

Α.Τ.Ε.Ι ΠΑΤΡΩΝ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΘΕΜΑ:

«Συγκόλληση σε προστατευτική ατμόσφαιρα αδρανών αερίων»



ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ: ΝΟΥΛΑΣ ΠΑΝΤΕΛΗΣ
ΜΠΑΡΚΟΥΛΑΣ ΣΩΤΗΡΗΣ
ΜΠΙΣΟΥΚΗΣ ΚΩΝ/ΝΟΣ



ΕΙΣΗΓΗΤΗΣ: ΠΕΤΤΑΣ ΦΩΤΗΣ

ΠΑΤΡΑ, ΣΕΠΤΕΜΒΡΙΟΣ 2005

Περίληψη εργασίας

Στην εργασία αυτή γίνεται μια προσπάθεια να παρουσιαστούν, όσο γίνεται πληρέστερα, οι μέθοδοι συγκόλλησης μετάλλων που εκτελούνται σε προστατευτική ατμόσφαιρα αδρανών αερίων. Η εκτέλεση μιας συγκόλλησης μέσα σε ατμόσφαιρα αδρανών αερίων (ήλιο, αργό, κ.ά.) πλεονεκτεί σε πολλά σημεία σε σχέση με αυτές που εκτελούνται στον ατμοσφαιρικό αέρα, όπως προστασία κατά την διάρκεια της εκτέλεσης της συγκόλλησης από την διάβρωση του ατμοσφαιρικού αέρα, αποφεύγεται η χρήση συλλιπασμάτων, πετυχαίνονται συγκολλήσεις καθαρές και υγιείς, η απόδοση μετάδοσης της θερμότητας είναι υψηλότερη, πετυχαίνουμε μεγάλη ταχύτητα προχωρήσεως κ.ά. Ακόμα αναφέρονται κανόνες για την ασφάλεια και την υγιεινή κατά την εκτέλεση μιας συγκόλλησης σε ατμόσφαιρα αδρανών αερίων, κινδύνους, πρόληψη ατυχημάτων κ.τ.λ.

Οι μέθοδοι αυτοί ανήκουν στην κατηγορία των συγκολλήσεων μετάλλων με τήξη και είναι τρεις: συγκόλληση με δύστηκτο ηλεκτρόδιο βολφραμίου T.I.G. (Tungsten, Inert, Gas), συγκόλληση με καταναλισκόμενο ηλεκτρόδιο M.I.G. (Metal, Inert, Gas) και η συγκόλληση με τόξο Πλάσματος. Οι δύο πρώτες εκτελούνται με την βοήθεια ηλεκτρικού τόξου και η τρίτη με δέσμη μεγάλης ενέργειας τόξου Πλάσματος.

Σε κάθε μέθοδο παρουσιάζονται: γενικά στοιχεία, ο τρόπος λειτουργίας της, τα αδρανή αέρια που χρησιμοποιούνται, το συγκολλητικό υλικό (αν χρησιμοποιείται), τα κύρια μέρη της μηχανής συγκόλλησης, τα μέταλλα που μπορούν να συγκολληθούν, πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα, εφαρμογές της, προετοιμασία πριν την συγκόλληση, προετοιμασία των άκρων, διαδικασία εκτέλεσης της συγκόλλησης και σφάλματα που μπορούν να γίνουν.

Αποφάσισαμε να ασχοληθούμε μ' αυτήν την κατηγορία συγκολλήσεων, γιατί οι συγκολλήσεις είναι ένας από τους σημαντικότερους κλάδους των κατεργασιών των μετάλλων και η κατηγορία αυτή (συγκόλληση σε προστατευτική ατμόσφαιρα αδρανών αερίων) πλεονεκτεί έναντι των άλλων εφαρμόσιμων μεθόδων συγκόλλησης των μετάλλων.

Λέξεις κλειδιά

Μηχανή TIG, MIG, Πλάσματος, αδρανές αέρια, φιάλες αδρανών αερίων, συγκολλητικό υλικό, ηλεκτρικό τόξο, τόξο Πλάσματος, ηλεκτρόδιο βολφραμίου, ηλεκτρόδιο-σύρμα, γεννήτρια συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος, τάση-ένταση, τσιμπίδα, πιστολέτο, κουβαρίστρα σύρματος, αστοχία συγκολλήσεων, ασφάλεια και υγιεινή.

Summary

In this work becomes a effort to present, as long as it becomes better, the methods of welding of metals that are executed in Inert Gas Welding. The implementation of Inert Gas Welding (helium, argon, etc.) has advantage in a lot of points in relation with them that are executed in atmospheric air, as protection at her duration implementation of welding from the erosion of atmospheric air, making wildings clean and healthy, the attribution of transmission of heat is higher, achieve high speed travel etc. Still are reported rules for the

safety and the hygiene at the implementation of Inert Gas Welding, dangers, prevention of accidents ect.

The methods these belong in the category of weldings of metals with fusion and are three: welding T.I.G. (Tungsten, Inert, Gas), welding M.I.G. (Metal, Inert, Gas) and welding with Plasma arc. Two first methods are executed with the help electric arc and third with beam of big energy arc Plasma.

In each method they are analyzed: general elements, the way of operation, inert gases that are used, the filler wire (if it used), the main parts the of machine welding, the metals that can be welding, advantages-disadvantages, applications, preparation before the welding, process implementation of welding and faults that can become.

We decided to deal with this category weldings, because we consider that the weldings are one from their more important sectors the treatments of metals and this category (welding in protective atmosphere inert gases) it has an advantage against the other applicable methods of welding the metals.

Words keys

Machine TIG, MIG, Plasma, inert gas, bottles inert gas, filler wire, electric arc, Plasma arc, electrode tungsten, electrode-wire, generator continuous and alternate current, tendency-intensity, torch, gun, wire reel, fault of weldings, safety and hygiene.

Συμβολισμοί

Σύμβολο	Επεξήγηση
e	Πάχος
in.	Ίντσα
lt	Λίτρο
m	Μέτρο
min	Λεπτό
mm	Χιλιοστό του μέτρου
A	Amber
Ar	Αργό
°C	Βαθμός Κελσίου
CO	Μονοξειδίο του άνθρακα
CO ₂	Διοξειδίο του άνθρακα
EWCe-2	Βολφράμιο με 2% Κέριο
EWG	Κράμα Βολφραμίου
EWLa-1	Βολφράμιο με 1% Λανθάνιο
EWP	Καθαρό βολφράμιο
EWTh-1	Βολφράμιο με 1% Θόριο
EWTh-2	Βολφράμιο με 2% Θόριο
EWZr	Βολφράμιο με ¼% έως ½% Ζιρκόνιο
°F Βαθμός	Φαρενάιτ
H	Υδρογόνο
He	Ήλιο
Hz	Χερτς

I	Ένταση ρεύματος
MAG	Metal, Active, Gas
MIG	Metal, Inert, Gas
O ₂	Οξυγόνο
Si	Πυρίτιο
TIG	Tungsten, Inert, Gas
U	Τάση ρεύματος
V	VoIt
Z	Άζωτο
ΘΕΖ	Θερμικά Επηρεασμένη Ζώνη
ΕΠ	Ευρωπαϊκά Πρότυπα

Περιεχόμενα

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά	8
1.2. Ιστορικό των συγκολλήσεων	8
1.3. Κατηγοριοποίηση μεθόδων συγκολλήσεως μετάλλων	11
1.4. Αδρανή αέρια	14
1.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των συγκολλήσεων σε αδρανή ατμόσφαιρα	15
1.6. Τύποι και χαρακτηριστικά κολλήσεων	16
1.7. Συγκόλληση Μέσω Τήξης.....	18
1.8. Αστοχίες συγκολλήσεων	19
1.8.1. Πορώδες	19
1.8.2. Έγκλεισμα Σκουριάς.....	20
1.8.3. Ατελής Τήξη και Διείσδυση.....	22
1.8.4. Προφίλ Συγκόλλησης	22
1.8.5. Ρωγμές.....	23
1.8.6. Εσωτερικές Κοιλότητες.....	25
1.8.7. Επιφανειακή Αστοχία	26
1.9. Εσωτερικές Τάσεις	26
1.10. Εκτόνωση τάσεων στις συγκολλήσεις	28
1.11. Συγκολλησιμότητα.....	28

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΜΕ ΔΥΣΤΗΚΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ ΒΟΛΦΡΑΜΙΟΥ T.I.G.

2.1. Γενικά	31
2.2. Χρησιμοποιούμενα αδρανή αέρια.....	32
2.3. Συγκολλητικό υλικό.....	36
2.3.1. Αρχές των συρμάτων συγκόλλησης.....	37
2.3.2. Εμπορικές μορφές συρμάτων συγκόλλησης TIG.....	38
2.3.3. Αποθήκευση των συρμάτων.....	38
2.4. Ηλεκτρόδιο βολφραμίου	39
2.4.1. Τύποι βολφραμίου.....	42
2.4.2. Διαμόρφωση της άκρης του ηλεκτροδίου (επισκευή)	43
2.5. Μηχανή TIG	46

2.5.1. Γεννήτρια συγκόλλησης.....	46
2.5.1.1. Συνεχές ρεύμα.....	47
2.5.1.2. Εναλλασσόμενο ρεύμα.....	49
2.5.2. Φιάλες, εκτονωτής και μετρητής κατανάλωσης.....	40
2.5.3. Τσιμπίδια.....	52
2.5.3.1. Τύποι τσιμπιδών.....	53
2.5.3.2. Τσιμπίδες που ψύχονται με αέρα.....	53
2.5.3.3. Λαβίδες που ψύχονται με κύκλωμα νερού.....	54
2.5.3.4. Το κράτημα της τσιμπίδας.....	56
2.5.3.5. Το στόμιο της τσιμπίδας.....	56
2.6. Προετοιμασία των άκρων.....	57
2.7. Διαδικασία συγκολλήσεως.....	59
2.8. Συγκολλούμενα μέταλλα και κράματα.....	61
2.8.1. Συγκόλληση ανοξειδωτων χαλύβων με την μέθοδο TIG.....	61
2.8.1.1. Συγκόλληση σε ευθεία άκρα.....	63
2.8.1.2. Συγκόλληση σε εξωτερική γωνία.....	64
2.8.1.3. Συγκόλληση σε εσωτερική γωνία.....	65
2.8.2. Συγκόλληση αλουμινίου με την μέθοδο TIG.....	65
2.8.2.1. Συγκόλληση αλουμινίου σε ευθεία άκρα.....	68
2.8.2.2. Συγκόλληση αλουμινίου σε εξωτερική γωνία.....	69
2.8.2.3. Συγκόλληση αλουμινίου σε εσωτερική γωνία.....	69
2.8.3. Συγκόλληση του χαλκού με τη μέθοδο TIG.....	70
2.8.3.1. Συγκόλληση χαλκού σε ευθεία άκρα.....	72
2.8.3.2. Συγκόλληση χαλκού σε εσωτερική γωνία.....	72

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΜΕ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΟ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ M.I.G.

3.1. Γενικά.....	75
3.2. Προστατευτικά αέρια.....	76
3.2.1. Είδη και σύνθεση αδρανών αερίων για τη συγκόλληση MIG.....	77
3.3. Ηλεκτρόδιο-σύρμα συγκόλλησης.....	78
3.3.1. Συμπαγή σύρματα συγκόλλησης.....	78
3.3.2. Σύρματα συγκόλλησης με πυρήνα.....	79
3.3.3. Εφαρμογή των συρμάτων με πυρήνα σε σχέση με τα συμπαγή σύρματα.....	82
3.3.4. Διάμετρος του σύρματος συγκόλλησης.....	82
3.3.4.1. Η επιλογή της διαμέτρου του σύρματος συγκόλλησης.....	82
3.3.4.2. Εμπορικές μορφές συρμάτων συγκόλλησης.....	82
3.3.4.3. Αποθήκευση των συμπαγών συρμάτων και των συρμάτων με πυρήνα.....	83
3.3.4.4. Διάρκεια αποθήκευσης.....	84
3.4. Μηχανή MIG.....	84
3.4.1. Πηγή ρεύματος συγκόλλησης (γεννήτρια).....	85
3.4.2. Μονάδα παροχής σύρματος.....	86
3.4.3. Το σύνολο των σωληνώσεων.....	90
3.4.4. Τσιμπίδα (πιστολέτο).....	91
3.4.5. Εγκαταστάσεις προστατευτικού αερίου.....	93
3.4.5.1. Φιάλες.....	93
3.5. Είδη τόξων.....	96

3.5.1. Τόξο βραχυκυκλώματος	96
3.5.2. Συγκόλληση με ανοιχτό τόξο	97
3.5.3. Συγκόλληση με παλμικό τόξο	98
3.5.4. Εφαρμογή διαφόρων ειδών τόξων	98
3.5.5. Βοηθητικά μέσα	99
3.6. Η τεχνική της συγκολλήσεως MIG	100
3.7. Σφάλματα συγκολλήσεως στην μέθοδο MIG	101
3.8. Αυτόματη συγκόλληση MIG	102
3.8.1. Έλεγχος αυτόματης συγκολλήσεως MIG με τηλεόραση	102

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΜΕ ΤΟΞΟ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ

4.1. Γενικά	104
4.2. Δημιουργία του τόξου πλάσματος	104
4.3. Εφαρμογές του τόξου πλάσματος	104
4.4. Σχηματισμός στήλης πλάσματος	107
4.5. Τύποι τόξου	107
4.6. Ιδιότητες του στραγγαλιζόμενου τόξου	108
4.7. Εκτέλεση της συγκόλλησης	110
4.7.1. Παροχές αερίων	111
4.7.2. Προστασία της πίσω πλευράς των κομματιών	111
4.7.3. Απόσταση τσιμπίδας	112
4.7.4. Τάσεις	112
4.7.5. Ένταση	112
4.7.6. Επίδραση του πλασμογενούς και του προστατευτικού αερίου	113
4.8. Μηχανή Πλάσματος	113
4.8.1. Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος	113
4.8.2. Τσιμπίδα	114
4.8.3. Κονσόλα πλάσματος	117
4.8.4. Φιάλες αερίων	118
4.9. Διαμόρφωση άκρων	118
4.10. Ποιότητα, ποσοστά εναπόθεσης, και παράμετροι	120
4.11. Συμβουλές για τη χρησιμοποίηση της διαδικασίας	121
4.12. Περιορισμοί της διαδικασίας	122
4.14. Σύγκριση της μεθόδου συγκόλλησης με πλάσμα με συγκόλληση TIG	122
4.15. Συγκόλληση με Μικροπλάσμα	122
4.15.1. Προϋποθέσεις λειτουργίας	124
4.15.2. Μεταφερόμενο τόξο	124
4.15.3. Μη μεταφερόμενο τόξο	124
4.15.4. Παροχές αερίων	124
4.15.5. Εκτέλεση της συγκόλλησης	125

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΣΕ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

5.1. Εισαγωγή	127
5.2. Κίνδυνος για τα μάτια	127
5.3. Προστασία από το ηλεκτρικό ρεύμα	129

5.4. Πυρκαγιά και εγκαύματα	130
5.5. Κίνδυνοι για την αναπνοή.....	131
5.5.1. Εξαερισμός και απορρόφηση	132
5.6. Βασική ατομική προστασία.....	133
5.7. Έλεγχος του καπνού συγκόλλησης	134
5.8. Πρόληψη πυρκαγιάς.....	135
5.9. Φιάλες αδρανών αερίου.....	138
5.10. Τελικές εργασίες συγκόλλησης.....	139
ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	140

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

1.1. Γενικά

Οι συγκολλήσεις των μετάλλων είναι ιδιαίτερος κλάδος της τεχνολογίας κατασκευών με ευρεία εφαρμογή στην συναρμολόγηση μεταλλικών προϊόντων. Βοήθησαν τα τελευταία χρόνια την μεταλλοβιομηχανία στην ανάπτυξη της, γιατί απλουστεύτηκε η διαδικασία των συνδέσεων και περιορίστηκε ο χρόνος αυτής.

Αν ανατρέξουμε λίγα χρόνια πίσω, θα δούμε να γίνεται η κατασκευή των πλοίων π.χ. με ήλους (καρφιά) και με πολυάριθμο εργατικό και τεχνικό προσωπικό που προσπαθούσαν να πραγματοποιήσουν την σύνδεση δύο ή και περισσότερων ελασμάτων σε ατμόσφαιρα όχι και τόσο ευχάριστη, αφού θα έπρεπε όλα τα γύρω άτομα να υπομένουν τον τρομακτικό θόρυβο των «πιστολιών» της ηλώσεως. Η ίδια διαδικασία εργασιών γινόταν περίπου και στα διάφορα λεβητοστάσια για την κατασκευή ατμολεβήτων, φράγματα, γεφυρών κ.τ.λ. Η συγκολλήσεις λοιπόν, ώθησαν προς τα εμπρός τον τεχνικό κλάδο.

Ο ορισμός της συγκόλλησης μετάλλων κατά DIN 1910 είναι:

Συγκόλληση είναι μια ένωση μεταλλικών αντικειμένων με την επίδραση θερμότητας ή πίεσης ή και των δύο μαζί, χωρίς ή με τη προσθήκη υλικού όμοιας χημικής σύνθεσης και ίδιου σημείου τήξης με το προς συγκόλληση μέταλλο.

1.2. Ιστορικό των συγκολλήσεων

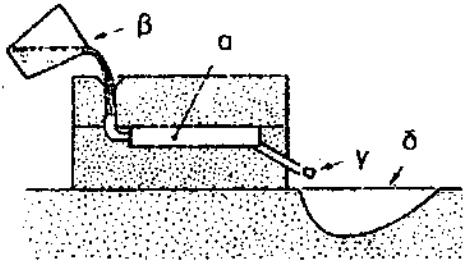
Μετά από μια πάρα πολύ μεγάλη στασιμότητα, μέσα στο χρόνο, οι συγκολλήσεις αναπτύχθηκαν ραγδαία τις τελευταίες δεκαετίες. Τότε, θα λέγαμε ότι, γεννήθηκε η σύγχρονη συγκόλληση καθώς οι μέθοδοι πολλαπλασιάστηκαν και βελτιώθηκαν με μια απίστευτη ταχύτητα. Από αυτή τη σκοπιά θα διακρίναμε δύο περιόδους:

1. Την αρχαία
2. και την σύγχρονη περίοδο.

Αρχαία περίοδο

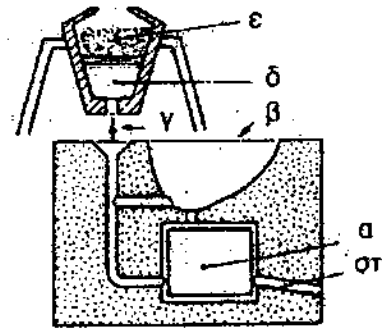
Αυτή ξεκινάει από την μακρινή εποχή της αρχαιότητας μέχρι το τέλος του δέκατου ένατου αιώνα. Πολύ μεγάλη από άποψη χρονικής διάρκειας δεν παρουσίασε καμία ανάπτυξη ούτε σημαδεύτηκε από καμία καινοτομία. Οι σημαντικότερες μέθοδοι συγκόλλησης σ' αυτή την περίοδο ήταν:

- **Συγκόλληση με χύτευση.** Η συγκόλληση αυτή πραγματοποιούνταν από τους ίδιους τους χύτες επειδή αυτοί οι ίδιοι γνώριζαν τις ιδιότητες των χρησιμοποιούμενων υλικών και τη χρήση των εγκαταστάσεων του χυτηρίου (σχήμα 1). Τη χρησιμοποιούσαν κυρίως για τη σύνδεση και επισκευή σπασμένων ή ελαττωματικών κομματιών. Αρχικά αυτή η συγκόλληση, περιοριζόταν σε κατασκευές από μπρούντζο και χυτοσίδηρο και στα τέλη του δέκατου ένατου αιώνα επεκτάθηκε στο αλουμίνιο ενώ δεν είχε καμία εφαρμογή σε χαλύβδινα κομμάτια.



- α. Κομμάτι για συγκόλληση
- β. Κάδος
- γ. Τάπα
- δ. Εκκενωση

Σχήμα 2 Συγκόλληση με χύτευση [1].



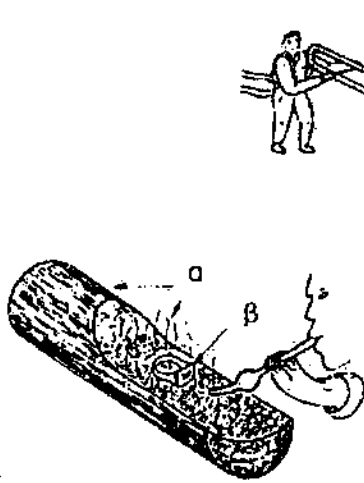
- α. Κομμάτι για συγκόλληση
- β. Λεκάνη αλουμινίας
- γ. Χύτευση
- δ. Χάλυβας λιωμένος σε 2000° C
- ε. Αλουμίνια
- στ. Οπή προθέρμανσης

Σχήμα 1 Αλουμινοθερμική συγκόλληση [1].

Η αλουμινοθερμία. Η συγκόλληση με τη μέθοδο της αλουμινοθερμίας, που αναπτύσσει υψηλή θερμοκρασία, εφαρμόστηκε για πρώτη φορά στις συνδέσεις χαλύβδινων κομματιών. Σαν εξέλιξη της συγκόλλησης με χύτευση πλεονεκτεί απ' αυτή στο ότι οι πιθανότητες επιτυχίας είναι περισσότερες. Μένοντας όμως στα χέρια ειδικών δεν επεκτάθηκε αρκετά και μόνο στις συγκολλήσεις σιδηροτροχιών εφαρμόστηκε εκτεταμένα και με επιτυχία. Απαιτεί ειδικά εργαλεία και συμφέρει μόνο σε εργασίες εν σειρά (σχήμα 2).

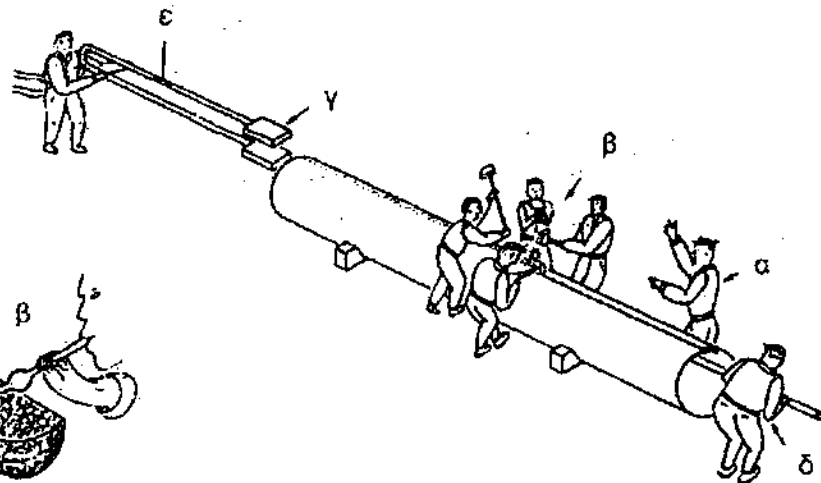
Καμινοσυγκόλληση. Όπως η συγκόλληση με χύτευση υπήρξε εφεύρεση των χυτών έτσι και η καμινοσυγκόλληση υπήρξε εφεύρεση των καμινευτών. Είναι η πιο αντιπροσωπευτική μέθοδος συγκόλλησης μαλακτοποιημένου μετάλλου με μηχανική δύναμη. χρησιμοποιήθηκε σε μεγάλη έκταση μέχρι το 1920-1930 οπότε παραγκωνίσθηκε από τη συγκόλληση με τήξη (οξυγονοασετυλίνη ή τόξο) και από τη συγκόλληση με ηλεκτρική αντίσταση. Τα εργαλεία γι' αυτή τη συγκόλληση ήταν αυτά του καμινευτή και μόνο ειδικευμένοι τεχνίτες μπορούσαν να συγκολλήσουν σωστά. Σήμερα με την καμινοσυγκόλληση συγκολλούμε μόνο κομμάτια καλλιτεχνικής σιδηρουργίας όπως κάγκελα, πόρτες, σιδεριές κ.λ.π.

Όλες οι παραπάνω ειδικές συνδέσεις ανήκουν στον τομέα της μεταλλουργίας και μόνο μετά το 1880 εμφανίσθηκαν καυστήρες που τροφοδοτούνταν με υγραέριο και πιεσμένο αέρα. Οι καυστήρες αυτοί επέτρεψαν την καμινοσυγκόλληση με επικάλυψη μεγάλων δοχείων ή σωλήνων από μαλακό χάλυβα. Η εργασία αυτή γινότανε από μια ομάδα επτά ατόμων καθένα από τα οποία εκτελούσε μια αυστηρά προσδιορισμένη εργασία (σχήμα 4). Οι συγκολλήσεις αυτές αν και μέτριων απαιτήσεων έδιναν καλύτερα αποτελέσματα, σε σύγκριση με τις ηλώσεις, στα χονδρά ελάσματα και στις κατασκευές που υπόκειντο σε θερμικές καταπονήσεις. Με την εμφάνιση της συγκόλλησης με τήξη κάτω από στρώμα σκόνης το 1935-40 η μέθοδος αυτή εγκαταλείφθηκε τελείως.



α. Ξυλάνθρακας
β. Κομμάτι για συγκόλληση

Σχήμα 3 Συγκόλληση με φύσημα [1].



α. Σιδηρουργός
β. Σφυρηλάτης
γ. Καυστήρας
δ. Κοντραδόρος

Σχήμα 4 Καμινουσυγκόλληση [1].

Κασσιτεροκόλληση. Αυτή αποτελούσε από την αρχαιότητα μια εύκολη μέθοδο σύνδεσης όλων των τότε γνωστών μετάλλων και χρησιμοποιήθηκε πολύ στην λευκοσιδηρουργία, στις υδραυλικές εργασίες και στην καλλιτεχνία. Σα συγκολλητικό υλικό χρησιμοποιείται ο κασσίτερος και για να είναι αποτελεσματική απαιτείται καλή προετοιμασία και πολύ μικρό διάκενο μεταξύ των κομματιών.

Μπρουντζοκόλληση. Εμφανίσθηκε και χρησιμοποιήθηκε πολύ αργότερα από την κασσιτεροκόλληση και μοιάζει πολύ με την συγκόλληση με τήξη. Χρησιμοποιήθηκε και χρησιμοποιείται στη συγκόλληση χάλκινων δοχείων, στη καλλιτεχνική σιδηρουργία κ.λ.π.

Σύγχρονη περίοδο

Αντίθετα με την προηγούμενη η περίοδος αυτή είναι χρονικά πολύ μικρή και πλούσια σε ανάπτυξη και εξέλιξη. Στις πιο πολλές περιπτώσεις η συγκόλληση δεν είναι πια μια συμπληρωματική δραστηριότητα ενός επαγγέλματος αλλά ένα αυτοτελές επάγγελμα, το οποίο για να το υπηρετήσουμε σωστά πρέπει να παρακολουθούμε τις εξελίξεις και τις προόδους βήμα προς βήμα.

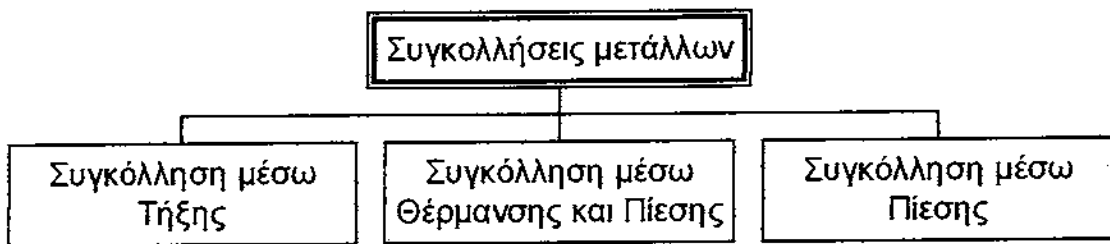
1.3. Κατηγοριοποίηση μεθόδων συγκολλήσεως μετάλλων

Οι συγκολλήσεις είναι ιδιαίτερος κλάδος της τεχνολογίας κατεργασιών με ευρεία εφαρμογή στη συναρμολόγηση μεταλλικών προϊόντων. Η κόλληση επιτυγχάνεται με θέρμανση των μετάλλων στο σημείο της σύνδεσης σε κατάλληλη θερμοκρασία, σε αρκετές - ανάλογα με το είδος της συγκόλλησης-περιπτώσεις με εφαρμογή πίεσης ή και χρησιμοποίηση πρόσθετου υλικού.

Καθοριστικοί παράγοντες για τη συγκόλληση είναι: α) τα χαρακτηριστικά των προς κόλληση μετάλλων (σχήμα, μέγεθος, χημική σύσταση, θέση κλπ) β) Η πηγή ενέργειας που θα χρησιμοποιηθεί (χημική, ηλεκτρική, θερμική, ροή πλάσματος κλπ), και γ) η μέθοδος συγκόλλησης.

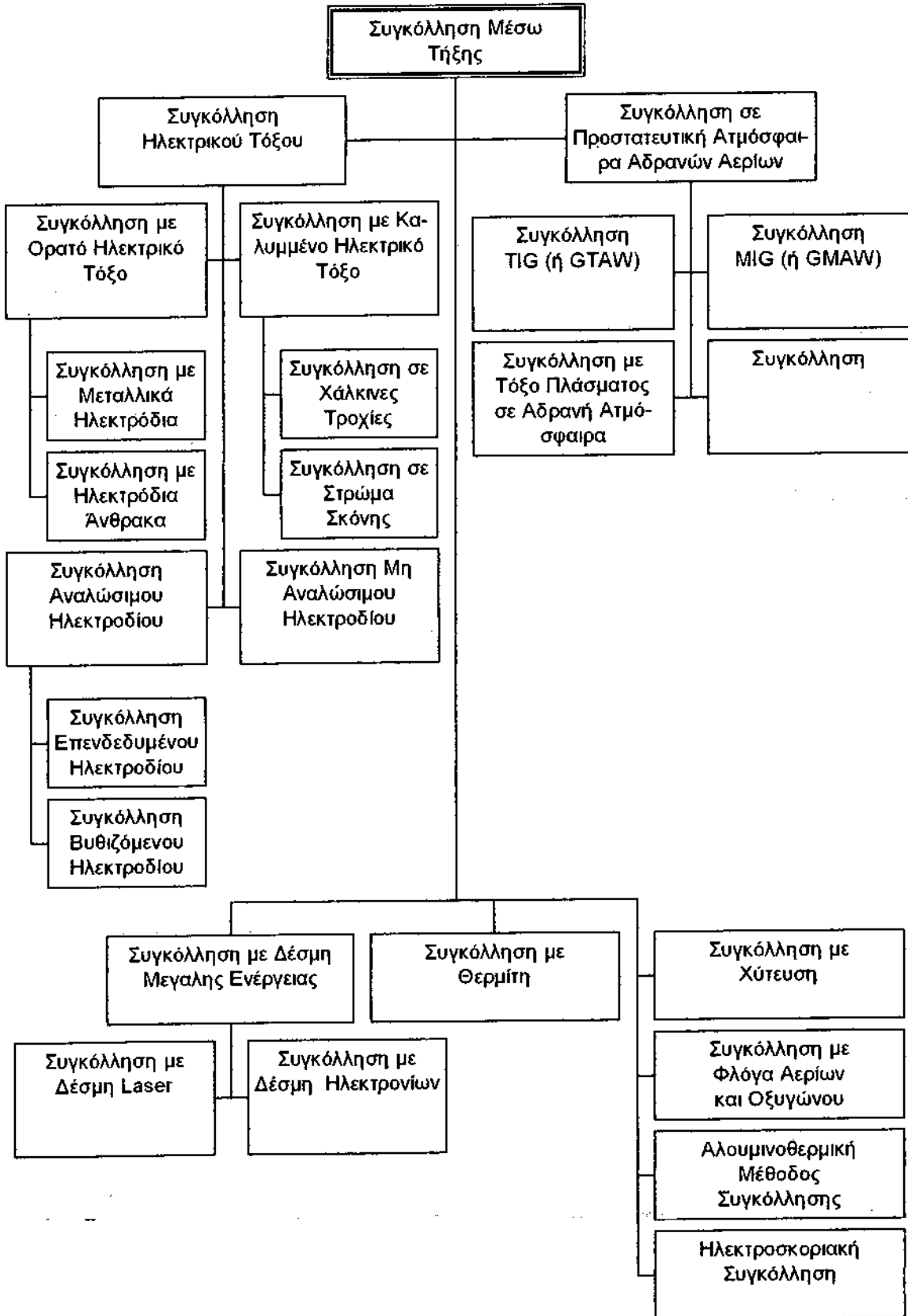
Διακρίνουμε τρεις βασικές κατηγορίες (σχήμα 5) με τις οποίες γίνεται η συγκόλληση μετάλλων:

1. Συγκόλληση μέσω Τήξης
2. Συγκόλληση μέσω Θέρμανσης και Πίεσης
3. Συγκόλληση μέσω Πίεσης

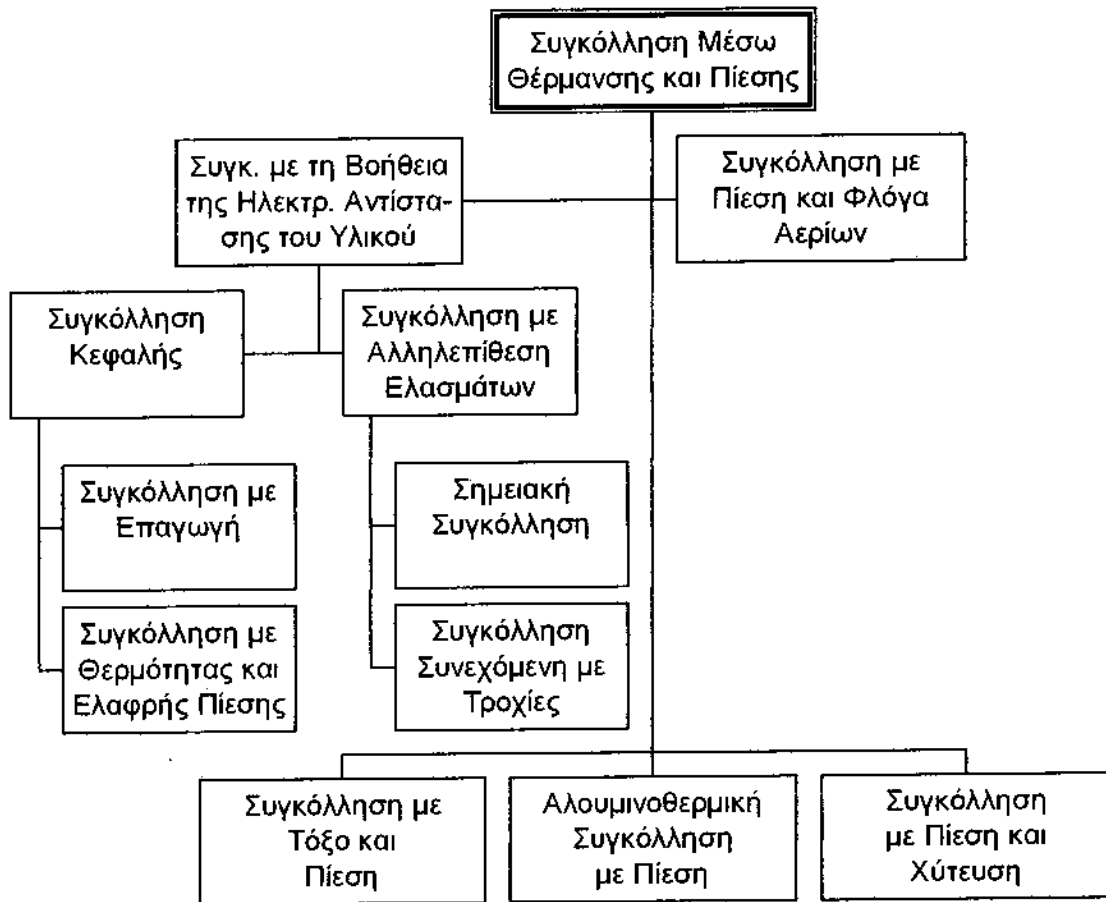


Σχήμα 5 Βασικές κατηγορίες συγκολλήσεων μετάλλων.

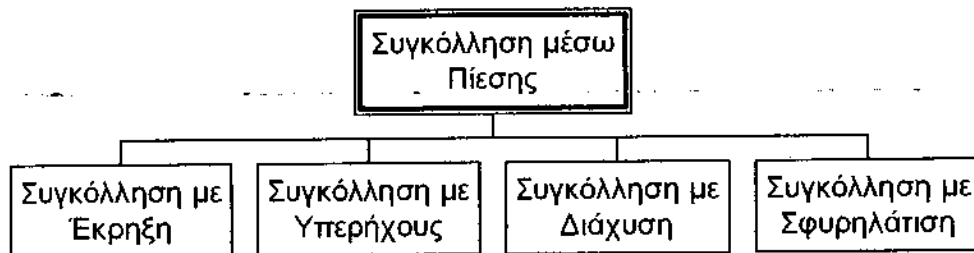
Σε κάθε βασική κατηγορία έχουν αναπτυχθεί πάρα πολλές μέθοδοι συγκόλλησης. Ο λόγος της εμφάνισης πληθώρας τεχνικών συγκολλήσεως είναι οι ολοένα και αυξανόμενες απαιτήσεις στο χώρο των κατεργασιών και η αλματώδη πρόοδος της τεχνολογίας. Στα σχήματα 6,7 και 8 φαίνεται η κατηγοριοποίηση των πιο ευρέως διαδεδομένων μεθόδων συγκολλήσεως μετάλλων.



Σχήμα 6 Μέθοδοι συγκολλήσεως μετάλλων μέσω Τήξης.



Σχήμα 7 Μέθοδοι συγκολλήσεως μετάλλων μέσω Θέρμανσης και Πίεσης.



Σχήμα 8 Μέθοδοι συγκολλήσεως μετάλλων μέσω Πίεσης.

Στην εργασία αυτή παρουσιάζονται οι μέθοδοι συγκολλήσεως μετάλλων Μέσω Τήξης που ανήκουν στην κατηγορία «Συγκόλληση σε Προστατευτική Ατμόσφαιρα Αδρανών Αερίων» και πιο συγκεκριμένα θα παρουσιαστούν οι μέθοδοι συγκόλλησης:

1. Συγκόλληση TIG.
2. Συγκόλληση MIG.
3. Συγκόλληση με τόξο Πλάσματος σε Αδρανή Ατμόσφαιρα.

Ακόμα, τις συγκολλήσεις μπορούμε να τις κατατάξουμε, αναλόγως με τη σύσταση της δομής του συγκολλητικού υλικού, σε δύο κατηγορίες. Στις *αυτογενείς*, σ' αυτές δηλαδή που γίνεται τήξη των άκρων των μετάλλων με συ-

γκολλητικό υλικό της ίδιας δομής με τα συγκολλούμενα μέταλλα και στις ετερογενείς συγκολλήσεις που εκτελούνται με την προσθήκη συγκολλητικού υλικού διαφορετικού των μετάλλων, η δε θερμοκρασία στα άκρα, δεν ξεπερνά το βαθμό πλαστικότητας.

1.4. Αδρανή αέρια

Στις μεθόδους Συγκόλλησης σε Προστατευτική Ατμόσφαιρα Αδρανών Αερίων το ηλεκτρικό τόξο, το τόξο πλάσματος και το λουτρό τήξης είναι μονωμένα από τον ατμοσφαιρικό αέρα με ένα στρώμα αδρανούς αερίου. Το αέριο αυτό εξασφαλίζει μια πλήρη προστασία από το οξυγόνο και το άζωτο που περιέχονται στον ατμοσφαιρικό αέρα χωρίς τα μειονεκτήματα των άλλων μεθόδων που χρησιμοποιούνται γι' αυτό το σκοπό (επένδυση ηλεκτροδίων, συλλιπάσματα, αφαίρεση της κρούστας κ.ά.). Τα αδρανή αέρια που χρησιμοποιούνται σε βιομηχανική κλίμακα είναι κυρίως το αργό (Ar) και το ήλιο (He).

- Το αργό που περιέχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα σε ποσοστό 0,94% και έχει ειδικό βάρος 1,38gr και
- Το ήλιο που περιέχεται στον ατμοσφαιρικό αέρα σε ποσοστό 0,005% έχει ειδικό βάρος 0,17gr.

Η παραγωγή του αργού είναι πιο εύκολη και πιο οικονομική γι' αυτό και χρησιμοποιείται περισσότερο σε σχέση με το ήλιο που η παραγωγή του είναι πιο δαπανηρή. Χρησιμοποιούνται σε καθαρή μορφή αλλά τελευταία και σε ανάμειξη μεταξύ τους ή με αναμειξεις με μικρές ποσότητες δραστικών αερίων (οξυγόνο (O₂), άζωτο (N), διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) κ.ά.) για βελτίωση των αποτελεσμάτων της συγκόλλησης. Π.χ. μία προσθήκη οξυγόνου σε ποσοστό 3% διευκολύνει τη συγκόλληση των μαλακών χαλύβων ενώ μια προσθήκη 1% διευκολύνει τη συγκόλληση των ανοξειδωτων χαλύβων βελτιώνοντας την σταθερότητα του τόξου και αποκλείοντας σε μεγάλο ποσοστό τα «φαγώματα» κυρίως σε συγκολλήσεις εσωτερικής γωνίας.

Τα αδρανή αέρια εκπληρώνει τρεις σκοπούς:

1. Ηλεκτρικό. Βελτιώνει τη σταθερότητα και διευκολύνει το ξεκίνημα του τόξου (ηλεκτρικό και πλάσματος).
2. Φυσικό. Μονώνει τέλεια την περιοχή συγκόλλησης.
3. Χημικό. Δεν ασκούν καμία επίδραση στο λιωμένο μέταλλο επειδή είναι αδρανές.

Η συγκόλληση με αδρανή αέρια εφαρμόζεται σε όλα τα μέταλλα και κυρίως στους ειδικούς και ανοξειδωτους χάλυβες, στα ελαφρά μέταλλα και κράματα, στο χαλκό, στο νικέλιο και στα κράματά του καθώς και σε γεμίσματα με ειδικά υλικά όπως με στελίτη, κρινίτη κ.ά.

1.5. Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα των συγκολλήσεων σε αδρανή ατμόσφαιρα

Η συγκόλληση με αδρανές αέρια παρουσιάζει, σε σχέση με τα άλλα είδη συγκολλήσεων, πολλά πλεονεκτήματα από τα οποία τα κυριότερα είναι:

- Σταθερό και πολύ ομαλό ηλεκτρικό τόξο και τόξο πλάσματος.
- Ήρεμο λουτρό τήξης που δίνει ωραία εμφάνιση στη ραφή συγκόλλησης επιτρέποντας παράλληλα τη συγκόλληση σε όλες τις θέσεις.
- Κορδόνια συγκόλλησης συμπαγή χωρίς φουσαλίδες και με υψηλά μηχανικά χαρακτηριστικά.
- Μηδενική απώλεια πρόσθετων στοιχείων. Η απώλεια αυτή οφείλεται στην εξάτμιση των πρόσθετων στοιχείων που στη συγκόλληση με οξυγονοασετυλίνη είναι σημαντική.
- Μικρές θερμικές απώλειες και παραμορφώσεις των κομματιών επειδή η θέρμανση είναι περιορισμένη σε πολύ μικρή και συγκεκριμένη περιοχή.
- Αποφυγή εγκλεισμών πάστας.
- Έλλειψη διαβρώσεων κυρίως στις συγκολλήσεις ελαφρών κραμάτων στα οποία για να πραγματοποιήσουμε τη συγκόλληση με άλλες μεθόδους χρησιμοποιούμε αποξειδωτικά υλικά.
- Ευχέρεια ελέγχου του λουτρού τήξης από το συγκολλητή.
- Απουσία καπνών και επιβλαβών αναθυμιάσεων και
- Ευκολία συγκόλλησης με αυτόματες μηχανές.

Έχει όμως και μερικά μειονεκτήματα, όπως:

- Τα αδρανή αέρια στοιχίζουν ακριβά στην αγορά τους.
- Η μηχανή συγκόλλησης είναι περισσότερο ογκώδης.
- Απαιτούνται φιάλες για τα αέρια, ρυθμιστές, μετρητές κατανάλωσης, τα οποία στοιχίζουν ακριβά και είναι δύσκολη η μεταφορά τους.
- Η τιμπίδα είναι περίπλοκη.

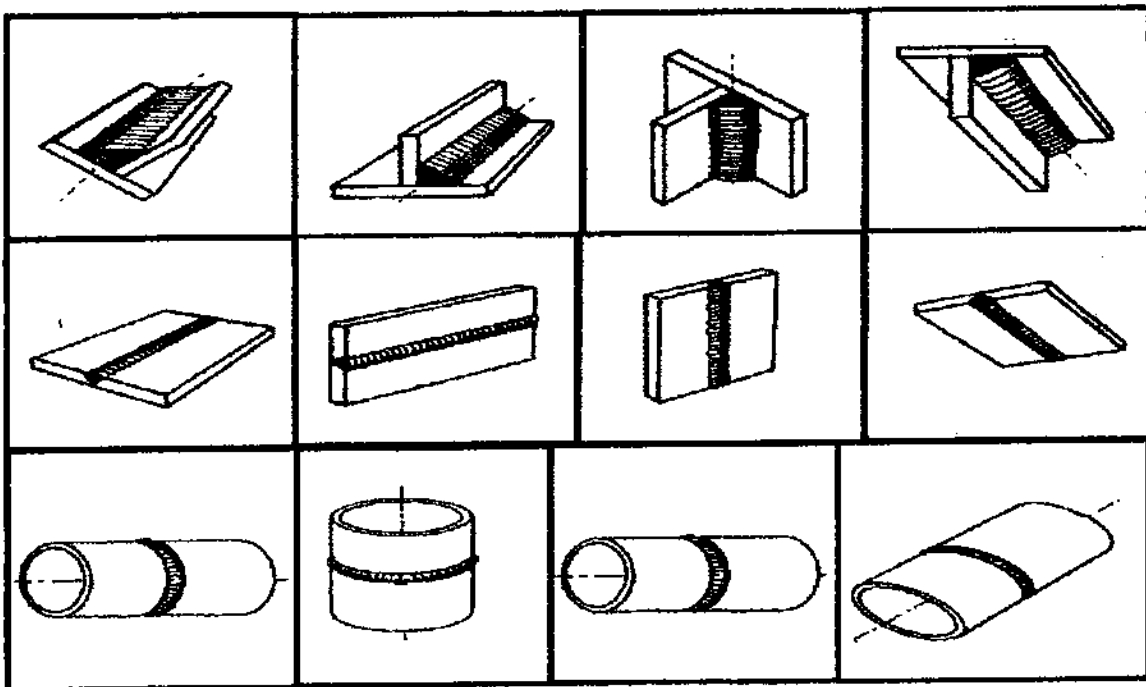
Γενικά μπορούμε να πούμε πως οι συγκολλήσεις σε αδρανή ατμόσφαιρα είναι λίγο δαπανηρές, αλλά πολύς καλής ποιότητας.

1.6. Τύποι και χαρακτηριστικά κολλήσεων

Η θέρμανση των μετάλλων που προορίζονται για συγκόλληση είναι τεχνική γνωστή απ' την αρχαιότητα. Οι μέθοδοι, όμως, που αργότερα χρησιμοποιήθηκαν στην παραγωγή και εν γένει στις τεχνικές κατασκευές ξεκίνησαν τον 19ο αιώνα.

Αρχικά οι μέθοδοι συνδέονται με τη χρησιμοποίηση φλόγας αερίων (1820-καυστήρας υδρογόνου-οξυγόνου) για την (τοπική) τήξη των μετάλλων στην περιοχή τη κόλλησης, ενώ αργότερα (1880) η χρησιμοποίηση ηλεκτρικού τόξου μεταξύ μεταλλικού τηκόμενου ηλεκτροδίου και προς κόλληση τεμαχίων απλοποίησε και πολλαπλασίασε τη χρήση της συγκόλλησης, που καθιερώθηκε στις αρχές του 20ου αιώνα ως κατεργασία σύνδεσης κατασκευαστικών στοιχείων.

Η ευκολότερη θέση συγκόλλησης είναι η επίπεδη, ενώ οι βασικές θέσεις συγκόλλησης παρουσιάζονται στο σχήμα 9 και 10. Στην πράξη εμφανίζονται και ενδιάμεσες θέσεις συγκόλλησης. Βασικός παράγοντας είναι η επίδραση της βαρύτητας στο λιωμένο μέταλλο.

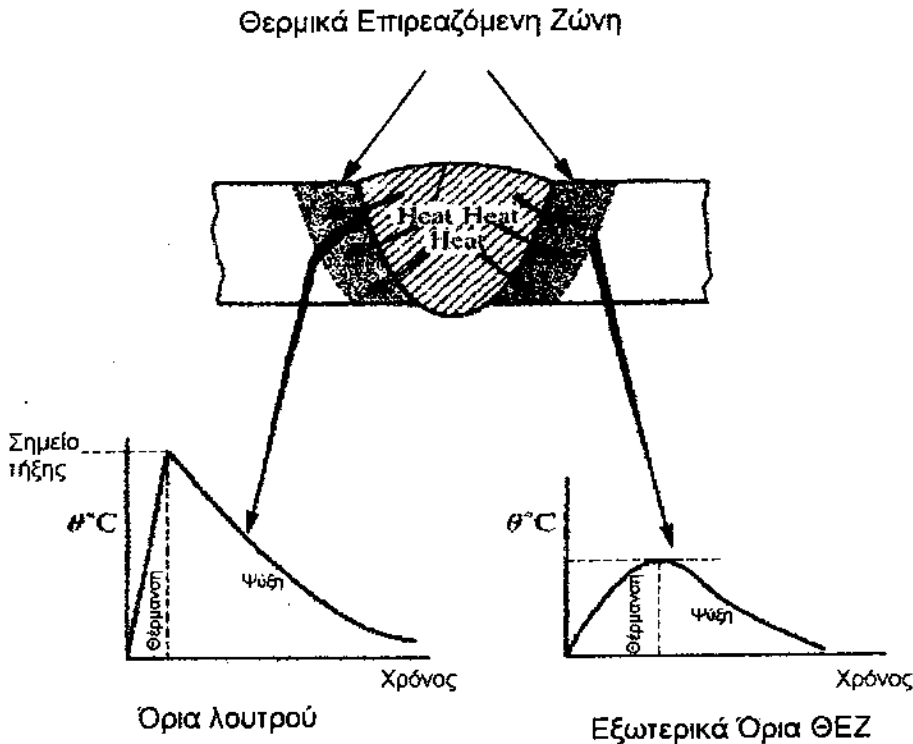


Σχήμα 9 Θέσεις κολλήσεων [14].

Είδος ραφής	Όνομασία	Χαρακτηρισμός	Σχηματική παράσταση		Είδος ραφής	Όνομασία	Χαρακτηρισμός	Σχηματική παράσταση	
			Μορφή	Διατομή ραφής				Μορφή	Διατομή ραφής
Ραφές σε ελάσματα του ίδιου επιπέδου <i>εδου</i>	Ραφή ανασηκωμένων άκρων				Ραφές σε ελάσματα του ίδιου επιπέδου	ΗΥ-ραφή (ραφή μισού Υ)			
	Ι-ραφή					Κ-ραφή			
	Υ-ραφή					Ζ-ραφή			
	Ραφή με μικρή γωνία					Ζ ραφή διπλού			
	Χ-ραφή				Ραφές στα άκρα ελασμάτων	Ραφή χωρίς κατεργασία των ελασμάτων			
	Υ-ραφή					Ραφή με κατεργασία των ελασμάτων			
	Ραφή διπλού Υ								
	U-ραφή (ραφή τουλίπας)				Ραφές καθέτων ελασμάτων	Γωνιακή ραφή			
	Ραφή διπλού U (ραφή διπλής τουλίπας)					Τριγωνική ραφή			
	ΗΥ ραφή (ραφή μισού Υ)					Διπλή τριγωνική ραφή			
	Κ-ραφή								

Σχήμα 10 Θέσεις, τύποι και προετοιμασία κολλήσεων (από [2] επεξεργασμένο).

Άλλο σημαντικό χαρακτηριστικό στις συγκολλήσεις με τήξη είναι η Θερμικά Επηρεασμένη Ζώνη (ΘΕΖ), (σχήμα 11) δηλαδή το στρώμα του μετάλλου που εφάπτεται στην κόλληση και επηρεάζεται θερμικά με αποτέλεσμα τη μεταβολή των ιδιοτήτων του (κυρίως τη μείωση των πλαστικών ιδιοτήτων). Η θέρμανση και ψύξη του μετάλλου στην περιοχή της ΘΕΖ προκαλούν δομικές μεταβολές και ισχυρό πεδίο εσωτερικών τάσεων.



Σχήμα 11 Η Θερμικά Επιπρεαζόμενη Ζώνη (ΘΕΖ) (από [14] επεξεργασμένο).

Το εύρος της ΘΕΖ, που εξαρτάται από τη συγκέντρωση της θερμικής πηγής, πρέπει να είναι ο μικρότερο δυνατόν, γιατί στη ΘΕΖ εμφανίζονται συχνά ρωγμές, πόροι, οξειδωση και άλλα ελαττώματα. Η συγκόλληση τόξου προκαλεί εν γένει μικρότερη ΘΕΖ από τη συγκόλληση με φλόγα αερίων, μεγαλύτερη όμως από τη συγκόλληση με δέσμη εστιασμένης ενέργειας (Laser, δέσμη ηλεκτρονίων ή τόξο πλάσματος,) κατά την οποία η διάχυση ενέργειας στην περιοχή γύρω από την κόλληση είναι πολύ μικρή.

1.7. Συγκόλληση Μέσω Τήξης

Τα συνδεόμενα τεμάχια τήκονται στην περιοχή της συγκόλλησης υπό την επίδραση ισχυρής πηγής θερμότητας. Παρατηρείται μεταβολή του κρυσταλλικού πλέγματος του μετάλλου, διάχυση, σύντηξη και αναδόμηση του πλέγματος κατά την ψύξη. Κατά την τήξη ενδέχεται να υπάρχει προσθήκη εξωτερικού υλικού (πέραν των μετάλλων που συγκολλούνται) οπότε έχουμε σύντηξη του μετάλλου με το εναποτιθέμενο υλικό.

Η θερμότητα που είναι απαραίτητη για τη συγκόλληση παρέχεται συνήθως από ηλεκτρική, χημική ενέργεια ή άλλου είδος (π.χ. δέσμη ροής πλάσματος). Στην εργασία αυτή (όπως τονίστηκε παραπάνω) θα παρουσιαστούν οι σημαντικότερες μέθοδοι συγκόλλησης Μέσω Τήξης με Χρήση Αδρανών Αερίων.

1.8. Αστοχίες συγκολλήσεων

Οι έντονες θερμικές μεταβολές που παρουσιάζονται στην περιοχή της συγκολλητής σύνδεσης ενδέχεται να προκαλέσουν αστοχίες ή ασυνέχειες, όπως λέγονται, στη συγκόλληση. Οι ασυνέχειες των συγκολλήσεων ενδέχεται επίσης να προκληθούν από την ανεπαρκή ή την πλημμελή εφαρμογή των καθιερωμένων τεχνολογιών συγκόλλησης ή την ακατάλληλη κατάρτιση του χειριστή. Οι κυριότερες αστοχίες-ασυνέχειες που επηρεάζουν την ποιότητα των συγκολλήσεων περιγράφονται στη συνέχεια. Οι ασυνέχειες είναι διακοπές στην τυπική κατασκευή ενός υλικού. Αυτές οι διακοπές μπορεί να συμβαίνουν στο μέταλλο του συγκολλούμενου υλικού, στο λουτρό συγκόλλησης, ή στις θερμικά επηρεαζόμενες περιοχές (ΘΕΖ).

Οι αστοχίες των συγκολλήσεων τυπικά ανιχνεύονται μέσω ραδιογραφήματων. Επιπλέον της ικανότητας λήψης ραδιογραφήματων υψηλής ποιότητας, ο χειριστής θα πρέπει να είναι ειδικευμένος στην ερμηνεία της ραδιογραφίας. Η ερμηνεία της ραδιογραφίας πραγματοποιείται σε τρία βασικά στάδια, τα οποία είναι:

1. Ανίχνευση.
2. Ερμηνεία.
3. Αξιολόγηση.

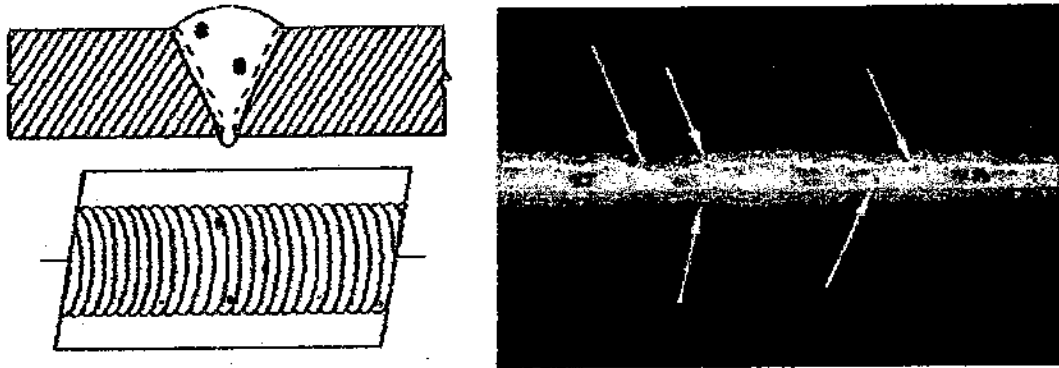
Όλα τα παραπάνω απαιτούν την εμπειρία του χειριστή του ραδιογραφήματος. Η ικανότητα κάποιου να ανιχνεύσει σφάλματα μέσω ραδιογραφίας επηρεάζεται επίσης από τις συνθήκες φωτισμού στο χώρο εξέτασης και από το επίπεδο της εμπειρίας αναγνώρισης ποικίλων χαρακτηριστικών στην εικόνα.

1.8.1. Πορώδες

Το πορώδες στις συγκολλήσεις προκαλείται από εγκλωβισμένα αέρια που ελευθερώνονται κατά την τήξη της περιοχής συγκόλλησης και εγκλωβίζονται κατά την πήξη, από χημικές αντιδράσεις κατά τη συγκόλληση ή από ρύπους. Οι περισσότερες συνδέσεις με συγκόλληση περιέχουν κάποιο βαθμό πορώδους, το οποίο έχει σε γενικές γραμμές σχήμα σφαιρικό ή τη μορφή επιμηκυσμένων θυλάκων. Η κατανομή του πορώδους στη ζώνη της συγκόλλησης μπορεί να είναι τυχαία ή να είναι συγκεντρωμένη σε συγκεκριμένη περιοχή.

Το πορώδες μπορεί να πάρει πολλά σχήματα σε μια ραδιογραφία (σχήμα 12). Συνήθως εμφανίζεται ως σκοτεινός κύκλος, ή ακανόνιστα στίγματα, ή περίεργες κηλίδες σε συμπλέγματα ή σειρές. Κάποιες φορές το πορώδες επιμηκύνεται και μπορεί να εμφανιστεί σαν να έχει ουρά. Αυτό είναι αποτέλεσμα της προσπάθειας του αερίου να διαφύγει ενώ το μέταλλο είναι ακόμη σε υγρή κατάσταση.

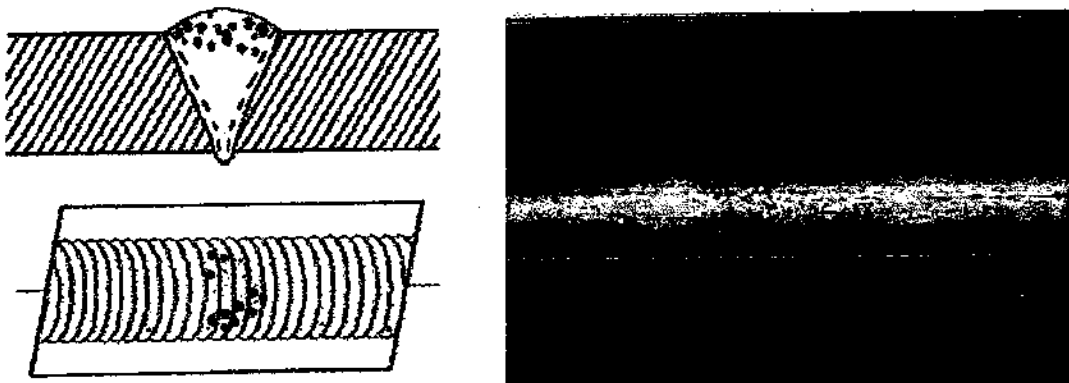
Η πορώδες περιοχής (σχήμα 13) συμβαίνει όταν η επένδυση των ηλεκτροδίων είναι υγρή. Η υγρασία μετατρέπεται σε αέρια στο τηγμένο μέταλλο και παγιδεύεται στη συγκόλληση κατά τη διαδικασία συγκόλλησης. Εμφανίζεται όπως το σύννηθες πορώδες στη ραδιογραφία αλλά οι ενδείξεις θα είναι συγκεντρωμένες σε ομάδα.



Σχήμα 12 Το πορώδες στη ραδιογραφία [14].

Το πορώδες στις συγκολλήσεις μπορεί να μειωθεί με τις ακόλουθες μεθόδους:

- Κατάλληλη επιλογή ηλεκτροδίων και μετάλλων πλήρωσης.
- Βελτίωση των τεχνικών συγκόλλησης, για παράδειγμα προθερμαίνοντας την περιοχή συγκόλλησης ή αυξάνοντας το ποσοστό θερμικής ισχύος.
- Καθαρισμός και πρόληψη της εισόδου των ρύπων στην περιοχή της συγκόλλησης.
- Μείωση του ρυθμού συγκόλλησης ώστε να υπάρξει χρόνος αποδέσμευσης των αερίων.



Σχήμα 13 Πορώδες Περιοχής [14]

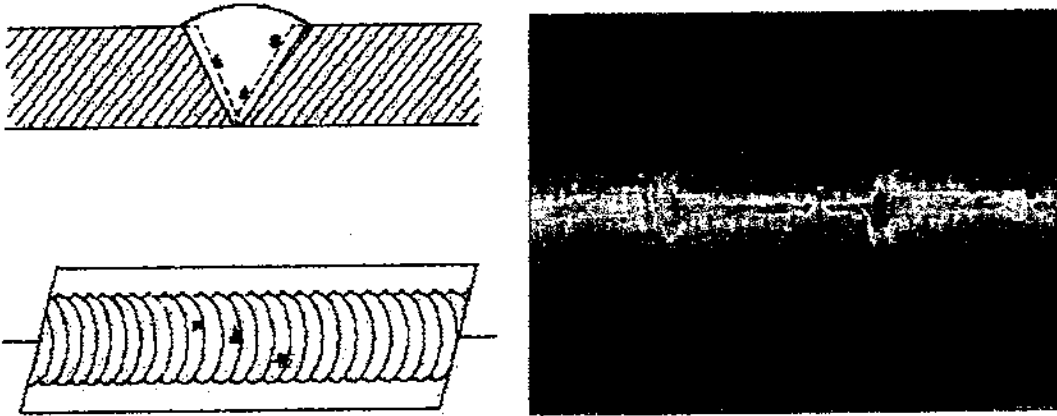
1.8.2. Έγκλεισμα Σκουριάς

Τα εγκλείσματα σκουριάς είναι ενώσεις όπως τα οξειδία, το συλλίπασμα και τα υλικά επένδυσης των ηλεκτροδίων, τα οποία είναι εγκλωβισμένα στην περιοχή της συγκόλλησης. Σε περίπτωση που τα προστατευτικά αέρια δεν είναι αποτελεσματικά κατά τη συγκόλληση, οι συνθήκες περιβάλλοντος συμβάλουν σε τέτοιου είδους αστοχίες. Οι συνθήκες συγκόλλησης είναι σημαντικές και με κατάλληλες τεχνικές η τηγμένη σκωρία θα βγει στην επιφάνεια του τηγ-

μένου μετάλλου χωρίς να εγκλωβιστεί. Συγκεκριμένα, τα εγκλείσματα σκωρίας μπορούν να αποφευχθούν ως ακολούθως:

- Καθαρίζοντας την επιφάνεια της ραφής της συγκόλλησης με το χέρι ή χρησιμοποιώντας ηλεκτρική βούρτσα, προτού τοποθετηθεί το επόμενο στρώμα.
- Επαρκής παροχή αδρανούς (προστατευτικού) αερίου.
- Επαναδιάταξη της σύνδεσης ώστε να υπάρχει αρκετός χώρος για την κατάλληλη χρήση του μίγματος τηγμένου μετάλλου.

Εγκλείσματα σκωρίας (σχήμα 14) είναι μη μεταλλικά στερεά υλικά παγιδευμένα στο λουτρό συγκόλλησης ή μεταξύ της συγκόλλησης και του συγκολλούμενου μετάλλου. Σε μια ραδιογραφία σκοτεινά, πριονωτά, ασύμμετρα σχήματα μέσα στη συγκόλληση ή κατά μήκος των περιοχών σύνδεσης των συγκολλήσεων είναι ενδεικτικά των εγκλεισμάτων σκωρίας.



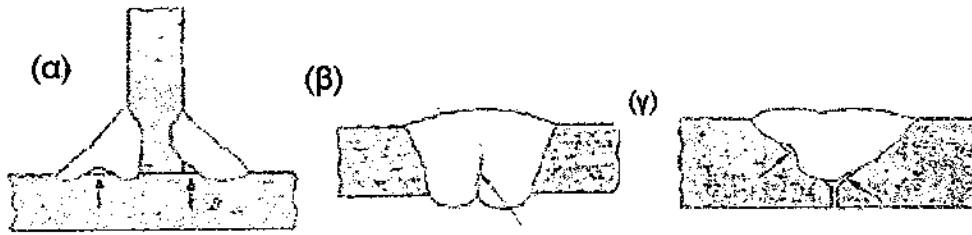
Σχήμα 14 Εγκλείσματα Σκουριάς [14]

1.8.3. Ατελής Τήξη και Διείσδυση

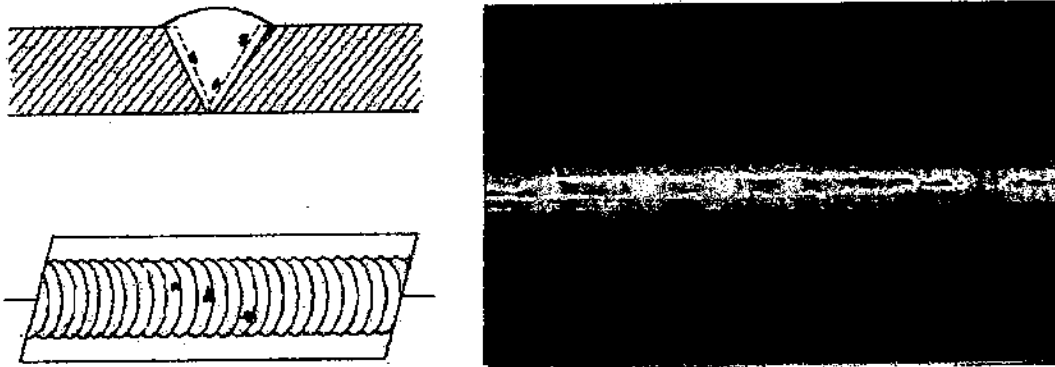
Ατελής τήξη-διάχυση ονομάζεται η κατάσταση κατά την οποία το επιπρόσθετο υλικό δεν λιώνει σωστά και δεν συνδέεται με το μέταλλο των προς συγκόλληση τεμαχίων. Η ατέλεια αυτή εμφανίζεται στο ραδιογράφημα συνήθως ως σκούρα γραμμή ή γραμμές στην κατεύθυνση της ραφής στην περιοχή της ρίζας της συγκόλλησης (σύνδεση των τεμαχίων). Η ατελής τήξη (ή η έλλειψη τήξης) παράγει ατελείς πτυχώσεις συγκόλλησης όπως αυτές που παρουσιάζονται στα σχήματα 15 και 16.

Καλύτερη συγκόλληση μπορεί να επιτευχθεί ως εξής:

- Αυξάνοντας τη θερμοκρασία του κοινού μετάλλου.
- Καθαρίζοντας την επιφάνεια συγκόλλησης πριν από τη συγκόλληση.
- Αλλάζοντας τη διάταξη της σύνδεσης και τον τύπο ηλεκτροδίου.
- Παρέχοντας επαρκές προστατευτικό αέριο.



Σχήμα 16 Παραδείγματα αστοχιών σε συγκόλληση με τήξη. α) Ατελής τήξη σε τμήμα. Στο Β υπάρχει γεφύρωμα. β) Ατελής τήξη από οξειδία ή ακαθαρσίες στο κέντρο του συνδέσμου, σε αλουμίνιο. γ) Ατελής τήξη σε αυλακοειδή συγκόλληση (από [14] επεξεργασμένο).



Σχήμα 15 Ατελή τήξη [14].

Ατελής διείσδυση ή έλλειψη διείσδυσης συμβαίνει όταν η μεταλλική συγκόλληση αποτυγχάνει να διεισδύσει στο σύνδεσμο. Η ατέλεια αυτή είναι μία από τις τυπικές ατέλειες και εμφανίζεται στο ραδιογράφημα με καλά ορισμένες ευθείες ακμές ακριβώς κάτω από τη ρίζα της κόλλησης.

Η ατελής διείσδυση παρουσιάζεται όταν το βάθος της σύνδεσης που έχει συγκολληθεί είναι μικρό. Η διείσδυση μπορεί να βελτιωθεί ως εξής:

- Αυξάνοντας τη θερμική ισχύ.
- Ελαττώνοντας την ταχύτητα συγκόλλησης.
- Αλλάζοντας τη διάταξη της σύνδεσης.
- Φροντίζοντας ώστε οι επιφάνειες που θα συνδεθούν να ταιριάζουν.

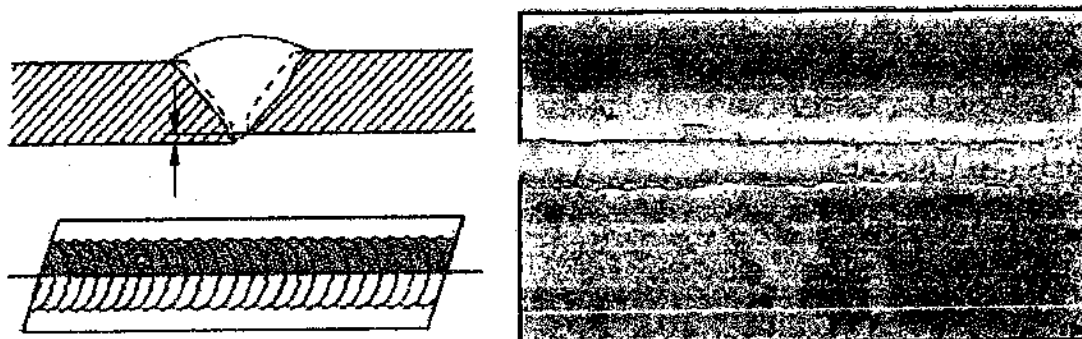
1.8.4. Προφίλ Συγκόλλησης

Το-προφίλ της συγκόλλησης είναι σημαντικό όχι μόνο εξαιτίας της επίδρασής του στην ισχύ και την εμφάνιση της συγκόλλησης, αλλά και επειδή μπορεί να φανερώσει την ατελή τήξη ή την εμφάνιση εγκλεισμάτων σκωρίας σε πολλά στρώματα της συγκόλλησης. Αποτέλεσμα: έλλειψης γεμίσματος (υποσκαφή) όταν η σύνδεση δεν έχει γεμίσει με την κατάλληλη ποσότητα μετάλλου. Εάν η υποσκαφή είναι βαθιά ή απότομη, μπορεί να αυξήσει τις τάσεις και να μειώσει την αντοχή της σύνδεσης, οδηγώντας σε πρόωρη αποτυχία. Η επικάλυψη είναι ασυνέχεια επιφάνειας που προκαλείται γενικά από την έλλειψη εξάσκησης στη συγκόλληση και την επιλογή λάθος υλικών.

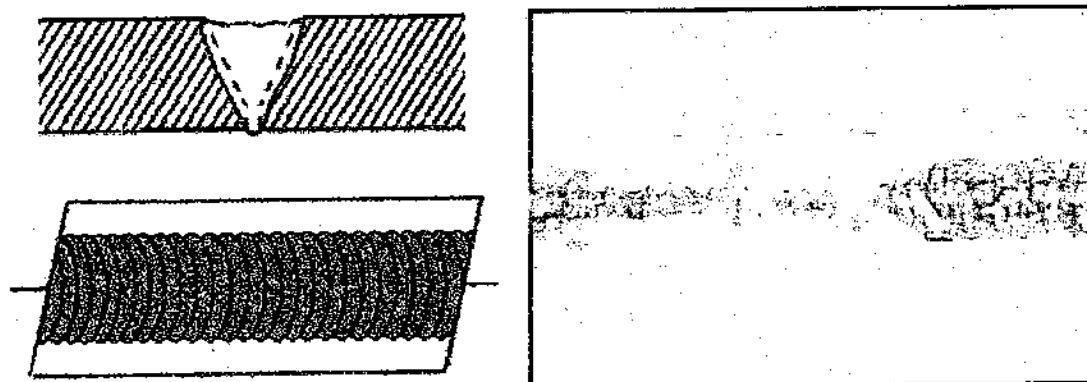
1.8.5. Ρωγμές

Ρωγμές μπορούν να εμφανιστούν σε διάφορα μέρη και κατευθύνσεις στην περιοχή συγκόλλησης. Οι ρωγμές είναι συνήθως επιμήκεις, εγκάρσιες, θυλακοειδείς, υποραφές και ρωγμές στα άκρα. Οι ρωγμές αυτές είναι σε γενικές γραμμές συνάρτηση των κάτωθι παραγόντων:

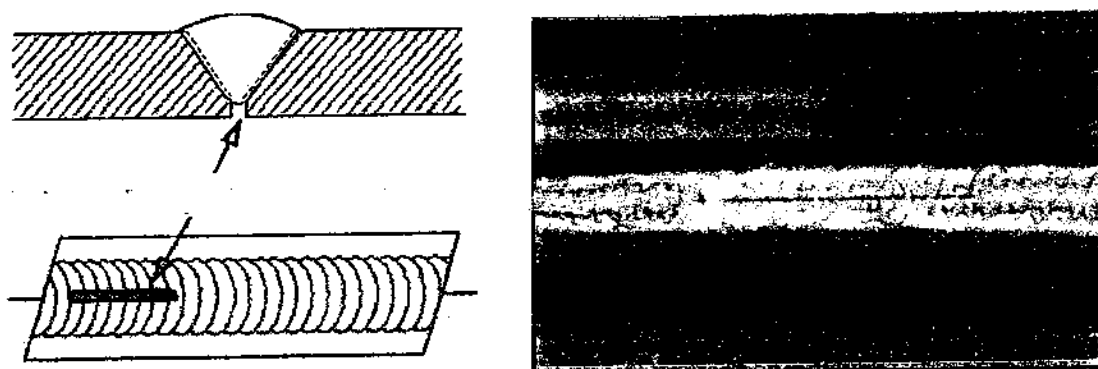
- Βαθμοί θερμοκρασίας που προκαλούν θερμικές τάσεις στη ζώνη συγκόλλησης.
- Εναλλαγές στη σύνθεση της ζώνης συγκόλλησης που προκαλούν διάφορες συστολές.



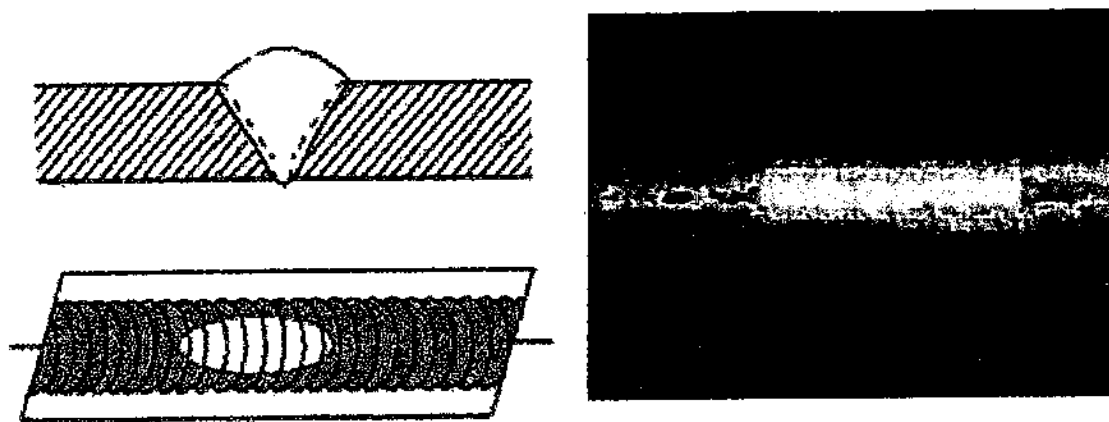
Σχήμα 18 Εσφαλμένη ευθυγράμμιση των συγκολλούμενων μερών. Η διαφορά στη πυκνότητα που εμφανίζεται στο ραδιογράφημα οφείλεται στο διαφορετικό πάχος των συγκολλούμενων περιοχών [14].



Σχήμα 17 Ανεπαρκές γέμισμα συγκόλλησης (Υποσκαφή), [14].

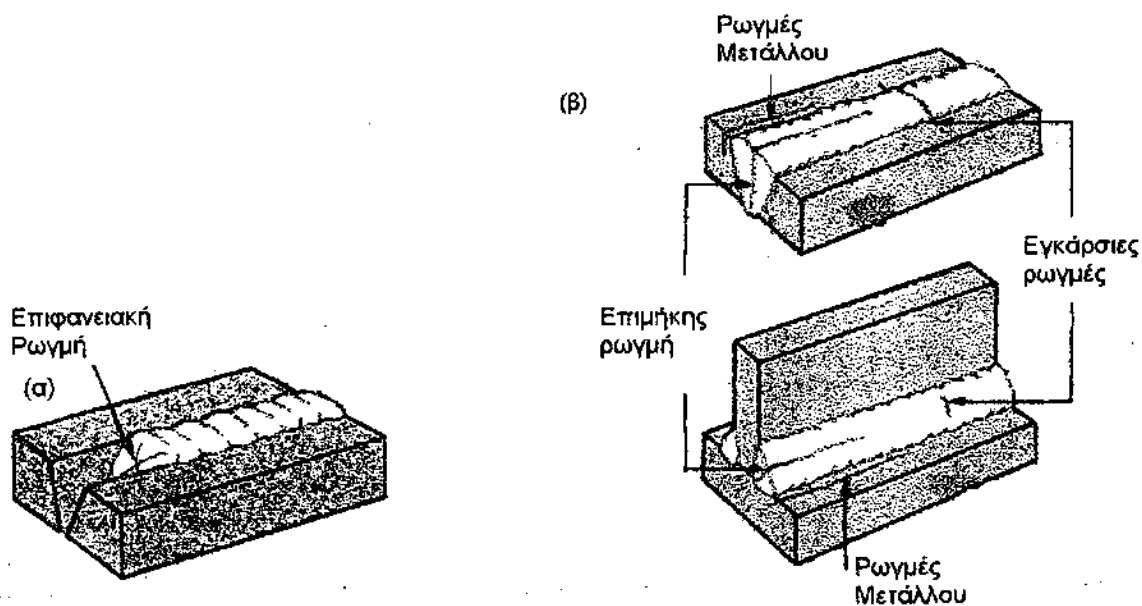


Σχήμα 19 Ατελή διείσδυση κόλλησης [14].



Σχήμα 20 Πλεονάζων γέμισμα συγκόλλησης (Επικάλυψη). Στη ραδιογραφία εμφανίζεται ως εντοπισμένη ανοιχτόχρωμη περιοχή [14]

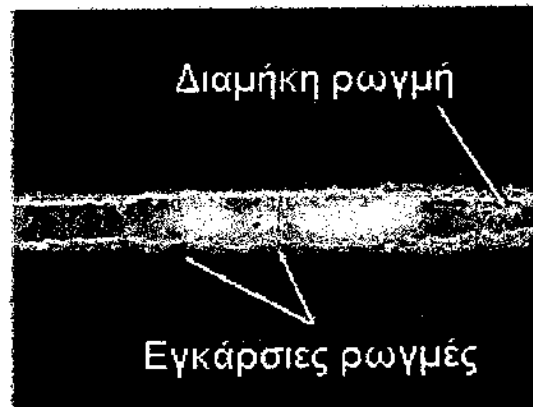
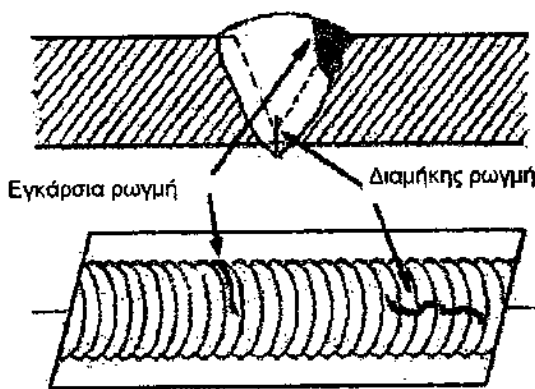
- Ευθραυστότητα των ορίων των κόκκων με διαχωρισμό στοιχείων, όπως το θείο, στα όρια των κόκκων, καθώς τα ρευστά όρια μετακινούνται τη στιγμή που το μέταλλο αρχίζει να στερεοποιείται.
- Ευθραυστότητα λόγω υδρογόνου.
- Ανικανότητα του μετάλλου να συσταλθεί κατά την ψύξη (σχήμα 21) κατάσταση παρόμοια με τη δημιουργία δακρύων εν θερμώ σε χυτήρια, η οποία οφείλεται σε υπερβολική ακινητοποίηση του αντικειμένου προς συγκόλληση.



Σχήμα 21 Είδη ρωγμών σε συγκολλημένες συνδέσεις που έχουν δημιουργηθεί από θερμικές τάσεις που αναπτύσσονται κατά την τήξη και συστολή της ραφής και της επιφάνειας της συγκόλλησης (α) Θυλακοειδείς ρωγμές, (β) διάφορα είδη ρωγμών σε συνδέσεις άκρων και μορφής T (από [14] επεξεργασμένο).

Οι ρωγμές χωρίζονται σε ρωγμές εν θερμώ και ρωγμές εν ψυχρώ. Οι ρωγμές εν θερμώ δημιουργούνται ενόσω η σύνδεση βρίσκεται ακόμα σε υψηλές θερμοκρασίες. Οι ρωγμές εν ψυχρώ εμφανίζονται μετά την πήξη του συγκολλημένου μετάλλου. Ορισμένα μέτρα αποφυγής των ρωγμών είναι τα εξής:

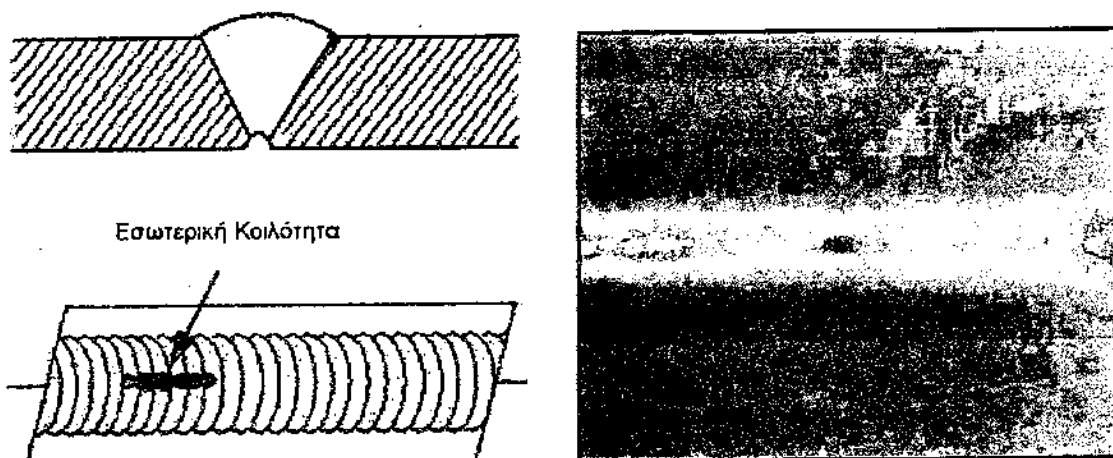
1. Αλλαγή της διάταξης της σύνδεσης ώστε να αποφευχθούν τάσεις που προκαλούνται από τις συστολές κατά την ψύξη.
2. Αλλαγή των παραμέτρων επεξεργασίας της συγκόλλησης, των διαδικασιών και της σειράς.
3. Προθέρμανση των συστατικών που θα συγκολληθούν.
4. Αποφυγή της ταχείας ψύξης των συστατικών μετά τη συγκόλληση.



Σχήμα 22 Ρωγμές κατά τη συγκόλληση. Τα σπασίματα φαίνονται στο ραδιογράφημα ως πολύ αχνές και συχνά ακανόνιστες γραμμές. Οι ρωγμές συχνά εμφανίζονται και ως "ουρές" των εγκλεισμάτων [14].

1.8.6. Εσωτερικές Κοιλότητες

Εσωτερική κοιλότητα είναι η κατάσταση όπου το μέταλλο συγκόλλησης έχει συσταθεί καθώς ψύχεται και έχει ανασηκωθεί στη ρίζα της συγκόλλησης. Στο ραδιογράφημα εμφανίζεται με παρόμοιο τρόπο με την έλλειψη διείδυσης αλλά η γραμμή έχει ακανόνιστες άκρες και είναι συχνά αρκετά πλατιά στο κέντρο της κόλλησης. Στο σχήμα 23 φαίνεται ένα παράδειγμα εσωτερικής κοιλότητας (Suck Back).



Σχήμα 23 Παράδειγμα εσωτερικής κοιλότητας (Suck Back). Στη ραδιογραφική εικόνα φαίνεται ως σκοτεινή ακανόνιστη περιοχή στο κέντρο της συγκόλλησης [14].

1.8.7. Επιφανειακή Αστοχία

Κατά τη συγκόλληση, κάποιο κομμάτι του μετάλλου ενδέχεται να εκτοξευθεί και να καταλήξει υπό τη μορφή σταγονιδίων σε γειτονικές επιφάνειες. Στις διαδικασίες συγκόλλησης τόξου, το ηλεκτρόδιο μπορεί ακούσια να έρθει σε επαφή με τμήματα που έχουν συγκολληθεί και βρίσκονται σε μέρη εκτός της ζώνης συγκόλλησης (γωνία τόξου). Τέτοιου είδους επιφανειακές ασυνέχειες ενδέχεται να είναι απαγορευτικές για λόγους εμφάνισης ή μετέπειτα χρήσης του τμήματος που θα συγκολληθεί. Εάν οι ασυνέχειες είναι μεγάλες, μπορεί να επηρεάσουν τις ιδιότητες της συγκολλημένης επιφάνειας, ιδιαίτερα στα μέταλλα που είναι ευαίσθητα στις εγκοπές. Η χρήση ορθών τεχνικών και διαδικασιών συγκόλλησης είναι σημαντική για την αποφυγή επιφανειακών ζημιών.

1.9. Εσωτερικές Τάσεις

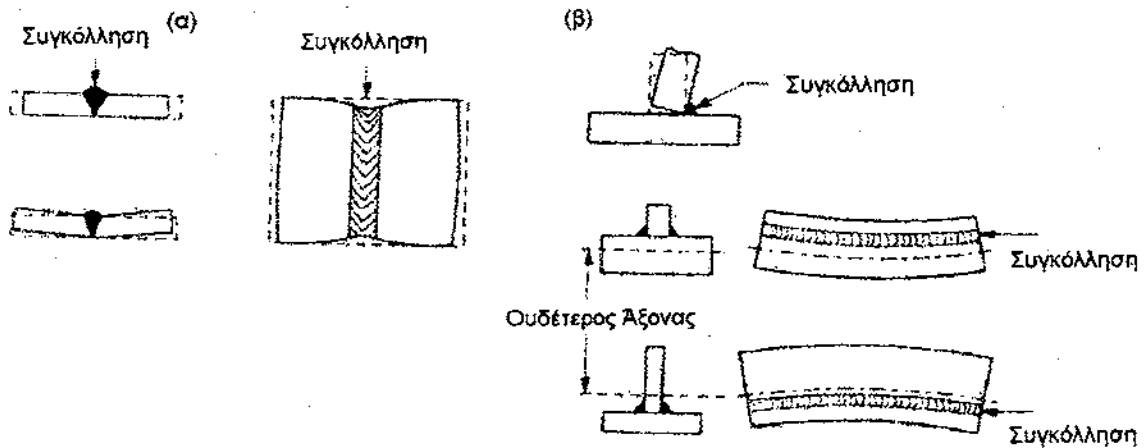
Εξαιτίας της εστιακής θερμότητας και ψύξης κατά τη συγκόλληση, οι διαστολές και συστολές της επιφάνειας συγκόλλησης προκαλούν εσωτερικές τάσεις στο αντικείμενο προς συγκόλληση. Οι εσωτερικές τάσεις μπορεί να προκαλέσουν:

- Παραμόρφωση, στρέβλωση και λυγισμό των συγκολλημένων τμημάτων (σχήμα 24).
- Ρηγματογενείς διαβρώσεις.
- Περαιτέρω παραμόρφωση σε περίπτωση ακόλουθης μετατόπισης τμήματος της συγκολλημένης επιφάνειας, για παράδειγμα με κατεργασία ή πριόνισμα.
- Μείωση αντοχής σε κόπωση.

Η περιγραφή του είδους και του καταμερισμού των εσωτερικών τάσεων στις συγκολλήσεις γίνεται με αναφορά στο σχήμα 25α. Όταν γίνεται συγκόλληση δύο πλακών, μία μεγάλη στενή περιοχή υπόκειται σε υψηλές θερμοκρασίες, ενώ οι πλάκες στο σύνολό τους βρίσκονται στην ουσία σε θερμοκρασία περιβάλλοντος. Καθώς ολοκληρώνεται η συγκόλληση και ο χρόνος κυλάει, η θερ-

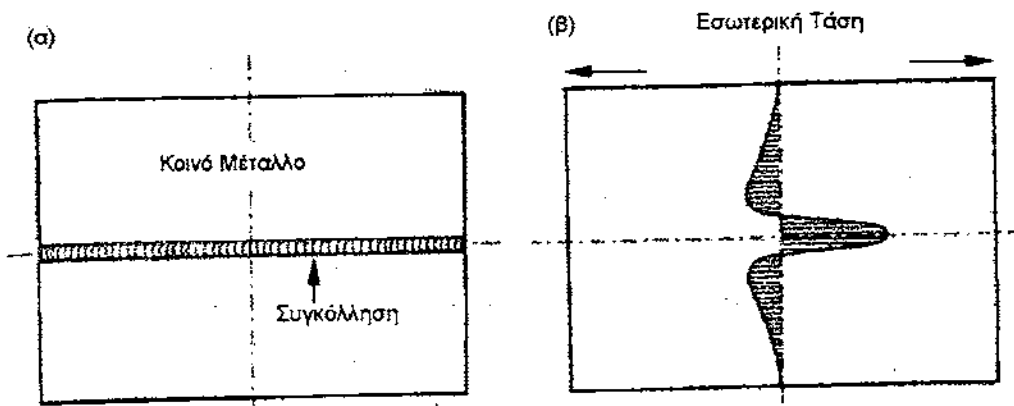
μότητα που εκπέμπει η επιφάνεια συγκόλλησης διαχέεται πλευρικά ως προς τις πλάκες καθώς κρυώνει η περιοχή. Έτσι οι πλάκες αρχίζουν να διαστέλλονται κατά μήκος, ενώ το μήκος της συγκόλλησης αρχίζει να συστέλλεται.

Τα δύο αυτά αντίθετα αποτελέσματα προκαλούν εσωτερικές τάσεις, οι οποίες συνήθως κατανέμονται όπως φαίνεται στο σχήμα 25β. Πρέπει να σημειωθεί ότι το μέγεθος των εσωτερικών τάσεων συμπίεσης στις πλάκες ελαττώνεται στο μηδέν σε κάποιο σημείο μακριά από την επιφάνεια συγκόλλησης. Καθώς δεν ασκούνται εξωτερικές δυνάμεις στις συγκολλημένες πλάκες, οι δυνάμεις έλξης και συμπίεσης που αντικατοπτρίζονται στις εσωτερικές αυτές τάσεις εξισορροπούνται.



Σχήμα 24 Η παραμόρφωση των τμημάτων μετά την συγκόλληση : (α) Σύνδεση άκρων (β) Πλάκες .Η παραμόρφωση προκαλείται από διαφοροποιημένες θερμικές διαστολές και συστολή διαφορετικών τμημάτων της συγκολλούμενης συναρμολόγησης (από [14] επεξεργασμένο).

Σε σύνθετες επιφάνειες συγκόλλησης, η κατανομή των εσωτερικών τάσεων είναι τρισδιάστατη και δύσκολο να αναλυθεί. Τα προηγούμενα παραδείγματα αφορούν δύο πλάκες οι οποίες δεν είναι ακίνητες. Εν ολίγοις, οι πλάκες δεν αποτελούν ενσωματωμένο τμήμα μιας μεγαλύτερης επιφάνειας.



Σχήμα 25 Εσωτερικές τάσεις αναπτυσσόμενες σε ευθύγραμμες συνδέσεις άκρων (από [14] επεξεργασμένο).

Στην περίπτωση που είναι ακινητοποιημένες, θα δημιουργηθούν εντάσεις αντίδρασης επειδή οι πλάκες δεν είναι ελεύθερες να διασταλούν ή να συσταλούν. Αυτό το φαινόμενο παρουσιάζεται ιδιαίτερα σε επιφάνειες με υψηλό βαθμό ακαμψίας.

1.10. Εκτόνωση τάσεων στις συγκολλήσεις

Τα προβλήματα που δημιουργούνται από τις εσωτερικές τάσεις (σχήμα 25), όπως οι παραμορφώσεις, στρεβλώσεις ή ρωγμές μπορούν να μειωθούν με την προθέρμανση του κοινού μετάλλου ή των τμημάτων που θα συγκολληθούν. Η προθέρμανση μειώνει τις παραμορφώσεις, μειώνοντας την ταχύτητα ψύξης και το επίπεδο θερμικών τάσεων (μείωση του συντελεστή ελαστικότητας). Η τεχνική αυτή μειώνει επίσης τις συστολές και τις πιθανές ρωγμές της σύνδεσης.

Τα αντικείμενα που θα συγκολληθούν μπορούν να θερμανθούν σε κάμινο, ηλεκτρικά ή επαγωγικά και τα λεπτά τους μέρη με λάμπες πυρακτώσεως ή με εμφύσηση θερμού αέρα. Για καλύτερα αποτελέσματα, οι θερμοκρασίες προθέρμανσης και η ταχύτητα ψύξης πρέπει να ελέγχονται προσεκτικά, προκειμένου η συγκολλημένη επιφάνεια να διατηρήσει αρκετή ισχύ και αντοχή.

Οι εσωτερικές τάσεις μπορούν να μειωθούν με την εκτόνωση των τάσεων στη συγκολλημένη επιφάνεια. Η θερμοκρασία και ο χρόνος που απαιτούνται για την εκτόνωση των τάσεων εξαρτώνται από το είδος του υλικού και το μέγεθος των εσωτερικών τάσεων που αναπτύσσονται. Άλλες μέθοδοι εκτόνωσης των τάσεων περιλαμβάνουν σφυρηλάτηση ή επιφανειακή συμπίεση της περιοχής της ραφής της συγκόλλησης. Οι διαδικασίες αυτές προκαλούν εσωτερικές τάσεις συμπίεσης, επομένως μειώνουν ή εξαλείφουν τις εσωτερικές τάσεις έλξης στη συγκόλληση. Για τις συγκολλήσεις πολλαπλών στρωμάτων, τα πρώτα και τα τελευταία στρώματα δεν θα πρέπει να σφυρηλατηθούν, προκειμένου να προστατευθούν από πιθανές ζημιές που προκαλούνται κατά τη σφυρηλάτηση.

Οι εσωτερικές τάσεις μπορούν επίσης να εκτονωθούν ή να μειωθούν με πλαστική παραμόρφωση της επιφάνειας έστω και σε μικρό βαθμό. Η τεχνική αυτή χρησιμοποιείται σε ορισμένες συγκολλημένες επιφάνειες, όπως σε δοχεία πίεσεως, πιέζοντας εσωτερικά τα δοχεία (όριο ελαστικότητας). Προκειμένου να μειωθεί η πιθανότητα ξαφνικής θραύσης κάτω από υψηλή εσωτερική πίεση, η συγκόλληση πρέπει να γίνει σωστά χωρίς εγχοπές και ασυνέχειες, οι οποίες θα μπορούσαν να αποτελέσουν σημεία συγκέντρωσης τάσεων. Εκτός από την εκτόνωση τάσεων, μπορεί να γίνει θερμική επεξεργασία των συγκολλήσεων με διάφορες τεχνικές ώστε να αλλάξουν οι ιδιότητές τους. Οι τεχνικές αυτές περιλαμβάνουν ανόπτηση, εξομάλυνση, βαφή και επαναφορά χάλυβα, καθώς και επεξεργασία διαλύματος και γήρανση διαφόρων κραμάτων.

1.11. Συγκολλησιμότητα

Μπορούμε να ορίσουμε τη συγκολλησιμότητα ενός μετάλλου ως την ικανότητά του να συγκολλάτε σε συγκεκριμένη επιφάνεια, η οποία διαθέτει ορισμένες ιδιότητες και χαρακτηριστικά και πληροί σε ικανοποιητικό βαθμό τις απαιτήσεις λειτουργίας του. Η συγκολλησιμότητα εμπεριέχει μεγάλο αριθμό μεταβλητών, κάνοντας δύσκολη τη διατύπωση γενικεύσεων. Όπως θα έχετε παρατηρήσει, τα χαρακτηριστικά των υλικών - όπως στοιχεία κράματος, προ-

σμείξεις, εγκλείσματα, μορφή κόκκων και ιστορικό επεξεργασίας του κοινού μετάλλου και του μετάλλου πλήρωσης είναι σημαντικά.

Εξαιτίας της παρουσίας της τήξης, της πήξης και των μεταβολών της δομής, είναι απαραίτητη η βαθιά γνώση του διαγράμματος φάσεων και της αντίδρασης του μετάλλου ή του κράματος σε υψηλές θερμοκρασίες για κάποια χρονική περίοδο. Επίσης η συγκολλησιμότητα επηρεάζεται από μηχανικές και φυσικές ιδιότητες της αντίστασης, της αντοχής, της ολκιμότητας, της ευαισθησίας στις εγκοπές, του συντελεστή ελαστικότητας, της συγκεκριμένης θερμότητας, του σημείου τήξης, της θερμικής διαστολής, των χαρακτηριστικών επιφανειακών τάσεων του τηγμένου μετάλλου και των διαβρώσεων.

Η προετοιμασία των επιφανειών για τη συγκόλληση είναι εξίσου απαραίτητη, όπως είναι η φύση και οι ιδιότητες των επιφανειακών στρωμάτων οξειδίου και των απορροφούμενων αερίων.

Η διαδικασία συγκόλλησης που χρησιμοποιήθηκε επηρεάζει σημαντικά τις θερμοκρασίες που αναπτύσσονται και την κατανομή τους στη ζώνη συγκόλλησης. Άλλοι παράγοντες είναι τα αδρανή αέρια, τα συλλιπάσματα, ο βαθμός υγρασίας των υλικών επένδυσης των ηλεκτροδίων, η ταχύτητα συγκόλλησης, η θέση συγκόλλησης, η ταχύτητα ψύξης, η προθέρμανση και οι τεχνικές μετά τη συγκόλληση (όπως η εκτόνωση τάσεων και η θερμική κατεργασία).

Η παρακάτω λίστα αναφέρει τη γενική συγκολλησιμότητα συγκεκριμένων μετάλλων, η οποία ποικίλλει ανάλογα με τις ειδικές τεχνικές συγκόλλησης που χρησιμοποιούνται.

- *Ακατέργαστοι χάλυβες*: άριστος βαθμός συγκολλησιμότητας για χάλυβες χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, μέτριος προς καλός για χάλυβες μέτριας περιεκτικότητας σε άνθρακα και χαμηλός για χάλυβες υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα.
- *Ελαφρώς κεκραμένοι χάλυβες*: όπως οι χάλυβες μέτριας περιεκτικότητας σε άνθρακα.
- *Χαλυβοκράματα υψηλής αντοχής*: γενικά καλή αντίδραση σε συνθήκες επαρκούς ελέγχου.
- *Ανοξειδωτο ατσάλι*: μπορεί να συγκολληθεί με διάφορες διαδικασίες.
- *Κράματα αλουμινίου*: μπορούν να συγκολληθούν σε υψηλό βαθμό θερμικής ισχύος. Τα κράματα που περιέχουν ψευδάργυρο ή χαλκό θεωρούνται γενικά ότι δεν μπορούν να συγκολληθούν.
- *Κράματα χαλκού*: όπως τα κράματα αλουμινίου.
- *Κράματα μαγνησίου*: μπορούν να συγκολληθούν με τη χρήση προστατευτικών αδρανών αερίων και συλλιπασμάτων.
- *Κράματα νικελίου*: όπως το ανοξειδωτο ατσάλι.
- *Κράματα τιτανίου*: μπορούν να συγκολληθούν με κατάλληλη χρήση αδρανών αερίων.
- *Ταντάλιο*: όπως το τιτάνιο.
- *Βολφράμιο*: μπορεί να συγκολληθεί υπό καλά ελεγχόμενες συνθήκες.
- *Μολυβδαίνιο*: όπως το βολφράμιο.
- *Νιόβιο*: μπορεί να συγκολληθεί με διάφορες διαδικασίες.

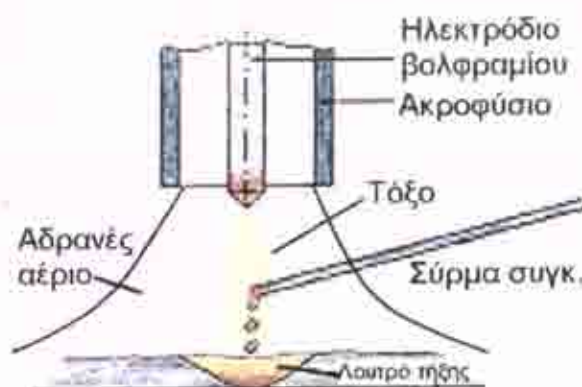
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΔΥΣΤΙΚΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ ΒΟΛΦΡΑΜΙΟΥ (TIG)

2. ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΜΕ ΔΙΣΤΗΚΤΟ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ ΣΕ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ (TIG)

2.1. Γενικά

Λέγεται διεθνώς T.I.G. από τα αρχικά των λέξεων Tungsten, Inert, Gas. Στην βιβλιογραφία (κυρίως την ξένη) λέγεται και G.T.A.W. από τα αρχικά των λέξεων Gas, Tungsten, Arc, Welding. Η μέθοδος αυτή εφαρμόστηκε κατά τον Β. Παγκόσμιο πόλεμο, από την ανάγκη συγκολλήσεως πολύ ελαφρών κραμάτων σε αεροναυτικές κατασκευές, όπως είναι τα κράματα με βάση το μαγνήσιο.



Σχήμα 26 Τόξο συγκόλλησης TIG με προσθήκη συγκολλητικού υλικού.

Σ' αυτή την μέθοδο το ηλεκτρόδιο που είναι από βολφράμιο (ή αλλιώς τουγκστένιο) χρησιμεύει μόνο για τη δημιουργία και την διατήρηση του ηλεκτρικού («βολταικό») τόξου και δεν φθείρεται σχεδόν καθόλου. Όταν είναι απαραίτητο να προσθέσουμε συγκολλητικό υλικό, τότε χρησιμοποιούμε ράβδους όπως στη συγκόλληση με οξυγονοασετυλίνη. Κατά τη διάρκεια της κόλλησης εμψύσατε στο σημείο της συγκόλλησης ένα αδρανές αέριο, το οποίο προστατεύει το τόξο, το λουτρό τήξης, το συγκολλητικό υλικό (σύρμα συγκόλλησης) εάν χρησιμοποιείται και το βασικό μέταλλο (τεμάχιο) από την επιβλαβή επίδραση του οξυγόνου και του αζώτου της ατμόσφαιρας (σχήμα 26).

Η μέθοδος παρουσιάζει τα παρακάτω πλεονεκτήματα:

- Η προστασία από τον ατμοσφαιρικό αέρα κάνει τις συνδέσεις πιο ισχυρές, πιο εύκαμπτες και πιο ανθεκτικές στη διάβρωση.
- Αποφεύγεται η χρήση συλλιπασμάτων (ιδίως στα μη σιδηρούχα μέταλλα), τα οποία συλλιπάσματα δημιουργούν προβλήματα απομακρύνσεως τους μετά την συγκόλληση. Και γνωρίζουμε πως αν δεν απομακρυνθούν δημιουργούν κινδύνους διάβρωσης.
- Πετυχαίνονται συγκολλήσεις καθαρές και υγιείς, γιατί δεν υπάρχουν καπνοί, ατμοί και σπινθήρες.
- Όταν τελειώσει η ραφή, το κορδόνι είναι τελείως καθαρό, χωρίς επικάλυψη (κρούστα) και έτσι δεν χρειαζόμαστε ματσακόνισμα ή βούρτσισμα.

- Τα αδρανή αέρια είναι αδιάλυτα μέσα στα λιωμένα μέταλλα. Έτσι δεν συγκρατούνται μέσα στη συγκόλληση σε μορφή διαλυμένου αερίου, δίνοντας χώρο, μετά το κρύωμα, για δημιουργία κενών (κουφάλες).
- Η απόδοση μετάδοσης της θερμότητας είναι υψηλότερη και πετυχαίνουμε μεγάλη ταχύτητα προχωρήσεως, εντοπισμό της θερμότητας, περιορισμό των παραμορφώσεων.

Με τη μέθοδο αυτή, συγκολλούνται τα περισσότερα από τα συνηθισμένα βιομηχανικά μέταλλα και κράματα όπως: Ανθρακοχάλυβες, χαλυβοκράματα, χυτοσίδηρος, αλουμίνιο, ανοξειδωτοι χάλυβες, κράματα μαγνησίου, νικέλιο και κράματα του, χαλκός, ορείχαλκος, μπρούτζος, άργιλος και άλλα. Η εκτέλεση της συγκόλλησης TIG μπορεί να γίνει με το χέρι ή και αυτόματα.

2.2. Χρησιμοποιούμενα αδρανή αέρια

Πρώτο χρησιμοποιήθηκε το ήλιο, που περιέχεται, σε μεγάλες αναλογίες σε μερικά φυσικά αέρια στις Ηνωμένες Πολιτείες της Αμερικής.

Επειδή όμως οι Η.Π.Α. δεν έκαναν εξαγωγή του αερίου οι άλλες χώρες ήταν υποχρεωμένες να το παίρνουν από τον ατμοσφαιρικό αέρα, στον οποίο περιέχεται σε πολύ μικρή αναλογία ($1:2 \cdot 10^5$). Έτσι μετά από έρευνες βρέθηκε ότι από τα άλλα αδρανή αέρια (Νέο, Ξένο, Κρυπτό, Αργό) μόνο το αργό μπόρεσε να αντικαταστήσει το ήλιο, και μάλιστα όπως θα δούμε, με καλύτερα αποτελέσματα. Το αργό βρίσκεται στον ατμοσφαιρικό αέρα σε αναλογία 1:100.

Τα αδρανή αέρια που χρησιμοποιούνται σήμερα για τη μέθοδο συγκόλλησης TIG είναι το αργό (Ar) και ήλιο (He). Ο σκοπός του προστατευτικού αερίου είναι να προστατευθεί το λουτρό τήξης και το ηλεκτρόδιο βολφραμίου από τα επιβλαβή αποτελέσματα του αέρα. Το προστατευτικό αέριο έχει επιπτώσεις επίσης στο ποσό θερμότητας που παράγεται από το τόξο και στην εμφάνιση του κορδονιού συγκόλλησης.

Το αργό και το ήλιο είναι ευγενή αδρανή αέρια. Αυτό σημαίνει ότι δεν θα συνδυαστούν χημικά με οποιοδήποτε άλλο υλικό. Το αργό και το ήλιο μπορούν να βρεθούν σε μίγματα αλλά ποτέ ως ενώσεις. Επειδή είναι αδρανείς, δεν έχουν επιπτώσεις στο λουτρό τήξης από καμιά άποψη.

Αργό

Το αργό (Ar) είναι ένα από τα 5 ευγενή αέρια (Ήλιο, Ξένο, Κρυπτό, Νέο). Είναι αέριο άχρωμο και άοσμο. Στον ατμοσφαιρικό αέρα βρίσκουμε σε αναλογία 0,94%. Το ειδικό βάρος του αργού είναι 1,38gr. Το κατεργασμένο αργό είναι 99,995% καθαρό αέριο. Έτσι χάρις σ' αυτή την καθαρότητα επιτυγχάνουμε συγκολλήσεις υψηλής ποιότητας.

Το αργό είναι ένα υποπροϊόν στις εγκαταστάσεις διαχωρισμού αέρα. Διανέμεται σε φιάλες ως αέριο ή σε μεγάλη ποσότητα σε υγρή μορφή. Επειδή το αργό είναι πυκνότερο από τον αέρα, προστατεύει αποτελεσματικά τις συγκολλήσεις και προσφέρει βαθιά διείσδυση στην επίπεδη θέση.

Το αργό είναι σχετικά εύκολο να ιονιστεί (σχήμα 27) και έτσι είναι κατάλληλο για τις εφαρμογές συγκόλλησης με εναλλασσόμενο ρεύμα και εξασφαλίζει ευκολότερης έναρξη τόξου. Αυτή η ιδιότητα του επιτρέπει επίσης να δημιουργούνται σχετικά μεγάλοι μήκους τόξα στις χαμηλότερες τάσεις. Το αργό ακό-

μα έχει και καθαριστική δράση. Αυτά τα χαρακτηριστικά είναι τα πιο χρήσιμα όταν η εκτέλεση της συγκόλλησης γίνεται χειρωνακτικά.



Σχήμα 27 Συγκεντρωμένη ιονισμένη στήλη αερίου αργού (από [25] επεξεργασμένο)

Ήλιο

Το ήλιο είναι και αυτό ένα από τα 5 ευγενή αέρια. Η περιεκτικότητά του ατμοσφαιρικού αέρα σε ήλιο είναι κατά πολύ μικρότερη από αυτήν του αργού. Το ήλιο έχει καλύτερα αποτελέσματα στη συγκόλληση, μερικά από τα οποία είναι:

- Μεγαλύτερη ταχύτητα συγκολλήσεως.
- Δυνατότητα συγκολλήσεως μετάλλων μεγάλου πάχους με ένα ή δύο κορδόνια.
- Το ήλιο προσφέρει βαθύτερη διείσδυση από το αργό.
- Μεγαλύτερη τοπική θέρμανση.

Το ήλιο (He) είναι ένα υποπροϊόν της βιομηχανίας φυσικού αερίου. Αφαιρείται από το φυσικό αέριο με κλασματική απόσταξη. Η δύναμη του τόξου με ήλιο είναι επαρκής για να μετατοπίσει το λουτρό τήξης και στα πολύ μικρά τόξα. Το ήλιο μπορεί να αναμειχθεί και με το αργό για να αποκομίσει τα συνδυασμένα οφέλη του καθαρισμού των καθόδων και της βαθύτερης διείσδυσης, ιδιαίτερα για τη χειρωνακτική συγκόλληση. Οι φυσικές ιδιότητες του ηλίου επιτρέπουν (δυνατότητα ιονισμού) την ανάμειξη με το αργό. Η αναλογία που χρησιμοποιείται κυρίως είναι 25% αργό και 75% ήλιο.

Το ήλιο έχει και μερικά μειονεκτήματα επειδή είναι ελαφρύτερο από τον αέρα, αποτρέποντας κατά συνέπεια τη δημιουργία καλού προστατευτικού καλύμματος. Τα ποσοστά ροής του πρέπει να είναι περίπου δύο φορές υψηλότερα από το αργό για να έχουμε αποτελεσματική ακαμψία στη ροή του αερίου. Είναι δύσκολο να ιονίσει, απαιτώντας υψηλές τάσεις για να υποστηρίξει το τόξο και καθιστώντας το τόξο δυσκολότερο για να ανάψει. Τα τόξα που δη-

μιουργεί με εναλλασσόμενο ρεύμα είναι πολύ ασταθή. Το ήλιο συνιστάτε για βαριές συγκολλήσεις.

Τα χρησιμοποιούμενα αδρανή αέρια ήλιο και αργό, πρέπει να είναι τελείως ξηρά και καθαρά (ποσοστό καθαρότητας 99,95 ή και 99,995%). Η καθαρότητα των αερίων στα μη σιδηρούχα μέταλλα είναι μεγάλης σπουδαιότητας. Στους ανθρακοχάλυβες και στο χαλκό δεν δημιουργεί ιδιαίτερα προβλήματα. Αν και το ήλιο έχει την ιδιότητα να δίνει λίγο μεγαλύτερη διείσδυση στη συγκόλληση, το αργό χρησιμοποιείται περισσότερο σε όλες τις χώρες γιατί:

- Δίνει πιο ομαλή και ήρεμη ενέργεια τόξου.
- Σε μία δεδομένη ένταση και μήκος τόξου, χρειάζεται πιο χαμηλή τάση (πλεονέκτημα σε συγκόλληση λεπτών παχών).
- Σε συγκολλήσεις ορισμένων μετάλλων (αλουμίνιο, μαγνήσιο) με εναλλασσόμενο ρεύμα, έχει μεγαλύτερη καθαριστική ενέργεια.
- Επιτρέπει καλύτερο έλεγχο στον κρατήρα του λιωμένου μετάλλου και στο τόξο.
- Στοιχίζει πιο φτηνά και υπάρχει παντού.
- Χρειάζεται μικρότερη ποσότητα για την προστασία της συγκολλήσεως.
- Ανάβει ευκολότερα το τόξο.

Ο παρακάτω πίνακας 1 μας δίνει οδηγίες για την εκλογή του κατάλληλου αερίου.

Πίνακας 1 Οδηγιών για την εκλογή του κατάλληλου αερίου προστασίας

Μέταλλο		Αέριο	Πλεονεκτήματα
Αλουμίνιο	Με το χέρι	Αργό	Καλύτερη έναυση του τόξου, καθαριστική ενέργεια, ποιότητα συγκόλλησης.
	Αυτόματη	Ήλιο	Δυνατές μεγάλες ταχύτητες συγκόλλησης. (Ρεύμα συνεχές-ηλεκτρόδιο θετικό).
		Αργό-Ήλιο	Καλύτερη ποιότητα συγκολλήσεως. Μικρότερη κατανάλωση αερίου απ' ότι με σκέτο Ήλιο.
Μαγνήσιο	0-1/16"	Ήλιο	Καλώς ελεγχόμενη διαπερατότητα (Ρεύμα συνεχές-ηλεκτρόδιο θετικό).
	1/16" και πάνω	Αργό	Μικρή κατανάλωση αερίου, εξαιρετική καθαριστική ικανότητα, εύκολος χειρισμός κρατήρα.
Ανθρακοχάλυβες μέσης περιεκτικότητας σε άνθρακα	0-1/8"	Αργό	Ευκολότερος χειρισμός κρατήρα.
	1/8" και πάνω		Να προτιμάτε η μέθοδος συγκόλλησης MIG.
Χαλκός Νικέλιο και κράματα αυτών (Monel-Inconel)		Αργό	Ευκολότερος έλεγχος κρατήρα, διεισδυτικότητα και ομαλότητα στρώματος λεπτών ελασμάτων.
		Αργό-Ήλιο	Μεγαλύτερη θερμότητα για αντιστάθμιση της μεγάλης θερμικής αγωγιμότητας σε παχύτερα ελάσματα.
		Ήλιο	Μεγαλύτερη θερμότητα για μεγάλες ταχύτητες σε χοντρά μεταλλικά κομμάτια.
<p>Monel= Ανοξειδωτο κράμα (67% Νικέλιο, 30% Χαλκός, 1,4% Σίδηρος, 15 Μαγνήσιο και 0,15 Άνθρακας)</p> <p>Inconel= Ανοξειδωτο κράμα (79,5% Νικέλιο, 13% Χρώμιο και 6,5% Σίδηρος)</p>			

Για ορισμένες ειδικές εργασίες βρέθηκε ευεργετική η χρησιμοποίηση άλλων αερίων όπως το αέριο άζωτο (N), (συγκόλληση χαλκού), ενώσεις αργού-ηλίου με υδρογόνου (H), (ανοξειδωτοι χάλυβες, Monel), με οξυγόνο (O₂) και διοξείδιο του άνθρακα (CO₂).

Υδρογόνο

Το υδρογόνο δεν είναι ένα αδρανές αέριο και δεν χρησιμοποιείται ως κύριο αέριο δημιουργίας προστατευτικής ατμόσφαιρας. Εντούτοις, μπορεί να είναι προστιθέμενο στο αργό όταν απαιτούνται η βαθιά διείσδυση και οι υψηλές ταχύτητες συγκόλλησης. Βελτιώνει επίσης στην καθαριστική δράση του αργού στην επιφάνεια της συγκόλλησης. Οι προσθήκες υδρογόνου είναι περιορισμένες στους ανοξειδωτους χάλυβες επειδή το υδρογόνο είναι η αρχική αιτία της δημιουργίας του πορώδους στις συγκολλήσεις. Μπορεί να προκαλέσει το πορώδες στους ανθρακούχους χάλυβες και ράγισμα στις συγκολλήσεις με χάλυβες χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα.

Αζωτο

Όπως το υδρογόνο, το άζωτο έχει χρησιμοποιηθεί ως πρόσθετη ουσία στο αργό. Αλλά δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με μερικά υλικά, όπως οι φερριτικοί χάλυβες, επειδή παράγει το πορώδες. Σε άλλες περιπτώσεις, όπως με τους ωστενιτικούς ανοξειδωτους χάλυβες, το άζωτο είναι χρήσιμο ως σταθεροποιητής του ωστενίτη στο κράμα. Ακόμα, χρησιμοποιείται για να αυξήσει τη διείσδυση στις συγκολλήσεις του χαλκού.

Ας δούμε μερικές αναμίξεις των αερίων και τι αποτελέσματα παίρνουμε:

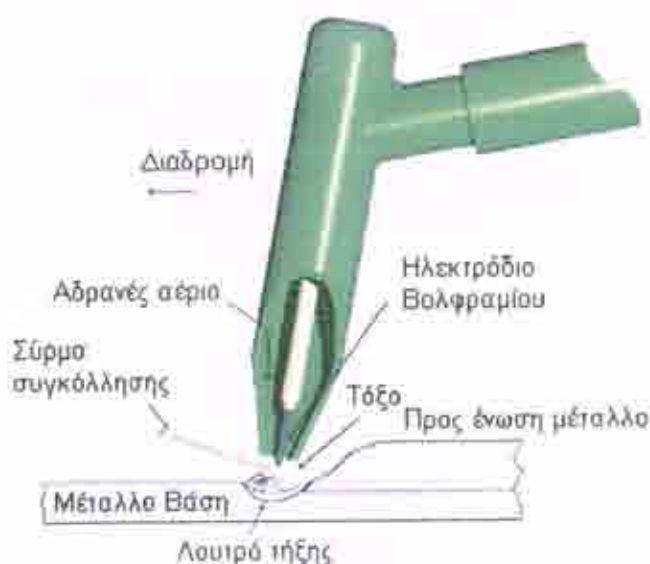
- Αργό 25-30% + Ήλιο 75- 70%. Η ανάμιξη αυτή επιτρέπει τη συγκόλληση ελαφρών κραμάτων μεγάλου πάχους και γενικώς τη συγκόλληση με αυτόματες μηχανές.
- Αργό 70-80% + διοξείδιο του άνθρακα 30-15%. Η ανάμιξη αυτή επιτρέπει τη συγκόλληση χάλυβα με μεγάλη περιεκτικότητα σε άνθρακα. Επίσης χρησιμοποιείται και για συγκολλήσεις με την μέθοδο MIG.
- Αργό + διοξείδιο του άνθρακα + οξυγόνο. Η ανάμιξη αυτή χρησιμοποιείται ευρύτατα, γιατί επιτρέπει την πολύ καλή συγκόλληση των χαλύβων με άνθρακα σε μεγάλα πάχη. Η προστασία που παρέχει αυτή η ανάμιξη έχει σαν αποτέλεσμα την καλή εμφάνιση του κορδονιού χωρίς ρωγμές (σπασίματα).
- Αργό-υδρογόνο. Η ανάμιξη αυτή χρησιμοποιείται ευρύτατα για την συγκόλληση με την μέθοδο TIG και για την προστασία της οπίσθιας πλευράς των τεμαχίων.
- Αργό-Αζωτο. Η ανάμιξη αυτή είναι η κατάλληλη για την προστασία των οπίσθιων τμημάτων των τεμαχίων.

2.3. Συγκολλητικό υλικό

Κατά τη συγκόλληση TIG τόσο το συγκολλητικό υλικό (σύρμα συγκόλλησης), όσο και προστατευτικό αέριο μπορούν να επηρεάσουν τη χημική σύνθεση και τις μηχανικές ιδιότητες του τηγμένου μετάλλου συγκόλλησης.

2.3.1. Αρχές των συρμάτων συγκόλλησης

Το σύρμα συγκόλλησης παρέχει στην περίπτωση που χρειάζεται το επιπρόσθετο υλικό της επιθυμητής σύνθεσης για τη συγκεκριμένη συγκόλληση (σχήμα 28). Τα σύρματα συγκόλλησης για τη συγκόλληση TIG (μη-κραματούχων) χαλύβων είναι πάντα κραματοποιημένα με λίγο επιπλέον μαγγάνιο (Mn) και πυρίτιο (Si). Σκοπός τους είναι να εξουδετερώσουν ή να προλάβουν την ανεπιθύμητη επίδραση του οξυγόνου (O_2) που προέρχεται από το περιβάλλον του λουτρού τήξης καθώς και του οξυγόνου που προέρχεται από το οξειδία. Η δημιουργία του CO_2 και του CO είναι ανεπιθύμητη στο λουτρό τήξης. Αυτά έχουν τη μορφή αερίου και έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία πόρων στο λουτρό τήξης.



Σχήμα 28 Συγκόλληση TIG με προσθήκη συγκολλητικού υλικού (από [22] μεταφρασμένο).

Πρέπει επίσης να εξουδετερωθεί η δημιουργία Fe_xO_y διότι έτσι δημιουργούνται εύθραυστα στρώματα στο μέταλλο της συγκόλλησης. Επειδή το Μαγγάνιο και το Πυρίτιο ενώνονται πιο εύκολα με το οξυγόνο από ότι ο C (άνθρακας) και το Fe (σίδηρος), εμποδίζεται έτσι η δημιουργία CO , CO_2 και Fe_xO_y .

Μέχρι και από το Fe_xO_y το Si και το Mn δεσμεύουν το O_y έτσι ώστε να παραμένει καθαρό Fe στη συγκολλητική σύνδεση. Αυτή η λειτουργία του μαγγανίου και του πυριτίου ονομάζεται desoxidation. Το Mn δημιουργεί μαζί με το O_2 οξείδιο του Μαγγανίου (MnO) και το Si δημιουργεί με το O_2 οξείδιο του πυριτίου (SiO_2). Επιπλέον τόσο το MnO όσο και το SiO_2 είναι ρευστά στο λουτρό τήξης. Εκτός από αυτό το Si έχει μια θετική επίδραση στα χαρακτηριστικά ροής του λουτρού τήξης και στην ποιότητα αντοχής του χάλυβα εάν δεν ξεπερνά κάποια ποσοστό.

Κάτω από την επίδραση της θερμότητας του τόξου αλλάζουν, ανάλογα με τη σύνθεση του σύρματος και του προστατευτικού αερίου που χρησιμοποιούνται, η σύνθεση και επομένως και οι μηχανικές ιδιότητες του τετηγμένου με-

τάλλου συγκόλλησης. Σκοπός είναι να αποκτά το τετηγμένο μέταλλο συγκόλλησης σχεδόν τις ίδιες ιδιότητες με το αρχικό υλικό που πρέπει να συνδεθεί μέσω της συγκόλλησης. Για αυτό το λόγο η επιλογή του συνδυασμού του σύρματος συγκόλλησης και του προστατευτικού αερίου είναι μεγάλης σημασίας.

Για τη συγκόλληση TIG χρησιμοποιούνται συμπαγή σύρματα συγκόλλησης. Για την ένδειξη που φέρει το σύρμα συγκόλλησης (το επιπρόσθετο υλικό ή υλικά που περιέχει) έχουν γίνει ή και θα γίνουν συμφωνίες σε Ευρωπαϊκό επίπεδο και έχουν καταγραφεί σε πρότυπα «ΕΠ» και σημειώνονται με και κάποιον αριθμό.

2.3.2. Εμπορικές μορφές συρμάτων συγκόλλησης TIG

Τα σύρματα συγκόλλησης για συγκόλληση TIG είναι συσκευασμένα σε συσκευασίες βάρους των 1,2 ή 5 κιλών. Οι συσκευασίες σύρματος είναι κατάλληλα συσκευασμένες και φέρουν μια ετικέτα, σχετικά με το περιεχόμενο.

Καμιά φορά τα συμπαγή σύρματα είναι επιχαλκωμένα για να διευκολύνεται η διαδικασία εφελκυσμού κατά τη μείωση της διαμέτρου του σύρματος κατά την κατασκευή. Επίσης βελτιώνεται και η μεταφορά ρεύματος στο σωλήνα επαφής και προλαμβάνεται το, κάτω από ορισμένες συνθήκες, σκούριασμα του σύρματος συγκόλλησης όταν αυτό έχει βγει από τη συσκευασία. Αυτός ο χαλκός όμως φθάνει στο λουτρό τήξης και ενδεχομένως να έχει μια αρνητική επίδραση στις μηχανικές ιδιότητες της επιφάνειας συγκόλλησης. Για αυτό το λόγο υπάρχουν και μη-επιχαλκωμένα σύρματα συγκόλλησης.

2.3.3. Αποθήκευση των συρμάτων

Οι ιδιότητες των συρμάτων δεν επηρεάζονται από την παρατεταμένη αποθήκευση, υπό την προϋπόθεση ότι αποθηκεύονται μέσα στην αρχική συσκευασία και σε συγκεκριμένο βαθμό υγρασίας το πολύ 60% και σε θερμοκρασία των 15 °C.

Όταν αποκλίνουν οι συνθήκες αποθήκευσης, τότε χρειάζεται ένας ανά τακτά διαστήματα έλεγχος και στην ανάγκη πρέπει να παρθούν τα απαραίτητα μέτρα.

Τα σύρματα συγκόλλησης για τη συγκόλληση TIG σε χάλυβα με χαμηλό βαθμό κραματοποίησης και υψηλό όριο ελαστικότητας θα καταγραφούν ενδεχομένως στο ΕΠ 12534.

Για τα σύρματα συγκόλλησης TIG σε ανοξειδωτο ατσάλι δεν υπάρχει ακόμα κάποιο πρότυπο, οπότε θα πρέπει να ακολουθούνται οι ενδείξεις του κατασκευαστή ή του προμηθευτή. Το ίδιο ισχύει για τα σύρματα συγκόλλησης σε αλουμίνιο.

Γενικώς καλό θα είναι να χρησιμοποιηθεί επιπρόσθετο υλικό ανάλογα με το προς συγκόλληση μέταλλο και επίσης να ακολουθούνται οι ενδείξεις του κατασκευαστή ή του προμηθευτή (και για λόγους έγκρισης και ελέγχου του τελικού προϊόντος συγκόλλησης)

2.4. Ηλεκτρόδιο βολφραμίου

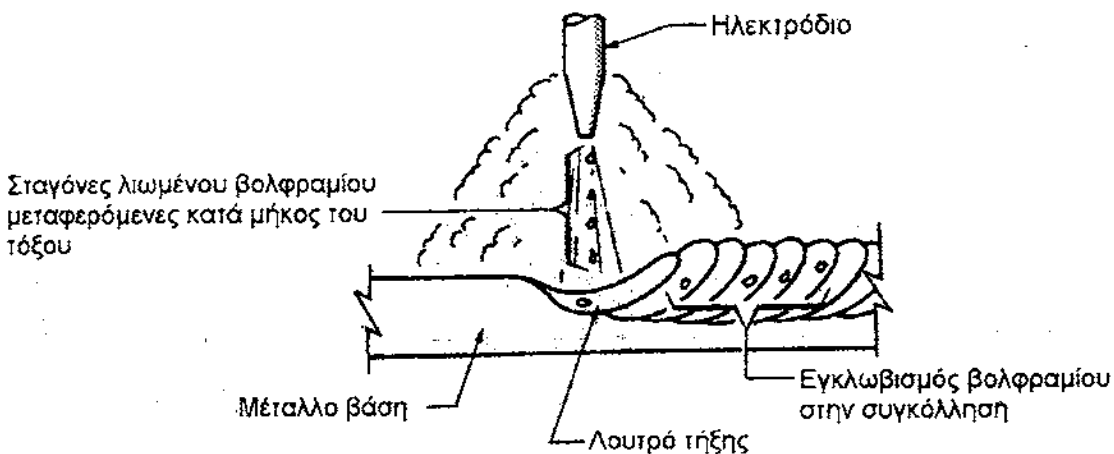
Το βολφράμιο είναι το μέταλλο που χρησιμοποιείται για την κατασκευή του ηλεκτροδίου, έχει ατομικό σύμβολο W. Μερικά χαρακτηριστικά αυτού του μετάλλου είναι:

- Σκληρότητα, Rockwell C45.
- Θερμοκρασία τήξης, 6,170°F, ή 3,410°C .
- Θερμοκρασία βρασμού, 10700°F, ή 5630°C.
- Καλός αγωγός του ηλεκτρισμούς.
- Δεν έχει καθόλου ευλυγισία.
- Έχει γκρίζο μαύρο χρώμα.

Το βολφράμιο παράγεται κυρίως από αναγωγή του τριοξειδίου του με υδρογόνο. Το κονιοποιημένο βολφράμιο καθαρίζεται έπειτα κατά 99,95%, συμπιέζεται, και συμπυκνώνεται (θερμαινόμενος σε μια θερμοκρασία κάτω από την θερμοκρασία τήξης του) και γίνεται ράβδος. Οι ράβδοι θερμαίνονται για να αυξηθεί η ολκιμότητα και έπειτα και ολκείται μέσω οπών για να παραχθούν τα ηλεκτρόδια. Αυτά τα ηλεκτρόδια είναι διαθέσιμα σε διάφορα μεγέθη διαμέτρων που ποικίλλουν από το 0,01in. έως 0,25 in. (0,25mm σε 6mm.). Το ηλεκτρόδιο βολφραμίου, μετά από την κατεργασία του, έχει ένα βαρύ μαύρο οξειδίο που αργότερα καθαρίζεται χημικά.

Η υψηλή θερμοκρασία τήξης και η καλή ηλεκτρική αγωγιμότητα κάνουν το βολφράμιο την καλύτερη επιλογή για ένα μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο. Η θερμοκρασία του ηλεκτρικού τόξου, γύρω στους 11000°F (6000°C), είναι πολύ υψηλότερος από τη θερμοκρασία τήξης του βολφραμίου αλλά όχι πολύ υψηλότερος από την θερμοκρασία βρασμού του 10700°F (5630°C).

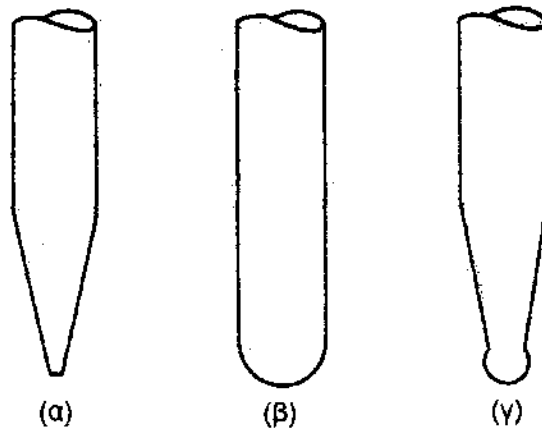
Δεδομένου ότι το ηλεκτρόδιο βολφραμίου θερμαίνεται, το τόξο μεταξύ του ηλεκτροδίου και της επιφάνειας εργασίας (συγκόλλησης) θα σταθεροποιηθεί. Επειδή τα ηλεκτρόνια εκπέμπονται πιο ελεύθερα από το καυτό βολφράμιο, οι πολύ υψηλότερες θερμοκρασίες στην άκρη του ηλεκτροδίου βολφραμίου επιδιώκονται.



Σχήμα 29 Διάβρωση του ηλεκτροδίου και εγκλωβισμός βολφραμίου στην συγκόλληση (από [6] μεταφρασμένο).

Λόγω της υψηλής θερμοκρασία του τόξου θα εμφανιστεί και κάποια διάβρωση του ηλεκτροδίου. Αυτό το διαβρωμένο βολφράμιο μεταφέρεται πέρα από το τόξο (σχήματος 29). Μια αργή διάβρωση του ηλεκτροδίου όπου θα μπορούμε να υπολογίσουμε την απώλεια βολφραμίου είναι αποδεκτή. Τυποποιημένοι κώδικες δίνουν το επιτρεπόμενο ποσοστό συνύπαρξης βολφραμίου στους διάφορους τύπους συγκολλήσεως. Ο εγκλωβισμός βολφραμίου στην συγκόλληση είναι σκληρά σημεία που έχουμε συγκέντρωση τάσεων με συνέπεια ενδεχομένως την αποτυχία της συγκόλλησης. Αν και η διάβρωση βολφραμίου δεν μπορεί να περιοριστεί πλήρως, όμως μπορεί να ελεγχθεί. Μερικοί τρόποι που θα βοηθήσουν στην μείωση της διάβρωση του ηλεκτροδίου είναι:

- Καλή μηχανική και ηλεκτρική επαφή μεταξύ του ηλεκτροδίου και του μεταλλικού δακτυλίου (σφικτήρα) του φορέα της τσιμπίδας πάνω στο οποίο στερεώνεται.
- Χρησιμοποίηση ρεύματος μικρότερης εντάσεως.
- Χρησιμοποίηση υδρώψυκτης τσιμπίδας.
- Χρησιμοποιώντας όσο το δυνατόν μεγαλύτερης διαμέτρου ηλεκτρόδιο.
- Χρησιμοποίηση συνεχές ρεύματος με ίσιους πόλους (ηλεκτρόδιο (-), (βλέπε παρακάτω, κεφάλαιο 2.5.1.1, σελίδα 47).
- Χρησιμοποίηση κατάλληλου τύπου ηλεκτρόδιο με σωστή διαμόρφωση των άκρων του (σχήμα 30).
- Χρησιμοποίηση ηλεκτρόδιου βολφραμίου με προσμίξεις.

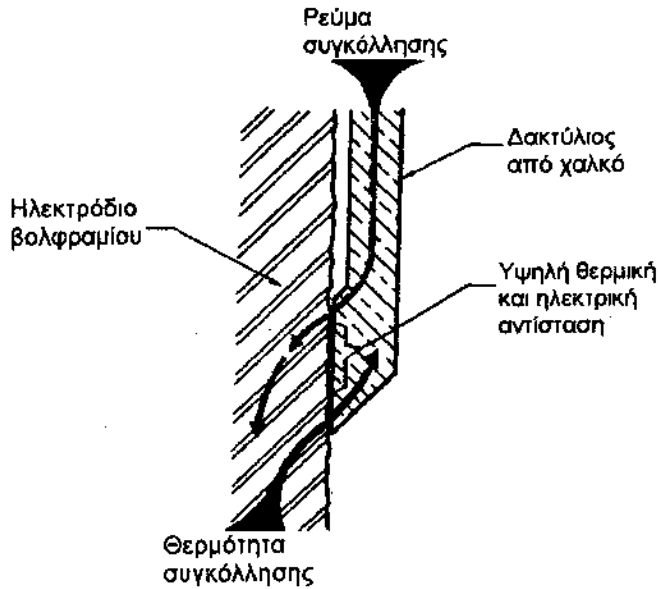


Σχήμα 30 Διαμόρφωση των άκρων του ηλεκτροδίου του βολφραμίου: α) Κωνική β) στρογγυλή γ) σφαιρική [6]

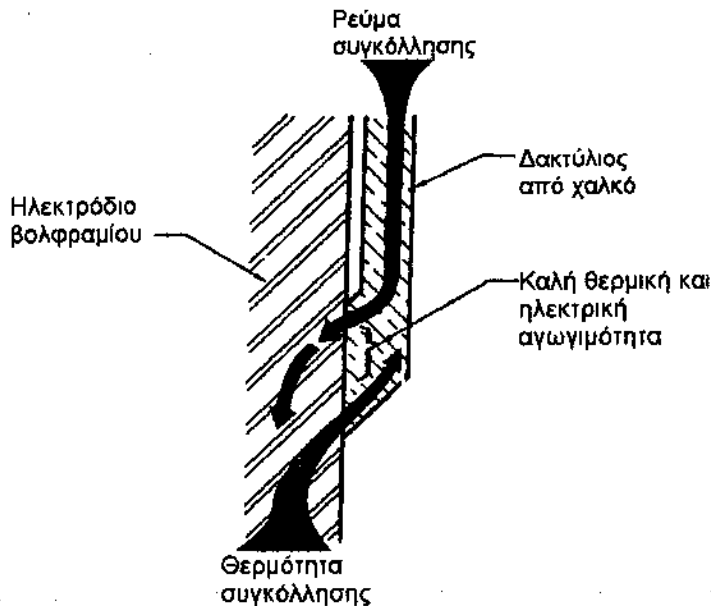
Στο τέλος του φορέα της τσιμπίδας στερεώνεται στενά το ηλεκτρόδιο μέσω ενός μεταλλικού δακτυλίου (βλέπε κεφαλαίο 2.5.3, σελίδα 52). Ο μεταλλικός δακτύλιος μέσα στη τσιμπίδα ψύχεται μέσω νερού ή αέρα. Ο μεταλλικός δακτύλιος είναι κωνικός και κρατά το ηλεκτρόδιο στο σώμα της τσιμπίδας. Η θερμότητα και από το τόξο και από την αντίσταση του ηλεκτροδίου βολφραμίου κατά την διέλευση του ρεύματος πρέπει να απορροφηθεί από τον μεταλλικό δακτύλιο και το σώμα της τσιμπίδας. Για να εξασφαλισθεί ότι το ηλεκτρόδιο ψύχεται κατάλληλα, πρέπει η σύνδεση του με το μεταλλικό δακτύλιο να είναι

καθαρή και σφιχτή. Και για της υδρώψηκτες τσιμπίδες πρέπει η ροή του νερού είναι επαρκής.

Η αποδοτικότητα σύνδεσης μεταλλικού δακτυλίου-ηλεκτροδίου βολφραμίου παρουσιάζεται στα σχήματα 31 και 32.



Σχήμα 31 Τραχιά επιφάνεια του ηλεκτροδίου (μικρή μεταφορά θερμότητας στον μεταλλικό δακτύλιο) (από [6] μεταφρασμένο).



Σχήμα 32 Λεία επιφάνεια (καλή μεταφορά θερμότητας στον μεταλλικό δακτύλιο), (από [6] μεταφρασμένο).

2.4.1. Τύποι βολφραμίου

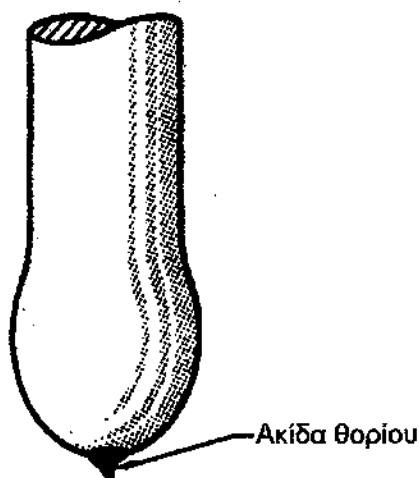
Το καθαρό βολφράμιο έχει διάφορες ιδιότητες που το κάνουν ένα άριστο μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο για τη μέθοδο συγκόλλησης TIG. Αυτές οι ιδιότητες μπορούν να βελτιωθούν με την προσθήκη του Κερίου, Λανθανίου, Θορίου, ή Ζιρκονίου στο βολφράμιο.

Για τη συγκόλληση TIG, τα ηλεκτρόδια βολφραμίου είναι ταξινομημένα ως εξής:

- Καθαρό βολφράμιο, EWP
- Βολφράμιο με 1% Θόριο, EWTh-1
- Βολφράμιο με 2% Θόριο, EWTh-2
- Βολφράμιο με ¼% έως ½% Ζιρκόνιο, EWZr
- Βολφράμιο με 2% Κερίο, EWCe-2
- Βολφράμιο με 1% Λανθάνιο, EWLa-1
- Κράμα που δεν διευκρινίζεται, EWG

Καθαρό βολφράμιο, EWP

Το καθαρό βολφράμιο έχει τη μικρότερη αντίσταση θερμότητας και καλή εκπομπή ηλεκτρονίων χαρακτηριστικά που έχουν όλα τα ηλεκτρόδια βολφραμίου. Έχει μια περιορισμένη χρήση στη συγκόλληση με εναλλασσόμενου ρεύματος των μετάλλων όπως το αργίλιο και το μαγνήσιο.



Σχήμα 33 Ακίδα θορίου σε στρογγυλή διαμόρφωση άκρου ηλεκτροδίου EWTh-1 (από [6] μεταφρασμένο).

Βολφράμιο με 1% Θόριο, EWTh-1

Το οξείδιο του θορίου (ThO_2), όταν προστίθεται σε ποσοστά μέχρι 0,6% στο βολφράμιο, βελτιώνει την αγωγιμότητα του ηλεκτροδίου. Η προσθήκη 1% ως 2% δεν βελτιώνει περαιτέρω την αγωγιμότητα αλλά βοηθά στην εκπομπή ηλεκτρονίων. Αυτό το ποσοστό καθιστά επίσης το βολφράμιο ανθεκτικότερο στη μόλυνση. Το βολφράμιο με προσθήκη ThO_2 μπορεί να λειώσουν, αλλά όχι όμως εύκολα, και μπορεί να δημιουργηθεί μια ακίδα θορίου στο στρογγυλεμένο άκρο του ηλεκτροδίου (σχήμα 33). Αυτή η ακίδα θορίου μπορεί να ο-

δηγήσει στη μείωση της σταθερότητας του τόξου για τη συγκόλληση με εναλλασσόμενου ρεύματος.

Βολφράμιο Ζirkονίου, EWZr

Το οξείδιο ζirkονίου (ZrO_2) επίσης βοηθά το βολφράμιο για να εκπέμπει τα ελεύθερα ηλεκτρόνια. Η προσθήκη του ζirkονίου στο βολφράμιο έχει την ίδια επίδραση στα χαρακτηριστικά ηλεκτροδίων με το θόριο αλλά σε έναν μικρότερο βαθμό. Τα ηλεκτρόδια ζirkόνιο-βολφραμίου λειώνουν ευκολότερα από το ηλεκτρόδιο θορίου-βολφραμίου. Κατά τη διαμόρφωση που στρογγυλεύεται το άκρο του έτσι όπως δείχνεται στο σχήμα 30α. Το ηλεκτρόδιο με διαμόρφωση άκρου (α) χρησιμοποιείται με εναλλασσόμενο ρεύμα ή με συνεχές με ίσιους πόλους (ηλεκτρόδιο (-)), (βλέπε παράγραφο 2.5.1.1, σελίδα 47).

Βολφράμιο Κερίου, EWCe-2

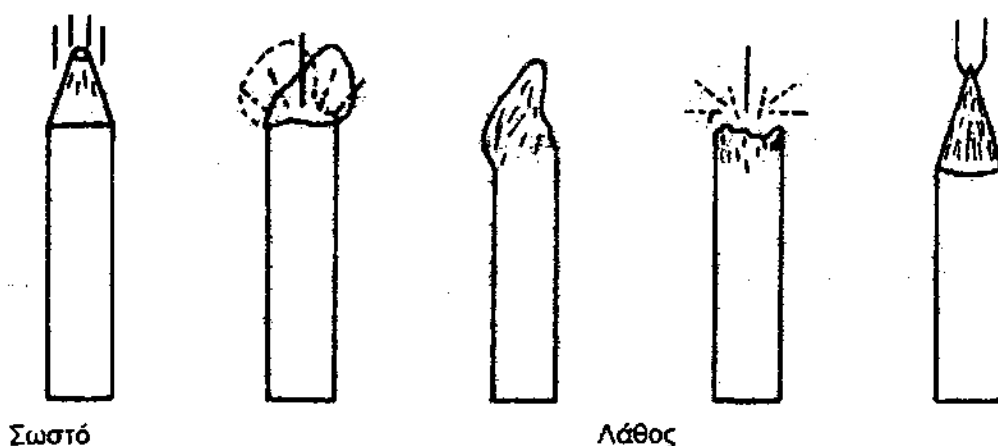
Το οξείδιο κερίου (CeO_2) προστίθεται στο βολφράμιο για να βελτιώσει την αγωγιμότητα του ηλεκτροδίου με τον ίδιο τρόπο όπως και στο θόριο. Το κέριο λειτουργεί όπως επίσης και θόριο, αλλά δεν είναι ραδιενεργό όπως το θόριο.

Βολφράμιο με Λανθάνιο, EWLa-1

Το οξείδιο του λανθανίου (La_2O_3) προστίθεται στο βολφράμιο σχεδόν με τα ίδια αποτελέσματα όπως και το κέριο.

2.4.2. Διαμόρφωση της άκρης του ηλεκτροδίου (επισκευή)

Το ηλεκτρόδιο μετά από αρκετές ώρες εργασίας λιώνει η άκρη του ή μολύνεται από μόρια του προς ένωση μέταλλο και πρέπει να διαμορφώσουμε την άκρη του, να την επισκευάσουμε. Η επισκευή αυτή γίνεται αφού προηγουμένως αφαιρεθούν 5-7 mm από την άκρη του φθαρμένου ηλεκτροδίου. Στο σχήμα 34 παρατηρούμε διάφορες μορφές ηλεκτροδίων, οι οποίες προκλήθηκαν από διάφορες αιτίες.



Σχήμα 34 Μορφές άκρης ηλεκτροδίου [3].

Το βολφράμιο είναι εύθραυστο και εύκολα σπάει. Η επιθυμητή μορφή του άκρου ενός ηλεκτροδίου βολφραμίου μπορεί να γίνει με τρόχισμα, με σπάσιμο ή με χημικά.

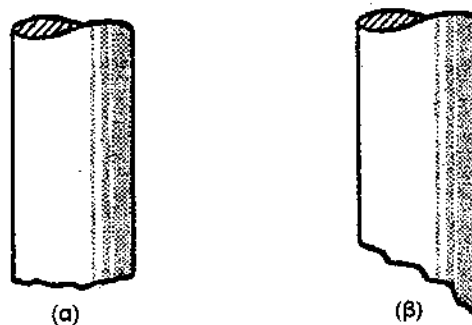
Τρόχισμα

Ένας λειαντικός τροχός χρησιμοποιείται συχνά για να καθαρίσει ένα μολυσμένο ηλεκτρόδιο ή για να διαμορφώσει το άκρο του. Ο τροχός πρέπει που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι λεπτόκοκκος και σκληρός. Πρέπει να χρησιμοποιείται μόνο για το τρόχισμα του ηλεκτροδίου βολφραμίου. Λόγω της σκληρότητας του βολφραμίου και της ευθραυστότητας του, οι κόκκοι του τροχού «πελεκούν» τα μικρά μόρια του βολφραμίου.

Ένας τροχός με χονδροειδούς κόκκου θα οδηγήσει σε περισσότερη θραύση βολφραμίου και τραχιά επιφάνεια. Εάν χρησιμοποιήσουμε τροχό που έχουμε τροχίσει και άλλα μέταλλα εκτός από το βολφράμιο, τα μόρια αυτών των μετάλλων μπορούν να παγιδευτούν στο βολφράμιο καθώς το τροχίζουμε. Τα παγιδευμένα μόρια αυτών των μετάλλων θα «σπάσουν» γρήγορα όταν αρχίσει το τόξο, με συνέπεια τη μόλυνση του ηλεκτροδίου.

Σπάσιμο

Το βολφράμιο είναι πολύ σκληρό αλλά εύθραυστο, με συνέπεια με την εφαρμογή μιας μικρής κρουστική δύναμη μπορούμε να το σπάσουμε. Εάν το βολφράμιο χτυπηθεί αισθητά, θα σπάσει χωρίς κάμψη. Όταν κρατιέται ανάμεσα σε δυο αιχμηρές γωνίες και χτυπηθεί, τότε θα δημιουργηθεί ένα αρκετά ικανοποιητικό σε τετραγωνικό σπάσιμο. Στο σχήμα 35 φαίνεται ποια πρέπει να είναι η μορφή του άκρου του ηλεκτροδίου όταν την διαμορφώνουμε με σπάσιμο.

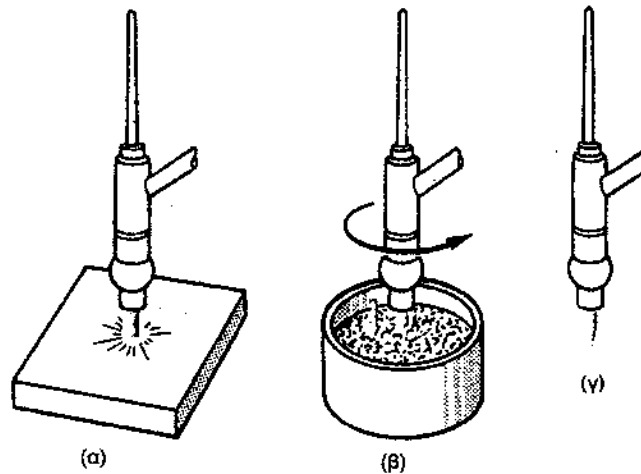


Σχήμα 35 α) Σωστό τετραγωνικό σπάσιμο
β) λανθασμένο [6].

Μόλις σπάσουμε ακριβώς το βολφράμιο, η άκρη του πρέπει να λειώσει έτσι ώστε να γίνει κάπως στρογγυλεμένη. Αυτό γίνεται με την αλλαγή του ρεύματος της συγκόλλησης σε συνεχές με ανεστραμμένους πόλους (βλέπε παράγραφο 2.5.1.1, σελίδα 47) και ακουμπώντας για λίγο την σπασμένη άκρη του ηλεκτροδίου σε ένα κομμάτι από χαλκό. Εάν ο χαλκός δεν είναι διαθέσιμος, ένα άλλο κομμάτι καθαρού μετάλλου μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς πρόβλημα με άνθρακα γιατί θα μολύνει το βολφράμιο.

Διαμόρφωση της άκρης με χημικά

Η άκρη του βολφραμίου μπορεί να διαμορφωθεί χρησιμοποιώντας διάφορες χημικές ενώσεις. Το βολφράμιο θερμαίνεται κατά την εκτέλεση μιας σύντομης συγκόλλησης. Το ηλεκτρόδιο βυθίζεται έπειτα σε χημική ένωση, ισχυρά αλκαλική, η οποία διαλύει γρήγορα το καυτό βολφράμιο. Η χημική αντίδραση είναι τόσο γρήγορη που αρκετή πρόσθετη θερμότητα παράγεται για να κρατήσει το βολφράμιο καυτό (σχήμα 36). Όταν το βολφράμιο αφαιρείται από την χημική ένωση, ψύχεται και καθαρίζεται και δημιουργείται μια λεπτή άκρη. Εάν το ηλεκτρόδιο είναι μολυσμένο, η χημική ένωση θα διαλύσει το βολφράμιο, επιτρέποντας στη μόλυνση για να πέσει ελεύθερη κάτω.



Σχήμα 36 Διαμόρφωση και καθαρισμός άκρης ηλεκτροδίου βολφραμίου με χημικά: α) Βάζουμε για λίγο το ηλεκτρόδιο να εργαστεί έτσι ώστε να έρθει στην κατάλληλη θερμοκρασία β) εισάγουμε την άκρη στην χημική ένωση και την κινούμε κυκλικά, και γ) καθαρή άκρη και σωστά διαμορφωμένη [6].

Η διάμετρος του ηλεκτροδίου ποικίλλει από 1-6 mm και η εκλογή του γίνεται ανάλογα με το κατάλληλο ρεύμα που θα χρησιμοποιηθεί. Ο παρακάτω πίνακας 2 μας δείχνει την κατάλληλη διάμετρο με το κατάλληλο ρεύμα.

Πίνακας 2 Εκλογή διαμέτρους ανάλογα με το ρεύμα συγκόλλησης

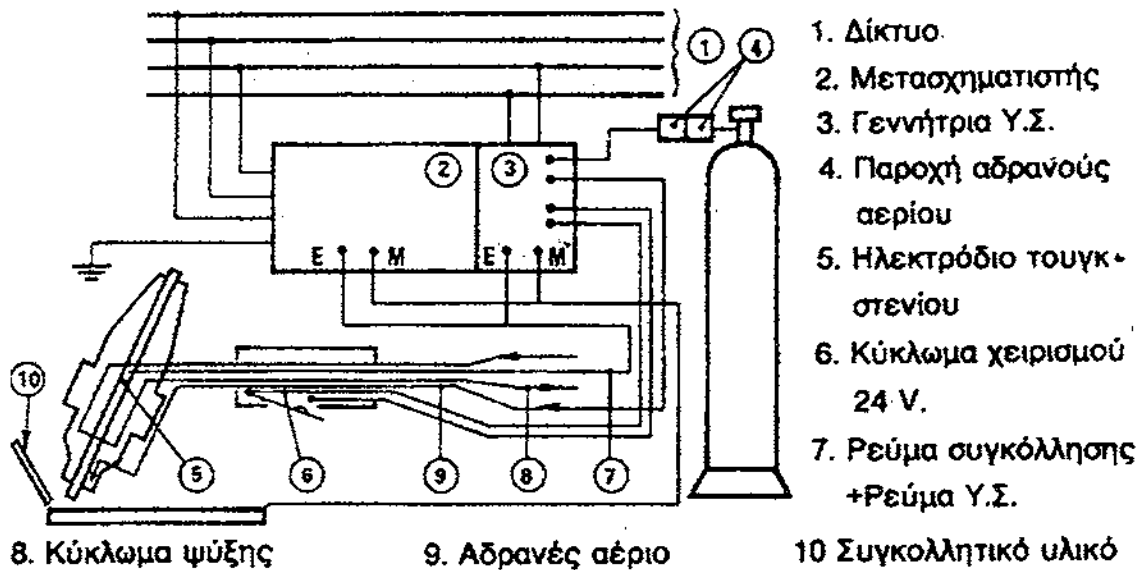
Διάμετρος ηλεκτροδίου βολφραμίου (mm)	Εναλλασσόμενο ρεύμα (A)	Συνεχές ρεύμα (A)
1	15-50	25-70
1,6	40-110	60-150
2	70-140	100-200
3	140-200	200-350
4	200-275	350-400
5	260-380	
6	320-350	

2.5. Μηχανή TIG

Τα κύρια μέρη μιας μηχανής συγκόλλησης με ηλεκτρόδιο βολφραμίου σε προστατευτική ατμόσφαιρα αδρανών αερίων είναι:

1. Γεννήτρια ρεύματος συγκόλλησης.
2. Τιμπίδα συγκόλλησης (λαβίδα).
3. Φιάλη με εκτονωτή.
4. Εύκαμπτους αγωγούς.

Στο σχήμα 37 φαίνεται μια σχηματική παράσταση της μηχανής TIG (εκτέλεση με το χέρι).



Σχήμα 37 Σχηματική παράσταση της μηχανής TIG

2.5.1. Γεννήτρια συγκόλλησης

Οι χρησιμοποιούμενες γεννήτριες αυτής της μεθόδου είναι δύο:

1. Γεννήτριες οι οποίες παράγουν συνεχές ρεύμα και έχουν την δυνατότητα να συγκολλούν:
 - Ανοξειδωτους χάλυβες.
 - Μαλακούς χάλυβες.
 - Χαλκό και τα κράματα του.
 - Νικέλιο και τα κράματα του.
2. Γεννήτριες οι οποίες παράγουν εναλλασσόμενο ρεύμα και έχουν την δυνατότητα να συγκολλούν:
 - Αλουμίνιο και τα κράματα του.
 - Μαγνήσιο και τα κράματα του.

Συνήθως οι εγκαταστάσεις TIG μπορούν να παρέχουν και τα δύο είδη ρεύματος: τότε μιλάμε για εγκαταστάσεις «διπλού ρεύματος».

Όπως έχουμε πει παραπάνω, στην μέθοδο TIG χρησιμοποιείται συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα συγκόλλησης, ανάλογα με την περίπτωση όπως βλέπουμε στο παρακάτω πίνακα 3.

Πίνακας 3 Δυνατότητα επιλογής ρεύματος συγκόλλησης

Συγκολλούμενο μέταλλο			Ηλεκτρικό ρεύμα		
			Εναλλασσόμενο	Συνεχές ρεύμα	
				Αρνητικό (-) ηλεκτρόδιο	Θετικό (+) ηλεκτρόδιο
Αλουμίνιο και ελαφρά κράματα			Πολύ κατάλληλο	Ακατάλληλο	Ακατάλληλο
Κράματα υπερελαφρά	έως 3mm	Πολύ κατάλληλο	Ακατάλληλο	Κατάλληλο	
	πάνω των 3mm	Πολύ κατάλληλο	Ακατάλληλο	Ακατάλληλο	
Ανοξειδωτος χάλυβας	κάτω των 0,8mm	Πολύ κατάλληλο	Πολύ κατάλληλο	Ακατάλληλο	
	πάνω των 0,8mm	Ακατάλληλο	Πολύ κατάλληλο	Ακατάλληλο	
Χαλκός			Ακατάλληλο	Πολύ κατάλληλο	Ακατάλληλο
Χυτοσίδηρος			Κατάλληλο	Πολύ κατάλληλο	Ακατάλληλο
Ανθρακοχάλυβες	Μικρής περιεκτικότητας σε άνθρακα	0,5-1mm	Πολύ κατάλληλο	Κατάλληλο	Ακατάλληλο
		1-3mm	Ακατάλληλο	Κατάλληλο	Ακατάλληλο
	Μεγάλης περιεκτικότητας σε άνθρακα	0,5-1mm	Πολύ κατάλληλο	Κατάλληλο	Ακατάλληλο
		Πάνω του 1mm	Πολύ κατάλληλο	Κατάλληλο	Ακατάλληλο

2.5.1.1. Συνεχές ρεύμα

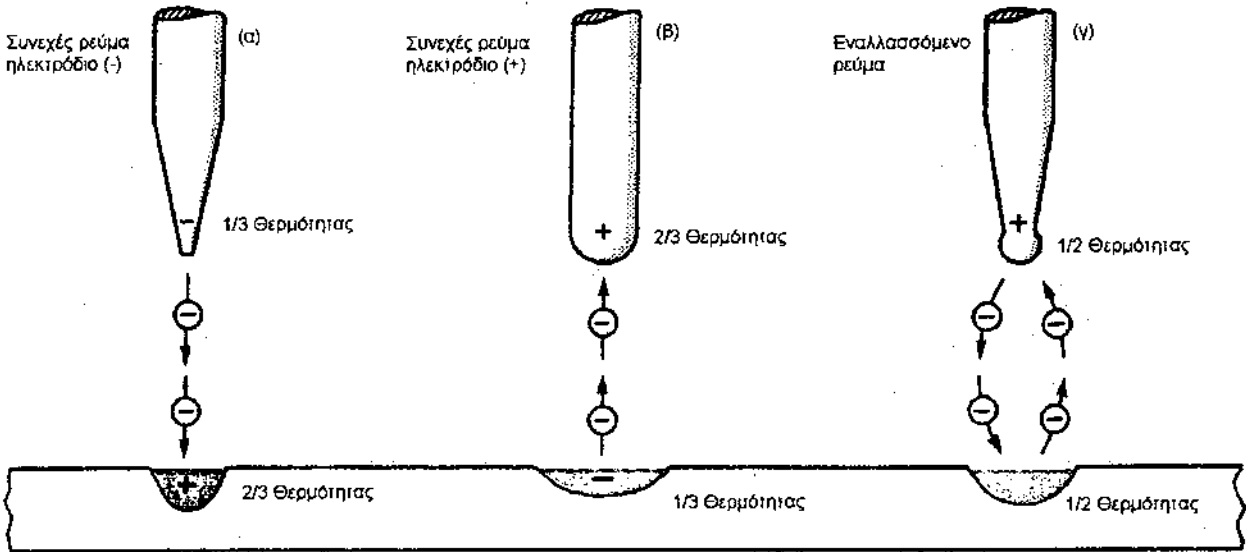
Στην αρχή χρησιμοποιήσαν συνεχές ρεύμα με ανεστραμμένους πόλους (ηλεκτρόδιο (+)), σχήμα 38β) σήμερα όμως δε χρησιμοποιείται τόσο πολύ όπως βλέπομε στον πίνακα 3. Το εναντίον χρησιμοποιείται πολύ το συνεχές ρεύμα όταν το συνδέσουμε με ίσιους πόλους (ηλεκτρόδιο (-), σχήμα 38α).

Ο λόγος που μας εξυπηρετεί ο δεύτερος τρόπος συνδέσεως (ηλεκτρόδιο -), είναι η γνωστή μας ιδιότητα του τόξου να θερμαίνει περισσότερο το σημείο στο οποίο καταλήγει ο θετικός πόλος. Τα δύο τρίτα της θερμότητας του τόξου συγκεντρώνεται στην επιφάνεια εργασία και το υπόλοιπο ένα τρίτο στο βολφράμιο όπως φαίνεται και στο σχήμα 38β. Η υψηλότερη συγκέντρωση θερμότητας στην επιφάνεια συγκόλληση οδηγεί σε βαθιά διείσδυση. Το συνεχές ρεύμα με σύνδεση ίσιων πόλων (ηλεκτρόδιο (-)) δίνει βαθύτερο κρατήρα και

λόγο της μεγάλης θερμότητας μεγαλύτερη ταχύτητα συγκολλήσεως, με αποτέλεσμα αποφυγή παραμορφώσεων και ραγισμάτων από συστολή.

Η χαμηλή συγκέντρωση θερμότητας στο βολφράμιο σημαίνει ότι ένα μικρότερο μεγέθους βολφράμιο μπορεί να χρησιμοποιηθεί χωρίς προβλήματα διάβρωσης.

Η απαίτηση μικρότερου μεγέθους ηλεκτρόδιο έχει ως συνέπεια εξοικονόμηση χρόνου, χρημάτων, και του ηλεκτροδίου βολφραμίου.

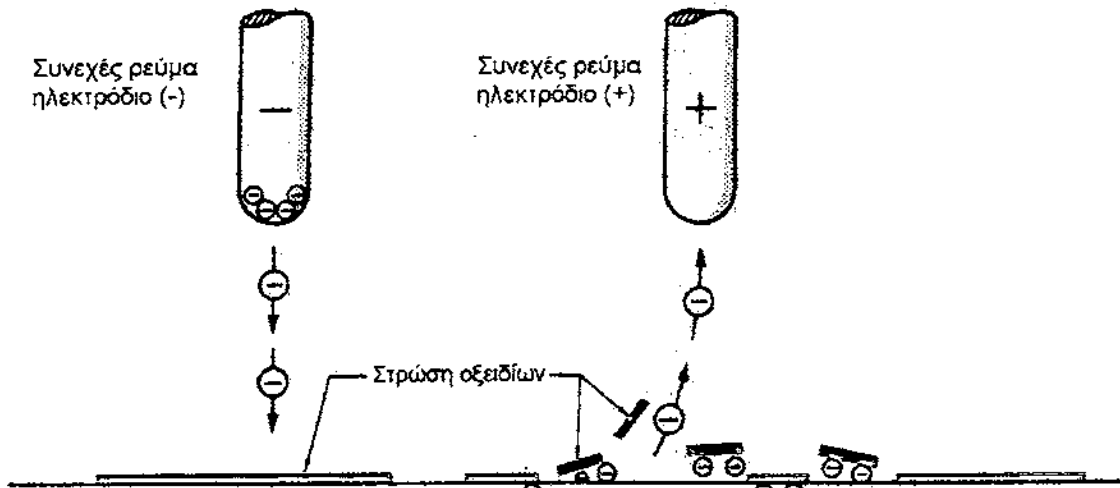


Σχήμα 38 Κατανομή θερμότητας μεταξύ του ηλεκτροδίου βολφραμίου και της επιφάνειας συγκόλλησης για κάθε τύπο ρεύματος συγκόλλησης (από [6] μεταφρασμένο).

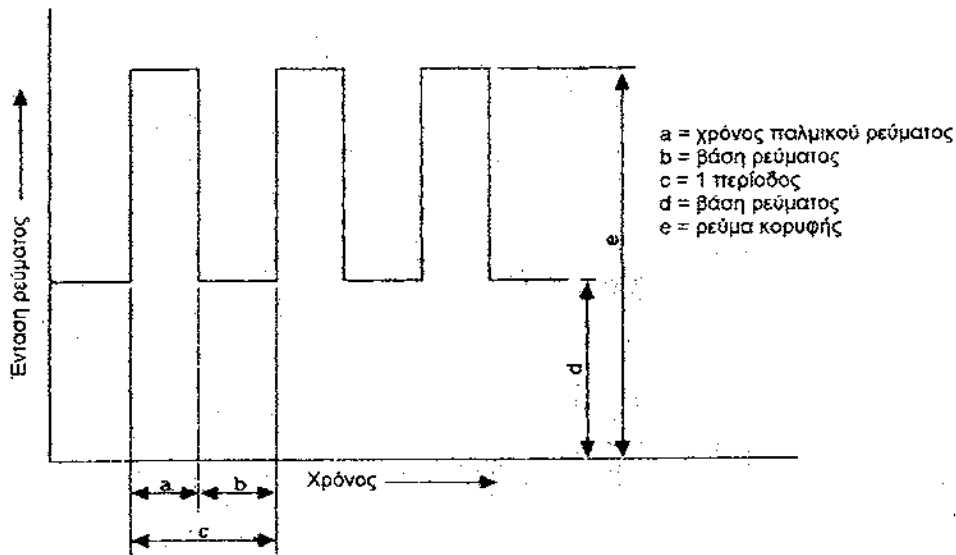
Στην ανεστραμμένη λοιπόν πολικότητα (ηλεκτρόδιο (+)) το ένα τρίτο μόνο της θερμότητας του τόξου πηγαίνει στην επιφάνεια συγκόλλησης και δύο τρίτα της θερμότητας στο ηλεκτρόδιο έτσι υπερθερμαίνεται το ηλεκτρόδιο με αποτέλεσμα να χρειάζεται για συγκόλληση π.χ. αλουμινίου πάχους 1/8" (που χρειάζεται ρεύμα περίπου 125A) ηλεκτρόδιο βολφραμίου διαμέτρου 1/4". Για το ίδιο ρεύμα, δηλαδή 125A, με ίσιους πόλους φθάνει ηλεκτρόδιο διαμέτρου 1/16", δηλαδή 4 φορές μικρότερο.

Αυτός ο τύπος ρεύματος παράγει συγκολλήσεις με τη ρηχή διείδυση, αλλά έχει μια ισχυρή δράση καθαρισμού της επιφάνειας της συγκόλλησης. Η χαμηλή πρόσδοση θερμότητας στο μέταλλο και η ισχυρή δράση καθαρισμού στην επιφάνεια του μετάλλου, κάνουν αυτό το τύπο ρεύματος κατάλληλο για τα λεπτά, βαριά οξειδωμένα μέταλλα.

Υπάρχουν πολλές θεωρίες ως προς το γιατί το συνεχές ρεύμα με ανεστραμένους πόλους (ηλεκτρόδιο (+)), έχει δράση καθαρισμού. Η πιθανότερη εξήγηση είναι ότι τα ηλεκτρόνια που επιταχύνονται από την επιφάνεια του μετάλλου ανυψώνουν τα οξείδια που παρεμποδίζουν τη μετακίνησή τους. Τα θετικά ιόντα που επιταχύνονται στην επιφάνεια του μετάλλου παρέχουν την πρόσθετη ενέργεια. Σε συνδυασμό τα ηλεκτρόνια και τα ιόντα προκαλούν τη διάβρωση της επιφάνειας που απαιτείται για να παραγάγει τον καθαρισμό (σχήμα 39).



Σχήμα 39 Τα ηλεκτρόνια συγκεντρώνονται κάτω από το στρώμα οξειδίων, όταν χρησιμοποιούμε συνεχές ρεύμα με ανεστραμένους πόλους (ηλεκτρόδιο +), και ανυψώνουν τα οξείδια από την επιφάνεια του μετάλλου (από [6] μεταφρασμένο).



Σχήμα 40 Παλμική ένταση ρεύματος [5].

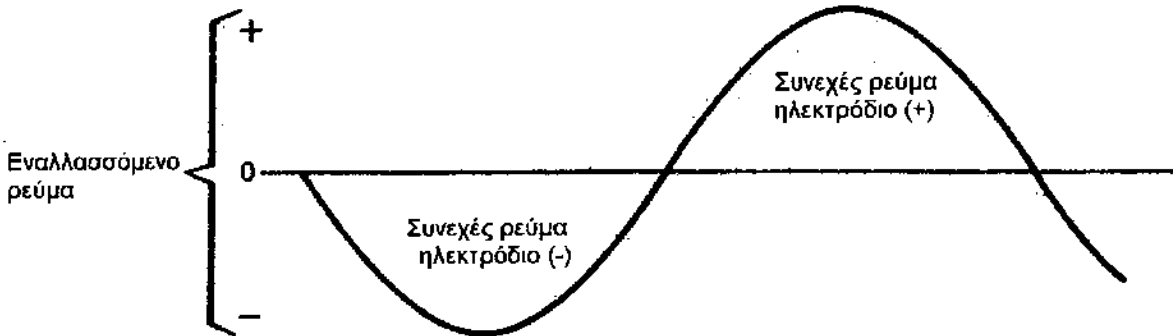
Η ένταση του ρεύματος της συγκόλλησης ενδέχεται να είναι παλμική. Παλμική σημαίνει ότι ανά διαστήματα χρησιμοποιείται μια υψηλότερη ένταση ρεύματος (σχήμα 40). Αυτό είναι πλεονεκτήματα για τη συγκόλληση λεπτών υλικών τη στιγμή που υπάρχει κίνδυνος να καταρρεύσει το λουτρό τήξης, παρέχεται λιγότερο ρεύμα έτσι ώστε να μειωθεί η θερμοκρασία του λουτρού τήξης.

2.5.1.2. Εναλλασσόμενο ρεύμα

Όπως βλέπουμε στον πίνακα 3 χρησιμοποιείται περισσότερο το εναλλασσόμενο ρεύμα.

Στο εναλλασσόμενο ρεύμα συγκεντρώνεται το μισό ποσό από τη θερμότητά του τόξου στην εργασία και το άλλο μισό στο βολφράμιο, όπως βλέπουμε και στο σχήμα 38γ. Στο εναλλασσόμενο ρεύμα στο μισό από το χρόνο του «κύ-

κλου ρεύματος» έχουμε ανεστραμμένη πολικότητα (ηλεκτρόδιο (+)) και στον άλλο μισό ίσιους πόλους (ηλεκτρόδιο (-)), (σχήμα 41). Η συχνότητα στην οποία ο «κύκλος ρεύματος» κάνει μια πλήρη αλλαγή στην κατεύθυνση από (+) σε (-) στην Ελλάδα είναι 50 φορές ανά δευτερόλεπτο ή 50 Χερτς (50 Hz).



Σχήμα 41 Αλλαγή πολικότητας του ηλεκτροδίου του βολφραμίου από (-) σε (+), (από [6] μεταφρασμένο).

Εκτός από το ρεύμα συγκολλήσεως, χρησιμοποιείται και ένα υψίσυχο ρεύμα ψηλής τάσεως και χαμηλής εντάσεως. Το ρεύμα αυτό παράγεται από μία μικρή βοηθητική γεννήτρια.

Το ρεύμα αυτό σταθεροποιεί το τόξο και καθαρίζει τις επιφάνειες του βασικού μετάλλου. Μας δίδει επίσης τα έξης πλεονεκτήματα:

1. Το τόξο μπορεί να είναι μεγαλύτερο.
2. Η έναυση του τόξου μπορεί να γίνεται χωρίς επαφή του ηλεκτροδίου πάνω στο βασικό μέταλλο, πράγμα σημαντικό, ιδίως για συγκόλληση υλικών που αναμιγνύονται εύκολα με το βολφράμιο. (Στην ουσία αυτό το ανακάτεμα, προκαλεί μείωση του βαθμού τήξεως του ηλεκτροδίου και συνεπώς ταχύτερη φθορά του.
3. Καταφέρνουμε να συγκολλούμε με υψηλότερη ένταση άρα γρηγορότερα.

2.5.2. Φιάλες, εκτονωτής και μετρητής κατανάλωσης

Τα αδρανή αέρια φυλάγονται μέσα σε ατσάλινες φιάλες (σχήμα 42). Οι χωρητικότητά τους είναι 5 έως 9 m³ και τα αέρια βρίσκονται σ' αυτές σε πίεση μέχρι και 150 bar.

Συνιστάται να μην αδειάζουμε τελείως την φιάλη, αλλά να αφήνουμε μέσα αέριο όταν την στείλουμε για ξαναγέμισμα.



Σχήμα 42 Φιάλη για φύλαξη αδρανές αερίου με εκτονωτή και μανόμετρο [19].

Επάνω στην μπουκάλα στερεώνεται ο εκτονωτής με το μανόμετρο, όπως φαίνεται και στο σχήμα 42, επιτρέποντας ρύθμιση της πίεσης και της παροχής των αερίων. Το συγκρότημα του εκτονωτή φέρει ένα μετρητή του καταναλισκόμενου αερίου με τον οποίο ελέγχουμε ακριβώς την κατανάλωση σε λίτρα ανά λεπτό. Ο μετρητής αυτός, μπορεί να τοποθετηθεί επίσης σε άλλη θέση ξεχωριστά από τον εκτονωτή (σχήμα 43) ή και να είναι και μαζί (σχήμα 44).



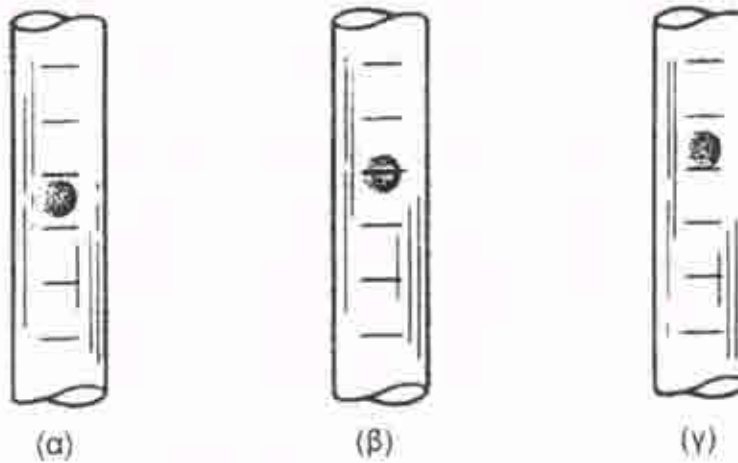
Σχήμα 43 Μετρητής χωριστά από τον εκτονωτή [21].



Σχήμα 44 Διπλός μετρητής μαζί με εκτονωτή [21].

Η ροή του αδρανούς αερίου μετριέται ή ελέγχεται με το άνοιγμα μιας μικρής βαλβίδας στη βάση του μετρητή κατανάλωσης (βλέπε σχήμα 43 και 44). Η παροχή του αερίου διαβάζεται έπειτα σε μονάδες cm^3 (κυβικά πόδια ανά ώρα), ή το l/min (λίτρα ανά λεπτό). Η ανάγνωση γίνεται από μια σταθερή κλίμακα μέσω μιας μικρή επιπλέουσας σφαίρα στη ροή του αερίου. Οι μετρητές από τους διάφορους κατασκευαστές μπορούν να διαβαστούν διαφορετικά.

Παραδειγματος χάριν, μπορούν να διαβάσουν από την κορυφή, το κέντρο, ή το κατώτατο σημείο της σφαίρας, σχήμα 45.

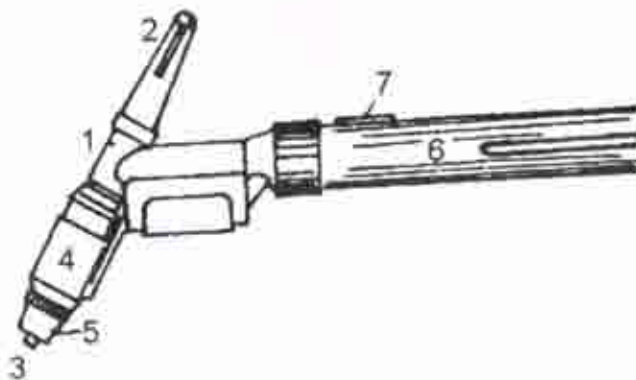


Σχήμα 45 Τρεις μέθοδοι για την ανάγνωση της ενδείξεως του μετρητή κατανάλωσης: α) κορυφή, β) μέσω και γ) κάτω σημείο της σφαίρας [6].

Η σφαίρα επιπλέει πάνω από το ρεύμα του αερίου μέσα σε έναν σωλήνα που αυξάνεται βαθμιαία η διάμετρος του προς τα πάνω. Η αυξανόμενη διάμετρος δίνει περισσότερο περιθώριο για τη ροή του αερίου για να περάσει από τη σφαίρα. Εάν ο σωλήνας δεν είναι κάθετος, η ανάγνωση δεν είναι ακριβής. Επίσης, κατά την ανάγνωση του μετρητή κατανάλωσης, είναι σημαντικό να υπάρχει η σωστή πίεση. Οι αλλαγές στην πίεση έχουν επιπτώσεις στην ακρίβεια του μετρητή κατανάλωσης.

2.5.3. Τσιμπίδια

Η τσιμπίδα (ή λαβίδα) εδώ, έχει προορισμό να παρέχει, στο σημείο συγκόλλησης, το ηλεκτρικό ρεύμα (δηλαδή το μέσο θερμάνσεως με ηλεκτρικό τόξο) καθώς και το αδρανές αέριο. Στο σχήμα 46 φαίνεται μια σχηματική παράσταση μιας τυπικής τσιμπίδας TIG.



Σχήμα 46 Τυπική τσιμπίδα συγκόλλησης TIG [4]

Το ηλεκτρικό τόξο σχηματίζεται μεταξύ του βασικού μετάλλου και του ηλεκτροδίου (3) από βολφράμιο. Το ηλεκτρόδιο είναι στερεωμένο σταθερά, σε ένα φορέα, με το περικόχλιο (2), που χρησιμεύει και σαν προστατευτικό κάλυμμα του.

Με το ακροφύσιο (5), τροφοδοτείται με αέριο το σημείο συγκόλλησης δια μέσου ενός θαλάμου (4) που συνδέεται με τον υδροθάλαμο ψύξεως (1).

Η παροχή και διακοπή, της ροής του αερίου, ελέγχεται αυτόματα με ηλεκτρομαγνητικό διακόπτη. Ο διακόπτης αυτός τροφοδοτείται με ρεύμα χαμηλής τάσεως 24V, από ένα μετασχηματιστή. Σε τελειοποιημένες εγκαταστάσεις χρησιμοποιείται ειδική συσκευή που διατηρεί την παροχή αερίου μερικά δευτερόλεπτα μετά τη διακοπή του ρεύματος, για να κρυώσει το ηλεκτρόδιο μέσα στο προστατευτικό αέριο και να μη βρεθεί πυρωμένο στη βλαβερή επίδραση της ατμόσφαιρας.

Στην τσιμπίδα φτάνουν με εύκαμπτους σωλήνες, το αργό, το νερό (αν η τσιμπίδα ψύχεται), τα καλώδια του ρεύματος συγκολλησεως και υψηλής συχνότητας. Όλα αυτά καταλήγουν στη λαβή (6) που φέρει και το διακόπτη (7).

Το υψίσουχο πρέπει να είναι γερά μονωμένο, γιατί είναι υψηλής τάσεως.

2.5.3.1. Τύποι τσιμπίδων

Ο βαθμός απόδοσης μεταφοράς της θερμότητας για τη συγκόλληση TIG είναι αρκετά χαμηλός. Μπορεί να φτάσει και μέχρι το 20%. Αυτό σημαίνει ότι το 80% της θερμότητας που παράγεται δεν εισάγει στη συγκόλληση. Ένα μεγάλο μέρος αυτής της θερμότητας απορροφάται από την τσιμπίδα και πρέπει να αφαιρεθεί με κάποιο τύπο μεθόδου ψύξης.

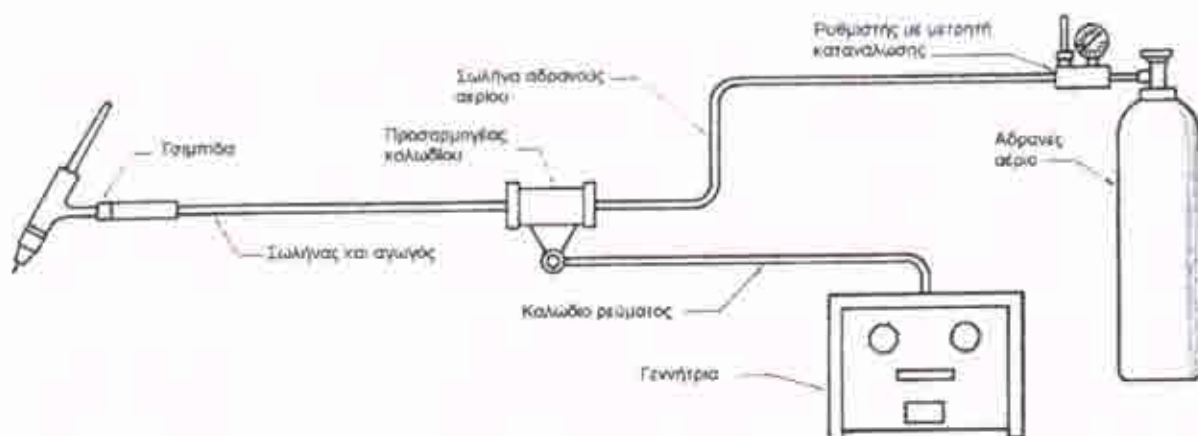
Στην συγκόλληση TIG χρησιμοποιούμε δύο είδη τσιμπίδων:

- Τσιμπίδες που ψύχονται με αέρα.
- Τσιμπίδες που ψύχονται με κύκλωμα νερού.

2.5.3.2. Τσιμπίδες που ψύχονται με αέρα

Αυτός ο τύπος της λαβίδας ψύχεται όταν υπερθερμανθεί με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Η συγκόλληση με την παραπάνω λαβίδα γίνεται σε λεπτά πάχη (πάνω από 3mm) και με ένταση η οποία δεν υπερβαίνει τα 150A. Η μεγαλύτερη διάμετρος ηλεκτροδίου που χρησιμοποιείται είναι 1-2mm. Ο περιορισμός αυτός γίνεται, γιατί εάν συγκολληθούν μέταλλα μεγάλου πάχους και χρησιμοποιηθεί μεγάλη διάμετρος ηλεκτροδίου με υψηλή ένταση, τότε υπάρχει περίπτωση να καεί η λαβίδα από την υπερβολική θερμότητα. Στο σχήμα 20 παρουσιάζεται μια σχηματική παράσταση συγκόλλησης TIG με τσιμπίδα αερόψυκτη.

Η αερόψυκτη τσιμπίδα είναι πιο ελαφριά επειδή έχει λιγότερους σωλήνες, και είναι ευκολότερος ο χειρισμός της από την υδρώψυκτη τσιμπίδα. Έχει ένα σωλήνα για το αδρανές αέριο που συνδέεται με το καλώδιο ρεύματος (σχήμα 47).



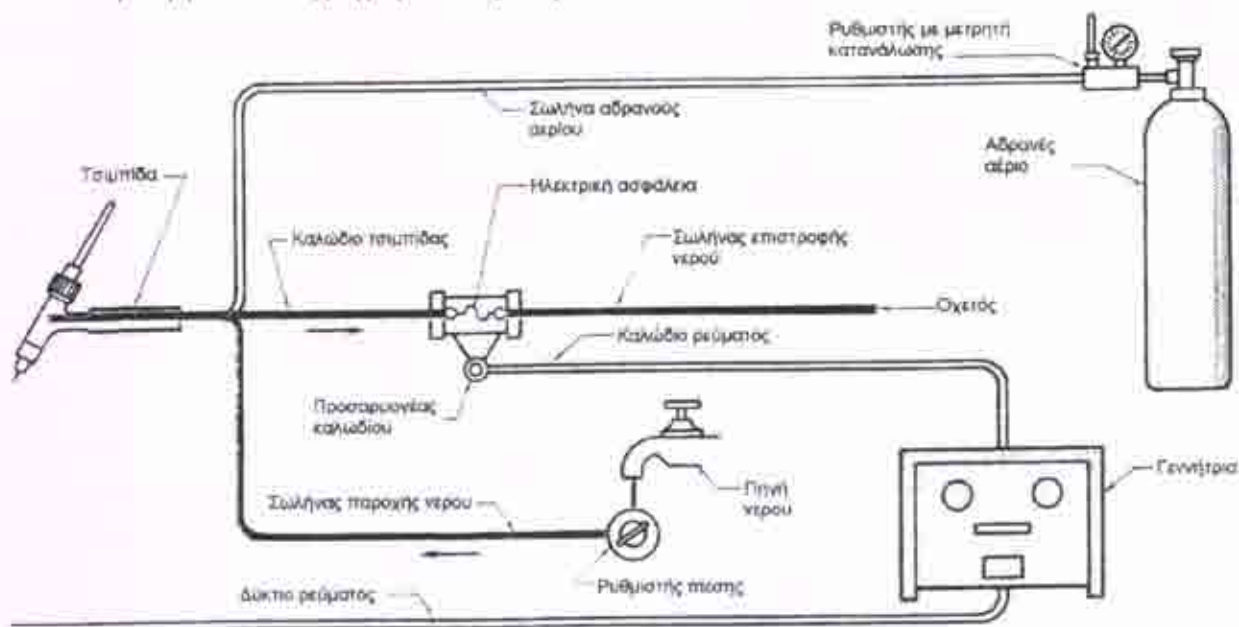
Σχήμα 47 Σχηματική παράσταση συγκόλλησης TIG με τσιμπίδα αερόψυκτη (από [6] μεταφρασμένο).

2.5.3.3. Τσιμπίδες που ψύχονται με κύκλωμα νερού

Η υδρόψυκτη τσιμπίδα, σε σύγκριση με την αερόψυκτη, λειτουργεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία, με συνέπεια να λειτουργεί σε χαμηλότερη θερμοκρασία το ηλεκτρόδιο βολφραμίου με μικρότερη διάβρωση.

Η υδρόψυκτη τσιμπίδα απαιτεί ένα υδραγωγείο ή άλλο σύστημα για να δώσει την αναγκαία ποσότητα σε νερό. Η παροχή του νερού μπορεί να σταματήσει ή να περιοριστεί για διάφορους λόγους, όπως με συστροφή του σωλήνα ή να πέσει ένα βαρύ αντικείμενο πάνω στο σωλήνα. Σε μερικές εγκαταστάσεις, για να αποφεύγονται ζημιές στην τσιμπίδα, υπάρχει διάταξη που διακόπτει αυτόματα το ρεύμα όταν σταματήσει η παροχή του νερού ψύξεως.

Το καλώδιο ρεύματος περιβάλλεται από το σωλήνα επιστροφής νερού για να το κρατήσει κρύο (σχήμα 48). Χωρίς το νερό ψύξης, το καλώδιο ρεύματος υπερθερμαίνεται γρήγορα και μπορεί να λειώσει.



Σχήμα 48 Σχηματική παράσταση συγκόλλησης TIG με τσιμπίδα υδρόψυκτη (από [6] μεταφρασμένο).

Πιέσεις νερού υψηλότερες από 35 PSI (241 kg/mm²) μπορεί να αναγκάσει τους εύκαμπτους σωλήνες να εκραγούν. Όταν χρησιμοποιείται ένα ανοικτό σύστημα ψύξης, ένας ρυθμιστής πίεσης πρέπει να εγκατασταθεί για να αποτρέψει τις πάρα πολύ υψηλές πιέσεις για να μην εκραγούν οι σωλήνες.

Η υδρόψυκτη τσιμπίδα φέρει τρεις σωλήνες και ένα καλώδιο ρεύματος που συνδέονται με τη μηχανή συγκόλλησης. Οι σωλήνες είναι για την προσαγωγή στην τσιμπίδα του αδρανούς αερίου, του νερού ψύξης και για την επιστροφή του νερού ψύξης.

Η σωλήνα του αδρανούς αερίου πρέπει να είναι πλαστική για να αποτρέψει το αέριο από τη μόλυνση. Οι σωλήνες του νερού μπορεί να είναι από οποιοδήποτε εύκαμπτο υλικό. Οι συνδέσεις σωλήνων νερού γίνονται με συνδέσμους με αριστερόστροφο σπείρωμα και οι συνδέσεις των σωλήνων του αδρανούς αερίου γίνονται με συνδέσμους με δεξιόστροφο σπείρωμα. Αυτό αποτρέπει τον συγκολλητή να συνδέσει λάθος τις σωλήνες του. Η σωλήνα επιστροφής του νερού περιέχει επίσης το καλώδιο ρεύματος της συγκόλλησης. Αυτό επιτρέπει να χρησιμοποιούμε ένα πολύ μικρότερο σε μέγεθος καλώδιο ρεύματος επειδή το νερό το κρατά σε χαμηλή θερμοκρασία.

Το ψυκτικό νερό πρέπει να τροφοδοτείται από το σώμα της τσιμπίδας και να επιστρέφει από το καλώδιο ρεύματος. Αυτό επιτρέπει στο σώμα να λάβει τη μέγιστη ψύξη από το νερό προτού να το θερμάνει το καλώδιο ρεύματος. Στο σχήμα 49 φαίνεται μια υδρόψυκτη τσιμπίδα συγκόλλησης TIG.



Σχήμα 49 Υδρόψυκτη τσιμπίδα συγκόλλησης TIG [19]

Με υδρόψυκτες τσιμπίδες συγκολλούμε πάχη πάνω των 3mm και με ένταση 150-300A.

Μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί ηλεκτρόδιο μέχρι 6 mm. Ο τύπος αυτός είναι ο πιο χρησιμοποιήσιμος. Γι' αυτό το λόγο ο συγκολλητής πρέπει να προσέχει:

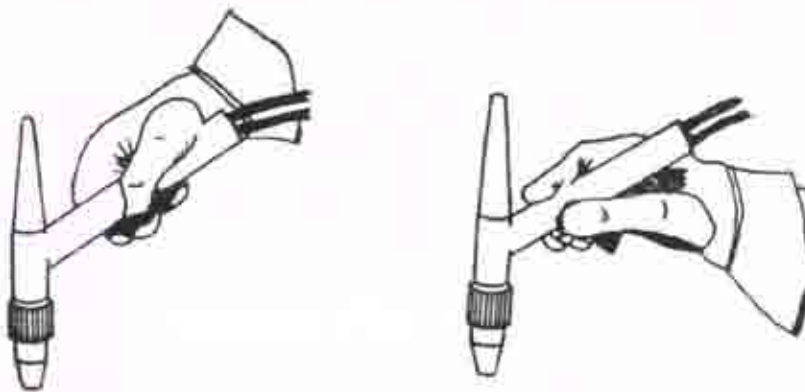
- Να μη συγκολλά ποτέ με ηλεκτρόδιο κακώς συγκρατημένο.
- Να μη χρησιμοποιεί ελαττωματικό σφικτήρα ηλεκτροδίου.
- Να μη χρησιμοποιεί τη λαβίδα χωρίς κυκλοφορία νερού.
- Να βεβαιωθεί ότι η παροχή του νερού είναι η κανονική, δηλαδή περίπου 1/2 l/min.

- Η τήρηση των παραπάνω οδηγιών εξασφαλίζει τη σωστή συγκόλληση των μετάλλων και την καλή διατήρηση των εργαλείων.

2.5.3.4. Το κράτημα της τσιμπίδας

Το κράτημα των τσιμπίδων συγκολλησεως με ηλεκτρόδιο βολφραμίου γίνεται με δύο συνήθως τρόπους όπως δείχνει και το σχήμα 50.

Στο σχήμα φαίνεται καθαρά η κάθετη θέση της τσιμπίδας και η χρήση αυτής πάντα με γάντια. Ακόμα εκτός από τα γάντια πρέπει ο συγκολλητής να φοράει και προστατευτικά γυαλιά ή προσωπίδα, κατά την εκτέλεση της συγκόλλησης, για να προστατέψει τα μάτια του από την έντονη ακτινοβολία που εκπέμπει το τόξο (σχήμα 51).



Σχήμα 50 Σωστοί τρόποι κρατήσεως της τσιμπίδας συγκόλλησης TIG [3].



Σχήμα 51 Εκτέλεση συγκόλλησης TIG πάντα με γάντια και προστατευτική μάσκα [27].

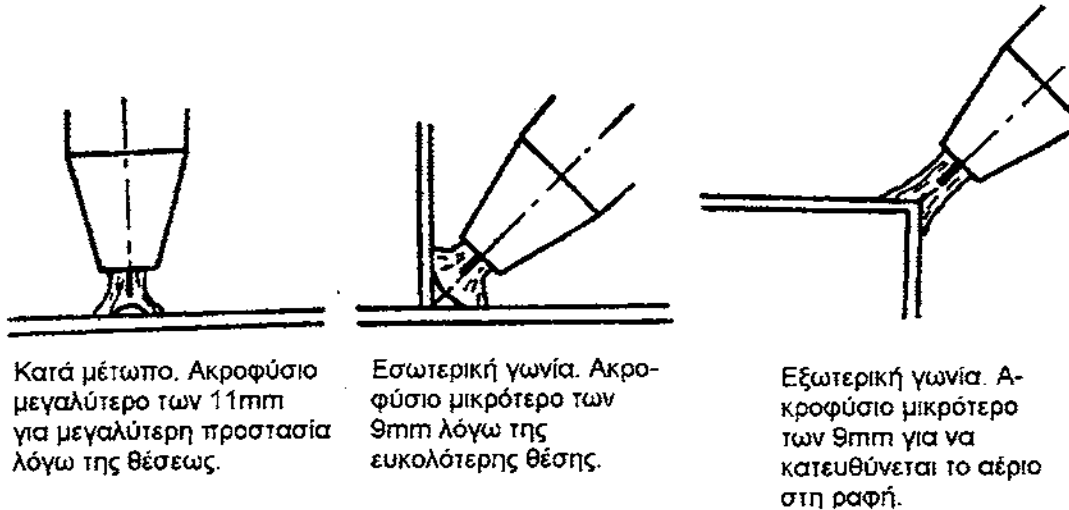
2.5.3.5. Το στόμιο της τσιμπίδας

Η τσιμπίδα όπως βλέπουμε και στο σχήμα 49 καταλήγει σ' ένα στόμιο το οποίο χρησιμεύει για την παροχή του αδρανούς αερίου, το οποίο προστατεύει γύρω-γύρω το σημείο συγκολλησεως.

Επειδή όμως η θερμοκρασία του ηλεκτρικού τόξου επηρεάζει άμεσα το στόμιο, το υλικό κατασκευής είναι κεραμικό με υψηλή θερμοκρασία τήξεως η διάμετρος των στομιών ποικίλλει σε 6, 9, 11, 13, 15 και 18mm.

Η κατάλληλη διάμετρος του στομίου της λαβίδας είναι ανάλογη με την χρησιμοποιούμενη ένταση του ρεύματος, τον τύπο και τη θέση της συνδέσεως των τεμαχίων (σχήμα 52).

Μετά τη συγκόλληση πρέπει να καθαρίζεται το στόμιο της τσιμπίδας από τα εκτοξευόμενα κατά τη συγκόλληση σπινθηρίσματα.



Σχήμα 52 Εκλογή διαμέτρου ακροφυσίου ανάλογα με τον τύπο και την θέση της συγκόλλησης(από [3] επεξεργασμένο).

Ο παρακάτω πίνακας μας δίνει την κανονική διάμετρο του ακροφυσίου ανάλογα με την ένταση του ρεύματος συγκόλλησης.

Πίνακας 4 Εκλογή διαμέτρου ακροφυσίου ανάλογα με την ένταση του ρεύματος.

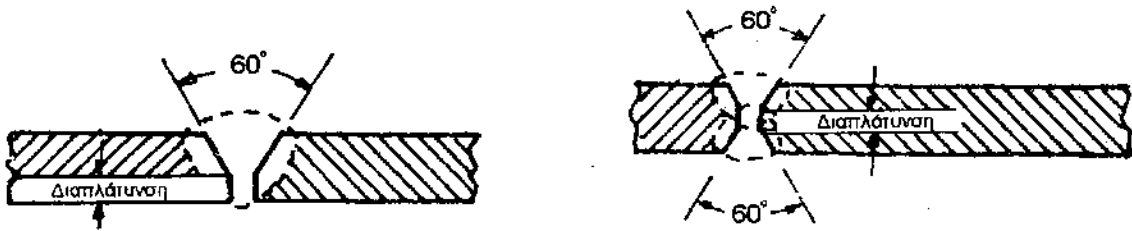
Διάμετρος ακροφυσίου (mm)	Ένταση ρεύματος (A)
6-9	Κάτω των 70
9-11	70-150
11-13	150-250
13-15	250-300
15-18	Πάνω των 300

2.6. Προετοιμασία των άκρων

Ανεξάρτητα από τη μορφή σύνδεσης είναι απαραίτητος ο καθαρισμός από σκουριές, λιπαρά και λοιπές ακαθαρσίες. Οι συνδέσεις γίνονται κατά μέτωπο, δι' επικαλύψεως και κατά γωνία.

Κατά μέτωπο.

Μέχρι πάχους 3/8" η συγκόλληση μπορεί να γίνεται χωρίς λοξοτομή. Από 3/8" έως 1/2" κάνουμε απλή λοξοτομή όπως φαίνεται στο σχήμα 53α, με διαπλάτυνση των ακμών 3-6mm. Όταν το πάχος υπερβαίνει το 1/2", τότε κάνουμε διπλή λοξοτομή (σχήμα 53β) και η συγκόλληση γίνεται δίπλευρη.



Σχήμα 53 α) Λοξοτομή V

β) Διπλή λοξοτομή X (από [3] επεξεργασμένο).

Δι' επικαλύψεως

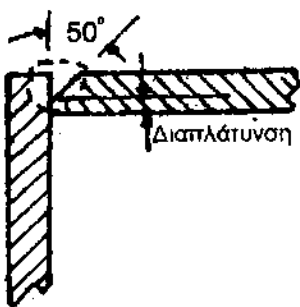
Η σύνδεση αυτή δεν συνιστάται για πάχη μεγαλύτερα του 1/4". Συνιστάται επίσης προσοχή, ώστε να υπάρχει καλή επαφή στις επιφάνειες επικαλύψεως.

Κατά γωνία.

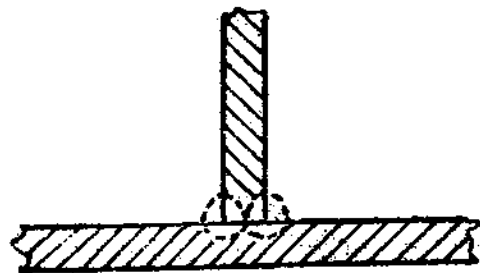
Για κομμάτια μέχρι πάχους 1/8" δεν χρειάζεται ιδιαίτερη βέργα-κόλληση.

Για πάχη μεγαλύτερα του 1/4" συνιστάται να γίνεται μια λοξοτομή στο ένα κομμάτι (σχήμα 54α)

Σε συγκολλήσεις σχήματος ταυ, ανεξάρτητα από το πάχος, είναι απαραίτητη η προσθήκη κόλλησης και στις δύο γωνίες (σχήμα 54β).



Σχήμα 54 α) Ημιλοξοτομή



β) Σύνδεση σχήματος ταυ (από [3] επεξεργασμένο).

Υποστήριξη σύνδεσης

Για πολλές περιπτώσεις σύνδεσης μας εξυπηρετεί πολύ η υποστήριξη αυτής με προστατευτικά ελάσματα για να προφυλαχθεί η ανάποδη πλευρά της συγκόλλησης.

Λεπτά κομμάτια προστατεύονται από την επίδραση της ατμόσφαιρας και από κάψιμο. Σε παχύτερα κομμάτια τα προστατευτικά ελάσματα γίνονται από κοινό ή ανοξειδωτο χάλυβα.

Τα προστατευτικά ελάσματα κατασκευάζονται έτσι ώστε να μην ακουμπούν την ζώνη συγκόλλησης όπως βλέπουμε στο σχήμα 55.



Σχήμα 55 Προστατευτικά ελάσματα (από [3] επεξεργασμένο).

2.7. Διαδικασία συγκολλήσεως

Το ηλεκτρόδιο ρυθμίζεται έτσι ώστε να εξέχει περίπου 1/8" έως 3/8" από το άκρο της τσιμπίδας για συγκολλήσεις κατά μέτωπο και 1/4" έως 3/8" για συγκολλήσεις κατά γωνία.

Όταν χρησιμοποιούμε εναλλασσόμενο ρεύμα δεν είναι ανάγκη να ακουμπήσει το ηλεκτρόδιο στο κομμάτι για γίνει έναυση του τόξου.

Η κίνηση της τσιμπίδας προς το κομμάτι, για την έναυση του τόξου, πρέπει να γίνεται με μεγάλη ταχύτητα για να παρέχεται το ρεύμα στη ροή του αργού στη ζώνη συγκόλλησης.

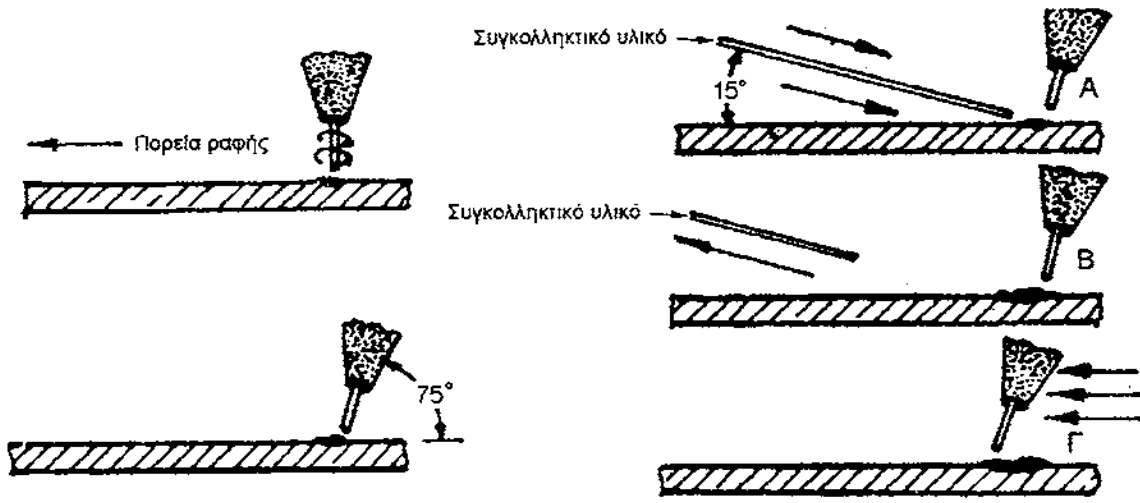
Στο συνεχές ρεύμα πρέπει το ηλεκτρόδιο να ακουμπήσει το κομμάτι για να ανάψει το τόξο. Για να σβήσει το τόξο πρέπει να τραβήξουμε γρήγορα την τσιμπίδα έτσι ώστε να μην γίνει ζημιά στην επιφάνεια της ραφής.

Σε συγκολλήσεις κατά μέτωπο η τσιμπίδα κρατιέται έτσι ώστε να σχηματίσει το ηλεκτρόδιο γωνία 75° με την επιφάνεια των κομματιών.

Προθερμαίνουμε το σημείο ξεκινήματος της ραφής κρατώντας την τσιμπίδα κάθετα προς το κομμάτι και κινώντας την σαν να γράφουμε μικρούς κύκλους (σχήμα 56.Ι). Όταν δούμε λιώσιμο σταματάμε τις κυκλικές κινήσεις, φέρνουμε την τσιμπίδα σε κλίση 75° και προχωρούμε αργά και σταθερά.

Όταν χρησιμοποιούμε βέργα κολλήσεως την κρατάμε σε γωνία 15° (σχήμα 56.ΙΙ.Α).

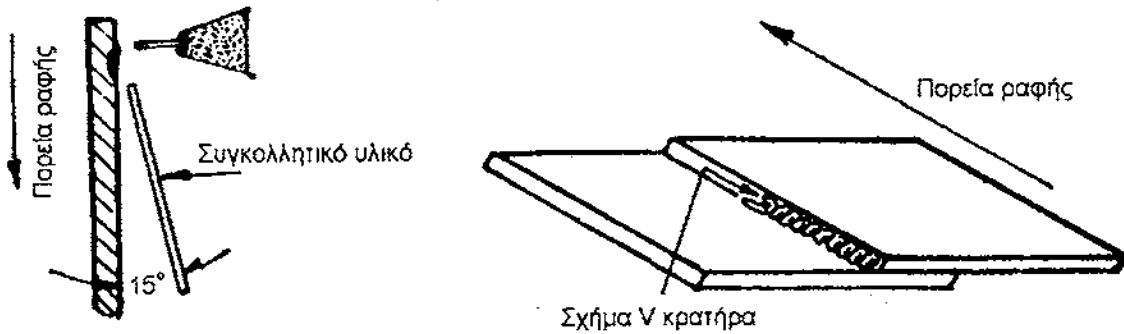
Όταν το σημείο ξεκινήματος ρευστοποιηθεί, τραβάμε λίγο προς τα πίσω το τόξο (σχήμα 56.ΙΙ.Β) και προσθέτουμε συγκολλητικό υλικό ακουμπώντας στην άλλη ακμή του λειωμένου μετάλλου. Απομακρύνουμε μετά την βέργα (σχήμα 56.ΙΙ.Β) και ξαναφέρνουμε το τόξο για συνεχίσει (σχήμα 56.ΙΙ.Γ) Αυτό επαναλαμβάνεται μέχρι τέλους της ραφής.



Σχήμα 56 I) Χειρισμός φλόγας

II) Κινήσεις τσιμπίδας και συγκ. Υλικού [3].

Για κατά μέτωπο κατακόρυφη συγκόλληση, κρατούμε την τσιμπίδα κάθετα προς τα κομμάτια. Όταν συγκολλούμε κατακόρυφα, αρχίζουμε πάντα από το πάνω μέρος και εάν δεν χρησιμοποιούμε συγκολλητικό υλικό προχωρούμε απλώς προς τα κάτω. Αν όμως χρησιμοποιούμε συγκολλητικό υλικό το τοποθετούμε στην κάτω ακμή του λειωμένου κρατήρα (σχήμα 57α).

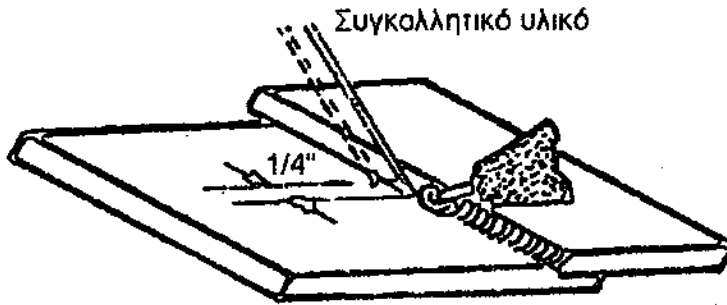


Σχήμα 57 α) Κατακόρυφη συγκόλληση. β) Σύνδεση δι' επικάλυψης (από [3] επεξεργασμένο).

Για συγκόλληση δι' επικάλυψης και σε σχήμα ταυ χωρίς κόλληση, σχηματίζουμε πρώτα ένα κρατήρα στον πυθμένα του κομματιού. Αφού σχηματιστεί, κονταίνουμε το τόξο να γίνει περίπου 1,5 mm και γυρίζουμε την τσιμπίδα ακριβώς γύρω από την σύνδεση, έως ότου συνδεθούν τα κομμάτια.

Όταν αρχίσει ή συγκόλληση δεν χρειάζεται πλέον γύρισμα της τσιμπίδας. Κινούμε μετά την τσιμπίδα κατά μήκος της συνδέσεως με το άκρο του ηλεκτροδίου ακριβώς πάνω από την ακμή της πάνω λαμαρίνας.

Όταν κάνουμε μία συγκόλληση δι' επικάλυψης παρατηρούμε πως ο κρατήρας σχηματίζει ένα σχήμα σαν V. Η ταχύτητα με την οποία προχωρεί ή κορυφή του V προσδιορίζει την ταχύτητα προχωρήσεως της τσιμπίδας. Δεν πρέπει να προχωρούμε την τσιμπίδα εμπρός από την κορυφή αυτή (σχήμα 57β). Αν χρησιμοποιούμε συγκολλητικό υλικό, βυθίζουμε και τραβάμε γρήγορα το άκρο της βέργας στον κρατήρα, περίπου κάθε 1/4" προχώρηση του κρατήρα (σχήμα 58).



Σχήμα 58 Κίνηση συγκολλητικού υλικού (από [3] επεξεργασμένο).

2.8. Συγκολλούμενα μέταλλα και κράματα

Με τη μέθοδο που εξετάζουμε, είναι δυνατή η συγκόλληση όλων των μετάλλων και κραμάτων που μπορούν να συγκολληθούν με ηλεκτρικό τόξο, όπως οι κοινοί και ανοξείδωτοι χάλυβες, το αλουμίνιο και τα περισσότερα από τα κράματά του, το μαγνήσιο και τα κράματά του, ο χαλκός, ο ορείχαλκος ο μπρούτζος, το νικέλιο, το Monel (κράματα χαλκού-νικελίου), το Inconel (κράμα νικελίου -χρωμίου -σιδήρου) και άλλα. Θα αναφερθούμε μόνο στις συγκολλήσεις με ανοξείδωτους χάλυβες, αλουμινίου και χαλκού, είναι οι πιο συνηθείς και αυτές που παρουσιάζουν το μεγαλύτερο ενδιαφέρον.

Ένας άλλος λόγος είναι ότι το αλουμίνιο, οι ανοξείδωτοι χάλυβες και ο χαλκός έχουν κάνει έντονη την παρουσία τους στο βιομηχανία, λόγω των ποικίλων κατασκευών.

Η μέθοδος είναι ιδιαίτερως χρήσιμη για συγκόλληση κομματιών μικρού πάχους.

2.8.1. Συγκόλληση ανοξείδωτων χάλυβων με την μέθοδο TIG

Στους ανοξείδωτους χάλυβες πραγματοποιούνται συγκολλήσεις με την μέθοδο TIG με αρκετά πλεονεκτήματα όπως:

- Κατάργηση του συλλιπάσματος ή της επένδυσης των ηλεκτροδίων.
- Δημιουργία συγκολλήσεων άριστης εμφάνισης, με στρωτή και γυαλιστερή επιφάνεια, ελατώνοντας στο ελάχιστο την ανάγκη τελειοποίησης με ιδιαίτερη κατεργασία.

Εδώ πρέπει να σημειωθεί ότι, η ανάποδη πλευρά της συγκολλήσεως που δεν προστατεύεται από τα αδρανή αέρια, έχει άσκημη εμφάνιση. Γι' αυτό καλό είναι, σε συγκολλήσεις κατά μέτωπο, να βάζουμε κάτω από τον αρμό ένα χάλκινο προστατευτικό έλασμα.

Ο επόμενος πίνακας 5 μας δίνει περίπου τιμές διαφόρων χρήσιμων στοιχείων.

Πίνακας 6 Στοιχείων συγκολλήσεων ανοξείδωτων χαλύβων με αργό [4].

Πάχος και- ματιών σε ίντσες	Μορφή συνδέσεως	Συνεχές ρεύμα — ίσοι πόλοι Ένταση σε Αμπέρ				Διάμετρος ήλεκτροδίου σε ίντσες	Ροή αργό 20PSI ή 1,4 ατμ		Διάμετρος ρά- βδου κολλη- σεως σε ίντσες
		Επιπεδη	Οριζόντια & κατακόρυφη	Οροφής	Αίτρα ανά λεπτό		Κυβικά πό- δια ανά ώρα		
1/16"	Κατά μέτωπο	80—100	70—90	70—90	1/16	5	11	1/16	
	Δι' επικαλύψεως	100—120	80—100	80—100	1/16	5	11	1/16	
3/32"	Κατά γωνία	80—100	70—90	70—90	1/16	5	11	4/16	
	Κατά μέτωπο	100—120	90—110	90—110	1/16	5	11	1/16	
1/8"	Δι' επικαλύψεως	110—130	100—120	100—120	1/16	5	11	1/16	
	Κατά γωνία	100—120	90—110	90—110	1/16	5	11	1/16	
3/16"	Κατά μέτωπο	120—140	110—130	105—125	1/16	5	11	3/32	
	Δι' επικαλύψεως	130—150	120—140	120—140	1/16	5	11	3/32	
1/4"	Κατά γωνία	120—140	110—130	115—135	1/16	5	11	3/32	
	Κατά μέτωπο	200—250	150—200	150—200	3/32	6	13	1/8	
3/16"	Δι' επικαλύψεως	225—275	175—225	175—225	3/32	6	13	1/8	
	Κατά γωνία	200—250	150—200	150—200	3/32	6	13	1/8	
1/4"	Κατά μέτωπο	275—350	200—250	200—250	1/8	6	13	3/16	
	Δι' επικαλύψεως	300—375	225—275	225—275	1/8	6	13	3/16	
1/4"	Κατά γωνία	275—350	200—250	200—250	1/8	6	13	3/16	

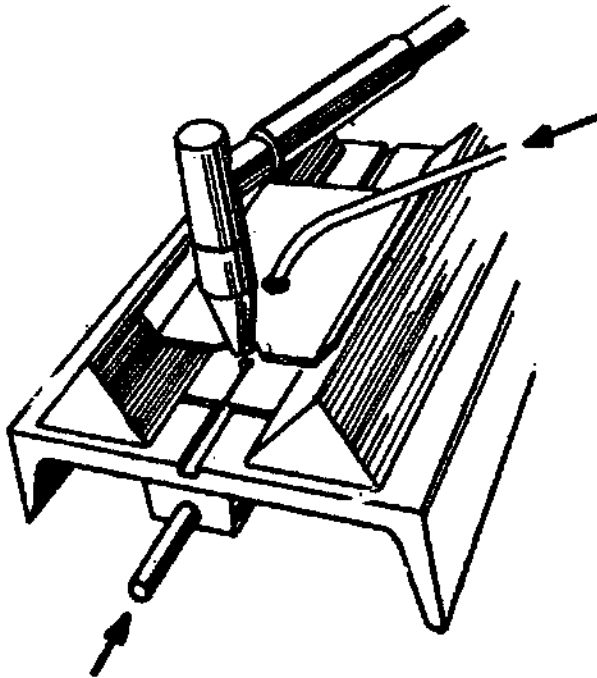
Πριν από τη συγκόλληση πρέπει να γίνεται σχολαστικός καθαρισμός. Το συγκολλητικό υλικό να είναι της ίδιας συνθέσεως με το συγκολλούμενο μέταλλο.

Η κατάλληλη μηχανή συγκολλήσεως πρέπει να είναι συνεχούς ρεύματος με σύνδεση της τσιμπίδας στον αρνητικό πόλο.

2.8.1.1. Συγκόλληση σε ευθεία άκρα

Η συγκόλληση στη θέση αυτή εκτελείται με μία απόσταση στα άκρα που ισούται με το $\frac{1}{4}$ του πάχους των τεμαχίων.

Για να επιτύχει καλά η συγκόλληση, χρειάζεται η προστασία της οπίσθιας πλευράς των τεμαχίων (σχήμα 59). Με την ιδιοσυσκευή του τοποθετούμε, εξασφαλίζουμε την προστασία και τη διείσδυση και δεν επιτρέπουμε στον ατμοσφαιρικό αέρα να εισχωρήσει.

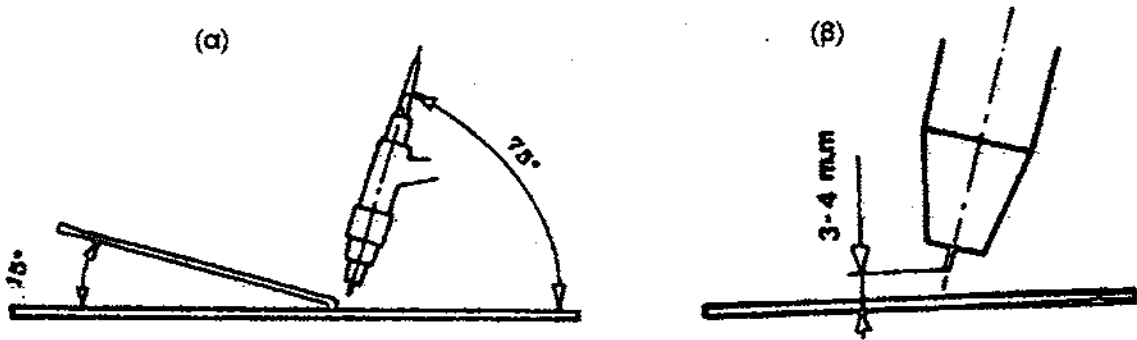


Σχήμα 59 Συσκευή προστασίας της οπίσθιας ραφής [3]

Η θέση της λαβίδας και του συγκολλητικού υλικού είναι 75° και 15° αντίστοιχα (σχήμα 60α).

Κατά την εκκίνηση ο συγκολλητής ανοίγει την παροχή του αργού και σχεδόν δημιουργείται το ηλεκτρικό τόξο. Πρέπει να δίδεται προσοχή ώστε η άκρη του συγκολλητικού υλικού να μην βγαίνει από την προστατευτική ζώνη του αργού.

Η απόσταση της άκρης του βολφραμίου είναι 3-4 mm (σχήμα 60β). Ο πίνακας 5 παρουσιάζει διάφορα χρήσιμα στοιχεία που αφορούν τη συγκόλληση σε ευθεία άκρα.

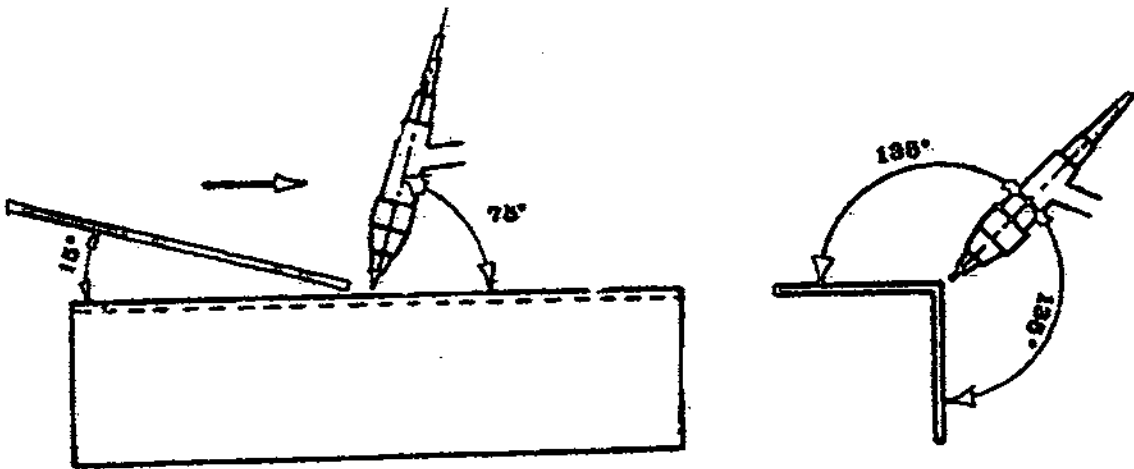


Σχήμα 60 α) Συγκόλληση σε ευθεία άκρα β) Κανονική απόσταση (από [3] επεξεργασμένο).

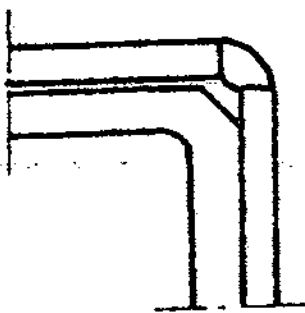
2.8.1.2. Συγκόλληση σε εξωτερική γωνία

Η συγκόλληση αυτή εκτελείται σε πάχη 1 έως 3 mm. Η γωνία κλίσεως της τοιμπίδας και του συγκολλητικού υλικού είναι εμφανής στο σχήμα 61.

Για να έχουμε καλό γέμισμα της γωνίας κινούμε την βέργα του συγκολλητικού υλικού πάνω κάτω, χωρίς να εξέρχεται η άκρη της από την προστατευτική ζώνη του αερίου και σε γωνία 15° με το διαμήκη άξονας της ραφής.



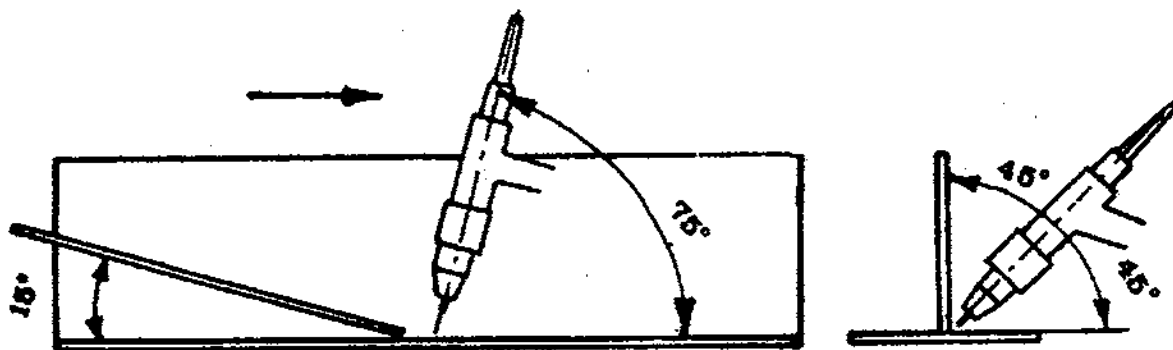
Σχήμα 61 Συγκόλληση σε εξωτερική γωνία [3].



Σχήμα 62 Τοποθέτηση γωνίας χαλκού για προστασία του πίσω μέρους [3].

Και εδώ πρέπει να προστατεύουμε το πίσω μέρος της ραφής με ιδιοσυσκευής, όπως κάναμε και στη συγκόλληση σε ευθεία άκρα. Αν αυτό είναι αδύνατο, τότε τοποθετούμε μία γωνία από χαλκό, της οποίας η διαμορφωμένη γωνία (σχήμα 62) προφυλάσσει εν μέρει τη διείσδυση. Ο πίνακας 5 (σελίδα 62) μας παρουσιάζει χρήσιμα στοιχεία που αφορούν την συγκόλληση γωνίας.

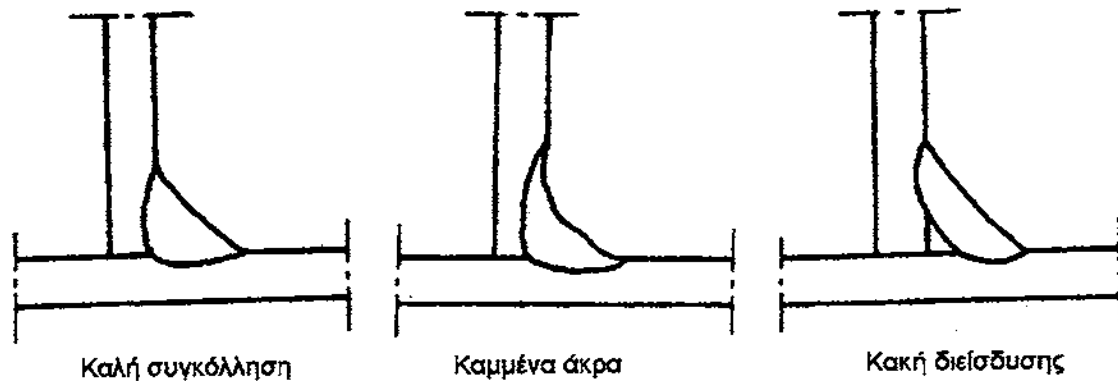
2.8.1.3. Συγκόλληση σε εσωτερική γωνία



Σχήμα 63 Συγκόλληση σε εσωτερική γωνία [3].

Η τσιμπίδα κρατείται ακριβώς στο μέσο της γωνίας (σχήμα 63), με μια κλίση 75° αντίθετα προς την κατεύθυνση συγκολλησεως. Μια καλή συγκόλληση πρέπει να έχει καλή διανομή του λειωμένου υλικού και στις δύο πλευρές, χωρίς να φαγωθούν τα άκρα των πλευρών (σχήμα 64).

Το πίσω μέρος της ραφής οφείλει να είναι καθαρό και καθόλου οξειδωμένο. Ο πίνακας 5 (σελίδα 62) μας παρουσιάζει χρήσιμα στοιχεία που αφορούν την συγκόλληση εσωτερικής γωνίας.



Σχήμα 64 Λάθη συγκόλλησης ανοξειδωτου χάλυβα (από [3] επεξεργασμένο).

2.8.2. Συγκόλληση αλουμινίου με την μέθοδο TIG

Μετά το Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο η χρησιμοποίησι του αλουμινίου σε μηχανολογικές κατασκευές αναπτύσσεται συνεχώς. Η πρόοδος αυτή βασικά οφείλεται:

- Στην τελειοποίηση νέων μεθόδων συγκόλλησης.
- Στην καλύτερη ποιότητα του αλουμινίου και των κραμάτων του.

Η συγκόλληση του αλουμινίου, εκτός από την κλασική παλιά μέθοδο την φλόγα της οξυγονοασετυλίνης, γίνεται με καλύτερα αποτελέσματα με την μέ-

θοδο με δύστηκτο ηλεκτρόδιο βολφραμίου και αδρανών αερίων, δηλαδή αυτή που ονομάζουμε TIG.

Η συγκόλληση με την μέθοδο TIG επιτρέπει τη σημαντική μείωση των παραμορφώσεων και εφαρμόζεται τα τελευταία χρόνια σχεδόν παντού, ακόμα και στη χώρα μας.

Για τη συγκόλληση του αλουμινίου χρησιμοποιούμε μηχανές ηλεκτρικής συγκολλησεως, εναλλασσόμενου ρεύματος.

Η διαρκής αλλαγή της φοράς των ηλεκτρονίων από τον αρνητικό προς το θετικό πόλο και αντιστρόφως έχει σαν αποτέλεσμα τα εξής:

- Όταν το ηλεκτρόδιο είναι αρνητικό (-) τότε η θερμική επιφάνεια του αλουμινίου στο σημείο τήξεως (κρατήρα) είναι καλύτερη.
- Όταν το ηλεκτρόδιο είναι στο θετικό (+) τότε έχουμε πολύ καθαρότερο λουτρό τήξεως χωρίς την παρουσία της αλουμίνας.

Η αλουμίνα, όπως είναι γνωστό και από την μεταλλουργία είναι μία λεπτή στρώση που καλύπτει όλη την επιφάνεια του αλουμινίου, δηλαδή πρόκειται για την οξειδωση του αλουμινίου.

Το πρόβλημα λοιπόν είναι, ότι ενώ το σημείο τήξεως του αλουμινίου είναι 658 °C, της αλουμίνας είναι 2000 °C. Έτσι, ενώ προστατεύει το υπόλοιπο μέταλλο από την οξειδωση, μας δυσκολεύει στη συγκόλληση.

Η εκλογή του κατάλληλου ρεύματος (εναλλασσόμενο) έχει την ιδιότητα να διασπά την επιφάνεια της αλουμίνας και να μην αφήνει να οξειδωθεί περαιτέρω λόγω της προστασίας του σημείου συγκολλησεως με αδρανή αέρια.

Τα πλεονεκτήματα της συγκολλησεως με εναλλασσόμενο ρεύμα είναι:

- Σταθερό ηλεκτρικό τόξο.
- Κανονική θερμοκρασία του ηλεκτροδίου χωρίς φθορές.
- Λουτρό τήξεως πλατύ, βαθύ και καθαρό.
- Συγκόλληση του αλουμινίου και των κραμάτων αυτού.

Ο επόμενος πίνακας 6 μας δίνει περίπου τιμές διαφόρων χρησίων στοιχείων για την συγκόλληση αλουμινίου.

Πίνακας 6 Στοιχείων συγκολλήσεων αλουμινίου με αργό [4].

Πέχος κομ- ματιών σε ίντσες	Μορφή συνδέσεως	Ευελαστούμενο ρεύμα Ένταση σε Αμπέρ			Διάμετρος ηλεκτροδίου σε ίντσες	Ροή αργό 20PSI (πύδων- τσίμιν²) 1,4 atm		Διάμετρος ρά- βδου-κολλη- σεως σε ίντσες
		Επίπεδη	Οριζόντια & κατακόρυφη	Οροφής		Άιτρα ανά λεπτό	Κυβικά πό- δια ανά ώρα	
1/16"	Κατά μέτωπο	60-80	60-80	60-80	1/16	7	15	1/16
	Δι' επικαλύψεως	70-90	55-75	60-80	1/16	7	15	1/16
	Κατά γωνία	60-80	60-80	60-80	1/16	7	15	1/16
1/8"	Κατά μέτωπο	125-145	115-135	120-140	3/32	8	17	1/8
	Δι' επικαλύψεως	140-160	125-145	130-160	3/32	8	17	1/8
	Κατά γωνία	125-145	115-135	130-150	3/32	8	17	1/8
3/16"	Κατά μέτωπο	190-220	190-220	180-210	1/8	10	21	5/32
	Δι' επικαλύψεως	210-240	190-220	180-210	1/8	10	21	5/32
	Κατά γωνία	190-220	180-210	180-210	1/8	10	21	5/32
1/4"	Κατά μέτωπο	260-300	220-260	210-250	3/16	12	25	3/16
	Δι' επικαλύψεως	290-340	220-260	210-250	3/16	12	25	3/16
	Κατά γωνία	280-320	220-260	210-250	3/16	12	25	3/16

2.8.2.1. Συγκόλληση αλουμινίου σε ευθεία άκρα

Η συγκόλληση του αλουμινίου για να πετύχει, όσον αφορά την αντοχή αλλά και την εμφάνιση, προϋποθέτει καλό καθαρισμό των άκρων.

Ο καθαρισμός γίνεται σε δύο στάδια:

1. Καθαρισμός με την ξύστρα στο πάχος των τεμαχίων αλλά και στα άκρα, εκεί δηλαδή που θα τοποθετηθεί το κορδόνι.
2. Καθαρισμός με συρματοβουρτσα.

Έτσι καθαρίζουμε την επιφάνεια του αλουμινίου και άλλα υλικά, όπως π.χ. λάδια, γράσα, κλπ. Τα τεμάχια ποντάρονται με λεπτά σημεία που απέχουν μεταξύ τους 20 περίπου φορές το πάχος των τεμαχίων.

Ο συγκολλητής που συγκολλά αλουμίνιο πρέπει να έχει υπόψιν του ορισμένες οδηγίες:

- Η απόσταση του ηλεκτροδίου (τόξου) από το μέταλλο να είναι 3-4 mm. Αν η απόσταση είναι μεγαλύτερη έχουμε τότε συχνά διακοπή του τόξου και αύξηση της θερμότητας που σημαίνει όχι καλή συγκόλληση.
- Προτού κάνει έναυση του τόξου, να αφήσει επί λίγο χρονικό διάστημα (3 δευτερόλεπτα) το αέριο να βγει από το στόμιο της λαβίδας και μετά να δημιουργήσει το τόξο.
- Να προσέχει την άκρη του συγκολλητικού υλικού να μην εξέρχεται από την προστατευτική ζώνη του αερίου, γιατί υπάρχει κίνδυνος οξειδώσεως.
- Να κρατά στη σωστή θέση την λαβίδα και το συγκολλητικό υλικό (βλέπε σχήμα 60α, σελίδα 63), το οποίο θα ακολουθεί τις κινήσεις με τον ίδιο ρυθμό μέχρι το τέλος της συγκόλλησης.
- Την επισκευή της άκρης του ηλεκτροδίου, το οποίο αλλοιώνεται από την συνεχή εργασία. Η επισκευή αυτή περιγράφεται αναλυτικά στην παράγραφο 2.2.3.

Στο σχήμα 65 παρουσιάζεται η συγκόλληση δυο κομματιών σωλήνας από αλουμίνιο. Παρατηρούμε καθαρά τις θέσεις της λαβίδας και του συγκολλητικού υλικού.



Σχήμα 65 Συγκόλληση δυο κομματιών σωλήνας από αλουμίνιο με τη μέθοδο TIG [28].

Χαρακτηριστικό της συγκολλήσεως του αλουμινίου είναι το θαυμάσιο εμφάνιση κορδόνι και από την άλλη πλευρά και από την οπίσθια (διείσδυση).

Ο πίνακας 6 (σελίδα 66) παρουσιάζει χρήσιμα στοιχεία που αφορούν συγκόλληση του αλουμινίου σε ευθεία άκρα.

2.8.2.2. Συγκόλληση αλουμινίου σε εξωτερική γωνία

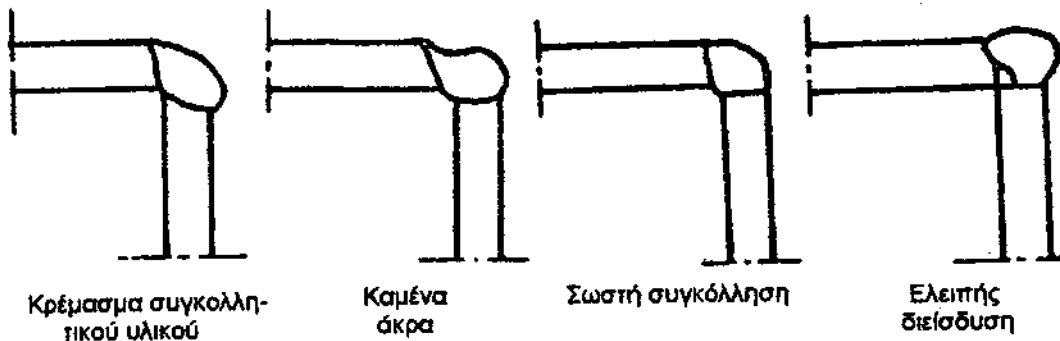
Η διαδικασία για την συγκόλληση του αλουμινίου σε εξωτερική γωνία δε διαφέρει από τη συγκόλληση σε ευθεία άκρα, δηλαδή ο καθαρισμός των τεμαχίων, η απόσταση της άκρης του ηλεκτροδίου και γενικά τα προστατευτικά μέτρα κατά της οξειδώσεως.

Η θέση των τεμαχίων πρέπει να είναι τέτοια, ώστε να δημιουργείται μια φυσική λοξοτομή.

Κατά τη συγκόλληση των τεμαχίων, ο συγκολλητής θα πρέπει να προσέξει ιδιαίτερα να μην κάψει τα άκρα και να κάνει κανονική εναπόθεση του συγκολλητικού υλικού.

Οι θέσεις του συγκολλητικού υλικού και της τσιμπίδας είναι αυτές που φαίνονται στο σχήμα 61.

Μια σωστή μορφή συγκολλήσεως αλουμινίου σε εξωτερική γωνία έχει συμμετρική επιφάνεια και κανονική διείσδυση. Στο σχήμα 66 παρατηρούμε μερικές μορφές συγκολλήσεων που έγιναν, επειδή δεν τηρήθηκαν οι σωστοί κανόνες.



Σχήμα 66 Λάθος μορφές συγκολλήσεως (από [3] επεξεργασμένο).

Ο πίνακας 6 μας παρουσιάζει χρήσιμα στοιχεία για τη συγκόλληση αλουμινίου σε εξωτερική γωνία.

2.8.2.3. Συγκόλληση αλουμινίου σε εσωτερική γωνία

Η συγκόλληση του αλουμινίου σε εσωτερική γωνία παρουσιάζει μια σημαντική δυσκολία, σε σχέση με τις συγκολλήσεις στις προηγούμενες θέσεις.

Αυτό οφείλεται γιατί οι θερμαινόμενες επιφάνειες δεν είναι στην ίδια θέση (η μι πλευρά είναι κάθετη και η άλλη οριζόντια). Τη δυσκολία αυτή την ξεπερνάμε εύκολα με τη σωστή θέση της τσιμπίδας και του συγκολλητικού υλικού (βλέπε σχήμα 63, σελίδα 64), διατηρώντας μια κανονική απόσταση από την άκρη του ηλεκτροδίου και το συγκολλούμενο τεμάχιο.

Η σωστή συγκόλληση σε εσωτερική γωνία πρέπει να έχει κανονικό σχήμα χωρίς κομμένα άκρα των πλευρών που ελαττώνουν το πάχος των τεμαχίων.

Στο σχήμα 66 της σελίδα 64 παρουσιάζονται μερικές εσφαλμένες συγκολλήσεις που οφείλονται στην μη τήρηση των κανόνων.

Στον 6 πίνακα παρουσιάζουμε μερικά χρήσιμα στοιχεία, που αφορούν στη συγκόλληση του αλουμινίου σε εσωτερική γωνία.

2.8.3. Συγκόλληση του χαλκού με τη μέθοδο TIG

Όλοι μας γνωρίζουμε το χαλκό από τις διάφορες εφαρμογές στην ηλεκτρολογία. Ο χαλκός έχει κοκκινωπή όψη που τον κάνει να ξεχωρίζει από τα άλλα μέταλλα. Το ειδικό βάρος του είναι 8,94 και λιώνει στους 1083 °C (σημείο τήξης).

Ο χαλκός είναι μέταλλο που σφυρηλατείται εύκολα και είναι πολύ καλός αγωγός της θερμότητας και του ηλεκτρισμού.

Αυτό είναι γνωστό και από την εφαρμογή του χαλκού στις ηλεκτροσυγκολλήσεις με ηλεκτρική αντίσταση (ηλεκτρόδια και αγωγοί). Η συγκόλληση χαλκού δεν είναι τόσο εύκολη όσο του αλουμινίου αλλά παρουσιάζει μερικές ιδιότητες λόγω της καλής αγωγιμότητάς του στη θερμότητα. Έτσι, το σημείο στο οποίο διοχετεύεται η θερμότητα, αμέσως εξαπλώνεται σε όλη του την επιφάνεια. Γι' αυτό όταν η συγκόλληση γίνεται σε ελάσματα πάχους πάνω των 2mm πρέπει να προηγείται προθέρμανσης.

Ο πίνακας 7 που ακολουθεί μας δίνει την κατάλληλη θερμοκρασία για την προθέρμανση του χαλκού.

Πίνακας 7 Προθέρμανση χαλκού.

Πάχος τεμαχίου (mm)	2-3	4-5	6-7	8	10	12	Πάνω από 12
Θερμοκρασία Προθέρμανσης (°C)	200	300	350	400	550	600	700

Η χρησιμοποίηση του κατάλληλου υλικού πρέπει να γίνεται με βάση την εκλογή δύο βασικών τύπων:

- Χαλκός με προσθήκη από κασσίτερο, πυρίτιο και μαγνήσιο.
- Χαλκός με προσθήκη 1% ασημοκόλληση.

Οι δύο αυτοί τύποι είναι οι βασικοί, αλλά οι διάφορες εταιρίες που παράγουν συγκολλητικά υλικά έχουν τη δυνατότητα να προσφέρουν και άλλους τύπους.

Το χρησιμοποιούμενο ρεύμα είναι το συνεχές γι' αυτό και η μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης πρέπει να παράγει συνεχές ρεύμα.

Η συνδέσεις των πόλων γίνεται με το ηλεκτρόδιο στον αρνητικό πόλο (-) για να μπορούμε να έχουμε λουτρό τήξεως καθαρό, πλατύ αλλά και με την κανονική διεύθυνση.

Πίνακας 8 Στοιχείων συγκολλήσεων χαλκού με αργό [4].

Πέχος κομματιού σε ίντσες	Μορφή συνδέσεως	Ρεύμα συνεχές με ίσιους πόλους Ένταση σε Αμπέρ επίπεδη	Ροή αργό 20 PSI ή 1,4 ατμ.		Διάμετρος ράβδου κολλήσεως σε ίντσες	Διάμετρος η-λεκτροδίου σε ίντσες
			Διήρα ανά λεπτό	Κυβ. πόδια ανά ώρα		
1/16	Κατά μέτωπο	110—140	7	15	1/16	1/16
	Δι' επικαλύψεως	130—150	7	15	1/16	1/16
	Κατά γωνία	110—140	7	15	1/16	1/16
1/8	Κατά μέτωπο	175—225	7	15	3/32	3/32
	Δι' επικαλύψεως	200—250	7	15	3/32	3/32
	Κατά γωνία	175—225	7	15	3/32	3/32
3/16	Κατά μέτωπο	250—300	7	15	1/8	1/8
	Δι' επικαλύψεως	275—325	7	15	1/8	1/8
	Κατά γωνία	250—300	7	15	1/8	1/8
1/4	Κατά μέτωπο	300—350	7	15	1/8	1/8
	Δι' επικαλύψεως	325—375	7	15	1/8	1/8
	Κατά γωνία	300—350	7	15	1/8	1/8

Το ποντάρισμα γίνεται με πολύ λεπτά σημεία συγκρατήσεως. Η απόσταση μεταξύ τους είναι 20 φορές περίπου το πάχος των τεμαχίων.

Η απόσταση της άκρης του ηλεκτροδίου από το τεμάχιο πρέπει να είναι σταθερή και να κυμαίνεται μεταξύ 3-4 mm.

Η τήξη του συγκολλητικού υλικού να γίνεται πάντα στην προστατευτική ζώνη χωρίς το άκρο της βέργας να βγαίνει ποτέ απ' αυτή. Μ' αυτό τον τρόπο αποκλείουμε την οξειδωση της συγκολλήσεως. Ακόμη και όταν τελειώσει η συγκόλληση για ν' αποφύγουμε και την ελάχιστη οξειδωση, θα πρέπει να περιμένουμε να κρυώσει το λιωμένο μέταλλο και μετά να αποσύρουμε τη τσιμπίδα, η οποία με την παροχή του αδρανούς αερίου θα το προστατεύει.

Η συγκόλληση με το αδρανές αέριο θα πρέπει να γίνεται σε μέρη στεγασμένα. Γιατί όταν φυσά, έστω και ελαφρά, μπορεί να παρασύρει το αργό και να μη μας παρέχει πλέον προστασία. Γι' αυτό, όταν η συγκόλληση για οποιοδήποτε λόγο γίνεται στο ύπαιθρο, συνιστάται η προστασία του τόξου.

Ο πίνακας 8 μας δίνει περίπου τιμές διαφόρων χρησίμων στοιχείων για την συγκόλληση χαλκού.

2.8.3.1. Συγκόλληση χαλκού σε ευθεία άκρα

Η συγκόλληση του χαλκού σε ευθεία άκρα γίνεται σε πάχος από 1-4mm χωρίς απόσταση των άκρων.

Η τεχνική της συγκόλλησης είναι η ίδια με αυτή του αλουμινίου. Πριν από τη συγκόλληση ο συγκολλητής πρέπει να καθαρίζει τις επιφάνειες και το πάχος των προς συγκόλλησης μετάλλων με την ξύστρα και την συρματοβουρτσα.

Η θέση της λαβίδας και του συγκολλητικού υλικού είναι αυτές που φαίνονται στο σχήμα 60α (σελίδα 64).

Η καλή συγκόλληση έχει μορφή κανονική και ένα ελαφρώς προεξέχον κορδόνι διεισδύσεως.

Στον πίνακα 8 παρουσιάζονται χρήσιμα στοιχεία, που αφορούν τη συγκόλληση του χαλκού με ευθεία άκρα.

2.8.3.2. Συγκόλληση χαλκού σε εσωτερική γωνία

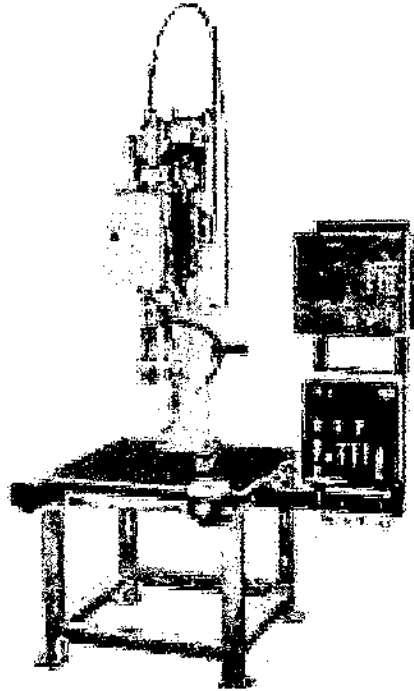
Η συγκόλληση του χαλκού σε εσωτερική γωνία συναντά μεγαλύτερες δυσκολίες, απ' ενός λόγω της θερμικής αγωγιμότητας απ' ετέρου λόγω της θέσεως. Γι' αυτό η προθέρμανση πρέπει να γίνεται απαραίτητως και με τις γνωστές πλέον τιμές που μας δίδονται από τον 7 πίνακα θερμοκρασιών προθερμάνσεως.

Η τσιμπίδα να κρατάτε στο κέντρο της γωνίας για να μπορεί να λιώνει ταυτόχρονα και τα δύο ελάσματα. Κατά την άλλη θέση οι γωνίες της τσιμπίδας και του συγκολλητικού υλικού δεν αλλάζουν. Παραμένουν δηλαδή ίδιες με την συγκόλληση της αυτής θέσεως σε αλουμίνιο.

Ο πίνακας 8 μας παρουσιάζει χρήσιμα στοιχεία για την συγκόλληση του χαλκού σε εσωτερική γωνία.

Με τη συγκόλληση του χαλκού σε εσωτερική γωνία δώσαμε μια γενική εικόνα της τεχνικής με την μέθοδο TIG, η οποία όπως αναφέραμε, χρησιμοποιείται ευρύτατα. Η μέθοδος αυτή βασικά εκτελεί συγκολλήσεις σε λεπτά πάχη. Αυτό όμως, δεν αποκλείει την περίπτωση συγκόλλησης και σε μεγαλύτερα πάχη με δύο ή και περισσότερα κορδόνια. Φυσικά η συγκόλληση σε μεγάλα πάχη χρειάζεται και ειδική προετοιμασία των άκρων.

Η μέθοδος συγκόλλησης με ηλεκτρόδιο βολφραμίου, εκτός από το γνωστό χειρισμό, δηλαδή την πραγματοποίηση εργασιών με τα χέρια του συγκολλητού, έχει μετατραπεί και σε αυτόματη μηχανή με ειδικό μηχανισμό, ο οποίος συγκολλά τα διάφορα μέταλλα αυτομάτως (σχήμα 67).



Σχήμα 67 Αυτόματη μηχανή συγκόλλησης TIG [28].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΟ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ (MIG)

3. ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΜΕ ΚΑΤΑΝΑΛΙΣΚΟΜΕΝΟ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ ΣΕ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ (MIG)

3.1. Γενικά

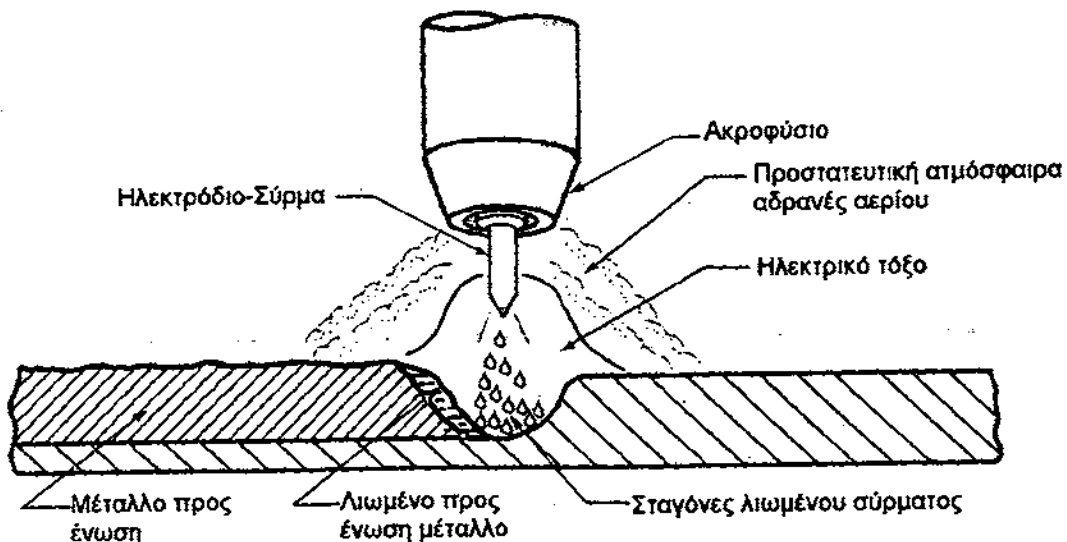
Λέγεται διεθνώς M.I.G. από τα αρχικά των λέξεων Metal Inert Gas. Στην βιβλιογραφία (κυρίως την ξένη) λέγεται και G.M.A.W. από τα αρχικά των λέξεων Gas, Metal, Arc, Welding. Η μέθοδος εφαρμόστηκε πρώτα στις Η.Π.Α. (γύρω στα 1950) για να αντιμετωπιστούν οι δυσκολίες που παρουσίαζε, σε αυτόματη συγκόλληση, η μέθοδος TIG.

Πρωτοχρησιμοποιήθηκε για συγκολλήσεις αλουμινίου. Αργότερα (1951) χρησιμοποιήθηκε για την συγκόλληση κοινών και ανοξειδωτων χαλύβων, με προστασία αργό ανακατεμένο με 5% οξυγόνο που προσδίδει πολύ ωφέλιμα αποτελέσματα.

Για την συγκόλληση των χαλύβων φρόντισαν να βρουν κάποιο φτηνό αέριο και για τέτοιο επέλεξαν να χρησιμοποιήσουν πρώτα το διοξείδιο του άνθρακα και μετά μίγμα διοξειδίου του άνθρακα και αργό, αργό με υδρογόνο, διοξείδιο του άνθρακα με οξυγόνο. Χρησιμοποίησαν επίσης το άζωτο ανακατεμένο με αργό για συγκολλήσεις χαλκού.

Η εκτέλεση της συγκόλλησης MIG μπορεί να γίνει με το χέρι ή και αυτόματα. Η συγκόλληση γενικά με καταναλισκόμενο ηλεκτρόδιο, είναι πιο εύκολη από την προηγούμενη μέθοδο και ο συγκολλητής μπορεί να εργάζεται περισσότερο ξεκούραστα, γιατί μπορεί να χρησιμοποιεί και τα δύο τα χέρια για τη συγκράτηση της τσιμπιδας.

Οι μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως για την μέθοδο MIG δε διαφέρει από την προηγούμενη (TIG). Αλλά για την παροχή του συγκολλητικού υλικού (σύρμα) έχει επινοηθεί μια συσκευή, η οποία είναι ρυθμισμένη να βγάζει ανάλογα με την ταχύτητα της συγκόλλησης και την ανάλογη ποσότητα σύρματος που λειτουργεί και ως ηλεκτρόδιο (δηλαδή δεν υπάρχει ξεχωριστό ηλεκτρόδιο). Το σύρμα αυτό είναι τυλιγμένο σε κουλούρα και το ξετύλιγμα γίνεται με απλό τρόπο.



Σχήμα 68 Τόξο συγκόλλησης MIG σε προστατευτική ατμόσφαιρα αδρανές αερίου (από [6] μεταφρασμένο και τροποποιημένο).

Κατά τη διαδικασία συγκόλλησης, υπάρχει μια συνεχής μηχανική παροχή του σύρματος συγκόλλησης, ενώ υπάρχει ένα ηλεκτρικό («βολταϊκό») τόξο, θερμοκρασίας περίπου 13000 °C, που αναπτύσσεται ανάμεσα στο σύρμα και το προς συγκόλληση αντικείμενο (σχήμα 68). Εξαιτίας αυτού θα τήκεται το σύρμα και τοπικά το προς συγκόλληση αντικείμενο. Και τα δύο υλικά θα ενωθούν σε ρευστή μορφή και μετά την πλήρη στερεοποίηση τους θα δημιουργηθεί μια συγκολλητική σύνδεση.

Υπάρχουν όμως, στην ατμόσφαιρα που βρίσκεται γύρω από το ηλεκτρικό τόξο και το λουτρό τήξης, τα αέρια οξυγόνο, άζωτο και υδρογόνο. Αυτά τα αέρια έχουν το ανεπιθύμητο χαρακτηριστικό να απορροφώνται από το ρευστό μέταλλο και εκτός του ότι δημιουργούνται έτσι πόροι, να επηρεάζονται αρνητικά και οι μηχανικές ιδιότητες του μετάλλου. Με άλλα λόγια, πρέπει να προστατευτεί το λουτρό τήξης από τη επίδραση της ατμόσφαιρας. Αυτό πραγματοποιείται με την παροχή ενός προστατευτικού αδρανές αερίου γύρω από το τόξο (αργό, ήλιο κ.ά.) όπως φαίνεται και στο σχήμα 68.

Ο συγκολλητής έχει τη ευθύνη επιλογής της σωστής ταχύτητας παροχής σύρματος έτσι ώστε να πραγματοποιηθεί μια καλή συγκολλητική σύνδεση από τη μια πλευρά. Από την άλλη όμως, μια υψηλή ταχύτητα παροχής σύρματος θα έχει σαν αποτέλεσμα να υπάρχει μια υψηλή ταχύτητα τήξης, και έτσι υπάρχει η δυνατότητα της μείωσης του κόστους της συγκόλλησης. Η ταχύτητα παροχής σύρματος συνδυάζεται με την ένταση του ρεύματος συγκόλλησης και μάλιστα με τέτοιο τρόπο που όταν επιλέγεται μια υψηλότερη ταχύτητα παροχής σύρματος, η ένταση του ρεύματος θα είναι επίσης υψηλότερη. Η κατανόηση της σωστής επιλογής αυτής της μεταβλητής της συγκόλλησης, που λέγεται καμιά φορά παράμετρος συγκόλλησης, αποτελεί μια απόλυτη προϋπόθεση για να πραγματοποιηθεί μια καλή συγκολλητική σύνδεση.

Μια άλλη μεταβλητή είναι το σύρμα συγκόλλησης. Εκτός από συμπαγή σύρματα συγκόλλησης, υπάρχουν επίσης τα λεγόμενα κοίλα σύρματα συγκόλλησης στην αγορά. Υπάρχει μια κατάλληλη επιλογή σύρματος για κάθε συγκεκριμένη περίπτωση, υπάρχει και η δυνατότητα προσδιορισμού των χαρακτηριστικών της συγκολλητικής σύνδεσης.

Άλλος παράγοντος που επηρεάζει τη συμπεριφορά του ηλεκτρικού τόξου, καθώς και των τελικών χαρακτηριστικών της συγκολλητικής σύνδεσης, είναι το προστατευτικό αέριο.

Από τα παραπάνω αποδείχθηκε ξεκάθαρα ότι ο συγκολλητής πρέπει να έχει γνώσεις για τις διάφορους παραμέτρους, έτσι ώστε να κάνει στην επιθυμητή θέση συγκόλλησης μια καλή συγκόλληση.

3.2. Προστατευτικά αέρια

Σκοπός του προστατευτικό αέριο είναι η προστασία του ρευστού μετάλλου (που προέρχεται από την τήξη του σύρματος συγκόλλησης και των σταγόνων που πηγαίνουν στο λουτρό τήξης) καθώς και του μετάλλου που πηζει, από την απορρόφηση και τις επιδράσεις του αζώτου και του οξυγόνου στην ατμόσφαιρα (σχήμα 68). Αυτά τα αέρια διαλύονται εύκολα σε ρευστά μέταλλα αλλά λιγότερο εύκολα σε στερεά μέταλλα.

Κατά την στερεοποίηση λοιπόν πρέπει να αποφεύγονται αυτά τα αέρια. Εάν δεν επαρκεί ο χρόνος, τότε δημιουργούνται εσωτερικά, φούσκες αερίου ή εξαιτίας του αερίου που ελευθερώνεται ανοιχτοί πόροι στο μέταλλο που έχει

πήξει. Το οξυγόνο δημιουργεί σε μικροκλίμακα οξειδία και το άζωτο δημιουργεί νιτρίδια στο μέταλλο.

Αυτές οι ενώσεις έχουν μια αρνητική επίδραση στις μηχανικές ιδιότητες της επιφάνειας συγκόλλησης.

Το προστατευτικό αέριο επηρεάζει επίσης το τόξο, την έναρξη τήξης, τις αντιδράσεις στο λουτρό τήξης, τον τρόπο πύρωσης στο αντικείμενο προς συγκόλληση, το αρχικό υλικό και τις μηχανικές ιδιότητες του μετάλλου συγκόλλησης.

Συνιστάται να συντονίζονται μεταξύ τους η σύνθεση του αερίου και η επιλογή του σύρματος, σύμφωνα με τις ενδείξεις του κατασκευαστή ή των κατασκευαστών. Ένας άλλος λόγος για τον οποίο είναι προτιμότερο να ακολουθήσουμε τις προδιαγραφές, αποτελούν οι έλεγχοι που πραγματοποιούνται από φορείς πιστοποίησης-ελέγχου.

Τα αδρανή αέρια είναι άσσμα με ή χωρίς γεύση και δεν είναι δηλητηριώδη. Μπορούν όμως να παίρνουν τη θέση του οξυγόνου που αναπνέουμε ή μέσω αντιδράσεων να προκαλέσουν δηλητηριώδεις ενώσεις. Για αυτό το λόγο είναι πολύ σημαντικό ο κατάλληλος εξαερισμός κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης.

3.2.1. Είδη και σύνθεση αδρανών αερίων για τη συγκόλληση MIG

Η λέξη «αδρανής» σημαίνει που δεν αντιδρά ή αντιδρά πάρα πολύ αργά με το λουτρό τήξης. Χρησιμοποιούνται κατά τη συγκόλληση MIG των μη-σιδηρούχων μετάλλων και των μετάλλων με μεγάλο βαθμό κραματοποίησης. Εφαρμόζονται πολύ συχνά τα αέρια Αργό (Ar), Ήλιο (He) ή μείγματα Αργού και Ήλιου (Ar+He).

Κατά τη συγκόλληση MIG εφαρμόζονται τα παρακάτω προστατευτικά αδρανή αέρια και μείγματα προστατευτικών αερίων:

- Μείγματα Αργού και διοξειδίου του άνθρακα (Ar+CO₂).
- Μείγματα Αργού και οξυγόνου (Ar+O₂).
- Μείγματα Αργού, διοξειδίου του άνθρακα και οξυγόνου (Ar+CO₂+O₂).

Στο ΕΠ 439 τα προστατευτικά αέρια είναι ταξινομημένα βάσει της σύνθεσης και συμπεριφοράς τους κατά τη συγκόλληση. Ο παρακάτω πίνακας 9 αποτελεί ένα ρεζουμέ Ευρωπαϊκού Προτύπου.

Πίνακας 9 Προστατευτικά αέρια ταξινομημένα βάσει της σύνθεσης και συμπεριφοράς τους κατά τη συγκόλληση [5].

Σύνθεση προστατευτικού αερίου	Ένδειξη σύμφωνα με ΕΠ 439	Εφαρμογή στη συγκόλληση	Συμπεριφορά σε σχέση με το μέταλλο
100%Ar 50%Ar + 50%He	I1 I3	Μη σιδηρούχα μέταλλα	Ουδέτερη
97%Ar + 3%CO ₂ 97%Ar + 3%O ₂	M11 M13	Μεγάλος βαθμός κραματοποίησης	Αύξηση οξειδωσης
80%Ar + 20%CO ₂ 87%Ar + 10%He + 3%O ₂ 92%Ar + 8%O ₂	M21 M24 M22	Μη κραματοποιημένα και χαμηλός βαθμός κραματοποίησης	

3.3. Ηλεκτρόδιο-σύρμα συγκόλλησης

Κατά τη συγκόλληση MIG το σύρμα συγκόλλησης αποτελεί έναν από τους δύο πόλους ανάμεσα στους οποίους «αναπτύσσεται» το τόξο, ενώ ο άλλος πόλος είναι το προς συγκόλληση αντικείμενο. Το σύρμα συγκόλλησης παρέχει το επιπρόσθετο υλικό της επιθυμητής σύνθεσης για τη συγκεκριμένη συγκόλληση.

Το ηλεκτρόδιο-σύρμα άγει το ρεύμα συγκόλλησης από το σωλήνα επαφής προς το τόξο και σχηματίζει μέσω τήξης ένα μέρος του τετηγμένου λουτρού τήξης (σχήμα 68). Κάτω από την επίδραση της θερμότητας του τόξου αλλάζουν, ανάλογα με τη σύνθεση του σύρματος και του προστατευτικού αερίου που χρησιμοποιείται, η σύνθεση και επομένως και οι μηχανικές ιδιότητες του τετηγμένου μετάλλου συγκόλλησης. Σκοπός είναι να έχει το τετηγμένο μέταλλο συγκόλλησης σχεδόν τις ίδιες ιδιότητες με το αρχικό υλικό που πρέπει να συνδεθεί με την συγκόλληση. Για αυτό το λόγο η επιλογή του συνδυασμού του σύρματος συγκόλλησης και του προστατευτικού αερίου είναι μεγάλης σημασίας.

Κατά τη συγκόλληση MIG μη-κραματοποιημένων μετάλλων, υπάρχουν δύο κύριοι τύποι συρμάτων συγκόλλησης:

- Τα συμπαγή σύρματα
- και τα σύρματα συγκόλλησης με πυρήνα.

3.3.1. Συμπαγή σύρματα συγκόλλησης

Τα συμπαγή σύρματα συγκόλλησης για τη συγκόλληση MIG χαλύβων (μη-κραματούχων) είναι πάντα κραματοποιημένα με λίγο επιπλέον μαγγάνιο (Mn)

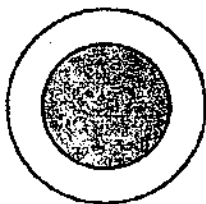
και πυρίτιο (Si). Σκοπός τους είναι να εξουδετερώσουν ή να προλάβουν την ανεπιθύμητη επίδραση του οξυγόνου από το προστατευτικό αέριο. Το οξυγόνο θέλει να ενωθεί με τον άνθρακα που υπάρχει στο χάλυβα, εξαιτίας του οποίου θα δημιουργηθεί CO_2 . Αυτό έχει τη μορφή αερίου και έχει σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία πόρων στο λουτρό τήξης. Καθώς το μαγγάνιο και το πυρίτιο έχουν μια μεγαλύτερη έλξη από το οξυγόνο δημιουργούν οξειδία πυριτίου και μαγγανίου. Αυτά τα οξειδία είναι ρευστά και επιπλέουν στο λουτρό τήξης. Τα ξεχωρίζουμε άνετα κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης: είναι σαν μικρά σκούρα νησάκια στο λουτρό τήξης. Το οξυγόνο είναι προσωρινά επιθυμητό στο μέταλλο συγκόλλησης, διότι κάνει το λουτρό τήξης πιο ρευστό και έχει σαν αποτέλεσμα να συνδέεται πιο εύκολα με το βασικό μέταλλο. Αφού το οξυγόνο έχει συμπληρώσει τα καθήκοντά του όμως, θα πρέπει να το εξουδετερώσουμε. Προς το σκοπό αυτό υπάρχουν το μαγγάνιο και το πυρίτιο που σχηματίζουν οξειδία με το οξυγόνο. Μετά την στερεοποίηση της επιφάνειας σχηματίζουν μικρές καφέ-μαύρες σκωρίες πάνω στην επιφάνεια. Όταν αυτή κρυώσει, ξεκολλούν από την επιφάνεια λόγω της συστολής. Επίσης το μαγγάνιο και το πυρίτιο μπορούν να ενωθούν με το οξυγόνο που προέρχεται από το στρώμα οξειδίου της επιφάνειας. Αυτή η λειτουργία του μαγγανίου και το πυριτίου ονομάζεται desoxidation (αποξυγόνωση).

Ένας επιπλέον λόγος για τον οποίο πρέπει να ταιριάζουν η σύνθεση του σύρματος και του προστατευτικού αερίου, είναι ότι κάποια προστατευτικά αέρια σχηματίζουν περισσότερο O_2 στο λουτρό τήξης από άλλα.

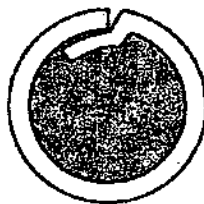
3.3.2. Σύρματα συγκόλλησης με πυρήνα

Εκτός από τα συμπαγή σύρματα συγκόλλησης, έχουν δημιουργηθεί επίσης σύρματα με πυρήνα για τη συγκόλληση MIG. Τα πλεονεκτήματα αυτών των συρμάτων, έναντι χωρίς πυρήνα είναι:

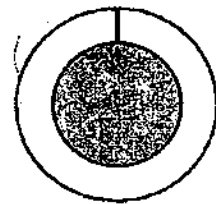
- Υπάρχει μια μεγαλύτερη ποικιλία στο εμπόριο απ' ό,τι σε συμπαγή σύρματα.



χωρίς ραφή
(τελείως κλειστή)



σύνδεση με
επικάλυψη



ένωση των ελασμάτων
κατά μέτωπο



αναδιπλωμένη ραφή



διπλά αναδιπλωμένη ραφή

Σχήμα 69 Διάμετρος ειδών συρμάτων με πυρήνα [5].

- Έχουν μια μεγαλύτερη ισχύ εξόδου του ρεύματος οπότε θα μπορούμε να πραγματοποιήσουμε μεγαλύτερες ταχύτητες τήξης.

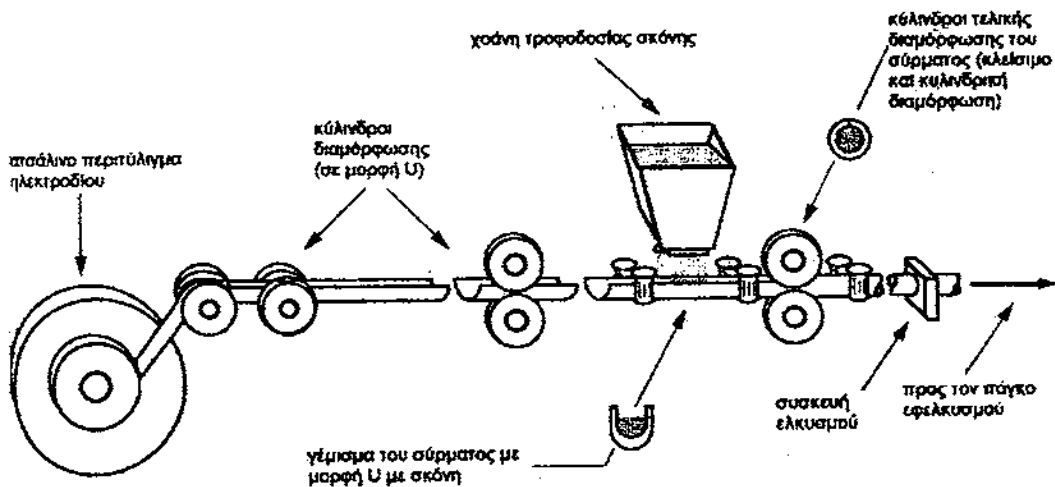
Ένα σύρμα με πυρήνα είναι ουσιαστικά ένας αγωγός που έχει γεμιστεί με σκόνη η οποία μπορεί να έχει διάφορες λειτουργίες. Στο σχήμα 69 υπάρχουν παραδείγματα συρμάτων με πυρήνα.

Διακρίνονται δύο κύριοι τύποι:

- Σύρματα χωρίς ραφή
- και σύρματα με ραφή.

Τα σύρματα χωρίς ραφή φτιάχνονται γεμίζοντας έναν αγωγό με πολύ ειδικό τρόπο με σκόνη και στη συνέχεια τον περνάνε από ένα έλαστρο για να πάρουν την επιθυμητή διάμετρο. Πριν τυλιχτεί το σύρμα στην κουλούρα, ενδεχομένως να το περάσουν και με ένα στρώμα χαλκού. Αυτό το στρώμα χαλκού βοηθάει στην καλύτερη μεταφορά ρεύματος από το σωλήνα επαφής προς το σύρμα.

Όταν πρόκειται για σύρματα με ραφή, τότε έχουμε ένα έλασμα το οποίο διπλώνεται από ένα έλαστρο σε σχήμα U, στη συνέχεια γεμίζεται με σκόνη, μετά διπλώνεται με κάποιο συγκεκριμένο τρόπο και το τραβάνε μέχρι να πάρει την επιθυμητή διάμετρο και μήκος. Στο σχήμα 70 απεικονίζεται αυτή η διαδικασία.



Σχήμα 70 Αναπαράσταση κατασκευής ενός σύρματος με πυρήνα με ραφή [5].

Στη συνέχεια τυλίγεται το σύρμα γύρω από την κουλούρα, όπου τοποθετείται και μια ετικέτα με τις διάφορες ιδιότητες του σύρματος και τέλος συσκευάζεται. Δεν υπάρχει η δυνατότητα στα σύρματα με ραφή να επικαλύπτονται με ένα στρώμα χαλκού, διότι μέσω της ραφής μπορεί ο πυρήνας να απορροφήσει υγρασία κατά την επιχάλκωση.

Η σκόνη αποτελείται μεταξύ άλλων από ουσίες οι οποίες πρέπει μεταξύ άλλων να σταθεροποιούν το τόξο, να δημιουργηθεί σκωρία, να προσθέτουν στοιχεία κραματοποίησης και να ενώνεται με το οξυγόνο.

Ανάλογα με τη φύση των ουσιών στον πυρήνα που δημιουργούν σκωρία, τα σύρματα με πυρήνα ταξινομούνται ως εξής:

- Με πυρήνα με σκόνη μετάλλου (δεν δημιουργούν σχεδόν καθόλου σκωρία).
- Με πυρήνα ρουτιλίου.
- Με πυρήνα βάσης.

Όταν πρόκειται για σύρμα με πυρήνα, τότε και το «ποσοστό γέμισης» παίζει κάποιον ρόλο. Το ποσοστό γέμισης εκφράζεται επί τοις εκατό ανάλογα με το ποσοστό του βάρους που έχει η σκόνη σε σχέση με το συνολικό βάρος του σύρματος. Ο βαθμός γέμισης είναι για:

- Σύρματα συγκόλλησης με πυρήνα χωρίς ραφή 12% -14%.
- Σύρματα συγκόλλησης με πυρήνα με εσωραφή 16% -22%.
- Σύρματα συγκόλλησης με πυρήνα με επικαλυπτική ραφή 26% -36%.

Οι κύριες ιδιότητες των διαφόρων ειδών συρμάτων με πυρήνα είναι:

Σύρμα με πυρήνα με σκόνη μετάλλου

Αυτό το είδος σύρματος συγκολλά πολύ καλά, ακόμα και σε διάφορες θέσεις συγκόλλησης. Επειδή δεν δημιουργείται σκωρία, η επιφάνεια συγκόλλησης έχει μια συγκεκριμένη όψη. Το τρέξιμο μετάλλου είναι άνετο, ειδικά όταν πρόκειται για μια διαδικασία συγκόλλησης MIG με παλμικό τόξο. Επειδή δεν δημιουργείται σκωρία, αυτό το σύρμα είναι πολύ κατάλληλο για τελείως μηχανικές διαδικασίες συγκόλλησης και για τη συγκόλληση με ρομπότ.

Σύρμα με πυρήνα ρουτιλίου

Αυτά τα σύρματα συγκολλούν πολύ εύκολα, σε οποιαδήποτε θέση συγκόλλησης και ξεχωρίζουν γιατί δημιουργείται πολύ εύκολα σκωρία. Τα σύρματα αυτά δεν είναι τόσο κατάλληλα για να τρέξει το μέταλλο, εκτός εάν χρησιμοποιείται με μια κεραμική βάση στηρίγματος του λουτρού τήξης. Οι μηχανικές ιδιότητες είναι καλές.

Σύρμα με πυρήνα βάσης

Αυτά τα σύρματα είναι πολύ κατάλληλα για τη συγκόλληση σε όλες τις θέσεις. Επίσης είναι κατάλληλο για να τρέξει το μέταλλο, με ή χωρίς βάση στηρίγματος του λουτρού τήξης. Η όψη της συγκόλλησης είναι λίγο πιο άγρια απ' ό,τι στα σύρματα με πυρήνα ρουτιλίου και επίσης δημιουργείται λιγότερη σκωρία. Τα σύρματα αυτά έχουν άριστες μηχανικές ιδιότητες. Υπάρχει μόνο μια ελάχιστη δημιουργία πόρων. Για αυτό το λόγο αυτό το είδος σύρματος (θετικό πόλο στο σύρμα) είναι πολύ κατάλληλο για τη συγκόλληση βρώμικων ελασμάτων, σκουριασμένων ελασμάτων και ελασμάτων επικαλυμμένων με αστάρι.

3.3.3. Εφαρμογή των συρμάτων με πυρήνα σε σχέση με τα συμπαγή σύρματα

Η επιλογή των συρμάτων με πυρήνα αντί των συμπαγών συρμάτων καθορίζεται με βάση την επιθυμητή τήξη, τις επιθυμητές ιδιότητες του μετάλλου και από οικονομικούς παράγοντες. Συχνά μπορούμε να το καθορίσουμε με τη μέθοδο δοκιμής και σφάλματος. Πρέπει να παρατηρήσουμε ότι εξαιτίας της απαίτησης για μεγάλη ισχύς εξόδου ρεύματος των συρμάτων με πυρήνα, σε μερικές ραφές και θέσεις συγκόλλησης, μπορούν να πραγματοποιηθούν υψηλές ταχύτητες τήξης. Τα σύρματα με πυρήνα, και ειδικά τα σύρματα με πυρήνα με σκόνη μετάλλου, έχουν επίσης μια καταλληλότερη κατανομή της πύρωσης.

3.3.4. Διάμετρος του σύρματος συγκόλλησης

Στον παρακάτω πίνακα 10 παρέχεται μια γενική προσέγγιση των διαμέτρων που βρίσκονται στο εμπόριο. Ανά προμηθευτή ενδεχομένως να υπάρχουν αποκλίσεις.

Πίνακας 10 Γενική προσέγγιση των διαμέτρων που βρίσκονται στο εμπόριο [5].

Διάμετρος (mm)	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6	2,0	2,4
Συμπαγές σύρμα	X	X	X	X	X		X	X	X
Σύρμα χωρίς ραφή			X	X	X	X	X	X	X
Σύρμα με εσωραφή		X	X	X		X	X	X	
Σύρμα με επικαλυπτική-ραφή							X	X	X

Οι διάμετροι των 1,6 μέχρι και 2,4 mm δεν θεωρούνται κατάλληλοι για χειροκίνητη συγκόλληση διότι ο συγκολλητής επιβαρύνεται πάρα πολύ.

3.3.4.1. Η επιλογή της διαμέτρου του σύρματος συγκόλλησης

Κάθε διάμετρος σύρματος έχει μια περιοχή ρεύματος εντός της οποίας εφαρμόζεται καλά. Έτσι η επιλογή της διαμέτρου του σύρματος καθορίζεται αρκετά πολύ από το ρεύμα συγκόλλησης που πρέπει να εφαρμοστεί. Με τη σειρά του, το ρεύμα εξαρτάται από το που θα εφαρμοστεί.

3.3.4.2. Εμπορικές μορφές συρμάτων συγκόλλησης

Τα σύρματα συγκόλλησης τυλίγονται σε τυποποιημένες κουλούρες των περίπου 0,5-15 κιλών (σχήμα 71) ή σε δοχεία των περίπου 250 κιλών. Το πλεονέκτημα αυτής της συσκευασίας είναι ότι δεν χρειάζεται να αλλάξεις τόσο συχνά τη βάση τυλίγματος, γεγονός που αποτελεί ένα πλεονέκτημα, ειδικά όταν πρόκειται για εφαρμογές με ρομπότ.

Κάθε βάση με σύρμα συγκόλλησης έχει μια ετικέτα όπου αναφέρονται τα σημαντικότερα στοιχεία του σύρματος συγκόλλησης. Οι βάσεις σύρματος εί-

ναι κατάλληλα συσκευασμένες και φέρουν επίσης μια ετικέτα σχετική με το περιεχόμενο.



Σχήμα 71 Σύρμα συγκόλλησης MIG τυλιγμένο σε κουλούρα [30].

Καμιά φορά τα συμπαγή σύρματα είναι επιχαλκωμένα για να διευκολύνεται η διαδικασία εφελκυσμού κατά τη μείωση της διαμέτρου του σύρματος κατά την κατασκευή. Όπως προαναφέρθηκε, βελτιώνεται και η μεταφορά ρεύματος στο σωλήνα επαφής και προλαμβάνεται, κάτω από ορισμένες συνθήκες, το σκούρισμα του σύρματος συγκόλλησης όταν αυτό έχει βγει από τη συσκευασία. Αυτός ο χαλκός όμως έρχεται επίσης στο λουτρό τήξης και ενδεχομένως να έχει μια αρνητική επίδραση στις μηχανικές ιδιότητες της επιφάνειας συγκόλλησης. Για αυτό το λόγο υπάρχουν και μη επιχαλκωμένα σύρματα συγκόλλησης.

3.3.4.3. Αποθήκευση των συμπαγών συρμάτων και των συρμάτων με πυρήνα

Οι ιδιότητες των συμπαγών συρμάτων δεν επηρεάζονται από παρατεταμένη αποθήκευση, υπό την προϋπόθεση ότι αποθηκεύονται μέσα στην αρχική συσκευασία και κάτω από ένα σχετικό βαθμό υγρασίας των 60% το πολύ και μια θερμοκρασία των 15 °C.

Όταν αποκλίνουν οι συνθήκες αποθήκευσης, τότε χρειάζεται ένας ανά τακτά διαστήματα έλεγχος και στην ανάγκη πρέπει να παρθούν τα απαραίτητα μέτρα.

Για τα σύρματα με πυρήνα, και ειδικά για τα σύρματα με ραφή, ισχύει ότι αποθηκεύονται στη συσκευασία και μάλιστα υπό τις παρακάτω συνθήκες:

- Θερμοκρασία μεταξύ 10 °c και 35 °C.
- Σχετικό βαθμό υγρασίας της ατμόσφαιρας το ανώτερο 70%.

Όταν τα κουτιά έχουν ανοιχτεί, τότε είναι απαραίτητο να έχει κλειστεί η συνθετική σακούλα μέσα στην οποία βρίσκεται το τυλιγμένο σύρμα. Αυτή η υπό συνθήκες αποθήκευση είναι αναγκαία προς αποφυγή απορρόφησης υγρασίας από τον πυρήνα μέσα από τη ραφή.

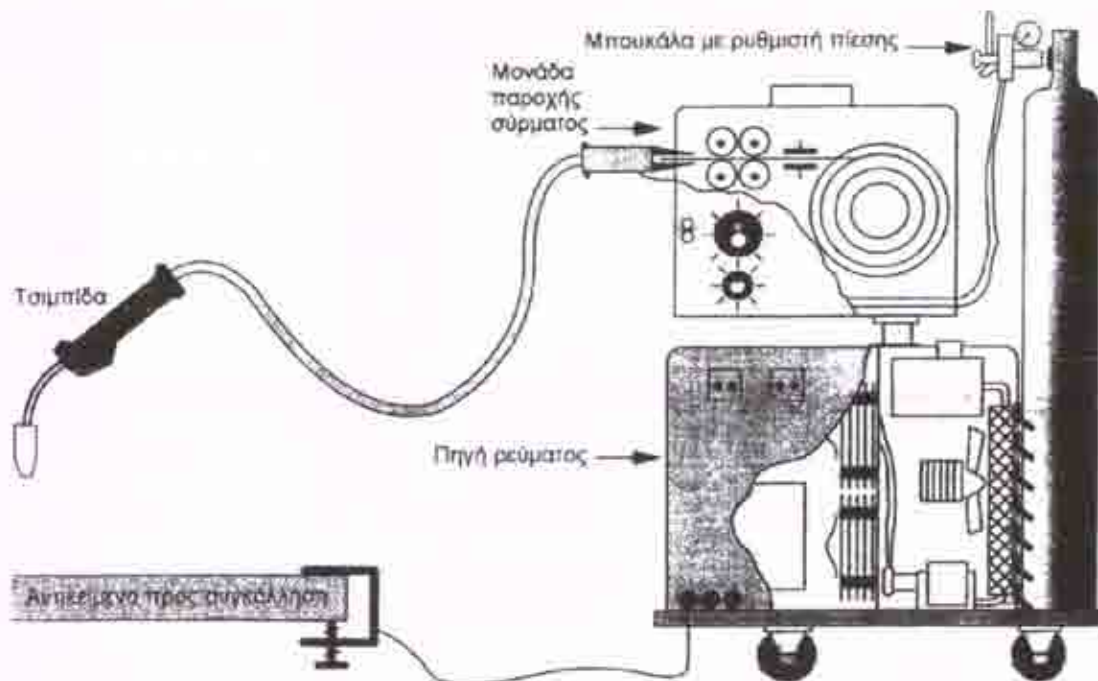
3.3.4.4. Διάρκεια αποθήκευσης

Η μέγιστη διάρκεια αποθήκευσης των συρμάτων (με πυρήνα) είναι απεριόριστη, υπό την προϋπόθεση ότι πληρούνται οι συνθήκες αποθήκευσης που προαναφέραμε. Δεν συνιστάται όμως να υπάρχει ένα απόθεμα για περισσότερα από 12 μήνες.

3.4. Μηχανή MIG

Στην εικόνα 72 απεικονίζονται τα κυριότερα εξαρτήματα της εγκατάστασης συγκόλλησης MIG (εκτέλεση με το χέρι) που είναι τα παρακάτω:

1. Πηγή ρεύματος συγκόλλησης (γεννήτρια).
2. Μονάδα παροχής σύρματος.
3. Σύνολο σωληνώσεων.
4. Τσιμπίδα συγκόλλησης (τσιπολέτο).
5. Εξοπλισμός προστατευτικού αερίου.
6. Μπουκάλα με ρυθμιστή πίεσης.

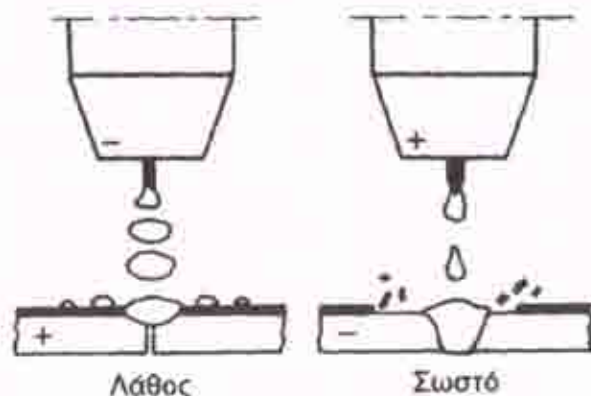


Σχήμα 72 Εγκατάσταση συγκόλλησης MIG [5].

Παρακάτω θα αναφερθούμε στα διάφορα εξαρτήματα ξεχωριστά, με περισσότερες ή λιγότερες λεπτομέρειες. Ενδεχομένως οι εγκαταστάσεις συγκόλλησης να διαθέτουν κάποια υδρόψυκτη συσκευή, που προορίζεται για τη ψύξη της τσιμπίδας συγκόλλησης και όχι για την πηγή ενέργειας. Η εφαρμογή της ψύξης εξαρτάται από την ισχύ συγκόλλησης. Η ψύξη του εσωτερικού της ίδιας της πηγής γίνεται, όταν θεωρείται αναγκαία, με έναν ανεμιστήρα ψύξης. Κατά αυτό τον τρόπο, αυξάνεται η διάρκεια δυνατότητας λειτουργίας της εγκατάστασης.

3.4.1. Πηγή ρεύματος συγκόλλησης (γεννήτρια)

Κατά τη συγκόλληση MIG χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά συνεχές ρεύμα και σωστή σύνδεση της τσιμπίδας (πιστολέτο) στο θετικό πόλο (σχήμα 73).



Σχήμα 73 Σύνδεση τσιμπίδα πάντα στο θετικό πόλο [4].

Η σύνδεση αυτή, μας επιτρέπει την καλύτερη συγκόλληση, γιατί το ηλεκτρικό τόξο με τη βοήθεια πάντα του αδρανούς αερίου, μπορεί να διασπά τα οξειδία που σχηματίζονται στην επιφάνεια του προς συγκόλληση ελάσματος. Ταυτόχρονα δημιουργεί και την κανονική διείσδυση του κορδονιού σε πλάτος και σε βάθος.

Η πηγή ρεύματος λειτουργεί αναγκαστικά βάσει της αρχής του μετασχηματιστή και του ανορθωτή ή του εναλλακτήρα. Αυτή η λειτουργία δεν αλλάζει τίποτα στον τρόπο συγκόλλησης ή στην παροχή σύρματος.

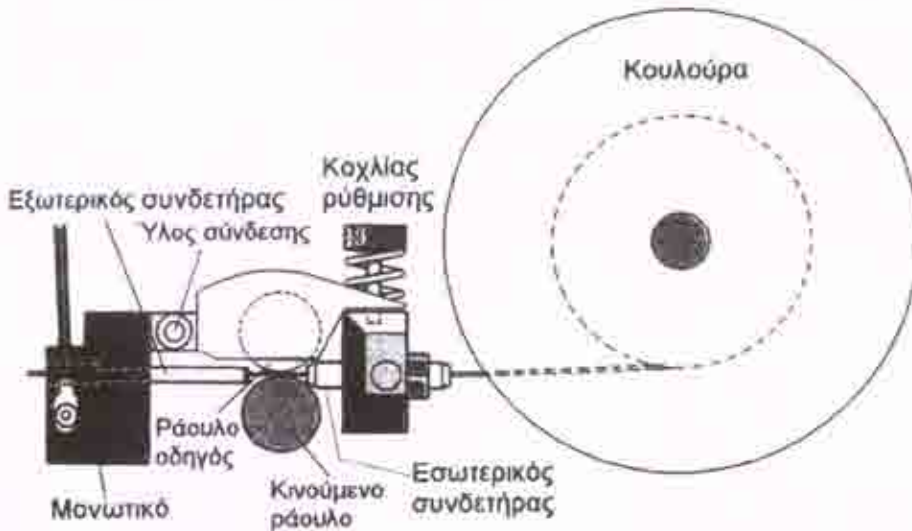


Σχήμα 74 Γεννήτριες για συγκόλληση MIG [30].

Οι πηγές ρεύματος (σχήμα 74) έχουν κατασκευαστεί κατά τέτοιο τρόπο, που να διαθέτουν μια επίπεδη ιδιότητα. Στο κεφάλαιο «μονάδα παροχής σύρματος» (παράγραφος 3.3.2) θα εξηγήσουμε για πιο λόγο. Η ιδιότητα στην καθομιλουμένη ονομάζεται συχνά «τάση» ρυθμίζεται συνήθως μέσω ενός μεταγωγικού διακόπτη πολλών θέσεων. Επίσης υπάρχει η δυνατότητα ακριβέ-

στερης ρύθμισης μέσω του διακόπτη ακριβείας. Οι γεννήτριες (σχήμα 74) που χρησιμοποιούνται στην συγκόλληση MIG παράγουν ρεύμα συγκόλλησης από 40A έως 600A με 10V έως 40V τάση.

3.4.2. Μονάδα παροχής σύρματος



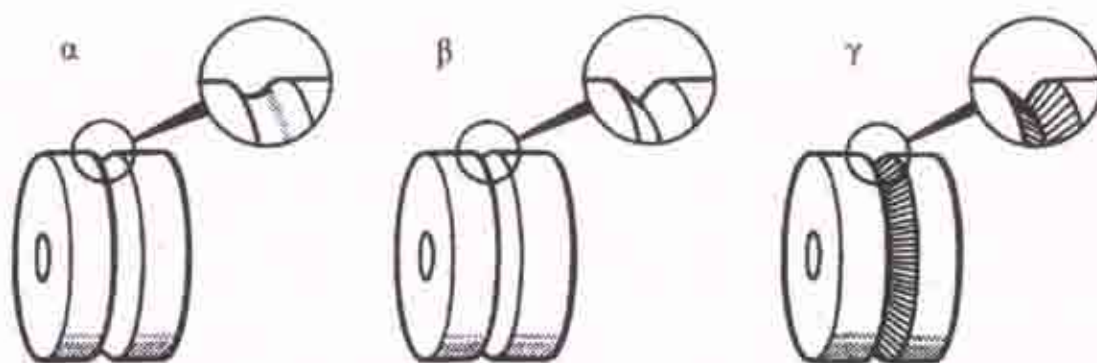
Σχήμα 75 Μηχανισμός προώθησης σύρματος (από [9] μεταφρασμένο και επεξεργασμένο).

Για την παροχή του συγκολλητικού υλικού (σύρμα-ηλεκτρόδιο) έχει επινοηθεί μια συσκευή (σχήμα 76), η οποία είναι ρυθμισμένη να βγάζει ανάλογα με την ταχύτητα της συγκόλλησης και την ανάλογη ποσότητα. Το σύρμα αυτό είναι τυλιγμένο σε κουλούρα και το ξετύλιγμα γίνεται με απλό τρόπο.

Μέσα στη συσκευή κοντά στην κουλούρα ή αλλού, (ανάλογα με τον τύπο της μηχανής), υπάρχουν δύο (ή και τέσσερα) μικρά ράουλα (τροχοί οδήγησης), τα οποία κανονίζουν την ποσότητα αλλά και τη σταθερή λειτουργία του σύρματος (σχήμα 75). Δηλαδή δίνεται η κίνηση με ένα μικρό κινητήρα στα ράουλα (συνήθως στο πάνω), τα οποία περιστρεφόμενα μεταφέρουν το σύρμα στη τσιμπίδα προς κατανάλωση.



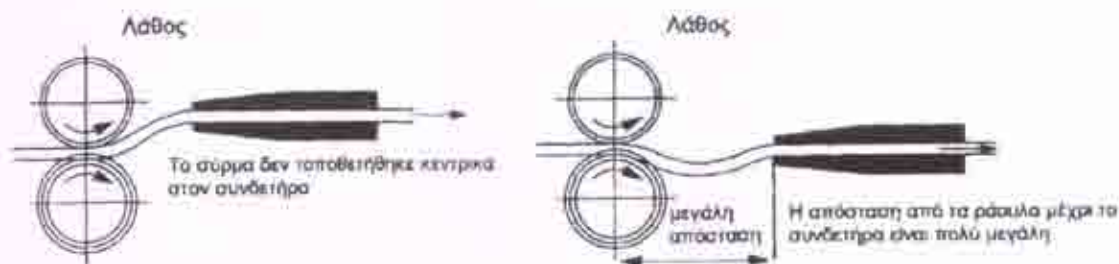
Σχήμα 76 Μονάδα παροχής σύρματος [30].



Σχήμα 77 Ράουλο με υποδοχή α) λεία σχήματος "U" β) λεία σχήματος "V" γ) οδοντωτή σχήματος "V" [6].

Το κάτω ράουλο έχει μια υποδοχή (αυλάκι) για να τοποθετείται το σύρμα και να οδηγείται με μεγαλύτερη σταθερότητα (σχήμα 77). Η υποδοχή αυτή είναι ανάλογη με το πάχος του σύρματος. Έτσι, όταν εκτελούμε συγκολλήσεις που χρειάζονται μεγαλύτερο ή μικρότερο πάχος συγκολλητικού υλικού, αλλάζουμε και κατάλληλο ράουλο. Η υποδοχή στο ράουλο είναι σε σχήμα "U", όπως φαίνεται στο σχήμα 77α. Υπάρχουν και ράουλα με οδοντωτή υποδοχή σύρματος σε σχήμα "V" (σχήμα 24β,γ). Εκεί όμως υπάρχει μεγάλη πιθανότητα να χαλάσει την επιφάνεια του σύρματος που οδηγεί και πιο γρήγορα σε διακοπές λειτουργίας. Οπότε δεν συνιστάται αυτό το είδος κυλίνδρων για κανονικές συγκολλήσεις.

Για να τοποθετηθεί σωστά το σύρμα ανάμεσα από τα ράουλα σύρματος και το σύστημα των σωληνώσεων, έχουν τοποθετηθεί μπροστά και πίσω από τους κυλίνδρους μικροί συνοδευτικοί σωληνές, που ονομάζονται επίσης καμιά φορά συνδετήρες εισαγωγής σύρματος (βλέπε σχήμα 75). Η σωστή ρύθμιση των τροχών παροχής σύρματος και των συνδετήρων πρέπει να γίνει με μεγάλη ακρίβεια. Σε περίπτωση που δεν έχουν ρυθμιστεί σωστά, υπάρχει μεγαλύτερη πιθανότητα προβλημάτων με το σύρμα (σχήμα 78). Ο κινητήρας παροχής σύρματος, τραβά το τυλιγμένο σύρμα συγκόλλησης από τη βάση τυλίγματος του, μέσω των κυλίνδρων παροχής για να περάσει από τους σωληνές. Οι πηγές ρεύματος έχουν σχεδιαστεί κατά τέτοιο τρόπο ώστε μέσω της ρύθμισης της ταχύτητας παροχής σύρματος συγκόλλησης, να ρυθμίζεται επίσης η τάση του ρεύματος συγκόλλησης, χάρη στο γεγονός ότι συνδέονται ηλεκτρικά μεταξύ τους.



Σχήμα 78 Ρύθμιση των ράουλων και συνδετήρα εισαγωγής [5].

Ο κινητήρας παροχής σύρματος είναι συνήθως ένας κινητήρας συνεχούς ρεύματος, επειδή ο αριθμός των στροφών παραμένει χωρίς δυσκολία σταθερός και ρυθμίζεται πολύ εύκολα.

Η ρύθμιση της ταχύτητας παροχής σύρματος πραγματοποιείται με ένα ποτενσιόμετρο που έχει τοποθετηθεί στη μονάδα παροχής σύρματος.

Κατά τη συγκόλληση ο συγκολλητής ρυθμίζει την επιθυμητή τάση του τόξου και επιλέγει την σχετικά κατάλληλη ένταση του ρεύματος. Υπάρχουν διάφοροι παράγοντες που καθορίζουν την τάση που θα επιλέξει, όπως το πάχος του υλικού.

Όταν καθοριστεί η τάση του τόξου, μπορούμε να επιλέξουμε και το είδος του τόξου. Στο κεφάλαιο «Είδη τόξων» (παράγραφος 3.5 σελίδα 96) θα αναφερθούμε για το ποια τάση και ποια ένταση του ρεύματος είναι οι κατάλληλες.

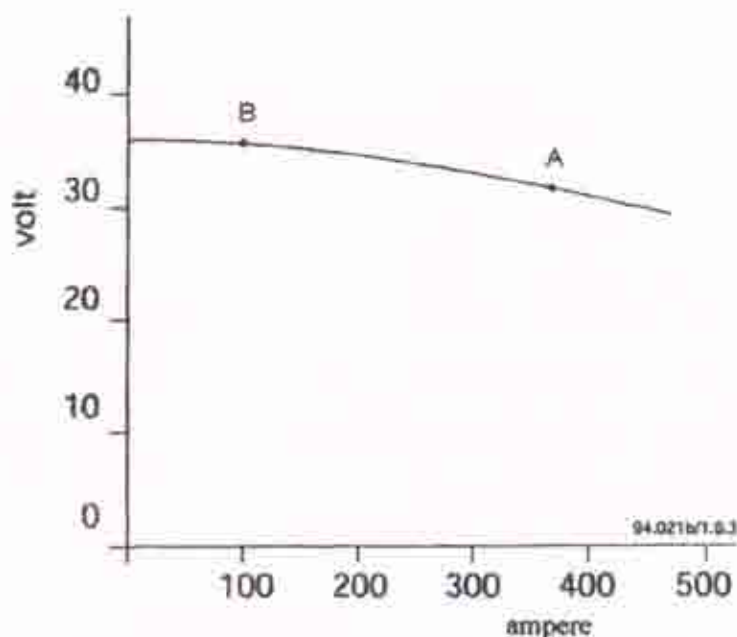
Κατά τη χειροκίνητη συγκόλληση δεν θα είναι σταθερό το μήκος του τόξου, επειδή ο συγκολλητής δεν μπορεί να κρατήσει τον πυρσό συγκόλλησης συνέχεια σταθερά.

Ένα μεγαλύτερο μήκος του τόξου σημαίνει υψηλότερη τάση του τόξου που θα έχει σαν αποτέλεσμα μια φαρδύτερη λωρίδα συγκολλητικού υλικού. Φαίνεται δηλαδή από τη λωρίδα συγκόλλησης όταν πρόκειται για μια μη-σταθερή λειτουργία της τσιμπίδας. Ευτυχώς το τόξο είναι αυτορυθμιζόμενο, χάρη στην επίπεδη χαρακτηριστική της πηγής ρεύματος, έτσι ώστε να μη χρειάζεται να δημιουργηθεί κάποιος μηχανισμός αντιστάθμισης. Και έτσι οι αυξομειώσεις στη τάση του τόξου δεν έχουν αρνητικά αποτελέσματα για την εξωτερική εμφάνιση της επιφάνειας συγκόλλησης.

Τι συμβαίνει δηλαδή: ας υποθέσουμε ότι έχουμε ρυθμίσει την πηγή ενέργειας στο σημείο Α (σχήμα 79), και ότι το μήκος του τόξου μεγαλώνει εξαιτίας της ανωμαλίας της επιφάνειας ή λόγω χειρισμού της τσιμπίδας. Με άλλα λόγια, όταν η τάση του τόξου γίνεται υψηλότερη. Μπορεί να πραγματοποιηθεί μια αύξηση της τάσης του τόξου μέσω της ρυθμισμένης χαρακτηριστικής καμπύλης παραδείγματος χάρη, μέχρι το σημείο Β. Αυτή η αύξηση στην τάση του τόξου έχει σαν αποτέλεσμα μια μείωση της έντασης του ρεύματος.

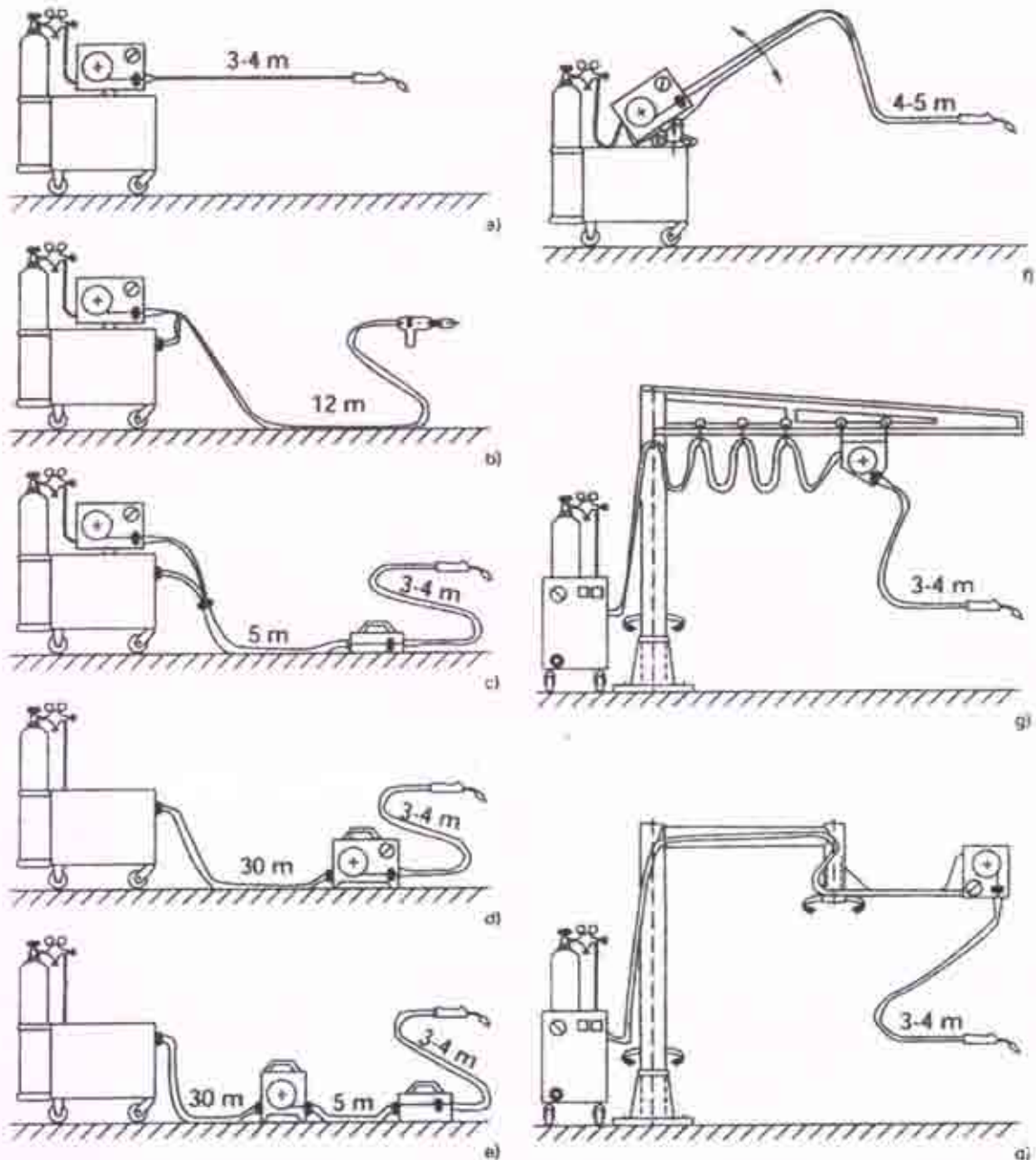
Εάν υπάρχει μείωση της έντασης του ρεύματος, τότε θα τηχθεί (λιώσει) λιγότερο γρήγορα το σύρμα συγκόλλησης. Αυτό θα έχει σαν αποτέλεσμα να μειωθεί το μήκος του τόξου (άρα θα μειωθεί η τάση του τόξου) και το μήκος του τόξου διορθώνεται.

Αντίστροφα ισχύει ότι: σε περίπτωση που μειώνεται το μήκος του τόξου (οπότε μειώνεται η τάση του τόξου), θα αυξηθεί η ένταση του ρεύματος. Το σύρμα θα τηχθεί πιο γρήγορα και το μήκος του τόξου αυξάνεται και πάλι στην τιμή που έχει ρυθμιστεί.



Σχήμα 79 Αυτορυθμιζόμενη τάση του τόξου [5].

Με άλλα λόγια: μια και έχει ρυθμιστεί το μήκος του τόξου, θα αυτορυθμιστεί αυτομάτως στην τιμή που έχει ρυθμιστεί πάρα της αυξομειώσεις του ύψους. Συνήθως οι μονάδες παροχής σύρματος να βρίσκονται μέσα στην πηγή ρεύματος αλλά υπάρχει και η περίπτωση να υπάρχει ένα ανεξάρτητο σύστημα μέσω ενός συνόλου σωληνώσεων. Στην τελευταία περίπτωση η εμβέλεια εφαρμογής είναι μεγαλύτερη απ' ό,τι σε μονάδες που τα πάντα βρίσκονται στο εσωτερικό μια συσκευής. Το σύστημα που υπάρχει, δεν επηρεάζει την ίδια τη συγκόλληση. Στο παρακάτω σχήμα 80 βλέπουμε διάφορα συστήματα παροχής σύρματος και αδρανούς αερίου.



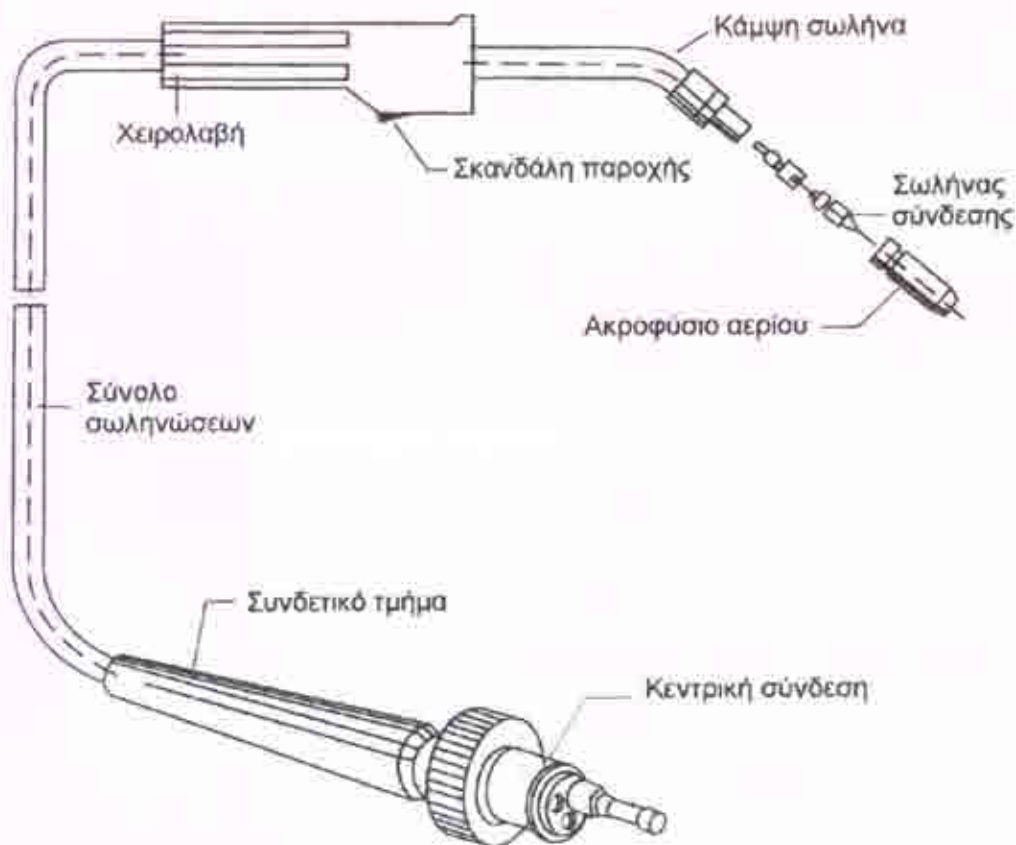
Σχήμα 80 Διάφορα συστήματα παροχής σύρματος και αδρανούς αερίου [5].

3.4.3. Το σύνολο των σωληνώσεων

Ο μηχανισμός παροχής σύρματος απρώχνει το σύρμα μέσω του συνόλου των σωληνώσεων προς την τσιμπίδα συγκόλλησης. Στις σωληνώσεις βρίσκονται εκτός από ένα εύκαμπτο αγωγό για το σύρμα συγκόλλησης, επίσης ένας σωλήνας παροχής αδρανές αερίου, μια καλωδίωση διακόπτη και ενδεχομένως σωλήνες νερού για τη ψύξη του ακροφυσίου της τσιμπίδας. Ο αγωγός διέλευσης του σύρματος πρέπει να είναι ανάλογος με τη διάμετρο του σύρματος. Όταν πρόκειται για τη συγκόλληση μη-κραματούχου χάλυβα, τότε αυτός ο αγωγός είναι συνήθως από χάλυβα. Για τη συγκόλληση αλουμινίου και ανοξειδωτού χάλυβα, εφαρμόζονται συνήθως συνθετικοί αγωγοί.

Συνιστάται να εκκενώσετε των αγωγό σύρματος με ένα φουσητήρα με ξηρό αέρα μετά την τοποθέτηση ενός καινούργιο καρουλιού σύρματος. Κατά τη διαδικασία αυτή, ο αγωγός παραμένει στη θέση του. Απαγορεύεται απολύτως να γρσαάρετε τον αγωγό, διότι εξαιτίας του γράσου ενδεχομένως να κολλήσουν ρινίσματα στον αγωγό.

Η καλωδίωση του διακόπτη μας επιτρέπει να ξεκινήσουμε τη διαδικασία συγκόλλησης με την ενεργοποίηση του διακόπτη της τσιμπίδας. Η διαδικασία ξεκινά ενεργοποιώντας την ηλεκτρονόμο που βρίσκεται στην πηγή ρεύματος και εκκινώντας την παροχή σύρματος. Το σύνολο των σωληνώσεων μπορεί να συνδεθεί μέσω μιας κεντρικής σύνδεσης στη μονάδα παροχής σύρματος. Στο σχήμα 81 απεικονίζονται μια τσιμπίδα MIG και οι σωληνώσεις.



Σχήμα 81 Σχηματική παράσταση τυπική τσιμπίδας συγκόλλησης MIG και των σωληνώσεων [5].

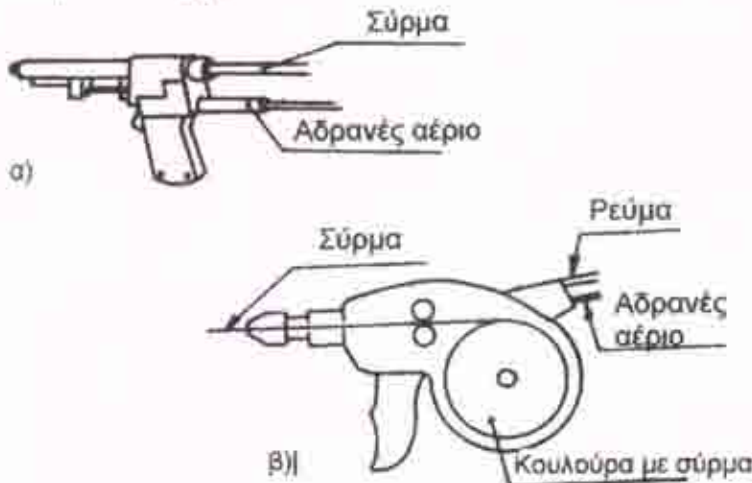
3.4.4. Τσιμπίδα (πιστολέτο)

Οι τσιμπίδες που χρησιμοποιούνται στην μέθοδο MIG ονομάζονται και πιστολέτα λόγω του σχήματός τους.

Υπάρχουν δύο είδη πιστολέτων:

- Πιστολέτο απλό (σχήμα 82α).
- Πιστολέτο που φέρει το σύρμα επάνω του (σχήμα. 82β).

Στην πρώτη περίπτωση το σύρμα έρχεται από την κουλούρα, η οποία είναι μέσα στην ειδική συσκευή. Στη δεύτερη όμως, τοποθετείται μια κουλούρα πολύ μικρή μέσα στην υποδοχή του πιστολέτου.



Σχήμα 82 Πιστολέτο α) απλό β) που φέρει το σύρμα πάνω του (από [4] επεξεργασμένο).

Το πιστολέτο (τσιμπίδα) συγκόλλησης πρέπει να διαθέτει ένα σωληνάριο επαφής (σχήμα 83) που να έχει ρυθμιστεί σύμφωνα με τη διάμετρο του σύρματος. Η διάμετρος του ακροφυσίου του αδρανές αερίου πρέπει να έχει ρυθμιστεί σύμφωνα με το μέγεθος του λουτρού τήξης, την ποσότητα αδρανές αερίου που θα χρησιμοποιηθεί και ενδεχομένως ανάλογα με το πόσο προσιτό είναι το μέρος όπου θα πραγματοποιηθεί η συγκόλληση. Υπάρχει μεγάλη ποικιλία επιλογής, τόσο όσον αφορά το σχήμα, όσο και τη διάμετρο.

Το ακροφύσιο αδρανές αερίου πρέπει να καθαρίζεται συχνά από μέσα, διότι κολλάνε υπολείμματα από τη συγκόλληση που εμποδίζουν τη σωστή προστασία αδρανές αερίου του λουτρού τήξης.

Τα τμήματα που φθείρονται πρέπει να αντικαθίστανται έγκαιρα και για αυτό το λόγο πρέπει να είναι προσιτά. Εννοούμε π.χ. το ακροφύσιο αδρανές αερίου, το σωληνάριο επαφής, τους στεγανοποιητικούς δακτυλίους και, όταν υπάρχουν, στεγανοποιητικοί δακτύλιοι για την αποφυγή επαφής με το νερό (σχήμα 83).



Σχήμα 83 Α) Ακροφύσιο αδρανές αερίου Β) σωληνάριο επαφής C) στεγανοποιητικός δακτύλιος D) διαχύτης αερίου [31].

Μέχρι περίπου τα 350Α, αρκούν οι τσιμπίδες συγκόλλησης με ψύξη αέρα. Όταν πρόκειται όμως για τσιμπίδες με μεγαλύτερα φορτία, τότε χρειάζεται ψύξη με νερό.

3.4.5. Εγκαταστάσεις προστατευτικού αερίου

Εισαγωγή

Η ατμόσφαιρά αποτελείται από περίπου 78% άζωτο, 20% οξυγόνο και 2% άλλα αέρια, όπως παραδείγματος χάρη Αργόν, διοξείδιο του άνθρακα και υδρογόνο.

Στην επιφάνεια ενός μέταλλου που έρχεται σε επαφή με οξυγόνο, θα σχηματιστεί ένα στρώμα οξειδίου. Τα άτομα του οξυγόνο μπορούν επίσης να εισβάλλουν στο στερεό μέταλλο, πράγματα το οποίο λέγεται «διάχυση». Η διάχυση γίνεται όταν έχουμε υψηλές θερμοκρασίες, όπως συμβαίνει κατά τη συγκόλληση. Το άζωτο και το υδρογόνο μπορούν επίσης να διαχυθούν στο μέταλλο. Αυτά τα αέρια έχουν μια αρνητική επίδραση στις μηχανικές ιδιότητες του μετάλλου. Επίσης μπορεί να προκαλέσουν πόρους. Έτσι αυτά τα αέρια δεν πρέπει να υπάρχουν κοντά στο μέταλλο που τήκεται. Οπότε πρέπει να προστατέψουμε το λουτρό τήξης.

Η προστασία του λουτρού τήξης γίνεται με:

- Κενό, όπως στη συγκόλληση με ακτίνα ηλεκτρονίων.
- Σκωρία, όπως στη συγκόλληση με σκόνη.
- Σκωρία και αέριο, όπως στη συγκόλληση με επικαλυμμένα ηλεκτρόδια.
- Αδρανές αέριο, όπως στη συγκόλληση MIG.

Θα περιοριστούμε εδώ στην προστασία με αδρανές αέρια. Για να πραγματοποιηθεί η προστασία μέσω αδρανών αερίων, χρειάζονται κάποια πράγματα που έχουν σαν αποτέλεσμα να φτάσει το προστατευτικό αέριο στο χώρο που χρειάζεται. Αλλά δεν επαρκεί μόνο να βρίσκεται εκεί, πρέπει επίσης να παρέχεται και τη σωστή στιγμή και στη σωστή αναλογία.

3.4.5.1. Φιάλες

Το αδρανές αέριο αποθηκεύεται συνήθως σε ατσάλινες φιάλες. Για να υπάρχει μεγάλη ποσότητα αερίου διαθέσιμη, το αέριο βρίσκεται υπό πίεση (συνήθως μια πίεση των 150-200 bar). Στο πάνω μέρος της φιάλης αναγράφονται κάποια στοιχεία, όπως μεταξύ άλλων πιο αέριο βρίσκεται μέσα στη φιάλη, το βάρος, η ημερομηνία ελέγχου κλπ. Το απλούστερο παράδειγμα μιας εγκατάστασης παροχής αδρανούς αερίου, είναι μία φιάλη για κάθε συσκευή συγκόλλησης.

Όταν υπάρχει ανάγκη μεγάλης ποσότητας προστατευτικού αερίου ή όταν χρειάζεται να γίνονται συγκολλήσεις σε πολλά σημεία του εργοταξίου, τότε μπορεί να υπάρχει κάποια κεντρική διάταξη παροχής αερίου. Τότε έχουμε συνήθως περισσότερες φιάλες. Μιλάμε τότε, για μια διάταξη «σειράς» (μία συστοιχία).

Υπάρχει επίσης η δυνατότητα παροχής αδρανούς αερίου σε μεγάλα βυτία, από τα οποία το αέριο πηγαίνει μέσω ενός δικτύου αγωγών στο εργοτάξιο και στις διάφορες θέσεις συγκόλλησης.

Από τι αποτελείται η εγκατάσταση παροχής προστατευτικού αερίου;

Η πίεση του αδρανούς αερίου στη φιάλη είναι πάρα πολύ μεγάλη για να μπορούμε να το χρησιμοποιήσουμε απ' ευθείας στο λουτρό τήξης κατά τη συγκόλληση. Από τη μια, η πίεση ενδεχομένως να μετατοπίσει το λουτρό τήξης. Από την άλλη, θα δημιουργηθούν, εξαιτίας της μεγάλης ταχύτητας της ροής, στρόβιλοι στη χοάνη αδρανές αερίου και στον κώνο του προστατευτικού αερίου, οπότε πάλι θα έχουμε διάχυση των αέριων της ατμόσφαιρας στο λουτρό τήξης. Έτσι πρέπει να μειώσουμε την πίεση και να ρυθμίσουμε την ποσότητα του προστατευτικού αδρανές αερίου.

Επίσης θα πρέπει να είναι διαθέσιμο το αδρανές αέριο όποτε το χρειαζόμαστε. Προς το σκοπό αυτό η εγκατάσταση παροχής προστατευτικού αερίου πρέπει να διαθέτει:

1. Έναν εκτονωτή πίεσης.
2. Έναν μετρητή ροής (κατανάλωσης).
3. Ενδεχομένως ένα στοιχείο θέρμανσης αερίου.
4. Μια βαλβίδα αερίου.

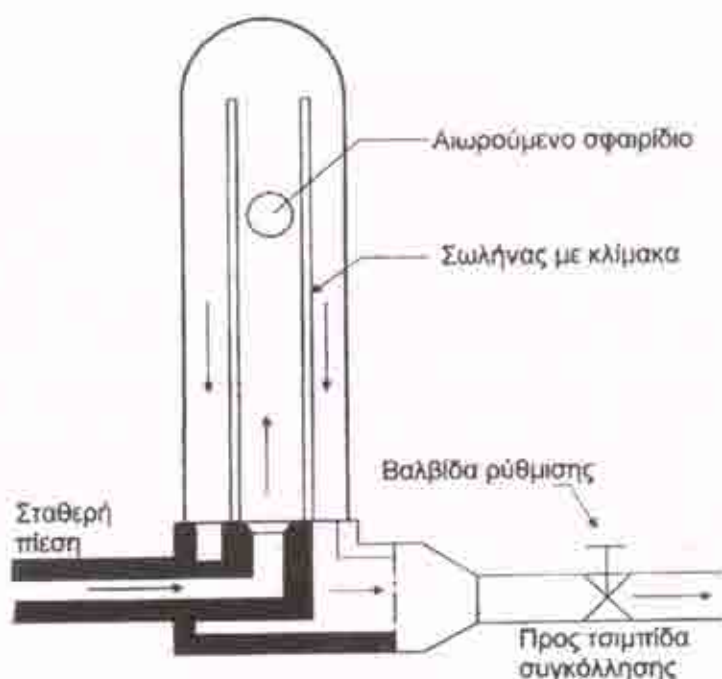
Ο εκτονωτής πίεσης

Ο εκτονωτής πίεσης έχει σαν σκοπό:

- Να μειώσει την πίεση του αερίου της φιάλης στην κατάλληλη πίεση εφαρμογής ή σε πίεση εισόδου για το μετρητή ροής.
- Να διατηρήσει τη ρυθμισμένη πίεση σταθερή.

Ο εκτονωτής πίεσης αποτελείται από μια μεμβράνη (που έχει ένα ρυθμιζόμενο ελατήριο πίεσης) η οποία κλείνει με την πίεση του αερίου. Πιέζοντας τη μεμβράνη με το ελατήριο, το αέριο βγαίνει από ένα βαθμονομημένο άνοιγμα και μειώνεται η πίεση.

Φορτίζοντας το ελατήριο περισσότερο ή λιγότερο, μπορούμε να ρυθμίσουμε την πίεση του αερίου. Μετά μπορούμε μέσω της βαλβίδας-βελόνας να ρυθμίσουμε την ποσότητα της ροής αερίου στην επιθυμητή ποσότητα. Στις μέρες μας τα δύο αυτά σχηματίζουν μια ενότητα. Μπορούμε να δούμε πόσο αέριο βγαίνει στο μανόμετρο ή στη σωλήνα ροής, όπου υπάρχει ένα σωματίδιο που επιπλέει στη ροή του αερίου το οποίο δείχνει την ποσότητα. Για να μπορούμε να διαβάσουμε αυτό το μετρητή ροής (κατανάλωσης) σωστά, πρέπει να βρίσκεται σε κατακόρυφη θέση. Στο σχήμα 84 απεικονίζονται τα σχετικά.



Σχήμα 84 Μετρητής ροής και εκτονωτής [5].

Έλεγχος ποσότητας ροής προστατευτικού αερίου

Εξαιτίας διαφόρων δυσλειτουργιών ή διαρροών στο κύκλωμα αερίου μπορεί να βγαίνει λιγότερο αδρανές αέριο από το ακροφύσιο απ' όση δείχνει ο μετρητής ροής. Υπάρχουν χρήσιμοι μετρητές ροής που καθιστούν δυνατό τον έλεγχο της πραγματικής ροής του αδρανές αερίου.

Ο μετρητής αυτός τοποθετείται κάθετα στο ακροφύσιο της τσιμπίδας. Αφού κλείσει η παροχή σύρματος, μπορούμε να πατήσουμε το διακόπτη της τσιμπίδας και να μετρήσουμε την πραγματική ποσότητα ροής του αερίου. Τώρα μπορούμε να διαπιστώσουμε εάν υπάρχει διαρροή και εάν η ρυθμισμένη ποσότητα περνά πραγματικά από το στόμιο.

Το στοιχείο θέρμανσης αερίου

Όταν οι φιάλες παρέχουν μεγάλες ποσότητες αερίου, τότε δημιουργείται και μεγάλη ψύξη. Τότε εκτονωτής πίεσης κινδυνεύει να παγώσει επειδή η υγρασία στην ατμόσφαιρα θα συμπυκνωθεί στον εκτονωτή πίεσης που έχει κρυώσει και θα δημιουργηθεί πάγος. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να κολλήσει η ρυθμιστική βαλβίδα. Για να προλάβουμε τη μεγάλη ψύξη, το αδρανές αέριο ανάμεσα στο κύλινδρο (στους κυλίνδρους) και τη συσκευή συστολής, περνά από μια ηλεκτρική συσκευή θέρμανσης. Αυτή η θερμαντική συσκευή ανάβει και σβήνει χάρη σε ένα θερμοστάτη.

Η βαλβίδα αδρανές αερίου

Κάπου ανάμεσα στο εκτονωτή πίεσης-μετρητή ροής και τη σύνδεση του συνόλου των σωληνώσεων, στο σύστημα παροχής αερίου βρίσκεται μια ηλε-

κτρομαγνητικά ελεγχόμενη βαλβίδα αερίου. Συνήθως αυτή η βαλβίδα βρίσκεται στην ίδια την συσκευή συγκόλλησης.

Πατώντας το διακόπτη της τσιμπίδας (πιστολέτου), ενεργοποιείται μια ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα. Το έμβολο της βαλβίδας σηκώνεται και το αδρανές αέριο μπορεί να περάσει. Όταν αφήνουμε το διακόπτη της τσιμπίδας (πιστολέτου), τότε δεν περνά πια ρεύμα από τον ηλεκτρομαγνήτη και το έμβολο πέφτει προς τα κάτω (όποτε κλείνει η διόδος) και δεν υπάρχει πια ροή αερίου. Τοποθετώντας ένα χρονικό ρελέ, μπορεί να ανοίγει η βαλβίδα αερίου πριν την εκκίνηση της προώθησης σύρματος, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα παροχής αρχικού αερίου πριν ξεκινήσει το τόξο.

Κατά τον ίδιο τρόπο μπορεί ένα άλλο ρελέ να κλείνει τη βαλβίδα καθυστερημένα, έτσι ώστε να μπορεί να κρυώσει το προς συγκόλληση αντικείμενο με μια παραμένουσα ροή αερίου, αφού έχει κλείσει το τόξο.

3.5. Είδη τόξων

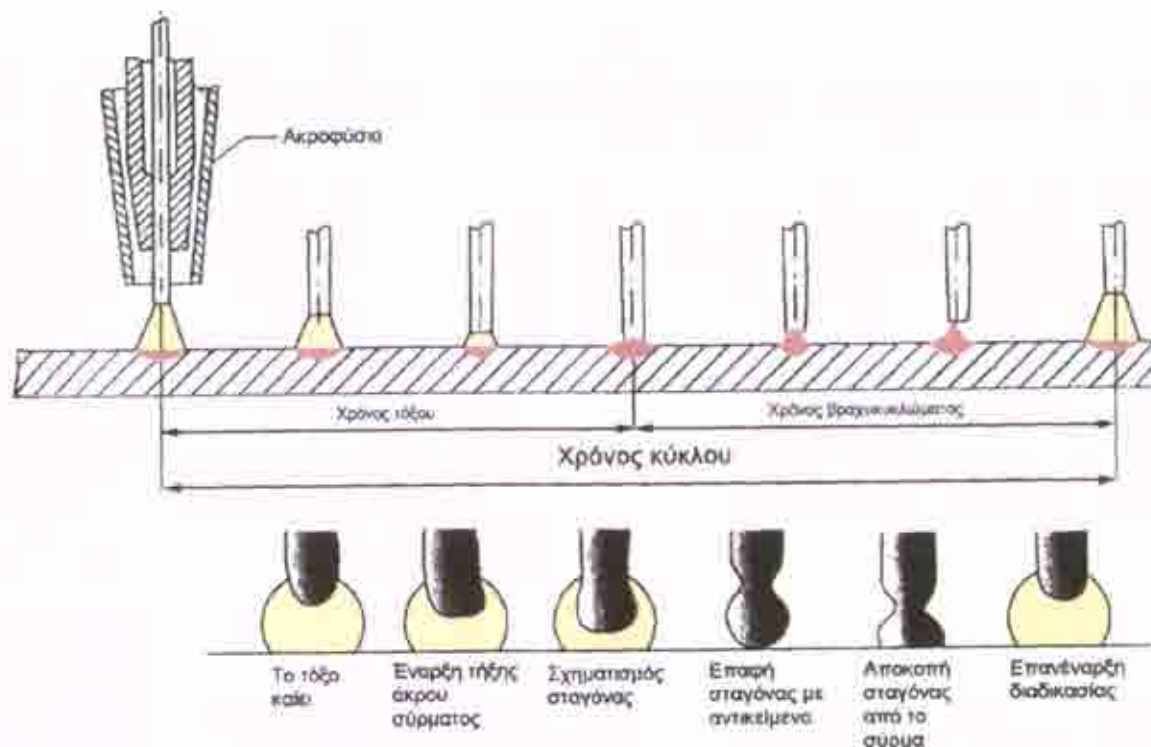
Κατά τη συγκόλληση MIG μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε τρία είδη τόξων που είναι:

- Τόξο βραχυκυκλώματος.
- Συγκόλληση με ανοιχτό τόξο.
- Συγκόλληση με παλμικό τόξο.

3.5.1. Τόξο βραχυκυκλώματος

Κατά τη συγκόλληση μέσω βραχυκυκλώματος, το σύρμα δημιουργεί πολλαπλά βραχυκυκλώματα με το λουτρό τήξης: περίπου 150 φορές ανά δευτερόλεπτο.

Προϋπόθεση είναι το μικρό μήκος του τόξου, όποτε και η μικρή τάση του τόξου. Τη στιγμή του βραχυκυκλώματος δεν υπάρχει τόξο διότι όλη η ενέργεια χρησιμοποιείται για την τήξη του σύρματος. Εφόσον δεν υπάρχει τόξο εκείνη τη στιγμή το υλικό ζεσταίνει με τη θερμότητά του και η θερμοκρασία στο λουτρό τήξης μειώνεται κάπως. Όταν έχει δημιουργηθεί από το ρεύμα βραχυκυκλώματος μια αρκετά χοντροκομμένη σταγόνα, τότε αυτή η σταγόνα θα περάσει στο λουτρό τήξης. Μετά δημιουργεί και πάλι ένα τόξο που δεν έχει αρκετά ισχυρό για να αποκόψει τη σταγόνα. Με την παροχή σύρματος θα υπάρχει πάλι μια επαφή του σύρματος με το λουτρό τήξης, έτσι ώστε να αποκοπεί και πάλι μια χοντροκομμένη σταγόνα. Αυτή η διαδικασία τήξης συνοδεύεται από ένα μικρό κροταλισμό, που δημιουργείται από την εκρηκτική τήξη του σύρματος. Η διαδικασία του τρόπου συγκόλλησης μέσω βραχυκυκλώματος απεικονίζεται στο σχήμα 85.



Σχήμα 85 Η διαδικασία συγκόλλησης μέσω βραχυκυκλώματος (από [5] επεξεργασμένο).

Το ανώτερο όριο της συγκόλλησης μέσω βραχυκυκλώματος ανέρχεται για μη-κραματούχο χάλυβα σε περίπου 24V και 200A. Μετά υπάρχει ένα μεταβατικό στάδιο με βραχυκυκλώματα και χοντροκομμένες σταγόνες.

Κατά τη συγκόλληση μέσω βραχυκυκλώματος, όπου εναλλάσσονται το τόξο με το βραχυκύκλωμα, το ρεύμα συγκόλλησης αυξομειώνεται κατά πολύ. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να τήκει το σύρμα κατά εκρηκτικό τρόπο, πράγμα το οποίο συνοδεύεται από πησιλίσματα και δημιουργεί μια ανήσυχη εικόνα συγκόλλησης. Και η πηγή ρεύματος πρέπει να αντέχει μεγάλες και γρήγορες αυξομειώσεις στην τάση του ρεύματος. Για να γίνει η διαδικασία «πιο ήπια», τοποθετήθηκε στην πηγή ρεύματος ένα «στραγγαλιστικό» πηνίο (ρυθμιστικό όργανο) Αυτό είναι ένα επιπλέον πηνίο το οποίο, ισοπεδώνει κάπως τη γρήγορη ανάπτυξη και πτώση του ρεύματος συγκόλλησης. Κατά τον τρόπο αυτό η τήξη του σύρματος θα γίνει λιγότερο εκρηκτικά και θα δημιουργούνται λιγότερες πησιλιές. Το πηνίο έχει καμιά φορά περισσότερες διακλαδώσεις, έτσι ώστε να υπάρχει η δυνατότητα επιλογής μεγαλύτερης ή μικρότερης επίδρασης του πηνίου. Αυτές οι διακλαδώσεις βρίσκονται στη μπροστινή πλευρά της πηγής του ρεύματος και σε μια από τις διακλαδώσεις μπορούμε να συνδέσουμε το καλώδιο του προς συγκόλληση αντικειμένου.

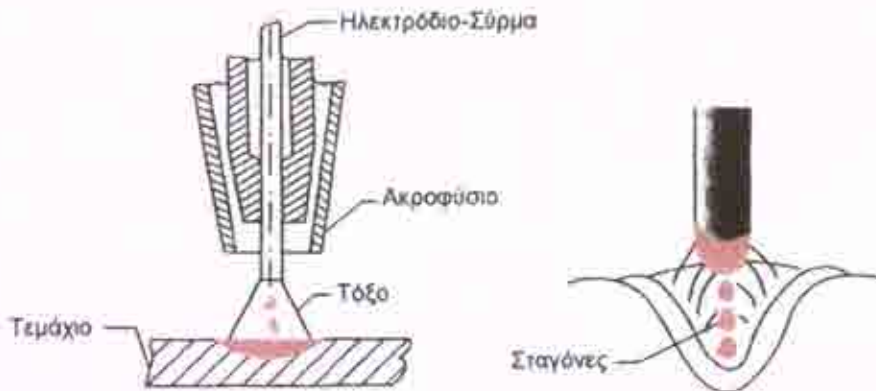
3.5.2. Συγκόλληση με ανοιχτό τόξο

Πέρα από την περιοχή μετάβασης, αρχίζει η συγκόλληση με ανοιχτό τόξο ή η συγκόλληση με τόξο διασκορπισμού. Κατά τη συγκόλληση με ανοιχτό τόξο η ισχύς (τάση και ένταση του ρεύματος) είναι τόσο μεγάλη που το σύρμα συγκόλλησης δεν έρχεται πλέον σε επαφή με το λουτρό τήξης. Υπάρχει συνέ-

χεια ένα τόξο. Το σύρμα τήκεται και δημιουργεί μια βροχή από σταγονίδια που περνούν στο λουτρό τήξης.

Αυτή η διαδικασία λέγεται είτε συγκόλληση με τόξο διασκορπισμού, είτε συγκόλληση με ανοιχτό τόξο. Οι αυξομειώσεις στην τάση και ένταση είναι ελάχιστες.

Αυτή η διαδικασία συνοδεύεται από ένα βόμβο ή βουητό. Η λειτουργία του στραγγαλιστικού πηνίου μπορεί να ρυθμιστεί στο ελάχιστο. Στο σχήμα 86 απεικονίζεται το πέρασμα των σταγόνων που υπάρχει όταν πρόκειται για συγκόλληση με ανοιχτό τόξο.



Σχήμα 86 Συγκόλληση με ανοιχτό τόξο (από [5] επεξεργασμένο).

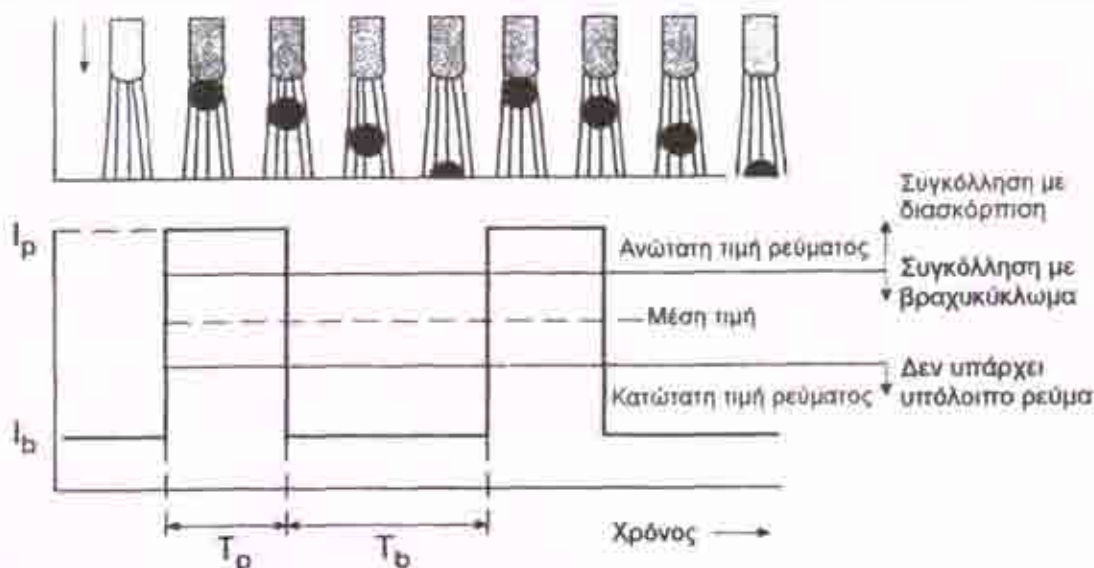
3.5.3. Συγκόλληση με παλμικό τόξο

Κατά τη συγκόλληση με παλμικό τόξο, χρησιμοποιείται μια παλμική τάση και ένα παλμικό ρεύμα συγκόλλησης. Κατά τη διάρκεια της βασικής τάσης και του βασικού ρεύματος, το τόξο υπάρχει και μόλις που διατηρεί το λουτρό τήξης. Ανά τακτά διαστήματα αυξάνεται η τάση με ηλεκτρονικό τρόπο. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα να δημιουργηθεί μια σύντομη ώση ρεύματος κατά τη διάρκεια της οποίας τήκεται το σύρμα. Επομένως το σύρμα συγκόλλησης δεν δημιουργεί κάποιο βραχυκύκλωμα με το λουτρό τήξης και γενικώς δεν υπάρχουν βραχυκυκλώματα. Ουσιαστικά υπάρχει συνέχεια ένα ανοιχτό τόξο, παρά το γεγονός ότι η τάση είναι χαμηλή. Η διαδικασία απεικονίζεται στο σχήμα 87.

3.5.4. Εφαρμογή διαφόρων ειδών τόξων

Κατά τη συγκόλληση με τόξο βραχυκυκλώματος, παρέχεται στο λουτρό τήξης λίγη θερμότητα εξαιτίας της χαμηλής τάσης και έντασης του ρεύματος συγκόλλησης.

Δημιουργείται ένα σχετικώς κρύο λουτρό τήξης. Για αυτό το λόγο αυτό το είδος τόξου είναι πολύ κατάλληλο για συγκόλληση εκτός εργαστηρίου.



Σχήμα 87 Η διαδικασία συγκόλλησης με παλμικό τόξο (από [5] επεξεργασμένο).

εργοστασίου, επί τόπου όπου χρειάζεται, γέμισμα μετάλλου σε ανοιχτές σχισμές και για τη συγκόλληση λεπτών υλικών. Όταν εφαρμόζεται αυτό το είδος τόξου για χοντρά υλικά, διατρέχουμε τον κίνδυνο να μην υπάρχει αρκετή θερμότητα για να τηχθούν (λιώσουν) οι πλευρές των ραφών συγκόλλησης. Εάν δεν έχουν τηχθεί αρκετά οι πλευρές των ραφών, τότε θα έχουμε να αντιμετωπίσουμε τα έτσι λεγόμενα «συνδετικά λάθη». Το υλικό απλά κολλά κάπως στη ραφή. Αυτά τα λάθη είναι λάθη του συγκολλητή.

Ενδεχομένως να δημιουργείται επίσης ένα συνδετικό λάθος όταν εφαρμόζεται το τόξο για τη συγκόλληση υλικών με μεγάλη θερμοαγωγιμότητα, όπως το αλουμίνιο ή ο χαλκός.

Κατά τη συγκόλληση με ανοιχτό τόξο δημιουργείται μεγάλη θερμότητα, χάρη στην οποία αυτό το τόξο είναι κατάλληλο για να κλείσουμε γρήγορα τις ραφές. Αυτό το είδος τόξου δεν μπορεί να εφαρμοστεί για συγκόλληση εκτός εργαστηρίου-εργοστασίου. Χάρη στη μεγάλη θερμότητα, αυτό το είδος τόξου είναι κατάλληλο για τη συγκόλληση αλουμινίου και χαλκού.

Η συγκόλληση με παλμικό τόξο έχει παραδείγματος χάρη εφαρμογές στη συγκόλληση ανοξειδωτων υλικών και μη-σιδηρούχων μετάλλων. Χάρη στον παλμικό τόξο, η ποσότητα θερμότητας ελέγχεται εύκολα και μπορούμε να προσδιορίσουμε ακριβώς πότε θα πρέπει να κοπεί η σταγόνα. Επίσης μπορούμε να εφαρμόσουμε αυτό το είδος τόξου για τη συγκόλληση με σχετικά χοντρό σύρμα σε λεπτά υλικά.

3.5.5. Βοηθητικά μέσα

Η τάση δεν ρυθμίζεται σε όλες τις πηγές ρεύματος με βαθμιδωτούς διακόπτες. Υπάρχουν επίσης συσκευές όπου η τάση ρυθμίζεται χωρίς βαθμίδες. Τότε υπάρχει και ένα κουμπί όπου αναφέρεται το γράμμα «U».

Επίσης υπάρχουν εγκαταστάσεις όπου υπάρχει η δυνατότητα κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης να ρυθμίζονται τόσο η ταχύτητα παροχής σύρματος όσο και η τάση από απόσταση με ρυθμίσεις στο πιστολέτο (τσιμπίδα) συγκόλλησης.

Τις περισσότερες φορές οι εγκαταστάσεις MIG διαθέτουν ένα διακόπτη επιλογής με τον οποίο ο συγκολλητής μπορεί να επιλέξει εάν πρέπει να είναι πατημένος ο διακόπτης της τσιμπίδας κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης (διασπαθής διακόπτης) ή εάν μπορούμε να το αφήσουμε μετά την έναρξη λειτουργίας του τόξου και να τον χρησιμοποιήσουμε πάλι πριν τη λήξη της διαδικασίας (τετράχρονος διακόπτης).

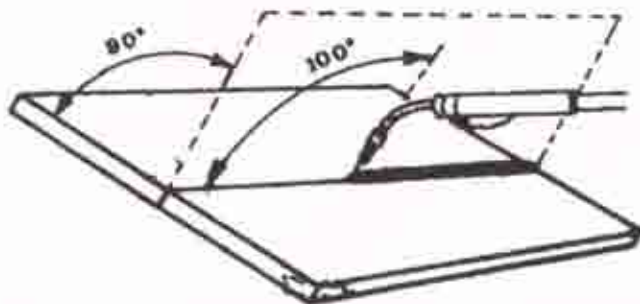
Μια από τις άλλες δυνατότητες είναι η χρονική ρύθμιση της συγκόλλησης κατά σημεία. Αυτή χρησιμεύει και για διακοπτόμενη συγκόλληση.

Σημείωση. Είναι πολύ σκόπιμο να καταγράψετε τις παραμέτρους συγκόλλησης έτσι ώστε σε περίπτωση που επαναλαμβάνονται κάποιες εργασίες, να μπορείτε γρήγορα να ρυθμίζετε, να διαλέξετε τις σωστές παραμέτρους.

3.6. Η τεχνική της συγκολλήσεως MIG

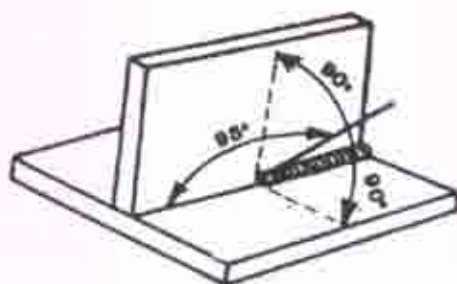
Η τεχνική της μεθόδου MIG είναι πιο εύκολη όπως αναφέραμε από τη μέθοδο TIG. Έτσι δεν θα ασχοληθούμε στην προηγούμενη παράγραφο, αλλά θα δώσουμε με λίγα λόγια τις ενδιαφέρουσες πληροφορίες.

Οι θέσεις της τσιμπίδας (πιστολέτου) ποικίλουν ανάλογα με την σύνθεση και τη θέση του τεμαχίου. Έτσι παρατηρούμε στο σχήμα 88 τις γωνίες του πιστολέτου για συγκόλληση σε επίπεδη θέση επί ευθεία άκρα.

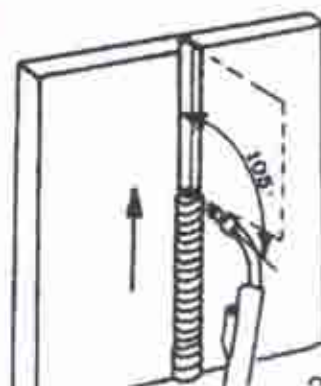


Σχήμα 88 Γωνίες που σχηματίζει η τσιμπίδα για συγκόλληση σε επίπεδη θέση [4].

Στη συγκόλληση εσωτερικής γωνίας σε επίπεδη θέση η κλίση είναι μικρότερη προς το κάτω τεμάχιο (σχήμα 29α).

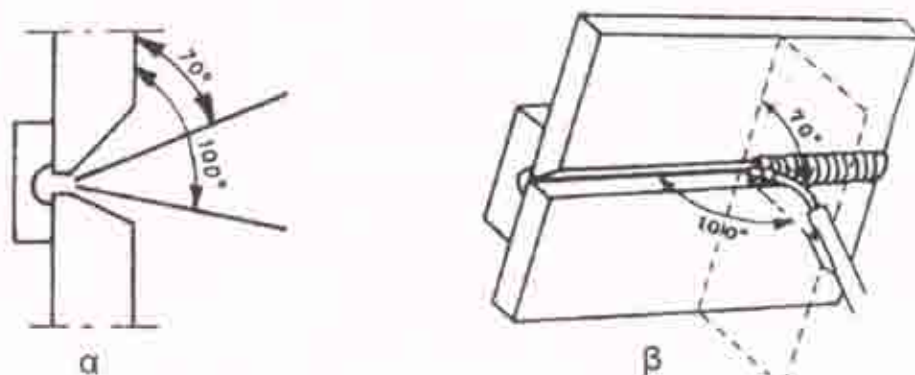


α



β





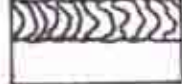


Στις κάθετες θέσεις (ανεβατό) η γωνία είναι 105° περίπου (σχήμα 89β). Τέλος, στις δύσκολες θέσεις όπως είναι η οριζόντια θα πρέπει να γίνεται ειδικά λοξοτομή (σχήμα 90α) και να ακολουθείται η σειρά των κορδονιών με τις κανονικές γωνίες στο πρώτο και στο δεύτερο (σχ. 90β).



Σχήμα 90 α) Πρώτο κορδόνι 100° , δεύτερο κορδόνι 70° β) Οριζόντια θέση [4].

3.7. Σφάλματα συγκολλήσεως στην μέθοδο MIG

Πίνακας 11 Σφάλματα συγκόλλησης στην μέθοδο MIG [4].

Μορφή	Επεξήγηση
	Κακή προετοιμασία των τεμαχίων
	Υπερβολική εναπόθεση Οφείλεται κυρίως σε μικρή ταχύτητα ή σε σύρμα μεγάλης διαμέτρου.
	Έλλειψη συγκολλητικού υλικού Οφείλεται σε μεγάλη ταχύτητα, σε κοντό τόξο ή σε μεγάλες ταλαντεύσεις της τσιμπίδας (πιστολέτο).
	Κακή εμφάνιση του κορδονιού Οφείλεται σε μεγάλο μήκος τόξου ή σε μεταβαλλόμενη ταχύτητα συγκόλλησης.
	Έλλειψη διεισδύσεως Οφείλεται σε μικρή απόσταση των άκρων ή σε ακανόνιστη ταχύτητα του σύρματος με την ταχύτητα συγκόλ.
	Υπερβολική διείσδυση Οφείλεται σε μεγάλη ταχύτητα του σύρματος ή σε μεγάλη απόσταση των άκρων.
	Αύλακες Οφείλεται κυρίως σε υπερβολική ταχύτητα ή σε αδεξιότητα του συγκολλητή.

3.8. Αυτόματη συγκόλληση MIG

Μετά από τις βασικές εφαρμογές, η μέθοδος MIG έχει αυτοματοποιηθεί. Ένα τύπο βλέπουμε στο σχήμα 91. Δηλαδή, το συγκολλούμενο τεμάχιο τοποθετείται σε ειδική βάση και η συγκόλληση γίνεται με την μετακίνηση της συσκευής, εφ' όσον πρόκειται για κατά μήκος ραφές.



Σχήμα 91 Αυτόματη εκτέλεση της μεθόδου συγκόλλησης MIG [32].

Όσον αφορά τις περιφερικές ραφές, τοποθετούνται τα συγκολλούμενα τεμάχια σε ειδικά ράουλα, τα οποία περιστρέφουν τη ραφή ενώ η συσκευή παραμένει σταθερά.

Μια ακόμα παραλλαγή της μεθόδου MIG είναι η σημειακή συγκόλληση. Εκτός από τα βασικά εργαλεία προστίθεται και χρονοδιακόπτης, ο οποίος κάνει διακοπή του τόξου. Η αδρανοποίηση της ατμόσφαιρας γίνεται με ειδικό ακροφύσιο, το οποίο προσαρμόζεται στην τσιμπίδα.

3.8.1. Έλεγχος αυτόματης συγκόλλησης MIG με τηλεόραση

Σε πολλές περιπτώσεις και ιδιαίτερα σε περιπτώσεις που είναι αδύνατο να ελέγχεται η πορεία της συγκόλλησης όπως, για παράδειγμα, στο εσωτερικό ενός λέβητα ή μιας δεξαμενής, οι αυτόματες μηχανές MIG είναι εφοδιασμένες με μια κάμερα τηλεόρασης κλειστού κυκλώματος. Η κάμερα αυτή είναι μονταρισμένη πάνω στο φορείο μαζί με την κεφαλή συγκόλλησης και καταγράφει όλη την περιοχή γύρω από τη ραφή. Στη συνέχεια αυτή η περιοχή προβάλλεται σε μια οθόνη όπου απεικονίζονται μεγεθυμένες στην επιθυμητή κλίμακα όλες οι λεπτομέρειες όπως είναι το ηλεκτρικό τόξο, η τήξη του συγκολλητικού υλικού και το βάθος της διείσδυσης.

Έτσι ο συγκολλητής παρατηρώντας την οθόνη και επεμβαίνοντας στο χειριστήριο μπορεί και πραγματοποιεί τις απαραίτητες κινήσεις για το ξεκίνημα του τόξου και την καλή εκτέλεση της συγκόλλησης.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ

ΤΟΞΟ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ

4. ΜΕΘΟΔΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΜΕ ΤΟΞΟ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ ΣΕ ΑΔΡΑΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

4.1. Γενικά

Ο όρος πλάσμα, στη γενική του έννοια προσδιορίζει ένα αέριο ή μείγμα αερίων το οποίο είναι ιονισμένο από θερμική ή ηλεκτρική ενέργεια.

Στη συγκεκριμένη περίπτωση ο όρος πλάσμα προσδιορίζει μια κατάσταση πολύ υψηλής ενέργειας που προκαλείται από τον μηχανικό «στραγγαλισμό» του ηλεκτρικού τόξου μέσω ενός στραγγαλιστικού σωλήνα ο οποίος ψύχεται αποτελεσματικά.

Από την εισαγωγή αυτής της μεθόδου στη βιομηχανία συγκολλήσεων το 1964, οι συγκολλήσεις πλάσματος έχουν επεκταθεί και χρησιμοποιούνται ευρέως λόγω των πλεονεκτημάτων της σε έλεγχο και ακρίβειας με την παραγωγή υψηλής ποιότητας συγκολλήσεων στις εφαρμογές υψηλής παραγωγής.

4.2. Δημιουργία του τόξου πλάσματος

Το τόξο πλάσματος (σχήμα 92) δημιουργείται ανεβάζοντας την θερμοκρασία ενός αερίου σε τέτοιο βαθμό ώστε να προκαλέσουμε τον διαχωρισμό των μορίων του σε άτομα και στη συνέχεια σε ηλεκτρόνια και ιόντα. Η παραπάνω διαδικασία, δηλαδή ο θερμικός διαχωρισμός των μορίων και οι ιονισμός έχουν σαν αποτέλεσμα τη δημιουργία «θερμικού πλάσματος»



Σχήμα 92 Τόξο πλάσματος [6].

Συμπερασματικά, θα λέγαμε, ότι το πλάσμα αποτελείται από ένα σύνολο ιόντων και ηλεκτρονίων τα οποία βρίσκονται σε ισορροπία με μη ιονισμένα μόρια ή άτομα.

4.3. Εφαρμογές του τόξου πλάσματος

Το γεγονός ότι μπορούμε, με τη βοήθεια του πλάσματος, να πετύχουμε πολύ υψηλές θερμοκρασίες (μέχρι 30000° C), μας δίνει τη δυνατότητα να πραγματοποιούμε, σε ευρεία κλίμακα, αναγομώσεις και κοπές σε όλα τα μέταλλα. Εκτός όμως από τις αναγομώσεις και τις κοπές το πλάσμα επεκτείνεται και στις συγκολλήσεις.

Χρησιμοποιείται σε οποιαδήποτε διαδικασία που απαιτεί συνεχή συγκόλληση με μεγάλες απαιτήσεις σε ακρίβειας και ταχύτητας, εναλλακτική λύση των δαπανηρότερων μεθόδων συγκόλλησης δέσμης λέιζερ ή ηλεκτρονίων, προϊόντα που παράγονται από τα κράματα αργιλίου όπως οι σωλήνες, οι βαλβίδες, τα δοχεία, οι δεξαμενές και άλλα εμπορευματοκιβώτια και τμήματα μηχανών, χρήση σε αυτοκινητοβιομηχανίες, αεροδιαστημικής, αεροναυπηγική, κατασκευή σκαφών, βιομηχανίες διαφόρων μηχανημάτων, χειρουργικά όργανα ακρίβειας, στο εξοπλισμό κουζινών για τη βιομηχανία τροφίμων, κ.ά. Με την μέθοδο αυτή συγκολλούμε τεμάχια από: μαλακό σίδηρο, ανθρακούχο χάλυβα, χάλυβα κραμάτων, ανοξειδωτο χάλυβα, χάλυβα εργαλείων, αλουμίνιο, αργίλιο, χαλκό, νικέλιο, τιτάνιο, πολύτιμα μέταλλα, νικελιούχου χαλκού, βολφράμιο. Η διαδικασία συγκόλλησης τόξων πλάσματος είναι σε θέση να ενώσει σχεδόν όλα τα εμπορικά διαθέσιμα μέταλλα (πίνακα 12).

Πίνακας 12 Ικανότητα συγκόλλησης μετάλλων με τόξο πλάσματος

Υλικό προς συγκόλληση τεμαχίων	Ικανότητα συγκόλλησης
Αλουμίνια	Συγκολλησιμο
Επιχαλκώσεις	Συγκολλησιμο, αλλά δεν είναι δημοφιλής
Χαλκός	Συγκολλησιμο
Κράματα νικέλιο-χαλκού	Συγκολλησιμο
Χυτοσίδηρος	Συγκολλησιμο, αλλά δεν είναι δημοφιλής
Επεξεργασμένος σίδηρος	Συγκολλησιμο, αλλά δεν είναι δημοφιλής
Μόλυβδος	Συγκολλησιμο, αλλά δεν είναι δημοφιλής
Μαγνήσιο	Συγκολλησιμο, αλλά δεν είναι δημοφιλής
Νικέλιο	Συγκολλησιμο
Πολύτιμα μέταλλα	Συγκολλησιμο
Χάλυβας χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα	Συγκολλησιμο
Χαλυβοκράματα	Συγκολλησιμο
Χάλυβας υψηλής και μέσης περιεκτικότητας άνθρακα	Συγκολλησιμο
Ανοξειδωτος χάλυβας	Συγκολλησιμο
Χάλυβες εργαλείων	Συγκολλησιμο
Τιτάνιο	Συγκολλησιμο
Βολφράμιο	Συγκολλησιμο

Η εκτέλεση της συγκόλλησης με τόξο πλάσματος εκτελείται κυρίως χειρονακτικά (σχήμα 94), όμως μπορεί επίσης να εκτελεστεί μηχανικά, ημιαυτόματα και αυτόματα (σχήμα 95). Στο σχήμα 93 φαίνονται όλες οι δυνατές θέσεις συγκόλλησης που μπορούν να εκτελεστούν με τόξο πλάσματος.



Σχήμα 93 Δυνατές θέσεις συγκολλήσεως (από [3] μεταφρασμένο)



Σχήμα 95 Χειρονακτική εκτέλεση συγκόλλησης πλάσματος [7].



Σχήμα 94 Αυτόματη εκτέλεση συγκόλλησης πλάσματος [8].

Όσον αφορά το πάχος τεμαχίων που μπορούμε να συγκολλήσουμε με τη μέθοδος συγκόλληση πλάσματος (σχήμα 96), ποικίλει αναλόγως με την τεχνική που θα χρησιμοποιήσουμε. Οι σειρές πάχους ποικίλλουν κάπως με τα διαφορετικά μέταλλα. Το λειωμένο μέταλλο από τα τεμάχια, στην τεχνική του μονού περάσματος (ένα πάσσο), χρησιμοποιείται για να ενώσει λεπτά τεμάχια από 0,002 in. (0,05 mm) μέχρι 1/2 in. (3,2 mm). Αφ' ετέρου, χρησιμοποιώντας τις πολυεπίπεδες τεχνικές, μπορούμε να ενώσουμε μέχρι ένα απεριορίστο πάχος του μετάλλου.

Πάχος τεμαχίων Τεχνική συγκόλλησης	inch	.005	.015	.062	.125	3/16	1/4	3/8	1/2	3/4	1	2	4	8
	mm	.13	.4	1,6	3,2	4,8	6,4	10	12,7	19	25	51	102	203
Μονού περάσματος (ένα πάσσο)		←————→												
Μονού περάσματος τεχνική καυχή				←————→										
Πολυεπίπεδες στρώσεις							←-----→							

Σχήμα 96 Τεχνική που χρησιμοποιείται αναλόγως το πάχος των προς ένωση τεμαχίων (από [3] μεταφρασμένο).

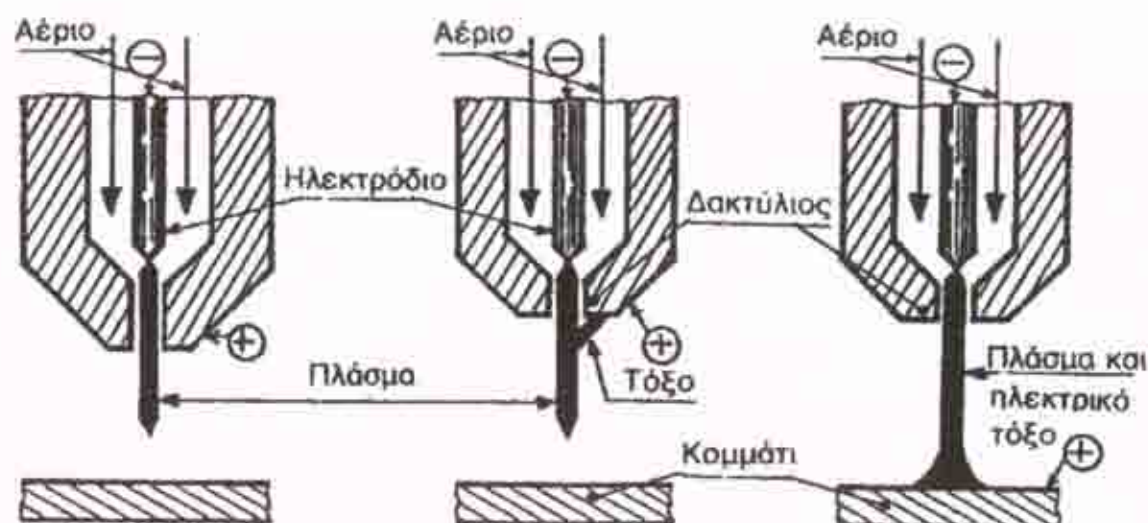
4.4. Σχηματισμός στήλης πλάσματος

Για τον σχηματισμό της στήλης πλάσματος χρησιμοποιούμε ένα καυστήρα (τσιμπίδα) που περιλαμβάνει μία άνοδο και μία κάθοδο. Η κάθοδος (-) εκπέμπει ηλεκτρόνια τα οποία έλκονται από την άνοδο(+) με αποτέλεσμα το πλάσμαγενές αέριο να ιονίζεται μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων. Σαν πλάσμαγενές αέριο χρησιμοποιούμε είτε ένα μονοατομικό αέριο (αργό) είτε ένα διατομικό (άζωτο) είτε ακόμα ένα μείγμα αργού-υδρογόνου.

4.5. Τύποι τόξου

Διακρίνουμε δύο τύπους τόξων πλάσματος:

Το μη μεταφερόμενο ή εμφυσούμενο τόξο (ή τόξο «πιλότος») το οποίο παράγεται μεταξύ ενός πυρίμαχου ηλεκτροδίου από βολφράμιο που συνδέεται στον αρνητικό πόλο μιας γεννήτριας και αποτελεί την κάθοδο (-), και του σωλήνα που αποτελεί την άνοδο (+) (σχήμα 97α). Το ηλεκτρικό κύκλωμα, με αυτό τον τρόπο, κλείνει μέσα στο εσωτερικό του καυστήρα (τσιμπίδας) με αποτέλεσμα η στήλη πλάσματος να είναι σταθερή και να μη διαχέεται. Παρόλα αυτά όμως κατά την λειτουργία και κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, η στήλη πλάσματος είναι δυνατόν διέρχεται ελαφρά και να επανέρχεται ξανά.



Σχήμα 97. α) Μη μεταφερόμενο εξωτερικό τόξο.

β) Μη μεταφερόμενο εξωτερικό τόξο.

γ) Μεταφερόμενο τόξο [1].

Το μεταφερόμενο τόξο το οποίο παράγεται μεταξύ ενός πυρίμαχου ηλεκτροδίου από βολφράμιο που αποτελεί την κάθοδο (-) και συνδέεται στον αρνητικό πόλο και των προς συγκόλληση κομματιών που αποτελούν την άνοδο (+) και συνδέονται στο θετικό πόλο. Η στήλη του πλάσματος, σ' αυτή την περίπτωση, διαπερνάται εξ' ολοκλήρου από το ηλεκτρικό ρεύμα με αποτέλεσμα το τόξο να εκδηλώνεται μεταξύ του ηλεκτροδίου που βρίσκεται στο εσωτερικό της σιμπίδας και του κομματιού, γεγονός που αυξάνει τη μεταδιδόμενη, στη ραφή, θερμότητα (σχήμα 97γ). Επί πλέον η κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων που βομβαρδίζουν το μέταλλο σε περιορισμένη περιοχή συντελεί στην ταχεία και τοπική τήξη των προς συγκόλληση τμημάτων των κομματιών.

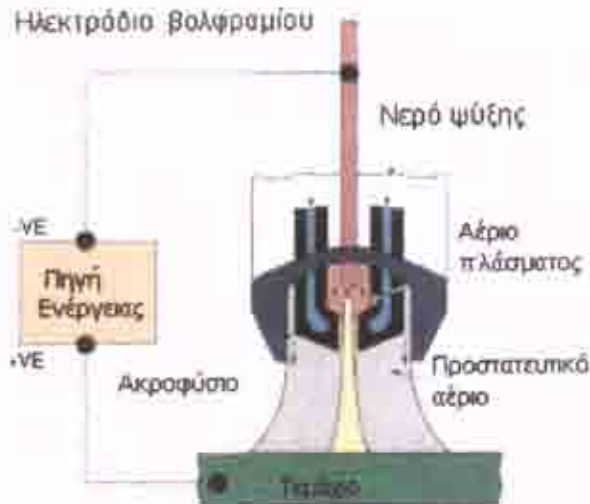
4.6. Ιδιότητες του στραγγαλιζόμενου τόξου

Το τόξο πλάσματος χρησιμοποιείται κυρίως στις κοπές και αναγομώσεις μετάλλων καθώς και στις συγκολλήσεις, εκτός από τις περιπτώσεις πολύ λεπτών ελασμάτων (0,01 έως 0,8 mm) και μη αγώγιμων υλικών στα οποία χρησιμοποιείται το Μικροπλάσμα.

Μετά τα παραπάνω το τόξο πλάσματος χαρακτηρίζεται σαν στραγγαλιζόμενο σε αντίθεση με το ηλεκτρικό τόξο που χαρακτηρίζεται ελεύθερο. Ο εξαναγκασμός ενός ηλεκτρικού τόξου που περιλαμβάνει από μία αέρια αδρανή ατμόσφαιρα, να περάσει από μια τρύπα μικρής διαμέτρου έχει σαν αποτέλεσμα τον περιορισμό και την επικέντρωση της ενέργειας στο κεντρικό τμήμα του ακροφυσίου.

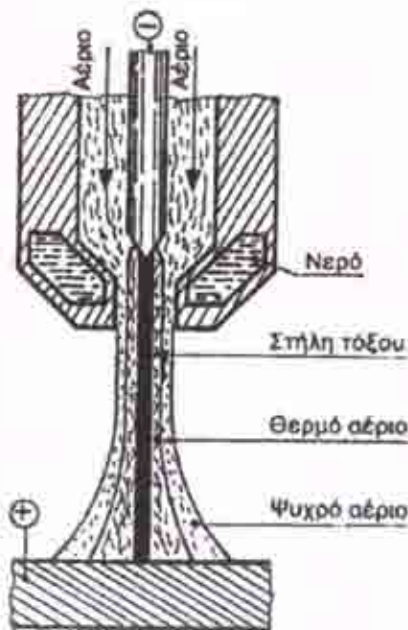
Το μαγνητικό πεδίο που παράγεται απ' το ηλεκτρικό ρεύμα περιορίζει τη στήλη του τόξου γεγονός που έχει σαν αποτέλεσμα αφενός μεν μια έντονη πύκνωση του ρεύματος και αφετέρου μια πολύ υψηλή θερμότητα (Νόμος του Joule).

Αυτά τα φαινόμενα προκαλούν μια πολύ υψηλή θερμοκρασία στο κέντρο της στήλης του πλάσματος σε αντίθεση με την περιφέρεια όπου η θερμοκρασία είναι πολύ χαμηλότερη (σχήματα 98 και 99).



Σχήμα 98 Τόξο πλάσματος σε πλήρης λειτουργία (από [8] μεταφρασμένο).

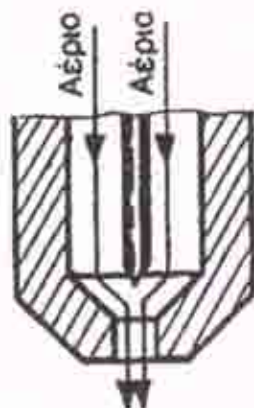
Τα εξωτερικά στρώματα της στήλης λειτουργούν σαν μια θερμική και ηλεκτρική ασπίδα που εξασφαλίζει τη διατήρηση της υψηλής θερμοκρασίας στον πυρήνα του τόξου του οποίου η μορφή είναι κυλινδρική και κατευθυνόμενη.



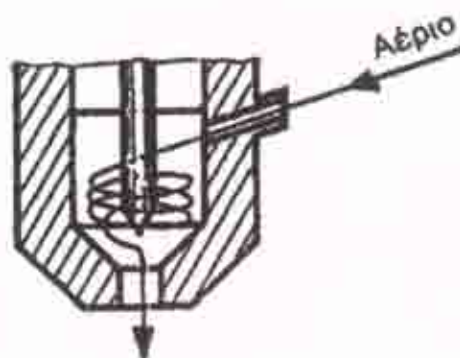
Σχήμα 99 Μεταφερόμενο τόξο σε πλήρης λειτουργία [1].

Η μέγιστη θερμοκρασία μέσα στο τόξο ισούται με το γινόμενο του $U \cdot I$ (τάση-ένταση). Έτσι το στραγγαλιζόμενο τόξο που χαρακτηρίζεται από μια υψηλή τάση, η οποία μπορεί να είναι διπλάσια απ' αυτή του τόξου TIG, μας επιτρέπει να πετυχαίνουμε πολύ υψηλές αξονικές θερμοκρασίες με ρεύμα χαμηλότερης έντασης.

Πρακτικά η σταθερότητα του τόξου εξασφαλίζεται με την παροχή των αερίων είτε παράλληλα είτε επαπτόμενα προς τον άξονα του ηλεκτροδίου (σχήμα 100).



Σχήμα 100 Παράλληλη εμφύσηση.



Εφαπτόμενη εμφύσηση αερίων αερίων [1].

4.7. Εκτέλεση της συγκόλλησης

Η συγκόλληση με πλάσμα χρησιμοποιείται σε συνδέσεις ελασμάτων πάχους μεγαλύτερου των 2,5 mm ενώ για ελάσματα μικρότερου πάχους χρησιμοποιείται η συγκόλληση με Μικροπλάσμα και η παροχή αδρανούς αερίου είναι σημαντικά χαμηλότερη από αυτή της κοπής με πλάσμα. Η τήξη των προς συγκόλληση άκρων πραγματοποιείται δημιουργώντας, πάνω στη ραφή, μια τρύπα (σχήμα 101) η οποία ακολουθείται από το λουτρό τήξης και διατηρείται σε όλη τη διάρκεια της συγκόλλησης. Το λουτρό τήξης, στερεοποιείται προοδευτικά και σχηματίζει το κορδόνι συγκόλλησης.

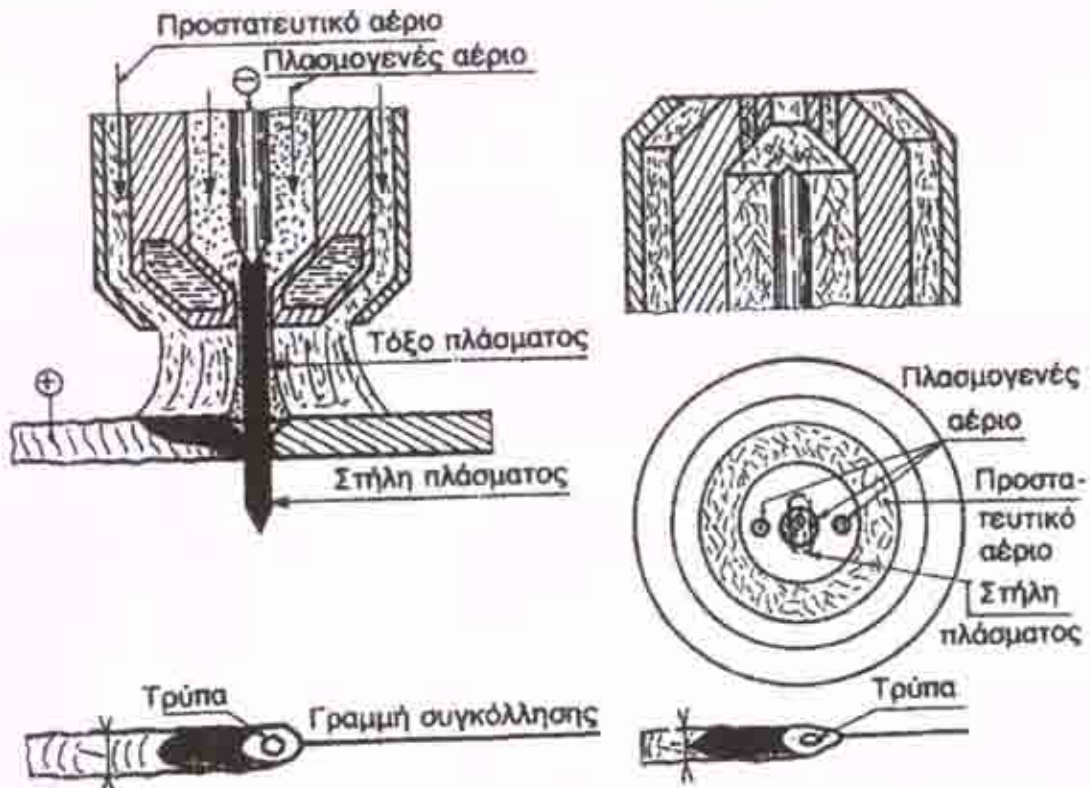
Η εκτέλεση της συγκόλλησης μοιάζει με αυτήν της μεθόδου TIG και μπορούμε, όταν απαιτείται, να χρησιμοποιήσουμε συγκολλητικό υλικό. Η εναπόθεση του συγκολλητικού υλικού γίνεται χωρίς ιδιαίτερες προφυλάξεις και η τρύπα, και σ' αυτή τη περίπτωση, δημιουργείται και δεν φράζει από την εναπόθεση. Στο τέλος της ραφής, και ιδίως σε κυκλικές ραφές, για να εξαλείψουμε την τρύπα και τον κρατήρα μεκύνουμε προοδευτικά την ένταση του ρεύματος και την παροχή αερίου.

Η συγκόλληση με πλάσμα πραγματοποιείται, συνήθως, με μηχανές συνεχούς ρεύματος άμεσης πολικότητας (ηλεκτρόδιο (-)). Το ηλεκτρόδιο είναι κατασκευασμένο από βολφράμιο με προσθήκη θορίου. Μπορούμε ακόμα να χρησιμοποιήσουμε αντίθετη πολικότητα για τη συγκόλληση ελαφρών κραμάτων με ηλεκτρόδιο βολφραμίου με προσθήκη ζirkονίου.

Η εγκατάσταση της μεθόδου πλάσματος πραγματοποιείται πολύ εύκολα σε οποιοδήποτε τραπέζι αυτόματης συγκόλλησης.

4.7.1. Παροχές αερίων.

Η παροχή (1 έως 8 l/min), του πλάσμογενούς αερίου που χρησιμοποιείται για τη δημιουργία του τόξου πλάσματος δεν επαρκεί για να προστατέψει αποτελεσματικά το λουτρό τήξης. Γι' αυτό το λόγο η τσιμπίδα συγκόλλησης περιλαμβάνει μια συμπληρωματική δακτυλιοειδή παροχή 15-20 l/min (σχήμα 101).



Σχήμα 101 α) Ακροφύσιο με μια παροχή πλάσμογενούς αερίου.

β) Ακροφύσιο με περισσότερες παροχές πλάσμογενούς αερίου [1].

ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Υπάρχουν ακροφύσια στα οποία το πλάσμογενές αέριο διοχετεύεται εκτός από την κεντρική τρύπα, και από δύο πλαϊνές (σχήμα 101β). Αυτές οι εγχύσεις του αερίου, που γίνονται από τις δύο πλευρές της στήλης του πλάσματος μειώνουν την θερμοκρασία του θερμού στρώματος των αερίων που την περιβάλλουν και την περιορίζουν δίνοντάς της μακρόστενο σχήμα (σχήμα 101β). Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα το λουτρό τήξης να είναι πιο στενό και η ταχύτητα της συγκόλλησης να αυξάνει.

4.7.2. Προστασία της πίσω πλευράς των κομματιών

Στη συγκόλληση με πλάσμα δεν χρησιμοποιούμε υποστήριγμα από την πίσω πλευρά των κομματιών, παρά μόνο μια αέρια προστασία για μέταλλα που επηρεάζονται από την ατμόσφαιρα.

4.7.3. Απόσταση τσιμπίδας

Η απόσταση της τσιμπίδας συγκόλλησης από τα συγκολλούμενα κομμάτια, κυμαίνεται, μεταξύ των 5 και 8mm εκτός αν η συγκόλληση πραγματοποιείται σε λοξοτομημένα άκρα, που σ' αυτή την περίπτωση μπορεί να φτάσει τα 25 με 30mm χωρίς να επηρεάζεται η ποιότητα της ραφής. Αυτή η ποιότητα οφείλεται στη μεγάλη επικέντρωση της ενέργειας καθώς και στην κυλινδρική μορφή και σταθερότητα της στήλης του πλάσματος.

4.7.4. Τάσεις

Η τάση δεν αποτελεί τόσο σημαντικό παράγοντα στη συγκόλληση με πλάσμα όσο στη συγκόλληση MIG. Κυμαίνεται μεταξύ των 25 έως 35 V ανάλογα με την ένταση, την απόσταση της τσιμπίδας από τη ραφή και τη φύση του αερίου.

4.7.5. Ένταση

Η ένταση εξαρτάται από το πάχος των συγκολλούμενων κομματιών αλλά δεν αυξάνει αναλογικά προς αυτό π.χ. για συγκόλληση ανοξείδωτου χάλυβα πάχους (e) 3mm η ένταση είναι (I) 150A και για συγκόλληση πάχους (e) 8mm η ένταση είναι (I) 300A.

Ανάλογα με την ένταση του ρεύματος οι συγκολλήσεις με τόξο πλάσματος διακρίνονται σε:

- **Μικροπλάσμα:** 0,1 έως 1A.
Το τόξο Μικροπλάσμα μπορεί να χρησιμοποιηθεί στα πολύ χαμηλά ρεύματα συγκόλλησης. Το κιονοειδές τόξο είναι σταθερό ακόμα και όταν διακυμαίνεται το μήκος του μέχρι 20mm.
- **Πλάσμα μέσου ρεύματος:** 15 έως 100A.
Στα υψηλότερα ρεύματα, από 15 έως 100A, τα χαρακτηριστικά τη διαδικασίας του τόξου πλάσματος είναι παρόμοια με του τόξο TIG, αλλά επειδή η ροή του αερίου πλάσματος είναι περισσότερο εκβιασμένη (μηχανικό στραγκαλισμό), το τόξο είναι πιο δύσκαμπτο. Αν και το ποσοστό ροής αερίου πλάσματος μπορεί να αυξηθεί για να βελτιώσει τη διείσδυση λουτρού τήξης, υπάρχει κίνδυνος παράσυρσης αέρα και προστατευτικών αερίου μέσω της υπερβολικής αναταραχής της ασπίδα αερίων.
- **Πλάσμα "Keyhold" (κλειδαρότρυπα):** άνω των 100A.
Με την αύξηση του ρεύματος συγκόλλησης και της ροής αερίου πλάσματος, μια πολύ ισχυρή ακτίνα πλάσματος δημιουργείται που μπορεί να επιτύχει την πλήρη διείσδυση σε ένα υλικό, όπως στη συγκόλληση δεσμών λέιζερ ή ηλεκτρονίων. Κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης, η «τρύπα» κόβει σταδιακά, μέσω του λουτρού τήξης που ρέει πίσω της, το μέταλλο για να διαμορφώσει το κορδόνι. Αυτή η διαδικασία μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ενώσει στενά τα παχύτερα υλικά (μέχρι 10mm ανοξείδωτου χάλυβα) σε ένα ενιαίο πέρασμα.

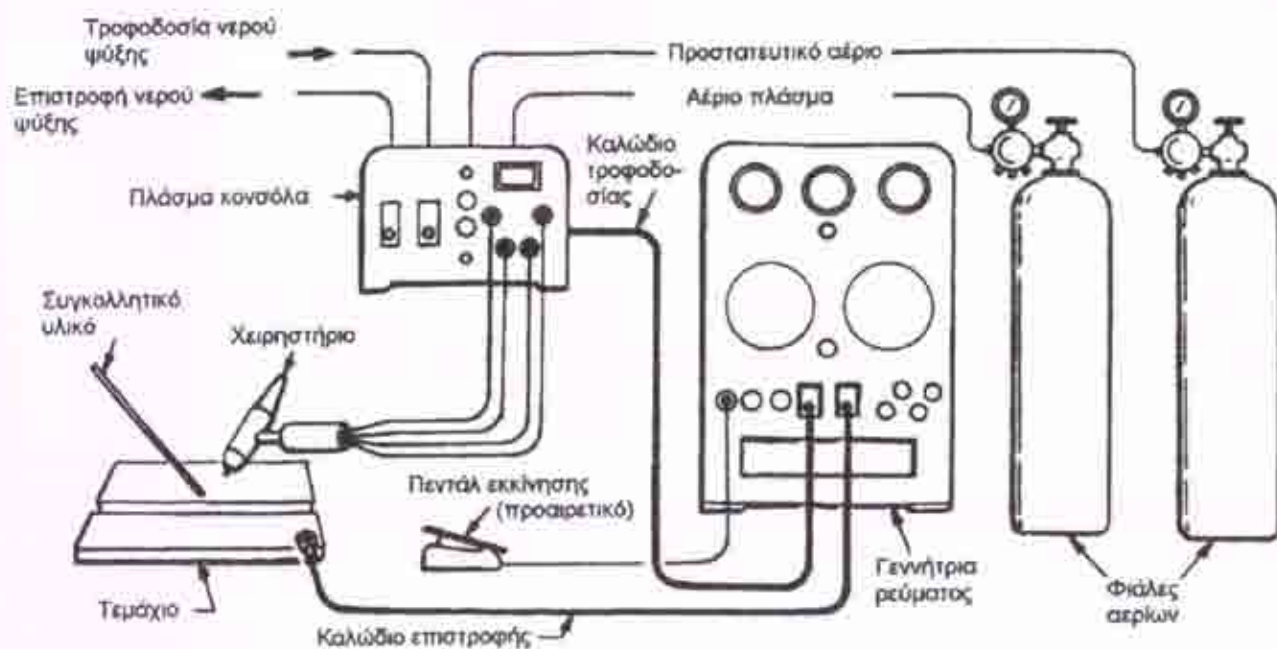
4.7.6. Επίδραση του πλάσμογενούς και του προστατευτικού αερίου

Η φύση και η σύνθεση των χρησιμοποιούμενων αερίων (πλάσμογενούς και προστατευτικού) παίζει σημαντικό ρόλο στη μορφή και στο πλάτος του κορδονιού καθώς και στην ταχύτητα εκτέλεσης της συγκόλλησης.

4.8. Μηχανή Πλάσματος

Η μηχανή συγκόλλησης (εκτέλεση με το χέρι) με πλάσμα (σχήμα 102), περιλαμβάνει:

1. Γεννήτρια ρεύματος (συνεχές).
2. Φιάλες αερίων.
3. Χειριστήριο (τσιμπιδα).
4. Κύκλωμα ψύξης του ακροφυσίου.
5. Συγκολλητικό υλικό.
6. Πλάσμα κονσόλα.
7. Καλώδιο τροφοδοσίας και επιστροφής.
8. Πεντάλ εκκίνησης.



Σχήμα 102 Σχηματική παρουσίαση μηχανής πλάσματος (από [3] μεταφρασμένο).

4.8.1. Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος

Η τάση εν κενώ εξαρτάται από τη φύση και τη σύνθεση του πλάσμογενούς αερίου που χρησιμοποιούμε. Όταν το πλάσμογενές αέριο είναι αργό μια τάση εν κενώ 75V αρκεί για το ξεκίνημα του τόξου ενώ ανεβαίνει στα 100 V και παραπάνω όταν το πλάσμογενές αέριο αποτελείται από άλλα αέρια ή μείγματα

αερίων. Για συγκολλήσεις με μικρό πάχος μετάλλων πρέπει να έχει μια ελάχιστη ένταση ρεύματος το πολύ 1Α. Για πολύ μεγάλα πάχη μετάλλων η γεννήτρια πρέπει να τροφοδοτεί με ρεύμα μέχρι 500Α.



Σχήμα 103 Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος από μηχανή συγκόλλησης πλάσματος [9].

4.8.2. Τσιμπίδα

Οι τσιμπίδα πλάσματος είναι υδρόψυκτη, ακόμη και οι μικρότερες της σειράς. Αυτό γίνεται επειδή το τόξο περικλείεται μέσα σε ένα κλειστό χώρο της τσιμπίδας (στόμιο) όπου παράγει τη θερμότητα. Εάν η ροή του νερού διακόπτεται έστω και για μικρό χρονικό διάστημα το στόμιο μπορεί να λειώσει.

Οι χειρωνακτικές τσιμπίδες τόξων πλάσματος υπάρχουν σε διάφορα μεγέθη, αρχίζοντας από 1Α μέχρι 300Α (σχήμα 104). Οι τσιμπίδες που χρησιμοποιούνται σε αυτοματοποιημένες συγκολλήσεις πλάσματος (σχήμα 105) είναι και αυτές διαθέσιμες περίπου στις ίδιες σειρές μεγεθών με αυτές που χρησιμοποιούνται στις χειρωνακτικές τσιμπίδες.

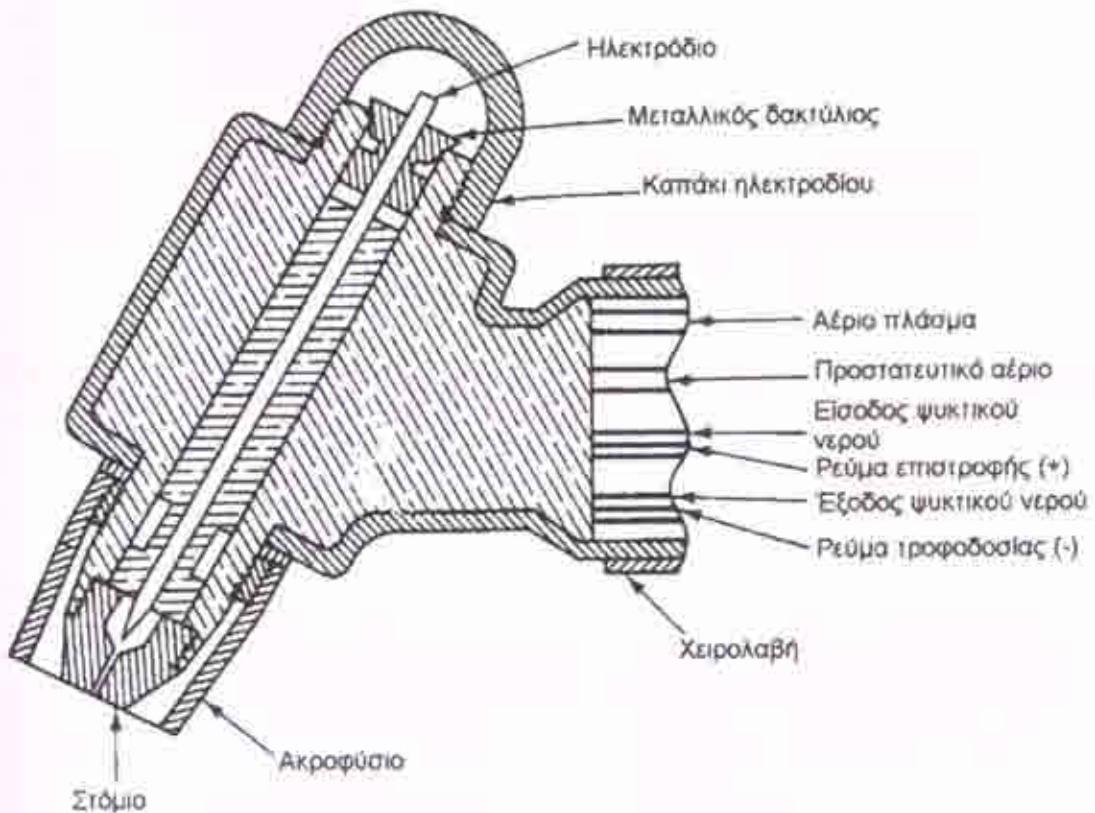


Σχήμα 104 Σειρά χειρωνακτικών τσιμπίδων [10].



Σχήμα 105 Τσιμπίδα αυτοματοποιημένης συγκόλλησης πλάσματος [11].

Στο σχήμα 106 παρουσιάζεται μια τυπική διάταξη τσιμπίδας συγκόλλησης πλάσματος σε εγκάρσια τομή. Κατά τη διάρκεια της όχι μεταφερμένης περιόδου το τόξο θα δημιουργηθεί μεταξύ του στομίου και του ηλεκτροδίου βολφραμίου.



Σχήμα 106 Τυπική διάταξη τσιμπίδας συγκόλλησης πλάσματος σε εγκάρσια τομή (από [3] μεταφρασμένο).

Τα κύρια μέρη μιας τυπική διάταξη τσιμπιδας συγκόλλησης πλάσματος είναι (σχήμα 106):

1. Είσοδος του αέριου πλάσματος.
2. Είσοδος του προστατευτικού αερίου.
3. Είσοδος του ψυκτικού νερού.
4. Έξοδος του ψυκτικού νερού.
5. Είσοδος του ρεύματος τροφοδοσίας.
6. Έξοδος του ρεύματος τροφοδοσίας.
7. Βάση που στερεώνεται στη χειρολαβή.
8. Ακροφύσιο.
9. Στόμιο.
10. Ηλεκτρόδιο βολφραμίου.
11. Καπάκι ηλεκτροδίου.
12. Μεταλλικό δακτύλιο.

Στο σχήμα 107 φαίνονται τα εξαρτήματα μιας τυπικής τσιμπιδας συγκόλλησης πλάσματος.



Σχήμα 107 εξαρτήματα μιας τυπικής τσιμπιδας συγκόλλησης πλάσματος [12].

Στην τσιμπίδα «εργάζεται» μόνο το 2% του ηλεκτροδίου βολφραμίου. Δεδομένου ότι το ηλεκτρόδιο βολφραμίου βρίσκεται μέσα στην τσιμπίδα, είναι σχεδόν αδύνατο να μολυνθεί με το τηγμένο μέταλλο του τεμαχίου.

Ένα κύκλωμα ελέγχου απαιτείται για τη συγκόλληση τόξων πλάσματος. Οι τσιμπίδες τόξων πλάσματος σχεδιάζονται για να συνδεθούν με την κονσόλα ελέγχου και όχι απευθείας με την πηγή ενέργειας.

Υπάρχουν και τσιμπίδες που είναι εφοδιασμένες με δύο κυκλώματα νερού από τα οποία το ένα χρησιμοποιείται για την ψύξη του ηλεκτροδίου και το άλλο για την ψύξη του ακροφυσίου.

Η τσιμπίδα ακόμα περιλαμβάνει τους διακόπτες ξεκινήματος του τόξου, τα όργανα χειρισμού και τους ηλεκτροδιακόπτες παροχής αερίου και νερού.

4.8.3. Κονσόλα πλάσματος

Η κονσόλα ελέγχου (σχήμα 108) περιλαμβάνει μια πηγή ενέργειας για τη δημιουργία του μη μεταφερόμενο τόξου, τα συστήματα καθυστέρηση-συγχρονισμού για τη μετάβαση από το μη μεταφερόμενο τόξο σε μεταφερόμενο τόξο, τις βαλβίδες του συστήματος ψύξης, τις βαλβίδες των αερίων, τους μετρητές ροής για το αέριο πλάσματος και το προστατευτικό αέριο κάλυψης. Συνήθως η κονσόλα συνδέεται με την πηγή ενέργειας και μπορεί να ενεργοποιήσει τον επαφέα.

Η κονσόλα ελέγχου περιέχει επίσης μια υψηλής συχνότητας μονάδα έναυσης τόξων, το κύκλωμα προστασίας της τσιμπίδας και ένα αμπερόμετρο. Μια υψηλή συχνότητα χρησιμοποιείται για να αρχίσει το μη μεταφερόμενο τόξο. Οι προστατευτικές συσκευές της τσιμπίδας περιλαμβάνουν τους διακόπτες ελέγχου πίεσης του αερίου πλάσματος και νερού ψύξης που συνεργάζονται με τον επαφέα.

Ακόμα η κονσόλα ελέγχει την τροφοδοσία συγκολλητικού σύρματος που χρησιμοποιείται στις αυτόματες εκτελέσεις συγκόλλησης πλάσματος. Ο τροφοδότης συγκολλητικού σύρματος μπορεί να μεταβάλλει την ταχύτητα τροφοδοσίας από 10 in. (254 mm.) ανά λεπτό μέχρι 125 in. (3,18m) ανά λεπτό.



Σχήμα 108 Κονσόλα ελέγχου μηχανής συγκόλλησης πλάσματος [2].

4.8.4. Φιάλες αέριων

Για την δημιουργία του τόξου πλάσματος απαιτείτε σταθερή παροχή αερίων πλάσματος και προστατευτικών αερίων στην τσιμπίδα. Οι παροχές αυτές εξασφαλίζονται από φιάλες που περιέχουν αυτά τα αέρια υπό πίεση (σχήμα 109). Η σταθερότητα της παροχής των αερίων εξασφαλίζεται με μειωτήρα πίεσης (εκτονωτή). Τα αέρια φτάνουν στη τσιμπίδα μέσω εύκαμπτων σωλήνων.

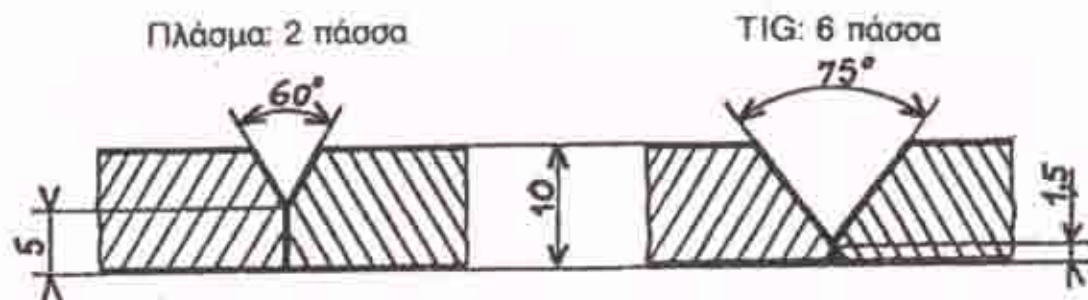


Σχήμα 109 Φιάλη που χρησιμοποιείται σε μηχανές συγκόλλησης πλάσματος [14].

Τα προστατευτικά αέριο κάλυψης είναι αδρανές αέρια, είτε αργό, ήλιο, είτε ένα μίγμα, που χρησιμοποιείται για την προστασία της περιοχής συγκόλλησης από την ατμόσφαιρα. Το αργό χρησιμοποιείται συχνότερα επειδή είναι βαρύτερο και παρέχει το καλύτερο προστατευτικό κάλυμμα στις χαμηλές παροχές της ροής. Το αργό χρησιμοποιείται συνήθως για αέριο πλάσματος. Τα ενεργά αέρια δεν συστήνονται για αέριο πλάσματος.

4.9. Διαμόρφωση άκρων

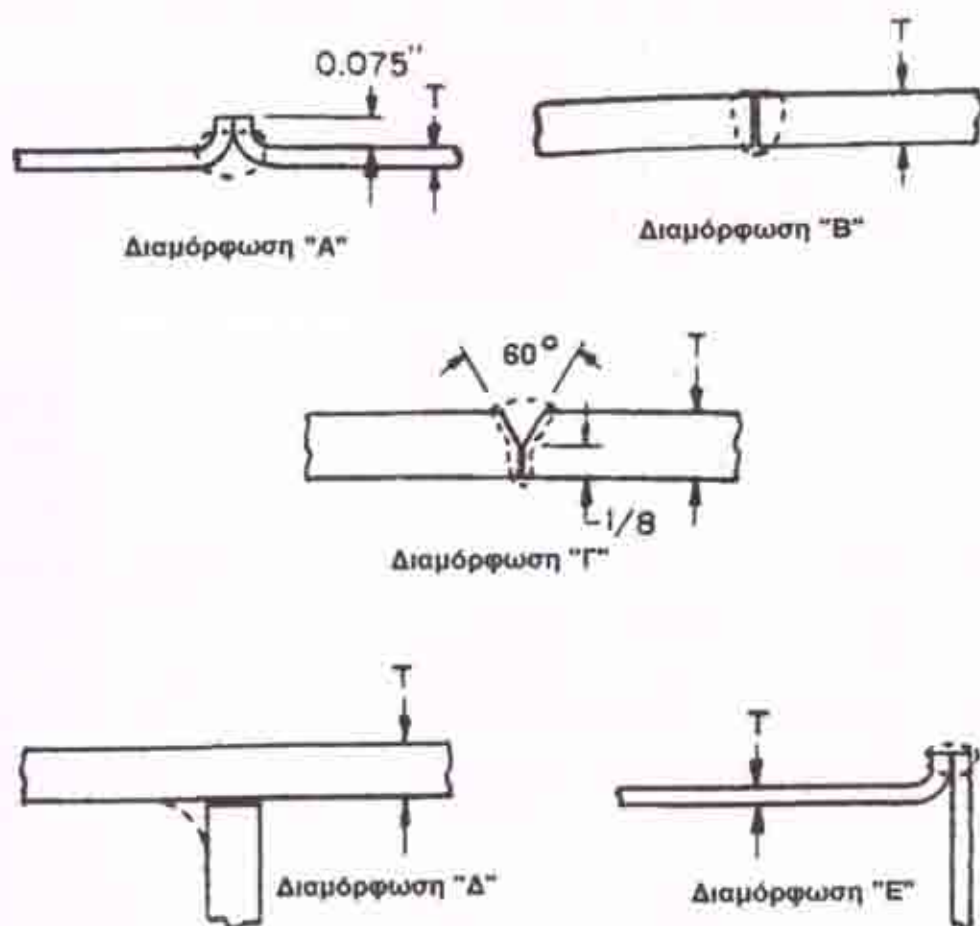
Σε πάχη ελασμάτων μικρότερα των 6mm τα άκρα δεν χρειάζονται καμιά προετοιμασία και η συγκόλληση γίνεται, με ακροφύσια πολλαπλών σπών με τα οποία πετυχαίνουμε καλύτερη επικέντρωση της ενέργειας. Πιστεύεται ότι στο άμεσο μέλλον θα μπορέσουμε να πραγματοποιήσουμε κατά μέτωπο συγκολλήσεις χωρίς λοξοτομή και συγκολλητικό υλικό με ένα πάσσο σε πάχη ελασμάτων πάνω από 12 mm. Πάνω από το πάχος αυτό τα άκρα λοξοτομούνται με μια γωνία 60 έως 75 και ένα «τακούνι» 4 έως 5 mm (σχήμα 110) και προθερμαίνονται στο σημείο ραφής (150 °C για $e = 1$ mm).



Σχήμα 110 α) Λοξοτομή για συγκόλληση με πλάσμα

β) Λοξοτομή για συγκόλληση TIG [1]

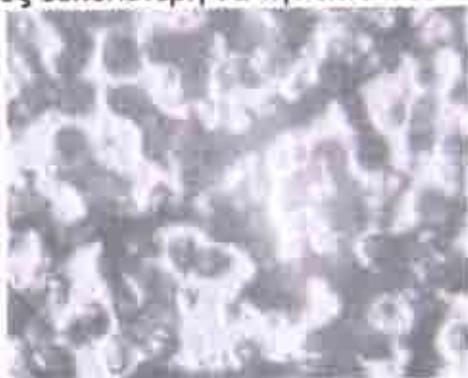
Στο σχήμα 111 φαίνονται οι διαμορφώσεις που γίνονται στα ελάσματα προκειμένου να ενωθούν με τόξο πλάσματος.



Σχήμα 111 Διαμορφώσεις που γίνονται στα ελάσματα προκειμένου να ενωθούν με τόξο πλάσματος (από [3] μεταφρασμένο).

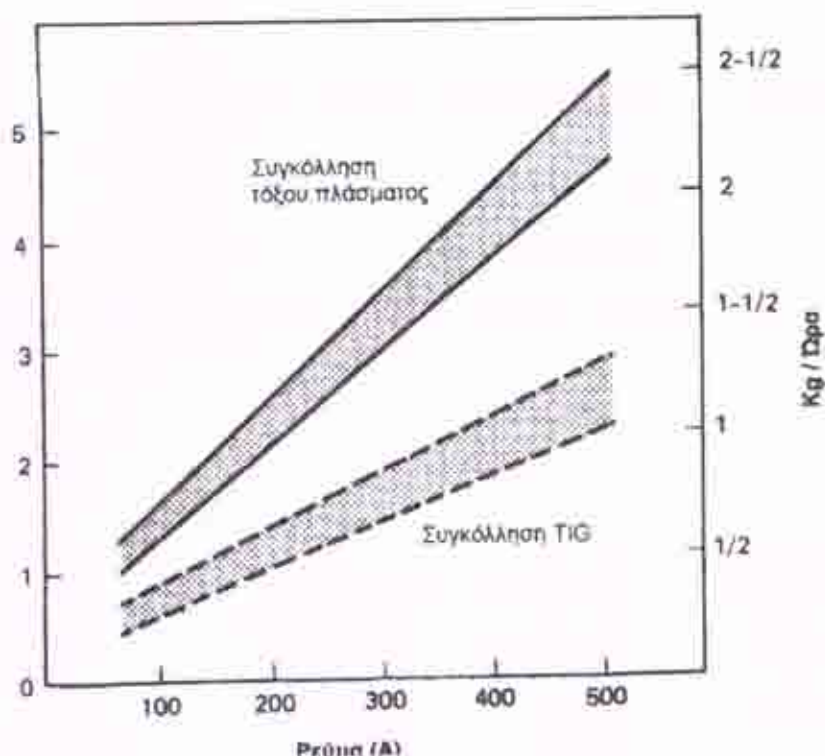
4.10. Ποιότητα, ποσοστά εναπόθεσης, και παράμετροι

Η ποιότητα των συγκολλήσεων τόξων πλάσματος είναι εξαιρετικά υψηλή (σχήμα 112) και συνήθως υψηλότερη από τις συγκολλήσεις TIG επειδή υπάρχει ελάχιστη ή καμία δυνατότητα πρόσμειξης βολφραμίου στις συγκολλήσεις. Η ικανότητα του τεχνίτη είναι ένας σημαντικός παράγοντας όσον αφορά την ποιότητα των συγκολλήσεων. Ένας τεχνίτης θα βρει τη μέθοδο συγκόλλησης τόξων πλάσματος ευκολότερη να την εκτελέσει από τη μέθοδο TIG.



Σχήμα 112 Μικρογράφημα ραφής που έγινε με τόξο πλάσματος που παρουσιάζει δενδριτοειδής μεταλλογραφική δομή [15].


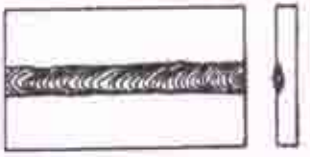

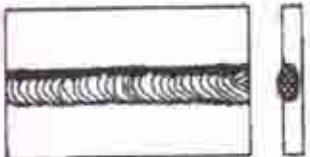
Τα ποσοστά εναπόθεσης για τη συγκόλληση τόξων πλάσματος είναι υψηλότερα απ' ό,τι για τη συγκόλληση TIG (σχήμα 113).



Σχήμα 113 Ποσοστά εναπόθεσης για τη συγκόλληση τόξων πλάσματος και συγκόλληση TIG (από [3] μεταφρασμένο).

Οι παράμετροι που επηρεάζουν τη διαδικασία για τη συγκόλληση τόξων πλάσματος παρουσιάζονται στο σχήμα 114. Οι περισσότεροι από τους παραμέτρους που παρουσιάζονται για το τόξο πλάσματος είναι παρόμοιοι με τις άλλες μεθόδους συγκόλλησης σε αδρανή ατμόσφαιρα (TIG και MIG).

Όλοι οι παράμετροι πρέπει να ληφθούν υπόψη κατά την εκτέλεση μιας συγκόλλησης με πλάσμα για να έχουμε άριστα αποτελέσματα.

	<p>ΒΥΘΙΣΜΕΝΗ ΡΑΦΗ, ΜΕΓΑΛΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ ΤΗΓΜΕΝΟΥ ΜΕΤΑΛΛΟΥ</p> <p>Η ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑ ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ Ή Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΡΟΩΣΗΣ ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ ΑΡΓΗ</p>
	<p>ΡΑΦΗ ΠΟΛΥ ΜΙΚΡΗ, ΑΝΩΜΑΛΗ-ΜΙΚΡΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ</p> <p>Η ΕΝΤΑΣΗ ΤΟΥ ΡΕΥΜΑ ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ Ή Η ΡΟΗ ΑΕΡΙΟΥ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ ΧΑΜΗΛΗ (ΜΙΚΡΗ ΠΑΡΟΧΗ) Ή Η ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΠΡΟΩΣΗΣ ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ ΓΡΗΓΟΡΗ</p>
	<p>ΠΛΑΓΙΕΣ ΕΓΚΟΠΙΕΣ, ΑΝΩΜΑΛΗ-ΜΙΚΡΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ</p> <p>Η ΡΟΗ ΑΕΡΙΟΥ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ ΕΙΝΑΙ ΠΑΡΑ ΠΟΛΥ ΥΨΗΛΗ</p>
	<p>ΟΡΘΟ ΜΕΓΕΘΟΣ ΡΑΦΗΣ, ΚΥΜΑΤΙΣΜΟΥ ΤΗΣ ΡΑΦΗΣ, ΚΑΛΗ ΔΙΕΙΣΔΥΣΗ</p> <p>ΣΩΣΤΗ ΕΝΤΑΣΗ ΡΕΥΜΑΤΟΣ ΚΑΙ ΠΡΟΩΣΗ ΤΣΙΜΠΙΔΑΣ, ΚΑΤΑΛΛΗΛΗ ΤΑΣΗ ΤΟΞΟΥ ΚΑΙ ΠΑΡΟΧΗ ΑΕΡΙΟΥ ΠΛΑΣΜΑΤΟΣ</p>

Σχήμα 114 Οι παράμετροι που επηρεάζουν τη διαδικασία για τη συγκόλληση τόξων πλάσματος (από [3] μεταφρασμένο).

4.11. Συμβουλές για τη χρησιμοποίηση της διαδικασίας

1. Η σημαντικότερη συμβουλή για τη χρησιμοποίηση της μεθόδου συγκόλλησης τόξου πλάσματος είναι να κρατηθεί κατάλληλα η τσιμπίδα συγκόλλησης έτσι ώστε να έχουμε σωστή οδήγηση του τόξου.
2. Το ηλεκτρόδιο βολφραμίου πρέπει να κεντραριστεί με μεγάλη ακρίβεια κατά την εγκατάσταση του στο στόμιο του ακροφυσίου.
3. Η ένταση του ρεύματος έναυσης του μη μεταφερόμενου τόξου πρέπει να κρατηθεί αρκετά χαμηλά, ενώ πρέπει να είναι αρκετά υψηλή η ένταση για να διατηρήσει σταθερό το μη μεταφερόμενο τόξο.
4. Όταν χρησιμοποιείται συγκολλητικό υλικό, προστίθεται με τον ίδιο τρόπο με τη συγκόλληση TIG. Εντούτοις, με την λίγο μεγαλύτερη απόστα-

ση μεταξύ τσιμπίδας-επιφάνεια εργασίας, υπάρχει περισσότερη ελευθερία για την προσθήκη του συγκολλητικού υλικού.

5. Ο εξοπλισμός πρέπει να ρυθμιστεί κατάλληλα έτσι ώστε το προστατευτικό αδρανές αέριο κάλυψης και το αέριο πλάσματος είναι στις σωστές αναλογίες.
6. Τα κατάλληλα αέρια πρέπει επίσης να χρησιμοποιηθούν.
7. Η ροή αερίου πλάσματος έχει επίσης σημαντική επίδραση.
8. Πρέπει να τηρούνται όλοι οι κανόνες ασφαλείας (Βλέπε Κεφάλαιο 5).

4.12. Περιορισμοί της διαδικασίας

Οι σημαντικότεροι περιορισμοί της διαδικασίας έχουν να κάνουν περισσότερο με τον εξοπλισμό και τις συσκευές. Η τσιμπίδα είναι λεπτότερη και συνθετότερη από την τσιμπίδα TIG. Ακόμη και οι μικρότερες τσιμπίδες της σειράς είναι υδρόψυκτες. Το κεντράρισμα του ηλεκτροδίου του βολφραμίου στο στόμιό του ακροφυσίου είναι εξαιρετικά σημαντικό και πρέπει να διατηρηθεί μέσα στα πολύ στενά όρια. Στο σύστημα ψύξης, η τροφοδοσία με ψυκτικό νερό της τσιμπίδας είναι σχετικά μικρή (μικρή παροχή) και γι' αυτό το λόγο πρέπει να χρησιμοποιείται φιλτραρισμένο-απονιμισμένο νερό για την ψύξη των μικρών τσιμπίδων. Η κονσόλα ελέγχου προσθέτει ένα άλλο κομμάτι του εξοπλισμού στο σύστημα, το οποίο καθιστά το σύστημα ακριβότερο.

4.13. Παραλλαγές της διαδικασίας

Η ένταση του ρεύματος συγκόλλησης μπορεί να μεταβάλλεται (Παλμικό τόξο) για να αποκομίσει τα ίδια πλεονεκτήματα όπως στην τεχνική Παλμικού ρεύματος στη μέθοδο TIG.

Ένας υψηλής εντάσεως τρέχων παλμός ρεύματος χρησιμοποιείται για τη μέγιστη διεύδυση αλλά μετά εξασθενεί για να επιτραπεί η στερεοποίηση του μετάλλου.

Αυτό δίνει ένα ευκολότερα ελεγχόμενο του λουτρό τήξης.

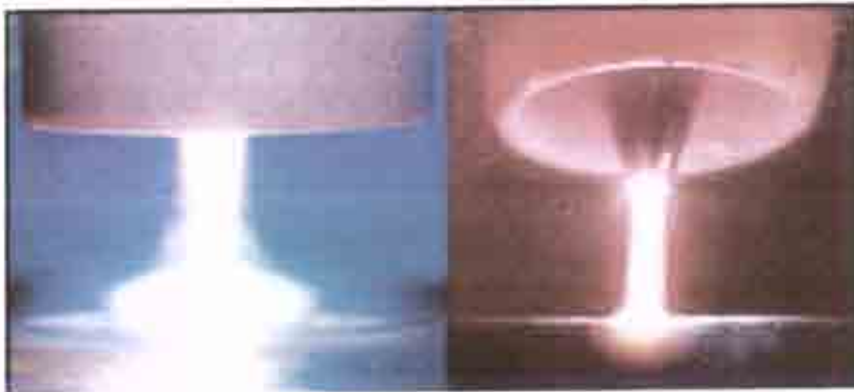
4.14. Σύγκριση της μεθόδου συγκόλλησης με πλάσμα με συγκόλληση TIG

Συγκρίνοντας τη μέθοδο συγκόλλησης με πλάσμα με την συγκόλληση TIG παρατηρούμε ότι:

1. Οι λοξοτομές στη συγκόλληση με πλάσμα είναι μικρότερες από αυτές τις μεθόδους TIG με αποτέλεσμα να απαιτούνται για το ίδιο πάχος κομματιών λιγότερα κορδόνια (στρώσεις), απ' ό,τι στη μέθοδο TIG (2 έναντι 6) (σχήμα 110, σελίδα 119). Η ποσότητα του εναποτιθέμενου μετάλλου στη μέθοδο TIG είναι 4 έως 5 φορές μεγαλύτερη από αυτή της μεθόδου με πλάσμα.
2. Ο χρόνος συγκόλλησης είναι πέντε φορές μεγαλύτερος στη μέθοδο TIG από αυτόν της μεθόδου πλάσματος.
3. Η ποιότητα των συγκολλήσεων τόξων πλάσματος είναι υψηλότερη από τις συγκολλήσεις TIG επειδή υπάρχει ελάχιστη ή καμία δυνατότητα πρόσμειξης βολφραμίου στις συγκολλήσεις.

4. Η εκτέλεσή της είναι εύκολη και επιτρέπει τη συγκόλληση πιο λεπτών ελασμάτων από τη μέθοδο TIG.
5. Οι προϋποθέσεις συγκόλλησης είναι πιο οικονομικές από αυτές της μεθόδου TIG λόγω της αυξημένης ταχύτητας συγκόλλησης και της απλοποιημένης προετοιμασίας των άκρων γεγονός που μειώνει σημαντικά την ποσότητα του χρησιμοποιούμενου συγκολλητικού υλικού.
6. Η αγορά μιας διάταξης συγκόλλησης με τόξο πλάσματος είναι πιο δαπανηρή γιατί απαιτεί και κονσόλα ελέγχου.
7. Ακόμα πλεονεκτεί έναντι της μεθόδου TIG, στο ότι το μήκος του τόξου είναι πιο σταθερό και δεν επηρεάζεται από τις ανομοιομορφίες της προετοιμασίας των άκρων.
8. Η τσιμπίδα της μεθόδου TIG είναι πιο απλή στην κατασκευή.

Στο σχήμα 115 φαίνεται μια σύγκριση του τόξου TIG και του τόξου πλάσματος.



Σχήμα 115 Σύγκριση του τόξου TIG (αριστερά) και του τόξου πλάσματος (δεξιά) [6].

4.15. Συγκόλληση με Μικροπλάσμα

Η μέθοδος αυτή χαρακτηρίζεται από τις χαμηλές εντάσεις που χρησιμοποιούμε (0,2 έως 1A) και εφαρμόζεται σε συγκολλήσεις ελασμάτων μικρού πάχους (κάτω από 1mm) όπου δεν μπορεί να εφαρμοστεί η μέθοδος TIG επειδή σ' αυτές τις εντάσεις δεν εξασφαλίζει, η μέθοδος TIG τις προϋποθέσεις που είναι απαραίτητες, δηλαδή τη σταθερότητα και το σχετικό μεγάλο ύψος του τόξου.

Με τη μέθοδο συγκόλλησης με Μικροπλάσμα μπορούμε να συγκολλήσουμε λεπτά ελάσματα επειδή το ύψος του τόξου είναι σχετικά μεγάλο (6 mm περίπου) γεγονός που μας επιτρέπει να έχουμε καλή ορατότητα της περιοχής συγκόλλησης. Οι μεταβολές του μήκους του τόξου δεν επηρεάζουν ούτε την αποτελεσματικότητα ούτε την ποιότητα της συγκόλλησης και αυτό λόγω του στραγγαλισμού του τόξου. Στο σχήμα 116 δείχνει συγκόλληση πτερυγίων με την μέθοδο του Μικροπλάσματος σε συμπιεστή αεροστροβίλου.



Σχήμα 116. Συγκόλληση πτερυγίων με την μέθοδο του Μικροπλάσματος σε συμπιεστή αεροστροβίλου [5]

Το πάχος των ελασμάτων που μπορούμε να συγκολλήσουμε με τη μέθοδο αυτή κυμαίνεται από 0,01 έως 0,8mm για ανοξειδωτους χάλυβες, νικέλιο και τιτάνιο ενώ μπορεί να αυξηθεί περισσότερο σε άλλα μέταλλα.

4.15.1. Προϋποθέσεις λειτουργίας

Κατά τη συγκόλληση με τη μέθοδο Μικροπλάσματος χρησιμοποιούμε, για την τροφοδοσία του τόξου, το οποίο κατά κανόνα είναι μεταφερόμενο αλλά μπορεί να είναι και μη μεταφερόμενο, συνεχές ρεύμα άμεσης πολικότητας.

4.15.2. Μεταφερόμενο τόξο

Το μεταφερόμενο τόξο χρησιμοποιείται πάντα μαζί με ένα τόξο «πιλότο» (μη μεταφερόμενο) το οποίο έχει σα σκοπό τον ιονισμό του αερίου σε «ταιριαστές» και σταθερές αναλογίες σε όλο το εύρος των χρησιμοποιούμενων εντάσεων. Το τόξο «πιλότος» ξεκινάει πάντα με ρεύμα υψηλής συχνότητας.

4.15.3. Μη μεταφερόμενο τόξο

Το μη μεταφερόμενο τόξο χρησιμοποιείται σε ειδικές περιπτώσεις συγκόλλησης μεταλλικών στοιχείων καθώς και στη συγκόλληση κομματιών που δεν είναι αγωγοί του ηλεκτρισμού. Η θερμότητα που μεταφέρεται στα συγκολλούμενα κομμάτια είναι πολύ χαμηλότερη απ' αυτή του μεταφερόμενου τόξου.

4.15.4. Παροχές αερίων

Οι παροχές των αερίων κυμαίνονται για μεν το πλασμογενές (αργό) μεταξύ των 0,2 και 0,8l/min, για δε το προστατευτικό μεταξύ των 3 και 10 l/min.

Όπως και στην συγκόλληση με πλάσμα, έτσι και σ' αυτή τη μέθοδο, για συγκολλήσεις ανοξειδωτων χαλύβων, νικελίου και κραμάτων νικελίου χρησιμοποιούμε μείγμα αργού-υδρογόνου ενώ για συγκολλήσεις τιτανίου, χαλκού και ορείχαλκου χρησιμοποιούμε μείγμα αργού-ηλίου σε αναλογία 70% He και 30% Ar.

4.15.5. Εκτέλεση της συγκόλλησης

Οι κατά μέτωπο συγκολλήσεις, με τη μέθοδο του μικροπλάσματος, πραγματοποιούνται χωρίς να δημιουργείται τρύπα στη ραφή συγκόλλησης.

Η εκτέλεση της συγκόλλησης πραγματοποιείται σε κομμάτια των οποίων τα άκρα είτε ανασηκώνονται είτε μένουν χωρίς καμιά προετοιμασία. Στις συγκολλήσεις κομματιών με ευθέα άκρα το διάκενο δεν πρέπει να ξεπερνάει το 1/10 του πάχους της ραφής ενώ στις συγκολλήσεις με ανασηκωμένα άκρα, που εφαρμόζονται σε κομμάτια πάχους μικρότερου του 1/10 του mm, τα κομμάτια εφάπτονται και δεν απαιτείται η χρησιμοποίηση συγκολλητικού υλικού. Στη δεύτερη περίπτωση μπορούμε να συγκολλήσουμε ελάσματα που έχουν πάχος μέχρι και 0,01 mm.



Σχήμα 117 Μονάδα Μικροπλάσματος με μικροεπεξεργαστή [36].

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

ΑΣΦΑΛΕΙΑ

ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗ

5. ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΕΚΤΕΛΕΣΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΗΣΕΩΝ ΣΕ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΑΔΡΑΝΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

5.1. Εισαγωγή

Η τεχνολογία δημιουργείται και κατασκευάζεται από ανθρώπους. Ο άνθρωπος είναι εκείνος που ορίζει στην τεχνολογία τι είναι ασφαλής και τι επισημολογείται ως εργασία. Για να φτάσει ο άνθρωπος να έχει μια συμπεριφορά ασφαλείας, είναι απαραίτητο να διαθέτει την απαιτούμενη γνώση και ικανότητα και να είναι προετοιμασμένος για μια ασφαλή συμπεριφορά. Η ανάπτυξη μόνο της γνώσης και της ικανότητας, χωρίς την ετοιμότητα συμπεριφοράς ασφαλείας δεν έχει κανένα απολύτως νόημα.

Στις μέρες μας, η έννοια «ασφάλεια» είναι κάτι πολύ περισσότερο από το να προσπαθείς απλά να κάνεις ασφαλή συγκόλληση. Είναι απαραίτητη η λήψη προληπτικών μέτρων. Τόσο για τον συγκολλητή και το περιβάλλον του αλλά επίσης και για το περιβάλλον στο σύνολό του. Από τον συγκολλητή αναμένεται ότι μπορεί και πρέπει συνεχώς να διαθέτει αυτή την υπευθυνότητα για να εργάζεται με ασφάλεια. Κατά τη συγκόλληση με τόξο (ηλεκτρικό ή πλάσματος) έχουμε να κάνουμε με διάφορα είδη ακτινοβολίας τα οποία ασκούν επίδραση στα μάτια και στο δέρμα. Επίσης απελευθερώνονται διάφορα αέρια και υπάρχουν εκπομπές αερίων μετάλλων, τα οποία ενδέχεται επίσης να έχουν αρνητική επίδραση στην υγεία του συγκολλητή και του περιβάλλοντός του. Παράλληλα, ο συγκολλητής έχει να κάνει με ρευστό μέταλλο το οποίο ενδεχομένως να προκαλέσει εγκαύματα τόσο στον συγκολλητή όσο και στα άτομα του περιβάλλοντός του.

5.2. Κίνδυνος για τα μάτια

Προστασία από την ακτινοβολία του τόξου

Η διαδικασία συγκόλλησης συνδυάζεται με ένα πολύ δυνατό εκτυφλωτικό φως το οποίο περιχέει αόρατες υπεριώδεις ακτίνες. Εξάλλου, υπάρχουν ακόμη, αν και σε μικρότερο βαθμό, οι αόρατες υπέρυθρες ακτίνες από το λουτρό τήξης.

Οι αόρατες υπεριώδεις ακτίνες προκαλούν τα περιβόητα «μάτια ηλεκτροκόλλησης»: η αίσθηση ότι σου έχουν πετάξει άμμο στα μάτια. Αυτό το φαινόμενο προκαλείται ήδη αφού έχεις κοιτάξει μόνο για λίγα δευτερόλεπτα το ηλεκτρικό τόξο (μέθοδος TIG, MIG) ή το τόξο πλάσματος (μέθοδος υψηλής ενέργειας πλάσματος). Οι αόρατες υπέρυθρες ακτίνες είναι βασικά πιο επικίνδυνες διότι η επίδρασή τους δεν παρατηρείται άμεσα. Αλλά μακροπρόθεσμα μπορεί να προκαλέσουν καταρράκτη και σε ένα μεταγενέστερο στάδιο τύφλωση. Αποφύγετε την επίδραση αυτής της ακτινοβολίας και των υψηλών θερμοκρασιών στο πρόσωπο και σε άλλα ακάλυπτα μέρη του σώματος όπως ο λαιμός και τα μπράτσα, λαμβάνοντας υπόψη τα παρακάτω:

1. Φορέστε προστατευτικά και πυρίμαχα ενδύματα και υποδήματα.

2. Χρησιμοποιείτε ελαφριά προσωπίδα συγκόλλησης (οπότε, έχετε δύο χέρια ελεύθερα), το οποίο εφαρμόζει καλά στο κεφάλι, με το οποίο επίσης ελαττώνεται η εισπνοή του καπνού συγκόλλησης (σχήμα 118).



Σχήμα 118 Προσωπίδα συγκόλλησης [33].

3. Χρησιμοποιείτε κατάλληλα σκούρα γυαλιά (σχήμα 119) συγκόλλησης. Η διαπερατότητα του φωτός από τα γυαλιά αναφέρεται με ένα δείκτη απόχρωσης. Η επιλογή ενός δείκτη απόχρωσης εξαρτάται από τον τύπο της μεθόδου συγκόλλησης και την ένταση του ρεύματος. Ο πίνακας 13 δίνει την κατάταξη της διαπερατότητας του φωτός. Όσο υψηλότερος είναι ο δείκτης, τόσο μεγαλύτερο το πάχος του γυαλιού και επομένως τόσο λιγότερο διαπερατό από το φως. Στις συγκολλήσεις TIG, MIG και πλάσματος αντίστοιχα, ισχύουν κυρίως οι δείκτες απόχρωσης βλάβης 10, 11 και 12. Επειδή τα σκούρα γυαλιά συγκόλλησης είναι ακριβά, αυτά προστατεύονται από τα πιτσιλίσματα ένα διαφανές κοινό τζαμάκι που μπορεί να αλλάζει και να πετιέται.



Σχήμα 119 Σκούρα γυαλιά συγκόλλησης [34].

Πίνακας 13 Κατάταξη διαπερατότητας του

Κατάταξη της διαπερατότητας του φωτός				
Πολύ ανοιχτό	Ανοιχτό	Μέτρια	Σκούρα	Πολύ σκούρα
9	10	11	12	13

4. Προστατεύστε τα χέρια και τα μπράτσα με ελαστικά δερμάτινα γάντια συγκόλλησης (σχήμα 121 και 122). Για συγκόλληση πάνω από το κεφάλι συνιστάται ένα δερμάτινο κάλυμμα.



Σχήμα 121 Ελαστικά δερμάτινα γάντια συγκόλλησης [35].



Σχήμα 120 Προστατευτική περι-κνημίδα συγκόλλησης (γκέτα) [34].

5. Χρησιμοποιείτε μια μονοκόμματη φόρμα εργασίας η οποία δεν έχει κατασκευαστεί από νάilon (ίνες πολυαμιδίου) ή άλλες συνθετικές ίνες (σχήμα 122). Για την προστασία των ενδυμάτων χρησιμοποιείτε μια δερμάτινη ποδιά ή μια ποδιά συγκόλλησης με ελαστικές ιδιότητες η οποία θα εμποδίζει όσο το δυνατόν λιγότερο το συγκολλητή στην εκτέλεση της εργασίας του.



Σχήμα 122 Μονοκόμματη φόρμα συγκόλλησης [34].

Στην πράξη προέκυψε επίσης ότι πολύ συχνά, όχι ο ίδιος ο συγκολλητής αλλά τα άλλα άτομα στο περιβάλλον του υφίστανται τη μεγαλύτερη ενόχληση, κυρίως οι βοηθοί του. Γι' αυτό συνιστάται η βαφή του περιβάλλοντος χώρου με μπογιά που απορροφά τις υπεριώδεις ακτινοβολίες ή η προστατευτική κάλυψη του χώρου συγκόλλησης με κινητά παραπτετάσματα συγκόλλησης.

5.3. Προστασία από το ηλεκτρικό ρεύμα

Οι μηχανές συγκόλλησης πρέπει να πληρούν προδιαγραφές ασφάλειας, μεταξύ άλλων σε ότι αφορά την κατασκευή με προδιαγραφές και έλεγχο αυ-

τών. Αυτές οι προδιαγραφές δίνουν για παράδειγμα την κλάση μόνωσης μιας πηγής ρεύματος. Στην Ελλάδα ισχύουν τα ευρωπαϊκά πρότυπα ΕΠ 3309 «Μετασχηματιστές συγκόλλησης» και ΕΠ 3319 «Ανορθωτές».

Μειώνοντας με το πέρασμα του χρόνου τη μέγιστη τάση εκ κενώ έως τα 100V για συνεχές ρεύμα (μέθοδος TIG, MIG), η ασφαλής εκτέλεση της εργασίας μπορεί να γίνει επίσης κάτω από δύσκολες συνθήκες. Για εναλλασσόμενο ρεύμα ισχύει μια χαμηλότερη τιμή 42V (μέθοδος TIG). Οι μετασχηματιστές συγκόλλησης έχουν μια τάση εν κενώ μέγιστης τιμής 80V. Αυτό μπορεί κάτω από δυσμενείς συνθήκες να σημαίνει μια επικίνδυνη κατάσταση. Δυσμενείς συνθήκες είναι κυρίως υψηλή υγρασία του χώρου εργασίας και του δέρματος του συγκολλητή. Η υψηλή υγρασία μειώνει την αντίσταση του ανθρώπινου σώματος. Κινητήρες της μονάδας παροχής σύρματος της εγκατάστασης συγκόλλησης MIG επιτρέπεται να τροφοδοτούνται το πολύ με 42 V.

Η τάση δεν αποτελεί τόσο σημαντικό πρόβλημα στη συγκόλληση με πλάσμα όσο στη συγκόλληση MIG. Κυμαίνεται μεταξύ των 25 έως 35 V.

Κατά την ετήσια επιθεώρηση των συσκευών συγκόλλησης πρέπει να ελέγχεται εάν όλα τα μέρη από τα οποία περνά ρεύμα, κυρίως στην πλευρά που συνδέεται στο δίκτυο ηλεκτροδότησης, εξακολουθούν να είναι μονωμένα από το πλαίσιο και το κάλυμμα της πηγής ρεύματος.

Συγχρόνως, πρέπει να προσεχθεί το άγκιστρο του αντικείμενου συγκόλλησης να είναι καλά συνδεδεμένο με το αντικείμενο. Όταν χρησιμοποιείται κατά τη συγκόλληση μια ιδιοσυσκευή περιστροφής για συγκόλληση πρέπει να προσέξουμε ώστε το άγκιστρο του αντικείμενου συγκόλλησης να είναι σωστά συνδεδεμένο. Στην περίπτωση που δεν είναι σωστά συνδεδεμένο, το ρεύμα συγκόλλησης ενδεχομένως θα περάσει μέσα από το καλώδιο του κινητήρα μετάδοσης ο οποίος θα χαλάσει τότε. Στην καλύτερη περίπτωση θα έχουμε έναν καμένο κινητήρα.

Δεν επιτρέπεται η πραγματοποίηση επιδιορθώσεων στην μηχανή συγκόλλησης TIG, MIG και πλάσματος όταν η συσκευή συγκόλλησης είναι συνδεδεμένη με το ηλεκτρικό δίκτυο. Απαιτείται ειδική ηλεκτροτεχνική γνώση για την επιδιόρθωση ηλεκτρικών βλαβών. Και τότε αυτό επιτρέπεται να γίνει μόνο από εξειδικευμένο προσωπικό που έχει εκπαιδευτεί σχετικά με το θέμα. Φυσικά είναι απαραίτητη η καλή γείωση της συσκευής συγκόλλησης.

5.4. Πυρκαγιά και εγκαύματα

Κατά τη συγκόλληση, ανάλογα με τη μέθοδο και τη ρύθμιση της συγκόλλησης, δημιουργούνται πιτσιλίσματα λιωμένου μετάλλου. Αυτά τα πιτσιλίσματα μπορούν, ειδικά όταν δεν χρησιμοποιούνται ασφαλή προσωπικά μέσα προστασίας, να προκαλέσουν εγκαύματα στο δέρμα. Επομένως είναι πρωταρχικής σημασίας να προστατεύεται ο συγκολλητής από αυτά. Αυτό μπορεί να το κάνει φορώντας ασφαλή προστατευτικά και πυρίμαχα ενδύματα (σχήμα 122), δερμάτινα γάντια (σχήμα 121), δερμάτινη ποδιά (σχήμα 123) που προλαμβάνει καψίματα του ενδύματος από τα πιτσιλίσματα του λιωμένου μετάλλου, καθώς και δερμάτινες περικνημίδες (γκέτες) ή ειδικές προστατευτικές μπότες. Αυτές εμποδίζουν να πέφτουν τα πιτσιλίσματα στα υποδήματα. Εξάλλου συνιστάται επίσης κατά τη συγκόλληση σε θέση η χρήση ενός κράνος με πίσω λωρίδα κάλυψης.



Σχήμα 123 Δερμάτινη ποδιά και περικνημίδες (γκέτες) συγκόλλησης [34].

5.5. Κίνδυνοι για την αναπνοή

Για τις περισσότερες μεθόδους συγκόλλησης ισχύει ότι δημιουργείται καπνός συγκόλλησης. Αυτός αποτελείται από αέρια και στερεά σωματίδια. Τα συστατικά αέριων κατατάσσονται σε μη-δηλητηριώδη και δηλητηριώδη αέρια. Μη-δηλητηριώδη αέρια είναι τα αδρανή αέρια τα οποία χρησιμοποιούνται ως προστατευτικό αέριο κατά τη συγκόλληση TIG, MIG και πλάσματος.

Αέρια τα οποία προέρχονται από την ίδια τη συγκόλληση είναι σίγουρα δηλητηριώδη. Δημιουργούνται επειδή κάτω από την επίδραση της ακτινοβολίας του τόξου έρχονται σε επαφή με την ατμόσφαιρα του περιβάλλοντος και υφίστανται μια αλλαγή. Το οξυγόνο (O_2) είναι μη-δηλητηριώδες αέριο, αλλά κάτω από την επίδραση του τόξου μπορεί να σχηματίσει όζον (O_3). Τότε, υπάρχει ένα άτομο οξυγόνου περισσότερο από το κανονικό οξυγόνο. Το όζον είναι πολύ δηλητηριώδες και οξειδωτικό και γίνεται αρκετά γρήγορα αντιληπτό σε έναν κλειστό χώρο λόγω της οσμής της ατμόσφαιρας. Με την ένωση ενός μορίου οξυγόνου με το άζωτο του αέρα ενδέχεται να σχηματιστούν μάλιστα ενώσεις NO (νιτρώδεις ατμοί).

Κατά τη συγκόλληση με σύρματα με πυρήνα (μέθοδος MIG) ενδέχεται επίσης να σχηματιστούν μόρια αερίου από εξάτμιση των συστατικών του πυρήνα, αλλά επίσης πολύ μικρά στερεά σωματίδια. Οπότε υπάρχουν αρκετοί λόγοι να τα λαμβάνουμε όλα σοβαρά υπόψη μας. Τα σωματίδια δημιουργούνται κατά τη συγκόλληση σαν αποτέλεσμα της τήξης, της εξάτμισης και της οξείδωσης των μετάλλων κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης.

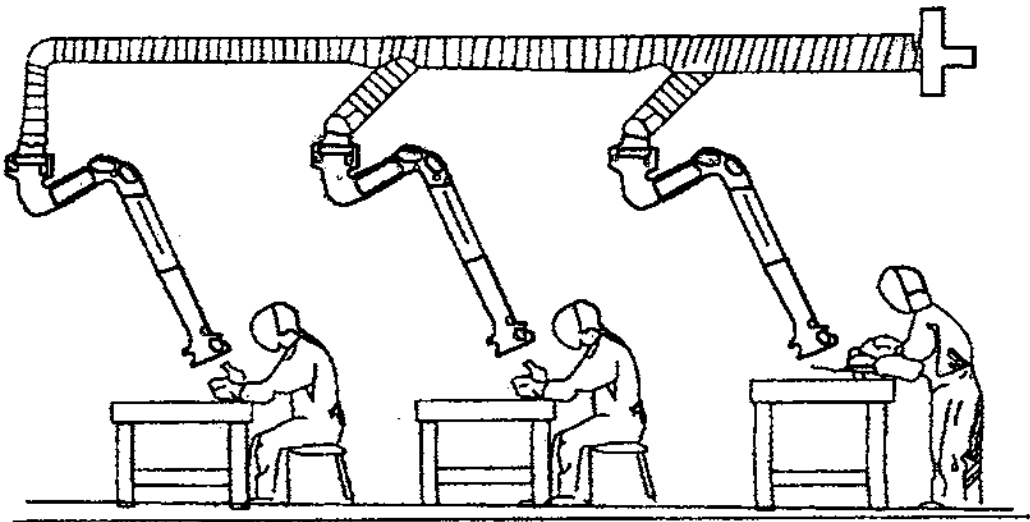
Ο σίδηρος, το στοιχείο που υπάρχει σε μεγάλη ποσότητα στο χάλυβα είναι συγκριτικά ακίνδυνος. Δεν πρέπει όμως να υποτιμάται η ποσότητα των στερεών σωματιδίων στον καπνό συγκόλλησης Ένας συγκολλητής ενδέχεται να παράγει περίπου 50 κιλά στερεά σωματίδια το χρόνο. Οπότε σοφό θα είναι να μην έρθει το κεφάλι του συγκολλητή σε επαφή με τον καπνό συγκόλλησης.

Ο αερισμός του χώρου ή ο φυσικός αερισμός και η κατευθυνόμενη απορρόφηση είναι οι τρόποι αποφυγής των προβλημάτων. Για σχεδόν όλα τα στοιχεία έχουν οριστεί μέγιστες τιμές τις οποίες επιτρέπεται να εισπνέει ένας άνθρωπος κατά τη διάρκεια μιας ορισμένης περιόδου. Αυτοί οι πίνακες με μέγιστες αποδεκτές συγκεντρώσεις (τιμές MAC = maximum acceptable

concentration) χρησιμοποιούνται επίσης στην τεχνική της συγκόλλησης. Βάσει αυτών μπορεί για παράδειγμα να οριστεί η ισχύς ενός συστήματος απορρόφησης.

5.5.1. Εξαερισμός και απορρόφηση

Ο φυσικός εξαερισμός ο οποίος επιτυγχάνεται με το άνοιγμα των παραθύρων και παρόμοιων ανοιγμάτων μπορεί να είναι επαρκής εάν ο χώρος που διατίθεται για κάθε συγκολλητή είναι 300m³ περίπου και το ύψος οροφής 5m περίπου. Σε χαμηλότερες τιμές είναι απαραίτητη η επιτόπια απορρόφηση (σχήμα 124).



Σχήμα 124 Σύστημα τοπικής απορρόφησης καπνού συγκόλλησης [5].

Ίσως να είναι απαραίτητη η χρήση μάσκας με φίλτρα ή να χρησιμοποιούνται προς το σκοπό αυτό κράνη ειδικά εξοπλισμένα για υψηλότερη πίεση αέρα που υπάρχουν σε διάφορες εκδοχές. Στο εμπόριο διαθέτονται κράνη τα οποία συνδέονται με ένα ήδη υπάρχον σύστημα πεπιεσμένου αέρα (χωρίς λίπανση και σκόνη) ή κράνη με δικό τους ανεμιστήρα εξαερισμού σε συνδυασμό με κάποιο φίλτρο. Σε περίπτωση αμφιβολίας σχετικά με τις συνθήκες που επικρατούν κατά τη συγκόλληση, μπορούν να γίνουν μετρήσεις του καπνού συγκόλλησης. Δεν είναι φθηνές, αλλά είναι σίγουρα χρήσιμες και συχνά απαραίτητες.

Σε όλες τις περιπτώσεις ισχύει όμως:

ΕΑΝ ΥΠΑΡΧΕΙ ΚΑΠΟΙΟ ΣΥΣΤΗΜΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ, ΤΟΤΕ ΧΡΗΣΙΜΟΠΟΙΕΙΣΤΕ ΤΟ. ΣΕ ΚΙΝΗΤΑ ΣΥΣΤΗΜΑ ΤΑ ΑΠΟΡΡΟΦΗΣΗΣ Ο ΑΠΟΡΡΟΦΗΤΗΡΑΣ ΠΡΕΠΕΙ ΝΑ ΒΡΙΣΚΕΤΑΙ ΟΣΟ ΤΟ ΔΥΝΑΤΟΝ ΠΙΟ ΚΟΝΤΑ ΣΤΗΝ ΠΗΓΗ ΤΟΥ ΚΑΠΝΟΥ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ.

Μέσα απολίπανσης

Κατά την απολίπανση των αντικειμένων συγκόλλησης σε λουτρά με chlorotene, τριχλωροαιθυλένιο και υπερχλωροαιθυλένιο παράγονται ατμοί οι οποίοι ενδέχεται να φτάνουν και στο χώρο εργασίας. Οι ατμοί αυτοί μετατρέπονται από την ακτινοβολία του τόξου σε δηλητηριώδη αέρια. Η απολίπανση του αλουμινίου με τριχλωροαιθυλένιο μπορεί να προκαλέσει μια έκρηξη κατά την οποία δημιουργείται υδροχλωρικό οξύ.

Προληπτικά μέτρα:

1. Μην τοποθετείτε τα λουτρά απολίπανσης στο χώρο εκτέλεσης της συγκόλλησης.
2. Μην συγκολλάτε σε χώρους με λουτρά απολίπανσης.
3. Ξεπλύνετε τα απολιπασμένα αντικείμενα συγκόλλησης με καθαρό και ενδεχομένως ζεστό νερό και στεγνώστε τα.

5.6. Βασική ατομική προστασία

Ήδη έχει σημειωθεί ότι από τον συγκολλητή αναμένεται ότι θα λάβει προληπτικά μέτρα τα οποία είναι απαραίτητα για τον ασφαλή τρόπο εργασίας, τόσο για τον ίδιο όσο επίσης και για το περιβάλλον του. Οι κίνδυνοι που διατρέχει ο συγκολλητής ενδέχεται να πηγάζουν από το ηλεκτρικό ρεύμα, την ακτινοβολία, τον καπνό συγκόλλησης και τις πιθανότητες πυρκαγιάς. Στις προηγούμενες παραγράφους, έχουμε ήδη αναφερθεί σε αυτούς τους κινδύνους.

Για την προστασία του συγκολλητή από όλους αυτούς τους κινδύνους και τις επιδράσεις, ο συγκολλητής πρέπει να χρησιμοποιεί ατομικά και άλλα μέσα προστασίας. Μερικά από αυτά έχουν ήδη αναφερθεί όπως:

- Προστατευτικά ρούχα κατά της επίδρασης της ακτινοβολίας και των πιτσιλισμάτων λιωμένου μετάλλου.
- Προστατευτικά μέσα κατά του καπνού συγκόλλησης, όπως το κράνος υπερπίεσης, φυσικός εξαερισμός, εγκαταστάσεις απορρόφησης του καπνού συγκόλλησης.
- Επαρκής μόνωση και προφυλακτική κάλυψη για αποφυγή επαφής με τμήματα που έχουν ηλεκτρική τάση, καθώς επίσης η χρήση ελαστικών ταπήτων.
- Κατά τη συγκόλληση σε κλειστούς χώρους χρησιμοποιείτε συσκευές συγκόλλησης εναλλασσόμενου ρεύματος με μέγιστη τάση εκ κενώ 42V (ρελέ ελέγχου διαρροής τάσης) ή συσκευές συγκόλλησης συνεχούς ρεύματος. Για τη χρήση εργαλείων χειρός ισχύει μια τάση 42V. Είναι ασφαλότερο να χρησιμοποιηθούν εργαλεία που λειτουργούν με πεπιεσμένο αέρα.

Εκτός από αυτό, για την περίπτωση πυρκαγιάς, το προσωπικό πρέπει να γνωρίζει καλά το πώς και το πού στο χώρο εργασίας έχουν σημειωθεί οι αεραγωγοί και οι έξοδοι και που βρίσκονται.

5.7. Έλεγχος του καπνού συγκόλλησης

Έχουμε ήδη αναφερθεί στον καπνό συγκόλλησης. Σε κάθε περίπτωση ο συγκολλητής πρέπει να αποφεύγει την εισπνοή καπνού συγκόλλησης. Ο καπνός συγκόλλησης μπορεί να βλάψει την υγεία του συγκολλητή, και ειδικά όταν πρόκειται για παράδειγμα για συγκόλληση ειδών χάλυβα με πολλά στοιχεία κραματοποίησης. Για αυτό το λόγο ο συγκολλητής πρέπει πρώτα απ' όλα να χρησιμοποιήσει το φυσικό εξαερισμό που υπάρχει στο χώρο συγκόλλησης. Εάν δε εκτός από αυτό έχει στη διάθεσή του κάποιο εξοπλισμό απορρόφησης του καπνού συγκόλλησης, τότε οφείλει να τον χρησιμοποιήσει με τον κατάλληλο τρόπο. Ο καπνός συγκόλλησης μπορεί να απορροφηθεί με τη λεγόμενη «σημειακή απορρόφηση» καθώς επίσης και με την «απορρόφηση του χώρου». Στην απορρόφηση του χώρου οι ανεμιστήρες, βρίσκονται για παράδειγμα στη στέγη του χώρου.

Εξαερισμός

Όταν η συγκόλληση πραγματοποιείται σε περιορισμένο χώρο πρέπει να χρησιμοποιείται τεχνητός εξαερισμός για να αποφεύγεται η συσσώρευση καπνού συγκόλλησης ή έλλειψη οξυγόνου στην ατμόσφαιρα. Ο καλύτερος τρόπος είναι ωστόσο η τοπική απορρόφηση στο τόξο συγκόλλησης, η λεγόμενη σημειακή απορρόφηση. Να λάβετε όμως υπόψη σας: ποτέ μην χρησιμοποιείτε οξυγόνο στον εξαερισμό! Το οξυγόνο απορροφάται από το ύφασμα των ενδυμάτων εργασίας και με αυτό τον τρόπο γίνονται ακόμα πιο εύφλεκτα. Φροντίστε για καθαρό αέρα απ' έξω και να εξαερίζεται με αυτόν ολόκληρο το χώρο. Στις περισσότερες περιπτώσεις ο εξαερισμός του χώρου δεν επαρκεί. Οι καπνοί συγκόλλησης πρέπει να απορροφούνται απευθείας κοντά στην πηγή. Χρησιμοποιείτε, όταν χρειάζεται, προστατευτικά μέσα αναπνοής. Και όταν χρησιμοποιείτε μάσκα με φίλτρο: αντικαταστήστε το έγκαιρα!

Επίσης εάν δεν χρησιμοποιείται κανένα ειδικό προστατευτικό μέσο για την αναπνοή, τότε ο συγκολλητής πρέπει οπωσδήποτε να χρησιμοποιείται κράνος συγκόλλησης με δερμάτινη κάλυψη λαιμού. Αυτό δεν παρέχει μόνο καλύτερη προστασία κατά της ακτινοβολίας αλλά κρατά κατά το 80% τους καπνούς συγκόλλησης σε απόσταση από το στόμα και τη μύτη.

Σε κλειστούς χώρους ή σε περίπτωση έλλειψης οξυγόνου πρέπει να ληφθούν πρόσθετα μέτρα ασφάλειας. Μην μπαίνετε σε τέτοιους χώρους έως ότου κάποιος ειδικός ορίσει ότι είναι ασφαλής! Ο μόνος τρόπος ελέγχου, της ποσότητας των καπνών συγκόλλησης, που υπάρχει είναι η διεξαγωγή μετρήσεων. Το κόστος αυτών των μετρήσεων όμως είναι μεγάλο και η εκτέλεσή τους είναι δύσκολη.

Ένας άλλος τρόπος εκτίμησης είναι η χρήση κωδικών-αριθμών οι οποίοι δίνουν την ποσότητα των παραγόμενων καπνών συγκόλλησης ανά διαδικασία. Η ποσότητα των δημιουργούμενων καπνών συγκόλλησης εξαρτάται μεταξύ άλλων από την ένταση του ρεύματος συγκόλλησης. Η συνολική ποσότητα των παραγόμενων καπνών συγκόλλησης μπορεί να υπολογιστεί βάσει των στοιχείων και με τη βοήθεια του προκαθορισμένου βαθμού «αραιώσής» τους ο βαθμός απορρόφησης που χρειάζεται και με αυτό να υπολογιστεί συγχρόνως η ποσότητα παροχής καθαρού αέρα απ' έξω. Βάσει αυτού μπορούν να παρθούν τα απαραίτητα μέτρα.

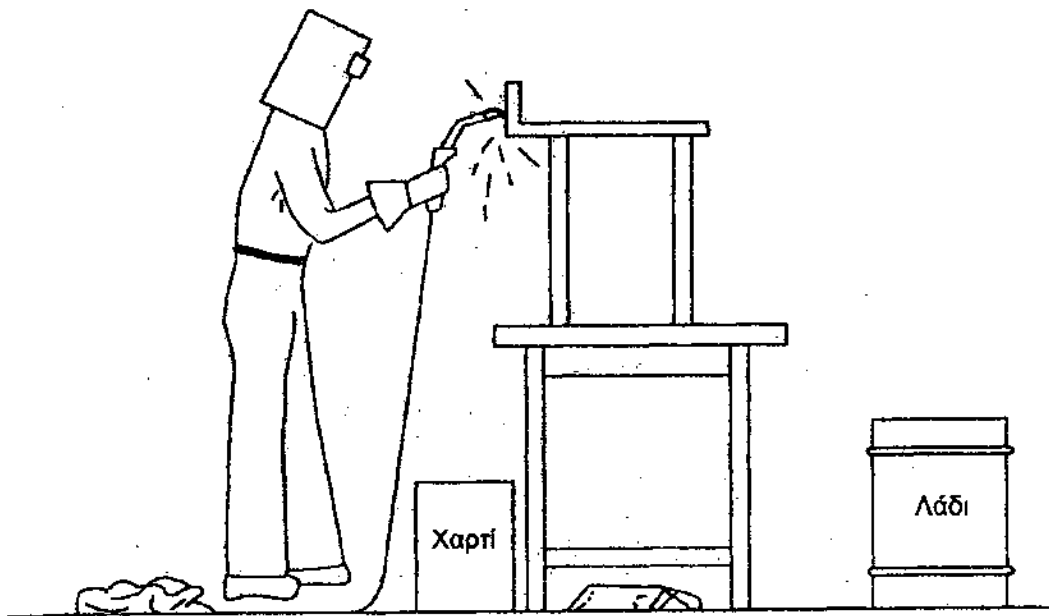
5.8. Πρόληψη πυρκαγιάς

Οι διαδικασίες συγκόλλησης TIG, MIG και πλάσματος είναι, σε σύγκριση με άλλες μεθόδους συγκόλλησης, λιγότερο επικίνδυνα για πυρκαγιά. Παρόλο που η συσκευή συγκόλλησης TIG, MIG και πλάσματος δεν είναι τόσο κατάλληλες για να μεταφερθούν όταν πρόκειται για κάποια επιδιορθωτική συγκόλληση, πρέπει ωστόσο να ληφθεί υπόψη η πυρασφάλεια που προσφέρει. Και ειδικά σε σχέση με το προαναφερόμενο μικρότερο κίνδυνο για πυρκαγιά κατά τη διαδικασία αυτή, διότι από στατιστικές προκύπτει ότι σε ετήσια βάση καταβάλλονται δισεκατομμύρια εξαιτίας των ζημιών που οφείλονται σε έργα συγκόλλησης. Σχετικά με αυτό, οι ασφαλιστικές εταιρείες μεταξύ άλλων, άρχισαν να χρησιμοποιούν ένα σύστημα αδειών συγκόλλησης για τους ασφαλιζόμενους. Το σύστημα αδειών περιλαμβάνει ότι ένας συγκολλητής επιτρέπεται μόνο να μπει στο χώρο και να αρχίσει να εργάζεται, εφόσον έχει πάρει γραπτή κατάθεση άδεια συγκόλλησης από τον διορισμένο από την εταιρεία αρμόδιο υπάλληλο.

Για την έκδοση της άδειας συγκόλλησης ο αρμόδιος υπάλληλος της εταιρείας θα απαιτήσει τουλάχιστον τα 9 ακόλουθα σημεία:

1. Περιβάλλον

Πριν αρχίσετε τη συγκόλληση ή την κοπή εξετάστε προσεκτικά το άμεσο περιβάλλον του χώρου στον οποίο θα πραγματοποιηθεί η συγκόλληση (σχήμα 125).



Σχήμα 125 Έλεγχος του περιβάλλοντος όπου πρέπει να γίνει συγκόλληση [5].

2. Μέσα κατάσβεσης πυρκαγιάς

Βεβαιωθείτε ότι τα μέσα κατάσβεσης πυρκαγιάς είναι έτοιμα για χρήση.

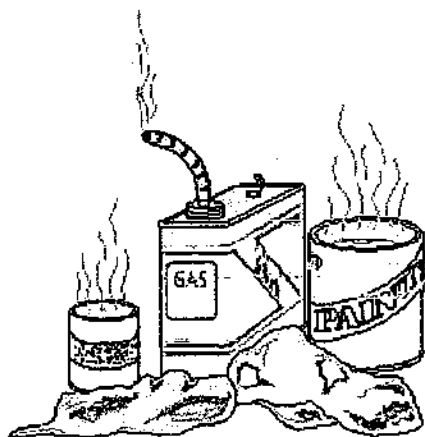
3. Δάπεδα, ανοίγματα αγωγών, χαραμάδες

Φροντίστε τα δάπεδα όπου πρόκειται να γίνει συγκόλληση να είναι καθαρά. Εάν έχουν κατασκευαστεί από εύφλεκτο υλικό, τότε πρέπει να φροντίσετε να είναι υγρά ή καλυμμένα με άφλεκτο υλικό όπως χαλύβδινα ελάσματα. Καλύψτε προσεκτικά όλα τα υπάρχοντα στο άμεσο περιβάλλον ανοίγματα αγωγών, διόδους, αγωγούς καλωδίων και άλλα πιθανά ανοίγματα και χαραμάδες στα δάπεδα και στους τοίχους.

4 Εύφλεκτα υγρά-λιπαντικά

Εάν στους χώρους όπου θα κάνετε συγκόλληση υπάρχουν (κατάλοιπα από) εύφλεκτα υγρά ή λιπαντικά, πρέπει να φροντίσετε ότι αυτά θα απομακρυνθούν πρώτα.

Ελέγξτε εάν κάτω, πάνω και δίπλα από τη θέση συγκόλλησης και σε μια ακτίνα 40 μέτρων, έχουν απομακρυνθεί όλα τα εύφλεκτα υλικά. Εάν αυτό δεν είναι εφικτό, καλύψτε τα τότε τελείως με άφλεκτα υλικά. Βλέπε σχήμα 126.



Σχήμα 126 Προσέξτε μην υπάρχουν εύφλεκτα υλικά [35].

5. Υπεύθυνος πυρόσβεσης

Φροντίστε ώστε να είναι διαθέσιμος κάποιος υπεύθυνος πυρόσβεσης ή κάποιος άλλος ειδικός με τα κατάλληλα μέσα κατάσβεσης για να αποφευχθεί η εκδήλωση πυρκαγιάς από τις σπίθες που εκτινάσσονται.

6. Τοίχοι, δάπεδα, καλύμματα

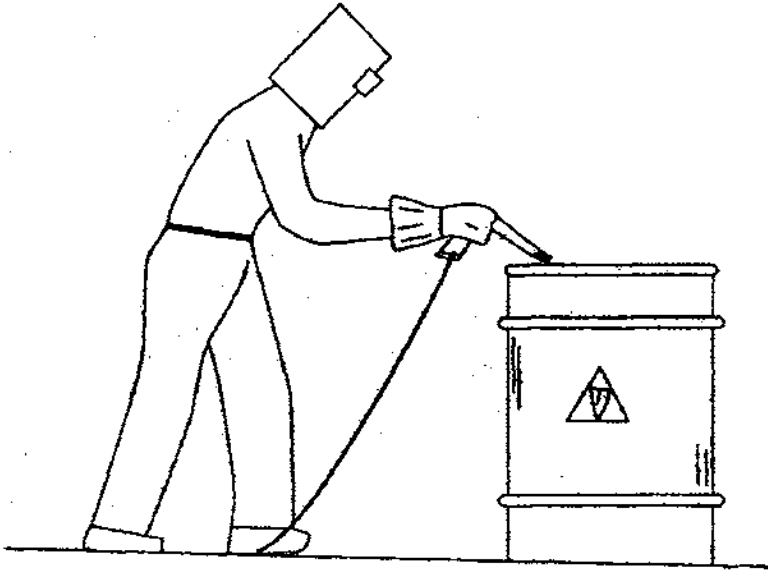
Εάν, πρέπει να γίνει συγκόλληση σε τοίχους, δάπεδα, καλύμματα και παρόμοια, θα πρέπει να βεβαιωθείτε ότι αυτά αποτελούνται από άφλεκτα υλικά ή τουλάχιστον να έχουν επικαλυφθεί με τέτοια υλικά. Προσέξτε ιδιαίτερως τα υλικά τα οποία βρίσκονται συνήθως από την άλλη πλευρά (τη μη-ορατή) του σημείου συγκόλλησης.

7. Κλειστές εγκαταστάσεις

Όταν η εργασία γίνεται σε κλειστές εγκαταστάσεις όπως σε αγωγούς κλιματισμού και εξαερισμού, πρέπει να απομακρυνθούν από πριν όλα τα εύφλεκτα κατάλοιπα σκόνης και παρόμοια. Αυτό ισχύει επίσης για φίλτρα, σάκους περισυλλογής σκόνης και διαχωριστές σκόνης.

8. Συγκόλληση σε (κλειστά) δοχεία

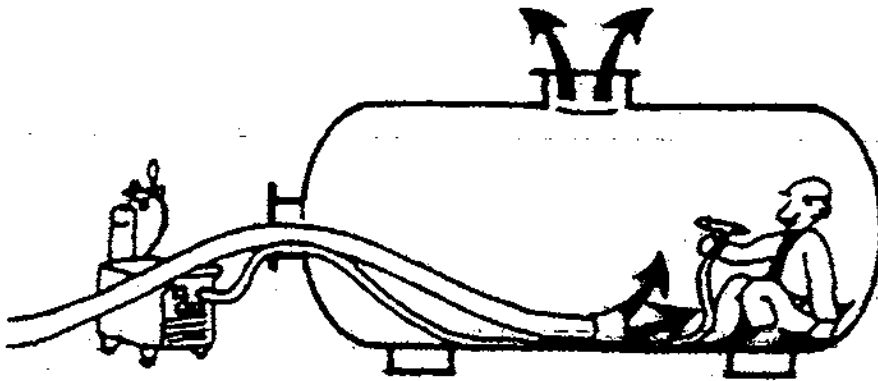
Πριν αρχίσετε τη συγκόλληση σε κλειστά δοχεία, ελέγξτε εάν αυτά έχουν ξεπλυθεί και ουδετεροποιηθεί προσεκτικά. Εάν είναι απαραίτητο να πραγματοποιηθεί λήψη δείγματος αερίων. Βλέπε σχήμα 127.



Σχήμα 127 Να είστε προσεκτικοί κατά τη συγκόλληση σε (κλειστά) δοχεία [5].

9. Συγκόλληση σε δεξαμενές

Όταν η συγκόλληση γίνεται σε δεξαμενές κ.λ.π. φροντίστε για καλό εξαερισμό. Βλέπε σχήμα 128.



Σχήμα 128 Εξαερισμός κατά τη συγκόλληση σε ρεζερβουάρ και δεξαμενές [5].

Η συγκόλληση μέσα σε δοχεία, δεξαμενές, αγωγούς και σε αγωγούς εξαερισμού πρέπει να μελετάται με την απαραίτητη καχυποψία επειδή εκεί μέσα υπάρχουν συχνά αέρια ή κατάλοιπα υγρών το οποίο σημαίνει κίνδυνο έκρηξης. Το ερώτημα είναι: τι περιείχε αυτός ο κλειστός χώρος; Ακόμη και όταν φαίνεται ότι είναι άδειος, τα πιθανά μέτρα που μπορείτε να πάρετε είναι ο σωστός καθαρισμός και ενδεχομένως να το γεμίζεται με νερό έως κάτω από το σημείο της συγκόλλησης. Σε περίπτωση αμφιβολίας, ζητήστε τη συμβουλή

του υπεύθυνου της ομάδας εργασίας ή του αρμόδιου ατόμου για ζητήματα ασφαλείας της επιχείρησης.

Το επιβλέπον προσωπικό μπορεί επίσης να ζητήσει τη συμβουλή της υπηρεσίας ελέγχου συνθηκών εργασίας. Σε περίπτωση ελάχιστης αμφιβολίας για το εάν η κατάσταση είναι σίγουρα ασφαλής, πρέπει να ειδοποιηθεί ο υπεύθυνος και οι άλλοι αρμόδιοι και δεν πρέπει να αρχίσει το έργο της συγκόλλησης.

Εκτός από τον κίνδυνο πυρκαγιάς, η πιθανότητα έκρηξης είναι επίσης μεγάλη αλλά κυρίως εάν γίνεται συγκόλληση σε κλειστά δοχεία και δεξαμενές μέσα στα οποία ενδέχεται να υπάρχει ακόμη κάποιο εκρηκτικό μίγμα. Η υπηρεσία Συνθηκών Εργασίας δίνει σχετικά με αυτό τις ακόλουθες συστάσεις:

1. Ξέπλυμα με καυτό νερό με ανθρακικό νάτριο.
2. Γέμισμα με νερό και το αφήνουμε περίπου 10 λεπτά να ξεχειλίσει.
3. Άδειασμα επαρκούς ποσότητας με σκοπό το σημείο συγκόλλησης να ξεπεράσει τη στάθμη του νερού.
4. Κλείσιμο του δοχείου.
5. Γύρισμα του δοχείου έως ότου το σημείο συγκόλλησης βρεθεί επάνω.

Εάν οι προαναφερόμενες συστάσεις δεν είναι πραγματοποιήσιμες τότε υπάρχει επίσης η δυνατότητα να διοχέτευσης διοξειδίου του άνθρακα ή αζώτου κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης.

Ωστόσο, σε παρόμοιες εργασίες συνιστάται η προσπάθεια συγκέντρωσης πληροφοριών από την υπηρεσία συνθηκών εργασίας.

5.9. Φιάλες αδρανών αερίου

Κατά την χρήση των φιαλών θα πρέπει να τηρούνται ορισμένα μέτρα ασφαλείας. Τα μέτρα ασφαλείας συνδέονται με τη φύση του κάθε αερίου. Υπάρχουν όμως και ορισμένοι γενικοί κανόνες καλής χρήσης των φιαλών:

1. Αερίζετε καλά τους κλειστούς χώρους διότι οι διαρροές από τα αδρανή αέρια δημιουργούν έλλειμμα οξυγόνου και είναι δυνατό να προκαλέσουν ασφυξία.
2. Αποθηκεύετε και χρησιμοποιείτε τις φιάλες σε κάθετη θέση.
3. Διασφαλίστε τις φιάλες από πτώση. Για το σκοπό αυτό χρησιμοποιείτε κατάλληλες αλυσίδες ή μεταλλικά πλαίσια.
4. Μεταφέρετε τις φιάλες χρησιμοποιώντας όλα τα μέσα μεταφοράς βαρειών αντικειμένων (π.χ. καρότσια, κλαρκ, γεραμούς κλπ).
5. Κατά τις μεταφορές προστατεύετε τις βαλβίδες της φιάλης με το ειδικό μεταλλικό κάλυμμα.
6. Αποφύγετε τη μηχανική βλάβη των φιαλών (π.χ. χαλασμένες βόλτες κλπ).
7. Συνδέετε τις φιάλες μόνο με κατάλληλο γι' αυτές εξοπλισμό (π.χ. μειωτήρες και μανόμετρα καταλλήλων διαστάσεων).
8. Αποφεύγετε τα υπερβολικά συστήματα ασφαλείας πάνω στη φιάλη. Όσο περισσότερα είναι τα συστήματα αυτά, τόσο περισσότερες είναι και οι πιθανές πηγές βλαβών ή διαρροών.
9. Αποθηκεύετε τις φιάλες μακριά από πηγές θερμότητας, μακριά από τον ήλιο.
10. Απομακρύνετε τις φιάλες από τις φωτιές.

11. Αποφεύγετε τη διάβρωση των φιαλών που μειώνει την αντοχή των τοιχωμάτων.
12. Σε πολύ χαμηλές θερμοκρασίες αποφεύγετε τις μηχανικές κρούσεις γιατί ο χάλυβας γίνεται εύθραυστος.
13. Η απότομη εκτόνωση αερίου προκαλεί ψύξη και «ψυχρά εγκαύματα». Φοράτε γάντια.
14. Χρησιμοποιείτε τις φιάλες για το σκοπό που κατασκευάστηκαν (όχι ως υποστηρίγματα ή κυλίνδρους κύλισης).
15. Η αποθήκευση και ο χειρισμός τους δεν θα πρέπει να μειώνει τη μηχανική τους αντοχή (αποφυγή κτυπημάτων, τομών, διάβρωσης).
16. Αποθηκεύσατε σε καλά αεριζόμενους χώρους, μακριά από βροχή, χιόνι ή καύσιμα.
17. Μην αποθηκεύετε φιάλες χωρίς επισήμανση του περιεχομένου τους.
18. Μη διατηρείτε περισσότερες φιάλες από τις απαραίτητες σε χώρους εργασίας. Φύλαξη κατά προτίμηση κοντά σε πόρτες και μακριά από διαδρόμους διαφυγής ή δυσπρόσιπα σημεία.
19. Σημειώστε τις φιάλες που εκτέθηκαν σε πυρκαγιά και αναφέρατε το γεγονός στον προμηθευτή σας. Τέτοιες φιάλες είναι δυνατό να χάσουν την αντοχή τους
20. Χρησιμοποιείτε τα κατάλληλα εργαλεία κατά τη σύνδεση των φιαλών (π.χ. κάβουρα ή κλειδί κατάλληλου διαμετρήματος και μήκους). Μην παρασφίγγετε το μειωτήρα πάνω στη φιάλη γιατί είναι δυνατό να καταστραφούν οι βόλτες.
21. Για να σφίξετε μια βαλβίδα διακόψτε τη λειτουργία της φιάλης.
22. Κλείνετε τη βαλβίδα όταν η φιάλη δεν λειτουργεί.
23. Κρατάτε τις συνδέσεις καθαρές. Ελέγχετε τακτικά την κατάστασή τους.
24. Συνδέετε μόνον τον εξοπλισμό τον κατάλληλο για δεδομένη χρήση
25. Βεβαιωθείτε για το περιεχόμενο μιας φιάλης πριν τη χρήση. Οι κατασκευαστές έχουν υιοθετήσει έναν χρωματικό κώδικα για το είδος των φιαλών (π.χ. κόκκινο για το υδρογόνο, πράσινο για το άζωτο, γκρίζο για τα αδρανή, κίτρινο για την ασετιλίνη κλπ). Διαβάζετε πάντοτε τις οδηγίες και τα σήματα με προσοχή
26. Επιστρέψετε τη φιάλη στον προμηθευτή με κλειστή τη βαλβίδα και με το προστατευτικό κάλυμμα. Να παραμένει πάντοτε μικρή ποσότητα αερίου μέσα στη φιάλη ώστε να αποφεύγεται η επιμόλυνση από τον αέρα ή την υγρασία.

5.10. Τελικές εργασίες συγκόλλησης

Μετά την αποπεράτωση των εργασιών συγκόλλησης, ένας υπεύθυνος πυρόσβεσης ή κάποιος άλλος ειδικός θα πρέπει για τουλάχιστον μια ώρα ακόμα να ελέγξει το άμεσο περιβάλλον (επίσης τους χώρους δίπλα, πάνω ή κάτω) για την ενδεχόμενη εκδήλωση πυρκαγιάς.

Σε περίπτωση φωτιάς μιας συσκευής συγκόλλησης με ηλεκτρική τάση, η κατάσβεση δεν πρέπει να γίνεται ποτέ με νερό αλλά με σκόνη ή CO₂. Μετά τη συγκόλληση πρέπει να παραμείνετε να ελέγξετε για ασφάλεια κατά της πυρκαγιάς.

Βιβλιογραφία:

Ελληνική:

- [1] Ν. Κατοίκας-Κ. Κοτσανάδος, (1991) "Στοιχεία συγκολλήσεων", Αθήνα, σελ. 132-134.
- [2] Ιωάννου Γ. Ορφανού, (1997) "Μηχανουργική τεχνολογία", ΟΕΔΒ, Αθήνα, σελ. 181.
- [3] Σταύρος Μ. Μωυσιάδης, (1980) "Συγκολλήσεις και κοπές μετάλλων", Εκδόσεις ναυτικών και τεχνικών βιβλίων Εμμανουήλ Ν. Σταυρίδης, Αθήνα, σελ. 91-117.
- [4] Γεώργιος Μπάκας, (1985) "Βοηθός συγκολλητού" Εκδόσεις ναυτικών και τεχνικών βιβλίων Εμμανουήλ Ν. Σταυρίδης, Αθήνα, σελ. 146-172.
- [5] Ευθύμιος Παρισινός, (2002) "Συγκολλήσεις", ΣΕΛΕΤΕ, Αθήνα, σελ. 44-45, 84-99, 123134.

Ξένα:

- [6] Howard B. Cary, (1980-81) "Modern Welding Technology" American Welding Society, σελ. 93-99, 288-303, 205-250.
- [7] John Nonnish, (IOP Publishing Ltd 1992) "Advanced Welding Processes", Institute of Physics Publishing Bistol Philadelphia and New York, σελ. 102-105.
- [8] Larry Jeffus, (1993) "Welding Priciples and Application", Delmar Inc., σελ 96-128.
- [9] S. Gibson, (1994) "Practical Welding", Macmillan Education Ltd., London, σελ. 65-87.
- [10] Roger W. Jellison, (1996), "Welding Fundamentals", Prentice Hall Inc., New Jersey, σελ. 69-93.

Internet:

- [11] www.pro-fusiononline.com/plasma/
- [12] www.ferris.edu/cot/accounts/welding/htdocs/weld2000/Labfacilities.cfm
- [13] www.clarkair.com/welding.html
- [14] www.dpem.tuc.gr/saff/dep/tsureloudis/chepter11.pdf
- [15] www.x20.org/industrial/
- [16] www.hampmach.com/welding.html
- [17] www.pro-fusiononline.com/feedback/press/plasma.htm
- [17] www.bhargavmistry.com/equip.htm
- [19] www.justus.pair.com/ShopPhotos/slides/Welding.html
- [20] www.arcrafterplasma.com/welding.htm
- [21] www.jandrweldingsupply.com
- [22] www.designinsite.dk/htmsider/spb0007.htm
- [23] www.jetline.com/9500.html
- [24] www.robotics.org/buyers_guide/product.cfm?product_id=337
- [25] www.twi.co.uk/j32k/getFile/tftigwel.html
- [26] www.anionics.com/tig_weld.html
- [27] www.stormbirds.com/project/gallery/gallery_finish_4.htm
- [28] www.compakomatic.com

- [29] www.ferramentaonline.com/plan/help/juice/processi_saldatura.html
- [30] www.thetoolwarehouse.netwww.thetoolwarehouse.net/
- [31] www.usaweld.com/product_page/mig_gun_parts/
- [32] www.barriewelding.com/bwmia/Mig-weld-toolingsmall.jpg
- [33] www.accustrike.com/accu.htm
- [34] www.revcoindustries.com/index.html
- [35] www-ehs.ucsd.edu/home.htm
- [36] www.labsolda.ufsc.br/

