουργήσει π.χ. 3 ή 4. Ζητάει το πλάτος που θέλει να δώσει ο χρήστης στο κάθε καλούπι και με το preview μπορεί να δει την τελική μορφή του καλούπιού (Σχήμα 5.1.4). Επίσης, έχει στην δεξιά στήλη τον προσανατολισμό που θέλει να έχει το καλούπι στον X,Y,Z άξονα.



Σχήμα 5.1.3: Εισαγωγή πρωτότυπου αρχείου



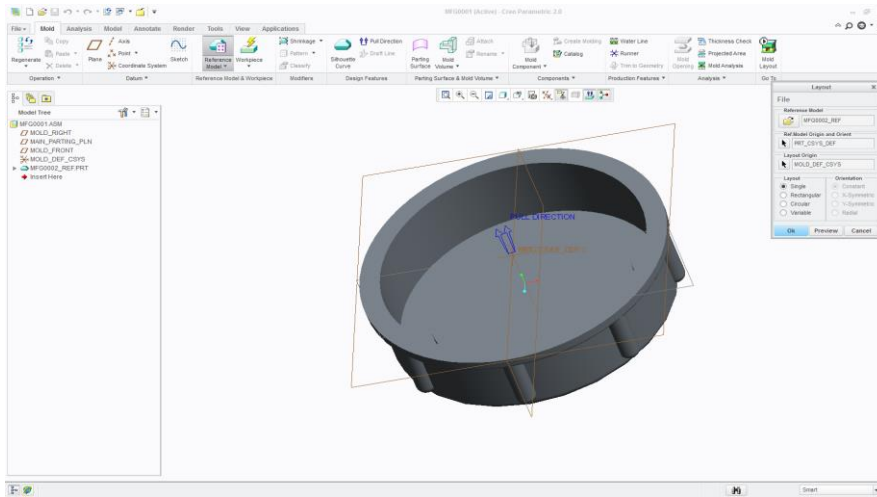
Σχήμα 5.1.4: Διάταξη πρωτότυπων

Στην προκειμένη περίπτωση ο χρήστης έχει ζητήσει ένα κομμάτι και για αυτό πατάει το single και μετά το Preview (Σχήμα 5.1.5), έτσι ώστε να το δει το κομμάτι και τέλος πατάει OK και done.

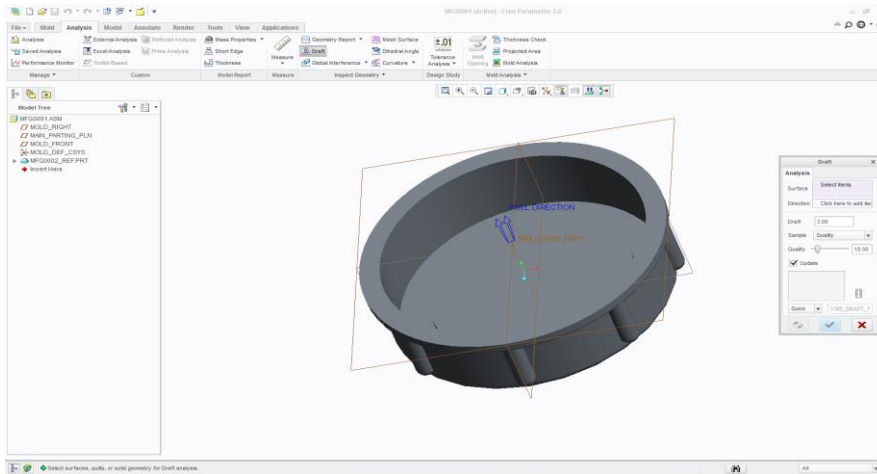
Όταν ο χρήστης κάνει έκχυση πλαστικού, είναι λογικό αυτό να μην αποκολλιέται εύκολα από το καλούπι. Επομένως στις επιφάνειες που είναι παράλληλες με την διεύθυνση που ανοίγει το καλούπι (pull), ο χρήστης πρέπει να βάλει μια μικρή γωνία (draft angle). Αν δεν βάλει τη γωνιά στις κάθετες επιφάνειες τότε υπάρχει περίπτωση παραμόρφωσης τόσο του καλουπιού όσο και του προϊόντος. Πρέπει να γίνει κατανοητό ότι η γωνιά είναι ανάλογη με του βάθος του καλουπιού. Έτσι ανοίγει την καρτέλα Analysis, επιλέγει την εντολή draft και βάζει 3 μοίρες γωνία (η συνηθέστερη γωνιά σε καλούπια με πλαστικό) και στο Surface επιλέγει τις επιφάνειές που είναι παράλληλες με το Pull (Σχήμα 5.1.6), για να τις ελέγξει, και επιλέγει την εντολή direction, την κατεύθυνση δηλαδή που θα ανοίγει το καλούπι.

Από τα αποτελέσματα που προκύπτουν φαίνεται ότι οπού είναι πράσινο (μηδέν μοίρες) θα δημιουργηθεί πιθανόν πρόβλημα. Επομένως, πρέπει ο χρήστης να επέμβει στο αρχικό σχέδιο και να το τροποποιήσει με μια γωνιά τριών μοιρών σε όλες αυτές τις επιφάνειες που έχουν πράσινο χρώμα (Σχήμα 5.1.7).

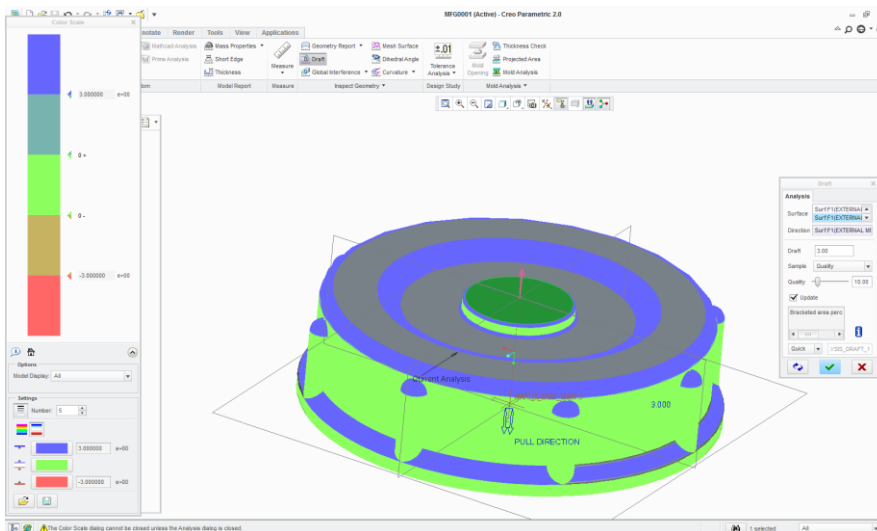
Στη συνέχεια πηγαίνει στο shrinkage (σμίκρυνση), που βρίσκεται στην καρτέλα του mold, και αυτό γιατί το πάχος του πρωτοτύπου κομματιού καθορίζει και το πόσο πρέπει να μικρύνει βάση κλίμακας (scale) (Σχήμα 5.1.8). Αν το πάχος είναι μικρό, τότε το υλικό που εγχέεται μέσα στο κύριο μέρος του καλουπιού όταν ψύχεται και επικάθεται απάνω, κάνει το καλούπι να παραμορφώνεται, να σπάει ή να βγάζει φούσκες όταν ανοίγει το καλούπι. Έτσι επιλέγει το Σύστημα Συντεταγμένων του κομματιού και το ποσοστό σμίκρυνσης π.χ. το πιο σύνηθες για πλαστικά κομμάτια είναι 1,5%, άρα βάζει 0,015 και πατάει OK.



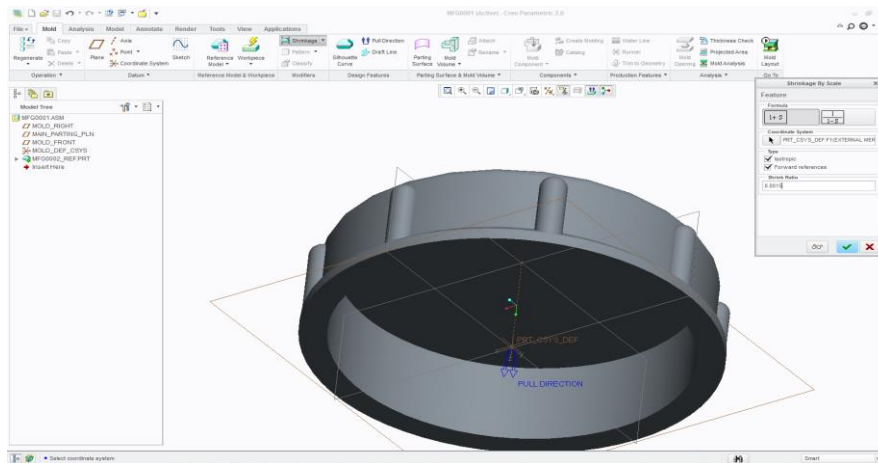
Σχήμα 5.1.5: Τελική διάταξη πρωτότυπου



Σχήμα 5.1.6: Καθορισμός ανοίγματος καλουπιού

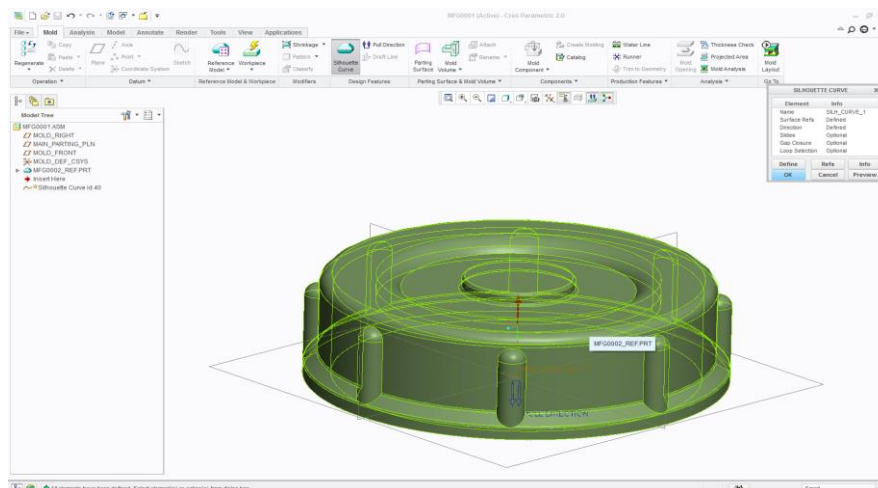


Σχήμα 5.1.7: Ανάλυση καθετότητας πλευρών



Σχήμα 5.1.8: Σμίκρυνση

Έχοντας κάνει όλες τις απαραίτητες προεργασίες για να εξασφαλίσει το τελικό προϊόν που θα βγει από το καλούπι, ο χρήστης συνεχίζει στο κυρίως μέρος για να φτιάξει το καλούπι που θέλει. Έπειτα, πηγαίνει στην καρτέλα mold, πατάει silhouette curve και αυτή είναι μια καμπύλη που θα δείχνει την μέγιστη καμπυλότητα του πρωτοτύπου δοκιμίου και θα δείχνει το σημείο διαχωρισμού του καλουπιού. Επιλέγει λοιπόν την εντολή αυτή (silhouette curve), επιλέγει το πρωτότυπο δοκίμιο και πατάει Preview έτσι ώστε να την δει την καμπύλη και OK(Σχήμα 5.1.9).



Σχήμα 5.1.9: Μενού silhouette curve

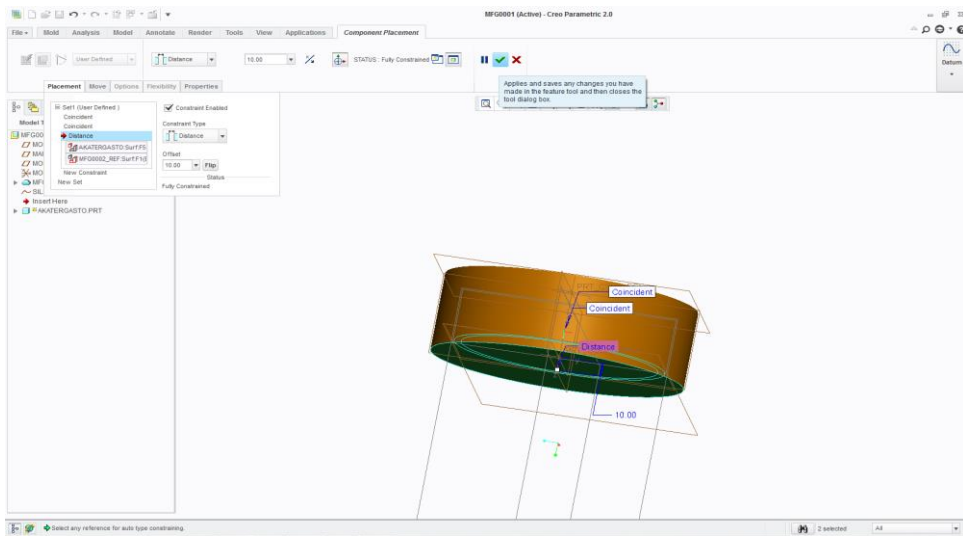
Στη συνέχεια ο χρήστης εισάγει στο Creo το ακατέργαστο. Είναι πάρα πολύ σημαντικό να μην εφάπτεται το ακατέργαστο με το πρωτότυπό κομμάτι άλλα να υπάρχει μια μικρή απόσταση είτε πάνω είτε κάτω, ανάλογα με την διεύθυνση που ανοίγει το καλούπι, έτσι ώστε να δημιουργηθεί ελεύθερος χώρος για να ανοίξει το καλούπι(Σχήμα 5.2.1).

Αφού ολοκληρωθούν όλες οι απαιτούμενες ενέργειες, πρέπει να δημιουργηθεί μία επιφάνεια διαχωρισμού που βρίσκεται στην καρτέλα του mold και λέγεται parting surface. Έχοντας επιλέξει την εντολή parting surface,ο χρήστης, ανοίγει ένα άλλο υπό μενού που έχει διάφορες εντολές άλλα τώρα θα επιλέξει την εντολή skirt surface και έπειτα θα επιλέξει την καμπύλη διαχωρισμού που είχε δημιουργήσει προηγουμένως(Σχήμα 5.2.2). Τέλος, πατάει Done και μετά Preview για να ελέγξει την επιφάνεια που έφτιαξε. Φαίνεται λοιπόν ότι έχει φτιαχτεί μια καινούρια επιφάνεια που ξεκινάει από την καμπυλότητα διαχωρισμού έως το ακατέργαστο. Όλες οι παραπάνω εργασίες οδηγούν στα τελευταία κομμάτια του Mold cavity όπου φαίνεται ότι το καλούπι έχει αρχίσει να παίρνει μορφή(Σχήμα 5.2.3). Έτσι ο χρήστης επιλέγει στην κυρία καρτέλα του mold την εντολή volume split που βρίσκεται μέσα στην εντολή volume open.

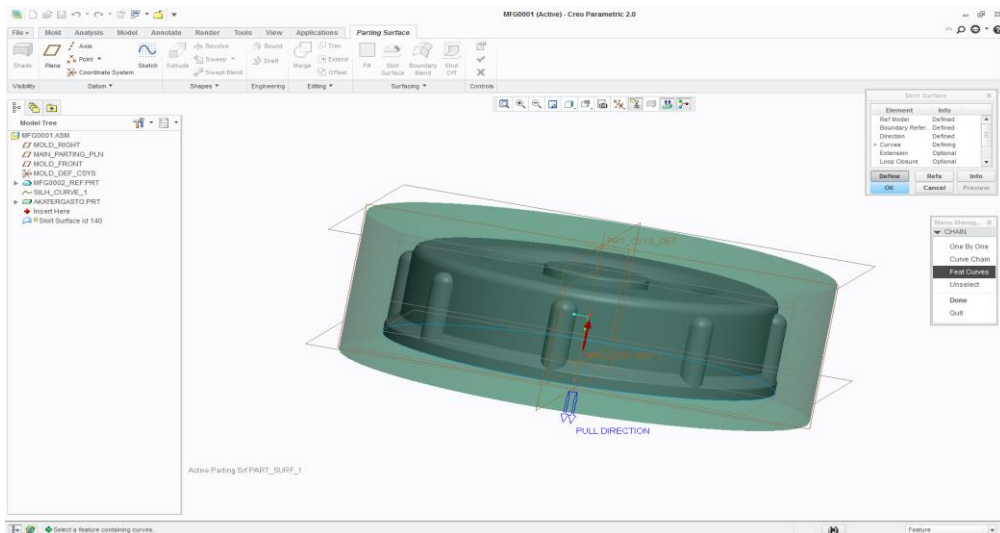
Το volume split αμέσως σκιαγραφεί το ακατέργαστο και δημιουργεί 2 κομμάτια, το αρσενικό και το θηλυκό(Σχήμα 5.2.4). Στην συνέχεια, επιλέγεται η επιφάνεια διαχωρισμού, ο χρήστης πατάει OK και βλέπει αν οι επιλογές στο μενού είναι πάντα two volumes και all workpcs και πατάει done.

Όταν επιτύχει τον σκοπό του και έχει το καλούπι διαχωρισμένο πια σε αρσενικό και θηλυκό, το creo ζητάει μία ονομασία(Σχήμα 5.2.5) π.χ. στο mold_vol_1 ο χρήστης δίνει την ονομασία αρσενικό και ομοίως

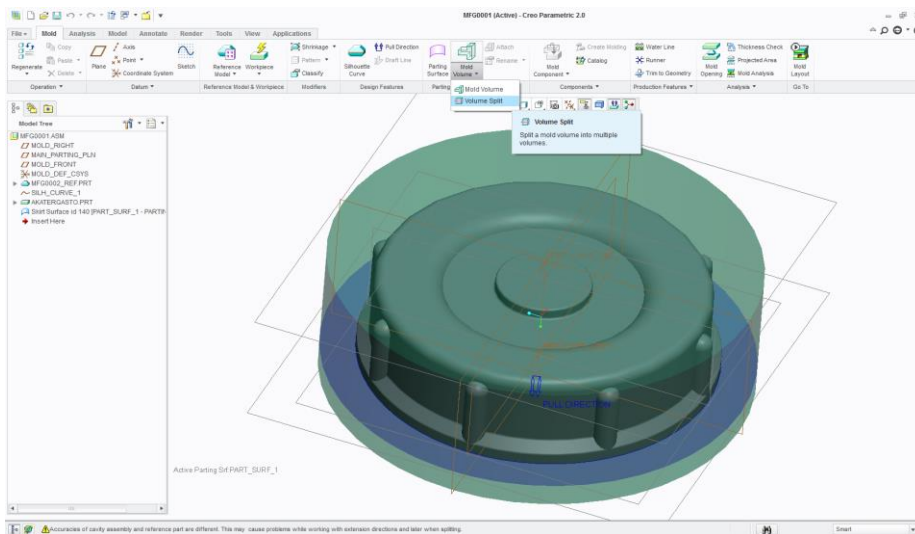
ονομάζει και το δεύτερο κομμάτι θηλυκό.



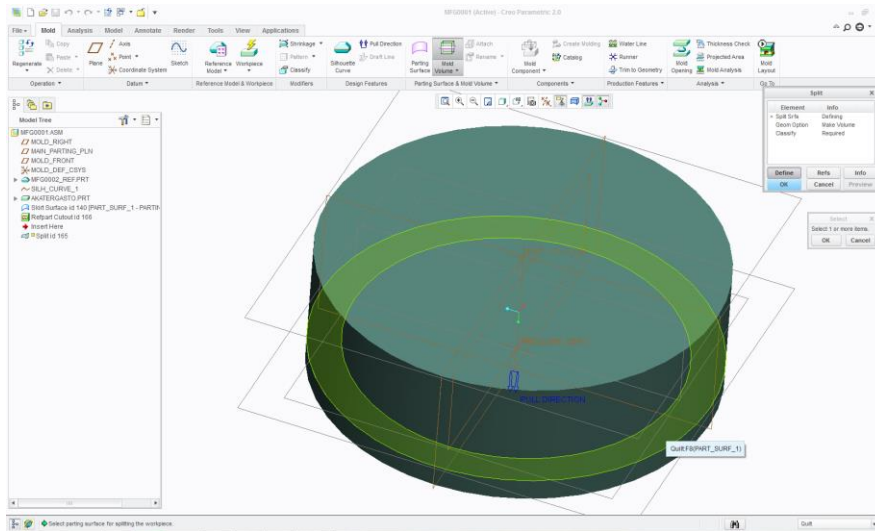
Σχήμα 5.2.1: εισαγωγή ακατέργαστου στο Creo



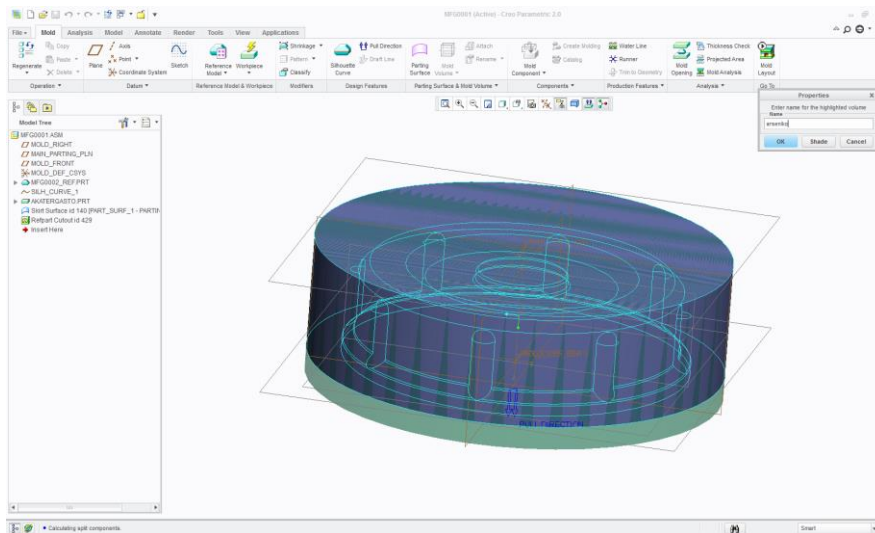
Σχήμα 5.2.2: Επιφάνεια διαχωρισμού



Σχήμα 5.2.3: Άνοιγμα καλουπιού



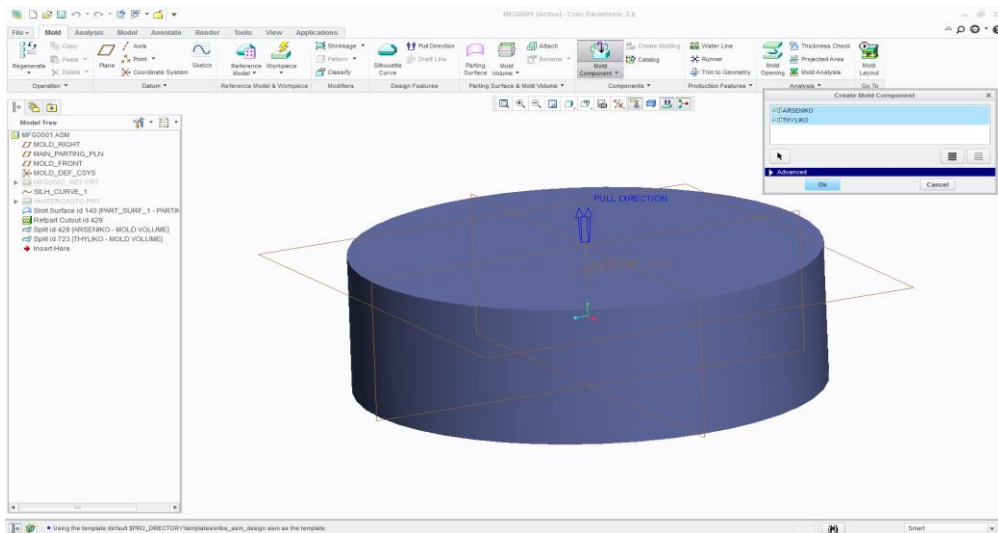
Σχήμα 5.2.4: Διαχωρισμός καλούπιού σε αρσενικό και θηλυκό



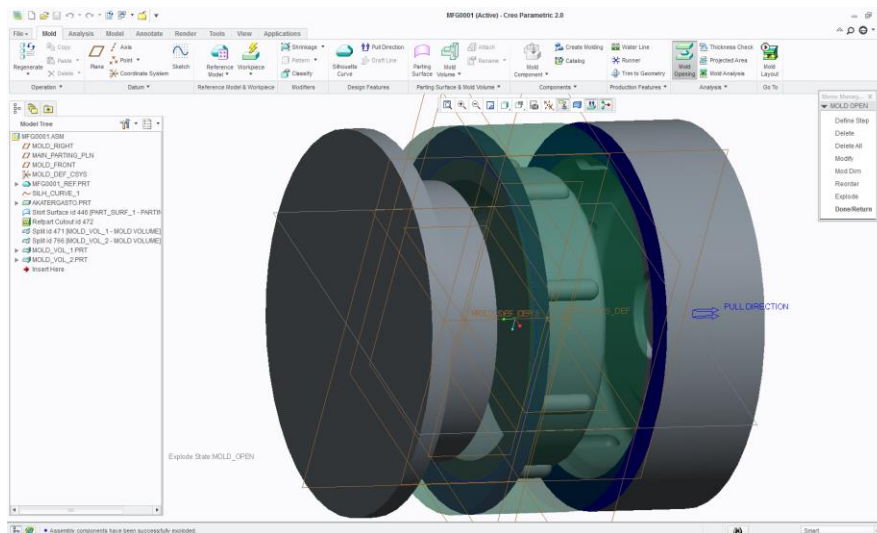
Σχήμα 5.2.5: Ονομασία τμημάτων σε αρσενικό και θηλυκό

Έτσι λοιπόν ο χρήστης έχει δημιουργήσει το καλούπι της επιλογής του και το μόνο που μένει πλέον είναι να τα κατεργαστεί σαν ξεχωριστά κομμάτια. Αυτό το κάνει ως εξής: επιλέγει την εντολή mold component και έπειτα επιλέγει τα κομμάτια που έφτιαξε προηγουμένως (το αρσενικό και το θηλυκό) και τα αποθηκεύει σαν ξεχωριστά κομμάτια και πατάει OK. (Σχήμα 5.2.6). Στην συνέχεια πατάει δεξί κλικ απάνω στο κομμάτι και πατάει open και έτσι μπορεί να κατεργαστεί το κομμάτι όπως θέλει.

Για να σιγουρέψει όμως την τελική μορφή του καλούπιού (Σχήμα 5.2.7). με το κυρίως μέρος να αποτελείται από το πρωτότυπο κομμάτι με την επιφάνεια διαχωρισμού, το αρσενικό και το θηλυκό και τέλος τις εσωτερικές κοιλότητες στις οποίες θα χυτευτεί μέσα το υλικό και πρέπει να φαίνονται.



Σχήμα 5.2.6: Αποθήκευση τμημάτων



Σχήμα 5.2.7: Τελική μορφή καλούπιού

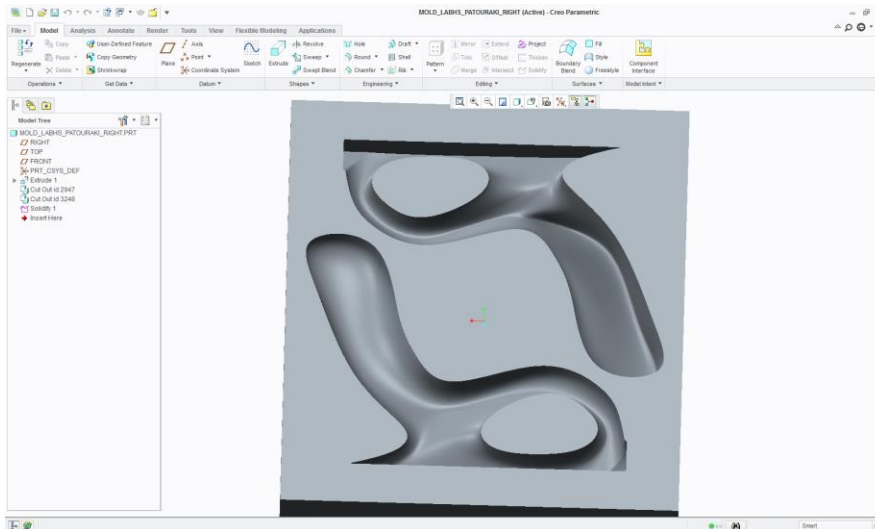
5.2 Καλούπι λαβής

Στις παρακάτω εικόνες(Σχήμα 5.2.8-5.2.9) φαίνονται τα καλούπια της χειρολαβής του ψαροτούφεκου. Η διάταξή τους μέσα στο χώρο καθώς και ο αριθμός των εσοχών δημιουργήθηκαν σύμφωνα με το κεφάλαιο 5.1 και πιο συγκεκριμένα σύμφωνα με τις οδηγίες που αναφέρονται στη σελίδα 47.

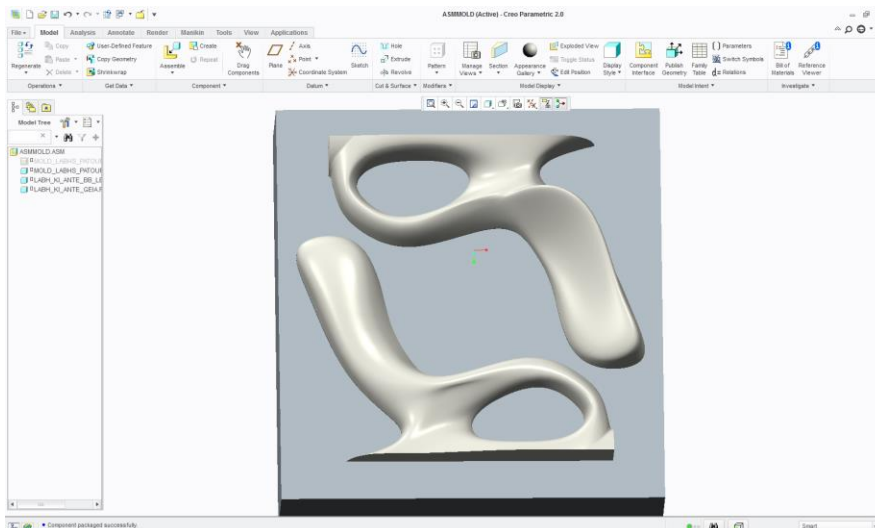
Ιδιαίτερη προσοχή δόθηκε κατά την αποκόλληση των κομματιών(Σχήμα 5.2.9) από το καλούπι. Όπως προαναφέρθηκε και στο κεφάλαιο 5.1

Για να πραγματοποιηθεί καλύτερη αποκόλληση των κομματιών από το καλούπι είναι σημαντικό να γίνουν δύο συγκεκριμένες ενέργειες. Πρώτον, να δοθεί μία κλίση τριών μοιρών στις κάθετες πλευρές καθώς και να γίνει και η απαραίτητη ανάλυση(Σχήμα 5.3.1), καθώς και μία σμίκρυνση του δοκιμίου, συνήθως 3% και αυτό ανάλογα με το υλικό που χυτεύεται (Σχήμα 5.2.9).

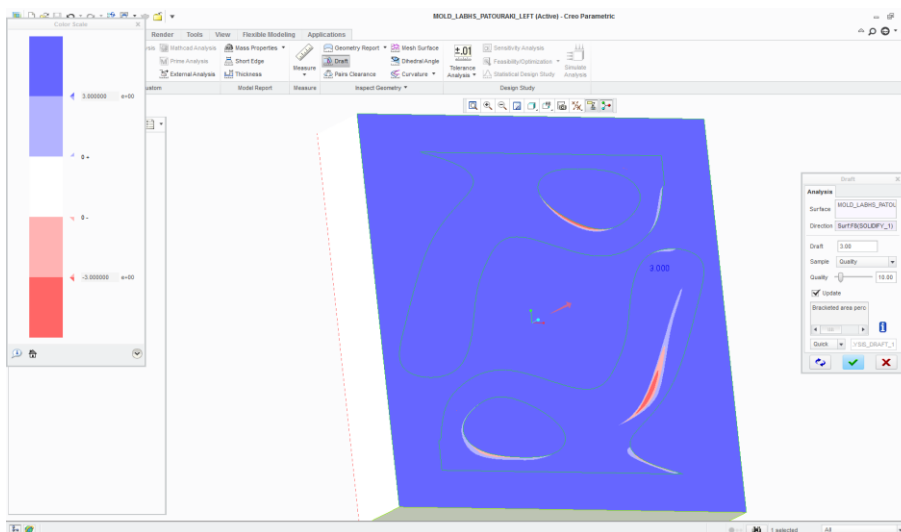
Τέλος οι εσοχές του καλούπιού και η τελική μορφή φαίνονται καθαρά και στην παρακάτω όψη(Σχήμα 5.3.2).



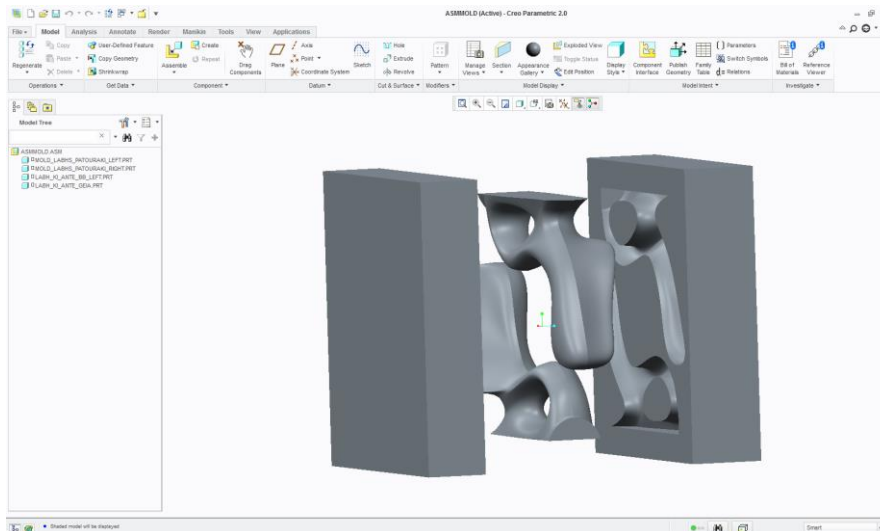
Σχήμα 5.2.8: Καλούπια χειρολαβής



Σχήμα 5.2.9: Διάταξη πρωτότυπων μέσα στο καλούπι



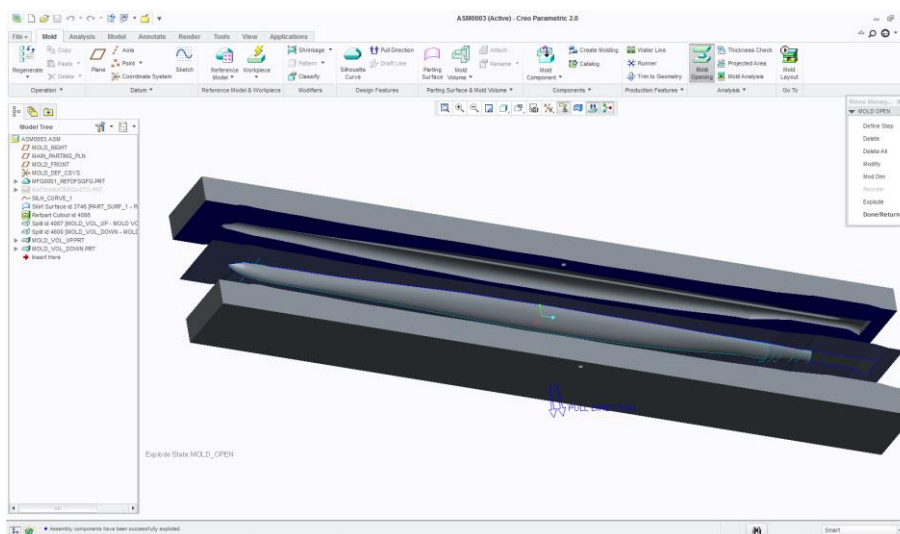
Σχήμα 5.3.1: Ανάλυση καθετότητας εσωτερικών πλευρών καλούπιου



Σχήμα 5.3.2: Διάταξη τελικού καλουπιού

5.3 Καλούπι ψαροτούφεκου

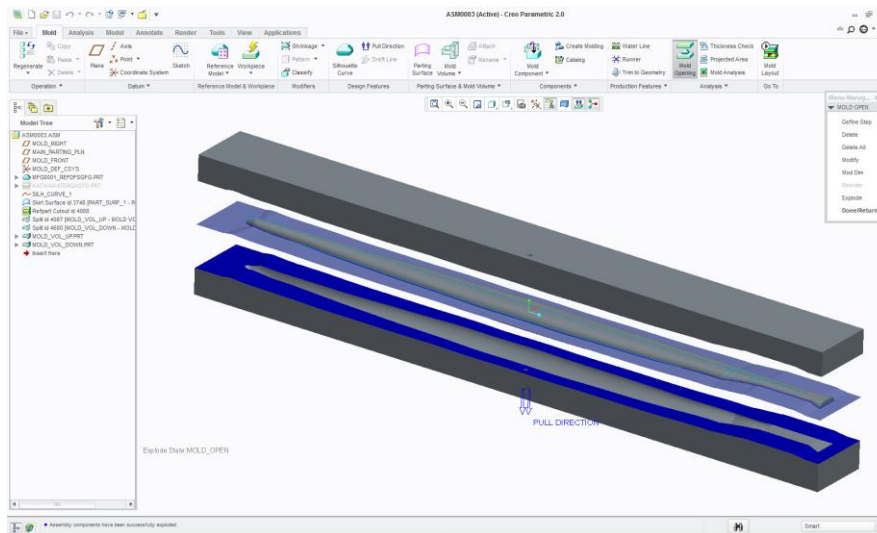
Στην συνέχεια φαίνεται το καλούπι για το κυρίως μέρος του ψαροτούφεκου όπου είναι εμφανής η επιφάνεια διαχωρισμού καθώς και το τελικό κομμάτι από την πάνω όψη(Σχήμα 5.3.3). Αξίζει να σημειωθεί ότι παρατηρώντας προσεκτικά την επιφάνεια διαχωρισμού στο καλούπι , φαίνεται να υπάρχουν πολλές καμπύλες και επικλινείς επιφάνειες. Αυτό συμβαίνει λόγω τις ιδιόμορφης γεωμετρίας του δοκιμίου (ψαροτούφεκο).



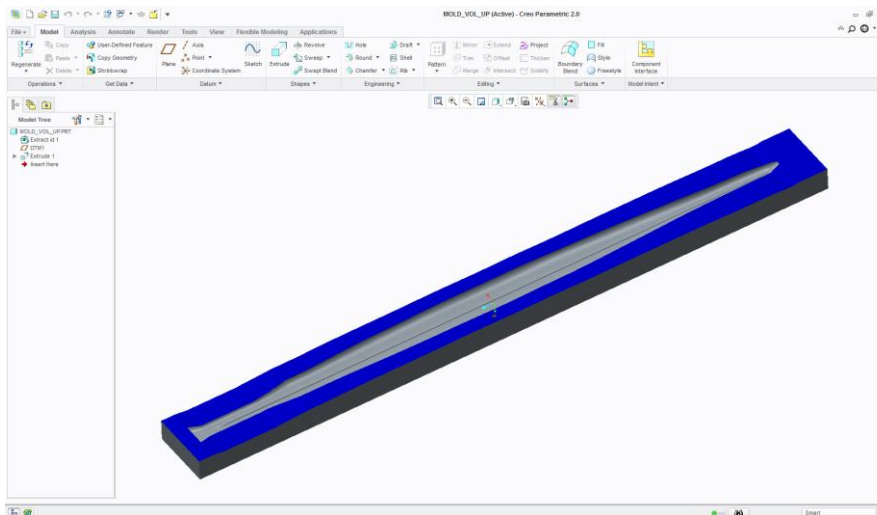
Σχήμα 5.3.3: Τελικό σχέδιο ψαροντούφεκου-Πάνω όψη

Το καλούπι από την κάτω όψη, όπου φαίνονται και πάλι οι καμπυλότητες στο επάνω μέρος του καλουπιού(Σχήμα 5.3.4).

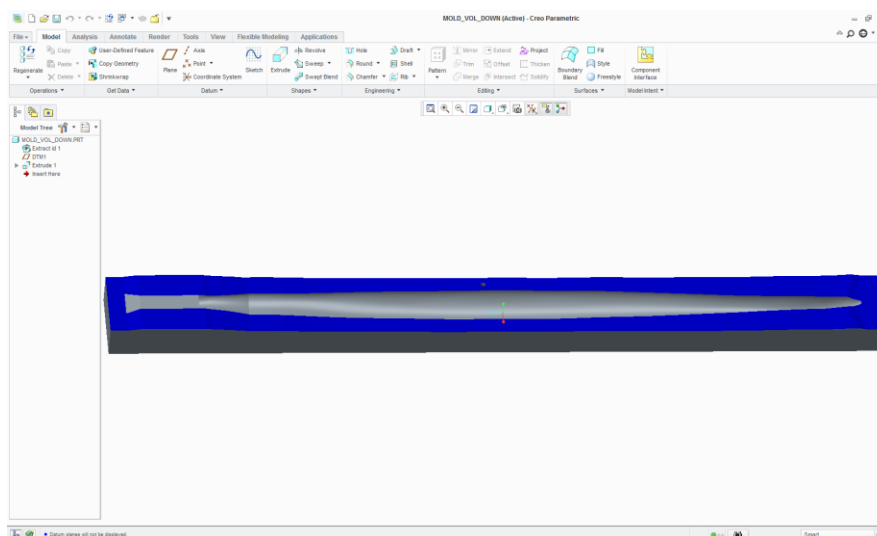
Ξεχωριστά το πάνω μέρος του καλουπιού (Σχήμα 5.3.5) όπου φαίνεται καθαρά και ο οδηγός της βέργας Και το κάτω μέρος του καλουπιού(Σχήμα 5.3.6) όπου διακρίνεται η θέση που προορίζεται για την λαβή.



Σχήμα 5.3.4: Τελικό σχέδιο ψαροντούφεκου-Πάνω όψη



Σχήμα 5.3.5: Πάνω μέρος καλουπιού

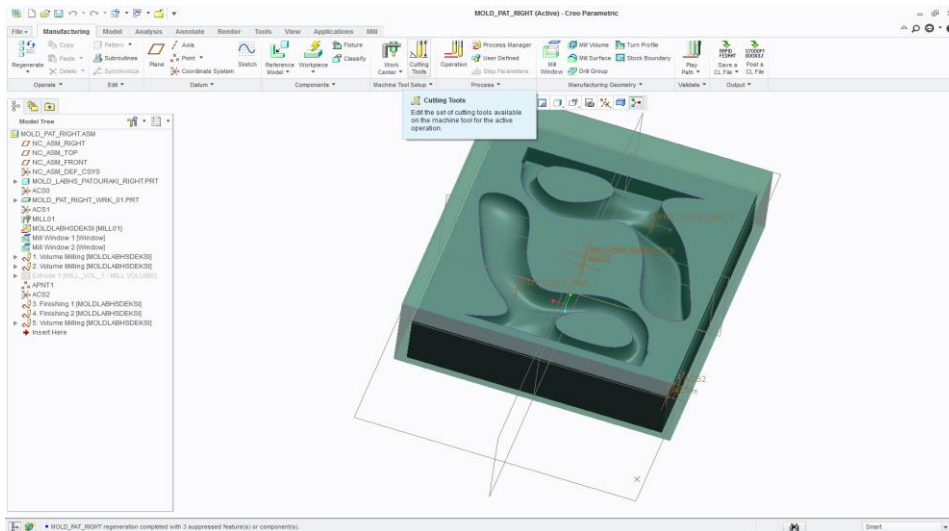


Σχήμα 5.3.6: Κάτω μέρος καλουπιού

Κεφάλαιο 6ο : Κατασκευή του καλουπιού για τη λαβή σε CNC εργαλειομηχανή

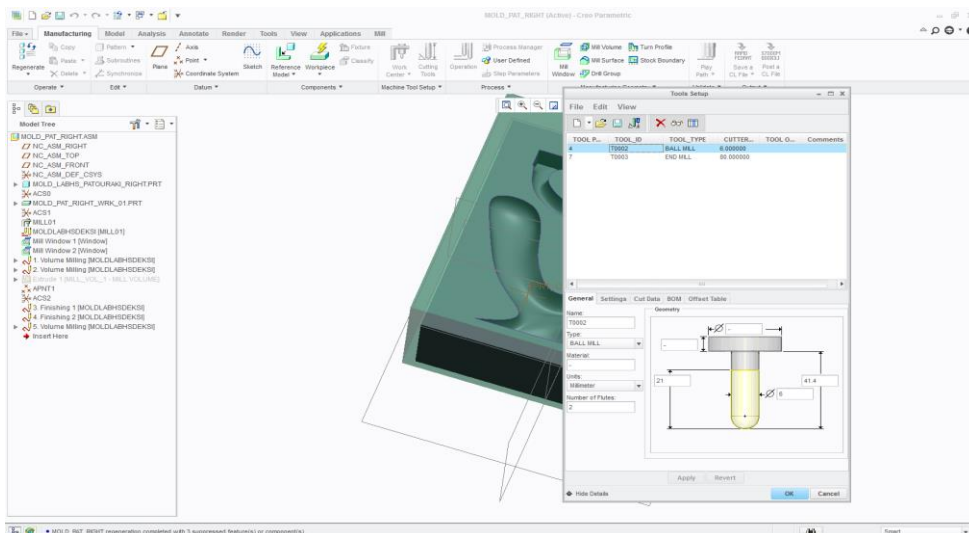
6.1 Κατεργασίες και συνθήκες κοπής ξεχονδρίσματος.

Έχοντας συναρμολογήσει τα κομμάτια του ακατέργαστου και του πρωτοτύπου κομματιού, πρέπει στη συνέχεια να οριστούν τα κοπτικά που θα χρησιμοποιηθούν. Αυτό γίνεται επιλέγοντας την εντολή cutting tools(Σχήμα 6.1.1) στην κεντρική καρτέλα.



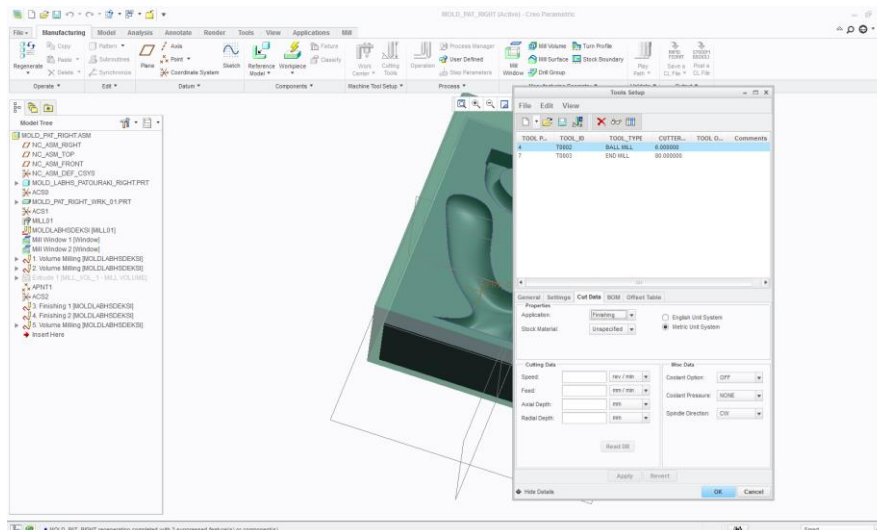
Σχήμα 6.1.1: Επιλογή κοπτικών

Αμέσως εμφανίζεται ένα παράθυρο το οποίο ο χρήστης μπορεί να επιλέξει το κοπτικό που θέλει μέσα από μια μεγάλη ποικιλία κοπτικών(Σχήμα 6.1.2). Στην συνέχεια εισάγει τα στοιχεία του κοπτικού όπως το ολικό μήκος, το πάχος, τη διάμετρο, το μήκος του κοπτικού και τον αριθμό των φτερών. Το κοπτικό που χρησιμοποιήθηκε στην προκειμένη περίπτωση ήταν ένα κοπτικό δυο φτερών HSS, με επίστρωση κοβαλτίου, 51mm ολικό μήκος κοπτικού, 25mm μήκος πτερυγίων και 6mm διάμετρο.



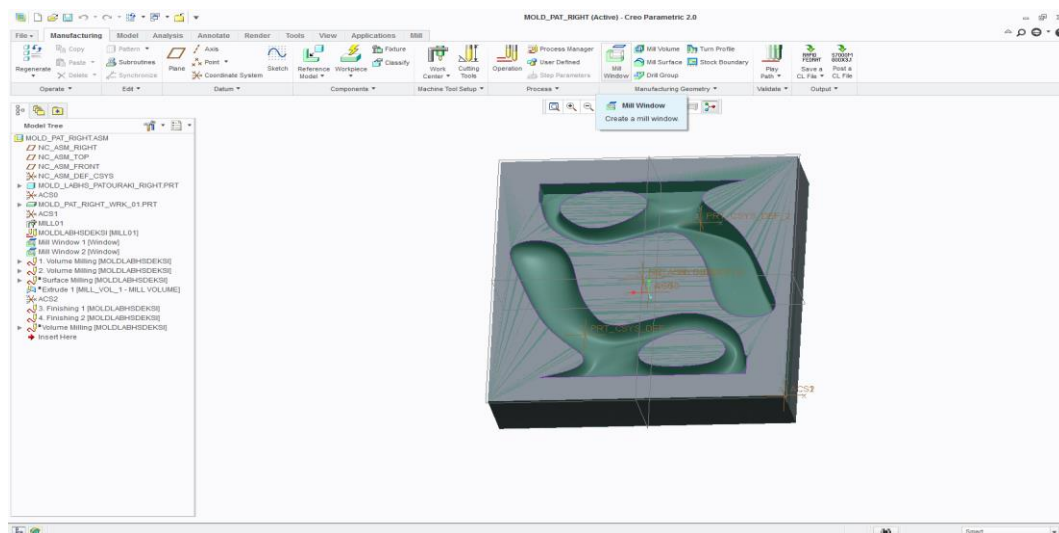
Σχήμα 6.1.2: Επιλογή κοπτικού και λοιπές λεπτομέρειες

Έχοντας γίνει οι παραπάνω ενέργειες ο χρήστης προχωράει στην τρίτη καρτέλα (Σχήμα 6.1.3) που είναι πολύ σημαντική για το κοπτικό, καθώς εκεί μπορεί να ορίσει σε τι εφαρμογή θα το χρησιμοποιήσει και προπαντός στις επιλογές από κάτω, βρίσκονται οι τιμές του κατασκευαστή που μπορεί να βάλει και έτσι να εμφανίσει αυτόματα τις καλύτερες συνθήκες κοπής για την πρόωση και τις στροφές μόνο.



Σχήμα 6.1.3: Επιλογή εφαρμογής κοπτικών

Στην συνέχεια προχωράει στην εντολή Mill window (Σχήμα 6.1.4) η οποία στην προκειμένη περίπτωση θα χρησιμοποιηθεί για να φτιάξει ο χρήστης ένα περίγραμμα της κάθε εσοχής, οπου εκεί μέσα θα κατεργαστεί αυτόματα το ακέρωστο μόνο με τις συνθήκες κοπής, το ξεχόνδρισμα καθώς και το τελείωμα χωρίς να χρειαστεί να επιλέξει καμιά από τις εσωτερικές επιφάνειες.



Σχήμα 6.1.4: Εντολή Mill window

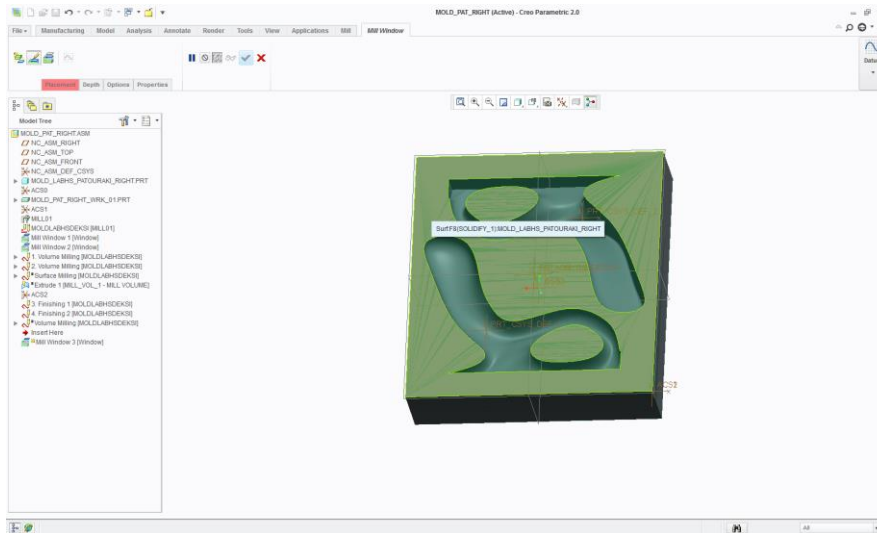
Για να γίνει όμως το mill window ο χρήστης πρέπει να πατήσει το δεύτερο κουμπί στην γωνιά πάνω αριστερά, για να μπορέσει να σχεδιάσει και επιλέξει το επίπεδο (placement) που θέλει να υπάρχει το mill window και στην περίπτωση αυτή, είναι η πάνω επιφάνεια που σκιαγραφείται σαν πράσινη(Σχήμα 6.1.5).

Αφού ο χρήστης τα έχει επιλέξει όλα πατάει το κουμπί του σχεδίου (define internal sketch) και μπαίνει στο κυρίως μέρος του σχεδιασμού(Σχήμα 6.1.6).

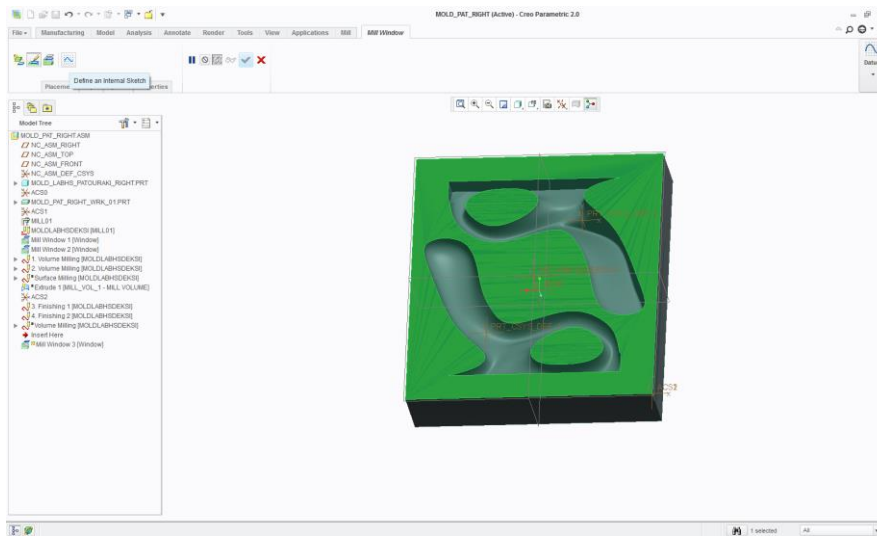
Μέσα στο σχεδιασμό θα βρει την εντολή project και έτσι θα επιλέξει την επιφάνεια που θέλει, και την εντολή loop (κλειστός βρόγχος) για να επιλέξει αυτόματα όλο το περίγραμμα(Σχήμα 6.1.7).

Επειδή όμως η επιφάνεια έχει πολλά περιγράμματα το πρόγραμμα θα δείξει με κόκκινη γραμμή ένα από αυτά, ο χρήστης πατώντας το next (Σχήμα 6.1.8) μπορεί να βρει αυτό που χρειάζεται και έπειτα πατάει accept. Έτσι έχει επιλέξει το περίγραμμά που χρειάζεται και πατάει close και OK. Έτσι ολοκληρώνονται οι εργασίες με το mill window.

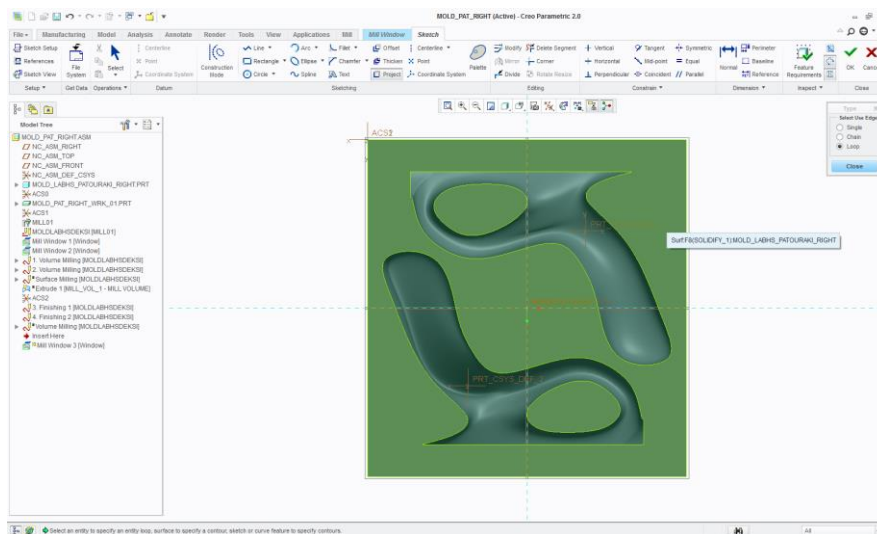
Συνεχίζει με την εφαρμογή για το ξεχόνδρισμα (volume) και στο seq setup(Σχήμα 6.1.9) επιλέγει tool έτσι ώστε να επιλέξει το κοπτικό που είχε φτιάξει στο cutting tools , μετά window για να επιλέξει το mill window που μόλις έφτιαξε και τέλος parameters για τις συνθήκες κοπής.



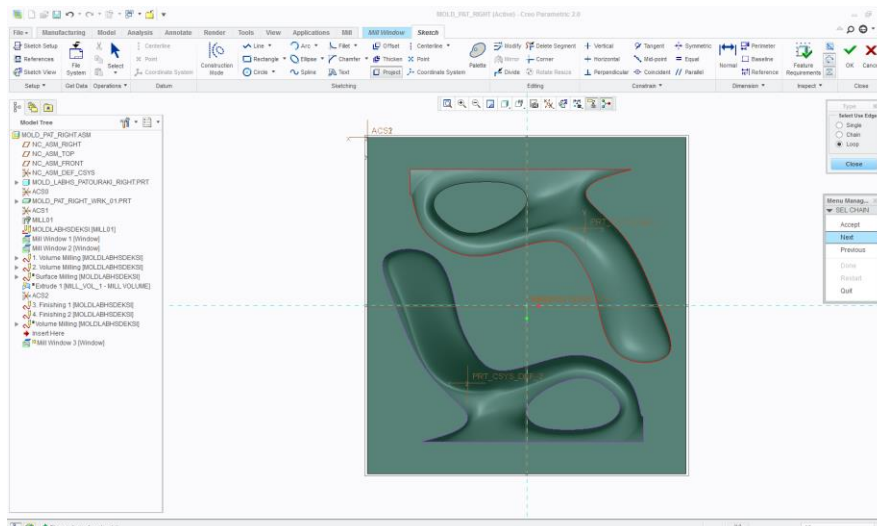
Σχήμα 6.1.5: Οδηγίες για δημιουργία Mill window



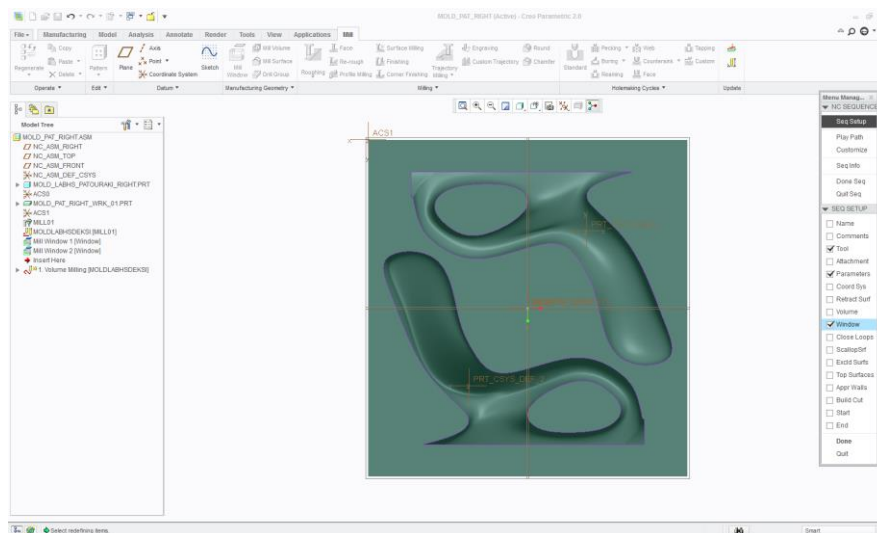
Σχήμα 6.1.6: Κύριο μέρος σχεδιασμού



Σχήμα 6.1.7: Επιλογή περιγράμματος



Σχήμα 6.1.8: Επιλογή περιγράμματος



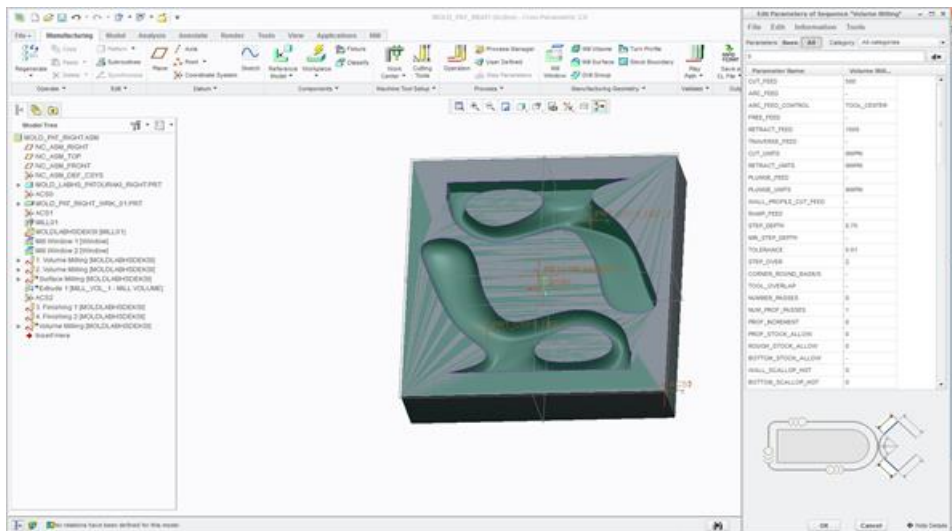
Σχήμα 6.1.9: Εφαρμογή Volume

Για τις συνθήκες κοπής (Σχήμα 6.2.1-6.2.2) στο ξεχόνδρισμα χρησιμοποιήθηκαν οι εξής παράμετροι:

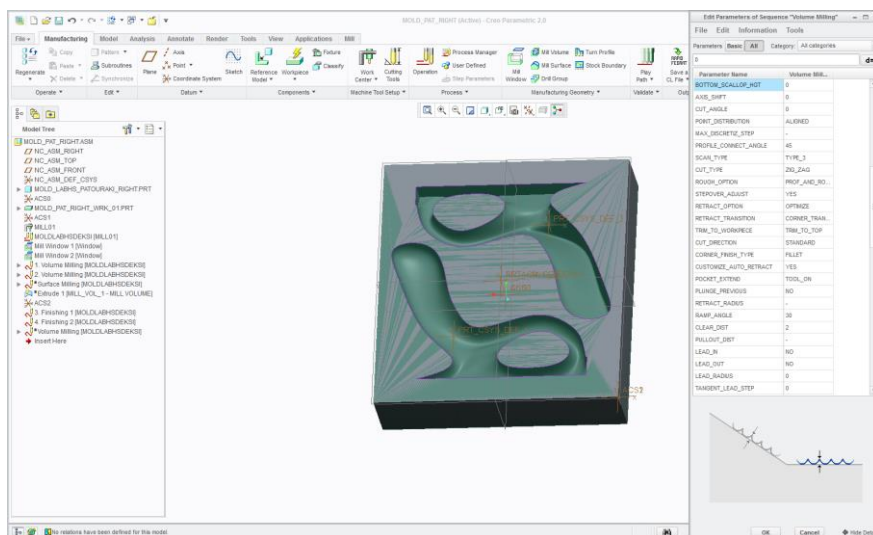
1. cut_feed = 500 mm/min(Πρόωση κοπτικού)
2. retract_feed = 1000 mm/min (πρόωση απομάκρυνσης)
3. step_depth = 0,75 mm (βάθος κοπής ανά πέρασμα)
4. step_over = 2 mm (Ελέγχει το πλευρικό βάθος κοπής. Η εντολή πρέπει να έχει μία θετική τιμή μικρότερη ή ίση από το μισό της διαμέτρου του κοπτικού.)
5. cut_type = zig_zag (μαζί με το spindle_sense ρυθμίζει τις τροχιές του κοπτικού κατά την
6. διάρκεια απομάκρυνσης του από το ακατέργαστο. Το zig_zag αλλάζει την διεύθυνση κοπής στο τέλος κάθε επίπεδου κοπής ή αλλιώς πέρασμα.)
7. ramp_angle= 30 μοίρες (γωνιά εισόδου του κοπτικού σε κάθε πέρασμα)
8. clear_dist= 2 mm (το κοπτικό μετά το τέλος του κάθε πέρασματος ανεβαίνει 2 mm σε ένα
9. ασφαλές ύψος έτσι ώστε να μην έρθει σε επαφή με το ακατέργαστο.)
10. spindle = 6000 rev/min (είναι η ταχύτητα περιστροφής του κοπτικού, έχει υψηλή τιμή καθώς το κοπτικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν μικρο)

Αξίζει να αναφερθούν κάποιες παράμετροι οι οποίες χρησιμοποιήθηκαν στο πειραματικό στάδιο της παρούσας πτυχιακής, όπως την εντολή scan_type η οποία τελικά παρέμεινε στην προεπιλογή της. Το scan_type για το ξεχόνδρισμα, αναφέρεται στον τρόπο που ένα κοπτικό φρεζαρίσματος σαρώνει την οριζόντια εγκάρσια τομή ενός όγκου στο ακατέργαστο. Στο type_3 το κοπτικό αφαιρεί υλικό από συνεχείς επίπεδα που ορίζονται από τη γεωμετρία του πρωτοτύπου δοκιμίου κάνοντας την κατεργασία σε κάθε ένα

επίπεδο με συγκεκριμένη σειρά, ξεκινώντας από τον κύριο όγκο και καταλήγοντας περιμετρικά των επίπεδων αυτών (profiling). Πάντα πρέπει το rough_option για την συγκεκριμένη εντολή να είναι rough_&_prof. Επίσης σημαντικό είναι το λιπαντικό ή ψυκτικό να ρέει άφθονο, γιατί όχι μόνο απομακρύνει το υλικό που έχει κατεργαστεί αλλά λιπαίνει και ψύχει το κοπτικό άλλα και το ακατέργαστο, με αποτέλεσμα να δημιουργούνται καλύτερες κατεργασμένες επιφάνειες και συγχρόνως να προστατεύονται και τα κοπτικά.



Σχήμα 6.2.1: Συνθήκες κοπής Volume



Σχήμα 6.2.2: Συνθήκες κοπής

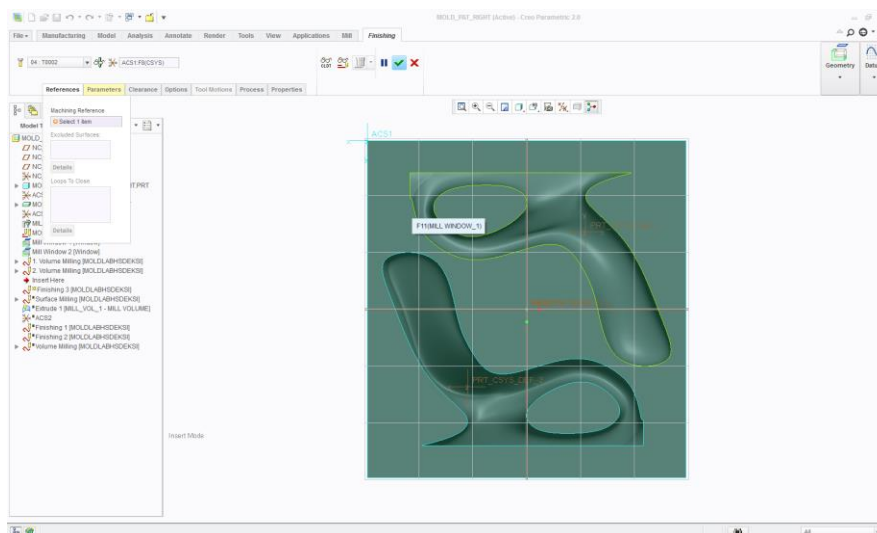
6.2 Κατεργασίες και συνθήκες κοπής finishing.

Τέλος, επιλέγοντας την εφαρμογή για το finishing (αποπεράτωση) ο χρήστης συνεχίζει στην γωνιά πάνω αριστερά, επιλέγει το κοπτικό το οποίο ήδη έχει φτιάξει στο cutting tools και έπειτα επιλέγει στο machining reference το mill window(Σχήμα 6.2.3).

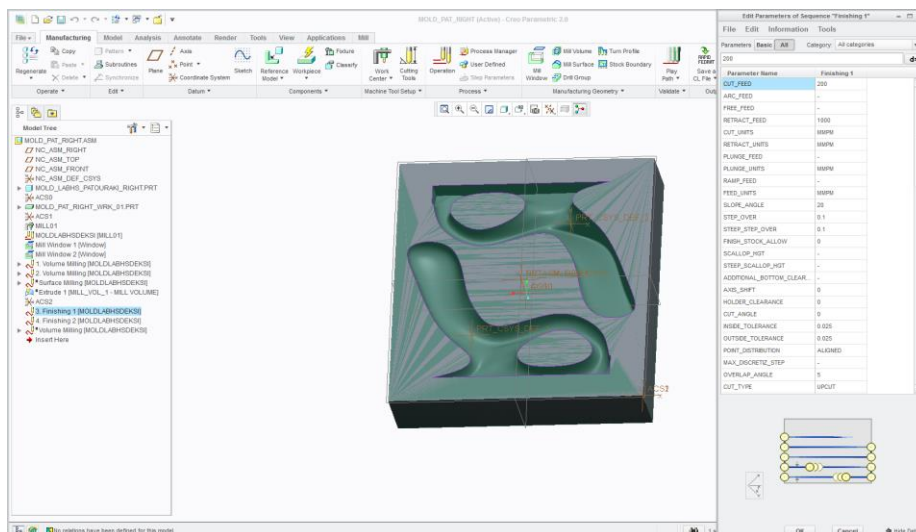
Στη συνέχεια ο χρήστης πρέπει να φτιάξει τις συνθήκες κοπής(Σχήμα 6.2.3-6.2.4),με τον εξής τρόπο:

1. cut_feed = 200 mm/min (χαμηλή πρόωση για καλύτερο αποτέλεσμα)
2. retract_feed = 1000 mm/min (πρόωση απομάκρυνσης)
3. slope_angle = 20 (η γωνιά με το εκάστοτε XY επίπεδο το οποίο διαιρεί τις επιφάνειες σε κατεργασμένες που είναι σχεδόν κάθετες ή σχεδόν οριζόντιες το default είναι 45)
4. step_over = 0.1 mm (Ελέγχει το πλευρικό βάθος κοπής όποτε βάζοντας 0.1mm έχουμε όσο το δυνατόν περισσότερες τροχιές άρα καλύτερο αποτέλεσμα)
5. steep_step_over = 0.1mm (τιμή για κατεργασία των πλευρικών απότομων επιφανειών. Αν δεν βάλουμε μια τιμή τότε παίρνει αυτόματα την τιμή του step_over)

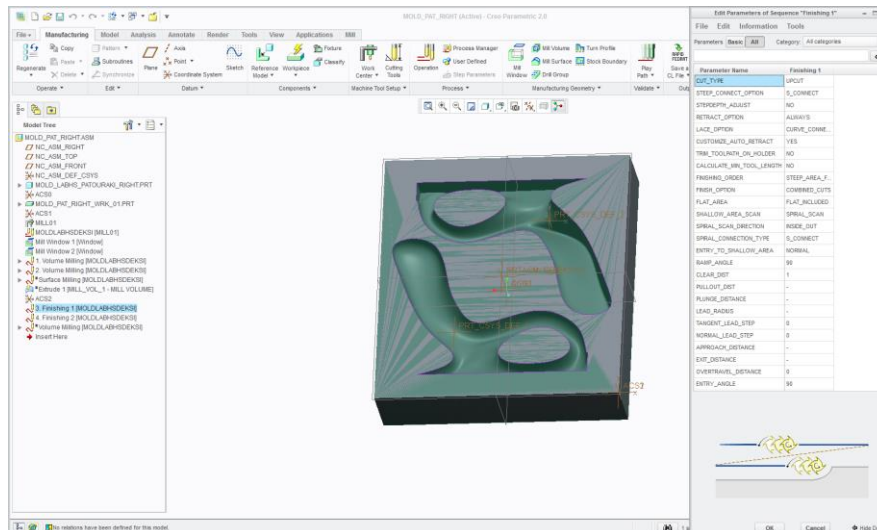
6. cut_type = urcut (μαζί με το spindle_sense ρυθμίζει τις τροχιές του κοπτικού κατά την διάρκεια απομάκρυνσης του από το ακατέργαστο. Η ρύθμιση urcut προσδιορίζει την ωρολογιακή φορά κοπής του κοπτικού)
7. retract_option = always (ρυθμίζει τον αριθμό των επίπεδων απομάκρυνσης του κοπτικού. Με την εντολή always το κοπτικό επιστρέφει πάντα στο επίπεδο απομάκρυνσης που έχουμε ορίζει σαν πρώτο στην κατεργασία μας)
8. lace_connect = curve_connect (ρυθμίζει αν το κοπτικό απομακρύνεται στο τέλος κάθε περάσματος. Οι ρυθμίσεις που τελειώνουν σε _connect χρησιμοποιούν έναν πιο πολύπλοκο και πιο αργό αλγόριθμο ο οποίος λαμβάνει υπόψη του την γεωμετρία του πρωτοτύπου μας. Συγκεκριμένα η εντολή curve_connect κάνει καμπύλες τροχιές που ακολουθούν περιπλοκότητα της γεωμετρίας του πρωτοτύπου μας και παρακάμπτει οτι τυχόν εμπόδια έχει η επιφάνεια μας. Χρησιμοποιείται μόνο όταν έχουμε λάθος τροχιές που έχουν ως αποτέλεσμα την ακανόνιστη χωρίς λόγο τροχιά του κοπτικού μέσα στο ακατέργαστο μας, από την εντολή line_connect)
9. finish_order = steep_area_first (ρυθμίζει την σειρά κατεργασιών στις απότομες και ρηχές επιφάνειες. Η εντολή steep_area_first ορίζει ότι πρώτα γίνονται οι απότομες επιφάνειες και στην συνέχεια οι ρηχές)
10. clear_dist = 1mm (η απόσταση απομάκρυνσης του κοπτικού πάνω από την εν κατεργασία επιφάνεια)
11. spindle = 6000 rev/min (όπως και στο ξενχόδρισμα βάζουμε υψηλή τιμή γιατί το κοπτικό μας είναι μικρο. Επίσης υψηλές στροφές απομακρύνουν γρηγορότερα το που επικαλύπτει τα πτερύγια του κοπτικού και έχουμε καλύτερη τελική επιφάνεια.)



(Σχήμα 6.2.3): Μενού finishing



Σχήμα 6.2.3: Συνθήκες κοπής finishing



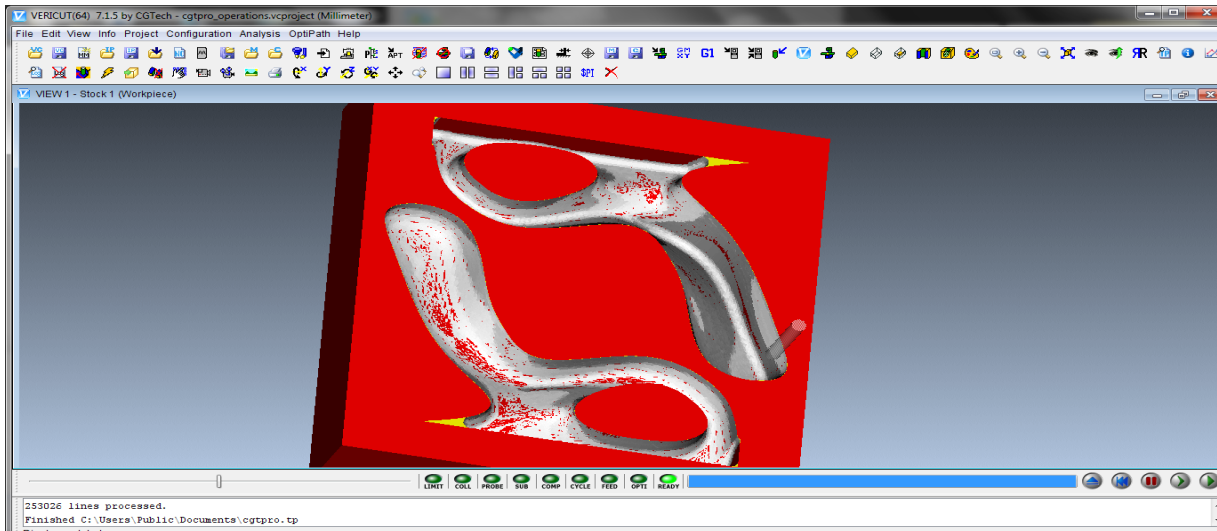
Σχήμα 6.2.4: Συνθήκες κοπής finishing

Επίσης για το πειραματικό κομμάτι της εργασίας στην εντολή finishing χρησιμοποιήθηκε αρκετά η εντολή finish_option. Η εντολή αυτή καθορίζει την μέθοδο κατεργασίας έτσι ώστε να γίνει βέλτιστη η τροχιά του κοπτικού. Τελικά όμως επιλέχτηκε η υποεντολή combined_cuts η οποία κατεργάζεται αρχικά τις απότομες πλάγιες επιφάνειες και έπειτα τις ρηχές επιφάνειες, ανάλογα με την αντίστοιχη υποεντολή shallow_area_scan της υποεντολής compined_cuts. Η εντολή shallow_area_scan καθορίζει τον αλγόριθμο για την ρηχή επιφάνεια. Επίσης, χρησιμοποιήθηκε η εντολή spiral_scan η οποία κάνει ομόκεντρους βρόγχους που ξεκινάνε στην περίμετρο της επιφάνειας και καταλήγουν στο κέντρο της, ενωμένοι όλοι μαζί δημιουργώντας ένα μεγάλο S). Όπως και με το ξεχόνδρισμα, έτσι κι εδώ η παρουσία του λιπαντικού ή ψυκτικού είναι απαραίτητη και μάλιστα σε μεγαλύτερο βαθμό από ότι στο ξεχόνδρισμα, γιατί όχι μόνο απομακρύνει το υλικό που έχει κατεργαστεί αλλά λιπαίνει και ψύχει και το κοπτικό αλλά και το ακατέργαστο με αποτέλεσμα να δημιουργούνται καλύτερες κατεργασμένες επιφάνειες αλλά και να προστατεύονται τα κοπτικά.

Κεφάλαιο 7ο : Προσομοίωση αφαίρεσης υλικού

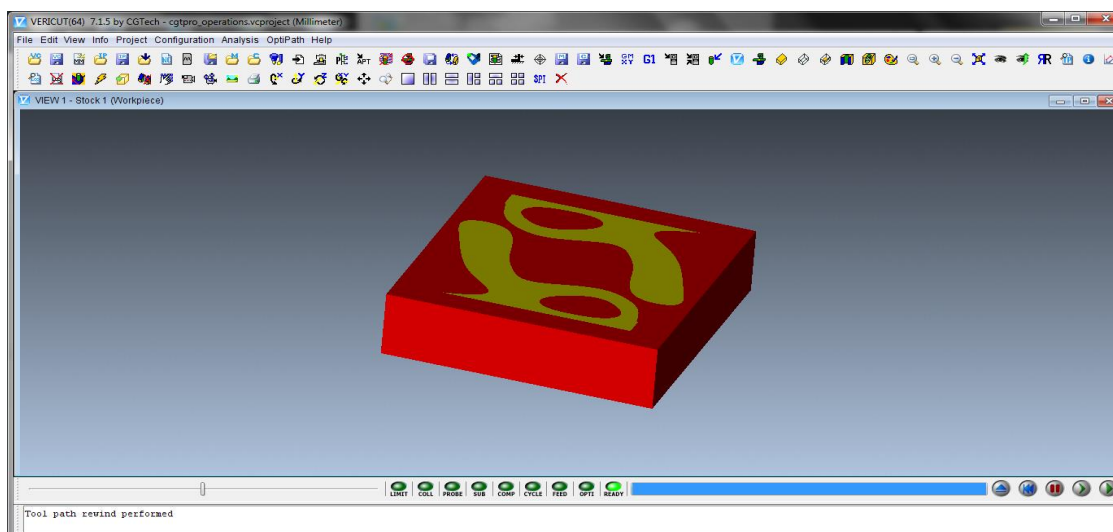
7.1 Προσομοίωση αφαίρεσης υλικού λαβής

Η προσομοίωση αφαίρεσης του υλικού από το καλούπι, πραγματοποιήθηκε μέσω κατάλληλου λογισμικού προσομοίωσης (VERICUT NC).Το λογισμικό VERICUT χρησιμοποιείται για την προσομοίωση των μηχανικών κατεργασιών CNC (Σχήμα 7.1.1), προκειμένου να εντοπιστούν σημειακά (ή σε ολόκληρα τμήματα) λάθος τροχιές ή σφάλματα. Επιτρέπει στους προγραμματιστές NC να διορθώσουν τυχόν λάθη πριν το πρόγραμμα εισαχθεί στην μηχανή CNC, εξαλείφοντας έτσι λάθη από τον χρήστη αλλά και μειώνοντας τους χρόνους κατεργασίας.



Σχήμα 7.1.1: Φωτογραφία Vericut

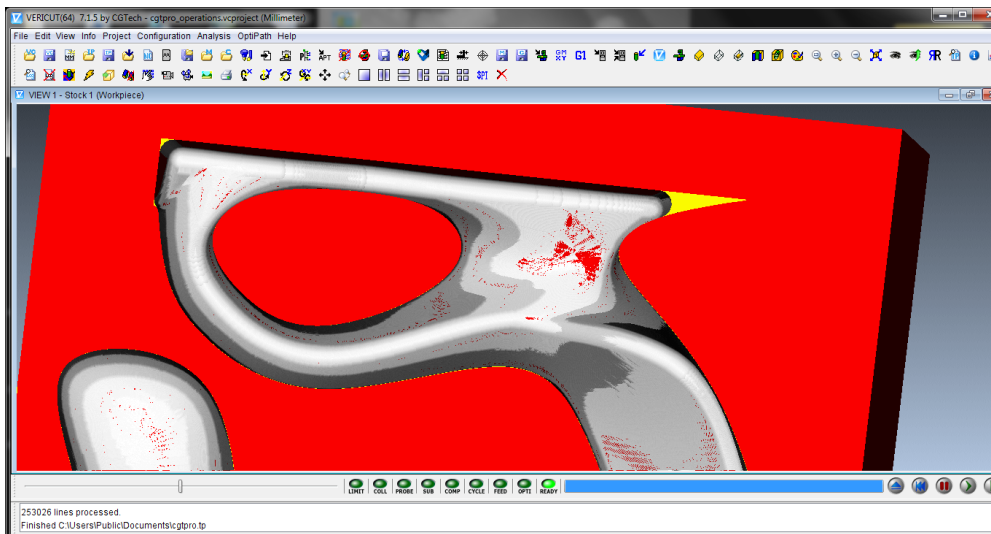
Στην παρακάτω εικόνα φαίνεται το δοκίμιο με κόκκινο χρώμα καθώς και το ακατέργαστο υλικό που θα αφαιρεθεί με κίτρινο χρώμα (Σχήμα 7.1.2). Κάτω δεξιά στο παράθυρο πρέπει να επιλεγεί η έναρξη της προσομοίωσης. Μετά το τέλος της προσομοίωσης το δοκίμιο έχει την εξής μορφή.



Σχήμα 7.1.2: Ακατέργαστο στο Vericut

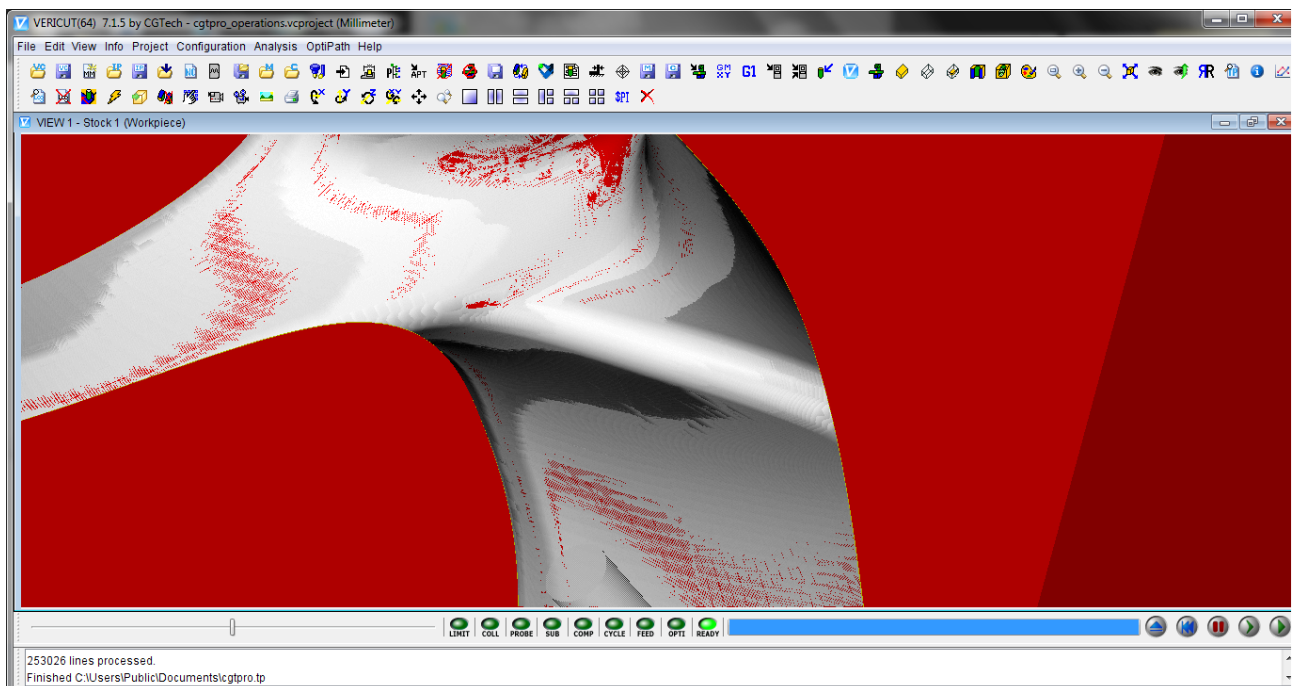
Κάνοντας μια μεγέθυνση(Σχήμα 7.1.3) φαίνεται καθαρά όλο το υλικό που δεν έχει υποστεί κατεργασία. Επιπλέον διακρίνονται και οι τροχιές του κοπτικού απάνω στην επιφάνεια. Με άσπρο χρώμα είναι το υλικό

που έχει κόψει το κονδύλι ραδίου και με κόκκινο του δοκιμίου. Οι περιοχές που είναι με έντονο κόκκινο χρώμα στις εσωτερικές επιφάνειες δεν έχουν καθόλου εναπομένον υλικό απάνω τους και είναι τελείες.



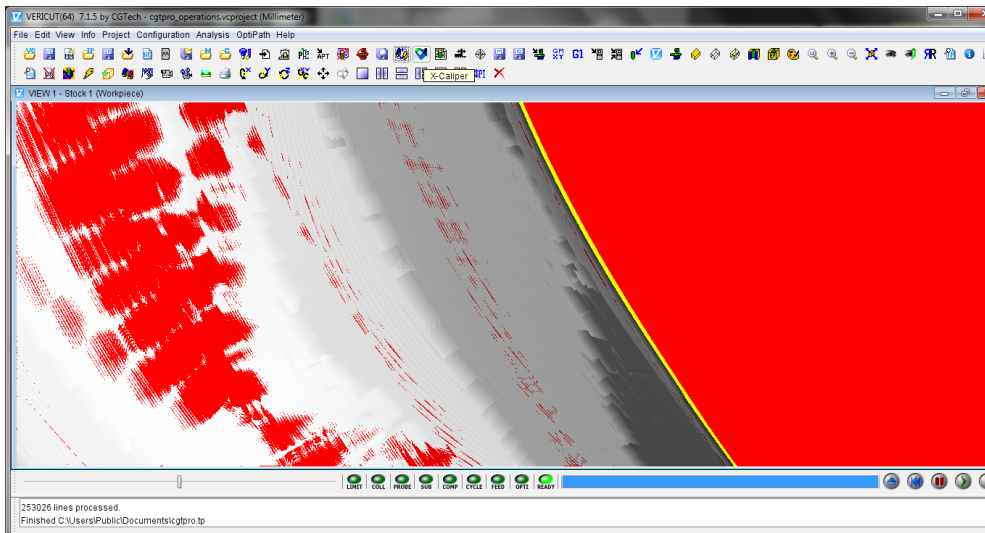
Σχήμα 7.1.3: Κατεργασμένο δοκίμιο

Η μεγέθυνση μπορεί να είναι τόσο ώστε να διακρίνεται καθαρά και η παραμικρή λεπτομέρεια που αργότερα θα υπάρχει στο δοκίμιο. Έτσι κάνοντας ξανά μεγέθυνση σε μια καμπύλη με απότομη κλίση (Σχήμα 7.1.4) φαίνεται πόσο καλά έχει γίνει η επεξεργασία με το κονδύλι ραδίου.



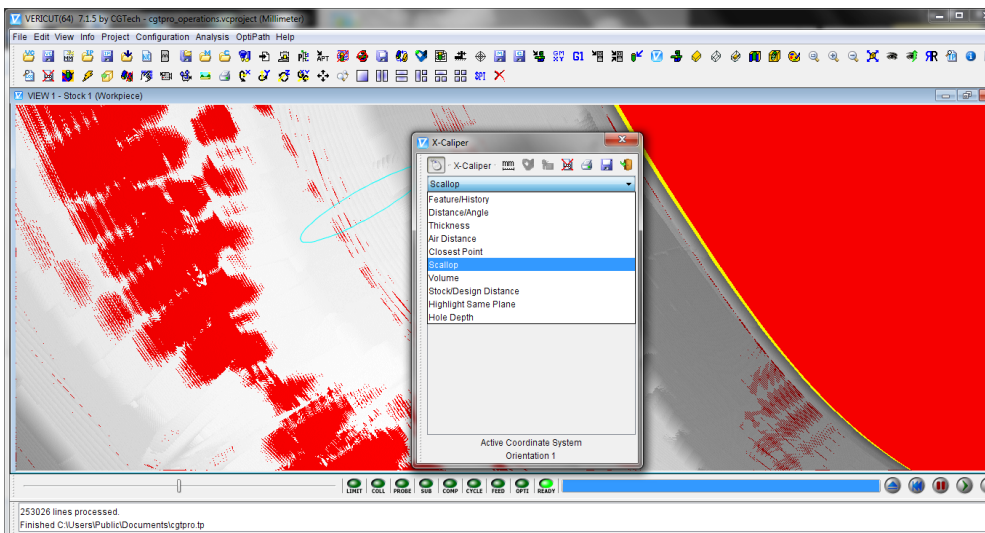
Σχήμα 7.1.4: Μεγέθυνση κατεργασμένου δοκιμίου

Στη συνέχεια αφού έχουν τελειώσει όλοι οι έλεγχοι στο δοκίμιο, επιλέγεται ένα σημείο για να διαπιστωθεί πόσο τελικά είναι το επιπλέον υλικό. Έχει επιλέγει ένα συγκεκριμένο σημείο που όπως φαίνεται(Σχήμα 7.1.5) υπάρχει πολύ πλεονάζον υλικό. Με την εντολή X- Caliper ελέγχεται το ποσά χιλιοστά είναι το πλεονάζον υλικό.



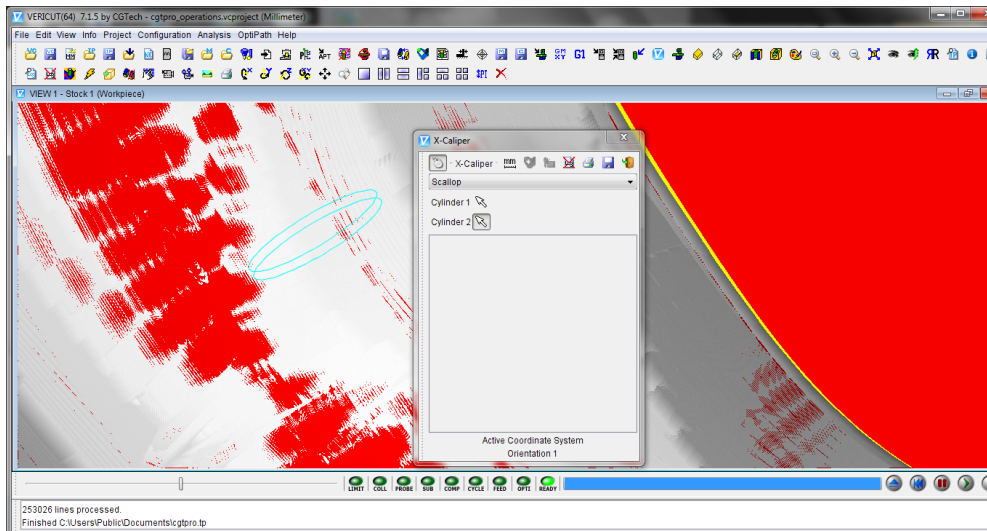
Σχήμα 7.1.5: Επιλογή σημείου για ανάλυση

Στο μενού του X- Caliper βρίσκεται η εντολή scallop η οποία δηλώνει με ακρίβεια πόσο είναι το πλεονάζον υλικό. Αμέσως εμφανίζεται ένας κύλινδρος (Σχήμα 7.1.6) ο οποίος τοποθετείται οπουδήποτε επιλέξει ο χρήστης.



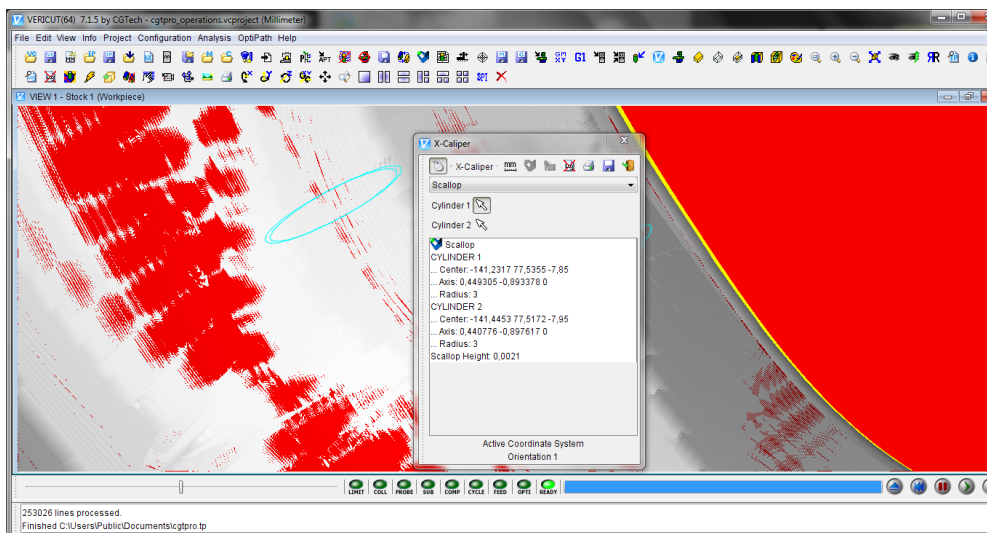
Σχήμα 7.1.6: Επιλογή πρώτου κυλίνδρου

Στη συνέχεια επιλέγεται και δεύτερος κύλινδρος (Σχήμα 7.1.7) ο οποίος τοποθετείται προσεκτικά όσο πιο κοντά γίνεται με τον πρώτο και πρέπει επίσης να ακολουθεί την φορά του κοπτικού. Στην περίπτωση αυτή τον άξονα -Y και κατά μήκος την καμπυλότητα της χειρολαβής.



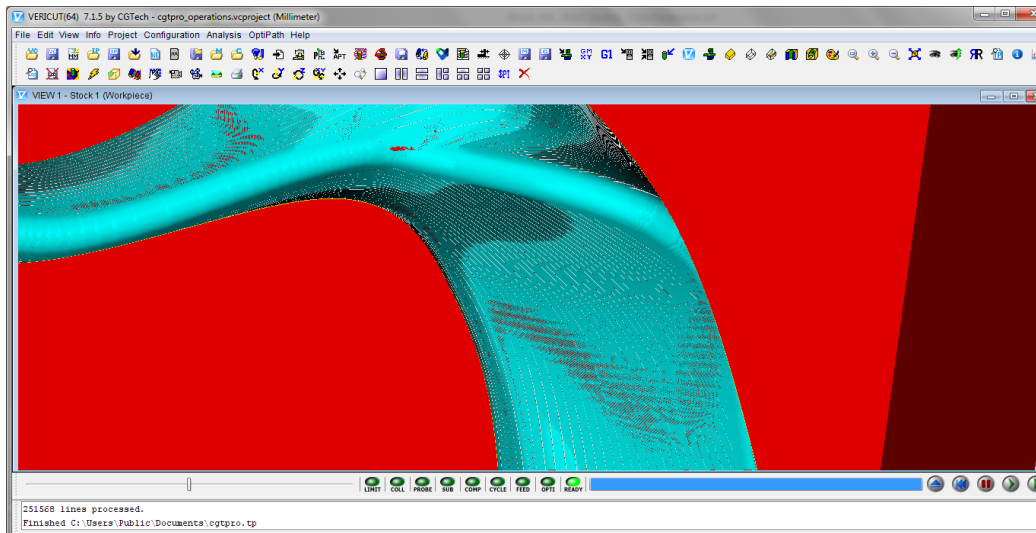
Σχήμα 7.1.7: Επιλογή δεύτερου κυλίνδρου

Αμέσως δίνονται τα αποτελέσματα που βγάξει η εφαρμογή X- Caliper, όπως τη θέση των κύκλων και φυσικά το πάχος του πλεονάζον υλικού που είναι 0,0021 χιλιοστά (Σχήμα 7.1.8), μια ακρίβεια με την οποία ο χρήστης είναι πλήρως ικανοποιημένος.



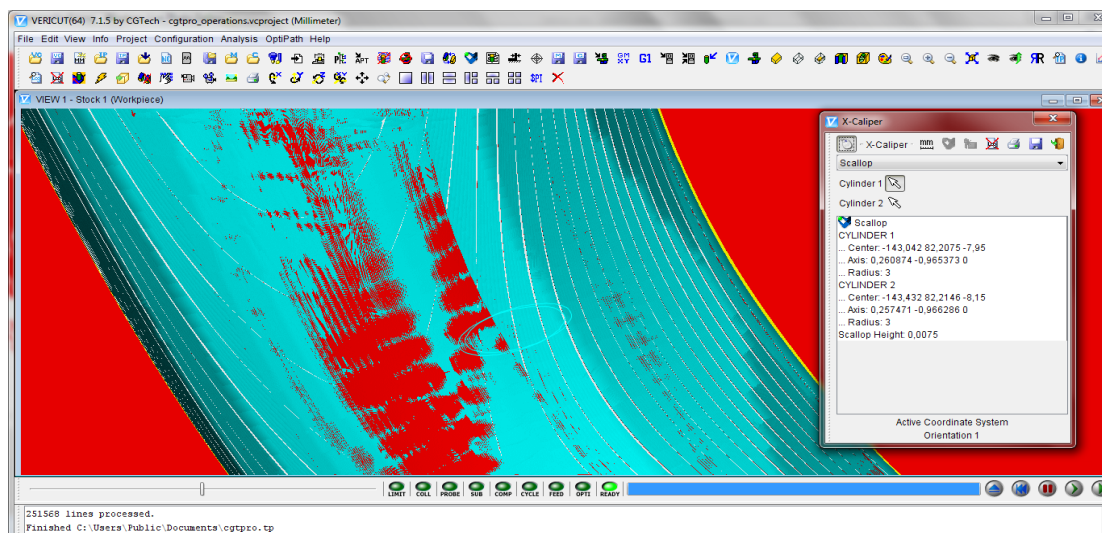
Σχήμα 7.1.8: Αποτελέσματα από το X-caliper

Τέλος, αξίζει να σημειωθεί ότι κάνοντας το ξεχόνδρισμα πρώτα με ένα κονδύλι τύπου endmill δημιουργούνται πολλές οριζόντιες γραμμές, οι λεγόμενες τραχύτητες, και απομένει και 3,5 φορές λιγότερο υλικό. Αυτό για να γίνει εμφανές, τοποθετείται στο cutting tools ένα endmill κονδύλι και επιλέγεται το ξεχόνδρισμα έτσι ώστε να γίνει η κατεργασία και στην συνέχεια ανοίγεται το vericut για να γίνει σύγκριση των αποτελεσμάτων. Έτσι όπως και πριν υπάρχει το πρώτο κοπτικό με άσπρο χρώμα και το δεύτερο με γαλάζιο(Σχήμα 7.1.9). Αφού το πρώτο είναι το endmill οι γραμμές που φαίνονται είναι από αυτό.



Σχήμα 7.1.9: Λανθασμένα αποτελέσματα με τη χρήση επίπεδου κονδυλίου

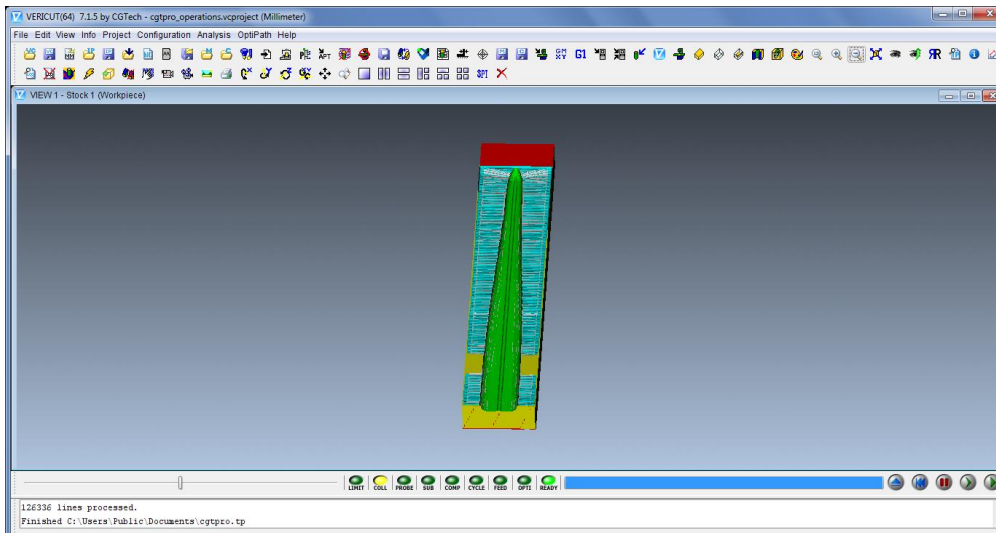
Και για του λόγου το αληθές, επιλέγεται το ίδιο περίπου σημείο και γίνονται ακριβώς οι ίδιες εργασίες όπως και παραπάνω με την εφαρμογή του X-Caliper και προκύπτει ότι το πάχος του πλεονάζον υλικού είναι 0,0075 χιλιοστά (Σχήμα 7.2.1). Σχεδόν ένα δέκατο του χιλιοστού. Καθόλου καλή ακρίβεια.



Σχήμα 7.2.1: Ανάλυση αποτελεσμάτων X-caliper επίπεδου κονδυλίου

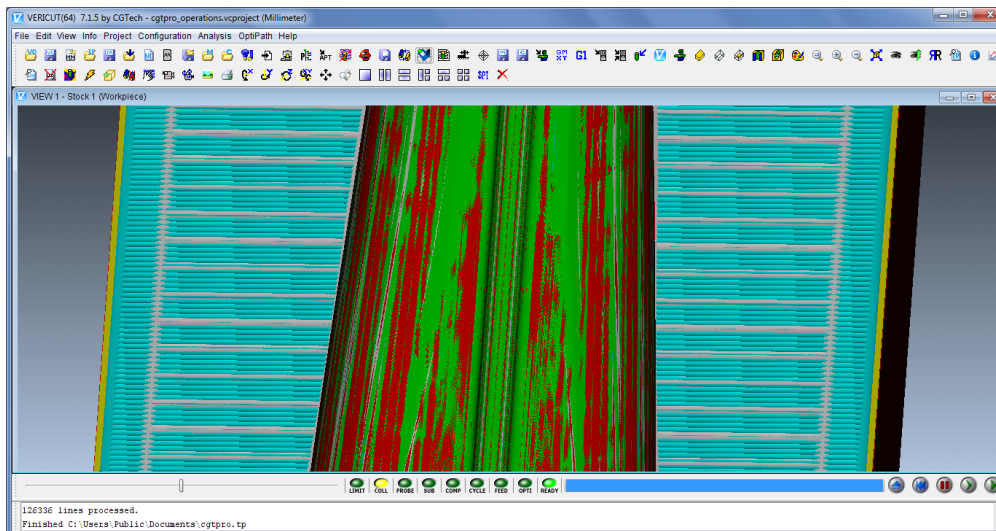
7.2 Προσομοίωση αφαίρεσης υλικού ψαροτούφεκου

Στην συνέχεια έγιναν με τις ίδιες παραμέτρους όπως στα καλούπια της λαβής η προσομοίωση για τα καλούπια του κυρίου μέρους του όπλου όπου χρειάστηκε να γίνουν οι κατεργασίες ανά 765 χιλιοστά μιας και τόσο είναι το μέγιστο που μπορεί να κινηθεί η τράπεζα της HAAS CNC μηχανής που υπάρχει στο εργαστήριο. Έτσι στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 7.2.2) φαίνεται η τελική μορφή του καλουπιού κατά το ήμισυ και είναι του πάνω μέρους του καλουπιού.



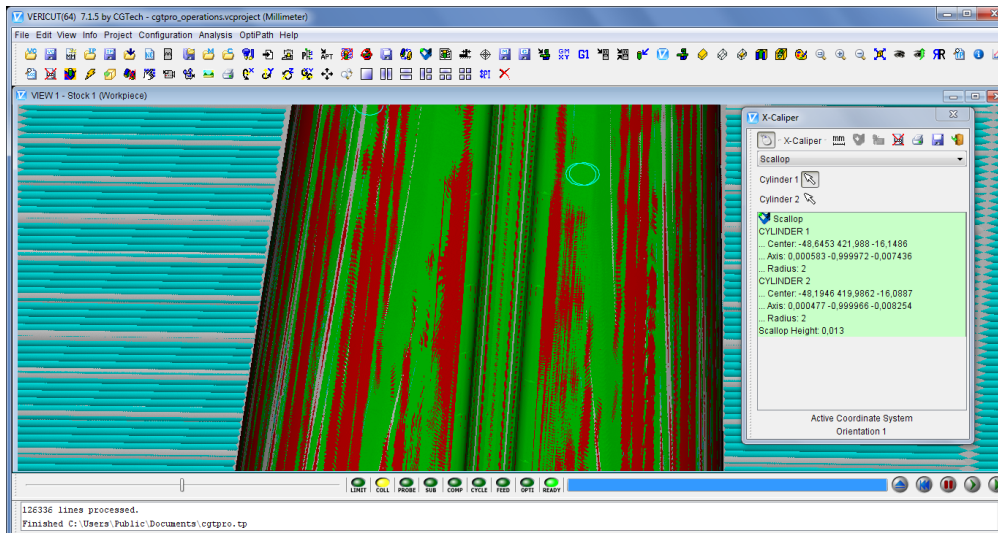
Σχήμα 7.2.2: Πάνω όψη κατεργασμένου καλουπιού ψαροντούφεκου

Κάνοντας μεγέθυνση (Σχήμα 7.2.3) φαίνεται το πόσο λίγο υλικό έχει μείνει και επίσης διακρίνεται ο οδηγός του όπλου καθαρά.



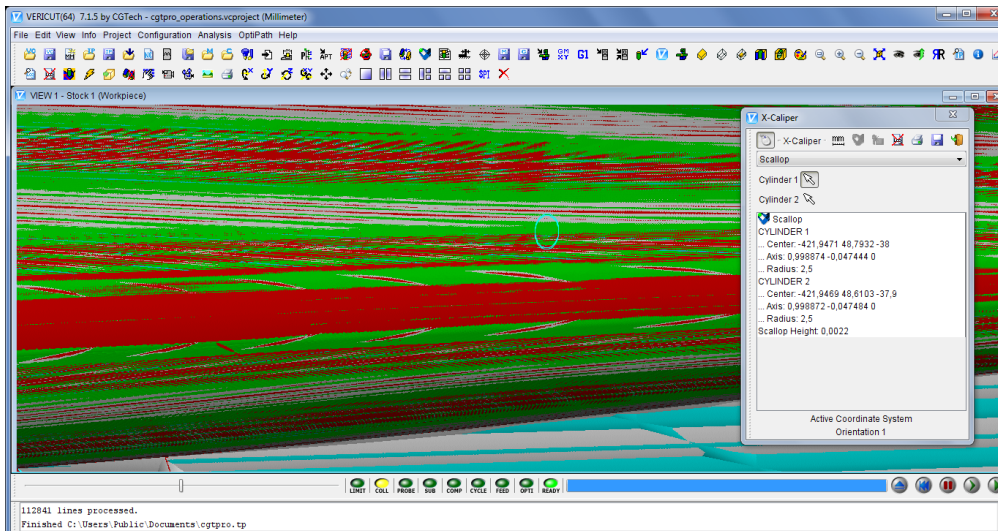
Σχήμα 7.2.3: Μεγέθυνση οδηγού καλουπιού

Για να δοθούν τιμές σχετικά με το πόσο ακριβώς είναι το εναπομένον υλικό θα χρησιμοποιηθεί η εφαρμογή X-caliper του vericut. Επιλέγονται οι κύλινδροι (Σχήμα 7.2.4) των οποίων η ποσότητα του υλικού που έχει μείνει θα εξετασθεί και φαίνεται ότι έχει μείνει 0,013 χιλιοστά σε ένα σημείο με μεγάλη καμπυλότητα και είναι αποδεκτό αποτέλεσμα.



Σχήμα 7.2.4: Αποτελέσματα X-caliper

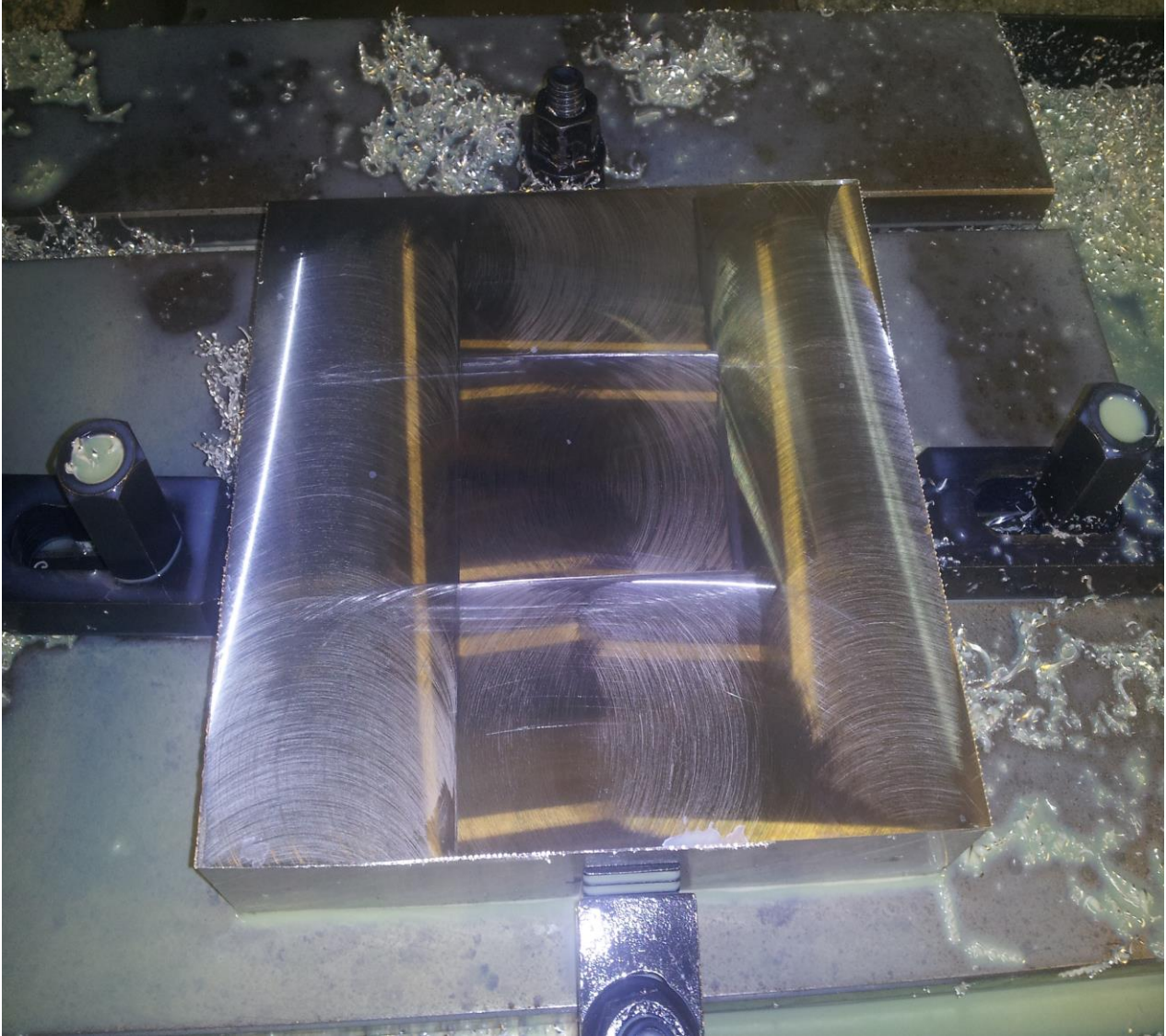
Ομοίως και για το κάτω κομμάτι του καλουπιού φαίνονται τα ίδια αποτελέσματα και το εναπομένον υλικό είναι της τάξης των 0,0022 χιλιοστών (Σχήμα 7.2.5) που είναι και αυτό αποδεκτό αποτέλεσμα.



Σχήμα 7.2.5: Αποτελέσματα X-caliper στο κάτω μέρος του καλουπιού

Κεφάλαιο 8ο : Κατασκευή καλουπιού στην CNC μηχανή

Το ακατέργαστο για να επεξεργαστεί σωστά και με ακρίβεια πρέπει να γίνουν μερικές μικρές εργασίες, όπως να επεξεργαστεί η πάνω επιφάνεια του ακατέργαστου (Σχήμα 8.1.1) έτσι ώστε να είναι τελείως ίσια και λεία.



Σχήμα 8.1.1: Ακατέργαστο

Στη συνέχεια μηδενίζοντας το κομμάτι με το 3d taster (Σχήμα 8.1.2) για μεγαλύτερη ακρίβεια γίνεται και ένας έλεγχος για την παραλληλότητα της επάνω επιφάνειας σε σχέση με την τράπεζα.



Σχήμα 8.1.2: Μηδενισμός ακατέργαστου

Πρώτα δημιουργήθηκε η δεξιά μεριά του καλουπιού (Σχήμα 8.1.3)



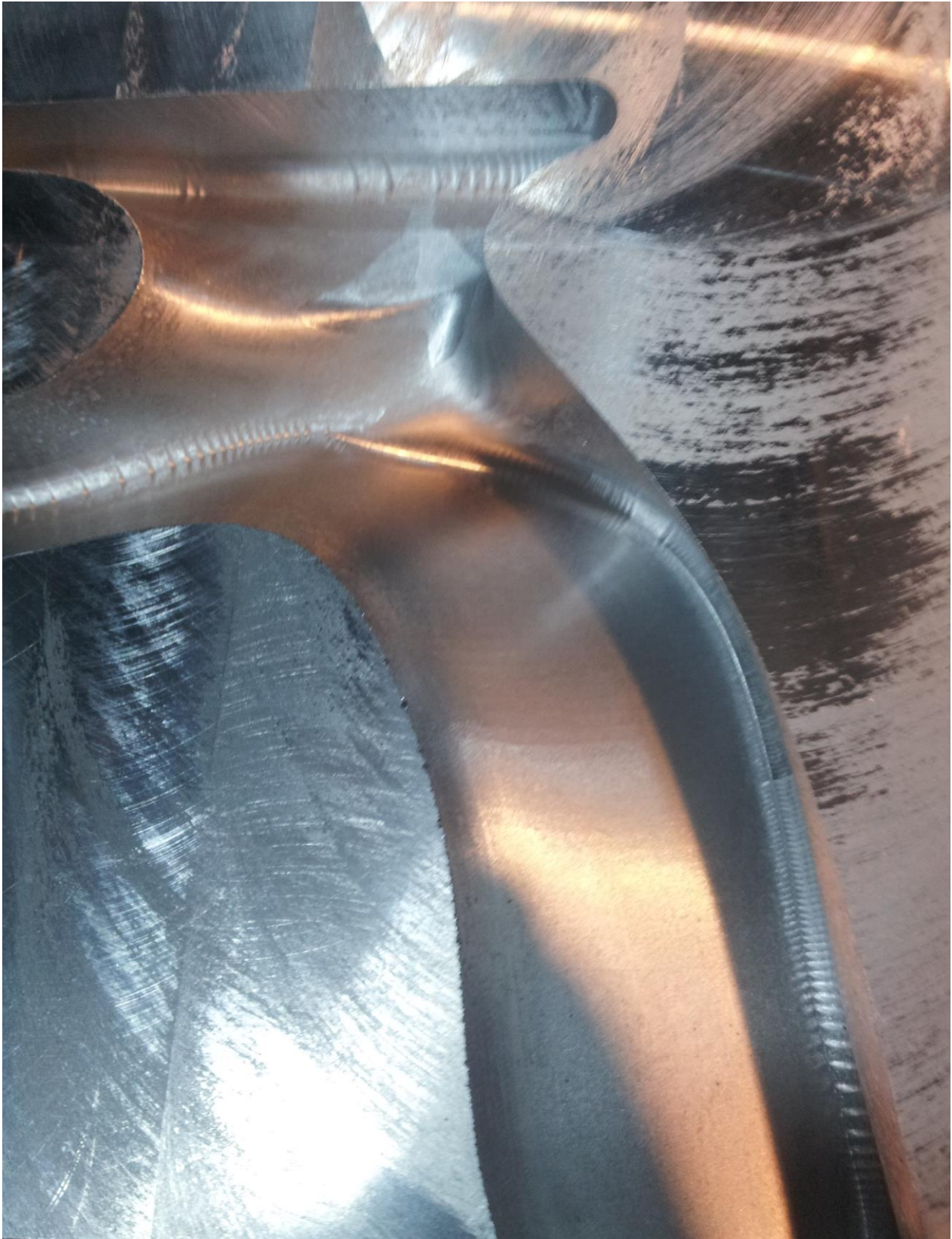
Σχήμα 8.1.3: Δεξί καλούπι λαβής

Και στη συνέχεια το αριστερό κομμάτι του καλουπιού (Σχήμα 8.1.4)



Σχήμα 8.1.4: Αριστερό καλούπι λαβής

Στην παρακάτω εικόνα (Σχήμα 8.1.5) φαίνεται με γυμνό μάτι, πόσο κάλο είναι αποτέλεσμα κάνοντας μια απλή μεγέθυνση. Παρατηρείτε ότι όλες τις μικροατέλειες που φαινόταν στο vericut πλέον είναι εμφανείς και ακριβείς τόσο στο μέγεθος όσο και στην θέση που βρίσκονται μέσα στο καλούπι.



Σχήμα 8.1.5: Μεγέθυνση καλουπιού

Κεφάλαιο 9ο : Έγχυση Μείγματος Πολυμερών-Ανθρακονημάτων

9.1 Γενικά

Τα πολυμερή ή πλαστικά ή θερμοπλαστικά ενισχυμένα με πλέγμα ανθρακονημάτων (carbon fiber polymer CFRP, carbon fiber plastic CRP και carbon fiber thermoplastic CFRTP, τα οποία εν συντομία αποκαλούνται ανθρακονήματα) είναι μία οικογένεια συνθετικών υλικών, πολύ δημοφιλή για την υψηλή αντοχή τους, το μικρό βάρος τους αλλά πλέον και την ευκολία κατασκευής τους. Αποτελούνται από μία βάση (εποξική συνήθως ή και πολυμέρη, όπως πολυεστέρα, βινυλεστέρα, νάιλον) χυτευμένη σε ένα πλέγμα ινών, συνήθως από ίνες άνθρακα. Τα προϊόντα από ανθρακονήματα χρησιμοποιούνται κατά κύριο λόγο, σε μεταφορικά μέσα (αυτοκίνητα, αεροπλάνα και πλοία) ή σε όποια άλλη εφαρμογή απαιτείται μεγάλη ακαμψία και υψηλός λόγος αντοχής προς βάρος (weight to strength ratio).

9.2 Προετοιμασία

Στην παρούσα εφαρμογή, έγινε μια απόπειρα να επενδυθεί το πρωτότυπο αντικείμενο, με μείγμα πολυμερούς - ανθρακονήματος. Για να γίνει αυτό, χρειαστήκαμε τα εξής υλικά:

- Πανί Carbonfiber
- Εποξική ρητίνη δύο συστατικών
- Συνθετικό κερί, σε υγρή μορφή, για την αποδέσμευση του προϊόντος
- Πλαστικό δίχτυ (μικρών οπών)
- Βαμβακερό πανί
- Ογκομετρικό δοχείο
- Πλαστικά ποτήρια
- Ψαλίδι
- Κοπίδι
- Σακούλες κενού
- Αντλία κενού
- Πλαστικά γάντια μίας χρήσεως, μάσκα σκόνης και γυαλιά
- Ψιλό γυαλόχαρτο (1000-2000)
- Το καλούπι
- Καλή ταινία διπλής όψεως, τύπου γόμας
- Διάφανη σωλήνα αέρος 10mm

Για την ασφάλεια του ο χρήστης πρέπει να γνωρίζει τα εξής:

- Ο χρήστης πρέπει να φοράει πάντα προστατευτικά γάντια και γυαλιά, κατά την φάση κατεργασίας του τελικού τεμαχίου (ψαλίδισμα των ακρών, τρίψιμο των λεπτομερειών) καθώς οι ίνες του ανθρακονήματος δεν πρέπει να εισπνέονται αλλά ούτε να έρχονται σε επαφή με μάτια, στόμα και μύτη (προκαλούν τραυματισμούς σε μικρά αγγεία στα μάτια, στους πνεύμονες κτλ, καθώς δρουν σαν μικρές καρφίτσες)
- Η εποξική ρητίνη δεν πρέπει να έρχεται σε απευθείας επαφή με τα χέρια και τα μάτια, καθώς είναι τοξική. Συνιστάται η χρήση προστατευτικών γαντιών.

9.3 Κατασκευή του ανθρακονημάτινου προϊόντος

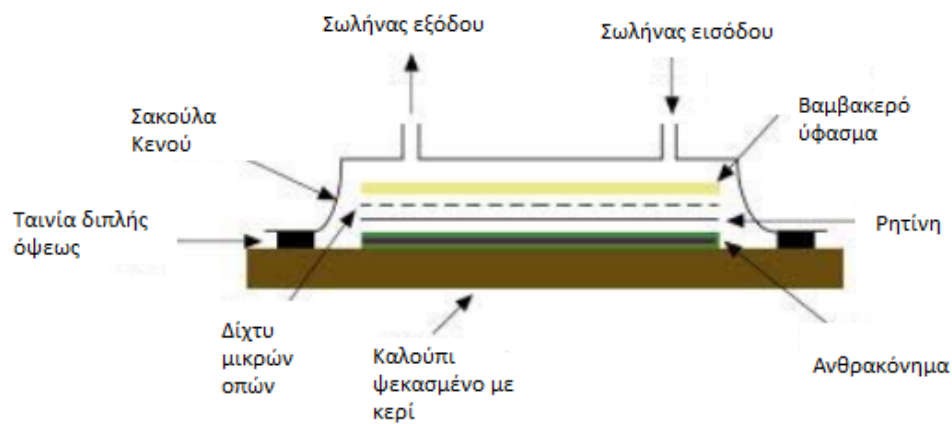
1. Απλώνεται το κερί στο εσωτερικό του καλουπιού, με μεγάλη προσοχή, καθώς θα βοηθήσει στην αποκόλληση του έτοιμου προϊόντος από το καλούπι.
2. Απλώνεται περιμετρικά του καλουπιού την ταινία διπλής όψεως, με μεγάλη προσοχή καθώς εκεί θα είναι η άκρη της σακούλας κενού. Δεν αφαιρείται το πάνω μέρος της ταινίας ακόμη. Όλα τα επόμενα υλικά, θα πρέπει να βρίσκονται από την εσωτερική πλευρά της ταινίας. Καλό είναι να υπάρχει αρκετός χώρος στο περίγραμμα του καλουπιού, που να θα επιτρέπει στο χρήστη με άνεση.
3. Απλώνονται πρώτα τα φύλλα ανθρακονήματος που θα χρειαστούν στην κατασκευή. Στην προκειμένη περίπτωση χρησιμοποιήθηκαν δύο φύλλα ανθρακονήματος. ΠΡΟΣΟΧΗ: πάντα, όσο υλικό περισσεύει εκτός της ταινίας διπλής όψεως να κόβεται.
4. Απλώνεται το βαμβακερό ύφασμα , πάλι κόβοντας ότι βγαίνει εκτός από τα όρια των ταινιών. Δίνεται προσοχή στις γωνίες, όπου χρησιμοποιείται χαρτοταινία όπου χρειάζεται.
5. Απλώνεται το πλαστικό δίχτυ, με όμοιο τρόπο όπως και προηγουμένως. Το δίχτυ βοηθάει να κατανεμηθεί η ρητίνη σωστά γύρω από το καλούπι.
6. Τοποθετείται η σακούλα κενού, αφαιρώντας το πάνω μέρος της ταινίας διπλής όψης. Κόβεται πάντα τη σακούλα σε περίσσια σε σχέση με το καλούπι (γύρω στο 20% είναι αρκετό). Σιγουρευτείτε ότι έχει γίνει καλή επαφή της ταινίας με τη σακούλα, πιέζοντας περιμετρικά.
7. Ανοίγονται δύο τρύπες στη σακούλα, μία για την είσοδο και μία για την έξοδο. Έπειτα ασφαρίζεται με ταινία ο σωλήνας 10mm στην άκρη και ασφαρίζεται και η είσοδος. Το ίδιο γίνεται και για την έξοδο. Τσακίζεται ο σωλήνας της εισόδου στην άκρη του και συνδέεται ο σωλήνας εξόδου στο μετρητή κενού. Αν θέλει ο χρήστης χρησιμοποιήσει και ένα ταφ ή μία τρίτη έξοδο για να συνδέσει ένα μετρητή κενού (ένα απλό μανόμετρο με ικανότητα -30psi).
8. Ξεκινάει η άντληση, με τη σωλήνα εισόδου μπλοκαρισμένη. Αντλείται αρκετή ώρα, έτσι ώστε να μην παρατηρηθούν αλλαγές στο σχήμα της σακούλας. Με την αντλία να δουλεύει, ο χρήστης κλείνει το σωλήνα εξόδου. Η σωλήνα αυτή πρέπει να είναι διάφανη και μεγάλη σε μήκος έτσι ώστε να φαίνονται τυχόν φυσαλίδες του αέρα στην ρητίνη. Τώρα ο χρήστης πρέπει να εξασφαλίσει ότι έχει καλό κενό στη σακούλα (με το μανόμετρο ή οπτικά). Ο χρήστης θα το διαπιστώσει με το πέρασ μίση ώρας τουλάχιστον.
9. Στην συνέχεια πρέπει να ετοιμαστεί η ρητίνη για την έγχυση στο καλούπι. Ο χρήστης πρέπει να διαβάσει τις αναλογίες που αντιστοιχούν στην εκάστοτε ρητίνη από τον κατασκευαστή της. Χρησιμοποιώντας ένα απλό ογκομετρικό δοχείο και μια ζυγαριά ακριβείας φτιάχνει την ρητίνη και προσπαθεί να την αναδεύσει προσεχτικά έτσι ώστε να μην έχει πάρα πολλές φυσαλίδες. Αυτές οι φυσαλίδες θα ρίξουν την ποιότητα και την αντοχή του τελικού προϊόντος καθώς επικάθονται ανάμεσα στα φύλλα του ανθρακονήματος.

10. Τοποθετείται στην άκρη της σωλήνας εισόδου μέσα στην ρητίνη, προσπαθώντας να αφαιρεθεί ο αέρας από το κομμάτι που δεν έχει κενό. Η άντληση της ρητίνης ξεκινά ξεμπλοκάροντας πρώτα την έξοδο και μετά την είσοδο έτσι ώστε να εισχωρήσει η ρητίνη στο καλούπι. Παρατηρώντας τον σωλήνα εξόδου (που όπως αναφέρθηκε είναι μεγάλος σε μήκος) τότε βγαίνει από το καλούπι μόνον σκέτη ρητίνη και όχι μείγμα φυσαλίδων και ρητίνης. Τότε μπλοκάρεται ο σωλήνας εξόδου έτσι ώστε να μην μπει η ρητίνη στην αντλία. Μπλοκάρεται επίσης και η σωλήνα εισόδου για να μην μπει αέρας και χαλάσει το προϊόν.

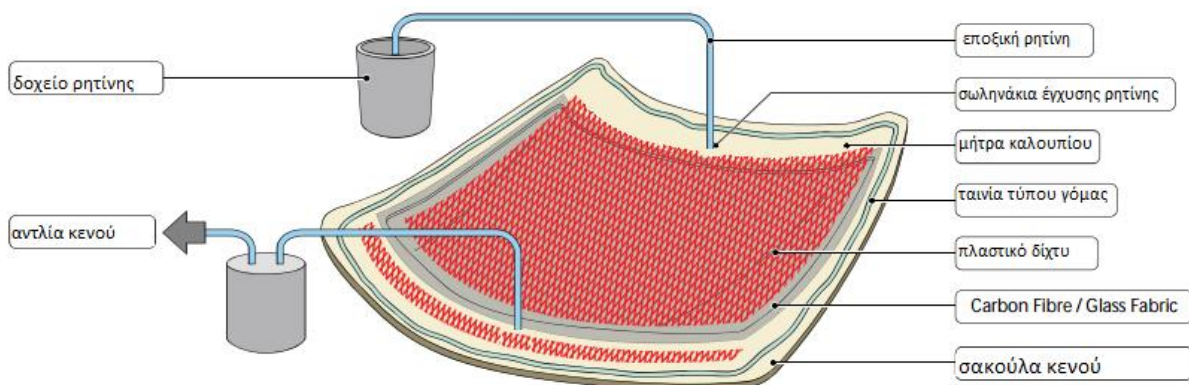
11. Η ρητίνη αφήνεται 24 ώρες να στεγνώσει. Στην συνέχεια αφαιρούνται σιγά σιγά όλοι οι σωλήνες, η πλαστική σακούλα , η ταινία διπλής όψεως και φαίνεται ότι έχει κολλήσει το βαμβακερό ύφασμα μαζί με το δίχτυ απάνω στο τελικό μας προϊόν.

12. Τέλος αφαιρείται το προϊόν από το καλούπι καθώς και το βαμβακερό ύφασμα(με προσοχή) και το δίχτυ σε λωρίδες. Ο χρήστης κόβει και τρίβει πολύ προσεκτικά τυχόν ατέλειες και το πλεονάζον υλικό που είχε αφήσει στο καλούπι.

Στην παρακάτω φωτο βλέπουμε μια τομή της παραπάνω διαδικασίας.



Σχήμα 9.1 : Τομή καλουπιού



Σχήμα 9.2 : Τρισδιάστατη απεικόνιση καλουπιού

Κεφάλαιο 10ο :Συμπεράσματα

Στη παρούσα πτυχιακή εργασία σχεδιάστηκε και κατασκευάστηκε ένα καλούπι για τη λαβή ενός μονοκόμματος ανθρακονημάτινου ψαροτούφεκου. Επίσης, έγινε ο σχεδιασμός (CAD/CAM) του κυρίως μέρους του ψαροτούφεκου.

Προβλήματα που αντιμετώπιστηκαν σχετιζόταν κυρίως η πολυπλοκότητα της γεωμετρίας:

A) Πρόβλημα με το Orientation στο πρόγραμμα Catalyst για την εκτύπωση των λαβών το οποίο μέχρι να ξεπεραστεί πέρασαν 2 εβδομάδες συνεχόμενων επανασχεδιασμών

B) Πρόβλημα με το αρχείο του Post Processor που χρησιμοποιείται στο εργαστήριο. Μετά από συνεννόηση με τον αντιπρόσωπο της εταιρείας, που κατασκευάζει τις μηχανές CNC του εργαστηρίου, το πρόβλημα ξεπεράστηκε μόλις σε 2 εβδομάδες και πλέον χρησιμοποιείται ο καινούριος Post Processor για να μην ξανά υπάρξουν παρόμοια προβλήματα.

Γ) Στο λογισμικό Vericut έγιναν πολλά διαφορετικά αρχεία κατεργασιών μέχρι να επιλεγεί το καλύτερο. Το πρόβλημα αυτό ξεπεράστηκε σχετικά γρήγορα μόλις σε μία εβδομάδα , μέχρι να κατασκευαστεί το πρώτο δοκιμαστικό κομμάτι.

Προτείνεται για την κατασκευή του κυρίως μέρους του ψαροτούφεκου η αγορά της προαιρετικής εντολής high speed machining, που ειδικεύεται στην κατεργασία καλουπιών (αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε σχεδόν όλες τις κατεργασίες που χρησιμοποιούν οποιαδήποτε εντολή κατεργασίας εσωτερικών επιφανειών) που μειώνει τον χρόνο κατασκευής κατά 50 %. Η εντολή αυτή κοστολογείται στα 1000 ευρώ.

Επομένως ο *Printer* είναι κατάλληλος μονό για κατασκευή φυσικών πρωτοτύπων, τα οποία μπορεί να κατασκευάσει σε πολύ μικρό χρονικό διάστημα σε σχέση με άλλες τεχνικές κατασκευής φυσικών πρωτοτύπων.

Ο συγκεκριμένος τρόπος κατασκευής και σχεδιασμού του καλουπιού ανέδειξε μερικά πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα.

Πλεονεκτήματα:

Μικρό βάρος-μικρη συντήρηση: το υλικό που χρησιμοποιήθηκε ήταν αλουμινιο για αυτον τον λογο

Μειονεκτήματα:

Υψηλό κόστος κατασκευής: το οποίο είναι της τάξης των 1220 ευρώ .

700 ευρώ τα ακατέργαστα κομμάτια των μεγάλων καλουπιών για το ψαροτούφεκο.

150 ευρώ τα ακατέργαστα κομμάτια των μικρών καλουπιών που κατεργάστηκαν

300 ευρώ το 3dtaster το οποίο πλέον χρησιμοποιείται στο εργαστήριο.

40 ευρώ 2 κοπτικά για τις ανάγκες των κατεργασιών.

30 ευρώ μια λαμαρίνα πάχους 10 χιλιοστών που προοριζόταν για βάση των μεγάλων ακατέργαστων

Μεγάλος όγκος: λόγω ότι τα καλούπια και το μέγεθος του ψαροτούφεκου ήταν μεγάλος

Μικρή αντοχή σε μηχανικές καταπονήσεις: καθώς οι μηχανικές ιδιότητες του αλουμινίου είναι τέτοιες που είναι πολύ όλκιμο.

Βιβλιογραφία-Αναφορές

1. **Injection mould design: An Introduction and Design Manual for the Thermoplastics Industry.** R.G.W. Pye and the Plastics and Rubber Institute. Fourth Edition by Longman Scientific & Technical, 1989.
2. **Τεχνολογία Κατασκευής Εργαλείων & Καλουπιών** – Τόμος Ι. Μ. Βούλγαρης Εκδοτικός Όμιλος “ΙΩΝ”, 1998.
3. **Αυτοματοποίηση Σχεδιασμού Προϊόντων CAD.** Έκθεση για το ερευνητικό πρόγραμμα Innoregio : Διάδοση Τεχνολογικών Ανάπτυξης Καινοτομίας Ν. Μπιλάλης. Πολυτεχνείο Κρήτης 2000.
- 4.**Pro/Moldesign and Pro/Casting Topic Collection.** Βοηθητικό (ηλεκτρονικό) έγγραφο της εταιρίας Parametric Technology Corporation (PTC). Έκδοση εγγράφου για το Pro/Engineer 2001.
5. **Fundamentals of Mold Design.** Βοηθητικό (ηλεκτρονικό) έγγραφο της εταιρίας Parametric Technology Corporation (PTC). Έκδοση εγγράφου για το Pro/Engineer 2000.
6. **Mold Base Library Catalog.** Βοηθητικό (ηλεκτρονικό) έγγραφο της εταιρίας Parametric Technology Corporation (PTC). Επανέκδοση εγγράφου 20 Ιανουαρίου 1997.
- 7.**Expert Mold Base Extension – Users Guide for Administrators.** Βοηθητικό (ηλεκτρονικό) έγγραφο της εταιρίας Parametric Technology Corporation (PTC). Release 4.0(for Pro/Engineer R 2001/Wildfire).
- 8.**Expert Mold Base Extension – Reference Guide for Administrators.** Βοηθητικό (ηλεκτρονικό) έγγραφο της εταιρίας Parametric Technology Corporation (PTC). Release 4.0(for Pro/Engineer R 2001/Wildfire).
- 9.**Expert Mold Base Extension – Design Exercises.** Βοηθητικό (ηλεκτρονικό) έγγραφο της εταιρίας Parametric Technology Corporation (PTC). Release 4.0(for Pro/Engineer R 2001/Wildfire).
- 10.**Expert Mold Base Extension – Release Notes.** Βοηθητικό (ηλεκτρονικό) έγγραφο της εταιρίας Parametric Technology Corporation (PTC). Release 4.0(for Pro/Engineer R 2001/Wildfire).
11. **Expert Moldbase Datasheet – Radical Productivity Gain for Mold Designers and Detailers.** Ενημερωτικό (ηλεκτρονικό) έγγραφο της εταιρίας Parametric Technology Corporation (PTC). Release 4.0(for Pro/Engineer R 2001/Wildfire).
12. **Pro/Plastic Advisor – Help Topics: Plastic Advisers.**Βοηθητικό (ηλεκτρονικό) έγγραφο της εταιρίας Parametric Technology Corporation (PTC). Release 4.0(for Pro/Engineer R 2001/Wildfire).
- 13.**Basic Moulding D. Cheshire And the Staffordshire University** Βοηθητικό (ηλεκτρονικό) έγγραφο.
14. **Introduction to Plastic Advisor D. Cheshire And the Staffordshire University** Βοηθητικό (ηλεκτρονικό) έγγραφο.
15. **Design Guide :** Performance and Value wth Engineering Plastics. DSM Engineering Plastics 2005.
16. **Guide to Resin Infusion** <http://www.carbonmods.co.uk/Downloads/carbon-mods-guide-to-resin-infusion.pdf>
17. **How To Do Perfect Vacuum Resin Infusion of a Carbon Fibre** <http://www.youtube.com/watch?v=VodfQcrXpxc>
18. **Molding Your Own Carbon Fiber Components** <http://www.hunterdog.org.au/GeneralInfo/Articles/MOLDING%20YOUR%20OWN%20CARBON%20FIBER%20COMPONENTS.pdf>