

ΦΘΟΡΑ ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ **ΚΑΤΑ ΤΟ ΠΟΛΥΑΞΟΝΙΚΟ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ**

Είναι γνωστό ότι η διάρκεια ζωής ενός κοπτικού εργαλείου είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες κατά την κοπή των μετάλλων, επειδή επηρεάζει αποφασιστικά το κόστος κατεργασίας. Είναι συνεπώς σημαντική η γνώση, όσο το δυνατόν ακριβέστερα, της σχέσης μεταξύ της διάρκειας ζωής του κοπτικού και των συνθηκών κοπής όπως: η ταχύτητα κοπής, η πρόωση (f_z), τα βάθη κοπής (ακτινικό και αξονικό) κ.ά. Η διάρκεια ζωής αποκτά μεγαλύτερη σημασία με την εμφάνιση στην παραγωγή των ψηφιακά καθοδηγούμενων εργαλειομηχανών, οι οποίες αφ' ενός έχουν μεγάλες δυνατότητες από άποψη ακρίβειας, ισχύος και φάσματος στροφών και προώσεων, αφ' ετέρου έχουν μεγάλο κόστος κτήσεως και λειτουργίας. Πρέπει λοιπόν να εργάζονται με βέλτιστες συνθήκες κοπής και με ελάχιστους νεκρούς χρόνους.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, σκοπός της παρούσας έρευνας είναι η διεξαγωγή πειραμάτων κατά το πολυαξονικό φραιζάρισμα και η διενέργεια μετρήσεων της φθοράς του κοπτικού εργαλείου για τη μαθηματική περιγραφή της φθοράς, και κατά προέκταση της διάρκειας ζωής του κοπτικού εργαλείου, στοιχείο που είναι βασικό για τον καθορισμό των βέλτιστων συνθηκών κοπής. Τα πειράματα αυτά γίνονται για διάφορους συνδυασμούς εργαλείων - υλικών, καθώς και για ποικίλες συνθήκες κοπής.

Η διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου εκφρασμένη σε αριθμό κοπών A_s για συγκεκριμένο κριτήριο φθοράς, σε συνάρτηση της ταχύτητας κοπής V_c , της πρόωσης F_z και του ακτινικού βάθους κοπής a , τα οποία καθορίζουν το πάχος h_s και το μήκος l του αποβλίπτου αντίστοιχα και της φθοράς ελεύθερης επιφάνειας (VB), περιγράφεται από ένα εκθετικό μαθηματικό μοντέλο. Για κάθε συνδυασμό εργαλείου – κατεργαζόμενου υλικού, πρέπει να προσδιοριστούν οι σταθεροί συντελεστές της λογαριθμισμένης πλέον εξίσωσης που περιγράφει το μοντέλο.

Κατά τα πειράματα στο πολυαξονικό φραιζάρισμα, που διεξάγονται για διάφορες συνθήκες κοπής, σαν κριτήριο φθοράς εκλέγεται το πλάτος της ζώνης φθοράς της ελεύθερης επιφάνειας (VB) του κοπτικού εργαλείου. Ταυτόχρονα υπολογίζεται και ο αντίστοιχος αριθμός κοπών A_s , που εύκολα μετατρέπεται σε χρόνο κοπής. Από τα διαγράμματα των μετρήσεων μπορούν να εξαχθούν διάφορα συμπεράσματα, όπως π.χ. για την εξέλιξη της φθοράς του εργαλείου σε διαφορετικές ταχύτητες κοπής, για την κατεργαστικότητα διάφορων υλικών κ.α.

Για τη διεξαγωγή των πειραμάτων, χρησιμοποιήθηκε η ψηφιακά καθοδηγούμενη φραιζομηχανή DECKEL MAHO MH 600C (Εικόνα 1), καθώς και το στερεομικροσκόπιο του Εργαστηρίου Εργαλειομηχανών του Τ.Ε.Ι. Σερρών.



Εικόνα 1: Η ψηφιακά καθοδηγούμενη φραιζομηχανή DECKEL MAHO MH 600C του Εργαστηρίου Εργαλειομηχανών του Τ.Ε.Ι. Σερρών.

Στο στερεομικροσκόπιο έγιναν οι μετρήσεις του εύρους της φθοράς, δεδομένου ότι το μέγεθος αυτό είναι της τάξης του δεκάτου του mm. Οι μετρήσεις καθώς και οι φωτογραφήσεις της ζώνης φθοράς έγιναν σε τακτά διαστήματα του χρόνου κοπής. Στο τελικό βήμα έγινε η αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν από τα πειράματα ως εξής:

- Εισαγωγή των μετρημένων μεγεθών A_s , V_B , στο μαθηματικό μοντέλο και επίλυση αυτού με τη βοήθεια μαθηματικού λογισμικού.
- Υπολογισμός των σταθερών συντελεστών του μαθηματικού μοντέλου.
- Προσδιορισμός της ελεύθερης επιφάνειας V_B με τη βοήθεια της εξίσωσης που περιγράφει το μαθηματικό μοντέλο.

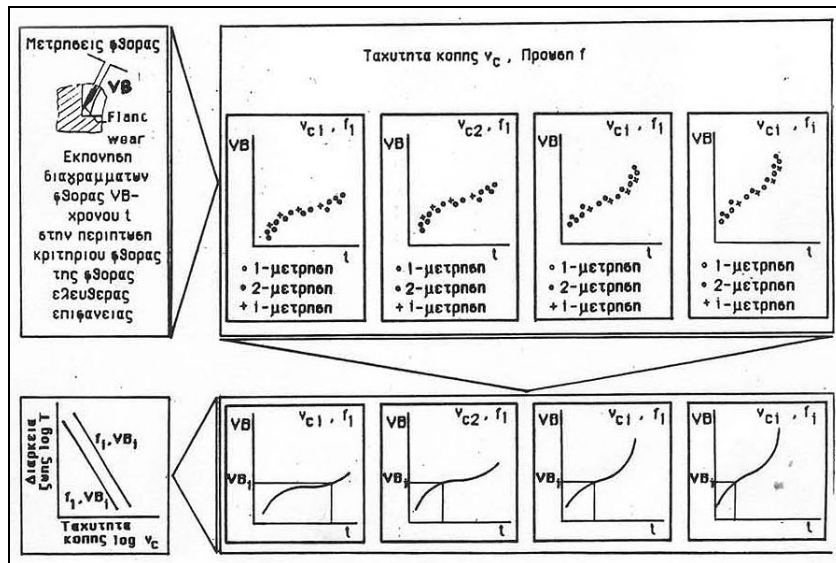
Στις κατεργασίες των μετάλλων με αφαίρεση υλικού, ένα πολύ σημαντικό μέγεθος που εμφανίζεται, είναι η διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου T . Με τον όρο αυτό εννοούμε την ωφέλιμη ή ενεργό του ζωή, εκφρασμένη σε μονάδες χρόνου ή μονάδες άλλου μεγέθους από τη στιγμή κατά την οποία το εργαλείο αρχίζει να κατεργάζεται, μέχρι να συμπληρώσει το καθορισμένο κριτήριο φθοράς αστοχίας.

Η διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου κατά το πολυαξονικό φραιζάρισμα εξαρτάται παραμετρικά από τις συνθήκες κοπής, όπως: ταχύτητα κοπής V_c , πρόωση ανά δόντι f_z , το ακτινικό και αξονικό βάθος κοπής a , το λιπαντικό κ.α. Είναι λοιπόν σημαντική η γνώση όσο το δυνατόν ακριβέστερα, της σχέσης που συνδέει τη διάρκεια ζωής με αυτές τις παραμέτρους, $T=f(V_c, f, e, a)$,

ιδιαίτερα με την εμφάνιση των ψηφιακά καθοδηγούμενων εργαλειομηχανών (CNC). Αυτό γιατί οι CNC εργαλειομηχανές έχουν μεγάλες δυνατότητες αλλά και υψηλό κόστος κτήσεως. Ευνόητο είναι λοιπόν να πρέπει να εργάζονται με βέλτιστες συνθήκες κοπής, για τον καθορισμό των οποίων η διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου παίζει σημαντικό ρόλο.

Λαμβάνοντας υπόψη τα παραπάνω, σκοπός του παρόντος πακέτου εργασίας, είναι η διεξαγωγή πειραμάτων ώστε να αντληθούν στοιχεία για τον καθορισμό της εξέλιξης της φθοράς, και κατ' επέκταση της διάρκειας ζωής του κοπτικού εργαλείου. Συγκεκριμένα διεξάγονται πειράματα κατά τα οποία μετράται το εύρος της ζώνης φθοράς της ελεύθερης επιφάνειας του κοπτικού εργαλείου VB και ο αντίστοιχος αριθμός κοπών As στον οποίο αυτή παρουσιάζεται. Το εύρος του πλάτους ζώνης της φθοράς της ελεύθερης επιφάνειας (VB) είναι το χαρακτηριστικό μέγεθος το οποίο χρησιμοποιούμε σαν κριτήριο αστοχίας του κοπτικού εργαλείου, ο δε αριθμός κοπών (As) είναι το μέγεθος που αποτελεί έκφραση της διάρκειας ζωής του κοπτικού, αφού εύκολα μετατρέπεται σε χρόνο κοπής t . Έτσι το διατεταγμένο ζεύγος (As_{kr} , VB_{kr}) εκφράζει τον αριθμό κοπών, στον οποίο το εργαλείο έχει φτάσει στην οριακά τιθέμενη τιμή του κριτηρίου αστοχίας (VB_{kr}), πέρα από την οποία χρειάζεται να γίνει η αντικατάστασή του. Μετά τη μέτρηση του ζεύγους τιμών As_{kr} , VB_{kr} , το πείραμα σταματάει αφού έχουν αντληθεί οι απαραίτητες πληροφορίες για περαιτέρω επεξεργασία.

Στη συνέχεια οι μετρημένες τιμές των διατεταγμένων ζευγών (As , VB), καθώς και οι εκάστοτε συνθήκες κοπής του πειράματος, εισάγονται σαν δεδομένα σε ένα μαθηματικό πακέτο προγραμμάτων, που βασίζεται στη διαδοχική εκτίμηση παραμέτρων (Σχήμα 1). Οι παράμετροι που εκτιμά αυτό το πακέτο είναι σταθεροί συντελεστές ενός μαθηματικού μοντέλου, το οποίο έχει επιλεγεί για να περιγράψει το φυσικό φαινόμενο της φθοράς. Με τη βοήθεια των προσδιορισμένων συντελεστών και της εξίσωσης του μαθηματικού μοντέλου, είναι εύκολο να υπολογιστεί το μέγεθος της φθοράς VB_{cal} με αναλυτικό αυτή τη φορά τρόπο για διάφορες τιμές του αριθμού κοπών.



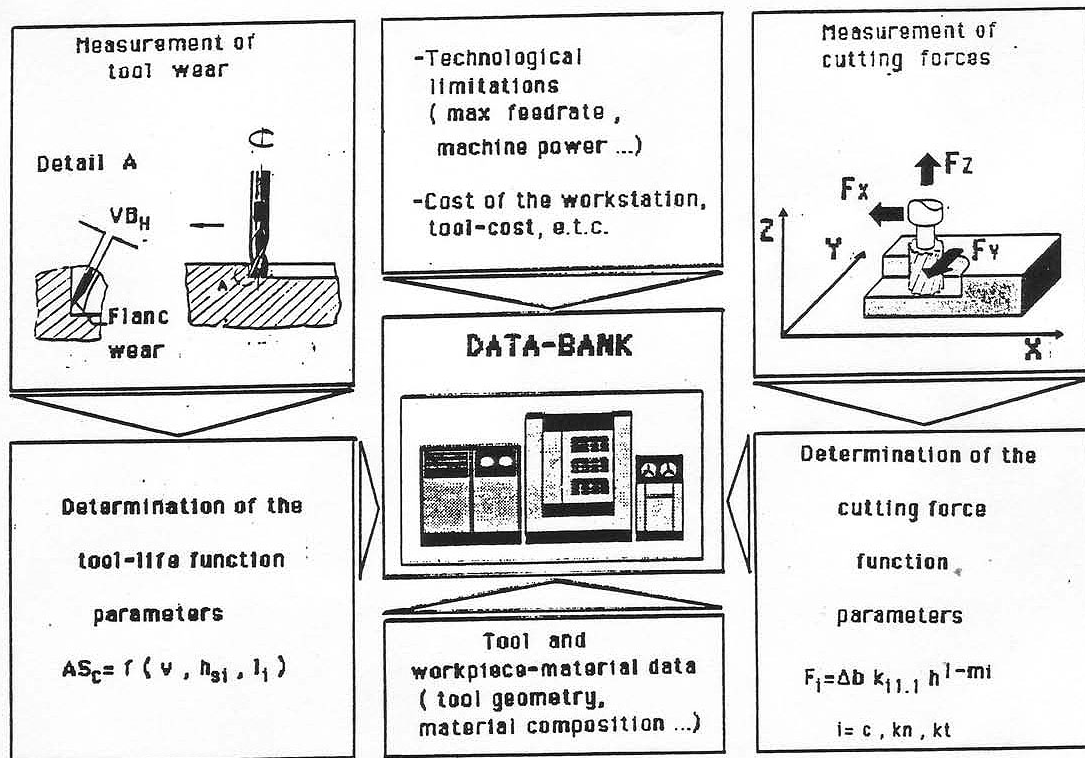
Σχήμα 1: Προσδιορισμός των σταθερών στη σχέση μαθηματικής περιγραφής της φθοράς.

Έχοντας λοιπόν σα στοιχεία δύο σύνολα διατεταγμένων ζευγών:

α) το σύνολο (A_s, V_{Bexp}) το οποίο περιέχει τα μετρημένα από τα πειράματα μεγέθη και

β) το σύνολο (A_s, V_{bcal}) το οποίο περιέχει τα θεωρητικά υπολογισμένα μεγέθη από το μαθηματικό μοντέλο της προσομοίωσης του φυσικού φαινομένου, μπορούμε να κάνουμε μία αξιολόγηση των αποτελεσμάτων που προέκυψαν. Αν η διαπίστωση είναι θετική, τότε το μοντέλο μας μπορεί να χρησιμοποιηθεί με ασφάλεια για την περιγραφή της συμπεριφοράς της φθοράς στον προσδιορισμό των βέλτιστων συνθηκών κοπής κατά το πολυαξονικό φραιζάρισμα.

Σκοπός είναι ο προσδιορισμός των βέλτιστων συνθηκών κοπής με τη βοήθεια τράπεζας πληροφοριών που περιγράφουν αντίστοιχα το εύρος του πλάτους της ζώνης φθοράς της ελεύθερης επιφάνειας και τις αναπτυσσόμενες δυνάμεις κοπής για συγκεκριμένο ζεύγος κατεργαζόμενου υλικού και κοπτικού εργαλείου, τη γεωμετρία του κατεργαζόμενου τεμαχίου, τους τεχνολογικούς περιορισμούς της εργαλειομηχανής και τέλος τα οικονομικά μεγέθη που χαρακτηρίζουν την κατεργασία (Σχήμα 2).



Σχήμα 2. Απαιτούμενα δεδομένα για την εκτίμηση των βέλτιστων συνθηκών κοπής με τη βοήθεια τράπεζας πληροφοριών κατά το περιφερικό φραιζάρισμα.

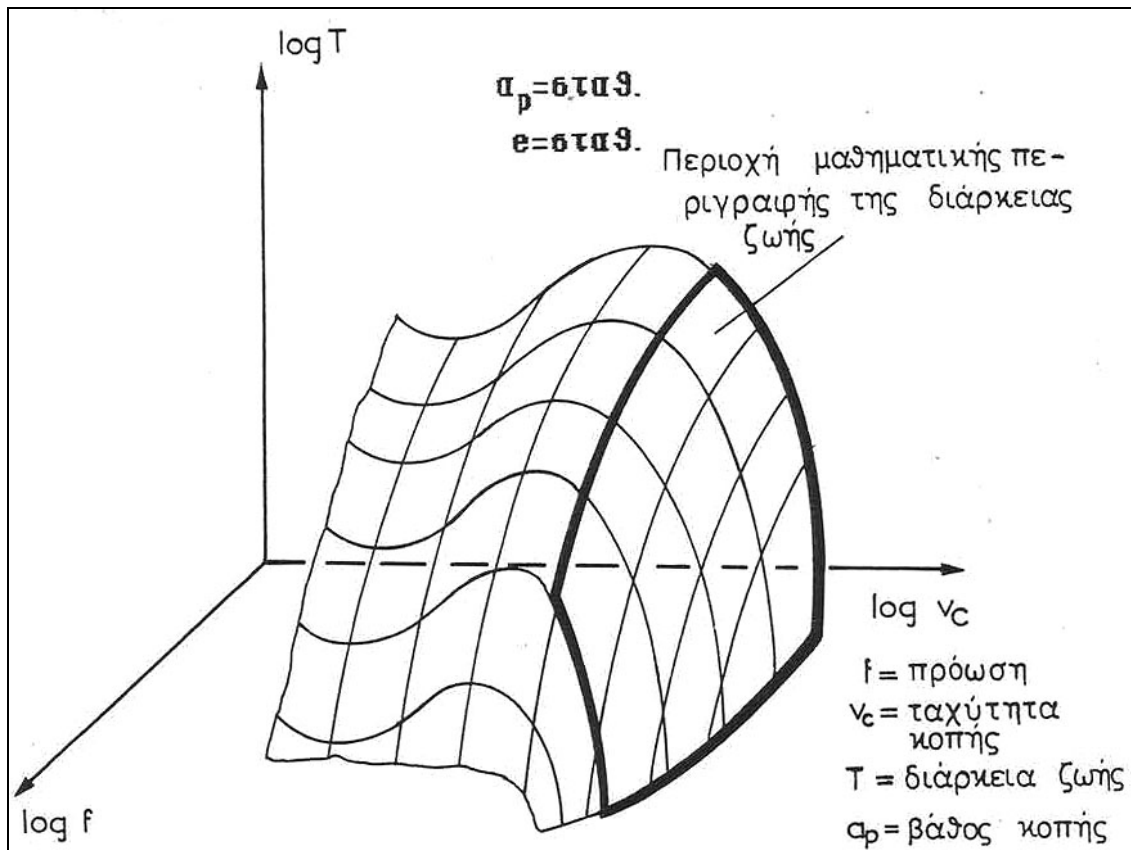
ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΠΟΥ ΕΠΗΡΕΑΖΟΥΝ ΤΗ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΖΩΗΣ
ΤΟΥ ΚΟΠΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ

Όπως είναι γνωστό, η διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου T είναι η εκμεταλλεύσιμη ζωή του εκφρασμένη σε μονάδες χρόνου από τη στιγμή που το εργαλείο θα αρχίσει να κατεργάζεται έως το σημείο λειτουργίας, το οποίο καθορίζεται από συγκεκριμένο κριτήριο αστοχίας. Σαν κριτήριο για τη διάρκεια ζωής συνήθως επιλέγεται το εύρος του πλάτους της ζώνης φθοράς VB στην ελεύθερη επιφάνεια του κοπτικού εργαλείου.

Η διάρκεια ζωής του κοπτικού εργαλείου, εξαρτάται από ένα ευρύ φάσμα παραγόντων οι οποίοι παρουσιάζονται παρακάτω:

- 1) Είδος της κατεργασίας κοπής.
- 2) Κοπτικό εργαλείο.
 - i) Υλικό του κοπτικού και φυσικές ιδιότητές του.
 - ii) Επικάλυψη του κοπτικού και είδος αυτής.
 - iii) Γεωμετρία του κοπτικού εργαλείου.
- 3) Κατεργαζόμενο υλικό (σύσταση και ιδιότητές του).
- 4) Τρόπος πρόσδεσης του κοπτικού εργαλείου.
- 5) Τρόπος πρόσδεσης του κατεργαζόμενου τεμαχίου.
- 6) Συνθήκες κοπής (ταχύτητα, πρόωση, βάθος κοπής).
- 7) Δυναμική συμπεριφορά του συστήματος (εργαλειομηχανή – εργαλείο – τεμάχιο).

Κατά την παρούσα εργασία εξετάζεται η επιρροή στη διάρκεια ζωής μόνο των συνθηκών κοπής, θεωρώντας ότι όλοι οι άλλοι παράγοντες παραμένουν σταθεροί. Αυτή παρίσταται σε ένα τρισδιάστατο λογαριθμικό διάγραμμα στο σχήμα 3 υπό τη μορφή χωρικής επιφάνειας, στο οποίο το αξονικό βάθος κοπής a καθώς και το ακτινικό βάθος κοπής e διατηρούνται σταθερά. Στο διάγραμμα αυτό φαίνεται σε έντονο πλαίσιο η κατεξοχήν εκμεταλλεύσιμη περιοχή στην οποία εμφανίζεται η οικονομικά βέλτιστη ταχύτητα κοπής. Η περιοχή αυτή μπορεί να προσεγγιστεί με ένα επίπεδο στο λογαριθμικό καρτεσιανό σύστημα του σχήματος και έτσι η διάρκεια ζωής T να εκφραστεί με σχετικά απλό τρόπο σε συνάρτηση $T=f(V_c, f)$. Αναζητείται δηλαδή ένα μαθηματικό πρότυπο που να προσομοιώνει κατά το δυνατόν την πραγματική σχέση μεταξύ διάρκειας ζωής – συνθηκών κοπής. Για το σκοπό αυτό έχουν προταθεί κατά καιρούς διάφορα προσομοιωτικά πρότυπα, τα οποία έχουν τη μορφή παραμετρικών εξισώσεων (εκθετικές, πολυωνυμικές, κ.α.), στις οποίες υπεισέρχεται ένας αριθμός σταθερών συντελεστών. Ο υπολογισμός των συντελεστών με τη βοήθεια πειραματικών δεδομένων, αποτελεί την ουσία κάθε ερευνητικής εργασίας που σκοπό έχει να προσδιορίσει τις βέλτιστες συνθήκες κατεργασίας για ένα συγκεκριμένο ζεύγος κοπτικού εργαλείου – κατεργαζόμενου τεμαχίου, διότι για να επιτευχθεί αυτό πρέπει να είναι καταρχήν γνωστή η ακριβής συμπεριφορά της φθοράς.



Σχήμα 3. Η διάρκεια ζωής T σα συνάρτηση της ταχύτητας κοπής v_c και της πρόωσης f για σταθερό ακτινικό και αξονικό βάθος κοπής e και α_p αντίστοιχα.

ΚΙΝΗΜΑΤΙΚΗ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΚΟΠΗΣ ΣΤΟ ΠΟΛΥΑΞΟΝΙΚΟ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ

Οι κατεργασίες κοπής των μετάλλων στην πλειοψηφία τους εκτελούνται με τη χρήση κοπτικών εργαλείων τα οποία διαθέτουν μια ή περισσότερες κόψεις κεκλιμένες ή όχι προς την κατεύθυνση της κοπής. Οι κατεργασίες αυτές όπως και το πολυαξονικό φραιζάρισμα, το οποίο μας απασχολεί στην προκειμένη περίπτωση, εξομοιώνονται όσον αφορά το βασικό μηχανισμό κοπής μετάλλου, με την ορθογωνική κοπή με κοπτικό εργαλείο μιας κόψης.

Ο μηχανισμός αφαίρεσης υλικού κατά την ορθογωνική κοπή παρίσταται στο σχήμα 4. Η σχετική κίνηση κοπτικού εργαλείου και κατεργαζομένου τεμαχίου, έχει ως αποτέλεσμα την απομάκρυνση επιφανειακού στρώματος συγκεκριμένου πάχους του υλικού με τη μορφή αποβλήτου.

Οι δύο επίπεδες επιφάνειες που σχηματίζουν την κόψη του εργαλείου είναι:

- Η επιφάνεια αποβλήτου, ή πρόσωπο, ή μέτωπο του εργαλείου, κατά μήκος της οποίας κινείται το απόβλητο.
- Η ελεύθερη επιφάνεια του εργαλείου που βρίσκεται απέναντι από την νεοσχηματισμένη επιφάνεια του τεμαχίου.

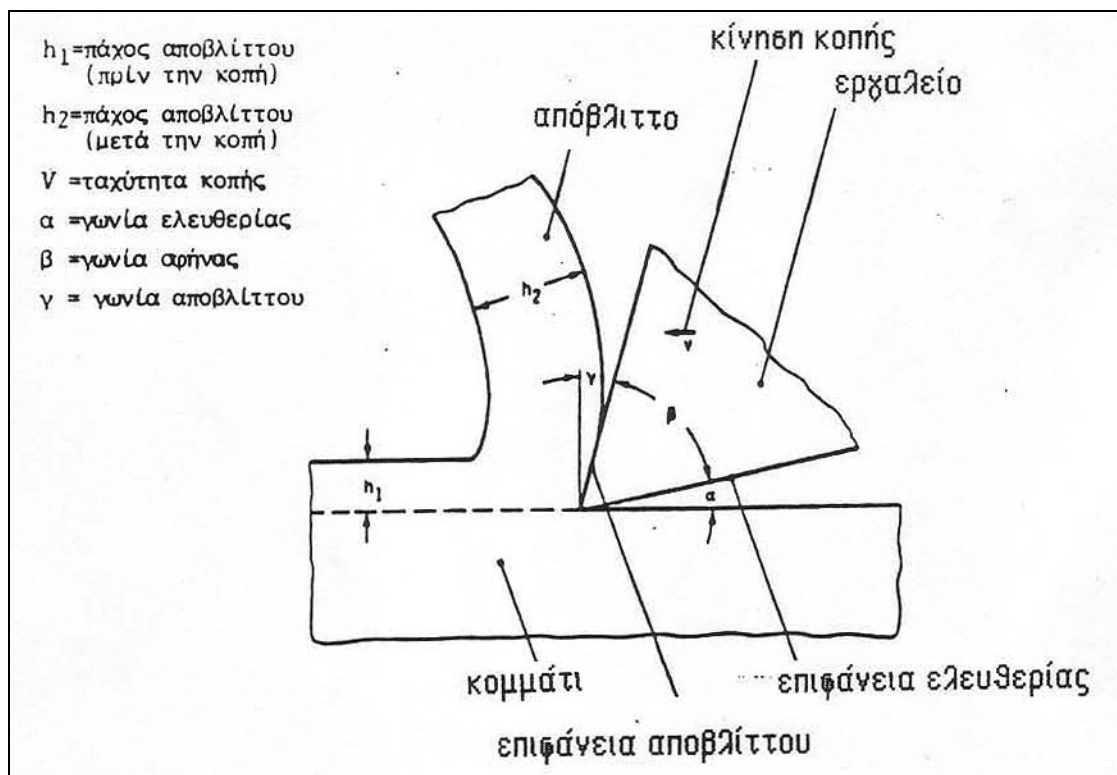
Το πάχος του αφαιρούμενου υλικού χαρακτηρίζεται από:

- Το θεωρητικό πάχος αποβλήτου h_1 , δηλαδή το πάχος που αφαιρείται με επενέργεια του κοπτικού εργαλείου.
- Το πραγματικό πάχος του αποβλήτου h_2 δηλαδή το πάχος που παίρνει το απόβλητο μετά την κοπή.

Βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά της κοπής αποτελούν οι παρακάτω γωνίες (βλέπε σχήμα 4).

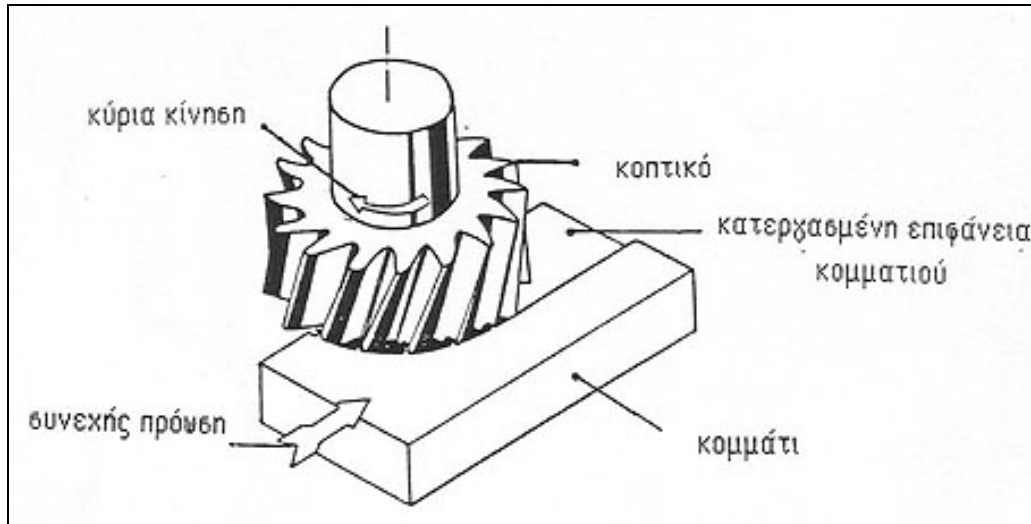
- Η γωνία αποβλίτου του εργαλείου γ , δηλαδή η διέδρη γωνία μεταξύ της επιφάνειας αποβλίτου του εργαλείου και του επιπέδου που διέρχεται από την κόψη και είναι κάθετο στη νεοσχηματισμένη επιφάνεια του εργαλείου.
- Η γωνία ελευθερίας του εργαλείου α , δηλαδή η περιεχόμενη γωνία μεταξύ της ελεύθερης επιφάνειας του εργαλείου και της νεοσχηματισμένης του τεμαχίου.
- Η γωνία σφήνας του εργαλείου β , δηλαδή η γωνία μεταξύ της επιφάνειας αποβλίτου και της ελεύθερης επιφάνειας του εργαλείου.

Οι παραπάνω γωνίες συνδέονται με τη σχέση: $\alpha + \beta + \gamma = 90^\circ$



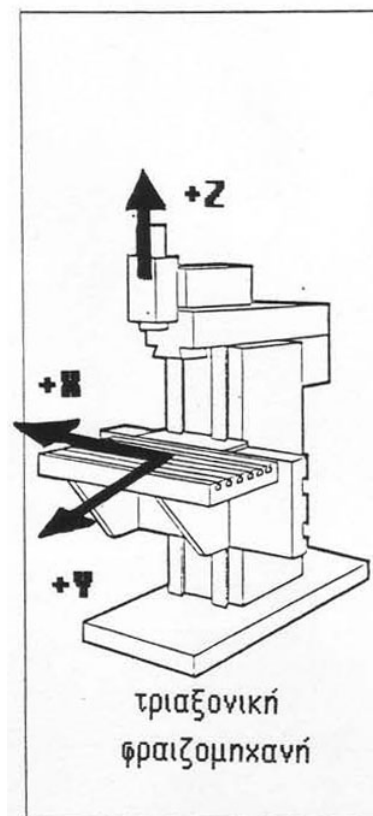
Σχήμα 4. Δημιουργία αποβλήτου.

Κατά το πολυαξονικό περιφερικό φραιζάρισμα, η νεοκατεργασμένη επιφάνεια που δημιουργείται είναι παράλληλη προς τον άξονα του εργαλείου και σχηματίζεται με την επενέργεια των δοντιών του κοπτικού. Η κινηματική του φραιζαρίσματος φαίνεται στο παρακάτω σχήμα 5.



Σχήμα 5. Κινηματική του περιφερικού φραιζαρίσματος.

Κατά το πολυαξονικό περιφερικό φραιζάρισμα, η κύρια κίνηση είναι περιφερική και προσδίδεται στο κοπτικό εργαλείο, ενώ η δευτερεύουσα κίνηση προσδίδεται στην τράπεζα της φραιζομηχανής με τη μορφή πρόωσης. Η πρόωση αυτή δίδεται σε τρεις διευθύνσεις x, y, z (βλέπε σχήμα 6).



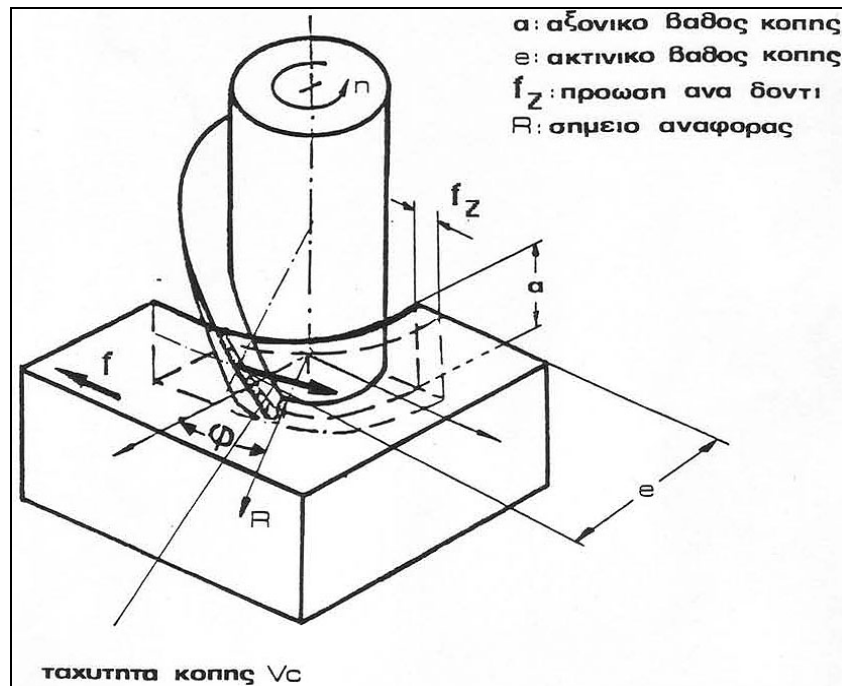
Σχήμα 6. Σύστημα συντεταγμένων σε τριαξονική φραιζομηχανή.

Όπου: n =περιστροφική ταχύτητα της ατράκτου

D =ονομαστική διάμετρος του κοπτικού

L =ενεργό μήκος κατεργαζόμενου τεμαχίου

Όλα τα γεωμετρικά στοιχεία κατά το περιφερικό φραιζάρισμα φαίνονται στο παρακάτω σχήμα 7.



Σχήμα 7. Συνθήκες κοπής κατά το περιφερικό φραιζάρισμα με κονδυλοφόρο εργαλείο.

ΣΥΝΘΗΚΕΣ ΚΟΠΗΣ ΚΑΙ ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΦΘΟΡΑΣ ΤΟΥ ΚΟΠΤΙΚΟΥ ΕΡΓΑΛΕΙΟΥ

Στην κατεργασία του πολυαξονικού φραιζαρίσματος με αφαίρεση υλικού, οι συνθήκες που αναπτύσσονται στις διάφορες επιφάνειες του κοπτικού εργαλείου (τάσεις, θερμοκρασίες, κλπ.) είναι εξαιρετικά δυσμενείς. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την καταπόνηση και επομένως τη φθορά του κοπτικού εργαλείου σε διάφορα σημεία του και με διάφορους τρόπους.

Τα χαρακτηριστικά μεγέθη του περιφερικού φραιζαρίσματος είναι τα εξής:

1. Ταχύτητα κοπής: V_c (m/min)

$$V_c = \pi \cdot D \cdot n / 1000$$

2. Ταχύτητα προώσεως: f (mm/min)

$$f = f_z \cdot n \cdot z$$

3. Πρόωση ανά δόντι: f_z (mm/δόντι)

$$f_z = f / n \cdot z$$

4. Πρόωση ανά περιστροφή του κοπτικού: f_n (mm/στρ.)

$$f_n = f / n$$

5. Χρόνος κοπής: t (min) $t = L / f$

6. Αριθμός κοπών: AS

$$AS=n*t$$

7. Στιγμαίο θεωρητικό πάχος αποβλήτου: h

$$h=fz*\sin\varphi$$

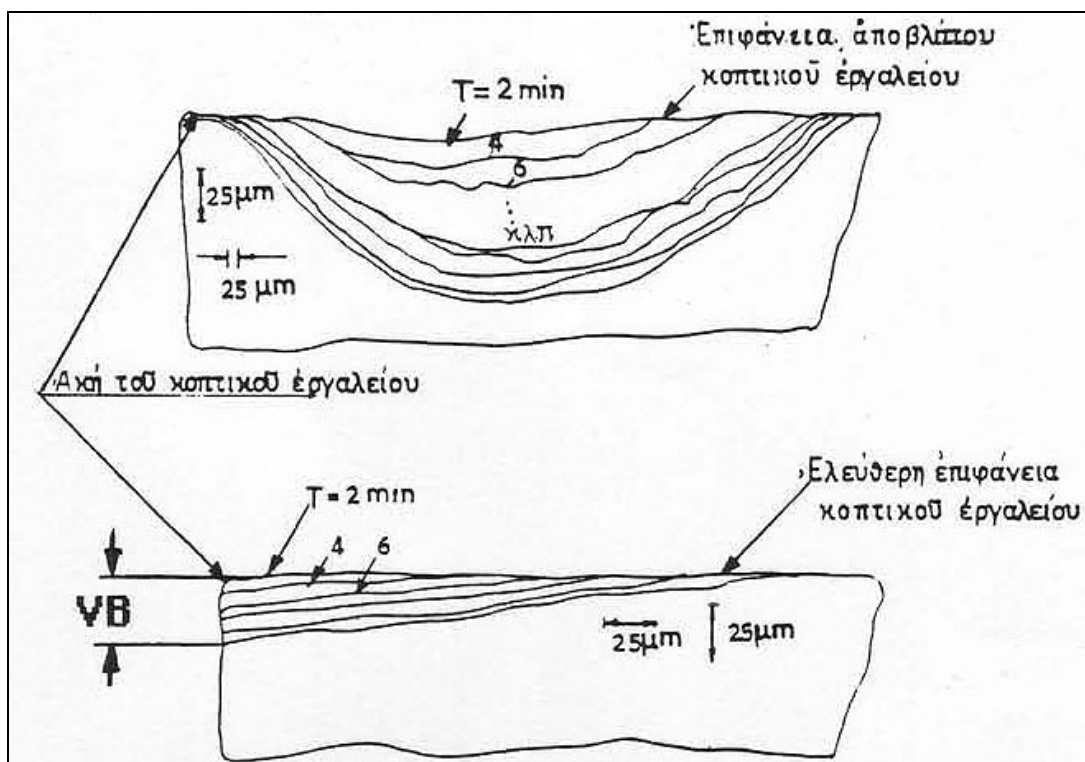
Η δημιουργία και ανάπτυξη της φθοράς συνεπάγεται αλλοίωση των διαστατικών χαρακτηριστικών του εργαλείου, με αποτέλεσμα μετά από κάποιο χρονικό διάστημα λειτουργίας να μη μπορεί να εκπληρώσει την αποστολή του τότε λέμε ότι αυτό έχει αστοχήσει.

Βασικό κριτήριο με το οποίο καθορίζεται η αστοχία, ή μη, ενός κοπτικού εργαλείου, είναι το μέγεθος της φθοράς του, γιατί όταν αυτή μεγαλώσει αρκετά ώστε να χάνεται η διαστατική ακρίβεια, το κοπτικό θεωρείται άχρηστο παρόλο που εξακολουθεί να έχει τη δυνατότητα αφαιρέσεως υλικού.

Τα είδη φθοράς που μπορούν να εμφανιστούν στις διάφορες επιφάνειες ενός κοπτικού εργαλείου είναι τα εξής:

1. Ανάπτυξη φθοράς στην ελεύθερη επιφάνεια του εργαλείου την οποία ονομάζουμε ζώνη φθοράς.
2. Ανάπτυξη φθοράς στην επιφάνεια αποβλήτου του κοπτικού εργαλείου που εξαιτίας της μορφής της ονομάζεται φθορά κρατήρα.
3. Απολέπιση στην περιοχή της κόψης και στην επιφάνεια αποβλήτου λόγω σχηματισμού ψευδόκοψης και εξαιτίας δημιουργίας συγκολλητών δεσμών.
4. Μικροθραύσεις, ρωγμές ή παραμορφώσεις που αποδίδονται σε μηχανικά και θερμικά αίτια.
5. Θραύση της ακμής του εργαλείου που αποδίδεται σε επιβολή κρουστικών φορτίων.

Από όλα τα προαναφερθέντα είδη φθοράς, σημαντικότερα είναι τα πρώτα δύο, τα οποία δεν είναι δυνατόν να αποφευχθούν και αποτελούν αύξουσα συνάρτηση του χρόνου κοπής. Έτσι λοιπόν συμπεραίνεται ότι το κοπτικό καταστρέφεται γιατί φθείρεται προοδευτικά στην επιφάνεια αποβλήτου και στην ελεύθερη επιφάνειά του (σχήμα 8).



Σχήμα 8. Φθορά κρατήρα και φθορά ελεύθερης επιφάνειας.

Οι συνθήκες κοπής αποτελούν τους παράγοντες που καθορίζουν τη συμπεριφορά της φθοράς του κοπτικού εργαλείου. Οι παράγοντες αυτοί αποκτούν ιδιαίτερα σημαντικό ρόλο, όταν αναφερόμαστε στις κατεργασίες κοπής σε ψηφιακά καθοδηγούμενες εργαλειομηχανές (CNC).

Οι εργαλειομηχανές αυτού του είδους διαθέτουν μεγάλες δυνατότητες από άποψη ισχύος και ακρίβειας. Η μεγάλη ισχύς που μπορούμε να έχουμε, μας παρέχει την ευκολία να εκτελούμε κατεργασίες κοπής σε αριθμούς στροφών n και κατά συνέπεια ταχύτητες κοπής V_c , πολύ μεγαλύτερες από ότι στις συμβατικές μηχανές. Παράλληλα μπορεί να εκλεγεί οποιαδήποτε πρόωση μέσα από ένα ευρύ φάσμα τιμών σε περισσότερους από ένα άξονες, σε αντίθεση με τις συμβατικές εργαλειομηχανές στις οποίες η πρόωση επιλέγεται μεταξύ προκαθορισμένων τιμών. Η εξάντληση των υψηλών δυνατοτήτων των CNC μηχανών περιορίζεται από την ανάπτυξη δυσχερών συνθηκών στις επιφάνειες του κοπτικού εργαλείου και την ταχεία ανάπτυξη της φθοράς η οποία έχει σα συνέπεια την αστοχία και την αντικατάστασή του.

Στους παραπάνω παράγοντες πρέπει να προστεθεί και μια οικονομική παράμετρος, που αφορά το υψηλό κόστος κήσης των CNC εργαλειομηχανών λόγω της προηγμένης τους τεχνολογίας, οπότε το πρόβλημα της χρησιμοποίησής τους γίνεται πιο σύνθετο. Λόγω της οικονομικής αυτής παραμέτρου επιβάλλεται η λειτουργία τους κάτω από συνθήκες που εξασφαλίζουν την καλύτερη εκμετάλλευσή τους. Ευνόητο είναι ότι αυτές πρέπει να βρίσκονται στην περιοχή υψηλών ταχυτήτων και προώσεων, που ελαχιστοποιούν το χρόνο και κατά συνέπεια το κόστος της κατεργασίας.

Από την παραπάνω ανάλυση προκύπτει η επιλογή μιας ομάδας βέλτιστων συνθηκών κοπής Vc,f, για τις οποίες επιδιώκουμε να ισχύουν τα εξής:

A) Να μην ευνοούν τη γρήγορη ανάπτυξη της φθοράς.

B) Να είναι αρκετά υψηλές ώστε να επιτυγχάνεται καλή εκμετάλλευση της εργαλειομηχανής, ελατώνοντας τους χρόνους κατεργασίας και κατά συνέπεια το κόστος παραγωγής.

Γ) Να μη βρίσκονται στην περιοχή σχηματισμού της ψευδόκοψης, έτσι ώστε η ποιότητα της κατεργασμένης επιφάνειας να είναι υψηλή.

Από όσα αναφέρθηκαν, προκύπτει ότι τον περιοριστικό προς τα πάνω ρόλο στην εκλογή των συνθηκών κοπής παίζει το μέγεθος της φθοράς και συγκεκριμένα η τιμή αυτής που χαρακτηρίζεται σαν κριτήριο αστοχίας του εργαλείου και πρέπει να εκλέγεται προσεκτικά.

**ΚΩΔΙΚΑΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΓΙΑ ΤΟΝ ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟ ΤΗΣ ΦΘΟΡΑΣ ΤΩΝ
ΚΟΠΤΙΚΩΝ ΕΡΓΑΛΕΙΩΝ ΚΑΤΑ ΤΟ ΠΟΛΥΑΞΟΝΙΚΟ ΦΡΑΙΖΑΡΙΣΜΑ**

Κώδικας μηχανής για τον καθαρισμό της επιφάνειας των προς
κατεργασία τεμαχίων:

| ΕΝΤΟΛΕΣ | ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ |
|------------------------------------|------------------------------------------|
| N6030 (ARXIMHDHS) | Ονομασία του προγράμματος |
| N10 G18 | Δήλωση επιπέδου κατεργασίας |
| N20 G54 | Ανάκτηση μηδενικού σημείου |
| N30 G98 X-20 Y0 Z-20 I180 J20 K180 | Ορισμός παραθύρου (προσημείωση) |
| N40 G99 X-10 Y0 Z-10 I160 J10 K160 | Ορισμός τεμαχίου (προσημείωση) |
| N50 T27 M6 (D32) | Εισαγωγή εργαλείου |
| N60 F200 S995 M3 | Πρόωση,στροφές, Δεξιόστροφη περιστροφή |
| N70 M8 | Ψυκτικό υγρό ON |
| N80 G0 X-20 Z8 | Αρχική τοποθέτηση εργαλείου |
| N90 G0 Y1 | Ανύψωση εργαλείου |
| N110 G1 Y-2 | Ρύθμιση βάθους |
| N120 G1 X180 | Ευθύγραμμη κίνηση με κοπή |
| N130 G0 Z32 | Μετατόπιση εργαλείου χωρίς κοπή |
| N131 M0 | Προγραμματισμένη παύση |
| N140 G1 X-20 | Ευθύγραμμη κίνηση με κοπή |
| N150 G0 Z56 | Μετατόπιση εργαλείου χωρίς κοπή |
| N151 M0 | Προγραμματισμένη παύση |
| N160 G1 X180 | Ευθύγραμμη κίνηση με κοπή |
| N170 G0 Z80 | Μετατόπιση εργαλείου χωρίς κοπή |
| N171 M0 | Προγραμματισμένη παύση |
| N180 G1 X-20 | Ευθύγραμμη κίνηση με κοπή |
| N190 G0 Z104 | Μετατόπιση εργαλείου χωρίς κοπή |
| N191 M0 | Προγραμματισμένη παύση |
| N200 G1 X180 | Ευθύγραμμη κίνηση με κοπή |
| N220 G0 Z128 | Μετατόπιση εργαλείου χωρίς κοπή |
| N221 M0 | Προγραμματισμένη παύση |
| N230 G1 X-20 | Ευθύγραμμη κίνηση με κοπή |
| N240 G0 Z152 | Μετατόπιση εργαλείου χωρίς κοπή |
| N241 M0 | Προγραμματισμένη παύση |
| N250 G1 X180 | Ευθύγραμμη κίνηση με κοπή |
| N260 G0 Z176 | Μετατόπιση εργαλείου χωρίς κοπή |
| N261 M0 | Προγραμματισμένη παύση |
| N270 G1 X-20 | Ευθύγραμμη κίνηση με κοπή |
| N280 G0 Y100 | Μετατόπιση εργαλείου χωρίς κοπή |
| N290 M9 | Ψυκτικό υγρό OF |
| N300 M30 | Τέλος προγράμματος & επιστροφή στην αρχή |

Κώδικας μηχανής για την εκχόνδρηση των κατεργαζομένων τεμαχίων:

| ΕΝΤΟΛΕΣ | ΕΠΕΞΗΓΗΣΕΙΣ |
|------------------------------------|------------------------------------------|
| N6020 (ARXIMHDHS) | Ονομασία του προγράμματος |
| N10 G18 | Δήλωση επιπέδου κατεργασίας |
| N20 G54 | Ανάκτηση μηδενικού σημείου |
| N30 G98 X-20 Y0 Z-20 I180 J20 K180 | Ορισμός παραθύρου (προσημείωση) |
| N40 G99 X-10 Y0 Z-10 I160 J10 K160 | Ορισμός τεμαχίου (προσημείωση) |
| N5 T13 M6 (D40) | Εισαγωγή εργαλείου |
| N6 F100 S700 M3 | Πρόωση,στροφές, Δεξιόστροφη περιστροφή |
| N7 M8 | Ψυκτικό υγρό ON |
| N8 G0 X-35 Z10 | Αρχική τοποθέτηση εργαλείου |
| N9 G0 Y1 | Ανύψωση εργαλείου |
| N11 G1 Y-0.6 | Ρύθμιση βάθους |
| N12 G1 X195 | Ευθύγραμμη κίνηση με κοπή |
| N13 G0 Z45 | Μετατόπιση εργαλείου χωρίς κοπή |
| N14 G1 X-35 | Ευθύγραμμη κίνηση με κοπή |
| N15 G0 Z80 | Μετατόπιση εργαλείου χωρίς κοπή |
| N16 G1 X195 | Ευθύγραμμη κίνηση με κοπή |
| N17 G0 Z115 | Μετατόπιση εργαλείου χωρίς κοπή |
| N18 G1 X-35 | Ευθύγραμμη κίνηση με κοπή |
| N19 G0 Z150 | Μετατόπιση εργαλείου χωρίς κοπή |
| N20 G1 X195 | Ευθύγραμμη κίνηση με κοπή |
| N22 G0 Z185 | Μετατόπιση εργαλείου χωρίς κοπή |
| N23 G1 X-35 | Ευθύγραμμη κίνηση με κοπή |
| N24 G0 Y100 | Μετατόπιση εργαλείου χωρίς κοπή |
| N25 M9 | Ψυκτικό υγρό OF |
| N26 M30 | Τέλος προγράμματος & επιστροφή στην αρχή |

