

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

«ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΩΝ ΚΑΙ
ΕΙΔΙΚΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ T.I.G. – M.I.G. – M.A.G.»



Αντωνίου Αναστάσιος
Κατσιγιάννης Παναγιώτης

Επιβλέπων Καθηγητής: Δρ. Τσίρκας Σωτήριος

ΠΑΤΡΑ 2009

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το παρόν τεύχος αποτελεί την πτυχιακή εργασία που εκπονήθηκε στο τμήμα Μηχανολογίας του ΤΕΙ Πάτρας και αναφέρεται στην Ανάλυση των Μεθόδων Παραγωγικών και Ειδικών Συγκολλήσεων T.I.G. – M.I.G. – M.A.G., οι οποίες ανήκουν στην κατηγορία των Μόνιμων Συνδέσεων.

Λόγος για την εκπόνηση του συγκεκριμένου θέματος ήταν οι πολλές και ποικίλες εφαρμογές των συγκολλήσεων, οι οποίες ως μέσο σύνδεσης αντικατέστησαν όλες τις μεθόδους λυόμενων συνδέσεων, εκεί βέβαια που δε χρειαζόταν η σύνδεση να είναι λύσιμη.

Συνοπτικά, η παρούσα εργασία αναφέρεται μέσα από τα τρία κεφάλαια της, στα διάφορα μέταλλα και τη συγκολλητικότητα τους, στις κοινές μεθόδους συγκόλλησης και στις μεθόδους παραγωγικής και ειδικής συγκόλλησης MIG/MAG/TIG.

Ευχαριστούμε τον καθηγητή μας *Δρ Τσίρκα Σωτήριο* για την ευκαιρία που μας έδωσε να εκπονήσουμε την παρούσα πτυχιακή εργασία, καθώς επίσης για τις συνεχείς διευκολύνσεις που μου παρείχε καθ' όλη τη διάρκεια εκπόνησης της αλλά και τη συνεχή του καθοδήγηση, η οποία που υπήρξε καθοριστική για τη διεκπεραίωση και παράδοση της εργασίας αυτής.

Αντωνίου Αναστάσιος
Κατσιγιάννης Παναγιώτης

Μάιος 2009

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία με θέμα τις Συγκολλήσεις, αποτελείται από τρία κεφάλαια και έχει ως σκοπό, να παρουσιάσει στον αναγνώστη σημαντικά στοιχεία των μεθόδων παραγωγικών και ειδικών συγκολλήσεων MIG-MAG-TIG, καθώς και τα συμπεράσματα που προκύπτουν από τη σύγκρισή τους με τις άλλες κοινές μεθόδους συγκόλλησης.

Το πρώτο κεφάλαιο της εργασίας αναφέρεται στα διάφορα μέταλλα, όπως χυτοσίδηρος, χάλυβας, χαλκός, μπρούντζος, ορείχαλκος, μόλυβδος, αλουμίνιο, μαγνήσιο και τα κράματά τους και τις ιδιότητες συγκόλλησης που αυτά παρουσιάζουν. Επίσης παραθέτουμε στο τέλος του κεφαλαίου αυτού και ένα διάγραμμα Σιδήρου – Άνθρακα.

Στο επόμενο κεφάλαιο παρουσιάζονται γενικά στοιχεία για τις κοινές μεθόδους συγκόλλησης, την κατάταξη τους, τις μηχανές και την επιλογή των κατάλληλων υλικών και ηλεκτροδίων συγκόλλησης.

Το τρίτο, εκτενέστερο και σημαντικότερο κεφάλαιο της εργασίας, αναλύει τις μεθόδους παραγωγικής και ειδικής συγκόλλησης. Γίνεται αναφορά στην ηλεκτροσυγκόλληση σε αδρανή ατμόσφαιρα, την επίδραση του CO₂ και του οξυγόνου και τα υλικά που συγκολλούνται σε ατμόσφαιρα προστατευτικού αερίου. Αναφέρεται επίσης στην ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG, στις παραμέτρους και τα είδη ρεύματος που χρησιμοποιούνται καθώς και τις οδηγίες που ακολουθούνται για την επιτυχία της μεθόδου. Τέλος δε θα μπορούσαμε να παραλείψουμε στο κεφάλαιο αυτό την ηλεκτροσυγκόλληση TIG, την τεχνική της μεθόδου,

τα μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια και την μηχανή της TIG. Ακολουθούν επίσης συγκρίσεις των μεθόδων συγκόλλησης, πλεονεκτήματα-μειονεκτήματα και τα τελικά συμπεράσματα που προκύπτουν από την συγγραφή της παρούσας πτυχιακής.

Συγκρίνοντας τις κοινές μεθόδους συγκόλλησης, με τις παραγωγικές και ειδικές μεθόδους, παρατηρούμε ότι , οι εφαρμογές των συγκολλήσεων είναι πολλές και ποικίλες. Αρχίζουν από την κατασκευή απλών δοχείων τροφίμων και φτάνουν μέχρι τεράστιες μεταλλικές κατασκευές και πλοία. Αυτό οφείλεται στα σημαντικά πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν οι συγκολλήσεις συγκρινόμενες με τις μηχανικές μεθόδους σύνδεσης κομματιών. Κυρίως όμως, για το χειρισμό των σύγχρονων μηχανών συγκόλλησης απαιτείται από τον συγκολλητή εκτός από καλή θεωρητική κατάρτιση και άριστη δεξιοτεχνία.

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
- ΠΡΟΛΟΓΟΣ	
- ΠΕΡΙΛΗΨΗ	
- ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ	
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	
ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΟΤΗΤΑ	01
1.1. Χυτοσίδηρος – Χάλυβας	03
1.1.1. Χυτοσίδηρος	03
1.1.2. Χάλυβας	04
1.1.3. Χυτοχάλυβας	05
1.1.4. Μαλακός χυτοσίδηρος	05
1.2. Χαλκός	06
1.3. Μπρούντζος	07
1.4. Ορείχαλκος	07
1.5. Αλουμίνιο και κράματα αλουμινίου	08
1.6. Το μαγνήσιο και τα κράματα μαγνησίου	09
1.7. Μόλυβδος	10
1.8. Λοιπά μέταλλα	10
1.9. Διάγραμμα Fe-C	11
- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	
ΚΟΙΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ	16
2.1. Γενικά	16

2.2. Κατάταξη Συγκολλήσεων	18
2.2.1. Συγκολλήσεις Τήξης	19
2.2.2 Συγκολλήσεις Πιέσεως	34
2.3. Μηχανές Συγκόλλησης	41
2.3.1. Γεννήτριες συγκόλλησης συνεχούς ρεύματος	41
2.3.2. Μετασχηματιστές συγκόλλησης	45
2.3.3. Ανορθωτές συγκόλλησης	51
2.4. Επιλογή υλικών για συγκόλληση	62
2.5. Ηλεκτρόδια	66

- ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ	70
3.1. Ηλεκτροσυγκόλληση σε Αδρανή Ατμόσφαιρα	70
3.1.1. Η επίδραση του CO ₂ και του οξυγόνου	73
3.1.2. Ο συμβολισμός και οι εφαρμογές των προστατευτικών αερίων	75
3.1.3. Τα σύρματα και οι ράβδοι ηλεκτροσυγκόλλησης	78
3.1.4. Τα υλικά που συγκολλούνται σε ατμόσφαιρα προστατευτικού αερίου	80
3.2. Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG	83
3.2.1. Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης στη MIG/MAG	84
3.2.2. Τα είδη του ρεύματος ηλεκτροσυγκόλλησης κατά τη MIG/MAG	87
3.2.3. Η μεταφορά του υλικού από το σύρμα	

στο μέταλλο βάσης με ρεύμα DC+	89
3.2.4. Η ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG με παλμορεύματα	94
3.2.5. Οδηγίες για την επιτυχία των ηλεκτροσυγκολλήσεων με MIG/MAG	96
3.2.6. Η ηλεκτροσυγκόλληση των ανοξείδωτων χαλύβων με MIG/MAG	99
3.2.7. Η ηλεκτροσυγκόλληση του αλουμινίου με MIG	100
3.3. Η ηλεκτροσυγκόλληση TIG	104
3.3.1. Η τεχνική των ηλεκτροσυγκολλήσεων με TIG	108
3.3.2. Τα μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια της TIG	111
3.3.3. Μηχανή T.I.G.	119
- ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ	123
- ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ	125

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΟΤΗΤΑ

Όλα τα μέταλλα και κράματα δεν είναι επιδεκτά συγκόλλησης. Άλλα συγκολλούνται ευκολότερα και άλλα δυσκολότερα. Ωστόσο, με εφαρμογή των κατάλληλων τεχνικών, πολλά από τα εν χρήσει μέταλλα και κράματα είναι δυνατό να συγκολληθούν με κάποια από τις βασικές μεθόδους συγκόλλησης που διατίθενται.

Όπως γνωρίζουμε από τη χημεία, τα στοιχεία χωρίζονται βασικά σε μέταλλα και αμέταλλα. Τα μέταλλα, όπως είναι γνωστό, εκτός των άλλων ιδιοτήτων έχουν και την ιδιότητα να σχηματίζουν κράματα, μέσω των οποίων επιτυγχάνουμε υλικά με βελτιωμένες ιδιότητες για τις ανάγκες μας.

Επειδή από τα μέταλλα ο σίδηρος έχει την μεγαλύτερη διάδοση λόγω των ιδιοτήτων του, επικράτησε ο διαχωρισμός των μετάλλων και των κραμάτων σε σιδηρούχα και μη σιδηρούχα.

Από τα μη σιδηρούχα μέταλλα, ο χαλκός, το αλουμίνιο, το νικέλιο, ο μόλυβδος, ο ψευδάργυρος, ο άργυρος, ο χρυσός και ο λευκόχρυσος παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τις τεχνικές εφαρμογές, είναι δε και συγκολλητά.

Από τα κυριότερα κράματα των μη σιδηρούχων μετάλλων ο μπρούντζος, ο ορείχαλκος, το κόκκινο μέταλλο, τα κράματα του

αλουμινίου, τα κράματα του μαγνησίου και το μέταλλο μονέλ χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές και επιδέχονται συγκόλληση.

Γενικώς τα μέταλλα, όταν θερμαίνονται, διαστέλλονται και όταν ψύχονται συστέλλονται. Η ιδιότητα αυτή ενδιαφέρει τις συγκολλήσεις, διότι προκαλεί τάσεις και παραμορφώσεις των τεμαχίων που συγκολλούνται, επειδή κατά την συγκόλληση συχνά δεν θερμαίνουμε ολόκληρα τα τεμάχια, αλλά τμήματα αυτών.

Ένα ενδιαφέρον στοιχείο για τη συγκόλληση των μετάλλων είναι το σημείο τήξεως, δηλαδή η θερμοκρασία στην οποία τα μέταλλα μεταβάλλουν κατάσταση και γίνονται από στερεά υγρά. Ο πίνακας 1 δίνει το σημείο τήξεως των σπουδαιότερων μετάλλων και κραμάτων.

Πίνακας 1. Θερμοκρασία τήξεως °C και ειδικό βάρος gr/cm² των συνηθέστερων στις συγκολλήσεις μετάλλων και κραμάτων

Είδος μετάλλου ή κράματος	Ειδικό βάρος gr/cm ²	Θερμοκρασία τήξεως °C
Αλουμίνιο	2,7	658
Άργυρος	10,5	961
Κασσίτερος	7,28	230
Λευκόχρυσος	21,4	1764
Μαγνήσιο	1,74	657
Μόλυβδος	11,3	328
Μπρούντζος	8,6	900
Νικέλιο	8,9	1453
Ορείχαλκος	8,4	900
Χαλκός	8,9	1083

Χάλυβας	7,85	1400-1500
Χρυσός	19,3	1063
Χυτοσίδηρος	7,25	1200
Ψευδάργυρος	7,13	420

Μία άλλη ιδιότητα ορισμένων μετάλλων, που ενδιαφέρει τις συγκολλήσεις είναι η πλαστικότητα, την οποία αποκτούν όταν αυξάνεται η θερμοκρασία και πριν αυτή φθάσει το σημείο τήξεως, όπου μεταβάλλεται η κατάστασή τους.

Ο μαλακός χάλυβας π.χ. κατά την θέρμανση ερυθροπυρούται και γίνεται εύπλαστος. Με τον ίδιο τρόπο είναι δυνατόν να σφυρηλατηθεί και να αλλάξει μορφή.

Παρακάτω περιγράψω τα μέταλλα, τα οποία συναντούμε συνηθέστερα στην πράξη. Από τις ιδιότητές του θα αναφέρουμε μόνο εκείνες, οι οποίες είναι χρήσιμες για τις συγκολλήσεις.

1.1. ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ - ΧΑΛΥΒΑΣ

Ο σίδηρος ως βιομηχανικό υλικό χωρίζεται σε δύο μεγάλες βασικές κατηγορίες:

- Ο σίδηρος που δεν επιδέχεται σφυρηλάτηση, ο οποίος καλείται και πρωτογενής σίδηρος ή χυτοσίδηρος και
- ο σίδηρος που επιδέχεται σφυρηλάτηση, ο οποίος ονομάζεται χάλυβας.

1.1.1. Χυτοσίδηρος

Ο πρωτογενής σίδηρος ή χυτοσίδηρος παράγεται στις υψικαμίνους από τα μεταλλεύματα σιδήρου και έχει περιεκτικότητα σε άνθρακα μεγαλύτερη του 1,7%.

Ο χυτοσίδηρος, που λαμβάνουμε από τις υψικαμίνους, ανατήκεται σε ειδικές κάμινους, όπου με την προσθήκη συλλιπασμάτων αποκτά βελτιωμένες ιδιότητες. Στη συνέχεια χυτεύεται σε καλούπια και έτσι παράγονται αντικείμενα διαφόρων μορφών.

Ο χυτοσίδηρος είναι σκληρός και συγκολλάται δύσκολα.

Η συγκόλληση χυτοσιδήρου ενδείκνυται σε επισκευές τεμαχίων συνήθως μεγάλου μεγέθους, τα οποία λόγω ανωμαλίας έσπασαν και είναι συμφερότερο να επισκευασθούν και όχι να αντικατασταθούν.

Η συγκόλληση του χυτοσιδήρου παρουσιάζει ειδικά προβλήματα.

1.1.2. Χάλυβας

Χάλυβας ονομάζεται κάθε είδος σιδήρου με περιεκτικότητα σε άνθρακα μικρότερη από 1,7%. Οι κανονισμοί τυποποιούν διάφορα είδη χαλύβων διαφορετικής σκληρότητας.

Ο χάλυβας με μικρή περιεκτικότητα σε άνθρακα ($C < 0,12\%$) ονομάζεται κοινώς σίδηρος, ενώ με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άνθρακα αποκτά και μεγαλύτερη σκληρότητα και καλείται χάλυβας.

Γενικώς οι χάλυβες χαρακτηρίζονται με έναν αριθμό, ο οποίος σημαίνει την αντοχή τους σε kg/mm^2 . Έτσι π.χ. όταν λέμε χάλυβας 60, χάλυβας 80 κ.ο.κ. σημαίνει ότι ο χάλυβας έχει αντοχή 60 kg/mm^2 , 80 kg/mm^2 κ.ο.κ.

Ο χάλυβας με μικρή περιεκτικότητα σε άνθρακα ($C < 0,12\%$) έχει αντοχή 37 kg/mm^2 και ονομάζεται χάλυβας 37.

Υπάρχουν ακόμη χάλυβες, που περιέχουν και άλλα μέταλλα σε μορφή κράματος, τα οποία δίνουν στον χάλυβα βελτιωμένες ιδιότητες. Η ονομασία τους κάθε φορά καθορίζεται ανάλογα με το είδος του προστιθέμενου μετάλλου. Έτσι έχουμε μαγγανιούχους χάλυβες με μαγγάνιο, νικελιούχους χάλυβες με νικέλιο, χρωμιούχους χάλυβες με χρώμιο κ.ο.κ.

Οι συνήθεις χάλυβες είναι επιδεκτικοί συγκολλήσεως και μάλιστα η συγκόλληση είναι τόσο ευκολότερη, όσο μικρότερη είναι η περιεκτικότητα του χάλυβα σε άνθρακα.

Για τα κράματα του χάλυβα πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν οι οδηγίες των χαλυβουργείων, τα οποία πειραματίζονται σε κάθε είδους χάλυβα που παράγουν.

1.1.3. Χυτοχάλυβας

Με την ονομασία χυτοχάλυβα εννοούμε κάθε χάλυβα ο οποίος για να λάβει την επιθυμητή μορφή χύνεται σε καλούπια. Ο χυτοχάλυβας επιδέχεται συγκόλληση.

1.1.4. Μαλακός χυτοσίδηρος

Αυτός αποτελεί ειδική μορφή του χυτοσιδήρου, την οποίαν λαμβάνουμε, όταν χυτά τεμάχια υποβληθούν σε παρατεταμένη θέρμανση

εντός ειδικών φούρνων ανοπτήσεως. Κατά την θέρμανση αποβάλλεται ο άνθρακας, το δε υλικό που λαμβάνεται είναι επίδεκτο συγκολλήσεως και σφυρηλατήσεως. Το υλικό αυτό καλείται μαλακός χυτοσίδηρος (μαλεάμπλ - από τον γαλλικό όρο Malleable) και είναι περισσότερο ή λιγότερο επίδεκτο συγκολλήσεως, ανάλογα με τον χρόνο, που παρέμεινες στην υψηλή θερμοκρασία του φούρνου ανοπτήσεως.

1.2. ΧΑΛΚΟΣ

Ο χαλκός είναι μέταλλο κοκκινωπού χρώματος και χρησιμοποιείται ευρύτατα στην βιομηχανία λόγω των ιδιοτήτων του.

Είναι μαλακός, όλκιμος, ελατός και χυτεύεται εύκολα. Έχει μεγάλη αγωγιμότητα στην θερμότητα και γι' αυτό χρησιμοποιείται ευρύτατα στην ηλεκτροτεχνία.

Στο εμπόριο βρίσκεται ως χυτός και ως ηλεκτρολυτικός χαλκός. Ο ηλεκτρολυτικός είναι σχεδόν καθαρός χαλκός.

Εάν υπερθερμανθεί ο χαλκός, αχρηστεύεται και δεν είναι δυνατόν να επαναχρησιμοποιηθεί. Ο καμένος χαλκός έχει το χρώμα του ερυθρού τούβλου.

Συγκολλάται όχι πολύ εύκολα με αυτογενή συγκόλληση με φλόγα και με ηλεκτροσυγκόλληση.

Η μεγάλη αγωγιμότητα του χαλκού δυσχεραίνει την τοπική θέρμανση των τεμαχίων κατά την συγκόλληση, καθόσον η προσδιδομένη θερμότητα στην θέση συγκολλήσεως απάγεται εύκολα.

Κατά τη συγκόλληση πρέπει να έχουμε υπόψιν μας ότι ο χαλκός διαστέλλεται σχετικά πολύ. Ένα μέτρο χάλκινου σύρματος θερμαινόμενο από 10° C σε 100° C επιμηκύνεται κατά 1,6 mm.

Επίσης ο χαλκός χάνει την ανδοχή του, όσο αυξάνει η θερμοκρασία του. Π.χ. ο ελατός χαλκός έχει στην κανονική θερμοκρασία αντοχή 20 έως 24 kg/mm², στους 400° C 8 έως 9 kg/mm², στους 600° C 3,5 έως 4 kg/mm² και στους 970° C 0,8 kg/mm².

1.3. ΜΠΡΟΥΝΤΖΟΣ

Ο μπρούντζος είναι κράμα χαλκού μεγάλης περιεκτικότητας σε χαλκό (80 έως 94% χαλκός), κασσιτέρου και ψευδαργύρου.

Ο μπρούντζος συγκολλάται καλά με αυτογενή συγκόλληση με φλόγα και δυσκολότερα με μεταλλικό ηλεκτρόδιο. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε κασσίτερο, τόσο ευκολότερα συγκολλάται με μεταλλικό ηλεκτρόδιο.

Ο μπρούντζος χύνεται εύκολα σε καλούπια και λαμβάνει διάφορες μορφές.

Ειδικοί μπρούντζοι με περιεκτικότητα σε μαγγάνιο, αλουμίνιο, μόλυβδο κ.λ.π. χρησιμοποιούνται επίσης. Το κόκκινο μέταλλο είναι κράμα χαλκού, κασσιτέρου και ψευδαργύρου (82 έως 93% χαλκός, 4 έως 10% κασσίτερος και 3 έως 6% ψευδάργυρος).

1.4. ΟΡΕΙΧΑΛΚΟΣ

Ο ορείχαλκος είναι κράμα χαλκού και ψευδαργύρου (58 έως 67% χαλκός). Χυτεύεται εύκολα και επιδέχεται σφυρηλάτηση, έλαση και εξέλαση στην κανονική θερμοκρασία. Η αγωγιμότητά του είναι πολύ μικρότερη του χαλκού. Ο ορείχαλκος δεν συγκολλάται με ηλεκτρόδιο, Συγκολλάται με αυτογενή συγκόλληση και με φλόγα, η οποία πρέπει να έχει περίσσεια οξυγόνου.

Κατά την συγκόλληση κραμάτων, τα οποία περιέχουν ψευδάργυρο, πρέπει να προσέχουμε να μην ανεβάζουμε πολύ την θερμοκρασία, διότι ο ψευδάργυρος εξατμίζεται στους 907° C. Υπάρχουν επίσης κράματα ορείχαλκου με νικέλιο, μαγγάνιο, σίδηρο κ.ο.κ. για ειδικές εργασίες, τα οποία ονομάζονται ειδικοί ορείχαλκοι.

1.5. ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΚΑΙ ΚΡΑΜΑΤΑ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ

Η ευρεία διάδοση του αλουμινίου και των κραμάτων του στην κατασκευή μεταφερόμενων μηχανών (αυτοκίνητα, αεροπλάνα), ελαφρών συσκευών (οικιακές συσκευές), ταχέως κινούμενων τεμαχίων μηχανών (έμβολα μηχανών εσωτερικής καύσεως) κ.ο.κ. οφείλεται στο μικρό ειδικό βάρος ($\gamma = 2,7$ έως $2,85 \text{ gr/cm}^3$) και τη σχετικά υψηλή αντοχή.

Η μεγάλη πάλι θερμική και ηλεκτρική του αγωγιμότητας σε συνδυασμό με την αντοχή και την τιμή τους επέβαλαν το αλουμίνιο και τα κράματά του και στις ηλεκτρικές εφαρμογές.

Το αλουμίνιο, το οποίο παράγεται από τα οξειδιά του, είναι καθαρότητας 98 έως 99,5% και χρησιμοποιείται για την παραγωγή προϊόντων εξελάσεως, καθώς επίσης για την κατασκευή χυτών αντικειμένων.

Το αλουμίνιο και τα κράματά του με ειδικές μεθόδους καθίστανται επιδεκτά συγκολλήσεως. Η συγκόλληση του αλουμινίου και των κραμάτων του παρουσίαζε αρχικά σημαντικές δυσκολίες, οι οποίες όμως αντιμετωπίστηκαν, ώστε να μπορούμε να θεωρούμε σήμερα ότι το αλουμίνιο ανήκει στα μέταλλα, τα οποία είναι επιδεκτά συγκολλήσεως.

Η συγκόλληση του αλουμινίου γίνεται με ηλεκτρόδιο και συνήθως σε ατμόσφαιρα αδρανούς αερίου, γίνεται δε μόνο με συνεχές ρεύμα. Συγκόλληση αλουμινίου με φλόγα επιτυγχάνουμε δύσκολα και δεν είναι αντοχής.

Για να επιτύχει η συγκόλληση, πρέπει η κόλληση να είναι της ίδιας περίπου χημικής σύνθεσης με τα τεμάχια που θα συγκολλήσουμε.

Η θερμική αγωγιμότητας του αλουμινίου είναι περίπου τρεις φορές μεγαλύτερη του σιδήρου. Συνεπώς τα σημεία συγκολλήσεως ψύχονται ευκολότερα, αφού η θερμότητα απομακρύνεται με μεγαλύτερη ταχύτητα, όταν έχουμε αλουμίνιο, παρά όταν έχουμε σίδηρο.

1.6. ΤΟ ΜΑΓΝΗΣΙΟ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΜΑΓΝΗΣΙΟΥ

Το μαγνήσιο είναι μέταλλο, το οποίο χρησιμοποιείται λόγω του μικρού ειδικού βάρους του και της σχετικά μεγάλης αντοχής του. Στο εμπόριο υπάρχουν κράματα με μεγάλη περιεκτικότητα μαγνησίου.

Ως χυτό υλικό και μέσω της ίδιας αντοχής παρέχει τεμάχια κατά 60 έως 70% ελαφρότερα του χυτοσιδήρου.

Το μαγνήσιο και τα κράματα αυτού συγκολλούνται με φλόγα κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις. Ηλεκτροσυγκόλληση τόξου σε συνήθη ατμόσφαιρα δεν είναι δυνατή. Για το μαγνήσιο εφαρμόζονται οι μέθοδοι συγκολλήσεως του αλουμινίου.

1.7. ΜΟΛΥΒΔΟΣ

Ο μόλυβδος συγκολλάται συνήθως με φλόγα. Η θέση της συγκολλήσεως πρέπει να είναι οριζόντια, διότι ο μόλυβδος είναι ευκολόρρευστος. Συγκολλήσεις σε θέσεις στις οποίες το μέταλλο μπορεί να ρέει είναι δύσκολες και πολλές φορές αδύνατες. Σε κατακόρυφες επιφάνειες είναι δυνατή κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, στις δε οροφές είναι αδύνατες.

Οι ατμοί του μολύβδου είναι δηλητηριώδεις, για τον λόγο αυτόν συνιστάται κατά την συγκόλληση ο τεχνίτης να φοράει προστατευτική μάσκα.

1.8. ΛΟΙΠΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

- α) Τα ευγενή μέταλλα (ο άργυρος, ο χρυσός και ο λευκόχρυσος) συγκολλούνται εύκολα. Ο πλέον συνήθης τρόπος συγκολλήσεως είναι η συγκόλληση με φλόγα. Είναι όμως δυνατόν να συγκολληθούν και με ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με ηλεκτρόδιο άνθρακα, καθώς και με ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση.
- β) Το νικέλιο βρίσκεται στο εμπόριο ως χυτό νικέλιο, ηλεκτρολυτικό νικέλιο και νικέλιο ανατήξεως. Έχει λευκή μεταλλική στίλβουσα όψη και επιδέχεται σφυρηλάτηση.
Στις μηχανουργικές εργασίες χρησιμοποιούνται κυρίως τα κράματα χάλυβα με νικέλιο (νικελιούχοι χάλυβες).

Το νικέλιο συγκολλάται δύσκολα με φλόγα οξυγόνου - ασετιλίνης και με ηλεκτροσυγκόλληση τόξου.

- γ) Το μέταλλο μονέλ είναι κράμα νικελίου με περιεκτικότητα 67% νικέλιο, 28% χαλκός και 5% μαγγάνιο και σίδηρος. Με αυτή τη σύνθεση βρίσκεται ως ορυκτό στον Καναδά. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή νομισμάτων, δοχείων χημικών υλικών κ.ά.

Το μέταλλο μονέλ οφείλει την ευρεία διάδοσή του στις παρακάτω ιδιότητες:

Είναι σκληρό και όλκιμο όπως ο χάλυβας, υφίσταται κατεργασία, χυτεύεται και σφυρηλατείται εύκολα.

Αντέχει στην επίδραση διαφόρων χημικών υλικών, στα οποία δεν αντέχουν τα συνήθη μέταλλα, μοιάζει προς το καθαρό νικέλιο.

Συγκολλάται με Ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με ηλεκτρόδιο άνθρακα ή με μεταλλικό ηλεκτρόδιο.

- δ) Ο νεάργυρος είναι κράμα νικελίου, χαλκού και ψευδαργύρου (8 έως 28% Ni, 45 έως 70% Cu και 8 έως 28% Zn), το οποίο χρησιμοποιείται, όταν θέλουμε να έχουμε αντοχή σε χημικές επιδράσεις, μεγάλη σκληρότητα και λεία επιφάνεια.

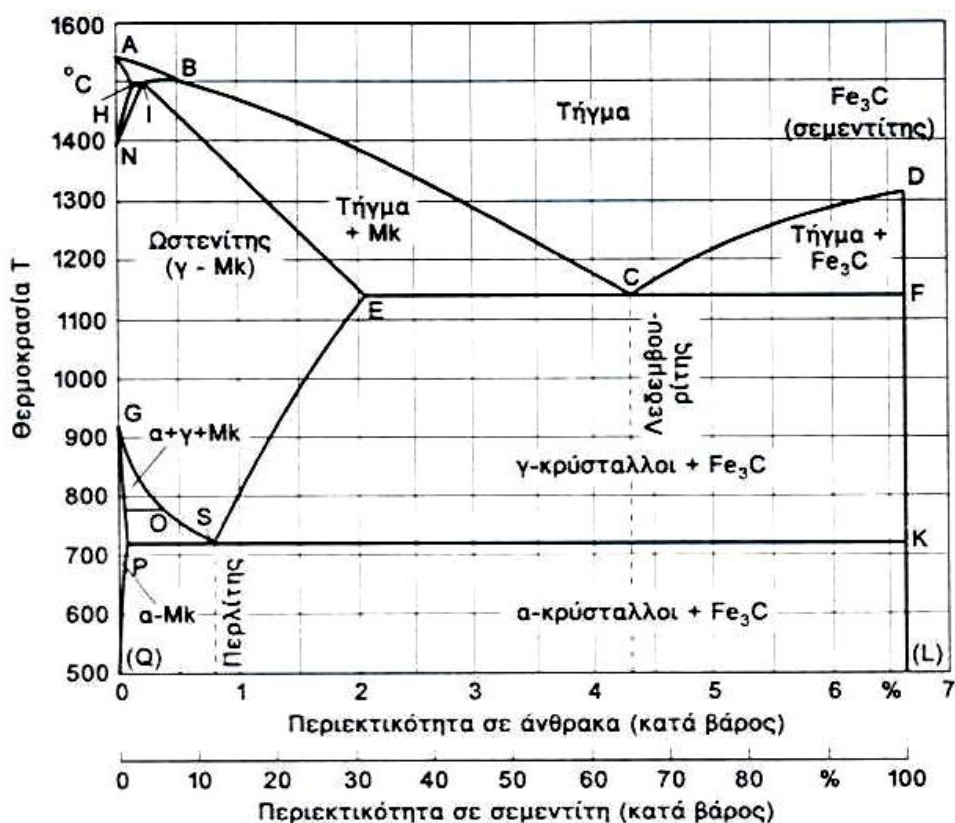
Ο νεάργυρος χρησιμοποιείται επίσης ως κόλληση.

1.9. ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Fe-C

Η πλήρης κατανόηση των βασικών ιδιοτήτων των κραμάτων σιδήρου - άνθρακα είναι δυνατή με βάση το διάγραμμα θερμικής ισορροπίας Σχ.1. Στο διάγραμμα αυτό, που εξηγείται σύντομα στις επόμενες παραγράφους, καθορίζονται οι διάφορες αλλαγές καταστάσεως

και η κρυσταλλική σύνθεση ενός κράματος σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία, όταν η ταχύτητα ψύξης ή θέρμανσης είναι πολύ χαμηλή.

Το σημείο τήξης του καθαρού σιδήρου, όπως προκύπτει από το Σχ.1, με 0% περιεκτικότητα σε άνθρακα βρίσκεται στους 1528° C και του άνθρακα περίπου στους 4000° C. Το σημείο τήξεως ενός κράματος σιδήρου - άνθρακα εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητα του κράματος σε άνθρακα. Οι γραμμές του διαγράμματος του σχήματος ορίζουν τις θερμοκρασίες, στις οποίες αρχίζουν να εμφανίζονται αλλαγές φάσεως ή μετατροπές κρυστάλλων στα διάφορα κράματα.



Σχήμα 1. Διάγραμμα σιδήρου – άνθρακα

Η γραμμή ABCD ονομάζεται γραμμή ρευστοποίησης (Liquidus), και καθορίζει για τα διάφορα κράματα την ελάχιστη θερμοκρασία, για την οποία ένα κράμα βρίσκεται σε πλήρη υγρή κατάσταση. Αν το τήγμα

ενός κράματος ψηχτεί, τότε η πήξη δε θα γίνει σε μια σταθερή θερμοκρασία, όπως συμβαίνει στα καθαρά μέταλλα, αλλά σταδιακά σε μια περιοχή θερμοκρασίας, που περιλαμβάνεται μεταξύ της γραμμής ρευστοποίησης ABCD και της γραμμής στερεοποίησης (Solidus) AHIECF.

Μόνο το κράμα χυτοσιδήρου, με περιεκτικότητα 4,3% σε άνθρακα, έχει το συγκεκριμένο σημείο πήξεως C στους 1152° C, που βρίσκεται χαμηλότερα από οποιοδήποτε άλλο σημείο της γραμμής ABCD. Το κράμα αυτό ονομάζεται και ευτηκτικό, διότι λιώνει (τήκεται) σε θερμοκρασία χαμηλότερη από οποιοδήποτε άλλα κράμα σιδήρου - άνθρακα. Κατά την πήξη αυτού του κράματος στους 1152° C, δημιουργείται μια κρυσταλλική δομή, που ονομάζεται λεδερβουρίτης.

Ο λεδερβουρίτης είναι μείγμα κρυστάλλων, το οποίο αποτελείται κατά 48% από κρυστάλλους ωστενίτη και κατά 52% από κρυστάλλους σεμεντίτη. Οι κρύσταλλοι του ωστενίτη αποτελούνται από άτομα σιδήρου και άτομα άνθρακα σε περιεκτικότητα έως το πολύ 1,7% και ονομάζονται κρύσταλλοι γ. Οι κρύσταλλοι του σεμενίτη αποτελούνται αποκλειστικά από το καρβίδιο του σιδήρου Fe₃C.

Κατά την ψύξη των υπερευτηκτικών κραμάτων του χυτοσιδήρου (4,3% < % C < 6,67%) και περνώντας τη γραμμή CD αρχίζουν να δημιουργούνται σταδιακά μέσα στο τήγμα κρύσταλλοι σεμεντίτη. Περνώντας την γραμμή CF σταματά η δημιουργία του σεμεντίτη και το υπόλοιπο τήγμα μετατρέπεται σε λεδερβουρίτη.

Κατά την ψύξη των υποευτηκτικών κραμάτων του χυτοσιδήρου (1,7% < % C < 4,3%) και κάτω από τη γραμμή BC, δημιουργούνται μέσα στο τήγμα κρύσταλλοι ωστενίτη μέχρι τη θερμοκρασία των 1152° C της γραμμής EC. Το τήγμα, το οποίο μέχρι το όριο αυτό δεν μετατρέπεται σε

ωστενίτη, μεταβάλλεται σε μείγμα λεδερβουρίτη και σεμεντίτη. Συνεχίζοντας την ψύξη των υποευτηκτικών αυτών κραμάτων δε δημιουργείται καμία μεταβολή μέχρι το όριο των 734° C της γραμμής SK, οπότε ο ωστενίτης που περιέχεται στην κρυσταλλική δομή του κράματος μετατρέπεται σε περλίτη.

Ο περλίτης είναι ένα μείγμα κρυστάλλων, που αποτελείται κατά 86,5% από φερρίτη και 13,5% από σεμεντίτη. Οι κρύσταλλοι του φερρίτη ή κρύσταλλοι α, αποτελούνται από άτομα σιδήρου και από άνθρακα περιεκτικότητας το πολύ 0,02%.

Η ψύξη των κραμάτων των χαλύβων (δηλ. των κραμάτων με περιεκτικότητα C < 1,7%) οδηγεί κάτω από τη γραμμή BC στη βαθμιαία μετατροπή ενός μέρους του τήγματος σε ωστενίτη, όπως και τα υποευτηκτικά κράματα των χυτοσιδήρων. Στα κράματα των χαλύβων όμως, όταν η θερμοκρασία φτάσει το όριο της γραμμής IE, τότε το υπόλοιπο τήγμα μετατρέπεται επίσης σε ωστενίτη. Στους χάλυβες με περιεκτικότητα σε άνθρακα μικρότερη από 0,35% περίπου, δε δημιουργείται απ' ευθείας ωστενίτης από το τήγμα, αλλά πρώτα κρύσταλλοι δ-φερρίτη.

Ο δ-φερρίτης είναι κρύσταλλος, που αποτελείται από άτομα σιδήρου και από άτομα άνθρακα σε περιεκτικότητα το πολύ 0,07%. Ο κρύσταλλος αυτός δημιουργείται στην περιοχή AHN. Ανάλογα με την περιεκτικότητα ενός κράματος σε άνθρακα, αν το τήγμα ψυχόμενο περάσει τη γραμμή HI, τότε το υπόλοιπο τήγμα μετατρέπεται σε κρυστάλλους δ-φερρίτη, μέχρις ότου ψυχόμενο ακόμη περισσότερο περάσει τη γραμμή IN, οπότε ο δ-φερρίτης μετατρέπεται και αυτός σε ωστενίτη. Αν η περιεκτικότητα σε άνθρακα είναι τέτοια, ώστε το τήγμα κατά την ψύξη να περάσει γραμμή AH, τότε τόσο το υπόλοιπο τήγμα,

όσο και ο ωστενίτης, που έχει ήδη δημιουργηθεί, μετατρέπονται σε δ-φερρίτη. Συνεχίζοντας την ψύξη ενός τέτοιου κράματος και περνώντας τη γραμμή HN, ένα μέρος του δ-φερρίτη μετατρέπεται σε ωστενίτη. Ψύχοντας από το κράμα ακόμη περισσότερο, η θερμοκρασία του συναντάει τη γραμμή NI, οπότε ο υπολειπόμενος δ-φερρίτης μετατρέπεται και αυτός σε ωστενίτη.

Σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από αυτές των γραμμών NI και IBE όλα τα κράματα αποτελούνται από κρυστάλλους ωστενίτη. Ο ωστενίτης είναι σταθερός μόνο στην περιοχή NIESG. Αν η θερμοκρασία ενός κράματος της περιοχής αυτής πέσει κάτω από το όριο της γραμμής μεταβολής GSE, τότε ο ωστενίτης μεταβάλλεται σε κρυστάλλους άλλης μορφής. Μόνο το κράμα με περιεκτικότητα περίπου 0,7% σε άνθρακα έχει το συγκεκριμένο όριο της άμεσης μεταβολής του ωστενίτη, το οποίο βρίσκεται χαμηλότερα από οποιοδήποτε άλλο σημείο της γραμμής GSE. Γι' αυτό το λόγο το κράμα αυτό ονομάζεται ευτηκτοειδές. Το σημείο S βρίσκεται στους 734° C. Περνώντας το όριο S ο ωστενίτης του ευκτηκτοειδούς κράματος μετατρέπεται πλήρως σε περλίτη.

Κατά την ψύξη των υπερευτηκτοειδών κραμάτων ($0,7\% < C < 1,7\%$) περνώντας τη γραμμή GS, ένα μέρος από τους κρυστάλλους του ωστενίτη μετατρέπεται βαθμιαία σε κρυστάλλους φερρίτη. Όταν η θερμοκρασία των κραμάτων αυτών φτάσει στους 734° C της γραμμής PS, τότε σταματά η μετατροπή του ωστενίτη σε φερρίτη και οι υπόλοιποι κρύσταλλοι ωστενίτη μετατρέπονται σε περλίτη.

Υποευτηκτοειδή κράματα του χάλυβα με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα ($C < 0,02\%$) μπαίνουν κατά την ψύξη τους στην περιοχή GPQ. Στην περιοχή αυτή οι κρύσταλλοι ενός κράματος μετατρέπονται σε φερρίτη. Με την απόψυξη ενός τέτοιου κράματος κάτω

από τη γραμμή PQ, ένα μέρος των κρυστάλλων του φερρίτη μετατρέπεται σε κρυστάλλους περλίτη. Το διάγραμμα θερμικής ισορροπίας δεν ισχύει μόνο για την αργή ψύξη, αλλά όπως αναφέρθηκε προηγουμένως και για την αργή θέρμανση των κραμάτων Fe-C.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

ΚΟΙΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

2.1. ΓΕΝΙΚΑ

Στη μηχανουργική τεχνολογία παρουσιάζεται αρκετές φορές η ανάγκη σύνδεσης διαφόρων τεμαχίων με σκοπό τη δημιουργία ενός σύνθετου αντικειμένου. Οι συγκολλήσεις είναι μόνιμες συνδέσεις, οι οποίες για να λυθούν είναι αναγκαία η καταστροφή του στοιχείου σύνδεσης και τότε μπορεί να προξενηθεί φθορά ή ακόμα και καταστροφή στα συνδεόμενα κομμάτια.

Οι συγκολλήσεις ανήκουν στην κατηγορία των μόνιμων συνδέσεων ανάμεσα σε τεμάχια. Η σύνδεση αυτή επιτυγχάνεται μέσω της θερμότητας, είναι σύνδεση κρυσταλλική και έχει στόχο το τελικό τεμάχιο να έχει την ίδια αντοχή με τα αρχικά κομμάτια. Από την εποχή της αρχαιότητας εμφανίζονταν διαδικασίες συγκόλλησης, που βασίζονταν κυρίως στη μέχρι τότε γνώση των υλικών. Έτσι, η συγκόλληση με χύτευση καθιερώθηκε από τους αρχαίους χρόνους ως η κύρια μορφή σύνδεσης και επισκευής σπασμένων κατασκευών από

μπρούντζο ή χυτοσίδηρο. Άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιήθηκαν ήταν η συγκόλληση σε κάμινο (καμινοσυγκόλληση), η κασσιτεροκόλληση, που χρησιμοποιείται μέχρι τις μέρες μας, ιδιαίτερα στη λευκοσιδηρουργία, η μπρουτζοκόλληση κ.λπ..

Η πιο κλασική μέθοδος συγκόλλησης, που είναι η συγκόλληση με οξυγονοασετυλίνη, εμφανίστηκε στην αρχή του εικοστού αιώνα. Από τότε πολλές διαφορετικές μέθοδοι έχουν ανακαλυφθεί και προσφέρονται για την πραγματοποίηση πολύπλοκων προϊόντων. Η λίστα με τα αντικείμενα ή προϊόντα, που έχουν συγκολλητά μέρη είναι ατελείωτη και περιλαμβάνει από στοιχεία ηλεκτρονικών κυκλωμάτων μέχρι πλοία, μηχανές αεριοθούμενων, αυτοκίνητα, γέφυρες, μεταλλικά έπιπλα, κτίρια με μεταλλικό σκελετό κ.λπ..

Μία κατηγοριοποίηση των συγκολλήσεων τις κατατάσσει σε δύο κατηγορίες, τις αυτογενείς συγκολλήσεις και τις ετερογενείς συγκολλήσεις. Στις αυτογενείς συγκολλήσεις απαιτείται τοπικά λιώσιμο των προς συγκόλληση τεμαχίων και τοποθέτηση ή όχι ενός συγκολλητικού μέσου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα τέτοιων συγκολλήσεων είναι η οξυγονοσυγκόλληση, η ηλεκτροσυγκόλληση, η συγκόλληση με αντίσταση, με Laser κ.λπ..

Στις ετερογενείς συγκολλήσεις δε χρειάζεται τοπική τήξη των αντικειμένων, που θα συγκολληθούν, παρά μόνο θέρμανση και εναπόθεση λιωμένου συγκολλητικού υλικού. Τέτοιες συγκολλήσεις είναι η κασσιτεροκόλληση, η μπρουτζοκόλληση κ.λπ..

Οι συγκολλήσεις ως μέσο σύνδεσης αντικατέστησαν όλες τις μεθόδους λυόμενων συνδέσεων (κοχλιοσυνδέσεις, ηλώσεις), εκεί βέβαια που δε χρειαζόταν η σύνδεση να είναι λυόμενη. Για την παραγωγή σύνθετων κατασκευών, οι συγκολλήσεις αντικατέστησαν την πολύ

δαπανηρότερη χύτευση. Τα πλεονεκτήματα των συγκολλήσεων απέναντι στη χύτευση είναι: οικονομία στο υλικό, μικρότερο κόστος και πραγματοποίηση σύνθετων κατασκευών, που με τη χύτευση είναι αδύνατες ή πολύ δύσκολες. Μειονεκτήματα που παρουσιάζουν οι συγκολλήσεις σχετίζονται κυρίως με τη συγκολλητικότητα των υλικών, δηλαδή την ιδιότητα ενός υλικού να μπορεί να συγκολληθεί.

2.2. ΚΑΤΑΤΑΞΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

Οι συγκολλήσεις μπορούν γενικά να ταξινομηθούν σε δύο κατηγορίες:

1. Στις συγκολλήσεις τήξης, που πραγματοποιούνται με πλήρωση της περιοχής σύνδεσης με τηγμένο συγκολλητικό υλικό (κόλληση) και
2. Στις συγκολλήσεις στερεάς φάσης ή πίεσης, που πραγματοποιούνται με διάχυση του υλικού μεσώ μιας ενδιάμεσης επιφάνειας σύνδεσης ή μέσω αυτόματης σύνδεσης των επιφανειών που έρχονται σε επαφή.

Οι συγκολλήσεις πίεσης γίνονται με θέρμανση των κομματιών στη θέση συγκόλλησης σε θερμοκρασία χαμηλότερη του σημείου τήξης του υλικού τους και με άσκηση επάνω τους ισχυρής πίεσης. Είναι δυνατή, όμως, με πίεση και η συγκόλληση ψυχρών κομματιών.

Κατά τις συγκολλήσεις πίεσης τα κομμάτι πυρώνονται στη θέση συγκόλλησης σε θερμοκρασία κατώτερη από το σημείο τήξης του μετάλλου και πιέζονται ισχυρά οι επιφάνειες συγκόλλησης των κομματιών, χωρίς να προστίθεται συγκολλητικό υλικό. Στην υψηλή αυτή

θερμοκρασία και με την πίεση που μπορεί ανάλογα με την περίπτωση να ασκηθεί είτε με σφυροκόπημα είτε να εφαρμοστεί σταθερά με κατάλληλο είδος πρέσας, καταστρέφονται και εκδιώκονται τα οξειδία των επιφανειών συγκόλλησης. Κατ' αυτόν τον τρόπο επιτυγχάνεται κρυσταλλική σύνδεση των κομματιών.

2.2.1. Συγκολλήσεις Τήξης

Οι συγκολλήσεις τήξης γίνονται:

- a. Με τήξη στη θέση συγκόλλησης και των δύο κομματιών που πρόκειται να ενωθούν. Τα κομμάτια πρέπει να είναι από το ίδιο μέταλλο ή από κράμα της ίδιας ή παρόμοιας χημικής σύνθεσης.
- b. Με τήξη και των δύο κομματιών όπως στο a), αλλά με σύγχρονη τήξη και τρίτου πρόσθετου συγκολλητικού υλικού, το οποίο ονομάζεται κόλληση. Η κόλληση έχει την ίδια ή παρόμοια χημική σύνθεση με τα συγκολλούμενα υλικά.
- c. Με τήξη μόνο της κόλλησης. Η κόλληση είναι από υλικό εντελώς διαφορετικό από το υλικό των κομματιών προς συγκόλληση και έχει οπωσδήποτε χαμηλότερο σημείο τήξης από αυτά. Τα κομμάτια είναι δυνατό να είναι από το ίδιο ή και από διαφορετικό υλικό.

Οι συγκολλήσεις τήξης, ανάλογα με την φύση του συγκολλητικού υλικού, διακρίνονται σε:

1. **Αυτογενείς**, όπου η κόλληση και τα συγκολλούμενα τεμάχια είναι από το αυτό ή παρόμοιο υλικό.

2. **Ετερογενείς**, όπου το υλικό κόλλησης των δύο τεμαχίων είναι διαφορετικό.

Κατά τις αυτογενείς συγκολλήσεις το τήγμα αποψυχόμενο στερεοποιείται και πραγματοποιείται η κρυσταλλική σύνδεση των κομματιών οπότε κόλληση και μέταλλο κομματιών γίνονται ένα «σώμα». Για να γίνει το πύρωμα των κομματιών και της κόλλησης σε τόσο υψηλές θερμοκρασίες τήξης χρειάζεται να προσδώσουμε σημαντική ποσότητα θερμότητας στη θέση της συγκόλλησης. Η θερμότητα αυτή προσδίδεται βασικά είτε με καύση κατάλληλου αερίου είτε προέρχεται από ηλεκτρική ενέργεια.

Στις ετερογενείς συγκολλήσεις τα κομμάτια προς συγκόλληση θερμαίνονται σε θερμοκρασία χαμηλότερη από το σημείο τήξης τους, οπωσδήποτε όμως υψηλότερη από το σημείο τήξης της κόλλησης. Στη θερμοκρασία αυτή η κόλληση λιώνει και λεπτόρρευση όπως είναι απλώνεται στις επιφάνειες που θα συγκολληθούν. Η κρυσταλλική σύνδεση επιτυγχάνεται με τη στερεοποίηση ενός κράματος που σχηματίζεται από τα στοιχεία της κόλλησης και των κομματιών σε περιορισμένη περιοχή των επιφανειών συγκόλλησης. Η σύνδεση ενισχύεται ακόμα με μηχανικό δεσμό, που προέρχεται από τη διείδυση της ρευστής κόλλησης μέσα στους πόρους των επιφανειών συγκόλλησης. Βασική προϋπόθεση για την εκτέλεση μίας ετερογενούς συγκόλλησης είναι η απόλυτη καθαρότητα των επιφανειών συγκόλλησης των κομματιών. Αν δε συμβαίνει αυτό τότε το λεπτό στρώμα οξειδίου που σχηματίζεται πάντα πάνω σε μεταλλικές επιφάνειες και μάλιστα όταν αυτές πυρώνονται, εμποδίζει την πραγματοποίηση του μηχανισμού της ετερογενούς συγκόλλησης.

Εκτός από τις βασικές αυτές μεθόδους συγκόλλησης έχουν επινοηθεί και εφαρμόζονται και πολλές άλλες ειδικότερες μέθοδοι, για να καλύψουν τις ανάγκες της βιομηχανίας. Οι συγκολλήσεις, συνεπώς, μπορούν να καταταγούν ως εξής:

1 Αυτογενείς συγκολλήσεις

1.a. Οξυγονοσυγκολλήσεις (συγκολλήσεις αερίου)

1.b. Ηλεκτροσυγκολλήσεις τόξου

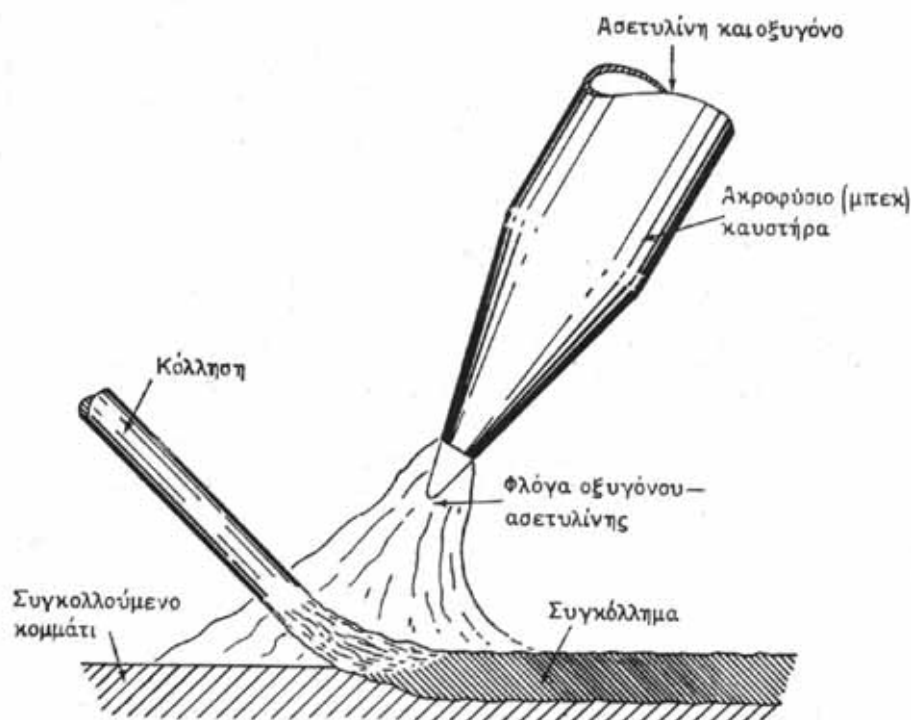
1.a. Οξυγονοκολλήσεις

Η αρχή της οξυγονοσυγκόλλησης φαίνεται στο Σχήμα 1. Η θερμότητα που απαιτείται για την τήξη των κομματιών και της κόλλησης στη θέση της συγκόλλησης παράγεται από καύση ασετυλίνης με καθαρό οξυγόνο. Οι οξυγονοσυγκολλήσεις εφαρμόζονται ευρύτατα στην πράξη για τη συγκόλληση σχετικά μικρών κομματιών. Μπορούν να εκτελεστούν οπουδήποτε χωρίς να χρειάζονται εγκαταστάσεις παροχής ενέργειας. Οι δύο φιάλες, ασετυλίνης και οξυγόνου, και τα λίγα όργανα και εργαλεία που απαιτούνται μεταφέρονται πολύ εύκολα.

Ασετυλίνη και Οξυγόνο

Η ασετυλίνη (ακετυλένιο, C_2O_2) είναι αέριο, το οποίο παράγεται από το ανθρακασβέστιο όταν αυτό αντιδράσει με νερό. Για την καύση της ασετυλίνης και την παραγωγή φλόγας που πυρώνει και λιώνει τα προς συγκόλληση κομμάτια και την κόλληση, απαιτείται καθαρό οξυγόνο. Επειδή η ασετυλίνη έχει μεγάλη θερμογόνο δύναμη (περίπου 13000kcal/m^3 στην ατμοσφαιρική πίεση) και καίγεται ταχύτατα, με τη φλόγα της μπορούμε να φτάσουμε μέχρι και 3500°C .

Την ασετυλίνη και το οξυγόνο τα παίρνουμε από κατάλληλες χαλύβδινες φιάλες, ωστόσο την ασετυλίνη μπορούμε να την πάρουμε κατευθείαν από αεριογόνους συσκευές με τις οποίες είναι εφοδιασμένα τα εργοστάσια. Η ασετυλίνη βρίσκεται μέσα σε φιάλες χρωματισμένες κίτρινες ή φέρουσες μία κίτρινη διακριτική λωρίδα υπό πίεση 15 ατμοσφαιρών. Επειδή εκρήγνυται και σε χαμηλές πιέσεις, στις φιάλες περιέχεται διαλυμένη σε ακετόνη. Ο όγκος της ασετυλίνης που μπορεί να μας δώσει μία φιάλη με χωρητικότητα 40 λίτρων σε κανονική πίεση είναι $5,5\text{m}^3$ περίπου.



Σχήμα 2 Η αρχή της οξυγονοσυγκόλλησης

Το οξυγόνο αποθηκεύεται σε φιάλες χρώματος μπλε ή φέρουσες μπλε διακριτική λωρίδα υπό πίεση αρκετά υψηλή (150 ατμοσφαιρών). Η χωρητικότητα των φιαλών οξυγόνου είναι συνήθως 40 λίτρα, και τότε

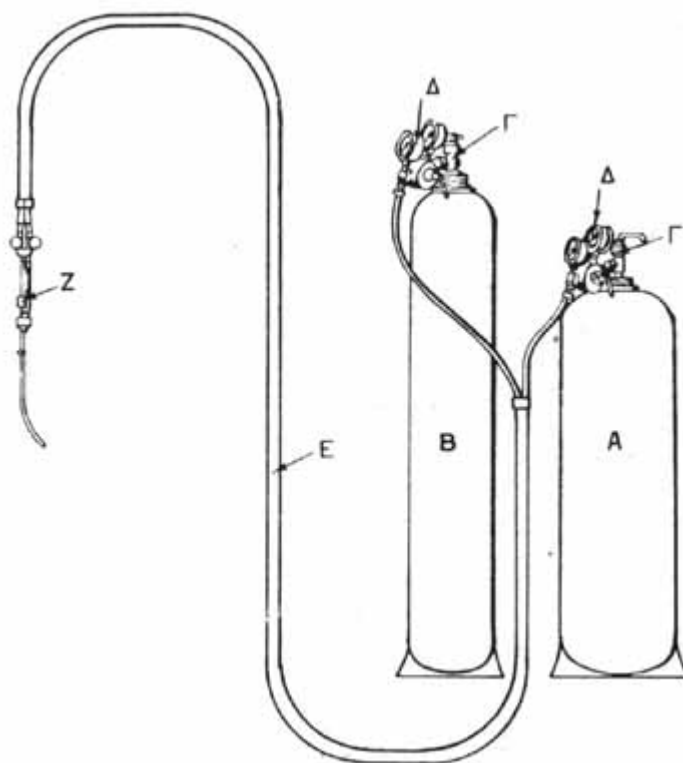
κάθε φιάλη μπορεί να μας δώσει, υπό συνθήκες ατμοσφαιρικές πίεσης, 6m^3 οξυγόνου περίπου.

Κάθε φιάλη ασετυλίνης ή οξυγόνου ασφαρίζεται με κλείστρο και όταν τη χρησιμοποιούμε την κρατάμε όρθια και την ασφαλίζουμε ώστε να μην πέσει. Τις φιάλες ασετυλίνης δεν τις αποθηκεύουμε πλαγιαστές και για λόγους ασφαλείας πρέπει να βρίσκονται σε κάποια λογική απόσταση από τη θέση όπου γίνεται η συγκόλληση, όπως και μακριά από φωτιά και σε σκιά το καλοκαίρι.

Εκτονωτής και καυστήρας

Στο Σχήμα 3 φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο συνδέουμε μία φιάλη οξυγόνου και μία φιάλη ασετυλίνης μαζί με τα απαραίτητα εξαρτήματα, για να μπορέσει το όλο σύστημα να χρησιμοποιηθεί για οξυγονοσυγκόλληση. Στο κλείστρο κάθε φιάλης συνδέεται ο μανομετρικός εκτονωτής Δ (Σχήμα 3). Ο μανομετρικός εκτονωτής έχει διπλό σκοπό:

- Να ελαττώνει την πίεση του αερίου που βρίσκεται μέσα στη φιάλη από αρκετά υψηλή στη χαμηλή πίεση εργασίας και να την κρατά σταθερή. Ρυθμίζει έτσι την παροχή του αντίστοιχου αερίου.
- Να μετρά την πίεση κάθε αερίου και μέσα στη φιάλη (πίεση φιάλης) και καθ' οδόν προς τον καυστήρα (πίεση εργασίας). Για το σκοπό αυτό φέρει δύο μανόμετρα.

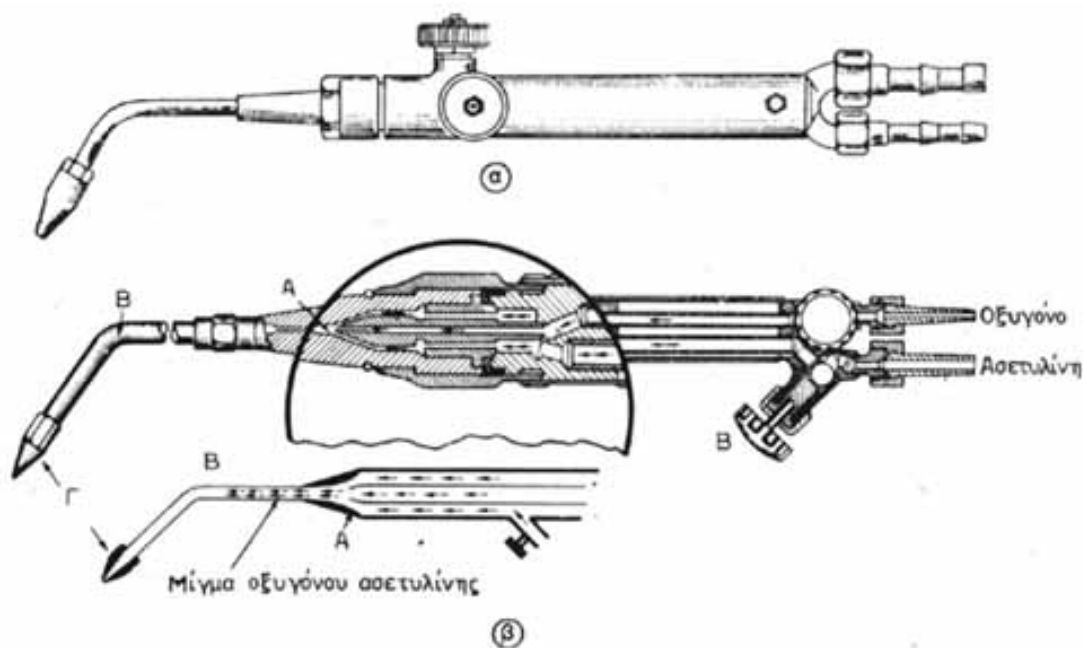


Σχήμα 3. Φιάλη ασετυλίνης (A). Φιάλη οξυγόνου (B). Κλείστρα φιαλών ασετυλίνης και οξυγόνου (Γ). Μανομετρικοί εκτονωτές ασετυλίνης και οξυγόνου (Δ). Ελαστικοί συνδετικοί σωλήνες (E). Καυστήρας (Z)

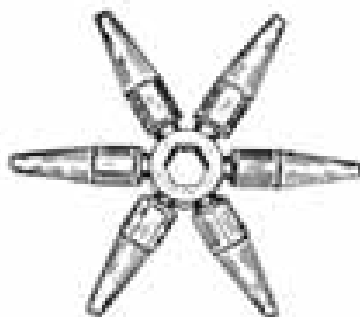
Για να οδηγηθούν τα αέρια στη συσκευή ανάμιξης και καύσης, δηλαδή στον καυστήρα Z (Σχήμα 3, 4), παρεμβάλλονται ανάμεσα στους εκτονωτές και τον καυστήρα κατάλληλοι ελαστικοί συνδετικοί σωλήνες E.

Ο καυστήρας αναμιγνύει την ασετυλίνη με το καθαρό οξυγόνο στην επιθυμητή αναλογία, την οποία διατηρεί σταθερή σε όλη τη διάρκεια της συγκόλλησης. Το μίγμα ασετυλίνης - οξυγόνου από το θάλαμο ανάμιξης A μέσω του αυλού B οδηγείται στο ακροφύσιο (μπεκ) Γ. Στο Σχήμα 4(α) εικονίζεται το εξωτερικό ενός καυστήρα και στο Σχήμα 4(β) η κατά μήκος τομή του. Για να επιτύχουμε διάφορες εντάσεις

φλόγας για τις ανάγκες μας στην πράξη, μεταχειριζόμαστε ακροφύσια Δ σε διάφορα μεγέθη. Συνήθως, για να προφυλάξουμε το σπείρωμά τους από χτυπήματα τα κοχλιώνουμε πάνω σε ειδική βάση. Την εξαγωνική οπή της βάσης αυτής τη χρησιμοποιούμε για το βίδωμα και το ξεβίδωμα των ακροφυσίων στον αυλό Β.



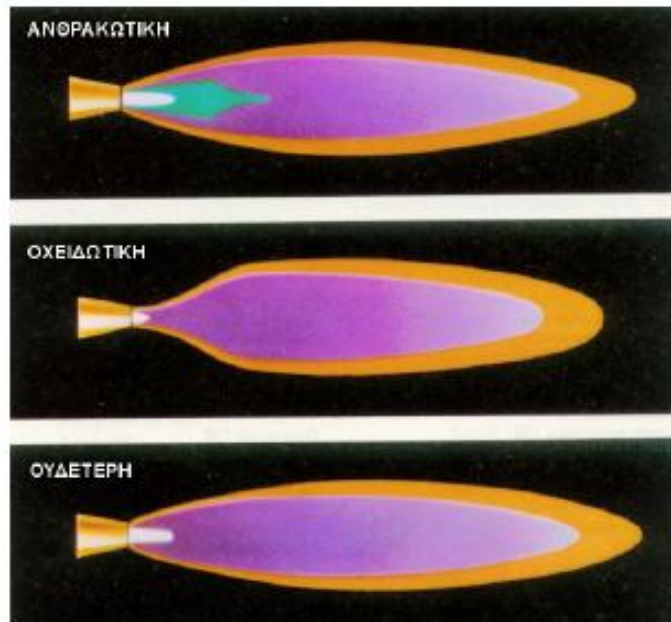
Σχήμα 4. Ο καυστήρας



Σχήμα 5. Έξι διάφορα ακροφύσια καυστήρα στην ειδική βάση τους

Σύμφωνα με την αναλογία σε όγκο οξυγόνου - ασετυλίνης στο μίγμα, η φλόγα που παράγεται κατά την καύση του μπορεί να παρουσιαστεί ως ουδέτερη (Σχήμα 6(α)), ως αναγωγική ή ανθρακωτική (Σχήμα 6(β)) και ως οξειδωτική (Σχήμα 6(γ)).

Στην ουδέτερη φλόγα η αναλογία σε όγκο οξυγόνου - ασετυλίνης είναι 1,04 έως 1,14 προς 1. Είναι η φλόγα που χρησιμοποιούμε κατά βάση στις οξυγονοσυγκολλήσεις. Όταν έχουμε περίσσεια ασετυλίνης (αναλογία οξυγόνου - ασετυλίνης 0,85 μέχρι 0,95 προς 1) προκύπτει αναγωγική φλόγα, ενώ για περίσσεια οξυγόνου (αναλογία οξυγόνου - ασετυλίνης 1,14 έως 1,70 προς 1) δημιουργείται οξειδωτική φλόγα. Οι μέγιστες θερμοκρασίες που μπορούμε να επιτύχουμε με τα τρία αυτά είδη φλόγας είναι 3500°C, 3250°C και 3150°C για οξειδωτική, ουδέτερη και αναγωγική φλόγα αντίστοιχα.



Σχήμα 6. Η φλόγα οξυγόνου - ασετυλίνης: (α) Ουδέτερη φλόγα. (β) Αναγωγική ή ανθρακωτική φλόγα. (γ) Οξειδωτική φλόγα.

Ελαττώματα Οξυγονοσυγκολλήσεων

Ελαττώματα στη θέση της συγκόλλησης προκαλούνται από κακή ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιούμε στις οξυγονοσυγκολλήσεις ή από απειρία του τεχνίτη ή και από τα δύο μαζί, με αποτέλεσμα να μειώνονται οι μηχανικές ιδιότητες της σύνδεσης.

Τα ελαττώματα που παρουσιάζονται συχνότερα είναι τα εξής:

- Μειονεκτική εισχώρηση της κόλλησης στον αρμό. Το λιωμένο μέταλλο δεν καλύπτει όλο το διάκενο μεταξύ των κομματιών.
- Οξειδία και πόροι στη ραφή. Αυτό αποφεύγεται αν καθαριστούν καλά οι επιφάνειες συγκόλλησης των κομματιών και δεν χρησιμοποιηθεί οξειδωτική φλόγα, οπότε η περίσσεια οξυγόνου δημιουργεί οξειδία. Στην ομοιογένεια της ραφής συντελεί και η ομαλή ψύξη του συγκολλημάτος.
- Έλλειψη ή πλεόνασμα υλικού στη ραφή.
- Υπερβολική τήξη των άκρων των κομματιών στη θέση της ραφής.
- Μεταβολές στη χημική σύσταση της ραφής. Αφορά κυρίως στους χάλυβες

Αν η τροφοδοσία του οξυγόνου στην φλόγα περιοριστεί, παράγονται σημαντικά ποσά διοξειδίου του άνθρακα και υδρογόνου στην περιοχή της συγκόλλησης. Τα αέρια αυτά μειώνουν τα αίτια και υποβοηθούν να διατηρηθεί η συγκόλληση καθαρή, αλλά μπορεί να αποσπάσει άνθρακα από το χάλυβα με τη μορφή μονοξειδίου ή διοξειδίου του άνθρακα. Συγκολλητικό υλικό χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα έχει χαμηλή αντοχή. Από την άλλη πλευρά η παρουσία υπερβολικού οξυγόνου στην φλόγα προκαλεί οξείδωση του τηγμένου μετάλλου. Η πλέον ενδεδειγμένη φλόγα είναι η ουδέτερη.

1.b. Ηλεκτροσυγκολλήσεις Τόξου

Στις ηλεκτροσυγκολλήσεις τόξου πηγή θερμότητας για το πύρωμα και το λιώσιμο του μετάλλου των κομματιών που θα συγκολληθούν και της κόλλησης είναι ηλεκτρικό ή βολταϊκό τόξο. Το ηλεκτρικό τόξο δημιουργείται ανάμεσα στο ηλεκτρόδιο (μεταλλικό ή από άνθρακα) και το κομμάτι (Σχήμα 7(α)). Το ηλεκτρόδιο και το κομμάτι, το οποίο παίζει το ρόλο του άλλου ηλεκτροδίου, συνδέονται στα άκρα κατάλληλης ηλεκτρικής πηγής συνεχούς ή εναλλασσομένου ρεύματος, η οποία παρέχει την ηλεκτρική ενέργεια για τη συγκόλληση.

Όταν φέρουμε σε επαφή το ηλεκτρόδιο με το κομμάτι κλείνει το ηλεκτρικό κύκλωμα. Το ηλεκτρικό ρεύμα θερμαίνει το ηλεκτρόδιο και το κομμάτι στη θέση επαφής. Αν τώρα απομακρύνουμε πολύ γρήγορα το ηλεκτρόδιο, δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο, το οποίο και διατηρείται αν το ηλεκτρόδιο βρίσκεται κοντά στο κομμάτι.

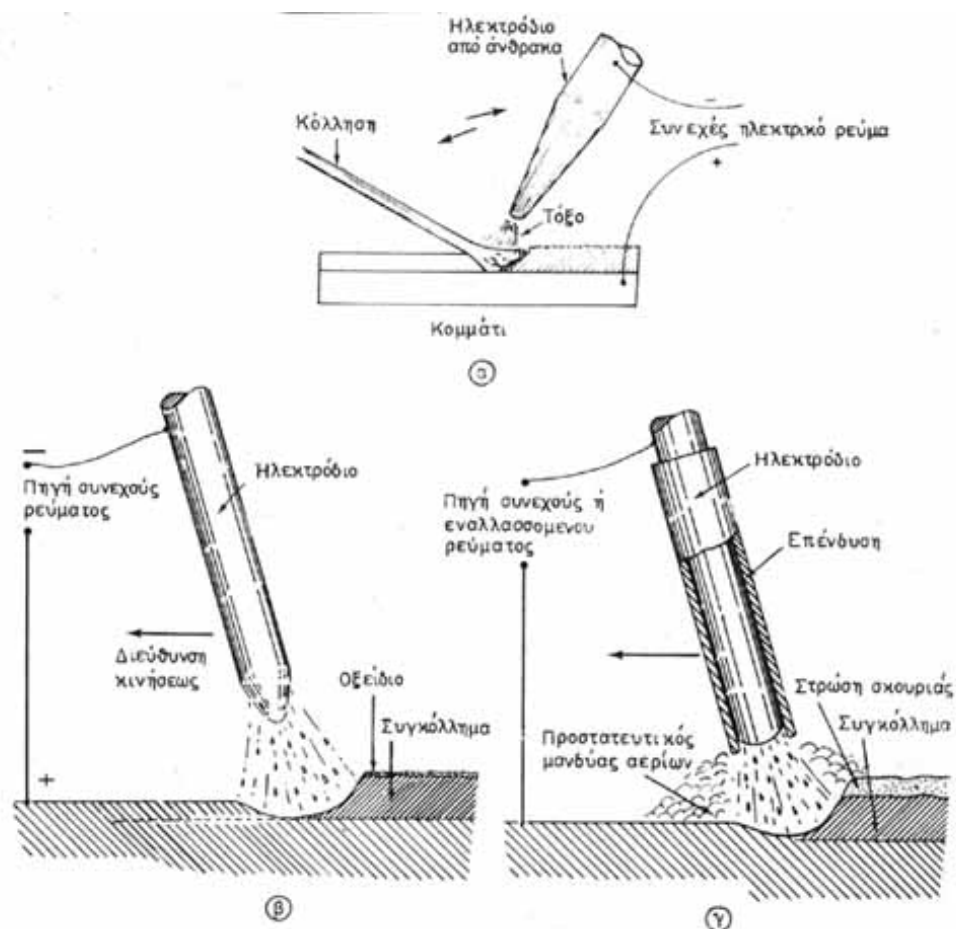
Το ηλεκτρόδιο μπορεί να είναι από άνθρακα (Σχήμα 7(α)) ή μεταλλικό (Σχήμα 7(β),(γ)). Το πιο συνηθισμένο στην πράξη είναι το μεταλλικό ηλεκτρόδιο που, εκτός από το ότι δημιουργεί το τόξο, είναι ταυτόχρονα και κόλληση. Όταν το ηλεκτρόδιο είναι από άνθρακα, το ηλεκτρικό τόξο παράγεται μεταξύ του άκρου του ηλεκτροδίου και του κομματιού. Η κόλληση είναι ξεχωριστή, όπως και στην οξυγονοκόλληση. Τα μεταλλικά ηλεκτρόδια διακρίνονται σε γυμνά (Σχήμα 7(β)) και επενδεδυμένα (Σχήμα 7(γ)). Τα δεύτερα φέρουν εύτηκτη επένδυση, η οποία περιέχει κατάλληλες ουσίες έτσι, ώστε να μπορεί να επιτύχει:

- Σχηματισμό προστατευτικής στρώσης από σκουριά (κρούστα), που επιπλέει.
- Δημιουργία προστατευτικού μανδύα από αέρια.

- Διάλυση οξειδίων ή άλλων ακαθαρσιών που τυχόν υπάρχουν στο τήγμα.
- Ιονισμό της ανάμεσα στο ηλεκτρόδιο και στο κομμάτι ατμόσφαιρας ώστε να διευκολύνεται το άναμμα και η συντήρηση σταθερού ηλεκτρικού τόξου.
- Μη σχηματισμό φυσαλίδων μέσα στο συγκόλλημα. Σχηματισμός φυσαλίδων έχει ως επακόλουθο μείωση της μηχανικής αντοχής της συγκόλλησης.

Ο μανδύας από αέρια και η στρώση από σκουριά προφυλάσσουν τις επιφάνειες από οξείδωση. Επίσης, η στρώση σκουριάς παρέχει στο τήγμα θερμική μόνωση. Η στερεοποίηση του τήγατος γίνεται αργότερα και έτσι δίνεται χρόνος σε τυχόν διαλυμένα μέσα σ' αυτό αέρια ή ακαθαρσίες να απομακρυνθούν.

Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση με γυμνό ηλεκτρόδιο έχουμε σημαντική οξείδωση του συγκολλήματος και για το λόγο αυτό η συγκόλληση που επιτυγχάνουμε έχει μειωμένη μηχανική αντοχή. Με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια επιτυγχάνουμε συγκολλήσεις καλής ποιότητας.



Σχήμ

- α 7. Αρχή ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου με: (α) Ηλεκτρόδιο από άνθρακα. (β) Μεταλλικό γυμνό ηλεκτρόδιο. (γ) Μεταλλικό επενδεδυμένο ηλεκτρόδιο

Εργαλεία και εξαρτήματα ηλεκτροσυγκόλλησης

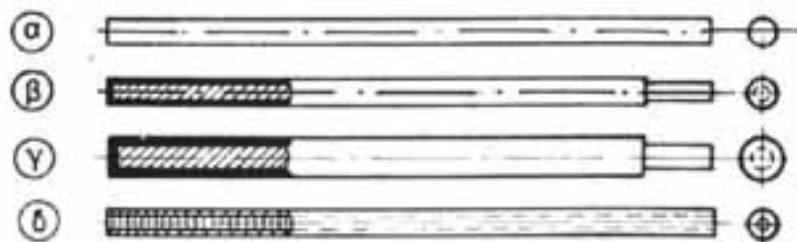
Από τους δύο ακροδέκτες του μετασχηματιστή ή της γεννήτριας συνεχούς ρεύματος το ισχυρό ρεύμα που χρειάζεται για την ηλεκτροσυγκόλληση προσάγεται με δύο αντίστοιχους χονδρούς αγωγούς (καλώδια) στη λαβίδα του ηλεκτροδίου και στο σφιγκτήρα. Σε κατάλληλη υποδοχή της λαβίδας προσαρμόζεται και συγκρατείται το ηλεκτρόδιο. Με το σφιγκτήρα συνδέουμε το καλώδιο επιστροφής με το

τραπέζι εργασίας ή με τα κομμάτια που πρόκειται να συγκολλήσουμε. Έτσι, κλείνει κύκλωμα και μπορεί να ανάψει και να διατηρηθεί το τόξο. Κατά το χρόνο της εργασίας του ο ηλεκτροσυγκολλητής για προστασία του φορά μάσκα με σκούρο γυαλί στο εμπρόσθιο μέρος της και δερμάτινη ποδιά.

Είδη ηλεκτροδίων

Στο Σχήμα 8 φαίνονται τα διάφορα είδη ηλεκτροδίων που χρησιμοποιούμε. Στο άκρο ενός επενδεδυμένου ηλεκτροδίου, το οποίο προσαρμόζεται στη λαβίδα, δεν υπάρχει επένδυση, για να υπάρχει αγωγίμη σύνδεση ηλεκτροδίου-λαβίδας. Εκτός από τα γυμνά και επενδεδυμένα ηλεκτρόδια, υπάρχουν και τα διάτρητα ηλεκτρόδια, τα οποία έχουν υλικό όμοιο με εκείνο της επένδυσης στην οπή, που βρίσκεται στο κέντρο της διατομής τους.

Τα ηλεκτρόδια κατασκευάζονται σε διάφορες διαμέτρους και από διάφορα υλικά. Τα επενδεδυμένα ηλεκτρόδια, ανάλογα με την εφαρμογή, φέρουν διάφορα είδη επένδυσης. Η επένδυση επίσης μπορεί να έχει διάφορα πάχη (λεπτή, μέση, χοντρή).



Σχήμα 8. Είδη ηλεκτροδίων: (α) Γυμνό ηλεκτρόδιο. (β) Επενδεδυμένο ηλεκτρόδιο με λεπτή επένδυση. (γ) Επενδεδυμένο ηλεκτρόδιο με χοντρή επένδυση. (δ) Διάτρητο ηλεκτρόδιο

2. Ετερογενείς συγκολλήσεις

2.a. Μαλακές (κασιτεροσυγκολλήσεις)

2.b. Σκληρές (μπρουντζοσυγκολλήσεις, ασημοσυγκολλήσεις)

2.c. Συγκολλήσεις με χύτευση (θερμιτοσυγκολλήσεις)

Στις ετερογενείς συγκολλήσεις η κόλληση είναι διαφορετικής χημικής σύνθεσης από το υλικό των κομματιών προς συγκόλληση, έχει αρκετά χαμηλότερο σημείο τήξης από εκείνο του υλικού των κομματιών και οι επιφάνειες συγκόλλησης πρέπει να είναι όσο γίνεται καθαρότερες. Ακόμα, θα πρέπει να εμποδίζεται η δημιουργία οξειδίων πάνω σ' αυτές κατά τη θέρμανση των κομματιών.

Ο καθαρισμός των επιφανειών συγκόλλησης και η παρεμπόδιση της εισόδου αέρα μέχρι αυτές επιτυγχάνεται με τη χρήση κάποιου, κατάλληλου για κάθε περίπτωση ετερογενούς συγκόλλησης, υλικού καθαρισμού.

Οι ετερογενείς συγκολλήσεις διακρίνονται, ανάλογα με τη θερμοκρασία τήξης της κόλλησης, σε μαλακές και σκληρές. Μαλακές λέγονται οι συγκολλήσεις στις οποίες η κόλληση λιώνει σε θερμοκρασία μικρότερη των 500°C και σκληρές λέγονται οι συγκολλήσεις στις οποίες η κόλληση λιώνει σε θερμοκρασία μεγαλύτερη των 500°C. Το συγκόλλημα στις μαλακές συγκολλήσεις είναι πιο μαλακό από αυτό που επιτυγχάνεται στις σκληρές.

Επίσης, τις ετερογενείς συγκολλήσεις τις χωρίζουμε σε συγκολλήσεις βαρέων μετάλλων (χάλυβες, κράματα χαλκού κ.λ.π., δηλαδή με ειδικό βάρος μεγαλύτερο των 5gr/cm³) και σε συγκολλήσεις ελαφρών μετάλλων (αργίλιο, μαγνήσιο και κράματά τους κ.λ.π., με ειδικό βάρος μικρότερο των 5gr/cm³).

Τυπικές εφαρμογές των ετερογενών συγκολλήσεων είναι όταν:

- Τα προς συγκόλληση μέταλλα είναι ανομοιογενή, οπότε είναι αδύνατη η αυτογενής συγκόλληση.
- Δεν επιτρέπεται υπερθέρμανση των κομματιών
- Ενδιαφερόμαστε για μαζική παραγωγή και η αντοχή της ετερογενούς συγκόλλησης μας είναι αρκετή
- Χρειάζεται να κάνουμε γεμίσματα, κυρίως για επισκευές.

2.a. Μαλακές ετερογενείς συγκολλήσεις

Κασσιτεροκολλήσεις

Εδώ, ως κόλληση χρησιμοποιείται η κασσιτεροκόλληση, που είναι κράμα κασσιτέρου και μολύβδου. Για ανθεκτικότερο, αλλά σκληρότερο συγκόλλημα προστίθεται στην κασσιτεροκόλληση και αντιμόνιο. Ανάλογα με την εργασία που έχουμε να κάνουμε εκλέγουμε το είδος της κασσιτεροκόλλησης.

2.b Σκληρές ετερογενείς συγκολλήσεις

Μπρουντζοκολλήσεις Ασημοκολλήσεις

Εδώ ως κόλληση χρησιμοποιούνται κυρίως κράματα χαλκού. Με αυτές συγκολλούμε συνήθως χάλυβες, χυτοσιδήρους, χαλκό και κράματά του. Τις κολλήσεις τις χωρίζουμε σε μπρουντζοκολλήσεις και ασημοκολλήσεις. Οι πρώτες είναι κράματα χαλκού και ψευδαργύρου με προσθήκη κασσιτέρου και αργύρου, σε μικρή περιεκτικότητα. Όταν η περιεκτικότητα σε άργυρο υπερβαίνει το 8%, τότε έχουμε τις ασημοκολλήσεις

Υλικά καθαρισμού σκληρών ετερογενών συγκολλήσεων

Οι θερμοκρασίες στις οποίες φτάνουμε κατά την εκτέλεση των σκληρών συγκολλήσεων είναι κατά πολύ υψηλότερες από εκείνες που επικρατούν στις μαλακές συγκολλήσεις. Θα πρέπει συνεπώς τα υλικά καθαρισμού να είναι κατάλληλα στις υψηλές αυτές θερμοκρασίες.

Τα κυριότερα υλικά καθαρισμού είναι ο βόρακας και το βορικό οξύ. Ο βόρακας είναι ένα σύμπλοκο λευκό άλας του βορίου και του νατρίου και βρίσκεται στο εμπόριο σε μορφή σκόνης ή πάστας. Χρησιμοποιείται για θερμοκρασίες συγκολλήσεις άνω των 750°C. Ο βόρακας διαλύει τα οξείδια σιδήρου, χαλκού, κασσιτέρου, ψευδαργύρου, αργύρου, νικελίου, πυριτίου και καδμίου. Δεν διαλύει, όμως, τα οξείδια του αργιλίου και του χρωμίου, γι' αυτό και είναι ακατάλληλος ως υλικό καθαρισμού για τα μέταλλα αυτά.

Το βορικό οξύ χρησιμοποιείται για θερμοκρασίες υψηλότερες των 850°C. Για θερμοκρασίες μικρότερες των 800°C, κατάλληλα καθαριστικά είναι τα χλωρίδια και φθορίδια μαζί πολλές φορές με βόρακα ή βορικό οξύ, όπως επίσης και ενώσεις του φωσφόρου. Τα υλικά αυτά διαλύουν τα οξείδια του αργιλίου και του χρωμίου.

2.2.2 Συγκολλήσεις Πιέσεως

Ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης (κατά σημεία, ραφής, με προεκβολές, κατά άκρα)

- a. Καμινοσυγκολλήσεις
- b. Συγκολλήσεις τριβής
- c. Ψυχρές συγκολλήσεις

Κατά τις συγκολλήσεις πίεσεως, τα κομμάτια πυρώνονται στη θέση της συγκόλλησης σε θερμοκρασία κατώτερη του σημείου τήξης του μετάλλου τους και πιέζονται ισχυρά οι επιφάνειες συγκόλλησης των κομματιών. Είναι δυνατή, επίσης, με πίεση και η συγκόλληση ψυχρών κομματιών. Οι συγκολλήσεις αυτές αποτελούν μία σημαντική κατηγορία συγκολλήσεων και βρίσκουν πολλές και ποικίλες βιομηχανικές εφαρμογές.

Κατά τις ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης, τα κομμάτια προς συγκόλληση πυρώνονται στη θέση συγκόλλησης με τη βοήθεια ηλεκτρικού ρεύματος που διαβιβάζεται σ' αυτά, ενώ ασκείται πάνω τους πίεση (Σχήμα 9). Το πύρωμα των κομματιών οφείλεται σε ένα μέρος της θερμότητας (το υπόλοιπο χάνεται στο περιβάλλον), η οποία παράγεται από τη διέλευση του ρεύματος.

Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης χρησιμοποιούνται ευρύτατα, ιδιαίτερα στη μαζική παραγωγή, περιορίζονται, όμως, στη συγκόλληση σχετικά λεπτών κομματιών (μέχρι 6mm). Η ποιότητα των συγκολλήσεων αυτών είναι αρκετά καλή και σταθερή

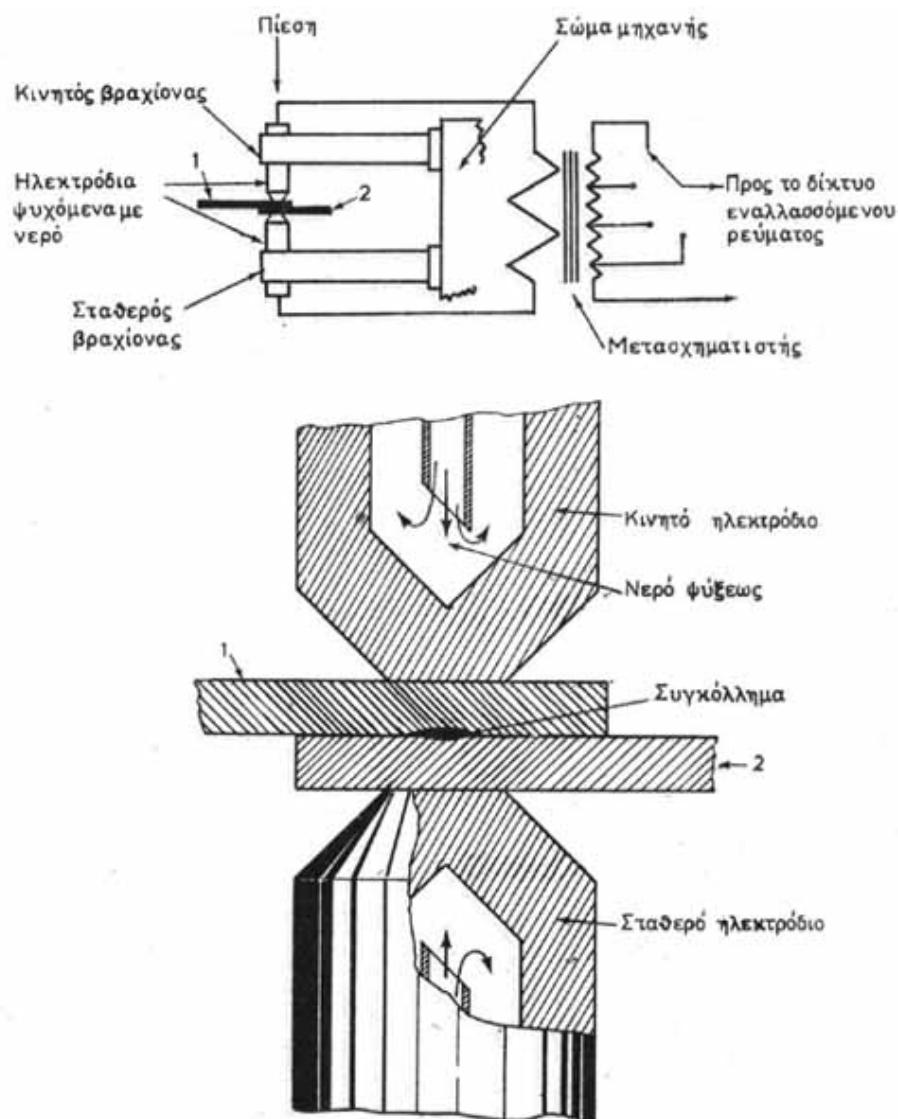
Τις ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης τις χωρίζουμε σε:

1. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης κατά σημεία (Σχ. 9)
2. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης ραφής (Σχ. 10)
3. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης με προεκβολές (Σχ. 11)
4. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης κατά άκρα (Σχ. 12)

1. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης κατά σημεία

Χρησιμοποιείται για τη σύνδεση λεπτών ελασμάτων και έχει αντικαταστήσει την ήλωση διότι γίνεται ταχύτερα, οικονομικότερα και η ποιότητά της είναι ικανοποιητική. Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση

αντίστασης κατά σημεία τα προς συγκόλληση κομμάτια στερεά συνδεδεμένα μεταξύ τους τοποθετούνται ανάμεσα σε ένα ζεύγος βαριών κωνικών ηλεκτροδίων από ειδικό κράμα χαλκού, τα οποία καταλήγουν συνήθως σε σφαιρικές επιφάνειες. Τα δύο ηλεκτρόδια συνδέονται στο δευτερεύον του μετασχηματιστή της ειδικής μηχανής ηλεκτροσυγκόλλησης κατά σημεία. Το ρεύμα ηλεκτροσυγκόλλησης διαρρέει το κύκλωμα για χρονικό διάστημα που προκαθορίζεται ανάλογα την περίπτωση.

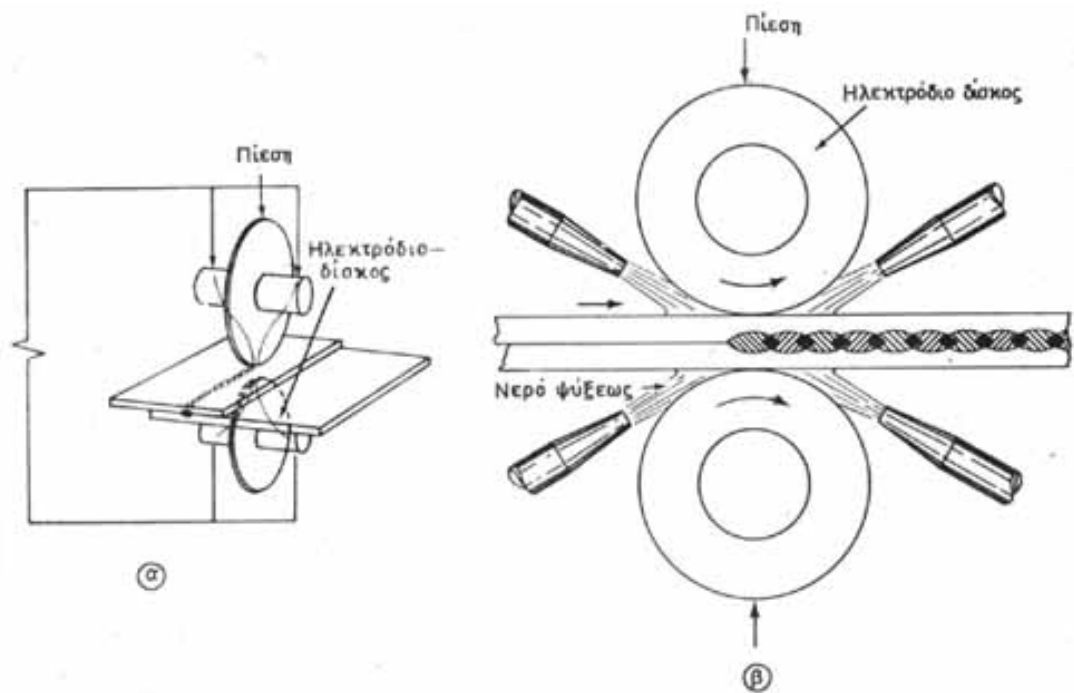


Σχήμα 9. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης κατά σημεία

Η πίεση αρχίζει να ασκείται από το επάνω ηλεκτρόδιο (κινητό ηλεκτρόδιο) λίγο πριν ανοίξει το κύκλωμα και διατηρείται για λίγο ακόμα χρόνο μετά το αυτόματο κλείσιμο του κυκλώματος. Η συγκόλληση επιτυγχάνεται με το πύρωμα της θέσης συγκόλλησης, λόγω της διέλευσης του ρεύματος και την πίεση που ασκούμε. Το κινητό ηλεκτρόδιο δέχεται δύναμη για να πιέσει με τη σειρά του τα συγκολλούμενα κομμάτια είτε από κινητό βραχίονα είτε από υδραυλικό ή πνευματικό κύλινδρο, που φέρει η αντίστοιχη μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης κατά σημεία. Η ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης κατά σημεία μπορεί να είναι και πολλαπλή με χρήση κατάλληλης μηχανής.

2. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης ραφής

Στην ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης ραφής τα ηλεκτρόδια έχουν μορφή δίσκων και περιστρέφονται με σταθερή γωνιακή ταχύτητα ενώ συγχρόνως πιέζονται στα προς συγκόλληση ελάσματα, τα οποία μετακινούνται και συγκολλούνται κατά μία γραμμή (ραφή). Το είδος αυτό ηλεκτροσυγκόλλησης βρίσκει εφαρμογή όπου απαιτείται στεγανότητα της σύνδεσης ή μεγάλος ρυθμός παραγωγής, αφού αυτό το είδος ηλεκτροσυγκόλλησης εκτελείται γρήγορα. Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης ραφής είναι δυνατό το ρεύμα να διαρρέει το ηλεκτρικό κύκλωμα είτε συνεχώς, οπότε επιτυγχάνεται συνεχής ραφή, είτε διακεκομμένα, οπότε έχουμε μία συνεχή σειρά από υπερκαλυπτόμενες συνήθως συγκολλήσεις κατά σημείο (Σχήμα 10(β)).

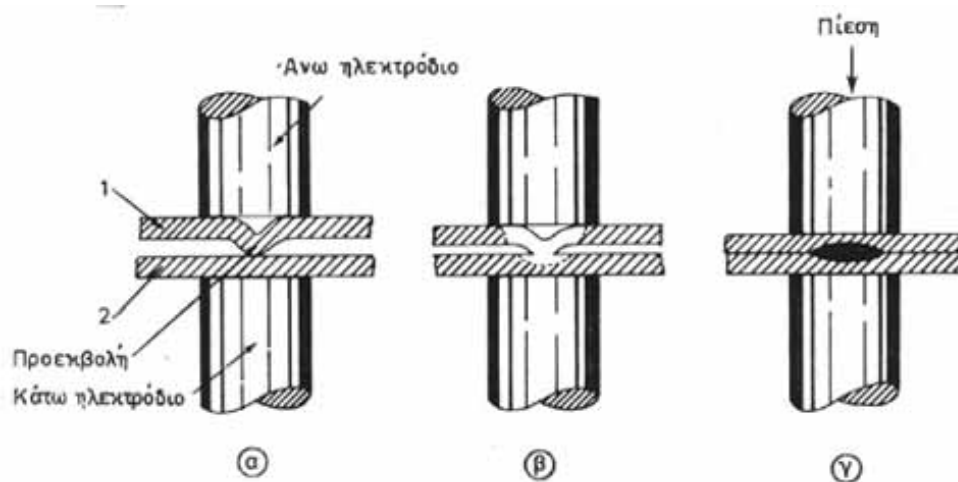


Σχή

μα 10 Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης ραφής

3. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης με προεκβολές

Είναι μία παραλλαγή της ηλεκτροσυγκόλλησης κατά σημεία. Εδώ η ροή του ρεύματος και η θέρμανση που προκύπτει εντοπίζονται στις προεκβολές που κάνουμε πριν από τη συγκόλληση στο ένα κομμάτι. Χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση χονδρών κομματιών, όπου η ηλεκτροσυγκόλληση κατά σημεία θα απαιτούσε πολύ ισχυρά ρεύματα και ψηλές πιέσεις. Ακόμα, επειδή τα ηλεκτρόδια έχουν μεγάλη επιφάνεια επαφής, η εμφάνιση της κόλλησης είναι αρκετά καλή.



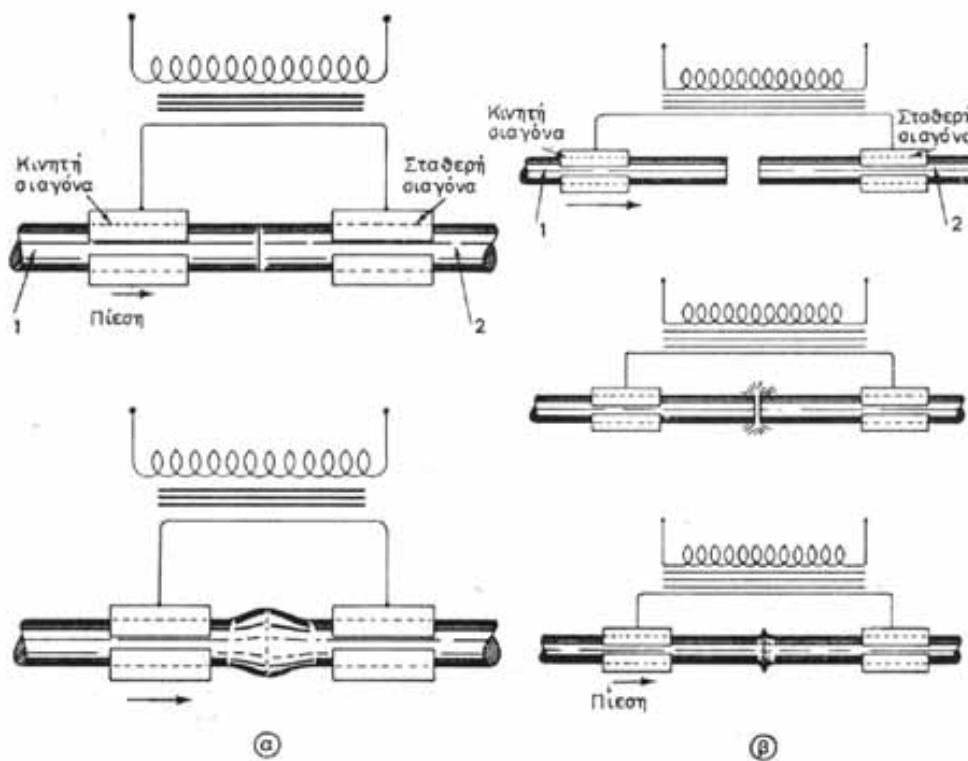
Σχήμα 11. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης με προεκβολές

Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης κατά άκρα

Χρησιμοποιείται στη σύνδεση ράβδων, σωλήνων, μορφοδοκών, ελασμάτων κ.ά. από χάλυβα ή μη σιδηρούχα μέταλλα ή κράματα στην εν σειρά παραγωγή. Ανάλογα με τρόπο η ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης διακρίνεται ως εξής:

- a. *Απλή ηλεκτροσυγκόλληση κατά άκρα* (Σχήμα 12(α)): Τα δύο προς συγκόλληση κομμάτια συγκρατούνται στερεά στις σιαγόνες της ειδικής μηχανής (η μία κινητή και η άλλη σταθερή) έτσι, ώστε οι επιφάνειες συγκόλλησης να βρίσκονται απέναντι η μία στην άλλη και να πιέζονται. Η πίεση που απαιτείται για τη συγκόλληση εφαρμόζεται πριν αρχίσει η ροή του ηλεκτρικού ρεύματος στο κύκλωμα και διατηρείται για λίγο ακόμα χρόνο μετά το κλείσιμο του κυκλώματος. Το διερχόμενο ρεύμα προκαλεί πύρωμα των κομματιών τα οποία διεισδύουν το ένα μέσα στο άλλο κατά προκαθορισμένο διάστημα, το οποίο έχουμε προηγουμένως ρυθμίσει στη μηχανή και όταν ολοκληρωθεί η διείσδυση διακόπτεται το ρεύμα και η συγκόλληση έχει γίνει. Οι προς

συγκόλληση επιφάνειες θα πρέπει να είναι καλά καθαρισμένες, παράλληλες και αρκετά καλά λειασμένες.



Σχήμα 12. (α) Απλή ηλεκτροσυγκόλληση πίεσεως κατά άκρα.

(β) Ηλεκτροσυγκόλληση πίεσεως κατά άκρα με τόξο

b. Ηλεκτροσυγκόλληση κατά άκρα με τόξο (Σχήμα 12(β)): Τα κομμάτια τοποθετούνται, όπως και προηγουμένως, στις σιαγόνες της μηχανής. Οι επιφάνειες συγκόλλησης φέρονται πολύ κοντά και κατόπιν εφαρμόζεται όση ηλεκτρική τάση απαιτείται, ώστε να ανάψει ηλεκτρικό τόξο ανάμεσα στα κομμάτια. Τα κομμάτια πλησιάζουν, το τόξο διατηρείται μέχρι που τα κομμάτια έρχονται σε επαφή. Στη θέση αυτή τα κομμάτια θα πρέπει να έχουν θερμανθεί στη θέση συγκόλλησης τόσο, όσο χρειάζεται. Λίγο πριν σβήσει το τόξο αρχίζει η άσκηση της πίεσης και τα κομμάτια

διεισδύουν το ένα μέσα στο άλλο. Μόλις η διείσδυση προχωρήσει όσο έχουμε ρυθμίσει τη μηχανή, διακόπτουμε το ρεύμα και η συγκόλληση έχει πραγματοποιηθεί.

2.3. ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

Η σωστή πορεία της συγκόλλησης εξαρτάται από τις συνθήκες ηλεκτρικής εκκένωσης στο χώρο του τόξου, καθώς και από τις ιδιότητες των παραμέτρων της πηγής ρεύματος.

Η πηγή ενέργειας για τη δημιουργία του τόξου είναι η ηλεκτρική ενέργεια που παρέχεται από μηχανές συγκόλλησης όπως:

1. τις γεννήτριες συγκόλλησης συνεχούς ρεύματος
2. τους μετασχηματιστές συγκόλλησης εναλλασσόμενου ρεύματος
3. τους ανορθωτές συγκόλλησης.

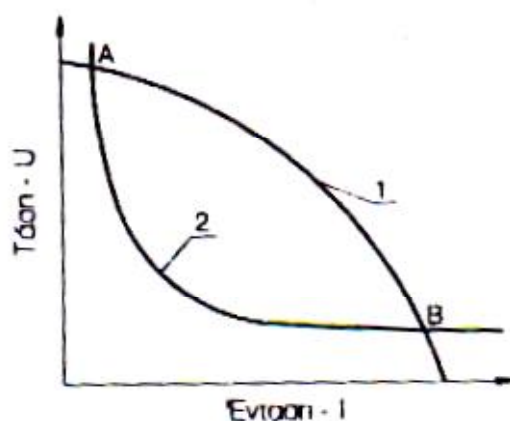
Χαρακτηριστικό αυτών των μηχανών συγκόλλησης είναι η ειδική κατασκευή που έχουν, συγκρινόμενες με τις γεννήτριες και τους μετασχηματιστές παραγωγής ρεύματος, γιατί παρέχουν τη δυνατότητα επίτευξης χαμηλής τάσης εργασίας (20 - 35 V) και τη διατήρηση σταθερού τόξου στα επιτρεπτά όρια. Η δε ένταση του ρεύματος συγκόλλησης ρυθμίζεται ανάλογα με τη δυναμικότητα της μηχανής συγκόλλησης.

2.3.1. Γεννήτριες συγκόλλησης συνεχούς ρεύματος

Η γεννήτρια συγκόλλησης συνεχούς ρεύματος είναι ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος που αποτελείται από τη γεννήτρια συγκόλλησης και του κινητήρα μετάδοσης (ηλεκτρικό ή εσωτερικής καύσης).

Η γεννήτρια συγκόλλησης πρέπει να ανταποκρίνεται στις ακόλουθες απαιτήσεις

- να διακρίνεται από μεγάλη αντοχή στους κραδασμούς και να προσαρμόζεται στις συνθήκες εκμετάλλευσης.
- να διακρίνεται από κατάλληλη εξωτερική στατική χαρακτηριστική, η οποία να ανταποκρίνεται στις απαιτήσεις επιβολής για κάθε πηγή τροφοδοσίας του ηλεκτρικού τόξου. Στις περισσότερες περιπτώσεις, η χαρακτηριστική πρέπει να είναι φθίνουσα (με απότομη πτώση) και να τέμνει τη στατική χαρακτηριστική του τόξου σε δύο σημεία (σχ. 13).



Σχήμα 13. Στατικές χαρακτηριστικές 1-γεννήτριας, 2- τόξου συγκόλλησης

- Το ρεύμα βραχυκύκλωσης της γεννήτριας συγκόλλησης πρέπει να έχει τιμή από 140-150% του ρεύματος συγκόλλησης.

Ακόμη πρέπει η γεννήτρια να είναι ανθεκτική στις συχνές βραχυκυκλώσεις του κυκλώματος συγκόλλησης.

- Οι γεννήτριες συγκόλλησης πρέπει να έχουν καλές δυναμικές ιδιότητες, δηλαδή γρήγορη αντίδραση στις μεταβολές που συμβαίνουν στο τόξο. Ο χρόνος καθορισμού της τάσης που χρησιμοποιείται στην περίοδο της διαδικασίας συγκόλλησης δεν πρέπει να ξεπερνά τα 0,05 sec.
- Οι γεννήτριες συγκόλλησης πρέπει να είναι εφοδιασμένες με ασφαλή εξοπλισμό, που να επιτρέπει τη γρήγορη ρύθμιση του ρεύματος.

Από την άποψη της λύσης του μαγνητοηλεκτρικού συστήματος, οι γεννήτριες συγκόλλησης διαιρούνται σε γεννήτριες με εγκάρσιο ηλεκτρικό πεδίο και σε γεννήτριες με κανονική ηλεκτρική διάταξη των πόλων. Οι γεννήτριες συγκόλλησης συνεχούς ρεύματος κινούνται περιστροφικά από τριφασικό ασύγχρονο ηλεκτρικό κινητήρα.

Κατασκευάζονται σε μερικά μεγέθη όπως:

- από 50 - 300 A
- από 60 - 500 A

α) Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος με εγκάρσιο μαγνητικό πεδίο

Ένας από τους τρόπους επίτευξης εξωτερικών στατικών χαρακτηριστικών με φθίνουσα πορεία είναι η χρησιμοποίηση γεννητριών με το λεγόμενο εγκάρσιο μαγνητικό πεδίο.

Εάν η γεννήτρια τεθεί σε κίνηση, ενώ το εξωτερικό κύκλωμα είναι ακόμα ανοιχτό, το κύριο μαγνητικό πεδίο διεγείρεται μεταξύ των κύριων πόλων της γεννήτριας εξαιτίας του παραμένουτος μαγνητισμού. Στις περιελίξεις του ρότορα, περιστρεφόμενου από τον ηλεκτρικό κινητήρα, δημιουργείται ηλεκτρομαγνητική δύναμη, η οποία προξενεί τη διέλευση

του ρεύματος στο κλειστό κύκλωμα με τον αγωγό Κ που ενώνει τις βοηθητικές ψύκρες S_2 .

Γύρω από τις περιελίξεις του ρότορα δημιουργείται εγκάρσιο μαγνητικό πεδίο, του οποίου τα διανύσματα των ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων είναι κάθετα στο κύριο πεδίο. Αυτό το πεδίο επαγάγει στις περιελίξεις του ρότορα νέα ηλεκτρομαγνητική δύναμη. Ως συνέπεια αυτού, στις κύριες ψύκρες S_1 εμφανίζεται τάση, επειδή το εξωτερικό κύκλωμα είναι ανοιχτό. Είναι η τάση της εν κενώ λειτουργία (OVC).

Με την έναρξη έναυσης του τόξου, το εξωτερικό κύκλωμα κλείνει και ως αποτέλεσμα της μεγάλης αντίστασης, η ένταση του ρεύματος αυξάνεται, ενώ με την ενίσχυση του κύριου μαγνητικού πεδίου έχουμε αντίστοιχη αύξηση του ρεύματος στο ρότορα, άρα και ενίσχυση του εγκάρσιου πεδίου και αύξηση της τάσης στις κύριες ψύκρες S_1 .

Αρχικά, όταν η ένταση του ρεύματος είναι ακόμη χαμηλή, έχουμε αύξηση της τάσης σε σχέση με την τάση του ανοιχτού κυκλώματος.

Όμως, εξαιτίας του μαγνητικού κορεσμού του κυκλώματος, η ενίσχυση του κύριου μαγνητικού πεδίου σε κάποια στιγμή παύει. Εμφανίζεται, όμως, ως αντίδραση του μαγνητικού πεδίου του ρότορα, το οποίο αποδυναμώνει το κύριο μαγνητικό πεδίο. Η αποδυνάμωση του κύριου μαγνητικού πεδίου έχει ως συνέπεια την ελάττωση του εγκάρσιου πεδίου, άρα την ηλεκτροδιεγερτική δύναμη επαγωγή του ρότορα. Ως επακόλουθο αυτού, η τάση στους ακροδέκτες της γεννήτριας πέφτει. Κατ' αυτόν τον τρόπο πετυχαίνεται η φθίνουσα καμπύλη της στατικής χαρακτηριστικής.

Η ρύθμιση του ρεύματος γίνεται συνεχόμενα σε δύο περιοχές. Η πρώτη περιοχή του ρεύματος συγκόλλησης με τάση 20-24 V αντιστοιχεί

σε 50 - 185 A, ενώ η δεύτερη περιοχή με τάση 24 - 30 V επιτρέπει τη ρύθμιση του ρεύματος στα όρια 160 - 300 A.

β) Γεννήτρια συνεχούς ρεύματος με κανονική διάταξη των μαγνητικών πόλων

Στην κατηγορία αυτού του είδους γεννητριών εντάσσονται πολλοί τύποι και έχουν πλατιά εφαρμογή στη βιομηχανία. Ένας από τους χρησιμοποιούμενους τύπους γεννητριών με κανονική διάταξη των μαγνητικών πόλων είναι οι γεννήτριες με περιελίξεις απομαγνητισμού. Παράδειγμα μπορεί να αποτελέσει η γεννήτρια αμερικανικής κατασκευής της φίρμας Lincoln

Η γεννήτρια αυτού του τύπου λειτουργεί όπως η κανονική γεννήτρια με περιελίξεις ξένης διέγερσης (1), με τη διαφορά ότι είναι εφοδιασμένη με απομαγνητισμένες περιελίξεις εν σειρά (2). Η ρύθμιση του ρεύματος συγκόλλησης γίνεται με τη μεταβολή του ρεύματος διέγερσης (αντίσταση R) ή με μεταβολή του ρεύματος στις περιελίξεις απομαγνητισμού (αντίσταση R_s). Σε περίπτωση αύξησης της αντίστασης (R_s) αυξάνεται και το ρεύμα απομαγνητισμού και απ' αυτό μειώνεται το ρεύμα συγκόλλησης.

Άλλοι τύποι γεννητριών είναι οι ειδικές γεννήτριες με διαχωρισμένους μαγνητικούς πόλους και οι γεννήτριες με ενισχυμένη αντίδραση του ρότορα.

2.3.2. Μετασχηματιστές συγκόλλησης

Κοινό χαρακτηριστικό των χρησιμοποιούμενων μετασχηματιστών συγκόλλησης είναι η παρουσία στο δεύτερο τύλιγμα της προσαρμοζόμενης αντίδρασης (επαγωγική αντίσταση).

Εξίσου, για τη χειρωνακτική συγκόλληση (ηλεκτροδίου) όπως και για τη μηχανοποιημένη (σύρματος), χρησιμοποιούνται μετασχηματιστές συγκόλλησης με φθίνουσα εξωτερική χαρακτηριστική. Η κατασκευή τους πρέπει να εξασφαλίζει τη δυνατότητα επίτευξης οικογένειας φθινουσών χαρακτηριστικών, για καθορισμένη περιογή ρύθμισης του ρεύματος συγκόλλησης. Η φθίνουσα χαρακτηριστική επιτυγχάνεται με την εισαγωγή στο κύκλωμα του ρεύματος επαγωγικής αντίστασης (reactance) με προσαρμοσμένη τιμή, έτσι ώστε να διευκολύνεται η ρύθμιση του ρεύματος συγκόλλησης. Συνήθως, αυτή είναι αντίδραση σκέδασης, μερικές φορές ενισχυμένη με πρόσθετα στραγγαλιστικά πηνία που έχουν προσαρμοζόμενη επαγωγικότητα.

α) Χαρακτηριστικά μεγέθη και λειτουργία των μετασχηματιστών συγκόλλησης

Μετασχηματιστές με στραγγαλιστικό πηνίο. Οι μετασχηματιστές αυτού του τύπου αποτελούνται από τρία τυλίγματα (ή περιελίξεις). Το πρωτεύον τύλιγμα 1, το τύλιγμα στραγγαλισμού 3 είναι συνδεδεμένα σε σειρά με το δευτερεύον τύλιγμα 2. Η ηλεκτρεγερτική δύναμη επαγόμενη, κατά τη διάρκεια φόρτισης, στο τύλιγμα 3 έχει αντίθετη κατεύθυνση προς την τάση του δευτερεύοντος τυλίγματος, που προξενεί η φθίνουσα πορεία της εξωτερικής στατικής χαρακτηριστικής του μετασχηματιστή.

Η ρύθμιση του ρεύματος συγκόλλησης στο μετασχηματιστή με το στραγγαλιστικό πηνίο στον κοινό πυρήνα επιτυγχάνεται με την αλλαγή του διακένου αέρος στο κύκλωμα του τυλίγματος στραγγαλισμού, με το κινητό εξάρτημα 4 του πυρήνα.

Οι μετασχηματιστές αυτού του τύπου κατασκευάζονται για μεσαία και μεγάλα ρεύματα συγκόλλησης.

Λειτουργία του μετασχηματιστή T - 1000 με στραγγαλιστικό πηνίο.

Ο μετασχηματιστής T - 1000 χρησιμεύει στην τροφοδότηση συσκευών για αυτόματη και ημιαυτόματη συγκόλληση με βυθιζόμενο τόξο κάτω από συλλίπασμα (σκόνης).

Ο μετασχηματιστής αυτός αποτελείται από τον πίνακα ελέγχου (χειρισμού) S, το μετασχηματιστή T καθώς και τον κινητήρα SW του ανεμιστήρα και τον κινητήρα SR μετατόπισης του πυρήνα. Ο μετασχηματιστής συγκόλλησης T αποτελείται από το πρωτεύον τύλιγμα 1, το δευτερεύον τύλιγμα 2 και το στραγγαλιστικό τύλιγμα 3. Το πρωτεύον τύλιγμα του μετασχηματιστή αποτελείται από δύο κλίμακες ζεύξης. Στην περίπτωση που κλείνει το πρωτεύον με την επαφή 4 και 5, επιτυγχάνεται στο δευτερεύον 68 V. Στην περίπτωση που το πρωτεύον κλείνει με τις επαφές 6 και 7 επιτυγχάνουμε 78 V. Τέτοια λύση εξασφαλίζει όσο το δυνατόν σταθερή τάση συγκόλλησης παρά την πτώση τάσης στο δίκτυο τροφοδοσίας, που είναι σύνηθες φαινόμενο κατά την εκμετάλλευση των αυτομάτων συγκόλλησης. Ο μετασχηματιστής συνδέεται με το δίκτυο με τους ακροδέκτες 8 και 9, ενώ το κύκλωμα συγκόλλησης συνδέεται με τους ακροδέκτες 10 και 11. Το κύκλωμα ελέγχου του μετασχηματιστή βρίσκεται στον πίνακα ελέγχου S, τροφοδοτούμενο από το μετασχηματιστή ΤΟ, ελαττώνοντας την τάση και συνδεδεμένο με τους ακροδέκτες 12 και 14

Ο κινητήρας του ανεμιστήρα και ο κινητήρας μετατόπισης του πυρήνα τροφοδοτούνται με τάση από το τριφασικό δίκτυο διαμέσου των επαφών 12, 13 και 14. Για την εκκίνηση του μετασχηματιστή, πρέπει στον πίνακα να γίνει η σύζευξη των ακροδεκτών 15 και 18.

Το σύστημα ελέγχου 5 χρησιμεύει για τη ρύθμιση των παραμέτρων συγκόλλησης, η οποία επιτυγχάνεται με την αλλαγή του διακένου αέρος. Η αλλαγή αυτή διενεργείται με το μετατοπιζόμενο εξάρτημα 4 του πυρήνα του μετασχηματιστή (σχ.21). Η μετατόπιση αυτή επιτυγχάνεται με τον τριφασικό κινητήρα SR διαμέσου του μειωτήρα στροφών. Η αλλαγή των φάσεων του κινητήρα ρύθμισης των παραμέτρων του ρεύματος συγκόλλησης επιτυγχάνεται με την πίεση των πλήκτρων w και m , τοποθετημένων στο περίβλημα του μετασχηματιστή. Σε περίπτωση πίεσης του πλήκτρου w , το κύκλωμα του ρεύματος κλείνει διαμέσου του πηνίου cw (τύλιγμα μεγαλύτερης περιοχής) του πλήκτρου m , του βραχυκυκλωμένου πλήκτρου w και των ακροδεικτών 15 και 18. Τέτοια διέλευση ρεύματος προξενεί τη δημιουργία μαγνητικού πεδίου στο πηνίου cw και την έλξη του πυρήνα rw , που προκαλεί τη ζεύξη των φάσεων του κινητήρα κατά τέτοιο τρόπο, ώστε η περιστροφική ταχύτητά του να προξενήσουν τη μείωση του διακένου αέρος και απ' αυτό την αύξηση του ρεύματος συγκόλλησης. Εάν πιέσουμε το πλήκτρο m , το κύκλωμα ρεύματος κλείνει με το πηνίο cm , προξενώντας την έλξη του πυρήνα m και τη ζεύξη των φάσεων του κινητήρα μετατόπισης του πυρήνα, που, κατά συνέπεια, θα προξενήσει την αλλαγή της διεύθυνσης περιστροφής του κινητήρα και την αύξηση του διακένου αέρος καθώς και την πτώση της τιμής του ρεύματος συγκόλλησης. Η ζεύξη και απόζευξη των παραπάνω περιγραφέντων κυκλωμάτων γίνονται με τους αποζεύκτες WKs και WKm .

Τα τεχνικά δεδομένα του μετασχηματιστή T-1000 είναι τα εξής:

Ρεύμα συγκόλλησης: κατά τη συνεχή εργασία	1000 A
κατά την εργασία με PJ60	815 A
Μέγιστο ρεύμα συγκόλλησης	1250 A

Τάση της εν κενώ λειτουργίας	69 : 78 V
Μέγιστη ισχύς	53 KVA
Τάση τροφοδοσίας	380 V
Συντελεστής ισχύος	0,55

Μετασχηματιστές με κινούμενο διακλαδωτήρα μαγνητικής ροής. Ο συνηθέστερος τρόπος επίτευξης της στατικής χαρακτηριστικής με απότομη κλίση στους μετασχηματιστές συγκόλλησης είναι η κατάλληλη διάταξη των τυλιγμάτων στις στήλες του πυρήνα έτσι, ώστε να επιτευχθεί σημαντική σκέδαση της μαγνητικής ροής. Η αύξηση της σκέδασης της μαγνητικής ροής μπορεί να επιτευχθεί με τη χρήση μαγνητικού διακλαδωτήρα, τοποθετημένου στη διαδρομή της. Η ρύθμιση του ρεύματος συγκόλλησης επιτυγχάνεται με την αλλαγή της θέσης του διακλαδωτήρα ως προς τον πυρήνα και τα τυλίγματα του μετασχηματιστή.

Οι ακραίες εξωτερικές χαρακτηριστικές επιτυγχάνονται με τις ακραίες θέσεις του διακλαδωτήρα της μαγνητικής ροής.

Ο διακλαδωτήρας μετακινείται με ειδική κοχλιωτή μετάδοση. Με το βίδωμα και το ξεβίδωμά του μεταβάλλεται η μαγνητική αντίσταση του κυκλώματος σκέδασης και απ' αυτό προξενείται αύξηση ή πτώση της τιμής της ροής σκέδασης, η οποία και επιτρέπει τη ρύθμιση του ρεύματος συγκόλλησης.

Οι μετασχηματιστές με μαγνητικό διακλαδωτήρα κατασκευάζονται για μικρές και μεσαίες τιμές ρεύματος συγκόλλησης. Έχουν απλή κατασκευή, μικρές διαστάσεις και μικρή μάζα.

Μετασχηματιστές ελεγχόμενοι με θυρίστορ (thyristor). Αυτοί αποτελούν την πιο σύγχρονη κατασκευαστική λύση των μετασχηματιστών συγκόλλησης στους οποίους το ρεύμα συγκόλλησης διαρρέεται με δύο θυρίστορ με ανάστροφη παράλληλη σύνδεση (αυτή είναι διπλή ανόρθωση). Η διάταξη του μετασχηματιστή ελεγχόμενου με θυρίστορ φαίνεται στο σχήμα 25. Υπάρχουν δύο τρόποι λύσης των συστημάτων ελέγχου του ρεύματος συγκόλλησης και δύο είδη εξωτερικών χαρακτηριστικών που συνδέονται μ' αυτά τα συστήματα.

1. Ο μετασχηματιστής έχει φθίνουσα εξωτερική χαρακτηριστική που προκύπτει από τη σταθερή σκέδαση της μαγνητικής ροής. Με πλήρες άνοιγμα των θυρίστορ επιτυγχάνεται το μέγιστο ρεύμα συγκόλλησης, ενώ η μείωση του ρεύματος επιτυγχάνεται με την αλλαγή της γωνίας αγωγής (διέγερσης) των θυρίστορ.
2. Ο μετασχηματιστής έχει κανονική σύζευξη των τυλιγμάτων, δηλαδή δύσκαμπτη εξωτερική χαρακτηριστική. Η φθίνουσα εξωτερική χαρακτηριστική του όλου συστήματος επιτυγχάνεται με τη χρησιμοποίηση αρνητικής ανάστροφης σύζευξης ρεύματος.

Μεταβάλλοντας τη γωνία αγωγής των θυρίστορ, μεταβάλλεται και η τιμή του ρεύματος συγκόλλησης. Το μέγιστο ρεύμα συγκόλλησης περιορίζεται από τις θερμικές συνθήκες των χρησιμοποιούμενων στοιχείων, κυρίως του μετασχηματιστή και των θυρίστορ.

Ο διακλαδωτήρας, συνδεόμενος παράλληλα με τους θυρίστορ, χρησιμεύει στην ομαλοποίηση της απότομης πορείας του ρεύματος, χαρακτηριστικό για τον έλεγχο φάσης με τους θυρίστορ και πολύ ανώφελο για τη σταθερότητα ανάμματος του τόξου συγκόλλησης. Ιδιαίτερα ανώφελη είναι η ασυνέχεια κατά τη διέλευση του ρεύματος όταν η ημιτονοειδής διαπερνά το μηδέν.

Τα πλεονεκτήματα αυτών των συστημάτων είναι: η απλότητα εκτέλεσης, η δυνατότητα διαμόρφωσης των χαρακτηριστικών καθώς και η δυνατότητα ελέγχου εξ αποστάσεως του ρεύματος.

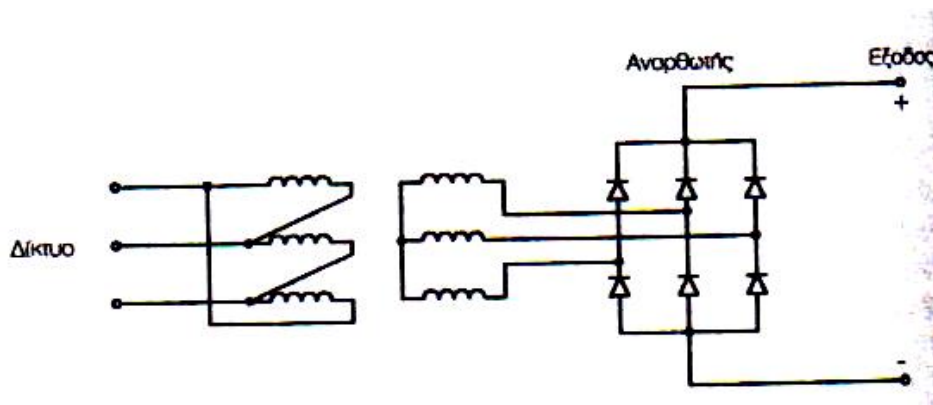
Το βασικό μειονέκτημα (σφάλμα) είναι η χειροτέρευση των ιδιοτήτων συγκόλλησης δια του συστήματος φάσεως ελέγχου του ρεύματος συγκόλλησης, ιδιαίτερα με μεγάλες γωνίες αγωγής των θυρίστορ. Οι μετασχηματιστές αυτού του τύπου Παράγονται για μεγάλες ισχύς τροφοδότησης των αυτομάτων συγκόλλησης.

2.3.3. Ανορθωτές συγκόλλησης

Οι ανορθωτές συγκόλλησης είναι μεταλλάκτες του εναλλασσόμενου ρεύματος σε συνεχές, με ανάλογη διαμόρφωση των εξωτερικών χαρακτηριστικών και με την απαιτούμενη περιοχή ρύθμισης του ρεύματος συγκόλλησης. Η εξέλιξη κατασκευής των ανορθωτών συγκόλλησης είναι απόλυτα συνδεδεμένη με την εξέλιξη των συγκροτημάτων ενεργοηλεκτρονικής, δηλ. των διόδων πυριτίου και θυρίστορ, με υψηλά ονομαστικά ρεύματα καθώς και με τα αυτόματα συγκροτήματα που επιτρέπουν τη διαμόρφωση των εξωτερικών χαρακτηριστικών, ανάλογα με τις ανάγκες της διαδικασίας συγκόλλησης. Με τη μεγάλη εξέλιξη αυτών των συγκροτημάτων, οι ανορθωτές συγκόλλησης αντικαθιστούν με επιτυχία άλλες πηγές ενέργειας ρεύματος συγκόλλησης.

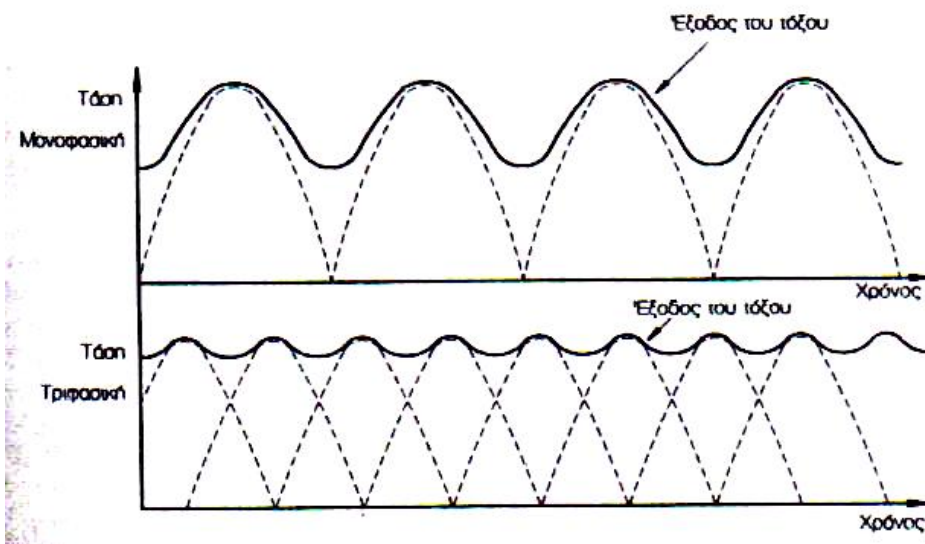
Ο ανορθωτής συγκόλλησης αποτελείται από το μετασχηματιστή τροφοδοσίας τη συσκευή ρύθμισης και το συγκρότημα ανόρθωσης. Συνήθως χρησιμοποιούνται τριφασικοί μετασχηματιστές, όμως ιδιαίτερα στις ΗΠΑ συναντώνται και μονοφασικοί μετασχηματιστές. Ως στοιχεία

ανόρθωσης χρησιμοποιούνται δίοδοι πυριτίου ή θυρίστορ (thyristors), συνδεόμενα συνήθως στο σύστημα τριφασικής γέφυρας.



Σχήμα 14. Απλός τριφασικός ανορθωτής συγκόλλησης πλήρους ανόρθωσης

Στον ανορθωτή συγκόλλησης, η εναλλασσόμενη τάση από το μετασχηματιστή διαρρέεται στο σύστημα του ανορθωτή, ο οποίος τη μεταλλάσσει σε συνεχή τάση (σχ. 14.). Το ρεύμα από τον ανορθωτή συγκόλλησης δεν είναι πλήρως συνεχές. Κυμαίνεται γύρω από τη μέση τιμή, με συχνότητα που αντιστοιχεί στην ημιπερίοδο του εναλλασσόμενου ρεύματος που εισέρχεται στον ανορθωτή. Το αποτέλεσμα αυτού του φαινομένου παρουσιάζεται στο σχήμα 15.



Σχήμα 15. Μορφή τάσεων

Στην περίπτωση τροφοδότησης μονοφασικού συνεχούς ρεύματος, έχει καθαρή κυμάτωση, με συχνότητα 100 Hz, η οποία στις περισσότερες χρήσεις πρέπει σε κάποιο βαθμό να αποσβεσθεί. Στην περίπτωση τριφασικού μετασχηματιστή, δηλαδή που έχει τρία τυλίγματα συνδεδεμένα στο δίκτυο τροφοδοσίας, μπορεί να χρησιμοποιηθεί παράλληλη ανόρθωση. Με το αποτέλεσμα αυτού επιτυγχάνεται σημαντική μείωση της κυμάτωσης, ενώ η πρόσθετη ωφελιμότητα είναι η ισομερή φόρτιση του δικτύου. Οι περισσότεροι ανορθωτές συγκόλλησης κατασκευάζονται με τριφασική τάση.

Για τη συγκόλληση με τη μέθοδο GMA (MIG), ο μετασχηματιστής έχει τυλίγματα εφοδιασμένα με λήψεις, έτσι που η τάση εξόδου μπορεί να τροφοδοτείται με το απαιτούμενο μήκος τόξου. Εφόσον η προσαρμογή της έντασης ρεύματος δεν απαιτείται, η πηγή ρεύματος αποτελείται μόνο από μετασχηματιστή και ανορθωτή.

Για τη συγκόλληση τόξου με επενδεδυμένο ηλεκτρόδιο και τη μέθοδο GTA (TIG) είναι απαραίτητη φθίνουσα χαρακτηριστική. Αυτή επιτυγχάνεται με τη σύζευξη του στραγγαλιστικού πηνίου στο κύκλωμα του εναλλασσόμενου ρεύματος ανάμεσα στο μετασχηματιστή και τον ανορθωτή. Πρέπει εδώ να επισημανθεί ότι το στραγγαλιστικό πηνίο αποτελεί τη σύνθετη αντίσταση (impedance) ή την φαινόμενη αντίσταση μόνο για το εναλλασσόμενο ρεύμα - συζευγμένο στο κύκλωμα του συνεχούς ρεύματος μετά τον ανορθωτή, θα είχε μόνο ασήμαντη επίδραση

στην καθορισμένη τιμή του ρεύματος. Αντιτίθεται, όμως, σε οποιοσδήποτε μεταβολές της έντασης του ρεύματος, καθυστερώντας την αύξηση ή την πτώση του. Η ιδιότητα αυτή αξιοποιείται στη μέθοδο GMA, κατά τη συγκόλληση χαλύβων με μικρές εντάσεις ρεύματος.

Με την αξιοποίηση σ' αυτή τη λύση την έξοδο από το πρόσθετο στραγγαλιστικό πηνίο, μπορεί να κατασκευασθεί πηγή συγκόλλησης που να παράγει εναλλασσόμενο και συνεχές ρεύμα.

Τέτοια πηγή προσφέρεται για τη συγκόλληση τόξου με επενδεδυμένο ηλεκτρόδιο και τη μέθοδο GTA. Αυτή η λύση είναι ιδιαίτερα ωφέλιμη, όταν εμφανίζονται διάφορα είδη συγκολλήσεων, αλλά είναι ακριβότερη από την ισοδύναμη πηγή μόνο για ρεύμα συνεχές ή εναλλασσόμενο. Τέτοια συνδυασμένη πηγή για συνεχές ρεύμα και εναλλασσόμενο, συνήθως τροφοδοτείται με μονοφασική τάση.

α) Δυσκολίες εμφανιζόμενες κατά την εργασία με πηγές συγκόλλησης

Όλες οι πηγές συγκόλλησης που περιγράφηκαν μέχρι τώρα χαρακτηρίζονται από σχετική απλότητα και σιγουριά. Σε σημαντικό βαθμό πληρούν τις απαιτήσεις της βιομηχανίας, έχουν, όμως, κάποια ελαττώματα και ελλείψεις, τα οποία μπορούν να μειωθούν σε σημαντικό βαθμό με επιδέξιο χειρισμό του χειριστή, σε συνδυασμό με την ανοχή της διαδικασίας, για μη μεγάλες μεταβολές της τάσης και έντασης του ρεύματος.

Οι ελλείψεις αυτές προκύπτουν και αποτελούν εμπόδιο, όταν αναμένουμε υψηλή ποιότητα των κολλήσεων και την επαναληπτικότητά τους ή όταν θέλουμε συγκόλληση αυτοματοποιημένη. Είναι δυνατόν να διακριθούν πέντε συγκεκριμένα προβλήματα:

- 1) Το πιο γνωστό πρόβλημα είναι η διακύμανση της τάσης του δικτύου, η οποία έχει αντίκτυπο στην τάση του τόξου. Εάν ελαττωθεί η τάση στο δίκτυο, τότε αναλογικά θα ελαττωθεί και η τάση στο τόξο. Παρόλο που γίνεται αποδεκτό ότι το δίκτυο τροφοδοτεί σταθερή τάση με ονομαστική τιμή, στην πρακτική η τάση του τριφασικού δικτύου στο τμήμα συγκολλήσεων (μηχανουργείο) στους ακροδέκτες τροφοδότησης της πηγής μπορεί να κυμαίνεται στην περιοχή από 350 μέχρι 400 V. Η τροφοδοτούμενη τάση εξαρτάται από διάφορους παράγοντες, στους οποίους όμως, ο χειριστής δεν μπορεί να ασκήσει επίδραση. Από την άποψη της πορείας συγκόλλησης, σημαντικό είναι ότι οι μεταβολές αυτές έχουν άμεση επίδραση στη συμπεριφορά του τόξου. Κατά τη συγκόλληση τόξου με επενδεδυμένο ηλεκτρόδιο και τη μέθοδο GTA, ο χειριστής εύκολα μπορεί να ισορροπήσει αυτές τις συνέπειες των μεταβολών της τάσης αλλά η ένταση του ρεύματος επίσης μεταβάλλεται και μπορεί να προξενήσει π.χ. καψίματα στη στρώση διείδυσης. Στη μέθοδο GMA η πτώση της τάσης μπορεί να προκαλέσει μετατόπιση του σημείου εργασίας στη στατική χαρακτηριστική (ενότητα Α), η οποία δε θα διορθωθεί με την αυτορρύθμιση και θα διατηρείται μέχρι τη στιγμή ισορρόπησης της στο δίκτυο. Μπορεί να προξενήσει εξίσου την αλλαγή του πλάτους της κόλλησης και του βάθους διείδυσης. Μπορεί, επίσης, να είναι η αιτία του σφάλματος που ονομάζεται ατελής τήξη.
- 2) Οι τρόποι που περιγράφηκαν με προσαρμογή της τιμής της έντασης ρεύματος δεν επιτρέπουν την ύπαρξη απότομων μεταβολών. Π.χ. στην τεχνική συγκόλλησης με παλμόρευμα, οι

απαιτούμενες μεταβολές της έντασης ρεύματος γίνονται από τη μεγάλη τιμή στη μικρή (από 50 μέχρι 100 φορές ανά δευτερόλεπτο). Σ' αυτές τις περιπτώσεις τα εφαρμοζόμενα επαγωγικά μέλη στις συμβατικές λύσεις δυσχεραίνουν την απότομη μεταβολή της έντασης του ρεύματος έτσι, ώστε δεν είναι δυνατόν να απαντηθεί γρήγορα.

- 3) Επίσης είναι δύσκολο να εισαχθεί χειρισμός εξ αποστάσεως στις περισσότερες πηγές που περιγράφηκαν. Εξαίρεση αποτελεί η χρήση κορεσμένου στραγγαλιστικού πηνίου, αλλά, όπως είδαμε, είναι λύση υψηλού κόστους.
- 4) Η διατήρηση των προσαρμοσμένων τιμών των παραμέτρων για ορισμένο χρονικό διάστημα είναι βασική απαίτηση για τον έλεγχο της ποιότητας. Κατά τη συγκόλληση τόξου με επενδεδυμένο ηλεκτρόδιο και τη μέθοδο GTA οδηγείται στον έλεγχο της έντασης του ρεύματος, ενώ η επαναληπτικότητα εξασφαλίζεται μόνο από την ικανότητα του χειριστή. Στη μέθοδο GMA εμφανίζεται μεγαλύτερος αριθμός μεταβολιστών, που στην περίπτωση της συνήθους πηγής μετασχηματιστή - ανορθωτή δεν είναι δυνατόν να εξασφαλισθεί ο απαιτούμενος, συνήθως περισσότερο περίπλοκος τρόπος συγκόλλησης.
- 5) Οι πηγές συγκόλλησης έχουν μεγάλες διαστάσεις, είναι βαριές και δύσκολα γίνονται μ' αυτές ελιγμοί. Οι μετασχηματιστές και τα στραγγαλιστικά πηνία είναι με τη μεγαλύτερη μάζα, εφόσον εισέρχονται στη σύνδεση της πηγής. Άλλα μέλη, όπως οι ανορθωτές, οι μεταδότες και οι ανεμιστήρες, δεν είναι βαριά, αλλά καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο.

Με την εξέλιξη των οργάνων των ημιαγωγών, τέτοιων όπως των τρανζίστορ, προέκυψαν ικανοί τρόποι για την επεξεργασία κατασκευών και λύσεων των ανωτέρων προβλημάτων.

β) Ανορθωτές ελεγχόμενοι με θυρίστορ

Στην παραδοσιακή πηγή συγκόλλησης, ο ανορθωτής είναι μη ελεγχόμενο μέλος. Αυτός μετατρέπει το εισερχόμενο εναλλασσόμενο ρεύμα στην έξοδό του σε συνεχές ρεύμα, μη επιδρώντας στην έντασή του. Εάν αντί του ανορθωτή διόδου χρησιμοποιηθεί σύστημα ανόρθωσης με θυρίστορ στη θέση των διόδων, τότε είναι δυνατόν να πραγματοποιηθεί έλεγχος με διέλευσης ρεύματος, με τη βοήθεια της εξ αποστάσεως σήμανσης.

Το θυρίστορ είναι όργανο ημιαγωγού, που διευκολύνει τη διέλευση ρεύματος προς μία κατεύθυνση, δηλ. συμπεριφέρεται όπως η απλή διάδος, αλλά άγει ρεύμα με θετική ημιπερίοδο, μόνο από τη στιγμή που θα δεχθεί στην πύλη του παλμό τάσεως ελευθέρωσης.

Απ' αυτή τη στιγμή, το ρεύμα θα διαρρέει μέχρι το τέλος της ημιπεριόδου. Εάν συμβεί αλλαγή της πολικότητας της τάσεως, τότε το θυρίστορ θα παύσει να έχει ρεύμα.

Σε τυπική εναλλασσόμενη πορεία, η μέση τιμή του ρεύματος εξαρτάται από το χρόνο διέλευσης (κατά τη διάρκεια της ημιπεριόδου). Άρα, εάν ο παλμός ελευθέρωσης έχει υστέρηση μετά από κάθε ημιπερίοδο, το ρεύμα θα διαρρέει με μικρότερο χρόνο, έτσι η μέση τιμή που θα μειωθεί. Σημαντικό είναι ότι η στιγμή απόδοσης του παλμού ελευθέρωσης στην πύλη του θυρίστορ καθορίζει την τιμή του εξερχόμενου ρεύματος του ανορθωτή και του κορεσμένου στραγγαλιστικού πηνίου συνολικά.

Το κύριο ελάττωμα του θυρίστορ είναι η δημιουργία ισχυρών κυματώσεων εξερχόμενου ρεύματος, οι οποίες μπορούν να μειωθούν με την είσοδο στραγγαλιστικού πηνίου στο κύκλωμα.

Οι πηγές καθοδήγησης με θυρίστορ είναι επιδεκτικότερες κατά τη συγκόλληση με επενδεδυμένο ηλεκτρόδιο και με τη μέθοδο GTA εξαιτίας της καθοδήγησης εξ αποστάσεως σ' αυτές τις μεθόδους.

γ) Πηγές συγκόλλησης με τρανζίστορ

Η έκφραση τρανζίστορ διαδόθηκε από τότε που τα ράδια με τρανζίστορ, οι τηλεοράσεις και η αναπαραγωγή των κασετών εισήλθαν στην καθημερινή χρήση. Υποθετικά, η πιο συχνά παρατηρούμενη ιδιότητα αυτών των προϊόντων είναι οι μικρές διαστάσεις. Ο τρόπος λειτουργίας του τρανζίστορ διευκόλυνε πλήρως τις νέες λύσεις των πηγών συγκόλλησης. Το τρανζίστορ μπορεί να χρησιμεύσει ως ενισχυτής ή ως αποζεύκτης.

Το τρανζίστορ χρησιμοποιούμενο ως ενισχυτής μεταβάλλει το διαρρέον απ' αυτό ρεύμα, ανάλογα με το σήμα ελέγχου. Εκ πρώτης όψεως, αυτό φαίνεται σαν το θυρίστορ, όμως η διαφορά είναι ουσιώδης. Στην περίπτωση του τρανζίστορ, το ρεύμα διαρρέεται απ' όλη την ημιπερίοδο, αλλά το εύρος του είναι μειωμένο.

Επιτυγχάνεται απ' αυτό, όμως, ρεύμα με μικρότερη κυμάτωση απ' ότι στο σύστημα με θυρίστορ.

Στο τρανζίστορ παράγεται μεγάλη ποσότητα θερμότητας, γεγονός που δημιουργεί πρόβλημα ψύξης. Το ρεύμα που άγεται από ένα τρανζίστορ έχει περιορισμένη τιμή. Στις εμφανιζόμενες εντάσεις κατά τη συγκόλληση, τα τρανζίστορ πρέπει να συνδέονται παράλληλα. Συναντώνται σύνθετες συνθέσεις από 100 μέχρι 150 τρανζίστορ. Τέτοιες

πηγές είναι μεγάλες και πολύ ακριβές, αλλά εγγυώνται έλεγχο μεγάλης ακρίβειας της τάσης και έντασης του ρεύματος.

Η άλλη δυνατότητα είναι η χρησιμοποίηση του τρανζίστορ ως αποζευκτήρα. Στην πιο απλή μορφή μπορεί ένα block τρανζίστορ να το εκμεταλλευθούμε για τη μεταβολή της τιμής του ρεύματος στο κύκλωμα με τη ζεύξη και απόζευξη των αντιστατών. Αυτός είναι δυνατός τρόπος για την αποδοχή του κατά τη συγκόλληση με ρεύμα μικρής έντασης - π.χ. μέχρι 10 A - όμως για μεγαλύτερες εντάσεις οι αντιστάτες είναι ακριβοί και, επιπλέον, πρέπει να ψύχονται εντατικά. Οι αντιστάτες μπορούν να μη χρησιμοποιηθούν τότε, όταν τα τρανζίστορ χρησιμοποιηθούν ως ταχείς αποζεύκτες. Η συχνότητα των αποζεύξεων συνήθως ισούται περ. με 5 kHz, ενώ η μέση τιμή της έντασης του ρεύματος εξαρτάται από το λόγο του χρόνου ζεύξης προς το χρόνο απόζευξης. Η ψύξη αποτελεί μικρότερο πρόβλημα, επειδή κατά κάποιο τρόπο αυτό συμβαίνει αυτενεργά, κατά τα διαστήματα ζεύξης - απόζευξης του τρανζίστορ. Υποθετικά, το μεγαλύτερο όφελος από τη χρήση της πηγής των τρανζίστορ είναι η δυνατότητα ρύθμισης της εξερχόμενης τιμής με τη βοήθεια των σημάτων ελέγχου με τα τρανζίστορ.. Κατ' αυτόν τον τρόπο μπορεί να ισοροπηθεί η επίδραση των ταλαντώσεων της τάσης του δικτύου. Είναι, επίσης, δυνατή η αλλαγή της σύζευξης εξόδου για φθίνουσα χαρακτηριστική ή επίπεδη (σταθερή). Τέλος, αρκετά σημαντικό πλεονέκτημα είναι η δυνατότητα προγραμματισμού της εξόδου - ιδιότητα ιδιαίτερα επιδεκτική στη χρησιμοποίηση της ρομποτικής συγκόλλησης.

δ) Πηγές συγκόλλησης μετατροπής (inverter)

Στην πραγματικότητα, τα τρανζίστορ, ως πηγές συγκόλλησης, δεν έχουν τόσα ελαττώματα όσο οι παραδοσιακές, όμως αποτελούν μεγάλη επένδυση, δύσκολη να εξηγηθεί εκτός από ειδικές χρήσεις, όπως π.χ. ερευνητικές εργασίες. Τα μειονεκτήματα αυτών είναι το μεγάλο βάρος και οι δυσκολίες μεταφορά. Αυτό προκύπτει, σε σημαντικό βαθμό, από το ότι και πάλι έχουν μετασχηματιστή μεγάλου βάρους. Η αξιοποίηση του μετατροπέα οδηγεί στην ολότητα νέας λύσης, η οποία δεν περιέχει μετασχηματιστή δικτύου.

Κατά κανόνα, ο μετατροπέας είναι σύστημα ημιαγωγών με μεγάλη ταχύτητα σύζευξης. Τροφοδοτούμενος με συνεχές ρεύμα, μπορεί να παράγει σειρά παλμών, των οποίων ο χρόνος διάρκειας και η συχνότητα είναι ελεγχόμενοι με μεγάλη ακρίβεια με το σύστημα ελευθέρωσης συζευγμένου πολλαπλά σ' ένα δευτερόλεπτο από τη μη αγωγή κατάσταση στην αγωγή κατάσταση και εκ νέου. Το σύστημα με τέσσερα θυρίστορ μπορεί, έτσι, να ελέγχεται ώστε στην έξοδο να επιτευχθεί σειρά παλμών εναλλάξ θετικοί και αρνητικοί, δηλαδή εναλλάσσει το συνεχές ρεύμα σε εναλλασσόμενο [απ' αυτό και η ονομασία μετατροπέας (inverter)].

Σημαντική ιδιότητα αυτής της μετατροπής είναι η δυνατότητα διατήρησης συχνότητας, που υπερβαίνει σημαντικά τη συχνότητα του δικτύου με 50 Hz. Αυτή κυμαίνεται στα όρια από 5 μέχρι 25 kHz.

Στην τροφοδοτική πηγή συγκόλλησης αντικαθίσταται ο βαρύς μετασχηματιστής δικτύου με τον ανορθωτή, που αποφέρει συνεχές ρεύμα με τάση 380 V (ή 220 V). Στη συνέχεια το ρεύμα μετατρέπεται σε εναλλασσόμενο ρεύμα μεγάλης συχνότητας, τροφοδοτούμενο σε ελαφρύτερο μετασχηματιστή, στον οποίο ελαττώνεται η τάση με απαραίτητη τιμή για την τροφοδοσία του τόξου κι έπεται το ρεύμα

ανορθώνεται. Επιτυγχάνεται συνεχές ρεύμα, το οποίο πριν την έξοδό του είναι φιλτραρισμένο, με σκοπό τη μείωση της κυμάτωσης. Τέτοια αξιοποίηση του μετατροπέα οδηγεί σε συμπαγή κατασκευή της πηγής συγκόλλησης.

Εκτός από τη μείωση της μάζας, οι πηγές μετατροπής έχουν κι άλλα πλεονεκτήματα. Ελέγχοντας με την εναλλασσόμενη πορεία του μεταλλάκτη, είναι δυνατόν, συγχρόνως, να γίνει αντιστάθμιση της ταλάντωσης της τάσης του δικτύου. Παρόμοια, μπορεί να ελέγχεται και η τάση του τόξου και να εισάγονται διορθώσεις, με σκοπό τη διατήρηση σταθερού μήκους του τόξου. Λογικό επακόλουθο αυτού είναι η εισαγωγή μνήμης για τον έλεγχο της πηγής με τέτοιο προγραμματισμό, ώστε οι προσαρμοσμένες συνθήκες ανάμματος του τόξου γρήγορα να σταθεροποιούνται.

Όπως φαίνεται, η σπουδαιότερη ιδιότητα αυτών των λύσεων των πηγών συγκόλλησης, είναι η ικανότητα για τον εξαναγκασμό γρήγορων μεταβολών στις παραμέτρους εξόδου, σε απάντηση των σημάτων ελέγχου.

Αυτό σημαίνει, επίσης, ότι η διαίρεση των πηγών σύμφωνα με την πορεία των χαρακτηριστικών, όπως παρουσιάστηκε προηγουμένως, όσον αφορά στις παραδοσιακές λύσεις, εδώ δεν απαιτείται. Το σταθερό ρεύμα ή η σταθερή τάση για καθορισμένο είδος εργασίας μπορεί να προσαρμοστεί με επιλογή κατάλληλου τρόπου ελέγχου στα ηλεκτρονικά κυκλώματα.

Μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου

Είναι ηλεκτρικές πηγές που παρέχουν ηλεκτρική ενέργεια με χαμηλή τάση (μερικών δεκάδων βολτ) και με μεγάλες εντάσεις (δεκάδων

ή εκατοντάδων ampere). Τις συναντάμε ως μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου συνεχούς η εναλλασσομένου ρεύματος. Οι πρώτες χρησιμοποιούνται ευρύτερα και αποτελούν ένα ηλεκτροπαραγωγό ζεύγος. Το ζεύγος αυτό αποτελείται από μία γεννήτρια συνεχούς ρεύματος με σύνθετη διέγερση και από μία κινητήρια μηχανή, η οποία είναι συνήθως τριφασικός ασύγχρονος κινητήρας βραχυκυκλωμένου διανομέα. Μπορεί, όμως, η κινητήρια μηχανή να είναι και μία μηχανή εσωτερικής καύσης και συνηθέστερα μία πετρελαιομηχανή.

Οι μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου εναλλασσομένου ρεύματος είναι ένας μετασχηματιστής του οποίου το πρωτεύον τύλιγμα έχει πολλές σπείρες ενώ το δεύτερο λιγότερες. Έτσι, επιτυγχάνεται μείωση τάσης στο δευτερεύον, στα άκρα του οποίου συνδέονται το ηλεκτρόδιο και το κομμάτι.

2.4. ΕΠΙΛΟΓΗ ΥΛΙΚΩΝ ΓΙΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

Η βασική ιδιότητα των προοριζόμενων υλικών για τις συγκολλητές κατασκευές είναι η συγκολλητότητα. Η έννοια της συγκολλητότητας είναι δύσκολο να οριστεί, παρακάτω αναφέρεται ένας ορισμός που διατυπώθηκε από το διεθνή οργανισμό ISO [B2]:

«Το μεταλλικό υλικό θεωρείται συγκολλησίμο για ορισμένη χρήση, εφόσον με τη βοήθεια της συγκόλλησης - με την εφαρμογή κατάλληλης τεχνικής συγκόλλησης - δημιουργείται αυτοτελή μεταλλική σύνδεση, η οποία πληροί τις απαιτήσεις που προκύπτουν από τις τοπικές ιδιότητες της σύνδεσης και την επίδρασή τους στην αντοχή της κατασκευής».

Ένας άλλος ορισμός που έχει δοθεί κατά DIN είναι ευρύτερος και χρησιμοποιείται περισσότερο. Σύμφωνα με αυτόν η συγκολλητότητα είναι μια συνισταμένη ιδιότητα που περιλαμβάνει τις εξής έννοιες:

- α) Παράγοντες που συνδέονται με τη συμπεριφορά του υλικού, κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης και η επίδραση της συγκόλλησης στις ιδιότητες του μητρικού υλικού. Οι παράγοντες αυτοί συνθέτουν την μεταλλουργική συγκολλητότητα.
- β) Παράγοντες που συνδέονται με την τεχνολογία εκτέλεσης και συγκόλλησης καθώς και με την επίδραση αυτής της τεχνολογίας στις ιδιότητες της σύνδεσης - τεχνολογική συγκολλητότητα.
- γ) Παράγοντες που αφορούν στη λύση του εξαρτήματος της κατασκευής, στο πάχος του υλικού. Οι παράγοντες αυτοί συνθέτουν την κατασκευαστική συγκολλητότητα.

Παρακάτω θα αναλυθεί η μεταλλουργική συγκολλητότητα που είναι η ιδιότητα που σχετίζεται με το υλικό των συγκολλούμενων τεμαχίων.

Η μεταλλουργική συγκολλητότητα διερευνά τα φαινόμενα που συμβαίνουν στο υλικό μετά την σύνδεση των υλικών με ορισμένη τεχνική συγκόλλησης. Η συγκολλητή σύνδεση αποτελείται από δύο βασικές ζώνες:

- Το τήγμα, που αποτελεί το υλικό που αποτίθεται από τα ηλεκτρόδια.
- Την θερμικά επηρεασμένη ζώνη (ΖΕΘ) των (μητρικών) υλικών που συνδέονται.

Κατά τη δημιουργία της συγκόλλησης, το υλικό των μητρικών τεμαχίων υπόκειται σε θερμική κατεργασία στη περιοχή γύρω από την

συγκόλληση που θερμαίνεται (ΖΕΘ). Έτσι η ζώνη αυτή αποκτά ανομοιογενή δομή, άρα και ανομοιογενείς μηχανικές ιδιότητες.

Η επίδραση της χημικής σύστασης του βασικού υλικού στη συγκολλητότητα χαρακτηρίζεται κυρίως από την επίδραση των διαφόρων προσθηκών κραμάτωσης, στον τρόπο με τον οποίο διασπάται ο ωστενίτης, κατά την ψύξη, καθώς και από την μετατόπιση της θερμοκρασίας του μαρτενσιτικού μετασχηματισμού.

Αν ο μαρτενσιτικός μετασχηματισμός συμβαίνει σε υψηλές θερμοκρασίες, ο μαρτενσίτης που τελικά σχηματίζεται είναι πιο πλαστικός και με μικρότερες εσωτερικές τάσεις. Αντίθετα αν ο μαρτενσίτης σχηματίζεται σε χαμηλές θερμοκρασίες, τότε είναι πιο σκληρός και εμφανίζει περισσότερες εσωτερικές τάσεις.

Για τους ανθρακοχάλυβες με περιεκτικότητα σε άνθρακα κάτω από 0,2%, η θερμοκρασία έναρξης του μαρτενσιτικού μετασχηματισμού είναι περίπου 400° C, αυξάνεται απότομα με την ελάττωση της περιεκτικότητας του άνθρακα και μειώνεται με την αύξησή του. Εξαιτίας αυτού, η περιεκτικότητα του άνθρακα έχει μεγάλη επίδραση στις ιδιότητες του μαρτενσίτη, ο οποίος εκφράζεται όχι μόνο με την θερμοκρασία του μαρτενσιτικού μετασχηματισμού, αλλά επίσης και με την σκληρότητα του μαρτενσίτη.

Γενικά επειδή είναι πολλοί οι παράγοντες που επιδρούν στην συγκολλητότητα ενός υλικού είναι απαραίτητη η δημιουργία ενός μεγέθους, που βάσει της χημικής σύστασης, να προσδίδει μια αρχική εκτίμηση της συγκολλητότητας. Το μέγεθος αυτό είναι το ισοδύναμο του άνθρακα που δε θα πρέπει να ξεπερνά μια καθορισμένη μέγιστη τιμή. Το μέγεθος αυτό έχει τυποποιηθεί από διεθνείς οργανισμούς, ενδεικτικά αναφέρονται κάποιοι παρακάτω:

- ã Το Διεθνές Ινστιτούτο Συγκόλλησης (ΔΙΣ) και η DNV (Det Norske Veritas) όρισαν το ισοδύναμο του άνθρακα, για χάλυβες αυξημένης αντοχής καλά συγκολλημένους ως εξής:

$$C_e = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr} + \text{V} + \text{Mo}}{5} + \frac{\text{Ni} + \text{Cu}}{15} \leq 0,45$$

- ã Για ανθρακοχάλυβες με χαμηλό άνθρακα ($C < 0,22\%$) το ισοδύναμο του άνθρακα δίνεται από την σχέση:

$$C_e = C + \frac{\text{Mn}}{6} \leq 0,4$$

- ã Για χάλυβες με αυξημένη αντοχή:

$$C_e = C + \frac{\text{Mn}}{10} \leq 0,32$$

Τέλος βάσει ιαπωνικών τυποποιήσεων, για χάλυβες με αυξημένη αντοχή το ισοδύναμο υπολογίζεται από τον ακόλουθο τύπο:

$$C_e = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Si}}{24} + \frac{\text{Cr}}{5} + \frac{\text{Ni}}{4} + \frac{\text{Mo}}{40} + \frac{\text{V}}{14} \leq 0,52$$

Όπου χημικό σύμβολο στους παραπάνω τύπους, τοποθετείται η περιεκτικότητα του υλικού στο αντίστοιχο χημικό στοιχείο.

Πρέπει να σημειωθεί ότι το ισοδύναμο του άνθρακα είναι μια μόνο μέθοδος με την οποία ελέγχεται η συγκολλητότητα ενός υλικού. Για να

είναι ολοκληρωμένη μια αρχική μελέτη συγκολλητότητας πρέπει να γίνει η ακόλουθη σειρά ελέγχων:

- Αρχική εκτίμηση συγκολλητότητας με βάση τη χημική σύσταση
- Υπολογισμός του ισοδύναμου του άνθρακα
- Αρχική εκτίμηση της συγκολλητότητας, με βάση τα διαγράμματα CCT
- Εκτίμηση της ικανότητας σκλήρυνσης με βάση τη δοκιμή Jominy.

2.5. ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΑ

Ανάλογα με τη σύνθεση της επένδυσης του ηλεκτροδίου για την συγκόλληση τόξου, τα ηλεκτρόδια διαιρούνται σε: όξινα, βασικά, ρουτιλίου, κυτταρίνης και οξειδωτικά [B2].

Όξινα ηλεκτρόδια: Η επένδυση τους είναι υψηλής περιεκτικότητας σε οξείδια Fe, Mn, Si και σιδηρομαγγανίου. Τα ηλεκτρόδια μπορούν να περιέχουν και σιδηρόσκονη σε μικρό ή μεγάλο βαθμό. Η σκουριά από τα όξινα ηλεκτρόδια είναι όξινη. Τα όξινα ηλεκτρόδια κατασκευάζονται με μέση ή παχιά επένδυση, η τήξη τους είναι σχετικά γρήγορη και μπορούν να φορτιστούν με μεγάλη ένταση ρεύματος. Είναι κατάλληλα για όλες τις θέσεις συγκόλλησης, για συνεχές και εναλλασσόμενο ρεύμα.

Βασικά ηλεκτρόδια: Η επένδυση αυτών των ηλεκτροδίων περιέχει μεγάλες ποσότητες ενώσεων ασβεστίου του άνθρακα και μαγνησίου. Το πάχος επένδυσης είναι αρκετά μεγάλο, η τήξη γίνεται με αργότερο ρυθμό από αυτή των όξινων ηλεκτροδίων. Είναι κατάλληλα για όλες τις θέσεις συγκόλλησης και δεν πρέπει να φορτίζονται με μεγάλη

ένταση ρεύματος. Στις περισσότερες εφαρμογές καταλληλότερο είναι να χρησιμοποιηθεί συνεχές ρεύμα για την συγκόλληση. Οι κυριότερες εφαρμογές των βασικών ηλεκτροδίων είναι στην συγκόλληση στιβαρών κατασκευών μεγάλων διατομών και στην συγκόλληση χαλύβων που συγκολλούνται δύσκολα.

Ηλεκτρόδια ρουτιλίου: Το εύρος του πάχους επένδυσης εκτείνεται από μέτριο ως μεγάλο και το υλικό τους περιέχει μεγάλες ποσότητες ρουτιλίου (TiO_2). Τα σχετικά ηλεκτρόδια τήκονται εύκολα, δεν παρουσιάζουν πιτσιλίσματα (μπιμπίκια) και προσφέρονται για όλες τις θέσεις συγκόλλησης με συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα. Οι χάλυβες που συγκολλούνται με τέτοια ηλεκτρόδια πρέπει να έχουν καλή συγκολλητότητα, γιατί διαφορετικά είναι δυνατό να εμφανιστούν στην συγκόλληση ρωγμές εν θερμώ. Η σκουριά που σχηματίζεται με αυτά τα ηλεκτρόδια είναι πορώδης.

Οξειδωτικά ηλεκτρόδια: Η παχιά επένδυση αυτών των ηλεκτροδίων αποτελείται κυρίως από οξείδια του σιδήρου ή του μαγγανίου. Η οξειδωτική σκουριά μειώνει την περιεκτικότητα του άνθρακα και του μαγγανίου στην κόλληση. Τα ηλεκτρόδια αυτά χρησιμοποιούνται για την συγκόλληση ανθρακοχαλύβων χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, ιδιαίτερα όταν απαιτείται καλή εμφάνιση των κολλήσεων και λιγότερο καλές μηχανικές ιδιότητες. Η σκουριά τους είναι ισχυρά πορώδης.

Ηλεκτρόδια κυτταρίνης: Είναι ηλεκτρόδια με επένδυση σημαντικής ποσότητας καυστικών οργανικών ουσιών. Κατά την συγκόλληση με αυτά τα ηλεκτρόδια δημιουργείται μεγάλη ποσότητα αερίων και οι σκουριές αφαιρούνται εύκολα. Η τήξη του συγκολλούμενου υλικού που δημιουργείται στην περιοχή της

συγκόλλησης είναι βαθιά και τέτοιου είδους ηλεκτρόδια προσφέρονται για συνεχές και εναλλασσόμενο ρεύμα. Η επιφάνεια της κόλλησης δεν είναι πολύ καλή, αλλά οι μηχανικές τους ιδιότητες είναι ικανοποιητικές.

Παρακάτω παρουσιάζεται η τυποποιημένη κωδικοποίηση των ηλεκτροδίων κατά ISO 2560-73 για τα επενδεδυμένα ηλεκτρόδια χειρονακτικής συγκόλλησης ανθρακοχαλύβων χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα και ελαφρά κραματωμένων χαλύβων. Η ταξινόμηση που γίνεται είναι βάσει:

- των μηχανικών ιδιοτήτων του εναποτιθέμενου υλικού.
- του είδους επένδυσης και του είδους ρεύματος.
- της θέσης συγκόλλησης.
- της ωφελιμότητας του εναποτιθέμενου υλικού.
- της περιεκτικότητας υδρογόνου στο εναποτιθέμενο υλικό.

Τα επενδεδυμένα ηλεκτρόδια για χειρονακτική συγκόλληση τόξου συμβολίζονται με το γράμμα E. Διαιρούνται σε δύο κλάσεις, αναλόγως των ιδιοτήτων αντοχής του εναποτιθέμενου υλικού. Όταν η αντοχή του εναποτιθέμενου υλικού σε εφελκυσμό είναι μεταξύ 430-510 Mpa τα ηλεκτρόδια συμβολίζονται με τον κωδικό 43, ενώ αν το παραπάνω μέγεθος αντοχής είναι μεταξύ 510-610 Mpa, τότε συμβολίζονται με κωδικό 51.

Καθεμία από τις δύο παραπάνω κλάσεις διαιρείται σε 5 κατηγορίες αναλόγως της αντοχής του εναποτιθέμενου υλικού σε δυσθραυστότητα και επιμήκυνση. Ο συμβολισμός που χρησιμοποιείται για την κωδικοποίηση της επένδυσης συμβολίζεται με τα εξής γραμματικά στοιχεία:

- A: όξινη
- AR: όξινη - ρουτιλίου

- B: βασική
- C: κυτταρίνης
- O: οξειδωτική
- R: ρουτιλίου (ηλεκτρόδιο μέσης επένδυσης)
- RR: ρουτιλίου (ηλεκτρόδια παχιάς επένδυσης)
- S: άλλο είδος επένδυσης

Κάθε ηλεκτρόδιο χρησιμοποιείται σε διαφορετική θέση συγκόλλησης. Ανάλογα λοιπόν με αυτό το κριτήριο τα ηλεκτρόδια κωδικοποιούνται με τους παρακάτω κωδικούς ως εξής:

- 1: όλες οι θέσεις
- 2: όλες οι θέσεις με εξαίρεση την κατακόρυφη από πάνω προς τα κάτω (κατεβατή συγκόλληση)
- 3: επίπεδη και πλευρική
- 4: επίπεδη
- 5: επίπεδη, πλευρική, τοίχου, κατακόρυφη από πάνω προς τα κάτω.

Τέλος αναλόγως της ωφελιμότητας του εναποτιθέμενου υλικού, τα ηλεκτρόδια κωδικοποιούνται βάσει του οφέλους του εναποτιθέμενου υλικού. Όφελος το εναποτιθέμενου υλικού (%) είναι ο λόγος της μάζας του επιτευχθέντος εναποτιθέμενου υλικού επενδεδυμένου ηλεκτροδίου, προς την λειωμένη μάζα του πυρήνα επενδεδυμένο ηλεκτροδίου. Αν το όφελος είναι μεταξύ 105-115% τότε χρησιμοποιείται η μέση τιμή του εύρους δηλ. το 110%. Συνήθως χρησιμοποιείται η σύντμηση της κωδικοποίησης του ηλεκτροδίου, χωρίς να συμπεριλαμβάνεται ο κωδικός της θέσης της συγκόλλησης και του οφέλους. Π.χ. Ο κωδικός E432R σημαίνει ηλεκτρόδιο ρουτιλίου, με αντοχή σε εφελκυσμό 500 Μρα,

σχετική επιμήκυνση 23% δυσθραυστότητα 71 J/cm² και θερμοκρασία 20° C.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

ΜΕΘΟΔΟΙ ΠΑΡΑΓΩΓΙΚΗΣ ΚΑΙ ΕΙΔΙΚΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

3.1. ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΕ ΑΔΡΑΝΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

Ο πρόσθετος εξοπλισμός που απαιτείται για την προστασία με αέριο περιλαμβάνει τη φιάλη με το αέριο και ένα ρυθμιστή ροής της παροχής του αερίου. Τα προστατευτικά αέρια, για συντομία, τα αποκαλούμε και με τον όρο «αέρια».



Σχήμα 16: Ρυθμιστής ροής αερίων: (A) Με μανόμετρο υψηλής και χαμηλής πίεσης (B) Με μανόμετρο υψηλής πίεσης και ροόμετρο

Τα αδρανή αέρια είναι το αργόν (Ar) και το ήλιο (He). Τα ενεργά αέρια είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) το οξυγόνο (O_2) και το σπανιότερα το άζωτο. Τα πλέον συνηθισμένα προστατευτικά αέρια είναι το αργόν και το CO_2 . Το CO_2 είναι ενεργό, επειδή σε μεγάλες θερμοκρασίες διασπάται σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και σε οξυγόνο. Ενεργά αέρια είναι, επίσης, και οι συνδυασμοί αδρανών και ενεργών αερίων. Πολύ διαδεδομένη είναι η χρήση αερίων με 75%-80% αργόν και 20-25% CO_2 .

Η κύρια αποστολή των αερίων είναι να προστατεύουν τη συγκόλληση από την ατμό-σφαιρα, δημιουργώντας γύρω από αυτήν ένα προστατευτικό περιβάλλον. Δηλαδή κάνουν ό,τι και η πάστα στα επενδυμένα ηλεκτρόδια.

Ελάχιστο είναι το ποσοστό του CO_2 που διασπάται, γι. αυτό το CO είναι σε ασήμαντη, ακίνδυνη περιεκτικότητα.



Σχήμα 17: Φιάλες αερίων: (Α) Χαλύβδινη (η εικονιζόμενη είναι για Αργόν) (Β) Αλουμινένια

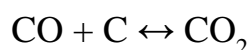
Επίσης, τα αέρια σταθεροποιούν το τόξο και ρυθμίζουν το βάθος διείσδυσης. Όπως α-ναπτύχθηκε στα επενδυμένα ηλεκτρόδια, αν θέλουμε βαθιά διείσδυση, χρησιμοποιούμε ηλε-κτρόδια κυτταρίνης και, αν θέλουμε πολύ σταθερό (μαλακό) τόξο, χρησιμοποιούμε ηλεκτρόδια ρουτιλίου. Δηλαδή, παρόλο που ο μεταλλικός πυρήνας και στις δύο περιπτώσεις είναι από το ίδιο υλικό, η αλλαγή του είδους της επένδυσης διαφοροποιεί τελείως τα τεχνικά χαρακτηριστικά της συγκόλλησης. Κάτι ανάλογο γίνεται και με τα προστατευτικά αέρια. Διατηρώντας δηλαδή την ίδια ποιότητα σύρματος και αλλάζοντας μόνο το προστατευτικό αέριο, μεταβάλλουμε τα χαρακτηριστικά της συγκόλλησης. Τα αέρια επηρεάζουν τη συγκόλληση ως εξής:

- Το CO₂ προκαλεί βαθιά διείσδυση και επιτρέπει τη συγκόλληση σκουριασμένων ε-πιφανειών. Θα πρέπει να σημειωθεί, επίσης, ότι έχει πολύ χαμηλό κόστος.
- Το αργόν (Ar) περιορίζει στο ελάχιστο τα πιτσιλίσματα και, έτσι, επιτρέπει στον η-λεκτροσυγκολλητή να έχει μεγαλύτερη παραγωγικότητα.
- Η προσθήκη CO₂ στο αργόν σταθεροποιεί το τόξο.
- Η προσθήκη μικρού ποσοστού οξυγόνου στο αργόν (1-2%), επίσης, σταθεροποιεί το τόξο και χρησιμοποιείται κυρίως στους ανοξειδωτους χάλυβες.

- Η προσθήκη ηλίου στο αργόν αυξάνει τη θερμοκρασία του τόξου και βελτιώνει τη διείδυση.

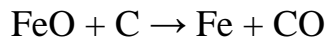
3.1.1. Η επίδραση του CO₂ και του οξυγόνου

Το CO₂ και το οξυγόνο είναι ενεργά αέρια και προκαλούν χημικές αντιδράσεις. Για να κά-νει ο ηλεκτροσυγκολλητής τη σωστή επιλογή του αερίου, πρέπει να γνωρίζει ποιες είναι αυτές οι αντιδράσεις και ποιες οι συνέπειές τους. Το CO₂, όπως ήδη αναφέρθηκε, διασπάται από το ηλεκτρικό τόξο σε CO και O. Η χημική αντίδραση, που λαμβάνει χώρα μεταξύ του CO και του άν-θρακα που περιέχεται στο χάλυβα, είναι η:



Η αντίδραση αυτή, όταν $\pi(\text{C}) > 0,12\%$, συμβαίνει από τα αριστερά προς τα δεξιά και δημιουργεί μικρή απανθράκωση του χάλυβα στο σημείο της ραφής, πράγμα μάλλον ευπρόσδεκτο, επειδή με αυτόν τον τρόπο η ραφή θα παρουσιάζει μικρότερη ευθραυστότητα. Όταν όμως ο χάλυβας έχει μικρή περιεκτικότητα άνθρακα, δηλαδή $\pi(\text{C}) < 0,12\%$, η αντίδραση συμβαίνει από τα δεξιά προς τα αριστερά και προκαλεί ενανθράκωση της ραφής, που είναι ιδιαίτερα επικίν-δυνη στους ανοξειδωτους χάλυβες, λόγω του σχηματισμού καρβιδίων του χρωμίου. Αυτά συ-γκεντρώνονται στα όρια των κόκκων και κάνουν τη ραφή εύθραυστη.

Το οξυγόνο, που προέρχεται από τη διάσπαση του CO₂, αντιδρά με το σίδηρο και σχημα-τίζει οξειδίο του σιδήρου (FeO). Αυτό είναι στερεό και εγκλωβίζεται στη μάζα του μετάλλου. Λίγο αργότερα αντιδρά με τον άνθρακα και έχουμε:



Το CO, που σχηματίζεται με αυτή την αντίδραση, δεν μπορεί να διαφύγει από την ημιστερεοποιημένη μάζα του μετάλλου και δημιουργεί στη ραφή πόρους και εσωτερικές τάσεις. Αυτό το πρόβλημα αντιμετωπίζεται με την προσθήκη αποξειδωτικών στο σύρμα ηλεκτροσυγκόλλησης, δηλαδή στοιχείων που έχουν μεγαλύτερη χημική συγγένεια με το οξυγόνο από ό,τι ο σίδηρος και ο άνθρακας. Ως αποξειδωτικά, συνήθως, χρησιμοποιούνται το μαγγάνιο (Mn), το πυρίτιο (Si) και, σπανιότερα, το αλουμίνιο (Al). Τα στοιχεία αυτά δημιουργούν σταθερά οξείδια τα οποία δε διασπώνται από τον άνθρακα και, έτσι, δεσμεύουν μόνιμα το οξυγόνο.

Λόγω του προβλήματος της ενανθράκωσης της ραφής, κατά τη συγκόλληση των ανοξείδωτων χαλύβων, ως σταθεροποιητής του τόξου χρησιμοποιείται το οξυγόνο, σε πολύ μικρό ποσοστό, συνήθως όχι άνω του 3%, δηλαδή το αέριο είναι Ar+1-3%O₂. Αν στο σύρμα υπάρχουν αποξειδωτικά (Mn, Si, Al), τότε αυτά δεσμεύουν τη μικρή αυτή ποσότητα οξυγόνου και έτσι δε δημιουργείται απανθράκωση στη ραφή. Ορισμένοι κατασκευαστές αναφέρουν ως εναλλακτική λύση και την Ar+3%CO₂.

Παράδειγμα (από μία πραγματική εφαρμογή): Σε ένα σύρμα με χημική σύνθεση π(C)=0,06%, π(Si)=0,62%, π(Mn)=0,7%, μετά τη συγκόλληση παρατηρήθηκαν στο εναποτιθέμενο μέταλλο οι περιεκτικότητες του παρακάτω πίνακα (2).

3.1.2.

Πίνακας (3): Συμβολισμός των προστατευτικών αερίων		
Αέριο	ISO-14175	ISO-14341
Ar	I1	-
He	I2	-
Ar + He	I3	-
CO ₂	C1	C
Ar + 1-3% O ₂	M13	A
Ar + 20-25% CO ₂	M21	M

Συμβολισμός και εφαρμογές των προστατευτικών αερίων

Πίνακας (2): Εναποτιθέμενο μέταλλο από σύρμα με σύνθεση $\pi(C)=0,06\%$, $\pi(Si)=0,62\%$, $\pi(Mn)=0,7\%$				
	Αέριο	Εναποτιθέμενο μέταλλο %		
		$\pi(C)$	$\pi(Si)$	$\pi(Mn)$
Αρχική κατάσταση	-	0,06	0,62	0,70
Συγκόλληση με:	Καθαρό CO ₂	0,13	0,46	0,51
	Αργόν + 20% CO ₂	0,10	0,56	0,62
	Αργόν + 1% οξυγόνο	0,06	0,60	0,65

Αν και τα αέρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη MIG/MAG είναι πολλά, αυτά που έχουν ευρεία χρήση είναι τα εξής τέσσερα: Αργόν (Ar), Ήλιο (He), CO₂, Ar + 20-25% CO₂ και Ar + 1-3% O₂. Το καθένα από τα μείγματα έχει συγκεκριμένο συμβολισμό, όπως φαίνεται και στον πίνακα (9-2). Το ISO-14175 περιγράφει όλα γενικά τα αέρια των ηλεκτροσυγκολλήσεων και με βάση αυτό, με το .I. συμβολίζονται τα αδρανή αέρια, με το .C. τα μείγματα του CO₂ και με το .M. τα ενεργά μείγματα που βασίζονται στο Ar. Στο ISO-14341, το οποίο αναφέρεται στα σύρματα ηλεκτροσυγκόλλησης, οι συμβολισμοί των C1, M13, M21 απλοποιούνται αντίστοιχα σε C, A, M και με αυτά τα σύμβολα υπεισέρχονται στην περιγραφή των συρμάτων. Τα αέρια Ar, He και Ar+He (δηλαδή τα I1, I2, I3) δε χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση χαλύβων με MIG/MAG.

Οι εφαρμογές των αερίων στην ηλεκτροσυγκόλληση, κυρίως, έχουν ως εξής:

- Στην TIG χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά το Ar, ανεξάρτητα από το είδος του μετάλλου βάσης. Σε μερικές εφαρμογές χρησιμοποιείται μείγμα του Ar με το He.
- Στις συγκολλήσεις αλουμινίου, είτε πρόκειται για TIG είτε για MIG, χρησιμοποιείται, επίσης, σχεδόν αποκλειστικά το Ar και σε μερικές εφαρμογές το μείγμα Ar με He.
- Στις συγκολλήσεις ανοξείδωτων χαλύβων χρησιμοποιείται το Ar+1-3% O₂ (συνήθως όμως το O₂ δεν υπερβαίνει το 2%). Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί Ar+3%CO₂.

- Στις συγκολλήσεις MIG/MAG ή FCAW, των ανθρακούχων χαλύβων ή των ελαφρά κραματικών χαλύβων, όταν επιδιώκουμε να έχουμε βαθιά διείσδυση, χρησιμοποιείται το CO₂. Για ομαλή συγκόλληση με πολύ σταθερό τόξο, με καλή εμφάνιση και με ελάχι-στα πιτσιλίσματα, προτιμότερο είναι ένα μείγμα του Ar με 20-25% CO₂ ή με 1-3% O₂. Δε χρησιμοποιείται καθαρό Ar, επειδή η συγκόλληση αυτών των χαλύβων απαιτεί την παρουσία και κάποιας ποσότητας ενεργού αερίου.

Η επιλογή του αερίου στους ανθρακούχους και ελαφρά κραματικούς χάλυβες, στην περί-πτωση της MIG/MAG θυμίζει την αντίστοιχη επιλογή του είδους των επενδυμένων ηλεκτροδίων (κυτταρίνης ή ρουτιλίου). Όμως, όπως θα δούμε, υπάρχουν και άλλα κριτήρια για τη σωστή επιλογή.

Όσον αφορά τη χρήση κάποιου σύρματος ηλεκτροσυγκόλλησης, με αέριο διαφορετικό από το κανονικά προβλεπόμενο, ως γενικοί κανόνες ισχύουν οι εξής:

- Τα σύρματα για τα οποία προβλέπεται η χρήση τους μόνο με Ar ή μόνο με Ar+1-3% O₂, δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν με κανένα άλλο αέριο.
- Οι περιπτώσεις των συρμάτων που μπορούν να χρησιμοποιηθούν μόνο με το CO₂ και δεν επιδέχονται κανένα άλλο αέριο είναι ελάχιστες.
- Τα σύρματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν με CO₂ συνήθως λειτουργούν καλά και με μείγμα Ar με 20-25% CO₂ ή με 1-3% O₂. Να αποφεύγεται όμως το καθαρό Ar.

- Τα σύρματα που προβλέπεται να χρησιμοποιηθούν με Ar+20-25% CO₂, συνήθως μπορούν να χρησιμοποιηθούν και με Ar+1-3% O₂. Δεν μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν με CO₂, ενώ πρέπει να αποφεύγεται το καθαρό Ar.

3.1.3. Τα σύρματα και οι ράβδοι ηλεκτροσυγκόλλησης

Για το πόσο μεγάλη σημασία έχει για τον ηλεκτροσυγκολλητή η γνώση της τυποποίησης των αναλωσίμων υλικών της ηλεκτροσυγκόλλησης αναφερθήκαμε και στο προηγούμενο κεφάλαιο. Επαναλαμβάνουμε ότι: καλός ηλεκτροσυγκολλητής δεν είναι αυτός που ξέρει μόνο να κολλάει καλά, αλλά που ξέρει και να επιλέγει το κατάλληλο υλικό που θα χρησιμοποιήσει. Το θέμα της τυποποίησης είναι πολύ σοβαρό και πρέπει να επιμείνουμε για να τη μάθουμε πολύ καλά. Είναι η γνώση που δείχνει την ανωτερότητα του μορφωμένου ηλεκτροσυγκολλητή έ-ναντι ενός άλλου που έμαθε να κολλάει στην πράξη, χωρίς καμία επιστημονική κατάρτιση.

Η τυποποίηση που υποχρεωτικά ισχύει στη χώρα μας, είναι κατά ISO, EN και ΕΛΟΤ. Στην πράξη όμως, στην τεχνολογία των ηλεκτροσυγκολλήσεων, είναι διαδεδομένη και η πολύ απλή τυποποίηση κατά AWS. Ως εκ τούτου, είναι υποχρεωμένος ο ηλεκτροσυγκολλητής να γνωρίζει την τυποποίηση των συρμάτων και των ράβδων τόσο κατά AWS όσο και κατά ISO. Όπως είδαμε, στα επενδυμένα ηλεκτρόδια, η τυποποίηση κατά AWS έχει ενσωματωθεί στο ISO (με μόνη σχεδόν αλλαγή στο σύστημα μονάδων). Δεν έχει συμβεί όμως κάτι παρόμοιο και

με τα σύρματα και τις ράβδους ηλεκτροσυγκόλλησης. Γι. αυτό, στη συνέχεια, θα αναφερθούμε στην ονομασία που ακολουθείται και στα δύο συστήματα τυποποίησης.

Το χαρακτηριστικό της τυποποίησης κατά AWS είναι η απλότητά της και η ευκολία απομνημόνευσης που προσφέρει. Επίσης, πρόκειται για ένα πλήρες σύστημα τυποποίησης, ό-που συμπεριλαμβάνονται τα πάντα, όπως π.χ. η τυποποίηση των ηλεκτροδίων του αλουμινίου και των χυτοσιδήρων για τα οποία δεν υπάρχουν αντίστοιχα πρότυπα κατά ISO. Η ονομασία όμως των ηλεκτροδίων, από μόνη της, δε δίνει όλες τις πληροφορίες που, ενδεχομένως, να χρει-άζονται, ενώ οι μονάδες που χρησιμοποιούνται είναι του συστήματος I-P.

Στις ηλεκτροσυγκολλήσεις που γίνονται κάτω από προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου δεν έχουμε πολλά είδη αναλωσίμων υλικών (σύρματα, ράβδους). Υπάρχει μόνο ένας σχετικά μικρός αριθμός διαφορετικών υλικών που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα διάφορα αέρια. Η κατάσταση παρουσιάζεται τελείως διαφορετική από αυτήν που συναντήσαμε στα επενδυμένα ηλε-κτρόδια, όπου υπάρχει ένα πλήθος διαφορετικών ηλεκτροδίων που έχουν πυρήνα από το ίδιο υλικό και οι ιδιότητές τους μεταβάλλονται εξ αιτίας των πολλών ειδών πάστας που υπάρχουν. Αναλυτικά θα αναφερθούμε στην τυποποίηση αργότερα. Οι πλέον χρήσιμοι τύποι συρμάτων και ράβδων ηλεκτροσυγκόλλησης που χρησιμοποιούνται στους ανθρακούχους χάλυβες είναι οι εξής:

- Για τη MIG/MAG: Το G3Si1 που έχει $\pi(\text{Mn})=1,5\%$ ($3 \times 0,5=1,5\%$) και $\pi(\text{Si})=1\%$, με αντί-στοιχη ονομασία κατά AWS την ER70S-6 (το 70 σημαίνει αντοχή 70000 psi ή $70 \times 7=490$ MPa και με το 6 βρίσκουμε τα λοιπά χαρακτηριστικά από πίνακες).

- Για την TIG: Το W3Si1 με αντίστοιχη ονομασία κατά AWS την ER70S-3. Η επεξήγηση των ονομασιών είναι προφανής (το W σημαίνει ράβδος, το G σύρμα, το T σωληνωτό σύρμα).
- Για την FCAW: Σε κλειστό χώρο χρησιμοποιείται το T462PM (ή το T422PM). Το 46 σημαίνει αντοχή 460 MPa, το 2 αφορά τη δυσθραυστότητα, το P ότι η περιεχόμενη πάστα είναι ρουτιλίου και το M υποδηλώνει ότι το είδος του αερίου είναι Ar+25%O₂. Σε ανοικτό χώρο χρησιμοποιείται το T462W το οποίο δε χρειάζεται προστατευτικό αέριο. Το W υποδηλώνει επένδυση ρουτιλίου ή βασική. Οι αντίστοιχες ονομασίες κατά AWS είναι ER70T-1 για το T462PM (ή για το T422PM) και ER70T-4 για το T462W.

Οι παραπάνω ονομασίες είναι χαρακτηριστικές για τον τρόπο τυποποίησης και σ. αυτά τα πλαίσια, όπως θα δούμε, κινείται η τυποποίηση όλων των συρμάτων και των ράβδων. Λίγο πιο περίπλοκη είναι η τυποποίηση των σωληνωτών συρμάτων λόγω της περιεχόμενης πάστας και της ανάγκης ή μη ύπαρξης προστατευτικού αερίου, αλλά και πάλι είναι πιο απλή από την αντίστοιχη τυποποίηση των επενδυμένων ηλεκτροδίων.

3.1.4. Υλικά που συγκολλούνται σε ατμόσφαιρα προστατευτικού αερίου

Πίνακας (4): Το πεδίο εφαρμογής των διαφόρων ειδών συγκόλλησης						
Πεδίο εφαρμογής:	Σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου			Χωρίς προστασία αερίου		
	MIG MAG	TIG	FCAW με αέριο	FCAW χωρίς αέριο	MMA	Οξυγό- νο- Ασετιλ ίνη
Λεπτά ελάσματα	Ναι	Άριστη	Όχι	Όχι	Όχι	Άριστη
Ανθρακούχοι χάλυβες	Άριστη	Άριστη	Άριστη	Άριστη	Άριστη	Ναι
Ανοξείδωτοι χάλυβες	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Άριστη	Ναι
Χυτοσίδηρος	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Άριστη	Ναι
Αλουμίνιο	Άριστη	Άριστη	Όχι	Όχι	Μάλλον όχι	Ναι
Παραγωγικότητα	Άριστη	Μικρή	Άριστη	Άριστη	Μέτρια	Μικρή
Χρήση σε ανοικτό χώρο	Όχι	Όχι	Όχι	Άριστη	Άριστη	Ναι

Στον πίνακα 4, βλέπουμε ένα συγκριτικό πίνακα μεταξύ των διαφόρων ειδών ηλεκτροσυγκόλλησης. Παρατηρούμε ότι η MMA είναι η μοναδική μέθοδος που προσφέρεται για συγκόλληση χυτοσιδήρου και η καλύτερη για τη συγκόλληση ανοξείδωτων χαλύβων. Αντίθετα, οι συγκολλήσεις αερίου είναι ιδιαίτερα κατάλληλες για συγκόλληση αλουμινίου και λεπτών ελασμάτων. Η συγκόλληση των λεπτών ελασμάτων έχει μεγάλη σημασία στην τεχνολογία των αυτοκινήτων και αυτό είναι και το μεγάλο πλεονέκτημα των μεθόδων συγκόλλησης σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου.

Το πάχος του ελάσματος στο σύστημα SI μετριέται σε mm, αλλά είναι πολύ διαδεδομένο το σύστημα σε gauge, που χρησιμοποιείται, κυρίως, στις χώρες που εφαρμόζουν το I-P. Ο τεχνικός των αυτοκινήτων οφείλει όμως να το γνωρίζει. Στον πίνακα 4, δίνουμε τη σχέση μεταξύ

ιντσών και της κλίμακας gauge. Για να μετατρέψουμε τα gauge σε mm, πολλαπλασιάζουμε με το 25,4 την αντιστοιχία των gauge με ίντσες που παίρνουμε από τον πίνακα. Προσέξτε ότι άλλη σημασία έχει η κλίμακα gauge στον ανθρακούχο χάλυβα, στον ανοξείδωτο χάλυβα και στο αλουμίνιο. Στην αγορά, τον ανθρακούχο χάλυβα τον βρίσκουμε μέχρι 24 gauge ή 0,6 mm.

Πίνακας 5: Η κλίμακα των gauge

Gauge	Ανθρακοχάλυβες	Αλουμίνιο	Ανοξείδωτοι χάλυβες
03249	.3125
12893	.2812
22576	.2656
3	.2391	.2294	.2500
4	.2242	.2043	.2344
5	.2092	.1819	.2187
6	.1943	.1620	.2031
7	.1793	.1443	.1875
8	.1644	.1285	.1719
9	.1495	.1144	.1562
10	.1345	.1019	.1406
11	.1190	.0907	.1250
12	.1046	.0808	.1094
13	.0897	.0720	.0937
14	.0747	.0641	.0781
15	.0673	.0571	.0703
16	.0598	.0508	.0625
17	.0538	.0453	.0562
18	.0478	.0403	.0500
19	.0418	.0359	.0437
20	.0359	.0320	.0375
21	.0329	.0285	.0344
22	.0299	.0253	.0312
23	.0269	.0226	.0281

24	.0239	.0201	.0250
25	.0209	.0170	.0219
26	.0179	.0159	.0187
27	.0164	.0142	.0172
28	.0149	.0126	.0156
29	.0135	.0113	.0141

3.2. ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ MIG/MAG

Στην ηλεκτροσυγκόλληση M.I.G. (Metal Inert Gas) το ηλεκτρόδιο αποτελεί και το συγκολλητικό υλικό. Το ηλεκτρόδιο δηλαδή καταναλίσκεται και τροφοδοτείται στη συγκόλληση από μία κουλούρα σύρματος. Το αέριο που χρησιμοποιείται είναι αργό ή μείγμα αργού με άλλα αδρανή αέρια. Το ηλεκτρόδιο στη συγκόλληση M.I.G. συνδέεται στο θετικό πόλο, σε αντίθεση με το ηλεκτρόδιο στη μέθοδο T.I.G., που συνδέεται στον αρνητικό πόλο και έτσι λιώνει ευκολότερα.

Στην ηλεκτροσυγκόλληση M.A.G. (Metal Actif Gas) χρησιμοποιούνται ανθρακικά αέρια (διοξείδιο του άνθρακος CO₂) ή μείγμα ανθρακικών αερίων και αργού. Το συγκολλητικό υλικό είναι σύρμα κυρίως από μαγγάνιο και πυρίτιο, ενώ περιέχει και πρόσθετα άλλων μετάλλων.

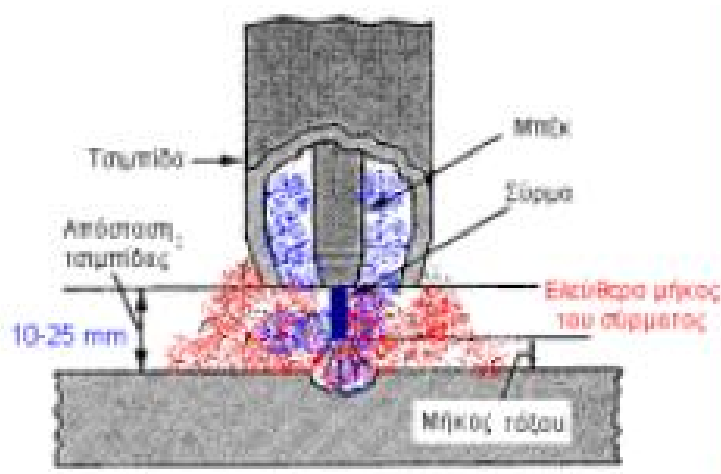
Η MIG/MAG είναι η πλέον διαδεδομένη σήμερα μέθοδος ηλεκτροσυγκόλλησης και θα επιμείνουμε σ. αυτήν ιδιαίτερα. Θεωρείται το ευκολότερο είδος ηλεκτροσυγκόλλησης που υπάρχει. Η εκτέλεση όμως καλών ηλεκτροσυγκολλήσεων με MIG/MAG ή η επίτευξη υψηλής παραγωγικότητας, χρειάζονται αρκετή εξάσκηση. Η εναλλακτική ονομασία της MIG/MAG είναι η GMAW που χρησιμοποιείται πολύ συχνά και καλύπτει τόσο τον όρο MIG, όσο και τον MAG.

Η ηλεκτροσυγκόλληση των χαλύβων (ανθρακούχων, ελαφρά κραματικών χαλύβων ανο-ξειδωτων) είναι πάντοτε MAG, επειδή το αέριο είναι πάντα ενεργό. Ο συνδυασμός του Ar με οποιοδήποτε άλλο ενεργό αέριο, είναι προφανώς ενεργό αέριο, ενώ οι χάλυβες ουδέποτε συγκολλούνται με καθαρό Ar. Ο πλέον διαδεδομένος τρόπος συγκόλλησης είναι με σύρμα G3Si1 και με αέριο CO₂. Όσο μικρότερη είναι η διάμετρος του σύρματος, τόσο καλύτερη ποιότητα ηλεκτροσυγκόλλησης επιτυγχάνεται, αλλά η διαδικασία μπορεί να είναι αντιπαραγωγική. Με το πιο λεπτό σύρμα, G3Si1- Φ 0,6 mm μπορούν να συγκολληθούν ελάσματα από πάχος 0,6 μέχρι και 5 mm. Γι. αυτό, το σύρμα αυτό είναι το πλέον κατάλληλο για τα συνεργεία αυτοκινήτων.

Η συγκόλληση του αλουμινίου είναι πάντοτε MIG και γίνεται μόνο με αδρανές αέριο, κυ-ρίως με Ar. Το πρόβλημα του Ar είναι ότι αναπτύσσονται χαμηλότερες θερμοκρασίες στο τόξο και γι. αυτό δεν παρουσιάζει μεγάλη διείδυση, πράγμα που δημιουργεί δυσκολίες στη συγκόλληση ελασμάτων μεγάλου πάχους. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με την προσθήκη ηλίου (He) σε ποσοστά 25-75%.

3.2.1. Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης στη MIG/MAG

Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης είναι: το είδος του ηλεκτροδίου, η ένταση του ρεύματος, το ύψος του τόξου και η ταχύτητα κίνησης της τσιμπίδας (του ηλεκτροδίου).



Σχήμα 18: Το ελεύθερο άκρο του σύρματος

Στη MIG/MAG ο τρόπος που ρυθμίζονται οι παραπάνω παράμετροι είναι διαφορετικός. Η παράμετρος είδος ηλεκτροδίου. (που για τη MMA σημαίνει διάμετρος ηλεκτροδίου και είδος επένδυσης), αντικαθίσταται από τη διάμετρο του σύρματος σε συνδυασμό με το είδος και την παροχή του προστατευτικού αερίου (αντί για επένδυση έχουμε αέριο). Επίσης, αντί για ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος έχουμε την τάση που καθορίζει έμμεσα την ένταση του ρεύματος και αντί για το ύψος του τόξου έχουμε την ταχύτητα τροφοδοσίας του σύρματος η οποία καθορίζει έμμεσα το ύψος του τόξου.

Η τάση του ρεύματος επηρεάζει την ένταση, αλλά ο τρόπος που την επηρεάζει έχει σχέση με το μήκος του ελεύθερου άκρου του σύρματος. Όπως βλέπουμε στο σχήμα (18), το σύρμα πρέπει να προεξέχει περί τα 10-25 mm από το μπεκ τροφοδοσίας του σύρματος. Το μπεκ βρίσκεται υπό ηλεκτρική τάση και είναι συγχρόνως και το άκρο στο οποίο είναι συνδεδεμένο το καλώδιο της ηλεκτρικής τροφοδοσίας. Κατά συνέπεια, η ηλεκτρική αντίσταση μεταβάλλεται όσο μεταβάλλεται το μήκος του ελεύθερου άκρου του σύρματος. Δεδομένου ότι η τάση είναι

σταθερή, όταν το ελεύθερο άκρο μεγαλώνει, μειώνεται η ένταση του ρεύματος και αντιστρόφως. Επομένως, έχουμε ακόμη μία παράμετρο: το μήκος του ελεύθερου άκρου του σύρματος. Έτσι, οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης που έχουμε να ρυθμίσουμε είναι οι εξής:

- Η ποιότητα και η διάμετρος του σύρματος
- Το είδος και η παροχή του προστατευτικού αερίου
- Η τάση ρεύματος
- Το μήκος του ελεύθερου άκρου του σύρματος
- Η ταχύτητα τροφοδοσίας του σύρματος
- Η ταχύτητα της κίνησης της τσιμπίδας

Η παράμετρος .τάση του ρεύματος. είναι, επίσης, στενά συνδεδεμένη με τη ρύθμιση της .ταχύτητας τροφοδοσίας του σύρματος.. Αύξηση της τάσης, με σταθερό .μήκος του ελεύθερου άκρου., σημαίνει αύξηση της έντασης του ρεύματος, δηλαδή ότι το σύρμα τήκεται με ταχύτε-ρους ρυθμούς, άρα χρειάζεται μεγαλύτερη ταχύτητα σύρματος. Αντίστοιχα, η μείωση της τάσης απαιτεί μείωση της ταχύτητας του σύρματος. Μπορούμε να επέμβουμε λίγο στην ένταση, αλλά-ζοντας το μήκος του ελεύθερου άκρου (δηλαδή την απόσταση της τσιμπίδας), αλλά αυτό μπορεί να επηρεάσει την απαιτούμενη παροχή του αερίου, επειδή το αέριο προωθείται μέσω της τσιμπίδας και όσο πιο κοντά είναι η τσιμπίδα, τόσο καλύτερη προστασία παρέχει το αέριο.

Βλέπουμε από τα παραπάνω πως οι παράμετροι της ηλεκτροσυγκόλλησης επηρεάζουν η μία την άλλη. Επίσης, είναι πολύ σημαντικό στη MIG/MAG να διατηρούμε σταθερή απόσταση μεταξύ τσιμπίδας και μετάλλου βάσης. Γι. αυτό στη MIG/MAG πρέ-πει να κρατάμε την τσιμπίδα σταθερά και με τα δύο χέρια, οπότε πρέπει να

χρησιμοποιούμε μόνο κράνος κεφαλής. Οι απλές μάσκες της MMA δεν είναι κατάλληλες για MIG/MAG.

Από την ένταση του ρεύματος εξαρτάται ο ρυθμός που εναποτίθεται το μέταλλο, δηλαδή η ταχύτητα με την οποία πρέπει να προωθείται το σύρμα. Στον πίνακα 5 βλέπουμε τις προτεινόμενες τιμές των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης για το σύρμα G3Si1 που είναι το πλέον συνηθισμένο στους ανθρακούχους χάλυβες, καθώς και την εναποτιθέμενη ποσότητα μετάλλου ανά ώρα ηλεκτροσυγκόλλησης. Οι βασικές παράμετροι που θα πρέπει να προσεχτούν σ. αυτόν τον πίνακα είναι η τάση, η ταχύτητα του σύρματος και η παροχή του προστατευτικού αερίου. Η ταχύτητα κίνησης της τσιμπίδας και το μήκος του ελεύθερου άκρου ρυθμίζονται εμπειρικά από το χειριστή.

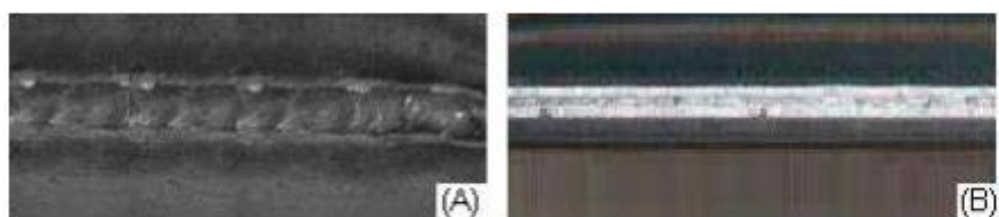
Πίνακας(6): Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης ανθρακούχων χάλυβων με σύρμα G3Si1 (AWS: ER70S-6)							
Διάμετρος σύρματος, mm	0,6	0,8	0,9	1,0	1,2	1,4	1,6
Τάση τόξου, V	16-20	18-24	18-26	18-32	18-35	22-36	28-38
Ταχύτητα σύρματος, m/min	5-13	3,2-10	3-12	2,7-15	2,5-15	2,3-15	2,3-15
Παροχή αερίου, L/min	8-10	8-10	9-11	10-12	10-12	11-13	12-14
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, A	50-100	60-200	70-250	80-300	120-380	150-420	225-550
Εναποτιθέμενη ποσότητα Kg/ώρα	0,7-1,7	0,8-2,5	0,8-3,3	1,0-5,5	1,3-8,0	1,6-8,7	2,1-11,4

3.2.2. Είδη ρεύματος ηλεκτροσυγκόλλησης κατά τη MIG/MAG

Ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG γίνεται μόνο με δύο είδη ηλεκτρικού ρεύματος:

- Με συνεχές ρεύμα, ανάστροφη φορά (συμβολισμός DC+ ή DCEP)
- Με παλμικό ρεύμα (παλμορεύμα)

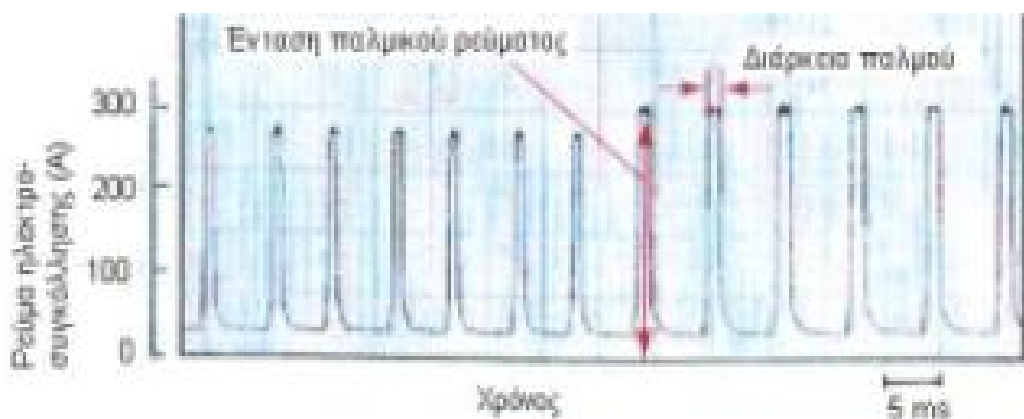
Η κανονική φορά του συνεχούς ρεύματος (DC- ή DCEN), δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί με τη MIG/MAG.



Σχήμα 19: Ραφές MIG/MAG, πολύ καλής ποιότητας:

(A) Με ρεύμα DC+ (B) Με παλμικό ρεύμα

Το παλμορεύμα είναι ό,τι καλύτερο μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε για ηλεκτροσυγκολλησεις MIG/MAG. Η μορφή της ραφής είναι άριστη. Οι σύγχρονες μηχανές είναι σε θέση να κολλήσουν ελάσματα που αρχίζουν από 0,8 mm (21-22 gauge), αλλά δεν μπορούν να συγκολληθούν ακόμη πιο λεπτά ελάσματα, όπως το 0,6 mm που ενδιαφέρει τα συνεργεία αυτοκινήτων. Τυπική μορφή του παλμορεύματος βλέπουμε στο σχήμα 20.



Σχήμα 20: Τυπική μορφή παλμορεύματος

3.2.3. Η μεταφορά του υλικού από το σύρμα στο μέταλλο βάσης με ρεύμα DC+

Υπάρχουν τρεις τρόποι μεταφοράς, τους οποίους, σε σχηματική παράσταση βλέπουμε στο σχήμα 21:

- Με βραχυκυκλωμένο τόξο που είναι και η πλέον συνήθης περίπτωση
- Με σταγόνες
- Με ψεκασμό

Η ηλεκτρική τάση στην οποία αρχίζει η μεταφορά με σταγόνες ή με ψεκασμό ποικίλλει ανάλογα με τη διάμετρο και την ποιότητα του σύρματος, καθώς και από το είδος του προστατευτικού αερίου.

(α) Η μεταφορά με βραχυκυκλωμένο τόξο

Η μεταφορά με βραχυκυκλωμένο τόξο λαμβάνει χώρα στις χαμηλές τάσεις. Η διαδικασία της μεταφοράς του υλικού έχει ως εξής:

- Το σύρμα ακουμπάει στο μέταλλο βάσης και συγχρόνως το τόξο σβήνει.
- Το δημιουργούμενο ισχυρό βραχυκύκλωμα λιώνει την άκρη του σύρματος και το λιωμένο μέταλλο εναποτίθεται στο λουτρό συγκόλλησης.

- Με το λιώσιμο της άκρης το σύρμα και το μέταλλο βάσης παύουν να είναι σε επαφή και στο κενό που δημιουργείται ανάβει πάλι το τόξο.
- Καθώς η προώθηση του σύρματος συνεχίζεται με σταθερό ρυθμό, πριν ακόμη προλάβει να λιώσει η άκρη του από τη θερμοκρασία του τόξου, ακουμπάει πάλι στο μέταλλο βάσης και σβήνει ξανά το τόξο.
- Δημιουργείται, έτσι, ένα νέο βραχυκύκλωμα που λιώνει εκ νέου την άκρη του σύρματος, εναποτίθεται το λιωμένο μέταλλο, ανάβει ξανά το τόξο και συνεχίζεται ο ίδιος κύκλος.

Ο κύκλος αυτός επαναλαμβάνεται από 20 μέχρι 200 φορές το δευτερόλεπτο. Η μέθοδος αυτή ηλεκτροσυγκόλλησης είναι η ευκολότερη, αλλά και αυτή που έχει τη χαμηλότερη παραγωγικότητα σε σχέση με τις άλλες δύο. Η παραγωγικότητά της είναι όμως πολύ μεγαλύτερη από αυτήν της MMA.

Η μέθοδος είναι ιδανική για τη συγκόλληση λεπτών ελασμάτων, όπως π.χ. των αυτοκινήτων. Το πρόβλημά της είναι ότι σε πάχος ελασμάτων άνω των 6 mm, υπάρχει κίνδυνος να μη δημιουργηθεί καλή πρόσφυση στο μέταλλο βάσης που οφείλεται σε ημιτελή τήξη του μετάλλου βάσης, λόγω της μικρής παραγόμενης θερμότητας. Το αποτέλεσμα είναι η ραφή να μην αντέχει σε καταπόνηση, επειδή η συγκόλληση που έχει γίνει είναι σχεδόν μία μεταλλική επικάλυψη. Το φαινόμενο είναι περισσότερο έντονο, αν χρησιμοποιηθεί λεπτό σύρμα και ιδίως το 0,6 mm το οποίο, καλό είναι να αποφεύγεται να χρησιμοποιείται σε πάχη ελασμάτων άνω των 4 mm. Πολύ καλές συγκολλήσεις με τη μέθοδο του βραχυκυκλωμένου τόξου γίνονται σε

πάχη ελασμάτων μέχρι 3 mm, ενώ οι συγκολλήσεις σε πάχη άνω των 6 mm πρέπει να αποφεύγονται.

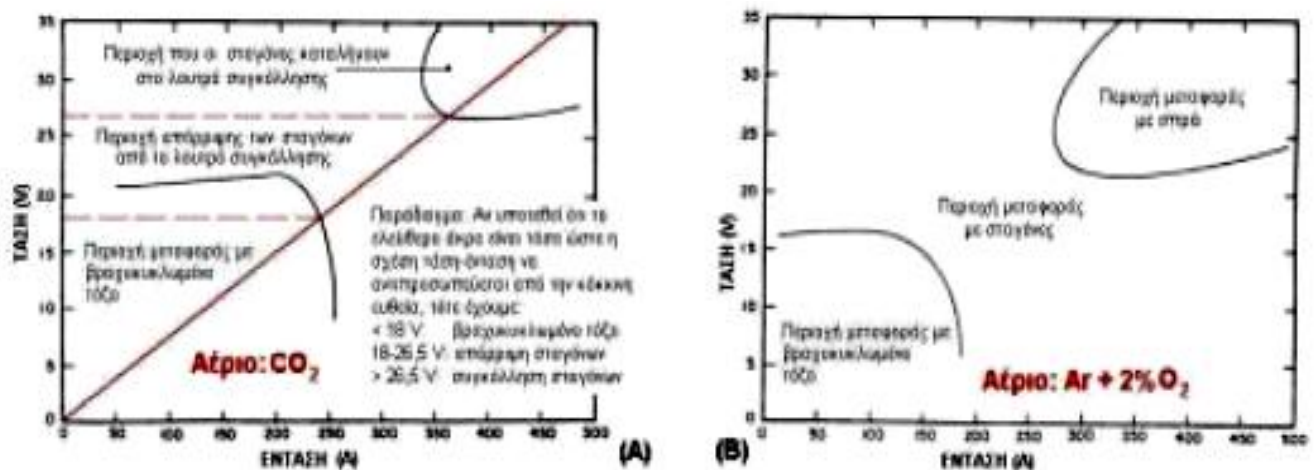


Σχήμα 21. Η μεταφορά βραχυκυκλωμένου τόξου, με σταγόνες και με ψεκασμό

(β) Η μεταφορά με σταγόνες

Η μεταφορά με σταγόνες γίνεται, όταν αυξηθεί και άλλο η τάση, οπότε η δημιουργία ισχυρών εντάσεων ηλεκτρικού ρεύματος έχει ως συνέπεια να εκλύονται υψηλά ποσά θερμότητας. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργούνται σταγόνες που η διάμετρός τους είναι αρκετά μεγαλύτερη από τη διάμετρο του σύρματος και που αποσπώνται από την άκρη του σύρματος, πριν ακόμη αυτό προλάβει να ακουμπήσει στο μέταλλο βάσης. Το επιθυμητό είναι οι σταγόνες αυτές να εναποτίθενται στο λουτρό συγκόλλησης, αλλά αυτό δε συμβαίνει πάντοτε. Οι δυνάμεις που επενεργούν στις σταγόνες και τις κάνουν να αποσπώνται από το άκρο του σύρματος είναι, κυρίως, η βαρύτητα και οι ηλεκτρομαγνητικές

δυνάμεις. Αυτές, στις χαμηλότερες εντάσεις του ρεύματος, έχουν ως αποτέλεσμα να εκτινάσσονται οι σταγόνες μακριά από το λουτρό συγκόλλησης και να δημιουργούν πιτσιλίσματα, ενώ στις υψηλότερες εντάσεις να εναποτίθενται στο λουτρό συγκόλλησης. Και επειδή η ένταση του ρεύματος εξαρτάται, κυρίως, από το μήκος του ελεύθερου άκρου (αφού η τάση είναι σταθερή), πρέπει να διατηρούμε την τσιμπίδα κοντά στο μέταλλο βάσης και να τη μετακινούμε με πολύ σταθερό χέρι, κάτι που δεν έχει τόσο μεγάλη σημασία στη μεταφορά με βραχυκυκλωμένο τόξο. Αυτό φαίνεται στο σχήμα 22, περίπτωση (Α). Η μεταφορά με σταγόνες παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερους βαθμούς



παραγωγικότητας, αλλά, προφανώς, απαιτεί περισσότερο έμπειρο χειριστή.

Σχήμα 22: Ενδεικτικά διαγράμματα του τρόπου μεταφοράς του υλικού από το σύρμα στο μέταλλο βάσης: (Α) Με προστατευτικό αέριο το CO_2 (B)

Με μείγμα $Ar + 2\% O_2$

(γ) Η μεταφορά με ψεκασμό

Η μεγαλύτερη παραγωγικότητα με MIG/MAG παρουσιάζεται, όταν αυξηθεί και άλλο η τάση, οπότε, κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις, δημιουργείται η μεταφορά με ψεκασμό. Η περιοχή που συμβαίνει αυτό φαίνεται στο σχήμα 18, περίπτωση (B). Κατ. αυτήν το σύρμα λιώνει, σχηματίζοντας σταγόνες μικρότερες από τη διάμετρό του, που μεταφέρονται κατ. αξονική διεύθυνση στο λουτρό συγκόλλησης, δίνοντας καλή ραφή και χωρίς πιτσιλίσματα. Η μεταφορά με ψεκασμό δεν παρουσιάζεται, όταν χρησιμοποιείται το CO₂ και το αέριο που απαιτείται είναι το Ar + 1-3% O₂. Με το CO₂ ή με το Ar+25%CO₂ μπορούμε να έχουμε μόνο μεταφορά με βρα-χυκυκλωμένο τόξο ή με σταγόνες.

(δ) Σύγκριση των μεθόδων μεταφοράς

Με τη μέθοδο βραχυκυκλωμένου τόξου μπορούν να γίνουν συγκολλήσεις ακόμη και πο-λύ λεπτών ελασμάτων. Η συγκόλληση είναι δυνατή σε όλες τις θέσεις. Η εκπαίδευση νέων ηλε-κτροσυγκολλητών είναι εύκολη και σύντομης χρονικής διάρκειας.

Τα μειονεκτήματά της είναι ότι δημιουργούνται αρκετά πιτσιλίσματα και η παραγωγικότητα είναι χαμηλότερη σε σχέση με τις άλλες δύο, αλλά και πάλι υπερέχει σημαντικά σε παραγωγικότητα από τη MMA. Πρέπει να αποφεύγεται στα μεγάλα πάχη ελασμάτων, επειδή υπάρχει κίνδυνος να μη δημιουργηθεί καλή πρόσφυση λόγω της πιθανής ημιτελούς τήξης του μετάλλου βάσης.

Οι μέθοδοι μεταφοράς με σταγόνες και με ψεκασμό είναι δυνατές μόνο σε επίπεδες και οριζόντιες θέσεις (PA, PB, PC) και απαιτούν καλά εκπαιδευμένο και έμπειρο χειριστή. Επίσης, εκλύονται πολύ υψηλά ποσά

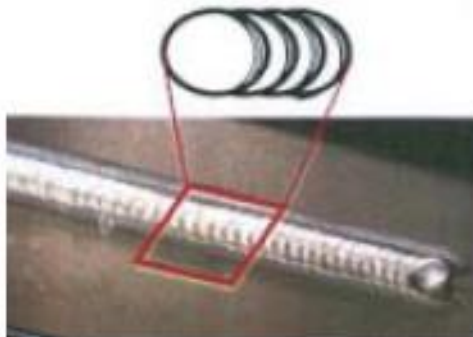
θερμότητας που μπορούν να προκαλέσουν ισχυρές παραμορφώσεις, ιδίως στα λεπτά ελάσματα. Παρουσιάζουν όμως καλή πρόσφυση, βαθιά διείσδυση και υ-ψηλή παραγωγικότητα. Συγκρινόμενες μεταξύ τους, θα μπορούσαμε να πούμε ότι η μεταφορά με σταγόνες χρησιμοποιεί φθινό αέριο (CO_2), αλλά παρουσιάζει πολλά πιτσιλίσματα. Αντίθετα, η μεταφορά με ψεκασμό χρησιμοποιεί ακριβό αέριο ($\text{Ar} + 1-3\% \text{O}_2$), αλλά προσφέρει ραφή με πολύ καλή εμφάνιση και με ελάχιστα πιτσιλίσματα.

3.2.4. Η ηλεκτροσυγκόλληση MIG/MAG με παλμορεύματα

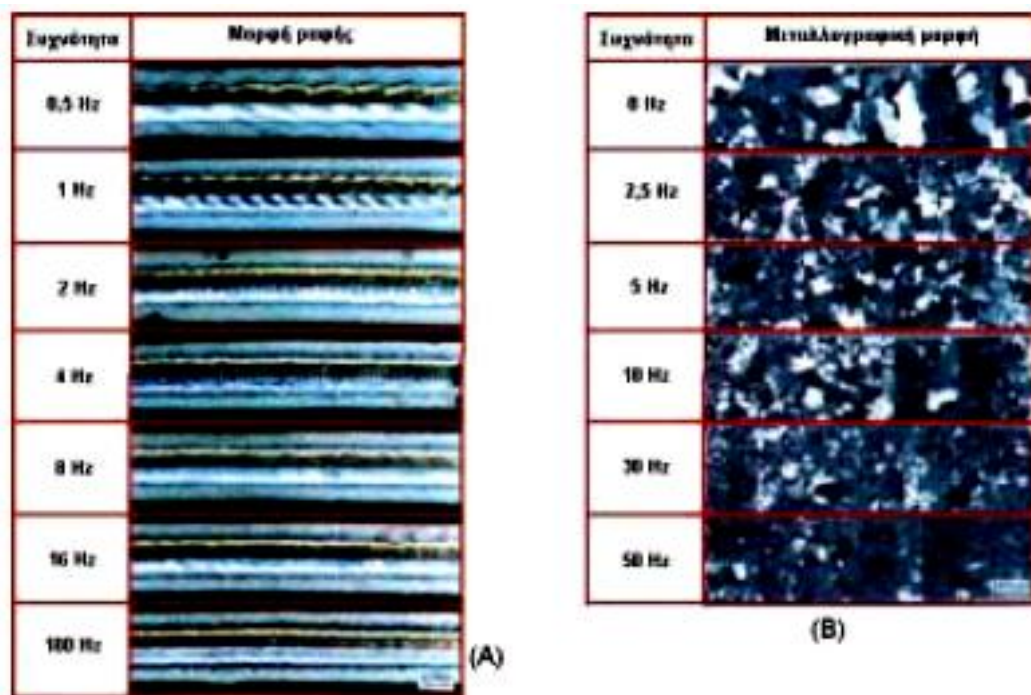
Η μεταφορά του υλικού με παλμικό ρεύμα είναι παρόμοια με αυτή του ψεκασμού, με τη διαφορά ότι οι δημιουργούμενες σταγόνες είναι μεγαλύτερης διαμέτρου. Η χαμηλή τάση του παλμού διατηρεί το τόξο αναμμένο, ενώ η υψηλή τάση, συνήθως μικρής διάρκειας, προκαλεί την τήξη του άκρου του σύρματος και την εκτίναξη ενός σταγονιδίου κάθε φορά. Κατά τη διάρκεια της χαμηλής τάσης εκλύεται μικρότερο ποσό θερμότητας και αυτό έχει ως αποτέλεσμα να παρουσιάζεται μικρότερη θέρμανση του μετάλλου βάσης, δηλαδή λιγότερες παραμορφώσεις. Αυτό επιτρέπει τη συγκόλληση λεπτών ελασμάτων από 0,8 mm (22 gauge), κάτι που είναι δυνατόν μόνο με τη μέθοδο βραχυκυκλωμένου τόξου. Φυσικά, στο σημείο αυτό το βραχυκυκλωμένο τόξο πλεονεκτεί, αφού μπορεί να συγκολλήσει ελάσματα από 0,6 mm (24 gauge).

Οι παλμοί συνήθως μεταβάλλονται στην περιοχή 25-250 Hz, αλλά υπάρχουν και μηχανές που έχουν τη δυνατότητα να παράγουν ρεύμα σε πολύ μικρότερη συχνότητα. Στις χαμηλές συχνότητες η μορφή της ραφής συμβαίνει να είναι όμοια με αυτή της TIG, όπως βλέπουμε στο σχήμα.

Τον τρόπο που μεταβάλλεται η μορφή των ραφών με τη συχνότητα των παλμών, τον βλέπουμε στο σχήμα 24, περίπτωση (A).



Σχήμα 23: Τυπική μορφή συγκόλλησης με παλμικό ρεύμα χαμηλής τάσης



Σχήμα 24: Ο τρόπος που μεταβάλλεται η μορφή της ραφής και η μεταλλογραφική μορφή της συγκόλλησης με τη συχνότητα, σε μία σύγχρονη μηχανή συγκόλληση με παλμορεύματα.

Τα χαρακτηριστικά του παλμορεύματος μπορούν να ορίζονται από το χειριστή, αλλά η σωστή επιλογή τους, σε συνδυασμό με την ταχύτητα τροφοδοσίας του σύρματος, δεν είναι κάτι το απλό. Η νεότερη τεχνολογία έδωσε τη λύση και σ. αυτό το πρόβλημα και η επιλογή αυτή μπορεί να γίνεται από τη μηχανή. Αυτό το είδος του παλμού, όπου ο χειριστής ρυθμίζει τη μέση τιμή του ρεύματος ηλεκτροσυγκόλλησης και η μηχανή επιλέγει όλα τα άλλα, ονομάζεται συνεργιακός έλεγχος. Αντίστοιχα ο παλμός ονομάζεται συνεργιακός και οι μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης συνεργιακές. Συχνά οι μηχανές με παλμορεύματα προσφέρουν και άλλες δυνατότητες, όπως π.χ. να μπορεί ο χειριστής να επέμβει και στη συχνότητα, ή, ανάλογα με το μήκος του ελεύθερου άκρου του σύρματος, να αλλάζουν αυτόματα τα χαρακτηριστικά του παλμορεύματος, της τάσης τροφοδοσίας κτλ.

Η τεχνολογία των παλμορευμάτων είναι σε συνεχή εξέλιξη. Μεταξύ των άλλων τείνει να βελτιώσει και τη μεταλλογραφική μορφή της ραφής, η οποία παρουσιάζεται λεπτόκοκκη, δη-λαδή υψηλής αντοχής και ελαστικότητας. Τη βελτίωση αυτή τη βλέπουμε στο σχήμα 20, περίπτωση (B). Η βελτίωση της αντοχής με αυτό τον τρόπο έχει μεγάλη σημασία στις συγκολλήσεις του αλουμινίου, επειδή, με τις συμβατικές μεθόδους συγκόλλησης, η αντοχή της ραφής είναι μικρότερη από την αντοχή του μετάλλου βάσης. Με τη δημιουργία όμως λεπτόκοκκης δομής αυξάνεται σημαντικά η αντοχή της ραφής συγκόλλησης του αλουμινίου και προσεγγίζει αυτή του μετάλλου βάσης.

3.2.5. Οδηγίες για την επιτυχία των ηλεκτροσυγκολλήσεων με MIG/MAG

- Να επιλέγεται προσεκτικά το πλέον κατάλληλο σύρμα. Τα συνιστώμενα σύρματα για ανθρακούχους χάλυβες με μεταφορά βραχυκυκλωμένου τόξου (η πλέον συνήθης περίπτωση), είναι τα G3Si1 και G4Si1, με $\pi(\text{Mn})=1,5\%$ και 2% αντίστοιχα (το αντίστοιχο κατά AWS και για τα δύο είδη είναι το ER70S-6). Είναι κατάλληλα και για σκουριασμένες επιφάνειες. Για καλή ποιότητα συγκολλήσεων προτιμότερο είναι το σύρμα 0,6 ή 0,8 mm. Για παραγωγικές εργασίες προτιμότερες είναι οι διάμετροι 1,0 ή 1,2 mm.

- Τα σύρματα 0,6 ή 0,8 mm, παρ. όλων που δίνουν καλύτερη ποιότητα ραφής, πρέπει να αποφεύγονται σε μεγάλα πάχη ελασμάτων, ιδίως όταν η συγκόλληση γίνεται με βραχυκυκλωμένο τόξο. Ο λόγος είναι ότι οι εντάσεις του ρεύματος είναι χαμηλές και, κατά συνέπεια, υπάρχει ο κίνδυνος η τήξη του μετάλλου βάσης να είναι ανεπαρκής. Το σύρμα 0,6 mm να αποφεύγεται σε ελάσματα μεγαλύτερα από 4 mm και το 0,8 mm σε μεγαλύτερα από 6 mm .

- Το πλέον κατάλληλο αέριο για καλή ποιότητα συγκολλήσεων είναι το $\text{Ar}+25\%\text{CO}_2$. Όμως με αμιγές CO_2 μειώνεται σημαντικά το κόστος των ηλεκτροσυγκολλήσεων και προσφέρει μεγάλη διείσδυση.

- Το μπεκ τροφοδοσίας του σύρματος να είναι σε πολύ καλή κατάσταση. Για την αποφυγή της προσκόλλησης πιτσιλισμάτων πάνω σ' αυτό, μπορούμε να το ψεκάσουμε με ειδικό σπρέι ή να το αλείφουμε με ειδική πάστα.

- Το μπεκ τροφοδοσίας του σύρματος πρέπει να αντικαθίσταται τακτικά, επειδή φθείρεται και μεγαλώνει η εσωτερική του διάμετρος. Συνήθως η φθαρμένη οπή τροφοδοσίας έχει μία μορφή οβάλ. Η διάμετρος του καινούριου μπεκ είναι ελάχιστα μεγαλύτερη από τη διάμετρο του σύρματος, τόσο ώστε να εξασφαλίζεται η καλή τροφοδοσία, όταν το σύρμα θα έχει διασταλεί λόγω των υψηλών θερμοκρασιών. Αν η οπή φθαρεί πολύ, δε θα εξασφαλίζει τη σωστή ηλεκτρική επαφή, οπότε η ωμική του αντίσταση θα είναι μεγάλη, αλλά, το κυριότερο, δε θα έχει σταθερή τιμή. Έτσι, όχι μόνο θα μειωθεί η ένταση του ρεύματος ηλεκτροσυγκόλλησης, αλλά θα παρουσιάζει και συνεχείς αυξομειώσεις που δε θα επιτρέπουν τη δημιουργία ομαλού τόξου. Επειδή η διαπίστωση του φθαρμένου μπεκ δεν είναι πάντοτε εύκολη, συνιστάται η αντικατάσταση του μπεκ μετά από τη χρήση του με 40-50 kg σύρματος.

- Να εξασφαλίζεται η πολύ καλή επαφή στο σημείο γείωσης του μετάλλου βάσης και να καθαρίζεται σχολαστικά, με τροχό, η περιοχή της λαμαρίνας που θα εφαρμοστεί το σώμα γείωσης. Επίσης, το καλώδιο να είναι επαρκώς μεγάλης διαμέτρου. Αν υπάρχει σημαντική αντίσταση στο κύκλωμα, θα έχουμε μείωση της έντασης του ηλεκτρικού ρεύματος, που σε τελευταία ανάλυση, αυτή είναι που έχει σημασία για την ηλεκτροσυγκόλληση και όχι η τάση. Για να επιτευχθεί η υψηλή ένταση ηλεκτρικού ρεύματος κατά τη συγκόλληση MIG/MAG, σε συνδυασμό με τη χαμηλή και σταθερή τάση, απαιτείται πολύ μικρή ωμική αντίσταση. Ένας πρακτικός τρόπος για να ελέγξουμε αν το ρεύμα συναντάει κάπου αυξημένη αντίσταση

είναι, μετά από ένα χρονικό διάστημα εργασίας, να κλείσουμε τη μηχανή (για λόγους ασφαλείας) και με γυμνό χέρι να ελέγξουμε αν υπάρχει υπερθέρμανση στα καλώδια και ιδίως στα σημεία που γίνονται οι ηλεκτρικές συνδέσεις (όπως το σημείο γείωσης).

3.2.6. Η ηλεκτροσυγκόλληση των ανοξείδωτων χαλύβων με MIG/MAG

Η ηλεκτροσυγκόλληση των ανοξείδωτων χαλύβων μπορεί να γίνει με όλες τις μεθόδους, εκτός από τη μεταφορά με σταγόνες. Οι πλέον κατάλληλες μέθοδοι συγκόλλησης είναι με ψεκασμό και με παλμορεύματα. Η μέθοδος βραχυκυκλωμένου τόξου εφαρμόζεται μόνο, όταν πρόκειται να συγκολληθούν πολύ λεπτά ελάσματα ή για τη συγκόλληση της ρίζας ή σε δύσκολες θέσεις (PF, PD, PE). Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης φαίνονται στον πίνακα 7. Αυτό που έχει τη μεγαλύτερη σημασία είναι η επιλογή του κατάλληλου σύρματος.

Πίνακας(7): Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης χρωμιονικελιούχων ανοξείδωτων χαλύβων					
Διάμετρος σύρματος, mm	0,8	0,9	1,0	1,2	1,6
Τάση τόξου, V	16-22	16-24	16-24	20-28	24-28
Ταχύτητα σύρματος, m/min	3,4-11	3,2-9	2,9-8,4	4,9-8,5	3,2-5,5
Παροχή αερίου, L/min	8-10	9-11	10-12	10-12	12-14
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, A	50-140	65-165	80-190	180-280	230-350
Εναποτιθέμενη ποσότητα, Kg/ώρα	0,8-2,7	0,9-2,9	1,1-3,1	2,6-4,5	3-5,2

Το αέριο που χρησιμοποιείται είναι το $\text{Ar} + 1-2\% \text{O}_2$. Για μονό πάσο μπορεί ως αέριο να χρησιμοποιηθεί το $\text{Ar} + 3\% \text{CO}_2$. Στα πολύ λεπτά ελάσματα θα πρέπει να εφαρμοστεί η μέθοδος του βραχυκυκλωμένου τόξου, αλλά στη συγκόλληση των ανοξειδωτων χαλύβων με βραχυκυκλωμένο τόξο απαιτείται το πολύ ακριβό αέριο με 80% He, 7,5% Ar και 2,5% CO_2 .

Για την επιλογή του κατάλληλου σύρματος χρειάζεται να γνωρίζουμε αν το μέταλλο βάσης περιέχει Mo (μολυβδαίνιο), διότι τότε χρειάζεται σύρμα που να περιέχει, επίσης, Mo. Ομοίως, ένα σύρμα που περιέχει Mo δε θα πρέπει να χρησιμοποιείται σε μη μολυβδαινούχους χάλυβες. Αντίθετα, το σύρμα με Nb (νιόβιο), που προορίζεται προς χρήση με τους σταθεροποιημένους χάλυβες, δεν υπάρχει πρόβλημα αν χρησιμοποιηθεί και σε μη σταθεροποιημένους χάλυβες. Επίσης, η συγκόλληση των σταθεροποιημένων χαλύβων είναι δυνατή και με ηλεκτρόδια που δεν περιέχουν Nb.

3.2.7. Η ηλεκτροσυγκόλληση του αλουμινίου με MIG

Η ηλεκτροσυγκόλληση αλουμινίου είναι διαφορετική από τη συγκόλληση του σιδήρου. Ως τεχνική όμως δεν είναι πιο δύσκολη. Πρέπει να έχουμε υπόψη μας:

- Πρέπει να προηγείται καθαρισμός από τη σκουριά με συρματόβουρτσα, επειδή η σκουριά του αλουμινίου έχει σημείο τήξης 2000°C έναντι 630°C του καθαρού μετάλλου.
- Η συρματόβουρτσα που έχει χρησιμοποιηθεί σε χάλυβα, δεν πρέπει να χρησιμοποιείται σε αλουμίνιο.

- Η τσιμπίδα πρέπει να κινείται γρήγορα, λόγω του χαμηλού σημείου τήξης του αλουμινίου.
- Για την αποφυγή των ρηγματώσεων το καλύτερο είναι να εφαρμόζεται προθέρμανση αλλά όχι άνω των 110°C.
- Υπάρχει κίνδυνος να δημιουργηθούν κρατήρες που αποτελούν αιτία ρηγματώσεων. Για την αποφυγή τους πρέπει η κίνηση του ηλεκτροδίου να γίνεται με σταθερή ταχύτητα, προσέχοντας την εναπόθεση του μετάλλου. Η μορφή της ραφής να είναι ελαφρά κυρτή ή επίπεδη.

Το αέριο είναι αποκλειστικά το Αργόν. Οι παράμετροι συγκόλλησης του αλουμινίου με σύρμα φαίνονται στον πίνακα 8. Το E5356 είναι περισσότερο δύστηκτο από το ER4043 και γι' αυτό, κάτω από τις ίδιες συνθήκες, απαιτεί μεγαλύτερες εντάσεις ηλεκτρικού ρεύματος. Αποτέλεσμα όμως είναι και η εναποτιθέμενη ποσότητα μετάλλου με το ER5356 να είναι κάπως μεγαλύτερη. Με MIG μπορούν να συγκολληθούν πάχη αλουμινίου από 0,8 mm (22 gauge).

Πίνακας(8): Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης αλουμινίου					
Διάμετρος σύρματος, mm	0,8	1,0	1,2	1,6	2,4
Τάση τόξου, V	20-24	22-26	22-28	24-30	26-30
Ταχύτητα σύρματος, m/min	8-11	7-12	5,5-11	4,5-8	2,5-3
Παροχή αερίου, L/min	12-14	13-15	14-16	15-17	18-22
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, A	80-120	90-180	130-220	170-320	270-380
Εναποτιθέμενη ποσότητα για ER4043, Kg/ώρα	0,6-0,9	0,9-1,5	1,0-2,1	1,5-2,6	1,8-2,8
Εναποτιθέμενη ποσότητα για ER5356, Kg/ώρα	0,8-1,1	0,9-1,8	1,2-2,3	1,6-2,7	2,2-2,9

Τα σύρματα αλουμινίου, που κυρίως χρησιμοποιούνται, είναι το ER5356 και το ER4043. Το ιδανικότερο σύρμα για την αποθήκη μας θα ήταν το ER4043, αν δεν ήταν τόσο μαλακό υλικό. Το ER4043 είναι άριστο στη συγκόλληση των αλουμινίων της σειράς 6xxx, που έχουν πολύ μεγάλη διάδοση, ενώ συγχρόνως είναι σε θέση να κολλήσει και τα αλουμίνια 1xxx που είναι, επίσης, αρκετά διαδεδομένα και για τα οποία το ER5356 είναι ακατάλληλο.

Στην ηλεκτροσυγκόλληση όμως αλουμινίου με MIG, υπάρχει ένα άλλο, πολύ πιο σοβαρό πρόβλημα από την επιλογή του πλέον κατάλληλου συγκολλητικού υλικού. Συγκεκριμένα, το σύρμα ER4043 είναι πολύ μαλακό και μπερδεύεται εύκολα στο σύστημα προώθησης της μηχανής. Για την αντιμετώπιση αυτού του προβλήματος, υπάρχουν ειδικά σετ προώθησης του σύρματος αλουμινίου (με ειδικά ράουλα, σωλήνα από τεφλόν, μπεκ κτλ.), όπως αυτό που φαίνεται στο σχήμα 24. Τα μπεκ για αλουμίνιο είναι διαφορετικά και, συγκεκριμένα, η διάμετρος της οπής είναι λίγο μεγαλύτερη από τη διάμετρο που έχουν τα μπεκ του χάλυβα, επειδή το αλουμίνιο διαστέλλεται περισσότερο (η διαφορά φυσικά δε διακρίνεται με το μάτι).

Επίσης, για τις δύσκολες περιπτώσεις, υπάρχουν ειδικές τσιμπίδες MIG για το αλουμίνιο που έχουν ενσωματωμένο ένα δικό τους σύστημα έλξης του σύρματος. Αυτό, συνεργαζόμενο με το σύστημα προώθησης σύρματος της μηχανής, περιορίζει σημαντικά τον κίνδυνο εμπλοκής. Τέλος, απαιτείται η προσοχή του χειριστή, ώστε ο σωλήνας τροφοδοσίας του σύρματος να διατηρείται κατά το δυνατόν ευθύς, χωρίς μπερδέματα.

Το τσαλάκωμα όμως του σύρματος ER5356, για την ίδια διάμετρο σύρματος, είναι περισσότερο δύσκολο, επειδή είναι αρκετά πιο σκληρό από το ER4043. Ως εκ τούτου η χρήση του ER5356 στα συστήματα

MIG είναι αρκετά διαδεδομένη. Όμως με το ER5356 απαιτούνται μηχανές μεγαλύτερες από ό,τι στο ER4043, επειδή η συγκόλληση του ER5356 χρειάζεται μεγαλύτερη ένταση ρεύματος. Γι. αυτό, τα μικρά φορητά συστήματα μπορεί να είναι ανεπαρκή για τη συγκόλληση με ER5356, όταν η διάμετρος του σύρματος είναι μεγαλύτερη από 0,8 mm και το καταλληλότερο σύρμα γι' αυτά φαίνεται να είναι το ER4043 με διάμετρο 1 mm. Το σημείο αυτό θα πρέπει να προσεχτεί ιδιαίτερα, επειδή τα φορητά συστήματα MIG/MAG είναι και τα πλέον κατάλληλα προς χρήση στα μικρά συνεργεία που εκτελούν σπάνια συγκολλήσεις αλουμινίου, όπως είναι τα περισσότερα συνεργεία αυτοκινήτων.



Σχήμα 25: Σετ συγκόλλησης αλουμινίου για μηχανές MIG.

Περιλαμβάνει: μπεκ αλουμινίου, σωλήνα τε-φλόν, ράουλα προώθησης σύρματος και ακροφύσια εισόδου εξόδου του σύρματος στο σωλήνα.



Σχήμα 26: Μικρή φορητή μηχανή MIG, έτοιμη με τα παρελκόμενά της, για τη συγκόλληση αλουμινίου σε συνεργείο που δεν εκτελεί συστηματικά κολλήσεις αλουμινίου.

Η συγκόλληση αλουμινίου στα συνεργεία αυτοκινήτων είναι ακόμη πολύ περιορισμένη και το ηλεκτρόδιο εξακολουθεί να αποτελεί την εύκολη λύση. Όμως το αλουμίνιο χρειάζεται MIG ή TIG και το ηλεκτρόδιο είναι λύση ανάγκης. Η πλέον κατάλληλη λύση είναι να υπάρχει μία μικρή μηχανή MIG, έτοιμη με σύρμα αλουμινίου όπως στο σχήμα 26 και μία μικρή φιάλη Ar. Η μηχανή να είναι κατάλληλη για σύρμα αλουμινίου μέχρι 1 mm και να προτιμηθεί η ποιότητα ER4043.

3.3. Η ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ TIG

Στην ηλεκτροσυγκόλληση T.I.G. (Tungsten Inert Gas) το ηλεκτρόδιο είναι από Βολφράμιο (W) και προκειμένου να αυξηθούν οι ηλεκτρικές του ιδιότητες προστίθενται Θόριο (Th) και Ζιρκόνιο (Zr). Το ηλεκτρόδιο δεν καταναλίσκεται, δηλαδή συμμετέχει στη συγκόλληση μόνο για να διατηρεί το ηλεκτρικό τόξο.

Η ηλεκτροσυγκόλληση TIG ή GMAW είναι η πλέον κατάλληλη για υψηλής ποιότητας συγκολλήσεις και για συγκολλήσεις πολύ λεπτών ελασμάτων. Η εμφάνιση της ραφής είναι άριστη χωρίς πιτσιλίσματα. Στην TIG δε δημιουργούνται σπινθήρες, ενώ παράγονται ελάχιστες

αναθυμιάσεις. Επίσης, δεν υπάρχει πρόβλημα ρηγματώσης εξ αιτίας του υδρογόνου.

Το αέριο που χρησιμοποιείται είναι σχεδόν αποκλειστικά το Αργόν (Ar). Στα χοντρά ελάσματα μερικές φορές χρησιμοποιείται το μείγμα Ar-He, επειδή το ήλιο (He) βελτιώνει τη διείσδυση και ανεβάζει τη θερμοκρασία του τόξου. Το He μόνο του χρησιμοποιείται πολύ σπάνια, σε εξειδικευμένες κυρίως εφαρμογές, επειδή είναι πολύ ακριβό και, συγχρόνως, επειδή είναι πολύ ελαφρύ, οπότε απομακρύνεται εύκολα από το λουτρό συγκόλλησης. Κατά συνέπεια,, το He προσφέρει μικρότερη προστασία από το βαρύ Ar που έχει ειδικό βάρος περίπου 1,8 kg/m έναντι του 1,3 kg/m του αέρα.

Η TIG εκτελείται με τις εξής μορφές ρεύματος:

- Με συνεχές ρεύμα και κανονική πολικότητα, δηλαδή DC- (συμβολίζεται και DCEN).
- Με εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας που συμβολίζεται ως ACHF.
- Με παλμικό ρεύμα
- Σπανιότερα εκτελείται με συνεχές ρεύμα με ανάστροφη πολικότητα (DC+ ή DCEP).

Το πλέον σύνηθες στη συγκόλληση των χαλύβων είναι το ρεύμα DC-. Στο αλουμίνιο χρησιμοποιείται το ρεύμα ACHF, επειδή έχει την ιδιότητα να εμποδίζει την ενσωμάτωση οξειδίων του αλουμινίου στη ραφή συγκόλλησης. Το παλμικό ρεύμα χρησιμοποιείται και στις δύο περιπτώσεις και έχει ως αποτέλεσμα τη μείωση της παραγόμενης θερμότητας και την αποφυγή των παραμορφώσεων, ιδίως στα λεπτά ελάσματα.

Οι παράμετροι της ηλεκτροσυγκόλλησης είναι ουσιαστικά οι ίδιες με τη MMA, με μόνη διαφορά ότι η παράμετρος «ηλεκτρόδιο» της MMA αντικαθίσταται από την αντίστοιχη παράμετρο της TIG που περιλαμβάνει: το είδος του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου, το αέριο (είδος, παροχή) και τη ράβδο του υλικού συγκόλλησης (υλικό, διάμετρο). Κατά τα λοιπά, οι παράμετροι είναι ακριβώς οι ίδιες: ένταση ρεύματος, ύψος τόξου και ταχύτητα μετακίνησης της τσιμπίδας. Οι τιμές ρύθμισης των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης αναφέρονται στον πίνακα 9.

Πίνακας(9): Οι παράμετροι ηλεκτροσυγκόλλησης TIG							
Διάμετρος του υλικού συγκόλλησης, mm	Διατίθεται κυρίως σε σύρμα			Διατίθεται κυρίως σε ράβδους			
	0,8	1,0	1,2	1,6	2,0	2,4	3,2
Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος, A	60-90	70-100	80-110	90-130	100-150	120-170	150-220
Παροχή αερίου, L/min	5,5-7	6-7,5	6,5-8	7-9	7-9	8-10	8-10

Το συγκολλητικό υλικό είναι σε μορφή ράβδων και σπανιότερα σε μορφή σύρματος. Το μήκος των ράβδων συνήθως είναι 1000 mm, αλλά υπάρχουν και σε διαφορετικά μήκη, (π.χ. 700 mm), ανάλογα με τον κατασκευαστή. Οι ράβδοι έχουν διάμετρο από 1,6 μέχρι 3,2 mm, αλλά σε μερικές περιπτώσεις βρίσκουμε ράβδους με διάμετρο 1 ή 1,2 ή 4 mm.

Οι ράβδοι που χρησιμοποιούνται στην οξυγονοασετιλίνη είναι ακατάλληλες για τη συγκόλληση TIG. Αντίθετα, οι ποιότητες υλικού που χρησιμοποιούνται στη MIG/MAG είναι και οι πλέον κατάλληλες για την TIG. Οι ράβδοι και τα σύρματα ακολουθούν και την ίδια σχεδόν τυποποίηση, όπως θα δούμε παρακάτω.

Στα συστήματα της TIG που λειτουργούν με σύρμα, όπως αυτό που βλέπουμε στο σχήμα 27, το σύρμα είναι ακριβώς το ίδιο με αυτό που χρησιμοποιείται στη MIG/MAG.

Χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή στη ρύθμιση των παραμέτρων ηλεκτροσυγκόλλησης, όταν κολλάμε λεπτά ελάσματα για να μην τρυπηθούν από τη θερμοκρασία του τόξου. Σ. αυτές τις περιπτώσεις, απαιτείται χαμηλή ένταση ηλεκτρικού ρεύματος και σωστή ταχύτητα της



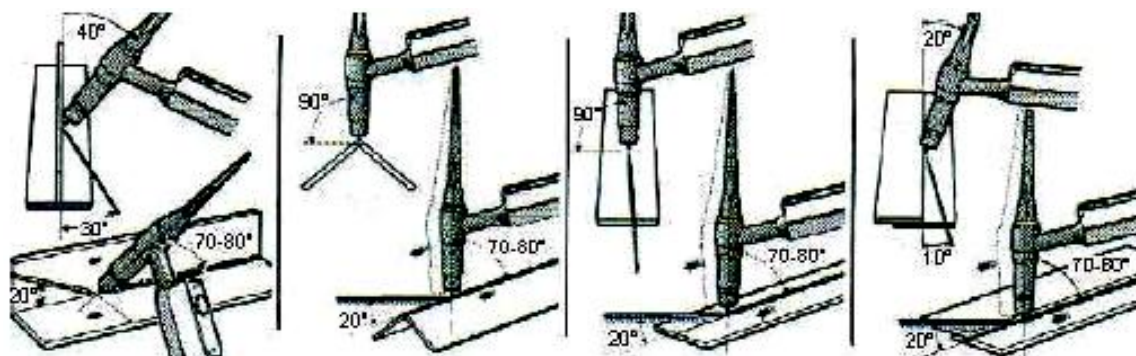
τσιμπίδας.



Σχήμα 27: Συστήματα TIG με τροφοδοσία σύρματος αντί για υλικό σε ράβδους

3.3.1. Η τεχνική των ηλεκτροσυγκολλήσεων με TIG

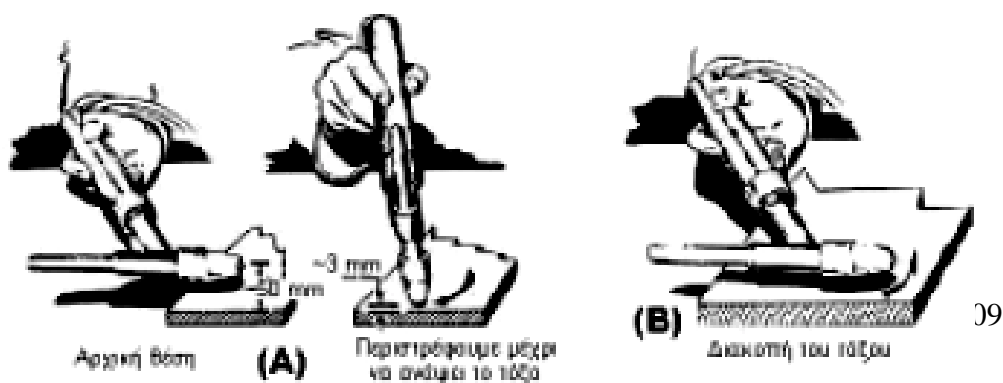
Οι βασικές τεχνικές με τις οποίες χειριζόμαστε το ηλεκτρόδιο και το υλικό συγκόλλησης στην TIG φαίνονται στο σχήμα 28, για τις θέσεις PA και PB. Η τεχνική που κρατάμε την τσιμπίδα και τη ράβδο με το συγκολλητικό υλικό καθώς και ο συντονισμός των κινήσεων, μοιάζουν πολύ με αυτόν της οξυγονοασετιλίνης. Γι. αυτό και η πρώτη φάση για την εκπαίδευση σε TIG είναι καλύτερα να γίνεται μέσω της ευκολότερης και ασφαλέστερης διαδικασίας της ασετιλίνης που απαιτεί και πολύ φθηνότερο εξοπλισμό. Ευνόητο όμως είναι ότι ο οξυγονοκολλητής δεν ξέρει να κολλάει και με TIG, αν δεν του γίνει συμπληρωματική εκπαίδευση. Έχει πολλά να μάθει ακόμη, τόσο θεωρητικά (ηλεκτρόδια, ράβδοι, ποιότητες υλικών, επίδραση των αερίων κτλ.), όσο και πρακτικά, όπως τον τρόπο που θα κάνει τη σωστή ρύθμιση του ρεύματος, πώς θα αποφεύγει το σχηματισμό κρατήρα στο τέλος της ηλεκτροσυγκόλλησης κτλ.



Σχήμα 28: Οι βασικές τεχνικές συγκόλλησης με TIG, θέσεις PA, PB

Το τόξο, δημιουργείται μεταξύ ενός μη αναλώσιμου η-λεκτροδίου και του μετάλλου βάσης. Η απόστασή τους είναι πολύ μικρή, περί τα 3 mm. Πρέπει να προσέχουμε, επειδή η επαφή του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου με το μέταλλο βάσης μολύνει το ηλεκτρόδιο με μόρια προερχόμενα από το μέταλλο βάσης και πέφτει η ποιότητα ηλεκτροσυγκόλλησης. Επίσης, κατά τη φάση της συγκόλλησης, το άκρο του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου είναι σε ρευστή κατάσταση και κατά την τυχόν επαφή θα εναποτεθεί βολφράμιο στο μέταλλο βάσης, το οποίο είναι βλαβερή ουσία για τη ραφή συγκόλλησης. Η προσθήκη του υλικού στη ραφή γίνεται με ράβδο, ακολουθώντας την ίδια περίπου τεχνική με αυτή που εφαρμόζε-ται κατά τη συγκόλληση με οξυγονοασετιλίνη. Η διαφορά είναι ότι το τόξο της TIG είναι πολύ πιο συγκεντρωμένο στην περιοχή συγκόλλησης και λιώνει το μέταλλο, χωρίς να γίνεται η διασπορά της θερμότητας σε μεγάλη έκταση.

Η έναυση του τόξου είναι σωστό να γίνεται μόνο με ACHF, ακόμη και στην περίπτωση που το ρεύμα συγκόλλησης είναι DC. Η διαδικασία φαίνεται στο σχήμα 29, περίπτωση (A). Φέρνουμε την τσιμπίδα στην αρχική θέση, περίπου 5 cm πάνω από το μέταλλο, και αρχίζουμε να την περιστρέφουμε. Όταν η απόσταση της ακίδας του ηλεκτροδίου είναι μερικά mm από το μέταλλο βάσης, η υψηλή συχνότητα της τάσης, δημιουργεί διαπίδυση και γίνεται η έναυση του τόξου. Όταν το ρεύμα συγκόλλησης έχει επιλεγεί από το χειριστή να είναι DC, τότε, μετά την έναυση, η μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης το αλλάζει από ACHF σε DC.



Σχήμα 29: Η διαδικασία έναυσης και διακοπής του τόξου

Μετά την έναυση, σταθεροποιούμε το τόξο σε απόσταση περίπου 3 mm μεταξύ του άκρου, του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου και του μετάλλου βάσης. Η απόσταση που θα πρέπει να τηρούμε διαπιστώνεται και κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης και μπορεί να χρειαστεί να περιοριστεί ακόμη και σε 1-2 mm, πράγμα που αυξάνει τον κίνδυνο να ακουμπήσουν το ηλεκτρόδιο και το μέταλλο βάσης. Η απόσταση πρέπει να διατηρείται, κατά το δυνατόν, σταθερή και αυτό επιτυγχάνεται καλύτερα, όταν το χέρι που κρατάει την τσιμπίδα ακουμπάει στο τραπέζι εργασίας.

Στις μηχανές, που δεν είναι ειδικές για τη συγκόλληση TIG, υπάρχει πρόβλημα έναυσης του τόξου, επειδή δε διαθέτουν ρεύμα ACHF. Πολλοί τύποι μηχανών MMA έχουν τη δυνατότητα να συγκολλήσουν και με TIG, αρκεί, με κάποιο τρόπο, να εκκινήσει το τόξο και σ' αυτές τις μηχανές. Ο μόνος τρόπος είναι να ακουμπήσει το ηλεκτρόδιο στο μέταλλο βάσης. Η διαδικασία είναι όμοια με αυτή που φαίνεται στο σχήμα 28 με μόνη διαφορά ότι φέρνουμε σε επαφή το ηλεκτρόδιο με το μέταλλο βάσης. Όμως αυτή η επαφή, έστω και στιγμιαία, αλλοιώνει τη χημική σύσταση του άκρου του ηλεκτροδίου (το μολύνει με μόρια από το μέταλλο βάσης) και επιδρά αρνητικά στην ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης.

Ένα άλλο μειονέκτημα στις ηλεκτροσυγκολλήσεις TIG είναι ο κρατήρας που δημιουργείται στο τέλος της ραφής και γι' αυτό έχει μεγάλη σημασία ο τρόπος με τον οποίο θα διακόψουμε την ηλεκτροσυγκόλληση. Για να σταματήσουμε το τόξο πρέπει να εκτελέσουμε ακριβώς την αντίστροφη κίνηση από αυτή που περιγράψαμε προηγουμένως, όπως φαίνεται στο σχήμα 29, περίπτωση (B), αλλά αυτή τη φορά, προκειμένου να περιορίσουμε τη δημιουργία του κρατήρα, η κίνηση πρέπει να είναι ακαριαία. Ο σχηματισμός του κρατήρα εμποδίζεται καλύτερα, αν η μηχανή έχει πεντάλ ή διακόπτη ρύθμισης του ρεύματος, οπότε προβαίνουμε σε σταδιακή μείωση του ρεύματος με παράλληλο γέμισμα του κρατήρα με υλικό συγκόλλησης.

3.3.2. Τα μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια της TIG

(α) Η τυποποίηση των ηλεκτροδίων

Τα μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται στην TIG είναι τυποποιημένα σύμφωνα με το ISO-6848 και με το AWS A5.12. Αποτελούνται είτε από καθαρό βολφράμιο (W) ή περιέχουν βολφράμιο και κάποια μικρή πρόσμιξη άλλου υλικού. Στον πίνακα 10, βλέπουμε τα περισσότερα χρήσιμα είδη των μη αναλωσίμων ηλεκτροδίων. Τα πλέον διαδεδομένα είναι τα πέντε πρώτα (WP, WT20, EWL_a-1.5, WC20, WZ3). Τα ηλεκτρόδια υπάρχουν σε τυποποιημένα μήκη 50, 75, 150 και 175 mm.



Σχήμα 30: Ο χρωματικός κώδικας των ηλεκτροδίων βολφραμίου

Όλα τα μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια είναι χρωματισμένα στο άκρο τους και, ανάλογα με το χρώμα, καταλαβαίνουμε τη χημική τους σύσταση. Στο σχήμα 30, φαίνεται ο τρόπος σήμανσης και η συσκευασία των ηλεκτροδίων. Θεωρούνται ως μη αναλώσιμα, αλλά στην πραγματικότητα έχουν και αυτά μία πολύ μικρή φθορά. Το σωστότερο θα ήταν να τα ονομάζαμε «ελά-χιστα αναλώσιμα ηλεκτρόδια».

Πίνακας(10): Μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια ηλεκτροσυγκόλλησης TIG					
Σύσταση	Ονομασία	Τυποποίηση κατά ISO		Τυποποίηση κατά AWS	
		Συμβολισμός	Χρώμα	Συμβολισμός	Χρώμα
100% W	Βολφραμίου	WP	Πράσινο	EWP	Το ίδιο
W+2% ThO ₂	Θορίου 2%	WT20	Κόκκινο	EWTh-2	Το ίδιο
W+1,5% LaO ₂	Λανθανίου 2%	-	-	EWLa-1,5	Χρυσό
W+2% CeO ₂	Δημητρίου	WC20	Γκρι	EWCe-2	Πορτοκαλί
W+0,3% ZrO ₂	Ζιρκονίου	WZ3	Καφέ	EWZr-1	Το ίδιο
W+1% ThO ₂	Θορίου 1%	WT10	Κίτρινο	EWTh-1	Το ίδιο
W+1% LaO ₂	Λανθανίου 1%	WL10	Μαύρο	EWLa-1	Το ίδιο

*Παρατηρήσεις: (1) Στην πράξη, το πορτοκαλί ή το γκρι υποδηλώνουν το WC20.
(2) Το EWLa-1,5 με τη χρυσή σήμανση δεν προβλέπεται από το ISO¹⁰ και αποτελεί μία πολύ πρόσφατη εξέλιξη στην τεχνολογία της TIG.*

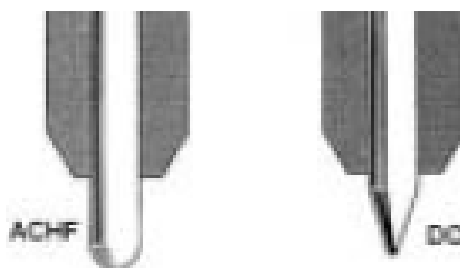
Οι συνιστώμενες εντάσεις του ηλεκτρικού ρεύματος φαίνονται στον πίνακα 11. Παρατηρούμε ότι τα ηλεκτρόδια με οξείδιο (π.χ. το WT20), τα οποία μάλιστα συμβαίνει να είναι πολύ χαμηλότερου κόστους από τα ηλεκτρόδια καθαρού βολφραμίου (WP), έχουν ικανότητα χειρισμού

μεγαλύτερων εντάσεων ρεύματος. Γι. αυτό και η χρήση των ηλεκτροδίων WP είναι πολύ περιορισμένη και χρησιμοποιούνται μόνο στο αλουμίνιο, λόγω άλλων ιδιοτήτων που παρουσιάζουν. Σημασία, ακόμη, έχει και ο τρόπος διαμόρφωσης του άκρου των ηλεκτροδίων που πρέπει να είναι όπως βλέπουμε στο σχήμα 31.

Πίνακας(11): Οι εντάσεις ρεύματος στα μη αναλώσιμα ηλεκτρόδια (σε A)

Διάμετρος ηλεκτροδίου (mm)	Ρεύμα DC- (συγκόλληση χαλύβων)		Ρεύμα ACHF (συγκόλληση αλουμινίου)	
	Καθαρό Βολφράμιο	Με οξείδιο	Καθαρό Βολφράμιο	Με οξείδιο
0,5	0-20	2-20	2-15	2-15
1,0	10-75	10-75	15-55	15-70
1,6	40-130	60-150	45-90	60-125
2,0	75-180	100-200	65-125	85-160
2,4	130-230	170-250	80-140	120-210
3,2	160-310	225-330	150-190	150-250

Με το ανάστροφο ρεύμα DC+, η ικανότητα των ηλεκτροδίων περιορίζεται σε πολύ χαμηλές τιμές του ηλεκτρικού ρεύματος. Π.χ. ηλεκτρόδιο με διάμετρο 1,6 mm, το οποίο για DC- εί-ναι κατάλληλο για ρεύμα 60-150 A, με DC+ είναι κατάλληλο μόλις 10-20 A.



Σχήμα 31. Η διαμόρφωση του άκρου στα ηλεκτρόδια βολφραμίου

(β) Ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται με ρεύμα DC- (στους χάλυβες) Το πλέον χρησιμοποιούμενο ηλεκτρόδιο είναι το WT20, δηλαδή αυτό με την κόκκινη σήμανση (με 2% ThO₂). Όμως το θόριο (Th) είναι ελαφρά ραδιενεργό και η σκόνη του, από το τρόχισμα, δεν πρέπει να αναπνέεται. Εναλλακτική λύση είναι το ηλεκτρόδιο WC20 (με 2% CeO₂) με την γκρι σήμανση (κατά ISO) ή την πορτοκαλί (κατά AWS), επειδή δεν είναι ραδιενεργό, υστερεί όμως σε επιδόσεις έναντι του WT20. Πρόσφατα ανακαλύφθηκε το ηλεκτρόδιο EWLa-1.5 (χρυσή σήμανση, κατά AWS) το οποίο έχει σχεδόν το ίδιο καλές επιδόσεις με το WT20, αλλά χωρίς να περιέχει ραδιενεργό υλικό. Έχει ενσωματωθεί στην τυποποίηση κατά AWS, αλλά δεν έχει ακόμη ενσωματωθεί στην τυποποίηση κατά ISO. Αν ενσωματωθεί, η ονομασία του αναμένεται ότι θα είναι WL15 (επειδή με 1% LaO₂ συμβολίζεται WL10).

Για τη συγκόλληση με ρεύμα DC το ηλεκτρόδιο πρέπει να διαθέτει τροχισμένο κωνικό άκρο, όπως φαίνεται στο σχήμα. Το μήκος του κώνου συνήθως είναι 1,25-2 φορές μεγαλύτερο από τη διάμετρο και αυτό το μήκος αντιστοιχεί σε γωνία κώνου περίπου 30-45°. Για ρεύματα μέχρι 90 A, μπορούμε να έχουμε πιο αιχμηρά ηλεκτρόδια, με γωνία 20-30°. Χρειάζεται όμως προσοχή στον τρόπο που τα τροχίζουμε, διότι οι γραμμές του τροχού πρέπει να είναι κατά τη διεύθυνση του άξονα και ουδέποτε κάθετα προς αυτόν. Αν είναι κάθετα, δε θα υπάρχει σταθερότητα στη θέση του τόξου (αλλάζει θέσεις κατά τη διάρκεια της

συγκόλλησης). Ο σωστός τρόπος τροχίσματος του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου φαίνεται στο σχήμα 32.



Σχήμα 32: Ο τρόπος που τροχίζεται το μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο για το σχηματισμό της αιχμής

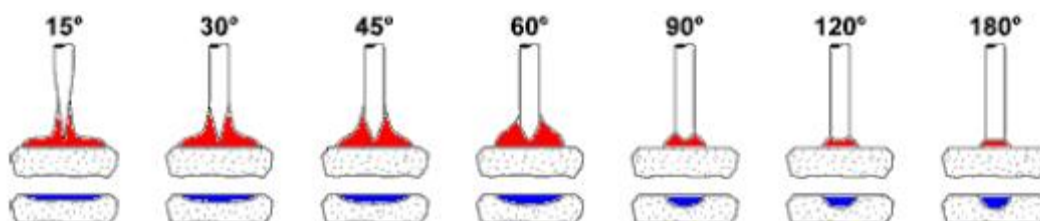
Το τρόχισμα πρέπει να γίνεται με σκληρό τροχό (π.χ. με διαμαντοτροχό), επειδή το βολφράμιο είναι πολύ σκληρό. Συχνά χρησιμοποιούνται ειδικά τροχιστικά μηχανήματα, όπως αυτά που βλέπουμε στο σχήμα 33, στα οποία ο τροχός είναι κλεισμένος σε διαφανές κάλυμμα. Επίσης, δεν επιτρέπεται να χρησιμοποιούνται τροχοί που έχουν τροχίσει οτιδήποτε άλλο εκτός από βολφράμιο, επειδή, αν μολυνθεί το βολφράμιο με ξένες ουσίες, πέφτει πολύ η ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης. Για τον ίδιο λόγο, οι τροχοί πρέπει να διατηρούνται σε κλειστό χώρο, απομονωμένοι από το περιβάλλον του συνεργείου, για να μην επικάθονται σκόνες στην επιφάνειά τους, που μολύνουν τα ηλεκτρόδια κατά το τρόχισμα. Αυτός είναι ένας επιπλέον λόγος για τη χρήση των ειδικών τροχιστικών μηχανημάτων για τα ηλεκτρόδια βολφραμίου.

Η διαμόρφωση των ηλεκτροδίων με ειδικό τροχό έχει το πλεονέκτημα ότι δεν αφήνει τα μόρια του βολφραμίου να περιφέρονται στην ατμόσφαιρα. Ακόμη πιο σοβαρό είναι το πρόβλημα, όταν υπάρχει και θόριο, επειδή, όπως αναφέραμε, αυτό το υλικό είναι ραδιενεργό. Σε

περίπτωση όμως που δε χρησιμοποιούνται ειδικά τροχιστικά μηχανήματα, το τρόχισμα θα πρέπει να γίνεται φορώντας μάσκα και, αφού αλλάξουμε τον τροχό και βάλουμε στη θέση του τον ειδικό τροχό που τον διατηρούμε καθαρό μόνο για τα ηλεκτρόδια βολφραμίου. Εναλλακτική λύση είναι να παραγγέλλονται έτοιμα, τροχισμένα ηλεκτρόδια (και από τις δύο μεριές) και τα χρησιμοποιημένα να αποστέλλονται για τρόχισμα.



Σχήμα 33: Ειδικά τροχιστικά μηχανήματα, για το τρόχισμα των μη αναλώσιμων ηλεκτροδίων



Σχήμα 34: Η διείδυση, η μορφή της ραφής και η μορφή του τόξου ανάλογα με τη γωνία του κώνου του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου

Όπως φαίνεται και στο σχήμα 34, ανάλογα με τη διεύθυνση που θέλουμε να επιτύχουμε, επιδιώκουμε μεγαλύτερη ή μικρότερη γωνία. Το άκρο του ηλεκτροδίου του όμως δε θα πρέπει να έχει πάντοτε αιχμή, επειδή το μόνο που αυτή προσφέρει είναι η ευκολία ανάμα-τος του τόξου. Ο τρόπος προετοιμασίας του άκρου του ηλεκτροδίου έχει μεγάλη σημασία για τις ιδιότητές του και τη μορφή της ραφής, όπως φαίνεται στον πίνακα 12.

Πίνακας(12): Οδηγίες για τη σωστή διαμόρφωση του άκρου του μη αναλώσιμου ηλεκτροδίου TIG				
Σημείο σύγκρισης	Διαμόρφωση του άκρου		Γωνία του άκρου	
	Αιχμηρό	Πλατύ	Μικρή	Μεγάλη
Έναυση	Εύκολη	Δύσκολη	Εύκολη	Δύσκολη
Σταθερότητα του τόξου	Μικρή	Μεγάλη	Μικρή	Μεγάλη
Διείσδυση	Ρηχή	Βαθιά	Ρηχή	Βαθιά
Διάρκεια ζωής	Μικρή	Μεγάλη	Μικρή	Μεγάλη
Κατάλληλο για ένταση ρεύματος	-	-	Μικρή	Μεγάλη
Μορφή του τόξου	-	-	Πλατύ	Στενό
Προτεινόμενη αρχική τιμή	[Ρεύμα συγκόλλησης σε A]/200mm Π.χ. για ρεύμα 100A: Διάμετρος άκρου=100/200=0,5mm		Οποιαδήποτε μεταξύ 14° και 60° Μέχρι 90 A προτείνεται: 20-30° Για άνω των 90 A:30-45°	

(γ) Ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται με το ρεύμα ACHF (με αλουμίνιο)

Το ηλεκτρόδιο καθαρού βολφραμίου χρησιμοποιείται κυρίως στις συγκολλήσεις αλουμι-νίου με ρεύμα ACHF. Σε ισχυρά μόνο ρεύματα χρησιμοποιείται το ηλεκτρόδιο του ζirkονίου, επειδή, όπως βλέπουμε και από τον πίνακα 12, τα ηλεκτρόδια καθαρού βολφραμίου, με ρεύμα ACHF, παρουσιάζουν μικρότερη αντοχή. Με την εισαγωγή στην τεχνολογία των συγκολλήσεων του ηλεκτροδίου με 1,5% LaO₂, άρχισε να χρησιμοποιείται και το EWLa-1.5, το οποίο φαίνεται να έχει καλή συμπεριφορά και στις ηλεκτροσυγκολλήσεις αλουμινίου.

Τα ηλεκτρόδια που προορίζονται για συγκόλληση με ACHF πρέπει να είναι στρογγυλεμένα στην άκρη τους. Δεν υπάρχει θέμα τροχίσματος του ηλεκτροδίου, καθ' όσον αυτή η στρογγυλή μορφή διατηρείται και κατά τη φάση της συγκόλλησης.

(δ) Η συμπεριφορά των μη αναλώσιμων ηλεκτροδίων κατά την ηλεκτροσυγκόλληση

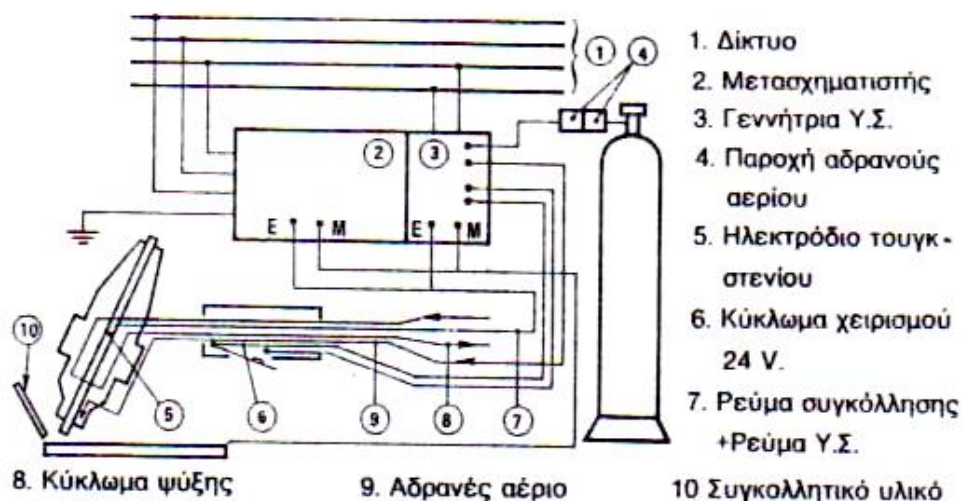
Η μεταφορά βολφραμίου από το ηλεκτρόδιο στο λουτρό συγκόλλησης είναι επιβλαβής και, αν τυχόν αποσπαστούν μικρά τεμάχια και πέσουν στο λουτρό συγκόλλησης, αυτά θα πρέπει να αφαιρεθούν.

Παρ. όλων που το βολφράμιο είναι το πλέον δύστηκτο υλικό που υπάρχει, με σημείο τήξης 3410°C, η υψηλή θερμοκρασία του τόξου τήκει το άκρο του ηλεκτροδίου και σχηματίζει ένα σφαιρίδιο. Αυτό είναι πολύ μικρότερο από τη διάμετρο του ηλεκτροδίου στο ρεύμα DC- αλλά μεγαλύτερο από τη διάμετρο στο ACHF.

Το λωμένο σφαιρίδιο στο άκρο του ηλεκτροδίου σταθεροποιεί το τόξο. Το βολφράμιο ε-ξαερώνεται στους 5920°C και οι αναπτυσσόμενες θερμοκρασίες, κατά την ηλεκτροσυγκόλληση, δεν επαρκούν να το εξαερώσουν. Το αποτέλεσμα είναι το ηλεκτρόδιο να φθείρεται ελάχιστα, ώστε να μπορεί να θεωρείται ως μη αναλώσιμο. Αν οι διαστάσεις του σχηματιζόμενου σφαιριδί-ου είναι υπερβολικές, σημαίνει ότι η εκτελούμενη ηλεκτροσυγκόλληση απαιτεί μεγαλύτερης διαμέτρου ηλεκτρόδιο.

3.3.3. Μηχανή T.I.G.

Η μηχανή συγκόλλησης με δύστηκτο ηλεκτρόδιο και αργό (TIG) (σχ. 35) αποτελείται από:



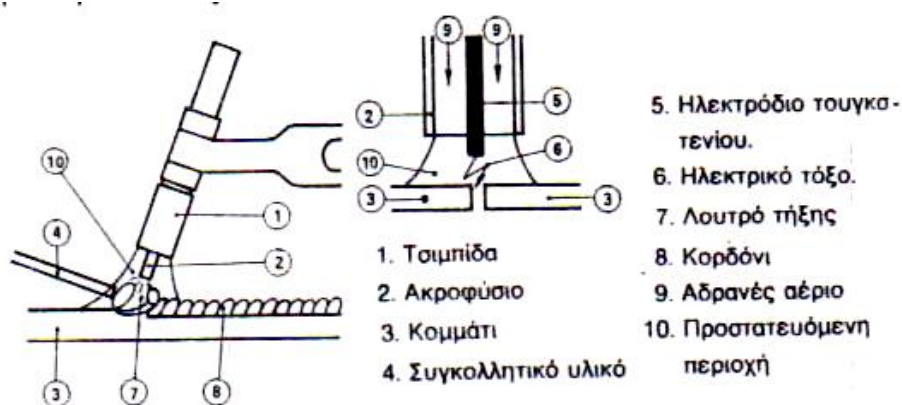
Σχήμα 35. Μηχανή T.I.G.

α. Μια γεννήτρια ρεύματος συγκόλλησης

Μπορεί να είναι περιστρεφόμενη συνεχούς ρεύματος (συνιστάται για την συγκόλληση μαλακών και ανοξειδωτων χαλύβων, χαλκού, κραμάτων νικελίου και συνδέεται με τον αρνητικό πόλο στο ηλεκτρόδιο), στατή με ανορθωτή σεληνίου (συνιστάται για τη συγκόλληση των ίδιων μετάλλων) ή στατή εναλλασσόμενου ρεύματος (συνιστάται για τη συγκόλληση ελαφρών μετάλλων και κραμάτων). Η τελευταία διαθέτει επιπλέον μια συσκευή που παράγει ρεύμα υψηλής συχνότητας για το ξεκίνημα του τόξου.

β. Μια τσιμπίδα συγκόλλησης

Η τσιμπίδα συγκρατεί το ηλεκτρόδιο και εξασφαλίζει την κυκλοφορία του αργού. Περιλαμβάνει ακόμα και κυκλοφορία νερού για να ψύχεται (σχ. 36).



Σχήμα 36. Τσιμπίδα συγκόλλησης T.I.G.

γ. Μια φιάλη αργού

Η φιάλη αυτή περιέχει 5 έως 7 m³ αερίου συμπιεσμένου σε 150 kg/cm². Για να διακρίνεται από άλλα αέρια ο λαιμός της χρωματίζεται με

κίτρινο χρώμα. Φέρει ένα κλείστρο πάνω στο οποίο προσαρμόζουμε ένα μανοεκτονωτή όπως στις φιάλες οξυγόνου.

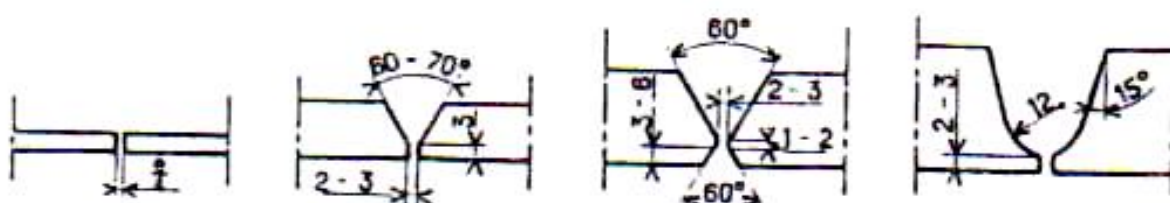
δ. *Τρεις εύκαμπτους αγωγούς* για την μεταφορά του ηλεκτρικού ρεύματος και του αερίου.

ε. *Ένα χειριστήριο*

Το χειριστήριο εξασφαλίζει αυτόματα το άνοιγμα και το κλείσιμο της παροχής του αργού λίγο πιο πριν και λίγο πιο αργά από το άναμμα και το σβήσιμο του ηλεκτρικού τόξου.

Συγκόλληση

Η προετοιμασία των άκρων επηρεάζει σημαντικά την ποιότητα και την ταχύτητα της συγκόλλησης. Το βασικό μέταλλο και το συγκολλητικό υλικό πρέπει να είναι πολύ καθαρά για να εξασφαλίσουμε σωστή συγκόλληση. Για τον καθαρισμό του αλουμινίου και των κραμάτων του χρησιμοποιούμε τριχλωροαιθυλένιο και αφαιρούμε αμέσως πριν από τη συγκόλληση την κρούστα οξειδωσης (αλουμίνα) με μια βούρτσα ή με ξύσιμο. Το ποντάρισμα των κομματιών είναι και εδώ απαραίτητο αλλά είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε συσκευές συγκράτησης που μας εξασφαλίζουν οικονομία αερίου, καλύτερη συγκόλληση και ταχύτερη εκτέλεση. Στις κατά μέτωπο συγκολλήσεις προστατεύουμε το πίσω μέρος της ραφής χρησιμοποιώντας κυρίως ένα υποστήριγμα από χαλκό. Οι μορφές των λοξοτομών ποικίλλουν ανάλογα με το πάχος των κομματιών και μοιάζουν με αυτές της συγκόλλησης με ηλεκτρικό τόξο (σχ. 37.).



Σχήμα 37. Λοξοτομές ελασμάτων

Συγκόλληση με το χέρι

Γίνεται όπως στη συγκόλληση με τον καυστήρα οξυγονοασετυλίνης. Η τσιμπίδα μετακινείται από δεξιά προς τα αριστερά διατηρώντας σταθερό το μήκος του τόξου. Η τεχνική της συγκόλλησης ποικίλλει από μέταλλο σε μέταλλο. Έτσι:

- Το αλουμίνιο και τα κράματά του συγκολλούνται κινώντας την τσιμπίδα και το συγκολλητικό υλικό μπρος - πίσω.
- Οι ανοξείδωτοι χάλυβες συγκολλούνται μετακινώντας την τσιμπίδα ομαλά χωρίς πλευρικές κινήσεις και,
- Το μαγνήσιο συγκολλάται ακουμπώντας το συγκολλητικό υλικό στο βασικό μέταλλο και διατηρώντας το τόξο πολύ κοντό.

Αυτόματη συγκόλληση

Η αυτόματη συγκόλληση γίνεται μετακινώντας είτε την τσιμπίδα είτε το κομμάτι. Στην πρώτη περίπτωση η τσιμπίδα συγκρατείται σε ένα μηχανισμό που εξασφαλίζει την μετακίνηση κατά μήκος της ραφής ενώ στη δεύτερη η τσιμπίδα μένει σταθερή και μετακινείται το κομμάτι. Οι μηχανές αυτόματης συγκόλλησης που η λειτουργία τους είναι απλή αυξάνουν σημαντικά την ταχύτητα εκτέλεσης και την ποιότητα της συγκόλλησης.

ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Η διαδικασία συγκόλλησης TIG, στον τρόπο εφαρμογής της παρουσιάζει μεγάλη ομοιότητα με τη συγκόλληση φλόγας, η διαφορά τους είναι ότι στη συγκόλληση φλόγας τη θερμοκρασία την παρέχει με χημικό τρόπο το οξυγόνο και το καύσιμο, ενώ στην περίπτωση του βολφραμίου, αυτή παρέχεται από το ηλεκτρικό ρεύμα.

Το μήκος της τσιμπίδας στην TIG, δεν υφίσταται κανένα περιορισμό όπως στη διαδικασία συγκόλλησης MIG/MAG και μπορούν να φτάσουν σε μήκη πολύ περισσότερο από 10 μέτρα.

Οι συσκευές ισχύος TIG, χαρακτηρίζονται ως συσκευές σταθερής έντασης. Στη διαδικασία συγκόλλησης TIG επειδή το μήκος του τόξου είναι δυνατό να μεταβάλλεται και να μη παραμένει σταθερό όπως συμβαίνει στη διαδικασία MIG/MAG, υπάρχει η αναγκαιότητα της σταθερής έντασης του ρεύματος.

Το ηλεκτρόδιο στη συγκόλληση MIG, συνδέεται στο θετικό πόλο σε αντίθεση με το ηλεκτρόδιο της συγκόλλησης TIG που συνδέεται στον αρνητικό πόλο και έτσι λιώνει ευκολότερα.

Ποιοτικά η διαδικασία συγκόλλησης TIG, προσφέρει κορυφαία ποιότητα ραφής, αλλά η χρήση της περιορίζεται λόγω της εξαιρετικά μικρής ταχύτητας συγκόλλησης και της αυξημένης δεξιοτήτας του τεχνίτη.

Στις συγκολλήσεις με μηχανή σύρματος MIG/MAG ή με υπενδεδυμένο ηλεκτρόδιο MMA, ο συγκολλητής κρατά την τσιμπίδα με τη μια ή και τις δύο παλάμες και απλά την κατευθύνει με απαλές κινήσεις. Στις συγκολλήσεις TIG, κρατά στη μια παλάμη την τσιμπίδα ενώ στην άλλη τη βέργα του προστιθέμενου υλικού, την οποία και κινεί με πολύ λεπτές κινήσεις των δακτύλων του. Αξίζει επίσης να αναφέρουμε ότι το τόξο στις συγκολλήσεις TIG είναι αρκετά συγκεντρωμένο, ιδιότητα που προϋποθέτει μεγάλη ακρίβεια κατά την κίνηση του.

Πολλές φορές η κακή ποιότητα των υλικών που χρησιμοποιούνται στις κοινές μεθόδους συγκόλλησης ή η απειρία του τεχνίτη ή και τα δύο μαζί, έχουν ως αποτέλεσμα να μειώνονται οι μηχανικές ιδιότητες της σύνδεσης.

Επάνω στις σύγχρονες μηχανές συγκόλλησης, υπάρχουν ολοκληρωμένα συστήματα ελέγχου τα οποία ο συγκολλητής πρέπει να τα χειρίζεται με πολύ απαλές κινήσεις των δακτύλων. Επομένως συμπεραίνουμε πως ο συγκολλητής για να κάνει μια ωραία και χωρίς ατέλειες συρραφή θα πρέπει εκτός της πολύ καλής θεωρητικής κατάρτισης, να διαθέτει μεγάλη εμπειρία, ώστε να κινεί με απαλές και συγχρονισμένες κινήσεις τόσο τα χέρια όσο και τα δάκτυλα του.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Διαμαντούδη Θ., Συγκολλήσεις μετάλλων, Θεσσαλονίκη, 2000
2. Διαμαντούδη Θ., Μηχανουργική Τεχνολογία – Εργαλιομηχανές, κατασκευή, λειτουργία και εκμετάλλευση, Θεσσαλονίκη, 1998
3. Gellerman M., Η Πρακτική των Συγκολλήσεων, εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, 2000
4. Καρμίρη Α., Τεχνολογία Συγκολλήσεων, Ευγενίδιο Ίδρυμα, Αθήνα 1996
5. Κατσικά Ν., Κοτσανάδα Χ., Στοιχεία Συγκολλήσεων, Ίδρυμα Ευγενίσιου, Αθήνα, 1999
6. Μάμαλη Αθ., Κατεργασίες των υλικών, Αθήνα, 1995
7. Μπουζάκη Κ., Μορφοποιήσεις με αφαίρεση Υλικών, εκδόσεις ΖΗΤΗ, Θεσσαλονίκη, 2001
8. Πατσαβούδη Δ., Τεχνολογία Μηχανολογικών Υλικών, Αθήνα, 1994
9. Πετρόπουλου, Μηχανουργική τεχνολογία - Εργαστήριο Ι, Ίδρυμα Ευγενίδου, Αθήνα 1997
10. Σουρέλη Ι., Θερμικές κατεργασίες μετάλλων, εκδόσεις ΙΩΝ, Αθήνα, 1998

- 11.Χρυσουλάκης Ι. – Παντελής Δ. Επιστήμη και τεχνολογία των μεταλλικών υλικών, εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 1996
- 12.<http://www.welding.com>
- 13.<http://www.welding-and-cutting.info/>
- 14.<http://www.metal.gr>
- 15.<http://www.mechanology.com/>
- 16.<http://www.arrowsheetmetal.ca/>
- 17.<http://www.materials.ox.ac.uk/>
- 18.<http://themetalfforming.com>
- 19.<http://thermotec.co.kr>
- 20.<http://www.welding.org>