

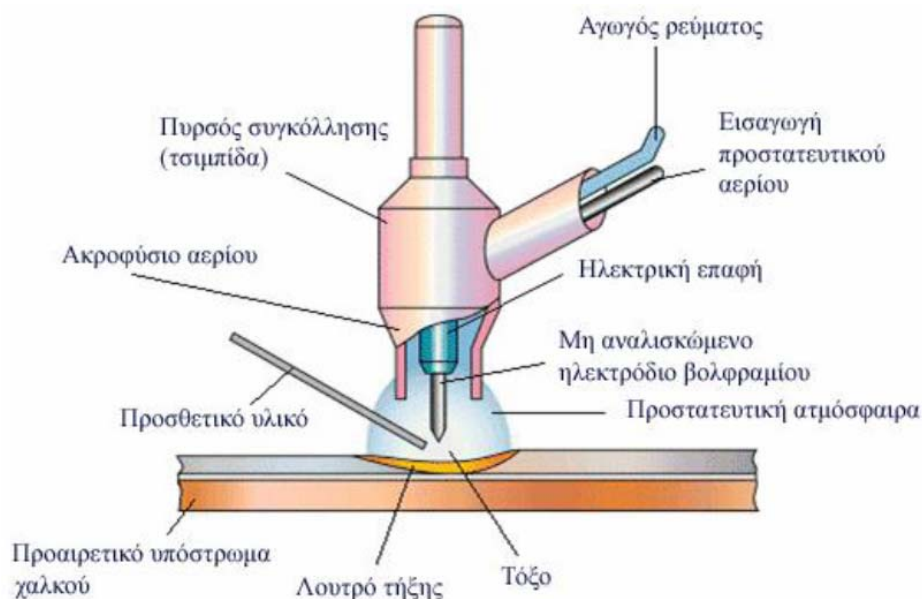
Μάθημα 4.5

Μέθοδος συγκόλλησης με προστατευτικό αέριο και ηλεκτρόδιο βολφραμίου (GTAW)

8.1 Εισαγωγή

Η μέθοδος συγκόλλησης GMAW (ή TIG), είναι η μέθοδος συγκόλλησης με μη αναλίσκόμενο ηλεκτρόδιο βολφραμίου, σε προστατευτική ατμόσφαιρα αδρανούς αερίου. Το ακρωνύμιο TIG προέρχεται από τα αρχικά των λέξεων Tungsten (βολφράμιο) Inert (αδρανές) Gas (αέριο). Στις ΗΠΑ, για την ίδια μέθοδο χρησιμοποιείται το ακρωνύμιο GTAW (Gas Tungsten Arc Welding) και σύμφωνα με το πρότυπο EN ISO 4063, το νούμερο για το συμβολισμό της μεθόδου είναι το 141.

Στη μέθοδο TIG, η απαραίτητη θερμότητα για τη τήξη των βασικών υλικών καθώς και του προσθετικού μετάλλου, όπου αυτό χρησιμοποιείται, προέρχεται από ένα τόξο που διατηρείται ανάμεσα σε ένα μη αναλίσκόμενο ηλεκτρόδιο βολφραμίου και στο βασικό μέταλλο. Η απαραίτητη για συγκολλήσεις τόξου προστατευτική ατμόσφαιρα, προέρχεται από αδρανές αέριο καθώς μόνο έτσι αποφεύγεται η οξείδωση του ηλεκτροδίου βολφραμίου. Προσθήκη προσθετικού υλικού μπορεί να απαιτείται μπορεί και όχι. Το ηλεκτρόδιο που συντηρεί το τόξο, έχει επικρατήσει να είναι από βολφράμιο, λόγω του υψηλού σημείου τήξης του, που φτάνει τους 3370 °C, θερμοκρασία αρκετά υψηλότερη από αυτή των περισσότερων γνωστών μετάλλων.



ΕΙΚΟΝΑ 8.1 Η μέθοδος συγκόλλησης GTAW (ή TIG).

Η μέθοδος συγκόλλησης TIG, είναι ιδανική για τη σύνδεση ελασμάτων μικρού σχετικά πάχους, καθώς και για τη συγκόλληση του πρώτου κορδονιού (ρίζας) σε συγκολλήσεις πλήρους διείδυσης όπου η πρόσβαση είναι εφικτή μόνο από τη μία πλευρά της συγκόλλησης. Στη περίπτωση που απαιτείται υλικό πλήρωσης, αυτό παρέχεται χειροκίνητα (μέσω ξεχωριστής βέργας, όπως φαίνεται στην Εικόνα 8.1, ή και σύρματος από ειδικά διαμορφωμένα ρολά). Στην αυτοματοποιημένη εκδοχή της μεθόδου, το υλικό πλήρωσης (σύρμα από ρολό) παρέχεται από ειδικά τροφοδοτικά. Λόγω του ότι το ηλεκτρόδιο βολφραμίου, που συντηρεί το τόξο, δεν είναι αναλίσκόμενο, είναι η κατάλληλη μέθοδος για συνδέσεις όπου είναι επιθυμητή η τήξη και σύνδεση των βασικών μετάλλων, χωρίς τη προσθήκη προσθετικού υλικού. Σε αυτή τη περίπτωση μιλάμε για αυτογενείς συγκολλήσεις.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συγκόλληση των περισσότερων μετάλλων, αλλά συνήθως δεν εφαρμόζεται στη συγκόλληση μετάλλων χαμηλού σημείου τήξης, όπως ο μόλυβδος και ο κασίτερος. Είναι επίσης ιδανική για τη συγκόλληση των μετάλλων που αντιδρούν εύκολα με τον ατμοσφαιρικό αέρα, σχηματίζοντας πολύ σταθερά επιφανειακά οξειδία. Τέτοια μέταλλα είναι το αλουμίνιο, το μαγνήσιο, το τιτάνιο και το ζirkόνιο.

Θεωρείται ιδιαίτερα ποιοτική μέθοδος συγκόλλησης, και χρησιμοποιείται συχνά για τη σύνδεση των ακριβότερων μετάλλων καθώς και σε κατασκευές που προορίζονται για δύσκολες συνθήκες λειτουργίας.

8.2 Περιορισμοί της μεθόδου

Οι περιορισμοί της μεθόδου είναι οι εξής:

- Η ταχύτητα εκτέλεσης της συγκόλλησης είναι μικρότερη σε σχέση με τη ταχύτητα εκτέλεσης της συγκόλλησης στις περισσότερες μεθόδους συγκόλλησης τόξου.
- Σε περίπτωση που το ηλεκτρόδιο βολφραμίου έρθει σε επαφή με το λουτρό τήξης, προκύπτει το χαρακτηριστικό σφάλμα για τη μέθοδο, τα εγκλείσματα βολφραμίου.
- Τα αδρανή αέρια που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο (αργό, ήλιο ή μίγμα τους) είναι σχετικά ακριβά.

8.3 Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της μεθόδου συγκόλλησης TIG

Παρακάτω παρατίθενται πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα της συγκεκριμένης μεθόδου συγκόλλησης:

8.3.1 Πλεονεκτήματα της μεθόδου

- Μεγάλο εύρος ρύθμισης της τιμής της έντασης του ρεύματος για την ομαλή λειτουργία της. Αυτό το γεγονός, με τη σειρά του, συνεπάγεται τη δυνατότητα χρήσης της μεθόδου στη συγκόλληση βασικών υλικών των οποίων το πάχος μπορεί να παρουσιάζει επίσης μεγάλη διακύμανση. Χαρακτηριστικά, η μέθοδος μπορεί να χρησιμοποιηθεί επιτυχώς στη συγκόλληση ελασμάτων πάχους που ξεκινάει από 0,15 mm.
- Ομαλή μεταφορά υλικού πλήρωσης στο λουτρό τήξης. Προκύπτουν έτσι μικρές απώλειες, και το κυριότερο, εντελώς περιορισμένη απώλεια χρήσιμων κραματικών στοιχείων. Κατά συνέπεια οι μεταλλουργικές ιδιότητες της συγκολλητής σύνδεσης που επιτυγχάνεται με τη συγκόλληση TIG, είναι πολύ υψηλού επιπέδου.

- Το τόξο της μεθόδου TIG, είναι σχετικά περιορισμένο. Προκύπτει έτσι, υψηλή, και χωρικά περιορισμένη, θερμική απόδοση. Αυτή η ιδιότητα της μεθόδου ευνοεί τον περιορισμό των παραμορφώσεων που αναπόφευκτα προκαλεί η συγκόλληση. Επίσης, προκύπτει θερμικά επηρεασμένη ζώνη (ΘΕΖ) μικρότερου πλάτους, και το φαινόμενο της μεγέθυνσης των κόκκων που παρατηρείται στη ΘΕΖ των συγκολλήσεων, είναι επίσης περιορισμένο. Με αυτό το τρόπο και οι μηχανικές ιδιότητες της συγκολλητής σύνδεσης είναι επίσης αναβαθμισμένες.
- Επίσης, το τόξο της μεθόδου TIG, είναι αρκετά σταθερό και εύκολο στο χειρισμό του. Οι συγκολλήσεις που προκύπτουν, έτσι, έχουν ιδιαίτερα ομοιογενή, ομαλή και καλή εμφάνιση. Χαρακτηριστικά αναφέρεται ότι η μέθοδος TIG πολλές φορές χρησιμοποιείται αυτογενώς (χωρίς προσθετικό υλικό), για το “φινίρισμα”, τη βελτίωση δηλαδή, της εξωτερικής εμφάνισης συγκολλήσεων που έχουν γίνει με χρήση άλλης μεθόδου.

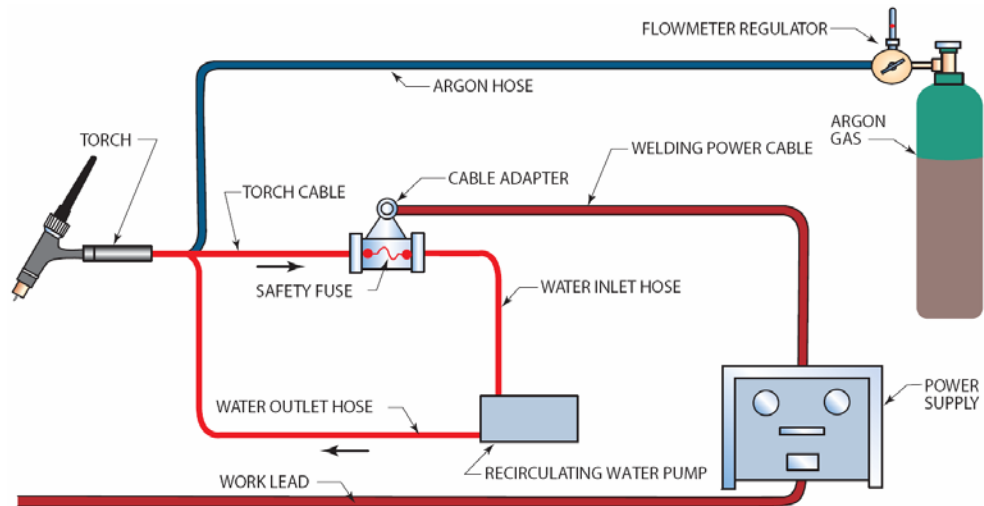
6.5.3.2 Μειονεκτήματα της μεθόδου

- Χαμηλός ρυθμός εναπόθεσης υλικού πλήρωσης. Η ταχύτητα προώθησης της συγκόλλησης είναι, έτσι, περιορισμένη γεγονός που τελικά έχει σαν αποτέλεσμα τη χαμηλή παραγωγικότητα της μεθόδου.
- Δυσκολία χειρισμού του πυρσού (τσιμπίδα) της συγκόλλησης και κατά συνέπεια του τόξου συγκόλλησης, παράλληλα με το χειρισμό του προσθετικού υλικού. Οι συγκολλητές που εκτελούν συγκολλήσεις με τη μέθοδο TIG, πρέπει να είναι ιδιαίτερα ικανοί και κατάλληλα εκπαιδευμένοι.
- Το τόξο που παράγει η συγκεκριμένη μέθοδος είναι ιδιαίτερης “λαμπρότητας” και σίγουρα εντονότερης λάμψης από τις υπόλοιπες ευρέως χρησιμοποιούμενες μεθόδους συγκόλλησης (με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια ή ημιαυτόματη με σύρμα). Κατά συνέπεια τα μέτρα ασφαλείας πρέπει να τηρούνται αυστηρά και να λαμβάνεται ειδική μέριμνα τόσο για τη προστασία του δέρματος όσο και της όρασης.

8.4 Εξοπλισμός συγκολλήσεων TIG

Ο εξοπλισμός (Εικόνα 7.2) αποτελείται από τρία κυκλώματα:

- Το ηλεκτρικό κύκλωμα, το οποίο περιλαμβάνει τη πηγή ρεύματος, τα απαραίτητα καλώδια, και καταλήγει στη τσιμπίδα της συγκόλλησης.
- Το κύκλωμα παροχής αερίου, που αποτελείται από τη φιάλη αερίου, τους εύκαμπτους σωλήνες μεταφοράς του αερίου, ένα ρυθμιστικό ροής και ένα ροόμετρο.
- Το κύκλωμα ψύξης (όπου χρησιμοποιείται) το οποίο μεταφέρει προς, και απάγει από, τη τσιμπίδα το απαραίτητο ψυκτικό υγρό μέσω εύκαμπτων επίσης σωλήνων.



ΕΙΚΟΝΑ 7.2 Βασικός εξοπλισμός μεθόδου συγκόλλησης TIG.

8.5 Πηγές ρεύματος συγκολλήσεων TIG

Οι πηγές που χρησιμοποιούνται στις συγκολλήσεις TIG, πρέπει να παρουσιάζουν στατική χαρακτηριστική καμπύλη σταθερού ρεύματος, δηλαδή έντονα πτωτική καμπύλη τάσης και έντασης ρεύματος στη περιοχή λειτουργίας. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα οποιεσδήποτε μεταβολές του μήκους τόξου κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης που είναι εντός ορισμένου ορίου, να συμβαίνουν χωρίς αντίστοιχη μεταβολή της έντασης του ρεύματος. Επομένως κατά την εφαρμογή της μεθόδου, παρατηρείται ότι ενώ το πλάτος και το εμβαδό της διατομής του κορδονιού μπορεί να αλλάζει (χωρίς αλλαγή των παραμέτρων λειτουργίας της μηχανής, δηλαδή τάση και ένταση ρεύματος), η διείδυση παραμένει σταθερή.

8.6 Πυρός (όπλο) συγκόλλησης

Τα πιο σημαντικά μέρη που απαρτίζουν μια τσιμπίδα μεθόδου συγκόλλησης TIG, είναι:

- το μη αναλίσκόμενο ηλεκτρόδιο βολφραμίου, το οποίο συνήθως έχει προσμίξεις διάφορων οξειδίων για καλύτερες ιδιότητες και μεγαλύτερη αντοχή,
- το ακροφύσιο του αερίου,
- ο σφιχτήρας του ηλεκτροδίου βολφραμίου,
- το κεραμικό (συνήθως) στόμιο της τσιμπίδας και
- η τάπα της.

Το στόμιο και το ακροφύσιο αερίου της τσιμπίδας είναι υπεύθυνα για την επαρκή, ομαλή, χωρίς διαταράξεις, και απρόσκοπτη ροή προστατευτικού αερίου.



ΕΙΚΟΝΑ 7.3 Τύποι πυρσού (τσιμπίδας) μεθόδου συγκόλλησης TIG.



ΕΙΚΟΝΑ 7.4 Βασικά μέρη που απαρτίζουν μια τσιμπίδα μεθόδου συγκόλλησης TIG.

8.7 Τύποι ρεύματος

Οι τύποι ρεύματος που χρησιμοποιούνται στις συγκολλήσεις με τη μέθοδο TIG είναι οι εξής:

- συνεχές ρεύμα
- εναλλασσόμενο ρεύμα.

Είναι φανερό ότι στη συγκόλληση με εναλλασσόμενο ρεύμα, τα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα που συναντάμε στο συνεχές ρεύμα είτε θετικής είτε αρνητικής πολικότητας, συνδυάζονται. Έτσι, η πολικότητα αλλάζει διαρκώς, καθώς αλλάζει και η κυματομορφή του εναλλασσόμενου ρεύματος. Σε αυτή τη περίπτωση, η θερμική παροχή ισομοιράζεται ανάμεσα στο ηλεκτρόδιο βολφραμίου και το βασικό μέταλλο. Αυτή η παραλλαγή της μεθόδου είναι ιδανική για τη συγκόλληση μετάλλων και κραμάτων τους που σχηματίζουν εύκολα επιφανειακά οξειδία, όπως το αλουμίνιο.

Το συνεχές μπορεί να είναι:

- αρνητικής πολικότητας. Σε αυτή τη περίπτωση η θερμική παροχή προς τα βασικά μέταλλα είναι μεγαλύτερη συγκριτικά με αυτή στη περιοχή του ηλεκτροδίου. Το ποσοστό είναι περίπου 70 % με 30 %
- θετικής πολικότητας. Σε αυτή τη περίπτωση, με βάση το μηχανισμό που περιγράφηκε παραπάνω, το μεγαλύτερο ποσοστό θερμικής παροχής διοχετεύεται στη περιοχή του ηλεκτροδίου
- παλμικό. Η ανάπτυξη της τεχνολογίας των πηγών ρεύματος που χρησιμοποιούνται στις εργασίες συγκόλλησης εισήγαγε τη δυνατότητα χρήσης κυματομορφών παλμικού τύπου. Η μέθοδος συγκόλλησης TIG είναι μία από τις μεθόδους στην οποία αυτή η τεχνολογία μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

Η χρήση παλμικού ρεύματος επιφέρει αρκετά πλεονεκτήματα στη συγκόλληση TIG:

- Επιτυγχάνεται καλή διείσδυση με χαμηλότερη θερμική παροχή
- Περιορισμός των θερμικών παραμορφώσεων
- Καλύτερη δυνατότητα ελέγχου και χειρισμού του τόξου και του λουτρού τήξης (ειδικά σε συγκολλήσεις σε δύσκολες θέσεις)
- Επιτυγχάνεται καλύτερη σχέση βάθους με πλάτος διείσδυσης (depth to width ratio), και περιορίζεται έτσι η πιθανότητα εμφάνισης θερμωγμών (hot cracking)
- Σταθερότητα τόξου
- Ομαλή εκτέλεση κορδονιών (ειδικά της ρίζας)
- Καλύτερη δυνατότητα “γεφυρώματος” (bridging), δηλαδή κάλυψης του διάκενου της συγκόλλησης
- Διευκόλυνση συγκόλλησης ελασμάτων μικρού πάχους καθώς και ελασμάτων διαφορετικού πάχους
- Περιορισμός θερμικά επηρεασμένης ζώνης (ΘΕΖ)
- Περιορισμός της εμφάνισης πόρων στη περιοχή της συγκόλλησης

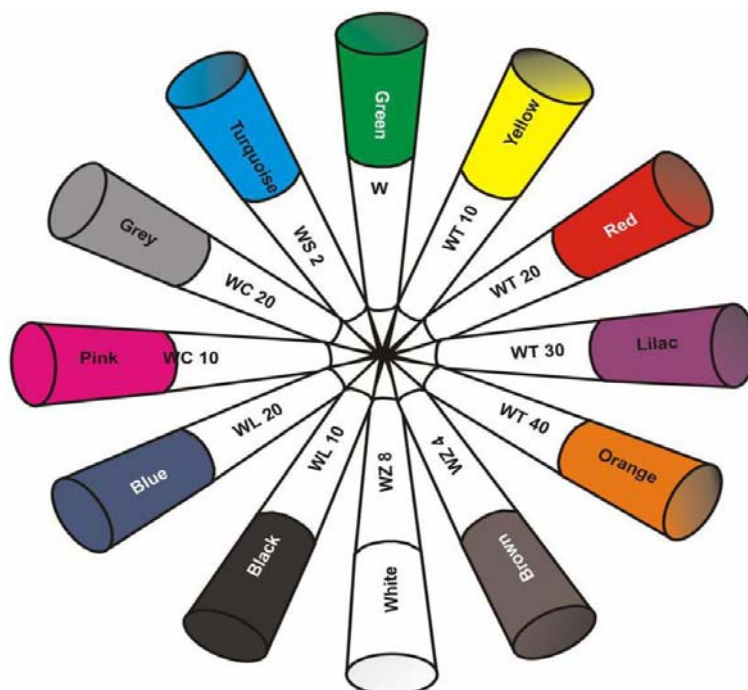
Σε κάθε περίπτωση, η συγκεκριμένη τεχνολογία, έχει και μειονεκτήματα. Κυρίως αναφερόμαστε στο υψηλό κόστος του απαραίτητου εξοπλισμού, και στη δυσκολία και πολυπλοκότητα ρύθμισης των παραμέτρων συγκόλλησης, η οποία ρύθμιση είναι και ιδιαίτερα ευαίσθητη.

8.8. Το ηλεκτρόδιο του βολφραμίου

Ένα από τα βασικότερα στοιχεία της μεθόδου συγκόλλησης TIG, είναι το ηλεκτρόδιο βολφραμίου. Επηρεάζει άμεσα το τόξο συγκόλλησης και πολλούς άλλους παράγοντες, με αποτέλεσμα η σωστή επιλογή τόσο του τύπου όσο και των διαστάσεων του, να θεωρείται από τις βασικότερες προϋποθέσεις επιτυχίας της μεθόδου.

Τα ηλεκτρόδια βολφραμίου χαρακτηρίζονται και ταξινομούνται σύμφωνα με το χρώμα τους, το οποίο προκύπτει από τη χημική τους σύσταση.

Το μήκος τους είναι συνήθως 175 mm. Συνήθως χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια όπου στο βολφράμιο έχουν προστεθεί προσμίξεις, οξείδια κυρίως, για να βελτιώσουν τη συμπεριφορά και την αντοχή τους σε υψηλότερες τιμές ρεύματος. Τα ηλεκτρόδια βολφραμίου πρέπει να διατηρούνται καθαρά. Ακαθαρσίες, όπως λίπη, γράσο, λιπαντικό κ.λ.π., επιδρούν αρνητικά στη ποιότητα της συγκόλλησης. Κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης, το ηλεκτρόδιο βολφραμίου δε πρέπει να έρχεται σε επαφή με τα βασικά μέταλλα, το υλικό πλήρωσης ή το λουτρό τήξης. Αυτό θα είχε σα συνέπεια τη πιθανή εμφάνιση εγκλεισμάτων βολφραμίου στη συγκόλληση, και σίγουρα, τη “μόλυνση”, δηλαδή τη κραμάτωση του ηλεκτροδίου στην άκρη του, ή και στη περιοχή του ακροφυσίου. Τα χαρακτηριστικά του τόξου τότε επηρεάζονται άμεσα, και το τόξο διαταράσσεται. Το ρεύμα του αερίου προστασίας επίσης διαταράσσεται και υπάρχει η πιθανότητα να εισαχθεί αέρας και κατά συνέπεια οξυγόνο, που στη συνέχεια θα διοχετευθεί προς τη συγκόλληση. Η συγκόλληση πρέπει να διακοπεί και το ηλεκτρόδιο να καθαριστεί, κατά προτίμηση σε σμυριδοτροχή, χωρίς να αλλάξει η γεωμετρία του. Μπορεί αυτό να μην αρκεί, οπότε απαιτείται απομάκρυνση του ηλεκτροδίου από τη τσιμπίδα και επανατρόχισμα του από την αρχή για τη διαμόρφωση του. Προσοχή πρέπει να δίνεται, ειδικά σε δύσκολες θέσεις συγκόλλησης, στα πιθανά πιτσιλίσματα (spatter) της συγκόλλησης, ώστε αυτά να μην έρχονται σε επαφή με το ηλεκτρόδιο και το μολύνουν.



ΕΙΚΟΝΑ 7.5 Κατηγορίες ηλεκτροδίων βολφραμίου.

8.8.1 Ηλεκτρόδια καθαρού βολφραμίου - W (πράσινο)

Είναι πρακτικά μη κραματωμένα (ελάχιστο ποσοστό βολφραμίου: 99.5 %). Χρησιμοποιούνται λόγω της πολύ υψηλής τιμής τήξης του βολφραμίου: 3380 °C. Είναι φθηνά, αλλά αντικαθίστανται σταδιακά από ηλεκτρόδια στα οποία έχουν προστεθεί οξειδία, λόγω καλύτερης συμπεριφοράς των τελευταίων. Σχηματίζουν ένα καθαρό, σφαιροειδές άκρο εξασφαλίζοντας σταθερό τόξο στις συγκολλήσεις με εναλλασσόμενο ρεύμα. Χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση αλουμινίου και μαγνησίου. Αποφεύγεται η χρήση τους σε συγκολλήσεις συνεχούς ρεύματος (ή χρησιμοποιούνται με χαμηλό ρεύμα), καθώς υπάρχει ο κίνδυνος μέρη τους να αποκοπούν και να προκαλέσουν εγκλείσματα βολφραμίου.

8.8.2 Ηλεκτρόδια βολφραμίου με προσθήκη θορίου (Thoriated-ThO₂) - WT (κίτρινα/κόκκινα/ροζ)

Είναι τα πιο συχνά χρησιμοποιούμενα, καθώς ήταν τα πρώτα που εκτόπισαν τα ηλεκτρόδια καθαρού βολφραμίου. Περιέχουν ThO₂ σε περιεκτικότητα από 0.35 ως 4.2%. Σε σύγκριση με τα ηλεκτρόδια καθαρού βολφραμίου, είναι λίγο πιο ακριβά, αλλά έχουν μεγαλύτερη τάση για εκπομπή ηλεκτρονίων (χαμηλότερο δυναμικό ιονισμού). Προκύπτει έτσι ευκολότερη έναυση του τόξου και σταθερότερο τόξο.

Αντέχουν σε τιμές ρεύματος ψηλότερες από ότι τα ηλεκτρόδια καθαρού βολφραμίου, παρουσιάζουν μικρότερη φθορά και άρα έχουν μεγαλύτερη διάρκεια ζωής. Προκαλούν σπανιότερα εγκλείσματα βολφραμίου. Χρησιμοποιούνται συνήθως με συνεχές ρεύμα αρνητικής πολικότητας, και για υλικά όπως ανθρακούχοι χάλυβες, ανοξείδωτοι χάλυβες, κράματα χαλκού, νικέλιο και κράματα του, τιτάνιο. Κατά τη χρήση τους (κυρίως τρύχισμα για την προετοιμασία τους) και την αποθήκευσή τους, πρέπει να τηρούνται ευλαβικά όλα τα μέτρα ασφαλείας (κυρίως εναντίον εισαγωγής στον ανθρώπινο οργανισμό) καθώς το θόριο είναι ήπια ραδιενεργό στοιχείο. Δεν έχει παρατηρηθεί βλάβη στην υγεία εργαζομένων που τηρούν τα μέτρα ασφαλείας, και για την ημερήσια ποσότητα που χρειάζεται ένας εργαζόμενος που τα χρησιμοποιεί, αλλά θα πρέπει να τροχίζονται και χρησιμοποιούνται με μέριμνα ώστε να μη εκλύονται σωματίδια στην ατμόσφαιρα. Η καλύτερη λύση θα ήταν να αντικατασταθούν με ηλεκτρόδια με προσμίξεις μη ραδιενεργές ίδιων ή και καλύτερων ιδιοτήτων.

8.8.3 Ηλεκτρόδια βολφραμίου με προσθήκη σερίου (Ceriated-CeO₂)-WCe (γκρι)

Πρόκειται για τη καλύτερη, εναλλακτική στα προηγούμενα ηλεκτρόδια, μη ραδιενεργή λύση, όταν πρόκειται για συγκολλήσεις με συνεχές ρεύμα χαμηλής έντασης. Παρουσιάζουν πολύ μεγάλη ευκολία έναυσης τόξου, σε συνεχές ρεύμα αρνητικής πολικότητας και χαμηλών τιμών έντασης, και για αυτό το λόγο, προτιμούνται στις συγκολλήσεις TIG orbital (αυτοματοποιημένη παραλλαγή της μεθόδου), και στις συγκολλήσεις σωλήνων. Επίσης χρησιμοποιούνται, συχνά, στη συγκόλληση ελασμάτων μικρού πάχους, και μικρών ή ευαίσθητων αντικειμένων. Συνήθως η περιεκτικότητά τους σε CeO₂ είναι 2 %. Υστερούν σε ψηλότερες τιμές ρεύματος, γιατί λόγω θερμότητας τα συγκεκριμένα οξείδια διαχέονται προς το άκρο του ηλεκτροδίου και απομακρύνονται μαζί με τις ευεργετικές τους ιδιότητες. Μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με εναλλασσόμενο ρεύμα, αν και δεν είναι η κύρια εφαρμογή τους. Παρουσιάζουν πολύ καλή συμπεριφορά σε συγκολλήσεις που εκτελούνται με μηχανές τεχνολογίας inverter. Γενικά, χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση ανθρακούχων και ανοξείδωτων χάλυβων, του χαλκού

και των κραμάτων του, του νικελίου και των κραμάτων του και του τιτανίου.

8.8.4 Ηλεκτρόδια βολφραμίου με προσθήκη λανθανίου (Lanthanated-La₂O₃)-WLa (μαύρο/χρυσάφι/μπλέ)

Θεωρούνται οικολογικά γιατί το οξείδιο του θορίου έχει αντικατασταθεί εδώ από αυτό του λανθανίου που είναι μη ραδιενεργό. Οι συνήθεις περιεκτικότητες είναι 1.0, 1.5, 2.0 %. Με αυτές τις περιεκτικότητες, τα συγκεκριμένα ηλεκτρόδια, μπορούν να μεταφέρουν ρεύμα υψηλότερης τιμής μέχρι και 50 % σε σύγκριση με τα απλά ηλεκτρόδια καθαρού βολφραμίου, σε συγκολλήσεις εναλλασσόμενου ρεύματος και για ίδια διάμετρο ηλεκτροδίου. Η αύξηση της περιεκτικότητας σε οξείδιο του λανθανίου αυξάνει σημαντικά τη τιμή τους. Παρουσιάζουν άριστη δυνατότητα έναυσης τόξου, χαμηλό ρυθμό κατανάλωσης και εξαιρετικά χαρακτηριστικά επανέναυσης. Συγκρινόμενα με τις δύο προηγούμενες κατηγορίες παρουσιάζουν τη μικρότερη φθορά του άκρου τους για τις ίδιες τιμές έντασης ρεύματος. Τα συγκεκριμένα ηλεκτρόδια, γενικά, έχουν μεγαλύτερο χρόνο ζωής, και μικρότερη πιθανότητα εμφάνισης εγκλεισμάτων βολφραμίου. Το λανθάνιο διασπείρεται ομοιόμορφα σε όλο το ηλεκτρόδιο και διατηρεί τη διαμόρφωση του άκρου του σταθερή, σε συγκόλληση είτε με συνεχές είτε με εναλλασσόμενο ρεύμα. Χρησιμοποιούνται συνήθως στη συγκόλληση υλικών όπως οι ανθρακούχοι χάλυβες, ανοξείδωτοι χάλυβες, κράματα χαλκού, κράματα νικελίου και τιτάνιο.

8.8.5 Ηλεκτρόδια βολφραμίου με προσθήκη ζirkονίου (Zirconiated ZrO₃) - WZr -(καφέ/άσπρο)

Χρησιμοποιούνται κυρίως σε συγκολλήσεις εναλλασσόμενου ρεύματος και για τη διεξαγωγή συγκολλήσεων πολύ υψηλών ποιοτικών απαιτήσεων, όπου και το παραμικρό εγκλείσμα βολφραμίου είναι μη αποδεκτό. Αυτό επιτυγχάνεται λόγω του εξαιρετικά σταθερού και ομαλού τόξου που ευνοούν τα συγκεκριμένα ηλεκτρόδια. Χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές μέσης και χαμηλής πυκνότητας ρεύματος και συνήθως με εναλλασσόμενο ρεύμα. Τα υλικά στη συγκόλληση των οποίων βρίσκουν εφαρμογή είναι το αλουμίνιο, το μαγνήσιο και τα κράματα τους.

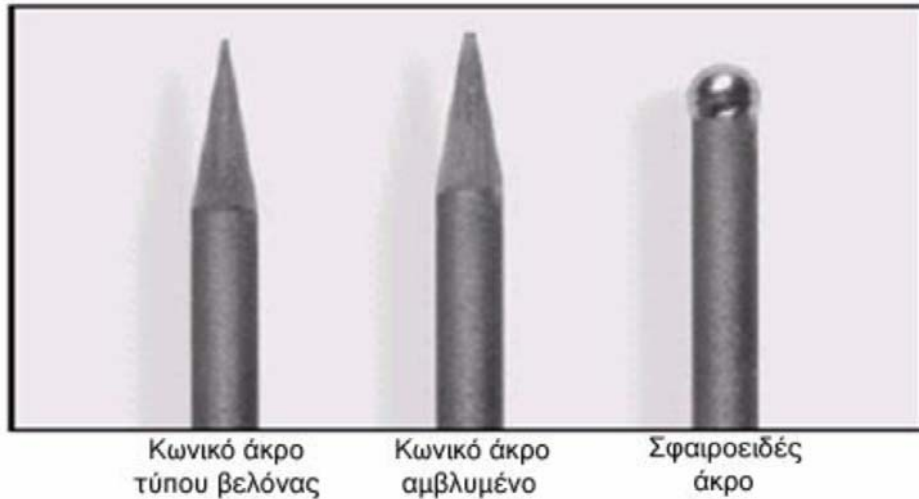
8.8.9 Ηλεκτρόδια βολφραμίου με προσθήκη “σπάνιων γαιών” (Rare Earth)

Πρόκειται για ηλεκτρόδια με μη καθορισμένες και προδιαγραφόμενες προσθήκες στοιχείων της κατηγορίας των “σπάνιων γαιών”. Οι κατασκευαστές ηλεκτροδίων προχωράν σε πρόσμιξη διάφορων στοιχείων και με διάφορες αναλογίες ώστε να συνδυάσουν τα πλεονεκτήματα των παραπάνω κατηγοριών και να αποφύγουν τα μειονεκτήματά τους. Σε κάθε περίπτωση η χημική σύσταση οποιουδήποτε ηλεκτροδίου της συγκεκριμένης κατηγορίας πρέπει να δίνεται από το κατασκευαστή. Τα ηλεκτρόδια αυτής της κατηγορίας έχουν συνήθως πράγματι καλύτερες ιδιότητες, αλλά είναι και σημαντικά ακριβότερα.

8.8.10 Προετοιμασία ηλεκτροδίων Βολφραμίου

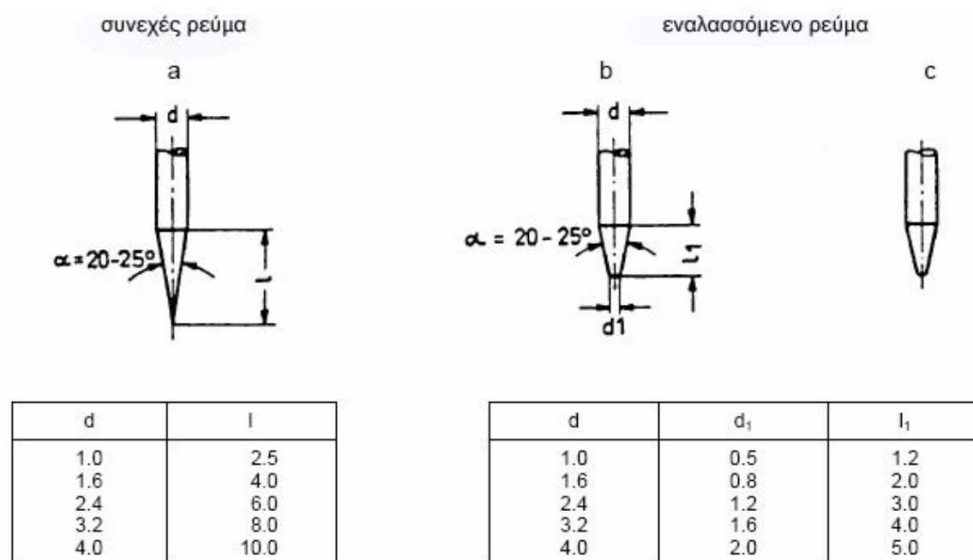
8.8.10.1 Χρήση σε συνεχές ρεύμα αρνητικής πολικότητας

Γενικά, τα ηλεκτρόδια βολφραμίου, προετοιμάζονται, μηχανικά, με τρύχιση, ως προς το σχήμα του άκρου τους. Οι ενδεδειγμένες μορφές προετοιμασίας για τις διάφορες χρήσεις τους, εμφανίζονται στην Εικόνα 7.6.



ΕΙΚΟΝΑ 7.6 Ενδεικτικές μορφές προετοιμασίας ηλεκτροδίου βολφραμίου.

Στη περίπτωση συγκόλλησης με συνεχές ρεύμα και αρνητική πολικότητα, επιλέγεται η κωνική μορφή. Αν το πάχος του προς συγκόλληση αντικειμένου είναι πολύ μικρό, μέχρι 1 mm περίπου, μπορεί να χρησιμοποιηθεί η μορφή βελόνας, καθώς το ρεύμα είναι πολύ χαμηλό και δεν οδηγεί σε τήξη του άκρου. Επίσης πάντα έχουμε στο μυαλό μας ότι με αυτό το τύπο ρεύματος και πολικότητας το μεγαλύτερο μέρος της θερμικής παροχής καταλήγει στο βασικό μέταλλο. Από αυτό το πάχος και πάνω, θα πρέπει να εφαρμόζεται κατάλληλη άμβλυνση (“σπάσιμο”) της ακμής του ηλεκτροδίου, για να αποφεύγεται η τήξη της και η μεταφορά βολφραμίου στο λουτρό τήξης. Το ύψος του κώνου πρέπει να είναι από 2 έως 2.5 φορές τη διάμετρο του. Για παράδειγμα, σε ένα ηλεκτρόδιο διαμέτρου 1.6 mm, το ύψος του κώνου μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ 3.2 και 4.0 mm.



ΕΙΚΟΝΑ 7.7 Ύψος κώνου προετοιμασίας ηλεκτροδίου βολφραμίου.

8.8.10.2 Χρήση σε εναλλασσόμενο ρεύμα

Σε αυτή τη περίπτωση, το άκρο του ηλεκτροδίου αποκτά ένα ημισφαιροειδές σχήμα, όπως φαίνεται στη τελευταία περίπτωση, κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης. Η διάμετρος του ημισφαιρίου δε πρέπει να ξεπερνάει 1.5 φορές τη διάμετρο του ηλεκτροδίου. Για

παράδειγμα, σε ηλεκτρόδιο διαμέτρου 1.6 mm, δε θα πρέπει να υπερβαίνει τα 2.4 mm μέγιστο. Αν το ρεύμα είναι υπερβολικά υψηλό η διάμετρος του ημισφαιρίου υπερβαίνει αυτή τη τιμή και υπάρχει ο κίνδυνος αποκοπής του άκρου του ηλεκτροδίου και μόλυνσης του λουτρού τήξης. Γενικά, επίσης, αν η επιφάνεια του άκρου του ηλεκτροδίου είναι υπερβολικά μεγάλη, το τόξο γίνεται ασταθές καθώς περιφέρεται στις διάφορες περιοχές του άκρου.

Με τη σωστή προετοιμασία του ηλεκτροδίου και τη σωστή επιλογή παραμέτρων συγκόλλησης, στο τέλος θα πρέπει να παρατηρείται το ομοιογενές και κανονικών διαστάσεων. Η προετοιμασία του άκρου του ηλεκτροδίου του βολφραμίου στο εναλλασσόμενο ρεύμα, για να επιτευχθούν τα παραπάνω, πρέπει να ακολουθεί τις διαστάσεις της **Εικόνας 84**. Στην **Εικόνα 85**, παρατηρούμε την εμφάνιση ηλεκτροδίων καθαρού βολφραμίου και βολφραμίου με θόριο, μετά από συγκόλληση συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος, σε σωστές, υψηλές και χαμηλές τιμές έντασης ρεύματος, ανάλογα και με τη προετοιμασία του ηλεκτροδίου.

ΤΥΠΟΣ ΡΕΥΜ.	ΗΛΕΚΤΡ.	ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ		
		ΧΑΜΗΛΗ	ΣΩΣΤΗ	ΥΨΗΛΗ
=	WT20			
~	WP			
	WT20			

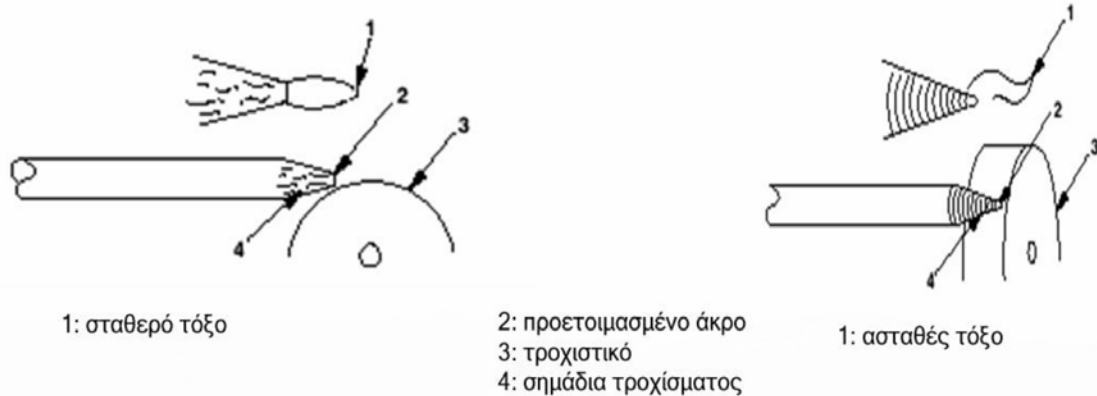
ΕΙΚΟΝΑ 7.8 Επίδραση έντασης ρεύματος στις διάφορες μορφές ηλεκτροδίων.

Γενικά, η τεχνική του τροχίσματος, πρέπει να είναι τέτοια (**Σχήμα 6.34**), ώστε να αποφεύγονται τα σημάδια ομόκεντρων κύκλων στη κωνική επιφάνεια του ηλεκτροδίου. Τέτοιες “χαρακιές” προκαλούν αστάθεια του παραγόμενου τόξου. Αν αυτά τα σημάδια είναι αναπόφευκτα, θα πρέπει να είναι παράλληλα με το μήκος του ηλεκτροδίου. Αν το τρόχισμα γίνεται σε σφυριδοτροχό μπορεί να προκύψουν πτυχώσεις που θα οδηγηθούν σε τήξη και θα εισαχθούν στο λουτρό τήξης. Ο τροχός θα πρέπει να είναι καθαρός, γιατί οι όποιες ακαθαρσίες θα μολύνουν το ηλεκτρόδιο και στη συνέχεια τη συγκόλληση.

Ο τροχός που χρησιμοποιείται για τη προετοιμασία του ηλεκτροδίου βολφραμίου, δε πρέπει να χρησιμοποιείται για το τρόχισμα άλλων υλικών. Τα ηλεκτρόδια βολφραμίου θα πρέπει να ελέγχονται οπτικά πριν τη χρήση τους για να διαπιστώνεται ότι δεν εμφανίζουν επιφανειακά ελαττώματα (μικρορωγμές, υποκοπές κ.λ.π.), ή και εσωτερικά ελαττώματα (πόρους, εγκλείσματα κ.λ.π.). Η επιφάνεια του ηλεκτροδίου θα πρέπει να είναι καθαρή, χωρίς σκόνη, γράσα, λιπαντικά και γενικά ακαθαρσίες.

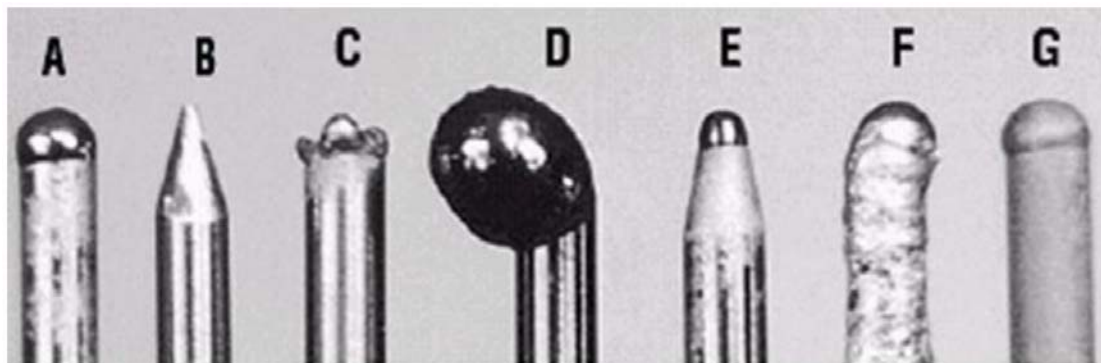
Η κωνική επιφάνεια, μετά τη προετοιμασία, θα πρέπει να είναι ομαλή και λεία (σαν καθρέπτης). Η επιφάνεια του ηλεκτροδίου βολφραμίου μετά τη χρήση, θα πρέπει να είναι λαμπερή και γυαλιστερή. Οποιαδήποτε πιθανή θαμπάδα υποδεικνύει χρήση υψηλότερης, από την ενδεδειγμένη, τιμής ρεύματος. Αν η επιφάνεια εμφανίζει χρωματισμό, μπλε προς μωβ, ή ακόμα και μαύρο, η ροή προστατευτικού αερίου μετά το τέλος της συγκόλλησης και τη διακοπή του τόξου (post flow) δεν ήταν επαρκής. Έτσι, το ηλεκτρόδιο, ενώ ήταν ακόμα θερμό, ήρθε σε επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα και οξειδώθηκε.

Η διεξαγωγή συγκόλλησης με το ηλεκτρόδιο σε αυτή τη κατάσταση δεν ενδείκνυται, καθώς το τόξο θα είναι ασταθές και τα οξειδία μπορεί να διαχυθούν στη συγκόλληση. Το ηλεκτρόδιο πρέπει να επανατροχιστεί και να ξαναεκτελεστεί προετοιμασία του.



EIKONA 7.9 Τεχνική τροχίσματος ηλεκτροδίου βολφραμίου.

Παρακάτω εμφανίζονται ηλεκτρόδια βολφραμίου μετά από τη χρήση τους σε διάφορες συνθήκες και εξηγείται η εμφάνισή τους (Εικόνα 7.10):



EIKONA 7.10 Κατηγορίες ηλεκτροδίων βολφραμίου.

Εμφάνιση Α: Μορφή άκρου σφαιροειδής, κανονικών διαστάσεων. Πρόκειται για ηλεκτρόδιο καθαρού βολφραμίου που χρησιμοποιήθηκε σε συγκόλληση αλουμινίου με εναλλασσόμενο ρεύμα. Το σχήμα της σφαίρας είναι κανονικό και ομαλό με λαμπερή και γυαλιστερή επιφάνεια, άρα οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι ενδεδειγμένες.

Εμφάνιση Β: Ηλεκτρόδιο βολφραμίου με 2 % ThO₂. Χρησιμοποιήθηκε με συνεχές ρεύμα αρνητικής πολικότητας. Το σχήμα του κωνικού άκρου υποδεικνύει ότι και σε αυτή τη περίπτωση, οι παράμετροι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν οι σωστές.

Εμφάνιση C: Πρόκειται για ηλεκτρόδιο βολφραμίου με 2 % ThO₂ που χρησιμοποιήθηκε για

τη συγκόλληση αλουμινίου με εναλλασσόμενο ρεύμα. Παρατηρούμε προεξοχές σφαιρικής μορφής και όχι μία ενιαία κανονική σφαιρική μορφή. Η τιμή του ρεύματος ήταν υψηλότερη από την ενδεδειγμένη.

Εμφάνιση D: Ηλεκτρόδιο καθαρού βολφραμίου που χρησιμοποιήθηκε στη συγκόλληση αλουμινίου με εναλλασσόμενο ρεύμα. Η τιμή της έντασης του ρεύματος ήταν πολύ υψηλή και το άκρο του ηλεκτροδίου διογκώθηκε. Αν η συγκόλληση συνεχίζονταν, το τηγμένο άκρο θα αποκόπτονταν και θα έπεφτε στο λουτρό τήξης.

Εμφάνιση E: Ηλεκτρόδιο καθαρού βολφραμίου που τροχίστηκε σε οξεία γωνία χωρίς άμβλυση, και χρησιμοποιήθηκε σε συνεχές ρεύμα αρνητικής πολικότητας. Σχηματίστηκε σφαιροειδής μορφή στο άκρο του, κι αυτό δεν οφείλεται σε υψηλή ένταση ρεύματος, αλλά στο ότι το ηλεκτρόδιο δεν αμβλύθηκε στο άκρο του, κάτι που πάντα πρέπει να γίνεται στα ηλεκτρόδια καθαρού βολφραμίου.

Εμφάνιση F: Εδώ συναντάμε τη περίπτωση όπου το ηλεκτρόδιο βολφραμίου μολύνθηκε σοβαρά από επαφή με το υλικό πλήρωσης. Το ηλεκτρόδιο πλέον δε δουλεύει σωστά, και το μολυσμένο κομμάτι πρέπει να απομακρυνθεί ώστε να γίνει εκ νέου προετοιμασία του ηλεκτροδίου.

Εμφάνιση G: Στη συγκόλληση με αυτό το ηλεκτρόδιο, η ροή προστατευτικού αερίου διεκκόπει πριν την ψύξη του ηλεκτροδίου, το οποίο οξειδώθηκε από την επαφή με τον ατμοσφαιρικό αέρα ενώ ακόμα ήταν θερμό. Με κατάλληλη ρύθμιση της ροής αερίου στο τέλος της συγκόλλησης, “post flow”, το συγκεκριμένο ηλεκτρόδιο, θα μπορούσε να εμφανίσει Σχήμα σαν την Α παραπάνω.

Η γεωμετρία προετοιμασίας του ηλεκτροδίου βολφραμίου, παίζει σημαντικό ρόλο και στο σχήμα και το βαθμό διείσδυσης. Έτσι ηλεκτρόδια κωνικής προετοιμασίας με οξύ άκρο, προκαλούν στενή και βαθιά διείσδυση, ενώ ηλεκτρόδια σφαιροειδούς απόληξης προκαλούν πλατιά και ρηχή διείσδυση.