

## **ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6<sup>ο</sup>**

### **Η ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΟΞΟ**

- Τα είδη των συγκολλήσεων τόξου
- Ο απαιτούμενος εξοπλισμός
- Οι μορφές του ηλεκτρικού ρεύματος
- Οι κίνδυνοι και τα μέτρα ασφαλείας

## 6. ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΟΞΟ

### Επιδιωκόμενοι στόχοι:

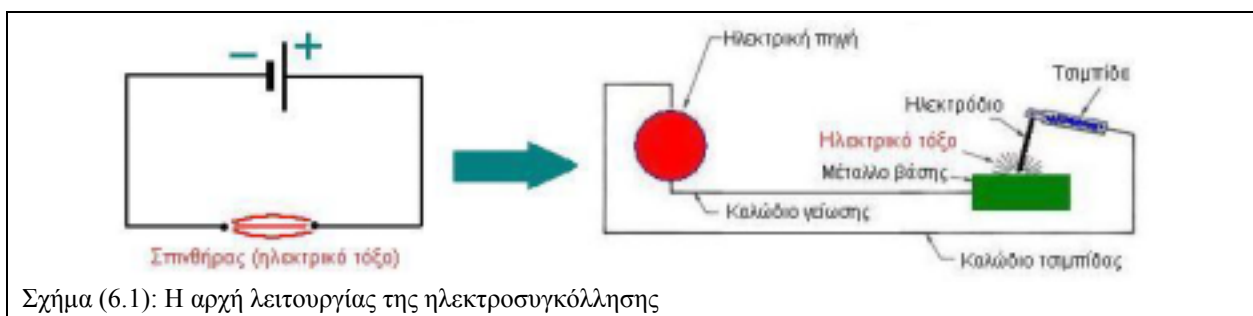
- Να περιγράφουν οι μαθητές τις βασικές αρχές της συγκόλλησης τόξου.
- Να αναφέρουν τα είδη των ηλεκτροσυγκολλήσεων (MMA, MIG, TIG κτλ.) και τον απαιτούμενο εξοπλισμό.
- Να χρησιμοποιούν σωστά τους τεχνικούς όρους.
- Να αναφέρουν ποιες είναι οι διαθέσιμες μορφές ηλεκτρικού ρεύματος και πότε χρησιμοποιούνται.
- Να γνωρίζουν τους κινδύνους και τον εξοπλισμό ασφαλείας έναντι ατυχημάτων.

### 6-1. Βασικές αρχές της συγκόλλησης τόξου

Για να γίνει συγκόλληση δύο μεταλλικών τεμαχίων, πρέπει να προκληθεί τήξη στα σημεία συγκόλλησης. Στη συγκόλληση ηλεκτρικού τόξου ή ηλεκτροσυγκόλληση, η θερμοκρασία για την τήξη παράγεται με τη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου.

Στο σχήμα (6.1), φαίνεται ο τρόπος που δημιουργείται το ηλεκτρικό τόξο. Έχουμε μία πηγή ηλεκτρικού ρεύματος και το ηλεκτρικό τόξο δημιουργείται στο κενό που υπάρχει μεταξύ δύο μεταλλικών τεμαχίων. Το ένα ονομάζεται **ηλεκτρόδιο** και δημιουργεί το σπινθήρα και το άλλο ονομάζεται **μέταλλο βάσης** και αποτελείται από τα δύο προς συγκόλληση τεμάχια.

Το τεμάχιο στο οποίο συνδέεται ο αρνητικός πόλος ονομάζεται **κάθοδος** και συμβολίζεται με το (-) ενώ το τεμάχιο στο οποίο συνδέεται ο θετικός πόλος ονομάζεται **άνοδος** και συμβολίζεται με το (+). Όταν χρησιμοποιείται εναλλασσόμενο ρεύμα, τότε ο ρόλος της καθόδου και της ανόδου αντιστρέφεται συνέχεια.



Σχήμα (6.1): Η αρχή λειτουργίας της ηλεκτροσυγκόλλησης

Στο μικρό διάκενο μεταξύ ηλεκτροδίου και μετάλλου βάσης, δημιουργείται μία ισχυρά ιονισμένη ατμόσφαιρα αερίου. Το αέριο το οποίο βρίσκεται σ' αυτή την κατάσταση ονομάζεται **πλάσμα**. Μέσω της στήλης του πλάσματος διατηρείται το τόξο.

Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο σημείο επαφής του ηλεκτρικού τόξου με το μέταλλο βάσης υπερβαίνει τους 2400°C. Εκεί δημιουργείται το **λουτρό συγκόλλησης**, δηλαδή μία περιοχή από τηγμένο μέταλλο, η οποία, όταν στερεοποιηθεί, προκαλεί τη συγκόλληση των δύο τεμαχίων. Μετακινώντας το ηλεκτρόδιο κατά μήκος της γραμμής επαφής των τεμαχίων, επιτυγχάνεται η συγκόλλησή τους.

Το ηλεκτρικό τόξο συντηρείται από μόνο του, αρκεί να μην απομακρυνθεί πολύ το ηλεκτρόδιο από το μέταλλο βάσης. Για την έναρξή του όμως, εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές. Οι πλέον διαδεδομένες είναι οι εξής:

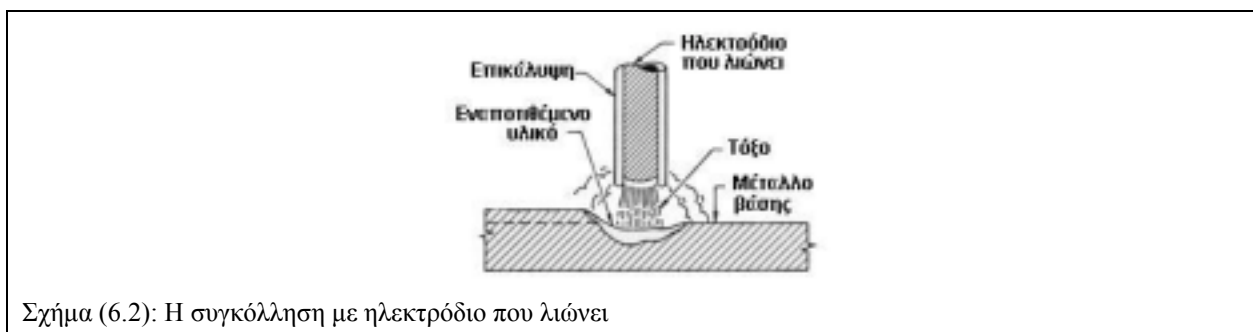
- Με τη στιγμιαία επαφή και απομάκρυνση του ηλεκτροδίου με το μέταλλο βάσης
- Με μία στιγμιαία υψηλή τάση μεταξύ ηλεκτροδίου και μετάλλου βάσης

## 6-2. Η προσθήκη υλικού στο σημείο συγκόλλησης

Για να επιτευχθεί καλή συγκόλληση, προσθέτουμε μέταλλο στο λουτρό συγκόλλησης. Το μέταλλο που προστίθεται, συνήθως είναι παρόμοιας χημικής σύστασης με το μέταλλο βάσης. Η ανάμειξη του μετάλλου βάσης με το κατάλληλο προστιθέμενο μέταλλο, δημιουργεί τις προϋποθέσεις, ώστε, μετά την πήξη, να προκύψει η κρυσταλλική δομή, με τις απαιτούμενες μηχανικές ιδιότητες. Η προσθήκη μετάλλου στο σημείο συγκόλλησης γίνεται με τους εξής τρόπους:

### (α) Χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρόδιο που λιώνει

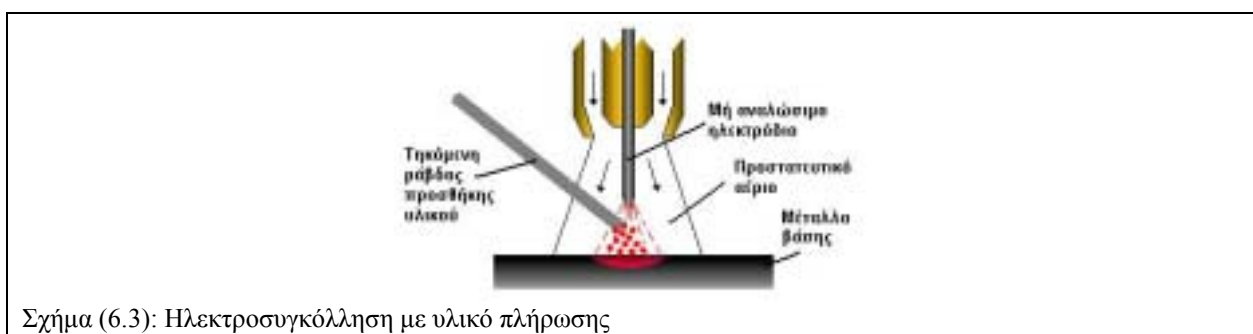
Το ηλεκτρόδιο σ' αυτή την περίπτωση είναι **αναλώσιμο**. Χρησιμοποιείται υπό τη μορφή ράβδων επικαλυμμένων με ειδική πάστα, ή υπό τη μορφή συρμάτων. Ο τρόπος αυτός φαίνεται στο σχήμα (6.2).



Σχήμα (6.2): Η συγκόλληση με ηλεκτρόδιο που λιώνει

### (β) Χρησιμοποιώντας ένα υλικό πλήρωσης

Η διαδικασία φαίνεται στο σχήμα (6.3) και θυμίζει τον τρόπο που προστίθεται το υλικό στην οξυγονοκόλληση. Το υλικό πλήρωσης αποτελείται από μία ράβδο που την κρατάει με το ένα χέρι ο ηλεκτροσυγκολλητής, ενώ με το άλλο κρατάει την **τσιμπίδα**.



Σχήμα (6.3): Ηλεκτροσυγκόλληση με υλικό πλήρωσης

Το ηλεκτρόδιο είναι μέσα στην τσιμπίδα, αλλά μόνο η άκρη του είναι ορατή, όπως φαίνεται στο σχήμα (6.4). Το ηλεκτρόδιο στην περίπτωση αυτή δεν καταναλώνεται και ονομάζεται **μη αναλώσιμο**<sup>1</sup>.

<sup>1</sup> Ο αγγλικός όρος για το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο είναι **tungsten** (που σημαίνει βολφράμιο).



Σχήμα (6.4): Το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο στην άκρη της τσιμπίδας

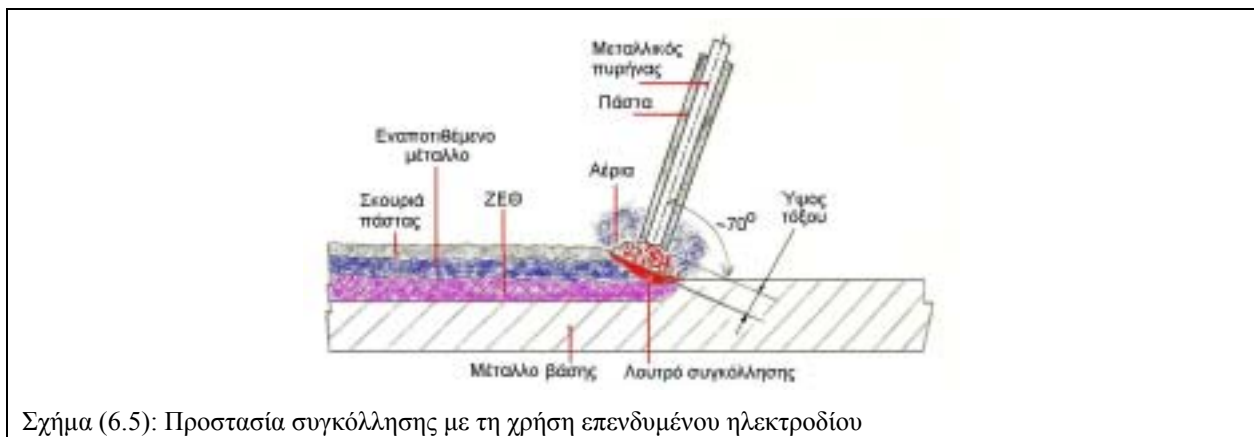
### 6-3. Η προστασία της ηλεκτροσυγκόλλησης από την ατμόσφαιρα

Το λιωμένο μέταλλο στο λουτρό συγκόλλησης αντιδρά με τον ατμοσφαιρικό αέρα και δημιουργούνται χημικές ενώσεις του οξυγόνου (οξειδία) και του αζώτου (νιτρίδια). Το πλέον όμως, επικίνδυνο είναι η εισροή υδρογόνου στο μέταλλο που προέρχεται από τη διάσπαση του νερού που υπάρχει σε μορφή υγρασίας στην ατμόσφαιρα. Οι χημικές ενώσεις και η παρουσία του υδρογόνου μειώνουν πολύ την ποιότητα του μετάλλου στην ένωση.

Για να αποφευχθούν τα παραπάνω, απαιτείται μία κατάλληλη προστασία γύρω από το λουτρό συγκόλλησης η οποία επιτυγχάνεται με έναν από τους παρακάτω δύο τρόπους:

#### (α) Με την παρουσία ειδικής πάστας

Η πάστα<sup>2</sup> αποτελείται από υλικά που λιώνουν, καίγονται ή εξατμίζονται γύρω από το λουτρό συγκόλλησης, όπως φαίνεται και στο σχήμα (6.5). Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μία προστατευτική κρούστα πάνω από τη συγκόλληση και μία αδρανής ατμόσφαιρα γύρω από το τόξο. Έτσι εμποδίζεται η επαφή του λουτρού συγκόλλησης με τον ατμοσφαιρικό αέρα.



Σχήμα (6.5): Προστασία συγκόλλησης με τη χρήση επενδυμένου ηλεκτροδίου

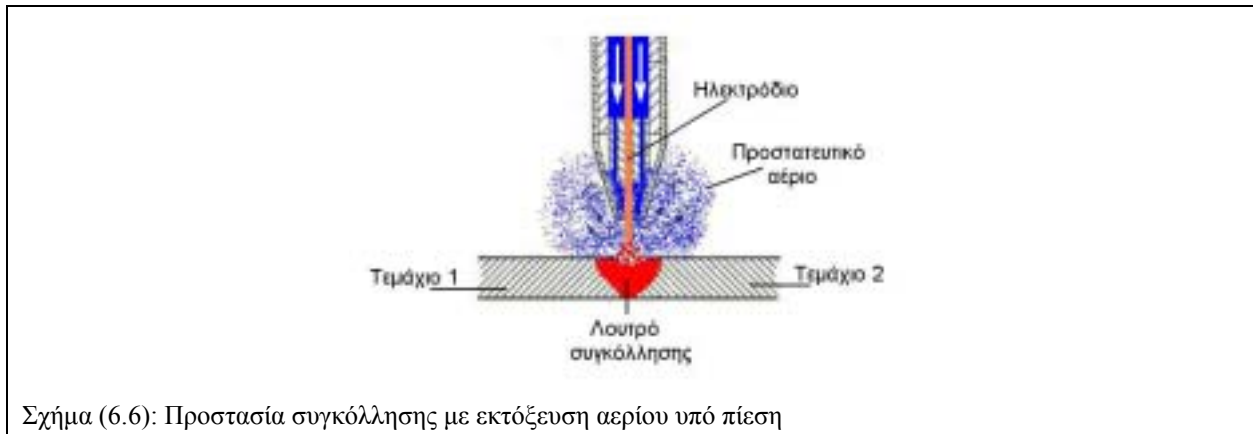
Υπάρχουν τρεις τρόποι με τους οποίους η πάστα έρχεται σε επαφή με το λουτρό συγκόλλησης:

- Με την επένδυση των ηλεκτροδίων με πάστα
- Μέσω σωληνωτών ηλεκτροδίων που έχουν εσωτερικά την πάστα
- Ρίχνοντας την πάστα χύμα πάνω στο λουτρό συγκόλλησης

<sup>2</sup> Η πάστα των ηλεκτροδίων στην αγγλική ονομάζεται **flux** (φλάξ)

### (β) Με την παρουσία προστατευτικού αερίου

Μέσω ειδικών στομιών της τσιμπίδας διοχετεύεται προστατευτικό αέριο το οποίο δημιουργεί την κατάλληλη ατμόσφαιρα γύρω από το λουτρό συγκόλλησης. Η μέθοδος αυτή φαίνεται στο σχήμα (6.6). Το μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ανοικτό χώρο, επειδή το προστατευτικό αέριο παρασύρεται από τον αέρα.



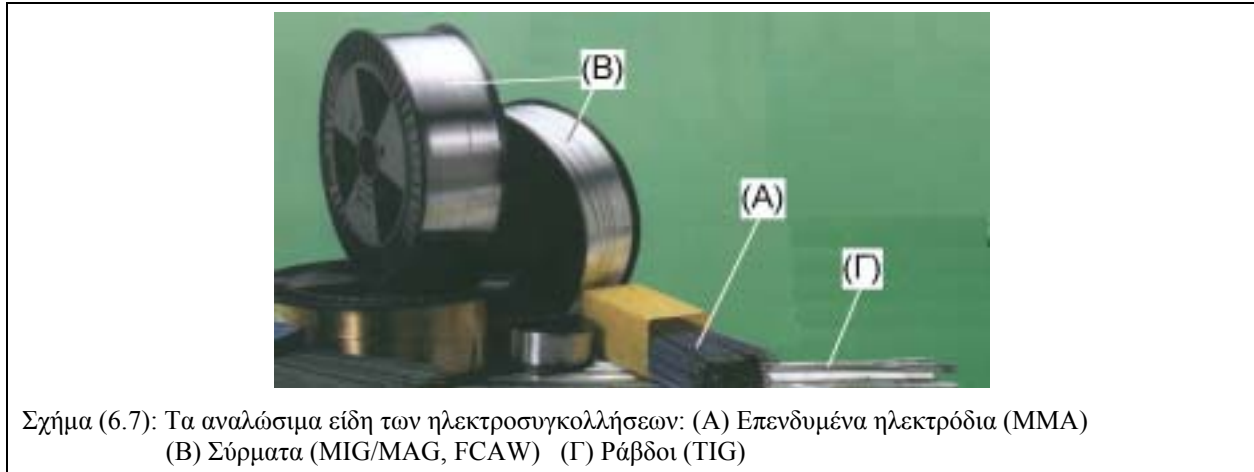
### 6-4. Τα είδη των συγκολλήσεων τόξου

Στις δύο προηγούμενες παραγράφους, αναφέραμε τις μεθόδους προσθήκης του υλικού στο λουτρό συγκόλλησης και τις μεθόδους προστασίας του λουτρού συγκόλλησης από την ατμόσφαιρα. Αυτές οι τεχνικές, συνδυαζόμενες μεταξύ τους, διαμορφώνουν τα έξι (6) βασικά είδη ηλεκτροσυγκόλλησης, που φαίνονται στον πίνακα (6-1). Στο σχήμα (6.7), βλέπουμε τα είδη των αναλωσίμων υλικών.

Πίνακας (6-1): Τα είδη των συγκολλήσεων τόξου (ηλεκτροσυγκολλήσεων)			
Όνομασία (προφορά)	Προσθήκη υλικού με:	Προστασία από την ατμόσφαιρα με:	Επεξηγηματική ονομασία
<b>MMA</b> (εμ-εμ-εί)	Αναλώσιμο ηλεκτρόδιο	Πάστα, εξωτερικά του ηλεκτροδίου	Συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια
<b>MIG/MAG</b> (μίγκ-μάγκ)	Αναλώσιμο ηλεκτρόδιο	Προστατευτικό αέριο	Συγκόλληση συμπαγούς σύρματος σε προστατευτική ατμόσφαιρα
<b>FCAW</b> (εφ-σι-άου)	Αναλώσιμο ηλεκτρόδιο	Πάστα εσωτερικά του ηλεκτροδίου + (ενδεχομένως) προστατευτικό αέριο	Συγκόλληση σωληνωτού σύρματος γεμισμένου με πάστα
<b>TIG</b> (τίγκ)	Ράβδος	Προστατευτικό αέριο	Συγκόλληση με μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο σε προστατευτική ατμόσφαιρα
<b>SAW<sup>3</sup></b> (ζάου)	Αναλώσιμο ηλεκτρόδιο	Πάστα, σε μορφή χύμα, που πέφτει πάνω στο λουτρό συγκόλλησης	Συγκόλληση βυθισμένου τόξου
<b>PAW<sup>4</sup></b> (πάου)	Ράβδος	Προστατευτικό αέριο, μέρος του οποίου είναι σε ιονισμένη μορφή (πλάσμα)	Συγκόλληση πλάσματος

<sup>3</sup> Χρησιμοποιείται σπάνια και μόνο σε αυτόματες διαδικασίες.

<sup>4</sup> Προς το παρόν ελάχιστα εφαρμόζεται, αλλά ενδέχεται να επεκταθεί η χρήση της.



Σχήμα (6.7): Τα αναλώσιμα είδη των ηλεκτροσυγκολλήσεων: (Α) Επενδυμένα ηλεκτρόδια (MMA) (B) Σύρματα (MIG/MAG, FCAW) (Γ) Ράβδοι (TIG)

### 6-5. MMA – Συγκόλληση με επενδυμένα ηλεκτρόδια

Η MMA<sup>5</sup> είναι μία καθαρά χειρωνακτική διαδικασία. Εκτελείται με ηλεκτρόδια επενδυμένα με την ειδική πάστα. Αποκαλούνται **επενδυμένα ηλεκτρόδια** ή για συντομία **ηλεκτρόδια**<sup>6</sup>.



Σχήμα (6.8): Ηλεκτροσυγκόλληση MMA

Για να εκτελεστεί συγκόλληση MMA, πρέπει η μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης να εξασφαλίζει ότι το τόξο της ηλεκτροσυγκόλλησης θα διαρρέεται από **σταθερή ένταση ρεύματος**, η οποία συμβολίζεται ως CC<sup>7</sup>. Π.χ. ρυθμίζουμε ότι η ηλεκτροσυγκόλληση θα γίνει με ρεύμα 200 A. Η εξωτερική εμφάνιση αυτών των μηχανών είναι όπως στο σχήμα (6.9).

Η τσιμπίδα που χρησιμοποιείται κατά τη MMA, φαίνεται στο σχήμα (6.10) και η μορφή των επενδυμένων ηλεκτροδίων στο σχήμα (6.11).

Τα πλεονεκτήματα της MMA είναι:

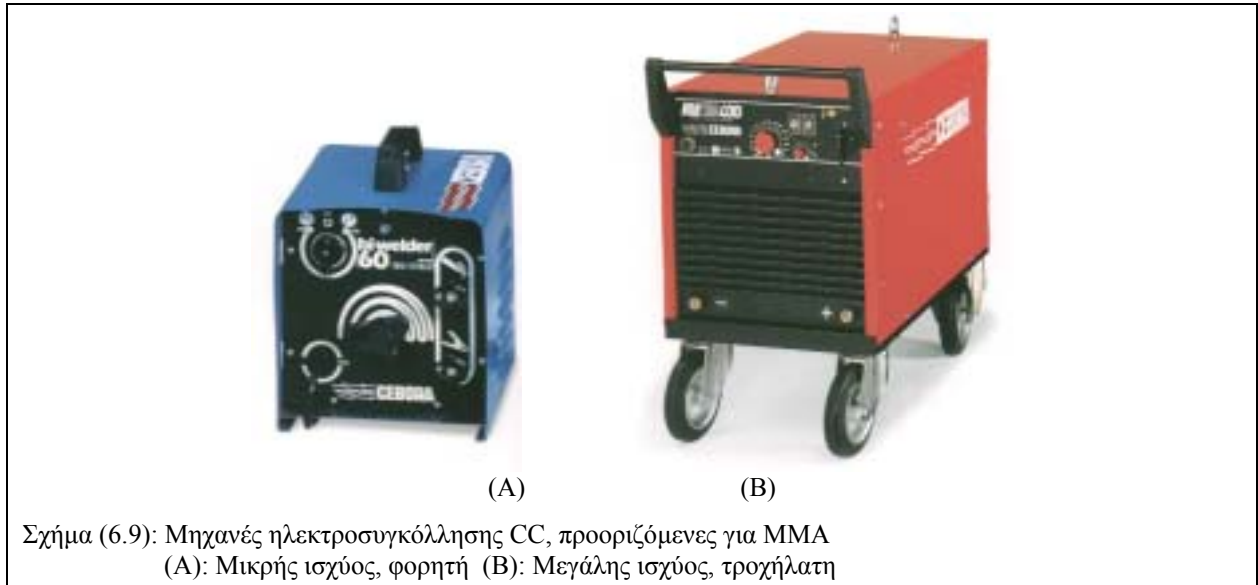
- Είναι κατάλληλη και για συγκολλήσεις σε υπαίθριο χώρο.
- Ο εξοπλισμός είναι χαμηλού κόστους.
- Υπάρχει ποικιλία ηλεκτροδίων για όλες τις εφαρμογές.

<sup>5</sup> MMA = **Manual Metal Arc**. Χρησιμοποιείται γι' αυτήν και η ονομασία **SMAW** (**Shielded Metal Arc Welding**), ιδίως στην αμερικάνικη βιβλιογραφία

<sup>6</sup> Ο αγγλικός όρος των επενδυμένων ηλεκτροδίων είναι **sticks**, ενώ ο όρος **electrode** (ηλεκτρόδιο), συνήθως, αναφέρεται γενικά σε όλα τα είδη ηλεκτροδίων.

<sup>7</sup> CC = **Constant Current**

- Το κόστος ανά μέτρο ραφής, είναι το μικρότερο από όλα τα είδη ηλεκτροσυγκόλλησης.
- Αλλάζουμε εύκολα την ποιότητα ηλεκτροσυγκόλλησης. Αν π.χ. μετά από ανθρακούχο χάλυβα χρειαστεί να συγκολλήσουμε ανοξείδωτο χάλυβα, απλά αλλάζουμε το ηλεκτρόδιο.



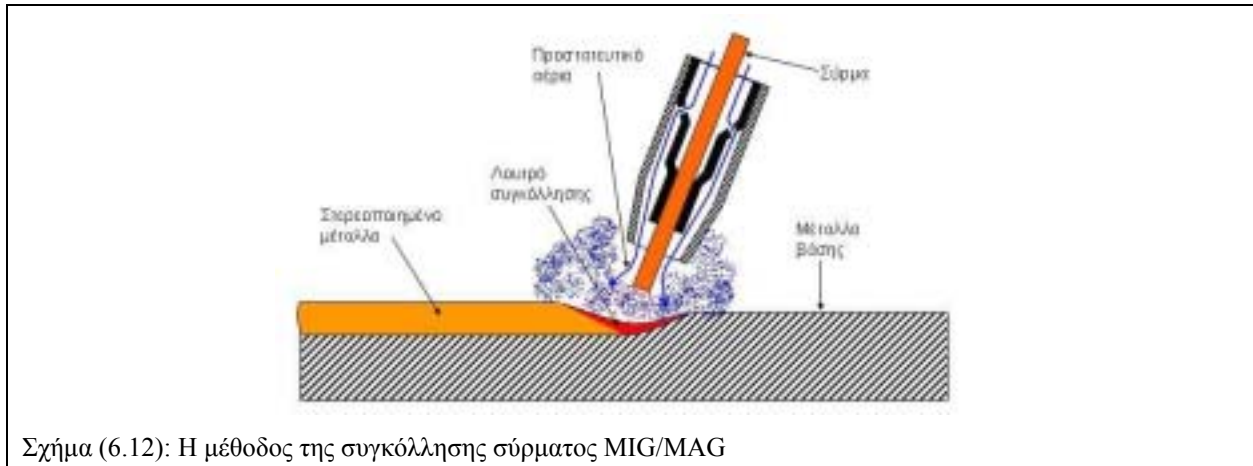
Τα μειονεκτήματά της είναι:

- Δεν έχει μεγάλη παραγωγικότητα.
- Τα πολύ λεπτά ελάσματα συγκολλώνται δύσκολα.
- Ο ηλεκτροσυγκολλητής πρέπει να έχει αρκετή εκπαίδευση και να διαθέτει πείρα.



## 6-6. MIG/MAG – Συγκόλληση με συμπαγές σύρμα

Αυτή γίνεται με συμπαγές σύρμα κάτω από προστατευτική ατμόσφαιρα κάποιου αερίου. Όταν το αέριο είναι αδρανές (π.χ. Ήλιο, Αργό), τότε η διαδικασία αυτή είναι γνωστή με την ονομασία **MIG**. Όταν το αέριο είναι δραστικό (π.χ. CO<sub>2</sub>, άζωτο, μείγμα αργού και οξυγόνου κτλ.), τότε η διαδικασία ονομάζεται **MAG**. Γι' αυτό εφαρμόζεται ο όρος **MIG/MAG**<sup>8</sup>. Στην πράξη όμως, έχει επικρατήσει να χρησιμοποιείται σχεδόν μόνο ο όρος **MIG**.



Κατά τη συγκόλληση MIG/MAG, πρέπει να υπάρχει **σταθερή τάση** του τόξου ηλεκτροσυγκόλλησης, η οποία συμβολίζεται ως **CV**<sup>9</sup>. Αυτή είναι η τάση που εφαρμόζεται μεταξύ της άκρης του ηλεκτροδίου και του μετάλλου βάσης. **Κατά συνέπεια, η μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης πρέπει να εξασφαλίζει σταθερή τάση τόξου, σε αντίθεση με τη MMA, όπου το ζητούμενο είναι η σταθερή ένταση.** Π.χ. ρυθμίζουμε ότι η ηλεκτροσυγκόλληση θα γίνει με τάση 22 V. Μηχανές CV για MIG/MAG βλέπουμε στο σχήμα (6.13). Προσέξτε ότι η βάση τους στο πίσω μέρος έχει υποδοχή για τη φιάλη του αερίου.



Η μορφή της τσιμπιδας MIG/MAG φαίνεται στο σχήμα (6.14) και ο τρόπος εκτέλεσης των ηλεκτροσυγκολλήσεων στο σχήμα (6.15). Η μορφή της ραφής φαίνεται στο σχήμα (6.16).

<sup>8</sup> Χρησιμοποιείται, ακόμη, και ο όρος **GMAW** (Gas Metal Arc Welding)

<sup>9</sup> **CV** = Constant Voltage





Σχήμα (6.14): Τσιμπίδα ηλεκτροσυγκόλλησης MIG/MAG

Τα πλεονεκτήματα της MIG/MAG είναι:

- Η ευκολία με την οποία εκτελείται μία καλή ηλεκτροσυγκόλληση. Ακόμη και ένας νέος τεχνίτης μπορεί να κάνει καλές συγκολλήσεις.
- Η ευκολία συγκόλλησης ελασμάτων πολύ μικρού πάχους, μόλις 0,5-0,6 mm.
- Έχει μεγάλη παραγωγικότητα, ενδεικτικά 4 φορές μεγαλύτερη από τη MMA.



Σχήμα (6.15): Προσθήκη μετάλλου με σύρμα κατά τη MIG/MAG ή την FCAW

Μειονεκτήματα:

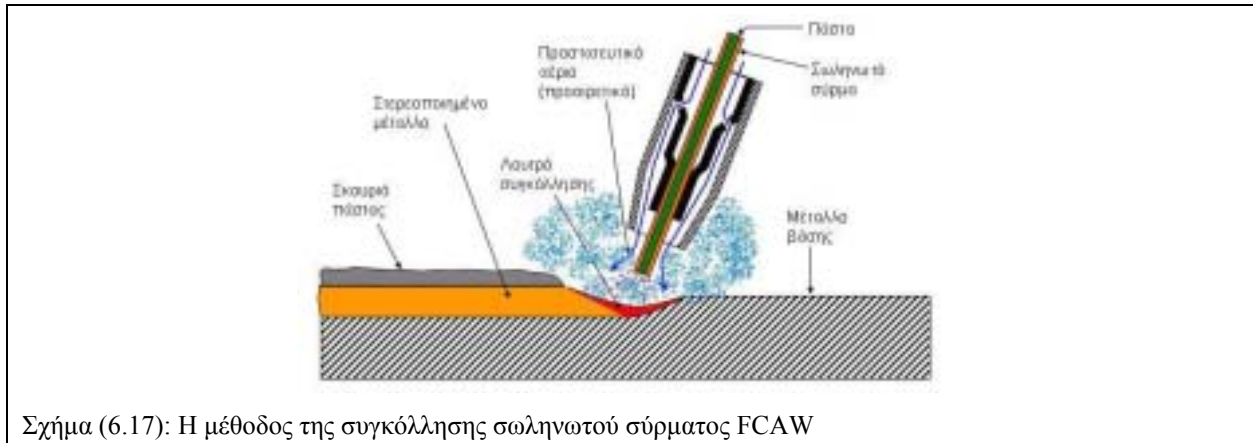
- Ο εξοπλισμός είναι δαπανηρός
- Το κόστος ανά μέτρο ηλεκτροσυγκόλλησης είναι αρκετά μεγαλύτερο από τη MMA.
- Δεν εξασφαλίζει καλή συγκόλληση σε πάχη ελασμάτων μεγαλύτερα των 3,5 mm (παρ' όλον ότι χρησιμοποιείται).
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις MIG/MAG μπορούν να γίνονται μόνο σε κλειστό χώρο, επειδή τα ρεύματα αέρα παρασύρουν το προστατευτικό αέριο.
- Υπάρχει δυσκολία στην αλλαγή της ποιότητας του προς συγκόλληση μετάλλου. Πρέπει να αλλαχτεί το καρούλι με το σύρμα και, ενδεχομένως, και η φιάλη του αερίου. Αν γίνει λάθος και ξετυλιχτεί το σύρμα, δεν τυλίγεται ξανά, το καρούλι είναι άχρηστο.



Σχήμα (6.16): Η ιδανική μορφή της ραφής σε ηλεκτροσυγκόλληση MIG

## 6-7. FCAW – Συγκόλληση με σωληνωτό σύρμα που περιέχει πάστα

Η διαφορά από τη MIG/MAG είναι στο ότι κατά την FCAW<sup>10</sup> χρησιμοποιείται σύρμα που στο εσωτερικό του είναι κενό από μέταλλο (σωληνωτό σύρμα) και περιέχει πάστα. Αν και η σκουριά της πάστας παρέχει προστασία από την ατμόσφαιρα, συνήθως γίνεται και ταυτόχρονη χρήση αερίου. Η FCAW εφαρμόζεται κυρίως στις συγκολλήσεις χάλυβα και ανοξείδωτων χαλύβων. Εκτελείται με σταθερή τάση τόξου, όπως και η MIG/MAG.



Σχήμα (6.17): Η μέθοδος της συγκόλλησης σωληνωτού σύρματος FCAW

Σε σχέση με τη MIG/MAG παρουσιάζει τα εξής μειονεκτήματα:

- Δεν προσφέρεται για συγκολλήσεις αλουμινίου.
- Το ελάχιστο πάχος στο οποίο μπορεί να χρησιμοποιηθεί είναι 1,2 mm.
- Η αισθητική εμφάνιση των συγκολλήσεων υστερεί έναντι της MIG/MAG.
- Η επιτυχία μιας συγκόλλησης δεν είναι εύκολη, όπως στη MIG/MAG και ο ηλεκτροσυγκολλητής πρέπει να διαθέτει αρκετά πιο μεγάλη εμπειρία.

Παρουσιάζει όμως και τα εξής σημαντικά πλεονεκτήματα:

- Είναι κατάλληλη και για μεγάλα πάχη ελασμάτων.
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και σε υπαίθριους χώρους, με σύρματα που δε χρειάζονται προστατευτικό αέριο.

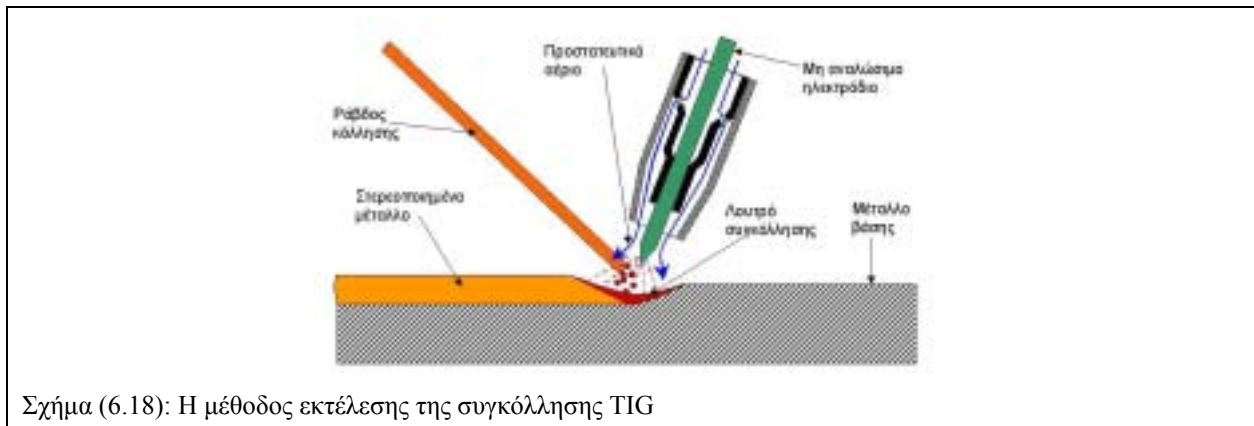
## 6-8. TIG – Συγκόλληση με μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο

Στην TIG<sup>11</sup> χρησιμοποιείται **μη αναλώσιμο** ηλεκτρόδιο κάτω από ατμόσφαιρα προστατευτικού αερίου. Η προσθήκη υλικού γίνεται με μορφή γυμνών ράβδων και είναι μία καθαρά χειρωνακτική εργασία. Αποτελεί όμως, την ιδανική λύση, όταν επιδιώκεται υψηλή ποιότητα συγκόλλησης και όχι ταχύτητα εκτέλεσης.

Για να εκτελεστεί συγκόλληση TIG, πρέπει η μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης να είναι τύπου CC, δηλαδή να εξασφαλίζει ότι το τόξο ηλεκτροσυγκόλλησης θα διαρρέεται από σταθερή **ένταση** ρεύματος, όπως ακριβώς συμβαίνει και με τη MMA. Η μορφή των μηχανών για TIG είναι όπως στο σχήμα (6.19). Η τσιμπίδα είναι όπως στο σχήμα (6.20) και ο τρόπος εκτέλεσης της συγκόλλησης είναι όπως στο σχήμα (6.21).

<sup>10</sup> Η FCAW (Flux Cored Arc Welding), εκτός από «εφ-σι-αου», προφέρεται και ως «Φλαξ κόρντ».

<sup>11</sup> Αναφέρεται, επίσης, και με την ονομασία **GTAW (Gas Tungsten Arc Welding)**



Σχήμα (6.18): Η μέθοδος εκτέλεσης της συγκόλλησης TIG



Σχήμα (6.19): Μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης TIG



Σχήμα (6.20): Τσιμπίδα ηλεκτροσυγκόλλησης TIG

Η ηλεκτροσυγκόλληση TIG επιτυγχάνεται ακόμη και χωρίς προσθήκη υλικού. Τα πλεονεκτήματά της έναντι των άλλων ειδών ηλεκτροσυγκόλλησης είναι:

- Η πολύ υψηλή ποιότητα της ραφής της ηλεκτροσυγκόλλησης. Συχνά, οι κρίσιμες ραφές για την αντοχή της συγκόλλησης, όπως η συγκόλληση της ρίζας, γίνονται με TIG.
- Η αισθητική εμφάνιση της ραφής είναι εξαιρετική, όπως βλέπουμε στο σχήμα (6.22).
- Μπορούν να συγκολληθούν οποιαδήποτε πάχη ελασμάτων.

Τα μειονεκτήματα της TIG είναι:

- Το υψηλό επίπεδο εκπαίδευσης του ηλεκτροσυγκολλητή
- Ο πολύ χαμηλός βαθμός παραγωγικότητας
- Η ενδεχόμενη ανάγκη αλλαγής της φιάλης αερίου, όταν χρειάζεται να αλλαχθούν τα προς συγκόλληση μέταλλα.



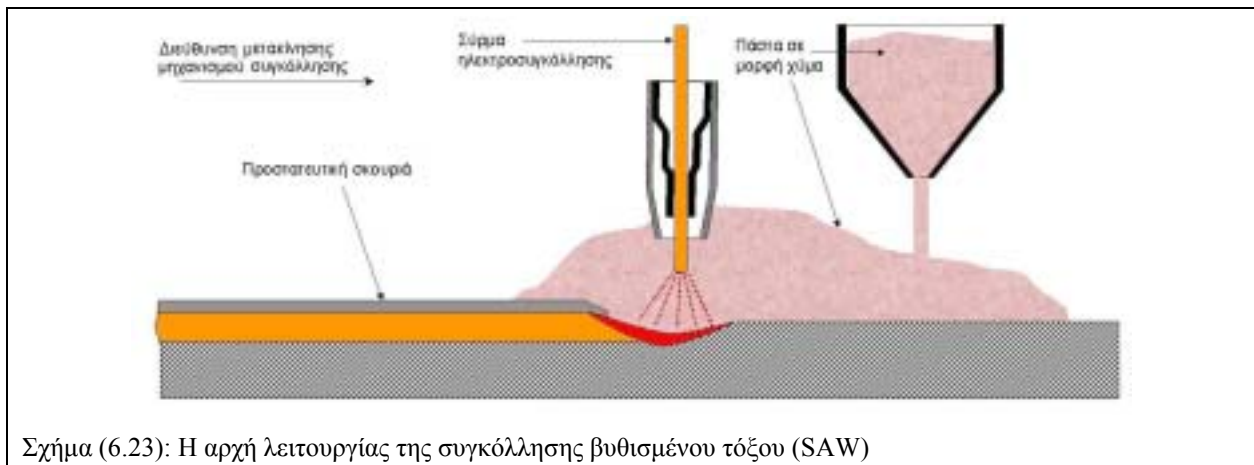
Σχήμα (6.21): Ηλεκτροσυγκόλληση TIG



Σχήμα (6.22): Η μορφή της ραφής TIG: (A) Σε αλουμίνιο (B) Σε ανοξείδωτο χάλυβα πάχους μόλις 0,5 mm

### 6-9. SAW - Συγκόλληση βυθισμένου τόξου

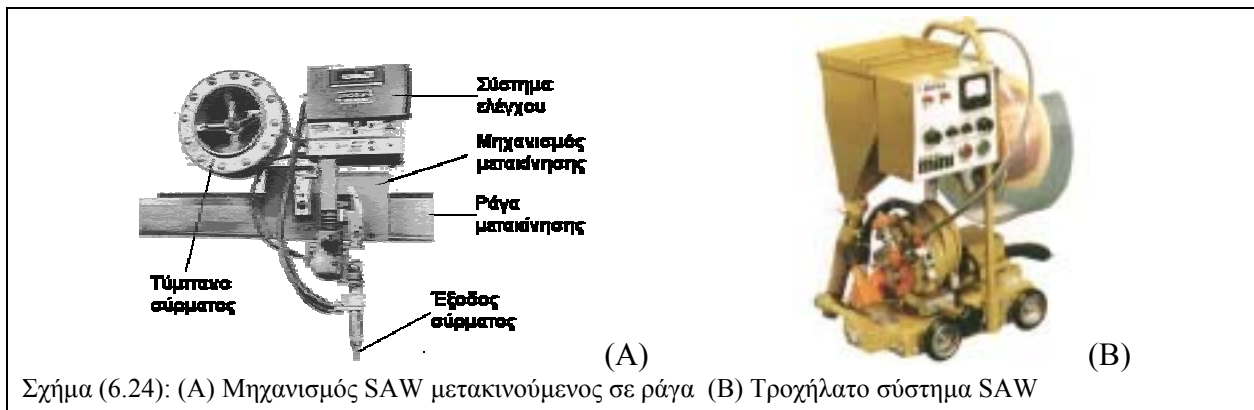
Η αρχή της λειτουργίας της SAW<sup>12</sup> φαίνεται στο σχήμα (6.23). Αποτελεί μία διαδικασία αυτόματης ηλεκτροσυγκόλλησης κατά την οποία χρησιμοποιείται σύρμα, ενώ η πάστα προστίθεται χύμα πάνω στην περιοχή που εκτελείται ηλεκτροσυγκόλληση. Ένας τύπος μηχανισμού ηλεκτροσυγκόλλησης με τη μέθοδο SAW φαίνεται στο σχήμα (6.24).



Σχήμα (6.23): Η αρχή λειτουργίας της συγκόλλησης βυθισμένου τόξου (SAW)

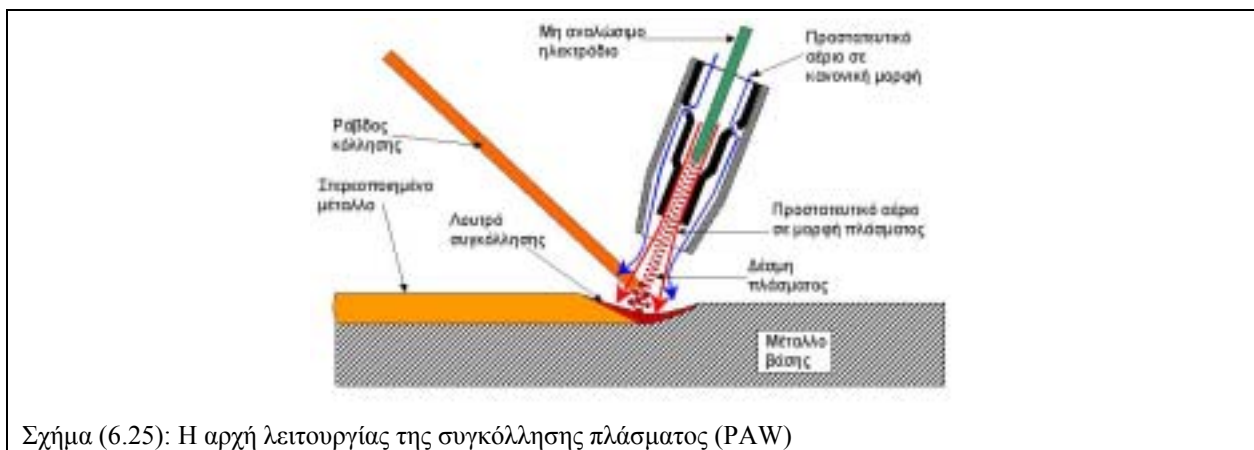
Το τόξο στη SAW δημιουργείται βυθισμένο μέσα στη μάζα της πάστας και δεν είναι ορατό από το χειριστή του μηχανήματος. Δε δημιουργούνται αναθυμιάσεις, αλλά ο χειριστής πρέπει να προσέχει να μην έρθει σε επαφή με την καυτή πάστα. Δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί παρά μόνο για επίπεδη ραφή ηλεκτροσυγκόλλησης. Η ποιότητα της ραφής είναι εξαιρετικά καλή.

<sup>12</sup> Submerged Arc Welding



### 6-10. PAW – Ηλεκτροσυγκόλληση πλάσματος

Με τον όρο πλάσμα εννοούμε ιονισμένα αέρια, σε πολύ υψηλή θερμοκρασία. Το τόξο ηλεκτροσυγκόλλησης, όπως είδαμε, είναι μία στήλη πλάσματος. Όπως φαίνεται στο σχήμα (6.25), στην PAW<sup>13</sup> το πλάσμα του τόξου λαμβάνει τη μορφή μιας πολύ στενής δέσμης (πλασματική δέσμη). Ενώ το κανονικό τόξο καταλήγει σε περιοχή με διάμετρο 5-10 mm, το τόξο στην PAW καταλήγει σε διάμετρο μόλις 1-2 mm, αναπτύσσοντας πολύ υψηλή θερμοκρασία.



Ένα μέρος του προστατευτικού αερίου είναι σε μορφή πλάσματος και προστατεύει την πλασματική δέσμη. Γύρω από αυτό υπάρχει αέριο στην κανονική μορφή που προστατεύει το λουτρό συγκόλλησης. Το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο είναι εσωτερικά της τσιμπίδας (δεν προεξέχει).



Η μηχανή PAW ανήκει στην κατηγορία μηχανών CC. Τέτοια μηχανή βλέπουμε στο σχήμα (6.27). Συχνά αυτές οι μηχανές είναι κατάλληλες και για συγκολλήσεις TIG ή MMA. Το είδος της συγκόλλησης καθορίζεται μέσω επιλογέα.

<sup>13</sup> Plasma Arc Welding



Σχήμα (6.27): Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης πλάσματος

Η μέθοδος συγκόλλησης μοιάζει με της TIG, αλλά έχει τα εξής πλεονεκτήματα:

- Η θερμοκρασία του πλάσματος είναι πολύ υψηλή. Αν η δέσμη μείνει ακίνητη, μπορεί να φθάσει ακόμη και τους 30000-35000°C, με αποτέλεσμα την ταχύτερη εναπόθεση του μετάλλου της ράβδου.
- Το στενό και μακρύ τόξο επιτρέπει στον ηλεκτροσυγκολλητή να βλέπει πολύ καλύτερα το σημείο της συγκόλλησης.

Μειονεκτήματα σε σχέση με την TIG:

- Ο πολύ ακριβός εξοπλισμός
- Το υψηλό επίπεδο εκπαίδευσης που πρέπει να έχει ο χειριστής.

## 6-11. Οι χρησιμοποιούμενες μορφές του ηλεκτρικού ρεύματος

Σε κάθε μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης υπάρχουν δύο ηλεκτρικές τάσεις:

- Η τάση του δικτύου της ΔΕΗ ή **πρωτεύουσα τάση** και είναι εναλλασσόμενο ηλεκτρικό ρεύμα (AC). Σε μονοφασική μηχανή είναι 230 V και σε τριφασική 400 V.
- Η τάση εξόδου από τη μηχανή ή **δευτερεύουσα τάση, με την οποία εκτελείται η ηλεκτροσυγκόλληση**. Όταν δεν εκτελείται ηλεκτροσυγκόλληση, είναι συνήθως 50-90 V.

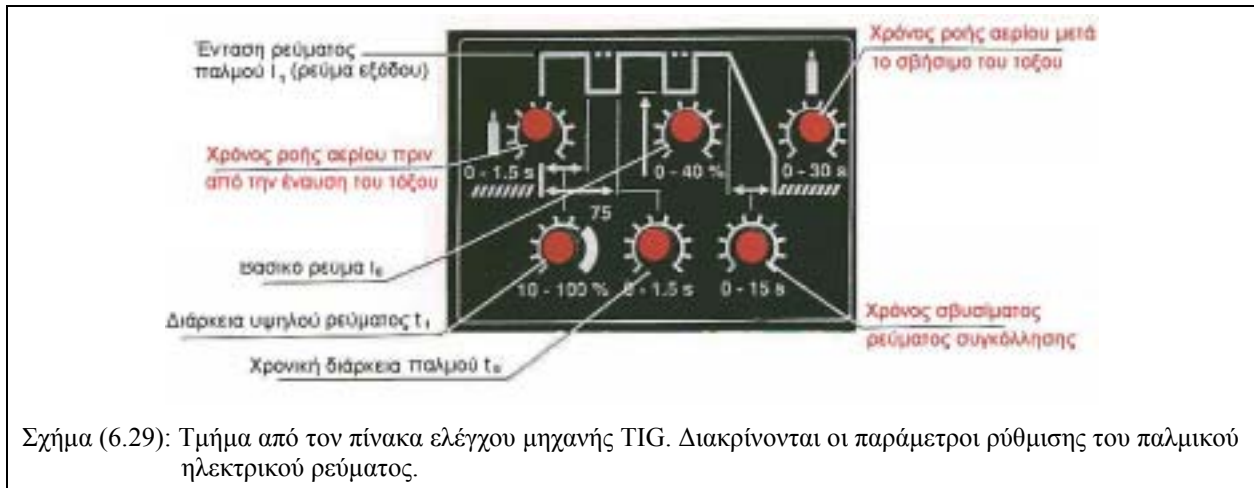
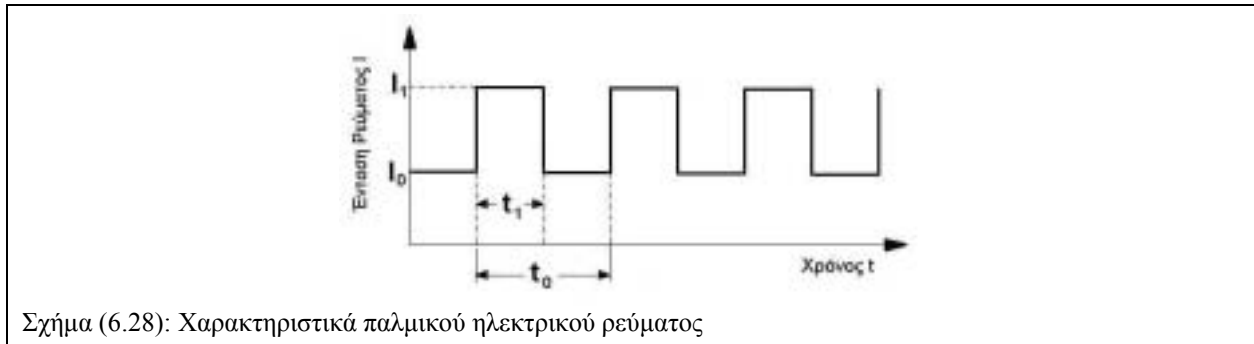
Η δευτερεύουσα τάση μπορεί να είναι:

- **Συνεχές ρεύμα (DC)**. Στην περίπτωση αυτή έχει **πολύ μεγάλη σημασία** αν το ηλεκτρόδιο θα είναι στο (+) ή στο (-).
- **Εναλλασσόμενο ρεύμα (AC)**
- **Παλμικό ρεύμα**

Τα ρεύματα DC και AC είναι γνωστά από το μάθημα της ηλεκτρολογίας. Θα περιγράψουμε εδώ μόνο το παλμικό ρεύμα. Τα χαρακτηριστικά του φαίνονται στο σχήμα (6.28):

- $I_1$ : Ένταση ρεύματος παλμού (η ρύθμιση του ρεύματος εξόδου της μηχανής)
- $I_0$ : Βασικό ρεύμα, που συνήθως ρυθμίζεται ως % του  $I_1$
- $t_0$ : Χρονική διάρκεια παλμού
- $t_1$ : Χρονική διάρκεια της υψηλής έντασης του ρεύματος, συνήθως % του  $t_0$

Στο σχήμα (6.29) φαίνονται τα παραπάνω στον πίνακα ελέγχου μιας μηχανής TIG.



## 6-12. Πότε χρησιμοποιείται η κάθε μορφή ηλεκτρικού ρεύματος

Το κάθε είδος ηλεκτροσυγκόλλησης, καθώς και το κάθε ηλεκτρόδιο, απαιτεί το κατάλληλο είδος ηλεκτρικής παροχής. Οι κατασκευαστές αναλωσίμων υλικών ηλεκτροσυγκόλλησης (ηλεκτροδίων, συρμάτων κτλ.) αναφέρουν στη συσκευασία τις μορφές του ρεύματος που μπορούν να εφαρμοστούν. Ενδέχεται όμως ένα ηλεκτρόδιο να μπορεί να χρησιμοποιηθεί με περισσότερα από ένα είδη ηλεκτρικού ρεύματος και ο ηλεκτροσυγκολλητής πρέπει να έχει την απαραίτητη τεχνογνωσία για να κάνει τη σωστή επιλογή. Σε βασικές γραμμές ισχύουν τα εξής:

### (α) Επιλογή της κατάλληλης παροχής ηλεκτρικού ρεύματος

- Το **συνεχές ηλεκτρικό ρεύμα** είναι κατάλληλο για όλες σχεδόν τις περιπτώσεις.
- Το **εναλλασσόμενο ρεύμα** χρησιμοποιείται κατά τη MMA, όταν επιδιώκουμε μεγάλη εναπόθεση μετάλλου ή όταν η επένδυση των ηλεκτροδίων περιέχει σιδηρόσκονη.
- **Εναλλασσόμενο ρεύμα** χρησιμοποιείται και στην περίπτωση που παρουσιαστεί **μαγνητικό φύσημα** (θα αναπτυχθεί στο επόμενο κεφάλαιο).
- **Παλμικό ρεύμα** χρησιμοποιείται στην TIG αλλά το συναντάμε και στη MIG/MAG.

### (β) Επιλογή της πολικότητας, όταν έχουμε ρεύμα DC

Η κάθοδος (-) έχει θερμοκρασία περίπου 2500°C, ενώ η άνοδος (+) έχει θερμοκρασία περίπου 3500°C. Για το λόγο αυτό, έχει σημασία αν θα έχουμε το (+) ή το (-) στο ηλεκτρόδιο ή στο μέταλλο βάσης. Γενικά ισχύουν τα εξής:

- Αν επιδιώκουμε μεγάλη τήξη στο μέταλλο βάσης με σκοπό την καλή ανάμειξη, τότε έχουμε το (+) στο μέταλλο βάσης και το (-) στο ηλεκτρόδιο. Η σύνδεση αυτή ονομάζεται

**κανονική ή άμεση ή αρνητική** πολικότητα. Οι περισσότερες συγκολλήσεις ανθρακούχων χαλύβων ανήκουν σ' αυτή την κατηγορία. Συμβολίζεται ως **DCEN**<sup>14</sup> ή **DC-**.

- Αν θέλουμε να **μην** έχουμε έντονη ανάμειξη μετάλλου βάσης και μετάλλου ηλεκτροδίου, έχουμε το (-) στο μέταλλο βάσης και το (+) στο ηλεκτρόδιο. Η σύνδεση αυτή ονομάζεται **αντίθετη ή θετική** πολικότητα. Τέτοια περίπτωση π.χ. είναι η αναγόμευση χαλύβων. Εφαρμόζεται, επίσης, όταν δε θέλουμε να περιοριστεί η ΖΕΘ (π.χ. ειδικοί χάλυβες), ή όταν επιδιώκεται μεγάλη εναπόθεση μετάλλου. Συμβολίζεται ως **DCEP**<sup>15</sup> ή **DC+**.

### 6-13. Οι μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης

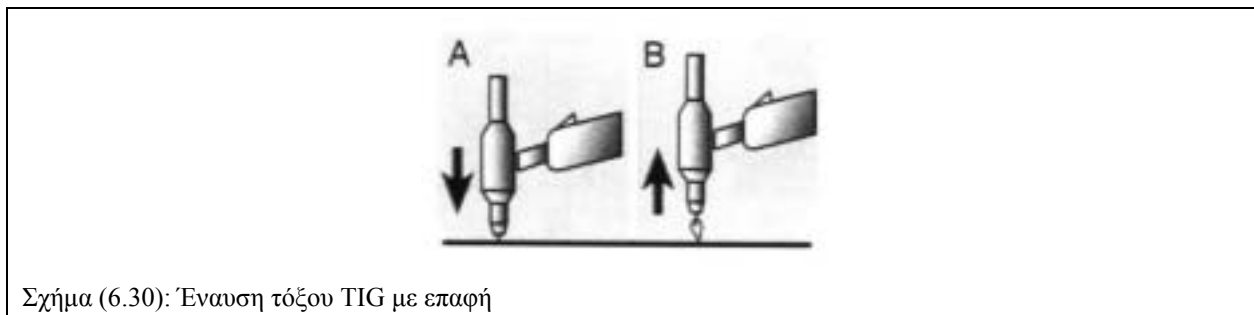
Υπάρχουν τα εξής είδη μηχανών ηλεκτροσυγκόλλησης:

- Οι μηχανές **CC** που παρέχουν **σταθερή ένταση ρεύματος τόξου**. Διακρίνονται σε:
  - ⇒ μηχανές **MMA**
  - ⇒ μηχανές **TIG**
- Οι μηχανές **CV** που εξασφαλίζουν **σταθερή τάση τόξου** και χρησιμοποιούνται στη **MIG/MAG** και στην **FCAW**.
- Οι μηχανές **CC/CV** οι οποίες **υποστηρίζουν** και τις δύο περιπτώσεις.

Η τάση που μετριέται μεταξύ ηλεκτροδίου και μετάλλου βάσης όταν **δεν εκτελείται συγκόλληση** (όταν δεν υπάρχει τόξο) είναι η **τάση εν κενώ** που συνήθως κυμαίνεται από 50 μέχρι 90 V. Η τάση αυτή πέφτει, μόλις γίνει έναυση του τόξου ηλεκτροσυγκόλλησης.

#### (α) Μηχανές CC για MMA

Ο χειριστής επιλέγει αν το ηλεκτρικό ρεύμα που εξέρχεται θα είναι συνεχές (DC), η εναλλασσόμενο (AC). Συνήθως είναι σε θέση να εκτελέσουν και ηλεκτροσυγκολλήσεις TIG (η αλλαγή από MIG σε TIG γίνεται μέσω επιλογέα) αλλά με έναυση του τόξου με επαφή, όπως φαίνεται στο σχήμα (6.30). Ο τρόπος αυτός έναυσης του τόξου **δεν** είναι ο ιδανικός. Η μέθοδος έναυσης του τόξου στην TIG έχει μεγάλη σημασία στην ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης.



Σχήμα (6.30): Έναυση τόξου TIG με επαφή

#### (β) Μηχανές CC για TIG

Είναι ειδικά σχεδιασμένες για TIG αλλά σχεδόν πάντα είναι κατάλληλες και για MMA. Παρέχουν ρεύμα DC ή εναλλασσόμενο υψηλής συχνότητας που συμβολίζεται ως **ACHF**<sup>16</sup> ή παλμικό ρεύμα. Τα τελευταία δύο είδη είναι ιδανικά για την TIG.

<sup>14</sup> **DCEN** = **DC** Electrode Negative

<sup>15</sup> **DCEP** = **DC** Electrode Positive

<sup>16</sup> **ACHF** = **AC** High Frequency

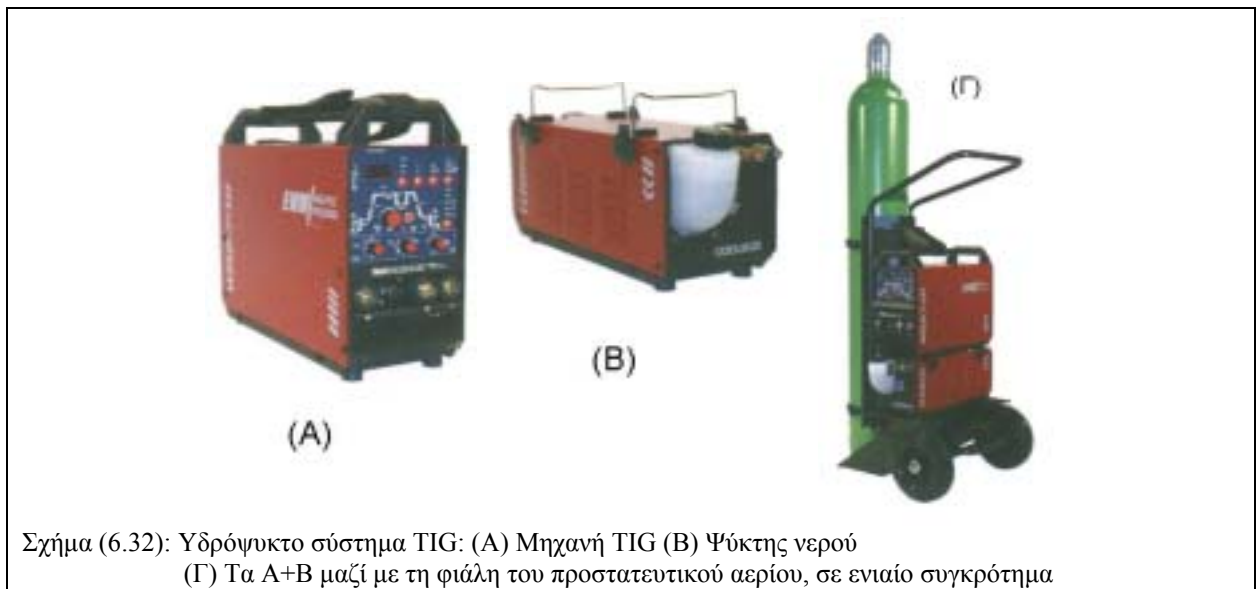


Οι μηχανές TIG διαφέρουν από τις μηχανές MMA ως προς τη μέθοδο με την οποία γίνεται η έναυση του τόξου. Αυτή, στην TIG, γίνεται πάντα με ACHF, ακόμη και όταν η συγκόλληση εκτελείται με DC (η αλλαγή από ACHF σε DC γίνεται αυτόματα). Το ηλεκτρόδιο δεν έρχεται σε επαφή με το μέταλλο βάσης.

Στις μεγάλες εντάσεις ηλεκτρικού ρεύματος, χρησιμοποιούνται συστήματα με υδρόψυκτη τσιμπίδα, η διαφορά της οποίας από την αερόψυκτη φαίνεται στο σχήμα (6.31). Η μορφή ενός συγκροτήματος TIG, με υδρόψυκτη τσιμπίδα, φαίνεται στο σχήμα (6.32). Η σύνδεση της υδρόψυκτης τσιμπίδας πάνω στη μηχανή TIG φαίνεται στο σχήμα (6.33).



Σχήμα (6.31): (Α) Αερόψυκτη τσιμπίδα TIG (Β) Υδρόψυκτη τσιμπίδα



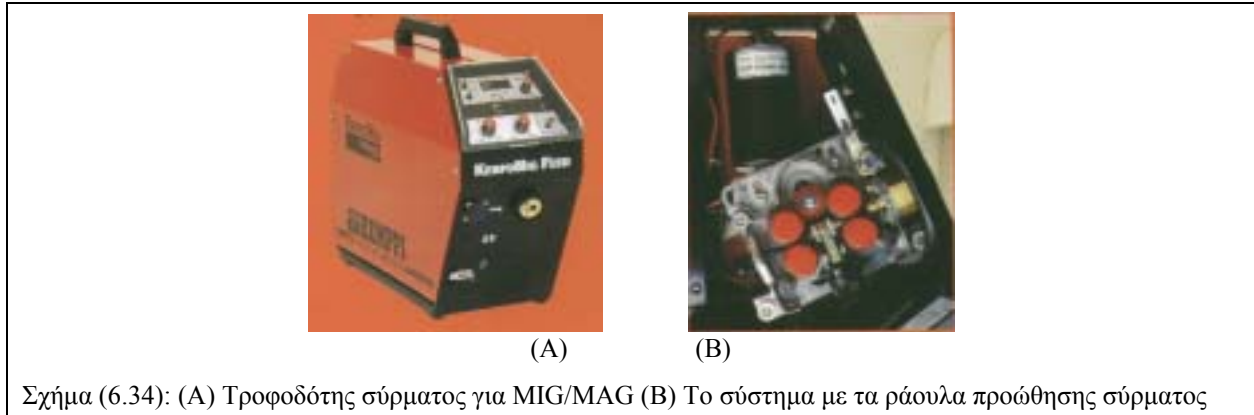
Σχήμα (6.32): Υδρόψυκτο σύστημα TIG: (Α) Μηχανή TIG (Β) Ψύκτης νερού  
(Γ) Τα Α+Β μαζί με τη φιάλη του προστατευτικού αερίου, σε ενιαίο συγκρότημα



Σχήμα (6.33): Η σύνδεση υδρόψυκτης τσιμπίδας TIG πάνω στη μηχανή

### (γ) Μηχανές CV για MIG/MAG και FCAW

Αυτές είναι κατάλληλες τόσο για MIG/MAG όσο και για FCAW. Οι μηχανές CV χρησιμοποιούνται μαζί με έναν τροφοδότη σύρματος. Οι μικρές (φορητές) μηχανές έχουν ενσωματωμένο ένα μικρό τροφοδότη σύρματος, περιορισμένων δυνατοτήτων.



Οι μεγάλες μηχανές συνεργάζονται με έναν ανεξάρτητο τροφοδότη σύρματος, όπως αυτός που φαίνεται στο σχήμα (6.34). Η προώθηση του σύρματος γίνεται μέσω κατάλληλου μηχανισμού με ράουλα. Η σύνδεση της μηχανής με τον τροφοδότη φαίνεται στο σχήμα (6.35).



Η προσαρμογή της τσιμπίδας MIG/MAG, γίνεται με ειδικό κονέκτορα (πρίζα), τον οποίο βλέπουμε στο σχήμα (6.36). Για τις μεγάλες εντάσεις ρεύματος, υπάρχουν υδρόψυκτες τσιμπίδες, που διαθέτουν επιπλέον ρακόρ για τη σύνδεση τους με τη μονάδα ψύξης.

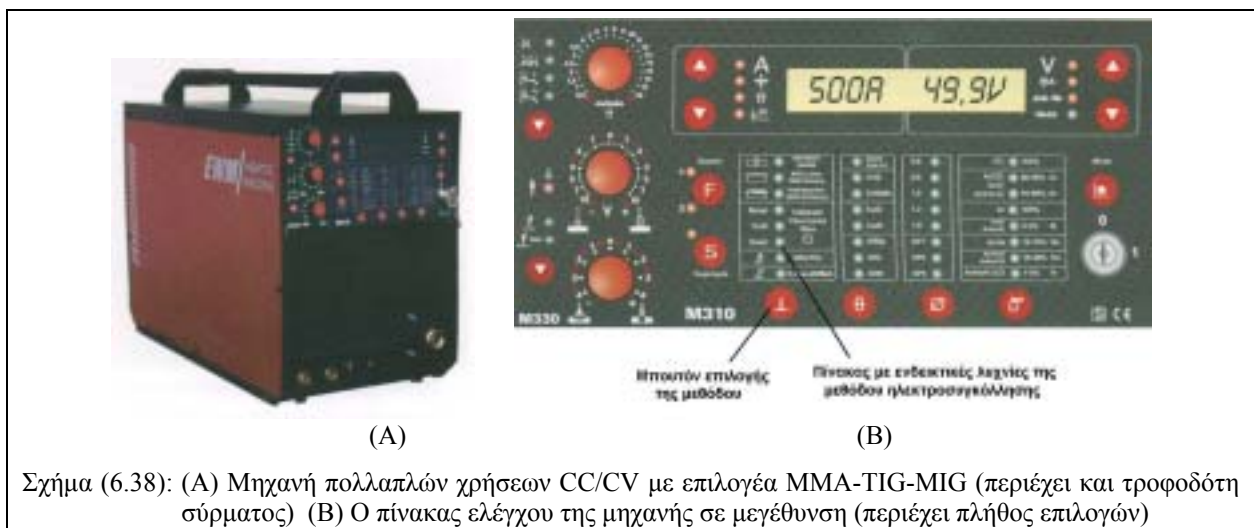


### (δ) Μηχανές CC/CV ή μηχανές πολλαπλών χρήσεων

Είναι κατάλληλες για την εκτέλεση όλων σχεδόν των ειδών ηλεκτροσυγκόλλησης, λόγω της δυνατότητάς τους να ρυθμίζουν όλες τις παραμέτρους και, κυρίως, αν θα γίνει η ηλεκτροσυγκόλληση κάτω από συνθήκες CC ή CV (με επιλογή). Δηλαδή με μία και μοναδική μηχανή είναι δυνατόν να γίνονται ηλεκτροσυγκολλήσεις MIG/MAG, TIG, FCAW και MMA.

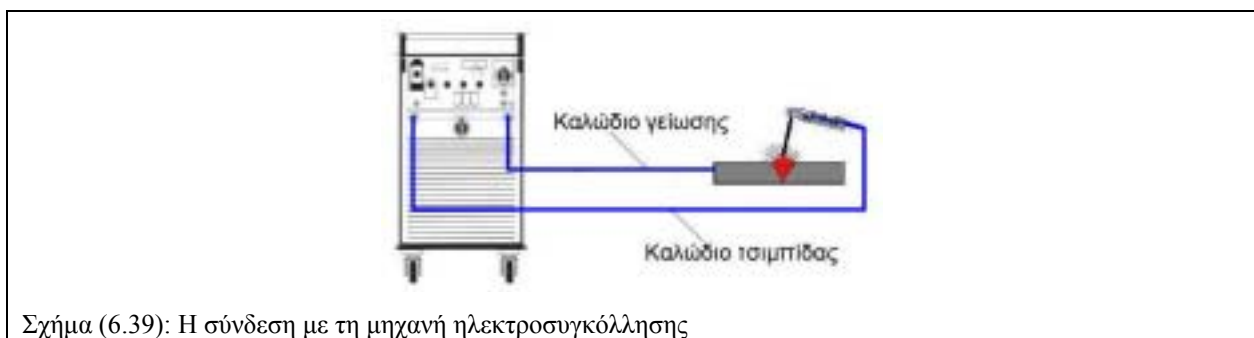


Υπάρχουν μικρές, φορητές τέτοιες μηχανές, όπως αυτή που φαίνεται στο σχήμα (6.37), καθώς και μεγάλες, εξαιρετικών δυνατοτήτων, όπως αυτή του σχήματος (6.38), οι οποίες συχνά διαθέτουν πληθώρα ρυθμίσεων που διευκολύνουν πολύ τον ηλεκτροσυγκολλητή.

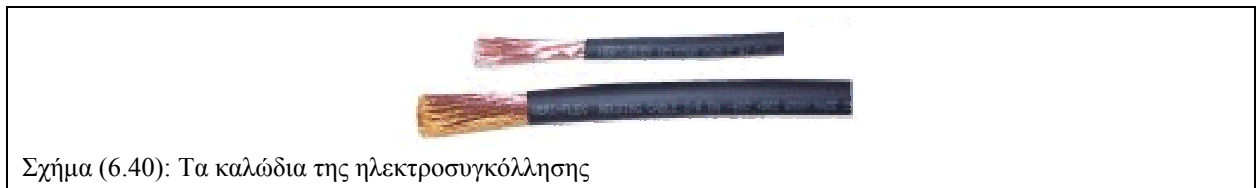


### 6-14. Η σύνδεση με τη μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης

Για να κλείσει το κύκλωμα του ηλεκτρικού ρεύματος, απαιτούνται δύο καλώδια, όπως φαίνεται στο σχήμα (6.39).

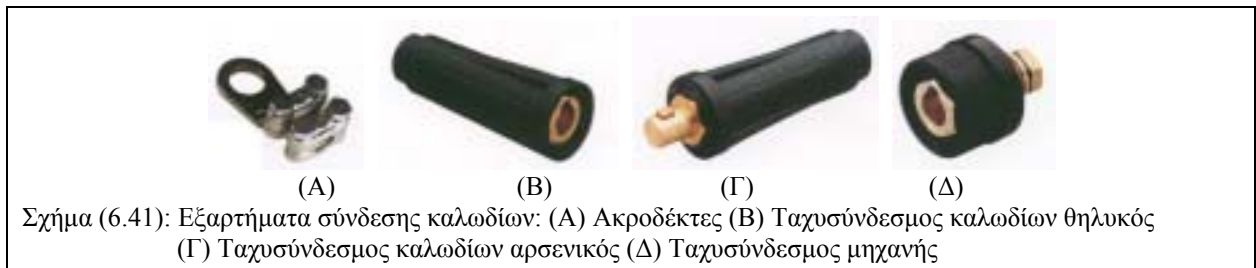


Η μορφή των καλωδίων φαίνεται στο σχήμα (6.40). Από τη μία πλευρά τα καλώδια συνδέονται με τη μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης και από την άλλη το ένα συνδέεται με την τσιμπίδα και το άλλο με το μέταλλο βάσης.



Σχήμα (6.40): Τα καλώδια της ηλεκτροσυγκόλλησης

Τα καλώδια συνδέονται με ταχυσυνδέσμους και με ακροδέκτες. Στο σχήμα (6.41) βλέπουμε τέτοια εξαρτήματα. Πάνω στη μηχανή υπάρχουν δύο ταχυσύνδεσμοι, όπως ο (Δ), στους οποίους συνδέονται τα καλώδια με τον ακροδέκτη (Γ). Όταν χρειάζεται μεγαλύτερο μήκος καλωδίου, η ένωση (μάτιση) θα πρέπει να γίνεται προσεκτικά και να είναι μονωμένη. Το καλύτερο είναι να γίνεται με αρσενικό-θηλυκό ταχυσυνδέσμους καλωδίων (B+Γ).



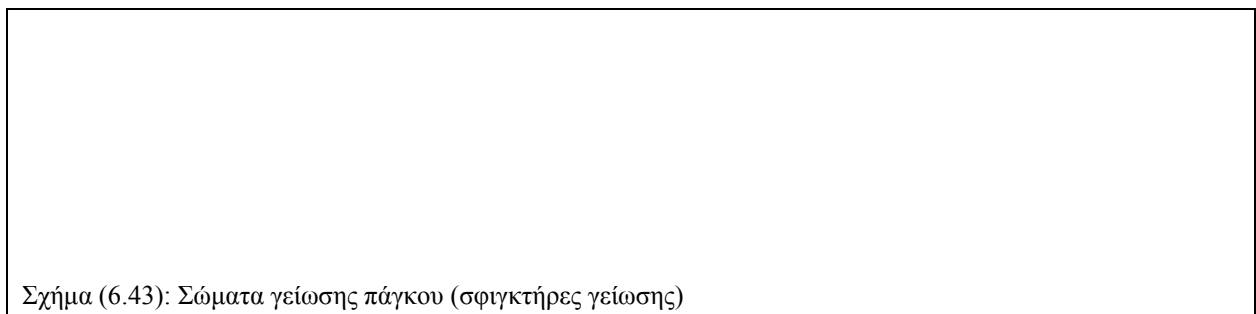
Σχήμα (6.41): Εξαρτήματα σύνδεσης καλωδίων: (Α) Ακροδέκτες (Β) Ταχυσύνδεσμος καλωδίων θηλυκός (Γ) Ταχυσύνδεσμος καλωδίων αρσενικός (Δ) Ταχυσύνδεσμος μηχανής

Η σύνδεση με το μέταλλο βάσης γίνεται με το «σώμα γείωσης». Δεν πρόκειται όμως για πραγματική γείωση, αφού πουθενά δεν υπάρχει απευθείας σύνδεση με τη γη. Πρόκειται απλά για το σημείο σύνδεσης με τον έναν από τους δύο αγωγούς του ηλεκτρικού ρεύματος, που έχει καθιερωθεί να ονομάζεται «γείωση». Η μορφή των σωμάτων γείωσης είναι η ίδια σε όλα τα είδη συγκόλλησης. Σώματα γείωσης φαίνονται στο σχήμα (6.42).



Σχήμα (6.42): Διάφορες μορφές σωμάτων γείωσης

Υπάρχουν ακόμη και τα σώματα γείωσης πάγκου, που φαίνονται στο σχήμα (6.43) με τα οποία γειώνεται μόνιμα ένας μεταλλικός πάγκος εργασίας. Κάθε μεταλλικό αντικείμενο που είναι πάνω στον πάγκο βρίσκεται αυτόματα συνδεδεμένο με τη μηχανή της ηλεκτροσυγκόλλησης.



Σχήμα (6.43): Σώματα γείωσης πάγκου (σφιγκτήρες γείωσης)

## 6-15. Τεχνικοί όροι που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροσυγκόλληση

Στον πίνακα (6-2) αναφέρονται οι πιο χρήσιμοι τεχνικοί όροι ηλεκτροσυγκόλλησης. Προσέξτε ότι η MMA αναφέρεται και ως SMAW (εσ-εμ-άου), η MIG/MAG ως GMAW και η TIG ως GTAW. Για συντομία το W συχνά παραλείπεται π.χ. GMA (τζέι-εμ-ει) αντί για GMAW.

Πίνακας (6-2): Τεχνικοί όροι που χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροσυγκόλληση			
A/A	Τεχνικός Όρος	Ανάλυση στην Αγγλική	Χρήση του όρου
1	MMA SMAW (ή SMA)	Manual Metal Arc Shielded Metal Arc Welding	Συγκόλληση τόξου με επενδυμένο ηλεκτρόδιο
2	MIG MAG GMAW (ή GMA)	Metal Inert Gas Metal Active Gas Gas Metal Arc Welding	Συγκόλληση συμπαγούς σύρματος σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου
3	FCAW (ή FCA)	Flux Cored Arc Welding	Συγκόλληση τόξου με σωληνωτό σύρμα που περιέχει πάστα
4	TIG GTAW (ή GTA)	Tungsten Inert Gas Gas Tungsten Arc Welding	Συγκόλληση τόξου με μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου
5	SAW	Submerged Arc Welding	Συγκόλληση βυθισμένου τόξου
6	PAW	Plasma Arc Welding	Συγκόλληση τόξου πλάσματος
7	CV CC CC/CV	Constant Voltage Constant Current -	Σταθερή ηλεκτρική τάση Σταθερή ένταση ρεύματος Με επιλογή CC ή CV
8	DCEN, DC-  DCEP, DC+  AC/CHF	DC Electrode Negative (straight polarity) (negative polarity)  DC Electrode Positive (inverse polarity) (positive polarity)  AC High Frequency	Ρεύμα DC, το ηλεκτρόδιο στο - (άμεση ή κανονική πολικότητα) (αρνητική πολικότητα)  Ρεύμα DC, το ηλεκτρόδιο στο + (αντίθετη πολικότητα) (θετική πολικότητα)  Ρεύμα AC υψηλής συχνότητας

## 6-16. Οι κίνδυνοι και τα μέτρα προστασίας του ηλεκτροσυγκολλητή

Ο ηλεκτροσυγκολλητής, εκτός από την ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης, οφείλει να προσέχει και την ασφάλειά του. Τα βασικότερα σημεία που πρέπει να φροντίζει είναι τα εξής:

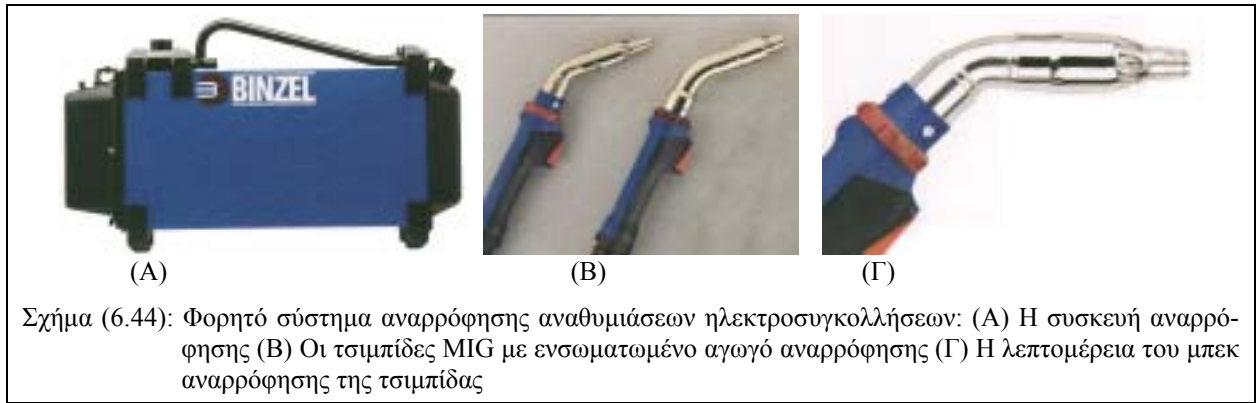
### (α) Η προστασία της όρασης και του προσώπου

Το μέτρο προστασίας που πάντα λαμβάνεται είναι η μάσκα. Χωρίς αυτή είναι αδύνατη η οποιαδήποτε ηλεκτροσυγκόλληση. Λαμβάνεται όμως με το σωστό τρόπο; Συνήθως όχι! Η επιλογή της κατάλληλης μάσκας δεν είναι και τόσο απλή υπόθεση, όπως θα δούμε παρακάτω.

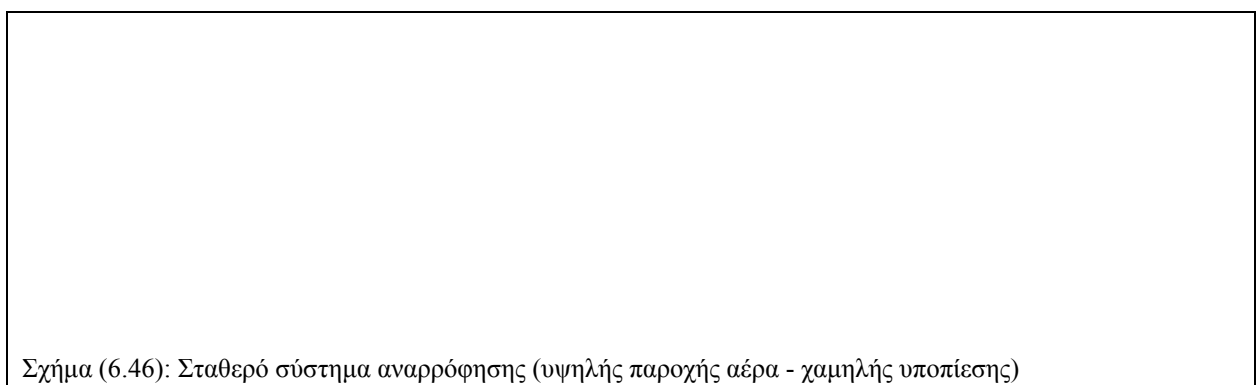
### (β) Οι αναθυμιάσεις

Οι αναθυμιάσεις και ο καπνός είναι μικροσκοπικά αιωρούμενα σωματίδια. Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση του σιδήρου, αποτελούνται κυρίως από οξειδία του σιδήρου, αλλά ενδέχεται να υπάρχουν και οξειδία άλλων μετάλλων. Η ποσότητα των αναθυμιάσεων κατά την ηλεκτροσυγκόλληση δεν είναι μεγάλη και ισχύει ο κανόνας:

**Όταν οι ηλεκτροσυγκολλήσεις γίνονται σε ανοικτό χώρο, δεν είναι απαραίτητο να γίνεται η απομάκρυνση του καπνού.**



Σε κλειστούς, όμως, χώρους, η προστασία από τον καπνό δεν πρέπει να αγνοείται και πρέπει να χρησιμοποιείται ειδικός απορροφητήρας. Υπάρχουν διάφορων ειδών απορροφητήρες. Ιδιαίτερα αποτελεσματικοί είναι αυτοί που συνδέονται με ειδικές τσιμπίδες που αναρροφούν τις αναθυμιάσεις απευθείας από το σημείο παραγωγής τους, όπως του σχήματος (6.44). Στο σχήμα (6.45) βλέπουμε την ειδική αυτή τσιμπίδα σε λειτουργία. Στα σχήματα (6.46) και (6.47) φαίνονται και δύο άλλα πολύ διαδεδομένα συστήματα αναρρόφησης των αναθυμιάσεων.



### (γ) Ηλεκτροπληξία

Εκτός από την τάση της ΔΕΗ, δεν πρέπει να υποτιμάται και η δευτερεύουσα τάση, επειδή υπερβαίνει τα 50 V και, ως εκ τούτου, είναι επικίνδυνη. Ο κίνδυνος από αυτήν συχνά αγνοείται επειδή, για να κλείσει το ηλεκτρικό κύκλωμα, πρέπει να έρθει ο ηλεκτροσυγκολλητής σε επαφή, συγχρόνως με το ηλεκτρόδιο και με το μέταλλο βάσης. Αυτό φαίνεται δύσκολο, αλλά στην πραγματικότητα δεν είναι. Ως εκ τούτου, πριν από την έναρξη της εργασίας, ο ηλεκτροσυγκολλητής οφείλει να ελέγχει την κατάσταση του εξοπλισμού του και, κυρίως, τα εξής:

- Τη μόνωση της τσιμπίδας του
- Τη μόνωση των καλωδίων
- Τα καπάκια της μηχανής να είναι κλειστά.
- Οι ταχυσύνδεσμοι και οι ακροδέκτες να είναι σε καλή κατάσταση.
- Να υπάρχει γείωση στην πρίζα.
- Η ένταση του ρεύματος ηλεκτροσυγκόλλησης να μην υπερβαίνει την αντοχή των καλωδίων, που δίνεται στον πίνακα (6-3).

Διατομή καλωδίου σε mm <sup>2</sup>	Επιτρεπόμενη ένταση (A)
16	175
25	230
35	290
50	365
70	460
95	560

Επίσης, ο ηλεκτροσυγκολλητής πρέπει να είναι ηλεκτρικά μονωμένος. Δηλαδή πρέπει τα υποδήματά του να έχουν συνθετικές σόλες, να μην πατάει σε νερά, τα ρούχα να είναι στεγνά και να φοράει τα ειδικά γάντια.

### (δ) Τα εγκαύματα από σπινθήρες

Οι σπινθήρες μπορούν να προκαλέσουν εγκαύματα. Γι' αυτό ο ηλεκτροσυγκολλητής είναι αυτός που κινδυνεύει περισσότερο. Δεν πρέπει να βάζει στα μαλλιά του εύφλεκτα υλικά, όπως π.χ. το ζελέ μαλλιών, ούτε να έχει στις τσέπες του αναπτήρα. Αν διατηρεί μακριά μαλλιά, πρέπει να τα μαζεύει πίσω ή μέσα σε καπέλο. Η προστασία από τους σπινθήρες επιτυγχάνεται με τη χρήση εξοπλισμού από δέρμα, δηλαδή με δερμάτινα γάντια, ποδιά ή πουκάμισο, μανίκια κτλ.

### (ε) Τα εγκαύματα από την ακτινοβολία

Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση δεν πρέπει να υπάρχουν γυμνά σημεία του σώματος εκτεθειμένα στην ακτινοβολία. Το πρόσωπο προστατεύεται από τη μάσκα και τα χέρια από τα γάντια, αλλά μέρος του υπόλοιπου σώματος, συχνά, μένει εκτεθειμένο, ιδίως το καλοκαίρι. Το ηλεκτρικό τόξο εκπέμπει υπεριώδη ακτινοβολία (UV), η οποία προκαλεί εγκαύματα, ανάλογα με αυτά που προκαλεί η μακρά παραμονή σε ισχυρή ηλιακή ακτινοβολία. Αυτά δεν εμφανίζονται αμέσως αλλά μετά πολλές ώρες ή την άλλη μέρα και μπορεί να είναι πολύ ισχυρά.

### (στ) Κίνδυνοι πυρκαγιάς ή έκρηξης

Οι σπινθήρες που πετάγονται μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιά σε εύφλεκτες ύλες που βρίσκονται ακόμη και σε απόσταση 10 m. Δεν πρέπει να γίνεται ηλεκτροσυγκόλληση δεξαμενών πετρελαίου ή άλλων εύφλεκτων υλών, ακόμη και όταν αυτές αδειάζουν, επειδή το πιθανότερο είναι ότι **θα προκληθεί έκρηξη**. Ομοίως, δεν πρέπει να γίνεται ηλεκτροσυγκόλληση κοντά σε σημεία με εύφλεκτες αναθυμιάσεις (όπως βενζίνη, καθαριστικά, χρώματα κτλ.). Στην ύπαιθρο και ιδίως κοντά σε ξηρά χόρτα, πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα. Η παρουσία πυροσβεστήρα κοντά στη μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης είναι απαραίτητη.

**(ζ) Άλλοι κίνδυνοι**

Υπάρχουν αρκετοί κίνδυνοι ακόμη, αλλά υπάρχουν και τα αντίστοιχα μέσα προστασίας. Όλοι οι κίνδυνοι και τα μέτρα προστασίας αναφέρονται στον πίνακα (6-4).

<b>Πίνακας (6-4): Κίνδυνοι και μέσα προστασίας του ηλεκτροσυγκολλητή</b>			
<b>A/A</b>	<b>Περιγραφή του κινδύνου</b>	<b>Προστατευτικά μέσα</b>	<b>Στόχοι της προστασίας</b>
1	<b>Βλάβη της όρασης</b> (από την ακτινοβολία)	Μάσκα (χειρός ή κεφαλής)	Αποκοπή των υπέρυθρων και υπεριωδών ακτίνων. Περιορισμός της λάμψης τόσο όσο χρειάζεται για καλή ορατότητα.
2	<b>Αναθυμιάσεις</b> (μόνο για κλειστό χώρο)	Αναρροφητήρας αναθυμιάσεων	Αποφυγή βλάβης στο αναπνευστικό σύστημα, όταν γίνονται εργασίες σε κλειστούς χώρους.
3	<b>Ηλεκτροπληξία</b>	Δερμάτινα γάντια, στεγνά ρούχα, μονωτικές σόλες	Ηλεκτρική απομόνωση του ηλεκτροσυγκολλητή από το περιβάλλον του, για τον περιορισμό του κινδύνου ηλεκτροπληξίας.
4	<b>Εγκαύματα</b> (από σπινθήρες ή από την ακτινοβολία)	Δερμάτινα γάντια, ποδιά, άκαυστο καπέλο, όχι ζελέ μαλλιών	Περιορισμός της έκθεσης των γυμνών σημείων του σώματος στην ακτινοβολία και στους σπινθήρες.
5	<b>Βλάβη της ακοής</b> (από το θόρυβο)	Ωτοασπίδες	Περιορισμός του κινδύνου βλάβης της ακοής, όταν ο θόρυβος της μηχανής υπερβαίνει τα 80 db(A).
6	<b>Πρόκληση πυρκαγιάς ή έκρηξης</b>	Απομάκρυνση εύφλεκτων υλών	Αποφυγή πυρκαγιάς από τους σπινθήρες που είναι δυνατόν να εκτινάσσονται μέχρι και 10 μέτρα.
7	<b>Εργασίες σε πολύ κλειστό χώρο</b>	Παροχή αέρα, αναρροφητήρας αναθυμιάσεων	Αποφυγή εξάντλησης του οξυγόνου και του κινδύνου δηλητηρίασης από αέρια (ιδίως από CO).
8	<b>Έκρηξη φιάλης αερίου</b>	Κύλινδροι όρθιοι, καλά στερεωμένοι και μακριά από το ηλεκτρόδιο	Αποφυγή του κινδύνου να προκληθεί έκρηξη από πτώση της φιάλης ή από τυχαία επαφή της φιάλης με το ηλεκτρόδιο.
9	<b>Χρήση ηλεκτρογεννήτριας</b> (όταν δεν υπάρχει παροχή από ΔΕΗ)	Αποφυγή επαφής με τη γεννήτρια και τοποθέτησή της σε ανοικτό χώρο	Τα κινούμενα μέρη της γεννήτριας μπορούν να προκαλέσουν ακρωτηριασμούς. Η γεννήτρια καταναλώνει το οξυγόνο ενός κλειστού χώρου και μπορεί να προκαλέσει ασφυξία ή δηλητηρίαση.
10	<b>Πρόκληση βλαβών σε άλλους</b> (π.χ. εργαζόμενους στον ίδιο χώρο)	Κουρτίνες απομόνωσης ή απόσταση από τις άλλες θέσεις εργασίας	Οι άλλοι εργαζόμενοι στον ίδιο χώρο δεν διαθέτουν τα μέσα προστασίας που διαθέτει ο ηλεκτροσυγκολλητής, αλλά είναι εκτεθειμένοι στους ίδιους σχεδόν κινδύνους.
11	<b>Γενικότεροι κίνδυνοι</b> (κίνδυνοι του κάθε εργασιακού χώρου)	Καλή οργάνωση, υποδήματα με σίδερο μπροστά, αυξημένη προσοχή.	Ο ηλεκτροσυγκολλητής δεν κινδυνεύει μόνο από την ειδικότητά του αλλά και γενικότερα, από τους κινδύνους που παραμονεύουν στον κάθε εργοστασιακό χώρο και στο κάθε εργοτάξιο.



## 6-17. Η προστασία της όρασης και του προσώπου με τη μάσκα

Το πλέον πολύτιμο πράγμα στον άνθρωπο είναι η όραση και η μεγαλύτερη αναπηρία είναι η απώλειά της. Γι' αυτό, για τα μάτια πρέπει να χρησιμοποιούνται οι ειδικές μάσκες. Η εκτέλεση ηλεκτροσυγκόλλησης κατά τον τρόπο που φαίνεται στην περίπτωση (A) του σχήματος (6.48), ουδέποτε πρέπει να γίνεται, ούτε καν στιγμιαία. Η βλάβη προκαλείται σταδιακά και, όταν γίνουν αντιληπτά τα πρώτα δείγματά της, είναι πλέον αργά. Ο σωστός τρόπος εκτέλεσης της ηλεκτροσυγκόλλησης είναι αυτός που φαίνεται στην περίπτωση (B) του σχήματος (6.48).



Γιατί όμως ο ηλεκτροσυγκολλητής αναγκάστηκε να καταφύγει, έστω και προς στιγμή, στη λύση (A) του σχήματος (6.48); Προφανώς, δεν έβλεπε ικανοποιητικά, επειδή δεν είχε επιλέξει την κατάλληλη μάσκα.

Υπάρχει η εντύπωση ότι όσο πιο σκούρο είναι το γυαλί μιας μάσκας, τόσο μεγαλύτερη προστασία προσφέρει. Αυτό είναι μεγάλο λάθος. Η βασική προστασία που προσφέρει τόσο το γυαλί όσο και η ίδια η μάσκα, είναι ότι **αποκόπτουν πλήρως τις επικίνδυνες ακτινοβολίες που είναι οι υπεριώδεις (UV) και οι υπέρυθρες (IR)**, προστατεύοντας τόσο την όραση, όσο και το πρόσωπο από εγκαύματα. Και όλες οι μάσκες καλής ποιότητας έχουν αυτή τη δυνατότητα, ακόμη και όταν το γυαλί τους είναι εντελώς διαφανές, όπως συμβαίνει στις μάσκες που το γυαλί σκουραίνει απότομα, μόλις αρχίσει η έναυση του τόξου.



Όσον αφορά την περιοχή του ορατού φωτός, η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι ακίνδυνη για την υγεία, αρκεί να μην είναι πολύ ισχυρή. Το γυαλί πρέπει να είναι σκούρο, για τον ίδιο λό-

γο που χρειάζονται τα γυαλιά ηλίου στην ισχυρή ηλιοφάνεια. Το ερώτημα που τίθεται είναι «πόσο σκούρο;» και η απάντηση είναι «τόσο σκούρο όσο χρειάζεται ο ηλεκτροσυγκολλητής, για να βλέπει πολύ καθαρά». Αν είναι περισσότερο σκούρο, θα δυσκολεύεται να δει και θα κουράζονται τα μάτια του, ενώ παράλληλα θα είναι και κακή η ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης. Αν είναι λιγότερο σκούρο, επίσης, θα κουράζει τα μάτια του και θα θαμπώνεται.

**Προσοχή:** Τα γυαλιά οξυγονοκόλλησης δεν προσφέρουν καμία απολύτως προστασία, όταν χρησιμοποιούνται στην ηλεκτροσυγκόλληση, επειδή δεν αποκόπτουν τις ακτίνες UV και IR.

Οι πλέον συνηθισμένες μάσκες φαίνονται στο σχήμα (6.49). Βασικά, υπάρχουν οι απλές μάσκες που προστατεύουν κυρίως το πρόσωπο. Μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο όταν το ένα χέρι είναι διαθέσιμο (MMA, MIG/MAG), οπότε μπορεί να το χρησιμοποιεί ο ηλεκτροσυγκολλητής, προκειμένου να κρατάει τη μάσκα του. Επίσης, υπάρχουν και οι μάσκες που στηρίζονται στο κεφάλι<sup>17</sup>, που είναι κατάλληλες, όταν κατά την ηλεκτροσυγκόλληση χρειάζεται να χρησιμοποιούνται και τα δύο χέρια, όπως συμβαίνει στην TIG. Οι μάσκες κεφαλής προστατεύουν επαρκώς και το πάνω τμήμα της κεφαλής, οπότε ο ηλεκτροσυγκολλητής δεν είναι υποχρεωμένος να φοράει καπέλο. Όταν η χρήση κράνους είναι αναγκαία, μπορεί η μάσκα να έχει τη δυνατότητα προσαρμογής πάνω σε κράνος, όπως στο σχήμα (6.50).



Σχήμα (6.50): Προσαρμογή της μάσκας πάνω στο κράνος

Καλό είναι κατά τη διαδικασία ηλεκτροσυγκόλλησης, ο τεχνίτης **να μη διαθέτει ελεύθερο χέρι**, για να μην υπάρχει κίνδυνος να ακουμπήσει πάνω στο πυρακτωμένο μέταλλο. Έτσι, το να χρησιμοποιεί κάπου το δεύτερο χέρι, όπως το να κρατάει τη μάσκα, μειώνει τις πιθανότητες ενός ατυχήματος. Μία καλή συνήθεια του ηλεκτροσυγκολλητή, όταν φοράει μάσκα κεφαλής και εκτελεί συγκόλληση MMA ή MIG/MAG, είναι να κρατάει την τσιμπίδα και με τα δύο χέρια. Αυτό φαίνεται και στο σχήμα (6.51).

Σχήμα (6.51): Σωστά προστατευμένος ηλεκτροσυγκολλητής με άκαυστη φόρμα, γάντια και κράνος. Προσέξτε ότι κρατάει την τσιμπίδα και με τα δύο χέρια.

<sup>17</sup> Ο αγγλικός όρος για τη μάσκα κεφαλής είναι welding helmet, που μεταφράζεται κράνος ηλεκτροσυγκόλλησης. Ο όρος μάσκα κεφαλής είναι η συνήθης απόδοση του όρου στην ελληνική γλώσσα, μάλλον όχι και τόσο επιτυχημένη.

Εκτός από τις απλές μάσκες, υπάρχουν και **μάσκες αυτόματης ρύθμισης του βαθμού προστασίας (της σκίασης)**, που φαίνονται στα σχήματα (6.49) και (6.52). Σ' αυτές ρυθμίζεται αυτόματα το πόσο σκούρο θα είναι το τζάμι. Στην αρχή της ηλεκτροσυγκόλλησης το τζάμι είναι διαφανές. Μόλις αρχίσει η ηλεκτροσυγκόλληση, σκουραίνει απότομα και, μάλιστα, σκουραίνει τόσο όσο ακριβώς χρειάζεται, για να υπάρχει ικανοποιητική ορατότητα. Αυτό επιτρέπει στον ηλεκτροσυγκολλητή να δει προς στιγμή πιο καθαρά και να αποφύγει την επικίνδυνη ενέργεια της περίπτωσης (Α) του σχήματος (6.48).

Ο ηλεκτροσυγκολλητής, πριν να χρησιμοποιήσει κάποια μάσκα ή πριν προσαρμόσει σ' αυτήν ένα γυαλί προστασίας, πρέπει να ελέγξει τα εξής:

**(α) Όταν πρόκειται για μάσκα αυτόματης ρύθμισης της σκίασης**

- Αν ο βαθμός προστασίας (σκίαση) είναι μέσα στις απαιτήσεις των υπό εκτέλεση εργασιών. Στο σημείο αυτό μπορεί να συμβουλευτεί τον πίνακα (6-5).
- Αν έχει δυνατότητα και χειροκίνητης ρύθμισης.
- Το χρόνο που χρειάζεται για να σκουρύνει το γυαλί της μάσκας, ο οποίος πρέπει να είναι μικρότερος από **το ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου**. Η μέγιστη άνεση στο μάτι επιτυγχάνεται, όταν ο χρόνος αυτός είναι μέχρι **0,4 χιλιοστά του δευτερολέπτου**.
- Αν η επαναφορά του γυαλιού από το σκούρο χρώμα στο διαφανές γίνεται σχετικά γρήγορα, π.χ. σε χρόνο μικρότερο από 0,5 δευτερόλεπτο.
- Αν η μάσκα δε διαθέτει ηλιακό φορτιστή, θα πρέπει να ελέγχει ο ηλεκτροσυγκολλητής μήπως η μπαταρία χρειάζεται αντικατάσταση.



Σχήμα (6.52): Μάσκα αυτόματης ρύθμισης του βαθμού προστασίας (μάσκα αυτόματης σκίασης)

**(β) Όταν χρησιμοποιεί απλή μάσκα με γυαλί σταθερής σκίασης**

- Πρέπει να επιλέξει ο ηλεκτροσυγκολλητής το γυαλί με το σωστό βαθμό προστασίας για να το τοποθετήσει στη μάσκα του. Η επιλογή μπορεί να γίνει με βάση τον πίνακα (6-5).
- Ένας πρακτικός τρόπος για τη σωστή επιλογή είναι να γίνονται δοκιμές, ξεκινώντας από ένα πιο σκούρο γυαλί και πηγαίνοντας προς τα ανοιχτότερα, μέχρι να βρεθεί αυτό που παρέχει καλή ορατότητα, χωρίς να θαμπώνει.
- Με ένα και μοναδικό γυαλί δεν μπορούν να γίνονται όλες οι εργασίες. Ως εκ τούτου ο ηλεκτροσυγκολλητής πρέπει να διαθέτει έτοιμες μάσκες με γυαλιά που να καλύπτουν όλους τους βαθμούς προστασίας, που είναι ενδεχόμενο να απαιτηθούν στις εργασίες του. Συνήθως, αρκούν 2-4 μάσκες με γυαλιά διαφορετικών βαθμών προστασίας.

Να σημειωθεί ότι τα μάτια του κάθε ανθρώπου έχουν το δικό τους τρόπο συμπεριφοράς και δεν αισθάνονται όλοι άνετα με το ίδιο γυαλί στην ίδια μάσκα. Επίσης, ο κάθε τύπος ηλεκτροδίου παρουσιάζει τη δική του συμπεριφορά. Για τους λόγους αυτούς, ο πίνακας (6-5), θα πρέπει να χρησιμοποιείται συμβουλευτικά.

Οι μάσκες πρέπει να είναι καλής ποιότητας και είναι προτιμότερο να είναι επώνυμες. Πριν αγοραστεί μία ακριβή μάσκα, πρέπει να εξεταστεί αν υπάρχει υποστήριξη και ανταλλακτικά. Αν είναι κεφαλής, πρέπει να ελεγχθεί το σύστημα στήριξης και οι ρυθμίσεις που προσφέρει.

Πίνακας (6-5): Βαθμός προστασίας (σκίασης) - Επιλογή κατάλληλης μάσκας			
A/A	Είδος ηλεκτροσυγκόλλησης	Ένταση τόξου (σε A)	Βαθμός προστασίας
1	<b>MMA</b> Για όλες τις εφαρμογές	< 40	9
		40 - 80	10
		80 - 175	11
		175 - 300	12
		300 - 500	13
		> 500	14
2	<b>MIG</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Συγκόλληση ανθρακούχων και ελαφρώς κραματούχων χαλύβων</li> <li>• Συγκόλληση αλουμινίου</li> </ul>	< 100	10
		100 - 175	11
		175 - 250	12
		250 - 350	13
		350 - 500	14
		> 500	15
3	<b>MIG</b> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Συγκόλληση ανοξειδωτων χαλύβων</li> <li>• Συγκόλληση κραμάτων χαλκού</li> </ul>	< 100	10
		100 - 175	11
		175 - 300	12
		300 - 500	13
		> 500	14
4	<b>MAG</b> <b>FCAU</b> Για όλες τις εφαρμογές	< 80	10
		80 - 125	11
		125 - 175	12
		175 - 300	13
		300 - 450	14
		> 450	15
5	<b>TIG</b> Για όλες τις εφαρμογές	< 20	9
		20 - 100	10
		40 - 100	11
		100 - 175	12
		175 - 250	13
		> 250	14
6	<b>Συγκόλληση με πλάσμα</b> Για όλες τις εφαρμογές	15 - 30	10
		30 - 60	11
		60 - 125	12
		125 - 225	13
		225 - 450	14
		> 450	15
7	<b>Κοπή με πλάσμα</b>	< 150	11
		150 - 250	12
		> 250	13
8	<b>Κοπή με ηλεκτρόδιο άνθρακα</b>	-	14

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Η ηλεκτροσυγκόλληση επιτυγχάνεται με τη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου μεταξύ του ηλεκτροδίου και του μετάλλου βάσης.
- Το τόξο δημιουργείται είτε με εναλλασσόμενο ρεύμα (AC) είτε με συνεχές (DC).
- Όταν χρησιμοποιείται DC, ο αρνητικός πόλος έχει περίπου κατά 1000°C μικρότερη θερμοκρασία από το θετικό.
- Οι μέθοδοι συγκόλλησης με ηλεκτρικό τόξο είναι οι:
  - ✓ MMA ή SMAW, με ηλεκτρόδιο επενδυμένο με πάστα
  - ✓ MIG/MAG ή GMAW, με ηλεκτρόδιο σε συμπαγές σύρμα
  - ✓ FCAW, με σωληνωτό σύρμα που περιέχει πάστα
  - ✓ TIG ή GTAW, με μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο
  - ✓ SAW, ηλεκτροσυγκόλληση βυθισμένου τόξου
  - ✓ PAW, ηλεκτροσυγκόλληση πλάσματος
- Το σημείο που προστίθεται το υλικό συγκόλλησης ονομάζεται λουτρό συγκόλλησης.
- Στις MMA, FCAW και SAW το λουτρό συγκόλλησης προστατεύεται από την ατμόσφαιρα με την επικαλυπτική σκουριά και τα αέρια που δημιουργούνται από την πάστα.
- Στις MIG/MAG και TIG η προστασία από την ατμόσφαιρα γίνεται με ειδικό αέριο. Στην FCAW συνήθως υπάρχει και αέριο.
- Οι μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης είναι είτε CC (σταθερού ρεύματος) είτε CV (σταθερής τάσης), είτε CC/CV. Οι MMA και TIG χρειάζονται CC, ενώ η MIG/MAG και η FCAW χρειάζονται CV.
- Οι μηχανές MIG/MAG είναι εφοδιασμένες με τροφοδότη σύρματος, που στις μηχανές μεγάλης ισχύος αποτελεί ξεχωριστό εξάρτημα.
- Εκτός από το ρεύμα DC ή AC στην TIG και στη MIG/MAG χρησιμοποιείται και παλμικό ρεύμα (ιδίως στην TIG).
- Η σύνδεση του ηλεκτροδίου στον αρνητικό πόλο ονομάζεται κανονική ή αρνητική πολικότητα και συμβολίζεται με DCEN ή DC- ενώ στο θετικό πόλο ονομάζεται ανάστροφη ή θετική πολικότητα που συμβολίζεται με DCEP ή DC+.
- Οι ηλεκτρικές συνδέσεις γίνονται με κατάλληλα καλώδια και ταχυσυνδέσμους.
- Η σύνδεση με το μέταλλο βάσης γίνεται με το σώμα γείωσης και το σημείο σύνδεσης ονομάζεται σημείο γείωσης.
- Ο ηλεκτροσυγκολλητής είναι εκτεθειμένος σε πολλούς κινδύνους και γι' αυτό πρέπει να λαμβάνονται τα μέτρα προστασίας που συνοπτικά αναφέρονται στον πίνακα (6-4).
- Το γυαλί της μάσκας αποκόπτει τις υπέρυθρες και υπεριώδεις ακτινοβολίες. Την ορατή ακτινοβολία τη μειώνει όσο χρειάζεται για να υπάρχει καλή ορατότητα. Υπάρχουν γυαλιά αυτόματης ρύθμισης της σκίασης και σταθερής σκίασης.
- Το μέγεθος της σκίασης του γυαλιού της μάσκας ονομάζεται βαθμός προστασίας. Δίδεται στον πίνακα (6-5) ανάλογα με το είδος της ηλεκτροσυγκόλλησης και την ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος.

**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ**

1. Με ποιους τρόπους γίνεται η προσθήκη υλικού στο μέταλλο βάσης;
2. Γιατί πρέπει να προστατεύεται η ραφή ηλεκτροσυγκόλλησης από την ατμόσφαιρα και με ποιους τρόπους επιτυγχάνεται αυτή η προστασία;
3. Ποια είναι τα είδη των συγκολλήσεων και ποιο είναι το χαρακτηριστικό στοιχείο του κάθε είδους;
4. Τι εννοούμε λέγοντας μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης CC, CV, CC/CV; Πού χρησιμοποιείται το κάθε είδος;
5. Τι είναι η εν κενώ τάση μιας μηχανής ηλεκτροσυγκόλλησης;
6. Τι είναι το σώμα γείωσης και τι ονομάζεται σημείο γείωσης;
7. Ποια είναι τα είδη του χρησιμοποιούμενου ηλεκτρικού ρεύματος;
8. Τι είναι το παλμικό ρεύμα; Σχεδιάστε το διάγραμμα: ένταση ρεύματος – χρόνος και σημειώστε τα χαρακτηριστικά του μεγέθη.
9. Πότε χρησιμοποιούμε συνεχές, πότε εναλλασσόμενο και πότε παλμικό ρεύμα;
10. Πότε λέμε ότι έχουμε κανονική (ή άμεση) πολικότητα και πότε αντίθετη; Ποια διαφορά έχουν στη θερμοκρασία του λουτρού συγκόλλησης; Πώς συμβολίζονται;
11. Αναφέρατε τα συνώνυμα των παρακάτω τεχνικών όρων:  
SMAW, GMAW, TMAW
12. Από τι προστατεύεται ο ηλεκτροσυγκολλητής με τη μάσκα;
13. Τι είναι ο βαθμός προστασίας του γυαλιού της μάσκας και από τι εξαρτάται;
14. Ποιος είναι ο μέγιστος επιτρεπόμενος χρόνος, για να σκουρύνει το γυαλί σε μία μάσκα αυτόματης ρύθμισης της σκίασης; Ποιος είναι ο ιδανικός χρόνος;
15. Πότε απαιτείται να λαμβάνονται μέτρα κατά των αναθυμιάσεων και τι είδους είναι αυτά τα μέτρα;
16. Ποια είναι η βασική αρχή πάνω στην οποία βασίζεται η προστασία έναντι ηλεκτροπληξίας;
17. Ποιους ελέγχους πρέπει να κάνει ο ηλεκτροσυγκολλητής, πριν αρχίσει να εργάζεται;
18. Πώς επιτυγχάνεται η προστασία έναντι της πρόκλησης εγκαυμάτων;
19. Αναφέρετε οκτώ (8) τουλάχιστον κινδύνους που υπάρχουν κατά την ηλεκτροσυγκόλληση.

**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ**

1. Τοποθετήστε τα είδη ηλεκτροσυγκόλλησης MMA, MIG/MAG, FCAW και TIG κατά σειρά παραγωγικότητας, αναφέροντας πρώτα αυτή που έχει τη μεγαλύτερη παραγωγικότητα.
2. Ποια είναι η καταλληλότερη μέθοδος όταν:
  - (α) Σας ζητούν να κάνετε μία ηλεκτροσυγκόλληση που έχει μεγάλες απαιτήσεις ποιότητας και εμφάνισης.
  - (β) Σας ορίζουν πολύ μικρό χρόνο παράδοσης.
3. Τι θα μπορούσε να συμβεί στη ραφή συγκόλλησης, όταν δεν προστατεύεται το λουτρό συγκόλλησης από την ατμόσφαιρα;
4. Αν πρόκειται να εκτελέσετε ηλεκτροσυγκόλληση στο ύπαιθρο, όπου υπάρχουν ρεύματα αέρα, ποιες μεθόδους θα μπορούσατε να εφαρμόσετε και γιατί;
5. Ποιο είδος ηλεκτροσυγκόλλησης θα επιλέγατε ως το πλέον κατάλληλο, όταν:
  - (α) Συγκολλάτε πάντα με την ίδια ποιότητα ηλεκτροδίου.
  - (β) Συγκολλάτε με διαφορετικές ποιότητες ηλεκτροδίου.
6. Γιατί οι μηχανές MMA συνήθως προδιαγράφονται ως κατάλληλες και για ηλεκτροσυγκόλληση TIG και το αντίστροφο;
7. Έστω ότι τα μήκη των καλωδίων, που συνήθως σας χρειάζονται από τη μηχανή μέχρι την τσιμπίδα και το σώμα γείωσης, είναι 10 m. Σπάνια όμως, σας χρειάζονται καλώδια μέχρι και 25 μέτρα και γι' αυτό έχετε έτοιμες προεκτάσεις 15 m. Κάντε σκίτσο με τον τρόπο που πρέπει να είναι κατασκευασμένα τα καλώδιά σας, ώστε να μεγαλώνετε το μήκος τους γρήγορα και με ασφάλεια.
8. Τι μορφή ρεύματος θα χρησιμοποιήσετε, όταν θέλετε να έχετε μεγάλη διείσδυση του ηλεκτροδίου στο μέταλλο βάσης;
9. Τοποθετήστε τα είδη ηλεκτροσυγκόλλησης MMA, MIG/MAG, FCAW και TIG κατά σειρά δημιουργούμενων αναθυμιάσεων, τοποθετώντας πρώτα αυτή που έχει τις περισσότερες αναθυμιάσεις.
10. Έστω ότι έχετε φορέσει τον προστατευτικό εξοπλισμό σας (ποδιά, γάντια κτλ.). Θεωρείτε ότι είσαστε έτοιμοι για εργασία; Αν όχι, τι ενέργειες θα πρέπει ακόμη να κάνετε;
11. Εκτελείτε συγκόλληση MMA και φοράτε μάσκα κεφαλής. Πώς πρέπει να κρατάτε την τσιμπίδα και γιατί;
12. Τι πρέπει να προσέχετε, όταν πρόκειται να αγοράσετε μία μάσκα αυτόματης ρύθμισης της σκίασης;

## ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

### Εργασία 6.1

#### Συγκέντρωση προσπέκτους και άλλου πληροφοριακού υλικού για τις μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης και διαχωρισμός τους κατά ομάδες

Η τεχνολογία των ηλεκτροσυγκολλήσεων προχωράει με γρήγορους ρυθμούς και η αξία των τεχνικών βιβλίων που αναφέρονται σ' αυτές μειώνεται συνεχώς. Παράλληλα, ο περιορισμένος χρόνος διδασκαλίας, δεν επέτρεψε να συμπεριληφθούν στο βιβλίο περισσότερα στοιχεία, ιδίως για μοντέρνα μηχανήματα, στα οποία χρησιμοποιούνται οι μικροϋπολογιστές.

Αυτή η δραστηριότητα σκοπό έχει να διερευνήσουν οι μαθητές ό,τι καινούριο υπάρχει στην αγορά ή τι άλλο υπάρχει που δε συμπεριλαμβάνεται στα μηχανήματα που περιγράφονται στο βιβλίο. Θα δοθεί προσοχή στα πλεονεκτήματα που προσφέρει ένας καινούριος τύπος μηχανήματος. Τα μηχανήματα θα χωριστούν σε ομάδες, ανάλογα αν είναι CC για MMA, CC για TIG, CV ή CC/CV ή αν πρόκειται για μηχανήματα που δεν ανήκουν σε κάποια από αυτές τις κλασικές κατηγορίες.

Θα συνταχθεί τεχνική έκθεση, που θα έχει συνημμένα τα πλέον ενδιαφέροντα από τα προσπέκτους που έχουν συγκεντρωθεί. Η όλη εργασία θα παραδοθεί σε ντοσιέ, που θα παραμείνει στο εργαστήριο, ώστε να μπορεί να χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετο διδακτικό βοήθημα. Η ομάδα που θα αναλάβει το εν λόγω έργο θα πρέπει πρώτα να μελετήσει τυχόν παρόμοιες εργασίες που έχουν γίνει από μαθητές προηγούμενων ετών, ώστε να αποφευχθεί η αναφορά σε όμοια θέματα.

Τέλος, ο επικεφαλής της ομάδας θα αναπτύξει τα συμπεράσματα της εργασίας της ομάδας του στην τάξη, παρουσία του καθηγητή και όλων των συμμαθητών του.

### Εργασία 6.2

#### Επίσκεψη σε βιομηχανικό χώρο όπου εκτελούνται ηλεκτροσυγκολλήσεις

Θα γίνει επίσκεψη σε χώρο όπου εκτελούνται ηλεκτροσυγκολλήσεις σε μαζική παραγωγή. Θα προσεχτούν οι συνθήκες εργασίες που επικρατούν στο χώρο, ο τρόπος που λαμβάνονται τα μέτρα ασφαλείας και γενικότερα η οργάνωση της όλης παραγωγικής διαδικασίας. Να προσέξουν οι μαθητές ότι το μόνο που έχουν δικαίωμα να κάνουν είναι να υποβάλουν ερωτήσεις στον υπεύθυνο του εργοστασίου, **όχι υποδείξεις**. Αν δηλαδή διαπιστώσουν ότι κάτι δεν πάει καλά, σύμφωνα με τα όσα έχουν διδαχτεί (π.χ. ότι δε λαμβάνονται κάπου τα προβλεπόμενα μέτρα ασφαλείας), δε θα το αναφέρουν, ή θα περιοριστούν μόνο στο να ενημερώσουν τον καθηγητή τους. Θα συνταχθεί τεχνική έκθεση με βάση όσα διαπίστωσαν οι μαθητές κατά την επίσκεψή τους, στην οποία όμως θα συμπεριλαμβάνονται και οι τυχόν παρατηρήσεις τους για ανεπαρκή μέτρα ασφαλείας ή για μέσα ατομικής προστασίας.

### Εργασία 6.3

#### Επίσκεψη σε χώρους όπου εκτελούνται ηλεκτροσυγκολλήσεις επί αυτοκινήτων

Ισχύουν όσα αναφέρθηκαν στην προηγούμενη άσκηση, αλλά θα γίνει επίσκεψη τουλάχιστον σε δύο συνεργεία. Να προτιμηθούν τα μεγάλα και οργανωμένα συνεργεία και όχι κάποια μικρά φαναρτζίδικα κοντά στο σχολείο. Στην τεχνική έκθεση να αναφερθεί σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται η κάθε μέθοδος ηλεκτροσυγκόλλησης. Προτιμότερο είναι να επιλεγούν συνεργεία που ασχολούνται τόσο με μικρά οχήματα, όσο και με μεγάλα βαριά οχήματα, επειδή οι μέθοδοι που ακολουθούνται στην κάθε περίπτωση διαφέρουν σημαντικά.



## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

### ΑΣΚΗΣΗ 6-1

#### Αναγνώριση του είδους των συγκολλήσεων

#### Επιδιωκόμενος στόχος

- Να ξεχωρίζουν οι μαθητές τα είδη των ηλεκτροσυγκολλήσεων, βλέποντας δείγματα από μέταλλα που έχουν ηλεκτροσυγκολληθεί με διάφορες μεθόδους.

#### Απαιτούμενος εξοπλισμός

Για να εκτελεστεί σωστά αυτή η άσκηση, το εργαστήριο θα πρέπει να διαθέτει δείγματα από όλους τους δυνατούς τρόπους ηλεκτροσυγκολλήσεων. Επειδή αυτό είναι σχετικά δύσκολο, τα δείγματα που αναφέρονται παρακάτω έχουν διαχωριστεί σ' αυτά που κρίνονται ως απαραίτητα (αφορούν τις πλέον συνηθισμένες περιπτώσεις) και σ' αυτά που είναι επιθυμητό να υπάρχουν.

Το εργαστήριο καλό είναι να διαθέτει δείγματα τουλάχιστον από τα εξής:

- MMA πάνω σε ανθρακούχο χάλυβα
- MMA πάνω σε ανοξείδωτο χάλυβα
- MIG με συνεχές ρεύμα πάνω σε ανθρακούχο χάλυβα
- MIG με συνεχές ρεύμα πάνω σε ανοξείδωτο χάλυβα
- MIG με συνεχές ρεύμα πάνω σε αλουμίνιο
- MIG με παλμικό ρεύμα πάνω σε αλουμίνιο
- TIG πάνω σε ανθρακούχο χάλυβα
- TIG πάνω σε ανοξείδωτο χάλυβα
- TIG πάνω σε αλουμίνιο

Επιθυμητό είναι, επίσης, να υπάρχουν δείγματα από τα εξής:

- MMA πάνω σε αλουμίνιο
- MMA συγκόλλησης ανοξείδωτου και κοινού χάλυβα
- MIG με παλμικό ρεύμα πάνω σε ανθρακούχο χάλυβα
- MIG με παλμικό ρεύμα πάνω σε ανοξείδωτο χάλυβα
- TIG χωρίς την προσθήκη συγκολλητικού υλικού
- MMA με ηλεκτρόδια Ni πάνω σε χυτοσίδηρο
- MMA με ηλεκτρόδια χάλυβα πάνω σε χυτοσίδηρο
- SAW (ή άλλης αυτόματης μεθόδου), κατά προτίμηση αλουμινίου
- PAW πάνω σε οποιοδήποτε υλικό

Το σύνολο των παραπάνω ειδών δειγμάτων είναι 18, αλλά από ένα είδος μπορούν να υπάρχουν περισσότερα από ένα δείγματα. Είναι προτιμότερο να υπάρχουν 2-3 δείγματα από την κάθε περίπτωση. Στο φύλλο της άσκησης έχουν προβλεφθεί συνολικά μέχρι 24 δείγματα, αλλά, αν τυχόν το εργαστήριο διαθέτει περισσότερα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί και δεύτερη σελίδα. Όλα τα τεμάχια μετάλλου θα είναι αριθμημένα από το 1 μέχρι ..., προκειμένου να μπορέσουν να συμπληρώσουν οι μαθητές το φύλλο της άσκησης.

### **Διαδικασία της άσκησης αναγνώρισης του είδους της ηλεκτροσυγκόλλησης**

1. Σε πρώτη φάση επιδεικνύονται στους μαθητές τα δείγματα των ηλεκτροσυγκολλήσεων. Διευκρινίζεται από τι υλικό είναι το καθένα και με ποιο τρόπο μπορούμε να αναγνωρίσουμε το κάθε είδος ηλεκτροσυγκόλλησης.
2. Θα δοθεί ιδιαίτερη προσοχή στη διάκριση των δειγμάτων που μοιάζουν μεταξύ τους, όπως π.χ. της TIG, της MIG με παλμικό ρεύμα και της SAW. Στην TIG οι ανομοιομορφίες της χειροκίνητης μεθόδου είναι φανερές, στη MIG, που είναι ημιαυτόματη μέθοδος, είναι πολύ λιγότερο εμφανείς, ενώ στη SAW (ή σε κάποια άλλη αυτόματη μέθοδο), υπάρχει πλήρης συμμετρία στο “ψαροκόκαλο” της συγκόλλησης.
3. Τα τεμάχια περιφέρονται στα χέρια των μαθητών. Οι μαθητές αφήνονται ελεύθεροι να συζητήσουν μεταξύ τους τις διαφορές που παρατηρούν και πώς θα ξεχωρίζουν τα τεμάχια, ανάλογα με το είδος της ηλεκτροσυγκόλλησης. Μετά, τα δείγματα επιστρέφονται στην έδρα.
4. Ο κάθε μαθητής παίρνει ένα φωτοαντίγραφο του φύλλου της άσκησης (6-1), που είναι ανάλογο με το υπόδειγμα άσκησης (6-1/1). Τα τεμάχια περιφέρονται στους μαθητές ένα-ένα, με σειρά, ώστε να περάσουν όλα από όλους τους μαθητές. Ο κάθε μαθητής αναγνωρίζει τα τεμάχια και συμπληρώνει το φύλλο της άσκησης.
5. Ο καθηγητής συλλέγει τα φύλλα, κάνει τις απαραίτητες διορθώσεις και, αν απαιτείται, επαναλαμβάνει την άσκηση, αφού εξηγήσει στους μαθητές τα λάθη τους.
6. Εναλλακτικά, αν υπάρχει χρόνος, μπορούν οι μαθητές να διορθώσουν μεταξύ τους τα λάθη τους. Αν διαπιστωθούν πολλά λάθη (κάτι αναμενόμενο, ιδίως αν είναι πολλά τα δείγματα), η άσκηση θα πρέπει να επαναληφθεί στο επόμενο μάθημα.

**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6****Υπόδειγμα άσκησης 6-1/1**

Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα με βάση τα αριθμημένα τεμάχια μετάλλων που έχετε στη διάθεσή σας. Στη δεξιά στήλη θα γράψετε το αντίστοιχο γράμμα, ως εξής (συντμήσεις ΑΘΧ = ανθρακούχος χάλυβας, ΑΕΧ: ανοξείδωτος χάλυβας)

Α : MMA πάνω σε ΑΘΧ

Κ : MMA πάνω σε ΑΙ

Β : MMA πάνω σε ΑΕΧ

Λ : MMA ΑΕΧ και ΑΘΧ

Γ : MIG με DC σε ΑΘΧ

Μ : MIG με παλμικό ρεύμα σε ΑΘΧ

Δ : MIG με DC σε ΑΕΧ

Ν : MIG με παλμικό ρεύμα πάνω σε ΑΕΧ

Ε : MIG με DC ρεύμα σε ΑΙ

Ξ : TIG χωρίς προσθήκη συγκολλητικού υλικού

Ζ : MIG με DC ρεύμα σε ΑΙ

Ο : MMA με ηλεκτρόδια Ni σε χυτοσίδηρο

Η : TIG πάνω σε ΑΘΧ

Π : MMA με ηλεκτρόδια χάλυβα σε χυτοσίδηρο

Θ : TIG πάνω σε ΑΘΧ

Ρ : SAW (ή άλλης αυτόματης μεθόδου)

Ι : TIG πάνω σε ΑΙ

Σ : PAW πάνω σε οποιοδήποτε υλικό

Σε μερικές περιπτώσεις πιθανόν να μην μπορεί να γίνει σίγουρη αναγνώριση. Θα γράψετε στην περίπτωση αυτή όλα τα γράμματα που πιθανόν να αντιστοιχούν.

A/A μεταλλικού τεμαχίου	Είδος ηλεκτροσυγκόλλησης
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	
23	
24	

## ΑΣΚΗΣΗ 6-2

### Εξοικείωση με τον εξοπλισμό των ηλεκτροσυγκολλήσεων

#### Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να ξεχωρίζουν οι μαθητές τις μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης, ανάλογα με τα είδη των εκτελούμενων ηλεκτροσυγκολλήσεων.
- Να συνδέουν τις τσιμπίδες και τα καλώδια.
- Να ανοίγουν την τσιμπίδα MIG, για να αντικαθιστούν το μπεκ και την TIG, για να αντικαθίστούν το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο.
- Να γνωρίζουν όλο τον απαραίτητο εξοπλισμό για την εκτέλεση των ηλεκτροσυγκολλήσεων.

#### Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Διάφορες μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης, ώστε να καλύπτονται όλα τα βασικά είδη των μηχανών.

**Σημείωση:** Για τις ανάγκες των περισσότερων εργαστηριακών ασκήσεων αρκούν οι μικρές φορητές μηχανές CC/CV, που έχουν τη δυνατότητα μέσω επιλογέα να κάνουν ηλεκτροσυγκολλήσεις όλων των ειδών (MMA, MIG/MAG ή FCAW, TIG). Με τέτοιες μηχανές μπορούν να είναι εξοπλισμένες οι θέσεις εργασίας για οικονομία χώρου και για τον περιορισμό του αριθμού των απαιτούμενων μηχανημάτων. Πρέπει όμως να υπάρχουν τουλάχιστον μία ισχυρή μηχανή CC για MMA/TIG και μία μηχανή CV, κατάλληλη για MIG/MAG/FCAW, εφοδιασμένη με ανεξάρτητο τροφοδότη σύρματος. Οι τελευταίες είναι απαραίτητες όχι μόνο για να έχουν πλήρη εικόνα οι μαθητές για όλα τα βασικά είδη των μηχανών ηλεκτροσυγκόλλησης, αλλά και για να εκτελεστούν ορισμένες ασκήσεις, όπως π.χ. η συγκόλληση με μεγάλης διαμέτρου ηλεκτρόδιο.

- Τσιμπίδες MMA, MIG, TIG<sup>18</sup>
- Σώματα γείωσης
- Δείγματα από ηλεκτρόδια στα μεγέθη από 1,6 mm μέχρι 6 mm και σε μήκη 350 ή 450 mm
- Δείγματα ηλεκτροδίων ειδικών μετάλλων (ανοξειδωτα, αλουμινίου, νικελίου κτλ.)
- Δείγματα από σύρματα στα μεγέθη από 0,6 μέχρι 2,0 mm
- Δείγματα από σωληνωτά σύρματα με εσωτερική πάστα στα μεγέθη από 0,8 μέχρι 2,4 mm
- Δείγματα από ράβδους TIG από 1 μέχρι 3 mm
- Φιάλη αερίου (Ar ή CO<sub>2</sub> ή μείγμα Ar-CO<sub>2</sub>)
- Μανόμετρο / ροόμετρο. Το όργανο αυτό ρυθμίζει την ποσότητα ροής του αερίου και την μετράει (συνήθως σε L/min).

#### Πορεία εργασίας

- Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης 6-2. Όπως φαίνεται στο φύλλο, προβλέπονται διάφορες θέσεις εργασίας και σε κάθε θέση προβλέπονται διαφορετικές ενέργειες και εξοπλισμός. Η διαδικασία έχει ως εξής:

<sup>18</sup> Ο όρος **τσιμπίδα** στην πράξη έχει καθιερωθεί και για τις τρεις περιπτώσεις, αλλά απόλυτα σωστός είναι μόνο για την περίπτωση της MMA. Για τη MIG και την TIG οι αντίστοιχοι αγγλικοί τεχνικοί όροι είναι torch (δαυλός, φλόγιστρο) ή gun (πιστόλι). Στο βιβλίο αυτό χρησιμοποιούμε τον καθιερωμένο τεχνικό όρο “τσιμπίδα”.

1. Ο μαθητής, που εκκινεί στην κάθε θέση, παραλαμβάνει τον απαιτούμενο εξοπλισμό και ετοιμάζει πρώτα τη θέση εργασίας του. Μετά εκτελεί τις ενέργειες που προβλέπονται γι' αυτή τη θέση.
  2. Μόλις τελειώσει ο μαθητής με τις προβλεπόμενες ενέργειες, αλλάζει θέση με άλλο συμμαθητή του και συνεχίζει με αυτόν τον τρόπο, μέχρι να ολοκληρώσει όλες τις προβλεπόμενες εργασίες, σε όλες τις θέσεις.
- Στην τσιμπίδα MIG να προσεχτεί ιδιαίτερα το μπεκ προώθησης σύρματος, το οποίο αντικαθίσταται συχνά, επειδή η κατάστασή του θα πρέπει να είναι άριστη.
  - Επίσης, στην τσιμπίδα TIG, να προσεχτεί ο τρόπος αλλαγής του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου, επειδή και αυτό φθείρεται και χρειάζεται κατά διαστήματα αντικατάσταση.
  - Σχετικά με το λύσιμο και δέσιμο των τσιμπίδων TIG και MIG, δίνονται τα υποβοηθητικά σχήματα (6.53) και (6.54).
  - Ο τελευταίος, σε κάθε θέση της άσκησης, μαζεύει τον εξοπλισμό και τον τοποθετεί στην κανονική του θέση.

### Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Οι μαθητές θα κάνουν μόνο ό,τι προβλέπεται από το φύλλο της άσκησης, αποφεύγοντας περιττές κινήσεις. Δε θα τεθεί ακόμη σε λειτουργία καμία μηχανή. Για λόγους ασφαλείας, όλες οι μηχανές θα είναι εκτός τάσης.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6		Υπόδειγμα άσκησης 6-2
ΘΕΣΗ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μηχανή CC/CV (MMA, TIG, MIG/MAG, FCAW)</li> <li>Τσιμπίδα TIG με καλώδιο</li> <li>Σημείο γείωσης με καλώδιο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Συνδέουμε και αποσυνδέουμε την τσιμπίδα και το σώμα γείωσης.</li> <li>Τοποθετούμε το διακόπτη, διαδοχικά, στις τρεις θέσεις (MMA, TIG, MIG/MAG).</li> <li>Ανοίγουμε τον τροφοδότη σύρματος και εξετάζουμε το σύστημα τροφοδοσίας.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μηχανή CC (MMA, TIG)</li> <li>Τσιμπίδα MMA με καλώδιο</li> <li>Σημείο γείωσης</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Συνδέουμε και αποσυνδέουμε τη τσιμπίδα και το σώμα γείωσης.</li> <li>Συνδέουμε το σώμα γείωσης στο μέταλλο βάσης.</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Μηχανή CV (MIG/MAG, FCAW)</li> <li>Τροφοδότης σύρματος</li> <li>Τσιμπίδα MIG με καλώδιο</li> <li>Σημείο γείωσης</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Συνδέουμε τον τροφοδότη με τη μηχανή.</li> <li>Συνδέουμε και αποσυνδέουμε την τσιμπίδα MIG και το σώμα γείωσης.</li> <li>Ανοίγουμε τον τροφοδότη σύρματος και εξετάζουμε το σύστημα τροφοδοσίας.</li> <li>Αποσυνδέουμε τροφοδότη και μηχανή.</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τσιμπίδα TIG</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Λύνουμε την τσιμπίδα TIG, αφαιρούμε το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο και εξετάζουμε τα επί μέρους εξαρτήματα.</li> <li>Επανατοποθετούμε το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο και δένουμε την τσιμπίδα.</li> <li>Δίνουμε διάφορες κλίσεις στην κεφαλή της τσιμπίδας.</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Τσιμπίδα MIG</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Λύνουμε την τσιμπίδα MIG και εξετάζουμε τα επί μέρους εξαρτήματα.</li> <li>Εντοπίζουμε το μπεκ του σύρματος (το οποίο σποραδικά αντικαθίσταται).</li> <li>Δένουμε την τσιμπίδα.</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Φιάλη αερίου</li> <li>Μανόμετρο / ροόμετρο</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ελέγχουμε αν η φιάλη είναι καλά στερεωμένη.</li> <li>Ανοίγουμε το καπάκι της φιάλης.</li> <li>Τοποθετούμε το μανόμετρο.</li> <li>Βλέπουμε την πίεση στη φιάλη.</li> <li>Ανοίγουμε για μερικά μόνο δευτερόλεπτα τη ροή του αερίου και βλέπουμε το δείκτη του ροόμετρου.</li> </ul>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Δείγματα επενδυμένων ηλεκτροδίων</li> <li>Τσιμπίδα MMA</li> <li>Δείγματα συρμάτων MIG/MAG</li> <li>Δείγματα συρμάτων FCAW</li> <li>Δείγματα ράβδων TIG</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Γίνεται προσεκτική εξέταση όλων των δειγμάτων.</li> <li>Τοποθετούνται και αφαιρούνται τα επενδυμένα ηλεκτρόδια στην τσιμπίδα MMA.</li> </ul>

## ΑΣΚΗΣΗ 6-3

### Η χρήση του εξοπλισμού προστασίας του ηλεκτροσυγκολλητή

#### Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση της άσκησης, οι μαθητές θα είναι πλέον σε θέση να προχωρήσουν σε ασκήσεις ηλεκτροσυγκολλήσεων. Στο τέλος της άσκησης πρέπει:

- Να γνωρίζουν τα είδη του εξοπλισμού ασφαλείας.
- Να χρησιμοποιούν σωστά τα μέσα ατομικής προστασίας.
- Να επιλέγουν το κατάλληλο γυαλί για τη μάσκα τους και να γνωρίζουν πώς να το αντικαθίστουν.
- Να γνωρίζουν πώς να προστατεύονται από την ηλεκτροπληξία.

#### Απαιτούμενα εργαλεία, υλικά, συσκευές

- Μέσα ατομικής προστασίας της κάθε θέσης εργασίας
  - √ Μάσκα χειρός
  - √ Μάσκα κεφαλής
  - √ Δερμάτινες ποδιές ή πουκάμισα
  - √ Δερμάτινα μανίκια
- Προσωπικά μέσα ατομικής προστασίας (ο κάθε μαθητής θα έχει τα δικά του)
  - √ Δερμάτινα γάντια
  - √ Άκουστο κάλυμμα κεφαλής
  - √ Υποδήματα με μονωτικές σόλες και σίδηρο μπροστά
- Προστατευτικά γυαλιά **μάσκας** με διάφορους βαθμούς προστασίας
- Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης για MIG/MAG
- Τσιμπίδα MIG με καλώδιο και σώμα γείωσης με καλώδιο
- Φιάλη αερίου και μανόμετρο / ροόμετρο

#### Πορεία εργασίας

- Λόγω της σοβαρότητας του θέματος της ασφαλείας, η άσκηση αυτή θα γίνει με μόνο δύο ή τρεις το πολύ θέσεις εργασίας, για να είναι ευχερής η υπόδειξη και η αποτροπή των λαθών. Όλοι οι μαθητές θα διέλθουν σε μία από τις θέσεις εργασίας. Η διαδικασία έχει ως εξής:
  1. Ο κάθε μαθητής λαμβάνει το φύλλο της άσκησης (6-3).
  2. Καθ' όλη τη διάρκεια της άσκησης, παρακολουθεί τους συμμαθητές του και συμμετέχει στην υπόδειξη των λαθών.
  3. Μόλις έρθει η σειρά του, παραλαμβάνει τα μέσα ατομικής προστασίας της θέσης του.
  4. Εκτελεί τα βήματα της άσκησης που αναφέρονται στο φύλλο. Η τοποθέτηση γυαλιού στη μάσκα γίνεται όπως στο σχήμα (6.55).

5. Μόλις τελειώσει, παραχωρεί τη θέση στον επόμενο συμμαθητή του.

- Ο τελευταίος τοποθετεί τον εξοπλισμό ατομικής προστασίας στην κανονική του θέση. Οι άλλοι μαθητές μαζεύουν τον υπόλοιπο εξοπλισμό και τον τοποθετούν στην κανονική του θέση.

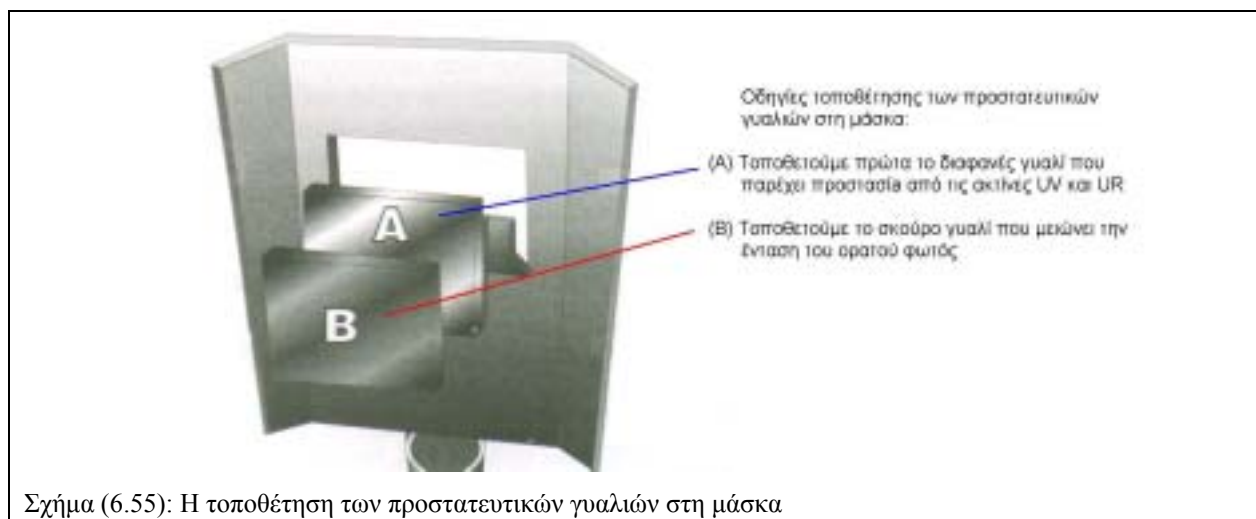
**Παρατήρηση για την επιλογή του γυαλιού της μάσκας:** Για την επιλογή του κατάλληλου γυαλιού για τη μάσκα, πρέπει να συμβουλευτεί ο μαθητής τον πίνακα (6-5). Επειδή όμως δεν έχει πάντα τον πίνακα αυτό διαθέσιμο, δίνουμε έναν προσεγγιστικό κανόνα που είναι πολύ εύκολος στην απομνημόνευση:

Ρεύμα μέχρι	Βαθμός προστασίας
40 A	9
80 A	10
180 A	11
280 A	12
380 A	13
480 A	14

Ο βαθμός προστασίας, είτε επιλεγεί από τον πίνακα (6-5) είτε από τον παραπάνω κανόνα, ενδέχεται να χρειάζεται διόρθωση, λόγω προσωπικής ευαισθησίας. Με τη χρήση του πίνακα (6-5), η πιθανότητα ανάγκης αλλαγής γυαλιού είναι μικρότερη.

### Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Δε θα τεθεί ακόμη σε λειτουργία καμία μηχανή. Για λόγους ασφαλείας, όλες οι μηχανές θα είναι εκτός τάσης.
- Όταν στο φύλλο της άσκησης αναφέρεται: «εκκινούμε τη μηχανή», σημαίνει ότι απλά πατάμε το κουμπί ή γυρίζουμε το διακόπτη ON/OFF, χωρίς η μηχανή να είναι υπό τάση.





ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6		Υπόδειγμα άσκησης 6-3
Είδος συγκόλλησης: MIG /MAG		Ένταση ρεύματος:..... <sup>19</sup>
A/A	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΕΝΕΡΓΕΙΕΣ
1	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ετοιμασία της μάσκας χειρός</li> <li>Ετοιμασία της μάσκας κεφαλής</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Επιλέγουμε τον απαιτούμενο βαθμό προστασίας.</li> <li>Τοποθετούμε το γυαλί προστασίας UV/UR.</li> <li>Τοποθετούμε το σκούρο γυαλί με το βαθμό προστασίας.</li> <li>Επαναλαμβάνουμε το ίδιο για τη μάσκα κεφαλής.</li> </ul>
2	<ul style="list-style-type: none"> <li>Προετοιμασία της μηχανής</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ελέγχουμε αν η φιάλη του αερίου είναι σταθερά στερεωμένη.</li> <li>Ανοίγουμε το καπάκι της φιάλης του αερίου.</li> <li>Τοποθετούμε το μανόμετρο / ροοστάτη.</li> <li>Συνδέουμε την τσιμπίδα στη μηχανή και στη φιάλη.</li> <li>Συνδέουμε το σημείο γείωσης στο τεμάχιο.</li> </ul>
3	<ul style="list-style-type: none"> <li>Έλεγχοι για την προστασία από ηλεκτροπληξία</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Βεβαιωνόμαστε ότι φοράμε τα ειδικά υποδήματα.</li> <li>Ελέγχουμε μήπως η μόνωση της τσιμπίδας είναι σπασμένη.</li> <li>Ελέγχουμε αν η μόνωση όλων των καλωδίων έχει καλώς.</li> <li>Βεβαιωνόμαστε ότι όλα τα καπάκια της μηχανής είναι κλειστά.</li> <li>Βεβαιωνόμαστε ότι η διατομή των καλωδίων είναι η σωστή (τσιμπίδας και γείωσης).</li> </ul>
4	<ul style="list-style-type: none"> <li>Ατομικά μέσα προστασίας</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Φοράμε την ποδιά, τα μανίκια και τα γάντια.</li> <li>Έχουμε μπροστά μας έτοιμη τη μάσκα χειρός.</li> </ul>
5	<ul style="list-style-type: none"> <li>Αρχίζουμε την εργασία</li> </ul> <p><b>Προσοχή:</b> Η μηχανή <u>δεν</u> πρέπει να είναι στην πρίζα!</p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εκκινούμε τη μηχανή.</li> <li>Ανοίγουμε το αέριο (εικονικά).</li> <li>Φέρνουμε τη μάσκα μπροστά μας.</li> <li>Αρχίζουμε να κολλάμε (εικονικά).</li> <li>Κλείνουμε το αέριο.</li> <li>Κλείνουμε τη μηχανή.</li> </ul>
6	<ul style="list-style-type: none"> <li>Εργασία με μάσκα κεφαλής</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Φοράμε τη μάσκα κεφαλής.</li> <li>Εκκινούμε τη μηχανή.</li> <li>Ανοίγουμε το αέριο (εικονικά).</li> <li>Πιάνουμε την τσιμπίδα <b>και με τα δύο χέρια</b> (για να μην υπάρχει ελεύθερο χέρι).</li> <li>Αρχίζουμε να κολλάμε (εικονικά).</li> <li>Κλείνουμε το αέριο.</li> <li>Κλείνουμε τη μηχανή.</li> </ul>
7	<ul style="list-style-type: none"> <li>Περάτωση της εργασίας</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Αποσυνδέουμε την τσιμπίδα.</li> <li>Αποσυνδέουμε το σώμα γείωσης.</li> <li>Αποσυνδέουμε το μανόμετρο / ροόμετρο από τη φιάλη και το τοποθετούμε στη θέση του.</li> <li>Τοποθετούμε το καπάκι της φιάλης αερίου.</li> </ul>
8	<ul style="list-style-type: none"> <li>Παράδοση της θέσης εργασίας</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Αφαιρούμε τα γυαλιά από τις μάσκες (για να τα τοποθετήσει ο επόμενος μαθητής).</li> </ul>

<sup>19</sup> Συμπληρώνονται οι τιμές από τον καθηγητή. Χρησιμοποιούνται για την επιλογή του κατάλληλου γυαλιού μάσκας και για τον έλεγχο της διατομής των καλωδίων.