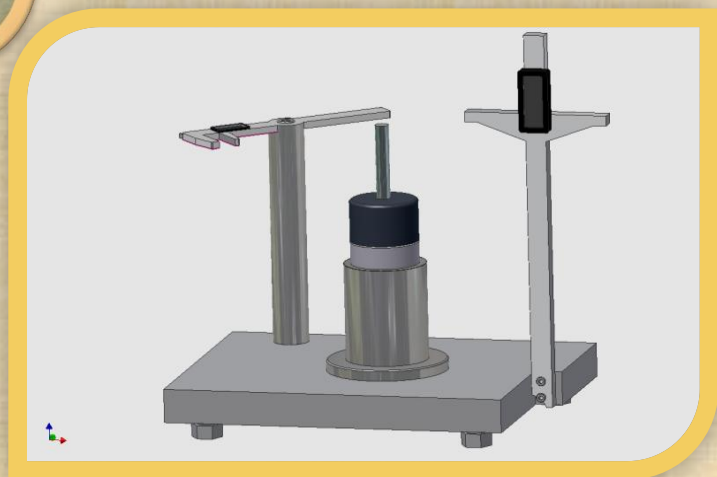


ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

**ΤΙΤΛΟΣ: «Μελέτη και κατασκευή πρότυπου μετρητικού συστήματος,
σε συμβατική εργαλειομηχανή, CNC»**

**ΣΠΟΥΔΑΣΤΗΣ: ΤΣΕΡΜΠΙΝΟΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΚΟΚΚΙΝΟΣ ΑΝΑΣΤΑΣΙΟΣ**

**ΠΑΤΡΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΙΚΟ ΕΤΟΣ 2009-2010**

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	V
Περίληψη.....	VI

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1⁰

1.1	Ιστορική αναδρομή.....	1
1.2	Ορόσημα.....	3
1.3	Συμβατικές εργαλειομηχανές Τόρνοι-Φρέζες.....	5
1.3.1	Συμβατικοί τόρνοι.....	5
1.3.2	Συμβατικές φρέζες.....	6

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2⁰

2.1	Σκοπός ανάπτυξης των CNC.....	8
2.2	Εξέλιξη της τεχνολογίας NC σε CNC ΚΑΙ DNC.....	8
2.2.1	DNC (Direct Numerical Control).....	9
2.3	Που χρησιμοποιούνται οι εργαλειομηχανές CNC.....	11
2.4	Μέσα εισόδου.....	13
2.5	Εισαγωγή δεδομένων εργαλειομηχανής.....	16
2.5.1	Προγραμματισμός με το χέρι.....	16
2.5.2	Αυτόματος προγραμματισμός.....	19
2.5.3	Γλώσσα προγραμματισμού APT.....	22
2.6	Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα ψηφιακής καθοδήγησης.....	23
2.7	Η ακρίβεια των μετρητών θέσεως (μετατόπισης).....	25
2.8	Απαιτήσεις ακρίβειας εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης.....	26

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3⁰

3.1	Κέντρα κατεργασίας.....	27
3.1.1	Τύποι των κέντρων κατεργασίας.....	28
3.1.2	Τμήματα των κέντρων κατεργασίας CNC.....	30
3.2	Σύγχρονοι τόρνοι CNC.....	31
3.2.1	Τμήματα των σύγχρονων τόρνων CNC.....	33
3.2	Φρεζομηχανές CNC.....	35
3.3.1	Είδη φρεζομηχανών.....	35
3.3.2	Κύρια μέρη μια φρεζομηχανής.....	36
3.3.3	Πολυαξονικές μηχανές.....	37
3.4	Κοππικά εργαλεία.....	38
3.5	Κώνοι συγκράτησης κοππικού εργαλείου.....	44
3.6	Συστήματα αυτόματης αλλαγής εργαλείων.....	45
3.6.1	Τύποι εργαλειοφορέων αυτόματης αλλαγής εργαλείων.....	45
3.7	Αντιστάθμιση ή Σετάρισμα Κοππικών Εργαλείων.....	49
3.7.1	Αντιστάθμιση μήκους ή Σετάρισμα μήκους.....	49
3.7.2	Αντιστάθμιση ακτίνας ή Σετάρισμα ακτίνας κοππικού εργαλείου.....	51

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4⁰

4.1	Κανονισμοί και λέξεις.....	54
4.1.1	Λέξη προπαρασκευαστικής λειτουργίας (G).....	54
4.1.2	Λέξεις διαστάσεων.....	55
4.1.3	Λέξη πρόωσης (F).....	55
4.1.4	Λέξη ταχύτητας ατράκτου (S).....	56
4.1.5	Λέξη εργαλείων (T).....	56

4.1.6	Λέξεις για διάφορες λειτουργίες(M).....	56
4.2	Συγκριτικός πίνακας μηχανών CNC , FANUC-DENFORD-SINUMERIC, ως προς την κωδικοποίηση που χρησιμοποιούνε.....	57
4.3	Κωδικοί αντιστάθμισης διαμέτρου κοπτικού εργαλείου.....	63
4.4	Υπολογισμός των βέλτιστων συνθηκών κοπής.....	64
4.4.1	Ταχύτητα κοπής.....	64
4.4.2	Πρόωση.....	66
4.5	Άξονες κατεργασίας.....	67
4.6	Χαρακτηριστικά γεωμετρικά σημεία στην ψηφιακή καθοδήγηση.....	69
4.7	Συστήματα αναφοράς ή συστήματα διαστασιολόγησης.....	72
4.8	Συστήματα υπολογισμού θέσης.....	73
4.8.1	Υπολογισμός θέσης σημείο προς σημείο.....	73
4.8.2	Συνεχής Διαδρομή (Περιγράμματα).....	74
4.9	Διόρθωση προγραμμάτων.....	75

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5⁰

5.1	Πρόβλημα σεταρίσματος κοπτικών εργαλείων.....	77
5.2	Διάφορες ιδιαιτερότητες και χαρακτηριστικά της μηχανής.....	79
5.3	Ο ρόλος των κοπτικών εργαλείων.....	80
5.4	Σκοπός δημιουργίας της κατασκευής μας.....	80
5.5	Επιλογή και αγορά των πρώτων υλών.....	81
5.6	Διαδικασία κατασκευής.....	84
5.6.1	Βάση κώνου κοπτικού εργαλείου.....	84
5.6.2	Πλάκα στήριξης	88
5.6.3	Βάση παχυμέτρου.....	95
5.6.4	Τελικές εργασίες.....	96
5.6.5	Συναρμολόγηση όλων των υλικών και εξαρτημάτων.....	96

5.7	Μετρήσεις των κοπτικών εργαλείων μας με βάση την μετρητική Συσκευή.....	97
5.7.1	Εικονικός τρόπος μέτρησης ενός κοπτικού εργαλείου.....	99
5.8	Λύσεις που κυκλοφορούν στο εμπόριο.....	105
5.9	Έλεγχος απόκλισης μετρήσεων.....	106
5.9.1	Συγκεντρωτικός πίνακας του μήκους και της διαμέτρου συγκρίνοντας τις δύο μετρητικές συσκευές.....	108
	Επίλογος.....	111
	Βιβλιογραφία.....	112

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Στα πλαίσια των υποχρεώσεων του Προπτυχιακού Προγράμματος Σπουδών του Τμήματος Μηχανολογίας της Σχολής Τεχνολογικών Εφαρμογών (ΣΤΕΦ) του Α.Τ.Ε.Ι. Πάτρας, πραγματοποιήθηκε η διπλωματική εργασία με τίτλο :**«Μελέτη και κατασκευή πρότυπου μετρητικού συστήματος σε συμβατική εργαλειομηχανή, CNC»**

Το αντικείμενο της εργασίας είναι : η κατασκευή ενός πρότυπου μετρητικού συστήματος για την μέτρηση των γεωμετρικών χαρακτηριστικών κοπτικών εργαλείων μιας CNC εργαλειομηχανής.

Υπεύθυνοι κατά την εκπόνηση της διπλωματικής εργασίας ήταν οι Καθηγητές κος Κόκκινος Αναστάσιος αλλά και ο κος Μετζελόπουλος στους οποίο οφείλω ιδιαίτερες ευχαριστίες για την ανάθεση αυτής και τη δυνατότητα που μου δόθηκε να ασχοληθώ με ένα τόσο ενδιαφέρον για εμένα θέμα.

Τέλος θα ήθελα να ευχαριστήσω όλους όσους συνέβαλαν με τον οποιοδήποτε τρόπο στην ολοκλήρωση αυτής της προσπάθειάς και ιδιαίτερα στους γονείς μου. Επίσης ευχαριστώ τους μηχανολόγους της Ελληνικής Βιομηχανίας Όπλων (ΕΒΟ), οι οποίοι μου συμπαραστάθηκαν όλο αυτό το χρονικό διάστημα και βοήθησαν ο καθένας με τον τρόπο του, προσφέροντας τις απόψεις, τις πολύ σημαντικές γνώσεις τους, καθώς και την πολύχρονη πείρα τους πάνω σε θέματα εργαλειομηχανών.

Πάτρα, Σεπτέμβριος 2010

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην παρούσα πτυχιακή προτείνεται η κατασκευή ιδιοσυσκευής που έχει τη δυνατότητα μέτρησης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των κοπτικών εργαλείων σε μια φρέζα τύπου BIESSE Rover 322. Αρχικά, εξετάζονται οι βασικές αρχές λειτουργίας των εργαλειομηχανών CNC (Computer Numerical Control). Κατόπιν, γίνεται αναφορά σχετικά με την ιστορία των εργαλειομηχανών με καθοδήγηση. Έπειτα, εξετάζεται η μετέπειτα εξέλιξη της σε ψηφιακή καθοδήγηση, τα βασικά κίνητρα ώστε να αναπτυχθεί αυτή η νέα τεχνολογία, ποιοι ήταν οι δημιουργοί της, πότε φτιάχτηκαν οι πρώτες εργαλειομηχανές, αλλά και διάφορα άλλα ορόσημα. Από εκείνη την εποχή κατά την οποία όλα βρίσκονταν σε αρχικό στάδιο φτάνουμε μέχρι και σήμερα που η εξέλιξη τους έχει φτάσει σε πολύ υψηλό επίπεδο και αποτελούν αναπόσπαστο στοιχείο στις περισσότερες παραγωγικές διαδικασίες.

Έπειτα παρουσιάζεται και αναλύεται η εξέλιξη των εργαλειομηχανών από το αρχικό τους στάδιο, που ονομάζονταν NC (Numerical Control), στις ευρέως διαδεδομένες CNC και τέλος στα υπερσύγχρονα “έξυπνα” συστήματα DNC (Digital Numerical Control). Ασχολούμαστε εκτενέστερα με τις CNC εργαλειομηχανές, οι οποίες αποτελούν και το κύριο μέρος της εργασίας μας. Έπειτα, αναλύονται τα πλεονεκτήματα αλλά και μειονεκτήματα που αυτές έχουν, τον τρόπο με τον οποίο προγραμματίζονται, αλλά και την ακρίβεια που μπορούν να επιτύχουν στις κατεργασίες τους. Από το σύνολο των εργαλειομηχανών CNC που υπάρχουν στις μέρες μας, επικεντρωνόμαστε περισσότερο στα κέντρα κατεργασίας, τις φρέζες και τους τόνους CNC.

Εν συνεχεία, γνωρίζουμε τα κοπτικά τους εργαλεία, δηλαδή το κοπτικό μέσο των εργαλειομηχανών, δηλαδή από τι υλικό κατασκευάζονται, τι διάρκεια ζωής έχουν, τον τρόπο πρόσδεσης τους στον εργαλειοδέτη της εκάστοτε μηχανής. Επίσης, εξετάζονται τα αυτόματα συστήματα αλλαγής εργαλείων, πως αυτά αντισταθμίζονται και γενικότερα ότι αφορά τα κοπτικά εργαλεία, που είναι ένας σημαντικός παράγοντας για την ποιότητα επιφάνειας των κατεργαζόμενων επιφανειών.

Ένα άλλο σημαντικό κομμάτι των εργαλειομηχανών, είναι ο κώδικας επικοινωνίας μεταξύ της εργαλειομηχανής και του χειριστή της. Ο κώδικας αυτός, δηλαδή η γλώσσα προγραμματισμού, αποτελείται κυρίως από τους κωδικούς G και M, οι οποίοι είναι απαραίτητοι ώστε να μπορέσει ο κάθε προγραμματιστής να “επικοινωνήσει” ή να καθοδηγήσει την εργαλειομηχανή. Ακόμη, γίνεται αναφορά στα διάφορα σημαντικά χαρακτηριστικά των μηχανών αυτών, όπως τα γεωμετρικά, αλλά και τα συστήματα αναφοράς. Ό,τι δηλαδή πρέπει να γνωρίζει ο προγραμματιστής, ώστε να μπορέσει σε συνδυασμό με τους παραπάνω κωδικούς (G και M), να καθοδηγήσει με ακρίβεια την εργαλειομηχανή και να κατασκευάσει με ακρίβεια το προϊόν.

Το τελευταίο και κυριότερο μέρος της παρούσας πτυχιακής, έχει ως θέμα ένα πραγματικό πρόβλημα που έχει προκύψει σε ένα εργοστάσιο κατασκευής ξύλινων κουφωμάτων, που χρησιμοποιεί εργαλειομηχανές CNC.

Σκοπός μας, ήταν η ανάλυση του προβλήματος και η προτεινόμενη λύση, με το λιγότερο δυνατό κόστος κατασκευής. Το πρόβλημα αφορά τη δυνατότητα μέτρησης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των κοπτικών εργαλείων σε μια φρέζα τύπου BIESSE Rover 322. Παρόλο που το πρόβλημα είχε λυθεί από την κατασκευάστρια εταιρεία, το κόστος του κρίθηκε υπερβολικό. Έπειτα από μία έρευνα αγοράς, επιλέξαμε τις κατάλληλες πρώτες ύλες, αλλά και τα μετρητικά όργανα που θα χρησιμοποιούσαμε. Έπειτα, κατασκευάσαμε την πρότυπη συσκευή μέτρησης των γεωμετρικών χαρακτηριστικών των κοπτικών εργαλείων και μετά από πολλά και διάφορα στάδια κατεργασίας επιτύχαμε αποδεκτό, οικονομικό και προπαντός ποιοτικό αποτέλεσμα.

Πραγματοποιήθηκε έλεγχος μετρήσεων σε σύγκριση με εργοστασιακή μετρητική συσκευή πολύ μεγάλης ακρίβειας, προκειμένου να διαπιστωθεί, αν το σφάλμα μέτρησης της ιδιοσυσκευής μας, βρίσκεται εντός των επιτρεπτών ορίων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

1.1 ΙΣΤΟΡΙΑ ΤΩΝ CNC ΜΗΧΑΝΩΝ

Στις μέρες μας η εξέλιξη της τεχνολογίας παρουσιάζεται σε όλους τους τομείς της ζωής μας, στην καθημερινότητα μας, και στους τους χώρους εργασίας και στις παραγωγικές μονάδες. Ο τομέας παραγωγής μεταλλικών και ξύλινων προϊόντων είχε επηρεαστεί σε μεγάλο βαθμό από την τεχνολογική εξέλιξη. Ο σύγχρονος αριθμητικός έλεγχος των εργαλειομηχανών (δηλαδή οι NC) ξεκίνησε την δεκαετία του 40' και του 50', όταν κατά τη διάρκεια του πολέμου με τους Ιάπωνες στον Ειρηνικό Ωκεανό, η Αμερικάνικη πολεμική αεροπορία είχε εξαιρετικά μεγάλες απώλειες. Η ταχεία παραγωγή ανταλλακτικών για την επισκευή αεροσκαφών και στάθηκε πραγματικός πονοκέφαλος για τους μηχανικούς της αεροπορικής βιομηχανίας. Έτσι, πέρα από τη μειωμένη παραγωγική ικανότητα των συμβατικών εργαλειομηχανών, η συνεχής παραγωγή χωρίς συντήρηση και η κόπωση των τεχνιτών οδηγούσε συχνά σε ελαττωματικά και επικίνδυνα τεμάχια. Ακόμα, οι απαιτήσεις της βιομηχανίας για ακόμα πιο σύνθετα τεμάχια, δεν μπορούσαν να καλυφθούν από τα συμβατικά μηχανουργεία. Έως το 1949 η εξέλιξη ήταν αργή, αφού η τεχνολογία ήταν σε πρώιμο στάδιο. Αυτήν ακριβώς τη χρονιά, ανατέθηκε στον John Parson και στο Τεχνολογικό Ινστιτούτο της Μασαχουσέτης (Massachusetts Institut of Technology-MIT) η αποστολή της ανάπτυξης αυτοματοποιημένων εργαλειομηχανών.

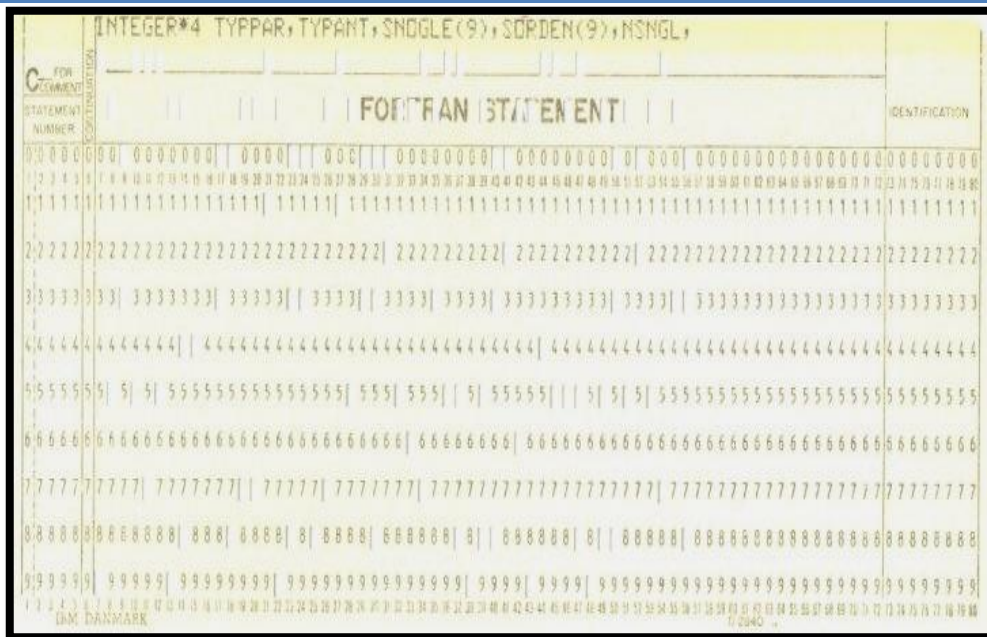
Ο μηχανικός αυτός και οι συνεργάτες του πρώτοι προσδιόρισαν τις αρχές λειτουργίας των μηχανών αυτών. Αρχικά υπήρξε η ανάγκη ενός ηλεκτρονικού υπολογιστή, για να προσδιορίζει τις διαδρομές του κοπτικού εργαλείου. Αυτές οι κινήσεις έπρεπε να αποθηκεύονται στο μόνο μέσο εκείνης της εποχής, δηλαδή στις διάτρητες κάρτες. Επίσης, η μηχανή θα έπρεπε να διαθέτει ένα μέσο ανάγνωσης, ώστε να διαβάζει αυτόματα τις κάρτες αυτές. Τέλος, κρίθηκε απαραίτητη η ύπαρξη μίας κεντρικής μονάδας ελέγχου, ώστε να καθοδηγήσει τους σερβοκινητήρες ,που θα κινούσαν τους κοχλίες κίνησης των μηχανών. Το 1952 η πρώτη ψηφιακή εργαλειομηχανή, μια κατακόρυφη φρεζομηχανή, επιδείχτηκε με επιτυχία στο MIT. Η ογκώδης αυτή φρεζομηχανή είχε όλα τα παραπάνω χαρακτηριστικά και εκτελούσε ταυτόχρονες και ανεξάρτητες μεταξύ τους κινήσεις σε τρεις άξονες κατεργασίες. Αυτή η μέρα, ήταν η αυγή μιας πεντάχρονης εκρηκτικής εξέλιξης, της οποίας τα αποτελέσματα είναι φανερά όλο και περισσότερα κάθε μέρα.



Εικόνα 1: Τασάκι που κατασκευάστηκε από το MIT το 1959.

Από αυτή την χρονιά, σχεδόν κάθε κατασκευαστής εργαλειομηχανών στο δυτικό κόσμο, είχε μετατρέψει μέρος ή σύνολο των προϊόντων του σε NC. Το 1954, άρχισε να χτίζεται η πρώτη συμβολική γλώσσα προγραμματισμού. Αυτή ονομάστηκε 'ΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ' (Automatically Programmed Tool, APT) και περιέγραφε με σχετική ευκολία τη μορφή του κατεργαζόμενου τεμαχίου και τις οδηγίες προς τη μηχανή, για να το κατασκευάσει. Ένα χαρακτηριστικό κομμάτι που φτιάχτηκε με την τεχνολογία εκείνης της εποχής, είναι ένα τασάκι που μοιράστηκε σε όλους τους παρευρισκόμενους στα πλαίσια επίδειξης της APT που έκανε το εργαστήριο Σερβομηχανισμών του MIT το 1959.

Να σημειωθεί ότι η κύρια και τεχνικά πιο απαιτητική εφαρμογή του τεχνικού ελέγχου γίνεται σε εργαλειομηχανές κοπής, όπου γενικά ένα εργαλείο ακολουθεί μια γεωμετρική τροχιά. Αυτό δε σημαίνει ότι δε χρησιμοποιείται αριθμητικός έλεγχος και σε εργαλειομηχανές διαμόρφωσης (ελασμάτων, σωλήνων κτλ.), αλλά και σε μη συμβατικές μηχανές κατεργασιών, όπως η ηλεκτροδιάβρωση.



Εικόνα 2: Διάτρητη κάρτα αποθήκευσης δεδομένων

1.2 ΟΡΟΣΗΜΑ :

- **1947**

Ο John Parsons, της εταιρίας Parsons Corporation από το Michigan, κατάφερε την ανάπτυξη ενός συστήματος ελέγχου που κατευθύνεται από έναν άξονα σε πολλά διαδοχικά σημεία.

- **1951**

Εργαστήριο σερβομηχανισμού της Massachusetts Institute of Technology(MIT)

Προστέθηκε σύστημα πληροφορικής από τον John Parsons.

- **1952**

Κατασκευάστηκε η πρώτη μηχανή αριθμητικού ελέγχου, μια 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 τεχνολογία NC έγινε περισσότερο γνωστή στο ευρύ κοινό.

- **1957**

Πραγματοποιήθηκε η πρώτη παραγωγή μηχανών NC.

- **1958**

Εμφανίστηκε η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού αριθμητικού ελέγχου η APT σε συσχέτισμό με τον υπολογιστή IBM 704.

- **1960**

Διαθέσιμες πλέον προς αγορά NC και CNC εργαλειομηχανές.

- **1980 - μέχρι σήμερα**

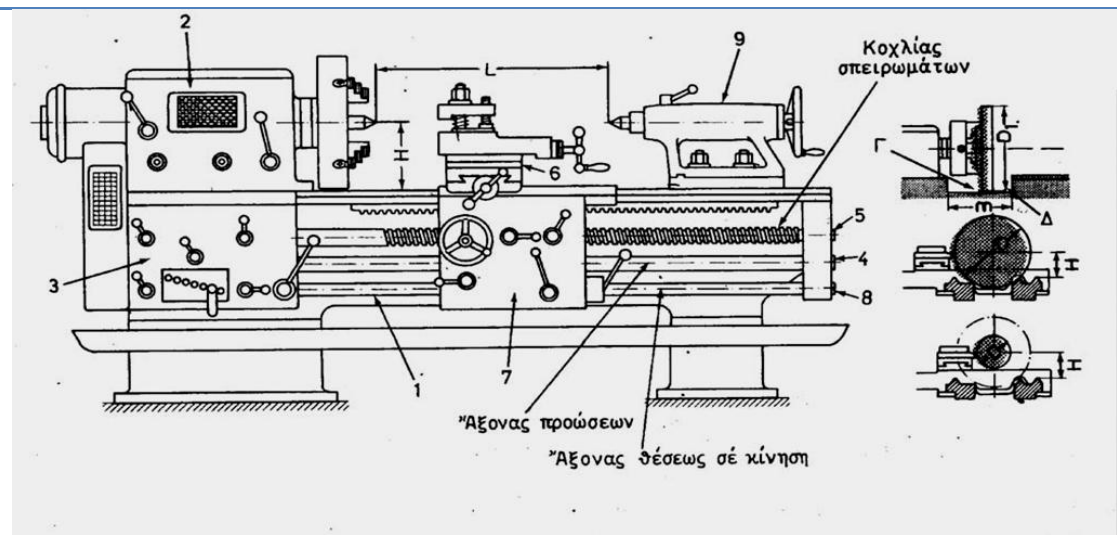
Υπολογιστές και εργαλειομηχανές CNC συνεχίζουν την ταχέως ανάπτυξη τους μέχρι και σήμερα, δίχως τέλος¹.

1.3 ΣΥΜΒΑΤΙΚΕΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΤΟΡΝΟΙ ΚΑΙ ΦΡΕΖΕΣ

1.3.1 Συμβατικοί τόρνοι

Ο τόρνος είναι μία από τις παλαιότερες, γνωστότερες και με ευρύτατη χρήση εργαλειομηχανές. Αποτελεί εργαλειομηχανή κοπής με απλή σημειακή επαφή. Το προς κατεργασία τεμάχιο προσδένεται στο σφικτήρα τεμαχίων (τσοκ), ο οποίος περιστρέφεται μέσω του μηχανισμού κίνησης της κεφαλής του τόρνου. Το εργαλείο τοποθετείται στον εργαλειοδέτη που έχει τη δυνατότητα να ρυθμίζει τις θέσεις του εργαλείου σε σχέση με το κατεργάσιμο αντικείμενο. Η πρόωση του κοπτικού εργαλείου επιτυγχάνεται με την ολίσθηση του εργαλειοφορείου, όπου είναι τοποθετημένος ο εργαλειοδέτης, στο τραπέζι του τόρνου. Σπουδαίο ρόλο παίζει η στιβαρότητα του όλου συστήματος, ώστε να παραλαμβάνονται οι αναγκαίες δυνάμεις κοπής και να εξασφαλίζεται η χωρίς δονήσεις λειτουργία.

Αποτελείται από πέντε κύρια μέρη : το σώμα του οποίου το άνω μέρος λέγεται κρεβάτι, το κιβώτιο ταχυτήτων, το κιβώτιο προώσεων, το εργαλειοφορείο (σεπόρτι) και τον κεντροφορέα (κουκουβάγια). Αφαίρεση τμήματος του κρεβατιού (γέφυρας) κοντά στο κιβώτιο ταχυτήτων δημιουργεί επιπλέον κενό για την κατεργασία μεγαλύτερων διαμέτρων τεμαχίων που ονομάζεται, γονατιά.



Εικόνα 3 :

L) Απόσταση κέντρων. H) Ύψος. Γ) Γέφυρα. Δ) Διάμετρος κομματιού. D,) Μέγιστη διάμετρος στή θέση γονατιάς. Δ) Γονατιά. m) Μήκος γονατιάς.

1) Κρεβάτι. 2) Κιβώτιο ταχυτήτων. 3) Κιβώτιο προώσεων. 4) Άξονας προώσεων. 5) Κοχλίας σπειρωμάτων. 6) Βάση φορείου εργαλειοδέτη. 7) Κιβώτιο μεταδόσεως κίνησης στο εργαλειοφορείο. 8) Άξονας κίνησης. 9) Κεντροφορέας.

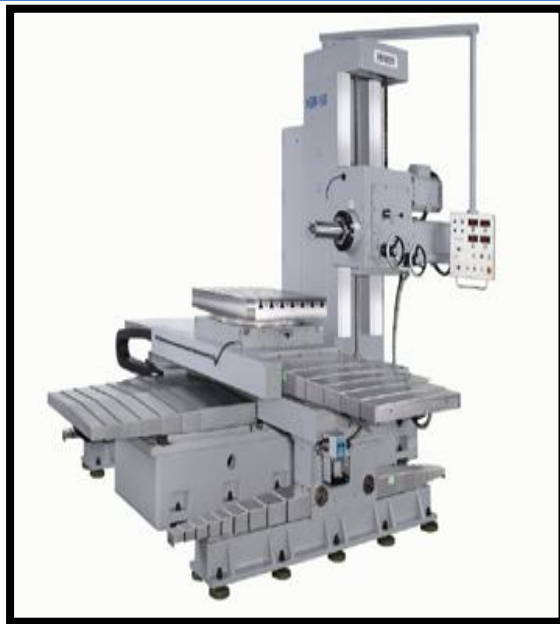
1.3.2 Συμβατικές φρέζες

Μία άλλη συνήθης κατεργασία κοπής με εργαλείο πολλαπλής σημειακής επαφής, είναι το φρεζάρισμα. Το φρεζάρισμα είναι κοπή με περιστροφική κίνηση του κοπτικού εργαλείου και ανεξάρτητη κάθετη προς τον άξονα περιστροφής του εργαλείου προωθητική κίνηση του κατεργάσιμου τεμαχίου.

Η φρέζα είναι εργαλειομηχανή που χρησιμοποιείται κυρίως για δημιουργία πρισματικών μορφών και αυλακώσεων, ελικώσεων έως και οδοντοτροχών. Ενσωματώνει τη λειτουργικότητα άλλων εργαλειομηχανών όπως η πλάνη, το δράπανο, και σε κάποιο βαθμό τον τόρνο και το γραναζοκόπτη.

- Διακρίνονται δύο κύρια είδη φρεζών ανάλογα με τη θέση της κύριας ατράκτου : οριζόντιες και κατακόρυφες.

Οι οριζόντιες είναι πιο κοινές και μετατρέπονται σε κατακόρυφες με προσθήκη επέκτασης, της λεγόμενης «προβοσκίδας». Η κύρια κίνηση της φρέζας είναι η περιστροφή της ατράκτου στην οποία βρίσκεται προσαρμοσμένο το κοπτικό εργαλείο είτε με σφήνωση σε εργαλειοφόρο άξονα (οριζόντια μορφή) είτε προσαρμοσμένο σε κωνικό εργαλειοδέτη (κατακόρυφη μορφή). Οι βοηθητικές κινήσεις είναι τρεις και αντιστοιχούν στο τραπέζι, στο εγκάρσιο φορείο και στο κατακόρυφο φορείο. Το σώμα της μηχανής περικλείει τα κιβώτια ταχυτήτων και προώσεων και ενσωματώνει την άτρακτο. Καταλήγει στο άνω μέρος σε πρόβολο, ο οποίος αντιστηρίζει τον εργαλειοφόρο άξονα ή την προβοσκίδα, ενώ στο κάτω μέρος καταλήγει ή είναι ενσωματωμένη με τη βάση.



Εικόνα 4: Οριζόντια συμβατική φρέζα.



Εικόνα 5: Κατακόρυφη συμβατική φρέζα.

➤ Όπως είναι λογικό, οι παραπάνω συμβατικές μηχανές (τόρνοι και φρέζες) θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι εδώ και πολλά χρόνια μη παραγωγικές ή και ξεπερασμένες για άλλους, για αυτό το λόγο έχουμε περάσει στην εξέλιξη αυτών, αρχικά με τις NC μηχανές, έπειτα στις εργαλειομηχανές CNC που χρησιμοποιούνται από τις περισσότερες βιομηχανίες σήμερα και τέλος στις DNC όπου είναι οι πιο τεχνολογικά προηγμένες. Όσον αφορά τις CNC και DNC εργαλειομηχανές θα αναφερθούμε εκτενέστερα στο υπόλοιπο της εργασίας.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

2.1 ΚΟΠΟΣ ΑΝΑΠΤΥΞΗΣ ΤΩΝ CNC:

Ο αρχικός στόχος ανάπτυξης και εφαρμογής των νέων συστημάτων CNC, δηλαδή συστημάτων με μικροϋπολογιστή, αντί των παλιών NC χωρίς μικροϋπολογιστή, στις κατεργασίες κυρίως μετάλλων και ξύλων, ήταν να μειωθεί το κόστος παραγωγής των κατεργαζόμενων τεμαχίων. Ο σκοπός αυτός έχει επιτευχθεί με μείωση του χρόνου κατεργασίας ενός κομματιού, κάνοντας την όλη διαδικασία της κατεργασίας περισσότερο φιλική προς το χρήστη, τη μείωση του κόστους των ιδιοσυσκευών και την αύξηση της 'διάρκειας ζωής' των κοπτικών εργαλείων.

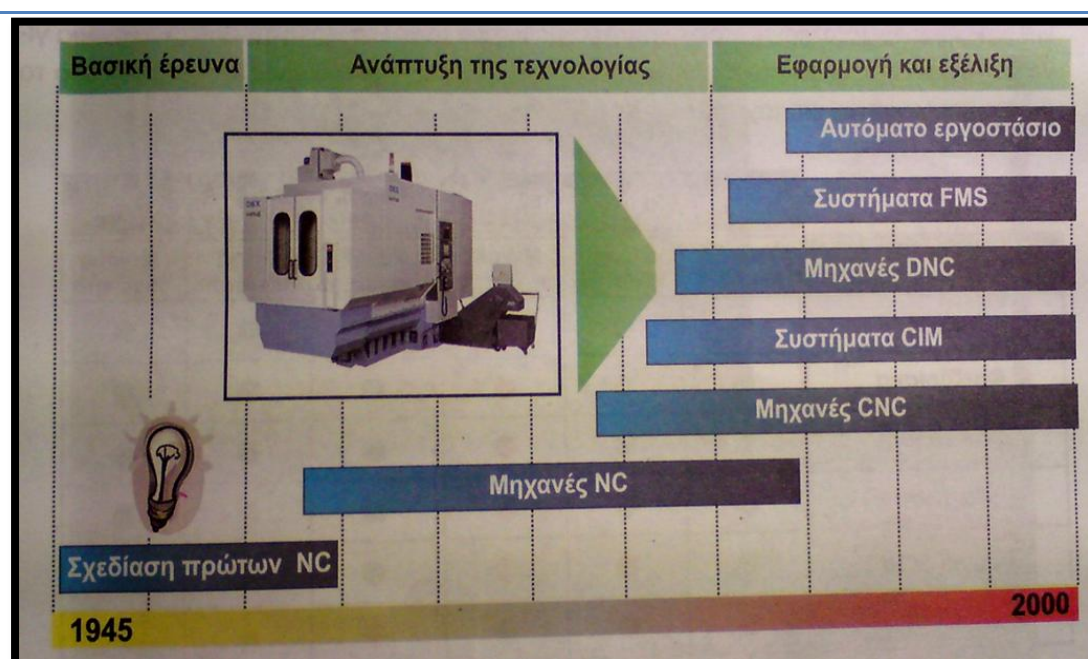
Άλλα πλεονεκτήματα περιλαμβάνουν το σημαντικά μειωμένο χρόνο ρύθμισης (σετάρισμα) των κοπτικών εργαλείων, την ποιοτικά αυξημένη ομοιομορφία των παραγόμενων προϊόντων και τη μείωση των γενικών εξόδων. Τα CNC επίσης έχουν επιτρέψει την ακριβή εκτίμηση και κοστολόγηση της διαδικασίας παραγωγής, την ακριβή οικονομική και τεχνική πρόβλεψη του κόστους, τη μεγαλύτερη εκμετάλλευση του εξοπλισμού και τη γρηγορότερη απόσβεση της επένδυσης, σε σύγκριση με τις λιγότερες σύγχρονες τεχνικές αυτοματισμού ελέγχου, δηλαδή αυτές τις τεχνικές που συναντά κανείς στις εργαλειομηχανές NC, όπου δε χρησιμοποιούνται μικροεπεξεργαστές.

2.2 Η ΕΞΕΛΙΞΗ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ NC ΣΕ CNC ΚΑΙ DNC:

Μεγάλη ώθηση στην ανάπτυξη του αριθμητικού ελέγχου έδωσαν οι μικροεπεξεργαστές (Central Processing Unit-CPU), με τους οποίους κατορθώθηκε σημαντική συμπίεση του κόστους του συστήματος ελέγχου. Πριν από την εμφάνιση αυτών στην αγορά, ο σχεδιασμός του συστήματος ελέγχου γινόταν με λογικά κυκλώματα μικρού βαθμού ολοκλήρωσης (Small-scale integration (SSI), 1960-1965), με αποτέλεσμα τα συστήματα αυτά να έχουν περιορισμένες δυνατότητες και μεγάλο κόστος.

Η τεχνολογία αυτή ονομάστηκε NC (αριθμητικός έλεγχος). Με τη χρησιμοποίησή όμως μικροεπεξεργαστών, έγινε δυνατή η αύξηση των δυνατοτήτων του συστήματος όπως π.χ. η διόρθωση του προγράμματος (Editing), με ταυτόχρονη μείωση του κόστους. Τα νέα αυτά συστήματα, προς

διάκριση ονομάστηκαν CNC (Computer Numerical Control-Αριθμητικός Έλεγχος με Υπολογιστή). Οι μικροϋπολογιστές άνοιξαν το δρόμο για την εφαρμογή ελέγχου σε πραγματικό χρόνο (real time control). Στην περίπτωση αυτή, μία ομάδα εργαλειομηχανών με CNC συνδέεται με ένα κεντρικό υπολογιστή σαν να ήταν κοινά τερματικά. Ο κεντρικός υπολογιστής με κατάλληλα προγράμματα μπορεί να στείλει πληροφορίες και εντολές ταυτόχρονα, σε μερικές ή όλες τις εργαλειομηχανές με τις οποίες είναι συνδεδεμένος, η εκτέλεση δε των εντολών αυτών, γίνεται σε πραγματικό χρόνο. Επίσης, ο κεντρικός υπολογιστής μπορεί να κρατάει στατιστικά στοιχεία για το χρόνο και τη διάρκεια απασχόλησης των εργαλειομηχανών για ενημέρωση της διοίκησης. Τα συστήματα με κεντρικό υπολογιστή ονομάστηκαν DNC (Direct Numerical Control).²



Εικόνα 1 : Χρονολογική μετάβαση από τα NC στα DNC.

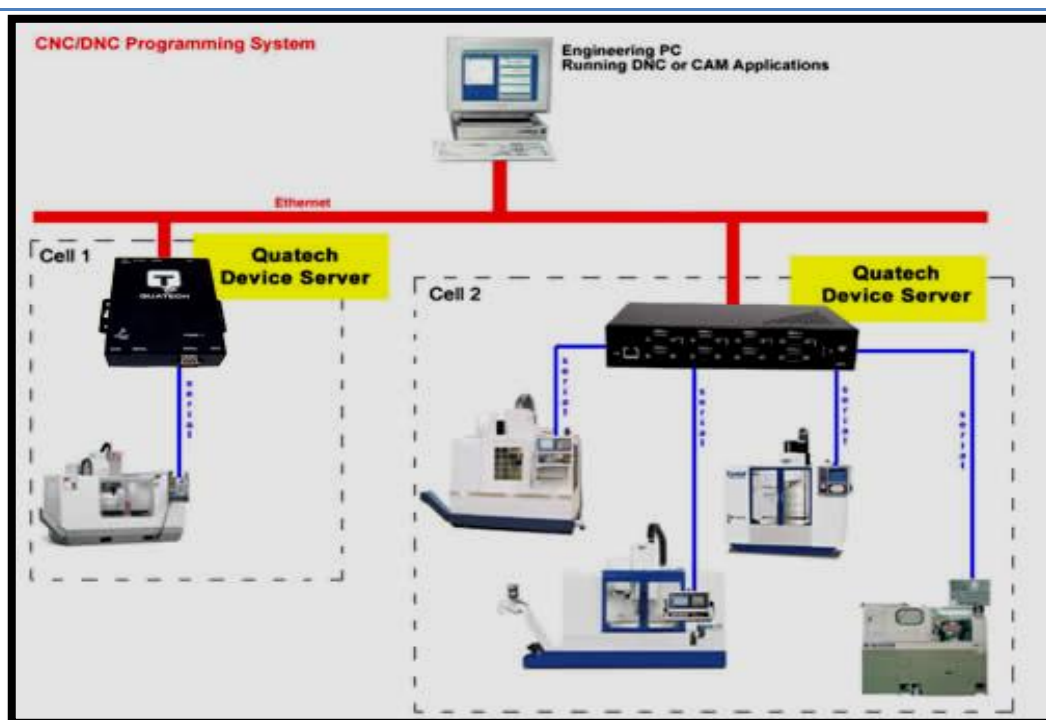
2.2.1 DNC (Direct Numerical Control)

Ως DNC χαρακτηρίζονται οι άμεσα καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές με ηλεκτρονικό υπολογιστή. Σε αυτές, ο έλεγχος κάποιου αριθμού εργαλειομηχανών γίνεται από κεντρική μονάδα υπολογιστή και επεξεργασίας των δεδομένων, σε αντίθεση με το CNC, όπου η κάθε εργαλειομηχανή έχει το δικό της σύστημα υπολογιστή και λειτουργεί αυτόνομα. Η πρόοδος της τεχνολογίας και ιδιαίτερα η ανάπτυξη των αισθητήρων (sensors) και των

συστημάτων αυτομάτου ελέγχου (ΣΑΕ), επιτρέπει στους κατασκευαστές εργαλειομηχανών να πάνε ένα βήμα πιο πέρα. Να οδηγηθούν δηλαδή, στο σχεδιασμό 'σκεπτόμενων διατάξεων', που ανάλογα με την εξέλιξη της μηχανουργικής τεχνολογίας, παίρνουν αποφάσεις και επεμβαίνουν στο πρόγραμμα καθοδήγησης. Στις DNC εργαλειομηχανές μπορεί να ελέγχεται αυτόματα η ταχύτητα κοπής, χρήση ψυκτικού υγρού, η αλλαγή των κοπτικών εργαλείων κλπ. Δεδομένου ότι οι περισσότερες CNC μηχανές διαθέτουν το μίνι-υπολογιστή τους ή μικροϋπολογιστή, αυτό (το DNC) είναι πιθανόν να ενεργοποιήσει την κάθε CNC μηχανή ξεχωριστά. Σε μια μικρή εγκατάσταση παραγωγής, ένας μικροϋπολογιστής μπορεί και να χρησιμοποιηθεί για τους σκοπούς και τις ανάγκες του DNC.

➤ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Ένας μόνο υπολογιστής μπορεί να ελέγξει πολλά εργαλεία συγχρόνως.
- Ο χρόνος κερδίζεται από την εξάλειψη των λαθών προγράμματος ή την επιθεώρηση του προγράμματος. Ο προγραμματιστής μπορεί να κάνει τις αναθεωρήσεις ή τις διορθώσεις του στην εργαλειομηχανή.
- Ο προγραμματισμός είναι γρηγορότερος, απλούστερος, και πιο ευέλικτος.
- Ο υπολογιστής, μπορεί να καταγράψει οποιαδήποτε παραγωγή, κατεργασία, ή τα χρονικά στοιχεία που απαιτούνται.
- Η κύρια μονάδα ελέγχου τοποθετείται σε καθαρό δωμάτιο επεξεργασίας.
- Όταν τρεις ή περισσότερες μηχανές DNC ελέγχονται, το αρχικό κόστος είναι χαμηλότερο από ότι για το συμβατικό NC.
- Οι λειτουργικές δαπάνες είναι χαμηλότερες απ' ότι με το NC. ³



Εικόνα 2 : Μια τυπική DNC διάταξη

2.3 ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΤΑΙ ΟΙ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ CNC:

Ο έλεγχος των μηχανών με αριθμητικό έλεγχο, έχει επιφέρει επανάσταση στον κατασκευαστικό τομέα. Η τεχνολογία CNC μπορεί να προσαρμοστεί σε οποιαδήποτε είδος μηχανής, ή οποιαδήποτε διαδικασία η οποία απαιτεί καθοδήγηση από τον άνθρωπο.

Όπως συμβαίνει με όλα τα συστήματα, οι λόγοι που επιβάλουν τη χρήση των εργαλειομηχανών CNC, είναι όχι μόνο τεχνικοί αλλά και οικονομικοί. Για παραγωγή σε μικρή κλίμακα (1-10 τεμάχια) και μάλιστα χωρίς μεγάλες απαιτήσεις ακρίβειας και γεωμετρική πολυπλοκότητα, είναι προτιμότερη η χρησιμοποίηση κοινών συμβατικών εργαλειομηχανών. Για παραγωγή όμως πολύ μεγάλης κλίμακας (της τάξεως των 10.000 κομματιών και άνω) γίνεται με μηχανές οι οποίες προγραμματίζονται κυρίως με μηχανικές διατάξεις (π.χ. κνώδακες) και όχι με υπολογιστή. Σήμερα είναι γενικά παραδεκτό ότι η χρησιμοποίηση των εργαλειομηχανών CNC “συμφέρει” για παραγωγή μέσης κλίμακας (20-1000 τεμάχια-batch manufacturing). Από την πλευρά του συνολικού όγκου, η περίπτωση αυτή είναι και η σημαντικότερη, αφού έχει υπολογιστεί ότι το 70% όλων των εξαρτημάτων που κατασκευάζονται εμπίπτει σε αυτήν την κατηγορία.

Ο έλεγχος με CNC αρχικά εφαρμόστηκε σε μηχανήματα κατεργασίας μετάλλου: Φρέζες, Δράπανα, τόνους και πρέσες καλουπιών (Punch Presses). Σήμερα έχει επεκταθεί και σε άλλους μηχανισμούς ή συστήματα κατεργασίας μετάλλων που περιλαμβάνουν τα βιομηχανικά ρομπότ, μηχανές κάμψης σωλήνων, λειαντικές μηχανές διαφόρων τύπων, γριναζοκόπτες, μηχανές ηλεκτροδιάβρωσης, μηχανές φλογοκοπής και συγκολλήσεων. Συστήματα CNC χρησιμοποιούνται επίσης στον ποιοτικό έλεγχο, σε αυτόματα συστήματα σχεδίασης(plotters),σε μηχανές συναρμολόγησης ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, μηχανές κοπής με Laser και σε μηχανήματα κοπής υφασμάτων. Πρόσφατα, μικροεπεξεργαστές 32 bit (Binary digiT) και 64 bit, ενσωματωμένοι με συστήματα αυτομάτου ελέγχου (ΣΑΕ) μηχανών παραγωγής, επεκτείνουν περισσότερο τις δυνατότητες και εφαρμογές του αριθμητικού ελέγχου. ⁴



Εικόνα 3 :ΤΟΡΝΟΣ CNC



Εικόνα 4 : ΚΕΝΤΡΟ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ CNC



Εικόνα 5 : ΜΗΧΑΝΗ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ CNC



Εικόνα 6 : ΠΡΕΣΣΑ CNC

2.4 ΜΕΣΑ ΕΙΣΟΔΟΥ:

ΕΙΔΗ ΜΕΣΩΝ ΕΙΣΟΔΟΥ

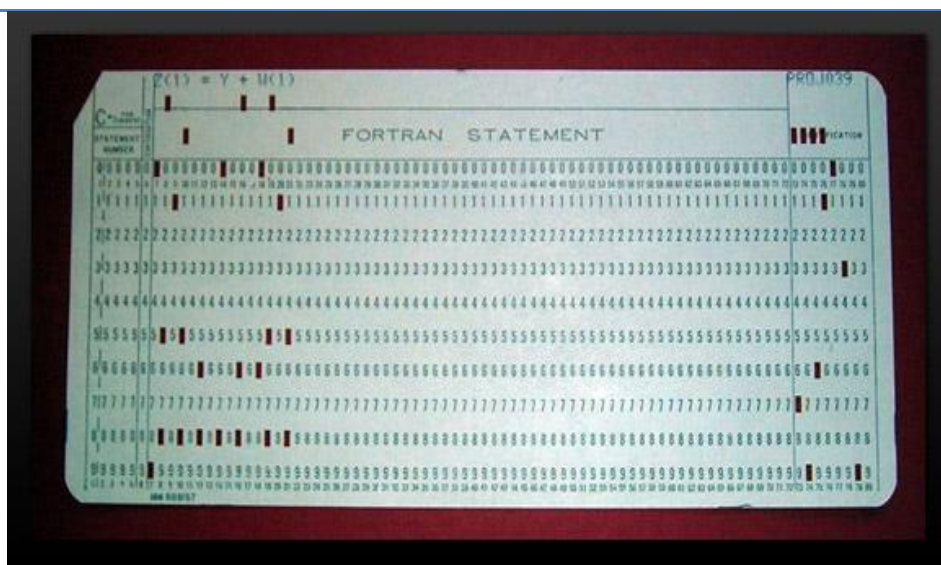
Καθώς αναπτύσσονταν ο NC με τα χρόνια, χρησιμοποιήθηκαν αρκετά μέσα μεταφοράς των πληροφοριών από το σχέδιο στην κεντρική μονάδα ελέγχου. Τα περισσότερα συνηθισμένα είδη εισόδου ήταν με το χέρι, με διάτρητο δελτίο, με μαγνητική ταινία, με διάτρητη ταινία και τέλος με δισκέττα.

1. Είσοδος Στοιχείων με το χέρι (*Manual Data Input, MDI*).

Τα στοιχεία που εισάγονται με το χέρι μπορούν να χρησιμοποιηθούν για προγραμματισμό του συστήματος ελέγχου, βάζοντας στη σωστή θέση διακόπτες, πλήκτρα κλπ. Αν και αυτή η μέθοδος δε χρησιμοποιείται συχνά επειδή είναι αργή και έχει λάθη από ανακρίβειες του χειριστή, οι περισσότερες μηχανές NC μπορούν να προγραμματισθούν με το χέρι και ιδιαίτερα κατά την εκκίνηση.

2. Διάτρητη Δελτία.

Μερικά συστήματα NC χρησιμοποιούσαν διάτρητα δελτία των 80 ή 90 στηλών, που περιείχαν πολλές πληροφορίες. Η συσκευή αναγνώρισης δελτίων μπορούσε να αποκωδικοποιεί μέχρι και 120 δελτία στο λεπτό. Το μειονέκτημα των διάτρητων δελτίων ήταν ότι στις συνηθισμένες συνθήκες μηχανουργείου, τα δελτία κύρτωναν και η συσκευή αναγνώρισης δελτίων σταματούσε. Ακόμη, αν κατά τον χειρισμό τους δεν δινόταν εξαιρετική προσοχή υπήρχε περίπτωση να αλλάξει η σειρά των δελτίων.



Εικόνα 7: Από τις πρώτες διάτρητες δελτίες

3. Μαγνητική Ταινία.

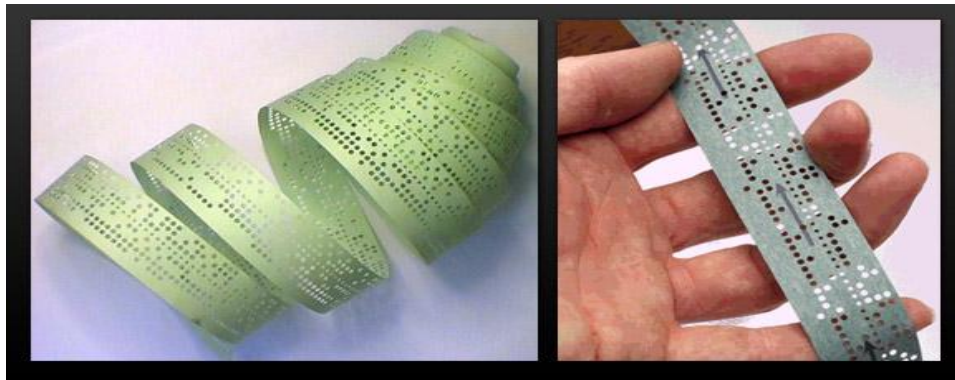
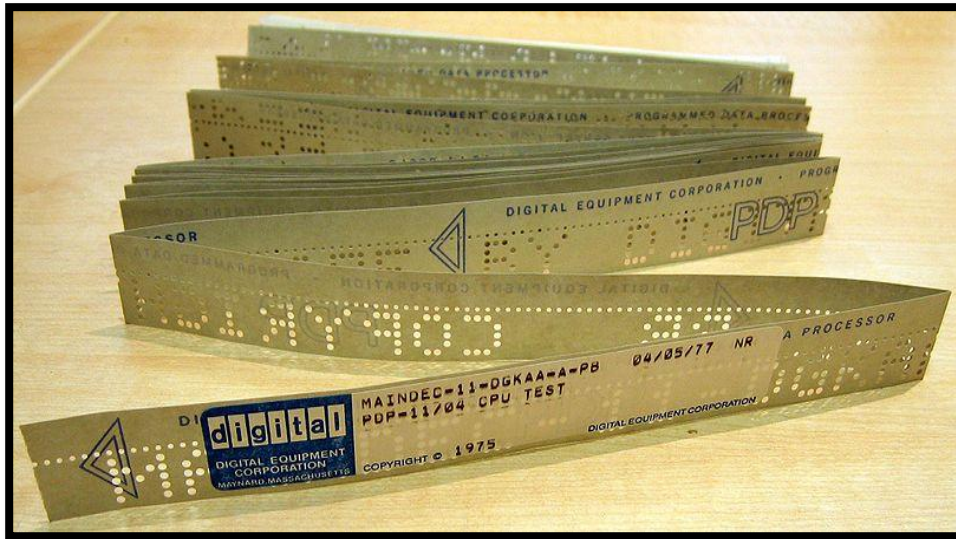
Στα τέλη της δεκαετίας του 1950, μερικές κεντρικές μονάδες ελέγχου μηχανών NC χρησιμοποιούσαν για αποθήκευση στοιχείων μαγνητική ταινία 1in (25mm). Η ταινία αυτή ήταν παρόμοια με την ταινία που χρησιμοποιούνταν για εγγραφή μουσικής και ομιλίας, αλλά καλύτερης ποιότητας. Δεν χρησιμοποιούνταν για απεριόριστο χρόνο γιατί οι παρεμβολές από τις κοντινές συσκευές, όπως οι μετασχηματιστές, προκαλούσε διαγραφή ή παραμορφώσεις μερικών από τα στοιχεία στην ταινία. Σήμερα η μαγνητική ταινία έχει καλύτερη θωράκιση από εξωτερικές ηλεκτρικές παρεμβολές και χρησιμοποιείται πάλι για μερικές εφαρμογές NC η ταινία της ¼ in (6mm) σε κασέτα.



Εικόνα 8 : Μαγνητική ταινία

4. Διάτρητη Ταινία.

Η διάτρητη ταινία, επειδή είναι η περισσότερο συνηθισμένη μορφή μέσου εισόδου, έχει υιοθετηθεί σαν το πρότυπο για την βιομηχανία NC. Η ταινία 1in (25mm) οκτώ καναλιών που χρησιμοποιεί το Δεκαδικό Κωδικοποιημένο σε Δυαδικό (Binary-Coded Decimal, BCD) σύστημα έχει επιλεγεί σαν πρότυπο από τον Σύνδεσμο Βιομηχανιών Ηλεκτρονικών (Electronic Industries Association, EIA). Στα κανάλια διατρύονται οπές, κατά μήκος της ταινίας, και η θέση των οπών, σε οριζόντιες σειρές, καθορίζει τις εντολές λειτουργίας της εργαλειομηχανής. Η μονάδα ανάγνωσης ταινίας στην κεντρική μονάδα ελέγχου αποκωδικοποιεί την μορφή των οπών, γενικά με μία μονάδα φωτοηλεκτρικής ανάγνωσης, και τη μετατρέπει σε ηλεκτρικούς παλμούς που προκαλούν τη λειτουργία των κινητήριων και των σερβομηχανισμών της εργαλειομηχανής. Οι διάτρητες ταινίες κατασκευάζονται από διάφορα είδη υλικών, μεταξύ των οποίων είναι το χαρτί, το Mylar (ένα είδος πλαστικού) και το μεταλλικό φύλλο.



Εικόνα 9 : Διάτρητες ταινίες

5. Δισκέτα.

Η δισκέτα, ή εύκαμπτος μαγνητικός δίσκος, μοιάζει πολύ με μικρό εύκαμπτο δίσκο φωνογράφου και έχει κανάλια για την αποθήκευση μαγνητικών bit πληροφοριών. Μία δισκέτα μπορεί να αποθηκεύσει όσες πληροφορίες αποθηκευτούν σε 2000 μέχρι 8000 πόδια διάτρητης ταινίας. Τα bit πληροφοριών στην δισκέτα μπορούν να αποκωδικοποιηθούν με μία κεφαλή αναγνώρισης στην κεντρική μονάδα ελέγχου. Το κυριότερο πλεονέκτημα των δισκετών είναι ότι είναι πολύ ταχύτερη η ανάκτηση πληροφοριών από αυτό το μέσο από ότι από οποιαδήποτε άλλο.



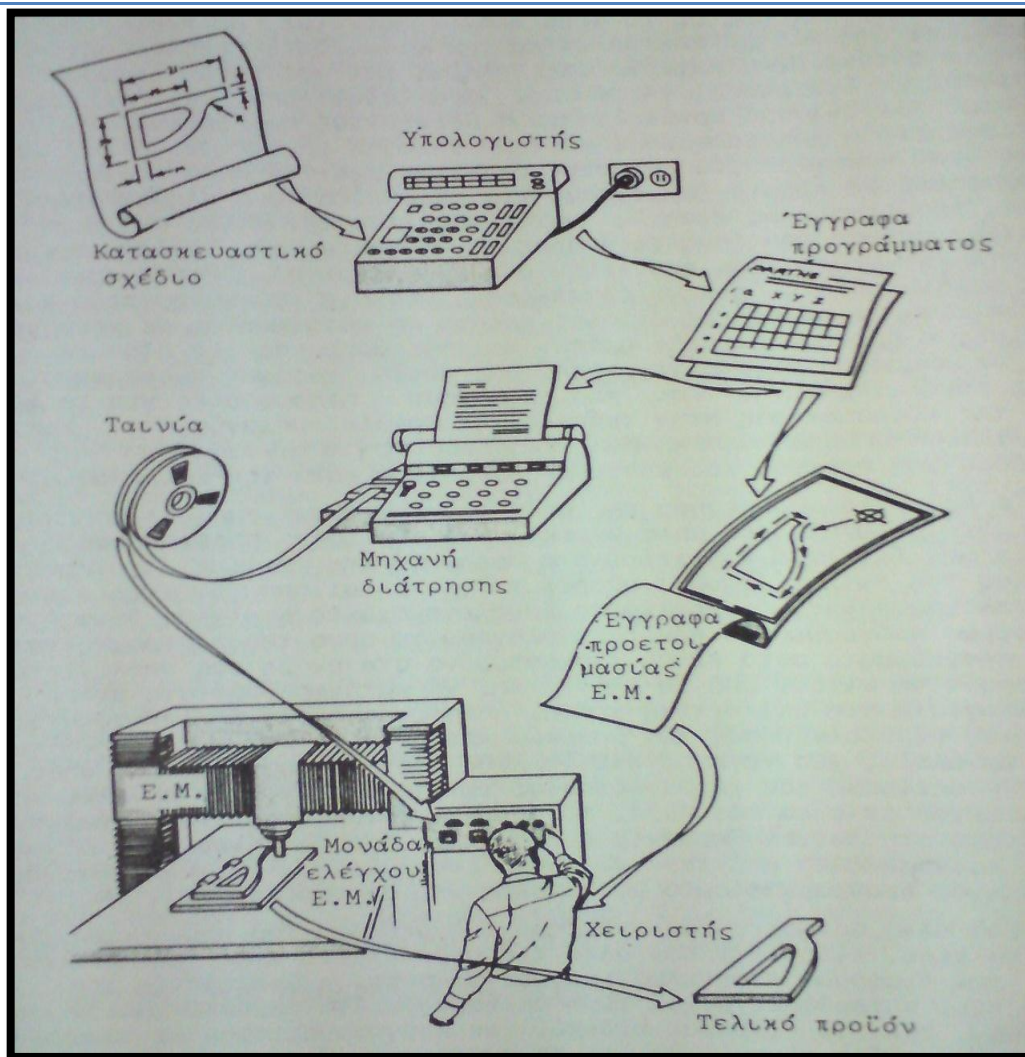
Εικόνα 10 : Δισκέτες

2.5 ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ(ΠΡΟΓΡΑΜ/ΣΜΟΣ) ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΗΣ:

2.5.1 Προγραμματισμός με το χέρι:

Η μέθοδος αυτή ήταν η πρώτη που χρησιμοποιήθηκε και κατά τα πρώτα στάδια εφαρμογής του αριθμητικού ελέγχου αφού όλα τα προγράμματα γράφονταν από τους προγραμματιστές χωρίς καμία βοήθεια από τον υπολογιστή. Η μέθοδος αυτή, απαιτεί από τον προγραμματιστή να μπορεί να ερμηνεύει τα κατασκευαστικά σχέδια, τα σχέδια των εργαλείων και να έχει μία καλή γνώση της όλης κατεργασίας με αριθμητικό έλεγχο. Πρέπει να γνωρίζει πώς να κωδικοποιεί στο μέσο ελέγχου τις αναγκαίες λειτουργίες, που πρέπει να εκτελέσει η εργαλειομηχανή. Ο προγραμματισμός με το χέρι

τώρα χρησιμοποιείται για απλές εφαρμογές, όπως για συστήματα κατεργασίας θέσεως και ευθύγραμμης κοπής. Για παράδειγμα, για τη διάτρηση οπών σε μια επίπεδη επιφάνεια απαιτείται να προσδιοριστεί η βηματική (σχετική) ή απόλυτη μεταβολή της θέσης του εργαλείου, ανάλογα με το σύστημα προγραμματισμού που χρησιμοποιείται. Επίσης, η ευθύγραμμη κοπή κατά μήκος του άξονα μπορεί να προγραμματιστεί με το χέρι υπολογίζοντας την τροχιά του κοπτικού εργαλείου και την αναγκαία πρόωση.



Σχήμα 1 : Προγραμματισμός με το χέρι.

Ο προγραμματισμός με το χέρι χρησιμοποιείται, σε περιορισμένο βαθμό και στα κέντρα πολλαπλών κατεργασιών. Στις εργαλειομηχανές αυτές το αντικείμενο κατεργάζεται πλήρως και υφίσταται διάφορες κατεργασίες διάτρησης, γλύφανσης, φρεζοδιάτρησης και φρεζαρίσματος με διάφορα εργαλεία, τα οποία είτε βρίσκονται προσδεμένα στο εργαλειοφορέο ή χρησιμοποιούν σύστημα αλλαγής εργαλείων. Αλλά ακόμα και όταν η

κατεργασία φαίνεται να είναι σχετικά απλή, πρέπει να καταχωρηθεί σε κάποιο χειρόγραφο ένα σημαντικό ποσό πληροφοριών, όπως «προσδιορισμός θέσης», «μετακίνηση του εργαλείου στη θέση», «ταχεία πρόωση του εργαλείου προς το αντικείμενο», «αλλαγή πρόωσης» (κατά την είσοδο του εργαλείου στο αντικείμενο), «κατεργασία», «ταχεία περιστροφή», «αλλαγή εργαλείου» για μια νέα κατεργασία κ.λ.π. Κάθε μια από αυτές τις εντολές πρέπει να καταχωρηθεί σε χειρόγραφο. Επίσης ο προγραμματιστής, πρέπει να ετοιμάσει και τις οδηγίες που είναι απαραίτητες στο χειριστή, υπό μορφή εγγράφων προετοιμασίας της εργαλειομηχανής τα οποία περιλαμβάνουν πληροφορίες για τη φόρτωση της ιδιοσυσκευής στην τράπεζα της εργαλειομηχανής, το κοπτικό εργαλείο που θα χρησιμοποιηθεί, πληροφορίες για την πρόσδεση και ένα σχέδιο της πορείας του κοπτικού εργαλείου κατά την κατεργασία.

Το κυριότερο προτέρημα της μεθόδου προγραμματισμού με το χέρι είναι ότι μειώνει, για απλά αντικείμενα, το χρόνο προετοιμασίας της ταινίας. Για απλά αντικείμενα η παραγωγή της ταινίας (του προγράμματος του αντικειμένου), μπορεί να γίνει και από τον χειριστή της εργαλειομηχανής. Οι μοντέρνες εργαλειομηχανές παρέχουν δυνατότητα έτοιμων προγραμμάτων που διευκολύνουν το έργο του προγραμματιστή. Τα προγράμματα αυτά είναι ενσωματωμένα στη μνήμη του υπολογιστή, ή μπορούν να γίνουν από το χρήστη και να καταχωρηθούν στην μνήμη του υπολογιστή για μελλοντική χρήση. Επίσης, παρέχουν τη δυνατότητα οπτικής παρακολούθησης των βασικών λειτουργιών που εκτελεί το κοπτικό εργαλείο, για να αποφευχθούν λάθη στον προγραμματισμό, από εσφαλμένη εκτίμηση του χώρου εργασίας των εργαλείων στην εργαλειομηχανή. Μέχρι τα μέσα του 1974, το 61% των εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου στη Δυτική Γερμανία προγραμματιζόταν αποκλειστικά με το χέρι και πρόσφατα απέκτησε αυξημένο ενδιαφέρον, λόγω φόρτου εργασίας του τμήματος προγραμματισμού με συνεχώς νέα αντικείμενα.

Ένα άλλο σημαντικό μειονέκτημα της μεθόδου του προγραμματισμού με το χέρι, είναι ότι παρ' όλες τις προσπάθειες των κατασκευαστών και των διαφόρων επαγγελματικών οργανώσεων, η βιομηχανία του CNC δεν έχει κατορθώσει μέχρι τώρα να παράγει ένα συμβατικό κώδικα κανονισμών, δηλαδή οι διάφοροι κωδικοί του προγραμματισμού με το χέρι δεν έχουν την ίδια σημασία σε όλα τα συστήματα. Για παράδειγμα ο ίδιος «G» κώδικας μπορεί να παριστά τρεις διαφορετικές λειτουργίες σε τρία διαφορετικά συστήματα. Συνεπώς, προγράμματα που έχουν γραφεί για ένα τύπο ελέγχου δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν για έναν άλλο, ακόμα κι εάν η μηχανή είναι του ίδιου τύπου και μεγέθους, λόγω ασυμβατότητας των κωδικών. Ακόμα και σε όμοιες μηχανές, με το ίδιο σύστημα ελέγχου, μπορούν να βρεθούν διαφορές, επειδή πρόσθετα χαρακτηριστικά έχουν ενσωματώσει πιο πρόσφατα σε ένα από τα συστήματα. Γι αυτό το λόγο, τα προγράμματα πρέπει να ξαναγραφούν με πρόσθετο κόστος, εάν κάποια εργασία πρέπει να εκτελεσθεί σε μία άλλη εργαλειομηχανή.

Η απαίτηση της μεθόδου προγραμματισμού με το χέρι για ακριβείς και επίπονους υπολογισμούς, υποβοηθείται με τη χρήση ειδικευμένων υπορουτίνων που καθιστούν την εργασία του προγραμματιστή πιο εύκαμπτη και πιο αποδοτική. Το μειονέκτημα αυτών των υπορουτίνων είναι ότι έχουν τα

ίδια εμπόδια όπως και ο απλός προγραμματισμός. Οι μέθοδοι προγραμματισμού για τα διάφορα μαθηματικά στοιχεία είναι μη συμβατικές.

Οι κατασκευαστές εργαλειομηχανών εισάγουν νέα χαρακτηριστικά προγραμματισμού κάθε χρόνο, ανεξάρτητα από τα προηγούμενα, με αποτέλεσμα το ίδιο πρόβλημα να προγραμματίζεται διαφορετικά για κάθε σύστημα. Ένας προγραμματιστής που κάνει προγράμματα για εντελώς διαφορετικά συστήματα, είναι πολύ πιθανόν να κάνει ορισμένα σφάλματα που έχουν ως αποτέλεσμα την αύξηση των ελαττωματικών αντικειμένων, τη φθορά των εργαλείων και ακόμα βλάβη στην ίδια την εργαλειομηχανή. Τέτοια προβλήματα καθυστερούν την εξέλιξη της παραγωγής και αυξάνουν το κόστος των παραγόμενων προϊόντων.

Η μέθοδος αυτή είναι αποδοτική για εργασίες απόδοσης μορφής σε 2-άξονες. Σχετικά απλά αντικείμενα, με γραμμικές ή κυκλικές κατατομές, μπορούν να προγραμματισθούν με ευκολία. Μετά την εκτέλεση των απαιτούμενων υπολογισμών, ο προγραμματιστής πρέπει να συνδυάσει τα αποτελέσματα αυτά με τους κατάλληλους κωδικούς, που είναι αποδεκτοί από το αντίστοιχο σύστημα CNC, για να παράγει ένα πρόγραμμα τεμαχίου (part-program) που μπορεί να εκτελέσει. Το έργο του προγραμματιστή είναι συνεπώς δύσκολο, αλλά όχι ακατόρθωτο. Για απόδοση μορφής όμως στο χώρο (3-άξονες) είναι δυσκολότερο και αδύνατο για εφαρμογές με 4 ή 5 άξονες ελέγχου. Στις περιπτώσεις αυτές χρησιμοποιούνται οι μέθοδοι του αυτόματου προγραμματισμού.⁵

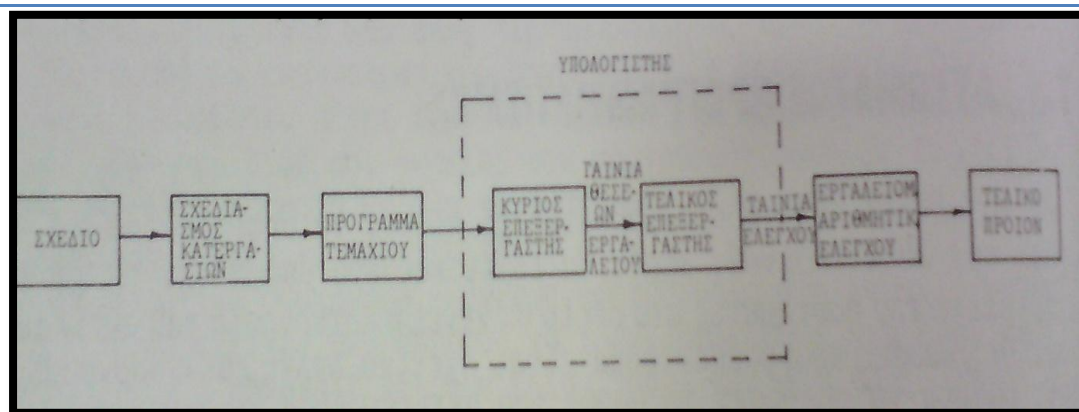
2.5.2 Αυτόματος προγραμματισμός

Με τη μέθοδο αυτή ο προγραμματιστής πρέπει να αποδώσει μόνο τη μορφή του αντικειμένου, χωρίς να λάβει καθόλου υπόψη του τα χαρακτηριστικά του συστήματος στο οποίο θα γίνει η κατεργασία του αντικειμένου. Οι γλώσσες προγραμματισμού είναι σχετικά απλές και ο προγραμματιστής μπορεί να αποδώσει τη μορφή του αντικειμένου με ευκολία. Η ταχύτητα και η ακρίβεια του υπολογιστή στην παραγωγή της ταινίας μειώνει σημαντικά το χρόνο παραγωγής της ταινίας και η παραγωγή της γίνεται χωρίς σφάλματα. Τα περισσότερα συστήματα αυτόματου προγραμματισμού δίνουν τη δυνατότητα στον προγραμματιστή να σχεδιάσει τη μορφή του αντικειμένου και συνεπώς να μειώνει τον χρόνο που απαιτείται στην εργαλειομηχανή για τις διάφορες δοκιμασίες της ταινίας. Συνεπώς τα κυριότερα πλεονεκτήματα του αυτόματου προγραμματισμού αφορούν τον χρόνο που απαιτείται για τον προγραμματισμό, την ακρίβεια και την ευκαμψία της παραγωγής της ταινίας και συνεπώς την οικονομική εφαρμογή του NC ή CNC σε απόδοση δύσκολων μορφών αντικειμένων.

Η ανάπτυξη των συστημάτων αυτόματου προγραμματισμού άρχισε παράλληλα με τη χρήση των εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου. Οι κατασκευαστές των εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου, καθώς και οι

πρώτοι χρήστες κατανόησαν ότι συστήματα με 3,4 ή 5 ελεγχόμενους άξονες μπορούν (τότε μόνο να χρησιμοποιηθούν αποδοτικά), εκμεταλλευόμενοι όλες τις δυνατότητες αυτών, όταν είναι διαθέσιμη στους χρήστες μια γλώσσα προγραμματισμού, εύκολη στο χειρισμό. Ακόμα, η γλώσσα αυτή πρέπει να είναι εύκολη στην εκμάθηση της και συγχρόνως αρκετά πολύπλοκη ώστε να εκμεταλλεύεται όλες τις δυνατότητες των συστημάτων αριθμητικού ελέγχου.

Η διαφορά παραγωγής της ταινίας ελέγχου σε ένα αυτόματο σύστημα προγραμματισμού φαίνεται στα σχήματα 2 και 3. Από τα κατασκευαστικά σχέδια του αντικειμένου παράγονται τα χειρόγραφα του προγραμματισμού, που ακολούθως καταχωρούνται στη μονάδα μνήμης της εργαλειομηχανής, με πληκτρολόγηση, ή διάτρηση του προγραμματισμού σε ταινία που διαβάζει από τον αναγνώστη ταινιών. Το πρόγραμμα αυτό του αντικειμένου (part program) κατόπιν εξετάζεται για τυχόν λάθη. Η διαδικασία αυτή εκτελείται από τον προγραμματιστή μέσω ενός διαδραστικού (interactive) τερματικού. Το τελικό αυτό πρόγραμμα ελέγχεται από τον επεξεργαστή αριθμητικού ελέγχου (NC – processor ή Main processor) ο οποίος εκτελεί τους μαθηματικούς υπολογισμούς και παράγει μια λίστα ή ένα αρχείο θέσεων του κοπτικού ελέγχου (cutter location, CL- file). Τα δεδομένα αυτά (CL- file) επεξεργάζονται κατόπιν από ένα άλλο πρόγραμμα αριθμητικού ελέγχου που ονομάζεται "Τελικός επεξεργαστής" ή "σύνδεσμος" (Post processor ή link).

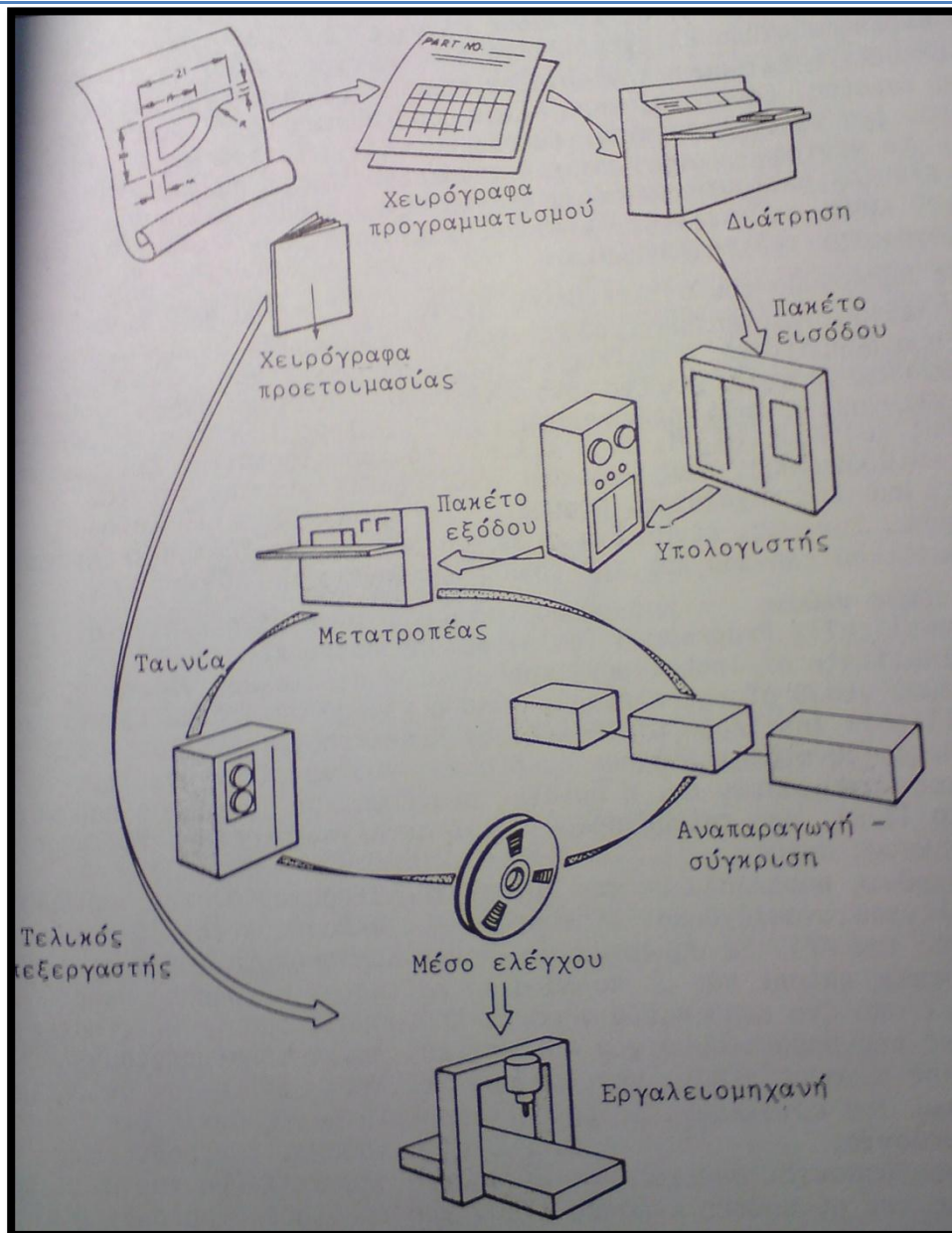


Σχήμα 2 : Διαδικασία του αυτόματου συστήματος προγραμματισμού.

Η λειτουργία του προγράμματος αυτού έγκειται στη μετατροπή των επεξεργασθέντων δεδομένων της εργαλειομηχανής. Μετά το στάδιο αυτό ακολουθεί η εκτύπωση του αρχείου θέσεων του εργαλείου και η διάτρηση της ταινίας. Εάν το σύστημα είναι εφοδιασμένο με σχεδιαστήριο, δίνεται ένα σχέδιο του αντικειμένου και η πορεία που θα ακολουθήσει το κέντρο του κοπτικού εργαλείου. Ο προγραμματιστής πρέπει να ελέγξει όλα αυτά τα δεδομένα για την ακρίβεια και την επαλήθευση, να κάνει τις τελικές διορθώσεις όπου απαιτούνται και τελικά να παράγει την τελική ταινία.

Το πρόγραμμα του αντικειμένου είναι το ίδιο για όλα τα είδη των εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου, γεγονός που διευκολύνει το έργο του

προγραμματιστή. Ο τελικός επεξεργαστής όμως είναι ένα ειδικό πρόγραμμα που γράφεται για ένα μόνο συνδυασμό εργαλειομηχανής και συστήματος ελέγχου. Αυτός ο επεξεργαστής γνωρίζει όλους τους προγραμματιζόμενους κωδικούς (G, M, T, S κ.λ.π.), τα χαρακτηριστικά επιτάχυνσης και επιβράδυνσης, τους κωδικούς ASC ή EIA για την ταινία, επιπλέον από τις ταχύτητες, προώσεις και φυσικούς περιορισμούς της κίνησης. Συνεπώς, είναι ένα είδος συνδέσμου μεταξύ του επεξεργαστή αριθμητικού ελέγχου και της εργαλειομηχανής.



Σχήμα 3 : Η όλη διαδικασία κατασκευής μέχρι την κατασκευή της τελικής ταινίας.

2.5.3 ΓΛΩΣΣΑ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΥ APT

Η πρώτη γλώσσα προγραμματισμού που αναπτύχθηκε ήταν η APT (Automatically Programmed Tools) και αναπτύχθηκε στο MIT (Massachusetts Institute of Technology). Πρόκειται για την πιο ισχυρή γλώσσα προγραμματισμού για 5 άξονες ελέγχου. Η γλώσσα αυτή διαχειρίζεται από το Illinois Institute of Technology Research Institution (IITRI). Πρόσθετες δυνατότητες έχουν σχεδιαστεί για να συναντήσει τις νέες ανάγκες κατεργασιών και η συνεχής ανανέωση και συντήρηση παρέχεται από το IITRI, που επίσης προωθεί και ανταλλαγές μεταξύ των χρηστών της γλώσσας αυτής.

Παράλληλα με την αύξηση της βιομηχανίας του αριθμητικού ελέγχου, αναπτύχθηκαν διάφορες άλλες γλώσσες, λιγότερο πολύπλοκες από την APT. Σε συνάρτηση με την πολυπλοκότητα των αντικειμένων, καθώς επίσης και με πολλά άλλα κριτήρια, ο χρήστης μπορεί να επιλέξει από ένα ευρύ πεδίο γλωσσών προγραμματισμού.

-Σήμερα υπάρχουν πάνω από 200 γλώσσες προγραμματισμού, και αυτό γιατί ο κάθε κατασκευαστής δημιουργεί δική του ξεχωριστή γλώσσα προγραμματισμού. Μερικές γλώσσες προγραμματισμού είναι η OSP IGF-G,M Autospot, Splot, Mini Apt, TC-APT, EX-APT, Militurn, Programmat, RWT/TRAUB/T2000, PHILIP-II, DIA-PROG, η EXART (Δυτ. Γερμανία Πανεπιστήμιο Aachen) ADAPT (Adaptation of APT), 2 CL (Μεγάλη Βρετανία), FAPT (Ιαπωνία) κλπ.

Όλες αυτές οι γλώσσες προγραμματισμού για αριθμητικό έλεγχο χρησιμοποιούν λέξεις Αγγλικής γλώσσας για να περιγράψουν τις λειτουργίες του αντικειμένου και του εργαλείου. Σε ορισμένες περιπτώσεις οι λέξεις αυτές συντομεύονται σε ένα μόνο γράμμα. Συγχρόνως νέες γλώσσες αναπτύσσονται συνεχώς και οι υπάρχουσες βελτιώνονται περαιτέρω. Παρ' όλο που οι πρώτες γλώσσες προγραμματισμού έχουν γραφεί για ένα ορισμένο είδος λογισμικό υπολογιστή, οι πρόσφατες έχουν συμβατότητα με διάφορα συστήματα λειτουργικών υπολογιστών. Αυτή η μη συμβατότητα παρουσιάζει προβλήματα κατά τη διδασκαλία της γλώσσας, αλλά στην πράξη επειδή μια εταιρία χρησιμοποιεί μια μόνο γλώσσα ανεξάρτητα από τον αριθμό των διαφορετικών συστημάτων αριθμητικού ελέγχου που έχει σε λειτουργία – αυτή η συμβατότητα δεν δημιουργεί ιδιαίτερο πρόβλημα⁶.

2.6.1 ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΚΑΙ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗΣ

➤ ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

❖ **Η παραγωγή τεμαχίων σύνθετης γεωμετρίας με υψηλή διαστατική ακρίβεια και ποιότητα μορφής.** Η σύγχρονη κίνηση σε πολλούς άξονες επιτρέπει την κατεργασία σύνθετων επιφανειών στο χώρο.

❖ Η αυτοματοποιημένη παραγωγή αυξάνει τη χωρίς λάθος παραγωγή και αναπαραγωγή των τεμαχίων. Με τον τρόπο αυτό μειώνεται το ποσοστό των ελαττωματικών κομματιών και περιορίζεται η διάρκεια του ελέγχου ποιότητας. Βελτιώνεται, **η επαναληψιμότητα της κατεργασίας**, αφού ο τεχνίτης δεν καθοδηγεί, αλλά επιβλέπει και ελέγχει τη μηχανή. Αντίθετα, στις συμβατικές εργαλειομηχανές, εισέρχονται πολλά λάθη του χειριστή λόγω απειρίας, έλλειψης προσοχής ή κόπωσης. Είναι χαρακτηριστική η φράση 'μην αγοράζεται τίποτα που έχει κατασκευαστεί Δευτέρα και Παρασκευή', αφού οι εργαζόμενοι, τις μέρες αυτές, είτε προσαρμόζονται στην εργασία τους μετά το Σαββατοκύριακο, είτε προετοιμάζονται γι'αυτό. Τέτοια φαινόμενα ελαχιστοποιούνται με χρήση NC, CNC, και DNC εργαλειομηχανών.

❖ **Η ελαχιστοποίηση των νεκρών χρόνων** (των χρόνων δηλαδή που η μηχανή δεν κόβει). Πρόκειται για τους χρόνους σχεδίασης και κατασκευής πρόσδεσης, ρύθμισης της μηχανής, δεσίματος και λυσίματος των τεμαχίων, αλλαγής κοπτικών εργαλείων κ.λπ. Επίσης ο χρόνος παραμονής του τεμαχίου στην εργαλειομηχανή μειώνεται σημαντικά, λόγω των μεγάλων ταχυτήτων και προώσεων κοπής. Με αυτό τον τρόπο υπάρχει σαφής έλεγχος και προγραμματισμός της παραγωγής, αφού ο συνολικός χρόνος κατεργασίας είναι καθορισμένος με ακρίβεια.

❖ **Η ευκολία προγραμματισμού της μηχανής**, που οφείλεται στη χρήση ηλεκτρονικών υπολογιστών, επιφέρει μεγάλη ευελιξία στις κατεργασίες που εκτελούνται. Επειδή το πρόγραμμα καθοδήγησης για κάθε κομμάτι αποθηκεύεται σε ηλεκτρονική μορφή, είναι πολύ εύκολη η παραγωγή παραλλαγών ενός προϊόντος, που έχει ήδη κατασκευαστεί. Μάλιστα, απαιτούνται λιγότερες ιδιοσυσκευές συγκράτησης, αφού λόγω της ευελιξίας των μη συμβατικών εργαλειομηχανών, χρειάζεται λιγότερα δεσίματα, για να γίνουν οι ίδιες κατεργασίες. Επίσης, μειώνεται το κόστος κατασκευής και αποθήκευσης των ιδιοσυσκευών συγκράτησης, που για μεγάλα μηχανουργεία είναι ιδιαίτερα υψηλό.

❖ **Η σημαντική βελτίωση της ασφάλειας** εργασίας, αφού ο χειριστής, κατά τη διάρκεια της κοπής, βρίσκεται σε απόσταση από το κοπτικό εργαλείο. Στις συμβατικές εργαλειομηχανές, το σώμα, αλλά κυρίως τα χέρια και τα μάτια του χειριστή, είναι πολύ κοντά στη θέση κοπής. Ο χειριστής πρέπει να είναι συνεχώς σε εγρήγορση, κάτι που τον κουράζει και πνευματικά εκτός από σωματικά.

❖ **Η αύξηση της παραγωγικότητας, της ποιότητας των παρεχόμενων υπηρεσιών** και κατά συνέπεια της ανταγωνιστικότητας μιας επιχείρησης. Σε αυτό συμβάλλουν η μείωση του συνολικού κόστους παραγωγής και η δυνατότητα βελτιστοποίησης της κατεργασίας. Έτσι, η μείωση των νεκρών χρόνων και οι μικρότερες ανάγκες σε προσωπικό, μειώνουν το λειτουργικό κόστος του μηχανουργείου.

➤ ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

Όπως είναι φυσικό εκτός από τα πολλά πλεονεκτήματα που αναφέραμε παραπάνω, έχει και μερικά μειονεκτήματα τα οποία εμφανίζονται κυρίως σε μικρά μηχανουργεία, λόγω της δυσκολίας τους να υιοθετήσουν νέες παραγωγικές δομές. Άρα είναι τα εξής:

❖ **Το μεγάλο κόστος αγοράς τους**, που στην καλύτερη περίπτωση είναι πέντε φορές μεγαλύτερο από της αντίστοιχης συμβατικής εργαλειομηχανής, Βέβαια όπως ήδη αναφέρθηκε παραπάνω, σε περίπτωση μεγάλων παρτίδων παραγωγής ή όγκου εργασίας, η απόσβεση του κόστους αυτού γίνεται πολύ γρήγορα. Τα μικρά όμως μηχανουργεία, που ασχολούνται με απλές κατασκευές και εργασίες επισκευής, έχουν αντικειμενική δυσκολία να επενδύσουν μεγάλα ποσά σε σύγχρονες εργαλειομηχανές.

❖ Οι ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές, απαιτούν **εξειδικευμένο και εκπαιδευμένο προσωπικό**, για να τις προγραμματίζει, να τις ρυθμίζει και να τις συντηρεί. Μάλιστα αυτή η εκπαίδευση είναι μακροχρόνια και διαρκής. Οι χειριστές τέτοιων εργαλειομηχανών έχουν μεγαλύτερη παραγωγική ικανότητα αλλά είναι και υψηλότερα αμειβόμενοι από τους τεχνίτες συμβατικών εργαλειομηχανών.⁷

2.7 Η ΑΚΡΙΒΕΙΑ ΤΩΝ ΜΕΤΡΗΤΩΝ ΘΕΣΕΩΣ (ΜΕΤΑΤΟΠΙΣΗΣ)

Οι εργαλειομηχανές CNC χρησιμοποιούν για την κίνηση των τραπεζιών τους αλλά και των κεφαλών τους ηλεκτρικούς κινητήρες, οι οποίοι συνδέονται κατάλληλα με ένα ηλεκτρονικό υπολογιστή που φέρει κάθε μια εργαλειομηχανή ξεχωριστά για αυτήν. Ο απλούστερος τύπος ηλεκτρικών κινητήρων είναι οι βηματικοί κινητήρες όπου λειτουργούν με παλμούς. Κάθε φορά δηλαδή που ο υπολογιστής στέλνει ένα παλμό, η άτρακτος του βηματικού κινητήρα περιστρέφεται κατά μία μικρή σταθερή γωνία π.χ $1,8^{\circ}$. Έτσι για να κάνει η άτρακτος μία πλήρη περιστροφή, πρέπει ο υπολογιστής να στείλει $360^{\circ} / 1,8^{\circ} = 200$ παλμούς.

Ας υποθέσουμε τώρα ότι ο κοχλίας μετακίνησης του τραπεζιού, το οποίο κινεί ο βηματικός κινητήρας, έχει βήμα 5 βήματα ανά ίντσα. Τότε, για να κινηθεί το τραπέζι κατά 1 ίντσα, ο κινητήρας πρέπει να δώσει 5 περιστροφές, δηλαδή ο υπολογιστής πρέπει να δώσει $200 \times 5 = 1000$ παλμούς. Άρα κάθε παλμός του υπολογιστή προκαλεί κίνηση του τραπεζιού κατά $1/1000$ της ίντσας. Αυτή είναι και η βασική ακρίβεια της εργαλειομηχανής. Σήμερα υπάρχουν εργαλειομηχανές με ακρίβεια $0,0001''$, δηλαδή 2,5 μικρά (μm).

Η Μονάδα Ελέγχου είναι υπεύθυνη για τη διαχείριση των δεδομένων του προγράμματος, διαβάζοντας τα από το μέσο αποθήκευσης (π.χ. δισκέτα). Επίσης είναι υπεύθυνη για την εκτέλεση των απαιτούμενων μαθηματικών υπολογισμών (βάσει των εντολών του προγράμματος) και την αποστολή σημάτων στους κινητήρες μετατόπισης / κίνησης καθώς 'διαβάζει' και 'εξακριβώνει' τα σήματα της ανάδρασης για διαπίστωση της ακρίβειας της κατεργασίας. Οι μηχανισμοί μετακίνησης είναι υπεύθυνοι για την επεξεργασία των σημάτων που στέλνονται από τη μονάδα ελέγχου. Μετρούν επίσης τη μετακίνηση του τραπεζιού του κέντρου κατεργασίας (ή τη μετακίνηση του εργαλειοφορείου του τόνου) και εξακριβώνουν εάν οι κινήσεις αυτές ανταποκρίνονται στις εντολές του προγράμματος. Αυτό επιτυγχάνεται με την βοήθεια σημάτων ανάδρασης που δέχεται ο ελεγκτής της εργαλειομηχανής CNC. Έτσι επαληθεύονται οι κινήσεις που έγιναν κατά το συγκεκριμένο άξονα της μηχανής, δηλαδή του X, Y, ή Z κ.τ.λ.. Τα μηχανικά στοιχεία που είναι υπεύθυνα για την κίνηση είναι οι κινητήρες, οι κοχλίες και τα άλλα μέρη που μεσολαβούν ώστε ο συγκεκριμένος άξονας να πραγματοποιήσει την επιθυμητή μετακίνηση που ορίζει ο ελεγκτής (controller).

2.8 ΑΠΑΙΤΗΣΕΙΣ ΑΚΡΙΒΕΙΑΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ ΨΗΦΙΑΚΗΣ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣ

Ένας από τους σημαντικότερους λόγους της ραγδαίας εξάπλωσης των εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης είναι η κατά πολύ, μεγαλύτερη ακρίβεια κατεργασίας που προσφέρουν, σε σχέση με τις συμβατικές εργαλειομηχανές. Η ακρίβεια αυτή είναι ακριβώς ίδια σε όλα τα παραγόμενα τεμάχια. Η ακρίβεια των εργαλειομηχανών ψηφιακής καθοδήγησης αναπαράγεται χωρίς περιορισμό, είτε πρόκειται για μερικές δεκάδες, είτε για αρκετές χιλιάδες όμοιων προϊόντων. Η ποιότητα παραγωγής των σύγχρονων εργαλειομηχανών βασίζεται, όπως ήδη αναφέρθηκε, στο συνεχή έλεγχο και την προσαρμογή των κινήσεων και αξόνων κατεργασίας με τη βοήθεια των μετρητών θέσης.

Ενδεικτικά μεγέθη ακρίβειας των σύγχρονων εργαλειομηχανών NC,CNC,DNC ανά άξονα κατεργασίας, είναι 0,008 mm έως 0,015 mm ανά πλήρη διαδρομή του άξονα. Αυτό σημαίνει ότι, εάν ένας άξονας κατεργασίας καθοδηγηθεί με μετατόπιση από το ένα έως το άλλο όριο μετατόπισης του, η διαφορά της προγραμματισμένης από τη πραγματική θέση δεν πρέπει να βρίσκεται έξω από το παραπάνω διάστημα. Επίσης, όταν ένας άξονας κατεργασίας προγραμματιστεί να εκτελέσει κάποια κίνηση για δεύτερη φορά, η διαφορά των κινήσεων δεν θα πρέπει να βρίσκεται εκτός του διαστήματος από 0,001 έως 0,002 (1-2 μm).⁸

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

3.1 ΚΕΝΤΡΟ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Τα κέντρα κατεργασίας δημιουργήθηκαν από την ανάγκη εκτέλεσης διαφόρων εργασιών και διαδικασιών κατεργασίας σε ένα εξάρτημα από μία μόνο μηχανή και με μία προετοιμασία. Οι μηχανές αυτές αναπτύχθηκαν στην δεκαετία του 1960 και αύξησαν πάρα πολύ τους ρυθμούς παραγωγής επειδή μπορούσαν να εκτελεστούν περισσότερες κατεργασίες σε ένα εξάρτημα με μια προετοιμασία. Έτσι εργασίες όπως το φρεζάρισμα, η τórνευση περιγραμμάτων, η διάτρηση, η αντίρροπη εσωτερική τórνευση, η σπειροτόμηση μπορούν να εκτελεστούν σήμερα σε κέντρα κατεργασίας με οποιαδήποτε σειρά και χρειάζεται μόνο μία προετοιμασία.

Υπάρχουν δύο κύρια είδη κέντρων κατεργασίας, με οριζόντια και με κατακόρυφη άτρακτο.

A. Το Κέντρο κατεργασίας οριζόντιας άτρακτου λειτουργεί με τρεις άξονες:

- I. Ο άξονας X ελέγχει την κίνηση της τράπεζας προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά.
- II. Ο άξονας Y ελέγχει την κατακόρυφη κίνηση (επάνω- κάτω) της άτρακτου.
- III. Ο άξονας Z ελέγχει την οριζόντια κίνηση (μέσα-έξω) της άτρακτου.

B. Το κέντρο κατεργασίας κατακόρυφης άτρακτου λειτουργεί με τρεις άξονες:

- I. Ο άξονας X ελέγχει την κίνηση της τράπεζας προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά.
- II. Ο άξονας Y ελέγχει την κίνηση της τράπεζας προς ή από τη στήλη.
- III. Ο άξονας Z ελέγχει την κατακόρυφη κίνηση (επάνω – κάτω) της άτρακτου.

3.1.1 Τύποι των κέντρων κατεργασίας

Υπάρχουν τρεις τύποι κέντρων κατεργασίας και είναι τα εξής:

1) Οριζόντια, 2) Κατακόρυφα, και 3) Γενικής χρήσεως κέντρα κατεργασίας. Αυτά είναι διαθέσιμα σε πολλούς τύπους και μεγέθη, ενώ μπορούν να καθοριστούν από τους ακόλουθους παράγοντες:

- Το μέγεθος και το βάρος του μεγαλύτερου κομματιού που μπορεί να επεξεργαστεί στη μηχανή.
- Η μέγιστη κίνηση των μεγαλύτερων αρχικών αξόνων (X, Y, Z).
- Η μέγιστη διαθέσιμη ταχύτητα και στροφές.
- Η ιπποδύναμη του άξονα.
- Ο αριθμός εργαλείων που ο αυτόματος μετατροπέας μπορεί να κρατήσει.⁹



Εικόνα 1 : Οριζόντιο κέντρο κατεργασίας



Εικόνα 2 : Κάθετο κέντρο κατεργασίας



Εικόνα 3 : Γενικής χρήσεως κέντρα κατεργασίας

3.1.2 Τμήματα των κέντρων κατεργασίας CNC:

Τα κύρια τμήματα των κέντρων κατεργασίας CNC είναι η κλίνη (κρεβάτι), η σέλλα, η στήλη, η τράπεζα, οι σερβοκινητήρες, οι κοχλίες, η άτρακτος, η συσκευή αλλαγής εργαλείων και η μονάδα ελέγχου μηχανής (MCU).

- 1. Κλίνη:** Η κλίνη είναι συνήθως κατασκευασμένη από χυτοσίδηρο πολύ καλής ποιότητας που εξασφαλίζει ότι η μηχανή θα είναι συμπαγής και ικανή να εκτελεί βαριές κατεργασίες και να διατηρεί μεγάλη ακρίβεια. Στην κλίνη υπάρχουν σκληρυμένα και λειασμένα στηρίγματα έτσι ώστε όλοι οι ευθείς άξονες να έχουν συμπαγή στήριξη.
- 2. Σέλλα:** Η σέλλα, που είναι τοποθετημένη πάνω στα σκληρυμένα και λειασμένα στηρίγματα, είναι αυτή που δίνει την ευθεία κίνηση κατά τον άξονα X στο κέντρο κατεργασίας.
- 3. Στήλη:** Η στήλη, που είναι τοποθετημένη πάνω στη σέλλα, είναι σχεδιασμένη έτσι ώστε να έχει μεγάλη αντοχή στη στρέψη, για να αποφεύγουμε τις παραμορφώσεις και τις αποκλίσεις κατά τη διάρκεια της κατεργασίας. Η στήλη είναι αυτή που δίνει την ευθεία κίνηση κατά τον άξονα Y στο κέντρο κατεργασίας.
- 4. Τράπεζα:** Η τράπεζα, που βρίσκεται πάνω στην κλίνη είναι αυτή που δίνει στο κέντρο κατεργασίας την ευθεία κίνηση κατά τον άξονα Z.
- 5. Σερβοσυστήματα:** Το σερβοσυστήματα, που αποτελούνται από σερβοκινητήρες οδήγησης, κοχλίες και κωδικοποιητές ανάδρασης για τη θέση, δίνουν γρήγορη και ακριβή κίνηση και υπολογισμό θέσης στους ολισθητήρες των αξόνων XYZ. Οι κωδικοποιητές ανάδρασης που βρίσκονται στις άκρες των κοχλιών σχηματίζουν ένα σύστημα κλειστού βρόγχου που διατηρεί μονοκατευθυντική εξαιρετική ικανότητα επανάληψης υπολογισμού θέσης + -0,0001 in (0,003mm).
- 6. Άτρακτος:** Η άτρακτος που μπορεί να προγραμματισθεί σε βήματα της 1 rev/min, έχει περιοχή ταχυτήτων από 20 μέχρι 6000 r/min. Η άτρακτος μπορεί να έχει σταθερή θέση(οριζόντια) ή μπορεί να είναι άτρακτος που να δέχεται κλίση, πράγμα που παρέχει έναν επιπλέον άξονα.

7. **Συσκευές αλλαγής εργαλείων:** Υπάρχουν δύο συσκευές αλλαγής εργαλείων, η κατακόρυφη και η οριζόντια. Η συσκευή αλλαγής εργαλείων μπορεί να αποθηκεύει αρκετά πρότοποθετημένα εργαλεία που μπορούν να κληθούν για χρήση αυτόματα, από το πρόγραμμα του εξαρτήματος. Οι συσκευές αλλαγής εργαλείων είναι συνήθως δύο κατευθύνσεων, πράγμα που επιτρέπει την μικρότερη απόσταση μετακίνησης για την τυχαία πρόσβαση στο εργαλείο. Ο πραγματικός χρόνος αλλαγής εργαλείου είναι μόνον 3 έως 5 sec.
8. **MCU:** Η MCU δίνει την δυνατότητα στον χειριστή να εκτελεί μια ποικιλία εργασιών όπως είναι ο προγραμματισμός, η κατεργασία, η διάγνωση, η εποπτεία εργαλείων και μηχανής, κλπ. Οι MCU ποικίλουν ανάλογα με τις προδιαγραφές του κατασκευαστή. Οι νέες MCU είναι περισσότερο προηγμένες τεχνολογικά, πράγμα που κάνει τις εργαλειομηχανές περισσότερο αξιόπιστες και το σύνολο της μηχανουργικής επεξεργασίας λιγότερο εξαρτώμενο από την ανθρώπινη επιδεξιότητα.¹⁰

3.2 ΣΥΓΧΡΟΝΟΙ ΤΟΡΝΟΙ CNC

Ο σύγχρονος τόρνος CNC ή αλλιώς κέντρο σύσφιξης, έχει σχεδιασθεί για να κατεργάζεται τα περισσότερα εξαρτήματα που μπορούν να κρατηθούν με σφικτήρα, δηλαδή αυτά που είναι κυλινδρικά. Οι μηχανές αυτές είναι κατασκευασμένες σε μεγάλη ποικιλία μεγεθών, με μεγέθη σφικτήρων με διαμέτρους από 8 μέχρι 36 in (200 μέχρι 900 mm), οι κινητήρες οδήγησης της ατράκτου είναι από 5 μέχρι 50 ίππους και οι μέγιστες ταχύτητες αυτής είναι μέχρι και 5000 r/min.

Ο σύγχρονος τόρνος **τεσσάρων αξόνων** έχει δύο εργαλειοφορείς που εργάζονται ανεξάρτητα σε διαφορετικούς ολισθητήρες, κάνοντας ανεξάρτητα την κατεργασία του εξαρτήματος. Ενώ ο επάνω εργαλειοφορέας κατεργάζεται την εσωτερική διάμετρο, ο κάτω εργαλειοφορέας μπορεί να κατεργάζεται την εξωτερική διάμετρο. Αν όμως, το εξάρτημα χρειάζεται εσωτερικές κυρίως εργασίες, και οι δύο εργαλειοφορείς μπορούν να εργαστούν ταυτόχρονα στο εσωτερικό του εξαρτήματος. Αυτό το είδος εργασίας είναι κατάλληλο για εξαρτήματα με μεγάλες διαμέτρους που χρειάζονται εσωτερικές τورνεύσεις, γωνιοτομές, κοχλιοτομές, εσωτερικές ακτίνες ή αυλακώσεις.

Για εξαρτήματα που χρειάζονται εργασίες κυρίως στην εξωτερική διάμετρο, ο επάνω εργαλειοφορέας μπορεί να εξοπλιστεί με εργαλεία

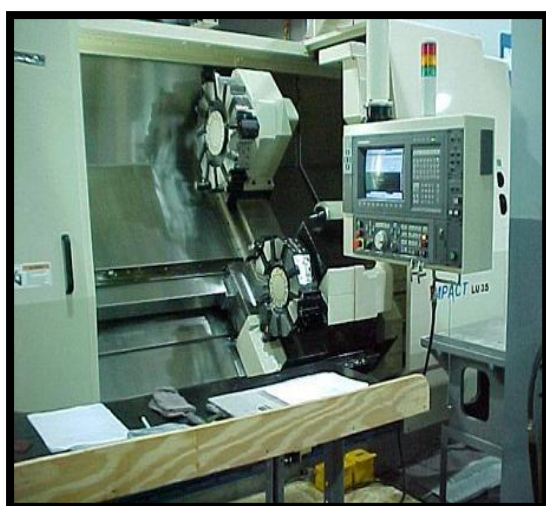
τόρνευσης, έτσι ώστε και οι δύο εργαλειοφορείς να μπορούν να επεξεργαστούν την εξωτερική διάμετρο.

Όταν πρέπει να κατασκευασθούν εξαρτήματα μεγαλύτερου μήκους, το δεξιό τμήμα του άξονα μπορεί να στηριχθεί με ένα κεντρικό στέλεχος που στηρίζεται στον επάνω εργαλειοφορέα ενώ ο κάτω εργαλειοφορέας θα εκτελεί τις εργασίες εξωτερικής κατεργασίας. Άλλες εργασίες που μπορούν να εκτελεσθούν ταυτόχρονα είναι η τόρνευση και η κατεργασία επιφάνειας και η εσωτερική και εξωτερική κατασκευή αυλακώσεων.

Άλλοι σύγχρονοι τόρνοι είναι μοντέλα κυρίως **δύο αξόνων**. Έχουν ένα μόνο εργαλειοφορέα σε σχήμα δίσκου όπου βρίσκονται εργαλεία ταυτόχρονα εσωτερικής και εξωτερικής διαμέτρου, ή έχουν δύο εργαλειοφορείς. Στην δεύτερη περίπτωση, ο ένας εργαλειοφορέας είναι κανονικά σχεδιασμένος για εργαλεία εσωτερικής διαμέτρου. Οποιαδήποτε και να είναι η διάταξη, το σύστημα ελέγχου δύο αξόνων καθοδηγεί μόνον τον ένα εργαλειοφορέα κάθε φορά.

Επίσης υπάρχουν **τόρνοι CNC με κεντρική κίνηση**. Αυτοί επιτρέπουν την κατασκευή εξαρτημάτων και από τις δύο πλευρές χωρίς μετακίνηση του εξαρτήματος. Μηχανουργικές εργασίες όπως τόρνευση, η κατεργασία επιφάνειας, η εσωτερική τόρνευση κλπ, μπορούν να εκτελεσθούν είτε ξεχωριστά είτε ταυτόχρονα σε κάθε πλευρά του εξαρτήματος.

Ο σφικτήρας με κεντρική κίνηση, όπου είναι τοποθετημένο το εξάρτημα, βρίσκεται στο κέντρο της μηχανής και περιστοιχίζεται από δύο εργαλειοφορείς πολλών εργαλείων οι οποίοι μπορούν να εκτελέσουν μια μεγάλη ποικιλία μηχανουργικών εργασιών. Οι εργαλειοφορείς κινούνται υδραυλικά και προς τις δύο κατευθύνσεις και τα φορεία των εργαλειοφορέων οδηγούνται με ακρίβεια με κοχλίες ακριβείας που παίρνουν ισχύ από σερβοκινητήρες συνεχούς ρεύματος.



Εικόνα 4 : Τόρνος CNC 4 αξόνων



Εικόνα 5 : Τόρνος CNC 2 αξόνων

3.2.1 Τμήματα των σύγχρονων τόνων CNC

- Τα κύρια τμήματα των σύγχρονων τόνων CNC είναι τα εξής:

-Η κλίνη

Η κλίνη κατασκευάζεται συνήθως από χυτοσίδηρο υψηλής ποιότητας, που είναι κατάλληλος για την απορρόφηση των κραδασμών που προκαλούντε από μεγάλες κοπές. Συνήθως έχει σχεδίαση κεκλιμένης τράπεζας με γωνίες 30° μέχρι 45° , πράγμα που δίνει εύκολη πρόσβαση στο χειριστή για τη φόρτωση και εκφόρτωση των εξαρτημάτων. Ακόμη, αφήνει τα απόβλητα και το ψυκτικό να απομακρύνονται από την περιοχή κοπής προς το κάτω μέρος της κλίνης. Στο εμπρός τμήμα της χυτής κλίνης έχουν τορνευθεί παράλληλες επιφάνειες, οι οποίες χρησιμεύουν σαν τροχιές στήριξης για τους σκληρυμένους ολισθητήρες της κλίνης.

-Η κεφαλή

Η κεφαλή του σύγχρονου τόνου CNC μεταδίδει τη μέγιστη ισχύ και ροπή από τον κινητήρα της ατράκτου. Οι μηχανές αυτές υπάρχουν με μία ποικιλία μεγεθών κινητήρων από 5 μέχρι 75 ίππους και ταχύτητες ατράκτου από 32 μέχρι 5500 στροφές ανά λεπτό (r/min). Η ταχύτητα της ατράκτου μπορεί να προγραμματισθεί σε βήματα της 1 r/min.

-Ο κεντροφορέας

Οι σύγχρονοι τόννοι CNC μπορούν να είναι εφοδιασμένοι με διάφορα είδη κεντροφορέων όπως χειροκίνητο κεντροφορέα παρόμοιο με αυτόν του συνηθισμένου μηχανοκίνητου τόννου, αυτόματο κεντροφορέα που ελέγχεται από ταινία, ή αναδιπλούμενο κεντροφορέα που ελέγχεται από ταινία. Ο κεντροφορέας κινείται πάνω σε δικούς του σκληρυμένους ολισθητήρες με ρουλεμάν. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στο φορείο να κινείται πέρα από τον κεντροφορέα όταν υπάρχει στήριξη μικρού άξονα. Ακόμα, δεν υπάρχει ανάγκη να επεκταθεί ο εσωτερικός άξονας του κεντροφορέα στη μέγιστη του απόσταση, πράγμα που διατηρεί την ακαμψία του εξαρτήματος

-Ο εργαλειοφορέας

Το είδος, η μορφή και ο αριθμός των εργαλειομηχανών ενός σύγχρονου τόννου CNC ποικίλει ανάλογα με το μέγεθος της μηχανής και τις προδιαγραφές κάθε κατασκευαστή. Οι συνηθέστεροι τύποι είναι ο εργαλειοφορέας τυμπάνου, ο εργαλειοφορέας δίσκου, και ο τετράγωνος εργαλειοφορέας πολλών εργαλείων. Ο εργαλειοφορέας κατασκευάζεται έτσι

ώστε να μπορεί να κρατά οκτώ ή περισσότερα εσωτερικά και εξωτερικά εργαλεία τόνευσης. Ο μηχανισμός δεικτοδότησης για τα εργαλεία αυτά έχει δυνατότητα διπλοκατευθυντικής δεικτοδότησης και ταχύτητα εγκάρσιας κίνησης περίπου 400 in/min (100 m/min), πράγμα που ελαχιστοποιεί τον χρόνο κατά τον οποίο δεν γίνεται κοπή.

-Σερβοσυστήματα

Το σερβοσύστημα, που αποτελείται από σερβοκινητήρες οδήγησης, κοχλίες και περιστροφικούς διευκρινιστές δίνει τις γρήγορες, ακριβείς κινήσεις και θέσεις των ολισθητήρων στους άξονες X και Y. Οι περιστροφικοί διευκρινιστές δίνουν στο σύστημα μονοκατευθυντική δυνατότητα επανάληψης του υπολογισμού της θέσης του ολισθητήρα $\pm 0,0002$ in (0,005 mm). Η γρήγορη κίνηση των ολισθητήρων είναι περίπου 200 μέχρι 400 in/min (5000 μέχρι 10000 mm/min) και οι ταχύτητες πρόωσης μπορούν να προγραμματισθούν σε βήματα των 0,100 in/min (2,54 mm/min).

-Μονάδα ελέγχου μηχανής (MCU)

Η MCU επιτρέπει τον προγραμματισμό ενός εξαρτήματος από το χειριστή, διόρθωση του προγράμματος, γραφική απεικόνιση των προγραμμάτων, αποθήκευση προγραμμάτων στη μνήμη, προγράμματα εξόδου σε μονάδες διάτρησης ή σε γραμμή δεδομένων, εκτέλεση διαγνωστικών, εκτέλεση πολλών ακόμη εργασιών και λειτουργιών. Αυτές οι μονάδες ελέγχου είναι σχεδιασμένες και κατασκευασμένες με την «τελευταία λέξη» της τεχνολογίας και με χαρακτηριστικά που ποικίλουν ανάλογα με τις απαιτήσεις και προδιαγραφές κάθε κατασκευαστή.

-Τα υδραυλικά συστήματα και τα συστήματα λίπανσης-ψύξης

Τα υδραυλικά συστήματα αποτελούνται από διάφορες αντλίες υψηλής πίεσης και οι οποίες χρησιμοποιούνται ώστε να πραγματοποιούνται οι όποιες κινήσεις είναι απαραίτητες, σε κάθε εργαλειομηχανή ξεχωριστά π.χ. κίνηση του τραπεζιού, αλλαγή κοπτικού εργαλείου κ.α. Τα συστήματα ψύξης είναι απαραίτητα και αυτά πολύ σημαντικά να υπάρχουν σε όλες αυτές τις εργαλειομηχανές, λόγω του ότι οι περισσότερες κοπές χρειάζονται ψύξη για να πραγματοποιηθούν (με σωστό αποτέλεσμα και ποιότητα). Τα συστήματα λίπανσης βοηθούν ώστε να διάφορα κινούμενα μέρη της εργαλειομηχανής να λιπαίνονται σωστά και έτσι να αποφεύγονται προβλήματα των τριβών μεταξύ των επιφανειών.

3.3 ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΕΣ CNC

Η φρεζομηχανή είναι μία εργαλειομηχανή με την οποία μπορούμε να κατεργαστούμε με μεγάλη ταχύτητα αλλά και μεγάλη ακρίβεια επίπεδες, κυρτές ή κοίλες επιφάνειες, ή να κάνουμε κοπή οδοντωτού κανόνα, οδοντωτών τροχών (κυλινδρικούς με ίσια δόντια, κυλινδρικούς με λοξά δόντια, κυλινδρικούς με ελικοειδή δόντια, κωνικούς με ίσια δόντια, μηχανισμό ατέρμονα κοχλία-οδοντωτού τροχού) κλπ.

Γενικά μπορούμε να πραγματοποιήσουμε στη φρεζομηχανή ότι κατεργασίες κάνουμε στην πλάνη, με πολύ μεγαλύτερη ακρίβεια και ακόμη να κατασκευάσουμε οδοντωτούς τροχούς.

Για να γίνει αφαίρεση υλικού θα πρέπει να συνυπάρχουν δύο κινήσεις, όπως γίνεται σε όλες τις εργαλειομηχανές π.χ. στον τόρνο το προς κατεργασία αντικείμενο περιστρέφεται και το κοπτικό εργαλείο κινείται ευθύγραμμα προς το αντικείμενο. Στη φρεζομηχανή το κοπτικό εργαλείο περιστρέφεται και το προς κατεργασία αντικείμενο κινείται ευθύγραμμα προς το κοπτικό εργαλείο.

3.3.1 ΕΙΔΗ ΦΡΕΖΟΜΗΧΑΝΩΝ

➤ Ανάλογα με την θέση του εργαλειοφορείου άξονα στο χώρο, οι φρεζομηχανές χωρίζονται σε δύο κύριες κατηγορίες, στις :

- Οριζόντιες φρεζομηχανές
- Κατακόρυφες φρεζομηχανές



Εικόνα 6 : Κατακόρυφη και Οριζόντια φρέζα CNC αντίστοιχα.

3.3.2 ΚΥΡΙΑ ΜΕΡΗ ΦΡΕΖΑΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ CNC:

Τα κύρια μέρη μιας φρεζομηχανής θα μπορούσαμε να πούμε ότι είναι κοινά με αυτά ενός κέντρου κατεργασίας αλλά ακόμα και με του τόρνο CNC. Αυτό γίνεται αφού είναι παρόμοιες σαν μηχανές με τις ίδιες σχεδόν λειτουργίες και η μόνη σημαντική διαφορά με τον τόρνο είναι η κίνηση της κύριας ατράκτου τους.

-Έτσι τα κύρια μέρη είναι τα εξής:

1. **Το σώμα**, είναι κατασκευασμένο από χυτοσίδηρο (μαντέμι) και σ' αυτό τοποθετούνται όλα τα άλλα τμήματα της εργαλειομηχανής, η κεφαλή, ο εργαλειοφορέας, το τραπέζι, οι γλίστρες, και οι ηλεκτροκινητήρες.
2. **Οι άξονες της εργαλειομηχανής**, Με αυτούς επιτελείται συνδυασμός γραμμικών και περιστροφικών κινήσεων. Κάθε άξονας νοείται τόσο με την κινητική του έννοια, όσο και σαν σύστημα μετάδοσης κίνησης και ισχύος ή μέτρησης ως προς αυτών των στοιχείων κίνησης (θέση, ταχύτητα, επιτάχυνση). Οι άξονες η κίνηση τους και ο έλεγχος τους είναι αποφασιστικής σημασίας για την κατάταξη, το χαρακτηρισμό και τις δυνατότητες των CNC φρεζομηχανών.

3. **Ο κινητήρας της κύριας ατράκτου**, δια του οποίου συντελείται η περιστροφή του κοπτικού εργαλείου.
4. **Το ηλεκτρονικό σύστημα ελέγχου**, ο οποίο περιλαμβάνει συνήθως έναν αριθμό μικροεπεξεργαστών, μνήμης (Ram και Rom) και ολοκληρωμένων κυκλωμάτων για την επεξεργασία και διαχείριση του προγράμματος κοπής, καθώς και ηλεκτρονικά ισχύος για τον έλεγχο των αξόνων.
5. **Η/Υ και λειτουργικό λογισμικό**, για τη διαχείριση του προγράμματος κοπής στη μηχανή, (με ενσωματωμένο CAM ή μέσω post-processor από εξωτερικό CAM) την εκτύπωση αρχείων και ενδεχομένως την παρακολούθηση της λειτουργίας της εργαλειομηχανής.

3.3.3 ΠΟΛΥΑΞΟΝΙΚΕΣ ΜΗΧΑΝΕΣ CNC

Όταν λέμε πολυαξονικές μηχανές CNC, δεν είναι κάτι άλλο από τις γνωστές εργαλειομηχανές αριθμητικού ελέγχου. Η διαφορά σε σχέση με τις «συμβατικές» εργαλειομηχανές για την εποχή που διανύουμε, βρίσκεται στον αριθμό των αξόνων κατεργασίας τους. Οι πολυαξονικές μηχανές είναι ευρέως γνωστές και ως κέντρα κατεργασίας αφού όπως είπαμε χρησιμοποιούνται για ένα πλήθος εργασιών κάνοντας δουλειές φρέζας, τόρνου, πολυτρύπανου κ.α. Ο ορισμός των αξόνων κατεργασίας δίνεται στο κεφάλαιο 4 παράγραφος 5 όπου εκεί ασχολούμαστε εκτενέστερα με αυτούς.

Το κύριο πλεονέκτημα της κατεργασίας 4 ή 5 αξόνων είναι η δυνατότητα εξοικονόμησης χρόνου με την κατεργασία σύνθετων μορφών σε διάφορα κομμάτια, χωρίς να χρειάζεται να αλλάζουμε συχνά την πρόσδεση του κομματιού λόγω των δυνατοτήτων που έχουν αυτές οι μηχανές. Μία επιπλέον δυνατότητα αυτών είναι η χρήση μικρότερων σε μήκος και διάμετρο κοπτικών εργαλείων που μας επιτρέπουν μεγαλύτερη ακρίβεια στις κατεργασίες.²⁴



Εικόνα 7 : Πενταξονικές φρέζες

3.4 ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ

Τα εργαλεία που χρησιμοποιούν οι εργαλειομηχανές για την κοπή και την επεξεργασία διαφόρων υλικών όπως (χάλυβας αλουμίνιο πλαστικό και άλλα), ονομάζονται **κοπτικά εργαλεία (βλέπε παράρτημα Ι)** και χωρίζονται σε κατηγορίες ανάλογα με την εργαλειομηχανή που τα χρησιμοποιεί και τη σκληρότητα του εργαλείου.

Τα κοπτικά εργαλεία είναι ιδιαίτερης σημασίας για την κατεργασία και τις δυνατότητες του μηχανήματος. Η ποιότητα των παραγόμενων προϊόντων, δεν καθορίζεται μόνο από την ποιότητα των πρώτων υλών, αλλά και από την ποιότητα που έχει το τελικό φινίρισμα που αφήνουν τα κοπτικά στις επιφάνειες τομής. Για την ποιότητα κατεργασίας σημαντικό ρόλο διαδραματίζουν το υλικό κατασκευής και η γεωμετρία του κοπτικού.

Ένα από τα πιο σημαντικά χαρακτηριστικά των εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου, είναι οι υψηλές ταχύτητες κοπής που χρησιμοποιούνται για την κατεργασία. Το χαρακτηριστικό αυτό σε συνδυασμό με το μικρό χρόνο εναλλαγής των εργαλείων στη θέση εργασίας, που είναι περίπου 5 sec, καθιστούν τον τομέα των κοπτικών εργαλείων ένα από τα πιο σημαντικά στοιχεία των εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου.

Η επιλογή των κατάλληλων κοπτικών εργαλείων για κάθε εργασία σε ένα κέντρο κατεργασίας είναι βασική για την παραγωγή ενός εξαρτήματος με μεγάλη ακρίβεια. Ο προγραμματιστής πρέπει να έχει πλήρη γνώση των κοπτικών εργαλείων και των εφαρμογών τους για να προγραμματίζει κατάλληλα κάθε εξάρτημα.

➤ **Ιδιότητες των κοπτικών εργαλείων:**

Οι ιδιότητες που πρέπει να έχουν τα υλικά των κοπτικών εργαλείων τα οποία χρησιμοποιούνται στην κοπή στις εργαλειομηχανές, είναι οι εξής.

- Μεγάλη σκληρότητα ακόμα και σε υψηλές θερμοκρασίες.
- Μεγάλη αντίσταση στη φθορά.
- Αντοχή σε θλίψη και κάμψη.
- Διατήρηση της μορφής τους κατά την κατεργασία.
- Καλή κατεργασιμότητα και διαμορφωσιμότητα.
- Χαμηλό κόστος και διαθεσιμότητα.

➤ **Τα υλικά των κοπτικών εργαλείων κατασκευάζονται από:**

- Χάλυβες (ανθρακούχοι χάλυβες, κεκραμένοι χάλυβες, ταχυχάλυβες)
- Χυτευτά κράματα
- Σκληρομέταλα
- Κεραμικά
- Διαμάντια
- Βιομηχανικό αδάμα
- Συνθετικά υπέρσκληρα υλικά

➤ **Διάρκεια ζωής των κοπτικών εργαλείων:**

Η διάρκεια ζωής ενός κοπτικού εργαλείου εξαρτάται κατά πολύ από το υλικό από το οποίο είναι φτιαγμένο και από την γεωμετρία της κόπης του. Οι ιδιότητες που πρέπει να έχει ένα κοπτικό εργαλείο συνοψίζονται στα παρακάτω :

-μεγάλη σκληρότητα, ώστε να μπορεί το εργαλείο να εισχωρεί στο μαλακότερο κατεργαζόμενο τεμάχιο

-αντίσταση στην θερμότητα, ώστε να διατηρεί την σκληρότητά του στις υψηλές θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά την κοπή και

-αντίσταση σε φθορά, ώστε η κοπτική ακμή του να διατηρεί τις κοπτικές ιδιότητές της.

Τα πιο συνηθισμένα υλικά κοπτικών εργαλείων είναι τα διάφορα σκληρομέταλλα. Οι ταχυχάλυβες χρησιμοποιούνται κύρια σε τρυπάνια μικρής διαμέτρου, για εργαλεία κοπής σπειρωμάτων, γλύφανσης και κονδυλοφόρα εργαλεία φρέζας. Οι κυριότερες ιδιότητες που απαιτούνται από ένα κοπτικό εργαλείο είναι η σκληρότητα στη θερμοκρασία κοπής και η ολκιμότητα. Οι ταχυχάλυβες είναι πιο όλκιμοι από τα σκληρομέταλλα, αλλά δεν διατηρούν την σκληρότητα τους στις υψηλές ταχύτητες κοπής. Αντίθετα, η έλλειψη ολκιμότητας στα σκληρομέταλλα μπορεί να δημιουργήσει προβλήματα και χρειάστηκε αρκετή έρευνα για να αναπτυχθούν σκληρομέταλλα που ανταποκρίνονται στις σύγχρονες συνθήκες κατεργασιών. Η σκληρότητα των σκληρομετάλλων είναι εφάμιλλη των διαμαντιών και παρασκευάζονται στα κατάλληλα σχήματα με τη μέθοδο της κωνιομεταλλουργίας.

Τα κοπτικά εργαλεία σπάνια κατασκευάζονται εξ' ολοκλήρου από σκληρομέταλλα. Τέτοιες είναι οι περιπτώσεις πολύ μικρών εργαλείων όπως εργαλείων φρέζας διαμέτρου 1,5 mm, τρυπανιών 0,4 mm και εργαλείων γλύφανσης διαμέτρου 2,4 mm. Στην περίπτωση της χρησιμοποίησης εργαλείων από σκληρομέταλλο απαιτείται να προσδιορισθούν πολύ προσεκτικά οι συνθήκες κατεργασίας, επειδή το εργαλείο δεν έχει καμία ελαστικότητα. Συνήθως, τα εργαλεία αυτά παρασκευάζονται σε μορφή κοπτικών αιχμών, που συγκολλούνται ή προσδένονται πάνω στο σώμα του κοπτικού εργαλείου.

Τα κέντρα κατεργασίας χρησιμοποιούν μια ποικιλία κοπτικών εργαλείων για να εκτελούν τις διάφορες μηχανουργικές εργασίες. Τα εργαλεία αυτά μπορεί να είναι συμβατικά από ταχυχάλυβα, εργαλεία σιμενταρισμένου καρβιδίου, CBN κυβικός βοριονιτρίτης (cubic boron nitride= νιτριδίου του κυβικού βορίου) ή εργαλεία πολυκρυσταλλικού διαμαντιού. Μερικά από τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται είναι φρέζες, τρυπάνια σπειροτόμου, γλύφανα, επιβολείς κλπ.

Έρευνες έδειξαν ότι οι χρόνοι του κέντρου κατεργασίας κατανέμονται κατά 20% από τόννευση, κατά 10% από εσωτερική τόννευση και κατά 70% από άνοιγμα οπών σε ένα μέσο κύκλο μηχανής. Στις συμβατικές μηχανές τόννευσης, το κοπτικό εργαλείο κόβει σε περίπου 20% του χρόνου, ενώ στα κέντρα κατεργασίας ο χρόνος κοπής μπορεί να είναι και μέχρι 75%. Το τελικό αποτέλεσμα είναι ότι υπάρχει μεγαλύτερη κατανάλωση αναλώσιμων εργαλείων λόγω ελάττωσης της ζωής των εργαλείων, εξ αιτίας της αυξημένης χρήσης εργαλείων.¹¹



Εικόνα 8 : Κοπτικά εργαλεία διαφόρων μορφών φρέζας



Εικόνα 9 : Διάφορα κονδύλια.



Εικόνα 10 : Διαφόρων διαμέτρων τρυπάνια.



Εικόνα 11 : Κοπτικά εργαλεία και μανέλες εξωτερικής κατεργασίας.



Εικόνα 12 : Κοπτικά εργαλεία και μανέλες εσωτερικής κατεργασίας.



Εικόνα 13 : Διάφορα είδη κοπτικών εργαλείων φρέζας.

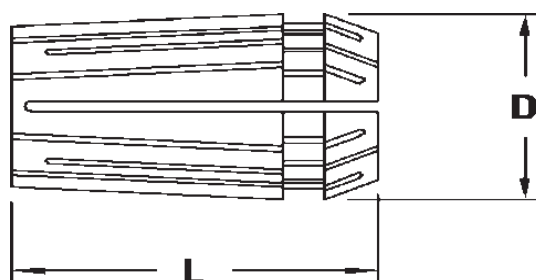
3.5 ΚΩΝΟΙ ΣΥΓΚΡΑΤΗΣΗΣ ΚΟΠΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ ΣΤΟΝ ΚΙΝΗΤΗΡΑ ΚΥΡΙΑΣ ΑΤΡΑΚΤΟΥ (SPINDLE COLLET)

Οι κώνοι συγκράτησης των κοπτικών εργαλείων είναι από τα πιο βασικά μέρη του κινητήρα της κύριας ατράκτου. Συσφίγγονται και συγκρατούν το κοπτικό εργαλείο με κατάλληλο τύπο περικοχλίου που εφαρμόζει στην περιφέρεια του εργαλειοδέτη. Κατασκευάζονται από χάλυβα, μπρούτζο, κτλ. Οι κώνοι συγκράτησης κοπτικών εργαλείων τυποποιούνται. Οι πιο διαδεδομένοι κώνοι συγκράτησης κοπτικών εργαλείων τυποποιούνται κατά το πρότυπο **DIN 6499 (βλέπε παράρτημα II)**, που τους τυποποιεί ανάλογα με την διάμετρο του κοπτικού εργαλείου που μπορούν να συγκρατήσουν. Η τυποποίηση αυτή φαίνεται στο παρακάτω Σχήμα που ακολουθεί.



Εικόνα 14 : Κώνοι συγκράτησης κατά DIN 6499

ER 8 (Σειρά 0.5- 5 mm)	ER 25 (Σειρά 2-16 mm)
ER 11(Σειρά 0.5- 7 mm)	ER 32 (Σειρά 3-20 mm)
ER 16 (Σειρά 1- 10 mm)	ER 40 (Σειρά 4-26 mm)
ER 20 (Σειρά 1- 13 mm)	



Σχήμα 1 : Κώνος συγκράτησης

3.6 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΥΤΟΜΑΤΗΣ ΑΛΛΑΓΗΣ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ

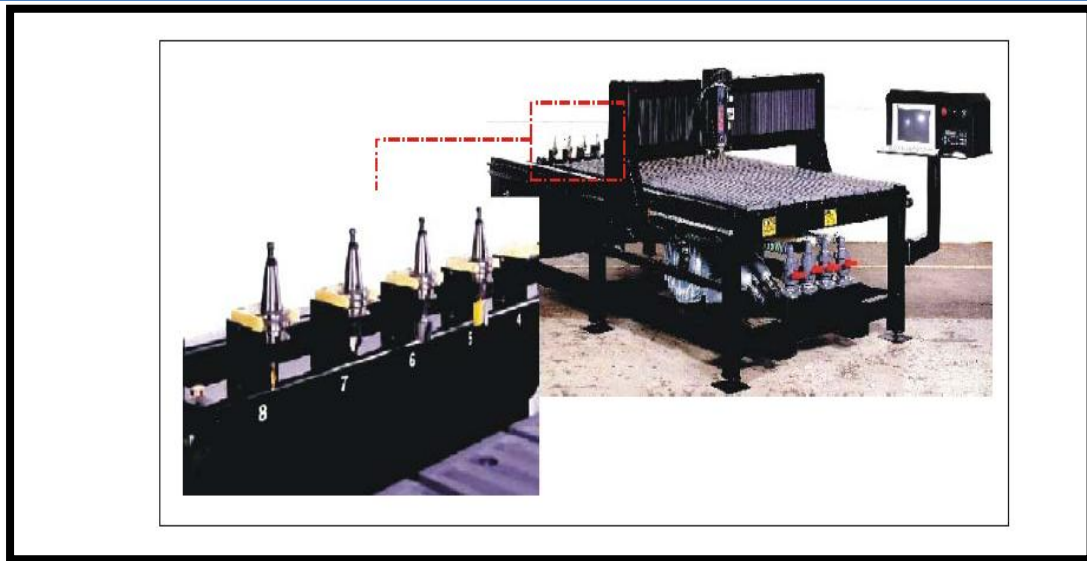
Τα συστήματα αυτόματης αλλαγής εργαλείων λύνουν πολλά προβλήματα, που σχετίζονται με την αλλαγή και τη διαχείριση των κοπτικών εργαλείων. Τα εργαλεία εναλλάσσονται στην άτρακτο της εργαλειομηχανής με τη βοήθεια ειδικών μηχανισμών, οι οποίοι επίσης καθοδηγούνται από την κεντρική μονάδα ελέγχου της μηχανής MCU. Τόσο οι μηχανισμοί, όσο και οι φορείς των εργαλείων, μπορεί να αποτελούν τμήμα της εργαλειομηχανής, ή να είναι ανεξάρτητα συστήματα, που συνεργάζονται κυρίως σε ευέλικτα συστήματα παραγωγής(FMS). Σε κάθε περίπτωση, τα συστήματα αυτόματης εναλλαγής κοπτικών εργαλείων σχεδιάζονται με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ακριβή και αξιόπιστα. Ακόμα πρέπει να αναφερθεί ότι, συστήματα μηχανικής εναλλαγής κοπτικών εργαλείων υπήρχαν ήδη, από την εποχή που δεν είχαν ακόμα εισαχθεί οι εργαλειομηχανές με ψηφιακή καθοδήγηση.

3.6.1 Τύποι εργαλειοφορέων αυτόματης αλλαγής εργαλείων:

Τα συστήματα αυτόματης αλλαγής εργαλείων στις σημερινές εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης, ελέγχονται από την κεντρική μονάδα ελέγχου MCU, σύμφωνα με τις οδηγίες του προγράμματος ελέγχου. Τα εργαλεία αποθηκεύονται και είναι διαθέσιμα από τους πύργους εργαλείων (tool turrets), που στην απλούστερη μορφή τους περιέχουν έως 20 κοπτικά εργαλεία.

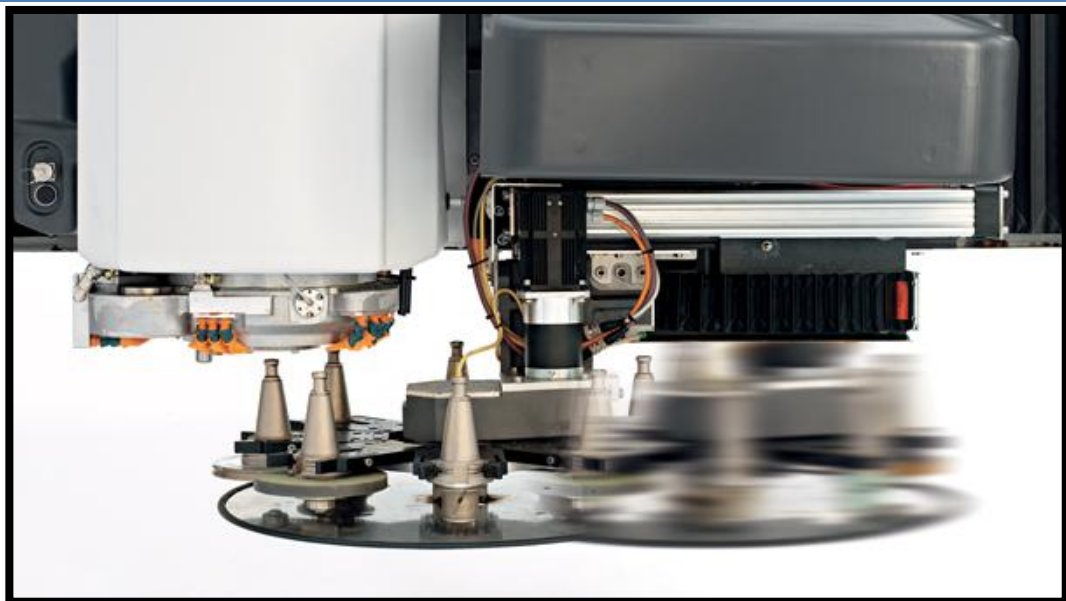
Λόγο των μεγάλων σημερινών απαιτήσεων ειδικά στα κέντρα κατεργασία εμπλέκουν περισσότερα από 200 εργαλεία. Έτσι, στις περιπτώσεις αυτές για να είναι δυνατή η συνεχής τροφοδότηση κοπτικών εργαλείων, έχουν αναπτυχθεί διάφοροι φορείς, οι κυριότεροι από τους οποίους αναφέρονται παρακάτω:

- **Τους επιμήκεις φορείς**, στους οποίους τα εργαλεία είναι τοποθετημένα σε μία γραμμική τοποθέτηση μέσα στο σύστημα εναλλαγής. Πρόκειται για την πιο απλή διάταξη αυτόματης αλλαγής κοπτικών εργαλείων αλλά σε περίπτωση μεγάλου αριθμού εργαλείων, υπάρχουν περιορισμοί στο μήκος του συστήματος. Επίσης, η εύρεση του κάθε συστήματος είναι υπόθεση μόνο του μήκους του συστήματος.



Εικόνα 15 : Επιμήκεις φορέας

- **Τους δισκοειδείς φορείς**, οι οποίοι με το είδος και το σχεδιασμό της εργαλείομηχανής, μπορεί να τοποθετούνται μπροστά, πίσω, ή πλευρικά της κύριας ατράκτου κατεργασίας. Το σύστημα αυτό ονομάζεται επίσης τύπου **ρεβόλβερ**. Πρόκειται για σχετικά απλή διάταξη αλλά, όσο μεγαλώνει ο αριθμός των κοπτικών εργαλείων, τόσο αυξάνει και η διάμετρος του δίσκου. Η εύρεση κάθε κοπτικού εργαλείου, είναι συνάρτηση της γωνίας περιστροφής του δίσκου.



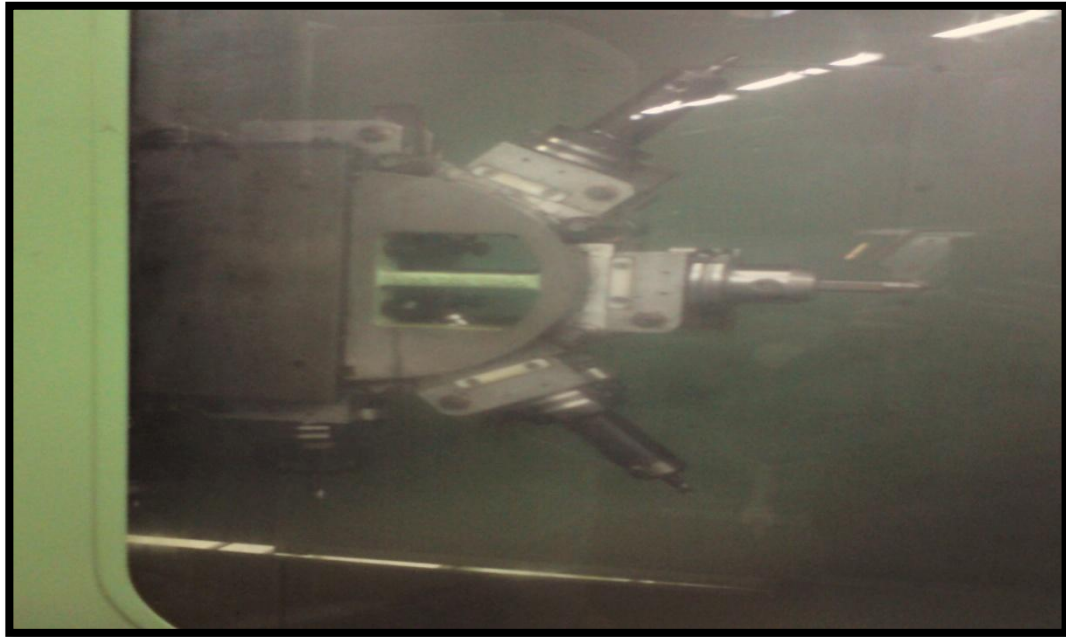
Εικόνα 16 : Δισκοειδής φορέας

- **Τους φορείς τύπου καρουζέλ**, στους οποίους τα εργαλεία είναι σε κάποια απόσταση από τον ορθοστάτη της ατράκτου. Με τον τρόπο αυτό, οι κραδασμοί από την κίνηση του εργαλείου δεν επηρεάζουν την ποιότητα κατεργασίας της εργαλειομηχανής. Επειδή τα κοπτικά εργαλεία εκτείνονται έξω από το φορέα, η εργαλειομηχανή πρέπει να έχει τον απαιτούμενο χώρο, για να χωράει το εργαλειοφορείο.



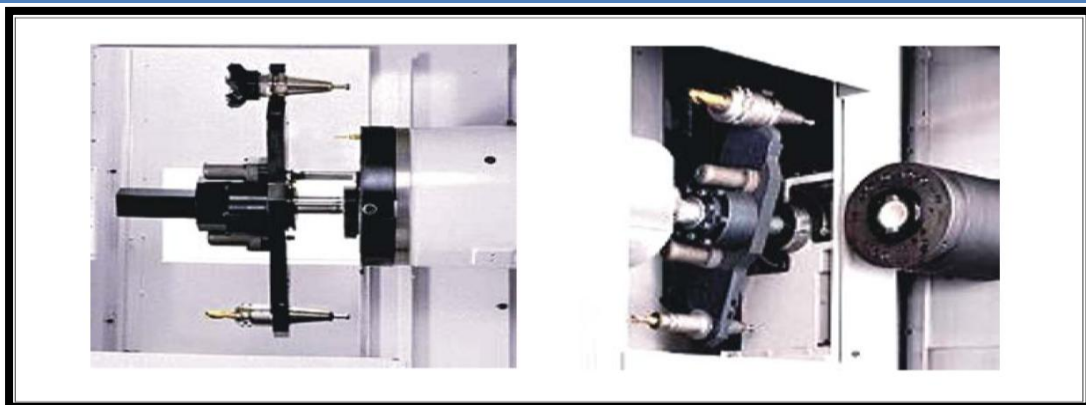
Εικόνα 17 : Φορέας τύπου καρουζέλ

- **Τους φορείς τύπου ιμάντα**, οι οποίοι έχουν και τη μεγαλύτερη χωρητικότητα. Τοποθετούνται σε μία πλευρά, ή πάνω στην εργαλειομηχανή και μπορούν να πάρουν διάφορα σχήματα και με τον τρόπο αυτό διευκολύνουν τους σχεδιαστές των εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση.



Εικόνα 18 : Φορέας τύπου ιμάντα

- Ο πιο συνηθισμένος τρόπος αλλαγής κοπτικών εργαλείων είναι με χρήση του **βραχίονα με δύο άκρα**. Αρχικά, ο βραχίονας συλλέγει το επιθυμητό κοπτικό εργαλείο από το φορέα αποθήκευσης των εργαλείων και το τοποθετεί στο ένα άκρο του. Το άλλο άκρο, παραλαμβάνει το κοπτικό εργαλείο από την άτρακτο, ή το εργαλειοφορείο στην περίπτωση της τórνευσης. Κατόπιν, εκτελεί μία περιστροφική κίνηση 180° και φέρνει το νέο εργαλείο στη θέση πρόσδεσής του, ενώ το χρησιμοποιημένο τοποθετείται στο φορέα αποθήκευσης.¹²



Εικόνα 19 : Μηχανισμοί αλλαγής κοπτικού εργαλείου με βραχίονα δύο άκρων.

3.7 ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗ (COMPENSATION) Η ΣΕΤΑΡΙΣΜΑ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ

Εισαγωγή:

Η βασική αρχή στη λειτουργία των εργαλειομηχανών αριθμητικού ελέγχου, είναι η κίνηση των τραπεζιών και των εργαλειοφόρων κατά ένα προκαθορισμένο μήκος από ένα προσδιορισμένο σημείο αναφοράς. Γενικά, υπάρχει ένα σημείο αναφοράς για κάθε ένα άξονα κίνησης. Παρόλα αυτά, πολλές κατεργασίες κοπής απαιτούν τη χρησιμοποίηση περισσότερων του ενός κοπτικού εργαλείου, που έχουν διαφορετικό μήκος ή διάμετρο. Αυτό σημαίνει ότι εάν οι κοπτικές ακμές του ενός εργαλείου ρυθμίζονται σε σχέση με το σημείο αναφοράς των κινήσεων, τα άλλα κοπτικά εργαλεία, που έχουν διαφορετικές διαστάσεις από το αρχικό, δε θα αρχίσουν την κίνηση τους από το ίδιο σημείο αναφοράς. Στην περίπτωση αυτή, απαιτείται κάποιο σετάρισμα των υπόλοιπων εργαλείων για να εξισορροπηθούν οι διαφορετικές διαστάσεις τους. Η διαδικασία αυτή καλείται σετάρισμα κοπτικών εργαλείων (*tool offset*) και είναι δυνατή μόνο στα συστήματα CNC. Μετά τη διαδικασία του σεταρίσματος, οι μετακινήσεις ρυθμίζονται αυτόματα, όπως απαιτείται από το πρόγραμμα του τεμαχίου.

3.7.1 Αντιστάθμιση μήκους ή Σετάρισμα μήκους (*Length compensation*):

Έστω ότι πρόκειται να γίνει η κατεργασία του τεμαχίου του σχήματος 1. Ο προγραμματισμός της εργαλειομηχανής πρέπει να αποφασίσει για την απόσταση, πάνω από την άνω επιφάνεια του τεμαχίου, στην οποία θα σταματήσει το κοπτικό εργαλείο και έστω ότι αυτή είναι 2 mm. Όλες οι κινήσεις του κοπτικού εργαλείου κατά τον άξονα Z ρυθμίζονται ως προς αυτό το σημείο. Ο χειριστής της εργαλειομηχανής θα προσδιορίσει το σημείο. Ο χειριστής της εργαλειομηχανής θα προσδιοριστεί το σημείο αυτό, είτε φέρνοντας σε επαφή το εργαλείο με το τεμάχιο και κατόπιν απομακρύνοντας το κατά 2 mm είτε φέρνοντας σε επαφή το εργαλείο με ένα μεταλλικό τεμάχιο πάχους 2 mm, που τοποθετείται πάνω από την επιφάνεια του προς κατεργασία τεμαχίου (π.χ. πλακίδιο ακριβείας) και κατόπιν ορίζει τη θέση αυτή του άξονα Z να είναι μηδέν.

Έστω τώρα ότι η κατεργασία πρέπει να εκτελεστεί με τρία εργαλεία T01, T02, T03 και ότι το εργαλείο T01 έχει ρυθμιστεί με μία από τις διαδικασίες που περιγράφονται παραπάνω. Αυτό είναι το κύριο εργαλείο, ενώ απαιτείται και η χρησιμοποίηση των T02 και T03 στα οποία η απόσταση των κοπτικών αιχμών από το 0 του άξονα Z δεν είναι ίδια με αυτή του εργαλείου T01. Το εργαλείο T02 έχει μεγαλύτερο και T03 μικρότερο μήκος από το T01. Για κάθε κίνηση ως προς τον άξονα Z των εργαλείων αυτών, να ληφθεί υπόψη το σημείο εκκίνησης τους.

Ο χειριστής της εργαλειομηχανής πρέπει συνεπώς να προσδιορίσει το μήκος και την κατεύθυνση της απαιτούμενης κίνησης, που θα φέρει το άκρο κάθε κοπτικού εργαλείου στη θέση μηδέν. Αυτό επιτυγχάνεται αγγίζοντας το εργαλείο στο τεμάχιο αναφοράς (πάχους 2 mm) και διαβάζοντας την ένδειξη στην οθόνη. Το εργαλείο T02 απαιτεί κατά τον άξονα Z μία κίνηση 5,38 mm και το T03 μία κίνηση 4,91 mm. Αυτές οι διαστάσεις αντιπροσωπεύουν την αντιστάθμιση (το σετάρισμα) του μήκους των κοπτικών εργαλείων.

Έχοντας ορίσει ο χειριστής τις τιμές της αντιστάθμισης(του σεταρίσματος), τις καταχωρεί στη μονάδα ελέγχου μέσω του πληκτρολογίου της μονάδας ελέγχου και στη συνέχεια αυτές καταγράφονται σε ένα αρχείο που μπορούμε να δούμε στην οθόνη του χειριστηρίου. Η μέθοδος εισόδου των τιμών της αντιστάθμισης κυμαίνεται ανάλογα με το σύστημα ελέγχου. Η εισαγωγή των τιμών αντιστάθμισης (σεταρίσματος) για τα εργαλεία του σχήματος, φαίνεται στον παρακάτω πίνακα.

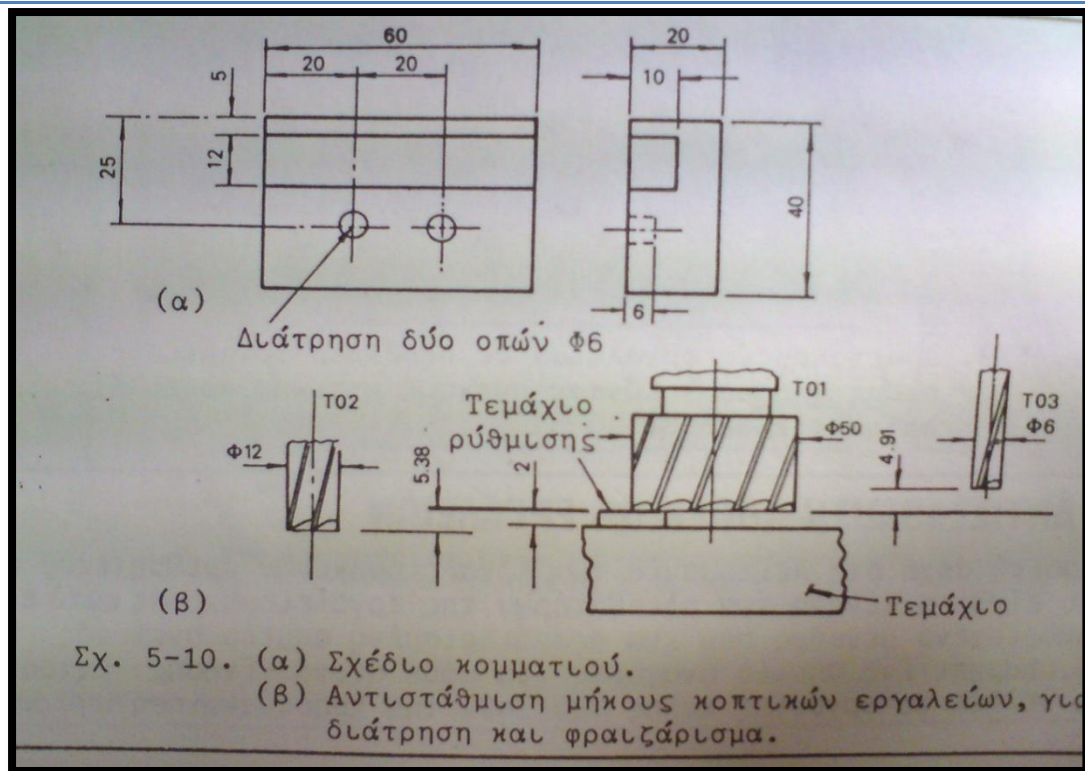
Αρχείο τιμών αντιστάθμισης εργαλείων φρεζαρίσματος

Εργαλείο T	Μήκος	Διάμετρος
1	0,0000	50,000
2	5,3800	12,000
3	-4,9100	6,0000

Η αντιστάθμιση (το σετάρισμα) του μήκους των εργαλείων δεν περιορίζεται μόνο στο φρεζάρισμα. Μπορεί να εφαρμοστεί και στην τórνευση, αλλά τότε χρειάζεται αντιστάθμιση (σετάρισμα) δύο διαστάσεων, μία κατά τον άξονα X και μία άλλη κατά τον άξονα Z. Οι διαστάσεις της κατακόρυφης αντιστάθμισης φαίνονται στο Σχήμα 1 όπως επίσης και στο παρακάτω αρχείο τιμών.

Αρχείο τιμών αντιστάθμισης εργαλείων τórνευσης:

Εργαλείο T	X	Z	Ακτίνα
1	0,0000	0,0000	2,0000
2	5,5600	-5,3900	0,0000
3	-9,8100	-8,9400	1,5000



Σχήμα 1 : Τεμάχιο προς κατεργασία

3.7.2 Αντιστάθμιση ακτίνας ή Σετάρισμα ακτίνας κοπτικού εργαλείου (*Radius compensation*):

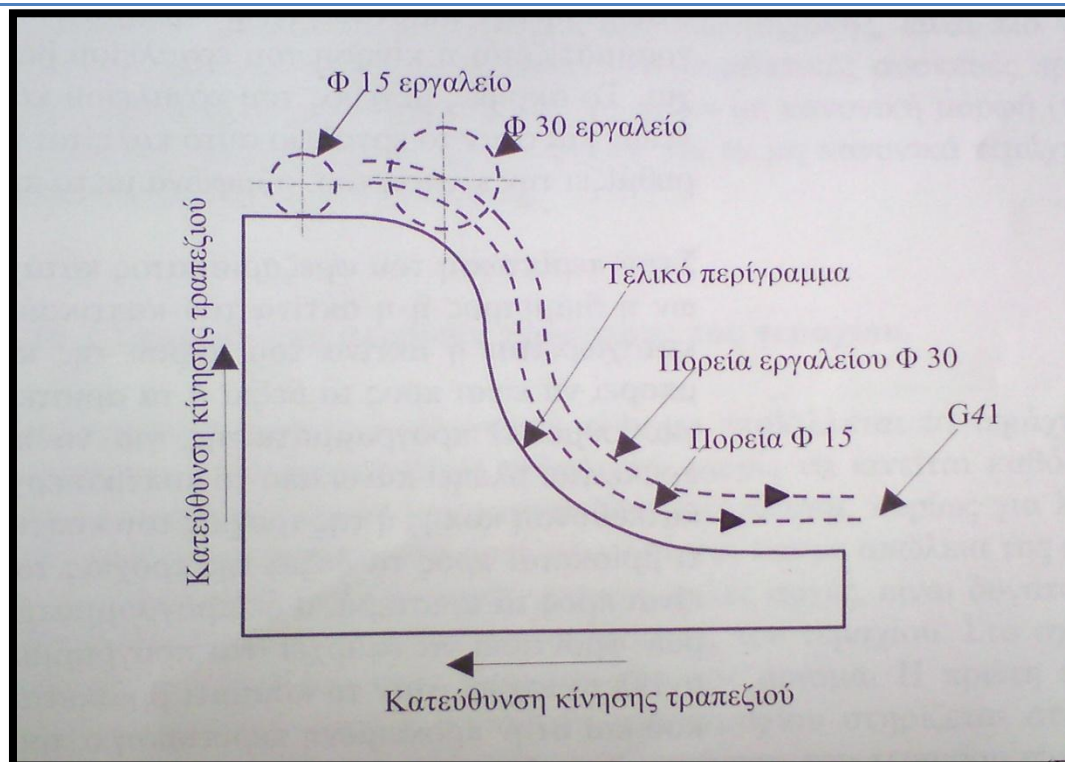
Η αντιστάθμιση αυτή αναφέρεται στη μεταβολή της διαμέτρου λόγω φθοράς, ή αλλαγής του κοπτικού εργαλείου, ή στην περίπτωση των εργαλείων τόννευσης, της ακτίνας στρογγύλευσης του άκρου εργαλείου, ή του πλακιδίου (insert).

Χωρίς τη δυνατότητα αντιστάθμισης της ακτίνας του κοπτικού εργαλείου, ο προγραμματιστής έπρεπε να προσδιορίσει το ακριβές μέγεθος αυτού και να προγραμματίσει την κίνηση της εργαλειομηχανής, αντίστοιχα. Με την αντιστάθμιση των διαστάσεων, οι πραγματικές διαστάσεις αγνοούνται και προγραμματίζεται η κίνηση του εργαλείου βάσει της μορφής που έχει το τεμάχιο. Το ακριβές μέγεθος του εργαλείου καταχωρείται στο αρχείο των εργαλείων και όταν το εργαλείο αυτό καλείται για λειτουργία, τότε το πρόγραμμα ρυθμίζει την κίνηση του, σύμφωνα με το πραγματικό του μέγεθος.

Στην περίπτωση του φρεζαρίσματος, καταχωρείται στο αρχείο των εργαλείων η διάμετρος, ή η ακτίνα του κοπτικού εργαλείου και για την τórνευση καταχωρείται η ακτίνα του άκρου της κοπτικής αιχμής. Η αντιστάθμιση μπορεί να είναι προς τα δεξιά ή τα αριστερά της επιφάνειας, που θα κατεργαστούμε. Ο προγραμματιστής, για να προσδιορίσει για ποια περίπτωση πρόκειται, βλέπει πάνω από το κοπτικό εργαλείο, με κατεύθυνση ίδια με την κατεύθυνση κοπής, ή της τροχιάς του κοπτικού. Σε περίπτωση που το κομμάτι βρίσκεται προς τα δεξιά της τροχιάς του κοπτικού, τότε η αντιστάθμιση είναι προς τα αριστερά, ο δε προγραμματιστής πρέπει να έχει εκ των προτέρων φροντίσει να υπάρχει στο πρόγραμμα ο κατάλληλος κωδικός G41. Το αντίθετο ισχύει όταν το κομμάτι βρίσκεται αριστερά της τροχιάς του κοπτικού και στην προκειμένη περίπτωση ο προγραμματιστής θα πρέπει να εισάγει στο πρόγραμμα τον κωδικό G42.

Για την κατεργασία του τεμαχίου του σχήματος 1 μπορεί να χρησιμοποιηθεί εργαλείο διαμέτρου 15 mm, ή 30 mm και η πορεία του κέντρου του κοπτικού εργαλείου μεταβάλλεται αντίστοιχα, όπως φαίνεται στο σχήμα 2.

Άρα για την περίπτωση του παρακάτω σχήματος η αντιστάθμιση είναι προς τα αριστερά. Εάν δε χρησιμοποιηθεί ο κωδικός G41 ή G42, τότε δεν ισχύει η αντιστάθμιση.



Σχήμα 2 : Αντιστάθμιση ακτίνας κοπτικού εργαλείου

Οι διάφορες τιμές αντιστάθμισης μπορούν να καταχωρηθούν, να τροποποιηθούν, ή να διαγραφούν από το χειριστή της εργαλειομηχανής κατά τη θέληση του και με τον τρόπο αυτό, μπορεί να χειριστεί τα διάφορα εργαλεία που αντικαθιστούν το αρχικό και έχουν διαφορετικές διαστάσεις καθώς επίσης να μεταβάλει το μέγεθος του τεμαχίου και να αρχίσει μια σειρά κατεργασιών εκχόνδρισης και φινιρίσματος χρησιμοποιώντας τα ίδια δεδομένα.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

4.1 ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ ΚΑΙ ΛΕΞΕΙΣ

Αν παρατηρήσουμε ένα πρόγραμμα κοπής σε μία οποιαδήποτε εργαλειομηχανή (φρέζα, τórνο κλπ), θα δούμε ότι υπάρχουν γράμματα, αριθμοί, ή άλλα σύμβολα, τα οποία αντιπροσωπεύονται από ένα χαρακτήρα δηλαδή ένα συνδυασμό bits. Μία λέξη είναι μία συλλογή χαρακτήρων και αποτελεί ένα τμήμα μιας εντολής. Τυπικές λέξεις αριθμητικού ελέγχου είναι η X θέση, η Y θέση, η ταχύτητα κοπής S κ.λ.π. Μία συλλογή λέξεων σχηματίζει ένα τμήμα (block). Συνεπώς, ένα τμήμα λέξεων είναι μια πλήρης εντολή αριθμητικού ελέγχου. Για παράδειγμα, μία εντολή για διάτρηση, μπορεί να περιέχει τις συντεταγμένες και της οπής, την ταχύτητα και ίσως τα χαρακτηριστικά του εργαλείου.

4.1.1 Λέξη προπαρασκευαστικής λειτουργίας (G)

Η λέξη αυτή συνίσταται από το γράμμα G, ακολουθούμενο από ένα διψήφιο αριθμό και ακολουθείται της λέξης αριθμού εντολής, δηλαδή το νούμερο του block. Υπάρχουν περίπου 100 πιθανές τέτοιες λειτουργίες, μερικές από τις οποίες χρησιμοποιούνται μόνο για κατεργασία μορφής. Με το γράμμα **G** (βλέπε παράρτημα III) συντάσσονται οι βασικές εντολές κίνησης του κοπτικού εργαλείου που χρησιμοποιούνται περισσότερο σε προγράμματα κοπής. Οι βασικές αυτές εντολές είναι :

-G00 ταχεία πρόωση του κοπτικού εργαλείου, χωρίς να πραγματοποιείται κοπή.

-G01 κοπή με συγκεκριμένη πρόωση.

-G02 δεξιόστροφη κίνηση του κοπτικού εργαλείου με τόξο συγκεκριμένης ακτίνας και συγκεκριμένη πρόωση.

-G03 αριστερόστροφη κίνηση του κοπτικού με τόξο συγκεκριμένης ακτίνας και συγκεκριμένη πρόωση.

4.1.2 Λέξεις διαστάσεων

Οι λέξεις των διαστάσεων ακολουθούν τις λέξεις των προπαρασκευαστικής λειτουργίες και ένα κωδικό. Ο κωδικός μπορεί να υπάρχει μεταξύ των διαφόρων λέξεων διαστάσεων. Οι λέξεις των διαστάσεων πρέπει να παρουσιάζονται με την παρακάτω σειρά, X ,Y ,Z ,U ,V ,W ,P ,Q ,R , A ,B ,C ,D ,E. Τα γράμματα D και E μπορούν να χρησιμοποιηθούν εναλλακτικά με το F ως λέξεις λειτουργίας πρόωσης. Οι λέξεις των διαστάσεων, για ένα ορισμένο πρόγραμμα ελέγχου, είναι όλες απόλυτες, ή βηματικές. Οι αριθμοί είναι δεκαδικοί και η θέση της υποδιαστολής, εάν δε φαίνεται, έχει καθορισμένη θέση σε κάθε τύπο λέξης διάστασης και η θέση της καθορίζεται στο ειδικό έντυπο της εργαλειομηχανής. Όταν απαιτείται πρόσημο, τότε αυτό προηγείται του αριθμού.

- Για παράδειγμα, $X+ 25891 = +25.891$
 $Z- 1361 = -1.361$
- Όπου υπάρχουν μόνο θετικοί αριθμοί, το θετικό πρόσημο δεν πρέπει να υπάρχει στη λέξη της διάστασης. Έτσι το παραπάνω παράδειγμα γίνεται, $X+ 25891 = 25.891$
 $Z- 1361 = - 1.361$

Οι μονάδες των διαστάσεων δεν εμφανίζονται πουθενά, αλλά οι γραμμικές διαστάσεις είναι mm, ή in και οι γωνιακές διαστάσεις είναι μοίρες ή περιστροφές. Σε κάθε εργαλειομηχανή χρησιμοποιείται μόνο ένας τύπος γραμμικής, ή γωνιακής μονάδας.

4.1.3 Λέξη πρόωσης (F)

Η λέξη λειτουργίας πρόωσης, εφαρμόζεται σε ένα μόνο άξονα κίνησης και ακολουθεί αμέσως μετά την αντίστοιχη λέξη διάστασης (ή μετά από τον κωδικό). Μια λέξη πρόωσης, που ισχύει για δύο, ή περισσότερους άξονες κίνησης σε ένα τμήμα, πρέπει να είναι μετά από την τελευταία λέξη διάστασής, στην οποία έχει εφαρμογή. Συνεπώς, εάν οι κωδικοί F εφαρμόζονται στις κινήσεις X, Y και Z και μια διαφορετική ταχύτητα πρόωσης είναι επιθυμητή για τον Z, από τους X και Y θα χρειάζονται δύο τμήματα. Το ένα θα γίνει X, Y και F και το άλλο Z και F και η κίνηση Z θα γίνει μετά τις X και Y. Εάν οι διαφορετικές αυτές προώσεις πρέπει να εφαρμοσθούν ταυτόχρονα σε ένα τμήμα, τότε οι διευθύνσεις D και E μπορούν να χρησιμοποιηθούν για

τους δύο επί πλέον άξονες, εάν βέβαια το σύστημα ελέγχου έχει αυτή τη δυνατότητα.

4.1.4 Λέξη ταχύτητας ατράκτου (S)

Ακολουθεί μετά τη λέξη της διάστασης και της ταχύτητας πρόωσης, μπορεί δε να παρεμβάλλεται κωδικός. Η λέξη αυτή συνίσταται από το χαρακτήρα S και έπειτα από τον αριθμό των στροφών π.χ. S 1500 και έχει μονάδες rev/min.

4.1.5 Λέξη εργαλείων (T)

Η λέξη αυτή ακολουθεί τη λέξη της ταχύτητας της ατράκτου, μετά από ένα χαρακτήρα. Συνίσταται από το χαρακτήρα T που ακολουθείται από ένα κωδικό αριθμό, που καθορίζει τον αριθμό του εργαλείου που θα χρησιμοποιηθεί και καθορίζεται από τη σχετική λίστα αντικειμένων της εργαλειομηχανής. Π.χ. για ένα απλό δρόπανο με εργαλειοφορείο ρεβόλβερ 6 θέσεων, η λέξη του εργαλείου μπορεί να είναι από T1 μέχρι T6. Η λέξη του εργαλείου, ή διαλέγει ένα εργαλείο αυτόματα, ή ειδοποιεί το χειριστή. Για την αυτόματη αλλαγή απαιτείται και η σχετική λέξη M06.

4.1.6 Λέξεις για διάφορες (δευτερεύουσες) λειτουργίες (M)

Η λέξη αυτή ακολουθεί τη λέξη του εργαλείου, μετά από ένα χαρακτήρα. Συνίσταται από το χαρακτήρα **M (βλέπε παράρτημα III)** και ένα διψήφιο αριθμό. Μπορεί να προσδιορίζει λειτουργίες, όπως περιστροφή ατράκτου, πρόωση, ροή ψυκτικού, πρόσδεση τεμαχίου, αλλαγή εργαλείου και αλλαγή αντικειμένου. Συνήθως οι λειτουργίες G σχετίζονται προς την κατεργασία και οι λειτουργίες M προς όλα τα υπόλοιπα, αλλά υπάρχουν πάλι και ορισμένες εξαιρέσεις.¹³

4.2 ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΜΗΧΑΝΩΝ CNC, FANUC-DENFORD-SINUMERIK, ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΗΝ ΚΩΔΙΚΟΠΟΙΗΣΗ ΠΟΥ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΟΥΝΕ.

14

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΩΔΙΚΩΝ ΠΡΟΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ "G" ΓΙΑ ΦΡΕΖΑ.			
Λειτουργία	ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		
	FANUC	TRIAC PC THE DENFORD	SINUMERIK 810/820M
Ευθύγραμμη κίνηση χωρίς κοπή με τη μέγιστη πρόωση της εργαλειομηχανής.	G00	G00	G00
Γραμμική παρεμβολή – ευθύγραμμη κίνηση με καθορισμένη πρόωση.	G01	G01	G01
Κυκλική παρεμβολή με φορά των δεικτών του ρολογιού.	G02	G02	G02
Κυκλική παρεμβολή με φορά αντίθετη των δεικτών του ρολογιού.	G03	G03	G03
Προγραμματισμένη χρονική καθυστέρηση στο τέλος της κίνησης.	G04	G04	G04
Επιλογή του επιπέδου κατεργασίας XY.	G17	G17	G17
Επιλογή του επιπέδου κατεργασίας XZ.	G18	G18	G18
Επιλογή του επιπέδου κατεργασίας YZ.	G19	G19	G19
Συντεταγμένες σε ίντσες (Αγγλοσαξονικό σύστημα).	G20	G20	G70
Συντεταγμένες σε χιλιοστά του μέτρου.	G21	G21	G71
Επιστροφή στο σημείο αναφοράς της εργαλειομηχανής.	G28	G28	-----
Ακύρωση της αντιστάθμισης της ακτίνας του κοπτικού εργαλείου.	G40	G40	G40
Αντιστάθμιση της ακτίνας του κοπτικού εργαλείου, αριστερά από το προς κατεργασία κομμάτι.	G41	G41	G41
Αντιστάθμιση της ακτίνας του κοπτικού εργαλείου, δεξιά από το προς κατεργασία κομμάτι	G42	G42	G42
Αντιστάθμιση του μήκους του κοπτικού εργαλείου προς τη θετική κατεύθυνση.	G43	G43	-----
Αντιστάθμιση του μήκους του κοπτικού εργαλείου προς την αρνητική κατεύθυνση.	G44	G44	-----
Ακύρωση της αντιστάθμισης του μήκους του κοπτικού εργαλείου.	G49	G49	-----
Ακύρωση των κύκλων διάνοιξης οπών G81 έως και G86.	G80	G80	G80

Κύκλος διάνοιξης οπών.	G81	G81	L81 και G81
Κύκλος διάνοιξης οπών με χρονική καθυστέρηση.	G82	G82	L82 και G82
Κύκλος διάνοιξης οπών με πολλαπλά πάσσα.	G83	G83	L83 και G83
Κύκλος δημιουργίας σπειρώματος.	G84	G84	L84 και G84
Κύκλος διεύρυνσης οπών (boring ή γλύφανσης).	G85	G85	L85 και G85
Κύκλος διεύρυνσης οπών και σταμάτημα στροφών.	G86	G86	L86 και G86
Προγραμματισμός σε απόλυτο σύστημα συντεταγμένων.	G90	G90	G90
Προγραμματισμός σε σχετικό σύστημα συντεταγμένων.	G91	G91	G91
Μετατόπιση του συστήματος συντεταγμένων.	G92	G92	G58 ή G59
Επιστροφή στο αρχικό επίπεδο των κύκλων G81 έως και G86.	G98	G98	-----
Επιστροφή στο επίπεδο R των κύκλων G81 έως και G86.	G99	G99	-----

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΚΩΔΙΚΩΝ “Μ” ΓΙΑ ΦΡΕΖΑ.

Λειτουργία	ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		
	FANUC	TRIAC PC THE DENFORD	SINUMERIK 810/820M
Προγραμματισμένη παύση της εργαλειομηχανής.	M00	M00	M00
Προαιρετική παύση της εργαλειομηχανής.	M01	M01	M01
Τέλος του προγράμματος.	M02	M02	M02
Δεξιόστροφη – περιστροφή της ατράκτου με φορά των δεικτών του ρολογιού.	M03	M03	M03
Αριστερόστροφη – περιστροφή της ατράκτου με φορά αντίθετη των δεικτών του ρολογιού.	M04	M04	M04
Διακοπή της περιστροφής της ατράκτου.	M05	M05	M05
Αλλαγή του κοπτικού εργαλείου.	M06	M06	M06
Ενεργοποίηση της ροής του ψυκτικού υγρού.	M08	M08	M08
Σταμάτημα της ροής του ψυκτικού υγρού.	M09	M09	M09
Δεξιόστροφη – περιστροφή της ατράκτου με φορά των δεικτών του ρολογιού και ενεργοποίηση της ροής του ψυκτικού υγρού.	M13	M13	-----
Αριστερόστροφη – περιστροφή της ατράκτου με φορά αντίθετη των δεικτών του ρολογιού και ενεργοποίηση της ροής του ψυκτικού υγρού.	M14	M14	-----
Τέλος του προγράμματος και επιστροφή στην αρχή.	M30	M30	M30
Καθρεπτισμός ως προς τον άξονα Χ.	M70	M70	M56
Καθρεπτισμός ως προς τον άξονα Υ.	M71	M71	M54
Ακύρωση του καθρεπτισμού ως προς τον άξονα Χ	M80	M80	M55
Ακύρωση του καθρεπτισμού ως προς τον άξονα Υ	M81	M81	M53

**ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΚΩΔΙΚΩΝ ΠΡΟΠΑΡΑΣΚΕΥΑΣΤΙΚΗΣ
ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ “G” ΓΙΑ ΤΟΡΝΟ.**

Λειτουργία	ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		
	FANUC	STARTURN THE DENFORD	SINUMERIK 810/820T
Ευθύγραμμη κίνηση χωρίς κοπή με τη μέγιστη πρόωση της εργαλειομηχανής.	G00	G00	G00
Γραμμική παρεμβολή – ευθύγραμμη κίνηση με καθορισμένη πρόωση.	G01	G01	G01
Κυκλική παρεμβολή με φορά των δεικτών του ρολογιού.	G02	G02	G02
Κυκλική παρεμβολή με φορά αντίθετη των δεικτών του ρολογιού.	G03	G03	G03
Προγραμματισμένη χρονική καθυστέρηση στο τέλος της κίνησης.	G04	G04	G04
Συντεταγμένες σε ίντσες (Αγγλοσαξονικό σύστημα).	G20	G20	G70
Συντεταγμένες σε χιλιοστά του μέτρου.	G21	G21	G71
Επιστροφή στο σημείο αναφοράς της εργαλειομηχανής.	G28	G28	-----
Κύκλος κοπής σπειρώματος.	G33	G92	G33
Ακύρωση της αντιστάθμισης της ακτίνας του κοπτικού εργαλείου.	G40	G40	G40
Αντιστάθμιση της ακτίνας του κοπτικού εργαλείου, αριστερά από το προς κατεργασία κομμάτι.	G41	G41	G41
Αντιστάθμιση της ακτίνας του κοπτικού εργαλείου, δεξιά από το προς κατεργασία κομμάτι.	G42	G42	G42
Προγραμματισμός σε απόλυτο σύστημα συντεταγμένων.	G90	G90	G90
Προγραμματισμός σε σχετικό σύστημα συντεταγμένων.	G91	G91	G91
Περιορισμός των στροφών της ατράκτου.	G92	G50	G92
Πρόωση σε χιλιοστά το λεπτό.	G94	G98	G94
Πρόωση σε χιλιοστά ανά στροφή.	G95	G99	G95
Σταθερή ταχύτητα κοπής με έλεγχο των στροφών της ατράκτου.	G96	G96	G96
Σταθερές στροφές σε RPM.	G97	G97	G97

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΒΟΗΘΗΤΙΚΩΝ ΚΩΔΙΚΩΝ “Μ” ΓΙΑ ΤΟΡΝΟ.

Λειτουργία	ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		
	FANUC	STARTURN THE DENFORD	SINUMERIK 810/820T
Προγραμματισμένη παύση της εργαλειομηχανής.	M00	M00	M00
Προαιρετική παύση της εργαλειομηχανής.	M01	M01	M01
Τέλος του προγράμματος.	M02	M02	M02
Δεξιόστροφη – περιστροφή της ατράκτου με φορά των δεικτών του ρολογιού.	M03	M03	M03
Αριστερόστροφη – περιστροφή της ατράκτου με φορά αντίθετη των δεικτών του ρολογιού.	M04	M04	M04
Διακοπή της περιστροφής της ατράκτου.	M05	M05	M05
Αλλαγή του κοπτικού εργαλείου.	M06	M06	M06
Ενεργοποίηση της ροής του ψυκτικού υγρού.	M08	M08	M08
Σταμάτημα της ροής του ψυκτικού υγρού.	M09	M09	M09
“Χαλάρωση” του τσοκ	M10	M10	M25
“Σύσφιξη” του τσοκ	M11	M11	M26
Δεξιόστροφη – περιστροφή της ατράκτου με φορά των δεικτών του ρολογιού και ενεργοποίηση της ροής του ψυκτικού υγρού.	M13	M13	-----
Αριστερόστροφη – περιστροφή της ατράκτου με φορά αντίθετη των δεικτών του ρολογιού και ενεργοποίηση της ροής του ψυκτικού υγρού.	M14	M14	-----
Τέλος υπο-ρουτίνας.	-----	-----	M17
“Προέκταση” της πόντας (quill) του κεντροφορέα (tailstock).	M25	M25	M21
“Υποχώρηση” της πόντας (quill) του κεντροφορέα (tailstock).	M26	M26	M20
Τέλος προγράμματος και επιστροφή στην αρχή.	M30	M30	M30

ΣΥΓΚΡΙΤΙΚΟΣ ΠΙΝΑΚΑΣ ΑΛΛΩΝ ΔΙΕΥΘΥΝΣΕΩΝ.

Λειτουργία	ΜΟΝΑΔΑ ΕΛΕΓΧΟΥ		
	FANUC	TRIAC & STARTURN THE DENFORD	SINUMERIK 810/820M 810/820T
Χαρακτηρίζει τον αύξοντα αριθμό του "block".	N	N	N
Συντεταγμένη για την κίνηση στον άξονα X.	X	X	X
Συντεταγμένη για την κίνηση στον άξονα Y.	Y	Y	Y
Συντεταγμένη για την κίνηση στον άξονα Z.	Z	Z	Z
Συντεταγμένη του κέντρου του κύκλου, παράλληλη με τον άξονα X.	I	I	I
Συντεταγμένη του κέντρου του κύκλου, παράλληλη με τον άξονα Y.	J	J	J
Συντεταγμένη του κέντρου του κύκλου, παράλληλη με τον άξονα Z.	K	K	K
Ακτίνα κύκλου.	R	R	U ή B
Ορισμός υπορουτίνας.	-----	-----	L και P
Αριθμός θέσης του εργαλείου στον εργαλειοφορέα.	T	T	T
Διεύθυνση για καταχώρηση της αντιστάθμισης της διαμέτρου του κοπτικού εργαλείου.	D	D	D
Διεύθυνση για καταχώρηση της αντιστάθμισης του μήκους του κοπτικού εργαλείου.	H	H	D
α. Πρόωση σε χιλιοστά το λεπτό. β. Πρόωση σε χιλιοστά ανά στροφή.	F	F	F
α. Περιορισμός των στροφών της ατράκτου (μόνο για τόρνο). β. Ταχύτητα της ατράκτου (σε στροφές ανά λεπτό). γ. Γραμμική ταχύτητα (μόνο για τόρνο).	S	S	S

4.3 ΚΩΔΙΚΟΙ ΑΝΤΙΣΤΑΘΜΙΣΗΣ ΔΙΑΜΕΤΡΟΥ ΚΟΠΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ

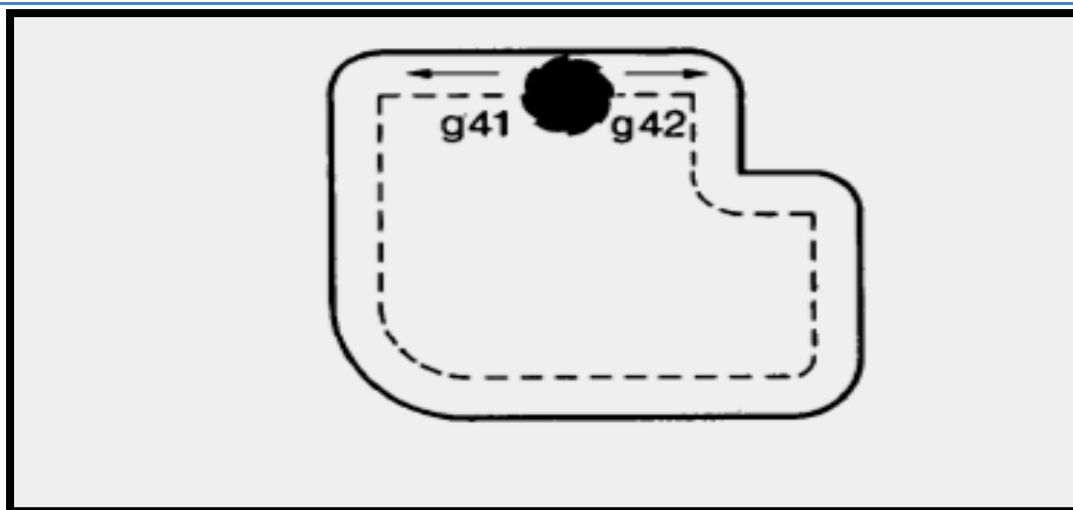
Μια διαφορετική μέθοδος είναι ο προγραμματισμός του τεμαχίου(programming parts). Ο προγραμματιστής γράφει ένα πρόγραμμα που περιγράφει το αντικείμενο που θα κατεργαστεί. Η διαδικασία αυτή είναι ισοδύναμη προς ένα κοπτικό εργαλείο που έχει ακτίνα ίση με μηδέν. Συγχρόνως, ο προγραμματιστής περιλαμβάνει και ένα τμήμα 'αντιστάθμισης'. Προς το σκοπό αυτό δημιουργείται ένα τμήμα μνήμης, που καταχωρείται η διάμετρος του κοπτικού εργαλείου και ονομάζεται «καταχωρητής αντιστάθμισης (offset register)». Οι καταχωρητές αυτοί χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με αυτούς που χρησιμοποιούνται για αντιστάθμιση του μήκους, της διαμέτρου και της ακτίνας της κοπτικής αιχμής.

- Το τμήμα της αντιστάθμισης έχει τις παρακάτω λειτουργίες,
 1. Να αντιστοιχήσει ένα ξεχωριστό καταχωρητή αντιστάθμισης σε ένα ειδικό εργαλείο. Τα συστήματα CNC είναι συνήθως εφοδιασμένα με προγραμματιζόμενους καταχωρητές εργαλείων, διαθέσιμους κατά πολλαπλάσια του 16, δηλαδή ένα σύστημα ελέγχου διαθέτει 16, 32, 64 ή και περισσότερους. Πριν από την εκτέλεση του προγράμματος ο χειριστής πρέπει να εισάγει την επιθυμητή αντιστάθμιση στον αντίστοιχο καταχωρητή αντιστάθμισης. Αυτή η αντιστάθμιση είναι συνήθως η ακτίνα του κοπτικού εργαλείου.
 2. Για απλοποίηση της διαδικασίας προγραμματισμού της κατεργασίας εκχόνδρισης ή φινιρίσματος, ο χειριστής μπορεί να καταχωρήσει ως ακτίνα του κοπτικού εργαλείου μεγαλύτερη από την ακτίνα του εργαλείου που θα χρησιμοποιηθεί. Το ποσό της διαφοράς θα παριστάνει το υλικό που θα μείνει στο αντικείμενο μετά από αυτή την κατεργασία.
 3. Να επιτρέψει τη χρήση κοπτικού εργαλείου με διάμετρο διαφορετική από την προγραμματισθείσα, όταν το εργαλείο αυτό δεν είναι διαθέσιμο, π.χ. λόγω φθοράς κ.λ.π.
 4. Να ορίζει την κατεύθυνση της αντιστάθμισης, προς τα δεξιά ή τα αριστερά του αντικειμένου.
 5. Να ορίζει την κατεύθυνση της κατεργασίας ακολουθώντας το τμήμα αντιστάθμισης του εργαλείου.

Οι λειτουργίες που περιγράφηκαν παραπάνω είναι περίπου οι ίδιες για κάθε σύστημα CNC και διαφορά μπορεί να υφίσταται στο τμήμα κωδικοποίησης, που μπορεί να διαφέρει σε κάθε σύστημα. Εντούτοις, ο

προγραμματιστής που γνωρίζει ένα σύστημα, δεν πρέπει να έχει πρόβλημα στο να χρησιμοποιήσει μια διαφορετική κωδικοποίηση.

Σημαντικό επίσης είναι ο καθορισμός της τοποθέτησης του εργαλείου ως προς το τεμάχιο. Δηλαδή, ή δεξιά ή αριστερή αντιστάθμιση της διαμέτρου του κοπτικού εργαλείου εισάγεται με τους κωδικούς **G41** και **G42**.¹⁵



Σχήμα 1: Εντολές αντιστάθμισης διαμέτρου φρεζοκεφαλής (G41 αντιστάθμιση ακτίνας εργαλείου αριστερά, G42 αντιστάθμιση ακτίνας εργαλείου δεξιά)

4.4 ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΣ ΤΩΝ ΒΕΛΤΙΣΤΩΝ ΣΥΒΘΗΚΩΝ ΚΑΤΕΡΑΣΙΑΣ

4.4.1 Ταχύτητα κοπής (Cutting speed)

- *Ταχύτητα κοπής τόνου:*

Η γραμμική ταχύτητα κοπής για όλες τις κατεργασίες που πραγματοποιούνται σε τόννο CNC, είναι η απόσταση που διανύει (σε **m/min**) το κοπτικό εργαλείο που βρίσκεται σε επαφή με οποιαδήποτε διάμετρο κατεργασίας του κομματιού, καθώς περιστρέφεται η άτρακτος του τόννου.

ΠΑΡΑΔΕΙΓΜΑ: Εάν το κοπτικό εργαλείο βρίσκεται σε επαφή με μία διάμετρο των 100 mm και πρέπει βάσει των στοιχείων που διαθέτουμε από ειδικούς καταλόγους που περιέχουν πίνακες συνθηκών κατεργασίας (Machining Data Tables) να διανύσει την απόσταση αυτή περιφερειακά, με ταχύτητα 80 m/min (ή $80 \times 1000 = 80000$ mm/min), τότε πρέπει πρώτα να υπολογιστεί η περιφέρεια του κύκλου ($3,14 \times 100 = 314$ mm). Οι στροφές που πρέπει να έχει η άτρακτος του τόρνου ώστε να «καλύψει» το κοπτικό την απόσταση των 314 mm με ταχύτητα 80 m/min είναι 254 RPM ($80000 / 314 = 254$ RPM, **Revolution Per Minute**).

Συνεπώς, για κάθε αλλαγή διαμέτρου κατά τη διάρκεια μιας κατεργασίας, ειδικά όταν ο τόρνος κινείται ως προς τον άξονα X, όπως π.χ. για την κατεργασία προσώπου, πρέπει να υπολογίζονται συνεχώς οι νέες τιμές των τροφών της ατράκτου το λεπτό, λόγω της συνεχώς μεταβαλλόμενης διαμέτρου του δοκιμίου.

Για το λόγο αυτό, όλοι οι τόρνοι CNC έχουν τη δυνατότητα να υπολογίζουν κάθε στιγμή την ταχύτητα της ατράκτου, αρκεί ο προγραμματιστής να εισάγει στο πρόγραμμα τη γραμμική ταχύτητα, δηλαδή τα 80 m/min του προηγούμενου παραδείγματος.

Έτσι ισχύει ο εξής τύπος για τόρνο :

$$V_k = \pi \times d \times n / 1000 \text{ (m/min)}$$

- *Ταχύτητα κοπής φρέζας:*

Κάθε κατεργασία κοπής, έχει σαν χαρακτηριστικό τη σχετική κίνηση μεταξύ του εργαλείου και του αντικειμένου, καθώς και την περιστροφική κίνηση του εργαλείου. Η κίνηση κοπής κατά την περιστροφή του εργαλείου λέγεται δευτερεύουσα, Η ταχύτητα με την οποία κινείται το κοπτικό εργαλείο σχετικά με το αντικείμενο κατά την κύρια κίνηση είναι η ταχύτητα κοπής V_k .

Αν d (mm) η διάμετρος του εργαλείου και n (ΣΑΛ) η ταχύτητα περιστροφής, έχουμε ότι σε μία στροφή ανά λεπτό κόβονται $d \times \pi$ (m/min) σε n στροφές ανά λεπτό κόβονται $d \times \pi \times n$ (m/min) δηλαδή η ταχύτητα κοπής είναι :

$$V_k = \pi \times d \times n / 1000 \text{ (m/min)}$$

- *Ταχύτητα περιστροφής τόρνου-φρέζας:*

Για κατεργασία που γίνεται σε φρέζα CNC, η γραμμική ταχύτητα υπολογίζεται ανάλογα με τη διάμετρο του εκάστοτε κοπτικού εργαλείου που χρησιμοποιούμε. Ο υπολογισμός των στροφών RPM για κάθε κοπτικό εργαλείο, γίνεται από τον προγραμματιστή και εισάγεται στο πρόγραμμα πριν τη χρήση του κοπτικού εργαλείου.

Συνεπώς, η ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου ενός τόννου ή μιας φρέζας (**προσοχή** :όχι η ταχύτητα κοπής – cutting speed),υπολογίζεται με βάση την επιλεγμένη (από ειδικού πίνακες) γραμμική ταχύτητα και τη συγκεκριμένη διάμετρο του κομματιού που θα κατεργαστούμε, όταν πρόκειται για τόννο, ή τη συγκεκριμένη διάμετρο του κοπτικού εργαλείου, όταν πρόκειται για κατεργασία σε φρέζα.

Ο τύπος που χρησιμοποιούμε για να υπολογίσουμε την ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου, δηλαδή το λεγόμενο RPM είναι ο εξής:

$$n \text{ (RPM)} = 1000 V_k / \pi \cdot d$$

, όπου V_k η ταχύτητα κοπής σε m/min

d η διάμετρος του κομματιού σε mm ή η διάμετρος του κοπτικού όταν πρόκειται για φρέζα.

4.4.2 Η πρόωση (Feed rate):

Η πρόωση έχει την ίδια φιλοσοφία σε τόννευση και σε φρεζάρισμα, αλλά εκφράζεται με διαφορετικούς τρόπους και μονάδες μέτρησης. Η πρόωση κατεργασίας είναι μια παράμετρος της κοπής, που προγραμματίζεται ταυτόχρονα με την περιγραφή της γεωμετρίας του τεμαχίου, που πρόκειται να κατεργαστεί. Η τιμή που δίνεται στο μέγεθος αυτό, μετατρέπεται αυτόματα από την κεντρική μονάδα ελέγχου της μηχανής σε εντολές στους κινητήρες προώσεων και τελικά σε μετακινήσεις του εργαλείου, ή του τεμαχίου. Η επιλογή της πρόωσης, όπως και στις κατεργασίες σε συμβατικές μηχανές, εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως το υλικό του εργαλείου, το υλικό του κατεργαζόμενου τεμαχίου και τις δυνατότητες της εργαλειομηχανής. Η χρήση ειδικών πινάκων του κατασκευαστή των εργαλειομηχανών και των κοπτικών εργαλείων, καθώς επίσης και η εμπειρία του προγραμματιστή, εξασφαλίζουν τη σωστή επιλογή της βέλτιστης πρόωσης.

- Η πρόωση στη φρέζα, δηλαδή το λεγόμενο στα Αγγλικά cutting feed είναι μια ελεγχόμενη κίνηση του τραπεζιού ή της ατράκτου της εργαλειομηχανής. Συμβολίζεται με f_u και ισούται με $f \cdot z \cdot n$ όπου f : πρόωση σε mm/δόντι (από πίνακες επιλέγεται) z : ο αριθμός δοντιών του κοπτικού εργαλείου. Γενικά εξαρτάται από το κοπτικό εργαλείο, το κατεργαζόμενο υλικό, το βάθος κοπής και την επιδιωκόμενη ποιότητα επιφανείας.
- Στον τόννο η πρόωση πραγματοποιείται με την ελεγχόμενη μετατόπιση του εργαλειοφορείου για να πραγματοποιηθεί μια κατεργασία.

Συμβολίζεται με f_u ή f_{rev} και ισούται με $f \cdot n$, όπου f : Πρόωση σε mm/στροφή.

-Η πρόωση στην φρέζα και στον τόρνο εκφράζεται με δύο διαφορετικούς τρόπους :

1) Πρόωση σε χιλιοστά (ή ίντσες) το λεπτό (**mm/min** ή **in/min**), αφορά τις κατεργασίες που γίνονται σε φρέζα.

2) Πρόωση σε χιλιοστά (ή ίντσες) ανά περιστροφή (**mm/rev** ή **in/rev**), αφορά τις κατεργασίες που γίνονται σε τόρνο.¹⁶

4.5 ΑΞΟΝΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Πολλές φορές έχει ειπωθεί η φράση πολυαξονική ψηφιακή καθοδήγηση ή ότι κάποια εργαλειομηχανή έχει τόσους άξονες κατεργασίας, π.χ. 2 αξονική ή 3 αξονική ή 4 αξονική κτλ, επίσης τους άξονες κατεργασίας τους εκφράζουμε και ως βαθμούς ελευθερίας π.χ. 2 βαθμούς, 3 βαθμούς ελευθερίας κτλ. Οι εκφράσεις αυτές έχουν μεγάλη συγγένεια με την έννοια του αριθμητικού ελέγχου. Οι έννοιες αυτές αποτελούν εξέλιξη κλασικών μηχανουργικών εργασιών, που εκτελούσαν στις συμβατικές μηχανές από τον τεχνίτη. Για να γίνει κατανοητή η έννοια του άξονα κατεργασίας, είναι ευκολότερο να υποτεθεί ότι όλες οι κινήσεις μιας κατεργασίας με ψηφιακά καθοδηγούμενη εργαλειομηχανή γίνονται από το κοπτικό εργαλείο. Αυτό βέβαια δεν είναι σωστό, μια και στις περισσότερες φρέζες το πλείστων των κινήσεων τις εκτελεί το τραπέζι.

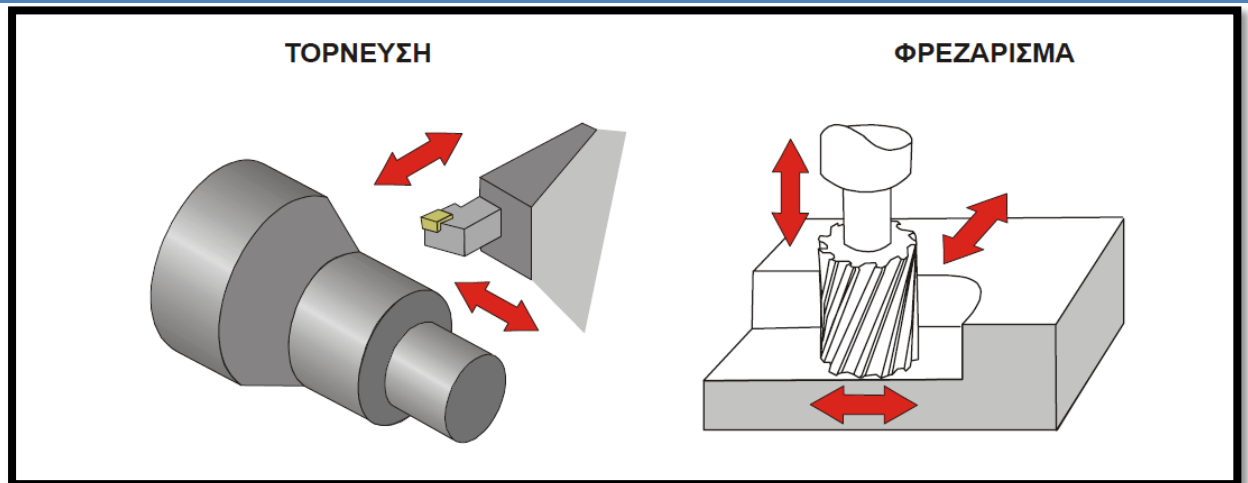
Ορισμός άξονα κατεργασίας: Κάθε κίνηση του εργαλείου σε μία συγκεκριμένη διεύθυνση, που ελέγχεται και καθοδηγείται, ανεξάρτητα από οποιαδήποτε άλλη σε διαφορετική κατεύθυνση και που μπορεί να εκτελείται ταυτόχρονα, ονομάζεται **άξονας κατεργασίας**. Προφανώς αυτές οι κατευθύνσεις κατεργασίας δεν είναι αυθαίρετες, αλλά είναι οι γνωστές από τις εργαλειομηχανές.

Έτσι για παράδειγμα:

❖ Στην τórνευση με ψηφιακή καθοδήγηση, άξονες κατεργασίας είναι οι κινήσεις, που εκτελεί το εργαλείο κάθετα και παράλληλα προς τον άξονα περιστροφής του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Στους συμβατικούς τórνους για παράδειγμα, η

κατεργασία κωνικών σφαιρικών επιφανειών απαιτεί είτε ρύθμιση της εργαλειομηχανής, είτε ταυτόχρονη περιστροφή των χειρομοχλών από τον τεχνίτη. Στη ψηφιακή καθοδήγηση, η κάθε μια από τις δύο κινήσεις ελέγχεται ξεχωριστά και μάλιστα με μεγάλη ακρίβεια, ώστε το τελικό αποτέλεσμα να είναι μία τέλεια κωνική ή σφαιρική επιφάνεια.

❖ Αντίστοιχα στο φρεζάρισμα με ψηφιακή καθοδήγηση, οι βασικές κινήσεις που εκτελεί ένα εργαλείο ως προς το κατεργαζόμενο κομμάτι, είναι η κάθετη, η διαμήκης και η εγκάρσια. Αυτές οι κινήσεις στις συμβατικές εργαλειομηχανές καθοδηγούνται από τον τεχνίτη μία-μία και ποτέ ταυτόχρονα. Για το λόγο αυτό, στις συμβατικές μηχανές, οι κινήσεις αυτές δεν μπορεί να θεωρηθούν άξονες κατεργασίας, σύμφωνα με τον παραπάνω ορισμό που δόθηκε. Αντίθετα, στις φρέζες με ψηφιακή καθοδήγηση, τουλάχιστον δύο από αυτές τις κινήσεις, δηλαδή η διαμήκης και η εγκάρσια ως προς το τεμάχιο, μπορούν να εκτελέστουν ανεξάρτητα η μία από τη άλλη, αλλά και ταυτόχρονα. Στα κέντρα κατεργασίας, εκτός από τις παραπάνω γραμμικές κινήσεις, είναι δυνατές και περιστροφικές κινήσεις. Για το λόγο αυτό, συχνά χρησιμοποιείται ο διαχωρισμός μεταξύ των γραμμικών και των περιστροφικών βαθμών ελευθερίας.



Σχήμα 2 : Άξονες κατεργασίας για τórνευση και φρεζάρισμα σε εργαλειομηχανές ψηφιακής καθοδήγησης.

Όπως αναφέρθηκε και στην εισαγωγή, ανάλογα με τους άξονες κατεργασίας μίας μηχανής, αυτή παίρνει ένα αντίστοιχο όνομα. Έτσι, όλοι οι τórνοι ψηφιακής καθοδήγησης είναι τουλάχιστον 2 αξόνων (διαξονικοί). Μία φρέζα, στην οποία κινείται ταυτόχρονα το τραπέζι

στους δύο οριζόντιους άξονες, αλλά όχι και στον κατακόρυφο άξονα, λέγεται φρέζα $2 \frac{1}{2}$ αξόνων. Αν η καθοδήγηση επιτρέπει την ταυτόχρονη κίνηση και στον κατακόρυφο άξονα, η φρέζα λέγεται 3 αξόνων (τριαξονική). Τέλος, ανάλογα με τις δυνατότητες περιστροφής του τραπέζιου και της προβοσκίδας με το κοπτικό εργαλείο, μπορεί μια φρέζα να είναι 4, 5 ή 6 αξόνων. Οι περισσότερες φρέζες είναι τριαξονικές, ενώ περισσότερους άξονες διαθέτουν τα κέντρα κατεργασίας που είναι συνήθως τετραξονικά ή πενταξονικά.¹⁷

4.6 ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΓΕΩΜΕΤΡΙΚΑ ΣΗΜΕΙΑ ΣΤΗΝ ΨΗΦΙΑΚΗ ΚΑΘΟΔΗΓΗΣΗ

Σε κάθε εργαλειομηχανή και κατεργασία ψηφιακής καθοδήγησης, ορίζονται χαρακτηριστικά σημεία, ενώ όλες οι διαστάσεις των τεμαχίων που πρόκειται να κατεργαστούν, προγραμματίζονται σε σχέση με αυτά. Τα μηδενικά σημεία, είναι αρχές συστημάτων συντεταγμένων. Η χρήση αυτών των σημείων, επιτρέπει τη μονοσήμαντη επικοινωνία του προγραμματιστή με την εργαλειομηχανή. Για το λόγο αυτό η γνώση, η κατανόηση και η χρήση των σημείων αυτών είναι από τις πιο βασικές παραμέτρους στον αριθμητικό έλεγχο των εργαλειομηχανών.

Το μηδενικό σημείο M (Home position) μιας εργαλειομηχανής είναι ένα και μοναδικό, καθορίζεται από τον κατασκευαστή της και η θέση του βρίσκεται καταχωρημένη στη μονάδα κεντρικού ελέγχου. Το σημείο αυτό καθορίζει την αρχή του συστήματος συντεταγμένων της μηχανής, που και αυτό είναι ένα και μοναδικό και δεν μπορεί να μεταφερθεί αλλού. Συνεπώς, όταν η μηχανή τίθεται σε λειτουργία, όλοι οι άξονες κατεργασίας μετακινούνται αυτόματα προς αυτό. Μάλιστα, στις σύγχρονες εργαλειομηχανές, η κίνηση αυτή πραγματοποιείται με τέτοια σειρά, ώστε να αποφευχθούν τυχόν συγκρούσεις (λογική τοποθέτηση –positioning logic).

Για παράδειγμα, σε ένα κέντρο κατεργασίας σε κατακόρυφη θέση, η οριζόντια μετακίνηση της τράπεζας θα γίνει, αφού πρώτα αυτή κατέβει στην πιο χαμηλή θέση της, ώστε να αποφύγει πιθανή σύγκρουση μιας μέγγενης δεμένης στο τραπέζι με ένα αφημένο στο τσόκ κοπτικό εργαλείο. Ανάλογα συμπεριφέρεται το κέντρο κατεργασίας και στην οριζόντια θέση.

Η θέση, του μηδενικού σημείου σε τόνους είναι συνήθως στη θέση που τέμνεται ο άξονας της ατράκτου με τη μετωπική επιφάνεια του πλατώ, όπως φαίνεται στο σχήμα 3. (σημείο M). Αντίστοιχα, για φρέζες και κέντρα κατεργασίας, η θέση του μηδενικού σημείου βρίσκεται στην άκρη της περιοχής κινήσεως του κάθε άξονα, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.

Πολλές φορές όμως υπάρχει το πρόβλημα, όπου η χρήση των μηδενικών σημείων της μηχανής δεν είναι βολική για την εκτέλεση μιας συγκεκριμένης κατεργασίας. Τέτοιες δυσκολίες είναι οι παρακάτω,

- Σε εργαλειομηχανές μεγάλου ή πολύ μεγάλου μεγέθους , μεταφορά του κοπτικού εργαλείου στο μηδενικό σημείο της μηχανής απαιτεί απaráδεκτα μεγάλο χρόνο.
- Όταν το κατεργαζόμενο τεμάχιο, ή η ιδιοσυσκευή συγκράτησης του έχει τέτοια διαμόρφωση που να μην επιτρέπει τη μετάβαση στο μηδενικό σημείο της εργαλειομηχανής.

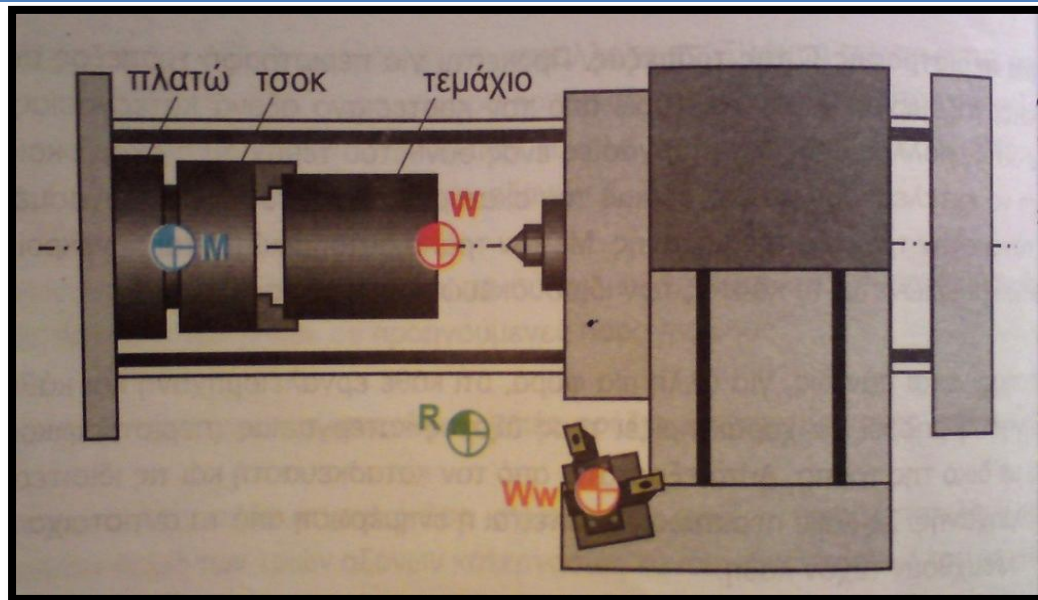
Σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να επιλεγεί ένα πιο κατάλληλο σημείο, το οποίο θα παίζει το ρόλο του μηδενικού της μηχανής, για τη συγκεκριμένη περίπτωση κατεργασίας. Το σημείο αυτό ονομάζεται **σημείο αναφοράς** της εργαλειομηχανής και συμβολίζεται με **R**. Σε αυτή την περίπτωση, η επαναφορά, από το χειριστή, της μηχανής στο μηδενικό σημείο της εργαλειομηχανής, θα οδηγήσει το κοπτικό εργαλείο στο σημείο αναφοράς της. Αυτό θα γίνεται, μέχρι ο χειριστής να ακυρώσει την ύπαρξη αυτού του σημείου. Στα σχήματα 3 και 4 φαίνονται τα αντίστοιχα σημεία R για τόνους και φρέζες με ψηφιακή καθοδήγηση.

Άλλο τυπικό σημείο, το οποίο συναντάται στην περίπτωση εργαλειομηχανών με ψηφιακή καθοδήγηση, είναι το **σημείο αλλαγής του κοπτικού εργαλείου**, που συμβολίζεται, με **Ww**. Στην περίπτωση αυτόματης αλλαγής του εργαλείου, η θέση αυτή είναι προκαθορισμένη από τον κατασκευαστή και βρίσκεται κοντά στο σύστημα αλλαγής των εργαλείων, που έχει η εργαλειομηχανή. Στην περίπτωση εργαλειομηχανών που η αλλαγή του εργαλείου γίνεται της χειροκίνητα, η θέση αλλαγής ορίζεται σε κάποια απόσταση από το κατεργαζόμενο τεμάχιο, ώστε να του αφήσει διαθέσιμο χώρο. Η απόσταση αυτή πρέπει να είναι αρκετή, ώστε ο τεχνίτης να έχει χώρο για να πραγματοποιήσει την αλλαγή. Επίσης, πρέπει να ορισθεί με τέτοιο τρόπο, ώστε κατά τη μετάβαση σε αυτή να μην υπάρχει κίνδυνος σύγκρουσης με το κατεργαζόμενο τεμάχιο.

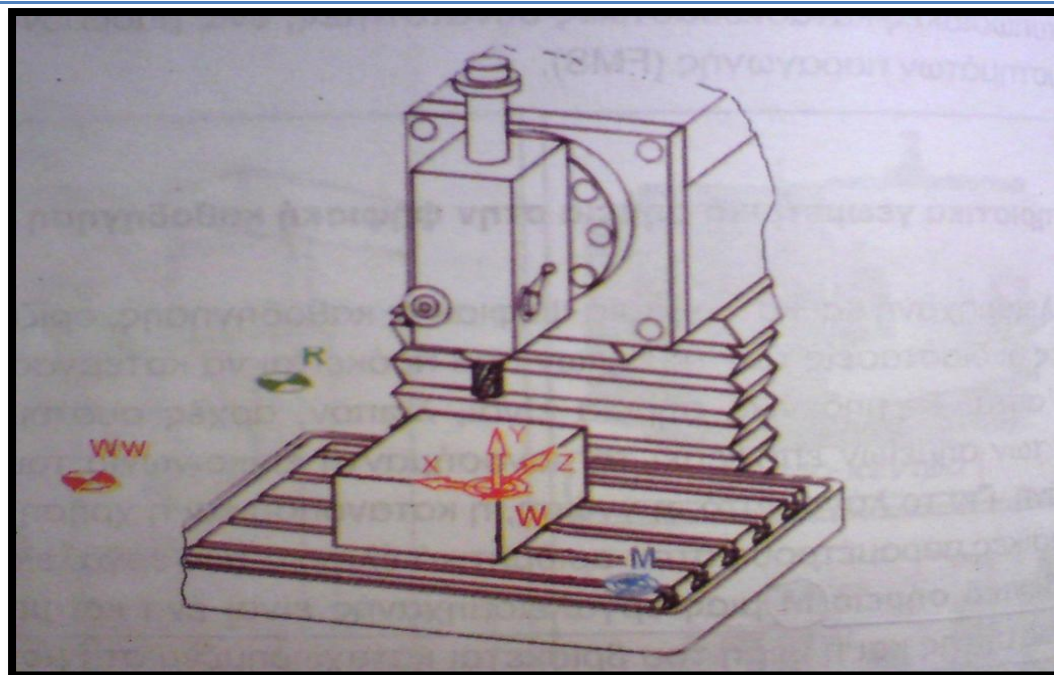
Το **μηδενικό σημείο του προγράμματος**, που συμβολίζεται με το **P**, ορίζει τη θέση που πρέπει να έχει το εργαλείο κατά την εκκίνηση του προγράμματος, δηλαδή την αρχή της κατεργασίας. Χρησιμοποιείται κυρίως, για να ορίσει τη θέση που πρέπει να έχει το κοπτικό εργαλείο, όταν δένεται ένα νέο τεμάχιο.

Τέλος, το **μηδενικό σημείο W** του κατεργαζόμενου τεμαχίου είναι η αρχή του συστήματος συντεταγμένων και ίσως το σημαντικότερο από όλα τα προαναφερόμενα σημεία, μια και ο σωστός καθορισμός του έχει επίδραση στη διαστατική ακρίβεια και ακρίβεια μορφής του προϊόντος. Η θέση αυτού του σημείου, καθορίζεται από το χειριστή της μηχανής,

ανάλογα με τη μορφή του κατεργαζόμενου τεμαχίου. Η επιλογή του μηδενικού σημείου του τεμαχίου έχει πολύ μεγάλη σημασία όπως αναφέρθηκε, αφού η εκλογή κατάλληλης θέσης μπορεί να απλοποιήσει πάρα πολύ τον προγραμματισμό των κινήσεων, δηλαδή την καθοδήγηση του εργαλείου.¹⁸



Σχήμα 3 : Θέσεις χαρακτηριστικών σημείων σε τόρνο CNC



Σχήμα 4 : Θέσεις χαρακτηριστικών σημείων σε φρέζα CNC.

4.7 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΑΝΑΦΟΡΑΣ Η ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΔΙΑΣΤΑΣΙΟΛΟΓΗΣΗΣ

Βασικά, χρησιμοποιούνται δύο συστήματα αναφοράς αριθμητικού ελέγχου. Το βηματικό (Incremental System) και το απόλυτο, ή σχετικό σύστημα (Absolute System).

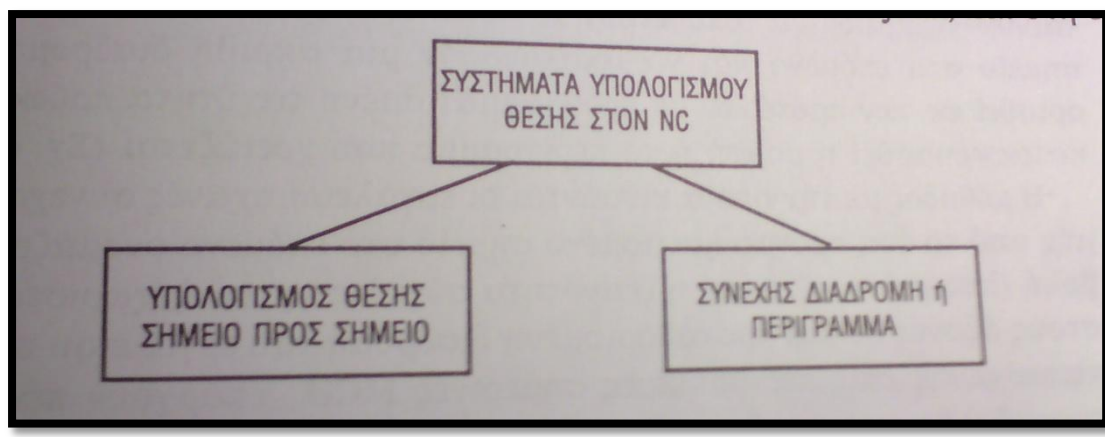
α) Βηματικό (ή Σχετικό) σύστημα (Incremental System)

Στο σύστημα αυτό, η αναφορά για μια προσεχή κίνηση, γίνεται σε σχέση με το τελευταίο σημείο στάσης. Για παράδειγμα, εάν η πρώτη κίνηση είναι 10 cm από το σημείο εκκίνησης και η δεύτερη κίνηση είναι 20 cm από το ίδιο αρχικό σημείο, η εντολή που περιγράφει την δεύτερη κίνηση, δε θα είναι μετακίνηση 20 cm από το σημείο εκκίνησης, αλλά 10cm από την παρούσα θέση που βρίσκεται. Ένα σημαντικό μειονέκτημα της μεθόδου αυτής είναι ότι, όταν συμβεί μια κακή λειτουργία της εργαλειομηχανής, π.χ. μία διακοπή ρεύματος, τότε η λειτουργία της δεν μπορεί να συνεχιστεί από το σημείο που σταμάτησε, αλλά πρέπει να επανέλθει από το σημείο εκκίνησης, ή κάποιο σημείο που είχε προκαθοριστεί ως σημείο ενδιάμεσης στάσης, μέχρι του σημείου που έγινε η βλάβη.

β) Απόλυτο σύστημα (Absolute System)

Στο σύστημα αυτό, γίνεται πάντοτε αναφορά ως προς την αρχή των αξόνων της εργαλειομηχανής. Όλες οι εντολές κίνησης είναι σε απόλυτους αριθμούς ως προς το μηδενικό σημείο, δηλαδή W. Το κύριο πλεονέκτημα του συστήματος αυτού, είναι η δυνατότητα διακοπής και επαναλειτουργίας της κατεργασίας, χωρίς να χρειάζεται να επιστρέψει σε κάποιο προηγούμενο σημείο και να επαναλάβει τη λειτουργία.¹⁹

4.8 ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΘΕΣΗΣ



4.8.1 Υπολογισμός θέσης σημείο προς σημείο

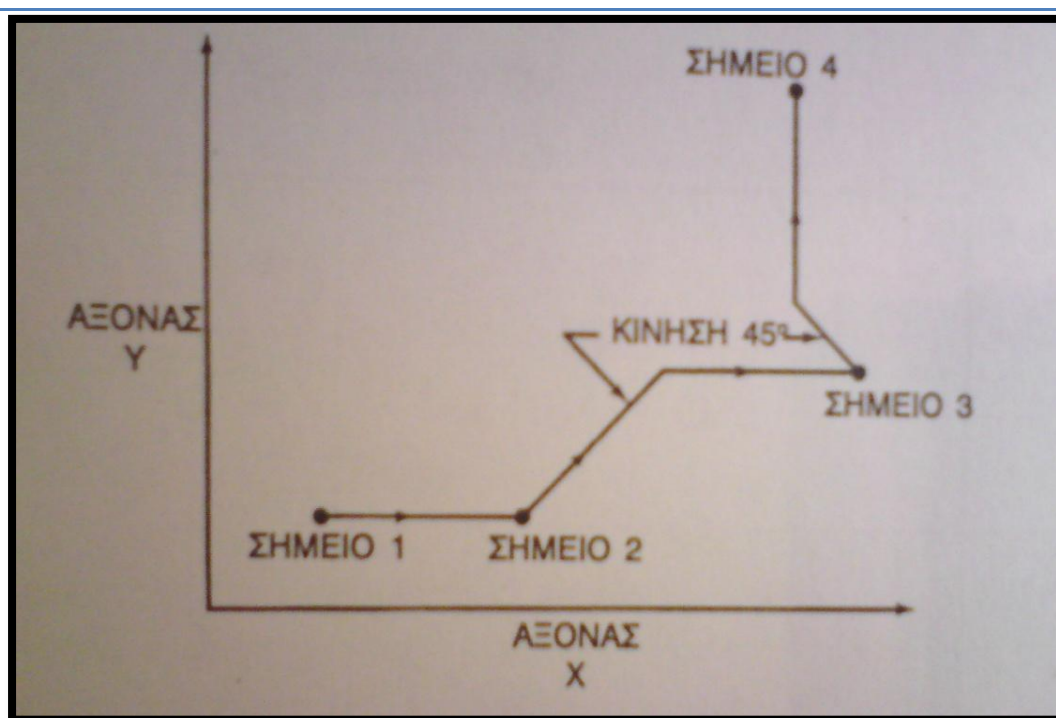
Ιδιαίτερη σημασία έχει η έννοια του τύπου ελέγχου των αξόνων, κυρίως από την άποψη της αρχής λειτουργίας της εργαλειομηχανής. Για την κίνηση των αξόνων έχει σημασία το αρχικό, το τελικό σημείο (προορισμός) και η ταχύτητα της κίνησης.

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). Ο υπολογισμός θέσης σημείο προς σημείο, χρησιμοποιείται από παλαιότερες μηχανές κυρίως, όταν χρειάζεται ο ακριβής εντοπισμός της ατράκτου, ή του εξαρτήματος που βρίσκεται πάνω στην τράπεζα της μηχανής, σε μια ή περισσότερες ειδικές θέσεις για να εκτελεστούν εργασίες όπως διάτρηση, γλύφανση, εσωτερική τόννευση και σπειροτόμηση. Ο υπολογισμός θέσης σημείο προς σημείο, είναι η διεργασία της μετακίνησης από μια συντεταγμένη (ΧΥ) θέση σε μια άλλη, εκτέλεσης της μηχανουργικής εργασίας και συνέχισης της εκτέλεσης των παραπάνω μέχρι να συμπληρωθούν όλες οι λειτουργίες, σε όλες τις προγραμματισμένες θέσεις.

Οι διατρητικές μηχανές, ή μηχανές σημείου προς σημείο, είναι ιδανικές για την τοποθέτηση της εργαλειομηχανής (π.χ. δραπάνου) στην ακριβή θέση, για την εκτέλεση της μηχανουργικής λειτουργίας (όπως η διάτρηση οπής) και στη συνέχεια μετακίνησης στην επόμενη θέση (όπου πρέπει να διατρηθεί μια άλλη οπή). Εφόσον στο πρόγραμμα καθορίζεται κάθε θέση σημείου ή οπής, η εργασία αυτή μπορεί να επαναληφθεί όσες φορές χρειάζεται.

Η λειτουργία σημείου προς σημείο, μετακινείται από ένα σημείο σε άλλο όσο το δυνατό ταχύτερα, ενώ το κοπτικό εργαλείο βρίσκεται πάνω από

την επιφάνεια εργασίας. Η «γρήγορη κίνηση» χρησιμοποιείται για την γρήγορη τοποθέτηση του κοπτικού εργαλείου ή του εξαρτήματος μεταξύ κάθε θέσης πριν να αρχίσει η εργασία κοπής. Η ταχύτητα γρήγορης κίνησης είναι συνήθως μεταξύ 150 και 400 in/min (38 και 101 m/min). Και οι δύο άξονες XY κινούνται ταυτόχρονα και με την ίδια ταχύτητα κατά τη διάρκεια της γρήγορης διέλευσης. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα κίνηση κατά μήκος μιας γραμμής με γωνία 45° , μέχρι να φθάσουμε στον ένα άξονα και στη συνέχεια έχουμε κίνηση σε ευθεία γραμμή στον άλλο άξονα.



Σχήμα 5 : Κινήσεις κοπτικού

Στο παραπάνω σχήμα (Σχ. 5) από το σημείο 1 στο σημείο 2 έχουμε ευθεία κίνηση, και η μηχανή κινείται μόνο κατά μήκος του άξονα X. Στα σημεία όμως 2 και 3, πρέπει να γίνει κίνηση και κατά μήκος του άξονα Y. Επειδή η απόσταση στην κατεύθυνση X είναι μεγαλύτερη από την απόσταση στην κατεύθυνση Y, πρώτα θα φθάσουμε στην θέση Y, αφήνοντας για την υπόλοιπη απόσταση κίνηση σε ευθεία κατά μήκος του X. Μεταξύ των σημείων 3 και 4 γίνεται μια παρόμοια κίνηση.

4.8.2 Συνεχής Διαδρομή (Περιγράμματα)

Η μηχανουργική κατεργασία συνεχούς διαδρομής, έχει σχέση με την εργασία που γίνεται σε έναν τόρνο, όπου το κοπτικό εργαλείο βρίσκεται σε επαφή με το εξάρτημα καθώς κινείται από ένα προγραμματισμένο σημείο στο επόμενο. Ο υπολογισμός θέσης συνεχούς διαδρομής, είναι η ικανότητα ταυτόχρονου ελέγχου των κινήσεων δύο ή περισσότερων αξόνων της μηχανής, έτσι ώστε να διατηρηθεί σταθερή η σχέση κόπτη-εξαρτήματος. Οι πληροφορίες προγράμματος στην θέση ταινία NC, πρέπει να τοποθετούν το κοπτικό εργαλείο με ακρίβεια από ένα σημείο στο επόμενο και να ακολουθούν μία ακριβή διαδρομή που έχει ορισθεί εκ των προτέρων με προγραμματισμένη ταχύτητα πρόωσης για να κατασκευασθεί η μορφή ή το περίγραμμα που χρειάζεται.

Η μέθοδος με την οποία κινούνται οι εργαλειομηχανές συνεχούς διαδρομής από το ένα προγραμματισμένο σημείο στο επόμενο ονομάζεται **παρεμβολή**(interpolation). Αυτή η ικανότητα σύγκλισης των ξεχωριστών σημείων στους άξονες σε μια προκαθορισμένη διαδρομή του εργαλείου υπάρχει από κατασκευής στις περισσότερες σημερινές MCU. Υπάρχουν πέντε μέθοδοι παρεμβολής :*γραμμική, κυκλική, ελικοειδής, παραβολική και κυβική*. Όλες οι μέθοδοι ελέγχου συνεχούς διαδρομής περιέχουν την γραμμική παρεμβολή, και οι περισσότερες έχουν τη δυνατότητα γραμμικής και κυκλικής παρεμβολής. Η ελικοειδής και κυβική παρεμβολή χρησιμοποιείται από βιομηχανίες που κατασκευάζουν εξαρτήματα που έχουν πολύπλοκα σχήματα, όπως εξαρτήματα για διαστημικές εφαρμογές και καλούπια για σασί αυτοκινήτων.²⁰

4.9 ΔΙΟΡΘΩΣΗ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

Ανεξάρτητα από τον τρόπο με τον οποίο έχει προετοιμαστεί ένα πρόγραμμα (με το χέρι ή με τον υπολογιστή), το τελικό κριτήριο του αν είναι καλό ή όχι, εξαρτάται από την επιτυχημένη εκτέλεση του. Αν παράγει άχρηστα υλικά, προκαλεί ζημιές στην εργαλειομηχανή, σπάζει εργαλεία, σταματά κλπ, είναι φανερό ότι κάτι στο πρόγραμμα δεν είναι σωστό. Τα περισσότερα νέα προγράμματα έχουν μερικούς “παπαδες” που είναι καλό να ανακαλύπτουν πριν χαλάσει το εξάρτημα, ή πριν καταστραφεί η μηχανή.

Ο προγραμματιστής πρέπει να ψάξει στο πρόγραμμα για λάθη, άχρηστες κινήσεις της μηχανής και επανάληψη των πληροφοριών που δεν χρειάζονται. Όπου είναι δυνατό, πρέπει να συγκρίνονται το χειρόγραφο και η εκτύπωση από τον υπολογιστή για να πιαστούν τα φανερά λάθη. Η

εκτύπωση, πρέπει να χρησιμοποιηθεί και για έλεγχο της ακρίβειας των στοιχείων που μεταδίδονται από τηλεφωνική γραμμή σε μηχανή NC σε άλλη θέση.

Ανεξάρτητα από το πόσο προσεκτικά ελέγχονται όλες οι πηγές, πάντοτε θα περάσουν μερικά λάθη εξαιτίας του ανθρώπινου παράγοντα. Στην αγορά, υπάρχουν αρκετά συστήματα διόρθωσης που έχουν αναπτυχθεί ειδικά για έλεγχο της ακρίβειας ενός προγράμματος πριν χρησιμοποιηθεί σε μηχανή.

1. Οθόνες ή Μονάδες Σχεδίασης (Plotter)

Πολλά από τα νεώτερα συστήματα προγραμματισμού έχουν μίνι υπολογιστή, ή μικροϋπολογιστή με είτε οθόνη, είτε μονάδα σχεδίασης. Μπορούν να δημιουργηθούν οπτικές εικόνες του εξαρτήματος, που γρήγορα δείχνουν σφάλματα όπως λανθασμένα περιγράμματα, ή λάθος δεκαδικά σε μια διάσταση. Μία διάσταση 2.5 in, εύκολα μπορεί να γίνει 0.25 in ή 25 in, ανάλογα με την θέση του δεκαδικού και η διαφορά αυτή είναι φανερό όταν φαίνεται στην οθόνη. Η μονάδα σχεδίασης, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να δημιουργήσει τη διαδρομή του κοπτικού εργαλείου, έτσι ώστε να φανεί αν θα δημιουργήσει το σωστό σχήμα του εξαρτήματος.

2. Συστήματα Προγραμματισμού Μηχανουργείου

Σήμερα, οι οθόνες και τα πληκτρολόγια είναι συνηθισμένες εξοπλισμοί σε πολλές μονάδες CNC προγραμματισμού μηχανουργείου. Το οπτικό τμήμα, μπορεί να φανεί στην οθόνη της εργαλειομηχανής και οποιοσδήποτε διορθώσεις μπορούν να γίνουν στο εξάρτημα πριν λειτουργήσει η εργαλειομηχανή.

3. Φορητές Μονάδες Διόρθωσης

Έχουν αναπτυχθεί φορητές μονάδες διόρθωσης που αποτελούνται από μονάδες αναγνώρισης ταινίας, αναγνώρισης στοιχείων, οθόνες κλπ. Αυτές μπορούν να επικοινωνήσουν απευθείας με την εργαλειομηχανή της οποίας το πρόγραμμα χρειάζεται αλλαγές ή όπου χρειάζεται έλεγχος του προγράμματος. Αυτό είναι ιδιαίτερα χρήσιμο, στις περιπτώσεις που είναι δύσκολη η επεξεργασία του προγράμματος και η ανατροφοδότηση της εργαλειομηχανής με το διορθωμένο πρόγραμμα. Τα νεώτερα συστήματα προγραμματισμού και μονάδες ελέγχου, έχουν κάνει τον προγραμματισμό, τη διόρθωση και την αναθεώρηση των εξαρτημάτων πολύ ευκολότερα από ότι στα αρχικά πολύπλοκα συστήματα NC. Ανεξάρτητα από το πόσο καλές είναι οι συσκευές, υπάρχει πάντοτε η δυνατότητα λάθους στο πρόγραμμα λόγω του μεγάλου όγκου πληροφοριών που περιλαμβάνει αλλά και λόγω του ανθρώπινου παράγοντα. Μέχρι να βρεθεί ένα κοινό σύστημα (προγραμματισμού), πάντοτε θα χρειάζονται κάποιες διορθώσεις και αναθεωρήσεις των προγραμμάτων.²¹

5.1 ΠΡΟΒΛΗΜΑ ΣΕΤΑΡΙΣΜΑΤΟΣ ΤΩΝ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ

Ένα σημαντικό πρόβλημα ή αλλιώς μειονέκτημα των περισσότερων CNC μηχανών ειδικότερα των πιο παλιών σε τεχνολογία είναι η μέτρηση των κοπτικών εργαλείων που χρησιμοποιούν, το γνωστό και ως σοτάρισμα (Tool offset) . Όταν λέμε σοτάρισμα των κοπτικών τους εργαλείων, εννοούμε τα ακριβή γεωμετρικά χαρακτηριστικά του, δηλαδή τη διαμέτρου και το μήκος του, τα οποία πρέπει να ξέρει με ακρίβεια η εκάστοτε μηχανή, ώστε να εκτελέσει οποιαδήποτε εργασία έχει προγραμματιστεί να κάνει. Οι περισσότερες εργαλειομηχανές CNC ακόμα και πριν από 5 χρόνια, δεν είχαν κάποιο αυτόματο σύστημα, ειδικά στο βασικό εξοπλισμό τους, εκτός από ακριβείς εξαιρέσεις, ώστε να σετάρουν αυτόματα τα κοπτικά τους εργαλεία. Υπάρχει λοιπόν η ανάγκη, να γνωρίζει η μηχανή το ακριβές μήκος και διάμετρο που έχει το κάθε κοπτικό ξεχωριστά σε αυτήν, όπου στην γλώσσα του προγραμματισμού λέγεται Tool offset.

Οι εργαλειομηχανές, όπως είναι γνωστό έχουν δημιουργηθεί ώστε να πετυχαίνουν μεγάλες ακρίβειες κατεργασίας, σε κάθε είδος απάρτιου αλλά και σε μεγάλες ποσότητες αυτών ασχέτως της πολυπλοκότητας τους. Για να επιτευχθεί όμως αυτό είναι εξαιρετικά δύσκολο αν δεν ακολουθήσουν κάποιες συγκεκριμένες διαδικασίες. Οι μεγάλες ακρίβειες προϋποθέτουν :

- 1) Εργαλειομηχανές που έχουν τη δυνατότητα να πετύχουν αυτές(τις ακρίβειες) που θέλουμε.
- 2) Σωστός προγραμματισμός της μηχανής ώστε εκτελώντας μία εργασία να έχουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα.
- 3) Κοπτικά εργαλεία που έχουν σωστά μετρηθεί και τα «γνωρίζει» η μηχανή (Tool Offset).
- 4) Και φυσικά η ποιότητα όλων των κοπτικών εργαλείων μαζί με την μηχανή, αφού πρέπει να έχουν σωστά συντηρηθεί και δίχως να έχουν κάποιο τεχνικό πρόβλημα, ή δυσλειτουργία που να τα επηρεάζει.

➤ Ένα σημαντικό κομμάτι όσο αφορά την ποιότητα κάποιας μηχανής είναι τα κοπτικά εργαλεία και ειδικότερα το σοτάρισμα τους, όπως αναφέραμε και παραπάνω. Με αυτό ακριβώς το θέμα θα ασχοληθούμε στο υπόλοιπο της εργασίας αλλά για συγκεκριμένη πλέον εργαλειομηχανή,

η οποία κατεργάζεται ξύλο σε εταιρεία κατασκευής ξύλινων κουφωμάτων, επίπλων κουζίνας και ντουλαπιών κ.α.

- Η CNC εργαλειομηχανή για την οποία θα ασχοληθούμε είναι μια τριαξονική της BIESSE, μοντέλο Rover 322 που χρησιμοποιείται κυρίως για ξύλινες κατεργασίες, στη δική μας περίπτωση :

BIESSE ROVER 322 MACHINE



5.2 ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΙΔΙΑΙΤΕΡΟΤΗΤΕΣ ΚΑΙ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΗΚΑ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ

Η μηχανή έχει κατασκευαστεί από τη γνωστή Ιταλική εταιρία BIESSE και το μοντέλο της ονομάζεται Rover 322. Το λογισμικό που χρησιμοποιείται και ο κεντρικός υπολογιστής είναι της Siemens, ενώ το περιβάλλον εργασίας της 9" έγχρωμης οθόνης της είναι Linux. Η διαθέσιμη μνήμη Ram βάση των στοιχείων του κατασκευαστή είναι 256 kb. Δουλεύει με προγραμματισμό (κώδικας G και M) όπως όλες οι CNC μηχανές κατά ISO. Η συγκεκριμένη μηχανή προγραμματίζεται πάντα παραμετρικά, χρησιμοποιώντας απόλυτες, ή σχετικές συνταγμένες.

Διαθέτει μια κεφαλή με δύο μοτέρ (TP1), (TP2) και παίρνουν εργαλεία από την αποθήκη, που φέρει η μηχανή, η οποία έχει 5 θέσεις. Δηλαδή έχουμε την δυνατότητα να τοποθετήσουμε 5 διαφορετικά εργαλεία. Οι κώνοι των εργαλείων, οι οποίοι τυποποιούνται σε αυτές τις μηχανές, είναι οι ISO 30 και χρησιμοποιούν για την σύσφιξη αυτών τα τυποποιημένα πάλι κόλλετ ERC 32 και ERC 40, όπου αυτά αναφέρθηκαν και στο κεφάλαιο 3. Παράγραφος 3 . Οι ελάχιστες και οι μέγιστες ταχύτητες περιστροφής τους είναι 1000 έως 24000 rpm αντίστοιχα.

Η κεφαλή της φρέζας είναι τριών αξόνων δηλαδή μετακινείται κατά τους άξονες X (ύψος), Y (πλάτος), και Z (κάθετος άξονας που δείχνει το βάθος κατεργασίας).

Εκτός από τα δύο μοτέρ υπάρχει και ένας δίσκος, ο οποίος χαράζει και κόβει πάνω σε ξύλινες επιφάνειες (δουλεύει πάντα σε ευθεία κίνηση δηλαδή κατά τον άξονα X ή Y άξονα).

Επίσης, άλλη μια δυνατότητα της μηχανής είναι να δουλεύει και σαν πολυτρύπανο. Κάτω από την κεφαλή υπάρχουν τρυπάνια με διαφορετική διάμετρο τα οποία ανοίγουν οπές κάθετα ή οριζόντια, ανάλογα με την εργασία που θέλουμε κάθε φορά να κάνουμε. Τα τρυπάνια που διαθέτει η μηχανή είναι με διαμέτρους : 5mm, 8mm, 10mm δεξιόστροφα ή και αριστερόστροφα. Η μέγιστη ταχύτητα περιστροφής της ατράκτου είναι 115.

Το τραπέζι έχει κουμπιά start1, start2, start3, start4 και το μέγιστο που μπορούμε να κόψουμε πάνω σ' αυτήν είναι πλάτος 1,20 m και ύψος 2,70 m. Όταν εργαζόμαστε από την κάτω μεριά του τραπεζιού χρησιμοποιώ το start1, ενώ από την πάνω μεριά με το start4.

Όσο αφορά τη συγκράτηση των κομματιών τα οποία θέλουμε να κατεργαστούμε στην φρέζα, έχουμε στην διάθεση μας 18 βεντούζες με ελατήριο, ενώ για καλύτερη συγκράτηση μπορούμε να τοποθετήσουμε και φουρκέτες.

5.3 Ο ΡΟΛΟΣ ΤΩΝ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ

Όπως αναφέραμε και παραπάνω, ο ρόλος των κοπτικών εργαλείων είναι πολύ σημαντικός όσο αφορά την ποιότητα των κατεργαζόμενων τεμαχίων του και για αυτό το λόγο θα πρέπει να δίνουμε μεγαλύτερη βάση σε αυτά.

Τα κοπτικά εργαλεία, **είναι το μέσο** που συντελεί ώστε μαζί με την εργαλειομηχανή CNC να αποκτήσουμε το επιθυμητό αποτέλεσμα στην κατεργασία μας. Αν τα κοπτικά εργαλεία που χρησιμοποιούμε στην εκάστοτε κατεργασία δεν έχουν τις σωστές διαστάσεις και αποκλίνουν πολύ από αυτά που θα έπρεπε να έχουν στην πραγματικότητα όσο αφορά το μήκος, την διάμετρο, το ράδιο αλλά και την ομοκεντρία τους, τότε υπάρχει μεγάλο πρόβλημα με αποτέλεσμα να δημιουργούνται απορριπτέα κομμάτια και τα οποία λογικά βρίσκονται εκτός της προβλεπόμενης ανοχής τους.

Οι λάθος διαστάσεις των κοπτικών μπορεί να οφείλονται σε φθορά λόγω παρατεταμένης, ή και κακής χρήσης τους. Αυτό δεν αποτελεί κ μεγάλο πρόβλημα, αφού ο χειριστής γνωρίζει πότε θέλει αλλαγή κάποιο κοπτικό εργαλείο, αν δεν έχει αυτή τη δυνατότητα, (δηλαδή της μερικής αναγνώρισης), η μηχανής. Το χειρότερο όμως από το προηγούμενο είναι να έχουμε δώσει στη μηχανή λάθος γεωμετρικά στοιχεία των κοπτικών που χρησιμοποιούμε, για παράδειγμα το κοπτικό μας να έχει διάμετρο Φ8 και εμείς στο σετάρισμα που έχουμε κάνει πάνω στη μηχανή για τα κοπτικά, να έχουμε γράψει ένα οποιοδήποτε διαφορετικό νούμερο, π.χ. Φ10 ή αντί για 50 mm το συνολικό μήκος του να δώσουμε 60 mm.

Αυτά τα λάθη λογικό είναι να μας αλλάξουν όλες τις διαστάσεις, αν και είναι το λιγότερο που μπορεί να συμβεί στην παρούσα κατάσταση, αφού μπορεί να έχουμε κάποιο βίαιο χτύπημα της μηχανής στο κομμάτι με αποτέλεσμα να προκληθεί σημαντική ζημιά σε αυτήν ή καταστροφή της ή ακόμα και εργατικό ατύχημα. Έτσι όλα αυτά είναι στενά συνδεδεμένα μεταξύ τους για αυτό και όπως προείπαμε πρέπει να δίνεται μεγάλη σημασία γενικότερα με όλα τα παραπάνω.

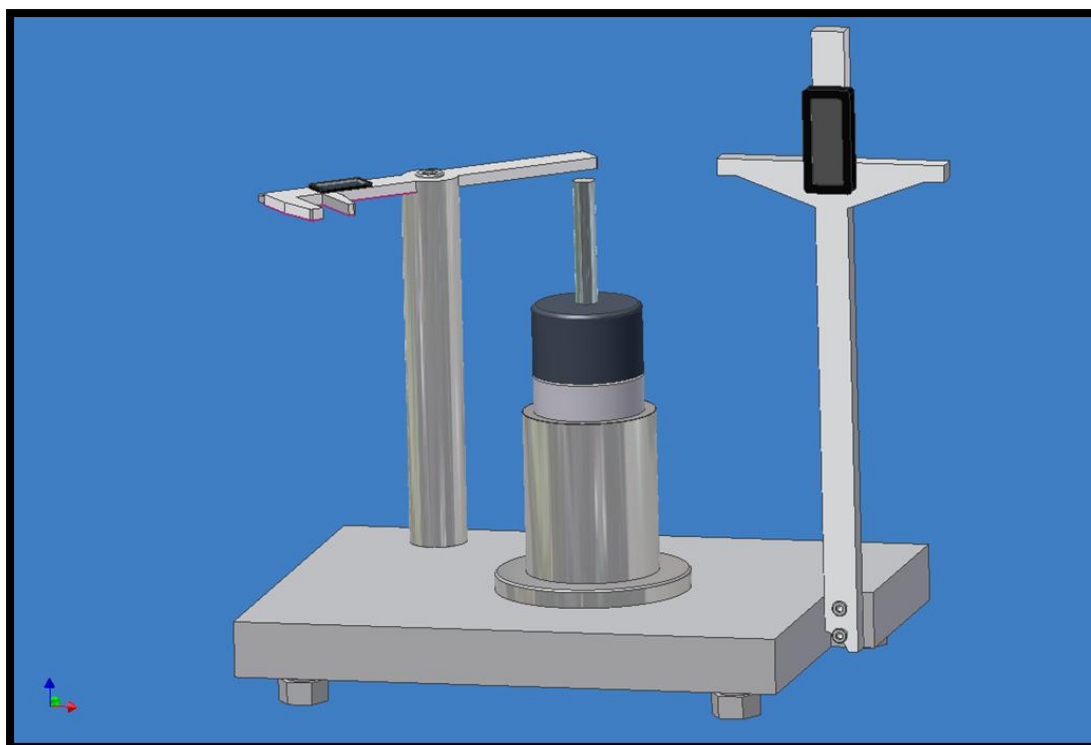
5.4 ΣΚΟΠΟΣ ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑΣ ΤΗΣ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Το ερέθισμα για την κατασκευή της παρούσας μετρητικής συσκευής δόθηκε όταν εμφανίστηκε το πρόβλημα της μέτρησης των κοπτικών εργαλείων, όπως αναφέραμε και στην παραπάνω παράγραφο, στην CNC φρέζα της BIESSE. Η συγκεκριμένη μηχανή χρησιμοποιείται σε ξυλουργικές εργασίες και εδώ και 10 χρόνια λειτουργίας της, αντιμετώπιζε το συγκεκριμένο πρόβλημα.

Έτσι, θελήσαμε να το λύσουμε κατασκευάζοντας μια απλή συσκευή μέτρησης των κοπτικών της εργαλείων. Όπως είναι φυσικό τέτοιες κατασκευές υπάρχουν στο εμπόριο εδώ και αρκετά χρόνια κατασκευασμένες από πολλούς και κυρίως από τους κατασκευαστές των ίδιων των εργαλειομηχανών. Λύσεις που αν και κρίνονται πολύ καλές, είναι και παράλληλα πάρα πολύ ακριβές. Έτσι, εμείς μελετώντας ποια θα ήταν η καλύτερη λύση σχεδιάσαμε με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Inventor διάφορες ιδέες όσο αναφορά την κατασκευή της. Αυτό μας έδωσε την δυνατότητα να πραγματοποιήσουμε πολλές διαφορετικές προσομοιώσεις, με μεγαλύτερες οι μικρότερες αλλαγές στην κάθε περίπτωση, βλέποντας αν αυτό που θα φτιάχναμε θα ήταν λειτουργικό και όσο το δυνατόν ποιο εύκολα κατασκευάσιμο για εμάς, παρατηρώντας σε εικονικές μετρήσεις τι προβλήματα μας δημιουργούνται. Το αποτέλεσμα, όπως θα δείτε μας δικαιώσε αφού καταφέραμε να φτιάξουμε μια απλή συσκευή, σε σχέση με τις υπερσύγχρονες μηχανές που κυκλοφορούν σήμερα στην βιομηχανία (Βλέπε κεφάλαιο 5 παράγραφος 8 . Αυτή είναι εύκολη στον χειρισμό της, αλλά και στην μεταφορά της αφού είναι κινητή και χωρίς κάποιες ειδικές γνώσεις μπορεί να χρησιμοποιηθεί από ένα απλό εργαζόμενο.

5.5 ΕΠΙΛΟΓΗ ΚΑΙ ΑΓΟΡΑ ΤΩΝ ΠΡΩΤΩΝ ΥΛΩΝ

Αρχικά να αναφέρουμε ότι η κατασκευή χωρίζεται σε δύο μέρη, όσο αφορά τα υλικά που θα χρειαστούμε για να την κατασκευάσουμε. Δηλαδή στο πρώτο μέρος έχουμε τις πρώτες ύλες (αλουμίνιο-σίδηρος) ενώ το δεύτερο μέρος αποτελείται από τα μετρητικά όργανα (παχύμετρο-βαθύμετρο). Με κατάλληλη επεξεργασία των πρώτων υλών σε διάφορες μηχανές όπως φρέζα, τόρνο CNC, δράπανο και με συγκεκριμένη συναρμολόγηση του βαθύμετρου-παχύμετρου ολοκληρώνουμε την κατασκευή μας, όπως φαίνεται και στο παρακάτω σχέδιο που έχει γίνει με τη βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος Inventor 3D.

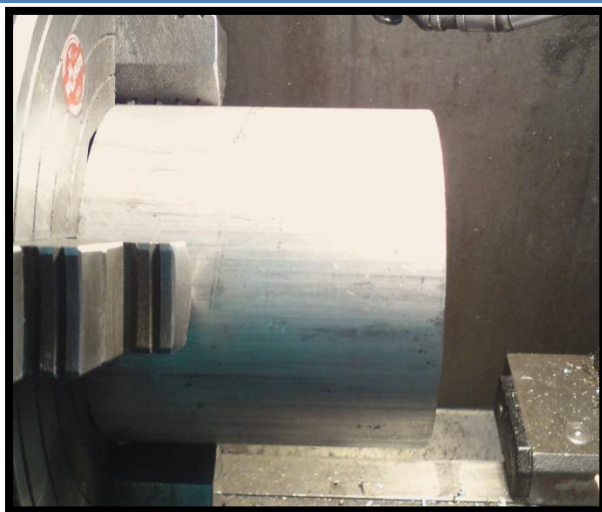


Η επιλογή και η κατάληξη της αγοράς των πρώτων υλών για τα αντίστοιχα εξάρτηματα, ήταν αρκετά δύσκολη διαδικασία, αφού αρχικά έπρεπε να βρούμε από τι υλικό θα φτιαχνόταν το κάθε ένα ξεχωριστά, ώστε να είναι αξιόπιστο, αντοχής αλλά παράλληλα εύκολα επεξεργάσιμο προς εμάς και έπειτα από πού θα γινόταν η επιλογή αγοράς αυτών. Καταλήγοντας στα υλικά η πλάκα θα γινόταν από σίδηρο, με διαστάσεις 200 X300 X 25 mm και αυτό διότι αν επιλέγαμε το ίδιο κομμάτι από αλουμίνιο ή ανοξείδωτο χάλυβα, εκτός ότι ήταν πιο ακριβό κατά 4-5 φορές, ήταν και δύσκολα να το κατεργαστούμε ειδικά με λείανση που χρειάζεται σε κάποια σημεία του.



Εικόνα 1: Ακατέργαστη πλάκα σιδήρου 200X300X25 mm

Η βάση του κώνου του κοπτικού εργαλείου, αλλά και του παχυμέτρου με διαστάσεις 100X100 mm και 28X200 mm αντίστοιχα, καταλήξαμε να την επιλέξουμε από μασίφ αλουμίνιο και αυτό λόγω ότι το κόστος τους ήταν μικρό, σε σύγκριση με τα αντίστοιχα σιδήρου, αλλά παράλληλα συνέβαλε για να μειώσουμε όσο μπορούσαμε το συνολικό βάρος της κατασκευής. Μετά από μια πολυήμερη έρευνα αγοράς σε πολλές βιοτεχνίες και εργοστάσια της Πάτρας καταλήξαμε να τα παραγγείλουμε από την εταιρία Γιαννόπουλος Α.Ε.



Εικόνα 2 : Μασίφ ράβδος αλουμινίου 100X100 mm

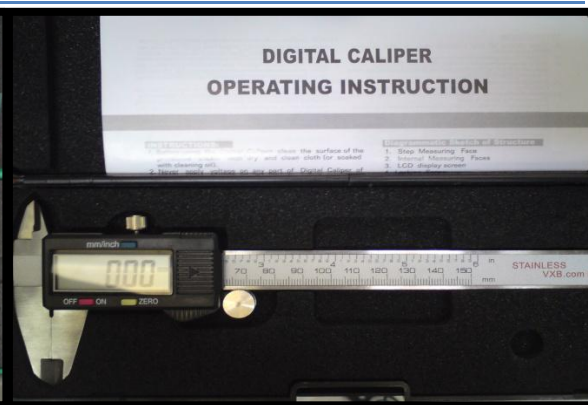


Εικόνα 3 : Μασίφ ράβδος αλουμινίου 28X200 mm

Την ίδια διαδικασία ακολουθήσαμε και για την αγορά των μετρητικών μας οργάνων (παχύμετρο-βαθύμετρο). Η έρευνα αγοράς αυτών έγινε περισσότερο μέσω internet, διότι διαπιστώθηκε ότι οι τιμές προμηθευτών τέτοιων μετρητικών να έχουν μεγάλες αποκλίσεις για τα ίδια προϊόντα για αυτό το λόγο η τελική αγορά τους έγινε μέσω internet, τόσο για το παχύμετρο (0-150mm), όσο και για το βαθύμετρο (0-200mm).



Εικόνα 4 : Ψηφιακό βαθύμετρο
0-200 mm



Εικόνα 5 : Ψηφιακό παχύμετρο
0-150mm

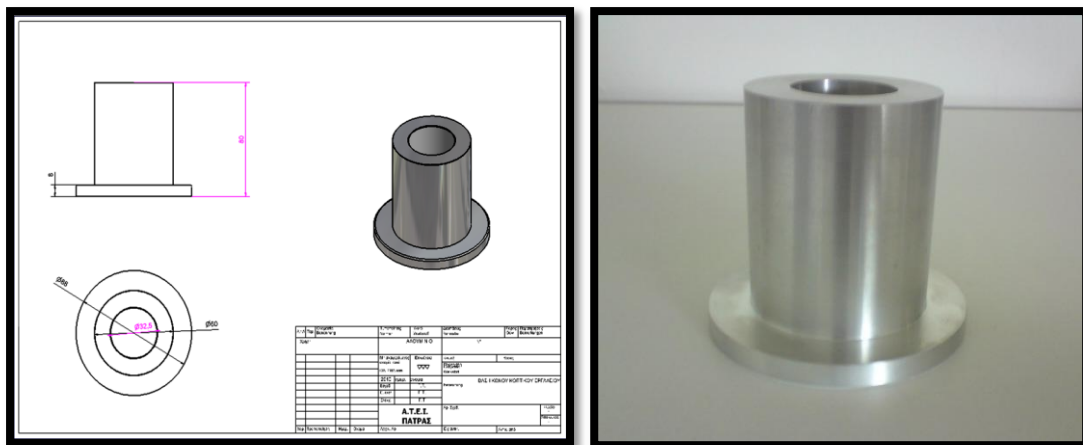
5.6 ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ

Η όλη διαδικασία κατασκευής της μετρητικής συσκευής δεν ήταν κάτι εύκολο αν σκεφτεί κανείς ότι κάθε βήμα κατεργασίας της, όπως είναι λογικό, θα έπρεπε να ήταν μεγάλης ακρίβειας. Αν δεν υπήρχε ακρίβεια στην ίδια την κατασκευή του μετρητικού μας, πως θα συλλέγαμε σωστές μετρήσεις των κοπτικών εργαλείων όπου αυτός ήταν και ο σκοπός της κατασκευής. Οι πρώτες ύλες, τις οποίες αναφέραμε στο παραπάνω κεφάλαιο, πέρασαν από πολλές φάσεις κατεργασίας, όπως φρεζάρισμα, τρνίρισμα, λείανση, διάτρηση. Παρακάτω, θα αναφέρουμε για το κάθε υλικό ξεχωριστά τις φάσεις κατεργασίας του, ώστε να πάρει την τελική του μορφή.

5.6.1 Βάση κώνου κοπτικού εργαλείου

Η βάση του κώνου του κοπτικού εργαλείου αγοράστηκε σαν πρώτη ύλη από μασίφ αλουμίνιο διαστάσεων 100X100 mm. Λόγο του ότι έχει κυλινδρική μορφή ξέρουμε ότι θα πρέπει να κατεργαστεί σε τόρνο, ή σε κέντρο κατεργασίας. Εμείς για να του δώσουμε την τελική μορφή που έχει και

στις φωτογραφίες που ακολουθούν, καταλήξαμε σ' ένα τόρνο CNC. Φτιάχνοντας το κατάλληλο πρόγραμμα με κωδικούς G και M καταφέραμε και του δώσαμε την μορφή που είχαμε σχεδιάσει προηγουμένως στο σχεδιαστικό πρόγραμμα Inventor. Το συνολικό μήκος του επιλέχτηκε στα 80 mm, βάση του μήκους του κώνου, εκεί όπου συγκρατείται το κοπτικό, που θα τοποθετούνταν σε αυτό, συν κάποια δέκατα για να εξασφαλίσουμε ότι δεν θα έρθει σε επαφή με την πλάκα. Το συνολικό μήκος αυτών είναι 75 mm μέχρι το κάτω μέρος της ειδικής φωλιάς που συγκρατούνται στις μηχανές. Το ίδιο έγινε και με την εσωτερική διάμετρο του κώνου που την επιλέξαμε στα 35,4 mm και αυτό διότι η μέγιστη διάμετρος των κοπτικών ώστε να χωρέσει μέσα σε αυτήν είναι 35 mm, έτσι προσθέτοντας μερικά δέκατα κάναμε την τοποθέτηση τους στη βάση πιο εύκολη. Η εξωτερική διάμετρο που θα πατάει ο κώνος επιλέχτηκε στα 60 mm, ενώ της πατούρας, που κάνει την βάση μας πιο σταθερή, στα 90 mm διάμετρο και ύψος 8 mm.



Εικόνα 6 : Βάση κώνου κοπτικού εργαλείου

❖ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΤΟΡΝΟΥ

%

: 0001

N10 G21 G40

N20 G50 S3000

N30	G28	G91	X0	Z0	
N40	M06	T01			
N50	G97	S2500		M13	
N60	G90	G00	X120	Z50	
N70	G00	X0	Z15		
N80	G01	X0	Z-0.3	F80	
N90	X105				
N100	G01	X105	Z-30		
N110	X120				
N120	Z50				
N130	M05	M10			
N140	M11				
N150	G00	X0	Z15		
N160	G01	X0	Z-0.3	F80	
N170	X105				
N180	G00	X120	Z50		
N190	M05	M09			
N200	M06	T06		(ΠΟΝΤΑ)	
N210	G00	X0	Z15	M13	
N220	G01	X0	Z-8	F50	
N230	Z20				
N240	G00	X120	Z50		
N250	M05	M09			
N260	M06	T13		(ΤΡΥΠΑΝΙ 8 mm)	
N270	G00	X0	Z20		
N280	G83	Z-85	C25	D4	F50 (ΚΥΚ ΒΑΘΕΙΑΣ ΔΙΑΤΡΗΣΗΣ)
N290	G00	X120	Z50		

N300	M05	M09			
N310	M06	T14		(ΤΡΥΠΑΝΙ 16 mm)	
N320	X0	Z20	M13		
N330	G83	Z-85	C25	D4	F50
N340	G00	X120	Z50		
N350	M05	M09			
N360	M06	T16		(ΤΡΥΠΑΝΙ 24 mm)	
N370	X0	Z20	M13		
N380	G83	Z-85	C25	D4	F50
N390	X120	Z50			
N400	M05	M09			
N410	M06	T04		(ΕΣΩΤΕΡΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ)	
N420	M13				
N430	G90	X29	Z-72	F80	
N440	X32				
N450	X34				
N460	X35.4				
N470	G00	X120	Z50		
N480	M05	M09			
N490	M06	T01			
N500	M13				
N510	G90	X95	Z-72	F80	(ΗΜΙΑΥΤΟΜΑΤΟΣ ΚΥΚΛΟΣ)
N520	X90				
N530	X85				
N540	X80				
N550	X75				
N560	X70				

N570	X66
N580	X63
N590	X60
N600	G00 X120 Z50
N610	M05 M09
N620	M02

5.6.2 Πλάκα στήριξης

Η πλάκα όπου θα τοποθετηθούν επάνω όλα τα άλλα πράγματα της κατασκευής μας, είναι όπως έχουμε αναφέρει από μασίφ πλάκα σιδήρου (Fe) πυκνότητας $7.874 \text{ g}\cdot\text{cm}^{-3}$ με διαστάσεις 200 X 300 X 25 mm και κόπηκε βάση δικής μας παραγγελίας με πλάσμα. Για να ολοκληρωθεί η κατασκευή της πέρασε από τις εξής **7 φάσεις**:

-Η **πρώτη φάση** ήταν να γίνει το κόψιμο όπως φαίνεται και στο σχέδιο με διαστάσεις 20 X 100 mm στην άκρη της πλάκας με τη βοήθεια μιας κατακόρυφης φρέζας CNC, αφού πριν είχαμε γράψει ένα πρόγραμμα με τους αντίστοιχους κωδικούς G και M.



Εικόνα 7 : Αφαίρεση υλικού από την πλάκα

❖ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΦΡΕΖΑΣ Νο 1

%

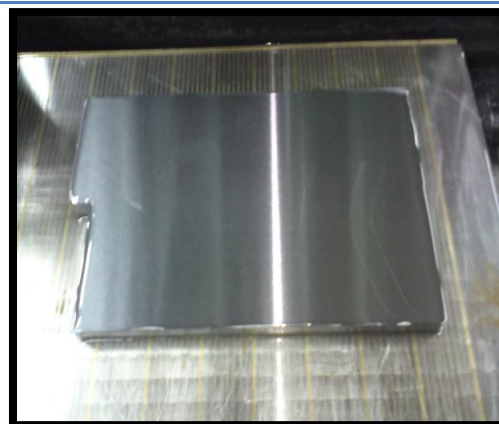
: 0001

N10	G21	G90				
N20	G40	G49	G80			
N30	M06	T031				
N40	M03	S2000				
N50	G00	X-80	Y-80	Z100		
N60	G00	G42	X295	Y0	Z20	D2
N70	G01	Z-20	F50			
N80	X295	Y103				
N90	X310					
N100	Y0					
N110	X290					
N120	X290	Y95				
N130	X310					
N140	Y0					
N150	X286	Y95				
N160	X310					
N170	Y0					
N180	X283	Y95				
N190	X-80	Y-80	Z100			
N200	M05	M09				
N220	M02					

-Η **δεύτερη φάση** ήταν να περάσει η πλάκα από το γνωστό ρεκτιφιέ, δηλαδή να υποστεί μία πρώτη λείανση ώστε να αποκτήσει επίπεδη επιφάνεια και από τις δύο μεγάλες πλευρές της, για να μπορούμε έπειτα να συνεχίσουμε σε οποιαδήποτε άλλη φάση με ακρίβεια, αφού θα έχουμε επιτύχει την πλήρη επιπεδότητα της. Το συγκεκριμένο ρεκτιφιέ που χρησιμοποιήσαμε ήταν κάθετο, για λείανση επίπεδων επιφανειών και χρησιμοποιείται για παραγωγή προϊόντων με μεγάλη ακρίβεια.

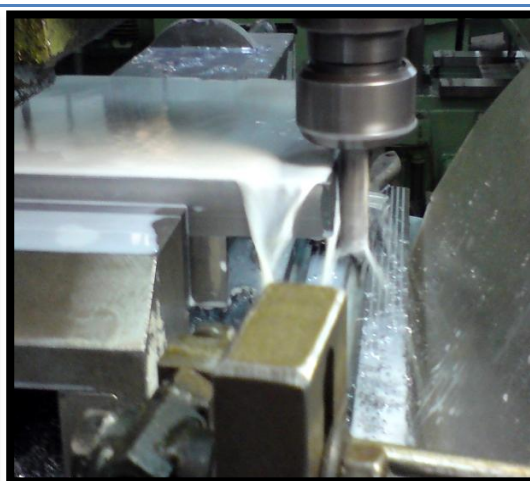


Εικόνα 8 : Πλάκα πριν την λείανση



Εικόνα 9 : Πλάκα μετά την λείανση

-Η **Τρίτη**, είχε να κάνει με το γώνιασμα της πλάκας αφού λόγο της κοπής της με πλάσμα δεν είχε τις σωστές διαστάσεις που θέλαμε και ούτε ήταν παράλληλες και κάθετες πλευρές μεταξύ τους. Έτσι πάλι φτιάχνοντας ένα πρόγραμμα με κώδικα G και M, για την κάθετη φρέζα CNC, καταφέραμε με μικρά διαδοχικά πάσα να διορθώσουμε το κομμάτι μας.



Εικόνα 10 : Γώνιασμα περιφερειακά της πλάκας

❖ **ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΦΡΕΖΑΣ Νο. 2**

%

: 0002

N10 G21 G90
N20 G40 G49 G80
N30 M06 T031
N40 S2000 M03
N50 G00 X-80 Y-80 Z100
N60 X0 Y-20 Z50
N70 G01 G41 X-0.5 Y0 Z-40 F50 D1
N80 X-0.5 Y205
N90 G00 X0.5 Y205 Z20
N100 X0 Y0
N110 Z-40
N120 G01 X0 Y205
N130 Z20
N140 G00 X280 Y0
N150 G01 G42 Z-40 D2
N160 X280 Y100
N170 X305
N180 X305 Y205
N190 Z20
N200 X300 Y95
N210 Z-40
N220 X300 Y205
N230 Z20
N240 X-80 Y-80 Z100

N250 X999 Y999 Z999
N260 M05 M09
N270 M02

ΠΡΟΓΡΑΜΜΑ ΦΡΕΖΑΣ Νο. 3

%

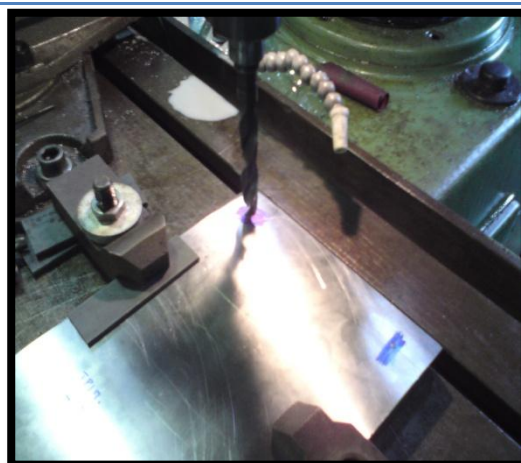
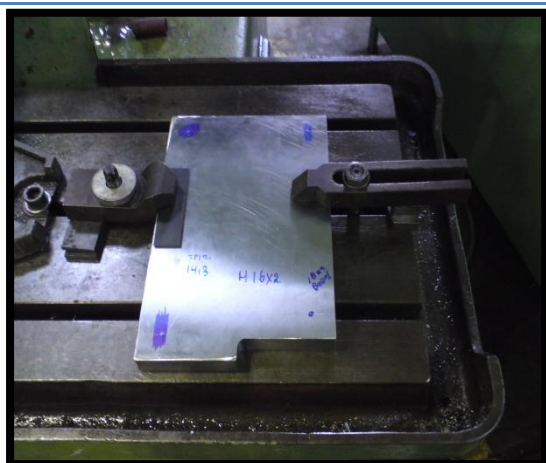
: 0003

N10 G21 G90
N20 G40 G49 G80
N30 M06 T032
N40 S2000 M03
N50 G00 X-80 Y-80 Z100
N60 G00 X-10 Y0 Z0
N70 Z-3
N80 G01 G41 X305 F50 D1
N90 Z20
N100 G00 X-10
N110 Z-5
N120 G01 X305
N130 G00 X-80 Y-80 Z-100
N140 G00 X999 Y999 Z999
N150 M05 M09
N160 X-80 Y-80 Z-100
N160 G00 X-10 Y0 Z0
N160 Z-3

N170	G01	G41	X285	F50	D1
N180	Z20				
N190	G00	X-10			
N200	Z-5				
N210	G01	X285			
N220	Z20				
N230	G00	X-80	Y-80	Z-100	
N240	X999	Y999	Z999		
N220	M05	M09			
N230	M02				

- Οι δεύτερη και η τρίτη φάση ήταν απαραίτητες και έπρεπε να γίνουν στην αρχή πριν ξεκινήσουμε οποιαδήποτε κατεργασία, αλλιώς δεν θα είχαμε την ακρίβεια που επιθυμούσαμε λόγω της αρχικής μορφής της πλάκας.

-Έπειτα στην **τέταρτη φάση**, αφού η πλάκα ήταν πλέον επίπεδη και σωστά γωνιασμένη, μπορούσαμε βάση του σχεδίου να προχωρήσουμε στις προκαθορισμένες τρύπες, βρίσκοντας με ακρίβεια τα κέντρα τους. Έτσι πρώτα κάναμε τις τέσσερις «τυφλές» τρύπες σε ειδικό πολυτρύπανο με διάσταση $\Phi 14,3 \times 18$ mm, από την μια πλευρά της πλάκας, όπου θα τις χρησιμοποιήσουμε σαν στηρίγματα της όλης βάσης. Έπειτα γυρνώντας από την άλλη πλευρά της κάναμε την επίσης «τυφλή» τρύπα διάστασης $\Phi 20 \times 20$ mm ώστε εκεί να προσαρμόσουμε τον αλουμινένιο άξονα που θα χρησιμοποιηθεί ως βάση του παχυμέτρου μας. Τέλος, ανοίχτηκαν και άλλες δύο μικρές τρύπες $\Phi 3 \times 1,5$ mm, στις οποίες περάστηκαν και σε αυτές κολαούζα για σπείρωμα. Αυτές έγιναν στο κόψιμο που είχαμε κάνει στην πρώτη φάση, ώστε εκεί να μπορούμε να στηρίξουμε το βαθύμετρο μας κατακόρυφα της πλάκας.



Εικόνα 11 : Δημιουργία οπών

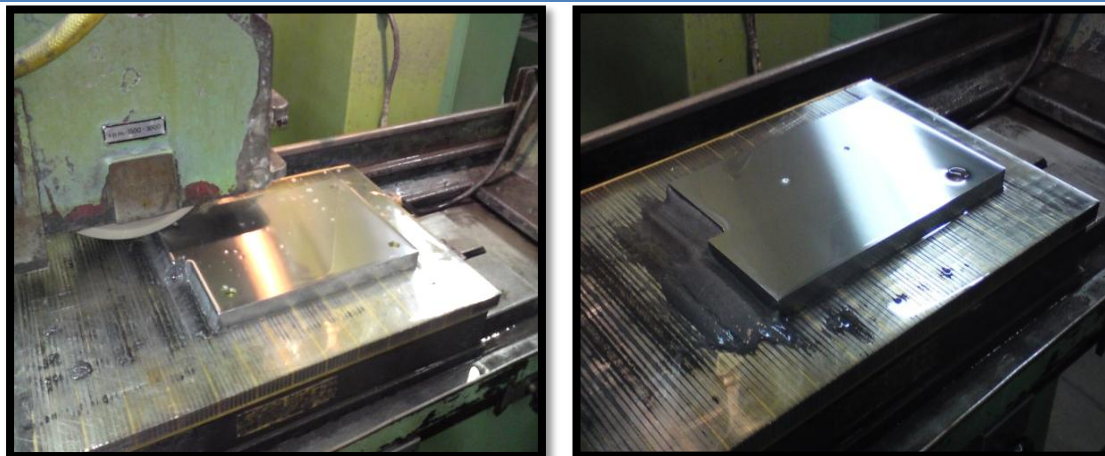
-Με την **πέμπτη φάση** όλες οι τρύπες όπως είπαμε έγιναν σε πολυτρύπανο, στις μεν 4 τρύπες περάστηκαν «κολαούζα», στην άλλη όμως που θα έμπαινε ο άξονας θα έπρεπε να έχουμε ομοκεντρότητα και με ίδια διάμετρο σε όλο το βάθος της. Αυτό γίνεται διότι τα τρυπάνια αφήνουν στο κάτω μέρος της τρύπας ράδιο λόγο της μορφής τους με διαβαθμίσεις και χωρίς ποιότητα στην εσωτερική επιφάνειας. Για να αποφύγουμε αυτό το πρόβλημα περάσαμε την ήδη ανοιγμένη τρύπα ένα ειδικό εργαλείο που λέγεται αλεζουάρ και το οποίο χρησιμοποιείται για τέτοιες είδους εργασίες. Αν δεν γινόταν αυτή η εργασία θα μας δημιουργούσε πρόβλημα αφού ο άξονας δεν θα ήταν απόλυτα κάθετος με την πλάκα μας έχοντας κάποιες μοίρες απόκλιση.



Εικόνα 12 : Αλεζουάρ

-Στην **έκτη φάση** περάσαμε τα κολαούζα σε όλες τις τρύπες που ήταν για σπείρωμα. Δηλαδή οι τέσσερις τρύπες που έγιναν με διάμετρο $\Phi 14,3$ mm ώστε το σπείρωμα να προκύψει M16 X 2 mm, αλλά και οι δύο μικρότερες διαμέτρου $\Phi 2,5$ mm για τελικό σπείρωμα M3 X 1,5 mm.

-Η **έβδομη φάση**, ήταν το πέρασμα της πλάκας πάλι από την λειαντική μηχανή και να κάνουμε την τελική λείανση, ώστε να διορθωθούν τυχόν χτυπήματα, γδαρσίματα αλλά και όποια γρέζια παρέμειναν από τις προηγούμενες κατεργασίες έχοντας σαν αποτέλεσμα η πλάκα να αποκτήσει λεία επιφάνεια με ωραίο αισθητικό αποτέλεσμα.



Εικόνα 13 : Τελική λείανση της πλάκας

5.6.3 Βάση παχύμετρου

Η βάση όπου στηρίξαμε το παχύμετρο έγινε από ράβδο αλουμινίου και στο κεφάλαιο 5.3 για την επιλογή των πρώτων υλών. Αυτό το αξονάκι είχε διάμετρο $\Phi 28$ mm και εμείς με τρνίρισμα σε συμβατικό αυτή τη φορά τόρνο το κατεβάσαμε στην επιθυμητή για μας διάμετρο $\Phi 26$ mm. Το μήκος του επίσης δεν επιλέχτηκε τυχαία, αλλά μετά από υπολογισμούς καταλήξαμε στο συνολικό μήκος 178 mm. Αυτό λήφθηκε με βάση το μέσο όρο του μήκους των κοπτικών εργαλείων αλλά και το ύψος της βάσης του, μικρότερο κατά κάποια χιλιοστά ώστε να μπορούμε να μετράμε την μέγιστη διάμετρο τους. Τέλος φτιάχτηκε από το ίδιο το υλικό, ένα καπάκι το οποίο κρατάμε σταθερό το παχύμετρο με δύο μικρές βίδες. Με αυτό τον τρόπο, έχουμε τη δυνατότητα μεταβολής του μήκους που προεξέχει το παχύμετρο από το αλουμινένιο άξονα και αυτό είναι ανάλογα με τις διαμέτρους των κοπτικών που διαθέτουμε.



Εικόνα 14: Βάση παχυμέτρου

5.6.4 Τελικές εργασίες

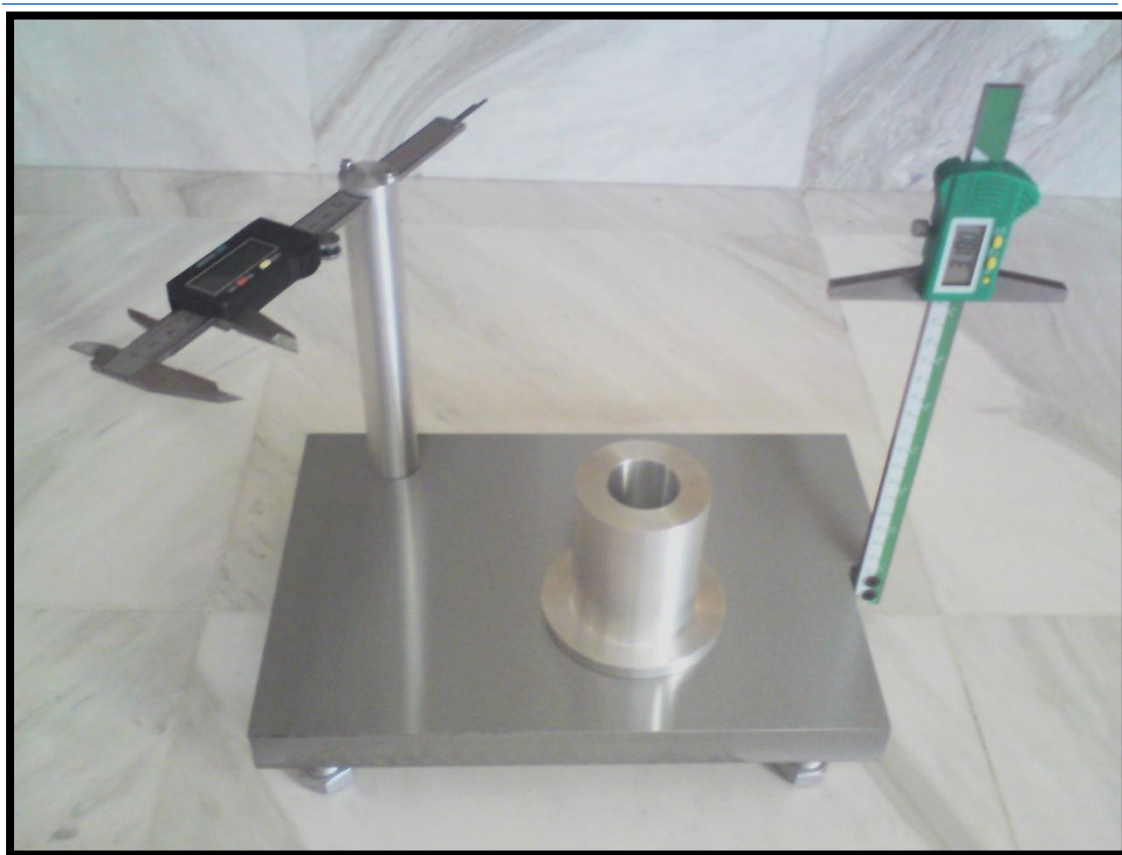
Η ολοκλήρωση των εργασιών ήρθε με το τρύπημα του βαθύμετρου με βάση τις αντίστοιχες διαμέτρους και αποστάσεις που είχαν γίνει στην σιδερένια πλάκα. Και τέλος με την επιλογή των κατάλληλων βιδών για να τις τοποθετήσουμε ως στηρίγματα της πλάκας με σπείρωμα M16 X 2 mm. Να αναφέρουμε επίσης ότι και οι βίδες λειάνθηκαν ώστε να αποκτήσουν όλες το ίδιο μήκος με επίπεδη επιφάνεια.



Εικόνα 15 : Λείανση στηριγμάτων (κοχλίες) πλάκας

5.6.5 Συναρμολόγηση όλων των υλικών και εξαρτημάτων

Η τελευταία φάση της διαδικασίας της κατασκευής, είναι η συναρμολόγηση. Σε αυτή, τοποθετήσαμε όλα τα υλικά και εξαρτήματα πάνω στην πλάκα, αφού πρώτα βάλουμε τις βίδες μας για στήριξη και ευθυγράμμιση όλης της κατασκευής. Αρχικά τοποθετήθηκε τον αλουμινένιο άξονα στην εσοχή της πλάκας, έπειτα συγκρατήθηκε πάνω σε αυτό το παχύμετρο με το καπάκι του και εν συνεχεία βιδώθηκε το βαθύμετρο στην προκαθορισμένη θέση του. Τέλος τοποθετήθηκε η βάση του κώνου του κοπτικού εργαλείου επάνω στην πλάκα, έτσι ώστε να είμαστε έτοιμη να πάρουμε οποιαδήποτε μέτρηση.



Εικόνα 16 : Τελική φωτογραφία της κατασκευής

5.7 ΜΕΤΡΗΣΕΙΣ ΤΩΝ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΜΑΣ ΜΕ ΒΑΣΗ ΤΗΝ ΜΕΤΡΗΤΙΚΗ ΣΥΣΚΕΥΗ

Αφού καταφέραμε με επιτυχία να φτιάξουμε την συσκευή μας αρχίσαμε να παίρνουμε τις μετρήσεις από τα κοπτικά εργαλεία που διαθέτη η μηχανή που έχουμε αναφέρει, η ROVER 322 της BIESSE. Δηλαδή θα μετρήσουμε την διάμετρο αλλά και το συνολικό μήκος, το οποίο έχουμε πει πως βρίσκεται στο κεφάλαιο 4.

- Το σύνολο των εργαλείων που διαθέτη η μηχανή είναι 7 και τα ορίζει ως εξής : **Tool 1, Tool 2, K1, K2, GN3, GN4, GN5**

Όλα τα κοπτικά έχουν διαφορετικά γεωμετρικά αλλά και τεχνικά χαρακτηριστικά, όμως το κοινό μεταξύ είναι ότι όλα είναι δεξιόστροφα, δηλαδή κόβουν –δουλεύουν με δεξιά περιστροφή.

-Παίρνοντας τώρα κάθε ένα κοπτικό ξεχωριστά και τοποθετώντας το στην συσκευή μας, συλλέγουμε τις εξής διαστάσεις, όσον αφορά τη διάμετρο και το μήκος τους:

Tool 1

Διάμετρος	33,04 mm
Μήκος	73,65 mm

Tool 2

Διάμετρος	31,06 mm
Μήκος	99,67 mm

K1

Διάμετρος	10,02 mm
Μήκος	100,59 mm

K2

Διάμετρος	7,08 mm
Μήκος	74,81 mm

GN3

Διάμετρος	3,07 mm
Μήκος	99,52 mm

GN4

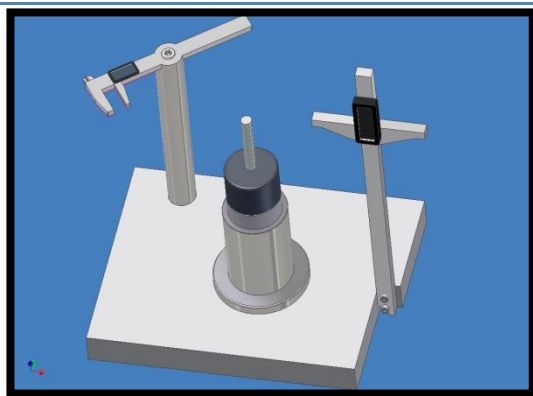
Διάμετρος	38,04mm
Μήκος	104,61 mm

GN5

Διάμετρος	38,06 mm
Μήκος	99,94 mm

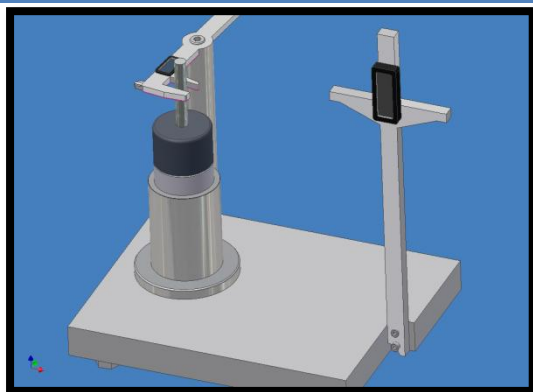
5.7.1 Εικονικός τρόπος μέτρησης ενός κοπτικού εργαλείου και προσομοίωση κοπής

- ❖ Στις φωτογραφίες που ακολουθούν παρακολουθούμε την εικονική μέτρηση ενός κοπτικού εργαλείου με την βοήθεια του σχεδιαστικού προγράμματος **Inventor**.

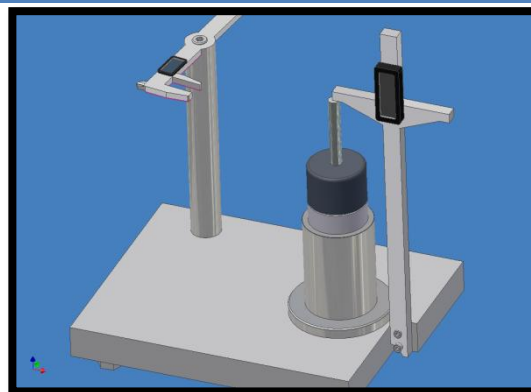


ΕΙΚΟΝΑ 1:

Τοποθέτηση του κοπτικού εργαλείου επάνω στον κώνο και ενεργοποίηση των μετρητικών μας ώστε να παρθούν οι μετρήσεις.



ΕΙΚΟΝΑ 2: Μέτρηση της μέγιστης διαμέτρου του κοπτικού, και το παχύμετρο μας έδειξε, εικονικά πάντα $d = 10,05 \text{ mm}$

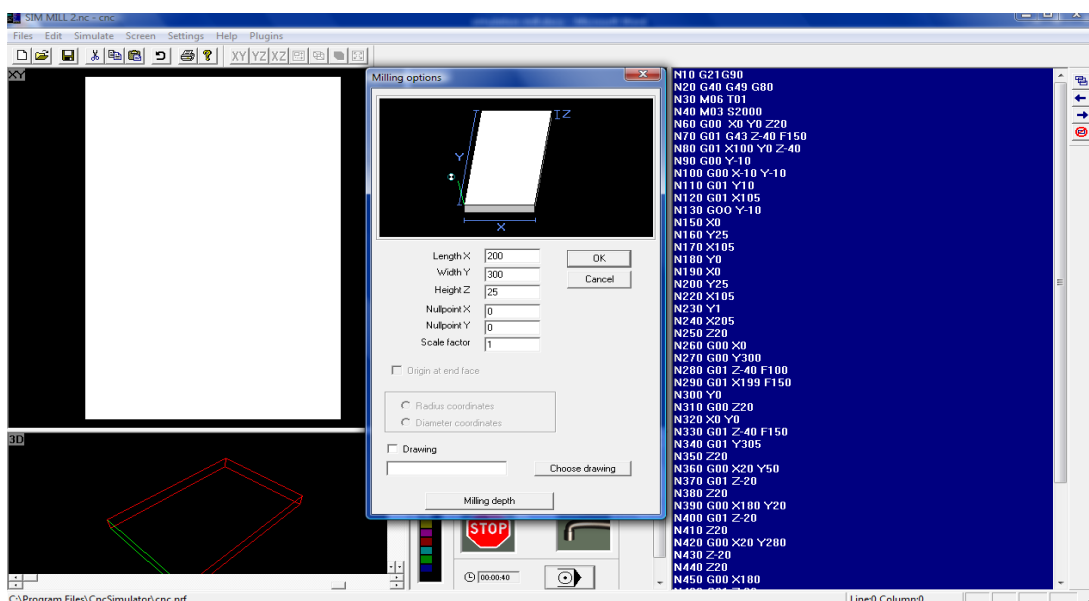
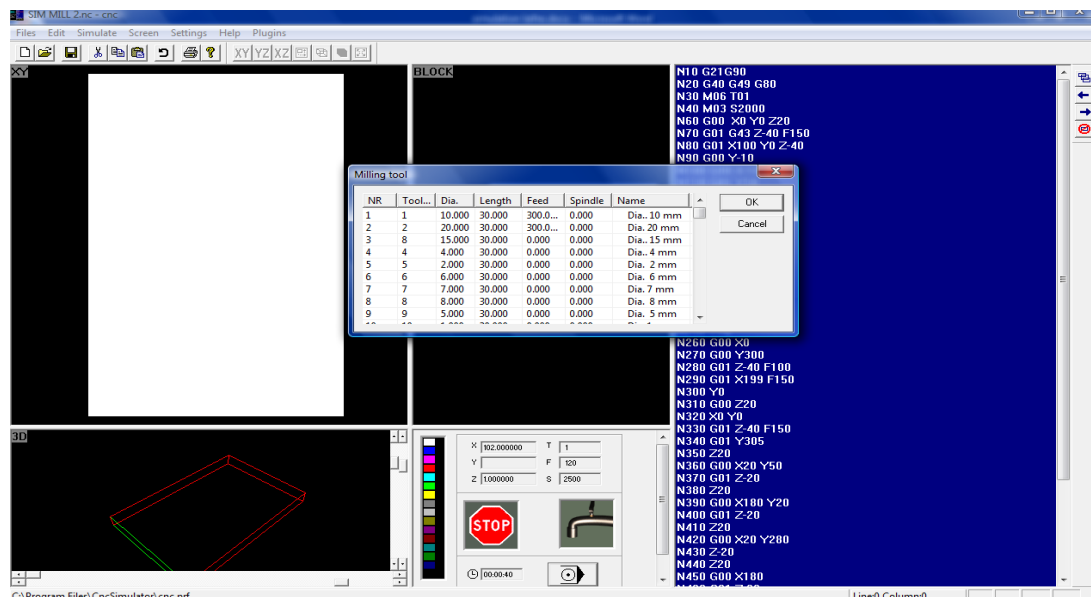


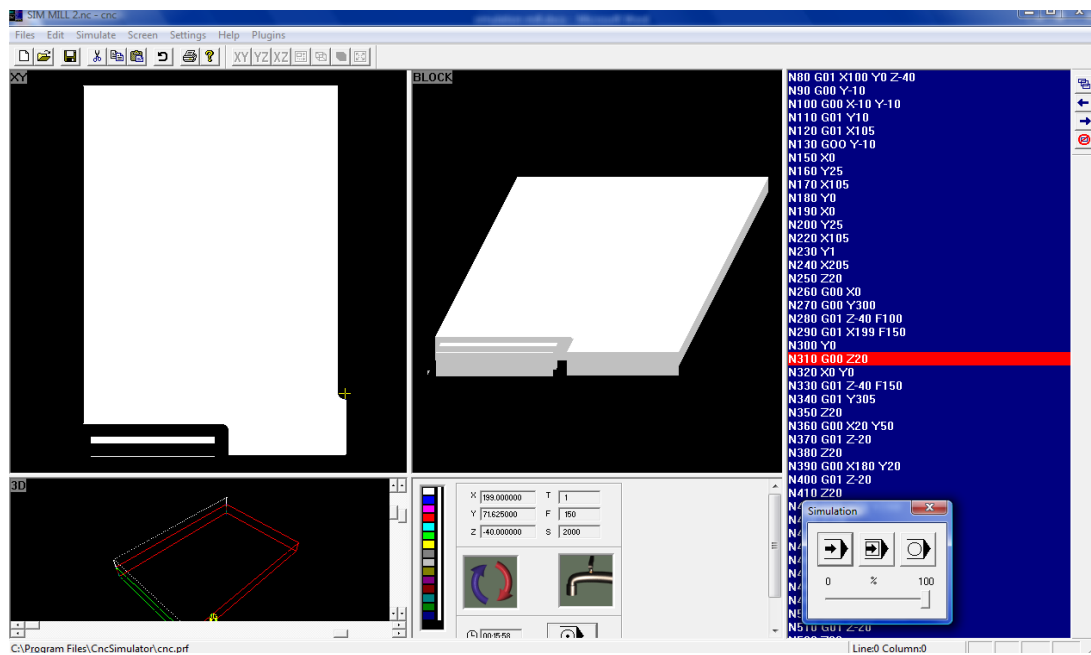
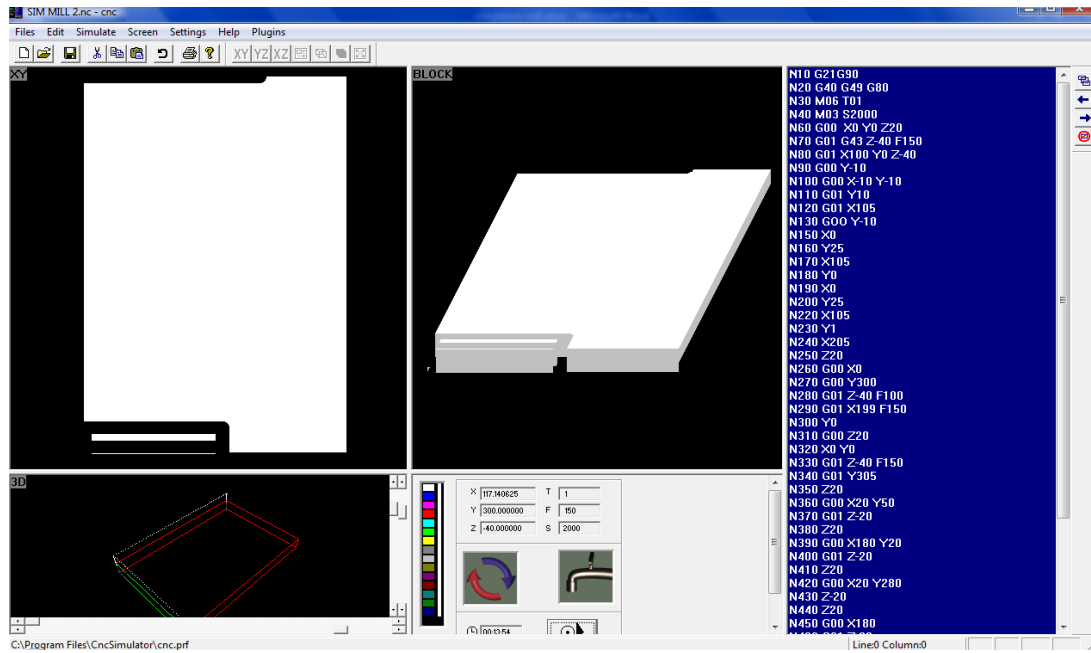
ΕΙΚΟΝΑ 3: Μέτρηση του συνολικού μήκους του κοπτικού, αφού πρώτα μηδενίσαμε το βαθύμετρο μας στο επάνω μέρος της βάσης του κώνου, μας έδειξε $l = 85,43 \text{ mm}$

➤ Προσομοίωση

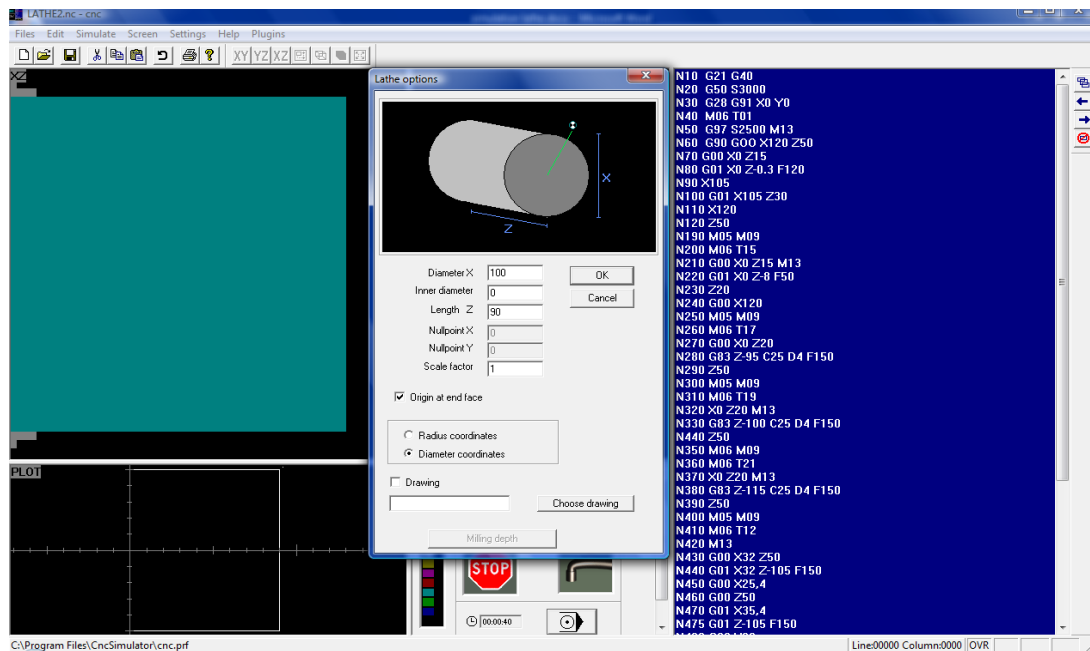
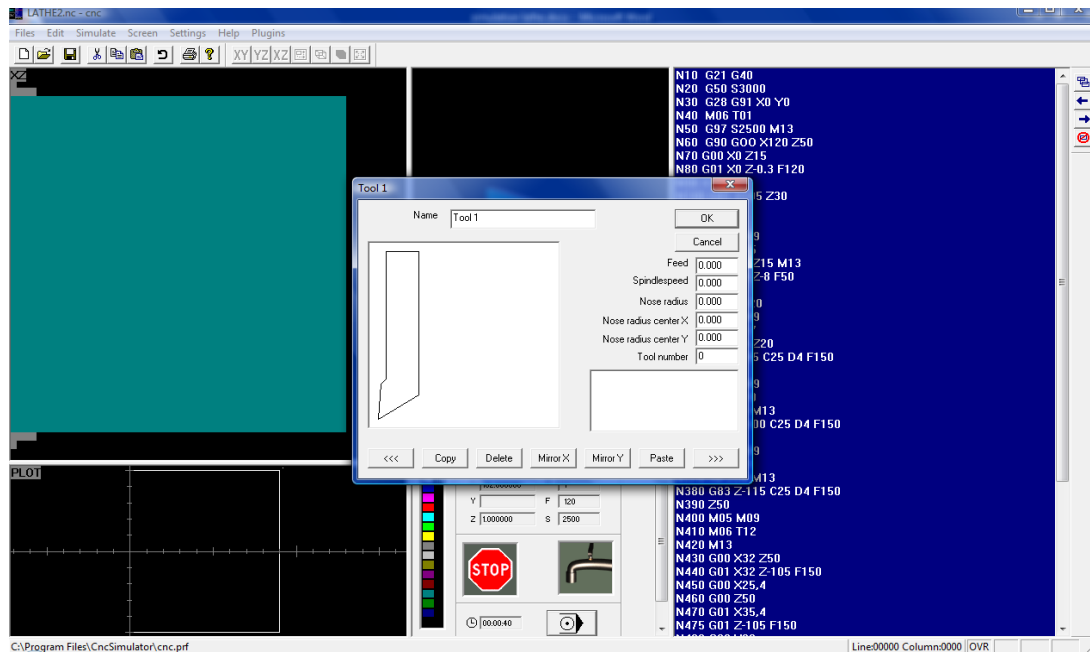
Όλα τα σχέδια τις πτυχιακής δημιουργήθηκαν στο σχεδιαστικό πρόγραμμα της Autodesk το Inventor 9. Εκεί σχεδιάσαμε εκτός του αρχικού σχεδίου της μετρητικής συσκευής και τα σχέδια του κάθε εξαρτήματος ξεχωριστά, επιλέγοντας μέσα από διάφορες παραλλαγές αυτών. Το μόνο πρόβλημα του σχεδιαστικού αυτού προγράμματος, ήταν ότι δεν μπορούσε να μας πραγματοποιήσει μια υποτυπώδη προσημείωση κοπής που δημιουργήσαμε παραπάνω για φρέζα και τόρνο CNC. Έτσι, επιλέξαμε ένα προσομοιωτή κοπής (simulation) για μηχανές CNC, ο οποίος είχε τη δυνατότητα έχοντας τα προγράμματα κοπής με τους αντίστοιχους κωδικούς G και M να μας προσομοιώσει τις κατεργασίες διαμόρφωσης των εξαρτημάτων.

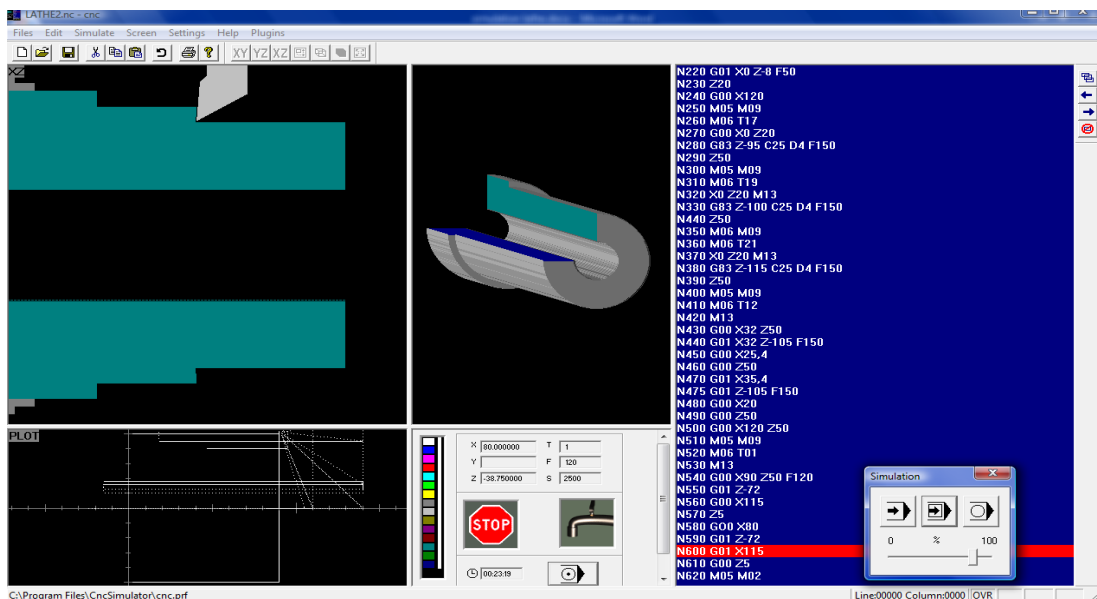
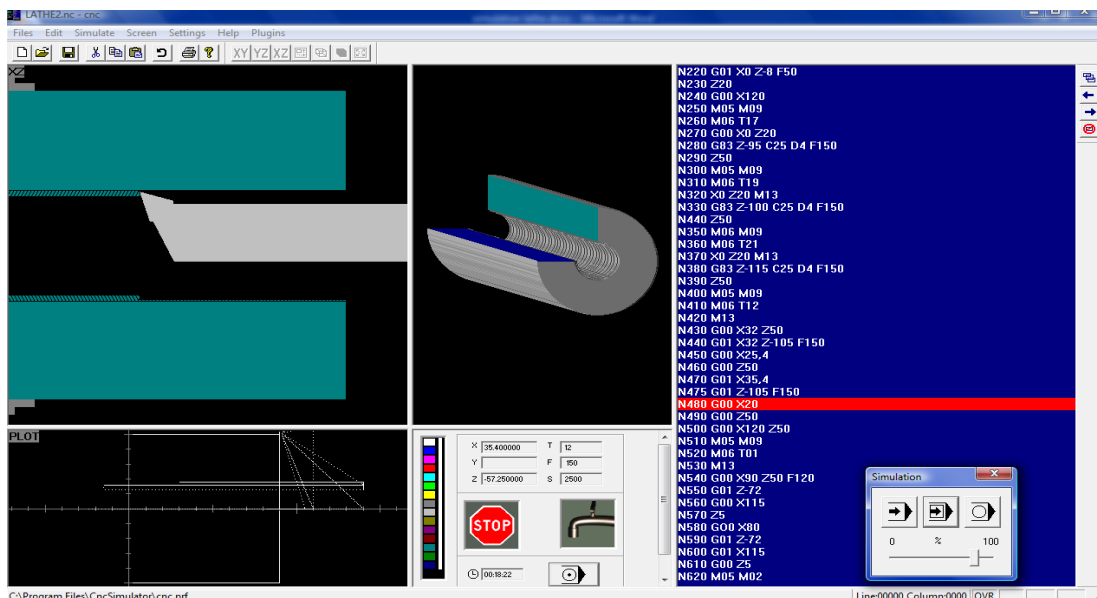
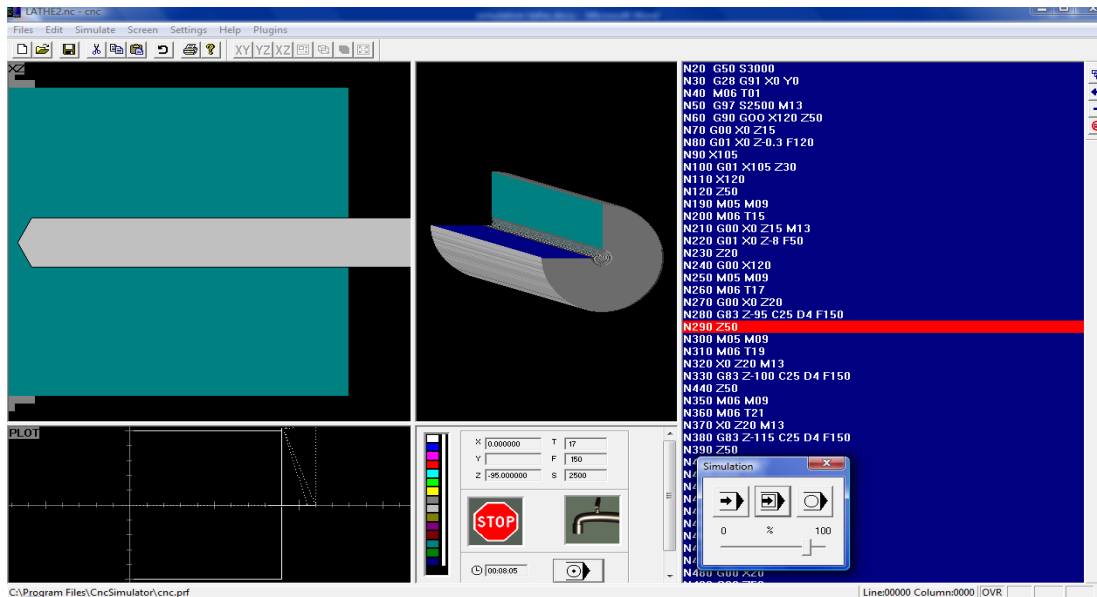
- Προσομοίωση φρέζας CNC:





- Προσομοίωση τόννου CNC:





5.8 ΛΥΣΕΙΣ ΠΟΥ ΚΥΚΛΟΦΟΡΟΥΝ ΣΤΟ ΕΜΠΟΡΙΟ-ΣΥΓΚΡΙΣΗ

Όπως είναι φυσικό πλέον υπάρχουν πολλές εταιρίες κατασκευής τέτοιων μετρητικών μηχανών, που λύνουν το προαναφερθέν πρόβλημα. Μια τέτοια μηχανή είναι και η Prima 275 microset της DMG εικόνα 17, όπου η συγκεκριμένη μηχανή χρησιμοποιείται εκτός των άλλων και από την ΕΑΣ (Ελληνικά Αμυντικά Συστήματα). Η μετρητική μηχανή βρίσκεται σε ξεχωριστό τμήμα του εργοστασίου, όπου εκεί υπάρχει εξειδικευμένο προσωπικό για τη μέτρηση των κοπτικών εργαλείων όλων των μηχανών CNC που υπάρχουν εκεί²⁵.

- Σύγκριση-Κοστολόγηση

Φυσικά η Prima 275 είναι μια πανάκριβη αλλά παράλληλα αξιόπιστη μετρητική μηχανή, και για αυτό το λόγο δεν μπορεί χρησιμοποιηθεί σε μικρές βιομηχανίες όπως είναι λογικό λόγω του μεγάλου κόστους της. Το παραπάνω μοντέλο της DMG κοστολογείται άνω των 6000 ευρώ για την αγορά της και μόνο, χωρίς να ληφθούν υπόψη τα έξοδα εγκατάστασης και λειτουργίας της! Η δικιά μας κατασκευή κοστολογείται περίπου στα 500 ευρώ περιλαμβάνοντας όλα τα υλικά και τις κατεργασίες ώστε να ολοκληρωθεί η κατασκευή της. Φυσικά αυτό το ποσό θα μπορούσε να μειωθεί αρκετά αν κατασκευάζαμε περισσότερες από μία, αφού στην περίπτωση αυτή οι πρώτες ύλες, θα αγοράζονταν σε τιμές χονδρικής, μειώνοντας αρκετά το συνολικό κόστος.



Εικόνα 17 : DMG Prima 275 microset

5.9 ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΠΟΚΛΙΣΗΣ ΜΕΤΡΗΣΕΩΝ

Ένας καλός τρόπος για να ελέγχουμε αν μία συσκευή είναι αποτελεσματική αλλά και το πόσο, είναι να την συγκρίνουμε με κάποια άλλη παρόμοια, αξιόπιστη όμως, συσκευή ώστε να παρατηρήσουμε τυχόν αποκλίσεις. Το ίδιο κάναμε και εμείς, ώστε να δούμε εάν όντως η συσκευή που φτιάξαμε έβγαζε το επιθυμητό αποτέλεσμα. Έτσι, παίρνοντας τα ίδια κοπτικά εργαλεία που είχαμε μετρήσει στο κεφάλαιο 5 παράγραφος 7 με την βοήθεια της Prima 275 microset που αναφέρθηκε στην προηγούμενη παράγραφο, θα πάρουμε νέες μετρήσεις. Με αυτόν τον τρόπο θα δούμε κατά πόσο έχουμε διαφορές από αυτήν την υπερσύγχρονη μετρητική συσκευή. Η ακρίβεια της Prima είναι της τάξεως 0,001 mm (1μm) δηλαδή έχει μεγαλύτερη ακρίβεια από την δικιά μας που είναι της τάξεως του 0,01 mm, παρ' όλα αυτά θα έχουμε μια εικόνα ώστε να συγκρίνουμε τα αποτελέσματα τους.

Tool 1

Διάμετρος	32,981 mm
Μήκος	73,329 mm

Tool 2

Διάμετρος	31,025 mm
Μήκος	99,530 mm

K1

Διάμετρος	10,054 mm
Μήκος	100,510 mm

K2

Διάμετρος	7,101 mm
Μήκος	74,795 mm

GN3

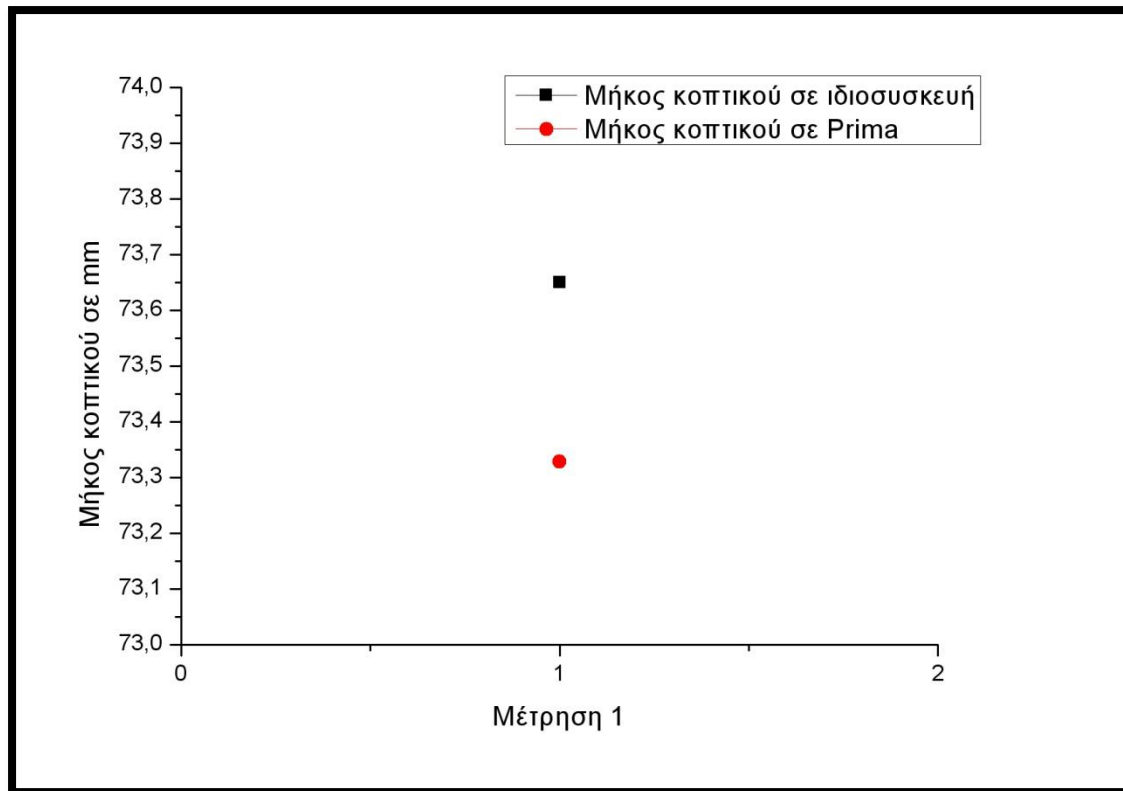
Διάμετρος	3,065 mm
Μήκος	99.601 mm

GN4

Διάμετρος	38,038 mm
Μήκος	104,604 mm

GN5

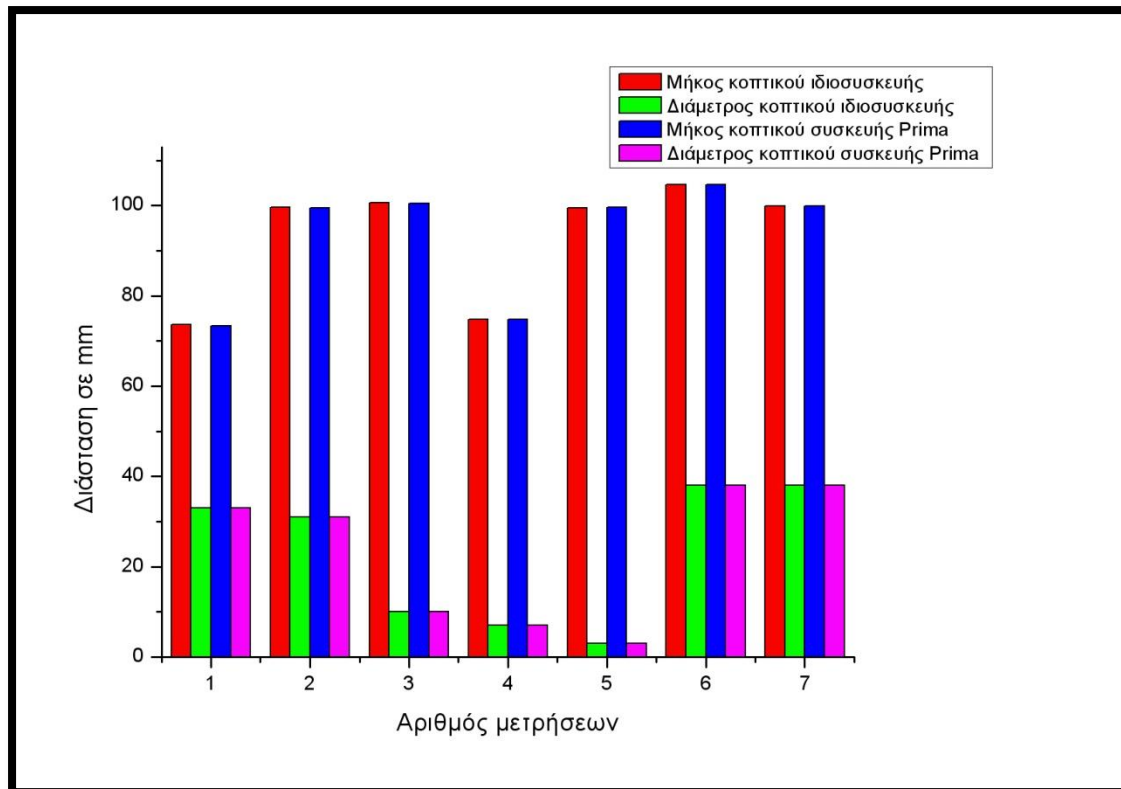
Διάμετρος	38,032 mm
Μήκος	99,922 mm



Διάγραμμα 1 : Σύγκριση μετρήσεων μεταξύ ιδιοσυσκευής-Prima

5.9.1 Συγκεντρωτικός πίνακας του μήκους και της διαμέτρου συγκρίνοντας τις δύο μετρητικές συσκευές.

ΜΗΚΟΣ mm	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ mm	ΜΗΚΟΣ (Prima) mm	ΔΙΑΜΕΤΡΟΣ (Prima) mm
73,65	33,04	73,429	32,981
99,67	31,06	99,530	31,025
100,59	10,02	100,510	10,054
74,81	7,08	74,795	7,101
99,52	3,07	99,601	3,064
104,61	38,04	104,603	38,037
99,94	38,06	99,912	38,032



Διάγραμμα 2 : Σύγκριση μετρήσεων μεταξύ ιδιοσυσσκευής-Prima

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ :

➤ Παρατηρώντας τις παραπάνω τιμές του πίνακα που συγκεντρώνει τις τιμές του κεφάλαιο 5.7 και 5.9 αλλά και του διαγράμματος 2 βλέπουμε όντως να υπάρχουν αποκλίσεις των μετρήσεων για τη διάμετρο και το μήκος του ίδιου κοπτικού εργαλείου μεταξύ των δύο μετρητικών συσκευών που συγκρίναμε.

Εκτός της μεγαλύτερης ακρίβειας που έχει η μηχανή Prima όπως το αναφέραμε και παραπάνω κατά ένα δεκαδικό ψηφίο, αφού έχει ακρίβεια 0,001 mm (1μm), παρατηρούμε αποκλίσεις και στα άλλα δεκαδικά ψηφία, δηλαδή στα δέκατα και εκατοστά του χιλιοστού που έχει η δικιά μας κατασκευή. Αυτές οι αποκλίσεις κρίνεται αποδεκτές για τις εργασίες που εκτελεί η συγκεκριμένη μηχανή (Biesse Rover 322) αφού δεν απαιτούνται πολύ μεγάλες ακρίβειες. Αυτές οι διαφορές σε περιπτώσεις κατασκευής δοκιμών με μεγάλη ακρίβεια θα μας δημιουργούσαν πρόβλημα, όπως π.χ. η κατασκευή όπλων. Εκεί χρειαζόμαστε όσο το δυνατόν μεγαλύτερη ακρίβεια στην κατασκευή των εξαρτημάτων του λόγο των πολύ μικρών ανοχών που πρέπει να επιτευχθούν ώστε να γίνει η τελική συναρμολόγηση, έτσι οι αποκλίσεις δεν επιτρέπονται να ξεπεράσουν τα

μικρά όρια ανοχής τους, και αυτό γιατί θα δημιουργούνταν απορριπτέα κομμάτια.

ΕΠΙΛΟΓΟΣ

Βρισκόμαστε στην εποχή των ραγδαίων εξελίξεων όπου η τεχνολογία αναπτύσσεται με πολύ μεγάλους ρυθμούς, θέτοντας νέα πρότυπα στις μηχανουργικές κατεργασίες για μεγαλύτερη ποιότητα κατασκευής, αλλά και βελτίωση των συνθηκών εργασίας.

Έτσι, «ο μηχανουργός του αιώνα» μας πολύ γρήγορα ξεπέρασε το στάδιο των χειροκίνητων κατεργασιών και έχει μπει ήδη εδώ και μισό περίπου αιώνα στη συστηματική χρήση των ψηφιακών καθοδηγούμενων εργαλειομηχανών όπως φρέζες και τέρνοι CNC, δημιουργώντας ολοένα αυξανόμενες απαιτήσεις για διαστατική ακρίβεια αλλά και ακρίβεια στη ποιότητας μορφής των προϊόντων του. Η εξέλιξη αυτή έχει συνεισφέρει, στην αύξηση της ποιότητας κατασκευής, αλλά και στη μείωση της κόστους και του χρόνου κατεργασίας. Εκτός των παραπάνω πλεονεκτημάτων, δεν θα μπορούσαμε να παραλείψουμε και τις πολύ σοβαρές επιπτώσεις που δημιουργεί η εξέλιξη τους. Οι μηχανές αυτές με την λειτουργία τους, περικλύπτουν πάρα πολλές θέσεις εργασίας, αφού ο σκοπός δημιουργίας τους είναι να μειώνουν όσο το δυνατόν τα έξοδα όπως π.χ. τα εργατικά τα λειτουργικά, αυξάνοντας παράλληλα σε μικρότερο χρόνο την παραγωγή τους. Φυσικά αυτά είναι πολύ σημαντικά για την επιβίωση μιας επιχείρησης, ειδικότερα στις μέρες μας αφού αυξάνει τα κέρδη της. Όμως, αυτό έχει άμεσο αντίκτυπο στους ανθρώπους οι οποίοι θέλουν να εργαστούν δημιουργώντας τους σοβαρό πρόβλημα επιβίωσης αφού οι περισσότερες επιχειρήσεις χρόνια τώρα ακολουθούν αυτήν τη πορεία.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) <http://cnc.fme.vutbr.cz/>

Από το βιβλίο του ΤΕΕ 'ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ
CNC'

http://en.wikipedia.org/wiki/CNC_machine#History

- 2) Krar Check "Technology of machines tools"

- 3) Krar Check "Technology of machines tools"

- 4) Τόμος Α Φιλήμονος Χρ. Σκιπτίδης, Ph.D. 'Βασικές αρχές αριθμητικού
ελέγχου και προγραμματισμού εργαλειομηχανών CNC'

<http://www.mastermachinesindia.net>

http://mechwork.physics.upatras.gr/pg5011_freza1_cnc.html

http://mechwork.physics.upatras.gr/pg8611_tornosCNC.html

- 5) Μπίλαλη Ν. : "ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ NC &
CNC"

- 6) Μπίλαλη Ν. : "ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ NC &
CNC"

- 7) Από το βιβλίο του ΤΕΕ 'ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ
CNC'

- 8) Από το βιβλίο του ΤΕΕ 'ΠΡΟΓΡΑΜΜΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ CNC'
- 9) Krar Check "Technology of machines tools"
- 10) Τόμος Α Φιλήμονος Χρ. Σκιπτίδης, Ph.D. 'Βασικές αρχές αριθμητικού ελέγχου
<http://budneyaerospace.com/equipment.aspx>έγχου και προγραμματισμού
<http://www.lfccorp.com/CNC%20Machining/CNC.htm>γαλειομηχανών CNC'
- 11) Τόμος Α Φιλήμονος Χρ. Σκιπτίδης, Ph.D. "Βασικές αρχές αριθμητικού ελέγχου και προγραμματισμού εργαλειομηχανών CNC"
- 12) Από το βιβλίο του ΤΕΕ 'ΠΡΟΓΡΑΜΜΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ CNC'
- 13) Μπίλαλη Ν. : "ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ NC & CNC"
- 14) Τόμος Β Φιλήμονος Χρ. Σκιπτίδης, Ph.D. "Βασικές αρχές αριθμητικού ελέγχου και προγραμματισμού εργαλειομηχανών CNC"
- 15) Τόμος Α Φιλήμονος Χρ. Σκιπτίδης, Ph.D. "Βασικές αρχές αριθμητικού ελέγχου και προγραμματισμού εργαλειομηχανών CNC" σελ 98
- 16) Μπίλαλη Ν. : "ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ NC & CNC"
- 17) Από το βιβλίο του ΤΕΕ 'ΠΡΟΓΡΑΜΜΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ CNC'
- 18) Τόμος Α Φιλήμονος Χρ. Σκιπτίδης, Ph.D. 'Βασικές αρχές αριθμητικού ελέγχου και προγραμματισμού εργαλειομηχανών CNC'

19) Από το βιβλίο του ΤΕΕ 'ΠΡΟΓΡΑΜΜΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ
CNC'

20) Από το βιβλίο του ΤΕΕ 'ΠΡΟΓΡΑΜΜΤΙΣΜΟΣ ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΩΝ
CNC'

21) Μπίλαλη Ν. : "ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ NC &
CNC"

22) Steve Krar Arthur Gill 'ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ CNC
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ'

23) Steve Krar Arthur Gill 'ΜΗΧΑΝΕΣ ΑΡΙΘΜΗΤΙΚΟΥ ΕΛΕΓΧΟΥ CNC
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΑΙ ΠΡΟΓΡΑΜΜΑΤΙΣΜΟΣ'

http://www.biesse.com/aboutus/home_EN.asp?d_id=1

http://www.biessesystems.com/aboutus/home_EN.asp

<http://www.biesseamerica.com/default.asp?biesse=182&objId=5>

<http://akmachinery.com/>

<http://www.akmachinery.com/biesse-rover-p-606.html>

24) ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ: Γ.ΤΣΕΑ "ΕΡΓΑΛΕΙΟΜΗΧΑΝΕΣ", ΕΚΔΟΣΕΙΣ <<ΙΩΝ>>

<http://arvisengineers.com/files/pictures/vnb-45.jpg>

http://img.directindustry.com/images_di/photo-g/horizontal-cnc-boring-machine-26216.jpg

<http://www.lec-composites.com/images/5-Axis2.jpg>

<http://sharpdimension.com/index.html>

25) <http://www.dmgchina.com/home,en>

<http://www.gildemeister.com/query/internet/v3/pdl.nsf/40517457>

[6cffc14dc1256f03002e93a6/\\$file/psatr08_microset.pdf](http://6cffc14dc1256f03002e93a6/$file/psatr08_microset.pdf)

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ.

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙΙ.

ΥΛΙΚΑ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ

1. ΥΛΙΚΑ ΚΑΤΑΣΚΕΥΗΣ ΚΕ

- (α) Ανθρακούχοι και κραματωμένοι χάλυβες
- (β) Χυτοκράματα
- (γ) Ταχυχάλυβες
- (δ) Σκληρομέταλλα
- (ε) Κεραμικά υλικά
- (στ) Βιομηχανικός αδάμας
- (ζ) Συνθετικά υπέρσκληρα υλικά

Η χρήση των (α) και (β) είναι σήμερα πολύ περιορισμένη και τείνει να εκλείψει, η αναφορά τους θα γίνει κατωτέρω για λόγους ιστορικής αναδρομής και εξέλιξης στην τεχνολογία παραγωγής των ΚΕ.

2. ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟΙ ΚΑΙ ΚΡΑΜΑΤΩΜΕΝΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ

ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ

- Το πρώτο υλικό κατασκευής ΚΕ.
- Περιεκτικότητα σε άνθρακα: $\pi(C)=0.8\div 1.5\%$. Αύξηση της $\pi(C)$ οδηγεί σε αύξηση της σκληρότητας και της αντοχής σε φθορά, αλλά καθιστά το ΚΕ πιο εύθραυστο σε κρούση.
- Το φθηνότερο από όλα τα υλικά ΚΕ.
- Χαμηλό σημείο επαναφοράς και σε χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες ($200\div 250^{\circ}\text{C}$) απότομη απώλεια της σκληρότητας (ακαταλληλότητα για χρήση ως ΚΕ).
- Βαφή σε νερό με απλή διαδικασία.
- Πολύ χαμηλές ταχύτητες κοπής ($8\div 10$ m/min).

Πίνακας 1: Τυποποίηση ανθρακούχων εργαλειοχαλύβων

Αριθμός προτύπου	Συμβολισμός DIN	Χημική σύνθεση					Αμερικανική τυποποίηση	
		C [%]	Si [%]	Mn [%]	P \leq [%]	S \leq [%]	Κατηγορία	AISI*
1.1520	C 70 W1	0,65-0,75	0,10-0,25	0,10-0,35	0,025	0,025	110 Spec.	W 1-0,8 C
1.1530	C 85 W1	0,80-0,90	0,10-0,25	0,10-0,30	0,025	0,025	110 Std.	W 1-0,9 C
1.1540	C 100 W1	0,95-1,05	0,10-0,25	0,10-0,25	0,025	0,025	110 Std.	W 1-1,0 C
1.1550	C 110 W1	1,05-1,15	0,10-0,25	0,10-0,25	0,025	0,025	110 Spec.	W 1-1,2 C
1.1560	C 125 W1	1,20-1,35	0,10-0,25	0,10-0,25	0,025	0,025		
1.1620	C 70 W2	0,65-0,75	0,10-0,30	0,10-0,35	0,030	0,030	110 Extra	W 1-0,8 C
1.1630	C 85 W2	0,80-0,90	0,10-0,30	0,10-0,35	0,030	0,030	110 Extra	W 1-0,9 C
1.1640	C 100 W2	0,95-1,05	0,10-0,30	0,10-0,35	0,030	0,030	110 Extra	W 1-1,0 C
1.1650	C 110 W2	1,05-1,15	0,10-0,30	0,10-0,35	0,030	0,030	110 Extra	W 1-1,2 C
1.1660	C 125 W2	1,20-1,35	0,10-0,30	0,10-0,35	0,030	0,030		
1.1740	C 60 W3	0,56-0,64	0,15-0,40	0,60-0,80	0,035	0,035		
1.1744	C 67 W3	0,64-0,72	0,15-0,40	0,60-0,80	0,035	0,035		
1.1750	C 75 W3	0,72-0,82	0,15-0,40	0,60-0,80	0,035	0,035		
1.1760	C 90 W3	0,85-0,95	0,15-0,40	0,40-0,60	0,035	0,035		
1.1820	C 55 WS	0,50-0,57	$\leq 0,15$	0,30-0,50	0,030	0,030		
1.1822	C 80 WS	0,78-0,83	0,08-0,15	0,20-0,32	0,030	0,030	110 Std.	W 1-0,8 C
1.1830	C 85 WS	0,80-0,90	0,25-0,40	0,50-0,70	0,025	0,025		
1.1840	C 87 WS	0,82-0,90	0,25-0,40	0,50-0,70	0,025	0,020		

* AISI: American Iron and Steel Institute.

Πίνακας 2: Στοιχεία θερμικών κατεργασιών ανθρακούχων εργαλειοχαλύβων

Αριθμός προτύπου	Θερμηλασία [°C]	Ανόπτηση [°C]	Σκληρότητα ανοπτημένου ≤ [BHN] ¹		Μέγιστη αντοχή ανοπτημένου ≤ [daN/mm ²]		Βαφή σε			Σκληρότητα μετά βαφή [RHN] ²	Επαναφορά [°C]
			Ράβδος	Έλασμα	Ράβδος	Έλασμα	[°C]	Νερό	Λάδι		
1.1520	1000-800	680-710	190	-	65	-	790-820	•	-	63	180-300
1.1560	1000-800	680-710	190	-	65	-	780-810	•	-	64	180-300
1.1540	1000-800	680-710	190	248	85	85	770-800	•	-	65	180-300
1.1550	1000-800	680-710	195	-	67	-	760-790	•	-	65	180-300
1.1560	1000-800	680-710	210	-	72	-	760-790	•	-	65	180-300
1.1620	1000-800	680-710	190	225	65	78	790-820	•	-	63	180-300
1.1630	1000-800	680-710	190	-	65	-	780-810	•	-	64	180-300
1.1640	1000-800	680-710	190	-	65	-	770-800	•	-	65	180-300
1.1650	1000-800	680-710	195	-	67	-	760-790	•	-	65	180-300
1.1660	1000-800	680-710	210	-	72	-	760-790	•	-	65	180-300
1.1740	1050-800	680-710	207	-	71	-	800-830	-	•	58	180-300
1.1744	1000-800	680-710	217	246	74	85	800-830	-	•	60	180-300
1.1750	1000-800	680-710	217	-	74	-	780-810	-	•	62	180-300
1.1760	1000-800	680-710	225	248	78	85	780-810	-	•	63	180-300
1.1820	1100-800	680-710	170	-	58	-	790-820	•	-	60	180-300
1.1822	1000-800	680-710	190	-	65	-	800-830	-	•	60	180-300
1.1830	1000-800	680-710	(225)	248	(78)	85	800-830	-	•	60	180-300
1.1840	1000-800	680-710	(225)	248	(78)	85	800-830	-	•	61	180-300

1. Αριθμός σκληρότητας κατά Brinell.
2. Αριθμός σκληρότητας κατά Rockwell C.

ΚΡΑΜΑΤΟΥΧΟΙ ΑΝΘΡΑΚΟΧΑΛΥΒΕΣ

- Κύρια κραματικά στοιχεία: Cr, Mn, W, Mo, V σε συνολικό ποσοστό κραμάτωσης <3%.
- Διατήρηση της σκληρότητας σε υψηλότερες θερμοκρασίες (~500°C).
- Υψηλότερες ταχύτητες κοπής (μέχρι 25 m/min).
- Βαφή σε λάδι που εξασφαλίζει μεγαλύτερη αντοχή σε κάμψη και κρούση.

Πίνακας 3: Τυποποίηση κραματούχων εργαλειοχαλύβων

Αριθμός προτύπου	Συμβολισμός DIN	Χημική σύνθεση								
		C [%]	Si [%]	Mn [%]	P ≤ [%]	S ≤ [%]	Cr [%]	Mo [%]	V [%]	W [%]
1.2002	125 Cr 1	1,20-1,30	0,15-0,30	0,25-0,40	0,030	0,030	0,20-0,35	-	-	-
1.2003	75 Cr 1	0,70-0,80	0,25-0,50	0,50-0,70	0,035	0,035	0,25-0,40	-	-	-
1.2004	85 Cr 1	0,80-0,90	0,30-0,50	0,50-0,70	0,035	0,035	0,30-0,45	-	-	-
1.2059	120 Cr 5	1,10-1,25	0,20-0,40	0,20-0,40	0,030	0,030	1,20-1,50	-	-	-
1.2063	145 Cr 6	1,40-1,60	0,15-0,30	0,50-0,70	0,035	0,035	1,30-1,50	-	(0,10)	-
1.2067	100 Cr 6	0,95-1,05	0,15-0,30	0,25-0,40	0,035	0,035	1,40-1,70	-	-	-
1.2080	x120 Cr 12	1,90-2,20	0,20-0,40	0,20-0,40	0,035	0,035	11,00-12,00	-	-	-
1.2108	90 CrSi 5	0,85-0,95	1,05-1,25	0,60-0,80	0,035	0,035	1,10-1,30	-	-	-
1.2109	125 CrSi 5	1,20-1,30	1,05-1,25	0,60-0,80	0,035	0,035	1,10-1,30	-	-	-
1.2201	x165 CrV 12	1,55-1,75	0,25-0,40	0,20-0,40	0,035	0,035	11,00-12,00	-	0,07-0,12	-
1.2206	140 CrV 1	1,35-1,45	0,15-0,35	0,25-0,40	0,025	0,025	0,20-0,40	-	0,07-0,12	-
1.2210	115 CrV 3	1,10-1,25	0,15-0,30	0,20-0,40	0,035	0,035	0,50-0,80	-	0,07-0,12	-
1.2235	80 CrV 2	0,75-0,85	0,25-0,40	0,30-0,50	0,030	0,030	0,40-0,70	-	0,15-0,25	-
1.2376	x96 CrMoV 12	0,90-1,0	0,20-0,40	0,20-0,40	0,030	0,030	11,0-12,0	0,85-0,95	0,85-0,95	-
1.2378	x220 CrVMo 122	2,10-2,30	0,20-0,40	0,20-0,40	0,030	0,030	11,5-12,5	0,85-0,95	2,10-2,30	-
1.2436	x210 CrW 12	2,00-2,25	0,25-0,40	0,20-0,40	0,035	0,035	11,0-12,0	-	-	0,60-0,80
1.2442	115 W 8	1,10-1,20	0,15-0,30	0,20-0,40	0,035	0,035	0,15-0,25	-	-	1,80-2,10
1.2516	120 WV 4	1,15-1,25	0,15-0,30	0,20-0,35	0,035	0,035	0,15-0,25	-	0,07-0,12	0,90-1,10
1.2631	x50 CrMoW 911	0,45-0,55	0,80-1,00	0,40-0,60	0,035	0,035	8,00-9,00	1,10-1,30	-	1,10-1,30
1.2842	90 MnV 8	0,85-0,95	0,15-0,30	1,90-2,10	0,030	0,030	(0,20-0,50)	-	0,05-0,15	-

Πίνακας 4: Στοιχεία θερμικών κατεργασιών κραματούχων εργαλειοχαλύβων

Αριθμός προτύπου	Θερμηλασία [°C]	Ανόπτηση [°C]	Σκληρότητα [BHN]	Βαφή			Επαναφορά [°C]	Σκληρότητα [(RHN),]						
				[°C]	Νερό	Λάδι		Αέρας	Ανόπτηση σε °C					
									Βαμ-μένος	100	200	300	400	500
1.2002	1000-800	700-720	200	770-800	.	-	-	180-200	66	66	63	57	50	-
1.2003	1000-800	700-720	200	770-800	.	-	-	180-200	66	66	60	52	43	-
1.2004	1050-850	680-720	211	800-830	-	.	-	150-300	65	64	61	56	50	-
1.2059	1000-800	710-740	211	810-840	-	.	-	100-200	64	64	61	57	51	-
1.2063	1050-850	750-780	223	820-850	-	.	-	150-250	64	64	63	60	56	-
1.2067	1050-850	740-770	211	830-860	-	.	-	100-180	64	64	63	60	-	-
1.2080	1050-850	800-830	231	930-980	-	.	.	180-250	63	63	62	60	58	-
1.2108	1050-850	710-740	230	830-850	-	.	-	180-250	65	65	62	58	54	-
1.2109	1050-850	710-740	231	830-860	-	.	-	180-250	64	64	62	58	-	-
1.2201	1050-850	800-830	231	960-1000	-	.	-	180-250	64	64	63	60	58	-
1.2206	1000-850	710-740	211	770-800	.	-	-	100-150	66	65	62	58	-	-
1.2210	1050-850	710-740	211	800-830	.	.	-	180-250	64	64	61	58	-	-
1.2235	1050-800	680-710	250	800-830	-	.	-	180-300	63	63	60	55	50	45
1.2376	1100-800	820-850	250	1010-1050	-	.	-	180-500	62	62	61	59	57	58
1.2378	1000-850	870-900	255	1050-1100	-	.	.	550-570	63	62	61	59	59	62
1.2436	1000-850	800-830	239	930-980	-	.	.	180-250	64	64	63	60	58	-
1.2442	1050-850	710-750	219	800-830	-	.	-	180-250	66	65	63	60	55	-
1.2516	1050-850	710-740	219	780-810	.	-	-	180-250	65	65	62	60	-	-
1.2631	1100-850	750-800	228	1020-1050	-	.	-	180-300	58	58	57	56	55	-
1.2842	1050-850	690-720	211	760-820	-	.	-	150-250	64	64	62	58	-	-

3. ΧΥΤΟΚΡΑΜΑΤΑ - ΣΤΕΛΜΙΤΕΣ

- Μη σιδηρούχα κράματα αποτελούμενα από Co (κυρίως), Cr, W, C.
- Αντιπροσωπευτική σύνθεση: $\pi(\text{Co})=40\div 50\%$, $\pi(\text{Cr})=27\div 32\%$, $\pi(\text{W})=14\div 29\%$, $\pi(\text{C})=2\div 4\%$.
- Δεν επιδέχονται θερμική κατεργασία και κυκλοφορούν υπό τη μορφή χυτών πλακιδίων.
- Σκληρότητα μικρότερη των ταχυχαλύβων, διατήρησή της όμως σε υψηλότερες θερμοκρασίες.
- Ευπαθή σε κρούσεις.
- Υψηλές ταχύτητες κοπής (μέχρι 60 m/min) με μέτριες προώσεις.

Πίνακας 5: Τυπικά χαρακτηριστικά χυτοκραμάτων

Φυσικές και μηχανικές ιδιότητες	Χημική σύνθεση [%]																			
	Co Cr W C άλλα ⁴				Co Cr W C άλλα				Co Cr W C άλλα				Co Cr W C άλλα							
	53	31	10	1,5	4	52	30	11	2,5	4	41	32	17	2,5	4	38	30	18	2,0	12
Πυκνότητα [g/cm ³]	8,36				8,38				8,76				8,63							
Σημείο τήξεως [°C]	1256-1298				1235-1320				1166-1332				1139-1314							
Μέγιστη αντοχή [daN/mm ²] ¹	75				58				51				51							
Όριο διαρροής [daN/mm ²]	Προσεγγίζει τη μέγιστη αντοχή																			
Ολκιμότητα [%]	0-1				0				0				0							
Σκληρότητα [RHN _c]	58				60				61,5				62,5							
Αντοχή θλίψεως [daN/mm ²] ²	210				217				230				250							
Δυσθραυστότητα [daNcm] ³	170				100				50				45							
Μέτρο ελαστικότητας [daN/mm ²]	2,7 × 10 ⁴				2,3 × 10 ⁴				2,5 × 10 ⁴				2,7 × 10 ⁴							

1. Δοκίμιο διαμέτρου αρχικής διατομής 1/4 in.
2. Δοκίμιο διαμέτρου αρχικής διατομής 3/8 in.
3. Δοκιμασία δυσθραυστότητας κατά IZOD σε τετραγωνικά δοκίμια με πλευρά 0,394 in. χωρίς εγκοπή.
4. άλλα: λοιπά στοιχεία περιεχόμενα στο κράμα.

4. ΤΑΧΥΧΑΛΥΒΕΣ

- Υλικό ΚΕ με ευρύτατη εφαρμογή.
- Καλύπτει όλη την περιοχή των ταχυτήτων κοπής, από τις πολύ χαμηλές μέχρι και τις υψηλές τιμές (~60 m/min).

- Από απόψης σύνθεσης διακρίνονται σε 3 κατηγορίες, βλ. Πίν. 6:

Κατηγορία Α: Με υψηλό ποσοστό W.

Κατηγορία Β: Με υψηλό ποσοστό Mo.

Κατηγορία C: Με μέση συμμετοχή W και Mo.

Πίνακας 6: Τυπικές συνθέσεις ταχυχαλύβων

Κατηγορία	W	Cr	Mo	V	Co	C	Fe
A	18	4	0.5	5	-	0.8	Υπόλοιπο
B	2	4	9	1	-	0.8	
C	6	4	5	2	5	0.85	

Πίνακας 7: Τυποποίηση ταχυχαλύβων κατά DIN

Αριθμός προτύπου	Συμβολισμός	Χημική ανάλυση									
		C [%]	Si [%]	Mn [%]	P ≤ [%]	S ≤ [%]	Co [%]	Cr [%]	Mo [%]	V [%]	W [%]
1.3202	S 12-1-4-5 (EV 4 Co)	1,30-1,45	0,45	0,40	0,030	0,030	4,50-5,00	3,80-4,50	0,70-1,00	3,50-4,00	11,50-12,50
1.3207	S 10-4-3-10 (EW 9 Co 10)	1,20-1,35	0,45	0,40	0,030	0,030	10,00-11,00	3,80-4,50	3,50-4,00	3,00-3,50	9,50-11,00
1.3211	S 12-1-2-3 (ECo 3)	0,77-0,85	0,45	0,40	0,030	0,030	2,50-3,00	3,80-4,50	0,70-1,00	1,70-2,00	11,50-12,50
1.3215	S 12-1-5-5	1,40-1,60	0,50	0,50	0,030	0,030	4,50-5,50	4,50-5,50	0,70-1,00	4,50-5,50	11,00-13,00
1.3243	S 6-5-2-5 (EMo 5 Co 5)	0,88-0,96	0,45	0,40	0,030	0,030	4,50-5,00	3,80-4,50	4,70-5,20	1,70-2,00	6,00-6,70
1.3245	S 18-0-2-2 (E 18 Co 3)	0,73-0,81	0,45	0,40	0,030	0,030	2,20-2,60	4,00-4,50	0,40-0,60	1,40-1,70	17,50-18,50
1.3247	S 2-10-1-8	1,05-1,12	0,35	0,35	0,025	0,025	7,50-8,50	3,60-4,40	9,00-10,00	1,00-1,30	1,20-1,80
1.3249	S 2-9-2-8	0,85-0,92	0,45	0,40	0,030	0,030	7,75-8,75	3,50-4,20	8,00-9,20	1,80-2,20	1,50-2,00
1.3251	S 12-1-2-5 (ECo 5)	0,75-0,82	0,45	0,40	0,030	0,030	4,50-5,00	4,00-4,50	1,00-1,50	1,70-2,00	12,00-13,00
1.3255	S 18-1-2-5 (E 18 Co 5)	0,75-0,83	0,45	0,40	0,030	0,030	4,50-5,00	3,80-4,50	0,50-0,80	1,40-1,70	17,50-18,50
1.3257	S 18-1-2-15 (E 18 Co 15)	0,60-0,70	0,45	0,40	0,030	0,030	15,00-16,00	3,80-4,50	0,50-1,00	1,40-1,70	17,50-18,50
1.3265	S 16-1-2-10 (E 18 Co 10)	0,72-0,80	0,45	0,40	0,030	0,030	9,00-10,00	3,80-4,50	0,50-0,80	1,40-1,70	17,50-18,50
1.3302	S 12-1-4 (EV 4)	1,20-1,35	0,45	0,40	0,030	0,030	-	3,80-4,50	0,70-1,00	3,50-4,00	11,50-12,50
1.3316	S 9-1-2 (ABC II)	0,78-0,86	0,45	0,40	0,030	0,030	-	3,80-4,50	0,70-1,00	1,40-1,70	8,00-9,00
1.3318	S 12-1-2 (D)	0,90-1,00	0,45	0,40	0,030	0,030	-	3,80-4,50	0,70-1,00	2,30-2,60	11,50-12,50
1.3333	S 3-3-2 (ABC III)	0,95-1,03	0,45	0,40	0,030	0,030	-	3,80-4,50	2,50-2,80	2,20-2,50	2,70-3,00
1.3342	SC 6-5-2	0,95-1,05	0,35	0,35	0,025	0,025	-	3,80-4,50	4,70-5,20	1,70-2,00	6,00-6,70
1.3343	S 6-5-2 (D Mo 5)	0,84-0,92	0,45	0,40	0,030	0,030	-	3,80-4,50	4,70-5,20	1,70-2,00	6,00-6,70
1.3344	S 6-5-3 (EMo 5 V 3)	1,17-1,27	0,45	0,40	0,030	0,030	-	3,80-4,50	4,70-5,20	2,70-3,20	6,00-6,70
1.3346	S 2-9-1 (BMo 9)	0,78-0,86	0,45	0,40	0,030	0,030	-	3,50-4,20	8,00-9,20	1,00-1,30	1,50-2,00
1.3348	S 2-9-2 (BMo 9 V)	0,97-1,07	0,45	0,40	0,030	0,030	-	3,50-4,20	6,00-9,20	1,80-2,20	1,50-2,00
1.3355	S 18-0-1 (B 18)	0,70-0,78	0,45	0,40	0,030	0,030	-	3,80-4,50	—	1,00-1,20	17,50-18,50
1.3357	S 18-0-2 (C 18)	0,82-0,87	0,45	0,40	0,030	0,030	-	3,60-4,50	(0,40-0,60)	1,80-2,20	18,00-19,00

- Συμβολή των κραματικών στοιχείων

W: Σχηματίζει σύνθετα καρβίδια με τα καρβίδια του Fe, με αποτέλεσμα την εξασφάλιση της σκληρότητας σε υψηλές θερμοκρασίες.

Mo: Ομοίως

Co: Διαλύεται στο φερριτικό ιστό του χάλυβα, με συνέπεια την ανύψωση του σημείου αναक्रυστάλλωσης και τη διατήρηση της σκληρότητας σε υψηλότερες θερμοκρασίες (λόγω μηχανισμού σκλήρυνσης και όχι λόγω θερμικής κατεργασίας).

V: Εμποδίζει την ανάπτυξη μεγάλου μεγέθους κόκκων στις υψηλές θερμοκρασίες (κατά τη θερμική τους κατεργασία). Ευνοεί το σχηματισμό ελεύθερων πολύ σκληρών καρβιδίων που συντελούν στην αύξηση της αντοχής σε φθορά σε όλες τις θερμοκρασίες κοπής.

- Η βαφή τους είναι πολύπλοκη διαδικασία και απαιτεί ιδιαίτερη εμπειρία. Η θερμοκρασία βαφής είναι της τάξης των 1200÷1300°C, αλλά αποκλίσεις της τάξης των 20÷30°C από την

προδιαγεγραμμένη τιμή μπορεί να οδηγήσει σε αντίθετα αποτελέσματα (μείωση σκληρότητας). Η βαφή γίνεται σε λάδι ή ειδικά λουτρά αλάτων και ακολουθεί ήρεμη απόψυξη σε ρεύμα αέρα.

• ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΑΧΥΧΑΛΥΒΩΝ

- Μεγάλη αντοχή σε φθορά.
- Διατήρηση της σκληρότητας μέχρι τους 600°C περίπου.
- Ικανοποιητική αντοχή σε κρούσεις και κραδασμούς.
- Μικρό σχετικά κόστος κτήσης
- Ευχερής και οικονομική επανατρόχιση.

Πίνακας 8: Τυποποίηση ταχυχαλύβων κατά AISI

Τυποποίηση AISI	Χημική σύνθεση									Αριθμός Γερμανικού προτύπου	Αντοχή σε φθορά ¹	Αντοχή σε επαναφορά ¹	
	C [%]	Si [%]	Mn [%]	Co [%]	Cr [%]	Mo [%]	V [%]	W [%]	Έτερα [%]				
M 1	0,78-0,85	0,10-0,40	0,10-0,40	-	3,75-4,00	8,00-9,00	1,00-1,25	1,50-1,65	-	-	1.3346	ΔΚ	ΔΚ
M 2	0,80-0,85	0,10-0,40	0,10-0,40	-	4,00-4,25	4,75-5,25	1,70-2,10	6,00-6,50	-	-	1.3343	ΔΚ	ΔΚ
M 3	1,00-1,10	0,10-0,40	0,10-0,40	-	4,00-4,25	5,70-6,25	2,40-2,55	6,00-6,25	-	-	-	ΔΚ	ΔΚ
M 3	1,10-1,20	0,10-0,40	0,10-0,40	-	4,00-4,25	5,00-6,25	3,00-3,30	5,60-6,25	-	-	1.3344	ΔΚ	ΔΚ
M 4	1,25-1,30	0,10-0,40	0,10-0,40	-	4,25-4,50	4,50-4,75	3,75-4,25	5,50-6,00	-	-	-	A	ΔΚ
M 6	0,75-0,80	0,10-0,40	0,10-0,40	11,5-12,5	3,75-4,25	4,75-5,25	1,25-1,55	3,75-4,25	-	-	-	ΔΚ	ΔΚ
M 7	0,97-1,03	0,10-0,40	0,10-0,40	-	3,75-4,00	8,50-8,75	1,90-2,10	1,50-1,75	-	-	1.3348	ΔΚ	ΔΚ
M 8	0,80-0,85	0,10-0,40	0,10-0,40	-	4,00-4,50	4,30-4,70	1,35-1,65	5,25-5,75	Cb 1,25	-	-	ΔΚ	ΔΚ
M 10	0,85-0,90	0,10-0,40	0,10-0,40	-	4,00-4,25	8,00-8,50	1,90-2,10	-	-	-	1.3345	ΔΚ	ΔΚ
M 15	1,50-1,60	0,10-0,40	0,10-0,40	4,75-5,25	4,00-4,75	3,00-5,00	4,75-5,25	6,25-6,75	-	-	-	A	A
M 30	0,80-0,85	0,10-0,40	0,10-0,40	4,75-5,25	3,75-4,25	8,25-8,50	1,10-1,40	1,50-1,80	-	-	1.3249	ΔΚ	A
M 33	0,85-0,95	0,10-0,40	0,10-0,40	7,75-8,25	3,50-4,00	9,25-9,75	1,00-1,30	1,30-1,70	-	-	1.3249	-	-
M 33	1,05-1,10	0,10-0,40	0,10-0,40	7,75-8,25	3,50-4,00	9,25-9,75	1,05-1,25	1,30-1,70	-	-	-	-	-
M 34	0,87-0,93	0,10-0,40	0,10-0,40	8,00-8,50	3,50-4,00	8,45-8,95	1,85-2,25	1,30-1,60	-	-	-	ΔΚ	A
M 35	0,80-0,85	0,10-0,40	0,10-0,40	4,75-5,25	3,90-4,40	4,75-5,25	1,75-2,15	6,15-6,65	-	-	1.3243	ΔΚ	A
M 36	0,80-0,90	0,10-0,40	0,10-0,40	7,75-9,00	3,75-4,25	4,25-5,25	1,65-2,00	5,50-6,00	-	-	-	ΔΚ	A
T 1	0,70-0,75	0,10-0,40	0,10-0,40	-	4,00-4,10	0,70	1,00-1,20	18,00-18,25	-	-	1.3355	ΔΚ	ΔΚ
T 2	0,80-0,85	0,10-0,40	0,10-0,40	-	4,00-4,25	0,50-0,75	2,00-2,15	18,00-18,50	-	-	1.3357	ΔΚ	ΔΚ
T 2	0,95-0,98	0,10-0,40	0,10-0,40	-	4,00-4,25	0,50-0,75	2,00-2,15	18,00-18,50	-	-	-	ΔΚ	ΔΚ
T 3	1,08-1,13	0,10-0,40	0,10-0,40	-	4,00-4,25	0,70-0,90	2,90-3,30	18,00-18,50	-	-	-	ΔΚ	ΔΚ
T 4	0,70-0,75	0,10-0,40	0,10-0,40	4,75-5,25	4,00-4,50	0,60-0,80	1,00-1,25	18,00-19,00	-	-	1.3255	ΔΚ	A
T 5	0,77-0,85	0,10-0,40	0,10-0,40	7,60-9,00	4,00-4,50	0,65-1,00	1,85-2,00	18,50-19,00	-	-	1.3265	ΔΚ	A
T 6	0,75-0,85	0,10-0,40	0,10-0,40	11,5-12,2	4,00-4,50	0,60-0,80	1,60-2,00	18,75-20,00	-	-	-	ΔΚ	A
T 7	0,70-0,75	0,10-0,40	0,10-0,40	-	4,50-5,00	-	1,50-1,80	13,50-14,50	-	-	1.3321	ΔΚ	ΔΚ
T 8	0,75-0,80	0,10-0,40	0,10-0,40	5,00-5,25	3,75-4,25	0,75	2,00-2,25	13,75-14,00	-	-	1.3251	ΔΚ	A
T 9	1,22-1,28	0,10-0,40	0,10-0,40	-	3,75-4,25	0,75	3,75-4,25	18,00-18,50	-	-	-	A	ΔΚ
T 15	1,50-1,60	0,10-0,40	0,10-0,40	4,75-5,25	4,50-4,75	0,50	4,75-5,00	12,50-13,50	-	-	1.3202	A	A

1. ΔΚ: Λίαν καλή. A: Άριστη σε σχέση και προς τους υπόλοιπους χάλυβες εργαλείων.

• ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΤΑΧΥΧΑΛΥΒΩΝ

- (i) Με *σύντηξη* του μίγματος. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι ο ανομοιογενής σχηματισμός των καρβιδίων κατά τη φάση στερεοποίησης που συντελεί στη μείωση της απόδοσης του ΚΕ.
- (ii) Με *κονιομεταλλουργία* και *πυροσυσσωμάτωση*. Η μέθοδος αποδίδει πιο ομοιογενή δομή στον ταχυχάλυβα και τα αντίστοιχα ΚΕ τροχίζονται ευκολότερα, είναι λιγότερο ευαίσθητα στη θερμική τους κατεργασία και έχουν υψηλότερη κοπτική ικανότητα. Μειονέκτημα της μεθόδου είναι είναι το υψηλό κόστος.

Πίνακας 9: Στοιχεία θερμικών κατεργασιών ταχυχαλύβων κατά DIN

Αριθμός προτύπου	Θερμηλασία [°C]	Ανόπτηση [°C]	Βαφή [°C]	Επαναφορά [°C]	Σκληρότητα ύστερα από επαναφορά \geq RHN _c
1.3202	1100-900	780-810	1220-1260	560-580	65
1.3207	1100-900	800-830	1210-1250	550-570	65
1.3211	1100-900	770-820	1220-1260	560-580	64
1.3215	1100-900	770-820	1220-1270	570-590	64
1.3243	1100-900	790-820	1210-1250	550-570	64
1.3245	1150-900	770-820	1220-1270	560-580	64
1.3247	1050-900	770-820	1180-1210	510-540	67
1.3249	1100-900	790-820	1190-1230	550-570	64
1.3251	1150-900	770-820	1240-1280	550-570	65
1.3255	1150-900	820-850	1260-1300	560-580	64
1.3257	1150-900	820-850	1260-1300	560-580	64
1.3265	1150-900	820-850	1260-1300	560-580	64
1.3302	1100-900	780-810	1220-1260	560-580	65
1.3316	1100-900	770-820	1210-1250	540-560	64
1.3318	1100-900	780-810	1230-1270	550-570	64
1.3333	1100-900	780-790	1180-1220	530-550	64
1.3342	1050-900	770-820	1180-1220	540-560	65
1.3343	1100-900	790-820	1200-1240	540-560	64
1.3344	1100-900	770-820	1200-1240	550-570	64
1.3346	1100-900	790-820	1180-1220	530-550	64
1.3340	1100-900	780-810	1190-1230	540-560	64
1.3355	1150-900	820-850	1250-1290	550-570	64
1.3357	1150-900	820-850	1250-1290	550-570	64

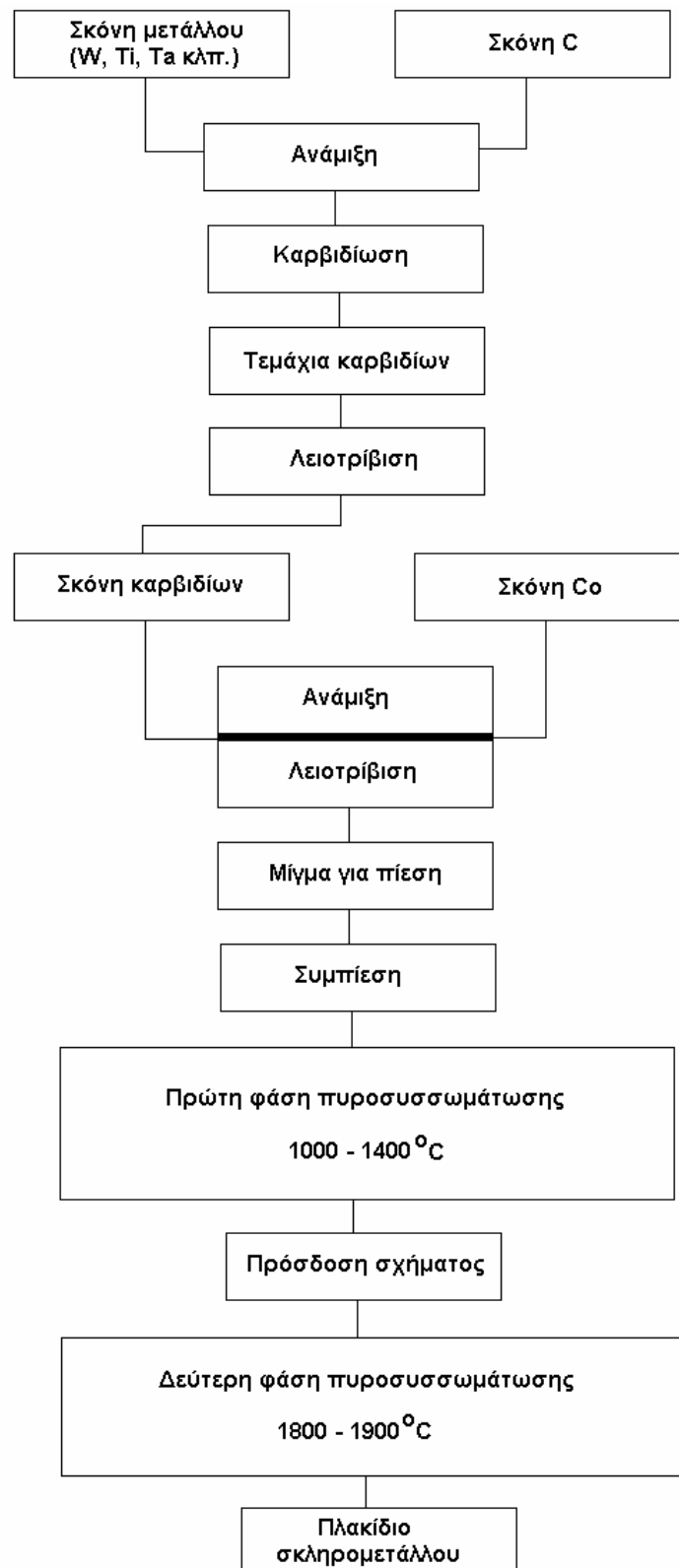
Πίνακας 10: Χρήσεις ταχυχαλύβων

Αριθμός Γερμανικού προτύπου	Αμερικανική τυποποίηση AISI	Βιομηχανικές χρήσεις
1.3202	T 15	Κοπτικά εργαλεία εκχονδρίσεως και αποπερατώσεως ύψιστης αντοχής σε φθορά.
1.3207	-	Εργαλεία τορνεύσεως, ιδιαίτερα για κατεργασία σε αυτόματο τόρνο.
1.3211	-	Εργαλεία τορνεύσεως, φραιζες με καλή αντοχή σε επαναφορά.
1.3243	M 35	Τρύπανα αντοχής σε μεγάλες καταπονήσεις, εργαλεία αποκοπής κάθε είδους.
1.3245	-	Φραιζες, εργαλεία εκχονδρίσεως και αποπερατώσεως με αυξημένη δυσθραυστότητα.
1.3249	M 30, M 33	Φραιζες, εργαλεία εκχονδρίσεως σε μεγάλες καταπονήσεις.
1.3251	T 8	Εργαλεία τορνεύσεως και φραιζες για βαρείες κατεργασίες χαλύβων και χυτοσιδήρων.
1.3255	T 4	Εργαλεία τορνεύσεως και πλανίσματος μεγάλης καταπονήσεως και αυξημένης δυσθραυστότητας.
1.3265	T 5	Εργαλεία τορνεύσεως, φραιζες αυξημένης αντοχής σε επαναφορά.
1.3302	-	Εργαλεία αποπερατώσεως, φραιζες, εργαλεία αποκοπής, εργαλεία αυλακώσεως.
1.3316	-	Φραιζες, τρύπανα, σπειροτόμοι για κατεργασία μαλακών μεταλλικών υλικών.
1.3318	-	Εργαλεία τορνεύσεως, φραιζες για κατεργασία σκληρών μεταλλικών υλικών.
1.3333	-	Τρύπανα, φραιζες, εργαλεία αυλακώσεως.
1.3343	M 2	Τρύπανα, φραιζες, εργαλεία αυλακώσεως.
1.3344	M 3	Φραιζες βαρειάς εργασίας, γλύφανα, εργαλεία αυλακώσεως.
1.3346	M 1	Τρύπανα, σπειροτόμοι, φραιζες για υλικά με αυξημένη μέγιστη αντοχή.
1.3348	M 7	Φραιζες για σκληρά υλικά.
1.3355	T 1	Τρύπανα, σπειροτόμοι, φραιζες.
1.3357	T 2	Τρύπανα, σπειροτόμοι, φραιζες, γλύφανα και άλλα κοπτικά εργαλεία.

5. ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΑΛΛΑ

- Διακρίνονται σε *απλά* (κλασικά) και *επενδυμένα* σκληρομέταλλα.
- Ονομάζονται και *βίντια* (από το γερμανικό Wie Diamant = όπως το διαμάντι) λόγω της αυξημένης σκληρότητάς τους.
- Αποτελούνται από καρβίδια βαρέων μετάλλων (υψηλού σημείου τήξης), κατά βάση από WC σε συνδυασμό με TiC, TaC, MoC και VC. Ως συνδετική ύλη χρησιμοποιείται συνήθως Co και σπανιότερα σε ειδικές περιπτώσεις Ni και Fe.
- Παρασκευάζονται αποκλειστικά με τη μέθοδο της κonioμεταλλουργίας και πυροσυσσωμάτωσης, όπως περιγράφεται στο Σχ. 1.

Μεταξύ της πρώτης και δεύτερης φάσης πυροσυσσωμάτωσης γίνεται η πρόσδοση της τελικής μορφής του πλακιδίου σκληρομετάλλου, ενώ μετά και τη δεύτερη φάση παρατηρείται μείωση όγκου του πλακιδίου κατά 20÷30%. Περαιτέρω πρόσδοση μορφής στο ΚΕ γίνεται μόνο με λείανση με τροχούς SiC ή με διαμαντοτροχούς.



Σχήμα 1: Διάγραμμα παραγωγής σκληρομετάλλων

Η σύνθεση των σκληρομετάλλων ποικίλει ανάλογα με το υλικό του κατεργάσιμου τεμαχίου και το είδος της κατεργασίας κοπής (τόρνευση, φρεζάρισμα, πλάνιση, ξεχόντρισμα, φινίρισμα κ.ο.κ.). Απαιτείται λοιπόν πολύ προσεκτική επιλογή τους.

- ΠΡΟΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΑΛΛΩΝ

(α) *Κατά ISO 813 ή κατά DIN 4990*

Τα σκληρομέταλλα κατατάσσονται σε 3 κατηγορίες που συμβολίζονται με τα γράμματα P, M και K και έχουν διακριτικό χρώμα μπλε, κίτρινο και κόκκινο, αντίστοιχα.

Κάθε κατηγορία έχει μια σειρά από ποιότητες που χαρακτηρίζονται από διψήφιους αριθμούς (αριθμοί ποιότητας). Η κατηγορία P έχει τις ποιότητες 01, 10, 20, 25, 30, 40 και 50, η κατηγορία M τις ποιότητες 10, 20, 30 και 40 και η κατηγορία K τις ποιότητες 01, 05, 10, 20, 30 και 40.

Ελάττωση του αριθμού ποιότητας σημαίνει αύξηση της σκληρότητας και της αντοχής σε φθορά λόγω τριβής του σκληρομετάλλου και μείωση της δυσθραυστότητάς του.

Στον Πίν. 2 δίνονται οι κατηγορίες και ποιότητες των σκληρομετάλλων με πληροφορίες για τη σύνθεση, τις ιδιότητες και τη χρήση τους.

(β) *Αμερικανική προτυποποίηση*

Διακρίνει δύο μεγάλες κατηγορίες σκληρομετάλλων:

- Σκληρομέταλλα με βάση το WC και συνδετικό υλικό Co και με μικρές προσθήκες TiC και TaC που δεν υπερβαίνουν το 5% κ.β. Τα σκληρομέταλλα αυτά εμπίπτουν στην ομάδα K κατά την προτυποποίηση ISO.

Τυπική συνηθέστερη σύνθεση:

$\pi(\text{Co}) : 8 \div 14\%$

$\pi(\text{TiC} + \text{TaC}) : 0 \div 2\%$

$\pi(\text{WC}) : 84 \div 96\%$.

- Σκληρομέταλλα με βάση το WC και συνδετικό υλικό Co, αλλά με μεγαλύτερες προσθήκες TiC και TaC (8÷42% κ.β). Τα σκληρομέταλλα αυτά εμπίπτουν στις κατηγορίες P και M κατά την προτυποποίηση ISO.

Τυπική συνηθέστερη σύνθεση:

$\pi(\text{Co}) : 3 \div 7\%$

$\pi(\text{TiC} + \text{TaC}) : 20 \div 42\%$

$\pi(\text{WC}) : 51 \div 77\%$.

- ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΑΛΛΩΝ

- Διατήρηση της σκληρότητας (περίπου 850 HB) σε υψηλές θερμοκρασίες (900÷1000°C), πρακτικά μη επηρεαζόμενη από την εκλυόμενη θερμότητα κοπής.
- Αντοχή σε φθορά πολλαπλάσια σε σύγκριση με τα άλλα υλικά ΚΕ.
- Μικρός συντελεστής θερμικής διαστολής και μεγάλη θερμική αγωγιμότητα.
- Μεγάλο μέτρο ελαστικότητας και όριο διαρροής (δηλ. είναι πολύ στιβαρά).
- Ψαθυρά υλικά με χαμηλή αντοχή σε εφελκυσμό.
- Ευαίσθητα σε κραδασμούς, κρούσεις και απότομες μεταβολές φορτίου και θερμοκρασίας.
- Τάση για σχηματισμό ψευδοακμής σε χαμηλές ταχύτητες (μειονέκτημα έναντι ταχυχαλύβων).
- Δεν απαιτείται η χρήση υγρών κοπής (ξηρή κοπή), αλλά, όποτε εφαρμόζεται χρήση υγρών κοπής, η παροχή τους πρέπει να είναι συνεχής και μεγάλη (γιατί;).
- Η τρόχισή τους γίνεται με ειδικούς μαλακούς τροχούς, ενώ η τελική λείανση με διαμαντο-τροχούς.

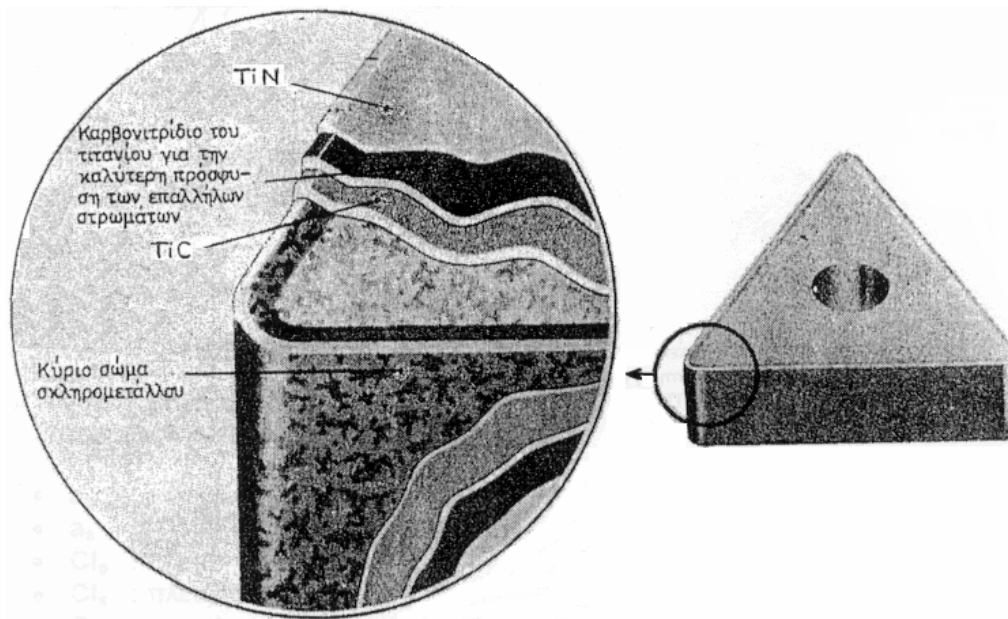
- ΕΠΕΝΔΥΜΕΝΑ ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΑΛΛΑ

- Πρώτη εμφάνιση τους το 1969-71.
- Είναι σκληρομέταλλα επικαλυμμένα με λεπτό στρώμα καρβιδίου του τιτανίου (TiC) ή νιτρίδιο του τιτανίου (TiN) πάχους 4÷8 μm.
- Τεχνικές επένδυσης: Χημική εναπόθεση με ατμό (CVD), φυσική εναπόθεση με ατμό (PVD).

Πίνακας 11: Προτυποποίηση, ιδιότητες και εφαρμογές των σκληρομετάλλων

Βασικές Ομάδες	Συμβολισμός	Υλικό	Είδος και συνθήκες κατεργασίας				
P χάλυβας, χυτοχάλυβας, σιδηρούχα, υλικά με συνεχές απόβλητο	P01	Χάλυβας, χυτοχάλυβας	Λεπτή τόνρευση και διάτρηση μεγάλες ταχύτητες κοπής, μικρές προώσεις		Μεγάλη ακρίβεια διαστάσεων πολύ καλή ποιότητα επιφάνειας κατεργασία χωρίς δονήσεις	↑ αυξανόμενη ταχύτητα κοπής ↓ αυξανόμενη αντοχή του σκληρομετάλλου σε φθορά	↑ αυξανόμενες προώσεις ↓ αυξανόμενη συνεκτικότητα του σκληρομετάλλου
	P10	χάλυβας, χυτοχάλυβας	Τόνρευση συνήθης και αντιγραφής, σπειρωτότητα, φρεζάρισμα. Μεγάλες ταχύτητες κοπής μικρές μέχρι μεσαίες προώσεις				
	P20	χάλυβας, χυτοχάλυβας, μαλεάμπλ με συνεχές απόβλητο	Τόνρευση συνήθης και αντιγραφής, σπειρωτότητα, φρεζάρισμα. μέσες ταχύτητες κοπής πλάνισμα με μικρές μέχρι μεσαίες προώσεις				
	P30	χάλυβας χυτοχάλυβας μαλεάμπλ με συνεχές απόβλητο	Τόνρευση πλάνισμα, φρεζάρισμα μέσες μέχρι χαμηλές ταχύτητες κοπής μέσες μέχρι μεγάλες προώσεις ακόμα και κάτω από ολιγότερο ευνοϊκές συνθήκες κατεργασίας [ⓐ]				
	P40	χάλυβας χυτοχάλυβας με εγκλεισμένα ψήγματα άμμου και κενά συστολής	Τόνρευση, πλάνισμα, εργασίες αυτομάτων χαμηλές ταχύτητες κοπής μεγάλες προώσεις δυνατή εφαρμογή μεγάλης γωνίας αποβλήτων από μη ευνοϊκές συνθήκες εργασίας [ⓐ]				
	P50	χάλυβας χυτοχάλυβας μέσης και χαμηλής αντοχής επίσης με εγκλεισμένα ψήγματα άμμου και κενά συστολής	Τόνρευση, πλάνισμα, εργασ. αυτομάτων χαμηλές ταχύτητες κοπής μεγάλες προώσεις	δυνατή χρήση μεγάλης γωνίας αποβλήτου από μη ευνοϊκές συνθήκες εργασίας [ⓐ] και με μεγάλες απαιτήσεις για τη συνεκτικότητα του σκληρομετάλλου.			
M χάλυβας, μαγναλιούχος χάλυβας, ωστενικοί χάλυβες, χάλυβες αυτομάτων, χυτοχάλυβες, χυτοσίδηρος και κράματα του, χυτοσίδηρος σφαιροειδούς γραφίτη χυτοσίδηρος μαλεάμπλ, μη σιδη- ρούχα μέταλλα	M10	χάλυβας, μαγναλιούχος χάλυβας χυτοχάλυβας χυτοσίδηρος και κράματα του	Τόνρευση μέσες μέχρι υψηλές ταχύτητες κοπής μικρές μέχρι μέσες προώσεις			↑ αυξανόμενη ταχύτητα κοπής ↓ αυξανόμενη αντοχή του σκληρομετάλλου σε φθορά	↑ αυξανόμενες ταχύτητες προώσεις ↓ αυξανόμενη συνεκτικότητα του σκληρομετάλλου
	M20	χάλυβας ωστεντικός χάλυβας μαγναλιού- χος	χυτοσίδηρος, χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη, χυτοσίδηρος μαλεάμπλ	Τόνρευση, φρεζάρισμα μέσες ταχύτητες κοπής μέσες προώσεις			
	M30	χάλυβας ωστεντικοί χάλυβες κράματα αντοχής σε υψηλή θέρμανση χυτοχάλυβας χυτοσίδηρος	Τόνρευση, πλάνισμα, φρεζάρισμα μέσες ταχύτητες κοπής μέσες μέχρι μεγάλες προώσεις				
	M40	χάλυβας μικρής αντοχής χάλυβας αυτομάτων μη σιδηρούχα μέταλλα	Τόνρευση συνήθης, τόνρευση με εργαλεία μορφής, αποκοπής				
K χυτοσίδηρος, χυτοσίδηρος μαλεάμπλ με διακεκομμένο απόβλητο, σκληρός χυτοσίδηρος για κακίδες, μη σιδηρούχα μέταλλα, χάλυβας μικρής αντοχής, βαμμένος χάλυβας, τεχνητά υλικά, ξύλο, μη μεταλλικά υλικά.	K01	βαμμένος χάλυβας σκληρός χυτοσίδηρος κοκιλών με HRC ≤ 60 χυτοσίδηρος μεγάλης συγκρότητος κράματα αλουμινίου με υψηλή περιεκτικότητα σε πυρίτιο σκληρά τεχνητά υλικά, χάρτιμπορντ κεραμικά υλικά	Τόνρευση, λεπτή τόνρευση, λεπτή διάτρηση λεπτό φρεζάρισμα, στρώσιμο επίπεδης επιφάνειας			↑ αυξανόμενη ταχύτητα κοπής ↓ αυξανόμενη αντοχή του σκληρομετάλλου σε φθορά	↑ αυξανόμενη ταχύτητα κοπής ↓ αυξανόμενη συνεκτικότητα του σκληρομετάλλου
	K10	βαμμένος χάλυβας χυτοσίδηρος με HB ≥ 220 χυτοσίδηρος μαλεάμπλ με διακεκομμένο απόβλητο κράματα χαλκού πυριτιούχα κράματα αλουμινίου τεχνητά υλικά γυαλί, σκληρό ελαστικό πορσελάνη, χάρτιμπορντ, πετρώματα	Τόνρευση, διάτρηση, φρεζάρισμα, κώνου αλεξονόρισμα, κατασκευή αυλακώσεων στρώσιμο επίπεδης επιφάνειας				
	K20	χυτοσίδηρος με HB ≤ 220 χαλκός, ορείχαλκος, αλουμίνιο και συναφή μη σιδηρούχα μέταλλα, σκληρή ξυλεία	Τόνρευση, πλάνισμα, φρεζάρισμα κώνου αλεξονόρισμα κατασκευή αυλακώσεων με υψηλότερες απαιτήσεις για τη συνεκτικότητα του σκληρομετάλλου				
	K30	χάλυβας μικρής αντοχής χυτοσίδηρος χαμηλής σκληρότητας	Τόνρευση, πλάνισμα, φρεζάρισμα δυνατή χρήση μεγάλης γωνίας αποβλήτου υπό μη ευνοϊκές συνθήκες κατεργασίας [ⓐ]				
	K40	μη σιδηρούχα μέταλλα, μαλακή και σκληρή φυσική ξυλεία	Τόνρευση φρεζάρισμα δυνατή χρήση μεγάλης γωνίας αποβλήτου υπό μη ευνοϊκές συνθήκες κατεργασίας [ⓐ]				

ⓐ Περιπτώσεις μη ευνοϊκών συνθηκών κατεργασίας: α) ανομοιογενές υλικό β) σκληρές περιοχές επιφάνειας από χυτήριο ή σφυρηλάτηση γ) μεταβαλλόμενη σκληρότητα δ) μεταβαλλόμενο βάθος κοπής ε) διακοπτόμενη κοπή στ) εργασίες με δονήσεις και ζ) κομμάτια όχι κυλινδρικά.



Σχήμα 2: Επάλληλες στρώσεις επενδυμένου σκληρομετάλλου.

- ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

- Αυξημένη αντοχή σε φθορά έναντι των άλλων υλικών ΚΕ.
- Η χρήση τους είναι ευνοϊκότερη για μέτριες προώσεις της τάξης των $0.1 \div 0.8$ mm/στρ.
- Για την κατεργασία χαλύβων μέσης σύνθεσης οι επιτυγχανόμενες ταχύτητες κοπής είναι μέχρι και 100 m/min μεγαλύτερες από τις αντίστοιχες των κοινών σκληρομετάλλων.
- Δεν ενδείκνυται για την κοπή κραμάτων Al, Mg και Ti, των περισσότερων ανοξείδωτων χαλύβων και κραμάτων πλούσιων σε Ni.
- Επίσης, δεν ενδείκνυται για κατεργασίες αποπεράτωσης (λείανση) λόγω των μεγάλων σχετικά ακτίνων καμπυλότητας των κόψεων τους.
- Σήμερα, παράγονται επενδυμένα σκληρομέταλλα με πολλαπλές επάλληλες στρώσεις (Σχ. 2)

6. ΚΕΡΑΜΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

- Κατασκευάζονται με τη μέθοδο της κονιομεταλλουργίας.
- Το βασικό κοπτικό υλικό είναι σκόνη τεχνητού κορουνδίου (Al_2O_3) με συνδετικό μέσο μικρά ποσοστά πυρίμαχων οξειδίων Mg και Si.
- Η σκληρότητα τους είναι πολύ υψηλή (>90 HRC) και διατηρείται σε υψηλές θερμοκρασίες.
- Μεγάλη αντίσταση φθοράς και πολύ μικρή τάση διάχυσης.
- Ευαίσθητα σε καμπτική κόπωση, κρουστική φόρτιση και θερμοκρασιακές εναλλαγές.
- Κατασκευάζονται σε πλακίδια ορισμένων μορφών και συγκρατούνται σε μανέλες όπως τα σκληρομέταλλα.
- Επιτυγχάνονται ταχύτητες κοπής 2-3πλάσιες από εκείνες των σκληρομετάλλων.
- Χρησιμοποιούνται για την κοπή σχεδόν όλων των υλικών (πλην Al, Ti, Zr).
- Δεν χρησιμοποιούνται υγρά κοπής.
- Η χρήση τους σε μηχανές CNC συνεχώς διευρύνεται.

7. ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΟΣ ΑΔΑΜΑΣ

- ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΔΙΑΜΑΝΤΙΟΥ
 - Έχει πολύ μεγάλη σκληρότητα (περίπου 7000 HB) και μεγάλη αντοχή έναντι φθοράς (λόγω της ειδικής κρυσταλλικής δομής του). Η κόψη του παραμένει πρακτικά άφθαρτη σε συνεχή κοπή.
 - Είναι ψαθυρό υλικό και συνεπώς ευαίσθητο στις κρούσεις.
 - Δεν αντέχει στις υψηλές θερμοκρασίες κοπής (μέχρι 800°C).
 - Έχει πολύ μικρό συντελεστή τριβής με τα μέταλλα.
 - Δεν απαιτείται χρήση υγρού κοπής.
 - Έχει το μικρότερο συντελεστή θερμικής διαστολής από οποιοδήποτε άλλο καθαρό υλικό, υψηλή θερμική αγωγιμότητα και είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού.
- ΧΡΗΣΕΙΣ ΔΙΑΜΑΝΤΙΟΥ
 - Χρησιμοποιείται στις φάσεις φινιρίσματος (αποπεράτωση) σε ελαφρά μέταλλα και κράματα (Cu, Al, Ορείχαλκος), σκληρά τεχνητά υλικά και σπανιότερα στην κοπή βαμμένου χάλυβα και σκληρομετάλλων.
 - Απαιτεί μικρές γωνίες αποβλίττου, βάθη κοπής και προώσεις, αλλά χρησιμοποιείται σε πολύ ευρύ πεδίο ταχυτήτων κοπής (40-3000 m/min).
 - Αποδίδεται άριστη ποιότητα επιφάνειας κατεργασίας
 - Έχει απεριόριστη διάρκεια ζωής (πρακτικά απεριόριστη).
 - Υπάρχει ανάγκη χρήσης εργαλειομηχανών στιβαρών (στατικά και δυναμικά), με μεγάλη ακρίβεια μετάθεσης και κίνησης, καθώς επίσης και ειδικής μεθόδου συγκράτησης του διαμαντιού πάνω στη μανέλα του (με συγκόλληση ή σύσφιξη).

8. CBN (ΚΥΒΙΚΟΣ ΒΟΡΙΟΝΙΤΡΙΤΗΣ)

- Είναι συνθετικό υπέρσκληρο υλικό, δεύτερο κατά τάξη σκληρότητας μετά το διαμάντι. Υπερέχει όμως έναντι αυτού στο γεγονός ότι δεν οξειδώνεται στον αέρα και ότι αντέχει σε υψηλές θερμοκρασίες.
 - Πρόκειται για αλλοτροπική μορφή του βοριονιτρίτη και παρασκευάζεται με μεθόδους υψηλών θερμοκρασιών και πιέσεων.
 - Χρησιμοποιείται στην κοπή σιδηρούχων μετάλλων με μεγάλες ταχύτητες κοπής.
 - Τοποθετείται σε πλακίδια σκληρομετάλλου διαφόρων σχημάτων.
 - Έχει υψηλό κόστος κτήσης (60πλάσιο εκείνου του σκληρομετάλλου).
 - Στις ΗΠΑ κυκλοφορεί με την εμπορική ονομασία Borazon από την General Electric.
-

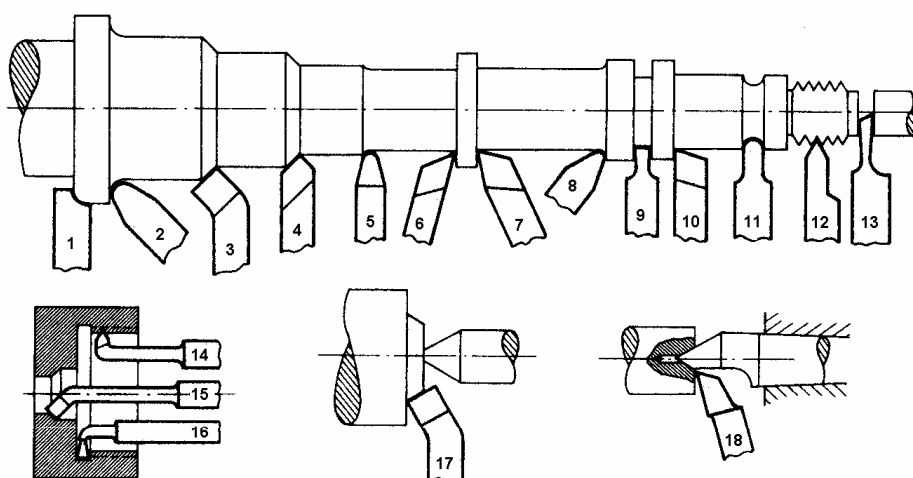
ΚΟΠΤΙΚΑ ΕΡΓΑΛΕΙΑ ΤΟΡΝΕΥΣΗΣ

1. ΚΕ ΑΠΟ ΤΑΧΥΧΑΛΥΒΑ

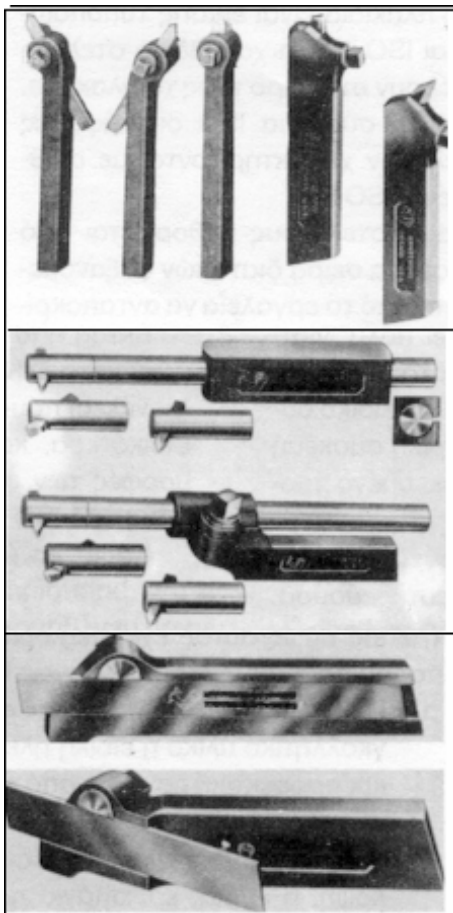


Σχήμα 1 Καθορισμός δεξιού ή αριστερού εργαλείου.

Κρατούμε το εργαλείο έτσι, ώστε το κοπτικό άκρο του να κατευθύνεται προς εμάς. Αν η κύρια κόψη βρίσκεται δεξιά, το εργαλείο χαρακτηρίζεται ως δεξιό, αν βρίσκεται αριστερά, χαρακτηρίζεται ως αριστερό.



Σχήμα 2 Βασικές μορφές εργαλείων τορνεύσεως από ταχυχάλυβα και αντίστοιχες περιπτώσεις τορνεύσεως. 1) Μορφής (στρογγυλεμένο κοίλο). 2) Μορφής (στρογγυλεμένο κυρτό). 3) Ξεχονδρίσματος λοξό. 4) Ξεχονδρίσματος ίσιο. 5) Τελειώματος ίσιο. 6) Προσώπου αριστερό. 7) Προσώπου δεξιό. 8) Μορφής. 9) Αυλακώσεως. 10) Μαχαίρι πλευρικό. 11) Μορφής. 12) Σπειρώματος εξωτερικό. 13) Αποκοπής. 14) Σπειρώματος εσωτερικό. 15) Ξεχονδρίσματος. 16) Αυλακώσεως. 17) Πρόσωπο. 18) Προσώπου για άκρο άξονα.



**ΚΕ για εξωτερική τόννευση
(ξεχόνδρισμα και φινίρισμα)**

**ΚΕ για εσωτερική τόννευση
(μανέλα με ρυθμιζόμενο μήκος)**

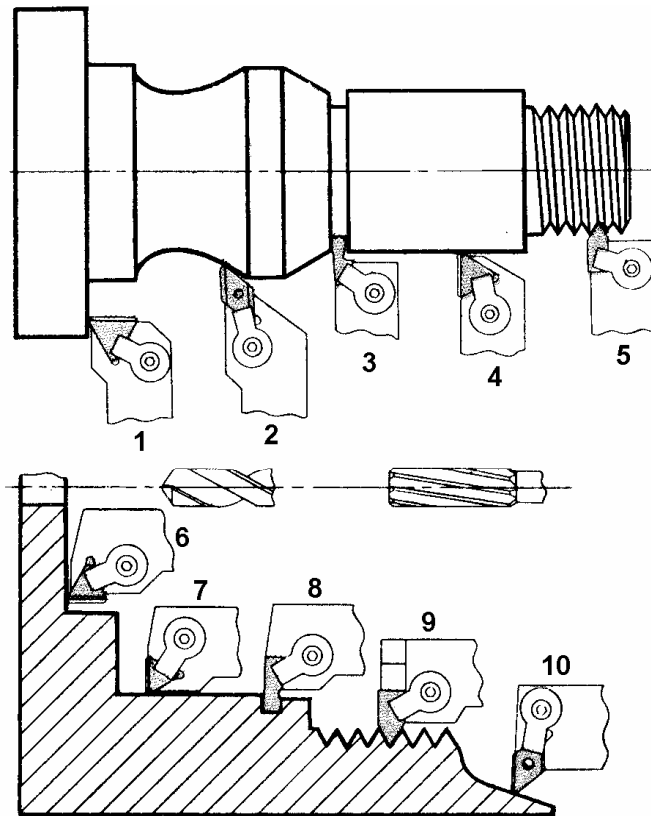
ΚΕ σχισίματος

Σχήμα 3 ΚΕ από ταχυχάλυβα σε κατάλληλες μανέλες

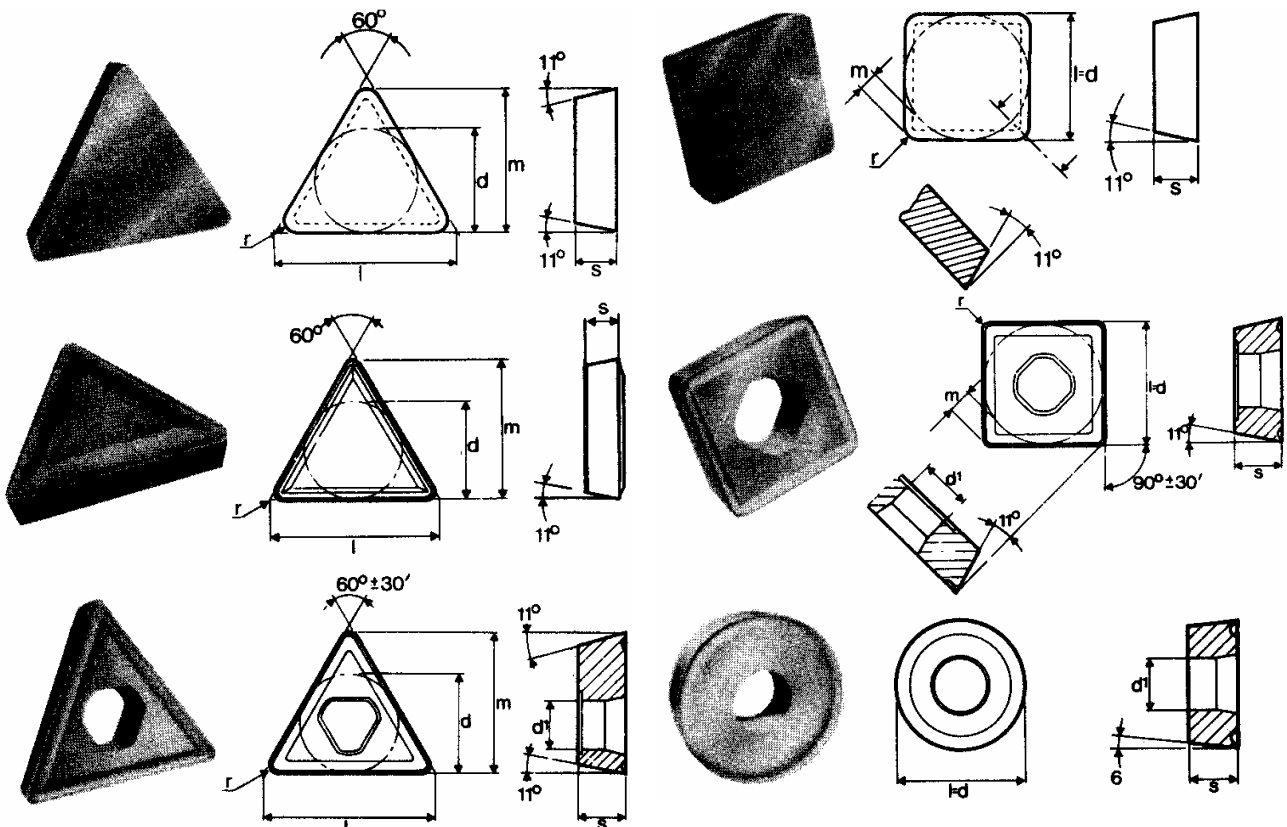
Μορφή	A	B	Γ	Δ	Ε
Διατομή					
Σχέση πλευρών	—	1:1	1:1:1	1.6:1 2:1 4:1	4:1

Σχήμα 4 Τυποποιημένες διατομές ραβδίων από ταχυχάλυβα για κοπτικά εργαλεία (DIN 4964).

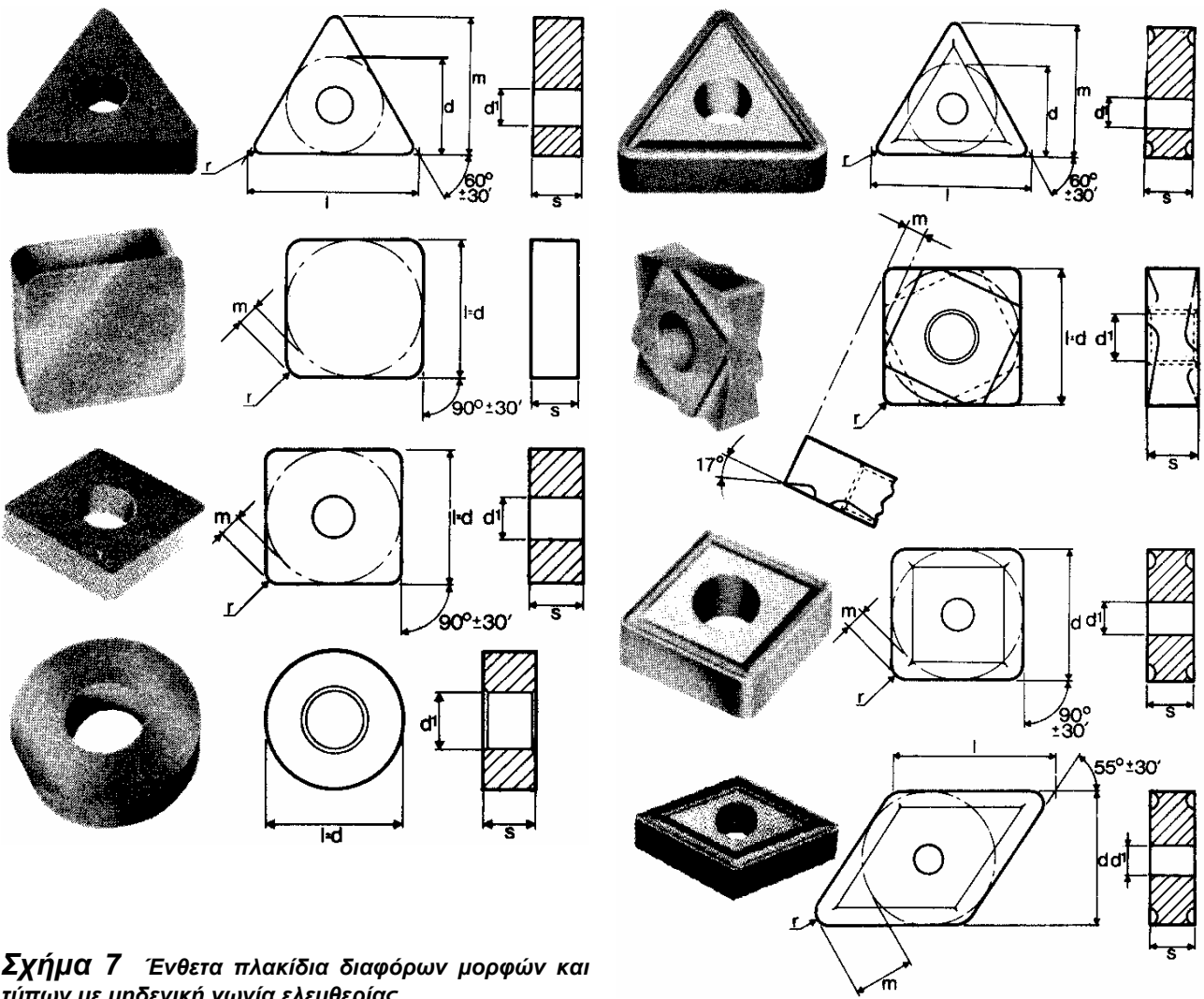
2. ΚΕ ΑΠΟ ΣΚΛΗΡΟΜΕΤΑΛΛΟ



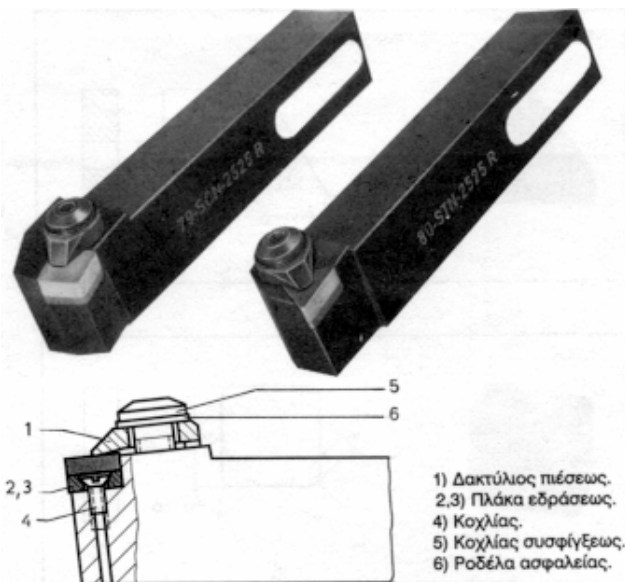
Σχήμα 5 Βασικές μορφές εργαλείων για εξωτερική και εσωτερική τόνρευση με ένθετα πλακίδια.



Σχήμα 6 Ένθετα πλακίδια σκληρομετάλλου διαφόρων μορφών και τύπων με θετική γωνία ελευθερίας

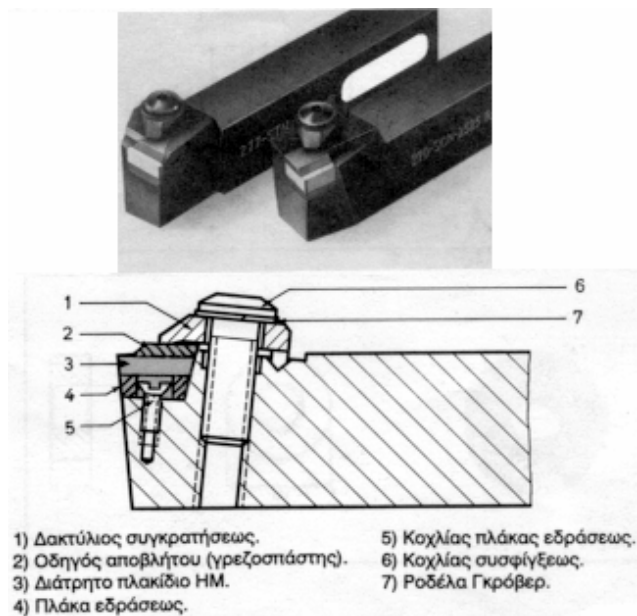


Σχήμα 7 Ένθετα πλακίδια διαφόρων μορφών και τύπων με μηδενική γωνία ελευθερίας



- 1) Δακτύλιος πείσεως.
- 2,3) Πλάκα εδράσεως.
- 4) Κοχλίας.
- 5) Κοχλίας συσφίξεως.
- 6) Ροδέλα ασφαλείας.

ΚΕ με απλή συγκράτηση πλακιδίου



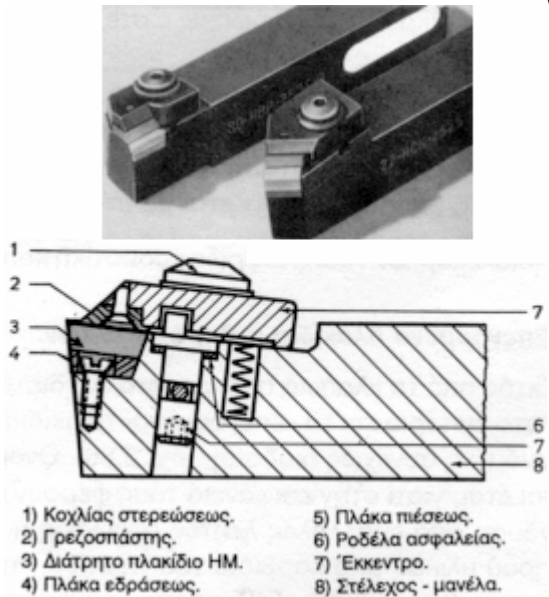
- 1) Δακτύλιος συγκράτησεως.
- 2) Οδηγός αποβλήτου (γρεζοσπάστης).
- 3) Διάτρητο πλακίδιο ΗΜ.
- 4) Πλάκα εδράσεως.
- 5) Κοχλίας πλάκας εδράσεως.
- 6) Κοχλίας συσφίξεως.
- 7) Ροδέλα Γκρόβερ.

ΚΕ με σταθερό οδηγό αποβλήτου

Σχήμα 8 Τρόποι συγκράτησης ενθέτων πλακιδίων σκληρομετάλλου

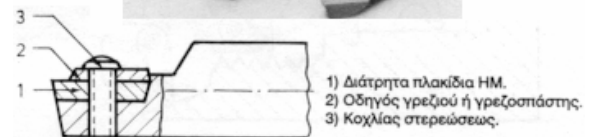
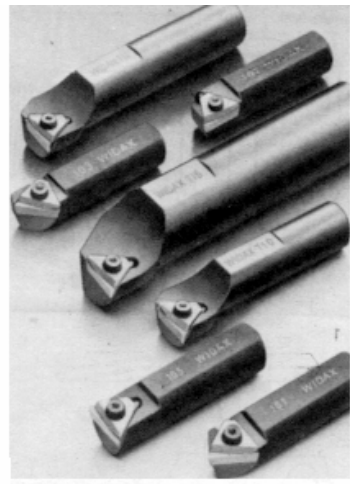
(Συνεχίζεται)

(Συνέχεια)



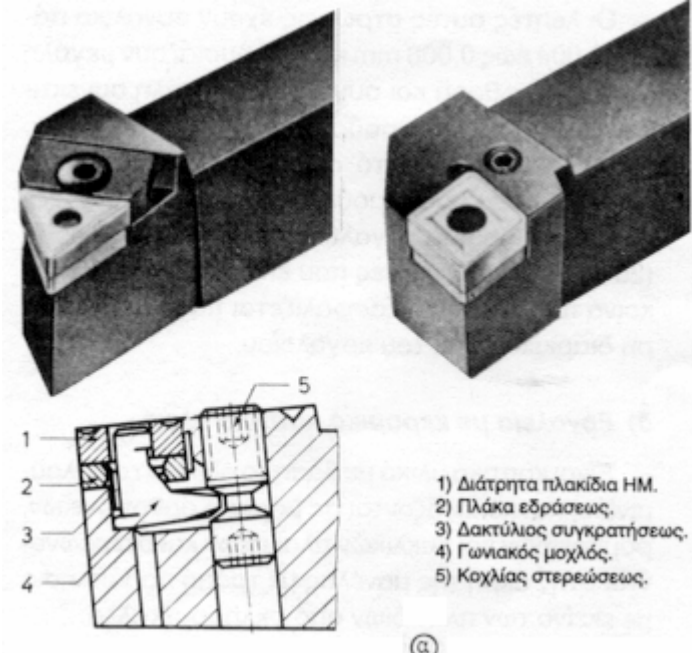
- 1) Κοχλίας στερεώσεως.
- 2) Γρεζοπάστης.
- 3) Διάτρητο πλακίδιο ΗΜ.
- 4) Πλάκα εδράσεως.
- 5) Πλάκα πίεσεως.
- 6) Ροδέλα ασφαλείας.
- 7) Έκκεντρο.
- 8) Στέλεχος - μανέλα.

ΚΕ με ρυθμιζόμενο οδηγό αποβλήτου (γρεζοθραύστη)



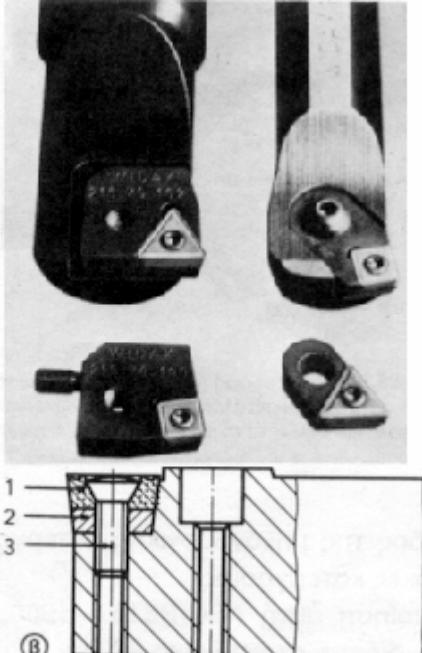
- 1) Διάτρητα πλακίδια ΗΜ.
- 2) Οδηγός γρεζιού ή γρεζοπάστης.
- 3) Κοχλίας στερεώσεως.

ΚΕ με διάτρητο πλακίδιο και σταθερό οδηγό αποβλήτου



- 1) Διάτρητα πλακίδια ΗΜ.
- 2) Πλάκα εδράσεως.
- 3) Δακτύλιος συγκρατήσεως.
- 4) Γωνιακός μοχλός.
- 5) Κοχλίας στερεώσεως.

α

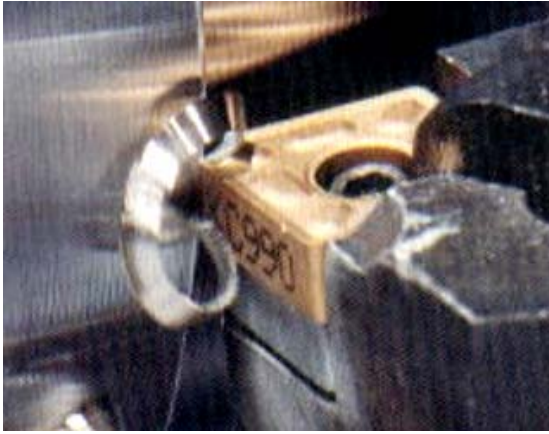


- 1) Διάτρητα πλακίδια ΗΜ.
- 2) Οδηγός γρεζιού ή γρεζοπάστης.
- 3) Κοχλίας στερεώσεως.

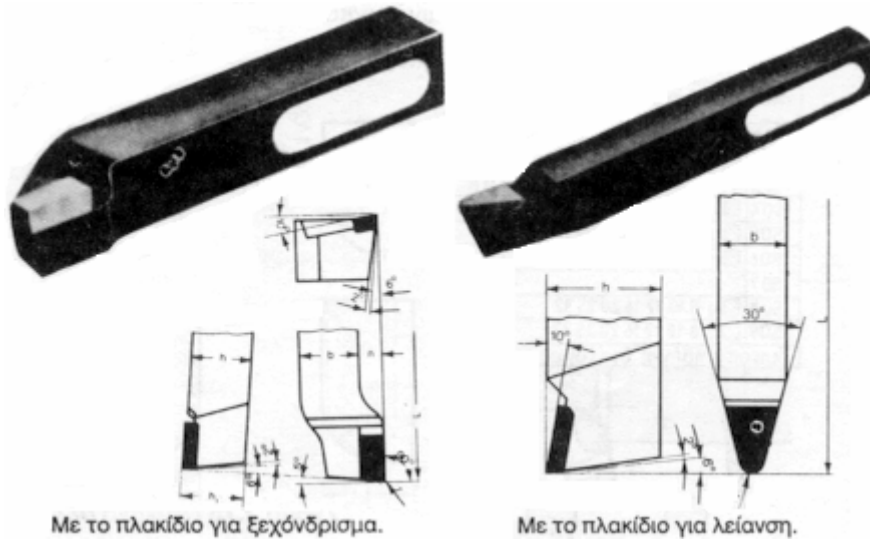
β

ΚΕ με διάτρητο πλακίδιο και αυλάκι για: (α) Εξωτερική τόνρευση, (β) Εσωτερική τόνρευση

Σχήμα 8 Τρόποι συγκράτησης ενθέτων πλακιδίων σκληρομετάλλου



Σχήμα 9 Κοπή με ΚΕ σκληρομετάλλου



Σχήμα 9 ΚΕ με πλακίδιο σκληρομετάλλου στερεωμένο με συγκόλληση

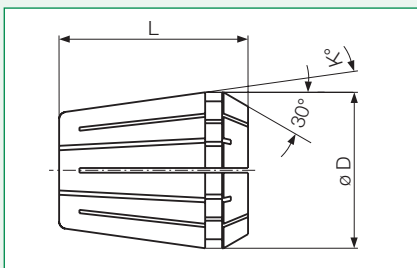
>> DIN 6499 collets for tool clamping

Double-taper collets according to DIN 6499 (Schaublin/Regofix system)

- for tools with cylindrical shank
- for tools with internal cooling (NANN patent)
- for tools with square drive

Clamping tolerance:

for bores up to 4 mm: -0.5 mm
for bores greater than 4 mm: -1.0 mm



Hardness:

Because of the clamping tolerance, collets are hardened to approx. HRc 46.

Sealed collets:

The collets for tools with internal cooling (NANN patent) are designed to take a seal. The seal is externally fitted in the collet and internally on the shank of the tool. Because of this design of seal, the

taper of the collet, the nut thread and the roller-bearing mounting of the nut are all protected from any swarf which may be carried with them. These seals are suitable for pressures up to approx. 70 bar and are absolutely leak-proof.

1. Standard collets double-slotted

Art.-no.	D	L	K°	clamping range
4004 E	8,5	13,5	8	1 - 5
4008 E	11,5	18	8	1 - 7
424 E	12	19,5	8	1 - 7
426 E	17	28	8	1 - 10
428 E	21	32	8	1 - 13
430 E	26	34	8	1 - 16
470 E	33	40	8	2 - 20
472 E	41	46	8	3 - 26
477 E	52	60	8	6 - 34

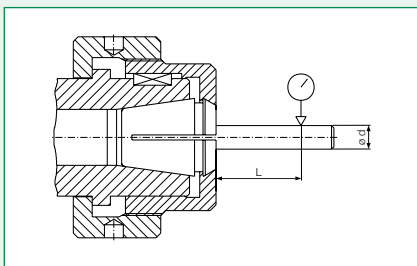
2. Sealed collets for tool holders with internal coolant supply interchangeable with DIN 6499 collets

Art.-no.	D	L	K°	clamping range
426 E-D	17	28	8	3 - 10
428 E-D	21	32	8	3 - 13
430 E-D	26	34	8	3 - 16
470 E-D	33	40	8	3 - 20
472 E-D	41	46	8	4 - 25

>> Running concentricity

Similar to DIN 6499

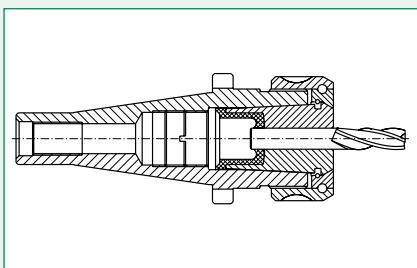
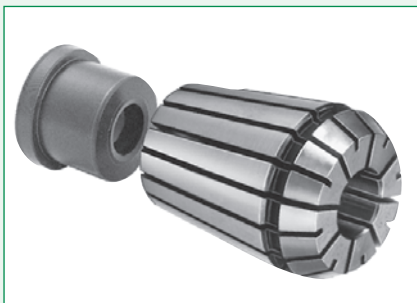
The precision design attracts an additional charge.



DIN 6499 collets

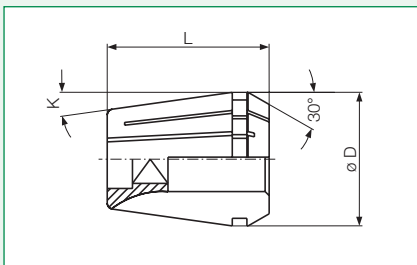
clamping diameter		testing point L	running concentricity	
from	to		standard	high precision
1	1,6	6	0,015	0,01
1,6	3	10	0,015	0,01
3	6	16	0,015	0,01
6	10	25	0,015	0,01
10	18	40	0,02	0,015
18	26	50	0,02	0,015

3. Sealings for DIN 6499 collets



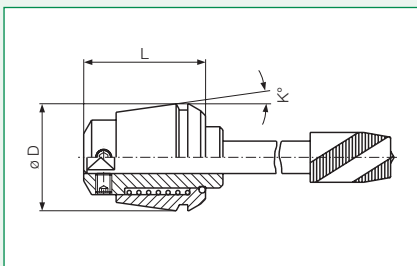
Art.-no.	collet type	clamping range
D-426 E.1	426 E-D	3 - 5,5
D-426 E.2	426 E-D	6 - 10
D-428 E.1	428 E-D	3 - 5,5
D-428 E.2	428 E-D	6 - 13
D-430 E.1	430 E-D	3 - 5,5
D-430 E.2	430 E-D	6 - 16
D-470 E.1	470 E-D	3 - 5,5
D-470 E.2	470 E-D	6 - 20
D-472 E	472 E-D	4 - 25

4. Collets with square drive for taps



Art.-no.	D	L	K°	bores
428 E-GB	21	32	8	4,5-6-7-8-9-10
430 E-GB	26	34	8	4,5-6-7-8-9-10-11-12
470 E-GB	33	40	8	4,5-6-7-8-9-10-11-12-14-16

5. Collets with square drive



Art.-no.	D	L	K°	bores
424 E-ET	12	19,5	8	1,4-1,6-1,8-2,5-2,8-3,15-3,5
426 E-ET	17	28	8	1,4-1,6-1,8-2,5-2,8-3,15-3,5-4-4,5-6
428 E-ET	21	32	8	2,5-2,8-3,15-3,5-4-4,5-6-7
430 E-ET	26	34	8	2,5-2,8-3,15-3,5-4-4,5-6-7-8-9-10
470 E-ET	33	40	8	4,5-6-7-8-9-10-11-12

other dimensions on request

Ivan Irons

**G-Code
Quick
Guide**

www.CNCInformation.com

**A G-Code Quick
Reference Guide**

What is this guide?

A number of people ask me about G-Code on a consistent basis. It is one of those “unknown” things for people when they learn CNC. It is a computer language and that makes some people nervous. I wrote this guide to help people ease into g-code and to alleviate their anxiety about it.

What is G-Code?

G-Code programming is a very robust and simple language. G-codes are what CNC Machines run on. A CNC control program process the g-code line by line and send this information to the machine. The machine then takes this information and makes precise movements. Yes, it is as simple as that.

Where does G-Code come from?

That is simple enough, it come from your CAM program. When you process your design in your CAM program you pick out various machining parameters and inputs. You match it up with the CNC Machine the part will be run on and then Post-Process. You CAM program then spits out very precise G-Code for your machine and your part. If you make changes to your design, you will need to go through the CAM process again.

Post Processors

A post processor is a specific way you CAM Program will process your design. There are standard ones and custom ones. If a standard one doesn't work for you, most good CAM Software gives you the option to customize the post processor to fit your needs.

Canned Cycles

We won't be covering Canned Cycles here. There are G-Codes that do pertain to Canned Cycles. This guide is targeted toward beginner to intermediate CNC Learners.

The Big G-Code List

What comes next is a listing of what each g-code means. You can use this list if you are having a problem and are trying to decipher what is going on in your program. A note of caution...this is a generic list. Many manufacturers don't exactly adhere to this list and change the codes on a whim. You will need to be familiar with your own CAM Program, CNC Control Software and CNC Machine to determine if they have changed something. It is not something I can do for you.

G0 or G00 – Rapid Movement

The most rapid movement the CNC Machine can make to the next position. If moving in multiple axis, each axis will move as fast as they can independently of one another.

G1 or G01 – Linear Movement

A straight move with a speed defined by an “F.” [F=Feedrate] If moving in multiple axis, the machine will move in each axis until it reaches its defined position.

G2 or G02 – Interpolation Clockwise

A circular movement in 2-axis in a clockwise motion. Will create an arc to a specified radius defined by an R or I/J combination.

G2 or G03 - Interpolation Counter Clockwise

A circular movement in 2-axis in a counter-clockwise motion. Will create an arc to a specified radius defined by an R or I/J combination.

G4 or G04 – Dwell

Machine will dwell once reached position to a user defined time, noted by a “P”

G9 or G09 – Exact Stop/Exact Position

Machine will not traverse to next line of code until it locates exactly to specified position.

G17 - XY plane selection

G18 - ZX plane selection

G19 - YZ plane selection

G20 - Machine in inch

G21 - Machine in MM

G28 - Return to Reference Position

Normally machine home.

G30 - Return to 2nd reference position

G40 - Cutter Compensation Cancel

G41 - Cutter Compensation Left

G42 - Cutter Compensation Right

G43 - Tool Length Compensation +

G44 - Tool Length Compensation -

G54-G59 - Work Coordinate Systems
User defined, XYZ

G68 - Coordinate Rotation

G69 - Coordinate Rotation Cancel

G73 - Peck Drilling Cycle

G76 - Boring Cycle

G80 - Cancel Canned Cycle

G81 - Drilling Cycle

G82 - Drilling Cycle

G83 - Pecking Cycle

G84 - Tapping Cycle

G85 - Boring Cycle

G86 - Boring Cycle

G87 - Back Boring Cycle

G90 - Absolute Command

G91 - Incremental Command

G92 - Programming of Absolute Zero

G94 - Feed Per Minute

G95 - Feed Per Revolution

G98 - Return to initial point in canned cycle

G99 - Return to R point in canned cycle

The Future of G-Code

The future of g-code is in jeopardy. Kind of...but don't hold your breath. There are changes going on to try to create a new standard. A new standard where you can go straight from CAD or CAM right to the CNC machine.

This is basically an attempt to try to eliminate a step in the CNC Process. Others have tried to update or eliminate g-code before. So far, its simplicity has won out. It has survived. Is it worth learning a little about it today? Yes.

2" Square G-Code Example

The numbers on the left of the G-Code are the sequence numbers of the code and the order it will be executed in. I have added notes after different actions to let you know what that line of code means. My note starts with a "-" then continues. A "-" means nothing in G-Code.

N0000 (Filename: 2INSquare.txt) – Name of File
N0010 (Post processor: Plasma.post) – Name of Post Processor Used
N0020 (Date: 8/1/2007) - Date G-Code was generated
N0030 G20 (Units: Inches) – Measurement Units Used
N0040 G53 - Machine co-ordinate system
N0050 G90 – Absolute Programming
N0060 G40 – Tool radius compensation off
N0070 F1 – Feedrate of 1" per min
N0090 (Part: Square) – name of the part
N0100 (Process: Plasma, DEFAULT, Plasma, 0.01 in kerf) – Tool to be used
N0110 G00 – Go to Home
N0120 X0.1113 Y-0.0904 – Move to this exact X, Y position
N0130 G04 P2000 – Pause for 2 seconds, this is in milliseconds
N0140 M03 – Fire the plasma torch
N0150 G04 P500 - Pause for .5 seconds, this is in milliseconds
N0160 G03 X0.0000 Y-0.0050 I-0.1113 J-0.0298 F40.0 – move to this X, Y position in an arcing movement at a feedrate of 40 inches per min
N0180 G01 Y2.0000 – Travel in the Y+ direction for 2 inches to X0, Y2
N0200 G01 X2.0000 – Travel in the X+ direction for 2 inches to X2, Y2
N0220 G01 Y0.0000 – Travel in the Y- direction for 2 inches to X2, Y0
N0240 G01 X0.0000 – Travel in the X- direction for 2 inches to X0, Y0
N0250 G03 X-0.1113 Y-0.0904 I0.0000 J-0.1152 – move to this X, Y position in an arcing movement
N0260 M05 – Turn off the plasma torch
N0270 G04 P2000 – Pause for 2 seconds, this is in milliseconds
N0280 G00 – Move to Home
N0300 M30 – End Program

Do I need to be a G-Code Expert?

In a word, no. You will probably need to know how to quickly scan your G-Code if you are having problems during your machining simulation. Other than that G-Code and a CNC program are throwaway programs for the most part.

What are M-Codes?

M-Codes are other codes that are throughout your CNC Program. Think of them like the lesser cousin to G-Codes. **M-Codes are usually very specific to the machine.** For example, “M03” might stand for “Torch Off” on a CNC Plasma Cutter. It also might stand for “Spindle Turn Clockwise” on a CNC Mill or CNC Router.

M-Codes

- M0 - program stop
- M1 - optional program stop
- M2 - program end
- M3 - turn spindle clockwise
- M4 - turn spindle counterclockwise
- M5 - stop spindle turning
- M6 - tool change
- M7 - mist coolant on
- M8 - flood coolant on
- M9 - mist and flood coolant off
- M26 - enable automatic b-axis clamping
- M27 - disable automatic b-axis clamping
- M30 - program end, pallet shuttle, and reset
- M48 - enable speed and feed overrides
- M49 - disable speed and feed overrides
- M60 - pallet shuttle and program stop

Disclaimer

This is not a class on learning g-code. It is a quick guide of the different g-codes. In other words, this guide is for reference only. You should always prove out your process, program and cnc machine before you ever begin machining.

In order to learn the entire CNC Process, you will need to spend time. Time learning about the whole process, not just one part. G-Code is just one part of a whole process. If you are focused on only one part you are destined to have trouble.

This guide is assumed to be correct, but is subject to change at any time. This guide is for reference only. Your safety is your responsibility. Use you head.