



**ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ
ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ
ΙΔΡΥΜΑ ΚΡΗΤΗΣ**

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ - ΗΡΑΚΛΕΙΟ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**Κατασκευή βραχίονα 3 Βαθμών Ελευθερίας για Ρομπότ
Θερμοκηπίου**



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ ΚΑΒΒΟΥΣΑΝΟΣ ΜΑΝΟΛΗΣ

ΑΝΑΠ.ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ

ΦΟΙΤΗΤΗΣ ΚΟΝΤΟΚΑΛΟΣ ΑΝΤΩΝΗΣ Α.Μ. 4338

Σκοπός εργασίας

Η εργασία αυτή είναι ένα κομμάτι ενός μεγαλύτερου project του εργαστηρίου ρομποτικής του τμήματος μηχανολογίας του Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης. Ο σκοπός της είναι η κατασκευή ρομποτικού βραχίονα για το ρομπότ του θερμοκηπίου. Η μελέτη έχει πραγματοποιηθεί από τον ΠΟΛΥΓΕΡΙΝΟ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ με χρήση του προγράμματος CAD Autodesk Inventor 2010.

Η κατασκευή πραγματοποιήθηκε στην CNC φρέζα HAAS VF-2 4- αξόνων του εργαστηρίου. Για αρχή έπρεπε να βρεθεί ο τρόπος λειτουργίας της. Στη συνέχεια να υπάρξει σωστός τρόπος επικοινωνίας της μηχανής με το πρόγραμμα CREO το οποίο ήταν το υπεύθυνο πρόγραμμα για την παράγωγη με τη βοήθεια υπολογιστή (CAM). Για να γίνουν με ασφάλεια και χωρίς κίνδυνο να προκληθούν ζημιές χρησιμοποιήθηκε ο εκπαιδευτικός Controller της μηχανής που βρίσκεται στο εργαστήριο. Επίσης χρειάστηκε να πραγματοποιηθεί μελέτη σε θεωρία σχετικά με τις μηχανουργικές κατεργασίες και ιδιαίτερα του φρεζαρίσματος. Εφόσον έγινε κατανοητός ο έλεγχος της μηχανής πραγματοποιήθηκαν πειράματα πάνω σε δοκίμια ώστε να υπάρξει κάποια σχετική πρακτική εμπειρία πάνω στις μηχανουργικές κατεργασίες, και εξοικείωση με το χειρισμό της μηχανής. Για τις ανάγκες της εργασίας έπρεπε να γίνει μεταφορά σχεδίων στο CAD/CAM πρόγραμμα CREO της PTC και αυτό γιατί το Autodesk Inventor δεν υποστηρίζει CAM. Στο CREO έλαβαν χώρα και οι αναγκαίες μετατροπές και διορθώσεις στα σχέδια ώστε να γίνει εφικτή η επεξεργασία και η κατασκευή των κομματιών του βραχίονα. Στη συνέχεια κοπήκαν τα πολυπλοκότερα κομμάτια του βραχίονα σε πλαστικό (Ertalon) και υπό κλίμακα ώστε να βρεθούν τυχόν προβλήματα που μπορεί να συναντηθούν στις κατεργασίες και να βρεθεί λύση τους. Έπειτα έγινε μια μελέτη σχετικά με το τι εργαλεία, εξαρτήματα, αναλώσιμα και ακατέργαστο υλικό θα χρειαζόμασταν ώστε να δούμε τι υπάρχει στο εργαστήριο και τι χρειαζόταν να προμηθευτούμε. Τέλος και αφού είχαν γίνει τα παραπάνω ξεκίνησε η κοπή των κομματιών σε αλουμίνιο και η μετέπειτα επεξεργασία τους.

Περιεχόμενα

Κεφάλαιο πρώτο: Ρομπότ και ρομπότ στη γεωργία	4
1.1.1 Ορισμός	4
1.1.2 Ρομποτική	5
1.1.3 Σκοπός και εφαρμογές των ρομπότ	6
1.1.4 Είδη ρομπότ	7
1.1.5 Ρομποτικός βραχίονας	11
1.2 Ρομπότ στη γεωργία.....	16
1.2.1 Εισαγωγή	16
1.2.2 Χρήσεις γεωργικών ρομπότ.....	18
1.2.3 Αναφορά σε παραδείγματα αγροτικών ρομπότ.....	20
Κεφάλαιο Δεύτερο: Συστήματα CAD/CAM/CNC μηχανών	25
2.1 Εισαγωγή.....	25
2.2 Συστήματα CAD	25
2.3 Συστήματα CAM.....	29
2.4 Autodesk Inventor	32
2.5 PTC Pro Engineer CREO Elements	36
2.6 Ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συστημάτων CAD	43
2.7 CNC Εργαλειομηχανές	45
Κεφάλαιο Τρίτο: Κατασκευή ρομποτικού βραχίονα.....	56
3.1 Σχετικά με το ρομπότ.....	56
3.2.1 Κατηγορίες Φρεζαρίσματος, Κοπτικών Εργαλείων και Επιλογή Κατά το Επιτραπέζιο Φρεζάρισμα	62
3.3 Βραχίονας και τα επιμέρους κομμάτια του.....	74
Επίλογος.....	91
ΒΙΒΛΙΟΦΡΑΦΙΑ.....	92

Κεφάλαιο πρώτο: Ρομπότ και ρομπότ στη γεωργία



Hortibot Aarhus University

1.1.1 Ορισμός

Ο όρος "ρομπότ" προέρχεται από τη λογοτεχνία από τον Karel Čapek στο έργο του "R.U.R." (Rossum's Universal Robots), η οποία στις αρχές του 20^{ου} αιώνα, χαρακτηρίζει τα μηχανήματα που είναι προφανώς σε θέση να εργάζονται ανεξάρτητα από τον ανθρώπινο έλεγχο. Σε πολλές σύγχρονες σλαβικές γλώσσες χρησιμοποιείται σαν έκφραση της καθημερινότητας με την έννοια της σκληρής δουλειάς (αντίστοιχο του χαμαλίκι).

Σήμερα δεν υπάρχει ενιαία αποδεκτός ορισμός του «ρομπότ», αν και ο Διεθνής Οργανισμός Τυποποίησης (ISO) 9001 τα ορίζει ως «ένα αυτόματα ελεγχόμενο, επαναπρογραμματιζόμενο, πολλαπλών χρήσεων, βραχίονα προγραμματιζόμενο σε τρεις ή περισσότερους άξονες, που μπορεί να είναι είτε σταθερό στη θέση του ή κινητό για χρήση σε βιομηχανικές εφαρμογές αυτοματισμού» και το λεξικό Webster ως «μια συσκευή που εκτελεί λειτουργίες που συνήθως αποδίδονται σε ανθρώπους ή μια μηχανή με ανθρώπινο σχήμα».

Ο πρώτος ορισμός αποτέλεσε την κινητήρια δύναμη για την ανάπτυξη ρομποτικών συστημάτων, καθώς και συστημάτων αυτοματισμού που συναντάμε σε χώρους βιομηχανικής παράγωγης.

Ο δεύτερος ορισμός αποτελεί το υπόβαθρο για την ανάπτυξη ευφών και αυτόνομων ρομπότ, συστημάτων δηλαδή που δεν εκτελούν μια αλληλουχία προγραμματισμένων

κινήσεων, αλλά μηχανών που είναι σε θέση να παίρνουν αποφάσεις και να αυτενεργούν, να μαθαίνουν και γενικά να επιτελούν εκείνες τις λειτουργίες που κατά κανόνα αποδίδουμε στην ανθρωπινή φύση. Τέτοια ρομπότ ολοένα και περισσότερο σχεδιάζονται για εφαρμογές εκτός της βιομηχανίας. Αυτά πρέπει να έχουν τη δυνατότητα να συλλέγουν πληροφορίες από το περιβάλλον τους και να προσαρμόσουν τις δράσεις τους σύμφωνα με αυτές τις πληροφορίες.

Για να μπορεί λοιπόν να θεωρηθεί ένα μηχάνημα ρομπότ, θα πρέπει να έχει την ικανότητα να λειτουργεί αυτόματα, και αυτόνομα. Αυτό σημαίνει ότι πρέπει να υπάρχει ενσωματωμένη ευφυΐα, ή προγραμματιζόμενη μνήμη, ή απλά μια διάταξη ρυθμιζόμενων μηχανισμών που ελέγχουν τους χειρισμούς.

1.1.2 Ρομποτική

Η ρομποτική ανήκει στον ευέλικτο αυτοματισμό και είναι μια τεχνολογία με μέλλον και για το μέλλον. Η ιστορική αρχή της ανιχνεύεται στο «αυτόματο ρολόι νερού» του Έλληνα μηχανικού Κτησίβιου (~300 π.χ.) και το μηχανισμό «αυτομάτου ανοίγματος – κλεισίματος θυρών» του Ηρώνα της Αλεξάνδρειας (~50μ.Χ).

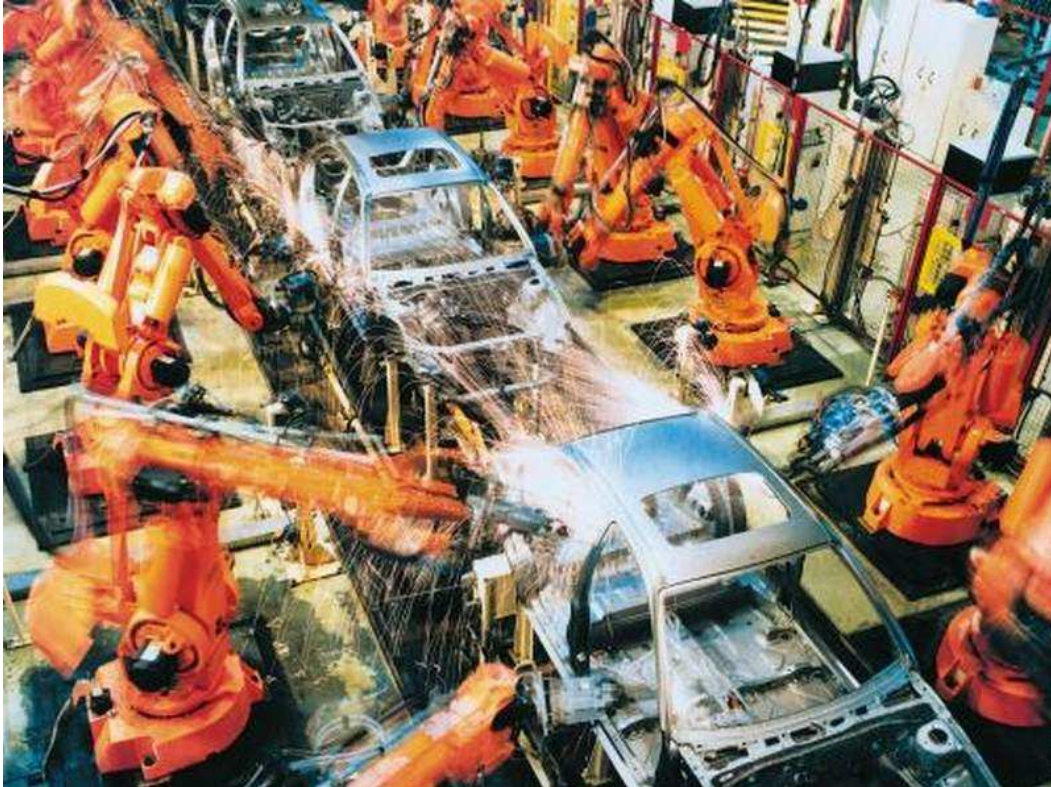
Η ρομποτική αποτελεί αυτοδύναμο τεχνολογικό κλάδο. Η ανάπτυξη της ξεκίνησε με τον εμπλουτισμό των χωρικών μηχανισμών με επενεργητές και αργότερα με αισθητήρες και "εγκέφαλο" (συνήθως ηλεκτρονικός υπολογιστής(H-Y)). Ο "εγκέφαλος" αξιοποιεί τις πληροφορίες των αισθητήρων για να δώσει κατάλληλες εντολές στους επενεργητές, ώστε ο χωρικός μηχανισμός να εκτελέσει επιθυμητές εργασίες. Η έρευνα στην περιοχή της ρομποτικής εκτείνεται κυρίως σε τρεις κατευθύνσεις.

Η πρώτη αφορά στην εφαρμογή ή/και την ανάπτυξη τεχνικών ελέγχου για την βελτίωση της απόδοσης των ρομπότ. Η δεύτερη, αφορά στην εφαρμογή και την ανάπτυξη λογισμικού για τη διαχείριση των εργασιών των ρομπότ. Η τρίτη αφορά τη σχεδίαση υλικού υπολογιστών για την εκτέλεση του λογισμικού και την καλύτερη επικοινωνία με τους αισθητήρες και τους επενεργητές των ρομπότ.

Είναι γεγονός ότι η ρομποτική ωφελείται από τις εξελίξεις σε αρκετούς παραδοσιακούς κλάδους, όπως είναι η ηλεκτρολογία, η μηχανολογία και τα μαθηματικά. Με τη σειρά τους οι κλάδοι αυτοί ωφελούνται από την εξέλιξη της ρομποτικής. Η έρευνα στην περιοχή της ρομποτικής παρουσιάζει τα τελευταία χρόνια εξαιρετική ανάπτυξη. Ειδικότερα, είναι σημαντικό να αναφερθούν οι ερευνητικές δραστηριότητες με στόχο την ανάπτυξη εξελιγμένων αλγορίθμων ελέγχου, καθώς και οι δραστηριότητες που σχετίζονται με την εξέλιξη συστημάτων Τεχνητής Νοημοσύνης.

Με μια πρόταση δηλαδή μπορούμε να ορίσουμε τη ρομποτική μια «διεπιστημονική περιοχή» που συνδυάζει τη φυσική, την ηλεκτρολογία, τη μηχανολογία, την

πληροφορική, τις τηλεπικοινωνίες, τη θεωρία συστημάτων, τον αυτόματο έλεγχο, την τεχνητή νοημοσύνη, την τεχνολογία των αισθητήριων διατάξεων (δύναμης, αφής, όρασης, κλπ), την εικονική πραγματικότητα, την επεξεργασία σήματος, την υπολογιστική όραση και την τεχνητή ζωή.



Ρομποτικοί βραχίονες σε γραμμή παράγωγης αυτοκινητοβιομηχανίας

1.1.3 Σκοπός και εφαρμογές των ρομπότ

Τα σημερινά ρομπότ έχουν τις υπολογιστικές ικανότητες του εγκεφάλου ενός εντόμου. Με βάση το γεγονός ότι η ισχύς των υπολογιστών διπλασιάζεται κάθε δεκαοκτώ μήνες περίπου, τα ρομπότ θα προσεγγίσουν τη νοημοσύνη των ζώων και, στη συνέχεια, αυτήν του ανθρώπου πολύ γρήγορα. Η ανεξέλεγκτη δύναμη των μηχανών έχει απασχολήσει τον άνθρωπο από πολύ παλιά και συνεχίζει να τον απασχολεί μέχρι σήμερα. Πολυάριθμες ταινίες και βιβλία αναφέρονται σε σενάρια καταστροφής του ανθρωπίνου γένους από υπέρ-εξελιγμένες μηχανές και συστήματα Τεχνητής Νοημοσύνης. Ας είμαστε όμως ρεαλιστές.

Σκοπός της ρομποτικής είναι να βοηθήσει τον άνθρωπο και μέχρι στιγμής δείχνει να τα καταφέρνει μια χαρά. Η ρομποτική σήμερα έχει εφαρμογές στην πλειονότητα των βιομηχανιών και βιοτεχνιών, όπως στις βιομηχανίες τσιμέντου, τις βιομηχανίες αυτοκινήτων, βιοτεχνίες μεταλλικών κατασκευών, αυτοκινητοβιομηχανία, βιοτεχνίες ενδυμάτων, κλπ.).

Ενδεικτικά αναφέρονται οι ακόλουθες εφαρμογές: μεταφορά υλικών, ταξινόμηση αποθηκών, συναρμολόγηση συσκευών και μηχανισμών, συγκόλληση μεταλλικών κατασκευών, συγκόλληση ηλεκτρικών στοιχείων, βαφή, εκσκαφή, υποθαλάσσιες εργασίες, εργασίες σε ραδιενεργό και γενικά επικίνδυνο περιβάλλον, μικροχειρουργική, ιατρική κτλ. Ρομπότ επίσης με την ευρεία έννοια μπορούν να θεωρηθούν και τα αυτοματοποιημένα διαστημόπλοια (μη επανδρωμένα), που χρησιμοποιούνται για διαστημικές έρευνες, καθώς και ειδικές κατασκευές όπως π.χ. η σοβιετική σεληνάκατος "Λουνοχόντ-1", η οποία καθοδηγούνταν με ασύρματο από τη Γη.

Τέλος, σε πειραματική και όχι εμπορική βάση έχουν κατασκευαστεί οικιακά ρομπότ που καθαρίζουν το σπίτι, σερβίρουν ποτά ή "παίζουν" με τα παιδιά. Όσον αφορά την σχέση ρομπότ και βιομηχανίας, τα ρομπότ αποτελούν το χαρακτηριστικότερο παράδειγμα συσκευής αυτοματισμού ευρείας χρήσης.

Το κύριο πλεονέκτημα του ρομπότ είναι η ευελιξία του. Μπορεί να προσαρμοστεί σε διάφορα προϊόντα στην ίδια γραμμή παραγωγής, όπως απαιτούν οι αλλαγές της αγοράς και να επαναπρογραμματισθεί έτσι ώστε να είναι κατάλληλο για μικρές ή μεγάλες μεταβολές του παραγόμενου προϊόντος. Έτσι προσφέρει στη βιομηχανία μαζικής παραγωγής ένα τρόπο να αντιμετωπίζει τις μεταβολές της απαιτούμενης ποσότητας ή του τύπου του προϊόντος που παράγεται. Στη βιομηχανία μικρής κλίμακας προσφέρει την ευκαιρία ή τη δυνατότητα ενός μεγάλου άλματος στην παραγωγικότητα, ενώ συνεχίζει να παράγει σε μικρές ποσότητες, έτσι ώστε να μπορεί σε μερικές περιπτώσεις να ανταγωνιστεί μεγαλύτερες βιομηχανίες.

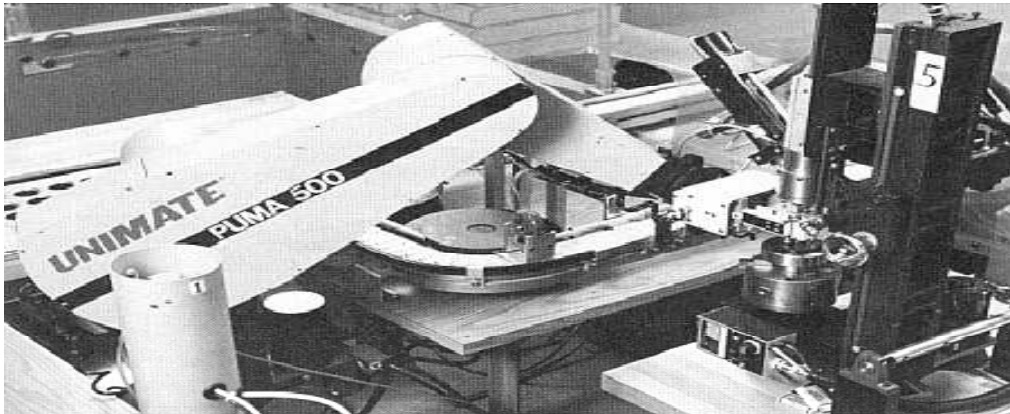
Οι εργαλειομηχανές με CNC (Computer Numerical Control) αποτελούν ειδικές μορφές ρομποτικών συστημάτων. Ο αριθμός των ρομπότ που χρησιμοποιούνται σε παραγωγικές μονάδες παγκοσμίως αυξάνεται εκθετικά. Το μεγαλύτερο μέρος από αυτά είναι βιομηχανικά ρομπότ. Ένα μικρότερο αλλά σημαντικό τμήμα καταλαμβάνουν τα ρομπότ για στρατιωτικές εφαρμογές και τα κινητά ή κινούμενα ρομπότ (mobile robots) τα οποία ολοένα και αυξάνουν τη διείσδυση τους σε κάθε μορφής εργοτάξια.

1.1.4 Είδη ρομπότ

Κατά την πολυετή εξέλιξη της επιστήμης της ρομποτικής προέκυψαν διάφορα είδη ρομποτικών μηχανισμών, οι οποίοι διαφέρουν σημαντικά στη μορφή, αποτελούνται όμως από αντίστοιχα επιμέρους υποσυστήματα.

- Ρομπότ Σταθερής Βάσης: τα ρομπότ αυτά αποτελούνται από διαδοχικά στερεά σώματα (σύνδεσμοι) που συνδέονται μέσω αρθρώσεων σχηματίζοντας μία κινηματική αλυσίδα. Η αλυσίδα αυτή έχει το ένα άκρο της (βάση) σταθερά συνδεδεμένο με κάποιο σημείο του περιβάλλοντος χώρου. Η μορφή αυτή ρομπότ

είναι η παραδοσιακή μορφή ενός βιομηχανικού ρομποτικού βραχίονα, και περιλαμβάνει το βραχίονα, τον καρπό και το εργαλείο.



Βιομηχανικός ρομποτικός βραχίονας

- **Κινούμενα Ρομπότ:** ως κινητά ρομπότ χαρακτηρίζονται όλα εκείνα τα ρομπότ που έχουν τη δυνατότητα να μετακινήσουν όλα τα σημεία του μηχανισμού τους. Η δυνατότητα αυτή προσφέρεται από ειδικά συστήματα προώθησης, τα οποία μπορεί να είναι είτε απλά (όπως τροχοί) είτε πολύπλοκα (όπως jet, προπέλες, μηχανικά πόδια). Τα κινούμενα ρομπότ διακρίνονται σε επιμέρους κατηγορίες ανάλογα με το βαθμό αυτονομίας τους. Έτσι έχουμε:
- **AGVs:** τα AGVs (Automatic Guided Vehicles) έχουν περιορισμένη αυτονομία κίνησης, δεδομένου ότι η τροχιά τους είναι προκαθορισμένη μέσω καλωδίων στο έδαφος ή πομπών στον περιβάλλοντα χώρο.



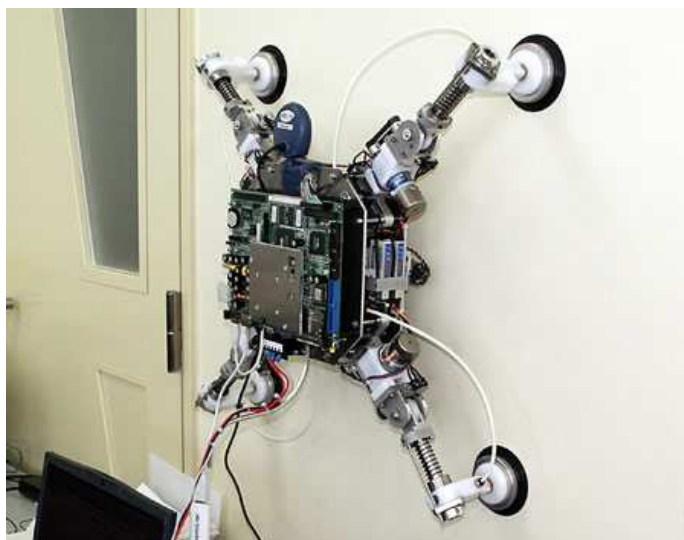
Αυτόματο αυτοκινούμενο βαγόνι μεταφοράς

- **Αυτόνομα Έντροχα Ρομπότ:** τα ρομπότ αυτά λειτουργούν με αρκετά υψηλό βαθμό αυτονομίας. Πιο συγκεκριμένα μπορούν και λειτουργούν χωρίς συνεχή εξωτερική επίβλεψη και είναι ικανά να εκτελούν εργασίες αυτόνομα δεχόμενα μόνο ορισμένες υψηλού επιπέδου εντολές.



Έντροχο ρομπότ

- **Βαδίζοντα Ρομπότ:** τα ρομπότ αυτά χρησιμοποιούν μηχανικά πόδια για την κίνησή τους και όχι συμβατικούς τροχούς όπως στις προηγούμενες δύο κατηγορίες. Τα κυριότερα πλεονεκτήματα της συγκεκριμένης υλοποίησης είναι η μεγάλη δυνατότητα αποφυγής εμποδίων και η ικανότητα αναρρίχησης σε ανώμαλα εδάφη και μη επίπεδες επιφάνειες. Από τα πιο συνηθισμένα ρομπότ αυτής της κατηγορίας είναι τα δίποδα ενώ δεν αποκλείονται και εφαρμογές με περισσότερα από δύο πόδια, π.χ. ρομπότ που μοιάζουν και κινούνται όπως οι αράχνες.



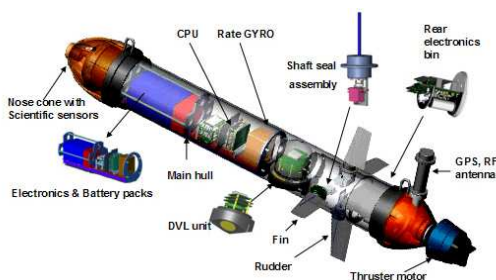
Αναρριχόμενο βαδίζον ρομπότ

- ROVs: τα ROVs (Remotely Operated Vehicles) ανήκουν στην κατηγορία των μη επανδρωμένων υποβρυχίων ρομπότ. Όπως υποδηλώνει το όνομά τους δεν έχουν μεγάλο βαθμό αυτονομίας, μιας και είναι συνδεδεμένα με το μητρικό πλοίο μέσω καλωδίου, το οποίο και καλύπτει τις ανάγκες του ρομπότ σε ενέργεια και επικοινωνίες. Τα ρομπότ αυτού του τύπου έχουν σχήμα κουτιού και κινούνται γενικά σε χαμηλές ταχύτητες.



Υποβρύγιο μη επανδρωμένο ρομπότ

- AUVs: τα AUVs (Autonomous Underwater Vehicles), αντίθετα με τα ROVs, είναι πλήρως αυτόνομα και κατά συνέπεια δεν έχουν την ανάγκη καλωδίου. Για τις ανάγκες τροφοδοσίας (ενέργεια) χρησιμοποιούνται ειδικές μπαταρίες, κάτι όμως που θέτει και περιορισμούς στη λειτουργία των ρομπότ αυτών. Τα AUVs έχουν σχήμα τορπιλών και μπορούν να κινούνται με αρκετά μεγάλες ταχύτητες.



Μέρη αυτόνομου υποβρυχίου ρομπότ.



Αυτόνομο υποβρύγιο ρομπότ

- Εναέρια ρομπότ: πρόκειται για μη επανδρωμένα ιπτάμενα ρομπότ, όπως ελικόπτερα και αεροπλάνα. Τα ρομπότ αυτά έχουν διαρκώς αυξανόμενες εφαρμογές, όμως εξαιτίας της μειωμένης ακόμα σταθερότητας και ασφάλειας στη συμπεριφορά τους χρησιμοποιούνται για στρατιωτικούς κυρίως σκοπούς.



Εναεριο ρομποτ από τη NASA

1.1.5 Ρομποτικός βραχίονας

Ο (μηχανικός) βραχίονας του ρομπότ περιέχει το κυρίως σώμα και τον καρπό που έχει στο τέλος του το εργαλείο (τελικό στοιχείο δράσης). Το εργαλείο μπορεί να είναι μια κεφαλή συγκόλλησης, ένα πιστόλι χρωματίσματος, ένα μηχανικό εργαλείο ή ένας πιαστήρας (αρπάγη) που ανοιγοκλείνει κατάλληλα, ανάλογα με την εφαρμογή στην οποία πρόκειται να χρησιμοποιηθεί το ρομπότ.

Επειδή όλα τα εργαλεία στερεώνονται στο τέλος των ρομπότ γι' αυτό λέγονται και "τελικά στοιχεία δράσης". Το κυρίως σώμα του ρομποτικού βραχίονα αποτελείται από τη βάση, τις αρθρώσεις και τους συνδέσμους. Η βάση είναι στερεωμένη στο περιβάλλον εργασίας του ρομπότ.

Η βάση συνδέεται με ζεύγη αρθρώσεων και συνδέσμων τα οποία αποτελούν στην ουσία μια αλυσίδα αρθρώσεων – συνδέσμων. Στο τέλος της αλυσίδας αυτής βρίσκεται το εργαλείο τελικής δράσης. Οι σύνδεσμοι είναι στερεά σώματα, που αποτελούν το σκελετό του ρομπότ. Οι αρθρώσεις είναι μηχανισμοί που επιτρέπουν τη σχετική κίνηση μεταξύ των συνδέσμων. Το εργαλείο τελικής δράσης είναι το εργαλείο με το οποίο το ρομπότ εκτελεί εργασίες.

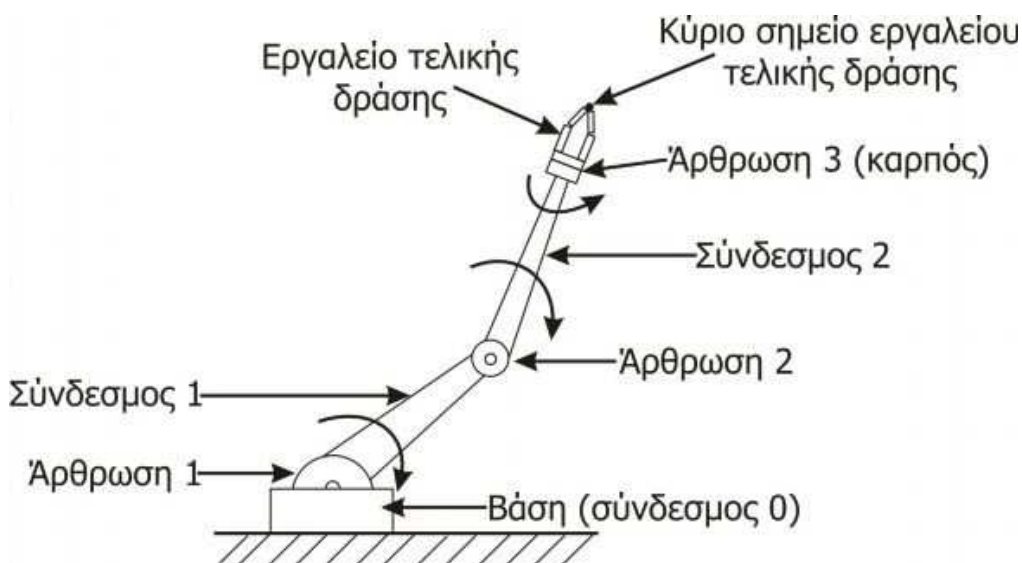
Ανάλογα με την εργασία που θα εκτελέσει ο ρομποτικός βραχίονας, προσαρμόζονται σε αυτόν διάφορα εργαλεία τελικής δράσης. Το πιο σύνηθες εργαλείο τελικής δράσης είναι η αρπάγη.



Αρπάγη

Είναι σημαντικό να σημειωθεί ότι συχνά το εργαλείο τελικής δράσης είναι πακτωμένο σε μεταλλική βάση που απολήγει συνήθως σε κοχλία, ο οποίος προσαρμόζεται στην τελευταία άρθρωση του ρομποτικού βραχίονα. Το εργαλείο τελικής δράσης μαζί με τη βάση στήριξής του σχηματίζουν ενιαίο στερεό σώμα που αποτελεί τον τελευταίο σύνδεσμο του ρομποτικού βραχίονα.

Σε πολλές εφαρμογές υπάρχει ένα σημείο του εργαλείου τελικής δράσης, όπως, για παράδειγμα, η μύτη σε ένα κατσαβίδι ή το σημείο ένωσης των δακτύλων μιας αρπάγης, η θέση του οποίου είναι σημαντική για την αποτελεσματική εκτέλεση της εργασίας του ρομποτικού βραχίονα. Το σημείο αυτό ονομάζεται κύριο σημείο του εργαλείου τελικής δράσης. Είναι προφανές ότι η θέση του κύριου σημείου του εργαλείου τελικής δράσης μπορεί να μεταβάλλεται ανάλογα με την εφαρμογή που εκτελεί ο ρομποτικός βραχίονας. Οι σύνδεσμοι καθώς και οι αρθρώσεις αριθμούνται από τη βάση προς το εργαλείο τελικής δράσης. Ενδεικτική απεικόνιση ρομποτικού βραχίονα (βάση, αρθρώσεις, σύνδεσμοι, εργαλείο τελικής δράσης σε μορφή αρπάγης, κύριο σημείο του εργαλείου τελικής δράσης) δίνεται στο παρακάτω σχήμα.



Στοιχεία ρομποτικού βραχίονα

Χώρος Εργασίας

Ως χώρος εργασίας ορίζεται ο τρισδιάστατος χώρος τον οποίο μπορεί να σαρώσει η άκρη του ρομποτικού μηχανισμού. Το μέγεθος και η γεωμετρική μορφή του χώρου αυτού εξαρτώνται από την κατασκευαστική δομή του ρομπότ, κάτι που θα γίνει φανερό και στη συνέχεια.

Ωφέλιμο Φορτίο – Επαναληψιμότητα – Ακρίβεια

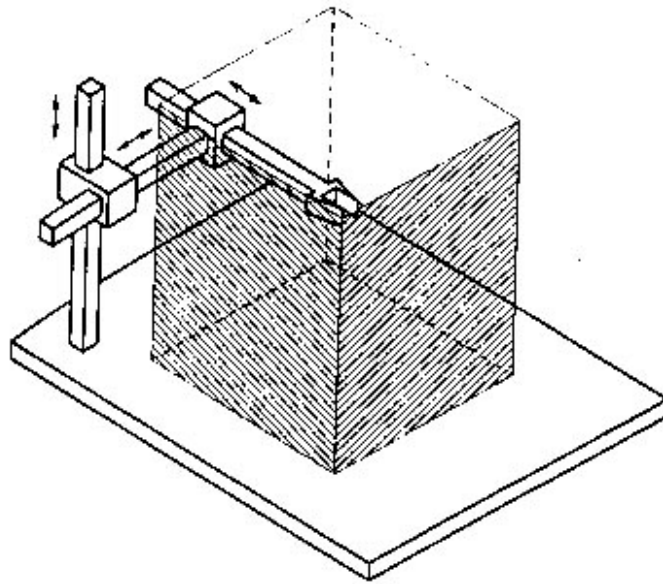
Από τα πιο σημαντικά μεγέθη ενός βιομηχανικού βραχίονα είναι το ωφέλιμο φορτίο, η επαναληψιμότητα και η ακρίβεια. Πιο συγκεκριμένα τα παραπάνω μεγέθη αναφέρονται στα εξής:

- **Ωφέλιμο Φορτίο:** είναι το βάρος που μπορεί να μεταφέρει το άκρο του βραχίονα. Ως σημείο εφαρμογής του βάρους θεωρείται η φλάντζα του καρπού. Το προδιαγραφόμενο αυτό φορτίο δεν είναι σταθερό και εξαρτάται από την ταχύτητα με την οποία πρόκειται να κινηθεί ο καρπός.
- **Επαναληψιμότητα:** εκφράζει τη δυνατότητα του βραχίονα να γυρίσει στο ίδιο σημείο μετά από αρκετές επαναλήψεις και δίνεται ως εύρος μέσα στο οποίο ο βραχίονας θα τερματίσει την κίνηση. Η απόκλιση οφείλεται στο ότι κατά τη λειτουργία του το ρομπότ είναι δυνατό να χάσει λίγο από τη μέτρηση της θέσης με αποτέλεσμα να μη μπορεί να επιστρέψει στη συγκεκριμένη θέση μετά από ορισμένους κύκλους λειτουργίας. Δεδομένου ότι στις συνήθεις βιομηχανικές εφαρμογές οι επιθυμητές κινήσεις διδάσκονται στο ρομπότ, αντιλαμβάνεται κανείς τη σπουδαιότητα της επαναληψιμότητας.
- **Ακρίβεια:** είναι η ικανότητα του ρομπότ να πηγαίνει ακριβώς στη θέση που του έχει δοθεί εντολή να πάει. Η ακρίβεια εξαρτάται κυρίως από τη διακριτικότητα των εξαρτημάτων ελέγχου, τη μηχανολογική σύνδεση των μελών του και το ελάχιστο επιτρεπόμενο σφάλμα που επιβάλλει η ευστάθεια της λειτουργίας των σέρβο. Η ακρίβεια επηρεάζεται από το είδος και το μέγεθος του εκάστοτε φορτίου, σε αντίθεση με την επαναληψιμότητα, γι' αυτό και ορισμένοι κατασκευαστές προδιαγράφουν μόνο την τελευταία.

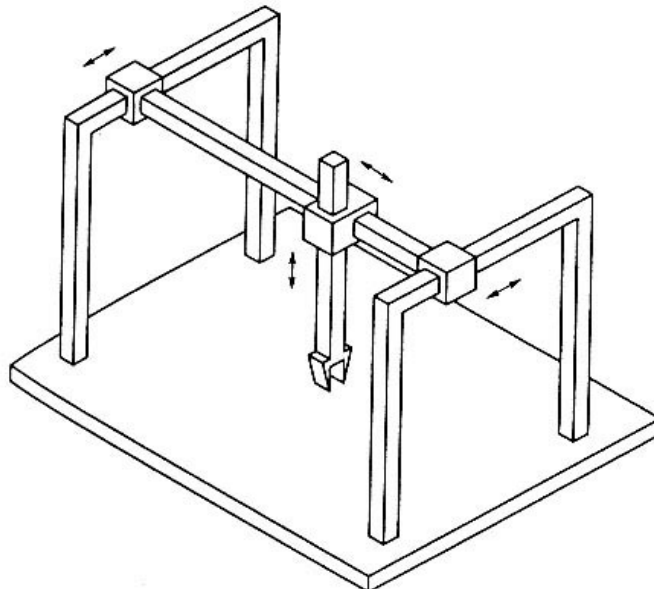
Ταξινόμηση Βραχιόνων βάσει της Γεωμετρικής Διαμόρφωσής τους

Ο τύπος και η διαδοχή των αρθρώσεων ενός βραχίονα επιτρέπει την ταξινόμηση των ρομπότ σε διάφορες κατηγορίες, οι οποίες αναφέρονται παρακάτω. Οι αρθρώσεις που μας απασχολούν στο σημείο αυτό είναι οι τρεις πρώτες του βραχίονα και κατά συνέπεια εξαιρούνται οι αρθρώσεις του καρπού. Θα έχουμε λοιπόν τα εξής:

- **Καρτεσιανοί Βραχίονες:** η καρτεσιανή γεωμετρία υλοποιείται με τρεις διαδοχικές πρισματικές αρθρώσεις. Οι άξονες των αρθρώσεων αυτών είναι ανά δύο κάθετοι μεταξύ τους. Η καρτεσιανή δομή παρέχει μεγάλη δυσκαμψία και σταθερή ακρίβεια σε ολόκληρο το χώρο εργασίας που είναι ένα παραλληλεπίπεδο. Βασικό μειονέκτημα της κατασκευής είναι η μειωμένη επιδεξιότητα κίνησης, λόγω της πρισματικής φύσης των αρθρώσεων.

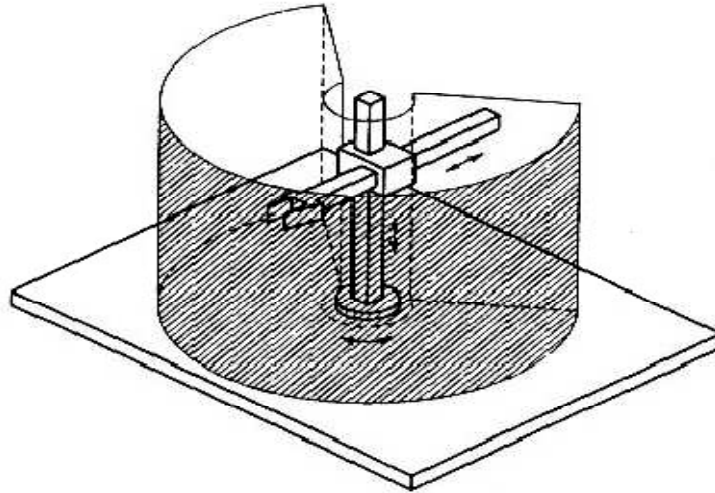


- Βραχίονες Gantry: οι βραχίονες Gantry είναι στην ουσία καρτεσιανοί, διαφέρουν όμως από τους τελευταίους στον τρόπο προσέγγισης του αντικείμενου ενδιαφέροντος. Ειδικότερα ο βραχίονας Gantry προσεγγίζει το αντικείμενο από πάνω, τη στιγμή που ένας κλασικός καρτεσιανός βραχίονας προσεγγίζει το αντικείμενο από το πλάι. Άμεσες συνέπειες της διαφοροποίησης αυτής είναι η αύξηση του χώρου εργασίας και της δυσκαμψίας, καθώς επίσης και η δυνατότητα χειρισμού μεγάλων και βαριών αντικειμένων.

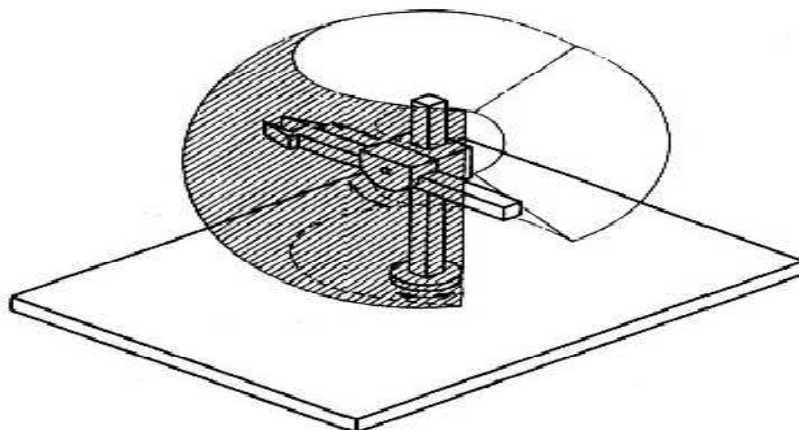


- Κυλινδρικοί Βραχίονες: στους κυλινδρικούς βραχίονες η πρώτη πρισματική άρθρωση της καρτεσιανής δομής έχει αντικατασταθεί από μία περιστροφική άρθρωση. Οι συγκεκριμένοι βραχίονες χαρακτηρίζονται από καλή δυσκαμψία, όμως η ακρίβεια της θέσης του καρπού μειώνεται καθώς η

οριζόντια μετατόπιση αυξάνεται. Ο χώρος εργασίας στην περίπτωση αυτή είναι τμήμα κυλίνδρου. Σημαντικό μειονέκτημα της συγκεκριμένης γεωμετρίας είναι το ότι ο βραχίονας εισέρχεται στο χώρο εργασίας και τον περιορίζει.

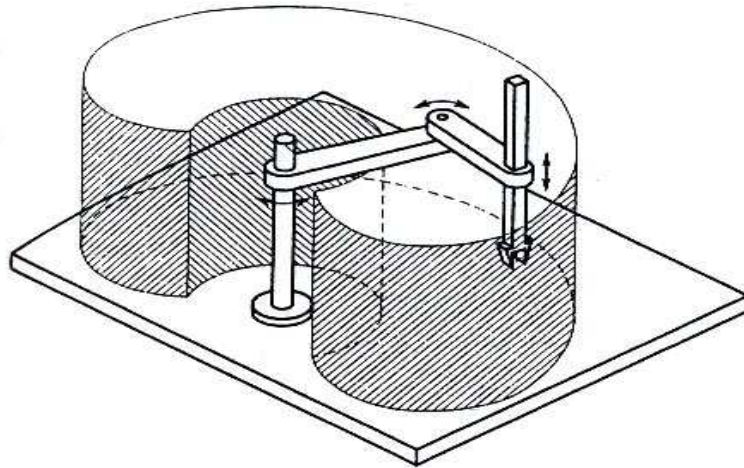


- Σφαιρικοί Βραχίονες: στους βραχίονες αυτούς αντικαθίσταται πλέον και η δεύτερη πρισματική άρθρωση της καρτεσιανής δομής με περιστροφική. Η μηχανολογική πολυπλοκότητα αυξάνει, ενώ η δυσκαμψία μειώνεται. Επιπλέον η ακρίβεια του καρπού μειώνεται με την αύξηση της ακτινικής απόστασης. Ο χώρος εργασίας είναι τμήμα σφαίρας και περιέχει ένα μέρος της βάσης με άμεση συνέπεια τη δυνατότητα χειρισμού αντικειμένων που βρίσκονται στο έδαφος.

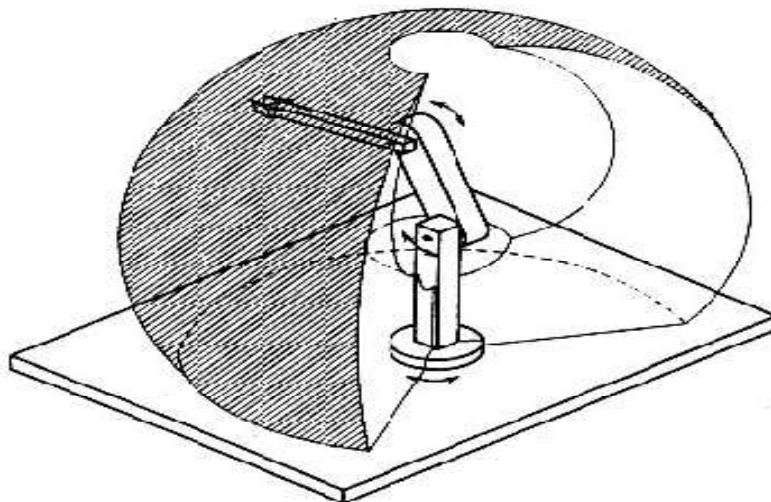


- Βραχίονες SCARA: η γεωμετρία SCARA είναι ειδική και περιλαμβάνει δύο περιστροφικές και μία πρισματική άρθρωση τοποθετημένες κατά τέτοιο τρόπο ώστε οι άξονες κίνησης να είναι παράλληλοι μεταξύ τους. Το όνομα SCARA

προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Selective Compliance Assembly Robot Arm. Η συγκεκριμένη γεωμετρία παρέχει μεγάλη δυσκαμψία σε κατακόρυφη φόρτιση και ελαστικότητα σε οριζόντια. Η ακρίβεια τοποθέτησης του καρπού μειώνεται με την αύξηση της απόστασής του από τον άξονα της πρώτης άρθρωσης.



- Ανθρωπομορφικοί Βραχίονες: η ανθρωπομορφική γεωμετρία υλοποιείται με τρεις διαδοχικές περιστροφικές αρθρώσεις. Ειδικότερα, ο άξονας περιστροφής της πρώτης άρθρωσης είναι κατακόρυφος και κάθετος στους άξονες περιστροφής των επομένων δύο αρθρώσεων, οι οποίοι είναι παράλληλοι μεταξύ τους. Η συγκεκριμένη δομή παρέχει τη μεγαλύτερη επιδεξιότητα από όλες τις προηγούμενες, καθώς όλες οι αρθρώσεις είναι περιστροφικές. Ωστόσο η ακρίβεια του καρπού δεν είναι σταθερή εντός του χώρου εργασίας που έχει τη μορφή σφαίρας.



1.2 Ρομπότ στη γεωργία

1.2.1 Εισαγωγή



Ρομποτικός βραχίονας συλλέγει φράουλες με αρπάγη

Οι αγροτικές δουλειές από την αρχαιότητα ήταν μείζονος σημασίας για την τότε αλλά και για την σημερινή ζωή του ανθρώπου στον πλανήτη. Ο άνθρωπος πάντα καλλιεργούσε την γη και τρεφόταν από αυτή. Έτσι με την πάροδο των χρόνων συνεχώς ανακαλύπτονταν καινούριες μέθοδοι για την πιο γρήγορη, πιο σωστή και την όσο πιο κερδοφόρα γινόταν ανάπτυξη των καρπών της. Η χρήση λιπασμάτων, η αγρανάπαυση της γης, οι καλύτεροι και αυτόματοι τρόποι ποτίσματος συνιστούν μερικές από αυτές.

Αυτόνομα γεωργικά ρομπότ θα μπορούσαν να προστατεύουν τους εργαζομένους από τις βλαβερές συνέπειες των χημικών ουσιών όπου ο χειρισμός τους γίνεται με το χέρι. Και μέσα από ένα σύστημα ψεκασμού εξαιρετικά επιλεκτικό, τα ρομπότ θα μπορούσαν να μειώσουν τη χρήση των φυτοφαρμάκων έως και κατά 80 τοις εκατό. Τα ρομπότ θα μπορούσαν να προσφέρουν, επίσης, την έγκαιρη παροχή της εργασίας σε πολλά σημεία, όπου υπάρχει αλλά δεν είναι αρκετή η διαθεσιμότητα εποχικών εργαζομένων στο σωστό χρόνο του κύκλου συγκομιδής.

Σήμερα τα γεωργικά ρομπότ μπορούν να ταξινομηθούν σε διάφορες ομάδες: τη συγκομιδή ή τη συλλογή, τη φύτευση, βοτάνισμα, του ελέγχου των παρασίτων, ή συντήρησης. Οι επιστήμονες έχουν ως στόχο τη δημιουργία «αγροκτημάτων ρομπότ», όπου το σύνολο των εργασιών θα γίνει από τις μηχανές. Το κύριο εμπόδιο σε αυτό το είδος της εκμετάλλευσης των ρομπότ είναι ότι οι γεωργικές

εκμεταλλεύσεις αποτελούν μέρος της φύσης και η φύση δεν είναι ομοιόμορφη. Δεν είναι σαν τα ρομπότ που εργάζονται σε εργοστάσια που κατασκευάζουν αυτοκίνητα.

Τα εργοστάσια είναι χτισμένα γύρω από τη δουλειά στο χέρι, ενώ τα αγροκτήματα δεν είναι. Τα Ρομπότ στα αγροκτήματα πρέπει να λειτουργούν σε αρμονία με τη φύση. Τα Ρομπότ στα εργοστάσια δεν χρειάζεται να ασχοληθούν με ανώμαλο έδαφος ή μεταβαλλόμενες συνθήκες. Οι επιστήμονες εργάζονται για την αντιμετώπιση αυτών των προβλημάτων.

1.2.2 Χρήσεις γεωργικών ρομπότ

Ο αριθμός των γεωργικών ή ρομπότ, agrobots, αυξάνεται κάθε χρόνο. Οι εργασίες που μπορούν να κάνουν επίσης αυξάνονται με τη νέα τεχνολογία σε εξοπλισμό και λογισμικό. Τα Ρομπότ αρμέγουν αγελάδες και πρόβατα, κουρεύουν πρόβατα, ασχολούνται με τη συλλογή καρπών, τον ψεκάσμό, και την καλλιέργεια. Χρησιμοποιούν GPS και αισθητήρες για την πλοήγηση. Τα νέα ρομπότ γίνονται όλο και μικρότερα και πιο έξυπνα. Παρακάτω αναφέρονται μερικά ειδή γεωργικών ρομπότ.

Μυκητοκτόνα:

Τα ρομπότ μπορούν να χρησιμοποιηθούν για την καταπολέμηση των ασθενειών των φυτών που προκαλούν μεγάλη ζημιά στις καλλιέργειες. Οι μύκητες είναι οι πιο κοινές αιτίες της απώλειας των καλλιεργειών σε ολόκληρο τον κόσμο. Για να σκοτωθεί μια μυκητίαση θα πρέπει να υπάρχει ένα μυκητοκτόνο, ένα είδος φυτοφαρμάκων.

Μυκητολογικές ασθένειες παρεμβαίνουν στην ανάπτυξη μιας καλλιέργειας. Καταστρέφει τα φύλλα τα οποία χρειάζονται για τη φωτοσύνθεση και μειώνουν την παραγωγικότητα της καλλιέργειας και κηλίδες προκαλούν στις καλλιέργειες ζημιά που καθιστά τα προϊόντα να αξίζουν λιγότερο στην αγορά. Μετά τη συγκομιδή στις καλλιέργειες μπορούν να αναπτυχθούν μύκητες και να χαλάσουν τα φρούτα, τα λαχανικά, ή τους σπόρους.

Τα ρομπότ μπορούν να θεραπεύσουν τα φυτά που έχουν προσβληθεί ή να τα καταστρέψουν αν χρειαστεί. Θα μπορούσαν να αντιμετωπίσουν μόνο τα φυτά που χρειάζεται, αντί να καλυφτεί το

σύνολο της καλλιέργειας με μυκητοκτόνο.



Μυκητοκτόνο ρομπότ

Ζιζανιοκτόνα:

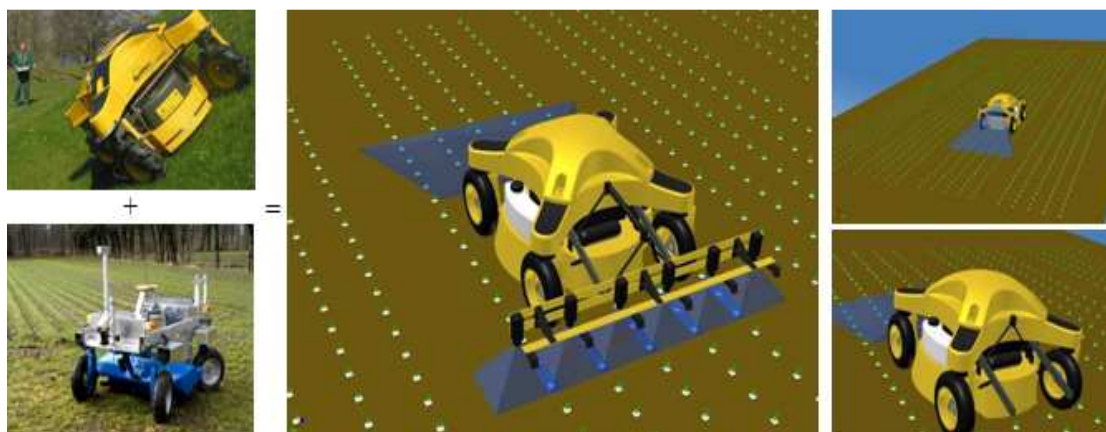
Μια άλλη χρήση για τα ρομπότ είναι η προστασία της καλλιέργειας από τα άγρια ανεπιθύμητα χόρτα. Τα ρομπότ μπορούν να απομακρύνουν τα ζιζάνια γύρω από τα φυτά ή απλά να τους κόβουν τις κορυφές. Όλο το υλικό που μπορεί να συλλεχθεί από ένα ρομπότ και να μεταφερθεί σε μία θέση όπου θα γίνει κομποστοποίηση. Με αυτή τη χρήση περιορίζεται η ανάγκη για ζιζανιοκτόνα, χημικές ουσίες που καταστρέφουν ή αναστέλλουν την ανάπτυξη των φυτών. Τα ζιζανιοκτόνα προορίζονται για σκοτώσουν τα ζιζάνια, αλλά πολλές φορές επίσης να βλάπτουν και τις καλλιέργειες.

Φυτοφαρμάκων:

Τα φυτοφάρμακα χρησιμοποιούνται για τον έλεγχο των εντόμων που μπορεί να είναι επιβλαβή για τις καλλιέργειες. Είναι αποτελεσματικά αλλά έχουν πολλές παρενέργειες για το περιβάλλον. Επίσης τα έντομα προσαρμόζονται στην τοξίνη ενός φυτοφάρμακου και μπορεί να περάσει το ανθεκτικό χαρακτηριστικό και να στην επόμενη γενιά καθιστώντας ισχυρότερα έντομα που είναι πιο δύσκολο να σκοτωθούν.

Τα ρομπότ θα μπορούσαν να λύσουν αυτό το πρόβλημα με την αφαίρεση των παράσιτων των καλλιεργειών χωρίς τη χρήση χημικών ουσιών. Θα μπορούσαν να τα απορροφούν με ένα σύστημα κενού. Υπάρχουν τρόποι για να σκοτωθούν τα έντομα χωρίς χημικά. Το ρομπότ θα μπορούσαν να τα βυθίζουν σε ένα δοχείο με νερό ή σε ένα ειδικά διαμορφωμένο κουτί όπου θα παράγεται υπερβολική θερμότητα από τον ήλιο.

Βιολογικά κύτταρα καυσίμου θα μπορούσαν να χρησιμοποιηθούν για τη μετατροπή των εντόμων σε ηλεκτρική ενέργεια με βακτήρια. Τα φυτοφάρμακα σκοτώνουν τα πάντα. Τα Ρομπότ θα μπορούσαν να προγραμματιστούν για να απαλλαγούμε από τα παράσιτα και κυρίως χωρίς να υπάρξει βλάβη σε οτιδήποτε άλλο.



Ρομπότ ψεκασμού φυτοφαρμάκων

1.2.3 Αναφορά σε παραδείγματα αγροτικών ρομπότ

Το θέμα σχεδιασμού και υλοποίησης ενός ρομπότ για αγροτικές δουλειές έχει απασχολήσει εδώ και πολλά χρόνια αρκετά ερευνητικά κέντρα, πανεπιστήμια και ινστιτούτα έρευνας και τεχνολογίας σε όλο τον κόσμο μέχρι σήμερα. Πρέπει να τονιστεί το γεγονός πως είναι αναγκαία η συμμετοχή ατόμων διαφορετικών ειδικοτήτων και γνώσεων ώστε ένα τέτοιο έργο να υλοποιηθεί. Παρακάτω θα αναφερθούμε σε μερικά ενδιαφέροντα project που έχουν αναπτυχτεί από διαφορές ερευνητικές ομάδες.

1. Δυτικό πανεπιστήμιο Αγγλίας Μπρίστολ (UWC): Slagbot (2001)

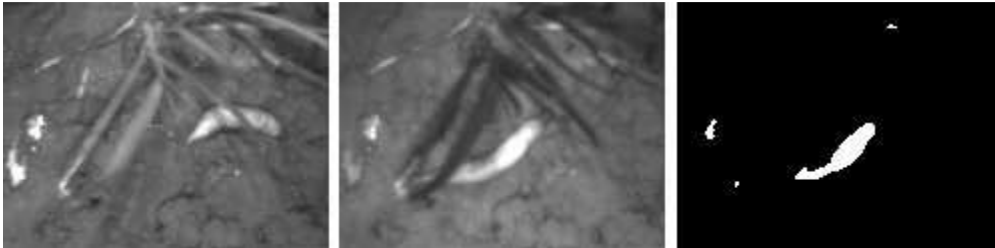


Slagbot

Το Slagbot είναι ένα ρομπότ το οποίο απομακρύνει και συλλέγει τους καταστροφικούς γυμνοσαλιαγκες από τις καλλιέργειες. Σκοπός της ερευνητικής ομάδας του δυτικού πανεπιστημίου της Αγγλίας είναι να κατασκευάσει ένα ρομπότ που θα είναι πραγματικά αυτόνομο και δεν θα χρειάζεται βοήθεια από τον άνθρωπο.

Δηλαδή να είναι σε θέση να κινείται μόνο του στο περιβάλλον και να καταφέρνει να ξεκολλήσει αν κολλήσει σε κάποιο εμπόδιο, να οργανώνει μόνο του τις εργασίες του ακόμα και να παράγει την ενέργεια που του χρειάζεται. Η παραγωγή της ενέργειας θα προκύπτει από την ζύμωση των γυμνοσαλιαγκών η οποία θα παράγει βιο-καύσιμο σε μια εξωτερική μονάδα χώνευσης. Το βιο-καύσιμο θα περνά από ένα κύτταρο μεθανίου το οποίο θα παράγει ηλεκτρισμό οπότε θα αποθηκεύεται σε μπαταρίες και θα μπορεί να μεταφερθεί στο «πεινασμένο» ρομπότ. Ο σταθμός παράγωγης ενέργειας θα είναι σταθερός διότι η μετακίνηση βάρους σε μαλακό έδαφος είναι αρκετά ενεργειοβόρα. Το ρομπότ για να ελαχιστοποιήσει την κίνηση του είναι εξοπλισμένο με 1.5μ μήκος βραχίονα ο οποίος έχει μια περιστρεφόμενη βάση. Ο βραχίονας είναι

εξοπλισμένος με ένα αισθητήρα εικόνας ο οποίος είναι υπεύθυνος για τον εντοπισμό των γυμνοσαλιάγκων και μια αρπάγη για τη συλλογή αυτών. Αν και ο γυμνοσάλιαγκας είναι αρκετά μεγάλος είναι δύσκολο να εντοπιστεί από το ανθρώπινο μάτι ο αισθητήρας τον εντοπίζει σχετικά εύκολα με τη βοήθεια κόκκινου φωτός.



Φωτογραφίες γυμνοσάλιαγκα σε διαφορετικές συνθήκες φωτισμού

2. Tillett & Hague Technology Ltd. Ελεγχος ζιζανίων μηχανικά , για βιολογική καλλιέργεια 2005-2007.



Ρομπότ απομάκρυνσης ζιζανίων με μηχανικό τρόπο

Ο σκοπός είναι να γίνει ζιζανιοκτονία σε βιολογική καλλιέργεια μαρουλιών χωρίς τη χρήση ζιζανιοκτόνων .



Δομημένη καλλιέργεια μαρουλιών

Τα τελευταία χρόνια υπάρχει μεγάλη πίεση της αγοράς για ελαχιστοποίηση της χρήσης των ζιζανιοκτόνων σε όλο τον κλάδο των οπωροκηπευτικών. Και λόγω του ότι σε κάποιες καλλιέργειες απαιτούνται μεγάλα επίπεδα ζιζανιοκτονίας τη λύση ξεχορτίσματος με το χέρι καθίσταται μη βιώσιμη.

Για το λόγο αυτό η ΤΗΤ σχεδίασε ένα ρομπότ το οποίο χρησιμοποιώντας τεχνολογία εντοπισμού και παρακολούθησης της καλλιέργειας την οποία είχε αναπτύξει η ίδια εταιρία, καταφέρνει να απομακρύνει τα ζιζάνια με μηχανικό τρόπο κρατώντας και το κόστος σε ανεκτά επίπεδα.



Εντοπισμός μαρουλιών



Διαμορφωμένη καλλιέργεια

Η δομή της καλλιέργειας έχει περαστεί σε ένα αλγόριθμο για να είναι δυνατός ο εντοπισμός του κάθε φυτού και το όχημα να κινείται ανάμεσα σε αυτά. Κάθε μονάδα παρακολουθείται και αντιμετωπίζεται ξεχωριστά ανάλογα με της ανάγκες της. Σχεδιάστηκε ένα πειραματικό εργαλείο πάνω σε ένα τυποποιημένο αλέτρι το οποίο είχε 5 υδραυλικά οδηγούμενους δίσκους κοπής των ζιζανίων που ήταν σε σταθερό βάθος 20 χιλιοστών κάτω από το χώμα.

Τα αποτελέσματα έδειξαν ότι το σύστημα ήταν αποτελεσματικό στην απομάκρυνση ζιζανίων χωρίς αφαίρεση και των φυτών της καλλιέργειας. Μια δοκιμή έδειξε ότι με ένα μόνο πέρασμα του μηχανήματος από



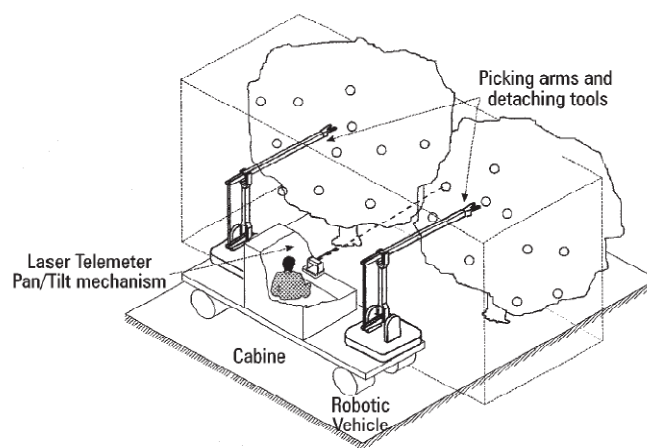
Μηχανική απομάκρυνση ζιζανίων

την καλλιέργεια αφαιρεί το 80% των ζιζανίων.

3. Ίδρυμα Βιομηχανικού Αυτοματισμού, Μαδρίτη, Ισπανία.

Σκοπός αυτής της ερευνητικής ομάδας ήταν η κατασκευή ενός πρωτότυπου ρομποτικού οχήματος για προσέγγιση και συλλογή καρπών σε δύσκολο εργασιακό περιβάλλον με την βοήθεια του ανθρώπου.

Το ρομπότ καθοδηγείται από τον άνθρωπο και με την χρήση ενός laser αισθητήρα απόστασης εντοπίζει τους καρπούς. Ένας Η/Υ μετά κάνει ένα πιο σαφή προσδιορισμό της θέσης του καρπού, υπολογίζει την ικανή διαδικασία περισυλλογής και τελικά ελέγχει όλα τα μηχανικά εξαρτήματα (βραχίονα, αρπάγη) ώστε να αποκοπεί ο καρπός από το δέντρο.



Ρομπότ περισυλλογής καρπών από δέντρα

Τρεις είναι οι κύριοι στόχοι αυτής της έρευνας:

1. Να οδηγηθεί το ρομπότ μέσα σε ένα μονοπάτι, από δέντρο σε δέντρο.
2. Να εντοπιστούν και να προσδιοριστούν με ακρίβεια οι θέσεις των καρπών.
3. Να πιαστούν και να απομακρυνθούν οι επιλεγμένοι καρποί από το δέντρο.

Μέχρι τώρα έχουν γίνει έλεγχοι σε τεχνητά δέντρα σε εργαστήριο με σκοπό την βελτιστοποίηση τις ακρίβειας, την εξαρτησιμότητα από εξωτερικούς παράγοντες, την ταχύτητα κίνησης, την επαναληψιμότητα και την ευστοχία εντοπισμού.

Διάφορες μέθοδοι εντοπισμού χρησιμοποιήθηκαν, όπως μονοχρωματικές και πολυχρωματικές CCD κάμερες με παραμέτρους σχήματος και χρώματος για την διάκριση των φρούτων. Στρατηγικές όπως το κεντράρισμα των καρπών στην



Ρομπότ περισυλλογής καρπών από δέντρα

εικόνα κατά την διάρκεια προσέγγισης τους ή ακόμα και στεροσκοπική όραση με τεχνικές τριγωνοποίησης από εικόνες δυο καμερών.

Αναφορά επίσης πρέπει να γίνει στον μηχανολογικό σχεδιασμό του συγκεκριμένου ρομπότ, γιατί γίνεται χρήση κατασκευής και λειτουργίας του ρομποτικού βραχίονα με την «παραλληλόγραμμη μέθοδο» όπως ακριβώς επιλέξαμε και στο δικό μας ρομπότ, εδώ στο ΑΤΕΙ Κρήτης.

Κεφάλαιο Δεύτερο: Συστήματα CAD/CAM/CNC μηχανών

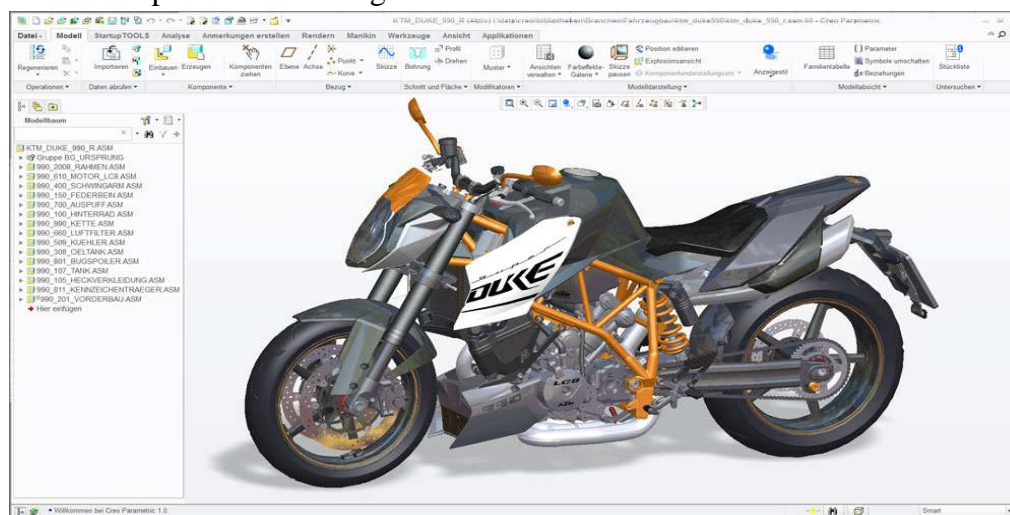
2.1 Εισαγωγή

Η τεχνολογία που έχει τη μεγαλύτερη επίδραση στο σύστημα παραγωγής κατά τις τελευταίες δεκαετίες είναι η τεχνολογία των υπολογιστών. Για κάθε σημαντική τεχνολογική ανάπτυξη ή βιομηχανική σχεδίαση ή κατασκευή, τώρα πια έχουν αντικατασταθεί οι παλιές παραδοσιακές μέθοδοι με την χρήση των πιο αξιόπιστων και πιο γρήγορων μεθόδων των υπολογιστικά καθοδηγούμενων (Computer Aided), έτσι ώστε γρήγορα, ακριβή σχέδια και προϊόντα μπορούν να ληφθούν σωστά σε ελάχιστο χρόνο.

Εθνικός και διεθνής ανταγωνισμός στον τομέα της μεταποίησης προκαλεί βιομηχανικούς ηγέτες να εξετάσουν νέες στρατηγικές για να παραμείνουν ανταγωνιστικοί και να βελτιώσουν την ποιότητα των προϊόντων τους. Η εξέλιξη στη τεχνολογία των υπολογιστών έχει σημαντικό αντίκτυπο στην κατασκευαστική βιομηχανία από το σχεδιασμό μέχρι την παράγωγη και το μάρκετινγκ. Οι κυβερνήσεις όλων των βιομηχανικών χωρών δίνουν μεγάλη έμφαση στην ανάπτυξη στους τομείς της μεταποιητικής βιομηχανίας. Η επιτάχυνση της βιομηχανικής ανάπτυξης κάθε έθνους εξαρτάται από την μέγιστη αξιοποίηση των βιομηχανικών υπολογιστικά καθοδηγούμενων συστημάτων. (Computer Aided Engineering/CAE).

2.2 Συστήματα CAD

CAD: Computer Aided Design



Assembly μηχανής σε CREO

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

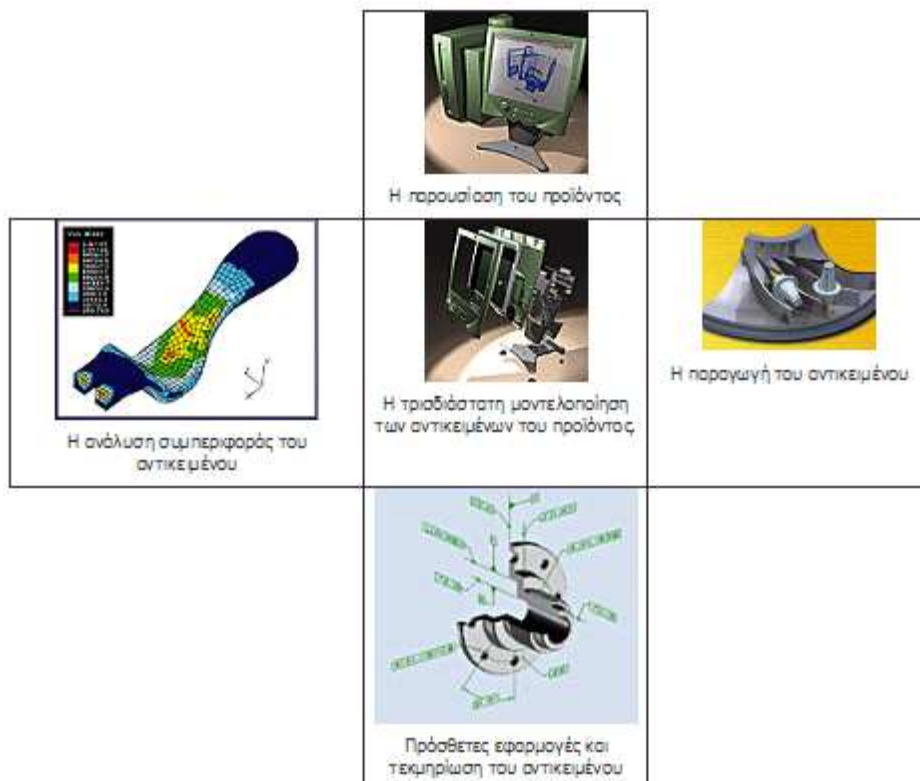
Ως έννοια περιλαμβάνει τον αρχικό σχεδιασμό των ιδεών που σχετίζονται με τη δημιουργία ενός αντικείμενου, το βιομηχανικό σχεδιασμό, που περιλαμβάνει το

σχεδιασμό ελεύθερων επιφανειών, και μετέπειτα τον λεπτομερή σχεδιασμό που θα καθορίσει την τελική μορφή του προϊόντος, όπως την έχει συλλάβει ο σχεδιαστής.

Η ψηφιακή αυτή δημιουργία μπορεί να γίνει αντικείμενο περαιτέρω ανάλυσης προτού πάρει έγκριση για να προωθηθεί στην παράγωγή. Η χρήση του ηλεκτρονικού υπολογιστή κατά τη διάρκεια του σχεδιασμού, επιτρέπει γρήγορες και ακριβείς τροποποιήσεις και ελαχιστοποιεί τα λάθη που προέρχονται από τον ανθρώπινο παράγοντα.

Τα σύγχρονα συστήματα σχεδίασης με χρήση Η/Υ στηρίζονται στη χρήση της τρισδιάστατης μοντελοποίησης. Η τρισδιάστατη απεικόνιση είναι απαραίτητη για την παρουσίαση, την ανάλυση της συμπεριφοράς του αντικειμένου και για την παραγωγή του.

Σήμερα, τα περισσότερα συστήματα τρισδιάστατης απεικόνισης βασίζονται στα στερεά μοντέλα, ή στα μοντέλα επιφανειών. Απαραίτητη προϋπόθεση για την χρήση του μοντέλου είναι η μονοδιάστατη απεικόνιση του πραγματικού αντικειμένου από το μοντέλο, σε όλες τις φάσεις χρησιμοποίησής του.

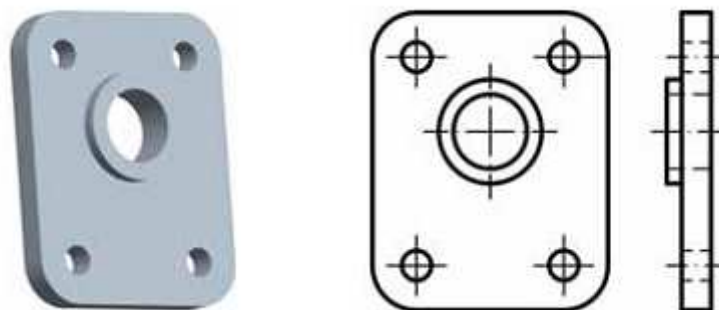


Δυνατότητες CAD/CAM προγραμμάτων

Η τρισδιάστατη μοντελοποίηση αποτελεί τη βάση για την ανάπτυξη κάθετων εφαρμογών αξιολόγησης, ανάλυσης, παραγωγής και τεκμηρίωσης του αντικειμένου και του τελικού προϊόντος.

Τα πρώτα συστήματα σχεδίασης ήταν συστήματα δύο διαστάσεων-2D τα οποία ήταν κατάλληλα μόνο για σχεδίαση. Στο σύστημα των δύο διαστάσεων ο χρήστης σχεδιάζει τις όψεις του αντικειμένου, όπως θα τις σχεδίαζε και σε ένα φύλλο χαρτί.

Συχνά ακόμα και σε σύστημα τριών διαστάσεων με μοντέλα ακμών, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει να αγνοήσει την τρίτη διάσταση και να σχεδιάσει τις διάφορες όψεις αυτόνομα. Το τρισδιάστατο μοντέλο υφίσταται μόνο στη σκέψη του σχεδιαστή και όχι στην βάση δεδομένων που καταχωρείται για το μοντέλο.



3D και 2D σχέδιο

Στη συνέχεια αναπτύχθηκαν τρεις μεθοδολογίες τρισδιάστατης απεικόνισης

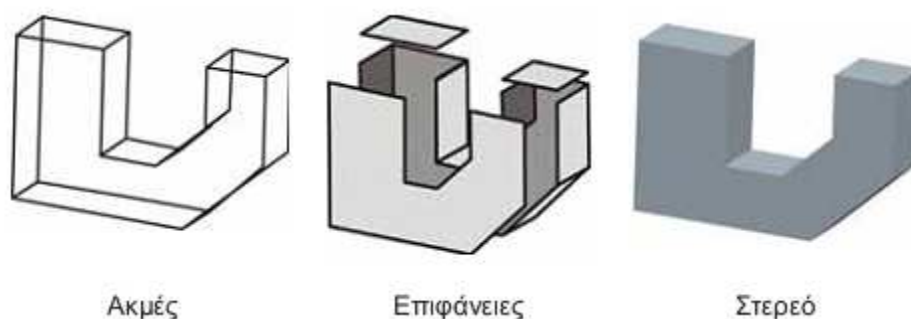
- Μοντέλα ακμών ή σύρματος - wire frame models
- Μοντέλα επιφανειών - surface models
- Μοντέλα στερεών - solid models

Τα πρώτα συστήματα ήταν μοντέλα ακμών. Σήμερα τα μοντέλα αυτά χρησιμοποιούνται ως ενδιάμεσο στάδιο για τη δημιουργία κύρια του μοντέλου των επιφανειών. Η επιλογή της μεθόδου μοντελοποίησης είναι συνάρτηση της εφαρμογής.

Ανεξάρτητα από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται, ο χρήστης δεν "βλέπει" τον τρόπο της μαθηματικής μοντελοποίησης, απλά χρησιμοποιεί τα εργαλεία του συστήματος για τη δημιουργία των στοιχείων που είναι απαραίτητα για τη δημιουργία της γεωμετρίας του μοντέλου. Τα εργαλεία αυτά ποικίλουν ανάλογα με το είδος, δηλ. μοντέλο ακμών, επιφανειών ή στερεών.

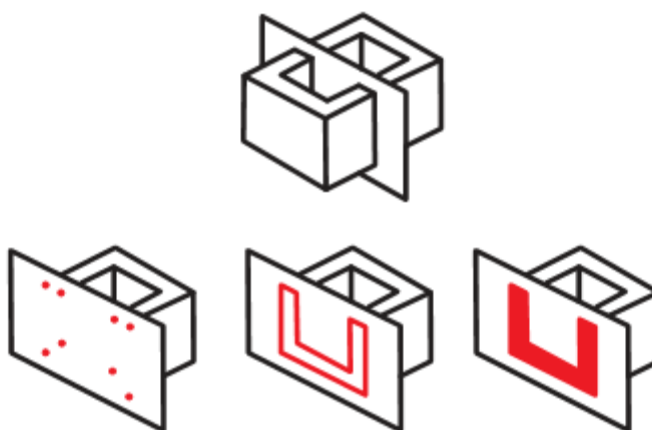
Η πολυπλοκότητα του μοντέλου αυξάνει ανάλογα με το σύστημα μοντελοποίησης. Τα πιο απλά είναι τα μοντέλα ακμών, μετά είναι τα μοντέλα επιφανειών και τέλος τα μοντέλα στερεών. Η πληρότητα της απεικόνισης επίσης είναι ανάλογη με τη μέθοδο.

Τα πιο έγκυρα είναι τα μοντέλα στερεών, έπονται τα μοντέλα επιφανειών και τέλος είναι τα μοντέλα ακμών.



Η διαφορά στην πληρότητα μεταξύ των τριών συστημάτων φαίνεται στο σχέδιο παρακάτω. Στο σχήμα αυτό το αντικείμενο, το κουτί μόνο, έχει μοντελοποιηθεί και με τους τρεις διαφορετικούς τρόπους. Τέμνουμε το μοντέλο με το επίπεδο και προβάλλουμε το αποτέλεσμα.

Το κάθε μοντέλο μας δίνει τελείως διαφορετικά αποτελέσματα. Στο μοντέλο των ακμών το αποτέλεσμα είναι τρία σημεία, στο μοντέλο επιφανειών το αποτέλεσμα είναι το περίγραμμα της τομής, ενώ στο στερεό μοντέλο το αποτέλεσμα είναι και η γραμμοσκίαση της τομής.

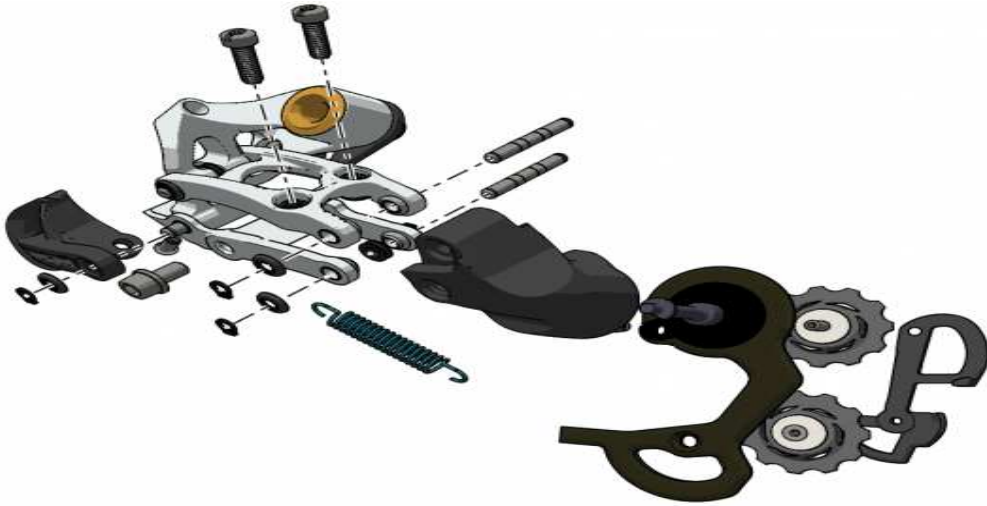


Τομή σε wireframe surface και solid model

Παρ' όλο που ο χρήστης δεν ανατρέχει συνήθως στην μαθηματική αναπαράσταση της τρισδιάστατης απεικόνισης, η γνώση της είναι απαραίτητη γιατί παρέχει στο χρήστη:

- Γνώση της ορολογίας του CAD/CAM καθώς επίσης και καλύτερη κατανόηση της τεκμηρίωσης των συστημάτων.
- Δυνατότητα να αποφασίσει πιο σωστά ως προς το είδος των χρησιμοποιούμενων στοιχείων για την ακριβή παραγωγή του μοντέλου του αντικειμένου, όπως κλίση, καμπυλότητα, κλπ.

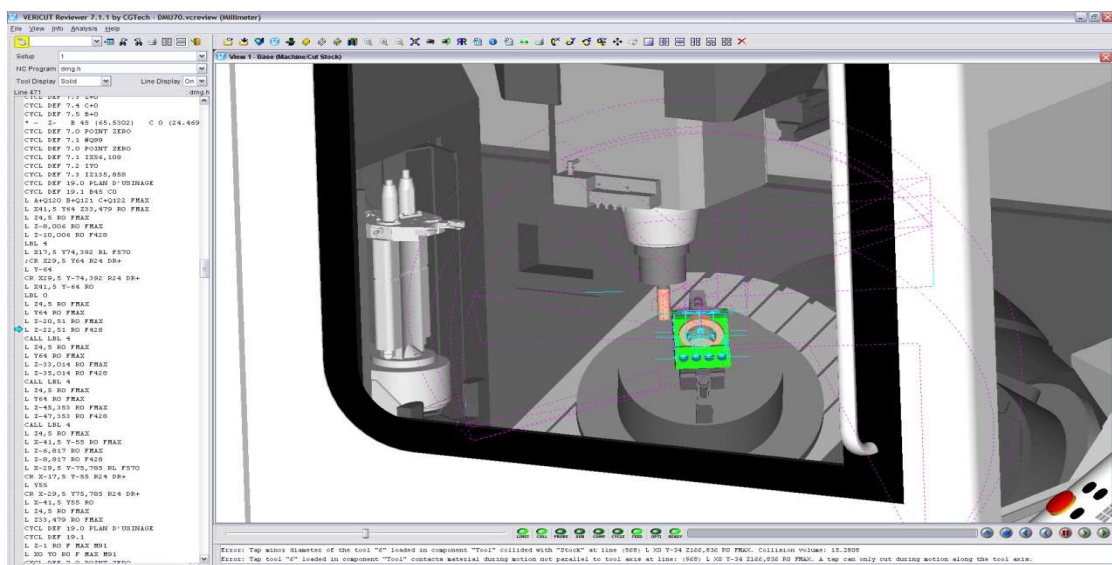
- Δυνατότητα να ερμηνεύσει απρόσμενα αποτελέσματα που προέρχονται από τη χρήση ενός συστήματος.
- Δυνατότητα να αξιολογήσει πιο σωστά τα συστήματα CAD/CAM και τις δυνατότητες που έχουν.
- Στους μηχανικούς παρέχει γνώση για νέα εργαλεία που μπορούν να τα χρησιμοποιήσουν και σε άλλες εφαρμογές



Exploded view μεταλλάκτη ποδήλατου

2.3 Συστήματα CAM

CAM: Computer Aided Manufacturing



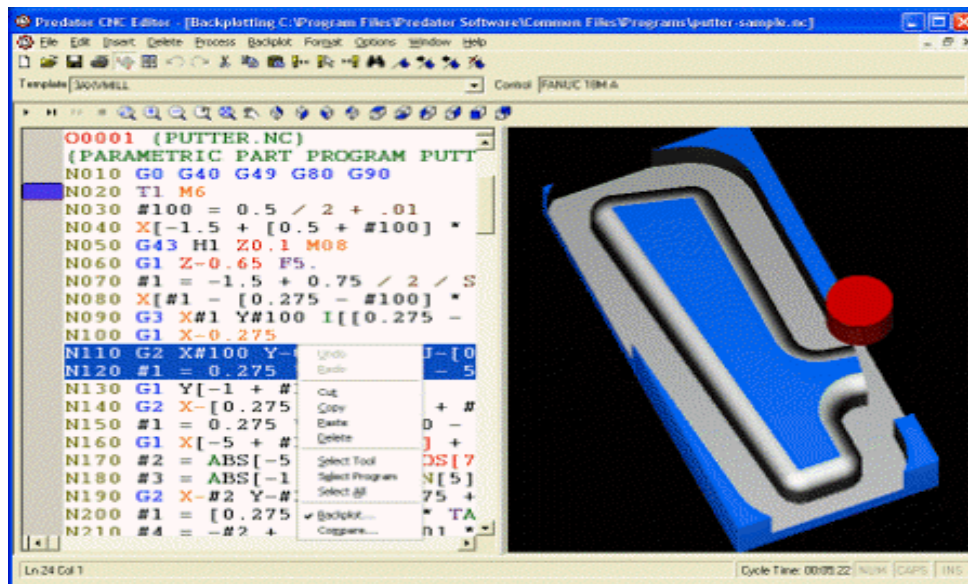
Vericut

Computer Aided Manufacturing είναι η διαδικασία όπου τα CAD δεδομένα επεξεργάζονται με τη βοήθεια ηλεκτρονικού υπολογιστή και μετατρέπονται σε κώδικα G. Ο κώδικας G είναι μια προγραμματιστική γλώσσα που καταλαβαίνουν οι αριθμητικά ελεγχόμενες (CNC) εργαλειομηχανές και καθοδηγεί με ακρίβεια τις κινήσεις των εργαλείων τους ώστε να κατασκευαστεί με τέλεια ακρίβεια το μοντέλο που έχει επιλεχτεί.

```

O60401;
N0010 G54 T3 M06;
N0020 G00 X31.500 Y35.000 G90 S3500 M03;
N0030 G00 G43 H03 Z2.000;
N0040 G01 Z-.500 F100.;
N0050 G03 X31.500 Y35.000 I4.000 J.000 F200.;
N0060 G01 Z-1.000 F100.;
N0070 G03 X31.500 Y35.000 I4.000 J.000 F200.;
N0080 G01 Z-1.500 F100.;
N0090 G03 X31.500 Y35.000 I4.000 J.000 F200.;
N0100 G01 Z-2.000 F100.;
N0110 G03 X31.500 Y35.000 I4.000 J.000 F200.;
N0120 G01 Z-2.500 F100.;
N0130 G03 X31.500 Y35.000 I4.000 J.000 F200.;
N0140 G01 Z-3.000 F100.;
N0150 G03 X31.500 Y35.000 I4.000 J.000 F200.;
N0160 G01 Z-3.500 F100.;
N0170 G03 X31.500 Y35.000 I4.000 J.000 F200.;
N0180 G01 Z-4.000 F100.;
N0190 G03 X31.500 Y35.000 I4.000 J.000 F200.;
N0200 G01 Z-4.500 F100.;
N0210 G03 X31.500 Y35.000 I4.000 J.000 F200.;
N0220 G01 Z-5.000 F100.;
  
```

Κώδικας G

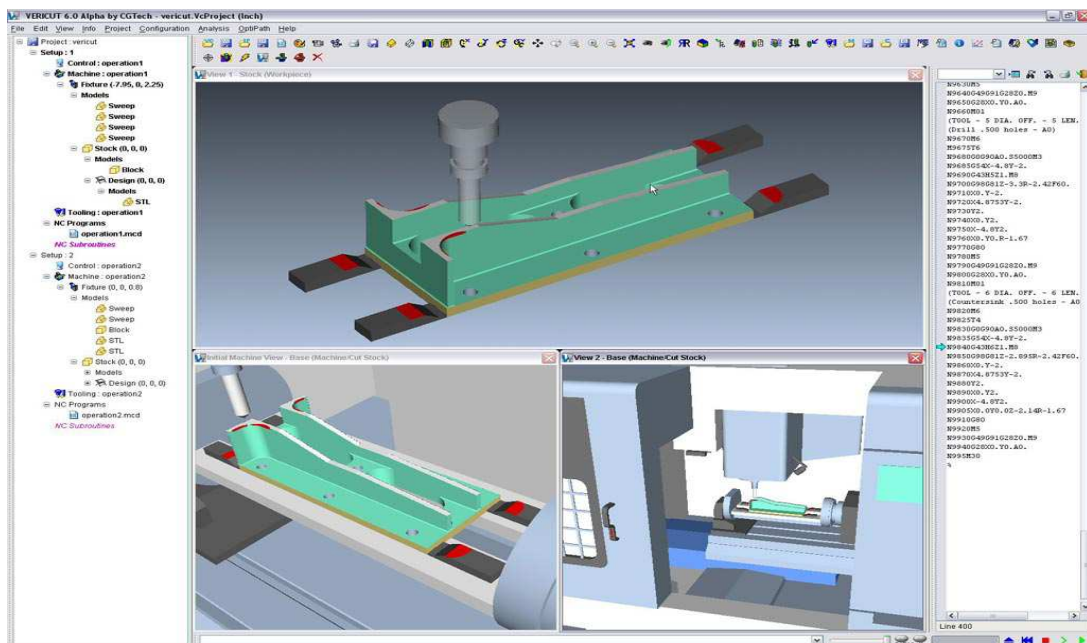


Πρόγραμμα εξομοίωσης κώδικα G

Τα προγράμματα CAM εξελίσσονται συνέχεια ώστε να είναι πιο εύκολη η χρήση τους και να είναι πιο ευέλικτα. Εφοδιάζονται συνεχώς με βιβλιοθήκες εργαλειομηχανών, καινούργιες λειτουργίες, καλύτερη εξομοίωση της κατεργασίας.

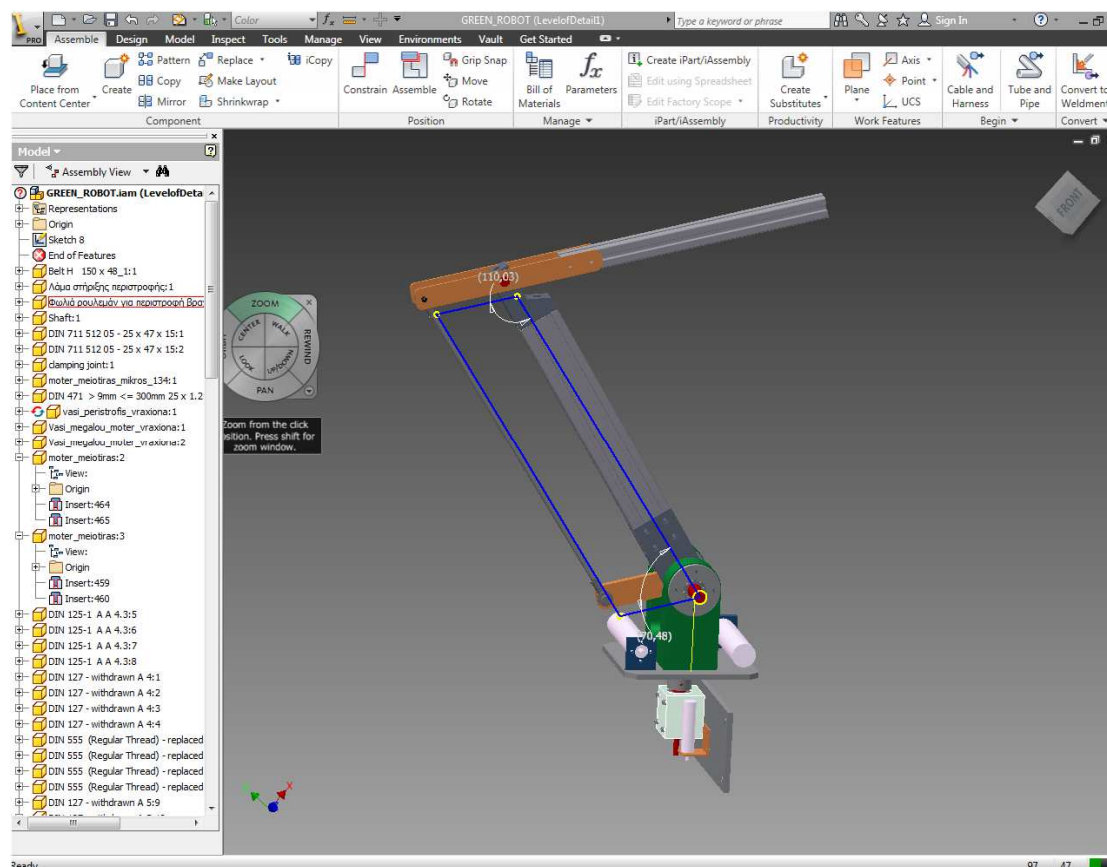
Παρόλα αυτά, γίνονται όλο και πιο περίπλοκα καθώς οι λειτουργίες και οι δυνατότητες των εργαλειομηχανών αυξάνονται συνεχώς.

Ένα μοντέλο που έχει σχεδιαστεί σε ένα πρόγραμμα CAD, μπορεί να κατασκευαστεί χωρίς να υπάρξει επαφή αυτού με ανθρώπινο χέρι. Αυτή η διαδικασία ονομάζεται CAM. Ωστόσο ο μπαμπούλας της αντικατάστασης του ανθρωπίνου δυναμικού από τους υπολογιστές δεν υφίσταται. Το ανθρώπινο δυναμικό είναι πάλι απαραίτητο απλά έχει αλλάξει η φύση της εργασίας του. Χρειάζεται να είναι πιο ειδικευμένο και έχει διαφορετικούς ρόλους όπως της προετοιμασίας του ποιοτικού έλεγχου, του χειρισμού CAD/CAM λογισμικού, την συντήρηση των μηχανών.



Vericut και πλήρη εξομοίωση κοπής

2.4 Autodesk Inventor



Assembly σε Autodesk Inventor

Το Autodesk Inventor, είναι ένα λογισμικό που αναπτύχθηκε στις ΗΠΑ, από την εταιρεία Autodesk. Είναι 3D λογισμικό μηχανολογικής σχεδίασης CAD με σκοπό τη δημιουργία 3D πρωτότυπων ψηφιακών μοντέλων που χρησιμοποιούνται για το σχεδιασμό, την οπτικοποίηση και προσομοίωση των προϊόντων.

Συνοπτικά οι δυνατότητες του Autodesk Inventor

Το Inventor περιλαμβάνει ένα ολοκληρωμένο περιβάλλον προσομοίωσης (simulation) κίνησης (motion) και συναρμολόγησης (assembly) και ανάλυσης τάσεων (stress analysis). Οι χρήστες μπορούν να εισάγουν φορτία, τα χαρακτηριστικά τριβής, και δυναμικά στοιχεία, στη συνέχεια, να εκτελεστούν δυναμικές δοκιμές προσομοίωσης για να δουν πώς ένα προϊόν θα λειτουργήσει κάτω από πραγματικές συνθήκες.

Το εργαλείο προσομοίωσης μπορεί να βοηθήσει τους χρήστες να βελτιστοποιήσουν τη δύναμη και το βάρος, τον εντοπισμό περιοχών υψηλών τάσεων, τον εντοπισμό και

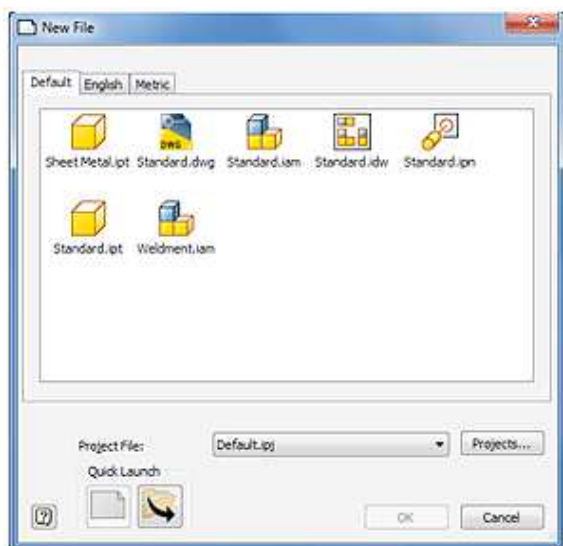
τη μείωση των ανεπιθύμητων δονήσεων, μέγεθος, κινητήρες και ενεργοποιητές για να μειώσουν την κατανάλωση ενέργειας.

Η ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων (FEA) επιτρέπει στους χρήστες να επικυρώσουν το σχεδιασμό με τη δοκιμή πώς τα μέρη λειτουργούν υπό φορτία (χρησιμοποιώντας πραγματικές πληροφορίες φορτίου αντί των εκτιμήσεων).

Η Παραμετρική Μελέτη του Inventor και η τεχνολογία Βελτιστοποίησης επιτρέπει στους χρήστες να τροποποιούν τις παραμέτρους του σχεδιασμού μέσα από το περιβάλλον συναρμολόγησης και ανάλυσης τάσεων και να συγκρίνουν διάφορες επιλογές σχεδιασμού, στη συνέχεια να ενημερώσουν το 3D μοντέλο με τις βελτιστοποιημένες παραμέτρους.

Περιβάλλον Autodesk Inventor

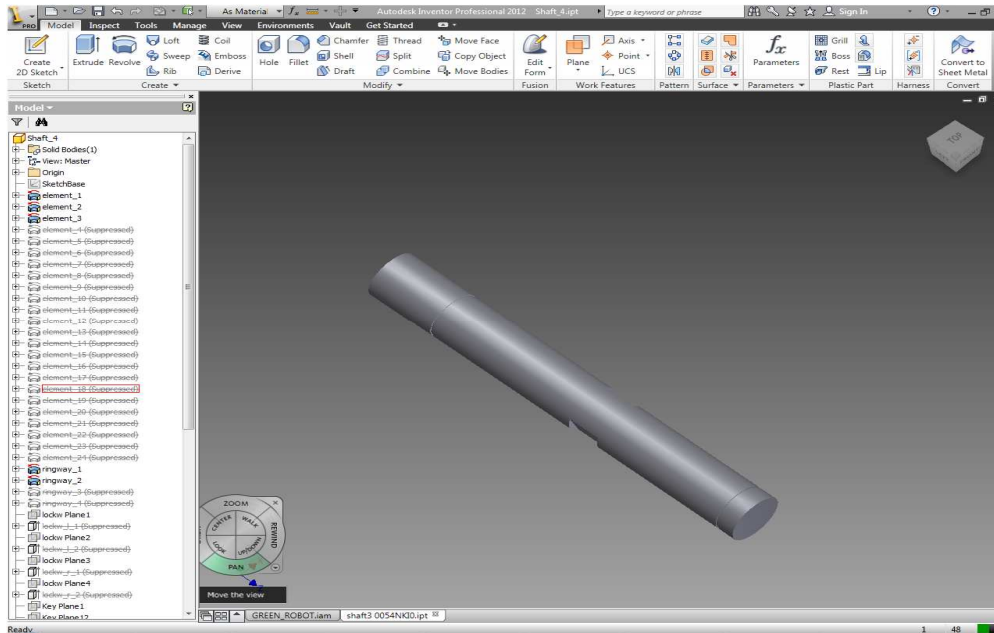
Το περιβάλλον εργασίας του Autodesk Inventor προσαρμόζεται καθώς αλλάζει ο τομέας που υπάγεται η εργασία που πρόκειται να γίνει πχ Part modeling, Assembly. Με τον όρο προσαρμόζεται εννοείται η εμφάνιση των κατάλληλων και πιο συνηθισμένων εργαλείων που χρειάζονται για να πραγματοποιηθεί η συγκεκριμένη εργασία.



Επιλογές δημιουργίας νέου αρχείου στο Inventor.

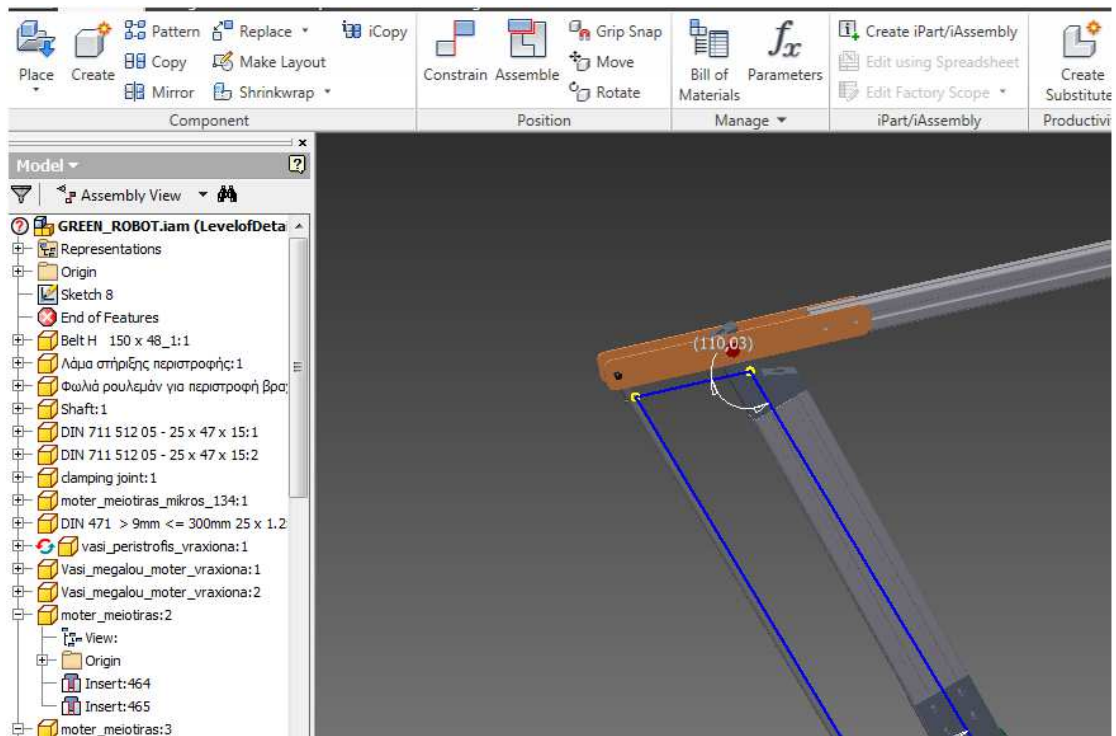
Περιβάλλον Part Modeling

Στο περιβάλλον Part Modeling μπορούν να δημιουργηθούν και να επεξεργαστούν τρισδιάστατα μοντέλα. Το περιβάλλον αυτόματα σου παρουσιάζει τα εργαλεία για τη συγκεκριμένη εργασία. πχ εργαλεία για δυσδιάστατο σχεδιασμό η για δημιουργία τρισδιάστατων χαρακτηριστικών.



Part modeling σε Autodesk Inventor

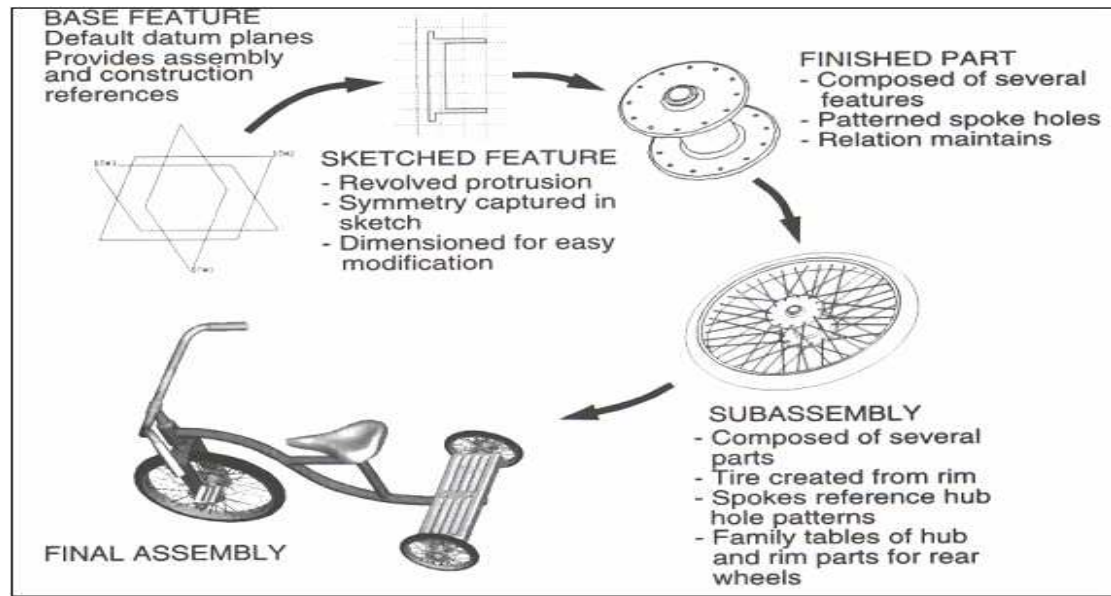
Περιβάλλον Assembly Modeling



Εικόνα 1 Assembly σε Autodesk Inventor

Στο περιβάλλον Assembly Modeling γίνεται η συναρμογή και η μετατροπή των συναρμολογούμενων μοντέλων. Τα στοιχεία που παρουσιάζονται στο σύστημα είναι αναφορές σε εξωτερικά κομμάτια και υποσυναρμογές.

Χρησιμοποιούνται συγκριμένα εργαλεία για τη θέση και τη σχέση συναρμογής μεταξύ των στοιχείων. Υπάρχει και η πρόσβαση σε συνήθη εργαλεία παρακολούθησης (viewing tools).



Σταδία σχεδιασμού προϊόντος

Περιβάλλον Presentation

Στο περιβάλλον Presentation (παρουσίασης) μπορούν να δημιουργηθούν αποσυναρμολογημένες όψεις του συναρμολογημένου μοντέλου, να καταγραφεί ένα animation το οποίο θα βοηθήσει στην αρχικοποίηση της συναρμολόγησης.

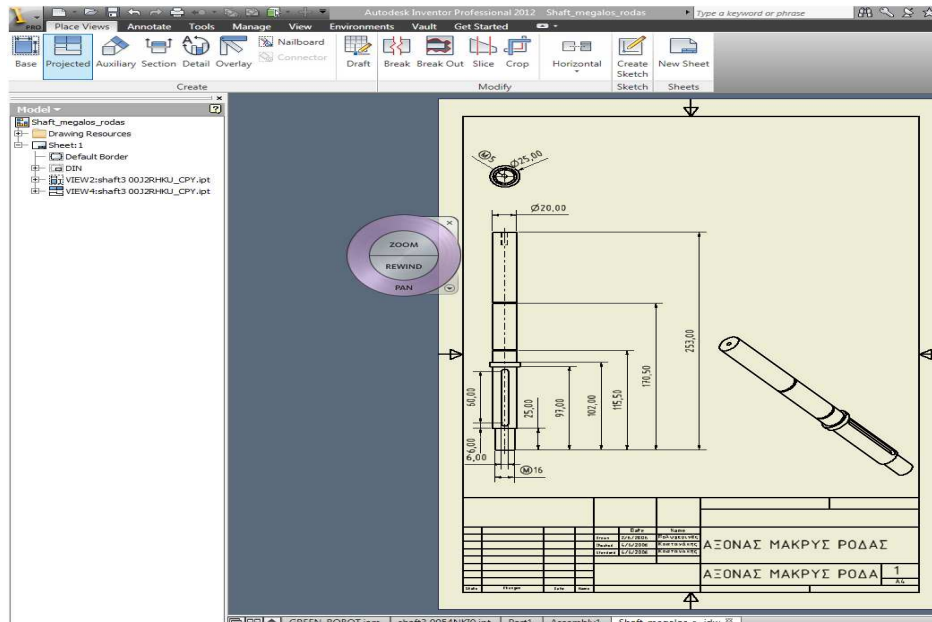


Presentation σε Autodesk Inventor

Μπορούν να βρεθούν οι φάκελοι αναφοράς της υπάρχουσας συναρμολόγησης και ακόμα πρόσβαση σε συνήθη εργαλεία παρακολούθησης (viewing tools).

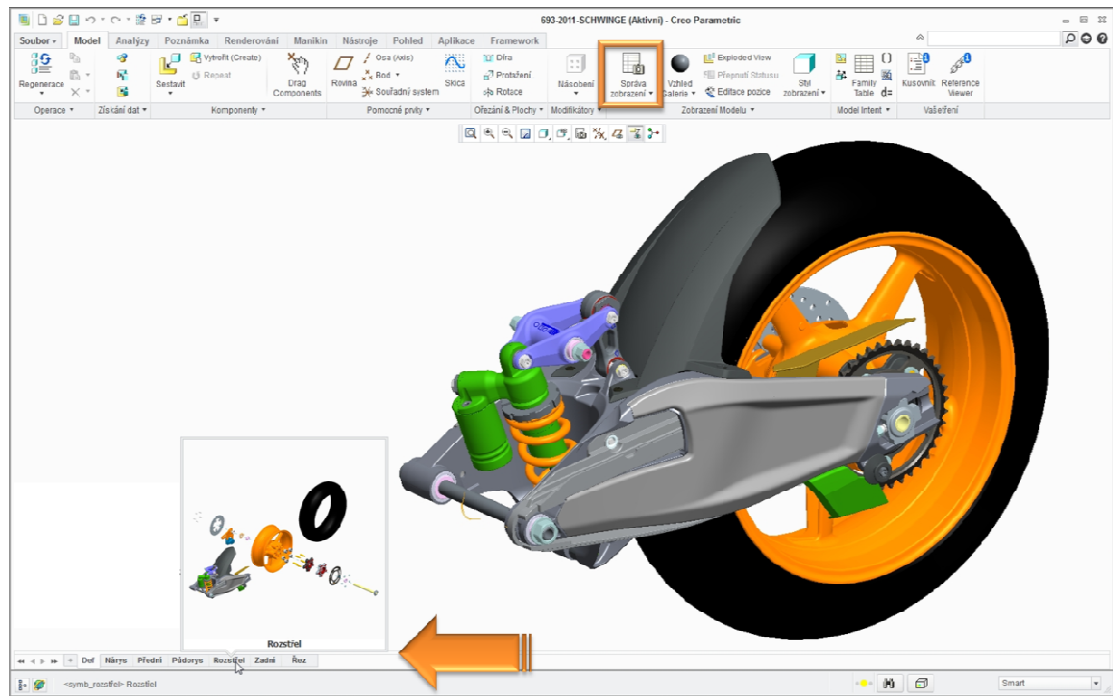
Περιβάλλον Drawing

Στο περιβάλλον Drawing (σχεδιασμού) μπορούν να δημιουργηθούν δισδιάστατα σχέδια των εξαρτημάτων και των συναρμογών.



Περιβάλλον 2D σχεδιασμού σε Autodesk Inventor

2.5 PTC Pro Engineer CREO Elements



Πρόγραμμα παραμετρικού σχεδιασμού CREO

Το Pro/ENGINEER είναι ένα λογισμικό το οποίο παρουσιάστηκε στην πρώτη του έκδοση το 1987. Το Pro Engineer άλλαξε όνομα σε CREO Elements στις 28 Οκτωβρίου του 2010. Το CREO Elements είναι ένα παραμετρικό πρόγραμμα σχεδίασης με ενσωματωμένα 3D CAD/CAM/CAE συστήματα που δημιουργήθηκε από την Parametric Technology Corporation (PTC).

Η πρώτη έκδοση μπορεί να ήταν αρκετά δύσχρηστη, αλλά το εργαλείο παραμετρικής σχεδίασης (parametric design) και μοντελοποίησης στερεών (solid modeling) που χρησιμοποιούσε ήταν εντελώς πρωτοποριακό για την εποχή του και αποτέλεσε την πρώτη ιδέα και σημείο αναφοράς για την δομή των αντίστοιχων προγραμμάτων που ακολούθησαν.

Η παραμετρική προσέγγιση μοντελοποίησης χρησιμοποιεί σαν παραμέτρους, τις διαστάσεις, τα χαρακτηριστικά, τις σχέσεις και να συλλάβει προβλεπόμενη συμπεριφορά του προϊόντος και να δημιουργήσει μια συνταγή η οποία επιτρέπει την αυτοματοποίηση του σχεδιασμού και τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού των προϊόντων και των διαδικασιών ανάπτυξης.

Το CREO Elements χρησιμοποιείται για το σχεδιασμό, την ανάλυση και την κατεργασία ενός πρακτικά απεριόριστου εύρους προϊόντων. Συνοπτικά το CREO Elements είναι ένα παραμετρικό (Parametric) σύστημα στερεάς και επιφανειακής μοντελοποίησης (Solid - Surface Modeling) βασισμένο σε χαρακτηριστικά (Feature based).

Συνοπτικά οι δυνατότητες του CREO Elements

Το CREO Elements ενσωματώνει την παραμετρική βασισμένη σε χαρακτηριστικά αρχιτεκτονική σχεδίασης σε μια φιλοσοφία μιας μόνο βάσης δεδομένων με προηγμένες κατά κανόνα δυνατότητες σχεδιασμού. Παρέχει σε βάθος έλεγχο της πολύπλοκης γεωμετρίας, όπως αποδεικνύεται και από την παράμετρο *trajpar*. Οι δυνατότητες του προϊόντος μπορούν να χωριστούν σε τρεις βασικές κατηγορίες Μηχανολογικό Σχεδιασμό, Ανάλυση και Κατασκευή. Τα δεδομένα στη συνέχεια τεκμηριώνεται σε ένα πρότυπο 2D σχέδιο παραγωγής ή της 3D σχεδίασης πρότυπο ASME Y14.41-2003.

Μηχανολογικός Σχεδιασμός

Το CREO Elements προσφέρει μια σειρά από εργαλεία για να καταστεί δυνατή η παραγωγή μιας πλήρους ψηφιακής αναπαράστασης του προϊόντος που σχεδιάζεται. Εκτός από τα γενικά εργαλεία γεωμετρίας υπάρχει επίσης η δυνατότητα να παραχθεί γεωμετρία και άλλων ολοκληρωμένων κλάδων σχεδιασμού όπως βιομηχανικές και τυποποιημένη εργασία σωλήνα και πλήρεις ορισμούς καλωδίωσης. Εργαλεία είναι επίσης διαθέσιμα για την υποστήριξη συνεργατικής ανάπτυξης.

Ανάλυση

Το CREO Elements έχει πολλά διαθέσιμα εργαλεία ανάλυσης και καλύπτει θερμική, στατική, δυναμική και ανάλυση κόπωση ,ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων, μαζί με άλλα εργαλεία όλα σχεδιασμένα για να βοηθήσει στην ανάπτυξη του προϊόντος. Τα εργαλεία αυτά περιλαμβάνουν και ανθρώπινους παράγοντες, κατασκευαστική ανοχή, τη ροή σε καλούπι και τη βελτιστοποίηση του σχεδιασμού. Η βελτιστοποίηση του σχεδιασμού μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ένα επίπεδο γεωμετρίας για να ληφθούν οι βέλτιστες διαστάσεις σχεδιασμού και σε συνδυασμό με την ανάλυση πεπερασμένων στοιχείων.

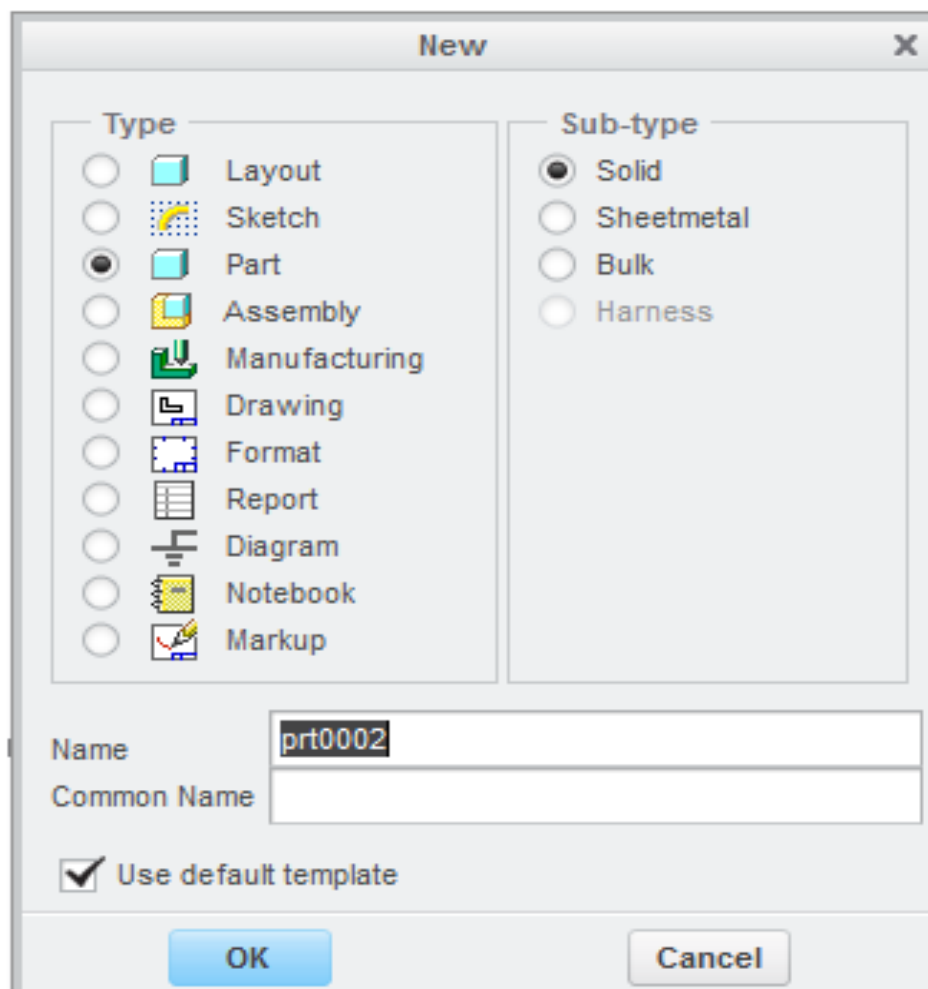
Κατασκευή (manufacturing)

Χρησιμοποιώντας της θεμελιώδης δυνατότητες του λογισμικού όσον αναφορά την αρχή της μοναδικής βάσης δεδομένων παρέχει ένα πλούσιο σύνολο εργαλείων στο κατασκευαστικό περιβάλλον σε μορφή σχεδιασμού επιλογής εργαλείων, προσομοίωση κατεργασίας CNC και εξαγωγή κώδικα CNC μηχανών.

creo™

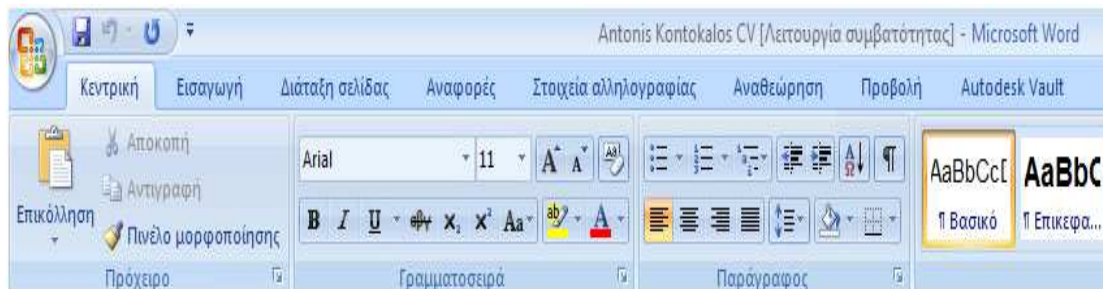
A PTC Product

Περιβάλλον CREO Elements

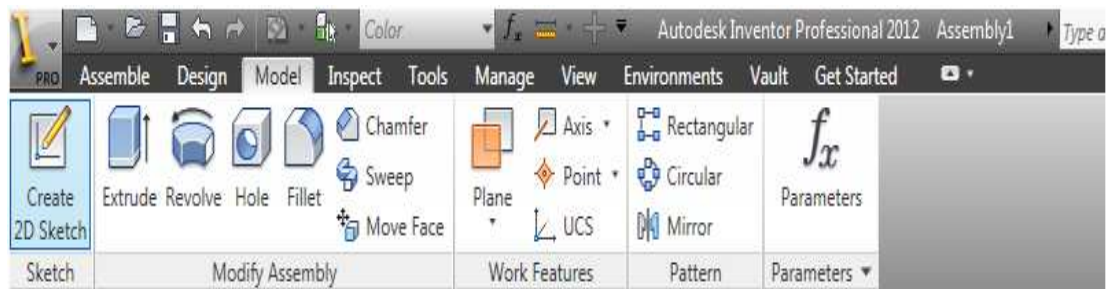


Επιλογές δημιουργίας νέου αρχείου στο CREO Elements.

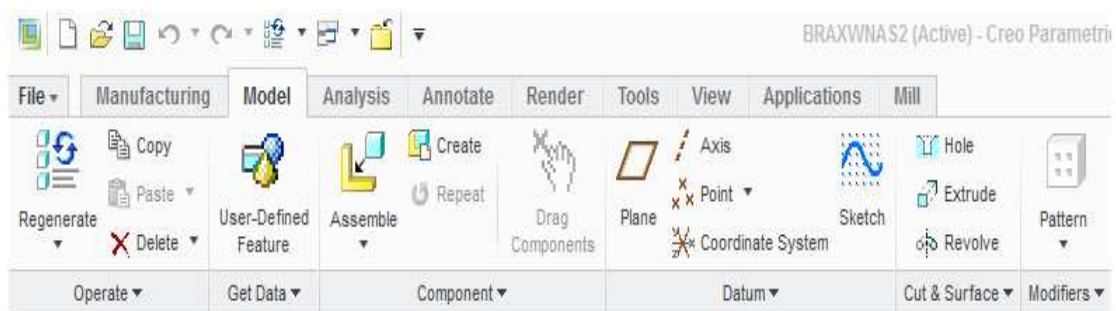
Το περιβάλλον σχεδίασης συναρμογής και παρουσίασης όπως θα δείτε και στις εικόνες παρακάτω είναι παρόμοιο με το περιβάλλον σε εμφάνιση επιλογές και δυνατότητες με του Inventor. Χρησιμοποιούν και τα 2 την φιλοσοφία των Microsoft Office 2007 για να είναι φιλικά προς το χρήστη.



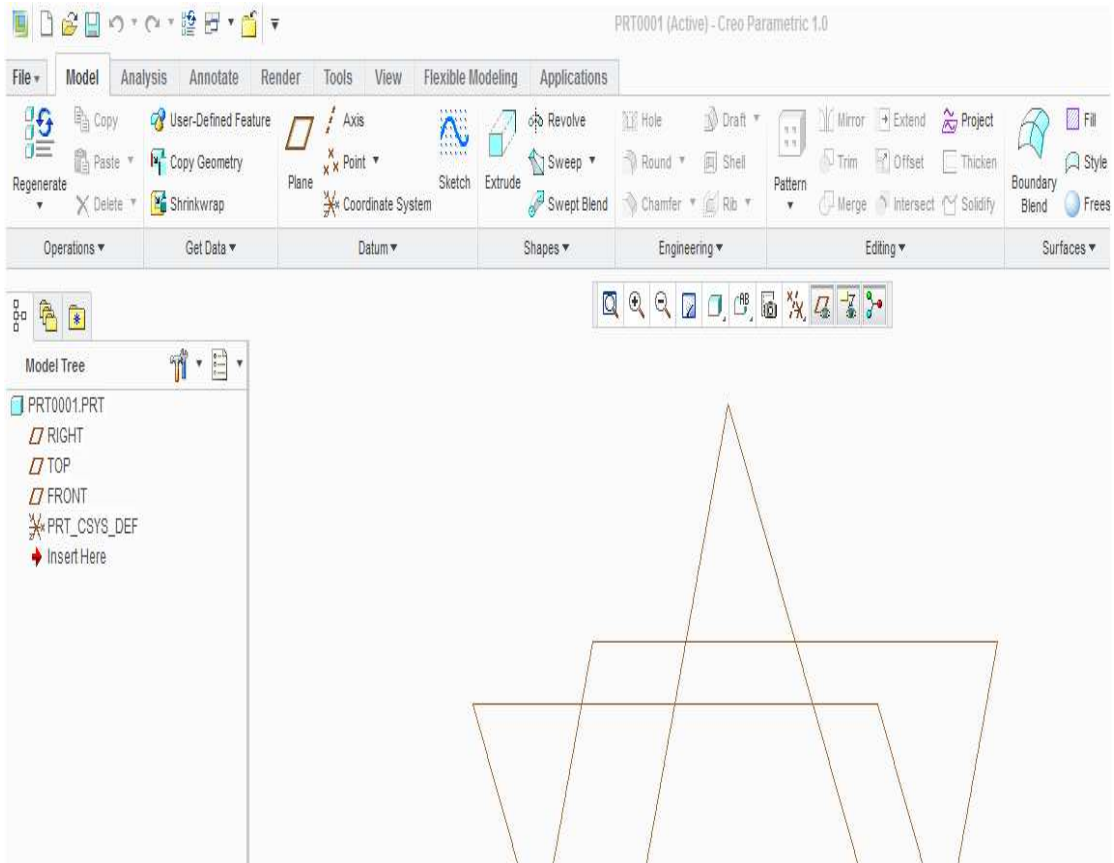
MS Word 2007



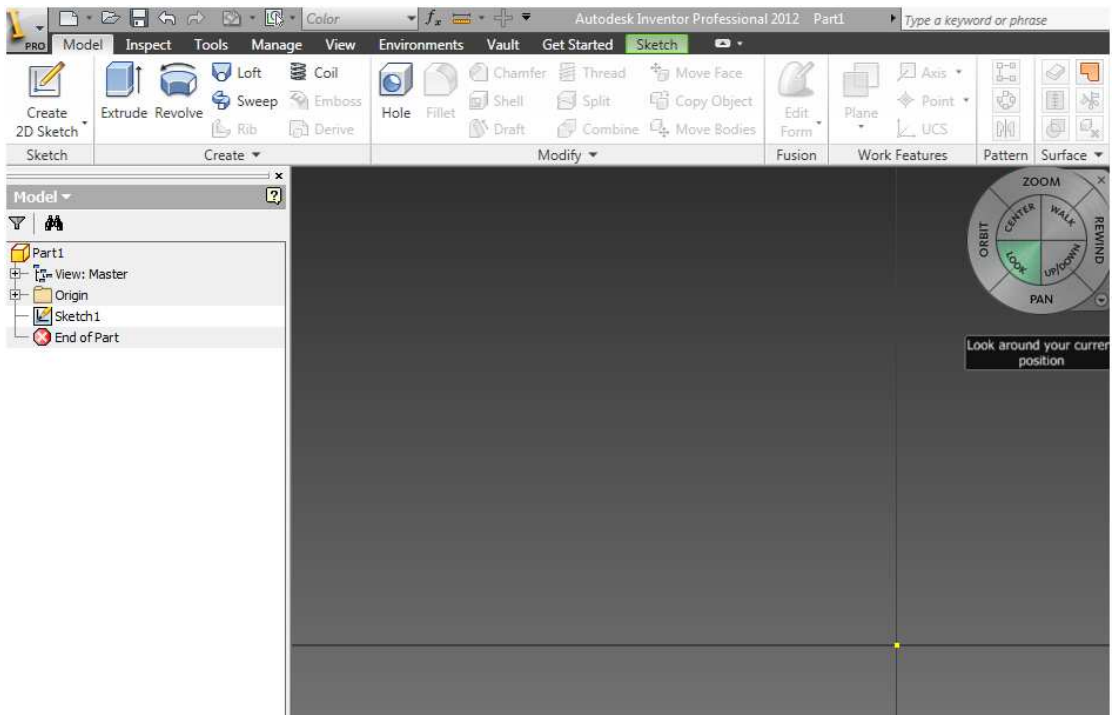
Autodesk Inventor 2012



CREO Elements 1

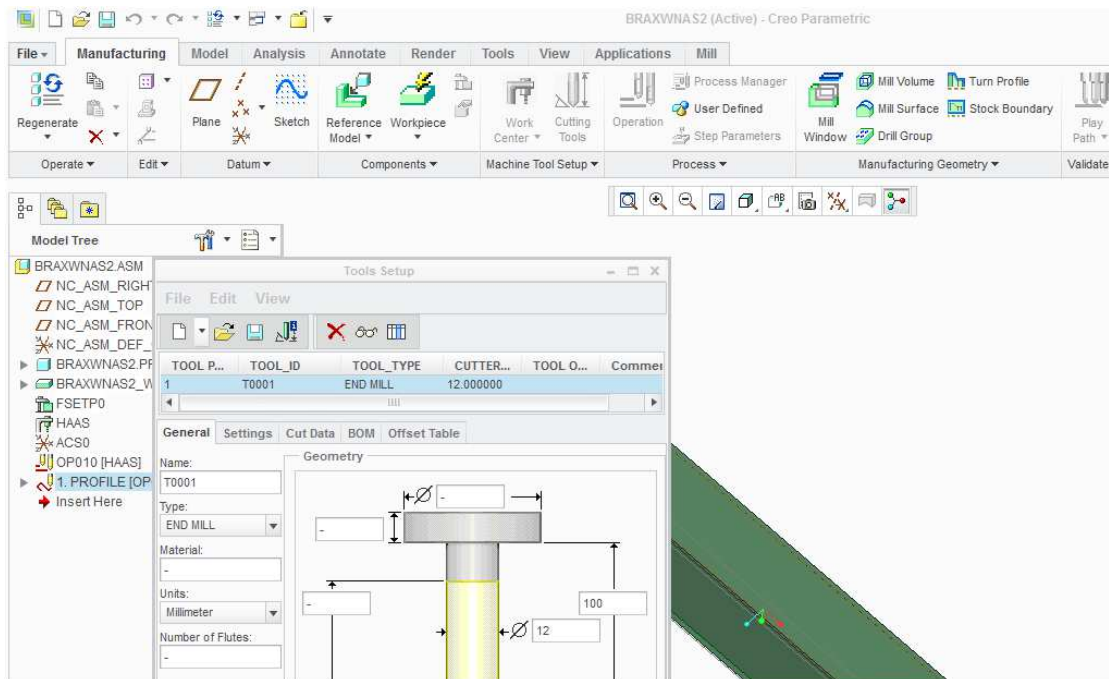


Part design σε CREO Elements



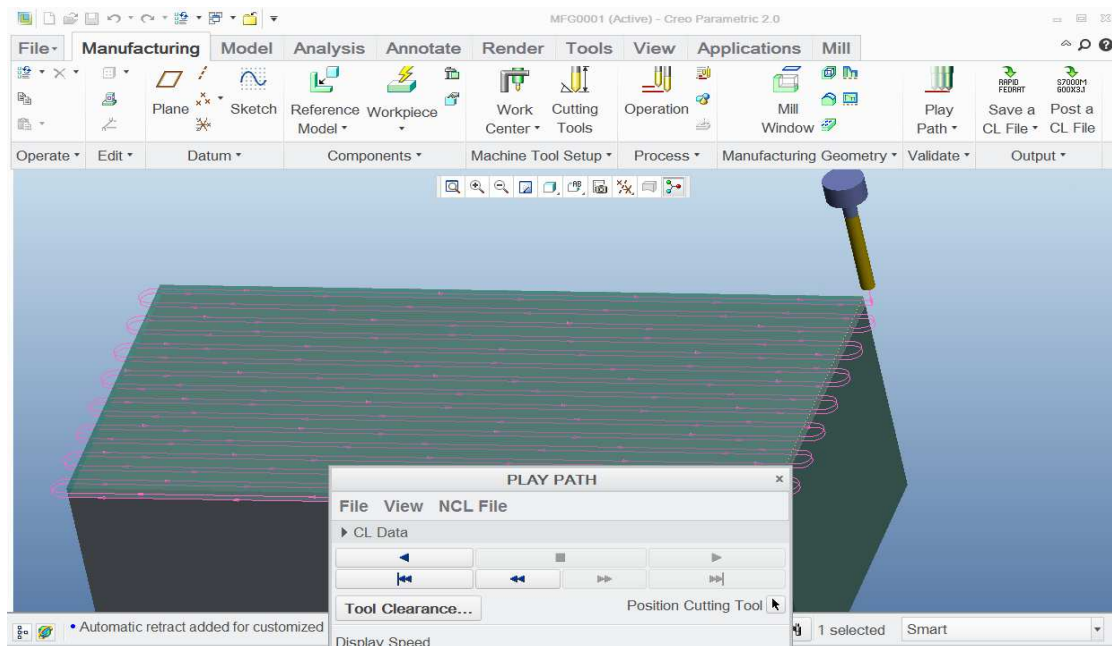
Part design σε Inventor

Περιβάλλον Manufacturing



Manufacturing σε CREO

Το περιβάλλον Manufacturing του CREO είναι αυτό που είναι το περιβάλλον που προσδίδει την ιδιότητα CAM στο CREO. Σε αυτό έγινε και ο κύριος όγκος των εργασιών για την κατασκευή του βραχίονα. Στο περιβάλλον αυτό υπάρχει η δυνατότητα να δηλωθούν μηχανές CNC εργαλεία κατεργασιών, να επιλεχτούν κατεργασίες και παράμετροι αυτών. Να γίνει εξομοίωση της κατεργασίας, εμφάνιση ποιότητας κατεργασμένης επιφάνειας και τέλος να παραχθεί κώδικας μηχανής από τον επιλεγμένο post-processor.



Simulation σε CREO

2.6 Ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ συστημάτων CAD

Η μεγάλη διαφορά μεταξύ των υπάρχοντων συστημάτων CAD δεν είναι οι διαφορετικές λειτουργίες που διαθέτουν ή το πεδίο στο οποίο είναι πιο κατάλληλη η εφαρμογή τους, αλλά ο τρόπος με τον οποίο καταχωρούν τα δεδομένα που παράγονται από τις διάφορες εφαρμογές που υποστηρίζουν.

Ακόμα και για απλά γεωμετρικά στοιχεία μπορεί να έχει επιλεγεί και διαφορετικό σχήμα απεικόνισης του στοιχείου, π.χ. ένας κύκλος μπορεί να αποτυπωθεί με NURBS ή με παραμετρική αναπαράσταση. Αποτέλεσμα αυτού είναι να μην υπάρχει άμεση επικοινωνία μεταξύ διαφορετικών συστημάτων.

Επιπλέον, σε ένα περιβάλλον ανάπτυξης προϊόντων, ακόμα και όταν η ανάπτυξη λαμβάνει μέρος στα στενά όρια της επιχείρησης, σπάνια χρησιμοποιείται ένα μόνο σύστημα CAD/CAM. Όταν η ανάπτυξη είναι κατανεμημένη σε πολλούς υποκατασκευαστές, τότε ο καθένας μπορεί να χρησιμοποιεί το δικό του σύστημα.

Σε ορισμένες περιπτώσεις όμως, μεγάλοι κατασκευαστές δεν δέχονται μεταφορά δεδομένων και θέλουν το ίδιο υπολογιστικό σύστημα με το δικό τους από όλους τους υποκατασκευαστές, ώστε να αποφεύγουν πιθανά σφάλματα από την ανταλλαγή των δεδομένων ή για να εξαλείψουν το χρόνο που απαιτείται για τη διόρθωση των αρχείων μετά τη μετάφραση. Πολλές φορές αυτή η τυποποίηση στο υπολογιστικό σύστημα δεν είναι μόνο σε επίπεδο συστήματος αλλά και στην έκδοση που χρησιμοποιούν για τη μεταξύ τους συνεργασία.

Τα δεδομένα που δημιουργούνται από τα συστήματα CAD/CAM είναι διαφόρων μορφών, όπως:

- γεωμετρικά δεδομένα και τα δεδομένα τοπολογίας για τη μορφή του μοντέλου,
- πρόσθετα δεδομένα στη μορφή, όπως είναι οι εικόνες από εφαρμογές φωτορεαλισμού,
- το σχήμα της βάσης των δεδομένων,
- αποτελέσματα ανάλυσης, όπως είναι τα δεδομένα και τα αποτελέσματα από τα συστήματα ανάλυσης με πεπερασμένα στοιχεία (CAE) και
- δεδομένα παραγωγής, όπως είναι οι ανοχές και η λίστα των υλικών.

Από τα πρώτα στάδια της εφαρμογής και διάδοσης των συστημάτων CAD/ CAM έγινε προφανές ότι απαιτείται και μεταφορά δεδομένων μεταξύ των διαφόρων συστημάτων, με αποτέλεσμα να έχουν αναπτυχθεί διάφοροι μεταφραστές με διαφορετικές δυνατότητες. Η πρώτη προσπάθεια ήταν τα συστήματα IGES, με έμφαση στα γραφικά δεδομένα και η πλέον πρόσφατη είναι το STEP, με έμφαση σε όλα τα δεδομένα, του προϊόντος σε όλο τον κύκλο ζωής του. Μεταφραστές επίσης προέκυψαν από συστήματα που έχουν μεγάλη διάδοση, όπως είναι το DXF από την AUTODESK και το ACIS, που ήταν ο πρώτος πυρήνας στερεάς μοντελοποίησης με μορφολογικά χαρακτηριστικά. Λόγω της μεγάλης διάδοσής τους, πολλοί τρίτοι προμηθευτές συστημάτων παρείχαν μεταφραστές προς αυτά τα είδη αρχείων.

Ανταλλαγή δεδομένων μεταξύ Inventor και CREO

Τα δυο λογισμικά χρησιμοποιούν το καθένα δικό του και διαφορετικό τύπο αρχείων.

Το Inventor για part χρησιμοποιεί τύπο (IPT) για assembly (IAM) και για δισδιάστατα σχέδια (DWG).

Το CREO για part χρησιμοποιεί τύπο (PRT) για assembly (ASM) και για δισδιάστατα σχέδια (DWG) και για manufacture (MFG).

Έχουν όμως και τα δυο τη δυνατότητα να εξάγουν και να εισάγουν διαφορετικούς τύπους αρχείων. Παρόλα αυτά, δεν είναι ικανά να διακρίνουν μορφολογικά χαρακτηριστικά (features) παρά μόνο γεωμετρία.

Στην περίπτωση της εργασίας αυτής έγινε εξαγωγή των parts από Inventor σε μορφή (STP). Το CREO μπορούσε να διακρίνει γεωμετρία αλλά όχι χαρακτηριστικά. Τα χαρακτηριστικά που ήταν απαραίτητα για να γίνει το manufacturing από το CREO ήταν τρύπες και άξονες και εισήχθησαν μετά τη μεταφορά χειροκίνητα. Αν ήταν αναγκαία η εισαγωγή παραπάνω και πιο συνθετών χαρακτηριστικών τότε έπρεπε να γίνει η χρήση προγραμμάτων Reverse Engineering ή διαφορετικά η εξαρχής σχεδίαση τους στο CREO.



Επιλογή Export σε Autodesk Inventor

2.7 CNC Εργαλειομηχανές

CNC: Computer Numerical Control



HAAS VF-2

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

Αριθμητικός έλεγχος εργαλειομηχανών είναι ο τύπος ελέγχου που χρησιμοποιεί αριθμητικές τιμές για την αναφορά στη θέση και την κίνηση των αξόνων της μηχανής, για τον ορισμό εργαλείων, στροφών ατράκτου κλπ. Η έννοια άξονα μηχανής αναφέρεται σε ένα κινηματικό άξονα που αντιστοιχεί συνήθως σε γραμμική κίνηση, όπως η πρόωση του τραπεζιού μιας φρέζας, ή σε περιστροφική κίνηση, όπως η περιστροφή του διαίρετη της φρέζας.

Μία σειρά τέτοιων αριθμητικών τιμών αποτελεί ουσιαστικά το πρόγραμμα αριθμητικού ελέγχου. Τα σημερινά συστήματα ελέγχου CNC (Computer Numerical Control) χρησιμοποιούν επιπρόσθετα αριθμητικές τιμές και για λειτουργίες όπως ο μετασχηματισμός συστημάτων συντεταγμένων, η διαχείριση πινάκων δεδομένων, η αντιστάθμιση διαμέτρου και μήκους εργαλείου κλπ.

Αυτές καθώς και επιπρόσθετες λειτουργίες γραφικών, επικοινωνίας με άλλους Η/Υ και περιφερειακά αντιδιαστέλλουν τον απλό αριθμητικό έλεγχο (NC) με αυτόν που βασίζεται σε ηλεκτρονικό υπολογιστή (CNC). Σήμερα πλέον δεν υφίσταται NC με την αρχική του έννοια, αλλά απλά CNC και αυτό εννοούμε πλέον με τον όρο αριθμητικός έλεγχος.

Σε αντίθεση με τον παλαιότερο μηχανικό, πνευματικό ή υδραυλικό έλεγχο μηχανών και συσκευών, όπου ο αναπρογραμματισμός ήταν εξαιρετικά χρονοβόρος διότι γινόταν με μετατόπιση οριακών διακοπών, βυσμάτων καλωδίων κλπ, αλλά και με τις πρώτες μονάδες αριθμητικού ελέγχου όπου η κύρια λειτουργία ήταν η μετατροπή αριθμητικών τιμών σε ηλεκτρικά σήματα, οι σημερινές μονάδες CNC εκτελούν σχετικά μεγάλης έκτασης επεξεργασία των δεδομένων, κάτι που τους προσθέτει λειτουργικότητα αλλά και πολυπλοκότητα.

Η ιδέα του ελέγχου μιας μηχανής μέσω διαδοχικών εντολών είναι πολύ παλιά. Ήδη από τον 19ο αιώνα χρησιμοποιούνταν διάτρητες κάρτες από έλασμα για την οδήγηση κλωστικών μηχανών. Μεταξύ 1949 και 1952 ο J. Parsons και το MIT ανέπτυξαν ένα σύστημα για εργαλειομηχανές για τον άμεσο έλεγχο της θέσης των ατράκτων μέσω εξόδων μιας υπολογιστικής μηχανής και σαν απόδειξη των δυνατοτήτων του νέου αυτού συστήματος παρήγαγαν ένα τεμάχιο. Ο Parsons ανέφερε τις εξής τέσσερεις προϋποθέσεις για την υλοποίηση αυτής της ιδέας:

- Αποθήκευση σε διάτρητες κάρτες των υπολογισμένων συντεταγμένων μιας τροχιάς εργαλείου
- Ανάγνωση των αποθηκευμένων τιμών αυτόματα από τη μηχανή
- Υπολογισμός ενδιάμεσων τιμών από τις τιμές που έχουν αναγνωσθεί και άμεση διοχέτευση αντίστοιχων σημάτων στη μηχανή.
- Χρήση σερβοκινητήρων για την κίνηση των αξόνων της μηχανής με βάση τα σήματα εισόδου.

Ιστορική εξέλιξη

Το κίνητρο της «εφεύρεσης» του αριθμητικού ελέγχου ήταν η ευκολότερη και γρηγορότερη παραγωγή εξαρτημάτων αεροπλάνων, τα οποία γίνονταν ολοένα και πιο πολύπλοκα. Η ιστορική εξέλιξη της εφαρμογής αριθμητικού ελέγχου στις εργαλειομηχανές είναι η ακόλουθη:

1952 κατασκευάστηκε η πρώτη μηχανή αριθμητικού ελέγχου, μία Cincinnati Hydrotel, με κατακόρυφη άτρακτο, ταυτόχρονη κίνηση σε τρεις άξονες(3D γραμμική

παρεμβολή), 400 περίπου διόδους στη μονάδα ελέγχου και ανάγνωση δεδομένων από διάτρητη ταινία.

1954 η εταιρία Bendix άρχισε βιομηχανική παραγωγή εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου.

1958 εμφανίστηκε η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού αριθμητικού ελέγχου η APT σε συσχέτισμό με υπολογιστή IBM704.

1960 αντικαταστάθηκαν ρελέ και δίοδοι της μονάδας ελέγχου με τρανζίστορ.

1965 αυτοματοποιήθηκε η αλλαγή εργαλείων

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

1969 εμφανίστηκε το πρώτο DNC - Standard Omnicontrol φυσικά σε υπολογιστή IBM.

1970 υλοποιήθηκε η αυτόματη αλλαγή παλετών.

1972 δημιουργήθηκε η πρώτη γενιά CNC σε mini υπολογιστές.

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

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

1985 ξεκίνησε η δημιουργία «ανοιχτών» συστημάτων και τυποποιημένων πρωτόκολλων επικοινωνίας για την ενσωμάτωση των εργαλειομηχανών σε περιβάλλον CIM.

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

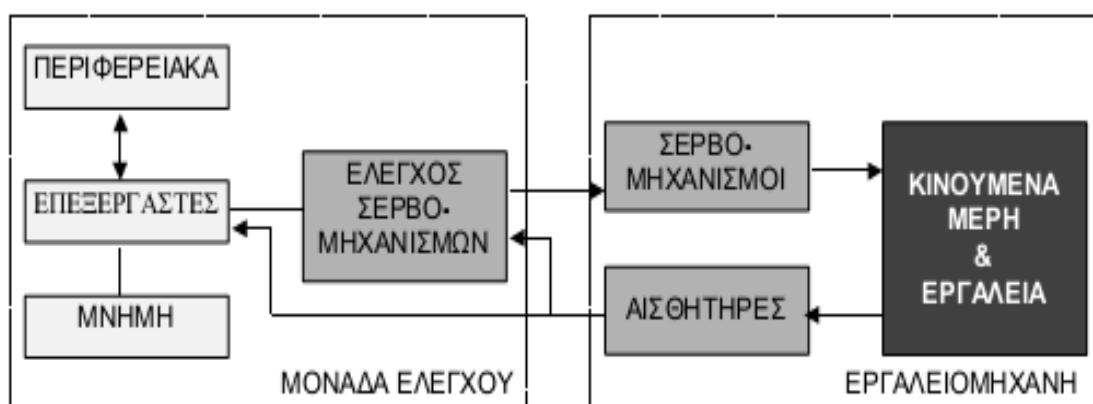
1993 χρησιμοποιήθηκε για πρώτη φορά λειτουργικό σύστημα Windows στη μονάδα ελέγχου. Σημειώνεται ότι η κύρια και τεχνικά πιο απαιτητική εφαρμογή του αριθμητικού ελέγχου γίνεται σε εργαλειομηχανές κοπής, όπου τυπικά ένα εργαλείο ακολουθεί μια γεωμετρική τροχιά. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν χρησιμοποιείται αριθμητικός έλεγχος και σε εργαλειομηχανές διαμόρφωσης (ελασμάτων, σωλήνων κλπ), αλλά και σε μη συμβατικές μηχανές κατεργασιών, όπως η ηλεκτροδιάβρωση.

Σημειώνεται ότι η κύρια και τεχνικά πιο απαιτητική εφαρμογή του αριθμητικού ελέγχου γίνεται σε εργαλειομηχανές κοπής, όπου τυπικά ένα εργαλείο ακολουθεί μία

γεωμετρική τροχιά. Αυτό δεν σημαίνει ότι δεν χρησιμοποιείται αριθμητικός έλεγχος και σε εργαλειομηχανές διαμόρφωσης (ελασμάτων, σωλήνων κλπ), αλλά και σε μη συμβατικές μηχανές κατεργασιών, όπως η ηλεκτροδιάβρωση.

Τα κύρια στοιχεία εργαλειομηχανής αριθμητικού ελέγχου είναι τα εξής :

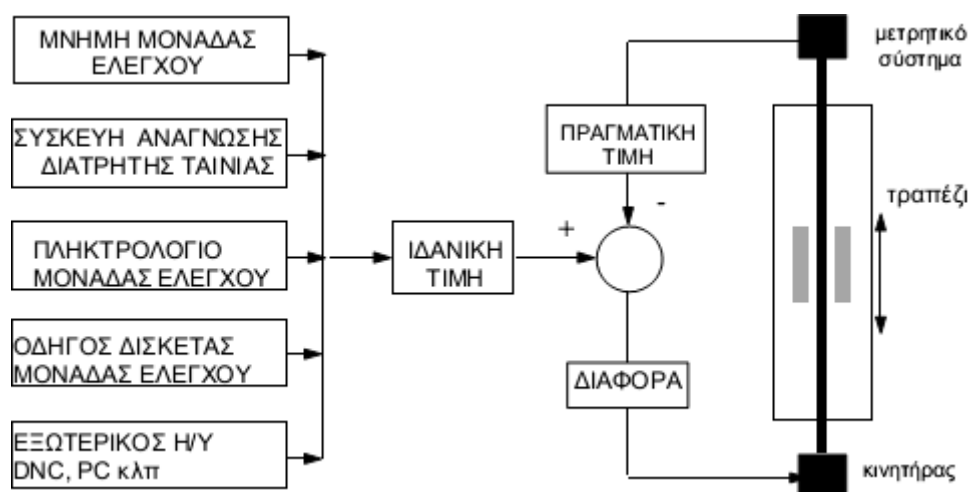
- Οι άξονες της εργαλειομηχανής - συνδυασμός γραμμικών και περιστροφικών, όπου κάθε άξονας νοείται και με την κινηματική του έννοια, αλλά και σαν σύστημα μετάδοσης κίνησης, όπως επίσης και μέτρησης των στοιχείων αυτής της κίνησης (θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση).
- Το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου το οποίο περιλαμβάνει συνήθως ένα αριθμό μικρο-επεξεργαστών, RAM, ROM και ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για την επεξεργασία και διαχείριση του προγράμματος καθώς και ηλεκτρονικά ισχύος για τον έλεγχο των αξόνων.
- Το λογισμικό - λειτουργικό σύστημα το οποίο περιλαμβάνει παραμέτρους μηχανής, περιβάλλον προγραμματισμού, σταθερές ρουτίνες επιμέρους κατεργασιών, ρουτίνες διευκόλυνσης του προγραμματισμού της μονάδας ελέγχου, σύστημα ενδείξεων τρέχουσας κατάστασης, διαγνωστικά βλαβών κλπ.
- Διάφορα περιφερειακά για την εισαγωγή του προγράμματος στη μηχανή, την εκτύπωση αρχείων και ενδεχόμενα την παρακολούθηση της λειτουργίας της εργαλειομηχανής.



Έλεγχος CNC Μηχανών

Αρχή λειτουργίας

Η γενική αρχή λειτουργίας μιας προγραμματιζόμενης εργαλειομηχανής φαίνεται στο παρακάτω σχήμα. Πρόκειται για ένα σύστημα ελέγχου κλειστού βρόχου ανάδρασης. Οι τιμές αναφοράς που προέρχονται από το πρόγραμμα συγκρίνονται με τις πραγματικές τιμές που μετρώνται όσο συχνά απαιτείται και η διαφορά τους χρησιμοποιείται για την οδήγηση του συστήματος κίνησης κάθε άξονα ή γενικότερα των πάσης φύσεως ενεργοποιητών (actuators)



Διάγραμμα λειτουργίας έλεγχου CNC

Προγραμματισμός

Ο προγραμματισμός εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου έχει σκοπό την δημιουργία ενός προγράμματος τεμαχίου (part program) το οποίο μπορεί να πάρει διάφορες εναλλακτικές μορφές όπως :

- Σειρά εντολών ISO, τυποποίηση που είναι κοινά αποδεκτή από όλους τους κατασκευαστές μονάδων ελέγχου. Το πρόγραμμα αυτό εισάγεται στη μονάδα αριθμητικού ελέγχου είτε με απευθείας πληκτρολόγηση, είτε με δισκέτα, είτε με ειδική διάτρητη ταινία, είτε με επικοινωνία της μονάδας αριθμητικού ελέγχου με εξωτερικό υπολογιστή όπου είναι αποθηκευμένο το πρόγραμμα.
- Πρόγραμμα σε γλώσσα ανώτερου επιπέδου από την ISO, πχ APT, COMPACT II κλπ, το οποίο έχει το πλεονέκτημα να είναι πίο εύληπτο από τη μορφή ISO, αλλά είναι απαραίτητο να μεταφραστεί τελικά σε αυτή. Η «μετάφραση» γίνεται από λογισμικό τύπου compiler και ακολουθείται προσαρμογή του προγράμματος στα συγκεκριμένα χαρακτηριστικά της εργαλειομηχανής μέσω λογισμικού επίσης που είναι γνωστό σαν «μετα-επεξεργαστής» (post-processor).

Ο προγραμματισμός γίνεται με τρεις εναλλακτικούς τρόπους :

1. Συμβατικός (με το χέρι), όπου ο προγραμματιστής βασίζεται :
 - a. στο μηχανολογικό σχέδιο του τεμαχίου για τις απαραίτητες πληροφορίες γεωμετρίας.
 - b. στις γνώσεις του από την τεχνολογία της κατεργασίας ή ακόμη καλύτερα σε ένα τυπικό ή προκαθορισμένο φρασεολόγιο για τον προσδιορισμό των φάσεων της κατεργασίας, την εκλογή εργαλείων, και την εκλογή συνθηκών κατεργασίας (πχ στροφών ατράκτου, πρόωσης κλπ).
2. Αλληλεπιδραστικά από το χρήστη με τη βοήθεια Η/Υ, όπου η υπολογιστής έχει αποθηκευμένες τυπικές “συνιστώσες” γεωμετρικές μορφές που συναντώνται στην πράξη και τα αντίστοιχα στοιχεία για την δημιουργία κώδικα αριθμητικού ελέγχου για κάθε γεωμετρία. Ο χρήστης είναι επιφορτισμένος με την επιλογή του συνόλου των γεωμετρικών μορφών που αποτελούν το τεμάχιο που θα κατασκευασθεί και με την εισαγωγή των δεδομένων τους αλληλεπιδραστικά στο λογισμικό. Συχνά αυτή η επιλογή γεωμετρίας γίνεται σε ένα μοντέλο του τεμαχίου σε σύστημα CAD.
3. Πλήρως αυτόματα από λογισμικό. Αυτός ο τρόπος ελαχιστοποιεί την επέμβαση του χρήστη λειτουργώντας όπως στην αλληλεπιδραστικό προγραμματισμό αλλά με την πρόσθετη αυτόματη ανάλυση του τεμαχίου σε σειρά τυπικών γεωμετρικών μορφών. Επειδή αυτό το τελευταίο δεν είναι εύκολο να γίνει στη γενική περίπτωση, ο αυτόματος προγραμματισμός είναι εφικτός σε καλά οριοθετημένες εφαρμογές όπως τόννευση, κατεργασία πρισματικών τεμαχίων με ασυνεχή μεταβολή της τρίτης διάστασης κλπ.

Τύποι ελέγχου αξόνων

Ιδιαίτερη σημασία έχει η έννοια του τύπου ελέγχου των αξόνων, κυρίως από την άποψη της κατανόησης της αρχής λειτουργίας της εργαλειομηχανής αλλά επίσης και για ιστορικούς λόγους. Για την κίνηση των αξόνων έχει σημασία το αρχικό σημείο, το τελικό σημείο (προορισμός) και η ταχύτητα της κίνησης (η επιτάχυνση αγνοείται προς το παρόν).

Ο απλούστερος τρόπος κίνησης από το αρχικό στο τελικό σημείο είναι η ανεξάρτητη μετατόπιση κάθε άξονα ταυτόχρονα, αλλά χωρίς σύνδεση των αξόνων μεταξύ τους (σημείο προς σημείο). Αυτός ο τρόπος είναι σαφές ότι κινεί, πχ ένα εργαλείο κοπής, από ένα σημείο σε ένα άλλο, αλλά χωρίς να δίνει σημασία στην ακολουθούμενη τροχιά.. Για αυτό το λόγο χρησιμοποιείται από τις παλαιότερες μηχανές διάτρησης και κάποιες εργαλειομηχανές διαμόρφωσης ελασμάτων.

Παραλλαγή του τύπου ελέγχου «σημείο προς σημείο» είναι η μετατόπιση κάθε άξονα διαδοχικά, οπότε εκτελούνται συνήθως διαδοχικές γραμμικές κινήσεις που έχουν όμως επίσης περιορισμένη χρησιμότητα λόγω αδυναμίας να ακολουθηθεί συγκεκριμένη τροχιά στη γενική περίπτωση. Αυτός ο τύπος ονομάζεται συνήθως «γραμμικής τροχιάς».

Ο πιο εξελιγμένος τύπος κίνησης των αξόνων είναι με συγχρονισμό τους έτσι ώστε να διαγράφεται μία συγκεκριμένη τροχιά στο χώρο. Η πιο συνηθισμένη περίπτωση είναι ο συγχρονισμός τριών αξόνων οπότε είναι δυνατή η διαγραφή καμπύλων στο χώρο. Παραλλαγή αυτού του τρόπου υπάρχει και στο επίπεδο με δυνατότητα χρήσης όμως τουλάχιστον τριών αξόνων (κίνηση 2.5 διαστάσεων). Ο συγχρονισμός αυτός γίνεται με παρεμβολή (Interpolation) που υλοποιείται συνήθως σε λογισμικό. Ο τύπος αυτός ελέγχου ονομάζεται «γενικευμένης τροχιάς».

Τύποι παρεμβολής

Όταν δίνονται το αρχικό και το τελικό σημείο της κίνησης καθώς και ο τύπος της καμπύλης που τα συνδέει, το λογισμικό παρεμβολής υπολογίζει μια διαδοχή ενδιάμεσων σημείων, έτσι ώστε να ξεκινήσουν όλοι οι άξονες ταυτόχρονα και να φθάσουν με την κατάλληλη ταχύτητα όλοι ταυτόχρονα στο τελικό σημείο, διερχόμενοι επίσης ταυτόχρονα από τα ενδιάμεσα σημεία.

Γραμμική παρεμβολή έχει νόημα εκτός από γραμμικούς άξονες και για άξονες περιστροφής, και χρησιμοποιείται συνήθως για τον προσανατολισμό εργαλείων σε αυτούς τους άξονες.

Όλες οι καμπύλες στο χώρο μπορούν να προσεγγισθούν με γραμμική παρεμβολή, αλλά για μεγαλύτερη ακρίβεια χρειάζεται τουλάχιστον και η κυκλική παρεμβολή σε δύο άξονες, δηλαδή η δυνατότητα διαγραφής κύκλου είτε σε κύριο επίπεδο είτε σε τυχαίο επίπεδο στο χώρο.

Επίσης χρησιμοποιούνται η παραβολική παρεμβολή, η παρεμβολή splines κλπ οι οποίες ουσιαστικά επιτυγχάνουν κίνηση μεταξύ δύο σημείων κατά μήκος καμπύλων ανώτερης τάξης με μειωμένο πλήθος υπολογιζόμενων σημείων και με μεγαλύτερη ακρίβεια σε σύγκριση με τη γραμμική και την κυκλική παρεμβολή. Τέτοιες δυνατότητες παρεμβολής έχουν νόημα για μηχανές με περισσότερους από τρεις άξονες.

Καθορισμός των αξόνων

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

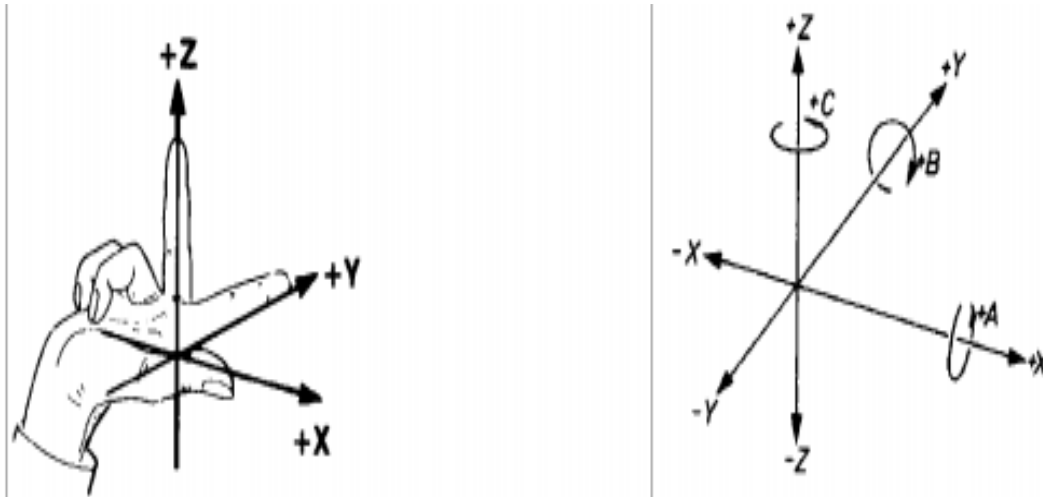
Οι γραμμικοί άξονες μιας εργαλειομηχανής είναι

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

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

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

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



Σύστημα αξόνων CNC

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

Οι κανόνες προσανατολισμού του καρτεσιανού συστήματος σε εργαλειομηχανές είναι οι ακόλουθοι :

Για τον άξονα των Z :

- Σε εργαλειομηχανές φρεζαρίσματος ή διάτρησης η σύμβαση είναι ο Z άξονας να είναι παράλληλος με την άτρακτο και η θετική κατεύθυνση να αντιστοιχεί σε αύξηση της απόστασης τεμαχίου - εργαλείου.
- Γενικά ο άξονας Z είναι κατά μήκος της κύριας ατράκτου (αυτής που διαθέτει την μέγιστη ισχύ). Η άτρακτος μπορεί να περιστρέφει το εργαλείο (όπως σε δρόπανα) ή το τεμάχιο (όπως σε τόρνους).
- Εάν δεν υπάρχει άτρακτος, όπως λ.χ. σε πλάνες, ο άξονας Z είναι κάθετος στην επιφάνεια συγκράτησης του τεμαχίου (τραπέζι).

Για τον άξονα των X .

- Ο άξονας X είναι παράλληλος προς την επιφάνεια συγκράτησης και παράλληλος προς την μακρύτερη από τις κινήσεις της μηχανής. Όπου είναι δυνατό πρέπει να είναι οριζόντιος.
- Σε εργαλειομηχανές με περιστρεφόμενα εργαλεία εάν ο άξονας Z είναι οριζόντιος, η θετική κατεύθυνση X είναι προς τα δεξιά κοιτώντας από την κολώνα προς το τεμάχιο, βλ. Σχήμα 1.9. Εάν ο άξονας Z είναι κατακόρυφος η θετική κατεύθυνση του άξονα X είναι προς τα δεξιά κοιτώντας από την άτρακτο προς την κολώνα.
- Στην περίπτωση τόννου ο άξονας X έχει κατεύθυνση ακτινικά προς τα έξω.

Για τον άξονα των Y η θετική κατεύθυνση προκύπτει από το δεξιόστροφο σύστημα X-Y-Z μετά τον προσδιορισμό των θετικών κατευθύνσεων για τους άξονες X και Z.

Παράδειγμα εφαρμογής των αξόνων \ddot{u} και W είναι τόννος με δύο εργαλειοφορεία, όπου το δεύτερο εργαλειοφορείο θα φέρει τους άξονες \ddot{u} και W παράλληλα προς τους X και Z.

Αξιολόγηση της χρήσης εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου

Η αξιολόγηση των εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου γίνεται σε σύγκριση με συμβατικές μηχανές και με μηχανές ειδικής χρήσης ή αυτόματες (δηλαδή αφιερωμένες σε πού συγκεκριμένη εργασία). Οι εργαλειομηχανές αριθμητικού ελέγχου είναι αρκετές φορές ακριβότερες από συμβατικές μηχανές, αλλά συγκρίσιμης τιμής με τις αυτόματες μηχανές. Συνεπώς απαιτείται υψηλός βαθμός χρησιμοποίησης. Επίσης η τεχνολογική διάρκεια ζωής τους είναι σχετικά μικρή.

Ένα από τα σημαντικότερα πλεονεκτήματα των εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου είναι ο χαμηλός χρόνος προετοιμασίας (setup) και η πολύ απλή διαδικασία φόρτωσης εργαλείων. Ο μη παραγωγικός χρόνος όπως για αλλαγή εργαλείων, αλλαγές προσανατολισμού και δεσίματος τεμαχίων, επιλογές πρόωσης και στροφών, φορτο-εκφόρτωση τεμαχίων, ενδιάμεσες μετρήσεις διαστάσεων ημικατεργασμένου τεμαχίου κλπ. ελαττώνεται στο ελάχιστο. Γενικά απαιτούν πολύ μικρότερο χρόνο χειριστή σε σύγκριση με τις συμβατικές μηχανές. Σε σύγκριση με τις αυτόματες μηχανές απαιτούν μεγαλύτερους χρόνους χειρισμού, αλλά πολύ μικρότερους χρόνους προετοιμασίας.

Οι εργαλειομηχανές αριθμητικού ελέγχου έχουν πολύ μεγαλύτερη παραγωγικότητα από τις συμβατικές μηχανές και συγκρίσιμη με ειδικές και αυτόματες μηχανές. Η ακρίβεια κατεργασίας είναι πολύ υψηλή όπως και η επαναληψιμότητα, πράγμα που δεν εξασφαλίζεται από τον ανθρώπινο παράγοντα - χειριστή των συμβατικών μηχανών.

Οι εργαλειομηχανές αριθμητικού ελέγχου είναι πολύ πιο ευέλικτες από συμβατικές αλλά και από αυτόματες μηχανές, πχ μπορούν να συνδυάσουν κατεργασίες που εκτελούνται σε περισσότερες από μία συμβατικές και αυτόματες εργαλειομηχανές, είναι ικανές να παράγουν ποικιλία γεωμετρικών μορφών, και ποικιλία τεμαχίων με απλή φόρτωση νέου προγράμματος και εργαλείων κάθε φορά κλπ. Επομένως έχουν ιδιαίτερα σημαντική θέση σε εργοστάσια όπου παράγεται ποικιλία τεμαχίων και όπου οι ποσότητες παραγωγής για μέσο χρονικό ορίζοντα δεν είναι γνωστές εκ των προτέρων.

Η κατασκευή πολύπλοκων τεμαχίων, πχ για την αεροπορική βιομηχανία είναι πολλές φορές δυνατή μόνο με εργαλειομηχανές αριθμητικού ελέγχου. Αλλαγές γεωμετρίας του τεμαχίου περνούν εύκολα στην παραγωγή γιατί απαιτούν μόνο διόρθωση κάποιων γραμμών προγράμματος. Οι εργαλειομηχανές αριθμητικού ελέγχου έχουν τη μέγιστη επίδραση στο υπόλοιπο εργοστάσιο σχετικά με άλλα είδη μηχανών και γιατί απαιτούν συμπληρωματικό εξοπλισμό για την καλύτερη εκμετάλλευσή τους, όπως εξοπλισμό για τη ρύθμιση εργαλείων, σταθμούς για δέσιμο τεμαχίων σε παλέτες, συστήματα λογισμικού για προγραμματισμό, σύστημα ελέγχου για τον έλεγχο περισσότερων της μιας μηχανών κλπ.

Επίσης, και αυτό είναι ακόμη σημαντικότερο, είναι συνδεδεμένες με μία ευρύτερη αλλαγή νοοτροπίας οργάνωσης και λειτουργίας του εργοστασίου, πχ εκπαίδευση του τεχνικού προσωπικού σε πολλαπλά καθήκοντα έτσι ώστε να διατηρείται υψηλός ο βαθμός χρησιμοποίησης των μηχανών, δημιουργία τμήματος εκπόνησης φρασεολογιών, ενδεχόμενη αντικατάσταση των σχεδιαστηρίων από συστήματα CAD και μάλιστα για τρισδιάστατη σχεδίαση, ενδεχόμενη σύνδεση του συστήματος προγραμματισμού NC με σύστημα προγραμματισμού παραγωγής ενδεχόμενη αλλαγή του συστήματος αποθεμάτων δεδομένου ότι ο χρόνος ανταπόκρισης σε παραγγελίες μικρού και μέσου αριθμού τεμαχίων είναι ρεαλιστικά μικρός.



CNC 4- Αξόνων

Κεφάλαιο Τρίτο: Κατασκευή ρομποτικού βραχίονα.

3.1 Σχετικά με το ρομπότ



Ρομπότ θερμοκηπίου

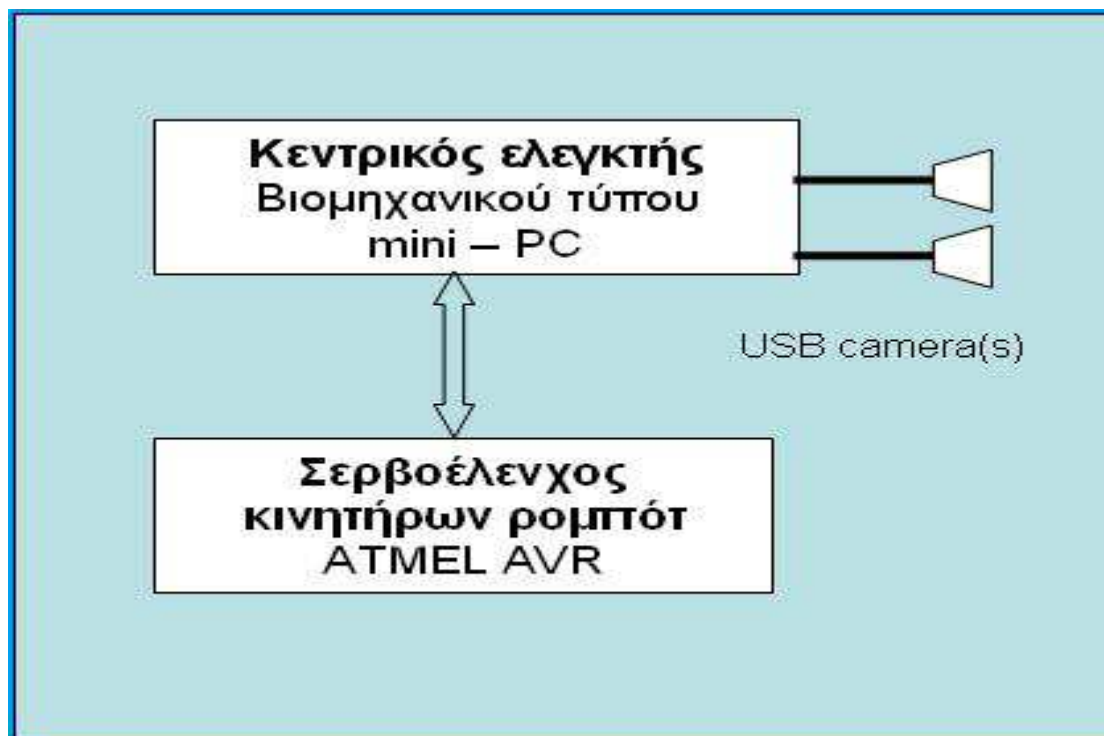
Το θέμα σχεδιασμού και υλοποίησης ενός τέτοιου ρομπότ για δουλειές σε θερμοκήπια έχει απασχολήσει εδώ και πολλά χρόνια αρκετά ερευνητικά κέντρα, πανεπιστήμια και ινστιτούτα έρευνας και τεχνολογίας σε όλο τον κόσμο μέχρι σήμερα.

Πρέπει να τονιστεί το γεγονός πως είναι αναγκαία η συμμετοχή ατόμων διαφορετικών ειδικοτήτων και γνώσεων ώστε ένα τέτοιο έργο να υλοποιηθεί.

Το ρομποτικό μοντέλο έχει επιλεγεί και σχεδιαστικό, για να είναι ικανό να πραγματοποιεί αυτόνομα εργασίες μέσα σε χώρους θερμοκηπίων. Είναι ικανό να κινείται σε έδαφος που να μην είναι και τόσο ομαλό και στρωτό, και να προσπερνά τα διαφορετικού είδους εμπόδια στον δρόμο του που θα το δυσκολεύουν. Επίσης είναι μια κατασκευή στιβαρή και σωστά δομημένη ώστε περνώντας τυχόν εμπόδια και επεκτείνοντας τον βραχίονα του, να μην υπάρχει κίνδυνος απώλειας στήριξης ή και ντεραπαρίσματος.

Το ρομπότ μας έχει σχεδιαστεί και μελετηθεί από τον ΠΟΛΥΓΕΡΙΝΟ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗ και παρακάτω θα παρουσιαστούν κομμάτια από την εργασία του.

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΕΛΕΓΧΟΥ



Χαρακτηριστικά

Πλοήγηση και εντοπισμός καρπών με την βοήθεια συστήματος Τεχνητής Όρασης.
Κύριος ελεγκτής βασισμένος σε βιομηχανικού τύπου μινι - PC
Ελεγκτής χαμηλού επιπέδου (για σερβοέλεγχο κινητήρων) βασισμένος σε μικροελεγκτή ATMEL AVR

ΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΕΧΝΗΤΗΣ ΟΡΑΣΗΣ - ΠΛΟΗΓΗΣΗ

Χαρακτηριστικά τεχνητής όρασης

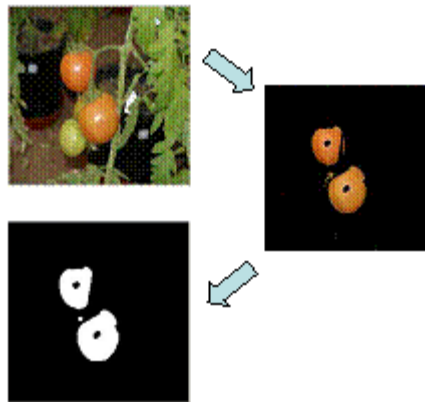
Κοινή(ες) USB κάμερα(ες).

Επεξεργασία εικόνας με την βοήθεια του σχετικού πακέτου (Toolbox) του MatLab.

Διάκριση και εντοπισμός καρπών.

Η διάκριση κάποιων καρπών εύκολη με επεξεργασία χρώματος (ντομάτα), άλλων δυσκολότερη.

Για τον προσδιορισμό της θέσης των καρπών στο χώρο (βάθος) θα χρησιμοποιηθεί πιθανώς αισθητήρας laser.



Πρώτες δοκιμές εντοπισμού ντοματών μέσω H/Y (Matlab)

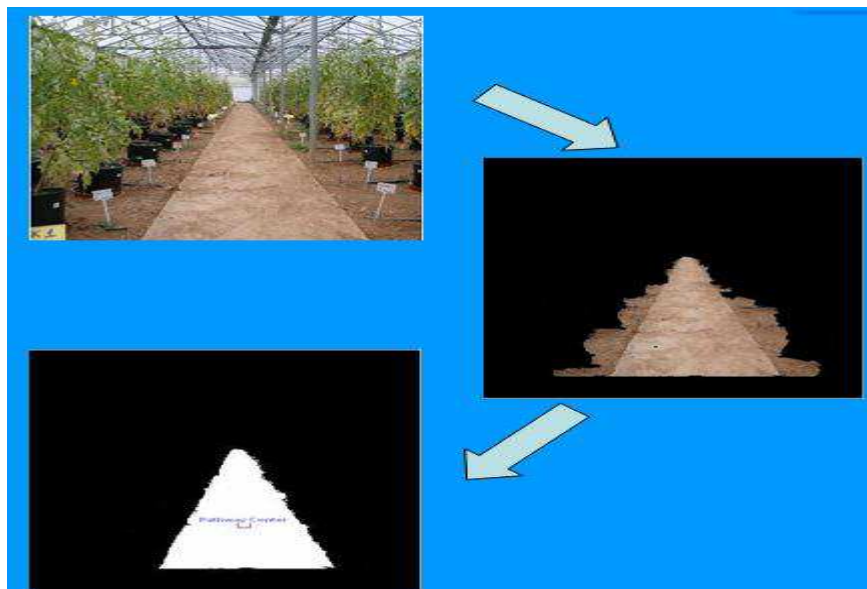
Πλοήγηση

Κίνηση κατά μήκος διαδρόμου:

Κάμερα αναλύει την εικόνα του «διαδρόμου» και πληροφορεί το ρομπότ για το αν χρειάζεται να «διορθώσει» την πορεία.

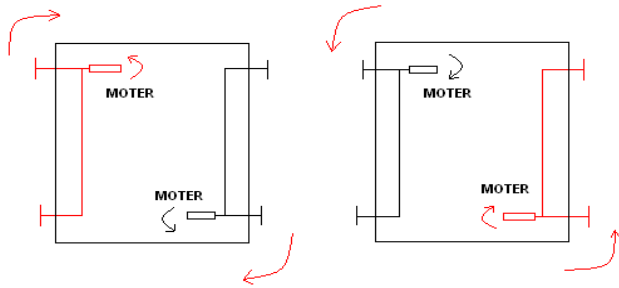
Κίνηση για αλλαγή διαδρόμου :

Χρήση χαρακτηριστικών (τεχνητών μάλλον) σημαδιών – landmarks.



Διάδρομος θερμοκηπίου πριν και μετά την επεξεργασία εντοπισμού μονοπατιού

Το ρομπότ είναι τροχήλατο με 4 ρόδες όπου η κίνηση παρέχεται από δύο DC κινητήρες (έναν για τις δεξιές ρόδες και ένας για τις αριστερές), χωρίς την ανάγκη προσαρμογής αναρτήσεων



αφού η ταχύτητα κίνησης δεν θα είναι μεγάλη και δεν θα επηρεάζεται η σταθερότητα του ρομπότ.

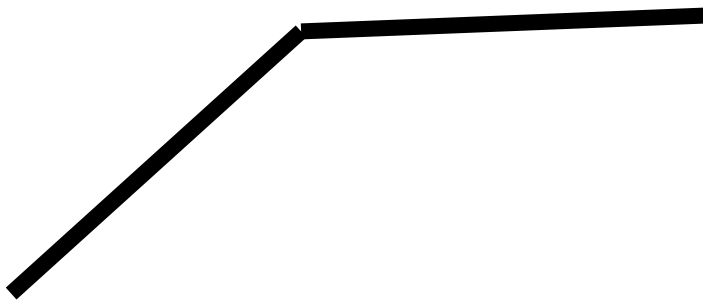
Οι στροφές στο ρομπότ θα εκτελούνται συρτά. Δηλαδή όταν θα θέλει να στρίψει θα

μειώνει τις στροφές του ενός κινητήρα θα κρατά σταθερές του άλλου ολισθαίνοντας στο έδαφος και έτσι θα γυρνά γύρω από έναν νοητό άξονα. Εκτελώντας την στροφή σε όσες μοίρες.

Ο βραχίονας του ρομπότ όπου η κατασκευή του είναι και ο σκοπός της εργασίας αυτής είναι τριών βαθμών ελευθερίας. Έχει σχεδιαστεί ώστε να είναι ευέλικτος και στιβαρός.

Προδιαγραφές

L2



L1

$$L1+L2=1,0 \text{ m}$$

$$V_{\text{tip}} = 1 \text{ m/s}$$

$$\text{Payload (βάρος ανύψωσης)} = 2 \text{ Kgr}$$

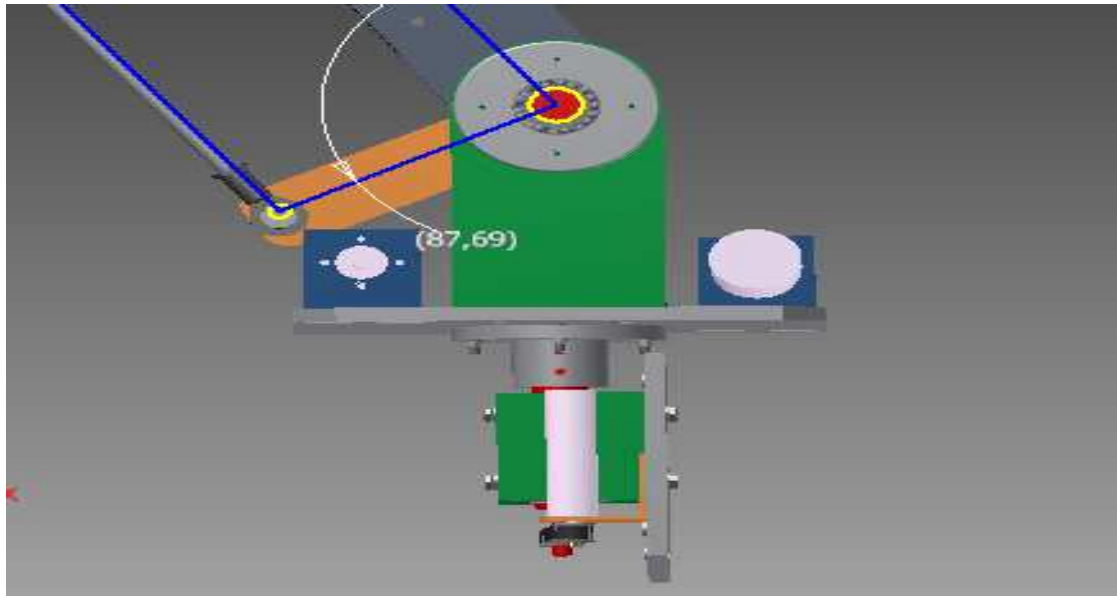
Επιταχύνσεις στο άκρο της τάξης του 1g που μειώνονται γραμμικά μέχρι μηδενισμού προς το κέντρο της περιστροφής.

Προκαταρκτικοί Υπολογισμοί

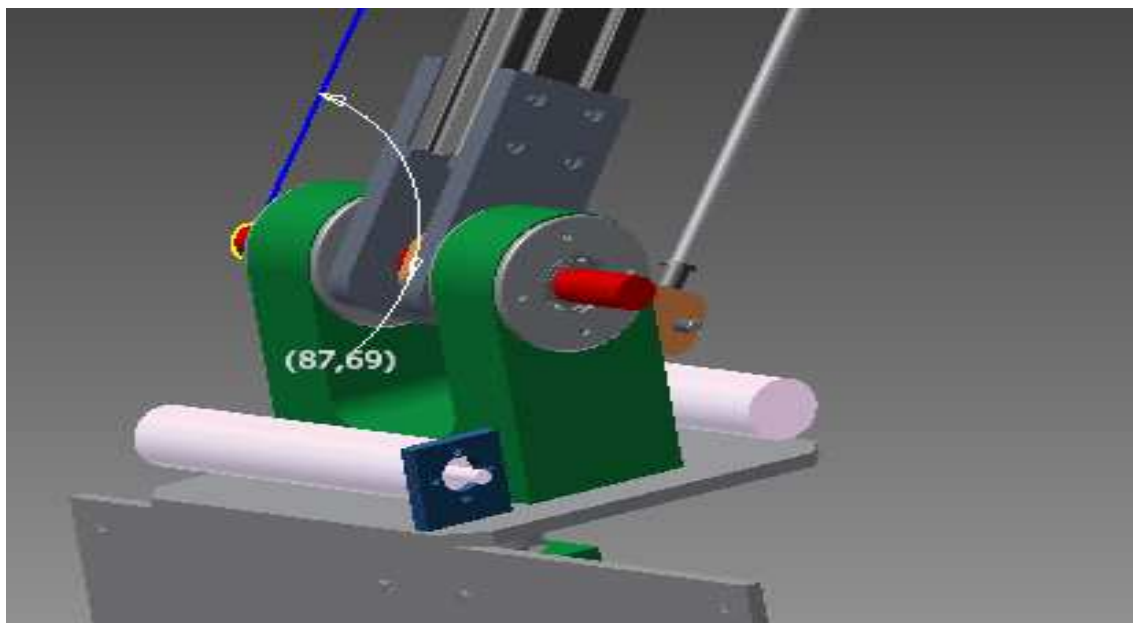
$$\Omega_1 = 1/1 = 1 \text{ rad/s} \Rightarrow n = 60/6,28 \text{ RPM} = 10 \text{ RPM}$$

$$\Omega_2 = \text{περίπου } 20 \text{ RPM}$$

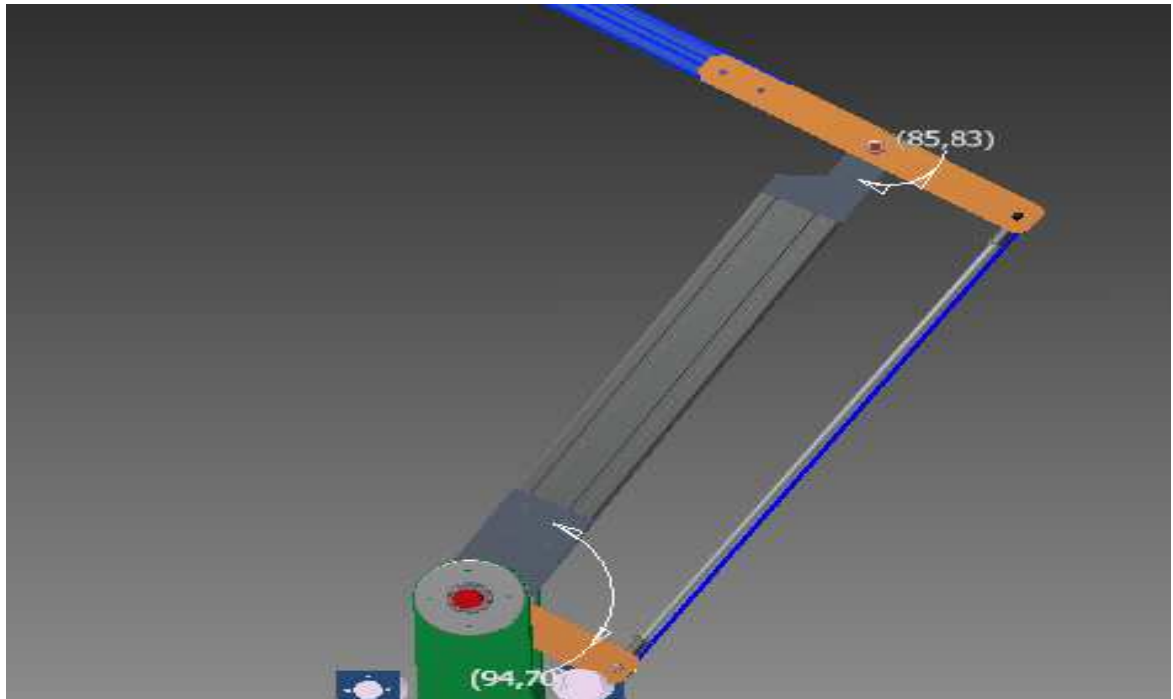
Πρώτος βαθμός ελευθερίας,



Δεύτερος βαθμός ελευθερίας,



Τρίτος βαθμός ελευθερίας,



3.2 Κατασκευή βραχίονα

Τα κομμάτια του βραχίονα κοπήκαν στη CNC φρέζα HASS VF-2 4 αξόνων του εργαστηρίου ρομποτικής του Α.Τ.Ε.Ι. Κρήτης .

Ο τέταρτος άξονας δεν χρησιμοποιήθηκε λόγω του ότι όταν πραγματοποιούνταν οι κοπές δεν υπήρχε τσοκ στήριξης για να λειτουργήσει ο άξονας.

Παρακάτω παρουσιάζετε θεωρεία για επιτραπέζιο φρεζάρισμα. Οι κατεργασίες δεν ακλούθησαν πιστά τη θεωρεία αυτή αλλά ήταν η βασική αρχή.



HAAS VF-2 του Α.Τ.Ε.Ι Κρήτης

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

- **Κατηγορίες Φρεζαρίσματος (Milling)**

Το φρεζάρισμα ως κατεργασία διαχωρίζεται στις εξής κατηγορίες:

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

Φρεζάρισμα υψηλών ταχυτήτων (High Speed Precision Machining): Είναι μια στρατηγική φρεζαρίσματος που συνδυάζει μικρά ακτινωτά βάθη κοπής (Small Radial Depth Of Cut) με υψηλές ταχύτητες κοπής και πρόωσης της τράπεζας της εργαλειομηχανής (Table Feed). Ανάλογα με τη μέθοδο, μπορούν να επιτευχθούν υψηλοί βαθμοί αποβολής υλικού και χαμηλές τιμές τραχύτητας R_a . Τυπικά χαρακτηριστικά της εν λόγω στρατηγικής είναι οι μικρές δυνάμεις κοπής που εμφανίζονται, η μειωμένη παραγωγή θερμότητας στο τεμάχιο και το κοπτικό εργαλείο, μικρότερη ανάγκη για γλύφανση (Burr Formation) και υψηλή διαστασιολογική ακρίβεια στο τεμάχιο. Με τη μέθοδο HSM (High Speed Machining) μπορεί να επιτευχθεί υψηλός ρυθμός αποβολής υλικού και αποπεράτωση της επιφάνειας με τη χρήση πολύ υψηλότερων ταχυτήτων κοπής από αυτές που εμφανίζονται στο γενικό φρεζάρισμα (General Machining). Τα εργαλεία είναι πολύ ευσταθή, έχουν μεγάλο πάχος διάμετρο στα άκρα τους και μικρά μήκη κοπής, περιλαμβάνουν κατάλληλα διαμορφωμένο και ευκρινή χώρο για την εξαγωγή του αποβλήτου για την εύκολη απομάκρυνσή του και μπορεί να φέρουν επικάλυψη (π.χ. επικάλυψη κοβαλτίου, που προσδίδει βελτιωμένη αντοχή σε φθορά λόγω των υψηλών ταχυτήτων κοπής). Πεδίο εφαρμογής της εν λόγω μεθόδου φρεζαρίσματος είναι η βιομηχανία ταχείας κατασκευής καλουπιών/χυτών για προ-αποπερατωμένες (PreFinishing) και αποπερατωμένες (Finishing) κατεργασίες σε σκληρυμένο χάλυβα (7862 HRC). Η τεχνική αυτή μπορεί επίσης να εφαρμοστεί στις περισσότερες κατηγορίες υλικών όταν χρησιμοποιηθεί το κατάλληλο εργαλείο και προχωρημένες μέθοδοι κατεργασίας.

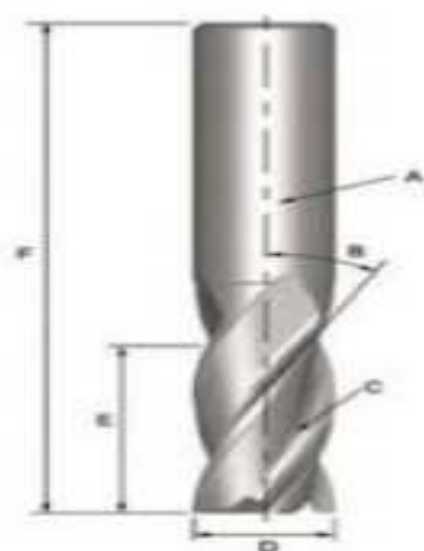
Φρεζάρισμα υψηλών αποδόσεων (High Performance Machining): Στην εν λόγω στρατηγική φρεζαρίσματος επιτυγχάνονται πολύ υψηλοί βαθμοί αποβολής υλικού. Τυπικό χαρακτηριστικό της εν λόγω κατεργασίας είναι ότι το πλάτος κοπής (a_e) αντιστοιχεί μια φορά στη διάμετρο κοπής (D_c) και το βάθος κοπής από 1 μέχρι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

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

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

Κονδύλια (End Mills)

Στο επιτραπέζιο φρεζάρισμα σχεδόν κατά αποκλειστικότητα χρησιμοποιούνται τα λεγόμενα κονδύλια (End Mills). Υπάρχουν σε αρκετές μορφές και τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά τους αναφέρονται παρακάτω;



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

Επιλέγοντας τον αριθμό των φτερών (flutes)

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

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


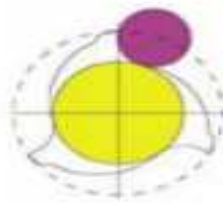
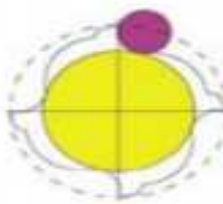
Τα γενικά χαρακτηριστικά και κριτήρια επιλογής τους φαίνονται στον παρακάτω Πίνακα 1.

Ο ρόλος της γωνίας ελίκωσης (Helix angle)

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

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

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

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

Βασικές Κατηγορίες

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

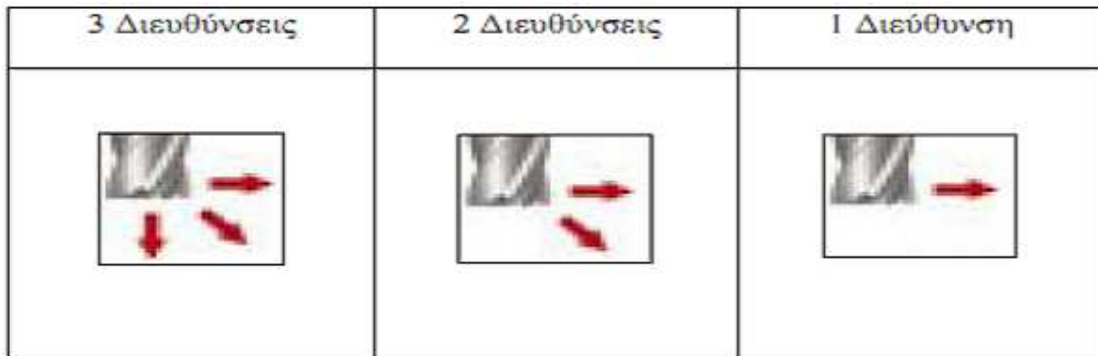
Επίπεδα - Ξεγονδρίσματος (Flat end mills)	Σφαιρικά-Σφαιροειδή (Ball-nose End Mills)	Γωνιακά (Corner Radius End Mills)	Χαρακτικά - Λεπτοκατεργασίας (Miniature Cutters)
			
Τελειώνει σε τετραγωνική διατομή	Τελειώνει σε ημισφαιρική διατομή	Τελειώνει σε τετραγωνική διατομή με ράδιο.	Διάμετρος έως 1mm

Περεταίρω Κατηγοριοποίηση 1^α την επιλογή κονδυλίων (End Mills)

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

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

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



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

Ορίζεται:

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

οπου:






$$Q = MRR(cm / min)$$

a_p = αξονικό πάχος (mm)

a_e = ακτινικό μήκος (mm)

a_f = ρυθμός αποβολής (mm / min)

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

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

Τρόποι Εισχώρησης Κοπτικού Εργαλείου στην Πρώτη Ύψη

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

Εισχώρηση κε γωνία (ramping)

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



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

Σπειροειδής εισχώρηση



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

$$Db \max = 2 \cdot (D - R)$$

όπου ,

$Db \max$ = η μέγιστη δυνατή διάμετρος διάνοιξης

D = Η διάμετρος φρεζαρίσματος

R= Η ακτίνα φρεζαρίσματος

Αξονική εισχώρηση



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

Μηχανική Φρεζαρίσματος — Βασικές Εξισώσεις

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

Ορολογία και συμβολισμοί κατά το φρεζάρισμα:

D_c : Διάμετρος κοπής (mm).

\dot{I}_M : Υπό κατεργασία μήκος (mm).

D_e : Ενεργή διάμετρος κοπής.

a_p : Βάθος κοπής (mm).

a_e : Πλάτος κοπής (mm).

V_c : Ταχύτητα κοπής (m/min).

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

T_c : Χρόνος κατεργασίας (min).

Z_n : Αριθμός δοντιών.

f_z : Πρόωση ανά δόντι (mm/δόντι).

f_n : Πρόωση ανά περιστροφή (mm/rev).

νf : Ταχύτητα πρόωσης τραπέζης (mm/min).

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

h_m : Μέσο θεωρητικό πάχος αποβλήτου (mm).

Z_c : Ενεργός αριθμός δοντιών.

k_c : Δύναμη κοπής ανά mm^2 (N/mm^2).

n : Στροφές ατράκτου (RPM) ή Βαθμός απόδοσης.

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

K_r : Βασική γωνία κοπής (degrees).

γ_v : Αξονική κλίση κοπτικού εργαλείου

γ_f : Ακτινική κλίση κοπτικού εργαλείου.

γ_o : (Γωνία κλίσης του κοπτικού εργαλείου) + (γωνία κλίσης του ένθετου πλακιδίου). Εκθέτης που λαμβάνεται στον υπολογισμό της δύναμης κοπής ανά MM^2 (^)

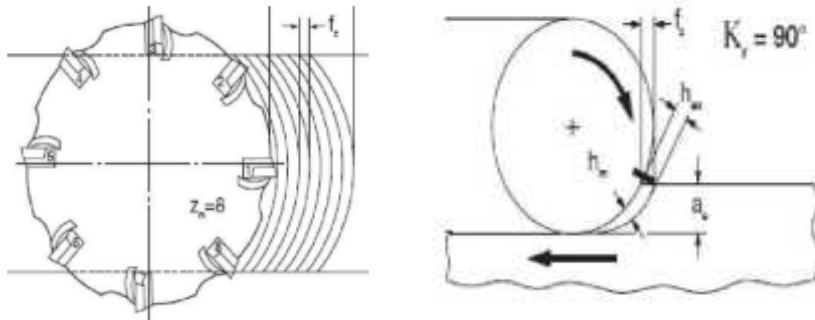
ν_{ao} : Σταθερά για την ταχύτητα κοπής.

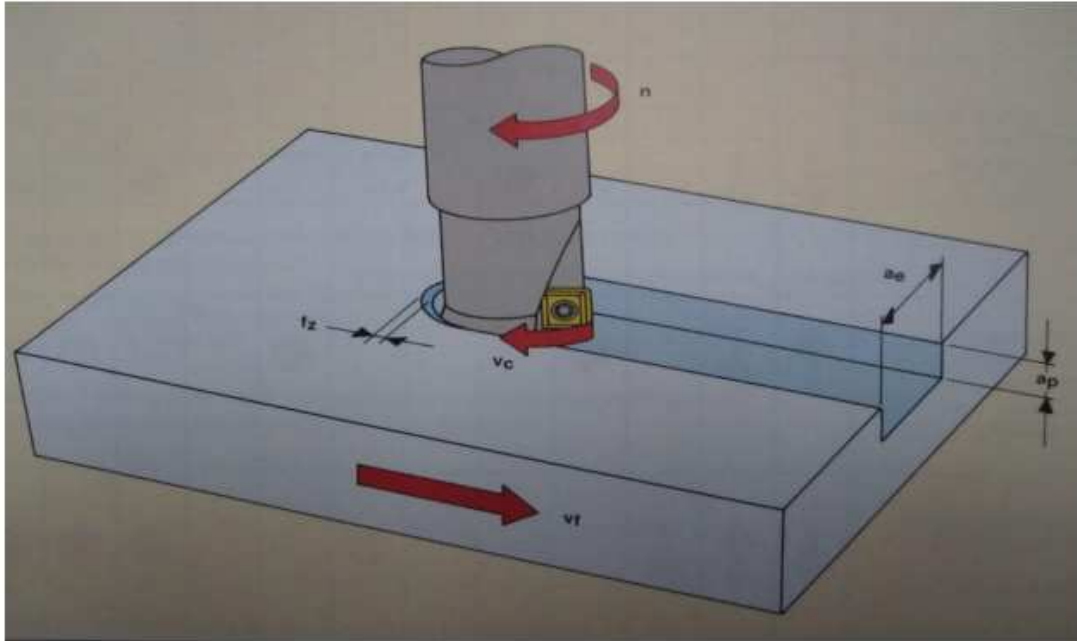
$O_{\nu a}$: Συντελεστής διόρθωσης της ταχύτητας κοπής.

iO : Καταχωρημένος κύκλος.

ω : Γωνία σύμπλεξης.

M_{ϵ} : Ροπή κοπής (Nm).





Γενικές σχέσεις για το φρεζάρισμα:

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

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

Ταχύτητα προώσης (V_f): $V_f = n * Z_n * f_z [mm/min]$

Ρυθμός αποβολής υλικού (Q): $Q = a_e * a_p * \frac{a_f}{1000} \left(\frac{cm^3}{min}\right)$

Προώση ανα δοντι (f_z): $f_z = \frac{V_f}{n} * Z_n [mm\backslash\delta\omicron\upsilon\upsilon\tau\iota]$

Προώση ανα περιστροφή (f_n): $f_n = V_f \backslash n [mm\backslash\text{rev}]$

Δυναμική κοπής ανα mm^2 (k_c): $k_{c1} * h_m^{-z} [N\backslash mm^2]$

Υπολογισμός ισχύος κοπής κατά το φρεζάρισμα:

Ροπή (Nm): $M_c = a_p * a_e * V_f * \frac{k_c}{2\pi} * n$

$$\text{Ισχυς (kW): } P_c = a_p * a_e * V_f * \frac{k_c}{60} * 102 * 9.81$$

$$\text{Μεσο θεωρητικο παχος αποβλητου (mm): } h_m = f_z * a_e * \frac{360}{D} * \pi * \arccos \left[1 - 2 * \frac{a_e}{D} \right]$$

Κανόνες επιλογής και χρήσης κοπτικών εργαλείων

Γενικά

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

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

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

Πριν διεξαχθεί φρεζάρισμα πρέπει να λαμβάνει κανείς υπόψη τα εξής:

- Επιλέγουμε από τους καταλόγους της κατασκευάστριας εταιρείας το καταλληλότερο για την εφαρμογή μας κονδύλι. Λαμβάνουμε υπόψη ότι υπάρχουν κεντροφόρα (center cutting type) και μη κεντροφόρα (non-center cutting type) κονδύλια.
- Επιλέγουμε την κατάλληλη ταχύτητα κοπής και τον κατάλληλο ρυθμό πρόωσης ώστε να υπάρχει ισορροπία μεταξύ του ρυθμού αποβολής υλικού και της διάρκειας ζωής του ΚΕ.
- Ενημερωνόμαστε για την κατάσταση και την ηλικία του ΚΕ.
- Επιλέγουμε τα καλύτερα από άποψη διαστάσεων κονδύλια, με όσο το δυνατόν γίνεται μεγαλύτερη διάμετρο, με σκοπό να μειώσουμε την απόκλιση και τις καμπτικές τάσεις που αναπτύσσονται σε αυτά.
- Επιλέγουμε κονδύλια με υψηλή στιβαρότητα και αποφεύγουμε να προβάλλουμε υπέρμετρα το ΚΕ από τον εργαλειοδέτη του.
- Τα κονδύλια με πολλές αυλακώσεις (flutes) , έχουν υψηλή στιβαρότητα , μειωμένο χώρο αποβλήτου και ενδείκνυνται για υψηλές ταχύτητες πρόωσης τραπέζης.
- Τα κονδύλια με λιγότερες αυλακώσεις (flutes) , έχουν μειωμένη στιβαρότητα έναντι αυτών με πολλές αυλακώσεις , παρέχουν περισσότερο χώρο για το απόβλητο και ως συνέπεια αυτού, το απόβλητο αποβάλλεται ευκολότερα από το ΚΕ χωρίς να μπλοκάρει την κοπή ή να συγκολλιέται πάνω στο ΚΕ εξαιτίας της ανάπτυξης θερμότητας.

Η επιλογή της καταλληλότερης ταχύτητας κοπής και του ρυθμού πρόωσης πρέπει να γίνεται με γνώμονα τον τύπο του υλικού που κατεργαζόμαστε ,το υλικό του κονδυλίου , την ισχύ του άξονα μετάδοσης ισχύος (spindle) και την ποιότητα


επιφανείας που επιδιώκουμε.

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

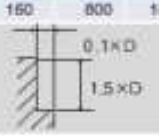
Παράδειγμα – φρεζάρισμα με χρήση κονδυλίων (end mills)

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

3 FLUTE, FINISH SIDE CUTTING
304303, 104103, 128103



MATERIAL	CARBON STEELS ALLOY STEELS TOOL STEELS		CARBON STEELS ALLOY STEELS TOOL STEELS		CARBON STEELS ALLOY STEELS TOOL STEELS		STAINLESS STEELS TITANIUM ALLOYS		CAST IRON		ALUMINUM ALLOYS		COPPER BRASS NON-FERROUS METALS	
HARDNESS	~ HRc20		HRc20 ~ HRc30		HRc30 ~ HRc40									
STRENGTH	500 ~ 800N/mm ²		800 ~ 1000N/mm ²		1000 ~ 1300N/mm ²									
DIAMETER	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED	RPM	FEED
2	5500	180	4800	160	4000	120	8000	140	6500	330	16000	720	12000	540
3	3700	200	3200	170	2600	130	5300	140	4200	330	11000	690	8000	530
4	2800	200	2400	180	2000	130	4000	140	3200	340	8000	720	6000	540
5	2200	200	1900	180	1600	130	3200	140	2500	340	6400	710	4800	530
6	1800	200	1600	180	1300	130	2600	150	2100	400	5300	760	4000	580
8	1400	200	1200	180	1000	130	2000	150	1600	430	4000	760	3000	580
10	1100	200	950	180	800	130	1600	150	1300	450	3200	760	2400	580
12	900	200	800	180	660	130	1300	150	1000	470	2600	760	2000	580
14	800	200	700	180	570	130	1100	150	900	490	2300	760	1700	580
16	700	220	600	190	500	180	1000	170	800	510	2000	760	1500	580
20	550	220	480	190	400	160	800	180	640	540	1600	760	1200	580



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

RPM =rev/min
FEED =mm/min

Πίνακας προτεινομένων συνθηκών κοπής

$$\text{Για } D=2\text{mm} \Rightarrow a_e = 0.1 * D = 0.1 * 2 = 0.2\text{mm} \Rightarrow a_e = 0.2\text{mm}$$

$$\text{Και } a_{pmax} = 1.5 * D = 3\text{mm} \Rightarrow a_{pmax} = 3\text{mm} , \text{επιλεγώ } a_p = 0.1\text{mm}$$

$$\text{άρα για } D = D_c = 2 , n = 16000\text{RPM και } v_f = 720\text{mm/min} \alpha$$

$$v_c = \pi * n * \frac{D_c}{1000} = 16000 * \pi * \frac{2\text{mm}}{1000} = \frac{100.5\text{m}}{\text{min}} \Rightarrow v_c = 100.5\text{m/min}$$

$$a_e * a_p * \frac{v_f}{1000} = 0.2\text{mm} * 0.1 * 720\text{mm/min} \frac{1}{1000} = \frac{0.0144\text{cm}^3}{\text{min}} \Rightarrow Q = 0.0144\text{cm}^3 / \text{min}$$

$$f_z = \frac{v_f}{n} * Z_n = 720\text{mm}/\text{min}/16000 * 3 = \frac{0.015\text{mm}}{\text{flute}} \quad f_z = \mathbf{0.015\text{mm}/\text{flute}}$$

$$f_n = \frac{v_f}{n} = 720\text{mm}/\text{min}/1600 = 0.045\text{mm}/\text{rev} \Rightarrow \mathbf{f_n = 0.045\text{mm}/\text{rev}}$$

Για σκληρυμένο αλουμίνιο ,Si<0.5% (π.χ. A1 7075) παίρνουμε $k_{c1} = 450\text{N}/\text{mm}^2$ και $z=0.18$

Επομένως:

$$k_c = k_{c1} * h_m^{-z} = 450 * 0.0047^{-0.18} = 1182.68\text{N}/\text{mm}^2 \Rightarrow \mathbf{k_c=1182.68\text{N}/\text{mm}^2}$$

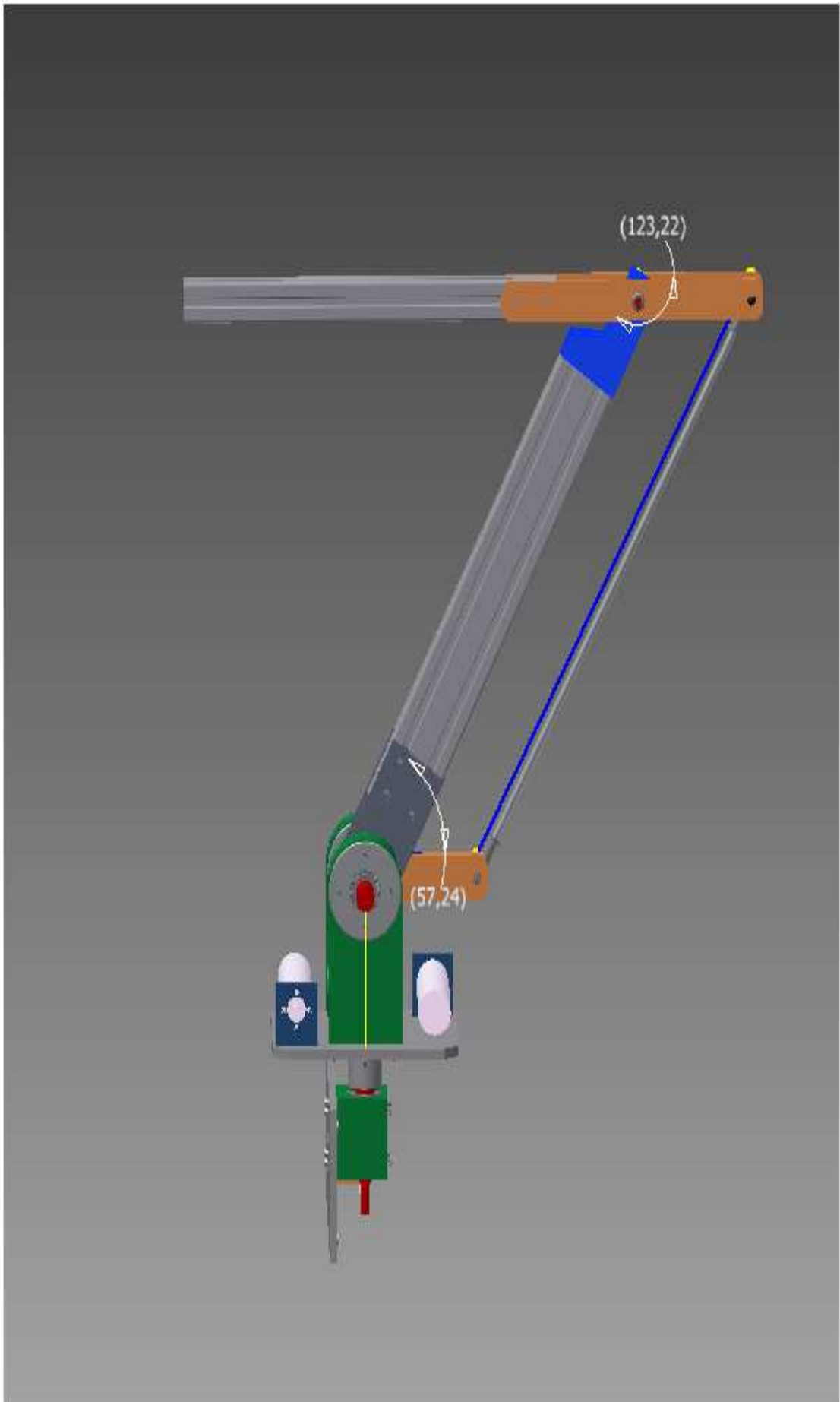
ετσι λοιπον αν σε μια CNC εργαλειομηχανή ο άξονας κύριας ατράκτου δίνει ισχύ 330watt και μέγιστη ταχύτητα πρόωσης τραπέζης 3000mm/min, θεωρώντας βαθμό απόδοσης του ηλεκτροκινητήρα $\eta=0.97$ προκύπτει:

$$P = \frac{P_c}{\eta} = \frac{283.66}{0.97} = 293 \Rightarrow P=293\text{W} < P_{max} 300\text{W} ,\text{επομένως δεν τίθεται θέμα αστοχίας κινητήρα, ούτε κοπτικού εργαλείου}$$

3.3 Βραχίονας και τα επιμέρους κομμάτια του.

Όπως αναφέρθηκε παραπάνω η θεωρία ήταν η βασική αρχή για τις συνθήκες κοπής αλλά οι τελικές τιμές των συνθηκών ήταν διαφορετικές. Οι τελικές τιμές των συνθηκών κοπής επιλεχτήκαν μετά από πειραματισμούς οι όποιοι βασίζονταν στο θόρυβο, το φορτίο, της ταλαντώσεις, όπου όλα αυτά οδηγούν στην ποιότητα της επιφάνειας αλλά το κάθε ένα είναι και μια διαφορετική παράμετρος.

Ο βραχίονας έχει συναρμολογηθεί από τον ΒΑΣΣΙΛΗ ΔΡΑΚΟΥΛΗ και παρακάτω θα σας παρουσιαστούν μερικές φωτογραφίες μιας και δεν έχει γίνει η πλήρης συναρμολογή του ακόμα.







Φωτογραφίες βραχίονα

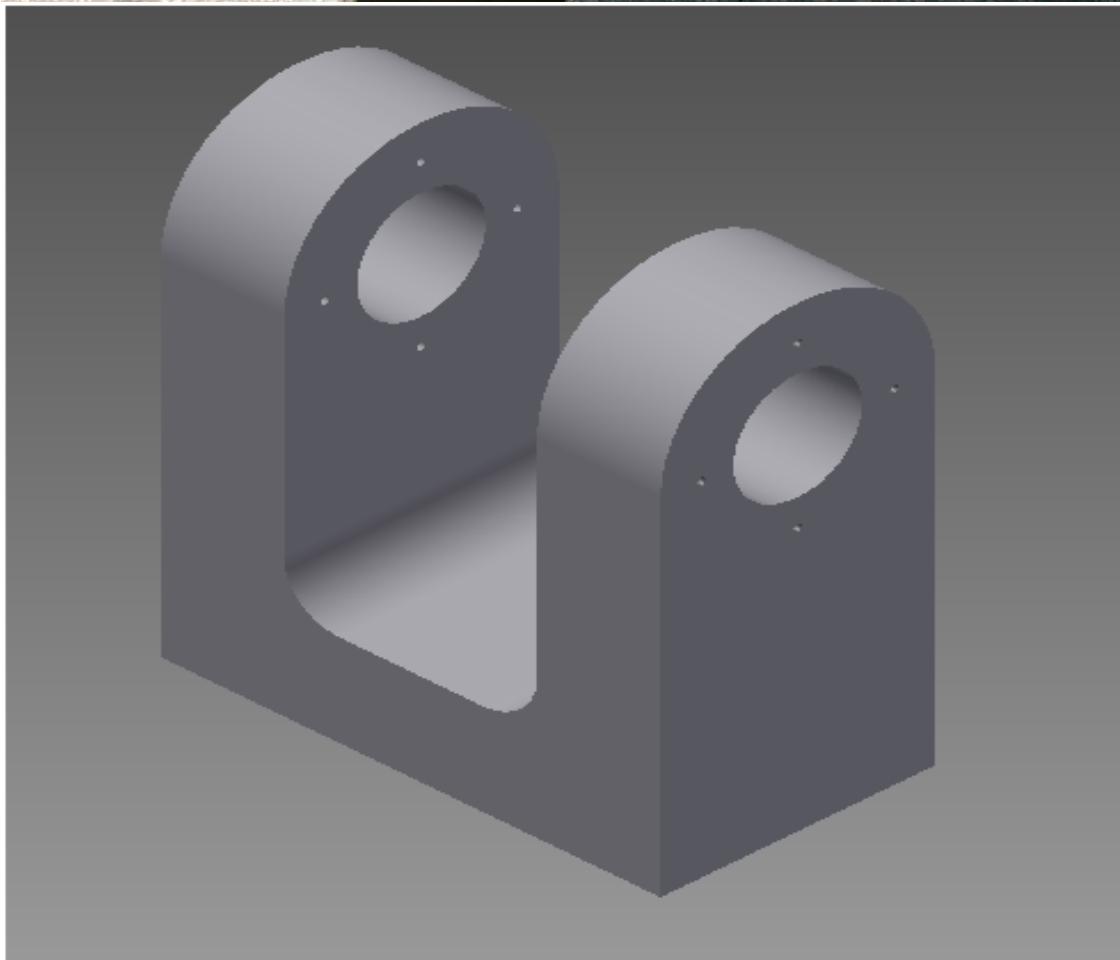
Παρακάτω ακολουθούν φωτογραφίες των κομματιών, και εικόνες από το 3D σχεδιασμό τους.



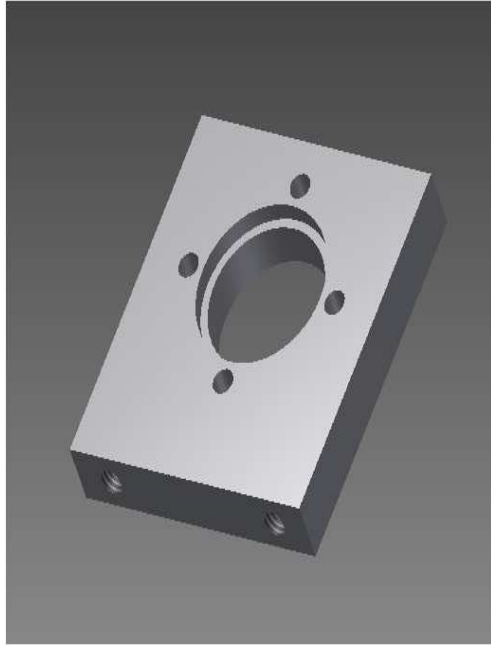
Exploded View βραχίονα

1	Λάμα στήριξης περιστροφής	1	11
2	Φωλιά ρουλεμάν για περιστροφή βραχίονα	1	11
3	Βάση μεγάλου μοτέρ βραχίονα	2	2
4	Λάμα περιστροφής άρθρωσης βραχίονα	2	3
5	Φωλιά μπράτσου βραχίονα	1	6
6	Βάση μικρού μοτέρ βραχίονα	1	13
7	Item profile 80x40	1	12
8	Βάση βραχίονα	1	1
9	Άξονας βραχίονα 1	1	5
10	Άξονας βραχίονα 2	1	5
11	Βραχίονας	1	3
12	Μπράτσο-βάση αρθρωσης 1	1	8
13	Μπράτσο-βάση αρθρωσης 2	1	7
14	Βάση περιστροφής	1	9
15	Item profile 40x40	1	12
16	clamping joint	1	10

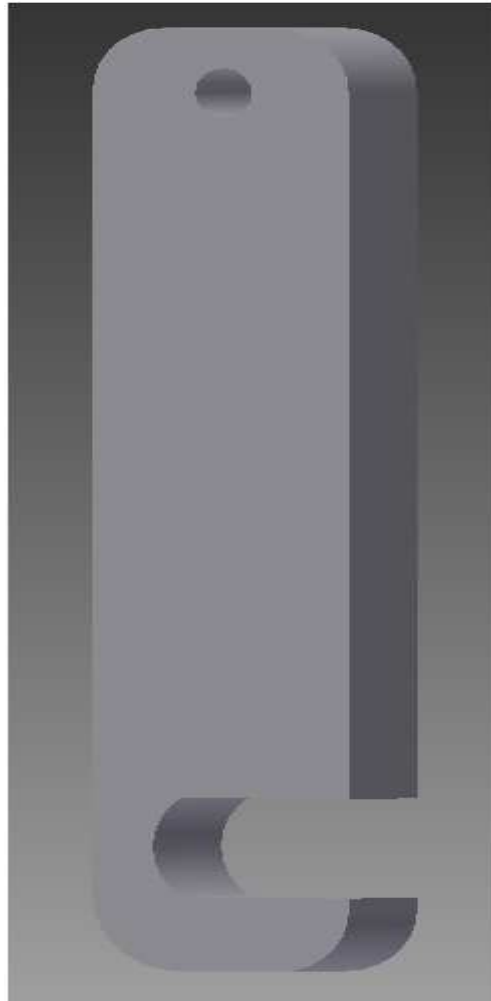
Πίνακας κατασκευασμένων κομματιών



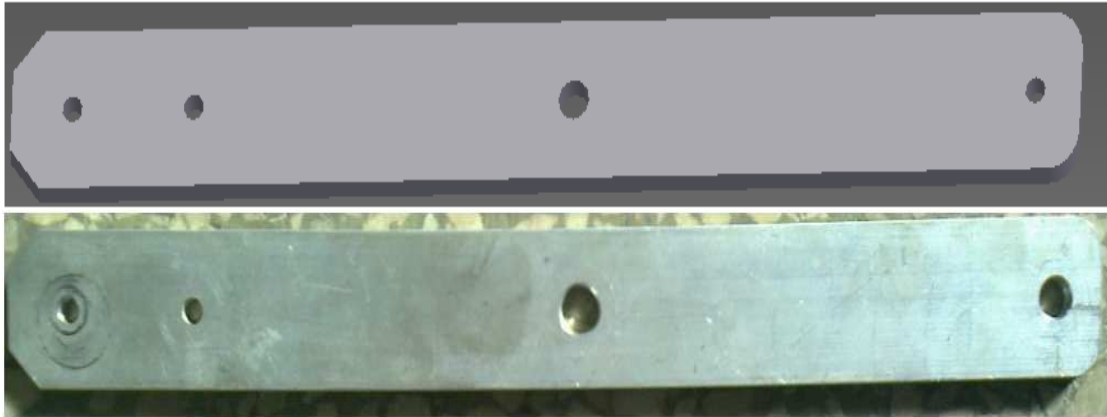
1) Βάση βραχίονα



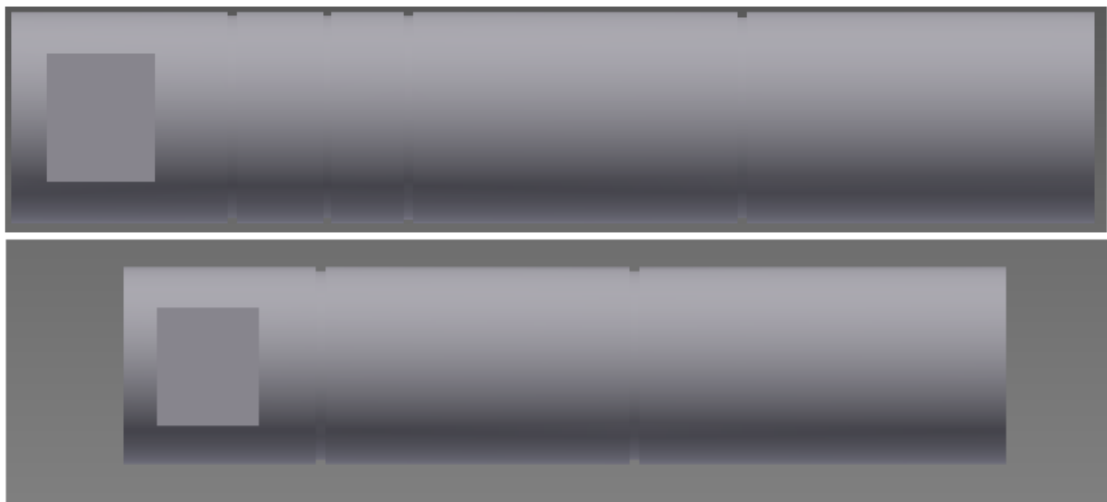
2) Βάση μεγάλου μοτέρ βραχίονα



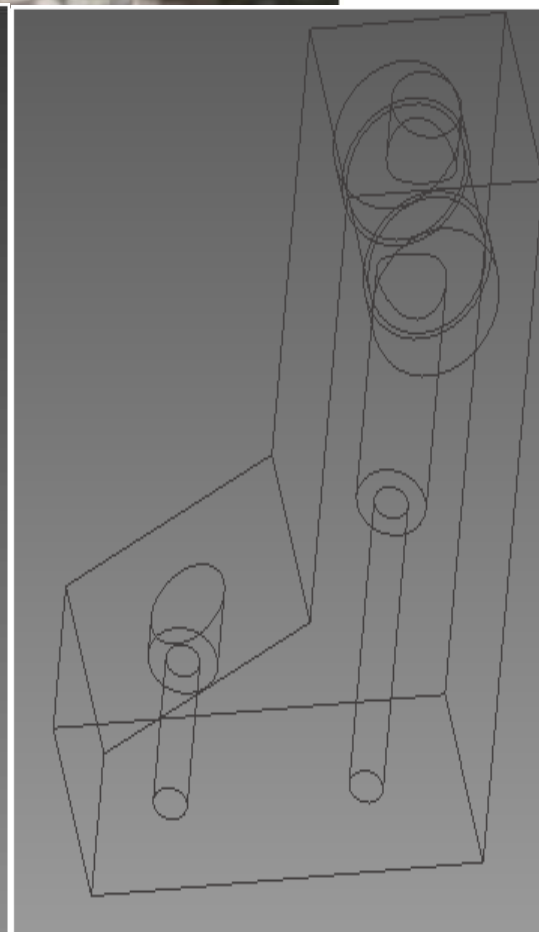
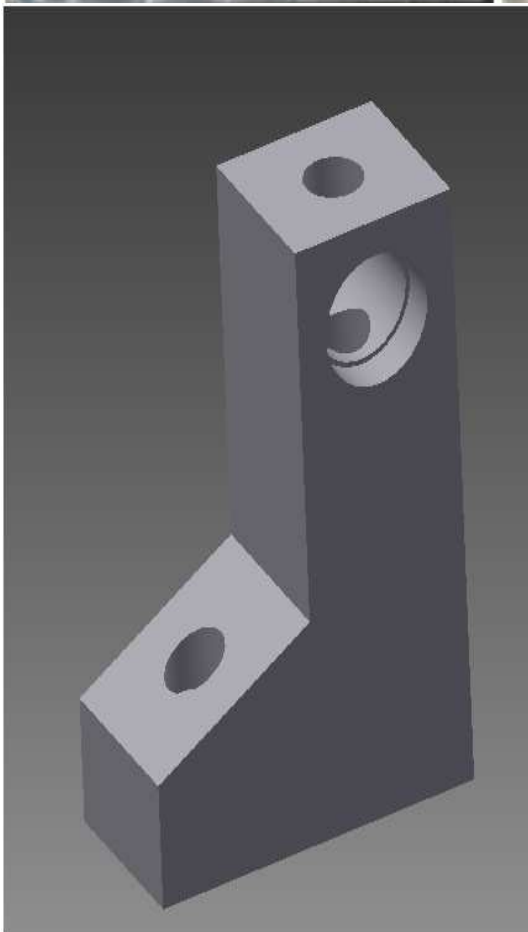
3) Βραχίονας



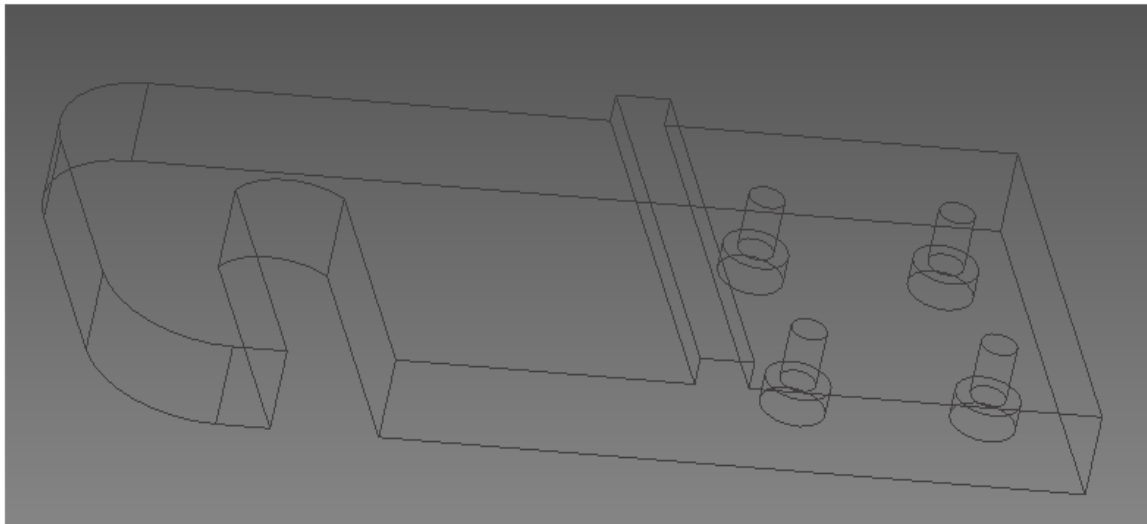
4) Λάμα περιστροφής άρθρωσης βραχίονα



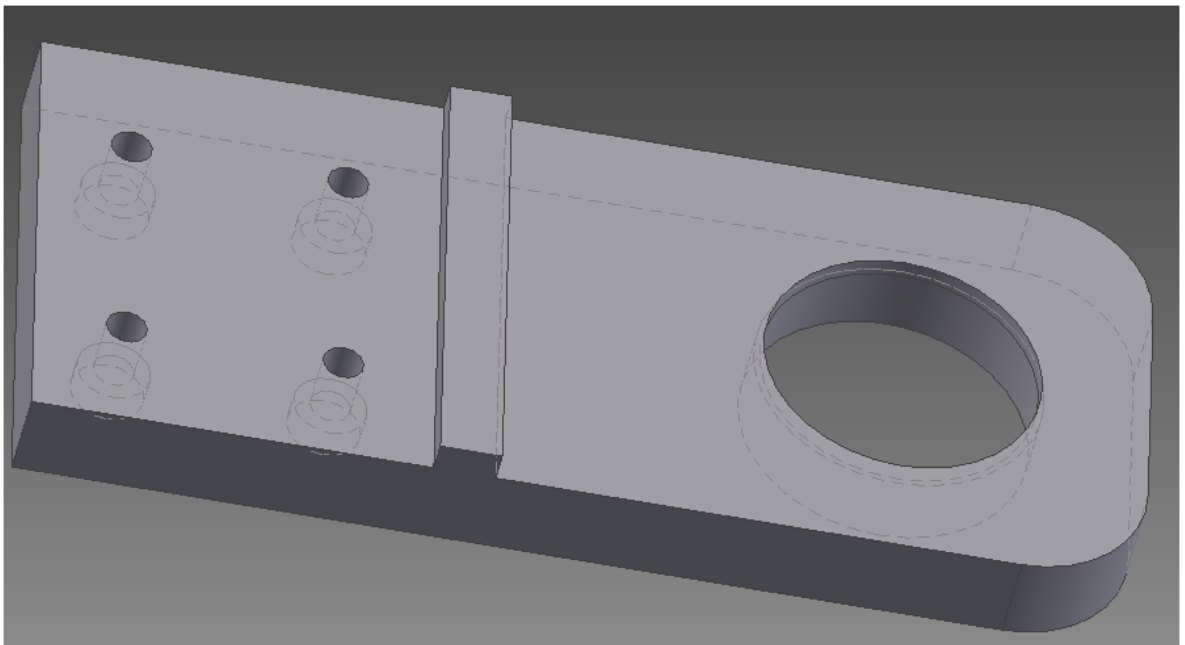
5) Άξονες βραχίονα 1-2



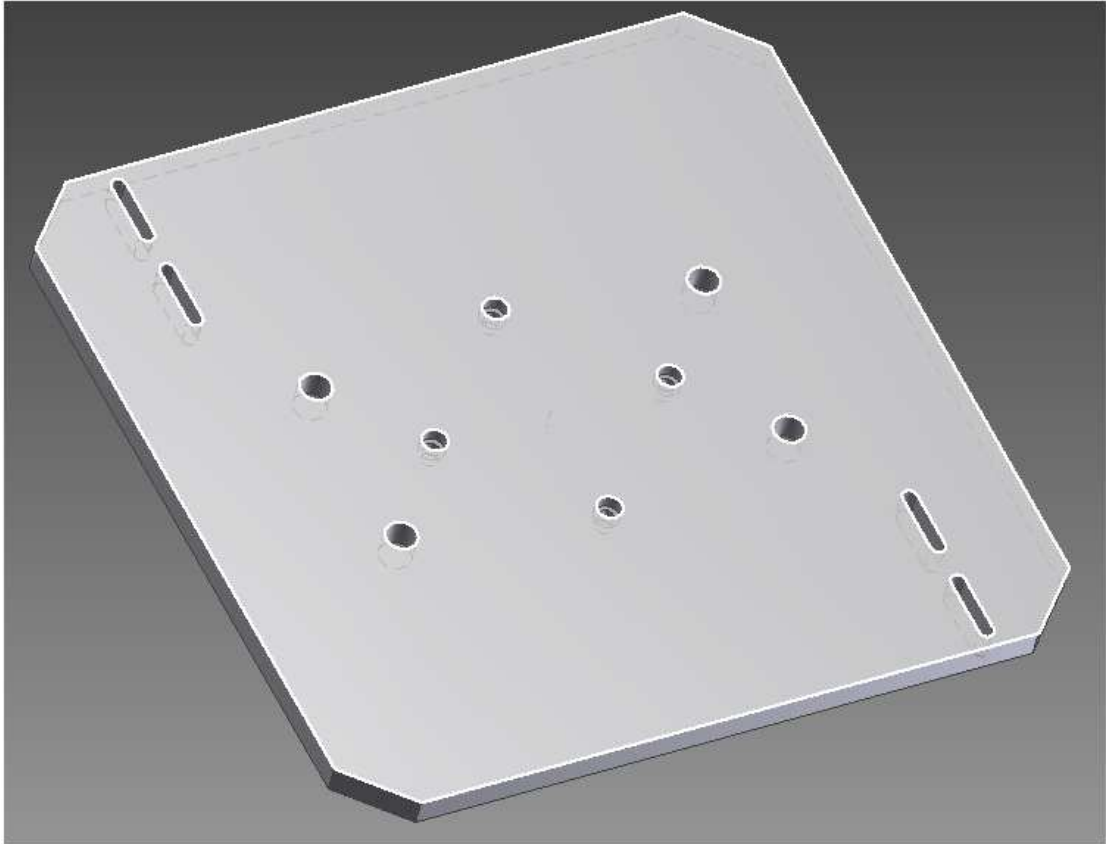
6) Φωλιά μπράτσου βραχίονα



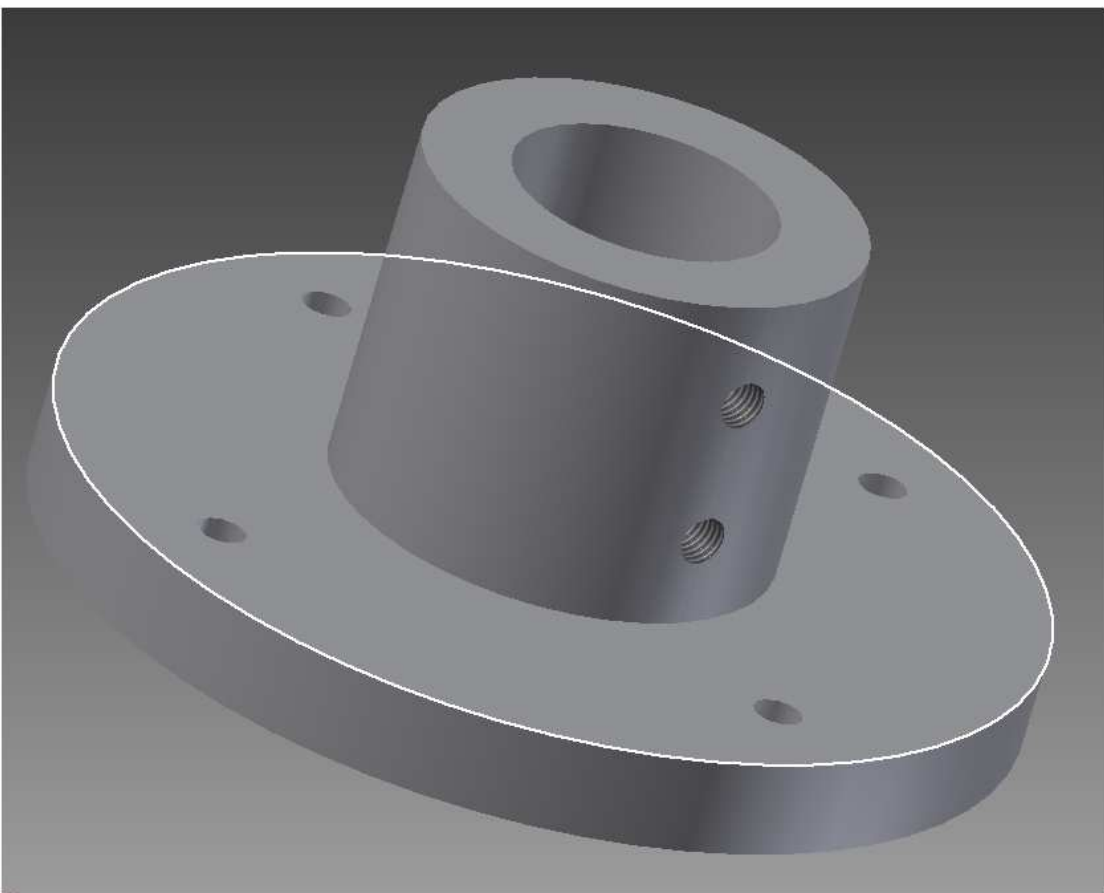
7) Μπράτσο-βάση αρθροσης 2



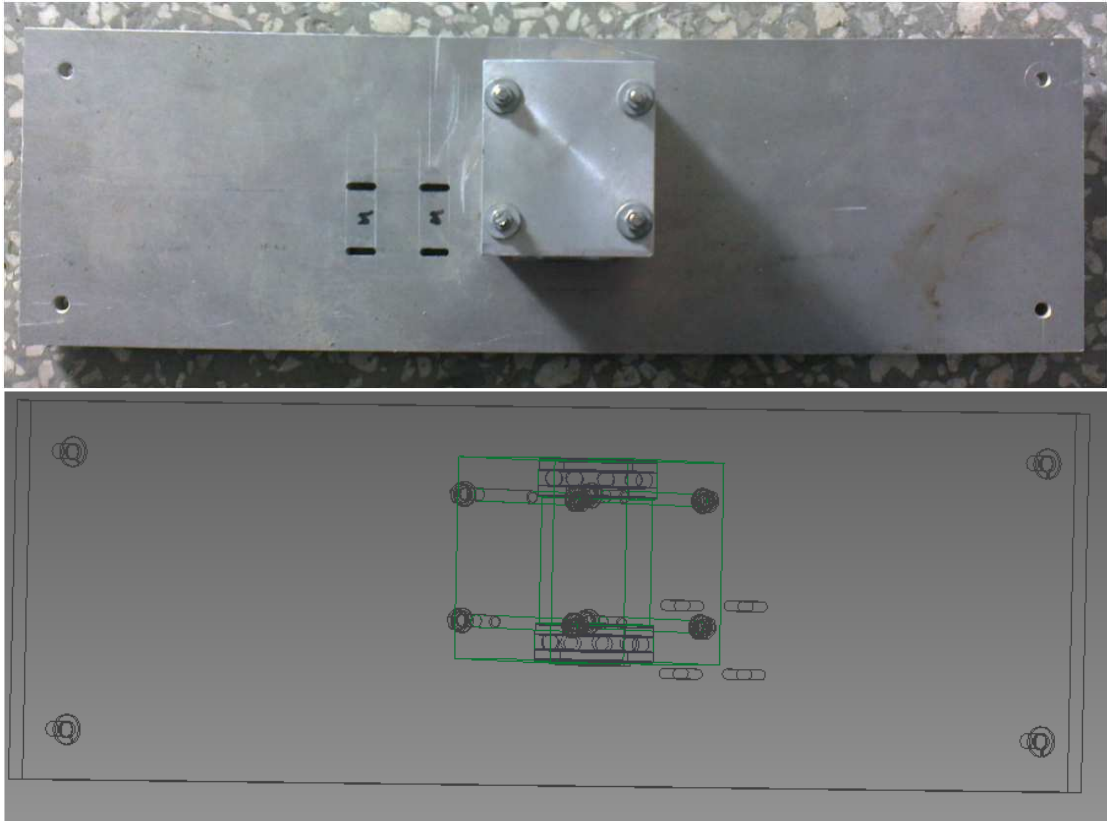
8)Μπράτσο-βάση αρθροσης 1



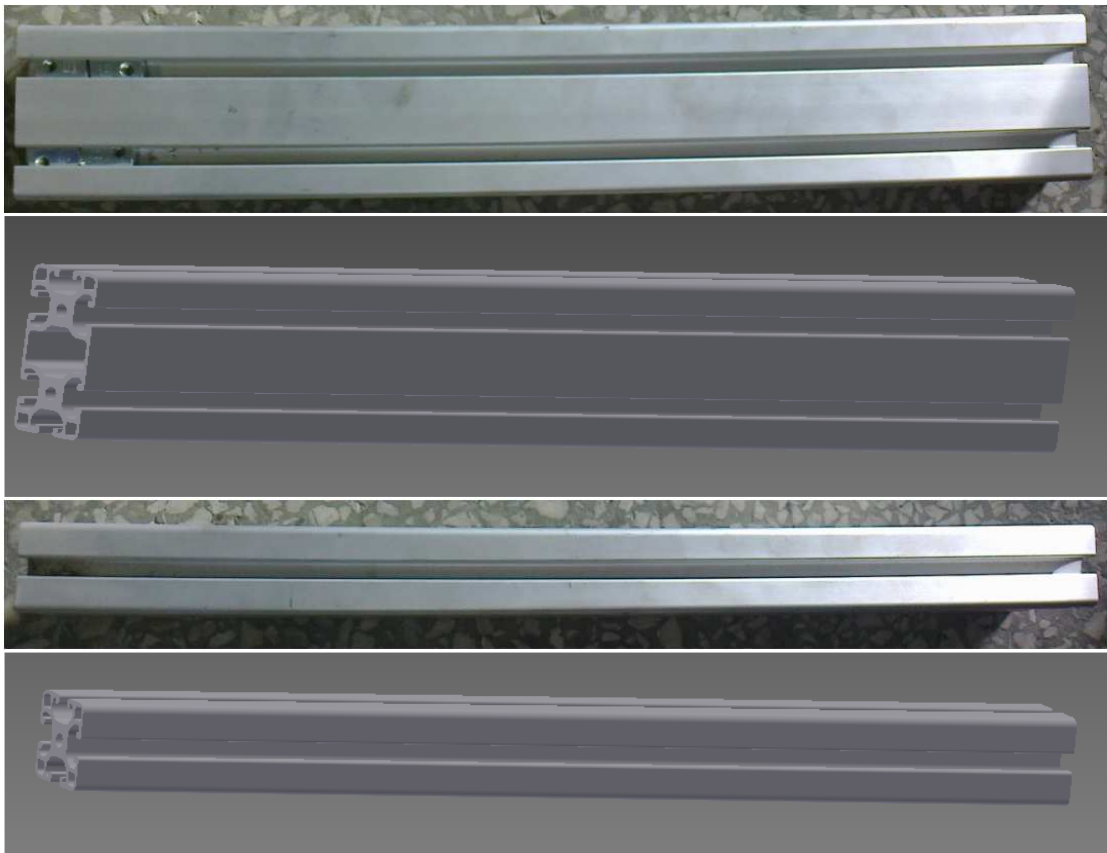
9) Βάση περιστροφής



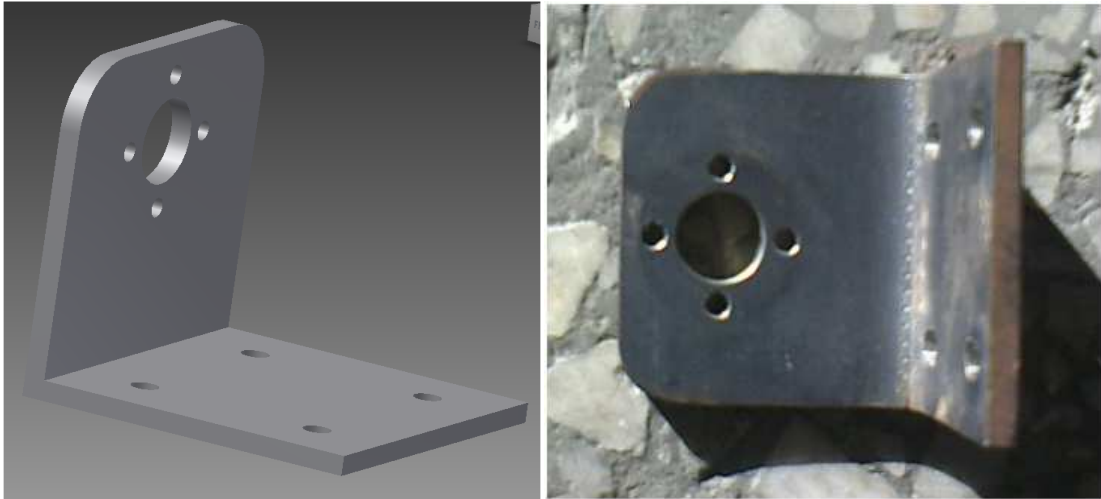
10) Clamping joint



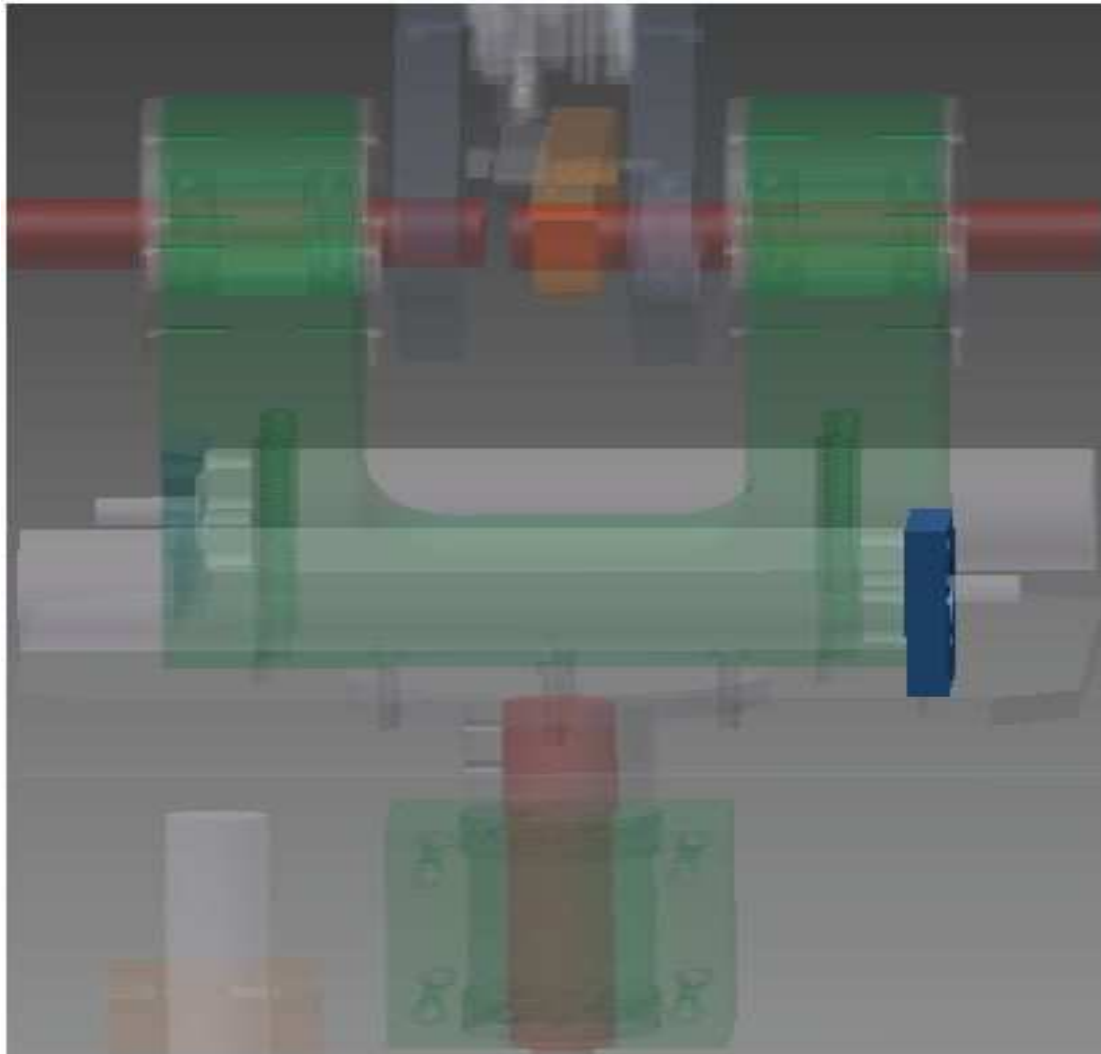
11) Λάμα στήριξης περιστροφής και Φωλιά ρουλεμάν για περιστροφή βραχίονα



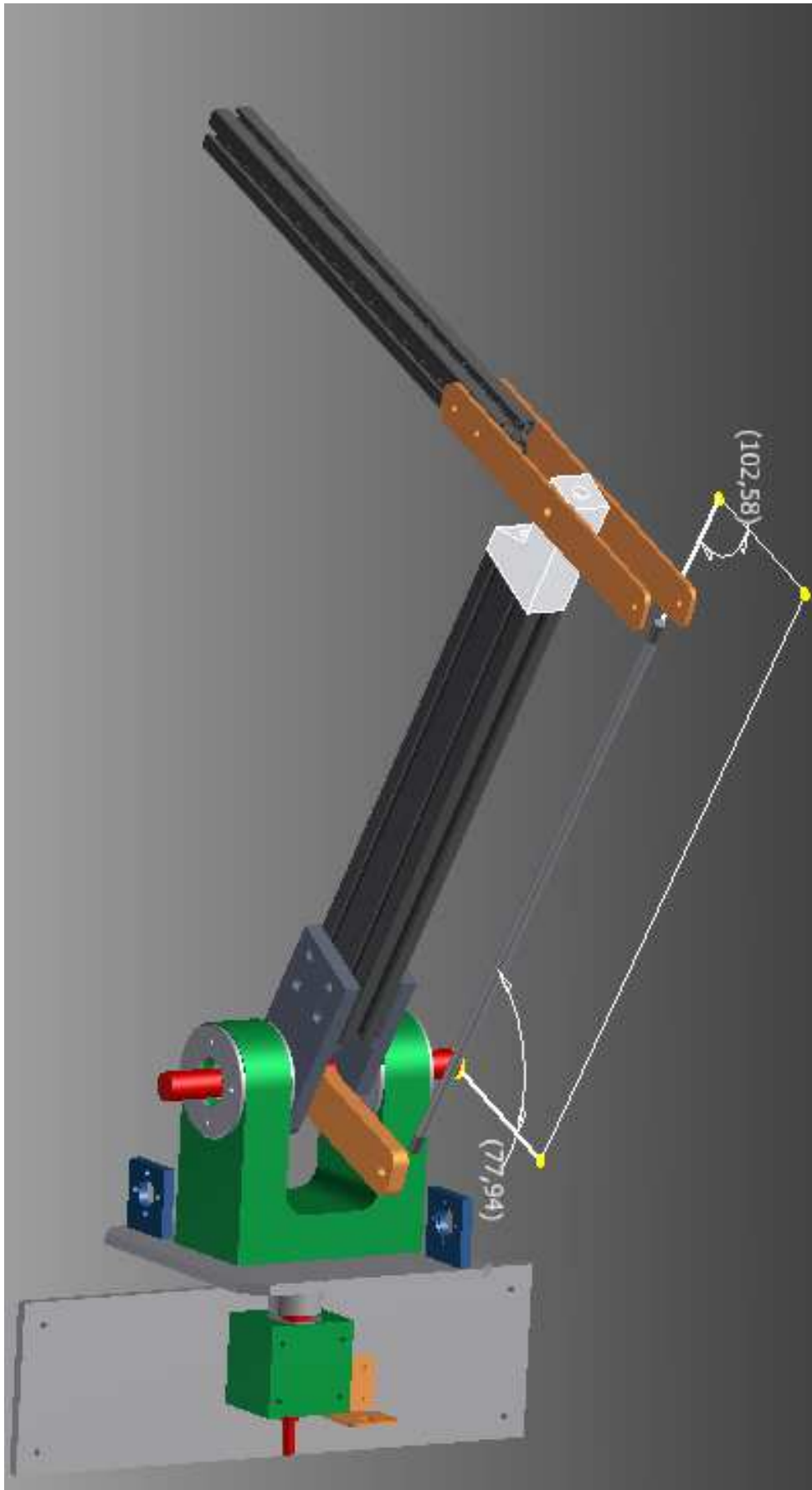
12) Item profile 80*40 και Item profile 40*40



13) Βάση μικρού μοτέρ βραχίονα



Διαφανή απεικόνιση των τριών βαθμών ελευθερίας του βραχίονα



Πίσω όψη βραχίονα

Επίλογος

Τα κομμάτια κατασκευαστήκαν βάση των σχεδίων και είναι έτοιμα για συναρμογή. Υπάρχουν μερικά λάθη τα οποία όμως δεν επηρεάζουν τη λειτουργία του βραχίονα. Τα λάθη οφείλονται κάποια στην έλλειψη πείρας και κάποια αλλά ήταν αδύνατον να αποφευχθούν λόγω της φύσης των κατεργασιών. Το μεγαλύτερο πρόβλημα και το οποίο παραμένει άλυτο με τις δεδομένες συνθήκες, είναι όταν πρέπει να γίνουν κατεργασίες γύρο από το κομμάτι και αυτό πρέπει να δεθεί και να ξαναγίνει νέο πιάσιμο πάνω στη μηχανή. Είναι αδύνατο να επιτευχτεί με απολυτή ακριβιά ο μηδενισμός του σε σχέση με το προηγούμενο πιάσιμο. Μια λύση είναι να κοπεί σε μηχανή με αρκετούς άξονες ώστε να μην χρειαστεί να λυθεί. Αν πάλι είναι αναγκαίο υπάρχουν αυτόματα μετρητικά συστήματα που επικοινωνούν με τη μηχανή και καθιστούν ακριβή την τοποθέτηση του κομματιού και την μέτρηση του. Αυτό το πρόβλημα όμως ήταν γνωστό οπότε τα στοιχεία των κομματιών των οποίων οι σχέσεις μεταξύ τους έπρεπε να είναι ακριβείς βρέθηκε τρόπος να γίνουν σε ένα πιάσιμο. Αλλά προβλήματα που συναντήθηκαν ήταν η επιφάνεια που άφηνε κάθε εργαλείο και οι συνθήκες κοπής που άλλαζαν για κάθε εργαλείο γιατί όπως αναφέρθηκε οι πινάκες ήταν απλά ένας κανόνας αλλά στην πραγματικότητα οι τιμές διαφοροποιούνταν ανάλογα με την επιφάνεια, τον θόρυβο και την ποιότητα του γρεζιού. Αυτό το πρόβλημα ξεπερνιέται όταν μέσω εμπειρίας γνωρίζεις τι εργαλεία θα χρειαστούν και ποιες θα είναι οι συνθήκες κοπής ακόμα και όταν το εργαλείο δεν είναι αυτό που θα έπρεπε.

Γενικά το συμπέρασμα είναι ότι η εμπειρία στις μηχανουργικές κατεργασίες είναι ένα απαραίτητο κομμάτι είτε γίνονται σε συμβατικές εργαλειομηχανές είτε σε CNC. Σίγουρα είναι πολύ λιγότερη όταν πρόκειται για CNC εργαλειομηχανές αλλά δεν παύει να χρειάζεται. Ακόμα ένα συμπέρασμα είναι ότι η περισσότερη δουλειά, η περισσότερη προσοχή, και η περισσότερη γνώση είναι αναγκαία κατά την προετοιμασία στα προγράμματα CAM. Υπήρχε ο φόβος της μηχανής και ακόμα υπάρχει σε οποιον δεν έχει ασχοληθεί. Όταν ασχοληθεί κάποιος θα καταλάβει ότι η μηχανή απλά εκτελεί και τα λάθη στον χειρισμό ως επί το πλείστον δεν κοστίζουν και είναι και δύσκολο να γίνουν. Στα προγράμματα CAM είναι πολύ εύκολο να συμβούν δύσκολο να παρατηρηθούν και τα αποτελέσμα τους είναι αρκετά δυσάρεστα.

Καθώς τα κομμάτια είναι έτοιμα θα πραγματοποιηθεί η συναρμογή του βραχίονα και θα γίνει άλλο ένα βήμα στο πρότζεκτ αυτό του ρομπότ του θερμοκηπίου. Στη συνέχεια θα πρέπει να ελεγχθεί η κίνηση του βραχίονα ώστε να μπορεί να πραγματοποιήσει με ακρίβεια τις κινήσεις που είναι απαραίτητες. Θα τοποθετηθεί μετά πάνω στο τροχήλατο αμαξίδιο το οποίο θα κινητέ αυτόνομα στο θερμοκήπιο. Μέσω δυο καμερών και ενός προγράμματος που θα πρέπει να αναπτυχτεί θα είναι σε θέση να αναγνωρίζει τις ώριμες ντομάτες. Τέλος πρέπει να κατασκευαστεί μια αρπάγη η οποία θα είναι σε θέση να την συλλέγει τον καρπό χωρίς να καταστρέφει ούτε το φυτό ούτε τον καρπό. Όλα αυτά θα πρέπει να συνεργάζονται αρμονικά για να υπάρξει το επιθυμητό αποτέλεσμα, καθώς το ένα εξαρτάτε από το άλλο.

ΒΙΒΛΙΟΦΡΑΦΙΑ

1. R. Ceres et al., 1998 “Design and implementation of an aided fruit harvesting robot (Agribot)”
2. Jack Hollingum, 1999 “Robots in agriculture”
Industrial Robot: An International Journal Volume 26. Number 6. 1999. pp. 438±445 MCB University Press. ISSN 0143-991X
3. Kunwoo Lee: Principles of CAD/CAM/CAE, εκδ. Pearson Education Inc
4. Ibrahim Zeid: CAD/CAM-theory and practice, εκδ. McGraw-Hill
5. Κατασκευή Πρωτοτύπων με Τριαξονική Επιτραπέζια Φρέζα CNC- Διπλωματική Εργασία- Χαράλαμπος Βάρελης
6. Εργαλειομηχανές- Γ.Βοσνιάκος
7. Σχεδίαση με Χρήση Υπολογιστή (CAD) και Δίκτυα Παραγωγής (CAM)- Σημειώσεις εργαστηρίου τμήματος αυτοματισμού ΑΤΕΙ ΧΑΛΚΙΔΑΣ
8. Σχεδιασμός και κατασκευή καλουπιού σε ψηφιακά καθοδηγούμενη εργαλειομηχανή για χύτευση πλαστικών τεμαχίων. Πτυχιακή εργασία- Κοτρογιάννης Δημήτριος
9. Βελτίωση Χαρακτηριστικών Λειτουργίας Μηχανισμού Με Χρήση Παραμετρικού CAD/CAM/CAE Λογισμικού Πτυχιακή εργασία Βασιλείου Αναστάσιος
10. Τεχνικά εγχειρίδια της εταιρείας Dormer
11. Groover. M.P. and Cimmers, E.M. (1984)CAD/CAM: Computer-Aided-Design/Manufacturing Prentice-Hall International Inc. London.
12. Ogunlade, O. (1995) CAD/CAM for Manufacture. M.Eng. Handbill for 994/95 Session at the Federal University of Technology, Akure, Nigeria
13. Nambiar K.R. (1999) Computer Aided Design; Production and Inspection. London. ISBN 81-7319- 268-5
14. Νικόλαος Α. Μπιλάλης, Εμμανουήλ Μαραβελάκης,(2009) Συστήματα CAD/ CAM και τρισδιάστατη μοντελοποίηση, ISBN: 978-960-218-617-6
15. Ανώνυμες πηγές από το internet