

Ελληνικό Μεσογειακό Πανεπιστήμιο  
Σχολή Μηχανικών – Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

**ΦΟΙΤΗΤΗΣ: ΣΠΥΡΙΔΑΚΗ ΜΑΡΙΑ**

Θέμα στο Μάθημα  
**ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΗ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ**

**Θεματική ενότητα**  
Σχεδιασμός, Παραγωγικά Συστήματα και CNC

**Θέμα εργασίας**  
Λογισμικό σχεδιασμού της διαδικασίας κατασκευής προϊόντων (Computer Aided Manufacturing)

Ηράκλειο 2019



## 1. Κατάλογος Περιεχομένων

1. Κατάλογος Περιεχομένων .....	2
2. Στοιχεία Φοιτητή .....	3
3. Στοιχεία Μαθήματος .....	3
4. Περίληψη στα Αγγλικά .....	4
5. Εισαγωγή .....	5
6. Λογισμικό σχεδιασμού της διαδικασίας κατασκευής προϊόντων (Computer Aided Manufacturing) .....	6
6.1. Σύστημα CAM και η πορεία του ανά τα χρόνια .....	6
6.2. Ευνοϊκά και μη χαρακτηριστικά του συστήματος CAM .....	7
<b>6.2.1. Πλεονεκτήματα του λογισμικού .....</b>	<b>7</b>
<b>6.2.2. Μειονεκτήματα του λογισμικού .....</b>	<b>7</b>
6.3. Αξιοποιησιμα εργαλεία σχεδίασης του συστήματος .....	9
6.4. Αλληλεπίδραση συστήματος CAM και μηχανικού .....	10
6.5. Συνεργασία λογισμικών CAD/CAM .....	11
<b>6.5.1. Ιστορική αναδρομή .....</b>	<b>11</b>
<b>6.5.2. Πως λειτουργεί το σύστημα .....</b>	<b>11</b>
<b>6.5.3. Μεταφορά αναλλοίωτων δεδομένων των συστημάτων CAD/CAM .....</b>	<b>12</b>
<b>6.5.4. Κοπτικά εργαλεία του συστήματος CAD/CAM .....</b>	<b>12</b>
6.6. Λίστα προγραμμάτων CAM που χρησιμοποιούνται .....	14
6.6.1. CAMWorks .....	14
6.6.2. BobCAD-CAM .....	14
6.6.3. CAMBAM .....	15
6.6.4. CATIA .....	15
6.6.5. EdgeCAM .....	15
6.6.6. Esprit .....	15
6.6.7. Fusion 360 .....	16
6.6.8. GibbsCAM .....	16
6.6.9. HyperMill .....	16
6.6.10. HSM/HSM Works .....	16
6.6.11. Mastercam .....	16
6.6.12. Powermill .....	16
6.6.13. Siemens NX CAM .....	16
6.6.14. SolidCAM .....	17
6.6.15. SolidWorks CAM .....	17
6.6.16. SprutCAM .....	17
7. Επίλογος - Συμπεράσματα Εργασίας .....	18
Βιβλιογραφία - Πηγές .....	19



## 2. Στοιχεία Φοιτητή

Φοιτητής (Πλήρες Ονοματεπώνυμο)	Αριθμός Μητρώου	Ηλεκτρονική Διεύθυνση	Κινητό / Σταθερό Τηλέφωνο
Σπυριδάκη Μαρία	TM20084	spiridakimaria1@gmail.com	6986759840

## 3. Στοιχεία Μαθήματος

**Μάθημα:** Εισαγωγή στη μηχανολογία

**Διδάσκοντες:**

Δρ. Νεκτάριος Βιδάκης, Καθηγητής ([vidakis@emttu.org](mailto:vidakis@emttu.org))

Δρ. Αχιλλέας Βαΐρης, Καθηγητής ([vairis@hmu.gr](mailto:vairis@hmu.gr))

Δρ. Μανώλης Καββουσανός, Καθηγητής ([mkavussa@staff.teicrete.gr](mailto:mkavussa@staff.teicrete.gr))

Δρ. Δημήτρης Χρηστάκης, Καθηγητής ([chr@cs.teiher.gr](mailto:chr@cs.teiher.gr))

Δρ. Νίκος Σακκάς, Καθηγητής ([sakkas@emttu.org](mailto:sakkas@emttu.org))

Δρ. Κώστας Κονταξάκης, Επίκουρος Καθηγητής ([condax@cs.teicrete.gr](mailto:condax@cs.teicrete.gr))

Δρ. Δημήτριος Κατσαπρακάκης, Αναπληρωτής Καθηγητής ([dkatsap@wel.gr](mailto:dkatsap@wel.gr))

Δρ. Ιωάννης Φασουλάς, Επίκουρος Καθηγητής ([ifasoulas@staff.teicrete.gr](mailto:ifasoulas@staff.teicrete.gr))

Μονιάκης Μύρων, Καθηγητής Εφαρμογών ([myrmo@staff.teicrete.gr](mailto:myrmo@staff.teicrete.gr))

Δρ. Μάρκος Πετούσης, Επίκουρος Καθηγητής ([petousis@emttu.org](mailto:petousis@emttu.org))

Δρ. Αμαλία Μουτσοπούλου, Επίκουρη Καθηγήτρια ([amalia@hmu.gr](mailto:amalia@hmu.gr))

Δρ. Παπαδάκης Νίκος, Επίκουρος Καθηγητής ([npaptei@hmu.gr](mailto:npaptei@hmu.gr))

Δρ. Τζιράκης Κώστας, Επίκουρος Καθηγητής ([ktzirakis@hmu.gr](mailto:ktzirakis@hmu.gr))

Δρ. Τζιράκης Βαγγέλης, Εργαστηριακό Διδακτικό Προσωπικό (Ε.ΔΙ.Π.) ([vtzirakis@hmu.gr](mailto:vtzirakis@hmu.gr))

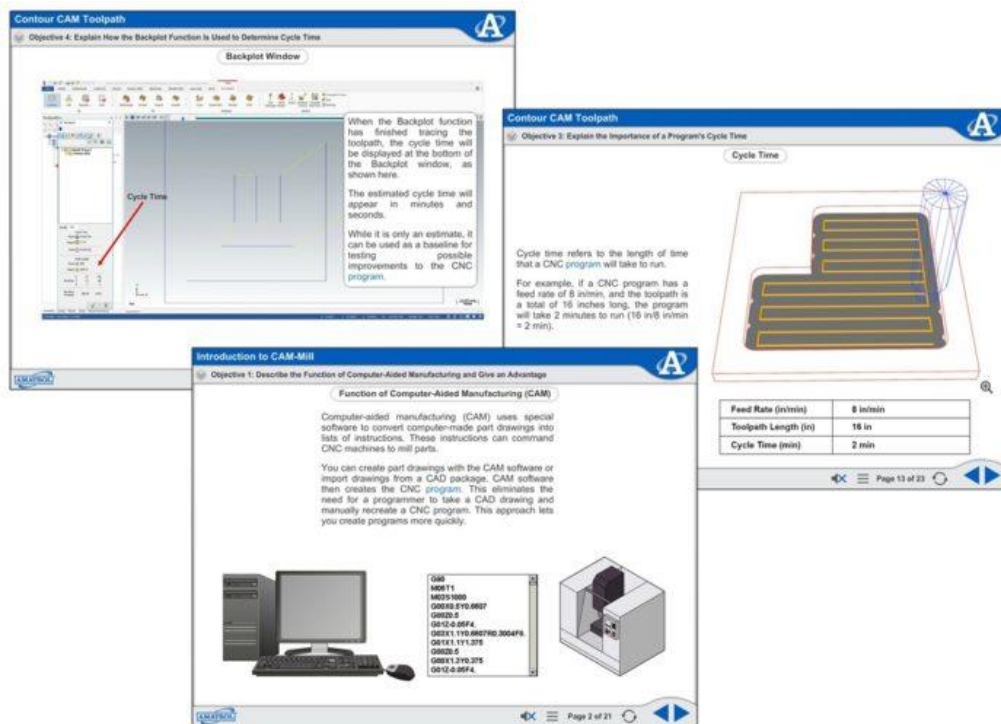


## 4. Περίληψη στα Αγγλικά

The production process has more and more requirements as years pass by, due to the fact that society evolves and people's needs for material goods increase. This is one of the reasons why an upgrade was necessary, which led to the discovery of new, better and more effective production methods. As a result, there were created Computer Aided Manufacturing software (CAM) that were being used and are still used by many companies. CAM systems were made with the aim of working on the design of the production process, by controlling machine tool electronically.

Basically, the main idea of the system is that a computer is used in order to make the required programs, which after their creation are being translated into the "machines language". That way the mechanics can set the exact order of the steps needed to be done, on an attempt to make the best and most functional product while saving time, money, energy and materials at the same time. It is also very important to understand the fact that although some actions are being done by the machines instead of the mechanics, the significance of them is still great and they cannot be completely irreplaceable.

After the CAM software received some necessary improvements so that the majority of its problems could be fixed, it became a tool of a great importance and use because of its advantages, although there are also some advantages. In order for the CAM systems to be more functional, there was created the need of them cooperating with other systems and software such as Computer Aided Design (CAD), Computer Numerical control system (CNC) and more, which were related to other parts of the production.



Σχήμα 4: Ηλεκτρονικά μαθήματα για την ορθή χρήση των λογισμικών CAM με εκμάθηση παραμέτρων όπως η γεωμετρία του συστήματος CAD/CAM, το υλικό καθώς και το εργαλείο που χρειάζεται να χρησιμοποιηθεί και άλλα.

**Keywords:** CAM, CAD, CNC, NC, Software, Computer, Machining, Tools, Mass Production, Modeling, Machining, Manufacturing, CAD/CAM Collaboration, Milling, Turning tool, 5-axis machining, Autodesk, SolidWorks, Programming, Computer Aided Manufacturing



## 5. Εισαγωγή

Οι σύγχρονοι ρυθμοί ζωής και η εξέλιξη της επιβάλλουν πλέον την αδιάκοπη αναζήτηση βελτιστοποιημένων συστημάτων σχεδίασης, παραγωγής και κατασκευής προϊόντων. Οι απαιτήσεις όμως στον τομέα αυτό αυξάνονται, αφού η δημιουργία τους χαρακτηρίζεται από πολυπλοκότητα και η ζήτησή τους μεγαλώνει. Οι υπολογισμοί και οι μαθηματικές πράξεις που συνοδεύουν τέτοιες διαδικασίες είναι τόσο σύνθετες, ώστε ο ανθρώπινος νους δεν θα μπορούσε να συμβαδίσει με τον επιθυμητό ρυθμό ανάπτυξης και παραγωγής.

Ειδικότερα, αναφορικά με τα συστήματα κατασκευής, δημιουργήθηκαν σταδιακά και εξελίχθηκαν ορισμένα λογισμικά σχεδιασμού της διαδικασίας κατασκευής προϊόντων γνωστά, και ως “Computer Aided Manufacturing”. Έτσι, λοιπόν, προσπάθησε η βιομηχανία να ανταποκριθεί στα δεδομένα της σύγχρονης εποχής, έχοντας τον σωστό σχεδιασμό και επιδιώκοντας, στην πλειοψηφία των περιπτώσεων, την ταυτόχρονη ύπαρξη ποιότητας, κέρδους και εξοικονόμησης χρόνου.

Συγκεκριμένα, τα εν λόγω λογισμικά άρχισαν να αξιοποιούνται, με τη βοήθεια πάντα ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, με σκοπό τον λειτουργικό χειρισμό των εργαλείων και εργαλειομηχανών που χρειαζόνταν για μια κατασκευή. Βέβαια, η συμβολή του δεν σταμάτησε εκεί, αφού το ίδιο σύστημα μπόρεσε να εξασφαλίσει και τη σωστή λειτουργία του συνόλου της παραγωγικής διαδικασίας, δηλαδή τον σχεδιασμό, τη διαχείριση, τη μεταφορά αλλά και την αποθήκευση των προϊόντων.

Αφετηρία του νέου αυτού συστήματος CAM ήταν η εφαρμογή του σε μεγάλες εταιρείες αυτοκινητοβιομηχανίας αλλά και αεροδιαστημικής βιομηχανίας. Ακολούθησε μετά η εμφάνισή του στη βιομηχανία της ναυπηγικής και αυτή των μετάλλων, ενώ παράλληλα αξιοποιήθηκε στα προϊόντα συσκευασίας και στις κατασκευές μηχανών. Το λογισμικό αυτό έχει αποκτήσει τώρα θέση και σε άλλους τομείς, διαφορετικού περιεχομένου τους οποίους φυσικά ενισχύει και πάλι σημαντικά με την παρουσία του.

Πάντως, παρά τα θαυμαστά αυτά τεχνολογικά επιτεύγματα, δεν πρέπει να λησμονούνται και οι προγενέστερες μέθοδοι παραγωγικής διαδικασίας, μιας και εκείνες οδήγησαν τον άνθρωπο να πετύχει τη σταδιακή εξέλιξή τους. Τον στήριξαν έως ότου να μπορέσει να δημιουργήσει πολύ καλές και ικανοποιητικές εκδοχές των λογισμικών που χρειαζόταν. Γιατί όπως είναι αντιληπτό δεν επιτεύχθηκε από την αρχή ούτε και σε σύντομο χρονικό διάστημα το σύγχρονο λειτουργικό σύστημα. Υπήρξαν δυσκολίες, αποτυχίες και αδυναμίες οι οποίες όμως ξεπεράστηκαν με τη βοήθεια ενός βασικού παράγοντα που ονομάζεται «άνθρωπος».

Αδιαμφισβήτητα επομένως, ο ρόλος του ανθρώπου ασχέτως με την αρμοδιότητα που του αναλογεί, είτε σαν μηχανικός είτε σαν προγραμματιστής, δεν αναιρέθηκε και ούτε θα υποβαθμιστεί στο μέλλον. Δεν παύει να αποτελεί σημαντική παράμετρο στη μοντελοποίηση των προϊόντων, παρά την αυτοματοποίηση των μηχανών παραγωγής. Εκείνος είναι η πηγή έμπνευσης και αφετηρία των ιδεών, ο κατασκευαστής και επιβλέπων του λογισμικού και της δουλείας που πρέπει να γίνει.

Θα ήταν παράλειψη να μην γίνει αναφορά και στα υπόλοιπα συστήματα, τα οποία συνοδεύουν τον κατασκευαστικό τομέα, όσον αφορά την παραγωγή. Ο λόγος αρχικά, για το λογισμικό σχεδιασμού προϊόντων (Computer Aided Design), κοινώς CAD, η χρήση του οποίου χρειάζεται να προηγηθεί του συστήματος CAM για να εξασφαλισθεί ένα άρτιο αποτέλεσμα. Μετέπειτα, γεννήθηκε ο αριθμητικός έλεγχος NC, όπου ευνόησε στον γρήγορο και εύκολο έλεγχο των βημάτων που πραγματοποιούνται κατά την παραγωγική διαδικασία με την βοήθεια αριθμητικών τιμών. Το NC ακολούθησαν τελικά οι μηχανές CNC, στηριζόμενες στην αρχή των Συστημάτων Αυτόματου Ελέγχου (ΣΑΕ), χρησιμοποιώντας ανάδραση.

Εύκολα αντιλαμβάνεται κάποιος ότι η συνύπαρξη του ανθρώπου με τη συνεχώς εξελισσόμενη τεχνολογία δύναται να φέρει ένα πολύ υψηλά προσδοκώμενο αποτέλεσμα. Σε συνδυασμό μάλιστα με τα επίσης πολύ αυξημένων προδιαγραφών εργαλεία σχεδίασης που πρέπει να συνοδεύουν το σύστημα, μπορούν να γίνουν τεχνολογικά θαύματα. Πάντως η εύρεση πληθώρας λογισμικών και συστημάτων καταφέρνει πλέον να προσαρμόζεται με βάση την παραγωγή των επιθυμητών τεμαχίων και επομένως σύμφωνα με τις κατασκευαστικές ανάγκες αυτών.



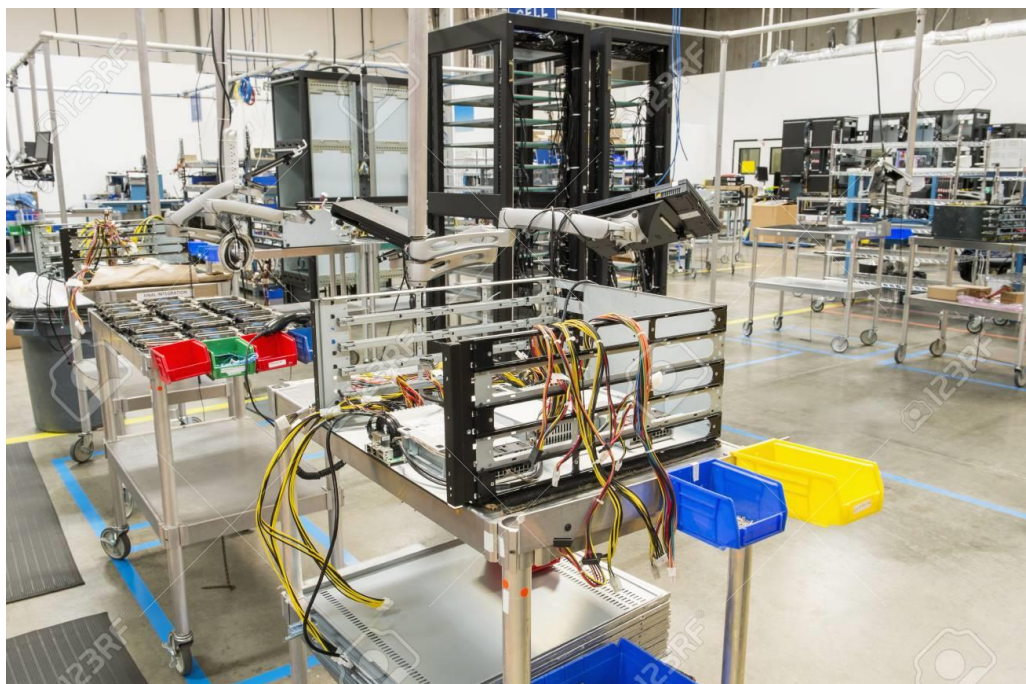
## 6. Λογισμικό σχεδιασμού της διαδικασίας κατασκευής προϊόντων (Computer Aided Manufacturing)

### 6.1. Σύστημα CAM και η πορεία του ανά τα χρόνια

Το λογισμικό CAM που ανταποκρίνεται στις κατασκευαστικές ανάγκες μιας βιομηχανίας πρωτοεμφανίστηκε τη δεκαετία του 1950 όποτε και ξεκίνησε να διαμορφώνεται. Τη δεκαετία του 1970 συνδυαζόμενο με το επίσης νεοερχόμενο εκείνη την περίοδο λογισμικό σχεδίασης CAD, καταλαμβάνει μια θέση στην προτίμηση μεγάλων εταιρειών όπως μεταξύ άλλων οι: Renault, Citroen, Ford, GM και Boeing, για τις οποίες φαίνεται να αποτελεί χρήσιμο εργαλείο. Δυστυχώς, στην αρχή τα συστήματα χαρακτηρίζονταν από ελαττώματα τα οποία έχριζαν διόρθωσης. Το λογισμικό δεν ήταν επαρκώς και σωστά ρυθμισμένο, για αυτό και χρειαζόταν συχνά η ανθρώπινη χειροκίνητη επέμβαση.

Τη δεκαετία του 1990 γίνεται λόγος για την εξαιρετικά βελτιωμένη παραγωγή και την αυτοματοποίηση της διαδικασίας της, η οποία θεωρείται πως ολοκληρώνεται. Αισίως ξεκινά σιγά σιγά να μεγαλώνει το εύρος εφαρμογής του συστήματος καθώς συναντάται πια σε βιομηχανίες όπως στον κατασκευαστικό τομέα με κατασκευές ξύλου, μετάλλου, κτηρίων. Ακόμη στην ηλεκτρολογία με σχεδίαση πλακετών, ηλεκτρονικά κυκλώματα, ηλεκτρολογική σχεδίαση, στη σχεδίαση και παραγωγή επενδυμάτων, υποδημάτων, αλλά και στην ιατρική όπως οδοντιατρική, ορθοπεδική και σε πολλά άλλα.

Στον κατασκευαστικό τομέα, η λειτουργία του λογισμικού CAM μπορεί να διακριθεί βασικά σε δύο μεγάλες κατηγορίες, την αναγωγική και την πρόσθετη. Ο αναγωγικός κλάδος ασχολείται με την απόσπαση υλικού καθοδηγώντας ένα εργαλείο ώστε να κόψει και να διαμορφώσει κατάλληλα το προϊόν. Ο κλάδος προσθήκης αντιθέτως, ο οποίος βέβαια εμφανιζόταν με μικρότερη συχνότητα έως ότου να παρουσιαστούν οι εκτυπωτές τρισδιάστατης σχεδίασης, σχετίζεται με την προσθήκη υλικού για την παραγωγή του επιθυμητού μοντέλου.



Σχήμα 6.1:

Στιγμιότυπο από το εσωτερικό μιας βιομηχανίας, όπου βρίσκονται τα μηχανήματα σχεδιασμού της διαδικασίας κατασκευής προϊόντων.



## 6.2. Ευνοϊκά και μη χαρακτηριστικά του συστήματος CAM

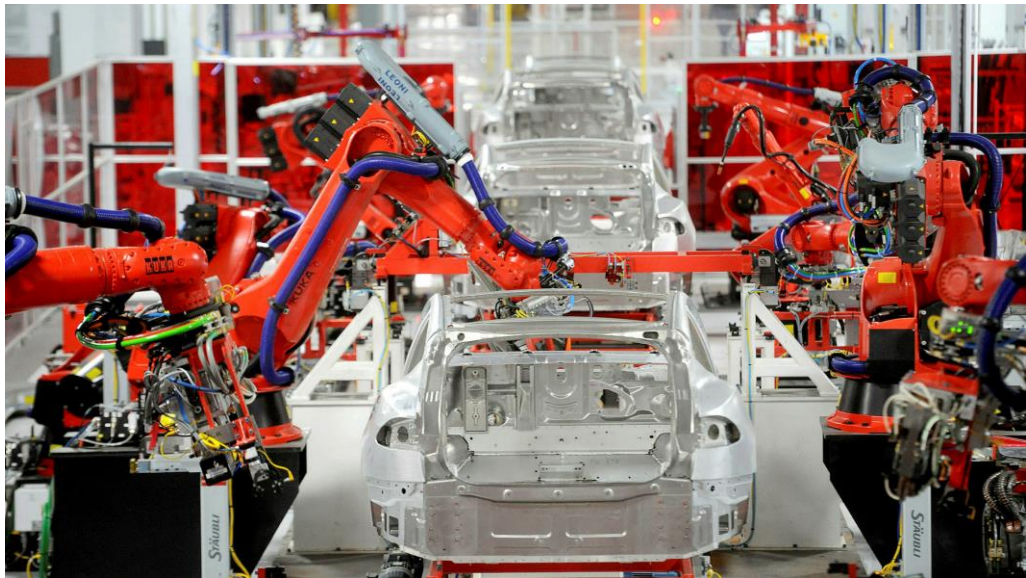
### 6.2.1. Πλεονεκτήματα του λογισμικού

Η κινητοποίηση με σκοπό την κατασκευή λογισμικών CAM δεν ήταν τυχαία, αλλά προέκυψε από την ανάγκη να διευκολυνθεί η λειτουργία της διαδικασίας παραγωγής. Ειδικότερα τα συστήματα αυτά κατάφεραν, μετά από αδιάκοπες προσπάθειες βελτίωσης να την υποστηρίξουν σημαντικά. Το γεγονός αυτό οφείλεται φυσικά στα πολυποίκιλα πλεονεκτήματά τους, τα οποία σχετίζονται με την ποιότητα, την ταχύτητα, το κόστος αλλά και την κατανάλωση ενέργειας που απαιτούνται.

Αναλυτικότερα, δόθηκε λοιπόν η δυνατότητα κατασκευής τεμαχίων που χαρακτηρίζονται από εξαιρετική ποιότητα, συγκριτικά πάντα με εκείνη του παρελθόντος. Οι διαστάσεις μπορούν πλέον να εφαρμόζονται με απόλυτη ακρίβεια με τη χρήση για παράδειγμα μηχανημάτων πέντε αξόνων, μειώνοντας με τον τρόπο αυτό την πιθανότητα εσφαλμένης κατασκευής. Κατ' επέκταση, ελαχιστοποιείται η παραγωγή ελαττωματικών προϊόντων για τα οποία αρχικά χανόταν πολύτιμος χρόνος, χρήμα, ενέργεια και πρώτη ύλη.

Επιπλέον οι βιομηχανίες δεν χρειάζεται να χρησιμοποιούν περίσσεια υλικών για τις κατασκευές τους μιας και με τη συμβολή των σημερινών λογισμικών υπάρχει η δυνατότητα αξιοποίησης μόνο της ακριβώς απαιτούμενης ποσότητας. Γίνονται εκ των προτέρων οι κατάλληλοι έλεγχοι και υπολογισμοί έτσι ώστε να είναι γνωστά τα δεδομένα παρασκευής των τεμαχίων, τα οποία σχετίζονται με την αναγκαία πρώτη ύλη, την ενέργεια αλλά και τον χρόνο.

Μεγάλο πλεονέκτημα θεωρείται επίσης και η εμφανώς πιο γρήγορη διαδικασία παραγωγής που κυριαρχεί. Η σύγχρονη κοινωνία, με τις απαιτήσεις της, δημιουργεί την ανάγκη πλέον, μεγάλης ποσότητας προϊόντων σε πολύ περιορισμένο χρονικό διάστημα. Το γεγονός αυτό επίσης αποτέλεσε αφορμή για να ξεκινήσει ένας κύκλος νέων, εξελιγμένων και ταχύτερων λογισμικών σχεδιασμού της κατασκευαστικής διαδικασίας, ώστε να υπάρχουν σήμερα τα συστήματα CAM, παρέχοντας διαδρομές εργαλειομηχανών υψηλής ταχύτητας.



Σχήμα 6.2.1: Μαζική παραγωγή αυτοκινήτων στο εργοστάσιο Τέσλα με τη χρήση προηγμένων τεχνολογιών και μηχανημάτων που κατευθύνονται από τα κατάλληλα λογισμικά κατασκευής.

### 6.2.2. Μειονεκτήματα του λογισμικού

Βέβαια δεν θα μπορούσαν να παραλειφθούν και οι αποτυχίες που χαρακτηρίζουν τα λογισμικά CAM, όπως άλλωστε συμβαίνει σε κάθε σύστημα μέχρι να τελειοποιηθεί στο βέλτιστο βαθμό. Υπάρχουν λοιπόν ελαττώματα τα οποία είτε έχουν περιθώρια διόρθωσης, είτε όχι. Το ενδεχόμενο να αποτελέσουν αιτία ώστε



## Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

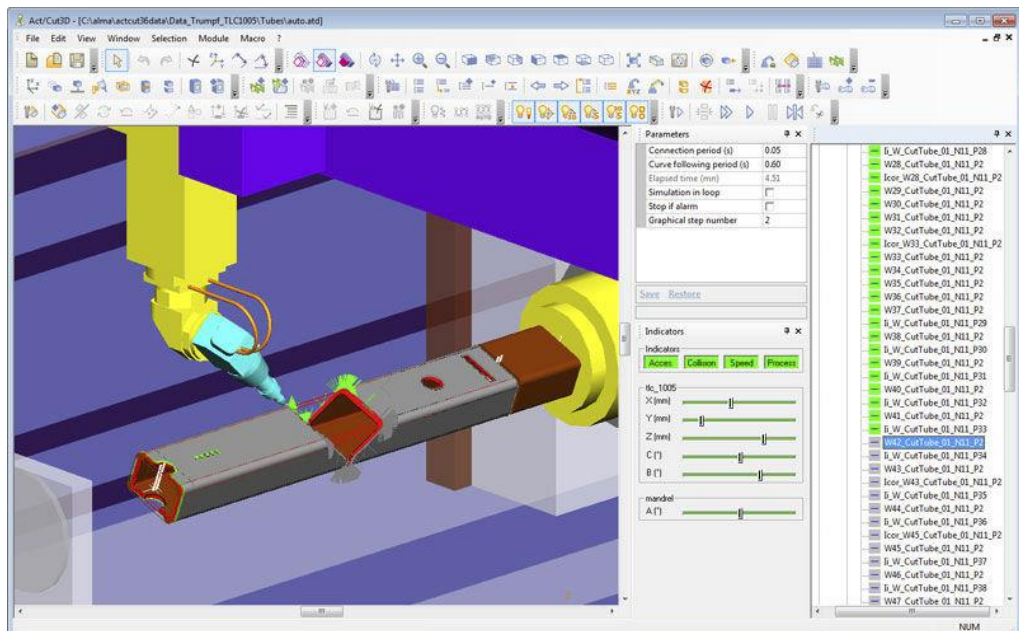
να μην προτιμάται η χρήση τους από ορισμένες εταιρείες δεν αποκλείεται. Συνήθως όμως δεν θεωρούνται τόσο σοβαρό πρόβλημα και τα πλεονεκτήματα που προσφέρονται υπερτερούν των μειονεκτημάτων.

Αρχικά χρειάζεται να γίνονται συνεχώς δαπάνες για τα εν λόγω συστήματα, προκειμένου να αναβαθμίζονται τα λογισμικά αλλά και οι συσκευές στις οποίες υποστηρίζονται. Φυσικό επακόλουθο αποτελεί και η ανάλογη ενημέρωση του προσωπικού σχετικά με τις αναβαθμίσεις, με σκοπό την εκμάθηση της σωστής χρήσης τους, επίσης πολυδάπανη ενέργεια. Συνεπώς μετά την πρώτη εγκατάσταση των συστημάτων εξακολουθεί να υπάρχει οικονομική επιβάρυνση.

Δεν είναι απίθανη και η περίπτωση να προκύψει μια βλάβη και ένα κατασκευαστικό ή τεχνικό πρόβλημα το οποίο θα έχει ως συνέπεια τη δυσλειτουργία της παραγωγικής διαδικασίας. Πολλές από τις εταιρείες, που στηρίζονται σε λογισμικά CAM, θα έχουν σίγουρα δρομολογημένες τις ενέργειες και τις διαδικασίες που πρέπει να γίνουν σε συγκεκριμένο χρονικό διάστημα. Αν υπάρξει λοιπόν καθυστέρηση θα προκληθεί οικονομικό ζήτημα ενώ παράλληλα δεν θα μπορέσει η εταιρία να ανταποκριθεί με τον απαιτούμενο ρυθμό στη ζήτηση της κοινωνίας.

Αξίζει επίσης να αναφερθεί το γεγονός ότι προκειμένου να επιτευχθεί το βέλτιστο αποτέλεσμα από τα λογισμικά CAM χρειάζεται η συμβολή των λογισμικών CAD. Αυτά είναι τα λεγόμενα συστήματα σχεδιασμού των προϊόντων με τη βοήθεια υπολογιστή όπου προσφέρουν στον μηχανικό την δυνατότητα σχεδίασης, επιθεώρησης και διαχείρισης του μοντέλου που πρόκειται να παραχθεί. Είναι επομένως λογικό ότι σε αρκετές περιπτώσεις, όπου η κατασκευή ενός προϊόντος θεωρείται πιο σύνθετη, χρειάζεται να προηγηθεί η χρήση των λογισμικών CAD από εκείνη των CAM.

Παρόλο που με τη βοήθεια των συστημάτων σχεδιασμού της διαδικασίας κατασκευής των προϊόντων, είναι γνωστή εκ των προτέρων η ακριβής ποσότητα υλικού που χρειάζεται, δεν παύει να γίνεται πολλές φορές σπατάλη. Το φαινόμενο αυτό παρουσιάζεται σε περιπτώσεις εσφαλμένου αρχικού σχεδιασμού και εξακολουθεί να υπάρχει μέχρι να εντοπισθεί το αδύναμο σημείο στην ίδια την κατασκευή. Το παραπάνω δεν θεωρείται όμως πάντοτε πρόβλημα, παρά μόνο όταν τα υλικά δεν μπορούν να ανακυκλωθούν και έπειτα να επαναχρησιμοποιηθούν ή όταν η συνολική κατασκευή στην τελική της μορφή αποτελείται από ακριβά υλικά.



**Σχήμα 6.2.2:** Λογισμικό CAD/CAM το οποίο είναι σχεδιασμένο με σκοπό την κοπή σωλήνων με τη βοήθεια μηχανών αλλά και ρομπότ.





### 6.3. Αξιοποιήσιμα εργαλεία σχεδίασης του συστήματος

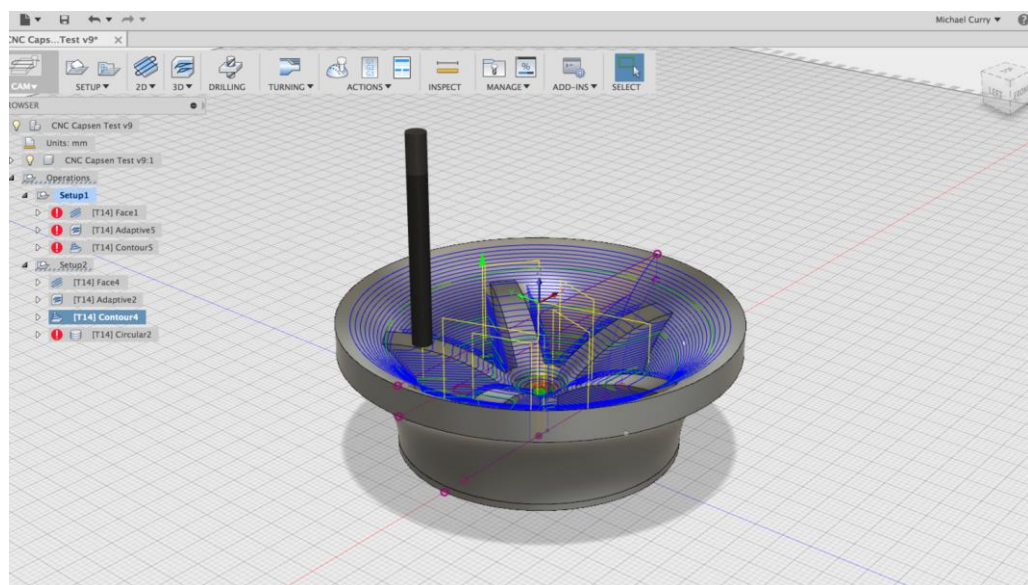
Όπως λοιπόν έχει γίνει κατανοητό τα λογισμικά CAM βρίσκουν εφαρμογή μόνο με τη χρήση ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή ο οποίος αποτελεί απαραίτητη προϋπόθεση και βασικό εργαλείο σχεδίασης. Συγκροτείται από την κεντρική μονάδα επεξεργασίας, την μνήμη RAM και ROM και τις συσκευές εισόδου και εξόδου, τα οποία και πρέπει να εξελίσσονται συνεχώς, για να ενισχύσουν έπειτα με τη σειρά τους την λειτουργία των λογισμικών.

Η κεντρική μονάδα επεξεργασίας (ΚΜΕ) έχει την δυνατότητα επεξεργασίας δεδομένων στον ηλεκτρονικό υπολογιστή, ελέγχου της λειτουργίας του αλλά και εκτέλεσης λειτουργιών διασύνδεσης και μεταβίβασης πληροφοριών. Η μνήμη τυχαίας προσπέλασης RAM αποθηκεύει δεδομένα ψηφιακής μορφής για ένα συγκεκριμένο χρονικό διάστημα στον υπολογιστή μόνο κατά τη διάρκεια τροφοδοσίας του με ρεύμα. Η μνήμη ROM πάλι, η οποία είναι μόνο για ανάγνωση, εξακολουθεί να διατηρεί τα δεδομένα της και σε περίπτωση παύσης τροφοδοσίας ρεύματος.

Τα βασικότερα εργαλεία όμως θεωρούνται οι συσκευές εισόδου και εξόδου καθώς αποτελούν το μέσο ανταλλαγής πληροφοριών και δεδομένων μεταξύ του χρήστη και του ηλεκτρονικού υπολογιστή. Οι πιο ευρέως αξιοποιήσιμες, από τα λογισμικά CAM, συσκευές εισόδου είναι το ποντίκι, το πληκτρολόγιο. Από την άλλη η αντίστοιχα σημαντική συσκευή εξόδου είναι η οθόνη, όπου φυσικά θεωρείται απολύτως απαραίτητη καθώς σε εκείνη απεικονίζεται η δουλειά που κάνει ο χρήστης.

Το ποντίκι (Mouse) είναι μία συσκευή η οποία καθοδηγείται από το χέρι, ενώ την ίδια στιγμή στην οθόνη του υπολογιστή ένας κέρσορας το μιμείται ακολουθώντας την ίδια σειρά κινήσεων. Εκτός από ασύρματο ή ενσύρματο ως προς τον τρόπο σύνδεσής του με τον Η/Υ, μπορεί να διακριθεί και σε μηχανικό, οπτικό ή λέιζερ. Μηχανικό χαρακτηρίζεται όταν λειτουργεί χρησιμοποιώντας μια δίοδο εκπομπής φωτός και μια φωτοδίοδο, ενώ ταυτόχρονα αλλάζει η θέση κάποιων εσωτερικών τμημάτων του. Ομοίως λειτουργεί και το οπτικό αλλά χωρίς την μετακίνηση των τμημάτων, ενώ το λέιζερ απλά χρησιμοποιεί μια υπέρυθρη δίοδο λέιζερ.

Με τη βοήθεια του πληκτρολογίου μεταφέρονται στον ηλεκτρονικό υπολογιστή χαρακτήρες και κείμενα, μέσω των πλήκτρων που διαθέτει. Τα πλήκτρα αυτά περιλαμβάνουν κατά κύριο λόγο γράμματα, αριθμούς, σημεία στίξης και άλλα σύμβολα. Υπάρχουν όμως και ορισμένα τα οποία ευνοούν τον έλεγχο του Η/Υ, τη λειτουργία του και την περιήγηση σε αυτόν, επομένως και τη χρήση των λογισμικών και προγραμμάτων που περιλαμβάνει.



Σχήμα 6.3: Αυτή είναι η εικόνα που έχει η οθόνη ενός υπολογιστή τη στιγμή που χρησιμοποιείται ένα λογισμικό σχεδιασμού, με σκοπό την δημιουργία ενός προϊόντος.



#### 6.4. Αλληλεπίδραση συστήματος CAM και μηχανικού

Όσο η τεχνολογία προοδεύει και μαζί της τα σύγχρονα συστήματα της παραγωγικής διαδικασίας αγγίζουν σταδιακά την τελειότητα, γεννάται η έντονη ανησυχία σχετικά με το μέλλον του μηχανολόγου. Ο ίδιος διερωτάται εάν το κοντινό ή μακρινό μέλλον επιφυλάσσει αναστολή της παραγωγικότητάς του σαν μηχανικός και οδηγήσει στην υποβάθμισή του μπροστά στα αψεγάδιαστα αυτά τεχνολογικά επιτεύγματα που έχουν κατακλίσει με τις δυνατότητές τους την σημερινή κοινωνία.

Με βεβαιότητα όμως μπορεί να επισημανθεί και να τονιστεί, πως δεν πρόκειται να σταματήσει την προσφορά ουσιαστικού έργου στον τομέα του. Με τον κατάλληλο εμπλουτισμό των γνώσεών του και την συνεχή κατάρτισή του στο χώρο του επαγγέλματός του θα συνεχίσει να προσδίδει ακόμα περισσότερα οφέλη στη διαδικασία που συμμετέχει. Οι αξιοθαύμαστες δεξιότητές του θα είναι πάντα χρήσιμες και με την σωστή αξιοποίησή τους θα κατευθύνει και θα συμμετέχει ενεργά στην παραγωγή των προϊόντων.

Στο παρελθόν, χρειαζόταν πολύς χρόνος μέχρι να καταρτιστεί επαρκώς ένας άνθρωπος ώστε να μπορέσει να κατακτήσει το αξίωμα ενός μηχανικού. Αυτό συνέβαινε διότι από τη στιγμή που θα ονομαζόταν μηχανικός θα καλούνταν ύστερα να ηγηθεί πολλών διαδικασιών. Την ανάγνωση των σχεδιαγραμμάτων, την επιλογή των εργαλείων που χρειάζεται να αξιοποιηθούν, τον καθορισμό της ταχύτητας των εργαλείων ανάλογα με τα υλικά πάνω στα οποία εργαζόταν. Ασχολούνταν ακόμα και με την κοπή ενός τεμαχίου με εργαλεία που χειριζόταν με τα ίδια του τα χέρια.

Η παρουσία του ανθρώπου στον χώρο εξακολουθεί να είναι απαραίτητη, αλλά για διαφορετικούς λόγους πλέον και όχι όλους εκείνους που το επέβαλαν τα προηγούμενα έτη. Το έργο του σε αυτή την περίπτωση θα είναι σαν μηχανικός να ασχολείται με τον εντοπισμό και την επιδιόρθωση των προβλημάτων που παρουσιάζουν τα μηχανήματα. Επίσης στις υποχρεώσεις του εντάσσεται φυσικά και ο καθορισμός της λειτουργίας των μηχανών, η επίβλεψη καθώς και η συνεχής και σωστή συντήρησή τους κάθε φορά που θεωρούν ότι είναι απαραίτητο.



**Σχήμα 6.4:** Μηχανικός συμβάλει ενεργά στην παραγωγική διαδικασία χρησιμοποιώντας μια από τις μηχανές που κατευθύνονται με τη βοήθεια λογισμικών CAM.

Σίγουρα η χειρωνακτική εργασία που είχε προηγηθεί τα περασμένα χρόνια ήταν αρκετή ώστε να αντιμετωπίζεται ο μηχανικός με σεβασμό και να θεωρείται τόσο τεχνίτης όσο και επιστήμονας. Θα μπορούσε όμως κανείς να πει πως καλώς έχει αποδεσμευτεί πλέον από ένα μέρος της εργασίας του για το οποίο αποδείχθηκε ότι δεν ήταν και τόσο απαραίτητος λαμβάνοντας υπόψιν τα νέα δεδομένα. Έτσι του δόθηκε η



## Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

ευκαιρία να ασχοληθεί με πολυπλοκότερες μορφές λογισμικών και μηχανών ώστε να ωθήσει μέσω των δυνατοτήτων του την μηχανολογία σε ακόμα υψηλότερα επίπεδα.

Καταλήγει λοιπόν κανείς στη σημερινή, επικρατούσα κατάσταση όπου ο μηχανικός μπορεί να έχει διάφορους ρόλους όπως του χειριστή που θα εφοδιάζει με πρώτες ύλες τα μηχανήματα CNC. Επίσης του διαχειριστή ρυθμίσεων που σχετίζονται με τη φόρτωση ενός προγράμματος G-Code και της ρύθμισης των εργαλείων. Ο προγραμματιστής πάλι καθορίζει τη σειρά λειτουργίας των εργαλείων, τις ταχύτητές τους αλλά και την δημιουργία του προγράμματος G-Code. Υπάρχει και ο μηχανικός παραγωγής όπου είτε ορίζει την ιδανική διαδικασία κατασκευής σε νέες εγκαταστάσεις, είτε ασχολείται με τον εξοπλισμό και την ποιότητα του προϊόντος στις ήδη υπάρχουσες.

## 6.5. Συνεργασία λογισμικών CAD/CAM

### 6.5.1. Ιστορική αναδρομή

Το 1971 παρουσιάστηκε το ενιαίο λογισμικό CAD/CAM, προϊόν της εταιρείας MCS (Dr. P. J. Hanratty), με την εμπορική ονομασία ADAM (Automated Drafting And Machining). Δημιουργήθηκε σύμφωνα με τη γλώσσα Fortran, γεγονός που ευνόησε την χρήση του από διάφορες υπολογιστικές πλατφόρμες ενώ υπήρξε αργότερα και σε νέες εκδόσεις όπως οι AD-2000, Anvil-4000. Το πρώτο σύγχρονο σύστημα CAD/CAM, το λογισμικό Pro/Engineer, κατασκευάστηκε το 1988 και σχετιζόταν με την παραμετρική μοντελοποίηση (Parametric Modeling Design) αλλά και εκείνη που βασιζόταν σε μορφολογικά χαρακτηριστικά (Features Base Modeling).

### 6.5.2. Πως λειτουργεί το σύστημα

Μετά από τη δημιουργία των λογισμικών CAM και CAD μεμονωμένα, ακολούθησε σαν φυσική εξέλιξη και η μεταξύ τους σύνδεση και συνεργασία. Πλέον δηλαδή, γίνεται λόγος για τα συστήματα CAD/CAM, τα οποία συγχωνεύουν τα χαρακτηριστικά και τις λειτουργίες τους. Επομένως ο μηχανικός χρησιμοποιώντας τα δύο, ενωμένα πλέον, λογισμικά ταυτόχρονα μπορεί να ελέγξει και να κατευθύνει ψηφιακά μια εργαλειομηχανή CNC (Computer Numerical Control).

Μια μηχανή CNC βοηθάει ώστε να παραχθούν βιομηχανικά εξαρτήματα διαφορετικά κάθε φορά ανάλογα με το είδος του υλικού τα οποία θα το διαμορφώνουν κατάλληλα. Συγκεκριμένα αφού προσδιοριστούν τα γεωμετρικά στοιχεία που πρόκειται να υποστούν κατεργασία και μπουν τα απαιτούμενα όρια κατεργασίας, επιλέγονται τα κοπτικά εργαλεία που θα χρειαστούν στη διαδικασία. Έπειτα καθορίζεται η σειρά που πρέπει να χρησιμοποιηθούν, προσομοιώνεται και μόλις το αρχείο με τα παραπάνω στοιχεία είναι έτοιμο μεταβιβάζεται στην CNC.

Επομένως ένα σύστημα CAD/CAM συμβάλει, προκειμένου να κατασκευαστεί η ψηφιοποιημένη μορφή του επιθυμητού προϊόντος και να γραφεί ο κώδικας σύμφωνα με τον οποίο θα λειτουργήσει μια μηχανή CNC. Ύστερα ακολουθεί η προσομοίωση και διαχείριση της διαδικασίας παραγωγής, καθώς και η εύρεση των πιθανών σφαλμάτων που έχουν γίνει για να διορθωθούν άμεσα. Τέλος πραγματοποιείται καθοδήγηση των εργαλειομηχανών ηλεκτρονικά.

Η ενσωμάτωση του λογισμικού CAM στο CAD κατάφερε να εξοικονομήσει χρόνο και χρήμα μιας και γίνεται πλέον να πραγματοποιηθεί αλλαγή της διαδρομής των εργαλείων που κρίνει ο μηχανικός επιτόπου. Δηλαδή δεν είναι αναγκαίο σε περίπτωση ήθελε να επέμβει με κάποια αλλαγή στη διαδρομή των εργαλείων, να εισάγει το λογισμικό CAD στο CAM και να κάνει επαναπρογραμματισμό από την αρχή. Έτσι εξασφαλίζεται πως το αποτέλεσμα που προκύπτει από τις εντολές που προγραμματίζονται δεν παρεκκλίνει από το αρχικό σχέδιο που έχει διαμορφωθεί.

Από την άλλη πλευρά, προκειμένου να δοθεί το παραπάνω πλεονέκτημα έπρεπε να αφαιρεθεί μια άλλη ελευθερία από τη διαδικασία. Ο λόγος γίνεται για την επιτρεπτή πολυπλοκότητα των λειτουργιών, οι οποίες φαίνονται να είναι οι πολύ βασικές. Κατά συνέπεια δεν είναι δυνατή η παραγωγή σύνθετων και περίπλοκων μελών μιας κατασκευής όταν πρόκειται για τη συνεργασία των δύο λογισμικών, περιορίζοντας με αυτό τον τρόπο την παραγωγική διαδικασία μιας βιομηχανίας που τα χρησιμοποιεί.



## Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Αυτός είναι ένας λόγος λοιπόν, που ωθεί αρκετούς χρήστες να προτιμήσουν το αυτόνομο λογισμικό CAM εφόσον θεωρείται περισσότερο εξατομικευμένο και πληρέστερο όσον αφορά τις λειτουργίες του. Βεβαίως ούτε και εκείνη δεν είναι πάντα η λύση που επιλέγουν όλοι καθώς υπάρχει και μία πρόσθετη εναλλακτική που ονομάζεται CAM Plugins λογισμικού. Είναι η μέση λύση ανάμεσα στα CAM και CAD/CAM αφού στο συγκεκριμένο, ο προγραμματιστής μπορεί να διαμορφώσει το λογισμικό ώστε να περιλαμβάνει τα πλεονεκτήματα και των δύο άλλων περιπτώσεων μαζί.

### 6.5.3. Μεταφορά αναλλοίωτων δεδομένων των συστημάτων CAD/CAM

Τα δύο λογισμικά είναι διαμορφωμένα σε μία κοινή μορφή, έτσι ώστε να συνεργάζονται και να μοιράζονται τα δεδομένα τους χωρίς να παραποιούνται. Υπάρχει βέβαια κίνδυνος αλλοίωσης των γεωμετρικών στοιχείων κατά τη μεταφορά τους από τον σχεδιαστή στον κατασκευαστή μιας και δεν είναι σίγουρο πως θα διαθέτουν το ίδιο λογισμικό. Χρειαζόταν λοιπόν να βρεθεί μια λύση για να γίνεται ανάγνωση και χρήση των αρχείων από ποικίλα συστήματα, όπου θα είναι συμβατά.

Τα εν λόγω αρχεία ονομάστηκαν ουδέτερα και η ιδιότητα που πήραν είναι η κωδικοποίηση των γεωμετρικών και μη στοιχείων του προϊόντος με σκοπό να είναι αναγνωρίσιμα από άλλα λογισμικά. Πρώτο έκανε την εμφάνισή του το IGES (Initial Graphics Exchange Specifications) το 1980 βοηθώντας σημαντικά την παραγωγική διαδικασία ενώ μέχρι και σήμερα συνεχίζει να εξελίσσεται και να προσφέρει ακόμα περισσότερες λειτουργίες. Η διαδικασία που ακολουθείται είναι αρχικά η μετατροπή σε αρχείο IGES και στη συνέχεια η μετατροπή του αρχείου που προέκυψε σε αναγνωρίσιμη μορφή.

Ένα άλλο ουδέτερο αρχείο θεωρείται ο τύπος STEP (Standard for the Exchange of Product Data), με μορφή ακόμα πιο εξελιγμένη, λειτουργική και αξιόπιστη. Πραγματοποιεί έλεγχο τόσο των γραφικών του μοντέλου που παράγεται όσο και των δεδομένων που σχετίζονται με την πορεία που αναπτύσσεται, ενώ ταυτόχρονα καλύπτονται και ορισμένα ελαττώματα του IGES. Η λειτουργία του χωρίζεται σε τρία στάδια τα οποία είναι η εξαγωγή δεδομένων έπειτα η αναγνώριση και μεταφορά τους και καταληκτικό στάδιο τα πρωτόκολλα εφαρμογής.



**Σχήμα 6.5.3:** Κοπτικό εργαλείο μιας μηχανής CNC, η οποία είναι καθοδηγούμενη και λειτουργεί αντλώντας δεδομένα από τα συνεργαζόμενα λογισμικά CAD/CAM.

### 6.5.4. Κοπτικά εργαλεία του συστήματος CAD/CAM

Όπως προαναφέρθηκε, τα δύο λογισμικά χρησιμοποιούν μια σειρά από κοπτικά εργαλεία προκειμένου να παραχθεί το προϊόν που έχει σχεδιαστεί. Για να εξασφαλισθεί όμως η ποιότητα και η ακρίβειά του είναι



### Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

σημαντικό, έχοντας πρώτα μάθει όλα τα χαρακτηριστικά γνωρίσματα των εργαλείων, να γίνεται σωστή χρήση και συντήρησή τους. Όταν ο χρήστης τα χειρίζεται σύμφωνα με τις προδιαγραφές που τους έχουν δοθεί εξαρχής από τον κατασκευαστή τους θα μπορούν έπειτα και εκείνα να αποδώσουν στο μέγιστο.

Τα κοπτικά εργαλεία μπορούν να διακριθούν σε ελικοειδή (Spiral cutters), ευθύγραμμα (Straight cutters), ειδικών εφαρμογών (Special application cutters), με ραβδώσεις (Flute tools), με σφαιρική μύτη (Ball nose cutters), συμπίεσης (Compression cutters), με ξυλοδιασπαστή (Chipbreaker cutters), φινιρίσματος (Finishers), χάραξης (Engraving cutters), τύπου V (V Cutters), τρυπάνια (Boring drills), τρυπάνια Brad point, τρυπάνια V-point, δίσκος (Saw Blade).

Τα ελικοειδή εργαλεία αξιοποιούνται σε μεγάλη ποικιλία υλικών και εύλογα θεωρούνται κοπτικά γενικής κατεργασίας. Λειτουργούν με μεγάλες ταχύτητες χωρίς όμως να αναπτύσσεται εύκολα η θερμότητα και έχουν μεγάλη διάρκεια ζωής. Προσφέρουν λείο φινίρισμα ενώ το σπειροειδές σχήμα της κεφαλής τους απωθεί προς τα πάνω τα υπολείμματα ξύλου όπου υπάρχουν. Ακόμη, τα κοπτικά με ραβδώσεις παρουσιάζονται με ευθύς ραβδώσεις τις οποίες αποδίδουν στην ακμή σχήματος μισοφέγγαρου. Ενδείκνυται για εφαρμογή σε φυσικά μαλακά ξύλα και μάλιστα εκκενώνουν τα υπολείμματα ξύλου, με την ανάπτυξη υψηλών ταχυτήτων πρόωσης.

Τα ευθύγραμμα, επίσης γενικής χρήσεως, χαρακτηρίζονται από μία ή και δύο ακμές κοπής οι οποίες είναι καλυμμένες με καρβίδιο, προσδίδοντας άριστο φινίρισμα. Έχουν μεγάλες ταχύτητες πρόωσης, ενώ αξιοσημείωτο είναι το γεγονός πως όταν πρόκειται για διπλή ακμή η διάρκεια ζωής τους είναι αρκετά μεγάλη. Μεταξύ άλλων, πραγματοποιούν κατεργασία σε φυσικό ξύλο, σύνθετα προϊόντα ξύλου, fiberglass. Συνεχίζοντας, το κοπτικό ειδικών εφαρμογών διευκολύνει την απλοποίηση πολλών εφαρμογών κατά διάρκεια της κατεργασίας.

Ομοίως με τα ραβδωτά, λειτουργούν και τα κοπτικά εργαλεία με σφαιρική μύτη με τη μόνη διαφορά τους να βρίσκεται στις ραβδώσεις τους οι οποίες αυτή τη φορά είναι διπλές και έχουν σταθερή την ακτίνα τους ανά ονομαστική διάμετρο. Συνήθως χρειάζονται για να επιτευχθεί τρισδιάστατη σχεδίαση σε ένα μεγάλο εύρος των υλικών. Έπονται τα εργαλεία συμπίεσης όπου φέρουν κοφτερά τμήματα, ιδανικά ώστε με τις ανεπτυγμένες ταχύτητές τους να τεμαχίζουν φύλλα διπλής επένδυσης, ξύλο καθώς και τα παράγωγά του.



**Σχήμα 6.5.4:** Μεγάλη ποικιλία κοπτικών εργαλείων που τοποθετούνται σε μηχανές παραγωγής CNC, ώστε να δημιουργηθεί το επιθυμητό αποτέλεσμα ως προς τη μορφή και λειτουργία του μοντέλου.



## Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

Τα κοπτικά με ξυλοδιασπαστή, όπου είναι και τα ταχύτερα ανάμεσα σε εκείνα που έχουν δύο ραβδώσεις επιτυγχάνουν ένα λείο αποτέλεσμα στην επιφάνεια της τομής και γενικά έχουν πολύ ποιοτική κοπή. Τα κοπτικά φινιρίσματος πάλι σχετίζονται με την κοπή ακρυλικών υλικών και ομοίως με τα περισσότερα από τα άλλα εργαλεία είναι ιδανικά για λείο φινιρίσμα και αφαίρεση των ξυλοτεμαχιδίων που έχουν απομείνει.

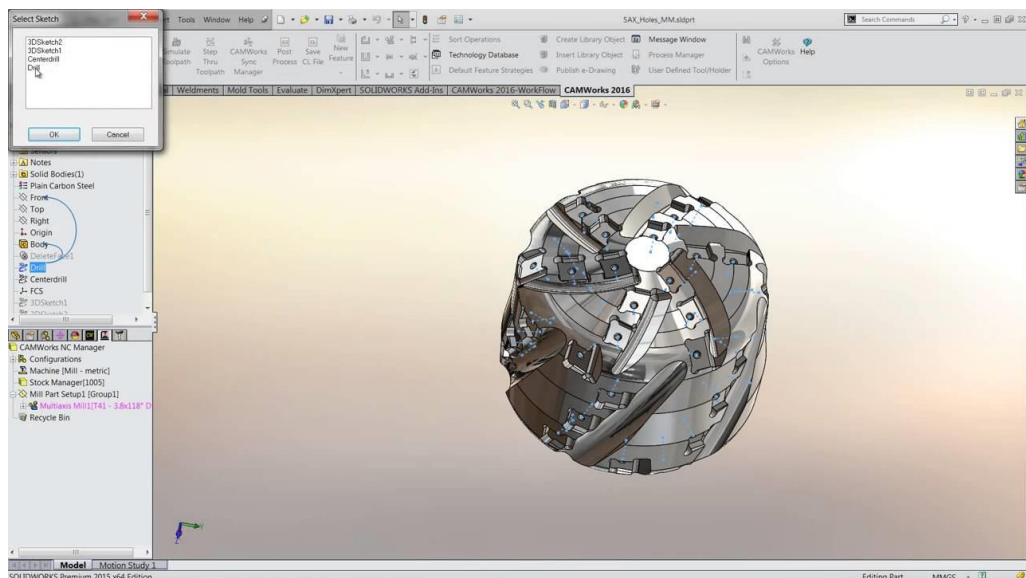
Τα κοπτικά χάραξης διακρίνονται σε ποικίλα πλάτη ακμής χάραξης και μπορεί να συντίθεται από χάλυβα, ανοξείδωτο χάλυβα, και σκληρό μέταλλο. Υπάρχουν, συμπληρωματικά και τα κοπτικά εργαλεία που κατατάσσονται στον τύπο V τα οποία έχουν κοπτική επιφάνεια κωνικού σχήματος. Ο χρήστης τα επιλέγει σε περιπτώσεις όπου επιθυμεί να επεξεργασθεί και δημιουργήσει ένα προϊόν με ανάγλυφη μορφή.

Επιπροσθέτως, αξιοποιούνται και τα τρυπάνια Brad point συνήθως για να δημιουργηθούν οπές κυλινδρικού σχήματος, ώστε έπειτα να προσαρτηθούν σε αυτές κυλινδρικά εξαρτήματα όπως η καβιλία. Ανάλογη χρήση έχουν και τα τρυπάνια V-Point με τη διαφορά ότι εκείνα προσαρμόζουν την κλίση μιας μύτης σχήματος V, προκειμένου να ανοίξουν τις σωστές διαμπερείς οπές. Τέλος ο δίσκος με επικάλυψη καρβιδίου επεξεργάζεται σύνθετα προϊόντα ξύλου και προσφέρει τη δυνατότητα διαγώνιας και λοξής κοπής σε μηχανές τεσσάρων και άνω αξόνων.

## 6.6. Λίστα προγραμμάτων CAM που χρησιμοποιούνται

### 6.6.1. CAMWorks

Το πρόγραμμα CAMWorks διατίθεται για SolidWorks και Solid Edge και εξυπηρετεί ώστε να σιγουρευτεί ο μηχανικός πως το κομμάτι που επεξεργάζεται αναπαριστά πλήρως ότι έχει ήδη μοντελοποιήσει. Χαρακτηριστικό του γνώρισμα αποτελεί η άμεση μετάφραση και μετάδοση κάθε αλλαγής του σχεδίου στην εργαλειομηχανή. Προσφέρεται επίσης και η εξής λειτουργία σάρωσης, εντοπισμού και αυτόματης δημιουργίας μηχανικών χαρακτηριστικών του σχεδίου. Επιπλέον διαθέτει κατεργασία πέντε αξόνων μαζί όπου ευνοούν την κατασκευή σύνθετων και περίπλοκων εξαρτημάτων.



Σχήμα 6.6.1: Πρόγραμμα CAMWorks ασχολείται με τον καθορισμό των κινήσεων του μύλου με τη χρήση λογισμικού CAM.

### 6.6.2. BobCAD-CAM

Το πρόγραμμα BobCAD-CAM κατασκευάστηκε τη δεκαετία του 1980 με σκοπό να προσαρτηθεί το λογισμικό CAM όχι μόνο σε μεγάλα εργαστήρια, όπως συνηθίζονταν έως τότε, αλλά και σε μικρά, δηλαδή σε προσωπικούς υπολογιστές. Πλέον διατίθεται σε δύο εκδόσεις εκ των οποίων η μία είναι το ολοκληρωμένο λογισμικό CAD που περιλαμβάνει το σύνολο των δεδομένων που χαρακτηρίζουν το λογισμικό CAM. Η δεύτερη



### Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών

είναι το πρόσθετο λογισμικό CAM για Solidworks στο οποίο οργανώνονται οι διαδρομές των εργαλείων με τη χρήση του ίδιου προγράμματος που γίνεται ο σχεδιασμός των προϊόντων.

#### 6.6.3. CAMBAM

Το πρόγραμμα CAMBAM δεν είναι το πιο προηγμένο ανάμεσα στα υπόλοιπα ομοειδή του που θα μπορούσε κανείς να επιλέξει. Θεωρείται όμως μια πολύ καλή επιλογή για έναν αρχάριο ή έναν επαγγελματία μιας και καλύπτει περισσότερο τις ανάγκες εκείνων που χρειάζονται καθοδήγηση και εκπαιδευτικό υλικό για την επεξεργασία 2,5D και 3D γεωμετρίας. Είναι πολύ εύκολο στη χρήση του όσον αφορά τη ρύθμιση για τη γρήγορη ρύθμιση των εργαλειομηχανών 2,5D.

#### 6.6.4. CATIA

Το πρόγραμμα CATIA (Τρισδιάστατη διαδραστική εφαρμογή που υποστηρίζεται από υπολογιστή) είναι παράγωγο της Dassault Systèmes. Δημιουργήθηκε με σκοπό την εφαρμογή του στην αυτοκινητοβιομηχανία, τη ναυπηγική βιομηχανία, τον βιομηχανικό εξοπλισμό και την αρχιτεκτονική. Διαθέτει προγραμματισμό πολύπλοκων τροχιών για φρεζάρισμα, στροφή και πύχωση καθώς και εργασίες μεγάλης ταχύτητας, όπως η ομόκεντρη αφαίρεση, η άλεση σε επίπεδο Z, η σπειροειδής άλεση και το περίγραμμα των 5 αξόνων.

#### 6.6.5. EdgeCAM

Το πρόγραμμα EdgeCAM θεωρείται μια από τις πιο εξελιγμένες επιλογές επαγγελματικού πακέτου στη λίστα των προγραμμάτων με διαθέσιμες, προηγμένες μηχανικές κατεργασίες την άλεση και την περιστροφή, μέσα από 5 άξονες. Είναι διαμορφωμένο με καλά εικονογραφημένα εργαλεία και προσαρμόσιμες μάσκες εργαλείων, τονίζοντας μόνο ό,τι είναι απαραίτητο και απωθώντας τα ακατάλληλα ανάλογα με την περίπτωση εργαλεία. Στόχος των πιο πρόσφατων εκδόσεων είναι η ελάττωση του απαιτούμενου χρόνου λειτουργίας για την επεξεργασία.

#### 6.6.6. Esprit

Το πρόγραμμα Esprit έχει αναπτυχθεί το 1985 από την DP Technology της οποίας η ειδικευση είναι το λογισμικό CAM πλατφόρμας-αγνωστικής. Περιλαμβάνει μια πλήρη σειρά εργαλείων προγραμματισμού, βελτιστοποίησης και προσομοίωσης CNC, ενώ παράλληλα μπορεί να προσφέρει αξιόπιστες εικονικές δοκιμές του σχεδιασμού επαλήθευσης των εξαρτημάτων προς κατασκευή. Εκτός των παραπάνω πραγματοποιεί φρεζάρισμα δύο έως πέντε αξόνων, περιστροφή δύο έως 22 αξόνων, EDM σύρμα δύο έως πέντε αξόνων, μηχανική κατεργασία με στροφές και μηχανική κατεργασία με άξονα B.



**Σχήμα 6.6.6:** Εργαλείο τριών αξόνων κατευθυνόμενο με την καθοδήγηση των εντολών του λογισμικού CAM, το οποίο κατατάσσεται στο πρόγραμμα Esprit.



### 6.6.7. Fusion 360

Το πρόγραμμα Fusion 360 είναι ικανό μέσω των ολοκληρωμένων εργαλείων του να ανεβάσει την παραγωγικότητα μιας βιομηχανίας στα ύψη με τη βοήθεια του ενσωματωμένου συστήματος CAM στο CAD. Σε αυτό περιλαμβάνονται οι διαδικασίες σχεδιασμού, δοκιμής και εκτέλεσης ενός 3D σχεδίου. Προσφέρονται εργαλεία παραμετρικά και αναλυτικά εργαλεία πλέγματος, καθώς επίσης και προσομοίωση της κατασκευής των τεμαχίων. Επιπροσθέτως γίνονται μέσω αυτού εμφανείς και οι καταπονήσεις που πρόκειται να δεχθεί η τελειοποιημένη μορφή του προϊόντος μόλις χρησιμοποιηθεί.

### 6.6.8. GibbsCAM

Το πρόγραμμα GibbsCAM έχει πολυπληθή χαρακτηριστικά και μπορεί να συνεργαστεί με αμέτρητα επαγγελματικά λογισμικά και τον τύπο του αρχείου που διαθέτει το καθένα. Υπάρχει μεγάλο εύρος κατεργασίας με πολλούς άξονες, βελτιωμένη προσομοίωση και δυνατότητα φρεζαρίσματος και κοπής μέσω περιστροφής. Έχουν γίνει μάλιστα και ενέργειες κατά τις οποίες επιχειρείται η προσπάθεια ενσωμάτωσης ενός επεξεργαστή κώδικα G με σκοπό την γρήγορη επισκόπηση των διαδικασιών που δημιουργούνται.

### 6.6.9. HyperMill

Το πρόγραμμα HyperMill βρίσκει κανείς είτε σε αυτόνομη μορφή είτε σε plugin μορφή για τα hyperCAD-S, Autodesk Inventor και SolidWorks. Παρέχεται δυσδιάστατη μηχανική κατεργασία, φρεζάρισμα, περιστροφή πολλών αξόνων υψηλής ταχύτητας και για όσους το επιθυμούν ξεχωριστά, λεπίδες προγραμματισμού, σωλήνες ή καλούπια ελαστικών. Ορισμένες επίσης σημαντικές λειτουργίες του είναι πως προγραμματίζει σύνθετα χαρακτηριστικά με βαθιές κοιλότητες, υψηλά απότομα τοιχώματα και εγκοπές, ενώ προσφέρει και ακριβή επισκόπηση των παραγόμενων διαδρομών φρεζαρίσματος για έλεγχο.

### 6.6.10. HSM/HSM Works

Το πρόγραμμα ανήκει στην κατηγορία των πρόσθετων λογισμικών CAM που ενσωματώνονται σε Inventor, Fusion 360 και Solidworks γεγονός στο οποίο αποδίδεται και η πιο πρόσφατη ονομασία του ως HSM Works. Επιπλέον υποστηρίζεται το πρότυπο AnyCAD, κατά το οποίο δεν χάνεται ο συσχετισμός του πρωτοτύπου και του αντιγράφου κάθε φορά που ένα σχέδιο μεταφέρεται σε λογισμικό τρίτου κατασκευαστή. Στα εργαλεία του περιλαμβάνονται η μηχανική κατεργασία πέντε αξόνων, η άλεση, η στροφή, ο πίδακας νερού, το πλάσμα και η κοπή λέιζερ.

### 6.6.11. Mastercam

Το Mastercam εμφανίστηκε τη δεκαετία του 1980 και κατατάσσεται ανάμεσα στα πιο χρησιμοποιούμενα λογισμικά CAM στον κόσμο. Συνδυάζεται το λογισμικό CAM με πλήρη 3D CAD μοντελοποίηση σε ένα προϊόν επιτρέποντας έτσι τις αλλαγές στον σχεδιασμό CAD σε κάποιο στάδιο χωρίς να χρειαστεί επαναπρογραμματισμός του GCode. Υποστηρίζεται τρισδιάστατο φρεζάρισμα, χάραξη και κατεργασία μέχρι 5 αξόνων, βοηθώντας αποτελεσματικά την κατασκευή εξαρτημάτων όπως για παράδειγμα οι στρόβιλοι.

### 6.6.12. Powermill

Το Powermill είναι ένα λογισμικό CAM της Autodesk για την SolidWorks το οποίο σαρώνει, εντοπίζει και δημιουργεί αυτόματα μηχανικές δυνατότητες από το σχέδιο που του έχει δοθεί. Η μηχανική κατεργασία ελβετικού τύπου που διαθέτει παράγει μικρά εξαρτήματα με υψηλή αντοχή ενώ τα εργαλεία του έχουν τη δυνατότητα να αναγνωρίσουν ένα μη επεξεργασμένο απόθεμα. Ακόμη η προσομοίωσή του εξασφαλίζει την αποφυγή καταστροφής του εξοπλισμού μέσω του λεπτομερούς ελέγχου που πραγματοποιεί.

### 6.6.13. Siemens NX CAM

Το πρόγραμμα Siemens NX CAM ρυθμίζει και ελέγχει ολόκληρους κύκλους κατασκευής μηχανών φρεζαρίσματος και περιστροφής. Με τη βοήθειά του επιβεβαιώνεται επίσης πως τα εξαρτήματα κατασκευάζονται με βάση τις αποδεδειγμένες βέλτιστες πρακτικές των εγκαταστάσεων. Δύναται ακόμη η επιλογή να ελεγχθεί αν οι διαδρομές των εργαλείων ταυτίζονται με τον αρχικό σχεδιασμό και να εντοπισθούν πιθανές περιοχές όπου είναι είτε κατεστραμμένες είτε παραπάνω επεξεργασμένες από ότι θα έπρεπε στην πραγματικότητα.





#### 6.6.14. SolidCAM

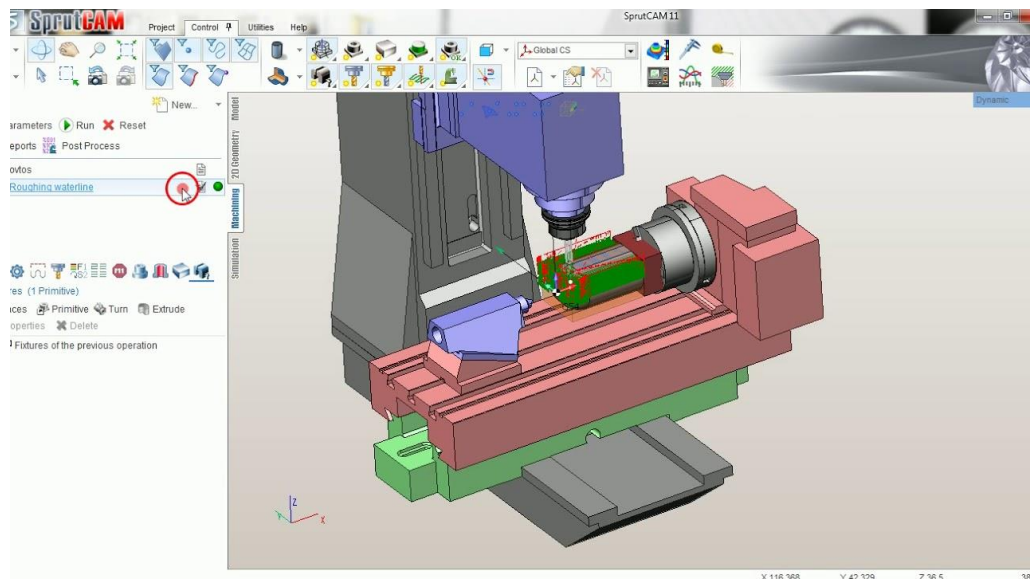
Ακόμα ένα λογισμικό CAM είναι το SolidCAM το οποίο, ομοίως και με άλλα παρόμοιά του ενσωματώνεται σε SolidWorks και Inventor. Διαθέτει ρύθμιση η οποία αυτομάτως μεριμνά για την βελτιστοποίηση της τροφοδοσίας, της ταχύτητας, του βάθους και του πλάτους των παραγόμενων τεμαχίων. Μάλιστα, προνόμιό του αποτελεί επίσης το γεγονός ότι διακρίνονται κάθε φορά τα ξεχωριστά γεωμετρικά χαρακτηριστικά του σχεδιασμού και έπειτα ορίζονται σύμφωνα με αυτά οι διαδρομές των εργαλείων.

#### 6.6.15. SolidWorks CAM

Στο πρόγραμμα SolidWorks, το οποίο σχεδιάστηκε από το 3DS, παρατηρούμε χαρακτηριστικά κοινά με εκείνα άλλων προγραμμάτων που έχουν προαναφερθεί. Συγκεκριμένα, πραγματοποιείται μηχανική κατεργασία πέντε αξόνων, ώστε να υπάρχει εύρος εφαρμογών σε εξαρτήματα με περιγράμματα πολλών αξόνων και κλίση τρισδιάστατων διαδρομών εργαλείων όπως τα πτερύγια του στροβίλου και τα καλούπια χύτευσης. Επίσης προσομοιώνει και προβλέπει πιθανές συγκρούσεις που θα μπορούσαν να γίνουν όσο κατασκευάζονται τα εξαρτήματα και επαληθεύει τον G-Code προτού ξεκινήσει η λειτουργία των μηχανημάτων.

#### 6.6.16. SprutCAM

Το SprutCAM θεωρείται αυτόνομο πρόγραμμα που απαρτίζεται από plugins και γραμμές εργαλείων στα AutoCAD, Inventor, Onshore, Rhinoceros, και Solidworks. Χειρίζεται εργαλεία όπως φρέζα, τόρνο, μηχανές EDM κέντρα επεξεργασίας με αριθμητικό έλεγχο και γενικά μηχανές περιστροφής πολλαπλών εργαλείων. Υπάρχει ακόμη δυνατότητα ελέγχου της ποιότητας των παραγόμενων προϊόντων ενώ όταν πρόκειται για προγραμματισμό βιομηχανικών ρομπότ, στο οποίο επίσης να συμμετέχει, πραγματοποιεί πολύπλοκες 3D κινήσεις χωρίς σύγκρουση σε φυσικούς κώδικες έξι ή περισσότερων αξόνων.



Σχήμα 6.6.16: Αξιοποίηση του προγράμματος SprutCAM με σκοπό τη δημιουργία προγράμματος που θα κατευθύνει μια εργαλείο τεσσάρων αξόνων.



## 7. Επίλογος - Συμπεράσματα Εργασίας

Η συμβολή των λογισμικών CAM στο ευρύτερο φάσμα του τομέα που ασχολείται με την υλοποίηση της κατασκευής ενός μοντέλου είναι αξιοσημείωτη. Καθώς οι εποχές αλλάζουν τα συστήματα αυτά θα γίνονται ακόμα πιο πετυχημένα και θα πληρούν όλο και περισσότερες από τις προδιαγραφές που χρειάζονται ώστε να κατασκευαστεί ένα σχεδόν, αν όχι απολύτως, άψογο προϊόν. Στόχος για το μέλλον είναι να παρέχονται ακόμα πιο εξειδικευμένες λειτουργίες και να ανακαλυφθούν νέες δυνατότητες που θα διευκολύνουν στο μέγιστο την διαδικασία της παραγωγής.

Είναι επομένως πολύ σημαντική η αδιάκοπη ενασχόληση με τα λογισμικά CAM, αλλά και οποιοδήποτε άλλο σύστημα τα συνοδεύει ώστε να εξελιχθούν όσο το δυνατόν περισσότερο. Πάντως ο μηχανικός χρειάζεται την κατάλληλη εκπαίδευση σχετικά με το αντικείμενο αλλά και εκμάθηση των επιπλέον παραμέτρων που προστίθενται κάθε φορά και για όσο το σύστημα διαφοροποιείται. Διατηρώντας το ενδιαφέρον για τις συνεχώς εναλλασσόμενες αρμοδιότητές του και εναποθέτοντας όλη του την τέχνη και τη γνώση θα καταφέρει τελικά να λάβει ένα αντιστοίχως εξαιρετικό αποτέλεσμα.

Σίγουρα τα συστήματα CAM έχουν και κάποια μειονεκτήματα όπου αποτρέπουν σε ορισμένες περιπτώσεις τις βιομηχανίες από το να τα επιλέξουν, ανάλογα πάντα με το προϊόν που ασχολούνται κάθε φορά. Πάραυτα, τα πλεονεκτήματα και οι δυνατότητές τους δείχνουν να υπερτερούν βοηθώντας τα έτσι να προτιμώνται και να συμβάλουν ενεργά στην διαδικασία της παραγωγής. Άλλωστε υπάρχουν και μερικές εναλλακτικές προτάσεις, όπως παραδείγματος χάριν το σύστημα CAD/CAM, που ίσως να αποτελέσουν λύση στον προβληματισμό πολλών χρηστών και να αποδειχθούν ως το κατάλληλο εργαλείο.

Η ποικιλία των λογισμικών είναι τεράστια, γεγονός που διευκολύνει τους χρήστες ώστε να βρουν εκείνο που είναι κατάλληλα διαμορφωμένο και προσαρμοσμένο σύμφωνα με τις απαιτήσεις τους. Μπορούν να επιλέξουν κάποιο περισσότερο σύνθετο, το οποίο θα διαθέτει εξειδικευμένα εργαλεία και πιο εξελιγμένα όταν πρόκειται για ένα πολύπλοκο τεμάχιο. Διαφορετικά τα απλά, εύκολα και λειτουργικά λογισμικά εξακολουθούν να υπάρχουν για όσους σχεδιάζουν να κατασκευάσουν ένα μη πολύπλοκο εξάρτημα με πιο κλασσικά χαρακτηριστικά.



## Βιβλιογραφία - Πηγές

1. <https://repository.kallipos.gr/bitstream/11419/1490/2/%CE%9ACE%B5%CF%86%CE%AC%CE%BB%CE%B1%CE%B9%CE%BF%207.pdf>
2. <https://eclass.gunet.gr/modules/document/file.php/LABGU143/%CE%9ACE%95%CE%A6%CE%91%CE%9B%CE%91%CE%99%CE%9F%202.pdf>
3. [file:///C:/Users/user/Desktop/ΕΙΣΑΓΩΓΗ%20ΣΤΗ%20ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ/CAD\\_CAM\\_I\\_diafanies.pdf](file:///C:/Users/user/Desktop/ΕΙΣΑΓΩΓΗ%20ΣΤΗ%20ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ/CAD_CAM_I_diafanies.pdf)
4. [file:///C:/Users/user/Desktop/ΕΙΣΑΓΩΓΗ%20ΣΤΗ%20ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ/shediasi\\_1.pdf](file:///C:/Users/user/Desktop/ΕΙΣΑΓΩΓΗ%20ΣΤΗ%20ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ/shediasi_1.pdf)
5. <file:///C:/Users/user/Desktop/ΕΙΣΑΓΩΓΗ%20ΣΤΗ%20ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑ/ΠΤΥΧΙΑΚΗ%20LAST%20VERSION.pdf>
6. <https://www.autodesk.com/products/fusion-360/blog/computer-aided-manufacturing-beginners/>
7. [https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided\\_manufacturing](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_manufacturing)
8. <https://www.whiteclouds.com/3DPedia/cam.html>
9. <https://www.techwalla.com/articles/the-disadvantages-of-computer-aided-manufacturing>
10. [https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided\\_design](https://en.wikipedia.org/wiki/Computer-aided_design)
11. [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%BD%CE%AE%CE%BC%CE%B7\\_%CF%84%CF%85%CF%87%CE%B1%CE%AF%CE%B1%CF%82\\_%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%80%CE%AD%CE%BB%CE%B1%CF%83%CE%B7%CF%82](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%9C%CE%BD%CE%AE%CE%BC%CE%B7_%CF%84%CF%85%CF%87%CE%B1%CE%AF%CE%B1%CF%82_%CF%80%CF%81%CE%BF%CF%83%CF%80%CE%AD%CE%BB%CE%B1%CF%83%CE%B7%CF%82)
12. [https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%BA%CE%B9\\_\(%CF%85%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AD%CF%82\)](https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BF%CE%BD%CF%84%CE%AF%CE%BA%CE%B9_(%CF%85%CF%80%CE%BF%CE%BB%CE%BF%CE%B3%CE%B9%CF%83%CF%84%CE%AD%CF%82))
13. <https://el.wikipedia.org/wiki/%CE%A0%CE%BB%CE%B7%CE%BA%CF%84%CF%81%CE%BF%CE%BB%CF%8C%CE%B3%CE%B9%CE%BF>
14. <http://www.cnccut.gr/blog/13-ti-einai-cnc-kai-se-poio-agorastiko-koino-apeythynetai>
15. <https://constructible.trimble.com/construction-industry/what-is-cam-computer-aided-manufacturing>
16. <https://www.rombotics.com/%CE%B4%CE%B9%CE%B1%CF%86%CE%BF%CF%81%CE%B1/%CE%BA%CE%BF%CF%80%CF%84%CE%B9%CE%BA%CE%B1-%CE%BC%CE%B5%CF%83%CE%B1-cnc-router/>
17. <https://amatrol.com/coursepage/cnc-cam-training-elearning-course/>
18. <https://all3dp.com/1/best-cam-software-solidworks-autocad/#use>