

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ:

«Σχεδίαση και κατασκευή μοντέλου χύτευσης με τη μέθοδο της ηλεκτροδιάβρωσης(βύθισης)»



Εισηγητής: Μάρκου Αθανάσιος

Σπουδάστρια: Τούλη Καλλιόπη

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

<u>Πρόλογος</u>	<u>σελ.2</u>
<u>Ηλεκτροδιάβρωση: Ορισμός</u>	<u>σελ.3</u>
<u>Αρχή λειτουργίας</u>	<u>σελ.4</u>
<u>Είδη κατεργασίας</u>	<u>σελ.5-7</u>
<u>Εφαρμογές βύθισης με ηλεκτροδιάβρωση</u>	<u>σελ.8-10</u>
<u>Παράγοντες κατεργασίας</u>	<u>σελ.10-13</u>
<u>Προβλήματα κατεργασίας</u>	<u>σελ.13</u>
<u>Αντιμετώπιση προβλημάτων</u>	<u>σελ.14</u>
<u>Υλικά ηλεκτροδίων</u>	<u>σελ.15</u>
<u>Πλεονεκτήματα ηλεκτροδιάβρωσης</u>	<u>σελ.15</u>
<u>Μειονεκτήματα ηλεκτροδιάβρωσης</u>	<u>σελ.16</u>
<u>Περιγραφή κατασκευής</u>	<u>σελ.16-20</u>
<u>Σχέδιο κατασκευής</u>	<u>σελ.17</u>

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η πτυχιακή έγινε με την επίβλεψη του κ. Μάρκου καθηγητή εφαρμογών του ΤΕΙ Σερρών.

Θερμές ευχαριστίες στον κ. Κυριαζίδη Χρήστο ο οποίος ανέλαβε να μας βοηθήσει στην κατασκευή του μοντέλου, διότι ο ελλιπής εξοπλισμός του ΤΕΙ δεν μας το επέτρεψε.

Οι γνώσεις του επάνω στο αντικείμενό του με βοήθησαν να κατανοήσω πλήρως τον τρόπο με τον οποίο κατασκευάζονται τα διάφορα μοντέλα χύτευσης με τη μέθοδο της ηλεκτροδιάβρωσης βυθίσεως.

Ακόμη, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον κ. Μάρκου ο οποίος ήταν διαθέσιμος οποιαδήποτε στιγμή και πρόθυμος να βοηθήσει για την καλύτερη δυνατή ολοκλήρωση της πτυχιακής εργασίας.

- **ΤΙ ΕΙΝΑΙ Η ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗ**

Είναι από παλιά γνωστό στην ηλεκτροτεχνία πως, όταν δύο αγωγοί υπό τάση απομακρύνονται δημιουργείται ένας ηλεκτρικός σπινθήρας, που είναι συνυφασμένος με υψηλές θερμοκρασίες και δυνάμεις, που προκαλούν φθορά και στους δύο αγωγούς. Όταν η τάση είναι συνεχής(δηλ. έχει σταθερή πολικότητα), τότε η φθορά του θετικού πόλου είναι μεγαλύτερη. Για το λόγο αυτό έχουν αναπτυχθεί ειδικά κράματα για ηλεκτρικές επαφές, που αντέχουν στο είδος των καταπονήσεων.

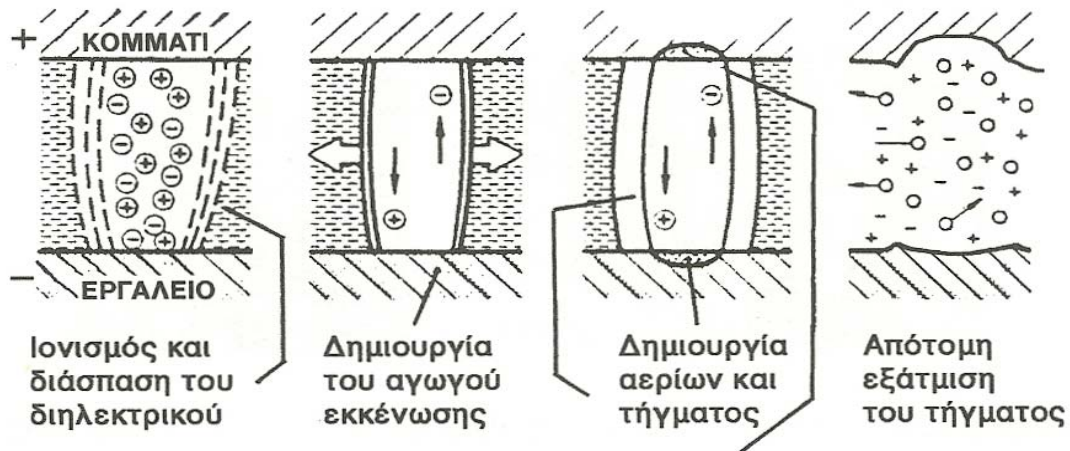
Με βάση αυτή την εμπειρία και στην προσπάθεια του ανθρώπου να κατεργαστεί υλικά τόσο σκληρά, που είναι αδύνατον να υποστούν κατεργασία με συμβατικές μεθόδους, γίνεται ακριβώς χρήση του παραπάνω φαινομένου. Η επιλογή, όμως, του υλικού των ηλεκτροδίων και των άλλων συνθηκών κατεργασίας γίνεται σε τρόπο ώστε :

- Η «φθορά» του κατεργαζόμενου κομματιού να μεγιστοποιηθεί,
- Η φθορά του εργαλείου να είναι ελαχιστοποιημένη,
- Η μεταφορά της μορφής του εργαλείου στο κομμάτι να είναι ακριβής.

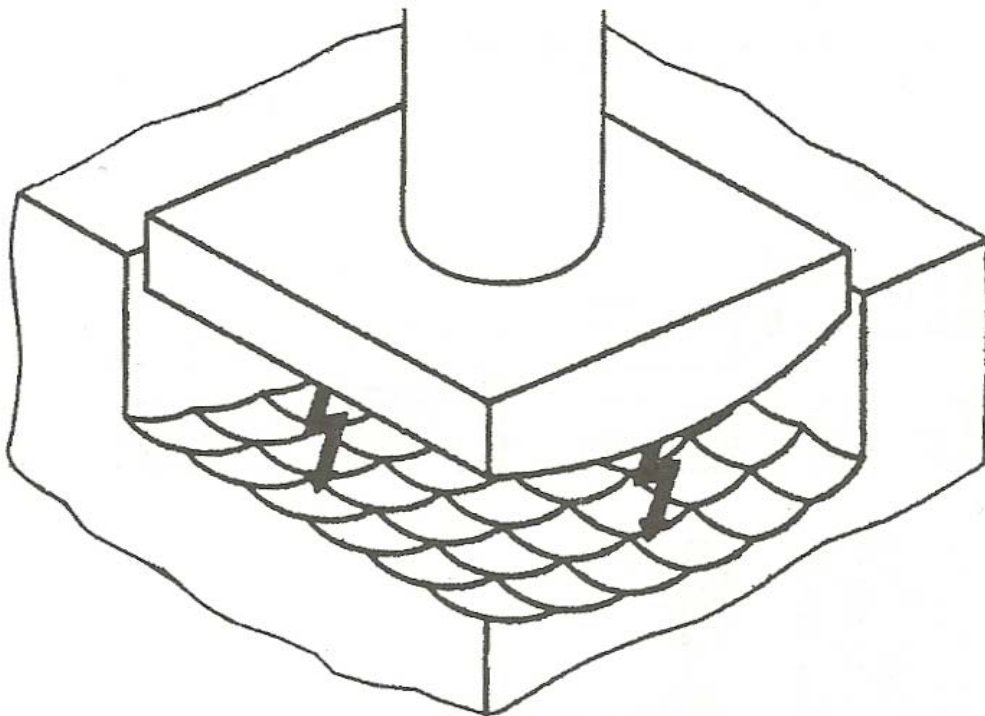
Η μέθοδος κατεργασίας, που έχει βάση το φαινόμενο αυτό, ονομάζεται **ηλεκτροδιάβρωση**, περιλαμβάνει πολλές παραλλαγές και έχει μεγάλη εξάπλωση παγκόσμια, τόσο σε αριθμό εφαρμογών, όσο και σε αριθμό εγκατεστημένων εργαλειομηχανών. Το ίδιο συμβαίνει και στην Ελλάδα, όπου η μέθοδος χρησιμοποιείται σε μεγάλη έκταση για κατασκευή καλουπιών, π.χ. πλαστικών κτλ.

• ΑΡΧΗ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ

Η αρχή της λειτουργίας της ηλεκτροδιάβρωσης είναι η αφαίρεση υλικού με τη βοήθεια θερμικής ενέργειας που παρέχεται από κατάλληλους σπινθήρες ανάμεσα στο εργαλείο και το κατεργαζόμενο κομμάτι, με αποτέλεσμα μικρά μέρη να τήκονται, άρα να αποχωρίζονται απ' την υπόλοιπη μάζα του.



Εικόνα 1. Φάσεις της ηλεκτρικής εκκένωσης.



Εικόνα 2. Επιφάνεια του κομματιού μετά από την ηλεκτροδιάβρωση σε μεγέθυνση.

- **ΕΙΔΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗ**

1. **Βύθιση με ηλεκτροδιάβρωση**

- **Απλή βύθιση**

- **Με οδήγηση τροχιάς**

Στην παραλλαγή αυτή υπάρχει αριθμητικά ελεγχόμενη κίνηση του εργαλείου σε περισσότερους άξονες. Με βάση την ελευθερία διαμόρφωσης της μορφής του ηλεκτροδίου-εργαλείου, καθώς και των κινήσεών του σε περισσότερους άξονες, υπάρχει η δυνατότητα συνδυασμών τους σε μεγάλο αριθμό, δηλ. υπάρχει δυνατότητα κατεργασίας μεγάλης ποικιλίας κομματιών σε περίπλοκες μορφές, που συχνά δεν είναι δυνατόν να επιτευχθούν με άλλες κατεργασίες.

- **Με πλανητική κίνηση**

Στην παραλλαγή αυτή της κατεργασίας, το εργαλείο-ηλεκτρόδιο κάνει ταυτόχρονες κινήσεις στους άξονες X και Y σε τρόπο ώστε να ευρίσκεται σε σταθερή απόσταση από το προϋπάρχον περίγραμμα, ενώ εκτελείται η κατεργασία, με αποτέλεσμα το περίγραμμα να διευρύνεται συνέχεια μέχρι τις επιθυμητές διαστάσεις.

2. Κοπή με σύρμα

Στην παραλλαγή αυτής της κατεργασίας, το εργαλείο-ηλεκτρόδιο είναι σύρμα που δημιουργεί μια στενή σχισμή στο κομμάτι για την κοπή ενός μέρους του.

Το κομμάτι κινείται σε σχέση με το σύρμα, ενώ το σύρμα έχει αξονική πρόωση, ώστε να ανανεώνεται συνεχώς και να μην προκύπτουν μειονεκτήματα από τη φθορά του.

Το σύρμα κοπής ξεκινάει και καταλήγει σε τύμπανο, αφού περάσει από οδηγούς, διάταξη σύνδεσής του με τη γεννήτρια παλμών, διάταξη τάνυσης, ώστε να μην παραμορφωθεί.

Σε μικρή απόσταση, πάνω και κάτω από το κομμάτι, υπάρχουν ανοίγματα διοχέτευσης διηλεκτρικού (απιονισμένο νερό), ώστε να εξασφαλίζεται η απαλλαγή της θέσης κατεργασίας από τα απόβλητα. Από τα ακροφύσια διοχετεύεται νερό με υψηλή πίεση για το «πέρασμα» του σύρματος μέσα από τη διάταξη γρήγορα και απλά. Αυτό γίνεται είτε με την προετοιμασία της κατεργασίας είτε εάν το σύρμα κοπεί.

Η διάμετρος του σύρματος είναι 0,03 έως 0,05mm από χαλκό, είτε κράμα χαλκού-ψευδάργυρου και για λεπτές εργασίες ακόμα και λιγότερο από 0,01mm από μολυβδαίνιο.

Με τη μέθοδο της κοπής με σύρμα είναι δυνατή η κατασκευή εξωτερικών και εσωτερικών περιγραμμάτων. Αυτό προϋποθέτει, στην περίπτωση εσωτερικών περιγραμμάτων, την ύπαρξη αρχικής τρύπας, μιας πρώτης τροχιάς και μετά μιας τελικής.

Επιπλέον, υπάρχει η δυνατότητα «κωνικής» κοπής μη πρισματικών περιγραμμάτων. Αυτό προϋποθέτει σχετική κίνηση της άνω οδήγησης του σύρματος σε σχέση με την κάτω.

Η μη πρισματική κοπή δίνει τη δυνατότητα κατασκευής αντικειμένων με διάφορες «ευθειογενείς» επιφάνειες, που δεν μπορούν να κατασκευαστούν με άλλες μεθόδους κατεργασίας, και γι' αυτό η παραλλαγή αυτή έχει βρει μεγάλο πεδίο εφαρμογών, π.χ. σε είδη συσκευασίας.

3. Λείανση με ηλεκτροδιάβρωση

4. Πριόνισμα με ηλεκτροδιάβρωση

Το συγκρότημα ηλεκτροδιάβρωσης περιλαμβάνει:

- Την εργαλειομηχανή που δίνει στήριξη στο εργαλείο και το κομμάτι
- Τα συστήματα κίνησης με αριθμητικό έλεγχο και τον κεντρικό έλεγχο που εξασφαλίζει με ακρίβεια τις κινήσεις τους
- Το συγκρότημα παροχής ισχύος με τους αυτοματισμούς διαμόρφωσης των παλμών τάσης
- Το σύστημα ανακυκλοφορίας, ψύξης και καθαρισμού του διηλεκτρικού

12. Κίνηση του τραπεζιού με αριθμητικό έλεγχο

13. Φίλτρο

14. Αντλία

- **ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ ΤΗΣ ΒΥΘΙΣΗΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗ**

1. **Εφαρμογή της απλής βύθισης με ηλεκτροδιάβρωση**

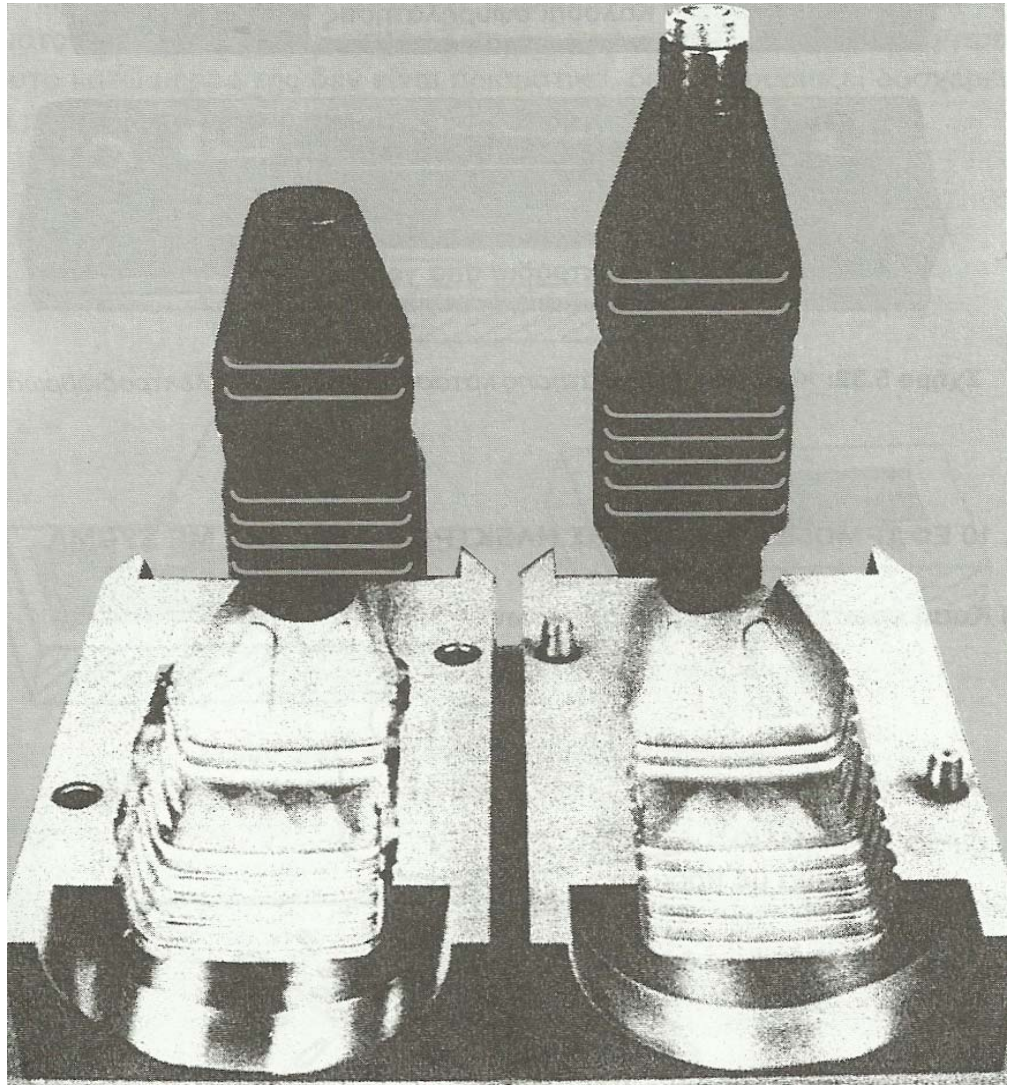
Παραδείγματος χάρη, μια κατασκευή καλίμπρας για πλαστικό.

2. **Κατασκευή καλουπιού χύτευσης**

Για την κατασκευή καλουπιών (π.χ. για χύτευση) με τη μέθοδο της ηλεκτροδιάβρωσης πρέπει να γίνει προσεκτική επιλογή του αριθμού, της μορφής και του υλικού των επιμέρους καλουπιών.

- Για την κατασκευή των επιμέρους καλουπιών χρησιμοποιούνται συμβατικές και μη κατεργασίες.
- Ως υλικό για τα ηλεκτρόδια μπορεί να χρησιμοποιηθεί κάθε ηλεκτρικά αγώγιμο υλικό

3. **Κατασκευή καλουπιού πλαστικού μπουκαλιού**



4. Καλούπι για σφυρηλάτηση



• ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Η επιτυχία της κατεργασίας κρίνεται ανάλογα από το εάν

- ✓ ο ρυθμός του αφαιρουμένου όγκου του κομματιού (όγκος αφαιρουμένου όγκου στη μονάδα χρόνου) είναι μεγάλος,
- ✓ ο λόγος αφαιρουμένου όγκου του κομματιού προς τον όγκο φθοράς του ηλεκτροδίου-εργαλείου είναι κατά το δυνατόν μεγάλος,
- ✓ η ποιότητα επιφανείας και ακρίβεια διαστάσεων και μορφής του κομματιού είναι καλή.

1. Διάκενο

Από τις σημαντικότερες παραμέτρους της ηλεκτροδιάβρωσης είναι το **διάκενο** ανάμεσα στα ηλεκτρόδια. Εάν το διάκενο είναι πολύ μεγάλο, η διάσπαση του διηλεκτρικού που βρίσκεται στο διάκενο δεν είναι δυνατή, ενώ εάν είναι πολύ μικρό προκαλείται βραχυκύκλωμα, με συνέπεια την καταστροφή του κομματιού. Υπάρχει περιοχή διακενων, όπου η εκκένωση είναι δυνατή, η ενδεδειγμένη όμως τιμή του διακενου εξαρτάται από άλλους παράγοντες.

2. Χρόνος παλμού τάσης

Ένας άλλος σημαντικός παράγοντας για την επιτυχία της κατεργασίας είναι και η **συχνότητα**, καθώς και οι διάφορες **χρονικές φάσεις** του παλμού της τάσης.

Η **διάρκεια εκκένωσης** t_e αντιστοιχεί στο χρόνο που ο αγωγός εκκένωσης διαρρέεται από το ρεύμα εκκένωσης. Ο χρόνος αυτός πρέπει να είναι περιορισμένος, διότι πάνω από κάποιο όριο οδηγεί σε πολύ μεγάλη τραχύτητα επιφανείας του κομματιού.

Ο **χρόνος καθυστέρησης** t_d είναι χρόνος μεταξύ της αρχής του παλμού της τάσης και της έναρξης της εκκένωσης. Ο χρόνος αυτός απαιτείται για να ιονιστεί το διάκενο.

Η **διάρκεια του παλμού** t_i είναι η διάρκεια που τα ηλεκτρόδια είναι συνδεδεμένα με την τάση και φυσικά είναι:

$$t_i = t_e + t_d$$

Ο **χρόνος διαλείμματος** t_o είναι η διάρκεια ανάμεσα στη διακοπή ενός παλμού και την έναρξη του επόμενου παλμού και είναι απαραίτητος για να επανέλθει το ιονισμένο υλικό στην αρχική του κατάσταση και να μην έχουμε και νέα εκκένωση στην ίδια θέση.

Η περίοδος του παλμού της τάσης t_p είναι το χρονικό διάστημα μέσα στο οποίο συμπληρώνεται ένας πλήρης κύκλος εκκένωσης και προφανώς είναι:

$$t_p = t_i + t_o$$

3. Τάση και ένταση ρεύματος της εκκένωσης

Η ενέργεια της ηλεκτρικής εκκένωσης είναι:

$$E = U_e * I_e * t_e^5$$

Όπου:

U_e είναι η τάση διάσπασης, που εξαρτάται από το διάκενο και το διηλεκτρικό υγρό,

t_e είναι η διάρκεια εκκένωσης, που θα πρέπει να βρίσκεται μέσα σε κάποια όρια,

I_e είναι η ένταση του ρεύματος εκκένωσης.

Η ενέργεια της εκκένωσης επηρεάζει άμεσα τη διαδικασία αφαίρεσης υλικού, γι' αυτό και η ένταση του ρεύματος της εκκένωσης είναι καθοριστικός παράγοντας για τα αποτελέσματα της κατεργασίας. Μεγαλύτερης έντασης εκκένωση έχει ως συνέπεια την αύξηση του ρυθμού αφαίρεσης υλικού, αλλά ταυτόχρονα και τη μείωση της ποιότητας του κομματιού, πράγμα που σημαίνει μεγαλύτερες αποκλίσεις του κομματιού από την ιδανική μορφή και μεγαλύτερη τραχύτητα επιφάνειας.

4. Έκπλυση του διάκενου

Απαραίτητη προϋπόθεση για την επιτυχή εφαρμογή της ηλεκτροδιάβρωσης είναι η **έκπλυση** του διακένου από τα απόβλητα της αφαίρεσης υλικού, γιατί εάν κάποιο από τα σφαιρίδια μείνει στο διάκενο ανάμεσα στα ηλεκτρόδια, θα προκαλέσει επανάληψη εκκενώσεων στην ίδια θέση ή ακόμα και βραχυκύκλωμα. Το διάκενο είναι μικρό, επομένως είναι δύσκολη η κυκλοφορία του διηλεκτρικού υγρού. Γι' αυτό είναι αναγκαία η εξηναγκασμένη **κυκλοφορία** του διηλεκτρικού μέσα από το διάκενο με τη βοήθεια **αντλίας**, αλλά και ανάλογα με την περίπτωση, κατάλληλων διατάξεων διοχέτευσης του διηλεκτρικού στο διάκενο (είτε προσαγωγή με πίεση, είτε εξαγωγή με υποπίεση, από πάνω ή από κάτω, μέσα από τρύπες στο εργαλείο ή και στο κομμάτι) . Η υποβοήθηση της κυκλοφορίας του διηλεκτρικού μπορεί να ενισχυθεί και με **παλινδρομική** κίνηση του εμβόλου που φέρει το εργαλείο, δηλαδή με την αυξομείωση του διακένου.

• ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΑ ΤΗΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑΣ

Αύξηση της ενέργειας εκκένωσης έχει ως συνέπεια την αύξηση του ρυθμού αφαίρεσης υλικού, αλλά και την αύξηση της τραχύτητας επιφάνειας, καθώς και μεγαλύτερο κίνδυνο για θερμικό επηρεασμό.

Για τον λόγο αυτό και για την επίτευξη των ανοχών διαστάσεων και μορφής καθώς και της ποιότητας επιφάνειας του κομματιού, είναι συχνά απαραίτητο, μετά τη φάση του «ξεχοντρίσματος» να ακολουθεί η φάση του «φινιρίσματος».

- **ΑΝΤΙΜΕΤΩΠΙΣΗ ΠΡΟΒΛΗΜΑΤΩΝ ΣΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗ**

Η τήρηση του σωστού διάκενου αποτελεί προϋπόθεση για την αποφυγή μιας σειράς από προβλήματα κατά την εκτέλεση της κατεργασίας, γι' αυτό και είναι απαραίτητος ο **αριθμητικός έλεγχος** της κατακόρυφης κίνησης του εργαλείου και ο εφοδιασμός της γεννήτριας παλμών με κυκλώματα προστασίας.

Άλλη προϋπόθεση είναι η απαλλαγή του διηλεκτρικού από τα απόβλητα και τη θερμότητα, που συμπαρασύρει από τη θέση κατεργασίας. Αυτό επιτυγχάνεται με φίλτρο και συγκρότημα ψύξης.

Συνολικά η επιτυχία της κατεργασίας εξαρτάται από τη σωστή επιλογή:

- Του συνδυασμού υλικών του εργαλείου και του κομματιού
- Του είδους του διηλεκτρικού, της παροχής και του τρόπου διοχέτευσής του μέσα από το διάκενο
- Του διακένου κατεργασίας
- Του παλμού τάσης (ύψος και πολικότητα της τάσης, διάρκεια παλμού, χρόνος διαλείμματος)
- Τη μορφή του εργαλείου που πρέπει να προκύπτει από τη μορφή του κομματιού και του διακένου, που απαιτεί η κατεργασία της ηλεκτροδιάβρωσης.

ΥΛΙΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ ΓΙΑ ΤΗΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑΒΡΩΣΗ

Υλικό	Ιδιότητες	Εφαρμογή
Γραφίτης	Εύκολος στην κατεργασία Μικρή φθορά Λεπτόκοκκος = Φινίρισμα Χοντρόκοκκος = Ξεχόντρισμα	Για καλούπια πρέσας, πλάκες αποκοπής και αποξέστες.
Χαλκός	Μικρή φθορά, Μεγάλος ρυθμός αφαίρεσης υλικού, Εύκολος στην κατεργασία	Για μικρά εργαλεία Μέγεθος κόκκου 1 ... 400 μm
Βολφράμιο-Χαλκός	Ακριβό υλικό Καλή συμπεριφορά φθοράς	Για ηλεκτρόδια φινιρίσματος σκληρομετάλλων
Χαλκός-Ψευδάργυρος	Φθηνό υλικό για ηλεκτρόδια	Για ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα

Πλεονεκτήματα ηλεκτροδιάβρωσης:

- Βυθίσματα, διαμπερή ανοίγματα και σπειρώματα είναι δυνατόν να κατασκευαστούν σε βαμμένους χάλυβες και σκληρομέταλλα.
- Κατασκευή με ακριβή μορφή και διαστάσεις αντικειμένων συναρμογής, π.χ. πλάκα κοπής και πλάκα οδηγός.
- Ομοιόμορφη ποιότητα επιφάνειας με καλή πρόσφυση λιπαντικών.

Μειονεκτήματα ηλεκτροδιάβρωσης:

- Ελάχιστη αφαίρεση υλικού κατά την αποπεράτωση
- Αποκλίσεις στις διαστάσεις και στη μορφή λόγω φθοράς των ηλεκτροδίων
- Μεγάλα έξοδα για τη μηχανή
- Αλλοιώσεις της κρυσταλλικής δομής στην επιφανειακή στοιβάδα του υλικού, λόγω αναπτυσσόμενης θερμότητας

Κατά την κατασκευή:

Σχεδιάσαμε το καλούπι στο πρόγραμμα AutoCAD 2012.

Η πρώτη επεξεργασία της πλάκας και το ξεχόνδρισμα όπως φαίνεται παρακάτω, έγιναν στην Deckel Maho.



Για την κατεργασία του καλουπιού χρησιμοποιήθηκαν 5 kg St47 (Υλικό πλάκας)

Για την πρώτη διαμόρφωση του καλουπιού στη διαδικασία του ξεχονδρίσματος, η πλάκα έμεινε στο κέντρο (Deckel Maho) για μία ώρα περίπου. Ταυτόχρονα, φτιάξαμε ένα ηλεκτρόδιο για το μηχάνημα της ηλεκτροδιάβρωσης. Το ηλεκτρόδιο που φτιάξαμε ήταν από ηλεκτρολυτικό χαλκό και διαμορφώθηκε στον τόρνο σε φ10mm.

Στην παρακάτω εικόνα το ηλεκτρόδιο είναι εμφανές και τοποθετημένο στο μηχάνημα της ηλεκτροδιάβρωσης βύθισης.



Αφού τελείωσε η πρώτη φάση στο κέντρο, η πλάκα τοποθετήθηκε στην ηλεκτροδιάβρωση για το επίσης, ξεχόνδρισμα. (Όπως φαίνεται και στην παραπάνω εικόνα.)

Κατά το ξεχόνδρισμα χρειάστηκε μία ώρα κατεργασίας με 11 Amber. Στη συνέχεια, για την τελική διαμόρφωση και ακρίβεια των ακμών, ακολούθησε η φάση του φινιρίσματος η οποία διήρκησε 1,5 ώρα περίπου με ένταση ρεύματος 3 Amber.

Για να πετύχουμε το ακριβές αποτέλεσμα, πήραμε τις ανάλογες οδηγίες από το εγχειρίδιο του μηχανήματος της ηλεκτροδιάβρωσης σχετικά με τα διάκενα (ανοχές).

Κατά την ηλεκτροδιάβρωση του μετάλλου πρέπει τα μπεκ για το διηλεκτρικό υγρό να βρίσκονται σε σωστή θέση για να γίνει καλή εκκένωση των καμένων μορίων.

Η κατασκευή του καλουπιού βασίστηκε στην εμπειρία του μηχανουργού. Το αποτέλεσμα αυτού δεν είναι πλήρως ολοκληρωμένο διότι η κατασκευή δεύτερης πλάκας και πλήρους κατασκευής με τους απαραίτητους οχετούς για τη διέλευση του ρευστού μίγματος και του ψυκτικού υγρού, απαιτούσε μεγάλο χρηματικό ποσό το οποίο δεν ήταν διαθέσιμο.

Η κατασκευή της πλάκας έχει ως σκοπό να χρησιμοποιηθεί στην ύλη και εξέταση του μαθήματος «Μηχανουργική Τεχνολογία Ι» ως παρουσίαση του τρόπου κατασκευής πλαστικών αντικειμένων με τη μέθοδο της ηλεκτροδιάβρωσης βυθίσεως.

Από τη συγκεκριμένη πλάκα μπορούμε επίσης να βγάλουμε και γύψινα αντικείμενα. Εάν η δική μας πλάκα ήταν πλήρως ολοκληρωμένη και τη χρησιμοποιούσαμε στην παραγωγή ενός εργοστασίου για πλαστικά αντικείμενα, αυτό που θα έπρεπε να λάβουμε υπ' όψιν μας θα ήταν να ενισχύσουμε τις περιοχές με τις μεγάλες διαμέτρους με κομμάτια γυαλιού, για να αυξήσουμε την αντοχή τους και να αποφύγουμε τυχόν ανόμοια κατανομή υλικού.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- 1) Νικόλαος Γιαννουλάκης, Γεράσιμος Ζεπάτος, Κωνσταντίνος Καρατζόγλου, «Μη συμβατικές κατεργασίες», Οργανισμός Εκδόσεων Διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα 2000.
- 2) Σταμάτης Μαυρομάτης, «Μηχανολογικό Σχέδιο και Στοιχεία Παραστατικής Γεωμετρίας», Σταμάτης Μαυρομάτης, Αθήνα 2003.
- 3) Ulrich Fischer, μεταφρ. Μελέτης Βούλγαρης, «Βασική Μηχανολογία», Εκδοτικός Όμιλος Ιων, 2003
- 4) www.jewelpedia.com