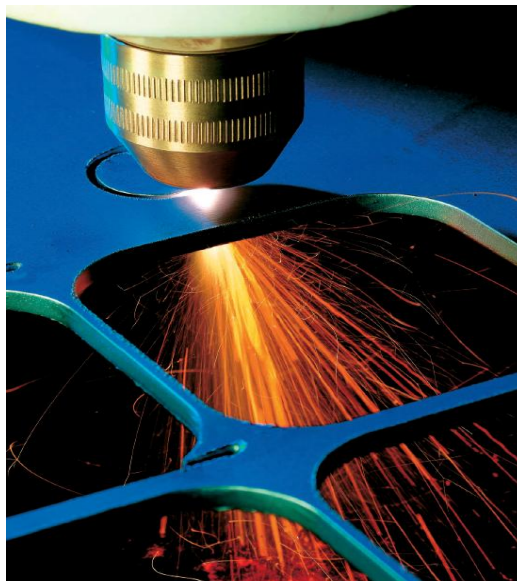


Τ.Ε.Ι. ΚΡΗΤΗΣ
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

ΑΝΑΛΥΣΗ ΜΑΚΡΟΠΛΑΣΜΑΤΙΚΗΣ (MACROPLASMA) ΚΑΙ
ΜΙΚΡΟΠΛΑΣΜΑΤΙΚΗΣ (MICROPLASMA) ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ
ΚΑΘΩΣ ΚΑΙ ΤΗΣ ΚΟΠΗΣ ΜΕ PLASMA



ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΚΟΛΙΟΦΟΥΚΑ ΓΕΩΡΓΙΑ
ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΑΕΡΑΚΗΣ ΖΑΧΑΡΙΑΣ

ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2014

ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η παρούσα πτυχιακή εργασία σηματοδοτεί την ολοκλήρωση ενός μεγάλου και ιδιαίτερα σημαντικού κεφαλαίου της ζωής μου από το οποίο αποχωρώ πλουσιότερη σε γνώση αλλά κυρίως γεμάτη με πολύτιμες εμπειρίες για την επαγγελματική και την προσωπική ζωή μου.

Η πτυχιακή εργασία αποτελεί μέρος των σπουδών μου στο τμήμα Μηχανολογίας του Τεχνολογικού Εκπαιδευτικού Τμήματος Κρήτης και είναι σημαντικό μέρος όλης της προσπάθειας μου όλα αυτά τα χρόνια στο Ίδρυμα. Η εργασία ολοκληρώθηκε με την επίβλεψη του κ. Αεράκη Ζαχαρία και την ενθάρρυνση του σε κάθε ενδιασμό μου. Η παρούσα πτυχιακή εργασία δεν θα είχε ολοκληρωθεί χωρίς τη συμβολή και την πολύτιμη βοήθεια κάποιων ατόμων, τα οποία θέλω να ευχαριστήσω.

Κατ' αρχάς, θα ήθελα να ευχαριστήσω τον επιβλέποντα Καθηγητή μου κ. Αεράκη Ζαχαρία για την εμπιστοσύνη που μου έδειξε, δείνοντας μου το θέμα και καθοδηγώντας με καθ' όλη τη διάρκεια διεκπαιρέωσης της παρούσας πτυχιακής εργασίας.

Η ολοκλήρωση της θεωρώ πως αποτελεί ένα από τα σημαντικότερα επιτεύγματά μου, ενώ η εκπόνηση της αποτέλεσε μια επίπονη αλλά ταυτόχρονα δημιουργική διαδικασία. Με την εργασία αυτή ολοκληρώνεται η φοίτησή μου στο τμήμα Μηχανολογίας

Κλείνοντας αισθάνομαι την υποχρέωση να εκφράσω την ευγνωμοσύνη μου στην οικογένειά μου. Θέλω να ευχαριστήσω τους γονείς μου, τον σύζυγό μου και τα παιδιά μου για την παροχή κάθε μορφής στήριξης απαραίτητης για την ολοκλήρωση της προσπάθειας αυτής.

Ηράκλειο 2014
Κολιοφούκα Γεωργία

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

ΠΕΡΙΛΗΨΗ	7
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1 ^ο	
Εισαγωγή στις συγκολλήσεις	8
Γενικά περί συγκολλήσεων	8
Ομοειδής συγκολλήσεις	8
Ετεροειδής συγκολλήσεις	9
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2 ^ο	
Δομή των μεταλλικών υλικών	11
Κρυσταλλική δομή	11
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3 ^ο	
Συγκολλητότητα των υλικών	13
Κράματα σιδήρου – άνθρακα	13
Μη σιδηρούχα κράματα μετάλλων	13
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4 ^ο	
Τεχνικές συγκολλήσεων	14
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5 ^ο	
Η ιστορία κοπής πλάσμα	18
Η διαδικασία κοπής με πλάσμα	19
Τα χαρακτηριστικά του τόξου πλάσματος	19
Περιδήγηση του αερίου	20
Η εκκίνηση του αερίου	21
Διπλό τόξο	22
Πώς να αποφύγουμε το διπλό τόξο	22
Οι μεταβλητές της διαδικασίας κοπής	23
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6 ^ο	
Ανάλυση της συγκόλλησης και της κοπής πλάσμα	27
Εισαγωγή κοπής με πλάσμα	27

Αρχή λειτουργίας κοπής με πλάσμα	28
Βασικά μέρη του πλάσματος	29
Πηγή ενέργειας πλάσμα	30
Λαβίδα πλάσματος	30
Μέταλλο βάσης	31
Παροχή αερίου	31
Κύκλωμα ψύξης	32
Τραπέζι κοπής και σύστημα απορρόφησης καυσαερίων	32
Τεχνικές κοπής	32
Τύποι λαβίδων	32
Συμβατική κοπή πλάσματος	33
Κοπή πλάσματος με δευτερεύων μέσο	33
Κοπή πλάσματος με δευτερεύων αέριο	34
Κοπή πλάσματος με προστασία νερού	34
Κοπή πλάσματος με ψεκασμό νερού	35
Κοπή πλάσματος με αυξημένο βαθμό περιορισμού	35
Υποβρύχια κοπή	36
Πλάσμα χάραξης	37
Ποιότητα κοπής	37
Πλάτος κοπής	40
Μεταλλουργικό φαινόμενο	41
Απορρόφηση αζώτου	41
Επιτυγχανόμενες ποιότητες κοπής	41
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7 ^ο	
Συγκόλληση πλάσματος	42
Τόξο πλάσματος	42
Λειτουργία	42
Στραγγαλισμός τόξου	45
Είδη τόξου πλάσματος	46
Ρεύμα συγκόλλησης	48
Περιορισμοί εφαρμογής	49
Εξοπλισμός	49
Έναυση τόξου	50
Πηγή ενέργειας χωρίς παλμικό ρεύμα	51
Πηγή ενέργειας με παλμικό ρεύμα.....	51
Συγκόλληση μεταβλητής πολικότητας τόξου	51

Κονσόλα ελέγχου	52
Λαβίδα	52
Ακροφύσια πλάσματος	53
Εξοπλισμός μηχανών πλάσματος	54
Τροφοδοσία πλάσματος	54
Ρυθμιστής τάσης τόξου	54
Καταλληλότητα χρήσης πλάσματος	55
Υλικό εναπόθεσης	55
Ηλεκτρόδια μεθόδου	55

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

Κατάλληλα βιομηχανικά αέρια και μείγματα αυτών στις μηχανές πλάσματος	56
Πλασμαγενοί αέριοι	56
Αέρια και μείγματα της μεθόδου	57
Μείγματα αερίων προστασίας	58
Εφαρμογές των προστατευτικών αερίων	59
Επιλογή αερίου προστασίας	61
Αργό	61
Υδρογόνο	61
Μείγμα Αργό – Υδρογόνο	62
Άζωτο	62
Μείγμα Άζωτο – Υδρογόνο	62
Μείγμα Αργό – Υδρογόνο – Άζωτο	62
Οξυγόνο	63
Διοξείδιο του άνθρακα	63
Ατμοσφαιρικός αέρας	63
Νερό (ατμός)	63
Παροχή αερίου για μηχανές κοπής	64
Αδρανή αέρια προστασίας	65
Δραστικά αέρια προστασίας	66
Διμερή μείγματα αερίων προστασίας	67
Τριμερή μείγματα αερίων προστασίας	67

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

Αυτοματοποίηση μηχανών πλάσματος	69
Δυνατότητες αυτοματοποίησης της μεθόδου	69
Ρεύμα σε αυτόματες μηχανές συγκόλλησης	70

Λαβίδα συγκόλλησης αυτόματης μηχανής	71
Αυτόματο καθαριστικό ρομπότ	71

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο

Έλεγχος συγκολλήσεων	74
Μη καταστροφικοί μέθοδοι	74
Καταστροφικές δοκιμές	74

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο

Προστασία από τις εφαρμογές πλάσματος	76
Προστασία από τις συγκολλήσεις	76
Ηλεκτρικό ρεύμα	76
Κίνδυνος πυρκαγιάς κατά την εκτέλεση εργασιών	77
Προληπτικά μέτρα κατά την χρήση των μηχανών συγκόλλησης	78
Φιάλες αερίων υπό πίεση	79
Κίνδυνος από ευγενή αέρια και άζωτο	82
Υπέρυθρη ακτινοβολία	82
Ορατή	84
Υπεριώδης	84
Ιοντίζουσα	85
Κίνδυνοι από αναθυμιάσεις και ατμούς μετάλλων	87
Μυοσκελετικές παθήσεις και συγκόλληση	89
Άνω άκρα	90
Αυχέννας	91

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12^ο

Βιβλιογραφικές αναφορές	92
-------------------------------	----

ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην εργασία αυτή μελετώ την τεχνολογία πλάσματος, κοπής και συγκόλλησης αναφέροντας παράλληλα:

- Τα περί της δομής των μεταλλικών υλικών
- Την συγκολλητότητα τους
- Τις διάφορες τεχνικές συγκόλλησης
- Την καταλληλότητα των διαφόρων προστατευτικών αερίων και μειγμάτων τους
- Καθώς και την προστασία από την τεχνολογία αυτή

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Εισαγωγή στις συγκολλήσεις

Γενικά περί συγκολλήσεων

Με τον όρο συγκόλληση εννοούμε την μέθοδο, κατά την οποία δύο υλικά, συνήθως μέταλλα, συνδέονται μόνιμα μεταξύ τους μέσω τοπικής πρόσφυσης, που επιτυγχάνεται με τον συνδυασμό θερμοκρασίας, πίεσης και μεταλλουργικών συνθηκών. Από την εποχή της αρχαιότητας υπήρχαν μέθοδοι 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), οι μαλακές συγκολλήσεις των οποίων η θερμοκρασία τήξης του υλικού εναπόθεσης κυμαίνονταν γύρω στους 500C.

Η συγκόλλησης φλόγας εμφανίζονται στην αρχή του εικοστού αιώνα καθώς και οι συγκολλήσεις κοινού ηλεκτροδίου με σχεδόν αποκλειστική χρήση σε όλες τις εφαρμογές έως και τα μέσα του αιώνα αυτού. Από τότε πολλές διαφορετικές μέθοδοι έχουν επινοηθεί και προσφέρονται για την πραγματοποίηση διάφορων κατασκευών. Η λίστα με τα αντικείμενα ή τα προϊόντα που έχουν συγκολλητά μέρη είναι ατελείωτη και περιλαμβάνει από στοιχεία ηλεκτρονικών κυκλωμάτων μέχρι πλοία, αυτοκίνητα, γέφυρες, μεταλλικά έπιπλα, κτίρια με μεταλλικό σκελετό κ.λ.π.

Στις διάφορες μεθόδους συγκόλλησης που ο άνθρωπος επινόησε πρόσφατα έχουμε μεγάλες δυνατότητες αυξομείωσης της θερμοκρασίας του υλικού εναπόθεσης αλλά και του μετάλλου βάσης, λόγω του εύκολου μεταβλητού των χαρακτηριστικών των μηχανών και παράλληλα να ρυθμίσουμε επιθυμητές παροχές αέριων όπου γίνεται χρήση αυτών. Εξαιτίας της επινόησης των συγκολλήσεων ακτινοβολίας (μέθοδος Laser και μέθοδος δέσμης ηλεκτρονίων) περιορίζονται σημαντικά οι διάφορες παραμόρφώσεις που λαμβάνουν χώρα κυρίως με την εφαρμογή των μεθόδων ανοιχτού ηλεκτρικού τόξου.

Ομοειδής συγκολλήσεις

Ομοειδής ονομάζονται οι συγκολλήσεις στις οποίες τα προς συγκόλληση μέρη είναι από το ίδιο ή παρόμοιο υλικό. Στις συγκολλήσεις του είδους αυτού ανήκουν και οι συγκολλήσεις στις οποίες δεν χρησιμοποιείται υλικό εναπόθεσης αρκεί τα συνδεδεμένα μέρη να έχουν την ίδια χημική σύσταση. Για παράδειγμα, η συγκόλληση δύο μερών από μαλακό χάλυβα είναι μία ομοειδής συγκόλληση, είτε χρησιμοποιηθεί υλικό εναπόθεσης της ίδιας σύστασης είτε όχι.

Ο αρμός που πρόκειται να συγκολληθεί πρέπει να προετοιμάζεται κατάλληλα. Η πηγή θερμότητας χρησιμεύει για να τήξει είτε το συγκολλούμενο μέταλλο στην περιοχή της σύνδεσης, είτε το συγκολλητικό υλικό μέσα στην σύνδεση. Υπάρχουν δύο βασικοί τύποι συνδέσεων ραφών : η εσωραφή (ραφή άκρων) και η εξωραφή (ραφή αυχένα).

Ετεροειδής συγκολλήσεις

Ετεροειδής ονομάζονται οι συγκολλήσεις στις οποίες τα προς συγκόλληση μέρη είναι διαφορετικής χημικής σύστασης από τη σύσταση του υλικού εναπόθεσης.

Έτσι, στην περιοχή της συγκόλλησης δημιουργείται ένα κράμα από στοιχεία της κόλλησης και των μεταλλικών κομματιών. Όταν το κράμα αυτό στερεοποιηθεί, πραγματοποιείται κρυσταλλική σύνδεση των κομματιών, με αποτέλεσμα τη συγκόλλησή τους. Γι'αυτό στις ετεροειδής συγκολλήσεις οι επιφάνειες που πρόκειται να συγκολληθούν πρέπει να καθαρίζονται σχολαστικά με ειδικά υλικά καθαρισμού. Στην κατηγορία των ετερογενών συγκολλήσεων ανήκουν οι ασημοκολλήσεις, οι μπρουντζοκολλήσεις, οι κασσιτεροκολλήσεις κτλ.

Στις ετεροειδής συγκολλήσεις, θα πρέπει να έχουμε υπόψη μας τα ακόλουθα:

Το υλικό βάσης είναι πάντα διαφορετικής σύστασης από το υλικό εναπόθεσης και θα πρέπει να επιλέγουμε κατά τρόπο σχολαστικό κατά περίπτωση το υλικό εναπόθεσης προκειμένου να πετύχουμε άριστη κρυστάλλωση και κατά συνέπεια αντοχή στις ραφές μας.

Συνήθως οι ετεροειδείς συγκολλήσεις διακρίνονται σε μαλακές συγκολλήσεις όπου η θερμοκρασία τήξης των υλικών είναι μικρότερη των 500°C και στις σκληρές συγκολλήσεις όπου η θερμοκρασία τήξης των υλικών είναι μεγαλύτερες των 500°C.

Η θερμοκρασία τήξης της κόλλησης που χρησιμοποιείται είναι πάντα μικρότερη από εκείνη των προς συγκόλληση κομματιών. Όταν η θερμοκρασία φθάσει στο σημείο τήξης της κόλλησης, η κόλληση λιώνει και απλώνεται στις επιφάνειες που θα συγκολληθούν. < Θτήξης και >450°C.

Κατά τις συγκολλήσεις των διαφόρων μερών αναπτύσσονται υψηλές θερμοκρασίες εξαρτώμενες από το είδος των προς συγκόλληση μερών.

Ενδεικτικά δίνονται οι παρακάτω:

1. Κοινός Χάλυβας: 1450-1530°C
2. Χυτοσίδηρος: 1150-1250°C
3. Χαλκός: 1083°C
4. Μπρούντζος: 900°C
5. Ορείχαλκος: 900-1000°C
6. Άργυρος(ασημί): 960°C
7. Κασσίτερος: 230°C
8. Αλουμίνιο: 600-660°C

Για να επιτύχουμε τόσο υψηλές θερμοκρασίες τήξης, θα πρέπει να διαθέτουμε ισχυρές πηγές θερμότητας. Τέτοιες πηγές θερμότητας μπορούμε να έχουμε είτε με καύση αερίου, είτε με ηλεκτρική ενέργεια. Η συνηθέστερη πηγή θερμότητας είναι η φλόγα ασετιλίνης το ηλεκτρικό βολταϊκό τόξο, η δέσμη ηλεκτρονίων και η ακτίνες Laser.

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 κασιτεροκόλληση, 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 κασιτεροκόλληση, 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.

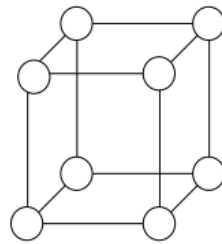
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

Δομή των μεταλλικών υλικών

Κρυσταλλική δομή

Κρυσταλλική δομή είναι η διάταξη ατόμων στο χώρο που παρουσιάζει τριπλή περιοδικότητα, δηλαδή υφίσταται μία δομική μονάδα που επαναλαμβάνεται στις τρεις διευθύνσεις.

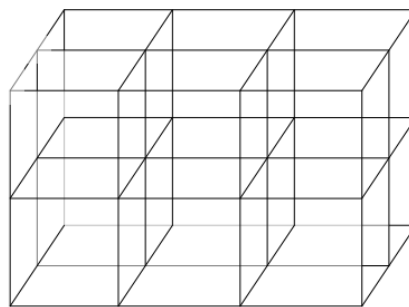
Στοιχειώδες κύτταρο ονομάζεται το απλούστερο σύνολο ατόμων, το οποίο, επαναλαμβανόμενο στο χώρο, δίνει την κρυσταλλική δομή.



Εικόνα 2.1 : Στοιχειώδες κύτταρο

Κρυσταλλικό πλέγμα είναι το σύνολο των άπειρων σημείων στο χώρο που διατάσσονται έτσι ώστε να αποδίδουν την κρυσταλλική δομή του κρυστάλλου. Τα άτομα του στοιχειώδους κυττάρου και της κρυσταλλικής δομής παριστάνονται συνήθως με σφαίρες ορισμένης διαμέτρου. Κάθε κρυσταλλικό πλέγμα χαρακτηρίζεται από:

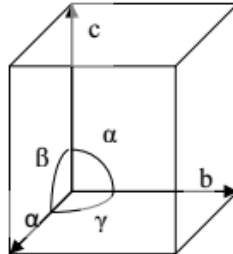
- Τα διανύσματα a, b, c , που ονομάζονται άξονες αναφοράς του κρυστάλλου
- Τις γωνίες α, β, γ
- Την κυψελίδα η οποία είναι το γεωμετρικό σχήμα της δομικής του μονάδας και στις ιδιότητες της οποίας βασίζονται σε μεγάλο βαθμό οι προβλέψεις της συμπεριφοράς σύνθετων υλικών σε διεργασίες υψηλών θερμοκρασιών



Εικόνα 2.2 : Κρυσταλλικό πλέγμα

Τα βασικά κρυσταλλικά πλέγματα με βάση τα οποία κρυσταλλώνεται μεγάλο ποσοστό μετάλλων είναι:

- Το κυβικό χωροκεντρομένο
- Το κυβικό ενδροκεντρωμένο
- Το εξαγωνικό μέγιστης πυκνότητας



Εικόνα 2.3: Κυψελίδα

Μεταλλικοί κρύσταλλοι είναι οι δομικές μονάδες των μεταλλικών υλικών οι οποίες έχουν προκύψει με επανάληψη του στοιχειώδους κυττάρου στο χώρο με τον ίδιο προσανατολισμό. Για την δυνατότητα συγκόλλησης δυο ή περισσότερων μετάλλων πρέπει να υπάρχει κατάλληλος συνδυασμός επαρκούς γειννίας μεταξύ των δυο μερών που θα συγκολληθούν προκειμένου να σχηματιστούν κοινοί μεταλλικοί κρύσταλλοι.

Παράγοντες που περιορίζουν την διαδικασία είναι οι παρακάτω:

- Ανωμαλίες των επιφανειών που βρίσκονται σε επαφή.
- Στρώματα οξειδίων ή ξένων ρύπων όπως μεταλλικά επιφανειακά στρώματα.
- Λεπτό στρώμα απορροφημένου αερίου στην επιφάνεια οξειδίου.

Ανωμαλίες της επιφάνειας εξουδετερώνονται είτε με επιβολή δύναμης, που προκαλεί πλαστική παραμόρφωση των ανωμαλιών και έτσι τα τεμάχια έρχονται σε πιο άμεση επαφή, είτε με τήξη των δύο επιφανειών.

Τα στρώματα των ρύπων απομακρύνονται είτε με μηχανικό είτε με χημικό καθαρισμό πριν την έναρξη των ραφών. Εάν η συγκόλληση πραγματοποιείται εν κενό ατμοσφαιρικού αέρα και στις δύο μεθόδους η πρόσφυση επιτυγχάνεται αμεσότερα. Εάν οι όποιοι ρύποι εγκλωβιστούν στις ραφές δημιουργούνται ποικίλα προβλήματα κυρίως αντοχής των ραφών.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

Συγκολλητικότητα των υλικών

Η συγκολλητικότητα των υλικών εξαρτάται από τη χημική τους σύνθεση και την κρυσταλλική τους δομή. Σχετικά με τα ευρέως χρησιμοποιούμενα υλικά ισχύουν τα εξής :

Κράματα σιδήρου – άνθρακα

Η συγκολλητικότητα των χαλύβων εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητά τους σε άνθρακα (C). Όσο λιγότερο άνθρακα έχει ένας χάλυβας, τόσο πιο μεγάλη συγκολλητικότητα έχει, δηλαδή συγκολλάται πιο εύκολα. Ανώτερο όριο περιεκτικότητας σε άνθρακα για εύκολη συγκόλληση είναι το 0.25%. Αν ένας χάλυβας έχει περιεκτικότητα πάνω από το 0,25% σε άνθρακα, τότε η συγκόλληση δεν μπορεί να είναι επιτυχής παρά μόνο κάτω από ειδικές συνθήκες. Στην περίπτωση αυτή, περιοχές της ραφής της συγκόλλησης υφίστανται βαφή, χάνουν τη μηχανική αντοχή τους και ψαθυροποιούνται. Οι χάλυβες αυτοί, με όριο άνθρακα πάνω από το 0,25%, μπορούν να συγκολληθούν, αν προθερμανθούν. Η προθέρμανση αυτή εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε άνθρακα και φθάνει μέχρι τους 425°C για χάλυβες με περιεκτικότητα 0,8% σε άνθρακα. Αντίστοιχα με τους ανθρακούχους χάλυβες, οι χάλυβες με μεγάλη περιεκτικότητα σε Si, Mn, S και P, δεν μπορούν να συγκολληθούν εύκολα και μόνο κάτω από ειδικές συνθήκες. Αντίθετα, οι χάλυβες με προσμείξεις Cu, Ni, Cr, Mo και V, δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα συγκόλλησης, εκτός αν όλες οι προσμείξεις ξεπερνάνε το 10%. Στον Πίνακα 3.1 παρουσιάζονται κοινά κράματα σιδήρου – άνθρακα και η δυνατότητα συγκόλλησής τους.

Κατηγορία υλικού	Εύκολη συγκόλληση	Συγκόλληση σε ειδικές συνθήκες
Κοινοί χάλυβες κατασκευών	St33, St34, St37, St42, St46, St52	St50, St60, St70
Χάλυβες επιβελτιώσεως	C22, Ck22, 25CrMo4	-
Χάλυβες ενανθράκωσης	C10, Ck10, C15, Ck15	Αυτοί που περιλαμβάνουν προσθήκες σε Cr, Ni, Mo
Χυτοχάλυβες	πρέπει %C <0.25% και άθροισμα προσθηκών < 10%	Ανοξειδωτοι χυτοχάλυβες
Χυτοσίδηροι	Λευκοί μαλακτικοποιημένοι	Όλοι οι υπόλοιποι χυτοσίδηροι

Πίνακας 3.1 : Συγκολλητικότητα κραμάτων σιδήρου – άνθρακα

Μη σιδηρούχα κράματα μετάλλων

Τα κράματα του χαλκού και του αλουμινίου μπορούν εύκολα να συγκολληθούν. Εξαιρούνται τα κράματα του αλουμινίου με πάνω από 5% μαγνήσιο και οι ορείχαλκοι με υψηλό ποσοστό ψευδαργύρου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Τεχνικές συγκολλήσεων

Οι συγκολλήσεις διακρίνονται:

1. Συγκολλήσεις τήξης :

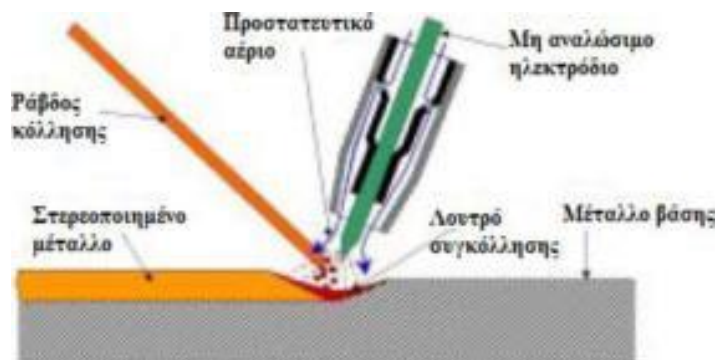
1.1 Συγκολλήσεις φλόγας,

1.2 Κοινές συγκολλήσεις τόξου

1.3 Συγκόλλησης αδρανούς ατμόσφαιρας

1.3.1 Συγκόλληση μεθόδου TIG

Η συγκόλληση αυτή είναι η μέθοδος με ηλεκτρόδιο βολφραμίου και αδρανές αέριο. (Tungsten Inert Gas) Η μέθοδος αυτή μοιάζει αρκετά με την μέθοδο M.I.G, μόνο που σε αυτή την περίπτωση το μεταλλικό σύρμα αντικαθίσταται από ένα μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο βολφραμίου. Λόγω του υψηλού σημείου τήξης του βολφραμίου, το ηλεκτρόδιο δεν φθείρεται καθ'όλη την διάρκεια της συγκόλλησης. Το συγκολλητικό υλικό τροφοδοτείται εξωτερικά στην ραφή της συγκόλλησης. Είναι ιδανική για συγκολλήσεις λεπτών ελασμάτων και μας δίνει υψηλή ποιότητα αποτελέσματος. Για να εκτελεστεί η συγκόλληση θα πρέπει η μηχανή να διαρρέεται από σταθερή ένταση ρεύματος. Κατά τη συγκόλληση αλουμινίου με τη μέθοδο αυτή προτιμάται ηλεκτρόδιο από καθαρό βολφράμιο.



Εικόνα 4.1: Συγκόλληση μεθόδου TIG

1.3.2 Συγκόλληση μεθόδου MIG-MAG

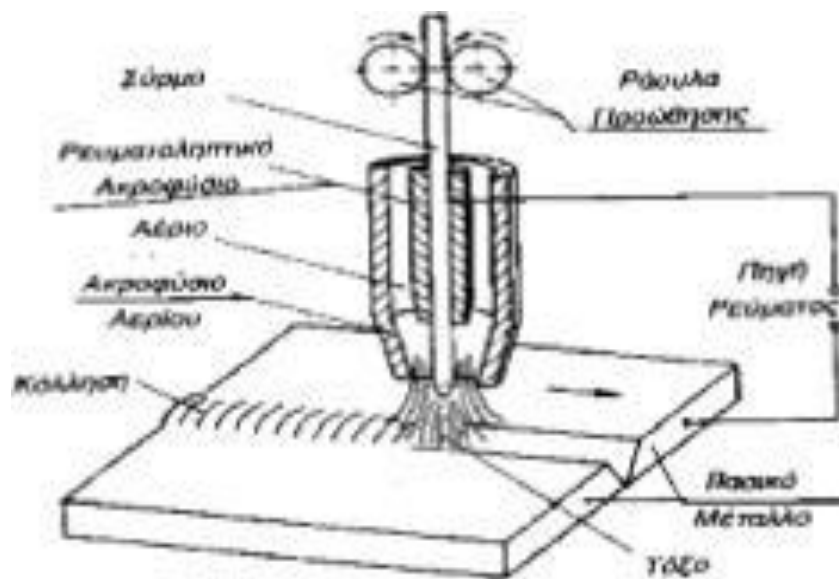
- Μέθοδος M.A.G (Metal Active Gas) Ηλεκτροσυγκόλληση τόξου σε ατμόσφαιρα ενεργού αερίου CO₂.
- Μέθοδος M.I.G (Metal Inert Gas) Ηλεκτροσυγκόλληση ηλεκτροδίου σε ατμόσφαιρα αδρανούς αερίου ή μίγματος αερίων

Κατά τη συγκόλληση M.I.G/M.A.G το συγκολλούμενο μέταλλο και το καταναλισκόμενο ηλεκτρόδιο με τη μορφή σύρματος τήκονται με θερμότητα που παράγεται από τόξο που σχηματίζεται

μεταξύ του ηλεκτροδίου και του συγκολλούμενου μετάλλου. Η συγκόλληση αυτή γίνεται με ταυτόχρονη χρήση προστατευτικού αερίου και ανάλογα το αέριο αυτό η διαδικασία έχει και άλλο όνομα, γ'αυτό και πιο συχνά εφαρμόζεται ο όρος M.I.G/M.A.G. Κατά τη συγκόλληση αυτή πρέπει να υπάρχει σταθερή τάση τόξου η οποία συμβολίζεται ως CV. Αυτή είναι η τάση που εφαρμόζεται μεταξύ του μετάλλου βάσης και της άκρης του ηλεκτροδίου. Όπως βλέπουμε βασική διαφορά της M.I.G/M.A.G από την M.M.A είναι ότι η M.I.G/M.A.G χρησιμοποιεί σταθερή τάση τόξου ενώ η M.M.A σταθερή ένταση.

Σε μια ημιαυτόματη διαδικασία το ηλεκτρόδιο τροφοδοτείται ημιαυτόματα και το τόξο αυτορυθμίζεται, αλλά η πηγή θερμότητας κινείται στην περιοχή σύνδεσης με το χέρι..

Αυτές οι μέθοδοι χρησιμοποιούν είτε αδρανές αέριο He ή Ar ή CO₂ σαν προστασία για την συγκόλληση αντί να γίνεται χρήση στρώματος σκουριάς ή κυτταρικών αερίων προϊόντων που χρησιμοποιούνται στην χειροκίνητη μέθοδο. Με αυτό τον τρόπο εξασφαλίζονται υψηλής ποιότητας συγκολλήσεις, με λιγότερες ακαθαρσίες, γεγονός σημαντικό για την συγκόλληση ειδικών χαλυβοκατασκευών και κραμάτων αλουμινίου, όπου η παρουσία οξειδίων αποτελεί μεγάλο πρόβλημα.

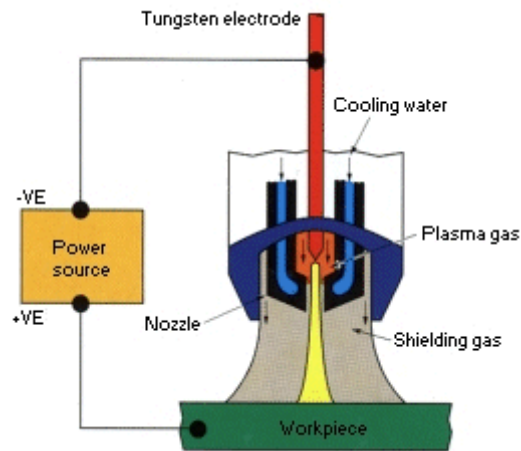


Εικόνα 4.2: Συγκόλληση μεθόδου MIG-MAG

1.3.2 Συγκόλληση μεθόδου πλάσματος

(Plasma Arc Welding) Το ηλεκτρικό τόξο δημιουργείται μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων τα οποία ψύχονται εσωτερικά. Στο χώρο μεταξύ αυτών των ηλεκτροδίων διοχετεύεται αέριο συνήθως αργό (Ar) ή άζωτο (N). Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μια δέσμη αερίου υψηλής θερμοκρασίας σε κατάσταση ιονισμού. Το ηλεκτρόδιο περιβάλλεται από ένα κέλυφος ηλεκτρικά μονωμένο. Ανάμεσα στο κέλυφος και το ηλεκτρόδιο διοχετεύεται η δευτερεύουσα παροχή αερίου, η οποία συμπαρασύρει και το μέταλλο της κόλλησης σε μορφή

σκόνης. Το μέταλλο αυτό ερχόμενο σε επαφή με την κύρια δέσμη του ιονισμένου αερίου τήκεται, ιονίζεται και εκτοξεύεται με μεγάλη ταχύτητα από το στόμιο του όπλου.



Εικόνα 4.3.: Συγκόλληση μεθόδου πλάσματος

1.4 Συγκολλήσεις αντίστασης

1.4.1. συγκόλληση αντίστασης σημείων (ηλεκτρόποντα)

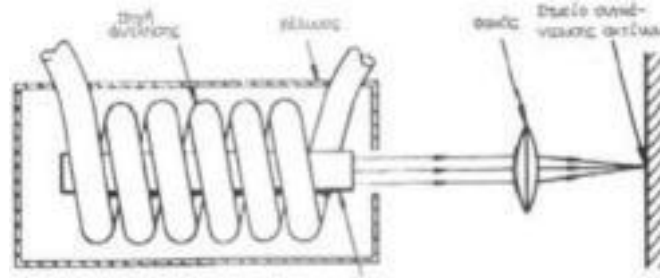
1.4.2. συγκόλληση συνεχείς (ηλεκτρογραφή)

Η μέθοδος αυτή δεν χρησιμοποιεί συγκολλητικό υλικό, προστατευτικά αέρια ή σκόνη προστασίας. Τα τεμάχια που θέλουμε να συγκολληθούν θερμαίνονται μεταξύ δυο ηλεκτρόδιων και συγκολλούνται. Η αρχή λειτουργίας αυτής της μεθόδου βασίζεται στο εξής: Όταν ένα σχετικά μεγάλο ηλεκτρικό ρεύμα διέλθει από δύο επιφάνειες σε επαφή, συναντά εσωτερική αντίσταση αναπτύσσοντας έτσι κατά τα γνωστά θερμότητα λόγω αντίστασης, που συγκεντρώνεται τοπικά στην περιοχή σύνδεσης. Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στη ζώνη επαφής των δύο ελασμάτων εξαρτάται από την ειδική θερμότητα και την θερμική αγωγιμότητα των υλικών. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για συγκόλληση είτε ίδιων είτε διαφορετικών υλικών. Η ένταση του ρεύματος φθάνει μέχρι 100.000 A ενώ η τάση λειτουργίας είναι πολύ χαμηλή, στην περιοχή 0,5-10 V.

1.5 Συγκολλήσεις ακτινοβολίας

1.5.1 Συγκολλήσεις μεθόδου laser

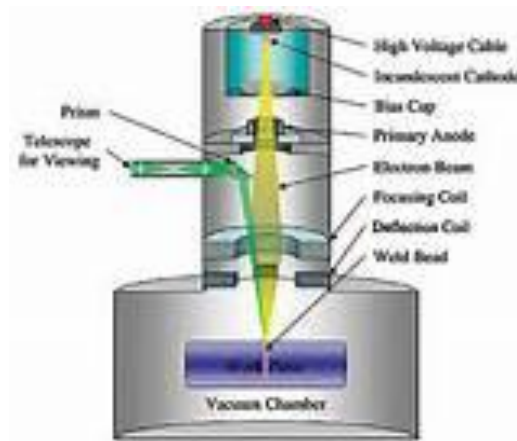
Η μέθοδος συγκόλλησης με λέιζερ (Laser Beam Welding) χρησιμοποιεί για την τήξη του μετάλλου μια δέσμη φωτονίων η οποία προσκρούει πάνω στις επιφάνειες των υπό συγκόλληση μετάλλων. Η δέσμη αυτή συνήθως παράγεται από μείγμα CO₂ και He, N, με αναλογίες 4.5%, 13.5% και 82%. Μπορεί να συγκολλήσει ελάσματα πάχους ως και 25mm σε πολύ καλή ποιότητα και υλικά όπως Al Αλουμίνιο, Ti Τιτάνιο, Cu χαλκό, St Ατσάλι. Τα πλεονεκτήματα αυτής της μεθόδου είναι η μικρότερη προσδιδόμενη θερμική ενέργεια στα προς συγκόλληση υλικά, με αποτέλεσμα μικρότερες διαστάσεις ραφής και Θ.Ε.Ζ, σε συνδυασμό με χαμηλότερες παραμένουσες τάσεις και παραμορφώσεις.



Εικόνα 4.4: Συγκόλληση μεθόδου Laser

1.5.2 Δέσμης ηλεκτρονίων

Η συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίων (Electron Beam Welding) είναι μια μέθοδος η οποία χρησιμοποιεί την κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων ως πηγή θερμότητας. Η δέσμη ηλεκτρονίων παράγεται από την υψηλή διαφορά δυναμικού μεταξύ της θερμαινόμενης καθόδου και του προς συγκόλληση αντικειμένου. Το κενό αυτό δημιουργεί ιδανικές συνθήκες συγκόλλησης για μέταλλα όπως το βολφράμιο, το βηρύλλιο, το τιτάνιο κλπ, τα οποία είναι πολύ δύσκολο να συγκολληθούν με άλλες μεθόδους. Με τη μέθοδο αυτή μπορούμε να συγκολλήσουμε ελάσματα ως και 150mm. Η συγκεκριμένη μέθοδος συγκόλλησης είναι πολύ δαπανηρή λόγω των τάσεων που χρησιμοποιούνται. Η μέθοδος αυτή είναι ιδανική για παχιά αλλά και λεπτά ελάσματα.



Εικόνα 4.5: Συγκόλληση ηλεκτρονίων

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Η ιστορία κοπής με πλάσμα

Η διαδικασία της μεταλλοκοπής με πλάσμα ξεπερνάει τα 50 χρόνια, ξεκινάει από το Β΄ Παγκόσμιο πόλεμο. Οι πολεμικές ανάγκες έκαναν απαραίτητο να μπορούν να κατασκευάζονται τα αεροπλάνα πιο γρήγορα, έτσι δημιουργήθηκε η κοπή πλάσματος με ένα προστατευτικό αέριο να περιβάλλει το τόξο κοπής και έτσι να ελαχιστοποιεί τις οξειδώσεις στην επιφάνεια κοπής.



Εικόνα 5.1

Καθώς περνούσαν τα χρόνια, η κοπή με πλάσμα βελτιώθηκε δραματικά, καθώς συνεχίστηκαν τα πειράματα και οι βελτιώσεις. Ανακαλύφθηκε πως περιορίζοντας την διάμετρο του μπεκ, η θερμοκρασία στο σημείο κοπής μεγάλωνε σημαντικά. Συγχρόνως η ταχύτητα του εκτοξευόμενου αερίου αυξήθηκε εντυπωσιακά, μειώνοντας τον χρόνο εξαέρωσης του υλικού που έπρεπε να κοπεί.

Στα μέσα της δεκαετίας του '60 η διαδικασία κοπής με πλάσμα άρχισε να έχει βιομηχανικές εφαρμογές και σύντομα εφαρμογές επίσης στην καθημερινότητα, καθώς η εφαρμογή της γινόταν όλο και πιο εύκολη, μόνο που έπρεπε να ξοδέψει κανείς πολλά χρήματα για να μπορέσει να την χρησιμοποιήσει. Οι μεγάλες βιομηχανίες πραγματοποιούσαν μεγάλα κέρδη από τη χρήση της μεθόδου και απόσβεσαν γρήγορα τα μεγάλα ποσά που χρειάστηκε να επενδύσουν, αφού έκοβαν και πιο γρήγορα και πιο αποτελεσματικά και με μεγάλη ακρίβεια.

Σιγά – σιγά η κοπή με πλάσμα μπήκε στα εργαστήρια, στα μηχανουργεία, τα μικρομάγαζα, ακόμα και στα σπίτια των ερασιτεχνών. Το κόστος της αγοράς και της λειτουργίας τέτοιων μηχανών λιγόστευε συνεχώς. Έτσι η χρήση των μηχανών μεταλλοκοπής είναι πια πλατιά διαδεδομένη και για κάθε τσέπη. Κάθε εργαστήριο σήμερα που θέλει ή πρέπει να κόψει μέταλλα μπορεί να έχει το αντίστοιχο κοπτικό μηχάνημα.

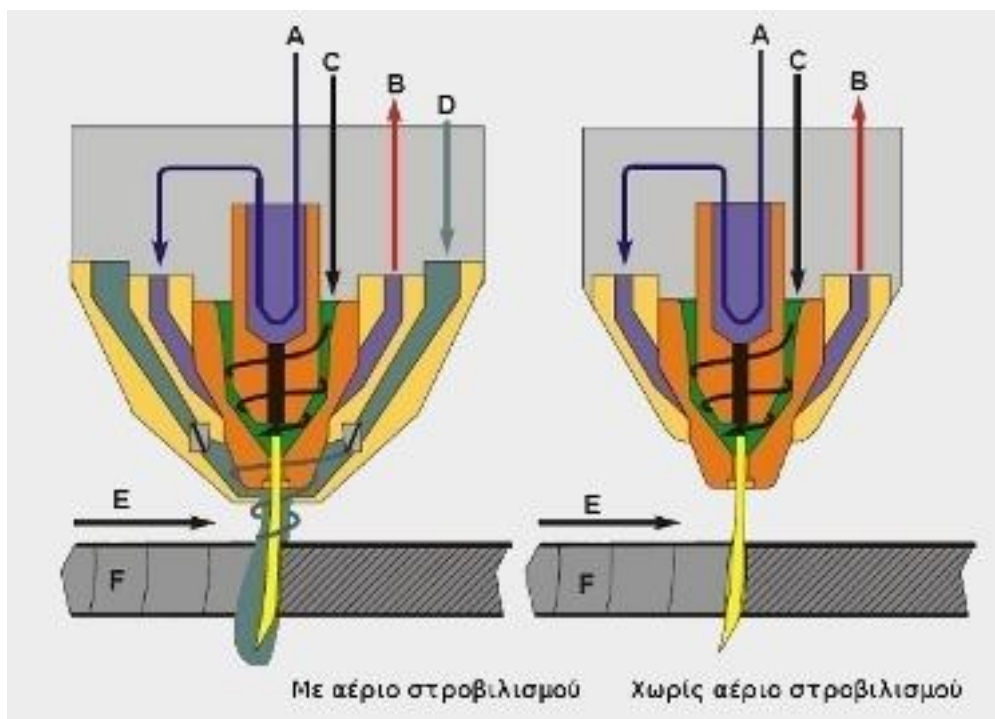
Σήμερα τα μηχανήματα είναι διπλής τάσης και υπάρχουν γεννήτριες από 100 μέχρι 400 Αμπέρ, αλλά υπάρχουν και μικρότερες για ελαφρύτερες δουλειές. Η Τεχνολογία Υψηλής Ευκρίνειας μεγάλωσε τα πλεονεκτήματα της κοπής με Πλάσμα, κάνοντας δυνατή την κοπή μαλακού χάλυβα από 0,3 mm μέχρι και 160 mm. Έτσι ισχυρό και αποτελεσματικό που είναι το σύστημα κοπής με Πλάσμα, δεν υπάρχει αμφιβολία πως

και στο προβλέψιμο μέλλον θα μας είναι απαραίτητο, και μόνο σε μερικές ειδικές χρήσεις θα χρειαζόμαστε τα λέιζερ.

Η διαδικασία κοπής με πλάσμα

Τα χαρακτηριστικά του τόξου του Πλάσματος

Το Πλάσμα ορίζεται ως "σύνολο από φορτισμένα σωματίδια ... που περιέχει περίπου ίσο αριθμό θετικών ιόντων και ηλεκτρονίων και που εμφανίζει κάποιες από τις ιδιότητες των αερίων, εκτός από το ότι είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού και ότι επηρεάζεται από μαγνητικά πεδία...



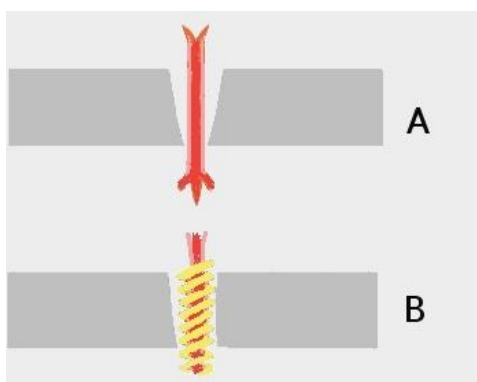
Εικόνα 5.2

Ο Πυρσός (τσιμπίδα) πλάσματος χρησιμοποιεί ένα ακροφύσιο (μπεκ) από κάποιο κράμα χαλκού για να περιορίσει το ρεύμα του ιονισμένου αερίου και να εστιάζει την ενέργειά του σε μία πολύ μικρή περιοχή. Το αέριο σε κατάσταση πλάσματος που βγαίνει με ορμή από το μπεκ μεταφέρει ηλεκτρικό ρεύμα στην προς κοπή λαμαρίνα την οποία και τήκει με ταυτόχρονη απομάκρυνση του τηγμένου μετάλλου από την ίδια τη ροή του πλάσματος.

Στο σχήμα δεξιά επεξηγηματική τομή μιας τσιμπίδας πλάσματος με και χωρίς αέριο περιδίνησης (Swirl Gas), για το οποίο θα μιλήσουμε αμέσως παρακάτω: A. Είσοδος ψυκτικού, B. Έξοδος ψυκτικού, C. Αέριο Πλάσματος, D. Αέριο περιδίνησης [Swirl Gas], E. Κατεύθυνση κοπής και F. Επιφάνεια κοπής.

Περιδίνηση του αερίου

Η εισαγωγή της τεχνολογίας περιδίνησης του αερίου υποβοηθά την κοπή με πολλούς τρόπους. Πρώτα-πρώτα, η περιδίνηση αυξάνει την ψύξη. Τα μη ιονισμένα άτομα του αερίου είναι βαρύτερα και μικρότερης θερμοκρασίας από τα ιονισμένα, και καθώς αναγκάζονται σε περιδίνηση κατανέμονται στο εξωτερικό της περιδινούμενης στήλης του αερίου. Αυτό το ψυχρότερο φράγμα προστατεύει το χάλκινο μπεκ. Όσο αυξάνει η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος, τόσο μεγαλώνει το ποσοστό ιονισμένων ατόμων, αλλάζοντας τον "ιδανικό λόγο" 30%/70% (30% πλάσμα, 70% ψυχρό αέριο), και η ψύξη μειώνεται, μικραίνοντας τη ζωή του μπεκ. Τα μπεκ σχεδιάζονται για να λειτουργούν σε συγκεκριμένο φάσμα έντασης ρεύματος.



Εικόνα 5.3

Η περιδίνηση του αερίου βελτιώνει την ποιότητα κοπής. Αν το αέριο του πλάσματος δεν έμπαινε σε περιστροφή, το αποτέλεσμα θα ήταν κοπή "φρεζαριστή" και στις δύο πλευρές του αυλακιού κοπής (Βλέπε σχήμα δεξιά: A. Ευθεία ροή αερίου, επιφάνεια κοπής φρεζαριστή και στις δύο πλευρές). Αναγκάζοντας το αέριο να περιδινείται, το τόξο κατανέμεται ομοιόμορφα στην μία πλευρά της "κολώνας", οπότε η κοπή από εκεί είναι "κάθετη" (Βλέπε σχήμα δεξιά: B. Περιδίνηση αερίου, η μία επιφάνεια κοπής κάθετη). Εάν αλλάξει η φορά της περιδίνησης (ανάποδα από τη φορά περιστροφής των δεικτών του ρολογιού, αν πριν ήταν σύμφωνη με αυτήν), η κάθετη πλευρά θα αλλάξει αντιδιαμετρικά. Καθώς το ιονισμένο αέριο (το τόξο του πλάσματος) στριφογυρίζει, το ηλεκτρικό τόξο προσβάλλει κάθετα και σε όλο της το πλάτος την πλευρά του φύλλου που θα κόψουμε. Όταν γίνεται αυτό η ενέργεια κατανέμεται ομοιόμορφα σε όλο το πάχος της κοπής του αντικειμένου εργασίας. Αυτή η ισοκατανομή της ενέργειας έχει αποτέλεσμα πιο "τετράγωνη" κοπή, ενώ από την αντίθετη πλευρά η επιφάνεια κοπής έχει μία γωνία κλίσης 5 μέχρι 8 μοιρών.

Η εισαγωγή αερίου προστασίας περιορίζει ακόμα περισσότερο το τόξο και ψύχει το μπεκ. Αυτό το αέριο εισάγεται μετά τον ιονισμό του αερίου του πλάσματος, στην άκρη του μπεκ.

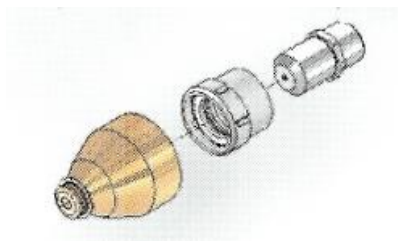
Η Εκκίνηση του Τόξου Πλάσματος

Υπάρχουν τρία κύρια εξαρτήματα στο εσωτερικό μιας τσιμπίδας:

- Το Ηλεκτρόδιο
- Ο Ελεγκτής Περιδίνησης Αερίου (Gas ή Swirl Baffle)
- Το Ακροφύσιο (Μπεκ)

Αυτά τα εξαρτήματα λέγονται αναλώσιμα. Φθείρονται με τη λειτουργία της μηχανής και πρέπει να αντικαθίστανται. Στην φωτογραφία βλέπουμε τα αναλώσιμα του πυρσού PerCut 370.2M της Kjellberg (Στη σειρά: Ηλεκτρόδιο-Ελεγκτής Περιδίνησης Αερίου-Μπεκ). Οι πυρσού άλλων κατασκευαστών, όπως και άλλοι πυρσού του ίδιου κατασκευαστή, μπορεί να έχουν κάπως διαφορετική σχεδίαση, αλλά όλοι απαραίτητα έχουν τα τρία εξαρτήματα που κάνουν τις λειτουργίες που αναφέραμε.

Το ηλεκτρόδιο συνδέεται με τον αρνητικό πόλο του συνεχούς ρεύματος που παράγει η Γεννήτρια Ισχύος του Πλάσματος. Το ακροφύσιο (μπεκ) συνδέεται στον θετικό πόλο αλλά είναι ηλεκτρικά μονωμένο μέσω ενός ανοιχτού ρελέ.



Εικόνα 5.4

Όταν δίνουμε στο σύστημα μας εντολή Έναυσης του Τόξου, συμβαίνουν τα ακόλουθα:

1. Το κεντρικό ρελέ στην Πηγή Ισχύος ενεργοποιείται στέλνοντας ισχυρή αρνητική τάση στο Ηλεκτρόδιο
2. Το Αέριο αρχίζει να ρέει προς την τσιμπίδα και υποχρεώνεται σε περιδίνηση από τον Ελεγκτή Περιδίνησης (Swirl Baffle ή Swirl Control)
3. Οι συνήθως ανοικτές επαφές στο κύκλωμα του μπεκ κλείνουν, συνδέοντας το με τον θετικό πόλο της γεννήτριας
4. Μία γεννήτρια υψηλών συχνοτήτων παρέχει υψηλής τάσης και συχνότητας δυναμικό ανάμεσα στο ηλεκτρόδιο και το μπεκ. Αυτό προκαλεί τη δημιουργία μικρού σπινθήρα ανάμεσα στο μπεκ και το ηλεκτρόδιο που ιονίζει το αέριο που τα περιβάλλει
5. Η δημιουργία αυτού του ιονισμένου "διαδρόμου" προκαλεί την έκλυση μεγαλύτερου τόξου συνεχούς ρεύματος ανάμεσα στο ηλεκτρόδιο και το μπεκ. Είναι αυτό που ονομάζουμε Πιλοτικό Τόξο.
6. Το πιλοτικό τόξο ωθείται έξω από το μπεκ, παρασυρόμενο από το ρεύμα του αερίου, και έρχεται σε επαφή με τη λαμαρίνα.
7. Το κύριο τόξο παράγεται όταν το πιλοτικό τόξο έρχεται σε επαφή με τη λαμαρίνα (με την προϋπόθεση πως η τσιμπίδα είναι αρκετά κοντά). Το ρελέ του μπεκ ανοίγει βγάζοντας το μπεκ από το κύκλωμα. Έχουν δημιουργηθεί οι συνθήκες για τη δημιουργία τόξου.

8. Το κύριο τόξο ενισχύεται με παροχή ρεύματος μεγαλύτερης έντασης, μετά την απομόνωση του μπεκ από το κύκλωμα με το άνοιγμα του ρελέ

Διπλό Τόξο

Εάν υπάρξουν ειδικές συνθήκες και το μπεκ παραμένει μέσα στο κύκλωμα, τότε έχουμε τη δημιουργία διπλού τόξου. Όπως περιγράψαμε προηγουμένως, το μπεκ πρέπει να παραμένει μέσα στο κύκλωμα μόνο κατά τη φάση του πιλοτικού τόξου. Αν μείνει στο κύκλωμα και στη φάση του τόξου κοπής, θα καταστραφεί γιατί θα δεχτεί υψηλές εντάσεις κοπής.

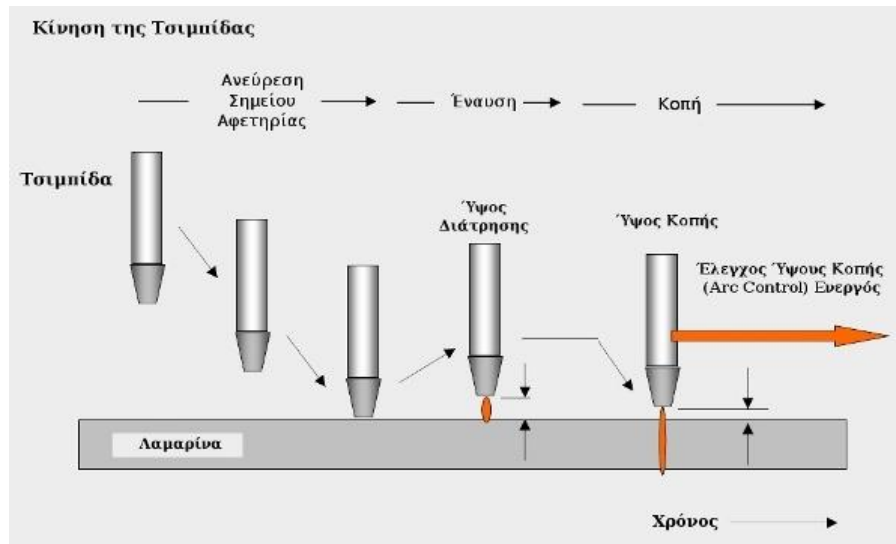
Το διπλό τόξο παράγεται από:

- Διάτρηση με ακίνητο πυρσό. Η τσιμπίδα πρέπει να τοποθετείται αρκετά κοντά στη λαμαρίνα ώστε να επιτρέψει στο πιλοτικό τόξο να έλθει σε επαφή μαζί της, για να μπορέσει να ξεκινήσει το κυρίως τόξο. Τα "πιτσιλίσματα" λιωμένου μετάλλου, στα αρχικά στάδια της διάτρησης τινάζονται προς όλες τις κατευθύνσεις αλλά προς τα πλάγια. Καθώς η διάτρηση προχωρά βαθύτερα, το ρεύμα αερίου "φυσάει" μέσα στο κοίλωμα, και ανακλάται προς τα επάνω, παρασύροντας κατακόρυφα προς τα επάνω και το τηγμένο υλικό. Αν αυτό το υλικό συγκεντρωθεί ανάμεσα στο μπεκ και την λαμαρίνα, αφού είναι καλός αγωγός του ρεύματος, θα κρατήσει το μπεκ μέσα στο κύκλωμα, ακόμα και όταν το ρελέ του ανοίξει προσπαθώντας να το απομονώσει. Ένα τέτοιο σενάριο μπορεί να καταστρέψει ολόκληρο το εμπρόσθιο άκρο του πυρσού.
- Τσιμπίδα σε επαφή με το έλασμα. Κοπή λεπτού υλικού. Όλα τα συστήματα αυτόματης τοποθέτησης της τσιμπίδας κάνουν χρήση κάποιας μεθόδου ανίχνευσης του ύψους της από τη λαμαρίνα ώστε να τοποθετήσουν την τσιμπίδα στο σωστό ύψος από αυτήν. Μία μέθοδος είναι η Μέθοδος Επαφής και Απομάκρυνσης. Η τσιμπίδα κατεβαίνει αργά μέχρι να αποκτήσει επαφή με τη λαμαρίνα και ανυψώνεται στο σωστό αρχικό ύψος κάνοντας χρήση κάποιου χρονισμού ή κάποιας κωδικοποίησης. Αν η επαφή δεν γίνει αντικείμενο σωστής επεξεργασίας, η τσιμπίδα μπορεί να παραμείνει σε επαφή με τη λαμαρίνα λόγω αναπηδήσεων της λαμαρίνας ή στρεβλώσεών της. Το μπεκ θα παραμείνει στο κύκλωμα και θα δεχτεί εντάσεις κοπής για τις οποίες δεν είναι προορισμένο, με αποτέλεσμα να καταστραφεί.
- Δυσλειτουργία του Πιλοτικού Τόξου. Μερικές φορές μπορεί να συμβεί και το ρελέ του μπεκ να μην το απομονώνει. Κάτι τέτοιο μπορεί να οφείλεται σε βραχυκύκλωση του ρελέ ή σε κάποια βραχυκυκλωμένη αντίσταση. Και σε αυτή την περίπτωση το μπεκ το διατρέχει ρεύμα μεγαλύτερης έντασης από τις προδιαγραφές του, και καταστρέφεται.

Πώς να αποφύγουμε το Διπλό Τόξο

Το διπλό τόξο συνήθως συμβαίνει κατά τη διαδικασία της διάτρησης. Μερικές τεχνικές που μπορούν να μας βοηθήσουν να το αποφύγουμε είναι οι ακόλουθες:

Η αργή κίνηση της τσιμπίδας. Η μηχανή προγραμματίζεται έτσι ώστε στη φάση της δημιουργίας του κυρίως τόξου να κινεί την τσιμπίδα αργά. Η ταχύτητα της κίνησης είναι μικρή, περίπου στο 5 μέχρι 10% της κανονικής ταχύτητας κοπής, και διαρκεί μόνο για περιορισμένο χρόνο.



Εικόνα 5.5

Το πιτσίλισμα του τηγμένου υλικού κατά τη διάτρηση δεν μπορεί να εκτοξευθεί πάνω στο μπεκ αφού αυτό κινείται, έτσι μειώνεται η πιθανότητα διπλού τόξου.

Ανύψωση της ακίνητης τσιμπίδας κατά τη διάτρηση. Όταν δημιουργείται το κυρίως τόξο, η τσιμπίδα αρχίζει να απομακρύνεται από τη λαμαρίνα, οπότε το λιωμένο υλικό δεν μπορεί εύκολα να πλήξει το μπεκ. Η ανύψωση συνεχίζεται για το χρονικό διάστημα που είναι προγραμματισμένο και μετά η τσιμπίδα κατεβαίνει στο σωστό ύψος κοπής αφού η μηχανή έχει αρχίσει να την κινεί με την ταχύτητα κοπής

Ύψος αρχικής διάτρησης μεγαλύτερο από το κανονικό (Διάτρηση με ακίνητο πυρσό). Το μεγαλύτερο ύψος κάνει πιο δύσκολο στο τηγμένο υλικό που εκτοξεύεται προς τα επάνω να δημιουργήσει "γέφυρα" ανάμεσα στο μπεκ και τη λαμαρίνα, μειώνοντας τις πιθανότητες για τη δημιουργία διπλού τόξου. Αυτή η μέθοδος προφύλαξης είναι η λιγότερο αποτελεσματική.

Οι μεταβλητές της διαδικασίας κοπής

Οι μεταβλητές που επηρεάζουν τη διαδικασία κοπής πρέπει να ελέγχονται όλες πολύ προσεκτικά για να επιτυγχάνουμε μέγιστη ποιότητα κοπής, μέγιστη διάρκεια ζωής των αναλωσίμων (ηλεκτρόδιο και μπεκ) και μέγιστη παραγωγικότητα της μηχανής. Πρέπει να διατηρείται μία ισορροπία ανάμεσα σε αυτές.

A. Η Καθαρότητα του Αερίου

Η καθαρότητα του αερίου είναι θεμελιώδης παράγοντας για την καλή ποιότητα κοπής και τη μεγάλη διάρκεια ζωής των αναλωσίμων. Ελάχιστες απαιτήσεις καθαρότητας του Αζώτου είναι το 99,995% και για το Οξυγόνο το 99,5%. Αν τα επίπεδα καθαρότητας είναι χαμηλότερα από τα ελάχιστα συνιστώμενα μπορούν αν συμβούν τα παρακάτω:

- Αδυναμία του τόξου να διεισδύσει σε λεπτά υλικά ανεξάρτητα από την ένταση του ρεύματος
- Αυξομειώσεις στην ποιότητα κοπής, ανάλογα με τον βαθμό μόλυνσης του αερίου.
- Εξαιρετικά μικρή διάρκεια ζωής του ηλεκτροδίου

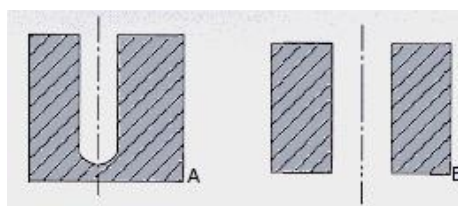
Όταν κόβουμε με N₂, εμφάνιση ενός λεπτού μαύρου στρώματος καταλοίπων στο ηλεκτρόδιο και το στόμιο του μπεκ. Όσο μεγαλύτερη η μόλυνση, τόσο εντονότερο το στρώμα των καταλοίπων. Όταν το αέριο είναι καθαρό, το ηλεκτρόδιο και το εσωτερικό του μπεκ θα αποκτούν όψη σαν να έχουν περάσει από διαδικασία αμβολής

B. Η Πίεση και η Ταχύτητα Ροής του αερίου

Κάθε μπεκ είναι κατασκευασμένο να λειτουργεί με μια βέλτιστη ένταση ρεύματος σε συνδυασμό με μία δοσμένη πίεση/ροή αερίου. Αυξάνοντας την πίεση προκαλούμε μείωση της διάρκειας ζωής του ηλεκτροδίου. Το καταλαβαίνουμε από τη διάτρητη όψη του πυρήνα του ηλεκτροδίου, που αποτελείται από το δύστηκτο μέταλλο του νιγκστένιο. Αν δουλεύουμε με Άζωτο θα έχουμε πρόβλημα με την έναυση του τόξου. Αν η τσιμπίδα δεν σκάει σπινθήρα σε συνθήκες υψηλής πίεσης, μπορεί να παρατηρηθεί πιλοτικό τόξο που έρχεται με διακοπές. Ενώ η υψηλή πίεση του αερίου συνήθως προκαλεί προβλήματα, η χαμηλή του ταχύτητα ροής προκαλεί το πρόβλημα του διπλού τόξου.

Γ. Το Αυλάκι Κοπής (Kerf)

Το αυλάκι Κοπής είναι το πλάτος του υλικού (κάθετα στον πυρσό και τον άξονα κοπής) που αφαιρείται κατά την διαδικασία κοπής. Το αυλάκι κοπής επηρεάζεται από τρεις μείζονες μεταβλητές:



Εικόνα 5.6

α. Ταχύτητα Κοπής. Αυξάνοντας την ταχύτητα κοπής και κρατώντας τις άλλες μεταβλητές σταθερές παίρνουμε στενότερο αυλάκι κοπής. Το αυλάκι κοπής θα συνεχίσει να στενεύει μέχρι που σε κάποιο σημείο θα χάσουμε την ικανότητα διείδυσης στο υλικό. Χαμηλότερες ταχύτητες κίνησης της τσιμπίδας θα έχουν αποτέλεσμα πλατύτερο αυλάκι κοπής μέχρι που θα συμβεί απώλεια του τόξου (Διάγραμμα δεξιά: Α. Στενό αυλάκι κοπής, Κοπή αποτυχημένη, Β. Πλατύτερο αυλάκι κοπής, κοπή ολοκληρωμένη).

β. Ένταση του ρεύματος Κοπής. Αυξάνοντας την ένταση του ρεύματος και κρατώντας τις άλλες μεταβλητές σταθερές παίρνουμε πλατύτερο αυλάκι κοπής. Αν συνεχίσουμε να αυξάνουμε την ένταση του ρεύματος το αυλάκι κοπής θα συνεχίσει να μεγαλώνει μέχρι τη στιγμή που θα καταστραφεί το μπεκ. Μειώνοντας την ένταση, θα στενέψει το αυλάκι κοπής και θα έχουμε πιο θετική γωνία κοπής, μέχρι που θα χαθεί η ικανότητα διείδυσης στο υλικό.

γ. Ύψος Κοπής. Το ύψος κοπής είναι η απόσταση ανάμεσα στην τσιμπίδα και την επιφάνεια του υλικού που δουλεύουμε όσο κόβουμε, αφού τελειώσει η φάση της διάτρησης. Τα περισσότερα μοντέρνα συστήματα χρησιμοποιούν κάποιο σύστημα αισθητήρων με ανάδραση τάσης τόξου. Αυξάνοντας την τάση του τόξου αυξάνει το ύψος κοπής και διευρύνεται το αυλάκι κοπής. Αν συνεχίσουμε να αυξάνουμε το ύψος κοπής θα χάσουμε κάποια στιγμή την ικανότητα κοπής. Μειώνοντας το ύψος κοπής θα οδηγηθούμε σε στενότερο αυλάκι κοπής και, τελικά, σε απώλεια της ικανότητας κοπής.

Δ. Η Τάση του Τόξου

Η τάση του τόξου δεν είναι ανεξάρτητη μεταβλητή. Εξαρτάται από:

- α. Την ένταση του ρεύματος
- β. Την διάμετρο του στομίου του μπεκ
- γ. Το ύψος κοπής
- δ. Την ταχύτητα ροής του αερίου
- ε. Την ταχύτητα κοπής

Τα αέρια που απαιτούνται για τις περισσότερες περιπτώσεις είναι το αέριο έναυσης, το αέριο προστασίας και το αέριο κοπής. Σε μερικές περιπτώσεις απαιτείται και ένα επιπλέον αέριο προστασίας. Διαφορετικά αποτελέσματα παίρνουμε με διαφορετικούς συνδυασμούς Αζώτου, Οξυγόνου, αέρα, μεθανίου, και Η-35 (ένα μίγμα που αποτελείται από 35% Υδρογόνο και 65% Αργόν). Το Αργόν χρησιμοποιείται και για την χάραξη με τσιμπίδα πλάσματος.



Εικόνα 5.6

Οι μεταβλητές που πρέπει να λάβουμε υπόψη μας όταν αποφασίζουμε τον συνδυασμό των αερίων που θα χρησιμοποιήσουμε είναι:

- Ο τύπος και το πάχος του υλικού
- Η επιθυμητή ποιότητα κοπής
- Η ταχύτητα και
- Το κόστος παραγωγής

Δεν είναι όλα τα αέρια κατάλληλα για όλες τις δουλειές και όλες τις τσιμπίδες. Για περισσότερες πληροφορίες συμβουλευτείτε τα σχετικά εγχειρίδια λειτουργίας.



Εικόνα 5.7

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

Ανάλυση της συγκόλλησης και της κοπής με πλάσμα

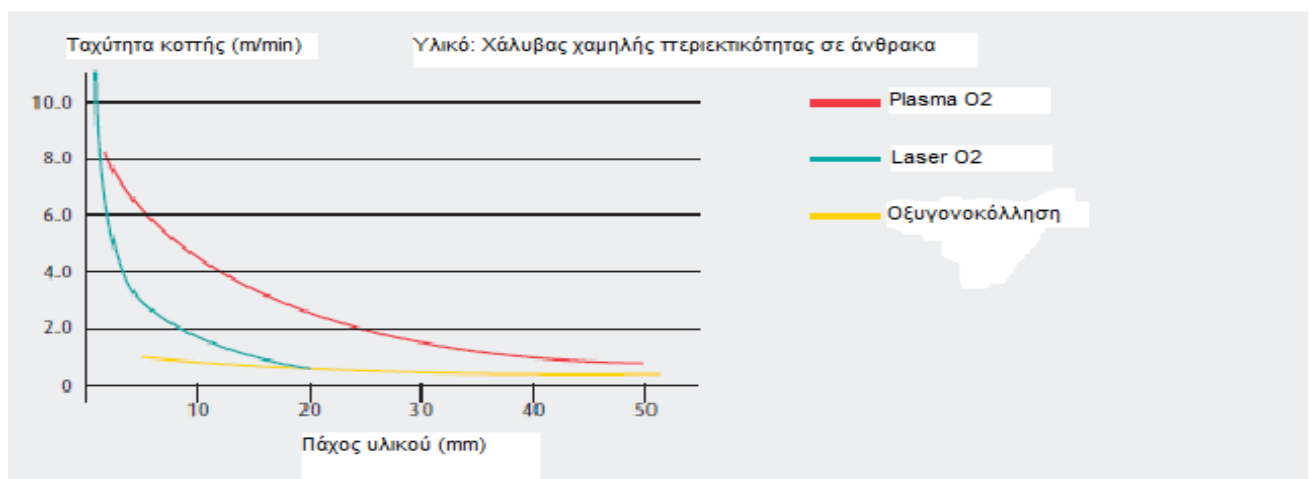
Εισαγωγή κοπής με πλάσμα

Η κοπή με πλάσμα αναπτύχθηκε στα τέλη της δεκαετίας του 1950, για τη κοπή κραμάτων χάλυβα με υψηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο και αλουμινίου. Ήταν σχεδιασμένο για να χρησιμοποιηθεί σε μέταλλα που λόγω της χημικής τους σύστασης δεν μπορούσαν να κατεργαστούν με οξυγονοκοπή. Λόγω των πολύ υψηλών ταχυτήτων κοπής (ειδικότερα σε λεπτού πάχους υλικά) και της λεπτής ζώνης που επηρεάζεται από τη θερμοκρασία, σήμερα αυτή η τεχνική χρησιμοποιείται και για τη κοπή χαλύβων με μηδενική και χαμηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο.

Η κοπή μετάλλων οφείλει να είναι ποιοτική καθώς και οι όποιες τεχνικές επιφάνειες προκύπτουν απ'αυτή να είναι ανεκτές στη γεωμετρία τους (τραχύτητά τους) στις διάφορες εφαρμογές. Έχουμε τη δυνατότητα σήμερα να πετύχουμε τεχνικές επιφάνειες πολύ μικρού βαθμού τραχύτητας, $A=6-12\mu$. Αυτές οι τιμές αποκλειστικά επιτυγχάνονται με το πλάσμα κοπής υψηλής ευκρίνειας. Η κοπή με πλάσμα είναι σε σχέση με άλλες μεθόδους κοπής, η κοπή με laser και τη κοπή με νερό. Παρόλα αυτά η κοπή με πλάσμα είναι μία εναλλακτική μέθοδος για τις μηχανικές μεθόδους κατεργασίας.

Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την κοπή υλικών σε αγωγίμα υλικά ή μη αγωγίμα υλικά (πλάσμα μη μεταφερόμενου ηλεκτρικού τόξου). Η τεχνολογία αυτή, ανεξάρτητα της δυναμικότητας του συστήματός της και ανεξάρτητα του είδους και τη σύστασης των υλικών κοπής, είναι κατάλληλη είτε για μικρού πάχους κομμάτια είτε για μεγάλου πάχους.

Κατά τις εφαρμογές της τεχνολογίας αυτής, παρατηρούνται ελάχιστες παραμορφώσεις στα διάφορα κομμάτια. Η χρήση της τεχνολογίας αυτής, στις περισσότερες των περιπτώσεων, χρησιμοποιεί κατάλληλο κατά περίπτωση λογισμικό και κατά συνέπεια δύναται να εκτελέσει ποικίλες δισδιάστατες και τρισδιάστατες εργασίες. Ακόμα και στις περιπτώσεις χρήσης της τεχνολογίας με το χέρι υπάρχουν σήμερα ποικίλες διατάξεις και οι δύο συσκευές οι οποίες διευκολύνουν άριστα τις όποιες εργασίες κοπής.

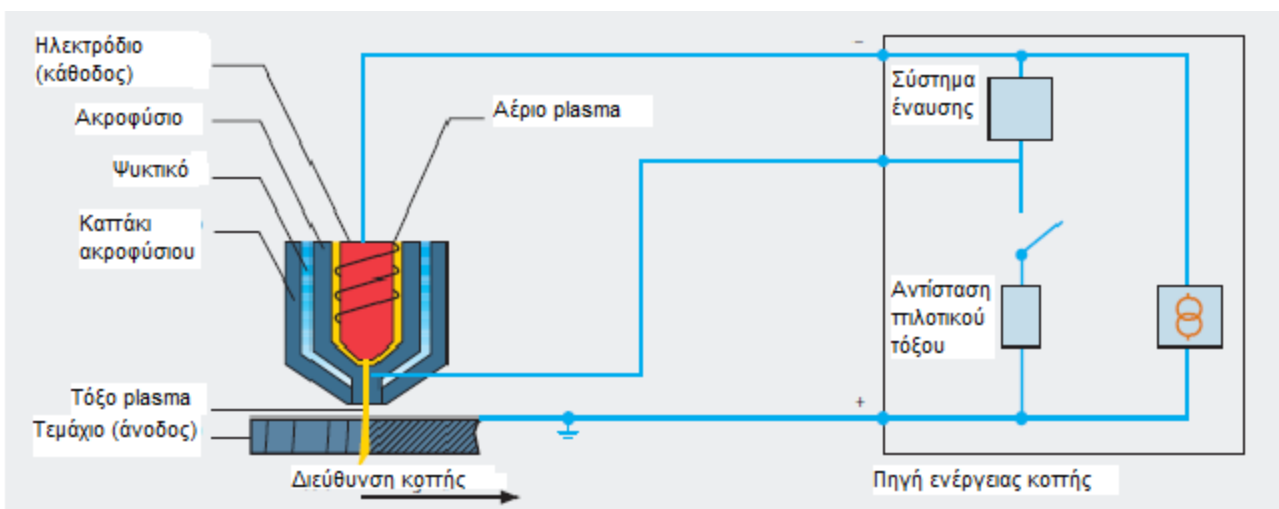


Εικόνα 6.1. Σύγκριση μέγιστων ταχυτήτων κοπής σε χάλυβες κατασκευών

Στο γράφημα έχουμε μια εικόνα των παραμέτρων πάχους υλικού και ταχύτητας κοπής σε εφαρμογές πλάσμα, laser και οξυγονοκοπή

Αρχή λειτουργίας κοπής με πλάσμα

Η κοπή με πλάσμα είναι η θερμική κατεργασία κατά την οποία η ενέργεια του πλάσματος οδηγείται προς το μέταλλο βάσης. Ως μέταλλο βάσης εννοούμε τα υλικά εκείνα τα οποία δέχονται την ενέργεια για συγκόλληση ή κοπή. Διακρίνουμε μεταφερόμενο και μη μεταφερόμενο ηλεκτρικό τόξο. Το μεν μεταφερόμενο ηλεκτρικό τόξο χρησιμοποιείται αποκλειστικά όταν η σύσταση του μετάλλου βάσης είναι αγώγιμη ενώ του μη μεταφερόμενου ηλεκτρικού τόξου όταν η σύσταση του δεν είναι αγώγιμη.



Εικόνα 6.2: Αρχή λειτουργίας plasma κοπής με μεταφερόμενο τόξο

Τα αέρια που χρησιμοποιούνται για τη παραγωγή πλάσμα υπόκεινται σε μερικό διαχωρισμό και σε ιονισμό όταν βρεθούν μέσα στο τόξο και με αυτό το τρόπο γίνονται ηλεκτρικά αγώγιμα. Λόγω της υψηλής ενεργειακής πυκνότητας και υψηλής θερμοκρασίας το πλάσμα επεκτείνεται και κινείται προς το τεμάχιο με ταχύτητα τρεις φορές την ταχύτητα του ήχου.

Μέσω του ανασυνδυασμού των ατόμων και των μορίων στην επιφάνεια του τεμαχίου, η ενέργεια που απορροφάται, απελευθερώνεται απότομα και ενισχύει τη θερμική επίδραση του τόξου πλάσματος στο τεμάχιο. Θερμοκρασίες μέχρι 30000 Kelvin παράγονται στο τόξο πλάσμα. Σε συνδυασμό με τη υψηλή κινητική ενέργεια του αερίου πλάσματος, αυτές οι θερμοκρασίες επιτρέπουν υψηλή ταχύτητα κοπής όλων των ηλεκτρικά αγώγιμων υλικών, εξαρτώμενο και από το πάχος του υλικού.

Κατά την εκκίνηση κοπής μέσω διάταξης της συσκευής προκαλείται το λεγομενο πιλοτικό τόξο της λαβίδας το υψηύχνο ρεύμα μηχανής μεταξύ του ακροφυσίου και το ηλεκτρόδιου, η διάρκεια του οποίου κυμαίνεται μεταξύ μερικών δευτερολέπτων. Στο διάστημα αυτό ο τεχνικός που χρησιμοποιεί τη συσκευή,

οφείλει να φέρει σε επαφή κατά τρόπο αγωγίμο το μέταλλο βάσης προκειμένου το τόξο να συνεχίσει να ανάβει, σε διαφορετική περίπτωση το τόξο κλείνει.

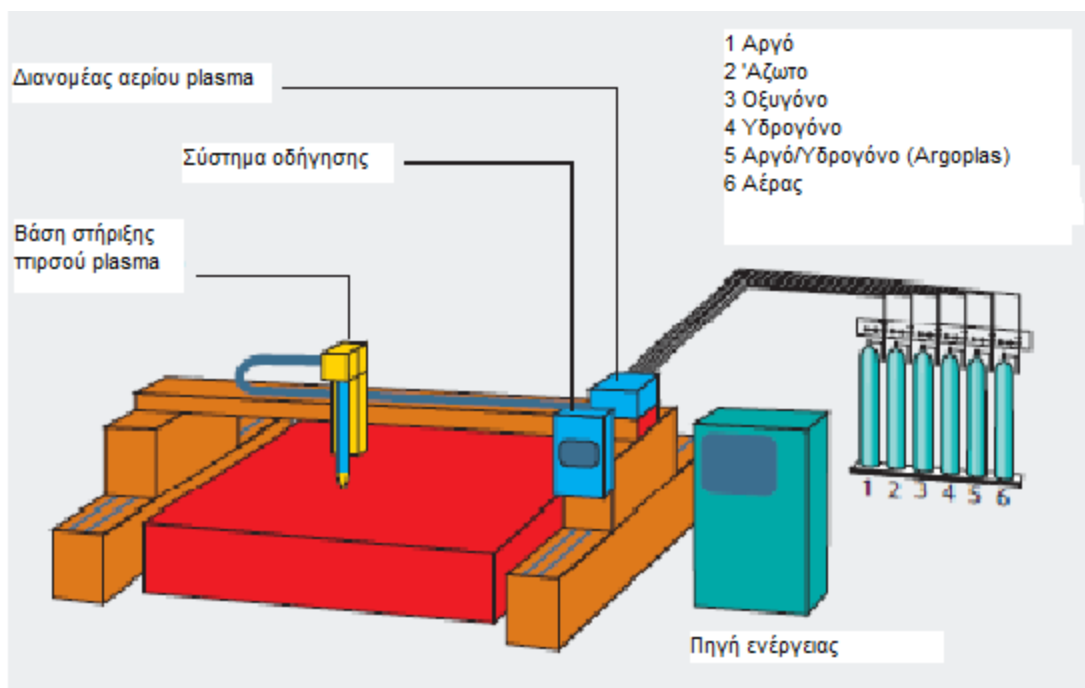
Επινοήθηκαν και μελετήθηκαν σε βάθος διάφορες σύστασης βιομηχανικά αέρια καθώς και ο ατμοσφαιρικός αέρας στις διάφορες εφαρμογές, κατά συνέπεια η απόδοση της χρήσης του αλλά και η ποιότητα των διαφόρων τεχνικών επιφανειών που προκύπτουν απ'αυτήν. Κατά κύριο λόγο εξαρτώνται από τις ρυθμίσεις που εμείς κάνουμε δηλαδή από τον τεχνικό που το χρησιμοποιεί.

Τέτοια αέρια μπορούν να αναφερθούν. Για παράδειγμα, το μονατομικό αέριο Αργό και τα δυατομικά αέρια, Υδρογόνο, Άζωτο, Οξυγόνο και συνδυασμοί τους χρησιμοποιούνται ως το αέριο plasma ή το αέριο κοπής. Ευρύτατη χρήση έχει επίσης ο ατμοσφαιρικός αέρας και όπου υπάρχουν αυξημένες απαιτήσεις, το ήλιο.

Η λαβίδα πλάσματος δύναται να είναι υδρόψυκτος ή αερόψυκτος. Οι διαδικασίες κοπής πλάσμα διαχωρίζονται σύμφωνα με το τρόπο που χρησιμοποιούνται, (πχ πάνω από την επιφάνεια του νερού και κάτω από την επιφάνεια του νερού). Στην περίπτωση υδρόψυκτης λαβίδας, η συσκευή φέρει κατάλληλο προς τούτο διάταξη ψύξης. Διακρίνουμε επίσης πλάσμα περιβάλλοντος ατμόσφαιρας και πλάσμα που λαμβάνει χώρα εντός μάζας ρευστού (νερού).

Βασικά μέρη του πλάσματος

Ο βασικός εξοπλισμός του είναι αυτός της εικόνας.

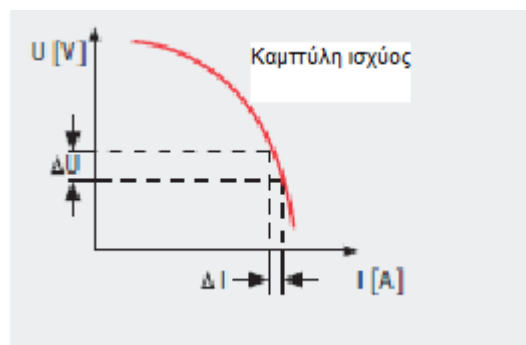


Εικόνα 6.3: Παράδειγμα εξοπλισμού για κοπή plasma

Πηγή ενέργειας πλάσμα

Παρέχεται τάση λειτουργίας για την έναυση του τόξου μέσω κατάλληλων διατάξεων που φέρει η συσκευή, το οποίο αξιοποιείται τόσο για το άναμα του κύριου τόξου όσο και του βοηθητικού. Στο παρακάτω γράφημα φαίνονται οι χαρακτηριστικές τάσης-έντασης του τόξου.

Η πηγή ενέργειας συναντάται με δύο διαφορετικές χαρακτηριστικές τάσης-έντασης, στη πρώτη έχει μία απότομη καθοδική καμπύλη (εικόνα 5.4) και η δεύτερη μία σχεδόν σταθερή τιμή τάσης (εικόνα 5.5), η οποία έχει ως αποτέλεσμα μία μικρή ή και καθόλου αλλαγή στη δύναμη κοπή όσο το τόξο επιμηκύνεται



Εικόνα 6.4: Ισχύ plasma με απότομη μείωση της τάσης



Εικόνα 6.5: Ισχύ plasma με σταθερή χαρακτηριστική τάσης

Λαβίδα πλάσματος

Η αποτελεσματικότητα εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το σχεδιασμό της λαβίδας. Όσο πιο πολύ περιορίζεται το τόξο πλάσμα τόσο υψηλότερη είναι η ταχύτητα κοπής και καλύτερη η ποιότητα στις ακμές του τεμαχίου μετά τη κοπή.

Εξαρτήματα κλειδί για την ικανότητα κοπής μιας λαβίδας είναι το ακροφύσιο και το ηλεκτρόδιο. Και τα δύο αυτά εξαρτήματα έχουν περιορισμένο χρόνο ζωής. Η λάθος επιλογή ή η λάθος χρήση τους μπορούν να μειώσουν σημαντικά το χρόνο ζωής τους και παράλληλα να προκαλέσουν γενικότερη ζημιά στη λαβίδα.

Ο χρόνος ζωής του ηλεκτρόδιου ορίζεται σε μεγάλο βαθμό από την ένταση του ρεύματος κοπής, τον αριθμό των εναύσεων και το αέριο που χρησιμοποιείται για το πλάσμαγενές αέριο. Επίσης η διαχείριση της ενέργειας και του αερίου στην έναρξη και το τέλος της κοπής, όπως και η

απορρόφηση θερμότητας από το ηλεκτρόδιο παίζουν σημαντικό ρόλο. Γενικότερα χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια από βολφράμιο ή ζιρκόνιο ή άφνιο. Τα ηλεκτρόδια βολφραμίου λόγω της τάσης τους να διαβρώνονται, μπορούν να χρησιμοποιούνται με αδρανή αέρια και μίγματα αυτών, επίσης και αέρια που παρουσιάζουν μικρή χημική αντίδραση. Όταν χρησιμοποιείται καθαρό οξυγόνο ή μίγμα που περιέχει οξυγόνο, σημαντική αύξηση στο χρόνο ζωής του ηλεκτροδίου μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια από ζιρκόνιο ή άφνιο. Αυτά τα υλικά σχηματίζουν ένα προστατευτικό στρώμα το οποίο λιώνει σε ακόμα υψηλότερες θερμοκρασίες και επιπλέον είναι ενσωματωμένο σε ένα θερμοαγώγιμο και έντονα ψυχώμενο κέλυφος. Όταν πραγματοποιείται κοπή με οξυγόνο, μπορεί να πραγματοποιηθεί αύξηση στο χρόνο ζωής του ηλεκτροδίου παρέχοντας δύο αέρια, κατά την έναυση χρησιμοποιούμε ένα χαμηλής οξειδωσης αέριο και κατά την πραγματική διαδικασία κοπής να χρησιμοποιούμε οξυγόνο.

Σημαντικά στοιχεία για τη διάρκεια ζωής του ακροφυσίου είναι τα παρακάτω:

- Διάμετρος του ακροφυσίου στην έξοδο του τόξου
- Μάζα και θερμική αγωγιμότητα του υλικού κατασκευής του
- Αριθμός εκκίνησης έναυσης
- Χρόνος λειτουργίας του τόξου
- Συχνότητα δημιουργίας οπών
- Ένταση ψύξης

Η ψύξη με χρήση ρευστού είναι πιο έντονη, η ψύξη με αέρα απαιτεί μεγαλύτερη ποσότητα αέρα για να επιτύχει τα ίδια αποτελέσματα.

Μέταλλο βάσης

Στην κοπή πλάσματος μεταφερομένου ηλεκτρικού τόξου, το μέταλλο βάσης πρέπει να είναι αγωγίμο ενώ στην κοπή μη μεταφερόμενου ηλεκτρικού τόξου μπορεί η σύσταση του να είναι και μη αγωγήμη.

Παροχή αερίου

Τα συστήματα κοπής με plasma λειτουργούν με τα παρακάτω βιμηχανικά αέρια:

1. Αδρανή
2. Μειωμένης αντιδραστικότητας
3. Μικρής αντιδραστικότητας
4. Ενεργά
5. Μείγματα των παραπάνω

Παρακάτω θα αναφερθούμε στα συστήματα παροχής αερίου και στο τρόπο επιλογής των αερίων.

Κύκλωμα ψύξης

Λόγω των υψηλών φορτίων, η κοπή με πλάσμα απαιτεί αποτελεσματική ψύξη. Μία διαφοροποίηση υπάρχει μεταξύ των ενσωματωμένων και των εξωτερικών συστημάτων ψύξης με νερό και των συστημάτων ψύξης με αέρια. Λαβίδες από 150 Amp και άνω είναι γενικώς υδρόψυκτοι.

Τραπέζι κοπής και σύστημα απορρόφησης καυσαερίων

Το τραπέζι κοπής εξυπηρετεί ως μία σταθερή βάση για την τοποθέτηση του μεταλλικού φύλλου που θα κατεργαστεί. Οι διαστάσεις του τραπεζιού εξαρτώνται από το μέγεθος, το πάχος και το βάρος του μεταλλικού φύλλου. Οι εκπομπές των καυσαερίων που απελευθερώνονται κατά τη διάρκεια της κοπής μπορούν να μειωθούν σημαντικά, χρησιμοποιώντας τη λαβίδα κοπής σε συνδυασμό με ένα σύστημα απορρόφησης του καπνού και της σκόνης.

Τεχνικές κοπής

Οι τεχνικές κοπής συνεχώς βελτιώνονται, οι κύριοι στόχοι είναι η μείωση της μόλυνσης του περιβάλλοντος, η αύξηση της ικανότητας κοπής και η βελτίωση της ποιότητας κοπής. Ο απόλυτος στόχος είναι η παραγωγή δύο παράλληλων επιπέδων και οι ισομοιρασμένες επιφάνειες κοπής, οι οποίες να χρειάζονται ελάχιστο ή ακόμα και καθόλου φινίρισμα.

Ανάλογα με το τύπο του υλικού που θα κοπεί, το πάχος και την έξοδο της ενέργειας κοπής, ένας αριθμός από μεταβλητές είναι διαθέσιμος.

Οι μεταβλητές κυρίως διαφέρουν λόγω της λαβίδας, του συστήματος οδήγησης της και του υλικού του ηλεκτροδίου. Στη λίστα που ακολουθεί μπορούμε να δούμε ένα γενικό πλάνο των διάφορων επιλογών που είναι δυνατό να επιλεγθούν.

Τύποι λαβίδων

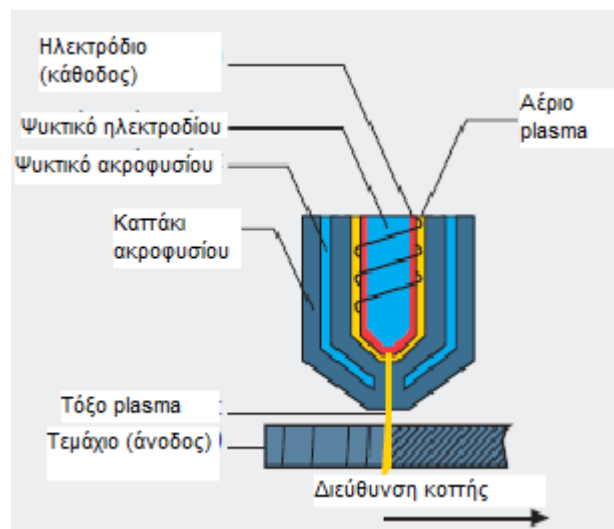
Ψύξη λαβίδας	Τύπος πλάσματος	Αέριο πλάσματος	Τυπος ηλεκτροδίου	Υλικό ηλεκτροδίου
Αερόψυκτο	Ξηρό	Αδρανές	Ηλεκτρόδιο μυτερό	Βολφράμιο
Άμεση υδρόψυξη	Με δευτερεύον αέριο	Οξειδωτικό	Ηλεκτρόδιο πλάκα	Ζιρκόνιο
Έμμεση υδρόψυξη	Υποβρύχιο	Αναγωγικό		Άφνιο
	Με έγχυση νερού	Μονατομικό		
		Πολυατομικό		

Οι παρακάτω τύποι λαβίδων σύμφωνα με το τύπο συστολής:

1. Συμβατική κοπή πλάσματος
2. Κοπή πλάσματος με τη χρήση δευτερεύοντος μέσου
3. Κοπή πλάσματος με τη χρήση δευτερεύοντος αερίου
4. Κοπή πλάσματος με τη χρήση δευτερεύοντος νερού
5. Έκχυση νερού στη κοπή πλάσματος
6. Κοπή πλάσματος με αυξημένη συστολή

Συμβατική κοπή πλάσματος

Στις συμβατικές μηχανές κοπής με πλάσμα, η λαβίδα είναι σχετικά απλή και είναι σχεδιασμένη για ένα μόνο αέριο, το αέριο κοπής. Για αέριο κοπής χρησιμοποιούνται συνήθως Άζωτο, Οξυγόνο ή μία μίξη Αργού με Υδρογόνο. Το τόξο του πλάσματος οδηγείται μέσω της στενής εσωτερικής διαμέτρου του ακροφυσίου, με αποτέλεσμα τη τυπική διχοτόμηση του μεταλλικού φύλλου που προσφέρει αυτή η μέθοδος. Αναλόγως τη ταχύτητα κοπής, η λαβίδα είναι αερόψυκτη ή υδρόψυκτη. Σε αυτού του τύπου μηχανές είναι δυνατή η κοπή μετάλλων μεγάλου πάχους.



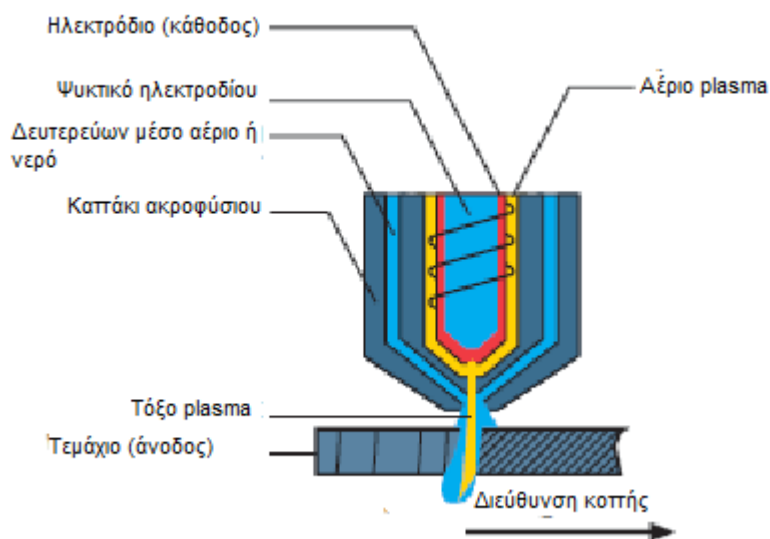
Εικόνα 6.6: Συμβατική κοπή πλάσματος (Ξηρά κοπή)

Κοπή πλάσματος με δευτερεύον μέσο

Το δευτερεύον μέσο τροφοδοτείται περιμετρικά του τόξου πλάσμα για να δημιουργήσει ένα συγκεκριμένο περιβάλλον, αυτό μπορεί να είναι νερό ή κάποιο αέριο.

Κοπή πλάσματος με δευτερεύων αέριο

Τροφοδοτώντας ένα δευτερεύων αέριο περιμετρικά του τόξου πλάσματος περιορίζει ακόμα περισσότερο το τόξο και δημιουργεί μία ιδιαίτερη ατμόσφαιρα γύρω του. Με αυτό το τρόπο αυξάνει την ένταση της ισχύος, τη ποιότητα και τη ταχύτητα της κοπής.



Εικόνα 6.7: Κοπή plasma με δευτερεύων αέριο

Με σωστή τοποθέτηση ενός προστατευτικού καπακιού, μπορεί να αποφευχθεί το βραχυκύκλωμα και η παρουσία διπλού τόξου, επιμηκύνοντας το χρόνο ζωής των αναλώσιμων εξαρτημάτων. Γενικά αυτό το δευτερεύων μέσο μπορούμε να το συναντήσουμε ως "δευτερεύων αέριο", "αέριο προστασίας" ή "αέριο στροβιλισμού". Μηχανές που βασίζονται σε αυτή τη τεχνική είναι ικανές για τη κοπή μεταλλικών φύλλων μεγάλου πάχους.

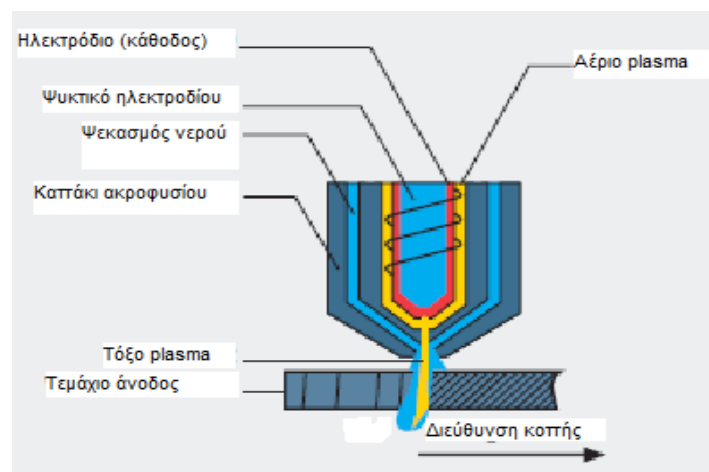
Κοπή πλάσματος με προστασία νερού

Η χρήση νερού ως δευτερεύων μέσο για τη κοπή με πλάσμα, είναι άλλη μία παραλλαγή της κοπής με δευτερεύων μέσο. Η ασπίδα του νερού εκτοξεύεται ως νέφος και διαλύεται από το τόξο του πλάσματος. Λόγω του περιοριστικού φαινομένου και του Υδρογόνου που παράγεται κατά τη διαδικασία κοπής, έχουμε ως αποτέλεσμα μίας λίας μεταλλικής επιφάνειας. Λόγω αυτού του αποτελέσματος η κοπή πλάσματος με ασπίδα νερού προτιμάται σαν μέθοδος για τη κοπή αλουμινίου και κραμάτων χάλυβα με υψηλή περιεκτικότητα σιδήρου μεγάλου πάχους.

Κοπή πλάσματος με ψεκασμό νερού

Σε αυτή τη μέθοδο το τόξο πλάσματος περιορίζεται περισσότερο από το περιφερειακό ψεκασμό νερού. Μόνο ένα μικρό ποσοστό του νερού εξατμίζεται. Το υπόλοιπο ψύχει το ακροφύσιο και το προς κατεργασία τεμάχιο. Ψύχοντας το τεμάχιο με το ψεκαζόμενο νερό και με υψηλή ταχύτητα κοπής επιτυγχάνετε κοπή χωρίς παραμορφώσεις, ελάχιστο σχηματισμό ακαθαρσιών και επιμήκυνση του χρόνου ζωής των αναλώσιμων εξαρτημάτων της λαβίδας. Διακρίνουμε εδώ δύο είδη πλάσματος με ψεκασμό νερού, βασισμένοι στο τρόπο με τον οποίο το νερό ψεκάζεται: ο περιφερειακός και ο σπειροειδής ψεκασμός. Με το σπειροειδή ψεκασμό, η μία πλευρά, που προκύπτει από τη κοπή, είναι κάθετη και η άλλη έχει μία κλίση 5 με 6 μοίρες.

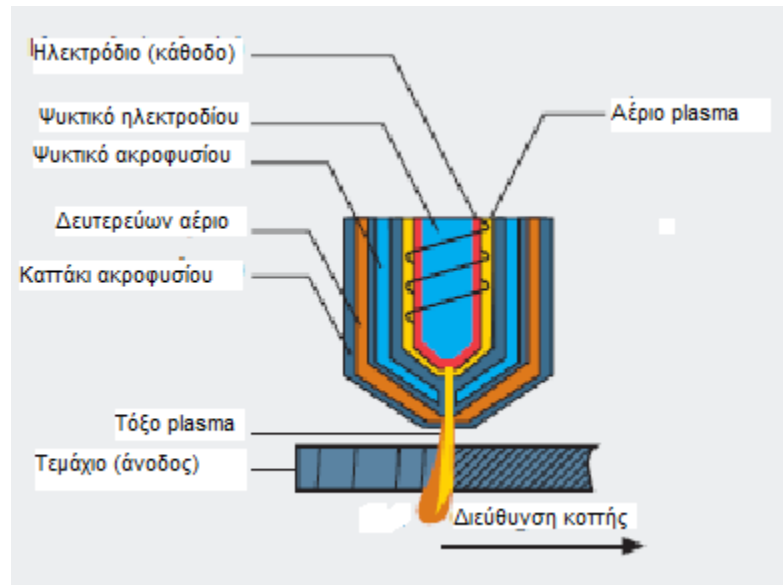
Όταν χρησιμοποιείται λαβίδα κοπής με ψεκασμό νερού, είναι σημαντικό να κοπεί το τεμάχιο έτσι ώστε η πλευρά που έχει τη κλίση να μην βρίσκεται στο τεμάχιο που παράγεται. Τα επίπεδα ηλεκτρόδια είναι προτιμότερα σε αυτή τη μέθοδο κοπής. Αυτή η μέθοδος κοπής χρησιμοποιείται αποκλειστικά σε υποβρύχιες κατεργασίες. Με αυτή τη μέθοδο μπορούν να κατεργαστούν ελάσματα πάχους από 3 mm έως και 75 mm.



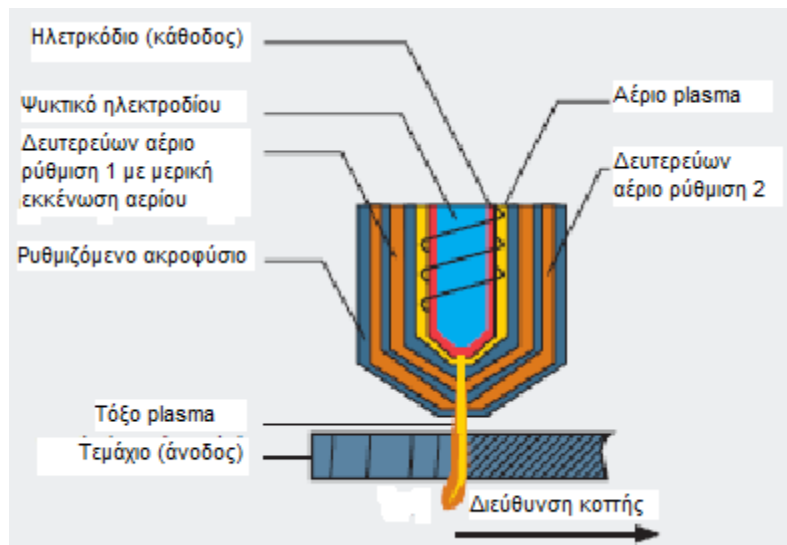
Εικόνα 6.8: Κοπή plasma με ψεκασμό νερού

Κοπή πλάσμα με αυξημένο βαθμό περιορισμού

Σε αυτή την παράλλαξη αυξάνει η πυκνότητα του τόξου χρησιμοποιώντας ακροφύσια που επιτυγχάνουν μεγαλύτερο περιορισμό. Αρκετοί κατασκευαστές χρησιμοποιούν διαφορετικές μεθόδους για να επιτύχουν αυτό το αποτέλεσμα. Αυτές που ξεχωρίζουν είναι ο στροβιλισμός των αερίων και τα ρυθμιζόμενα ακροφύσια. Το τόξο που παράγεται με αυτή τη μέθοδο επιτρέπει υψηλής ακρίβειας κάθετες κοπές, όταν κόβει μεταλλικά φύλλα πάχους από 0,5 mm έως και 25 mm. Ενδείκνεται η μέθοδος με χρήση δευτερεύοντος αερίου.



Εικόνα 6.9: Κοπή plasma με αυξημένο περιορισμό

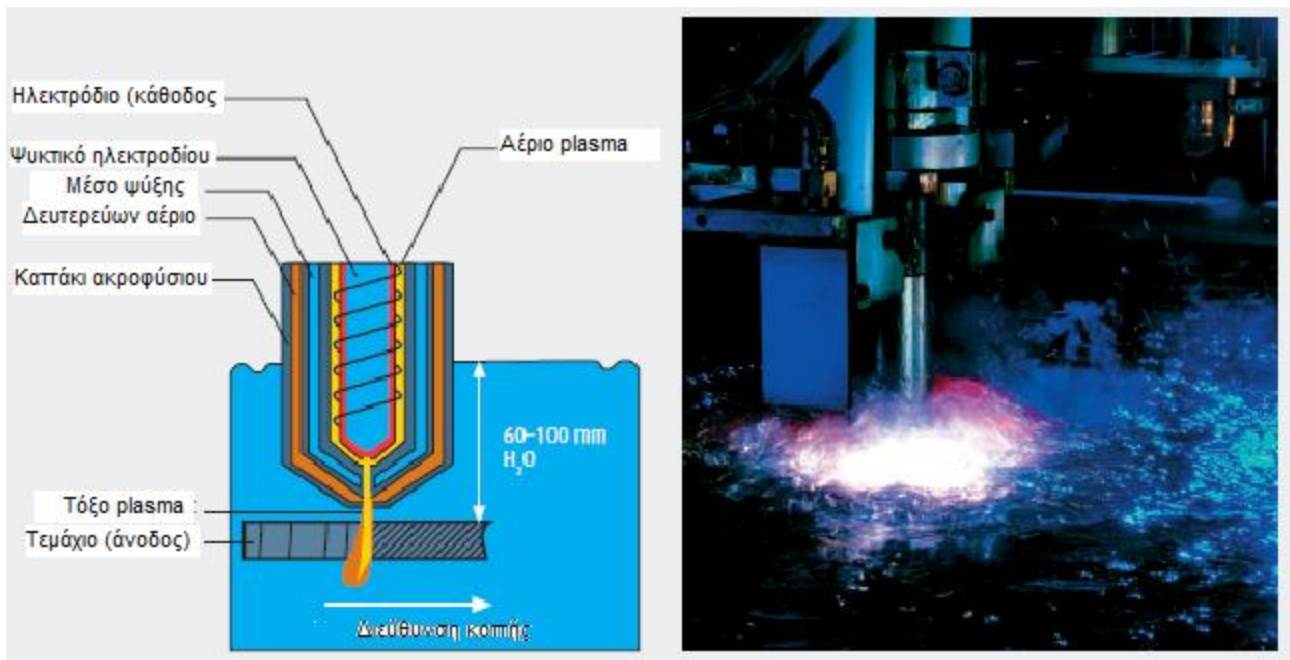


Εικόνα 6.10: Κοπή plasma με αυξημένο (ρυθμιζόμενο) περιορισμό

Υποβρύχια κοπή

Στην υποβρύχια κοπή αυξάνεται σημαντικά η ασφάλεια κατά τη διάρκεια της κατεργασίας. Η κοπή πραγματοποιείται 60 mm με 100 mm κάτω από την επιφάνεια του νερού, μειώνοντας σημαντικά το θόρυβο, τη σκόνη και την αέρια μόλυνση του περιβάλλοντος. Το επίπεδο του θορύβου βρίσκεται πολύ κάτω από τα 85 dB, επίσης το νερό μειώνει την υπερϊώδη ακτινοβολία που παράγεται κατά την διάρκεια της κατεργασίας και

τα παραγόμενα τεμάχια εμφανίζουν μικρότερη παραμόρφωση. Απαιτείται περισσότερη ενέργεια για να λειτουργήσει και μικρότερη ταχύτητα κοπής.



Εικόνα 6.11: Υποβρύχια κοπή πλάσμα

Πλάσμα χάραξης

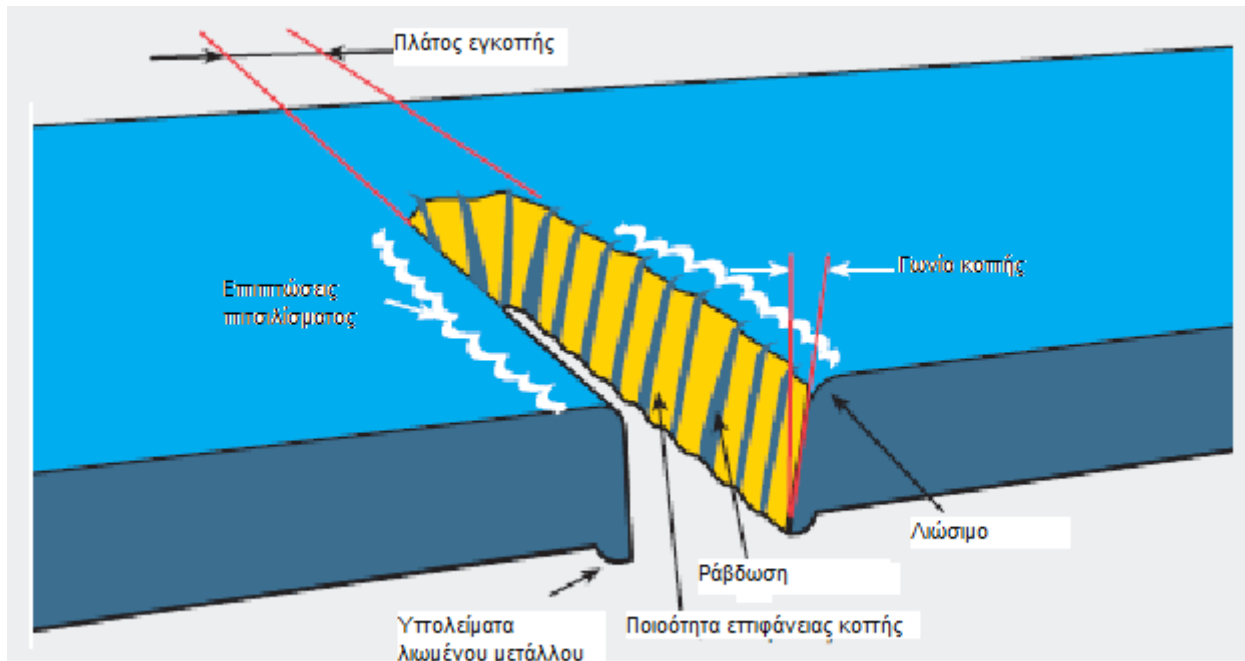
Χρησιμοποιείται κυρίως για τη χάραξη κομμένων τεμαχίων. Όταν το τεμάχιο χαράζεται με ένα τόξο πλάσματος, υπόκειται σε θερμότητα η οποία μπορεί να προκαλέσει αποχρωματισμό της επιφάνειας. Η χάραξη πραγματοποιείται όταν η μηχανή δεν αυξήσει αυτόματα το ρεύμα κοπής, έτσι ώστε να αρχίσει να κόβει. Η ένταση του ρεύματος δεν ξεπερνά τα 10 Amp και τα αέρια που γενικά χρησιμοποιούνται για το πλάσμα είναι το Αργό, το Άζωτο και ατμοσφαιρικός αέρας.



Εικόνα 6.12: Χειροκίνητη plasma χάραξη

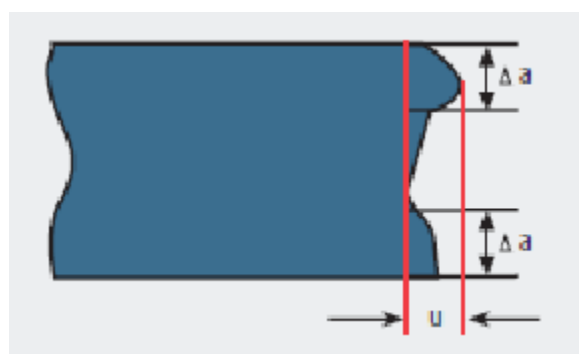
Ποιότητα κοπής

Το ευρωπαϊκό πρότυπο EN ISO 9013 για θερμικές κοπές ορίζει τη κατηγοριοποίηση των θερμικών κοπών, το γεωμετρικό προσδιορισμό των προϊόντων και της ποιότητας. Είναι σημαντικό να καθοριστεί η σωστή ποιότητα για κάθε υλικό που θα κατεργαστεί. Σε αυτό το σημείο θα αναφέρουμε τις πιο σημαντικές παραμέτρους ποιότητας.



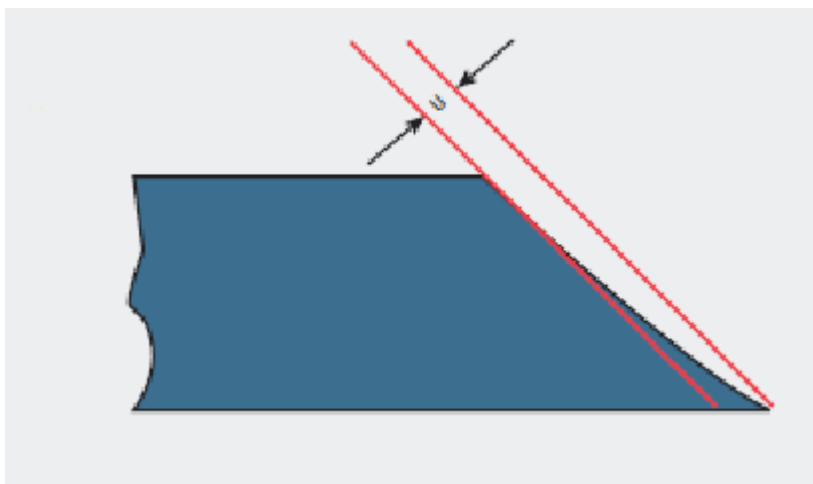
Εικόνα 6.13: Παράμετροι ποιότητας σε κοπή plasma

- Καθετότητα και γωνιακή ανοχή (u)



Εικόνα 6.14: Ανοχή τετραγωνικότητας

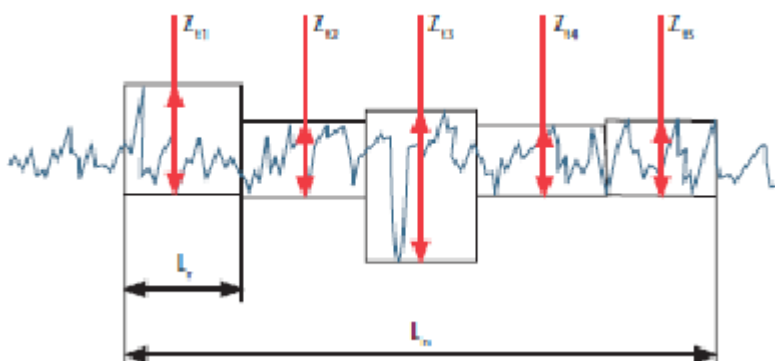
Η κομμένη επιφάνεια που προκύπτει από τη κοπή γενικά έχει μία μικρή κλίση λόγω της κλίσης της θερμοκρασίας στο τόξο κοπής. Η υψηλότερη πρόσδωση ενέργειας συμβαίνει στο πάνω μέρος του τεμαχίου, με αποτέλεσμα μεγαλύτερη ποσότητα υλικού να λιώνει εκεί σε αντίθεση με το κάτω μέρος. Όσο περισσότερο το τόξο είναι συγκεντρωμένο τόσο μικρότερη θα είναι η γωνία που σχηματίζεται. Η γωνία κοπής επηρεάζεται επίσης και από την απόσταση της λαβίδας από το τεμάχιο και από τη ταχύτητα κοπής. Σε συμβατικές μηχανές κοπής πλάσματος η γωνία που σχηματίζεται μεταξύ των απέναντι πλευρών είναι 4° μέχρι 8°. Όταν η τεχνολογία πλάσματος που χρησιμοποιείται μπορεί να προσφέρει καλύτερη συγκέντρωση του τόξου, η γωνία κοπής μπορεί να μειωθεί κάτω από 1°.



Εικόνα 6.15: Γωνιακή ανοχή

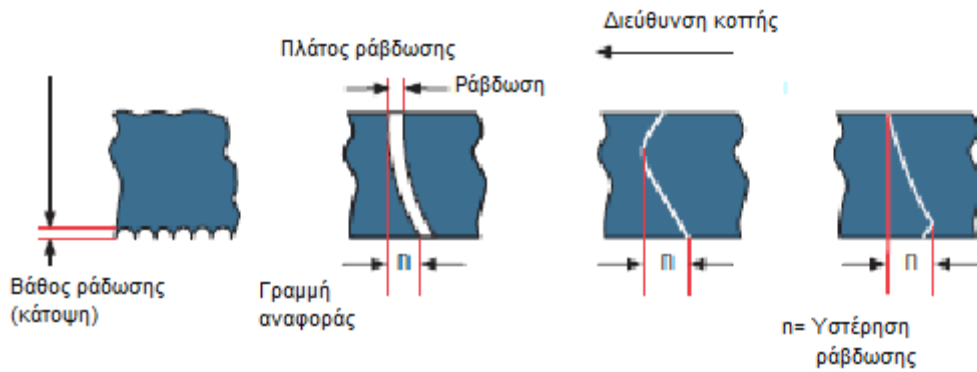
- Μέσο ύψος τραχύτητας (Rz5)

Τμήμα μέτρησης L_1 , Συνολικό τμήμα μέτρησης L_n



Εικόνα 6.16: Μέσος όρος ύψους κορυφής προς κοιλάδα

- Μέγεθος ράβδωσης (n)



Εικόνα 6.17: Ράβδωση

- Λιώσιμο ανώτερης ακμής ®



Εικόνα 6.18: Λιώσιμο άνω ακμής

- Πιθανή δημιουργία ακαθαρσιών ή σταγόνες λιωμένου μέταλλου στη κατώτερη ακμή της κοπής

Τα αίτια δημιουργίας μεγάλου βαθμού τραχύτητας μιας επιφάνειας κοπής κυρίως οφείλονται στις δημιουργούμενες εναποθέσεις του μετάλλου βάσης καθώς και στο επαναστερεοποιημένο μέταλλο. Διαπιστώνουμε συνήθως διάφορα πιτσιλίσματα στην επάνω πλευρά του μετάλλου βάσης. Ο σχηματισμός όλων αυτών συναρτάται κυρίως από την επιφάνεια του μετάλλου βάσης, από την απόσταση της λαβίδας, από τη σύσταση του υλικού της αναπτυσσόμενης θερμοκρασίας, από την ένταση του ρεύματος, το είδος του αερίου που χρησιμοποιείται και γενικότερα από την ποιότητα κατασκευής της συσκευής.

Πλάτος κοπής

Το πλάτος κοπής είναι περίπου μιάμιση έως δύο φορές μεγαλύτερο από τη διάμετρο της οπής εξόδου του ακροφυσίου της λαβίδας. Επίσης επηρεάζεται από τη ταχύτητα κοπής

Μεταλλουργικό φαινόμενο

Σε σχέση με άλλες μεθόδους κοπής η ζώνη που επηρεάζεται από τη θερμότητα είναι το ένα τρίτο μικρότερη, όταν η κοπή πραγματοποιείται σε μη σιδηρούχα κράματα. Όταν η κοπή πραγματοποιείται σε άλλα υλικά η ζώνη που επηρεάζεται εξαρτάται από τη φύση του υλικού.

Απορρόφηση αζώτου

Όταν η κοπή πραγματοποιείται με αέρα ή άζωτο παρατηρείται αύξηση της περιεκτικότητας σε άζωτο στην επιφάνεια κοπής. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα τη δημιουργία πόρων στη περίπτωση της συγκόλλησης. Με τη χρήση οξυγόνου αντί του αζώτου, η ανάπτυξη πόρων μπορεί να μειωθεί σημαντικά.

Με την αυξημένη συγκέντρωση της ενεργειακής πυκνότητας του τόξου επιτυγχάνονται ποιοτικές κοπές αρκετά μικρού βαθμού τραχύτητας με εφάμιλλες με τη μέθοδο κοπής laser.

Επιτυγχανόμενες ποιότητες κοπής

Με τη χρήση ειδικών τεχνικών επιτυγχάνονται ποιοτικές κοπές που ανταποκρίνονται σε διεθνή πρότυπα. Στο αλουμίνιο και τα κράματα του συνήθως παρουσιάζεται μέσο ύψος τραχύτητας της επιφάνειας μεγαλύτερο από ότι στους χάλυβες. Ειδικότερα στο τιτάνιο, μαγνήσιο του υλικού και τα κράματά τους παρατηρούνται σημαντικές διαφορές τραχύτητας (κοκκώδης επιφάνεια) που είναι δύσκολα να προσδιοριστεί με τους γνωστούς κανονισμούς.

Η κοπή πλάσματος με αυξημένη ενεργειακή πυκνότητα του τόξου προσδίδει τα ακόλουθα

- Λίγη ή καθόλου ύπαρξη ακαθαρσιών
- Υψηλή ακρίβεια περιγράμματος σε οξείες γωνίες και ακμές
- Υψηλή ακρίβεια συναρμογής
- Λεπτές ζώνες επηρεασμένες από τη θερμότητα
- Δυνατότητα κοπή οπών σε μικρές διαμέτρους.
- Μικρή τιμή μέσου ύψους τραχύτητας

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7⁰

Συγκόλληση πλάσματος

Τόξο πλάσματος

Η συγκόλληση πλάσματος επιτυγχάνεται με την απόδοση της ενέργειας του τόξου πλάσματος στο μέταλλο βάσης, είτε το τόξο είναι μεταφερόμενο είτε μη μεταφερόμενο, με παράλληλη προστασία ειδικού κατά περίπτωση αερίου προστασίας. Εκτός από τον ιονισμό του πλασμαγενούς αερίου και το όλο φαινόμενο που πραγματοποιείται εντός λαβίδας, ο οποίος ιονισμός έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία τόξου υψηλής ενεργειακής πυκνότητας, χρησιμοποιείται παράλληλα και κάποιο αδρανές αέριο προστασία της συγκόλλησης κατάλληλο κατά περίπτωση ιδιοτήτων.

Η συγκόλληση πλάσματος, όπως και η συγκόλληση τόξου από βολφράμιο (GTAW) χρησιμοποιεί ένα μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο. Η λαβίδα διαθέτει ένα ακροφύσιο το οποίο δημιουργεί ένα θάλαμο αερίου που περιβάλλει το ηλεκτρόδιο. Το τόξο θερμαίνει το αέριο, που τροφοδοτείτε στο θάλαμο, σε μία θερμοκρασία όπου αυτό ιονίζεται και γίνεται ηλεκτρικά αγώγιμο. Το εξερχόμενο ιονισμένο αέριο μπορεί να φτάσει σε θερμοκρασίες ακόμα και 30°C. Το ιονισμένο αέριο που παράγεται είναι το πλάσμα και εξάγεται από το ακροφύσιο σε θερμοκρασία περίπου 16700 °C.

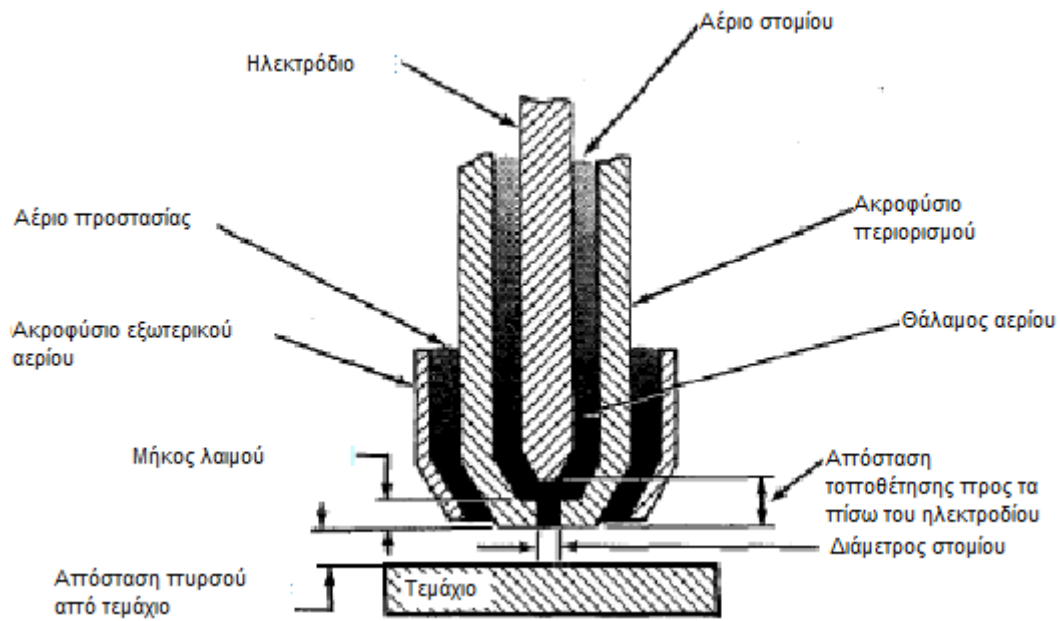
Η συγκόλληση πλάσματος είναι κατάλληλη για όλα τα μέταλλα και τα κράματά τους και για όλες τις θέσεις συγκόλλησης. Παρέχει αρκετά ελεγχόμενο τόξο και η θερμικά επηρεαζόμενη ζώνη του μετάλλου βάσης είναι πολύ μικρή σε σχέση με όλες τις μεθόδους ανοιχτού ηλεκτρικού τόξου. (TIG-MIG-MAG) Επίσης το τόξο αυτό συμπεριφέρεται καλύτερα στις όποιες μεταβολές του ύψους της λαβίδας. Η τεχνολογία αυτή είναι συγγενής με τη μέθοδο TIG-GTAW, χωρίς να παρουσιάζει τα αρνητικά αυτής.

Η τεχνική πλάσματος συγκόλλησης συνίσταται στη δημιουργία πλασματογέννησης. Σε αυτό συντελεί αποφασιστικά το επιλεγείς πλασμαγενές αέριο. Το όλο φαινόμενο λαμβάνει χώρα εντός ενός ακροφυσίου και ενός ηλεκτροδίου βολφραμίου σε κλειστό χώρο, παρουσία υψίσυχνου ρεύματος. Η δέσμη πλάσματος εξαρτάται και αποδίδει την ενέργειά της μέσω μιας οπής που φέρει το ακροφύσιο μερικών δεκάδων του χιλιοστού. Η δέσμη αυτή χαρακτηρίζεται από δημιουργία κλίσης το πολύ 6 μοιρών, σχεδόν παράλληλη. Είναι η δέσμη, η οποία λιώνει το μέταλλο βάσης σχεδόν ακαριαία, δημιουργώντας εμφανή κρατήρα. Όμως περιορισμένων διαστάσεων σε σχέση με τεχνικές ανοιχτού ηλεκτρικού τόξου όπως TIG-MIG-MAG. Η μέθοδος απαραίτητα χρησιμοποιεί και αέριο προστασίας του κρατήρα συγκόλλησης. Μπορεί το αέριο αυτό να είναι ένα από τα γνωστά αέρια ή και μείγματα αυτών.

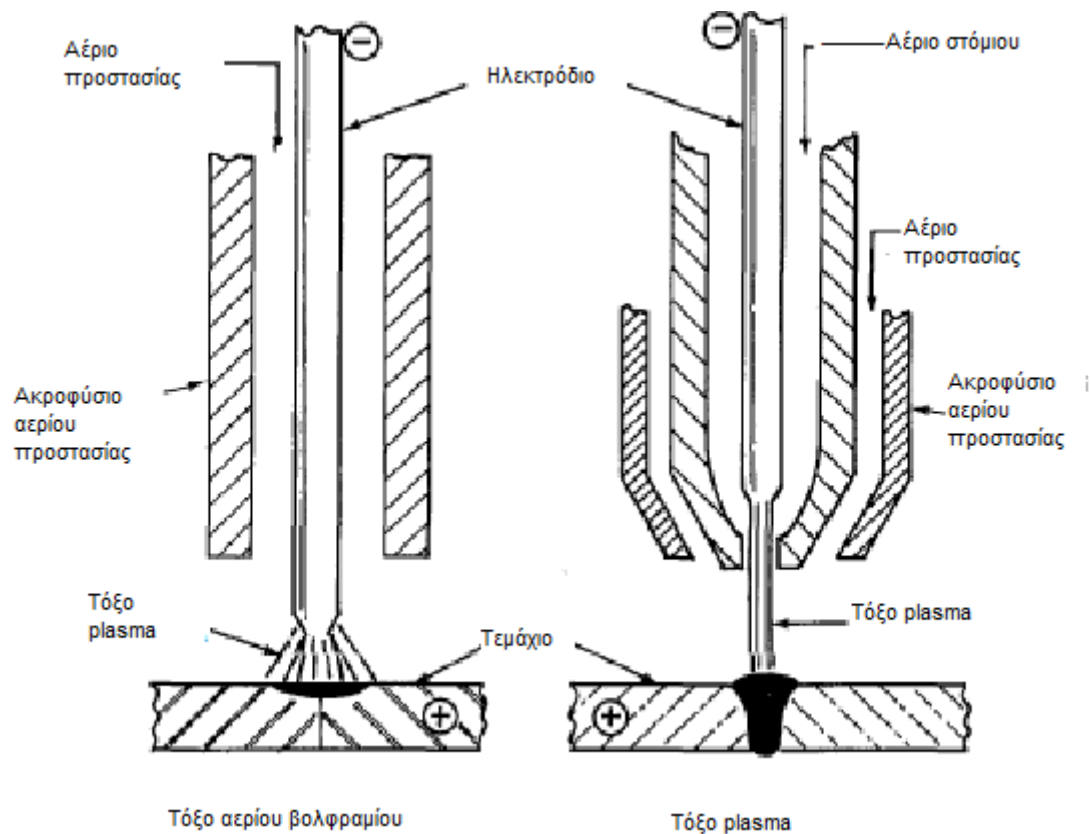
Λειτουργία

Είναι επέκταση της συγκόλλησης TIG-GTAW με σαφώς διαφορετικά χαρακτηριστικά ως προς το δημιουργούμενο τόξο. Ειδικότερα η λειτουργία του περιγράφεται ως εξής: το πλασμαγενές αέριο οδηγείται μέσω διάταξης της συσκευής στο χώρο μεταξύ ακροφυσίου και ηλεκτροδίου. Κατά την έναυση του βοηθητικού τόξου μέσω επίσης διάταξη της μηχανής, αναπτύσσεται η πλασματογέννηση μεγάλης

ενεργειακής πυκνότητας τόξου, η οποία αποδίδει την ενέργειά της στο μέταλλο βάσης, το οποίο σχεδόν ακαριαία λιώνει. Στο ακροφύσιο διακρίνουμε δυο διατάξεις: η διάμετρος του στομίου και το ύψος του λαιμού, μπορεί να είναι κυλινδρικό, συγκλίνων ή αποκλίνων.



Εικόνα 7.1: Διάταξη πτυσσού συγκόλλησης



Εικόνα 7.2: Σύγκριση συγκολλήσεων τόξου βολφραμίου με τόξο plasma

Ο θάλαμος είναι ο χώρος μεταξύ του εσωτερικού τοιχώματος του ακροφυσίου συγκέντρωσης και του ηλεκτροδίου. Το αέριο οδηγείται στο θάλαμο και στη συνέχεια διαμέσου του στομίου προχωράει για τη συγκόλληση. Συχνά προσδίδεται μία περιστροφική κίνηση στο αέριο για να δημιουργηθεί στροβιλισμός μέσα στο στόμιο.

Η βασική διάταξη και των δύο τύπων συγκόλλησης GTAW και Plasma φαίνονται στην εικόνα 20. Το ηλεκτρόδιο στο πυρσό GTAW επεκτείνεται πέρα από το τέλος του ακροφυσίου του αερίου προστασίας. Για αυτό το λόγο το τόξο δεν είναι συγκεντρωμένο και αποκτά ένα κώνικο σχήμα, παράγοντας έτσι ένα σχετικά πλατύ μονοπάτι θέρμανσης στο τεμάχιο. Επίσης για ένα σταθερό ρεύμα συγκόλλησης η περιοχή πρόσκρουσης του κώνικου τόξου στο τεμάχιο επηρεάζεται από την απόσταση του τόξου από την επιφάνεια συγκόλλησης. Αποτέλεσμα μία μικρή αλλαγή στο μήκος του τόξου έχει ως συνέπεια μία σχετικά μεγάλη αλλαγή στη πρόσδοση θερμότητας ανά μονάδα επιφάνειας.

Σε αντίθεση, το ηλεκτρόδιο του τόξου plasma είναι προσχωρημένο εντός του πυρσού μέσα στο ακροφύσιο συγκέντρωσης. Το τόξο είναι ευθυγραμμισμένο και εστιασμένο από το ακροφύσιο σε μία σχετικά μικρή επιφάνεια του τεμαχίου. Επειδή το σχήμα του τόξου είναι ουσιαστικά κυλινδρικό, υπάρχει πολύ μικρή αλλαγή στο μέγεθος της επιφάνειας της πρόσκρουσης στο τεμάχιο όσο μεταβάλλεται η απόσταση μεταξύ

λαβίδας και μετάλλου βάσης. Αποτέλεσμα η διαδικασία πλάσμα είναι λιγότερη ευαίσθητη στις αλλαγές της απόστασης μεταξύ πυρσού και τεμαχίου σε σύγκριση με τη διαδικασία συγκόλλησης GTAW.

Από τη στιγμή που το ηλεκτρόδιο είναι προσχωρημένο εντός της λαβίδας δεν είναι δυνατό το ηλεκτρόδιο να ακουμπήσει το μέταλλο βάσης. Αυτή η ιδιότητα ελαττώνει πάρα πολύ τη πιθανότητα της εναπόθεσης υλικού του ηλεκτροδίου με το τίγμα του μετάλλου

Καθώς το αέριο, για τη δημιουργία του πλάσματος, περνά από το θάλαμο της λαβίδας, ζεσταίνεται από το τόξο, διογκώνεται και εξέρχεται από το ακροφύσιο συγκέντρωσης με μεγάλη ταχύτητα. Επειδή ένας δυνατός πίδακας αερίου μπορεί να δημιουργήσει έντονη διαταραχή στη λίμνη του τίγματος, η παροχή εξόδου του αερίου πλάσμα γενικά περιορίζεται μεταξύ 0,25 έως 5 lt/min. Το αέριο του πλάσματος από μόνο του δεν είναι ικανό να προστατέψει τη λίμνη του τίγματος από την ατμοσφαιρική επίδραση. Για αυτό εναλλακτικό αέριο προστασίας πρέπει να παρέχεται διαμέσου ενός ακροφυσίου. Τυπικά η παροχή του αερίου προστασίας είναι μεταξύ των 10 έως 30 lt/min.

Στραγγαλισμός τόξου

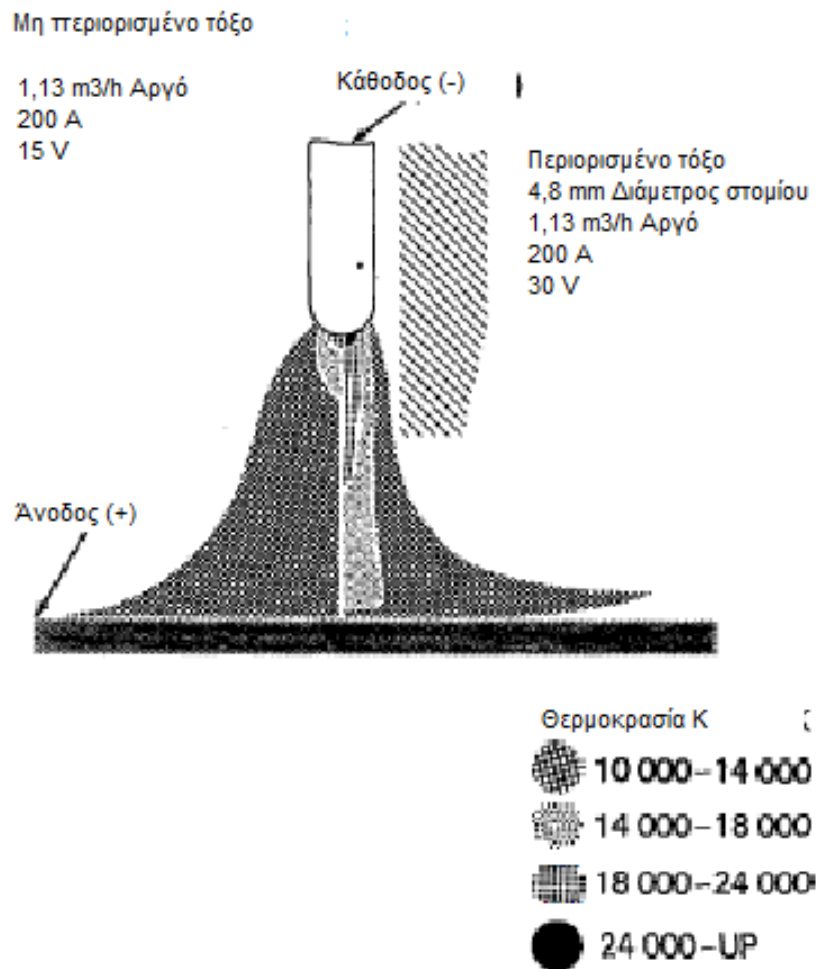
Ο στραγγαλισμός του τόξου πραγματοποιείται από την υποχρεωτική διέλευση της ενέργειας του ιονισμένου αερίου διαμέσου της πολύ μικρής οπής του ακροφυσίου. Από τον στραγγαλισμό αυτό, παράγεται υψηλής ενεργειακής πυκνότητας ηλεκτρικού τόξου, με απόκλιση στη δέσμη των 6°. Είναι σχεδόν παράλληλη η δέσμη. Το παρακάτω σχήμα απεικονίζει διάφορα χαρακτηριστικά του τόξου αυτού.

Στο ακόλουθο σχήμα φαίνονται τα διάφορα χαρακτηριστικά ενός στραγγαλισμένου τόξου. Η κατά πολύ αυξημένη θερμοκρασία του στραγγαλισμένου τόξου περνά κατά πολύ το σημείο τήξης όλων των μετάλλων και των κραμάτων τους. Χαρακτηρίζεται από δέσμη σχεδόν παράλληλη και σταθερή, πάντα υψηλής ενέργειας. Κατά συνέπεια, ανεξάρτητα της απόστασης της λαβίδας από το μέταλλο βάσης, δεν επηρεάζεται η απόδοσή της. Είναι γιαυτό το λόγο άριστη επιλογή σε όποιες εφαρμογές απαιτείται μεγάλη διείσδυση της συγκόλλησης. π.χ. μεγάλα πάχη μετάλλου βάσης

Αναφέρονται διάφορα χαρακτηριστικά:

- Ρεύμα πλάσματος
- Διάμετρος και μορφή στομίου
- Τύπος αερίου πλάσματος
- Παροχή αερίου πλάσματος

- Τύπος αερίου προστασίας

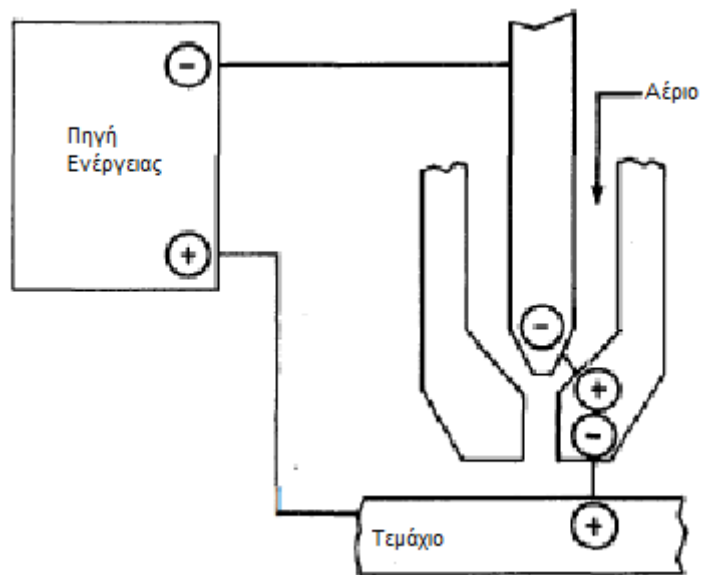


Εικόνα 7.3: Σύγκριση περιορισμένου και μη περιορισμένου τόξου

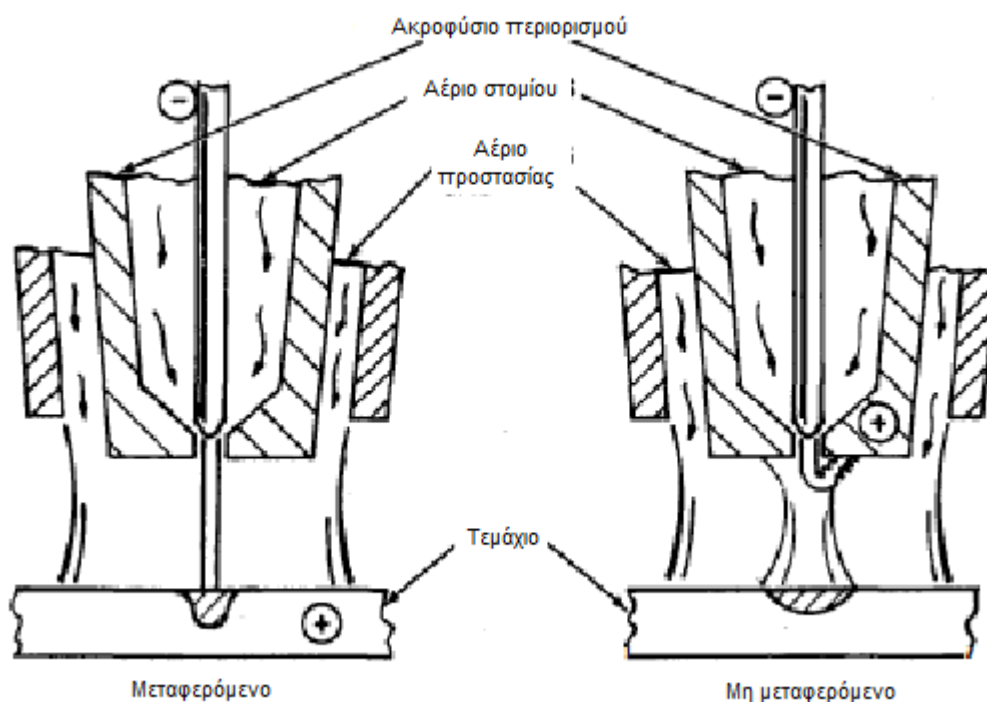
Είδη τόξου πλάσματος

Διακρίνουμε δύο είδη τόξου: το μεταφερόμενο ηλεκτρικό τόξο και το μη μεταφερόμενο ηλεκτρικό τόξο. Στην εικόνα φαίνονται αυτοί οι τύποι. Στο μεταφερόμενο ηλεκτρικό τόξο αρχικά το τόξο αναπτύσσεται εντός λαβίδας της μηχανής, μεταξύ ακροφυσίου και ηλεκτροδίου αυτής, του οποίου στη συνέχεια μεταφέρεται αγωγίμα στο μέταλλο βάσης και το οποίο συνεχίζει να αναπτύσσεται. Είναι κατά συνέπεια αναγκαίο το μέταλλο βάσης να βρίσκεται εντός ηλεκτρικού κύκλου της μηχανής. Είναι τα συνηθέστερα χρησιμοποιούμενα στις συγκολλήσεις. Στο μη μεταφερόμενο ηλεκτρικό τόξο αναπτύσσεται αρχικά όπως και το προηγούμενο μεταξύ ακροφυσίου και ηλεκτροδίου της λαβίδας συνεχώς. Δεν είναι κατά συνέπεια απαραίτητο το μέταλλο βάσης να βρίσκεται εντός ηλεκτρικού κύκλου της μηχανής. Είναι κατάλληλη η χρήση του, τόσο για την κοπή όσο και τη συγκόλληση μη αγωγίμων υλικών. Πρέπει να αποφεύγεται η επαφή του

ακροφυσίου της λαβίδας με το μέταλλο βάσης, για τη μη δημιουργία διπλών τόξων και την αποφυγή φθοράς του ακροφυσίου που αυτή συνεπάγεται.



Εικόνα 7.4: Παρουσίαση μεταφερόμενου και μη μεταφερόμενου τόξου



Εικόνα 7.5: Διπλό τόξο που προκαλείται από μειωμένη παροχή αερίου ή υπερβολικό ρεύμα

Ρεύμα συγκόλλησης

Συνεχές ρεύμα, ηλεκτρόδιο κάθοδος (DCEN) χρησιμοποιείται για τις περισσότερες εφαρμογές με συγκόλληση πλάσμα. Ένα καθαρό ηλεκτρόδιο με επιλογή μεταφερόμενου τόξου παρατηρούμε στις περισσότερες εφαρμογές. Οι τιμές του ρεύματος DCEN συγκόλλησης κυμαίνεται μεταξύ 0,1 έως 500 Amp. Το παλμικό ρεύμα συχνά σε κράματα χάλυβα, ανοξείδωτοι χάλυβες, κράματα νικελίου και τιτανίου. Συνεχές ρεύμα με το ηλεκτρόδιο θετικά φορτισμένο χρησιμοποιείται σε κάποιες περιπτώσεις συγκόλλησης αλουμινίου. Η υπερβολική θέρμανση του ηλεκτροδίου είναι κυρίως παράγοντας φθοράς του. Το εναλλασσόμενο ρεύμα υψηλής συχνότητας πρέπει να χρησιμοποιείται για την συγκόλληση των κραμάτων αλουμινίου και μαγνησίου με συνήθως εύρος 10-100 amp. Υψηλότερες εντάσεις πρέπει να αποφεύγονται λόγω της φθοράς που δημιουργούν στο ηλεκτρόδιο. Βασικός λόγος χρήσης του είναι ότι διασπώνται τα διάφορα οξειδία τα οποία σχηματίζονται στην επιφάνεια τους, με αποτέλεσμα να έχουμε πρόσβαση στο καθαρό υλικό. Το παλμικό ρεύμα αντικαθιστά σε μεγάλο βαθμό το ημιτονοειδές στη συγκόλληση κραμάτων αλουμινίου και μαγνησίου. Παρουσιάζει υψηλή σταθεροποίηση που είναι απαραίτητη στη συγκόλληση λεπτού πάχους ελασμάτων. Παραμένει η παραπάνω αναφερθείσα ιδιότητά του για την απομάκρυνση των οξειδίων των μετάλλων αυτών από την επιφάνειά τους.

Η συγκόλληση πλάσματος έχει ευρύτατη χρήση σήμερα σε όλες τις κατασκευές. Ιδιαίτερα στην αεροδιαστημική και σε ειδικές βιομηχανικές εφαρμογές. Διακρίνεται για την ποιότητά της και την αξιοπιστία της. Σε ελάχιστες περιπτώσεις απαιτούνται κάποιες αποδεκτές προδιαγραφές συγκόλλησης. Διακρίνουμε κυρίως δυο είδη συγκόλλησης πλάσματος:

- την μικροπλάσματική συγκόλληση, η οποία είναι κατάλληλη για την συγκόλληση λεπτών υλικών, με εντάσεις ρεύματος από 0,1-50 amp και με χρήση πιλοτικού τόξου. Δηλαδή μεταφερόμενου ηλεκτρικού τόξου. Στις περιπτώσεις αυτές διακρίνουμε ομοιόμορφα περιγράμματα ακμών είτε γίνεται χρήση με το χέρι είτε αυτόματα.
- Στο μακροπλάσμα, η οποία είναι κατάλληλη σε εφαρμογές μεγάλου πάχους υλικών με χρήση και σε αυτής πιλοτικού τόξου. Δηλαδή μεταφερόμενου τόξου που όμως η ένταση ρεύματος που χρησιμοποιείται κυμαίνεται μεταξύ 50-300 amp.

Τόσο στο μικροπλάσμα όσο και στο μακροπλάσμα συγκόλλησης διαπιστώνεται ότι:

1. Η συγκέντρωση ενέργειας είναι μεγαλύτερη, ως εκ τούτου
 - Σε κάποιες εφαρμογές η ταχύτητα συγκόλλησης είναι μεγαλύτερη
 - Χαμηλότερη ένταση ρεύματος χρειάζεται για να παράγει μία δεδομένη συγκόλληση με αποτέλεσμα λιγότερη συστολή. Η παραμόρφωση μπορεί να ελαττωθεί κατά 50 τις εκατό.
 - Η εισχώρηση μπορεί να ελεγχθεί με τη μεταβολή κάποιων μεταβλητών.
2. Η σταθερότητα του τόξου είναι βελτιωμένη
3. Η κολόνα του τόξου έχει μεγαλύτερη σταθερότητα κατεύθυνσης

4. Λεπτότερο μονοπάτι συγκόλλησης (υψηλότερη βάθος σε πλάτος αναλογία) για μία συγκεκριμένη διείδυση, με αποτέλεσμα μικρότερη παραμόρφωση.
5. Η ανάγκη σταθεροποίησης είναι μικρότερη από άλλες διαδικασίες
6. Όπου η προσθήκη ενός συμπληρωματικού μετάλλου είναι επιθυμητή, αυτή η διαδικασία είναι πολύ πιο εύκολη από τη στιγμή που η απόσταση μεταξύ πυρσού και τεμαχίου είναι μεγαλύτερη και το ηλεκτρόδιο δεν μπορεί να έρθει σε επαφή με το συμπληρωματικό μέταλλο βάσης ούτε με το λουτρό τήξης. Αυτό έχει ως αποτέλεσμα σε μικρότερο χρόνο επαναπροσανατολισμού και εξαλείφει τη πιθανότητα της εναπόθεσης του ηλεκτροδίου στο μέταλλο βάσης.
7. Λογικές μεταβολές στην απόσταση της λαβίδας από το τεμάχιο, επηρεάζει λίγο το πλάτος της ραφής ή τη συγκέντρωση θερμότητας στο τεμάχιο.

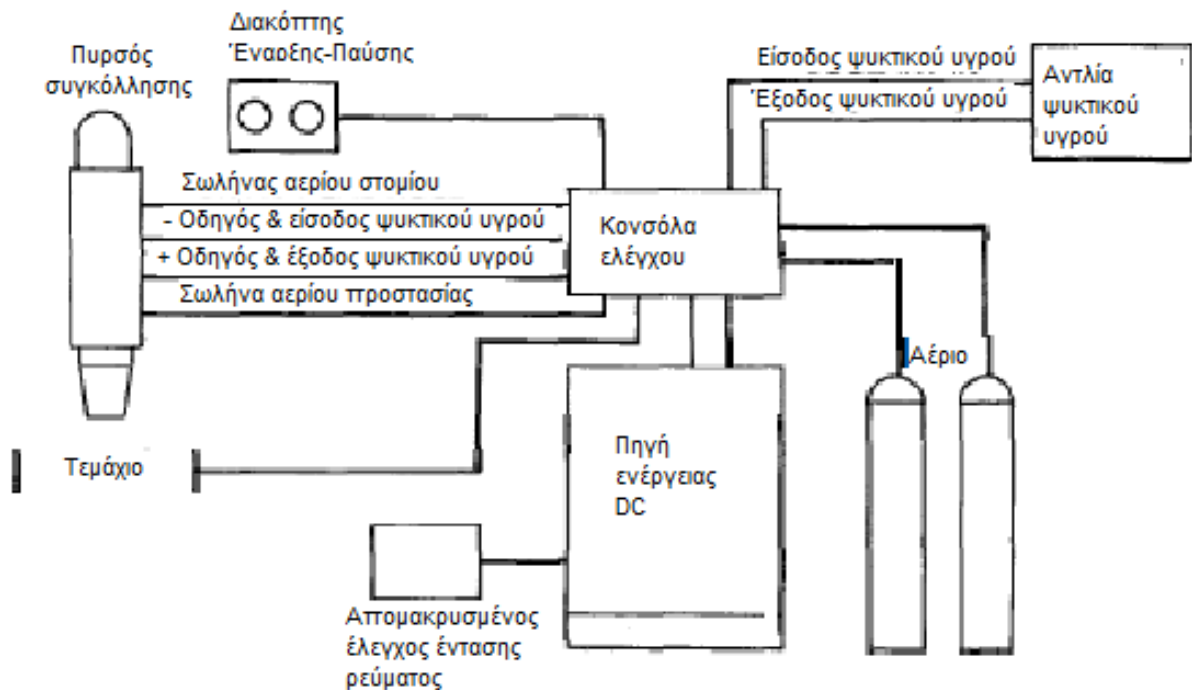
Περιορισμοί εφαρμογής

Υφίστανται κάποιοι περιορισμοί στη χρήση του κόλλησης τόξου plasma χαμηλού και υψηλού ρεύματος είναι:

1. αρχικά μικρή ανοχή στη μετατόπιση της λαβίδας λόγω μικρής δέσμης τόξου.
2. Χειροκίνητοι πυρσοί συγκόλλησης πλάσμα είναι δυσκολότερο να χειριστούν σε σχέση με πυρσό GTAW. Δυσκολία στη χρήση λαβίδων πλάσματος σε σχέση με την GTAW.
3. Για συνεχή ποιότητα συγκόλλησης, το ακροφύσιο περιορισμού πρέπει να συντηρείται καλά και συχνά να επιθεωρείται για σημάδια φθοράς. Σε συνεχείς συγκολλήσεις απαιτείται συχνή επιθεώρηση του ακροφυσίου προς αποφυγή φθοράς.

Εξοπλισμός

Ο βασικός εξοπλισμός για συγκόλληση πλάσματος φαίνεται στην εικόνα 25. Η συγκόλληση πλάσματος μπορεί να πραγματοποιηθεί χειροκίνητα ή μηχανικά. Ένα πλήρες σύστημα για χειροκίνητη λειτουργία, αποτελείται από ένα πυρσό, κονσόλα ελέγχου, πηγή ενέργειας, παροχή αερίου plasma και αερίου προστασίας, πηγή ψύξης πυρσού και εξαρτήματα όπως ένας διακόπτης "on-off", μετρητές παροχής αερίων και ένα μετακινούμενο χειριστήριο ελέγχου της έντασης του ρεύματος.

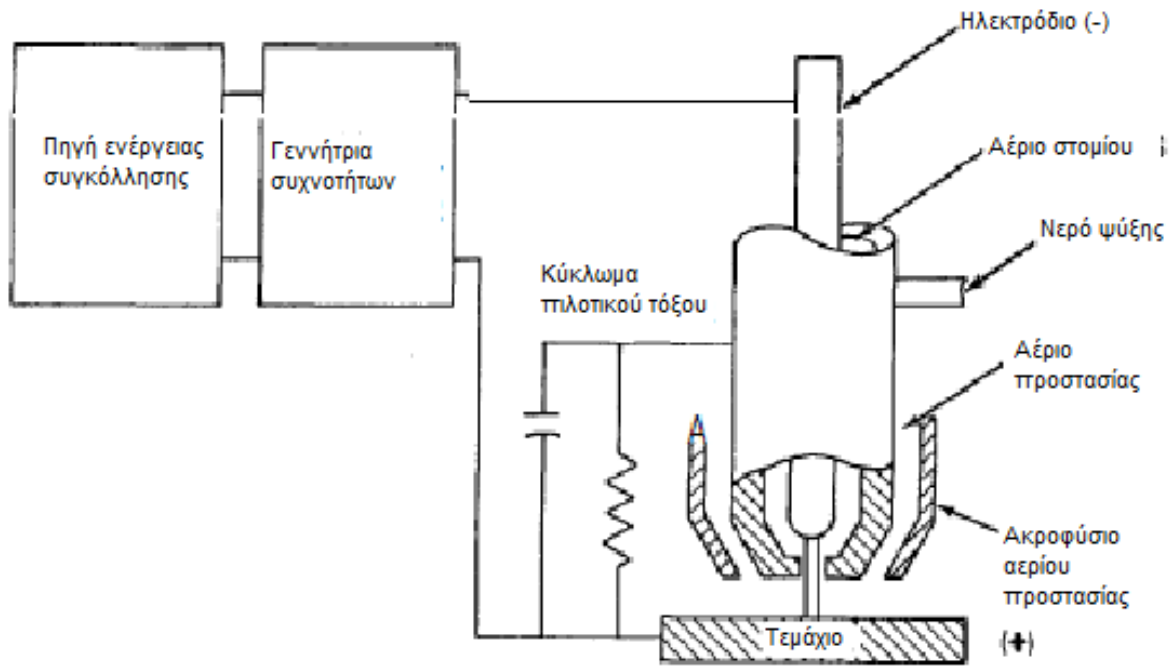


Εικόνα 7.6: Εξοπλισμός

Ένα πλήρες σύστημα για μηχανική λειτουργία του πλάσματος συγκόλλησης περιλαμβάνει μια πηγή ενέργειας, μια μονάδα ελέγχου κίνησης της λαβίδας, ένα σύστημα ψύξης, μια γεννήτρια υψηλής συχνότητας, ρυθμιστές παροχής αερίου, ρυθμιστές τάσης και έντασης ρεύματος, σύστημα τροφοδοσίας υλικού εναπόθεσης και το όλο σύστημα συνήθως λειτουργεί με εκτάσεις ρεύματος έως 500 amp.

Έναυση τόξου

Η έναυση του τόξου πλάσματος δεν μπορεί να γίνει με τον συνηθισμένο τρόπο, την επαφή του υλικού εναπόθεσης με το μέταλλο βάσης. Δημιουργείται κατά συνέπεια ένα τόξο πιλότος, μεταξύ ηλεκτροδίου και ακροφυσίου εσωτερικά της λαβίδας, από το υψίσυχο ρεύμα της μηχανής. Κατόπιν και σε μικρό χρονικό διάστημα θα πρέπει να μεταφερθεί, κατά τρόπο αγωγίμο, στο μέταλλο βάσης.



Εικόνα 7.7: Κύκλωμα έναυσης με γεννήτρια συχνοτήτων

Πηγή ενέργειας χωρίς παλμικό ρεύμα

Πηγές ενέργειας συνεχούς ρεύματος, στη συγκόλληση πλάσματος συναντάμε συνήθως από 0,1-500 amp. Οι συνηθισμένες πηγές ενέργειας χρησιμοποιούν DCEN πολικότητα. Προτιμούνται ανορθωτές από απλούς μετασχηματιστές, λόγω των βελτιωμένων ηλεκτρικών χαρακτηριστικών που δίνουν. Ένας ανορθωτής, εύρους τάσης από 65-100 volts και με χρήση αργόν ή μείγματος αργού και υδρογόνου, που το υδρογόνο δεν ξεπερνά το 7%, αντιμετωπίζει συνήθως όλες τις περιπτώσεις συγκόλλησης μικρού πάχους ελασμάτων. Σε κάποιες των περιπτώσεων είναι αναγκαία η αλλαγή του αερίου με ήλιον. Όλες οι πηγές ενέργειας, είτε χειροκίνητα είτε μηχανικά, έχουν αρκετές επιλογές της έντασης του ρεύματος.

Πηγή ενέργειας με παλμικό ρεύμα

Σε κάποιες περιπτώσεις συγκόλλησης είναι αναγκαία η χρήση του παλμικού ρεύματος, που όμως στις μέρες μας, η κατά περίπτωση του μελετάτε. Το ρεύμα αυτό έχει διαφορετικά χαρακτηριστικά από το ημιτονοειδές ρεύμα και οι μηχανές που το παράγουν είναι αρκετά σύνθετες στην κατασκευή τους.

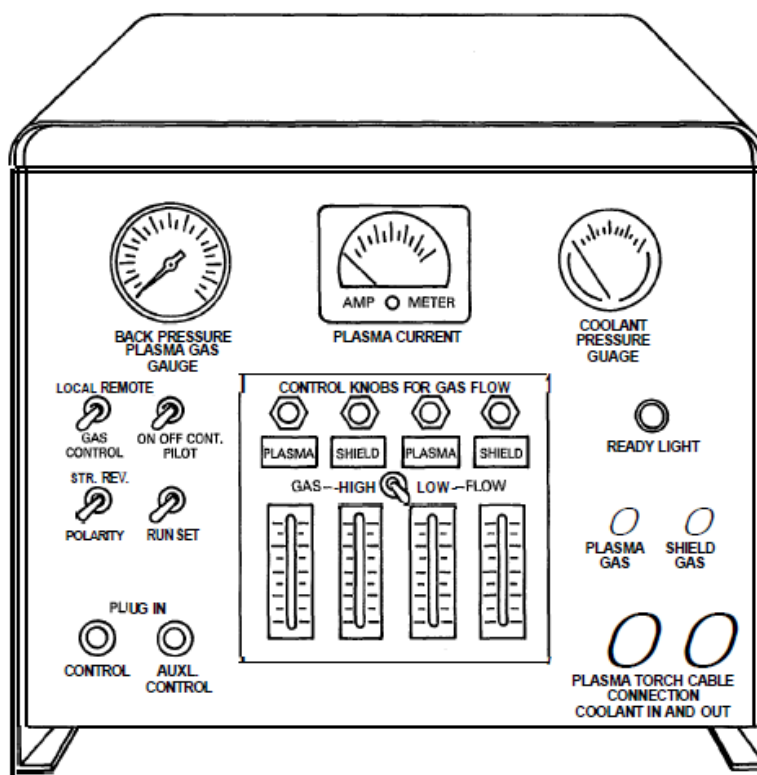
Συγκόλληση μεταβλητής πολικότητας τόξου

Η συγκόλληση του αλουμινίου και των κραμάτων του, πρέπει να χρησιμοποιείται με χρήση εναλλασσόμενου ρεύματος παλμικής μορφής μεταβλητής πολικότητας. (VPPA), κατά την οποία πολικότητα, με χρήση συγκεκριμένης διάταξης solid – state ρελέ, ελέγχεται το ρεύμα DCEN και DCEP. Επειδή η

καθαρότητα στην επιφάνεια του αλουμινίου και των κραμάτων του είναι πολύ σημαντική, αυτή διευκολύνεται με τη χρήση εναλλασσόμενου ρεύματος. Τα διάφορα οξειδία του αλουμινίου στην επιφάνειά του απομακρύνονται. Δεν είναι όμως λίγες οι περιπτώσεις όπου ο μηχανικός καθαρισμός τους επιβάλλεται.

Κονσόλα ελέγχου

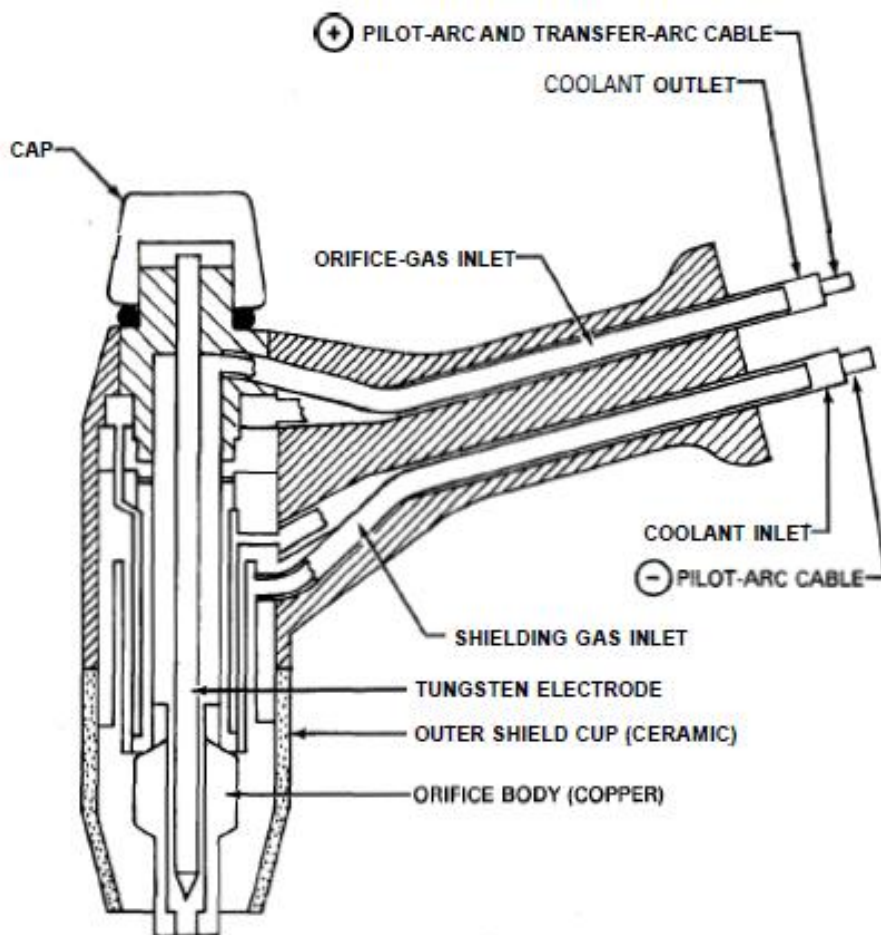
Με την κονσόλα ελέγχου, ελέγχουμε τις κύριες λειτουργίες του πλάσματος. Περιλαμβάνει διάφορα χειριστήρια που ρυθμίζουν την παροχή του πλάσματογενούς αερίου, την παροχή του αερίου προστασίας, το σύστημα υψηλής συχνότητας για την έναρξη του πιλοτικού τόξου, μέσω μιας διάταξης μικρής πηγής ενέργειας, την παύση λειτουργίας του πλάσματος, την κυκλοφορία του υγρού ψύξης της λαβίδας, κ.α.



Λαβίδα

Η λαβίδα συγκόλλησης συνδέεται με τον ακροδέκτη της μηχανής, ο οποίος με τη σειρά του συνδέεται με το σώμα αυτής. Περιλαμβάνει τον αγωγό παροχής πλάσματογενούς αερίου, τον αγωγό παροχής αερίου προστασίας, τον αγωγό παροχής του ρεύματος συγκόλλησης, τον αγωγό του ρεύματος λειτουργίας του πιλοτικού τόξου, τον αγωγό μεταφοράς του υγρού ψύξης αυτής καθώς και τους βοηθητικούς αγωγούς εντολών της μηχανής. Είναι κατασκευασμένος συνήθως από ορείχαλκο και έχει κατάλληλο σχεδιασμό. Κεντράρει την δημιουργία του τόξου στο κέντρο του ακροφυσίου, αποτρέποντας πιθανές καταστροφές.

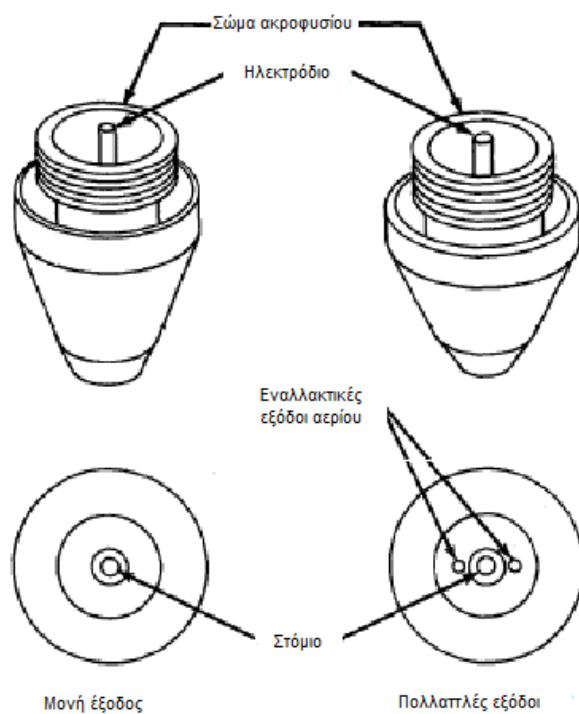
Οι λαβίδες πλάσματος, χειροκίνητες ή μηχανικές, έχουν το σχεδιασμό της ακόλουθης εικόνας. Διαθέτουν τον διακόπτη λειτουργίας της μηχανής πλάσματος, τον οδηγό συγκράτησης του ηλεκτροδίου βολφραμίου, το ακροφύσιο στις διόδους διέλευσης πλασματογενούς και αερίου προστασίας καθώς και το ακροφύσιο του αερίου προστασίας και διακρίνονται ανάλογα με την ένταση ρεύματος που λειτουργούν.



Εικόνα 7.8: Χειροκίνητος πυρσός συγκόλλησης

Ακροφύσια πλάσματος

Είναι σχεδιασμένα σε μεγάλη ποικιλία. Περιλαμβάνονται μονής οπής ή πολλαπλών οπών ακροφύσια. Οι οπές αυτές είναι διατεταγμένες σε κύκλους ή άλλα γεωμετρικά σχήματα. Όμως τα ακροφύσια μονής οπής είναι τα πλέον διαδεδομένα. Στην παρακάτω εικόνα εμφανίζονται κάποια από αυτά. Στα ακροφύσια μονής οπής, η δέσμη πλάσματος περνάει από αυτήν ενώ σε αυτά με πολλαπλές οπές, μέρος της ενέργειας του πλάσματος, περνάει από την κεντρική οπή και το υπόλοιπο από τις άλλες οπές. Για κάθε μέγεθος ακροφυσίου αντιστοιχεί συγκεκριμένη μέγιστη τιμή έντασης ρεύματος. Αυξανόμενης ή μειωμένης, αυτή θα πρέπει ανάλογα να αυξάνεται ή να μειώνεται η διάμετρος της οπής ή των οπών αντίστοιχα. Εάν δηλαδή ένα ακροφύσιο με διάμετρο 21 mm, χρησιμοποιηθεί για ένταση ρεύματος 75 A, μικρότερες ή μεγαλύτερες εντάσεις ρεύματος, απαιτούν ανάλογες μειώσεις ή αυξήσεις των διαμέτρων των οπών του ακροφυσίου.



Εικόνα 7.9: Ακροφύσια

Εξοπλισμός μηχανών πλάσματος

Τροφοδοσία σύρματος

Στις περιπτώσεις συνεχούς λειτουργίας του πλάσματος χρησιμοποιείται συνήθως εξωτερικός τροφοδότης μηχανισμός του υλικού ενθαλπίας. Το υλικό εναπόθεσης σε μορφή σύρματος, κατάλληλης κατά περίπτωση σύστασης, προωθείται με σταθερή ταχύτητα στο λουτρό τήξης του μετάλλου βάσης. Η τροφοδοσία του οποίου διακόπτεται ή συνεχίζεται κατά βούληση, όταν και εφόσον χρησιμοποιείται παλμικό ρεύμα, αυτό προωθείται συγχρονισμένα με τον παλμό ρεύμα συγκόλλησης.

Ρυθμιστής τάσης τόξου

Αρκετές εφαρμογές δεν απαιτούν ιδιαίτερη ρύθμιση της τάσης του τόξου λόγω της σταθερής απόστασης της λαβίδας από το μέταλλο βάσης. Η ρύθμιση όμως του τόξου είναι απαραίτητη στις περιπτώσεις εκείνες όπου υπάρχουν σημαντικές μεταβολές. Κύριο λόγο αποστάσεων δημιουργίας του τόξου και αργοπορίας παρουσίας του αερίου προστασίας.

Καταλληλότητα χρήσης πλάσματος

Τα περισσότερα μέταλλα και κράματα συγκολλούνται άριστα με το πλάσμα. Όμως θα πρέπει να δίνεται προσοχή σε όσα περιέχουν μεγάλα ποσοστά ανθρακα καθώς και αυτά που ανήκουν σε αυτά κράματα: κράματα αλουμινίου, κράματα μαγνησίου, κράματα νικελίου, κράματα χαλκού. Υλικά με πάχος έως 6,5 mm, μπορούν να συγκολληθούν μόνο με ένα πέρασμα. Σε όλα τα ελαφρά μέταλλα πρέπει να γίνεται χρήση ρεύματος DECN. Το εναλλασσόμενο ρεύμα όπως και προηγούμενα αναφέρθηκα πρέπει να χρησιμοποιείται για όλα τα ελαφριά μέταλλα. Οι ραφές σε αυτές τις περιπτώσεις, εφόσον προηγηθεί σωστή ρύθμιση των παραμέτρων συγκόλλησης, είναι άριστες σε εμφάνιση και διείδιση.

Υλικό εναπόθεσης

Το υλικό εναπόθεσης χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση μετάλλων ευρείας ποικιλίας και κραμάτων τους. Εάν χρησιμοποιηθεί, πρέπει να είναι παρόμοιο και όχι απαραίτητα ίδιο με το υλικό που θα συγκολληθεί. Όταν ενώνονται ανόμοια υλικά, το υλικό εναπόθεσης θα είναι διαφορετικό από το ένα ή ακόμα και από τα δύο υλικά.

Γενικά, το υλικό εναπόθεσης έχει σύσταση που ρυθμίζεται να ταιριάζει στις ιδιότητες του υλικού προς συγκόλληση, όταν αυτό είναι λιωμένο. Παράγονται με μεγαλύτερη προσοχή σε κλειστές ελεγχόμενες συνθήκες για την επίτευξη της καθαρότητας και της ποιότητας τους. Συχνά προστίθενται αντιοξειδωτικά υλικά για να εξασφαλίσουν την ποιότητα συγκολλήσεων. Το υλικό εναπόθεσης οφείλει να έχει συγγενείς ιδιότητες με το υλικό του μετάλλου βάσης.

Η επιλογή κάθε υλικού εναπόθεσης σε μια εφαρμογή οφείλει να λαμβάνει υπόψιν της την μεταλλουργική συμβατότητα και φυσικά το κόστος. Επίσης πρέπει να λαμβάνονται υπόψιν οι ιδιότητες σε εφελκυσμό και θλίψη, η αντοχή στη διάβρωση, η θερμική και η ηλεκτρική αγωγιμότητα. Άρα η επιλογή του σωστού υλικού εναπόθεσης πρέπει να ταιριάζει στο εκάστοτε υλικό βάσης που θα συγκολληθεί.

Η διάθεση του υλικού εναπόθεσης γίνεται είτε σε μορφή ράβδου (χειροκίνητη χρήση) είτε σε μορφή μπομπίνας (αυτόματη χρήση).

Ηλεκτρόδια μεθόδου

Τα ηλεκτρόδια της μεθόδου έχουν σύσταση είτε καθαρού βολφραμίου είτε βολφραμίου και τσιρκονίου είτε βολφραμίου και φθορίου, όπως και στη μέθοδο TIG. Τα διάφορα αυτά ηλεκτρόδια χρησιμοποιούνται για συγκεκριμένα μέταλλα βάσης και με ανάλογη πολικότητα καθώς και είδος ρεύματος. Φέρουν στο άκρο τους, σύμφωνα με τους κανονισμούς, συγκεκριμένο χρωματισμό ώστε να διακρίνονται μεταξύ τους. Καλό θα είναι όλα ανεξαιρέτα τα ηλεκτρόδια να τροχίζονται στο άκρο τους με κλίση 60°, προκειμένου να διευκολύνεται το άνοιγμα του τόξου.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

Κατάλληλα βιομηχανικά αέρια και μείγματα αυτών στις μηχανές πλάσματος Πλασμαγενοί αέριοι

Ο όρος αναφέρετε σε όλα τα αέρια ή μίγματα αερίων τα οποία μπορούν να χρησιμοποιηθούν για τη δημιουργία του πλάσματος και την διαδικασία κοπής. Το τόξο πλάσματος εμπλέκει δύο κύριες φάσεις, τη φάση έναυσης και τη φάση κοπής. Διαχωρίζονται σε αέρια έναυσης και τα αέρια κοπής, τα οποία διαφέρουν στο είδος του αερίου και στην παροχή. Η αλληλεπίδραση του πλασματογενή αερίου με το μέταλλο βάσης επιδρά σημαντικά στην ποιότητα κοπής.

Το αέριο έναυσης συντελεί στη διαδικασία της έναυσης του τόξου και την αύξηση του χρόνου ζωής του ηλεκτροδίου.

Το αέριο κοπής απαιτείται για τη κοπή του τεμαχίου με το τόξο και επηρεάζει την επίτευξη της καλύτερης ποιότητας κοπής σε διαφορετικά υλικά. Κατά τη διάρκεια της κοπής πολλές φορές χρησιμοποιείται δευτερεύων αέριο κοπής, που ψύχει το τεμάχιο και περιορίζει το μέγεθος του τόξου. Αυξάνει τη ποιότητα κοπής των ακμών και προστατεύει το ακροφύσιο όταν εισχωρεί στο τεμάχιο και κατά τη διάρκεια υποβρύχιας κοπής.

Όποιο αέριο θα χρησιμοποιηθεί, διαδραματίζει ένα σημαντικό ρόλο στη ποιότητα και στην αποδοτικότητα της κοπής. Διαφορετικά υλικά και διαφορετικού πάχους χρειάζονται διαφορετικό μέσο δημιουργίας πλάσμα. Αυτό το μέσο μπορεί να είναι αέριο, μίγμα αερίων και νερό. Παρακάτω ορίζονται τα κριτήρια για την επιλογή εστιάζοντας κυρίως στα αέρια.

Για να αποφύγουμε παραπάνω κατεργασίες μετά τη κοπή, το σωστό πλασματογενές αέριο πρέπει να χρησιμοποιηθεί για το δεδομένο υλικό.

Οι φυσικές και μηχανικές ιδιότητες του αερίου πρέπει να ληφθούν υπόψη όταν επιλέγουμε. Για να επιτευχθεί υψηλή ταχύτητα κοπής και καλή ποιότητα κοπής, το τόξο θα πρέπει να έχει υψηλή ενέργεια και υψηλή αγωγιμότητα για να μεταφέρει εύκολα τη θερμότητα και να χαρακτηρίζεται από υψηλή κινητική ενέργεια.

- ενέργεια ιονισμού μονατομικών αερίων
- ενέργεια διαχωρισμού πολυατομικών αερίων
- θερμική αγωγιμότητα
- ατομικό και μοριακό βάρος
- ειδικό βάρος
- χημική αντιδραστικότητα

Οι χημικές ιδιότητες έχουν σημαντική επίπτωση στο σχήμα των ακμών, έτσι να απαιτείται περαιτέρω κατεργασία. Οι συντελεστές ποιότητας είναι:

- η τετραγωνικότητα της κοπής
- η τραχύτητα

- η καμπύλωση της ανώτερης ακμής
- η συγκολλησιμότητα

Στο πίνακα 1 φαίνεται μία σύγκριση των κύριων φυσικών ιδιοτήτων αερίων που κυρίως χρησιμοποιούνται για τη κοπή πλάσμα.

Ιδιότητα	N ₂ (N)	H ₂ (H)	O ₂ (O)	Ar	Αέρας
Ενέργεια ιονισμού (eV)	15,5 (14,5)	15,6(13,5)	12,5(13,6)	15,8	34
Ενέργεια διαχωρισμού (eV)	9,8	4,4	5,1	-	-
Ατομικό βάρος (u)	14	1	16	40	14,4
Θερμική αγωγιμότητα στους 0°C (W/mK)	24,5	168	24,7	16,6	24,5

Πίνακας 8.1: Φυσικές ιδιότητες αερίων

Αέρια και μείγματα της μεθόδου

Μέταλλο		Πάχος (mm)	Τεχνική συγκόλλησης	
			Keyhole	Λιώσιμο
Ανθρακούχος χάλυβας	Πάνω	3,2	Ar	Ar
	Κάτω	3,2	Ar	75%He-25%Ar
Χαμηλής περιεκτικότητας χάλυβες κραμάτων	Πάνω	3,2	Ar	Ar
	Κάτω	3,2	Ar	75%He-25%Ar
Ανοξειδωτος χάλυβας	Πάνω	3,2	Ar,92,5% Ar-7,5% H ₂	Ar
	Κάτω	3,2	Ar,95% Ar-5% H ₂	75%He-25%Ar
Χαλκός	Πάνω	2,8	Ar	Ar
	Κάτω	2,8	Δεν συνιστάται (β)	75%He-25%Ar
Κράματα νικελίου	Πάνω	3,2	Ar,92,5% Ar-7,5% H ₂	Ar
	Κάτω	3,2	Ar,95% Ar-5% H ₂	75%He-25%Ar
Αντιδραστικά μέταλλα	Πάνω	6,4	Ar	Ar
	Κάτω	6,4	Ar-He (50 έως 75% He)	75%He-25%Ar

Πίνακας 8.2

Αυτή η μέθοδος συγκόλλησης είναι πολύ δημοφιλής είτε σε απλές είτε σε σύνθετες εφαρμογές, παρόλο που η χρήση της χειροκίνητα σε κάποιες περιπτώσεις πρέπει να επιλέγεται. Όλες οι παράμετροι συγκόλλησης είδος ρεύματος, πολικότητα, παροχές, παροχή αερίου κ.α. ελέγχονται μέσω μικροεπεξεργαστών και επειδή η υψηλή συχνότητα είναι αναγκαία μόνο για την έναρξη του πιλοτικού τόξου επιτρέπει στο πλάσμα να χρησιμοποιείται σε περιβάλλον ποικίλου ηλεκτρονικού εξοπλισμού και μικροεπεξεργαστών

Μέταλλο		Πάχος (mm)	Τεχνική συγκόλλησης	
			keyhole	Λιώσιμο
Αλουμίνιο	πάνω	1,6	Δεν συνιστάται	Ar, He
	κάτω	1,6	He	He
Ανθρακούχος χάλυβας	πάνω	1,6	Δεν συνιστάται	Ar, 25% He -75% Ar
	κάτω	1,6	Ar, 75% He-25 Ar	Ar, 75% He -25% Ar
Χαμηλής περιεκτικότητας χάλυβες κραμάτων	πάνω	1,6	Δεν συνιστάται	Ar, He, Ar-H ₂ (1-5% H ₂)
	κάτω	1,6	75% He-25 Ar, Ar-H ₂ (1-5% H ₂)	Ar, He, Ar-H ₂ (1-5% H ₂)
Ανοξειδωτος χάλυβας		όλα	75% He-25 Ar, Ar-H ₂ (1-5% H ₂)	Ar, He, Ar-H ₂ (1-5% H ₂)
Χαλκός	πάνω	1,6	Δεν συνιστάται	25% He-75%Ar, 75% He -25% Ar, He
	κάτω	1,6	75% He-25 Ar, He	He
Κράματα Νικελίου		όλα	Ar, 75% He-25 Ar, Ar-H ₂ (1-5% H ₂)	Ar, He, Ar-H ₂ (1-5% H ₂)
Αντιδραστικά μέταλλα	πάνω	1,6	Ar, 75% He-25 Ar, He	Ar
	κάτω	1,6	Ar, 75% He-25 Ar, He	Ar, 75% He-25 Ar

Πίνακας 8.3

Μείγματα αερίων προστασίας

Η χρήση του κατάλληλου αερίου προστασίας για μία δεδομένη εφαρμογή είναι κρίσιμη, επειδή συμβάλει αρκετά στην τελική ποιότητα της συγκόλλησης. Στόχος των αερίων είναι να προστατεύουν τη συγκόλληση από την ατμόσφαιρα, δημιουργώντας γύρω από αυτήν ένα προστατευτικό περιβάλλον. Δηλαδή κάνουν ότι

και η επένδυση στα επενδυμένα ηλεκτρόδια. Οι παράμετροι που επηρεάζουν την επιλογή του αερίου προστασίας είναι οι παρακάτω:

- Η σύσταση του ηλεκτροδίου.
- Οι επιθυμητές μηχανικές ιδιότητες των προς σύνδεση υλικών.
- Η κατάσταση του υλικού, όπως βαθμός καθαρότητας, υπολείμματα ελαίου, ίχνη διάβρωσης κλπ.
- Η μορφή μεταφοράς υλικού εναπόθεσης.
- Η θέση συγκόλλησης.
- Το επιθυμητό προφίλ διείσδυσης.
- Η επιθυμητή τελική όψη ραφής. .
- Το κόστος.

Υπό την θερμότητα του τόξου, τα αδρανή αέρια συμπεριφέρονται με διαφορετικό τρόπο. Η ροή του ρεύματος στο τόξο και η τιμή του έχουν σημαντική επίδραση στην συμπεριφορά της τηγμένης σταγόνας. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ένα αέριο προστασίας αποδίδει τα βέλτιστα σε συγκεκριμένο τύπο μεταφοράς μετάλλου, ενώ για τους υπόλοιπους δεν έχει την ίδια απόδοση.

Προκειμένου να προσδιοριστούν οι ιδιότητες ενός αερίου προστασίας, πρέπει να καθοριστούν οι παρακάτω παράμετροι:

- Το δυναμικό ιονισμού του αερίου ή του μείγματος.
- Η θερμική αγωγιμότητα του αερίου ή του μείγματος.
- Η χημική αντιδραστικότητα του αερίου προστασίας με τον λουτρό συγκόλλησης.

Η επιλογή του κατάλληλου αερίου προστασίας, η παροχή που απαιτείται, καθώς και οι ιδιότητες τόσο των αδρανών όσο και των ενεργών αερίων έχουν αποτελέσει αντικείμενο εκτεταμένης έρευνας.

Εφαρμογές των προστατευτικών αερίων

Τα αέρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη M.I.G/M.A.G είναι τα παρακάτω:

- Αργό (Ar). Είναι το κλασικό αέριο για την εκτέλεση συνηθισμένων συγκολλήσεων. Είναι χημικά αδρανές, προστατεύει το μεταλλικό λουτρό από την επίδραση του αέρα, έχει χαμηλό δυναμικό ιονισμού και ευκολία στο άναμμα του τόξου. Χρησιμοποιείται στην M.I.G και στην T.I.G και σαν βάση στα περισσότερα μίγματα συγκόλλησης.
- Ήλιο (He). Είναι χημικά αδρανές, έχει ουδέτερη δράση στη μεταφορά χημικών στοιχείων από το υλικό εναπόθεσης στις ραφές και αυξάνει την ενέργεια και την ταχύτητα της συγκόλλησης. Χρησιμοποιείται σαν συστατικό μιγμάτων στην M.I.G και T.I.G και μόνο του σε μεθόδους για συγκόλληση ελαφρών κραμάτων με συνεχές ρεύμα.
- Υδρογόνο (H₂). Είναι ισχυρό αναγωγικό, έχει μεγάλη διείσδυση, καλή εμφάνιση ραφής και αυξάνει την ταχύτητα συγκόλλησης. Χρησιμοποιείται σαν συστατικό μίγμα για την προστασία των συγκολλήσεων από την αντίθετη πλευρά της ραφής κυρίως στις ραφές ρίζας (πρώτο πέρασμα συγκόλλησης).

- Οξυγόνο (O₂). Σταθεροποιεί το τόξο, βελτιώνει την αδιαβροχή, μειώνει τα πιτσιλίσματα, αυξάνει τη μεταφορά του μετάλλου με τη μέθοδο με ψεκάσμο και αυξάνει τη θερμοκρασία του μεταλλικού λουτρού με αποτέλεσμα τη μείωση του ιξώδους. Χρησιμοποιείται σε κοπή με Plasma και σαν συστατικό μιγμάτων συγκολλήσεων.
- Διοξείδιο του άνθρακα (CO₂). Έχει καλή διείδυση, αυξάνει το ιξώδες του λουτρού, δημιουργεί προβληματικό τόξο με πολλά πιτσιλίσματα. Χρησιμοποιείται μόνο του στη M.I.G και σαν συστατικό μιγμάτων.

Το καθένα από τα μείγματα έχει συγκεκριμένο συμβολισμό, όπως φαίνεται και στον πίνακα. 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 δε χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση χαλύβων με M.I.G/M.A.G.

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

- Στην T.I.G 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 T.I.G είτε για M.I.G, χρησιμοποιείται, επίσης, σχεδόν αποκλειστικά το Ar και σε μερικές εφαρμογές το μείγμα Ar με He.

Στις συγκολλήσεις ανοξειδωτων χαλύβων χρησιμοποιείται το Ar + 1-3% O (συνήθως όμως το O δεν υπερβαίνει το 2%). Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί Ar+3%CO .
 ■ Στις συγκολλήσεις M.I.G/M.A.G, των ανθρακούχων χαλύβων ή των ελαφρά κραματικών χαλύβων, όταν επιδιώκουμε να έχουμε βαθιά διείδυση, χρησιμοποιείται το CO₂. Για ομαλή συγκόλληση με πολύ σταθερό τόξο, με καλή εμφάνιση και με ελάχιστα πιτσιλίσματα, προτιμότερο είναι ένα μείγμα του Ar με 20-25% CO ή με 1-3% O . Δεν χρησιμοποιείται καθαρό Ar, επειδή η συγκόλληση αυτών των χαλύβων απαιτεί την παρουσία και κάποιας ποσότητας ενεργού αερίου.

Συμβολισμός των προστατευτικών αερίων		
ΑΕΡΙΟ	ISO - 14175	ISO - 14341
Ar	I1	-
He	I2	-
Ar + He	I3	-
U O N	C1	C
Ar + 1-3% O ₂	M13	A
Ar + 20- 25% CO ₂	M21	M

Πίνακας 8.4 Συμβολισμός Αερίων

Επιλογή αερίου βάση του υλικού και μεθόδου

Αδρανή και ενεργά αέρια και μίγματα αυτών είναι γενικά κατάλληλα για πλασματογενούς αέρια. Τα αέρια αυτά είναι σύμφωνα με την οδηγία ISO 14175 όσο αφορά τη καθαρότητα, την ακρίβεια ανάμιξης και τον ορισμό του. Αυτό το πρότυπο αναφέρεται σε αέριο προστασίας, αλλά η καθαρότητα και το ποσοστό των ανοχών είναι σημαντικό να κατανοηθούν. Τα αέρια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν είναι το Αργό, το Υδρογόνο, το Άζωτο, το Οξυγόνο, μίγμα των προηγούμενων και ατμοσφαιρικός αέρας. Κανένα πλασματογενές αέριο δεν είναι τέλειο. Για αυτό συχνά χρησιμοποιούνται μίγματά τους.

Πριν από τη χρήση οποιουδήποτε μίγματος αερίων, ο χρήστης πρέπει να ενημερωθεί κατά πόσο το μίγμα είναι κατάλληλο για το εξοπλισμό που διαθέτει. Μίγμα το οποίο δεν είναι κατάλληλο, μπορεί να οδηγήσει σε μείωση του χρόνου ζωής των αναλώσιμων εξαρτημάτων, να δημιουργήσει καταστροφές.

Αργό

Με όγκο της τάξεως 0,9325%, είναι το μόνο αδρανές αέριο που μπορεί να παραχθεί χρησιμοποιώντας τεχνολογία διαχωρισμού του αέρα. Ως αδρανές αέριο είναι χημικά ουδέτερο. Λόγω του υψηλού ατομικού βάρους (39,95) βοηθάει στην αποκόλληση του λιωμένου υλικού από τη κοπή μέσω της υψηλής πυκνότητας παλμού του τόξου που παράγεται. Με χαμηλή ενέργεια ιονισμού είναι πολύ εύκολο να παραχθεί πλασμαγενές αέριο. Κατά την έναυση του τόξου ενεργοποιείται η χρήση του πλασματογενούς αερίου. Λόγω της μικρής σχετικά θερμοαγωγιμότητας και ενθαλπίας του, δεν είναι ιδανικό και σαν συνέπεια προσδίδει ελάχιστα ποιοτικές τεχνικές επιφάνειες.

Υδρογόνο

Σε σύγκριση με το Αργό, το Υδρογόνο έχει πολύ χαμηλό ατομικό βάρος και παρουσιάζει σχετικά υψηλή θερμική αγωγιμότητα. Η πολύ μεγάλη θερμική αγωγιμότητα του είναι στα όρια της θερμοκρασίας διαχωρισμού και είναι αποτέλεσμα των διαδικασιών διαχωρισμού και επανασυνδυασμού. Ο διαχωρισμός του Υδρογόνου αρχίζει στους 2000 K και ολοκληρώνεται στους 6000 K. Πλήρης ιονισμός του Υδρογόνου επιτυγχάνεται σε θερμοκρασίες περίπου στους 25000 K. Επανασυνδυάζοντας και ιονίζοντας το δυατομικό Υδρογόνο αρχικά απορροφά μεγάλη ποσότητα ενέργειας από το τόξο. Αυτό οδηγεί στο περιορισμό του μεγέθους του κύματος του τόξου. Όταν το τόξο συναντά την επιφάνεια του μετάλλου βάσης, τα φορτισμένα σωματίδια επανασυνδυάζονται και απελευθερώνουν ενέργεια ως θερμότητα επανασυνδυασμού, που συνεισφέρει στην αύξηση της θερμοκρασίας του λιωμένου υλικού. Σε μέταλλα με παρουσία αλουμινίου και χρωμίου όταν χρησιμοποιείται υδρογόνο, ελαττώνεται η παραγωγή οξειδίων επιτρέποντας στο λιωμένο υλικό να είναι πιο ρευστό. Λόγω των παραπάνω φυσικών ιδιοτήτων που αναφέρθηκαν το υδρογόνο από μόνο του δεν θεωρείται ιδανικό ως μέσο για το plasma, όπως και το Αργό. Παρόλα αυτά εάν οι θερμικές του ιδιότητες συνδυαστούν με το υψηλό ατομικό βάρος του Αργό, το μίγμα που προκύπτει προσφέρει γρήγορη μεταφορά υψηλής κινητικής ενέργειας και αρκετή θερμική ενέργεια στο υλικό για να κοπεί.

Μείγμα Αργό – Υδρογόνο (Argoplas)

Αυτό το μίγμα χρησιμοποιείται συχνά για την κοπή κραμάτων σιδήρου και αλουμινίου. Ακόμα και όταν ένα πολύ μικρό ποσοστό υδρογόνου προστεθεί στο αργό εμφανίζεται σημαντική αύξηση στη ταχύτητα κοπής και στη ποιότητα των κομμένων ακμών. Επίσης έχει ως αποτέλεσμα τις ομαλές και ελεύθερες από οξειδία μεταλλικές ακμές. Το ποσοστό του υδρογόνου σε όγκο μπορεί να φτάσει το 35% και εξαρτάται από το πάχος του τεμαχίου. Σε περαιτέρω αύξηση του ποσοστού δεν εμφανίζεται παραπάνω αύξηση της ταχύτητας κοπής. Αντιθέτως σε ποσοστά άνω του 40% μπορεί να οδηγήσει σε ανομοιόμορφη κοπή των μεταλλικών επιφανειών και σχηματισμό ακαθαρσιών κυρίως στην κατώτερη ακμή του τεμαχίου.

Άζωτο

Σύμφωνα με τις φυσικές του ιδιότητες το άζωτο βρίσκεται μεταξύ αργού και υδρογόνου. Με ατομικό βάρος 14, το άζωτο είναι αρκετά μεγαλύτερο από το υδρογόνο αλλά είναι αρκετά μικρότερο από το αργό. Η θερμική αγωγιμότητα και η ενθαλπία βρίσκεται μεταξύ των δύο αερίων. Η συμπεριφορά του όμως πλησιάζει το υδρογόνο όσον αφορά την ικανότητα του να περιορίζει το τόξο και η διαδικασία επανασυνδυασμού του στην επιφάνεια του τεμαχίου να λιώνει το υλικό. Για αυτό το λόγο το άζωτο μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο ως πλασματογενές αέριο. Το άζωτο ως πλασματογενές αέριο επιτρέπει γρήγορη και χωρίς οξειδία κοπή τεμαχίων με λεπτό πάχος. Η κοπή σε αυτή την περίπτωση δεν είναι ποτέ εφικτή. Η γωνία που σχηματίζεται ανάμεσα στις πλευρές εξαρτάται από τον όγκο του αερίου και τη ταχύτητα κοπής. Η απορρόφηση του αζώτου στην επιφάνεια κοπής έχει μη επιθυμητά αποτελέσματα όσον αφορά την συγκολλησιμότητα και λόγω της υψηλής συγκέντρωσης στις κομμένες επιφάνειες είναι υπεύθυνη για την ύπαρξη πόρων στο λιωμένο μέταλλο.

Μείγμα Άζωτο -Υδρογόνο

Το μείγμα αυτό χρησιμοποιείται κυρίως για τη κοπή κραμάτων σιδήρων και αλουμινίου. Επιτρέπει κοπές με παράλληλες πλευρές σε σχετικά υψηλές ταχύτητες κοπής σε σχέση με το αργό. Η οξείδωση στις επιφάνειες κοπής είναι ελάχιστη σε αντίθεση με τη χρήση καθαρού αζώτου. Αυτά τα μίγματα, που αναφέρονται ως αέρια σχηματισμού, περιέχουν έως 20% υδρογόνο.

Μείγμα Αργό-Υδρογόνο-Άζωτο

Το μείγμα αυτό χρησιμοποιείται κυρίως για τη κοπή κραμάτων σιδήρων και αλουμινίου. Προσφέρει καλή ποιότητα κομμένων ακμών και παρουσιάζει λιγότερα προβλήματα με το σχηματισμό ακαθαρσιών σε αντίθεση με το μείγμα αργού με υδρογόνο. Τα πιο κοινά μίγματα σχηματίζονται με 50 έως 60% αργό και 40 έως 50% άζωτο και υδρογόνο. Το ποσοστό του αζώτου είναι συνήθως 30%. Το ποσοστό του υδρογόνου εξαρτάται από το πάχος του τεμαχίου. Όσο πιο παχύ το τεμάχιο, τόσο πιο πολύ υδρογόνο θα χρησιμοποιηθεί. Με τη προσθήκη του υδρογόνου το μείγμα αργού-αζώτου εμφανίζει λιγότερες κατεργασίες.

Οξυγόνο

Το οξυγόνο χρησιμοποιείται ως πλασμαγενές αέριο για τη κοπή χαλύβων με χαμηλή συγκέντρωση σιδήρου. Όταν το οξυγόνο αναμειγνύεται με το λιωμένο υλικό, το ιξώδες του ρευστού μειώνεται με αποτέλεσμα να γίνεται πιο ρευστό. Αυτό γενικά επιτρέπει ακμές καθαρές από ακαθαρσίες και ανώτερες ακμές που δεν έχουν στρογγυλοποιηθεί. Υψηλότερες ταχύτητες κοπής είναι δυνατό να επιτευχθούν σε αντίθεση με το άζωτο και τον αέρα. Το οξυγόνο ελαχιστοποιεί το κίνδυνο εμφάνισης πόρων κατά τη διάρκεια μεταγενέστερης συγκόλλησης. Λόγω της υψηλής ταχύτητας κοπής, το πλάτος της επηρεαζόμενης θερμικά ζώνης είναι πολύ μικρή και οι μηχανικές ιδιότητες του κομμένου υλικού δεν μειώνονται. Η υψηλή ταχύτητα κοπής είναι αποτέλεσμα της χημικής αντίδρασης του οξυγόνου με το μέταλλο βάσης.

Διοξείδιο του Άνθρακα

Το διοξείδιο του άνθρακα γενικά δεν χρησιμοποιείται ως πλασματογενές αέριο, χρησιμοποιείται σε σπάνιες περιπτώσεις ως δευτερεύων αέριο ως αέριο ψύξης και κυρίως ως συστατικό με μικρο ποσοστό των μειγμάτων στις μηχανές συγκόλλησης συμπεριλαμβανόμενου και του πλάσματος συγκόλλησης.

Ατμοσφαιρικός Αέρας

Ο ατμοσφαιρικός αέρας βασικά αποτελείται από 78,18% άζωτο και 20,8% οξυγόνο. Ο συνδυασμός αυτών των δύο αερίων προσφέρει ένα μείγμα αερίου με υψηλή ενέργεια. Ο αέρας χρησιμοποιείται ως πλασματογενές αέριο για τα περισσότερα υλικά και χρησιμοποιείται για τη κοπή με το χέρι. Στις περιπτώσεις κραματωμένων χαλύβων, ο αέρας ως πλασματογενές αέριο για τη κοπή μη κραματούχων χαλύβων έχει γενικά ως αποτέλεσμα κάθετες και ομαλές ακμές. Παρόλα αυτά ως αέριο κοπής, ο αέρας αυξάνει τη περιεκτικότητα σε άζωτο στη κατεργασμένη επιφάνεια. Εάν αυτή η επιφάνεια δεν κατεργαστεί μηχανικά πόροι θα σχηματιστούν κατά τη διάρκεια συγκόλλησης. Όταν κόβεται αλουμίνιο, οι κομμένες ακμές μπορεί να ξεθωριάσουν.

Νερό (ατμός)

Σε μία δεδομένη θερμοκρασία το νερό διασπάται στα στοιχεία που το αποτελούν υδρογόνο και οξυγόνο. Εάν προστεθεί επιπλέον ενέργεια το νερό διασπάται και ιονίζεται. Στη περίπτωση κοπής plasma με ψεκασμό νερού και κοπής plasma με ασπίδα νερού, ένα μέρος από το νερό χρησιμοποιείται για τη μεταφορά θερμότητας ενώ το υπόλοιπο μέρος βοηθάει στο περιορισμό του τόξου και τη ψύξη του ακροφυσίου

Στο πίνακα εμφανίζονται συνδυασμοί αερίων και η επίδραση τους στη ποιότητα των κομμένων ακμών.

Υλικό/Πάχος	Αέριο plasma	Δευτερεύων αέριο	Σχόλια
Χάλυβες κατασκευής 0,5 έως 8 mm	Οξυγόνο	Οξυγόνο Οξυγόνο/άζωτο Άζωτο	- Καθετότητα παρόμοια με laser -Ομαλές, χωρίς ακαθαρσίες ακμές
Χάλυβες κατασκευής 4 έως 50 mm	Οξυγόνο	Οξυγόνο/Άζωτο Αέρας Άζωτο	-Έως 25 mm καθετότητα παρόμοια με laser -Ομαλά κομμένες επιφάνειες -Χωρίς ακαθαρσίες έως τα 20 mm
Κράματα χάλυβα με υψηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο 1 έως 6 mm	Άζωτο	Άζωτο Άζωτο/Υδρογόνο	- Ομαλές, χωρίς ακαθαρσίες ακμές - Χαμηλή ανοχή καθετότητας
Κράματα χάλυβα με υψηλή περιεκτικότητα σε σίδηρο 5 έως 45 mm	Αργό Υδρογόνο Άζωτο	Άζωτο Άζωτο/Υδρογόνο	- Χαμηλή ανοχή καθετότητας - Χωρίς ακαθαρσίες έως τα 20 mm - Ομαλές ακμές
Αλουμίνιο 1 έως 6 mm	Αέρας	Άζωτο Άζωτο/Υδρογόνο	- Σχεδόν κάθετες κοπές - Ακμές χωρίς ακαθαρσίες - Κοκκώδη τραχύτητα
Αλουμίνιο 5 έως 40 mm	Αργό Υδρογόνο Άζωτο	Άζωτο Άζωτο/Υδρογόνο	- Σχεδόν κάθετες κοπές - Ακμές χωρίς ακαθαρσίες έως τα 20 mm - Κοκκώδη τραχύτητα

Πίνακας 8.5: Συνδυασμοί αερίων

Παροχή αερίου για μηχανές κοπής

Οι μηχανές κοπής με πλάσμα λειτουργούν με ένα ή πολλά διαφορετικά αέρια. Η απαιτούμενη πίεση εξαρτάται από το τύπο του εξοπλισμού που θα χρησιμοποιηθεί. Οι οδηγίες του κατασκευαστή πρέπει πάντα να λαμβάνονται υπόψη. Το αέριο μπορεί να τροφοδοτηθεί με διάφορους τρόπους, όπως σε κυλίνδρους, σε συστοιχία κυλίνδρων ή σε υγρή μορφή σε ειδικά δοχεία. Η μορφή στην οποία το απαιτούμενο αέριο θα παραδοθεί (αέρια ή υγρή μορφή) εξαρτάται από τη ποσότητα που θα χρειαστεί. Το ίδιο ισχύει και για το μέγεθος και το τύπο του αποθηκευτικού χώρου. Παρόλα αυτά κάποιοι παράγοντες πρέπει να ληφθούν υπόψη στο σχεδιασμό του συστήματος αερίου. Η ποσότητα του πλασματικού αερίου κυρίως αν όχι αποκλειστικά, εξαρτάται από τη διάμετρο ακροφυσίου, την πίεση του αερίου, την ένταση του ρεύματος κοπής και την παροχή του που κυμαίνεται από 20-100 lt/min. Ανάλογα με την εργασία που θα πραγματοποιηθεί, θα πρέπει με διάφορους χώρους αποθήκευσης, η λειτουργία του πλάσματος να τροφοδοτείται με επαρκή παροχή. Εάν και εφόσον ο όγκος του αερίου κυμαίνεται μεταξύ 200-300m³ την εβδομάδα η χρήση του έχει αέρια, διαφορετικά υγρή μορφή. Κάτω από συγκεκριμένη μορφή πίεσης, ανάλογα με την προς χρήση συσκευή πλάσματος, η λειτουργία του μέσο συγκεκριμένης διάταξης διακόπτεται. Συνήθως η πίεση αυτή είναι λίγο μεγαλύτερη των 6 bar. Στον πίνακα φαίνονται τα ποσοστά καθαρότητας διαφόρων αερίων που χρησιμοποιούνται στη κοπή πλάσματος.

Στη περίπτωση κατά την οποία γίνεται χρήση ατμοσφαιρικού αέρα ως πλασματογενές από αεροσυμπιεστή πρέπει να διατηρηθούν ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά του ατμοσφαιρικού αέρα διαφορετικά θα έχουμε μικρές ή μεγάλες φθορές κυρίως στη λαβίδα της συσκευής.

Οξυγόνο	Αργό	Υδρογόνο	Άζωτο	Αέρας
99,50%	99,995%	99,50%	99,999% για αέριο plasma 99,99% για δευτερεύον αέριο	Ξερός, ελεύθερο από σκόνη, λάδι και νερό, μέγιστο μέγεθος σωματιδίων 0,1 μm μέγιστη περιεκτικότητα λαδιού 0,1 mg/m ³ σύμφωνα με το πρότυπο ISO 8573

Πίνακας 8.6: Προδιαγραφές καθαρότητας για αέρια κοπής πλάσμα

Αδρανή αέρια προστασίας

Αργό (Ar) , ήλιο (He) και μείγματα αυτών χρησιμοποιούνται σε συγκολλήσεις μη σιδηρούχων κραμάτων αλλά και σε συγκολλήσεις ανθρακούχων και ανοξείδωτων χαλύβων. Πρόκειται για αδρανή αέρια που δεν αντιδρούν με το λουτρό συγκόλλησης. Προκειμένου ένα αέριο προστασίας να καταστεί αγωγίμο, δηλαδή πλάσμα, πρέπει να ιονιστεί. Διαφορετικά αέρια απαιτούν διαφορετικά ποσοστά ενέργειας για να ιονιστούν, δηλαδή έχουν διαφορετικές ενέργειες ιονισμού. Το αργό ιονίζεται ευκολότερα από το ήλιο, και γι' αυτό το λόγο επιτρέπει ευκολότερο άναμμα τόξου.

Η θερμική αγωγιμότητα, δηλαδή η ικανότητα ενός αερίου να μεταφέρει θερμική ενέργεια, είναι ο πιο σημαντικός παράγοντας για την επιλογή του κατάλληλου αερίου προστασίας.

Υψηλά επίπεδα θερμικής αγωγιμότητας οδηγούν σε μεταφορά μεγαλύτερου ποσοστού ενέργειας προς το βασικό μέταλλο. Η θερμική αγωγιμότητα επηρεάζει, επίσης, το σχήμα του τόξου και την θερμοκρασιακή κατανομή μέσα σε αυτό. Για το λόγο αυτό, το Η οδηγεί σε ραφές μεγαλύτερου πλάτους και μικρότερης διείσδυσης.

Από την άλλη πλευρά, αέρια μείγματα με Ar οδηγούν σε μακρόστενο προφίλ διείσδυσης. Το αργό υποστηρίζει την μεταφορά τηγμένου μετάλλου με σταγονίδια, ενώ η παρουσία του αυξάνει το ρυθμό μεταφοράς των σταγονιδίων. Κράματα νικελίου, χαλκού, αλουμινίου, τιτανίου και μαγνησίου χρησιμοποιούν 100% αργό. Ωστόσο, σε συγκολλήσεις ελασμάτων αλουμινίου με πάχος μεγαλύτερο από 25 mm, χρησιμοποιείται μείγμα Ar/He. Οι προσθήκες Η ενισχύουν τις αντιδιαβρωτικές ιδιότητες του βασικού μετάλλου. Ωστόσο, προκειμένου να εξασφαλιστεί σταθερότητα στο τόξο κατά την συγκόλληση, απαιτούνται υψηλότερες τάσεις. Με Ar η ενέργεια του τόξου δεν μεταδίδεται τόσο ομοιόμορφα όσο με Η, λόγω της χαμηλότερης θερμικής αγωγιμότητας του. Ως αποτέλεσμα, το

πλάσμα τόξου με προστασία Ar αποτελείται από πυρήνα υψηλής ενέργειας και από εξωτερικό μανδύα μικρότερης θερμικής ενέργειας.

Για τον λόγο αυτό, η αξονική μεταφορά των τηγμένων σταγόνων μετάλλου είναι αρκετά σταθερή. Η συγκόλληση αλουμινίου που πραγματοποιείται με αέρια προστασία Ar χαρακτηρίζεται από μικρό πλάτος και μεγάλη διείσδυση. Σε συγκολλήσεις όπου η προστασία εξασφαλίζεται με παροχή H, η ραφή έχει μεγαλύτερο πλάτος και η διείσδυση έχει παραβολική μορφή.

Ωστόσο σε σιδηρούχα κράματα, το H μπορεί να προκαλέσει εκτοξεύσεις μετάλλου, με προσθήκη O₂ (περίπου 3%) ή CO₂ (περίπου 9%). Οι ανθρακούχοι και μικροκραματωμένοι χάλυβες συνήθως συγκολλούνται με προστασία CO₂, αφού εξασφαλίζονται υψηλότερες ταχύτητες, μεγαλύτερη διείσδυση και μικρότερα κόστη. Επειδή, όμως, το CO₂ προκαλεί υψηλά επίπεδα εκτοξεύσεων, πρέπει να εφαρμόζεται σχετικά μικρή τάση κατά την συγκόλληση, προκειμένου να διατηρείται μικρού μήκους βυθισμένο τόξο και να ελαχιστοποιούνται οι εκτοξεύσεις. Δηλαδή, σε αυτή την περίπτωση, το άκρο του ηλεκτροδίου τοποθετείται κάτω από την επιφάνεια των προς συγκόλληση τεμαχίων.

Μέταλλο	Αέριο προστασίας
Αλουμίνιο	Αργό, για μικρά πάχη ως 25 mm Μίγμα 75% He, 25% Ar, για πάχη από 25 ως 76 mm. Μίγμα 90% He, 10% Ar, για πολύ μεγάλα πάχη
Μαλακός χάλυβας	Μίγμα Ar, 5% O ₂ Για μεταφορά με βύθιση Ar, 25% O ₂ , για πάχη μικρότερα από 3,2 mm, 3,2mm Ar, 50% CO ₂ για μεγαλύτερα πάχη, η σκέτο CO ₂ για μεγαλύτερη διείσδυση
Ανοξειδωτος χάλυβας	Μίγμα Ar με 1 - 2% O ₂ Για μεταφορά με βύθιση μίγμα 90% He, 7.5% Ar, 2.5% CO ₂

Πίνακας.8.7 Χρησιμοποιούμενα αέρια ανάλογα το μέταλλο συγκόλληση

Δραστικά αέρια προστασίας

Το οξυγόνο (O), το υδρογόνο (H), το άζωτο (N) και το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι ενεργά αέρια. Τα ενεργά αέρια αντιδρούν χημικά με το λουτρό συγκόλλησης προκειμένου να προκύψουν επιθυμητές ιδιότητες.

Το διοξείδιο του άνθρακα είναι αδρανές σε θερμοκρασία δωματίου. Στο πλάσμα του τόξου και στο λουτρό συγκόλλησης, όμως, είναι ενεργό. Η μεγάλη ενέργεια του πλάσματος και οι μεγάλες θερμοκρασίες το οδηγούν σε διάσπαση σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και σε οξυγόνο(O₂). Το ελεύθερο οξυγόνο ενώνεται με πυρίτιο, μαγγάνιο και σίδηρο προκειμένου να σχηματίσει αντίστοιχα οξειδία. Τα σχηματιζόμενα οξειδία, γνωστά και ως «νησίδες πυριτίου», αρχικά επιπλέουν στην επιφάνεια του λουτρού συγκόλλησης, έπειτα στερεοποιούνται σε «νησίδες» ή συγκεντρώνονται στην βάση της συγκόλλησης.

Μεγαλύτερα ποσοστά CO₂ αυξάνουν τα ποσοστά σκουριάς που σχηματίζονται στην επιφάνεια της συγκόλλησης. Μικρότερα ποσοστά CO₂ αυξάνουν το ποσοστό πυριτίου και μαγγανίου που διατηρούνται

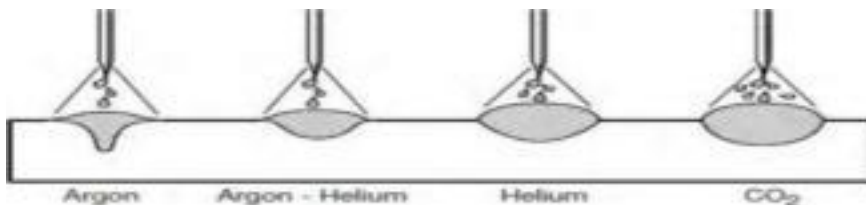
στην συγκόλληση. Συνεπώς, μικρότερα ποσοστά σε διμερές ή τριμερές αέριο μείγμα, αυξάνουν την τάση διαρροής και την μέγιστη αντοχή σε εφελκυσμό της συγκόλλησης.

Το οξυγόνο αντιδρά με τα συστατικά του λουτρού συγκόλλησης προκειμένου να σχηματίσει οξείδια. Μείγμα Ar με μικρές ποσότητες O₂ (1-5%), εξασφαλίζουν σταθερότητα στο τόξο και εξαιρετική όψη ραφής. Προσθήκες οξειδωτικών στοιχείων στο ηλεκτρόδιο, μπορούν να περιορίσουν τον βαθμό οξείδωσης του λουτρού συγκόλλησης.

Το υδρογόνο σε μικρά ποσοστά, 1-5%, προστίθεται στο αργό για προστασία ανοξειδωτων χαλύβων και κραμάτων νικελίου. Η μεγάλη θερμική του αγωγιμότητα οδηγεί σε αυξημένη ρευστότητα του λουτρού συγκόλλησης, διευκολύνοντας τη βάσης συγκόλλησης και την χρήση μεγαλύτερων ταχυτήτων.

Διμερή μείγματα αερίων προστασίας

Σε αυτό το μείγμα, το μεγαλύτερο ποσοστό σε ήλιο αυξάνει την θερμική αγωγιμότητα και ρευστότητα του λουτρού συγκόλλησης. Το προφίλ διείσδυσης χαρακτηρίζεται από μεγάλο πλάτος, ενώ παράλληλα εξασφαλίζεται πολύ καλή διαβροχή της βάσης συγκόλλησης από το μέταλλο συγκόλλησης. Ο Chang υποστηρίζει ότι η εναλλασσόμενη παροχή Ar , μπορεί να έχει θετικά αποτελέσματα στις συγκολλήσεις G.M.A.W (M.I.G) ,όπως περιορισμένη εμφάνιση πόρων και ρωγμών και βελτίωση της αντοχής στο αλουμίνιο, και ελάττωση των στρεβλώσεων στους ανοξειδωτους χάλυβες



Εικόνα 8.1 Όψη ραφής και προφίλ διείσδυσης για διάφορα αέρια προστασίας

Τριμερή μείγματα αερίων προστασίας

Τα τριμερή μείγματα χρησιμοποιούνται, συνήθως, σε κοινούς και ανοξειδωτους χάλυβες, και σπανιότερα, σε κράματα νικελίου. Σε μεταφορά με βραχυκύκλωση, προσθήκη 40% H σε μείγμα Ar ^O₂ οδηγεί σε ραφή με μεγαλύτερο πλάτος. Το ήλιο παρέχει μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα σε μεταφορά με βύθιση, όταν το μέταλλο βάσης είναι κοινός ή ανοξειδωτος χάλυβας.

Το μεγαλύτερο πλάτος ραφής και η καλύτερη τήξη στη βάση της συγκόλλησης, ελαχιστοποιούν τις πιθανότητες εμφάνισης σφαλμάτων λόγω ατελούς τήξης. Σε εφαρμογές ανοξειδωτων χαλύβων, τα τριμερή μείγματα είναι πολύ κοινά. Οι συνήθεις προσθήκες H σε μείγμα Ar με 2.5% CO₂ είναι περίπου 55-90%, για μεταφορά με βραχυκύκλωση. Με την σύσταση αυτή ελαττώνονται οι εκτοξεύσεις, βελτιώνεται η ρευστότητα του λουτρού συγκόλλησης και προκύπτει ραφή μικρότερης κυρτότητας. Παρακάτω παρουσιάζονται οι ιδιότητες του ηλίου (He) και του αργού

(Ar), των δύο ευγενών αερίων που χρησιμοποιούνται στις συγκολλήσεις M.I.G αλλά και οι ιδιότητες του αζώτου.

He	
Φυσική κατάσταση	Αέριο
Σημείο βρασμού	-268,93 °C
Σημείο τήξης	<-272,3 °C
Οριακή τιμή έκθεσης (Π.Δ. 90/1999)	-
Ανώτατη οριακή τιμή έκθεσης (Π.Δ 90/1999)	-
TLV-TWA (ACGHIH)	-
^{LC} 50	-
Οσμή, χρώμα	Άοσμο, Άχρωμο

Το ήλιο παράγεται με κλασματική απόσταξη του φυσικού αερίου στο οποίο βρίσκεται σε περιεκτικότητα 7% κ.ο.

Ar	
Φυσική κατάσταση	Αέριο
Σημείο βρασμού	-185,85 °C
Σημείο τήξης	-189,35 °C
Οριακή τιμή έκθεσης (Π.Δ. 90/1999)	-
Ανώτατη οριακή τιμή έκθεσης (Π.Δ 90/1999)	-
TLV-TWA (ACGHIH)	-
^{LC} 50	-
Οσμή, χρώμα	Άοσμο, Άχρωμο

Το αργό παράγεται με κλασματική απόσταξη του υγροποιημένου ατμοσφαιρικού αέρα στον οποίο βρίσκεται σε περιεκτικότητα 0,934% κ .ο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

Αυτοματοποίηση μηχανών πλάσματος

Δυνατότητες αυτοματοποίησης της μεθόδου

Ο αυτοματισμός εισήχθη στην τεχνική των συγκολλήσεων με σκοπό τη μείωση του κόστους, τη χρονική επιτάχυνση των εργασιών συγκόλλησης, την εξασφάλιση σταθερής ποιότητας, την καλύτερη εμφάνιση της ραφής και την βελτίωση των συνθηκών εργασίας.

Το πρώτο σύστημα αυτόματης διαδικασίας συγκόλλησης ήταν η S.A.W (βυθισμένου τόξου) και παρουσιάστηκε για πρώτη φορά το 1951. Όλα τα συστήματα S.A.W χρησιμοποιούν υλικό εναπόθεσης, μεγάλης διαμέτρου, που αρχίζει από 2 mm και φθάνει μέχρι και 6 mm, ενώ το συλλίπασμα πέφτει στο λουτρό της συγκόλλησης χύμα.

Ο αυτοματισμός στη συγκόλληση έχει κάνει μεγάλη πρόοδο και σήμερα χρησιμοποιούνται στις αυτόματες διαδικασίες και μηχανές ρομπότ. Η χρήση των ρομπότ στις συγκολλήσεις γίνεται σε εργασίες που εκτελούνται σε γραμμή παραγωγής σε εργασίες που δεν είναι δυνατόν να εκτελεστούν από άνθρωπο, όπως όταν υπάρχουν υψηλές θερμοκρασίες ή δημιουργούνται πολλοί σπινθήρες. Το σύστημα αποτελείται από τα ίδια μέρη που αποτελείται ένα συγκρότημα συγκόλλησης, με μόνη διαφορά ότι τη θέση του ανθρώπου την έχει πάρει μία μηχανή που προγραμματίζεται για να εκτελεί συγκεκριμένες κινήσεις.

Τα μέρη ενός ρομποτικού συστήματος είναι:

- Η μηχανή συγκόλλησης, (στις περισσότερες περιπτώσεις είναι και ακριβώς η ίδια με αυτή που χρησιμοποιείται στις συγκολλήσεις με το χέρι.)
- Τραπεζί εργασίας και μηχανισμοί συγκράτησης
- Το ρομπότ
- Ο πίνακας έλεγχου του ρομπότ
- Περιφερειακές βοηθητικές συσκευές

Στην αυτόματη συγκόλληση με Robot, όλη η διαδικασία ελέγχεται από τον πίνακα ελέγχου (controller) του robot. Ο σχεδιασμός του εξοπλισμού για μια τέτοιου είδους συγκόλληση είναι τελείως διαφορετικός από αυτή της χειροκίνητης συγκόλλησης.

Οι ταχύτητες συγκόλλησης είναι μεγαλύτερες, και η μηχανή συγκόλλησης είναι κατασκευασμένη έτσι ώστε να μπορεί να ανταπεξέλθει σε αυξημένες απαιτήσεις παραγωγής. Επίσης όλος ο υπόλοιπος εξοπλισμός θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να δεχθεί μέσω σειριακής επικοινωνίας όλες τις παραμέτρους συγκόλλησης από τον πίνακα ελέγχου του Robot. Για να πραγματοποιηθεί μια εφαρμογή ρομποτικής συγκόλλησης απαιτείται πρόσθετος εξειδικευμένος εξοπλισμός. Η μηχανή συγκόλλησης η οποία είναι η πηγή της ισχύος που χρειάζεται, και η λαβίδα συγκόλλησης, η οποία μεταφέρει το ρεύμα συγκόλλησης, το υλικό εναπόθεσης, το αέριο προστασίας και το υγρό ψύξης.

Το ακροφύσιο της λαβίδας, επειδή βρίσκεται πάντα κοντά στο σημείο συγκόλλησης, με τη συνεχή λειτουργία συσσωρεύει στην εσωτερική του πλευρά εκτινάξεις ρευστού μετάλλου (πιτσιλίσματα). Αυτό

καθιστά αναγκαία την τοποθέτηση ειδικού συστήματος για τον αυτόματο καθαρισμό. Επίσης ο σωστός σχεδιασμός του τροφοδοτικού του υλικού εναπόθεσης και η σωστή τοποθέτηση της λαβίδας εξασφαλίζει την ομαλή τροφοδοσία του υλικού εναπόθεσης και κατά συνέπεια την ομαλή λειτουργία του τόξου συγκόλλησης.

Οι περιφερειακές συσκευές συγκράτησης του αντικειμένου που συγκολλείται, εξασφαλίζουν την ακριβή του θέση επιβεβαιώνοντας την επαναληψιμότητα του συστήματος. Η παραγωγικότητα της εγκατάστασης μπορεί να αυξηθεί χρησιμοποιώντας περιφερειακές συσκευές που βοηθούν την εύκολη αντικατάσταση των εξαρτημάτων από τον χειριστή του συστήματος.

Τα ρομποτικά συστήματα απαιτούν εξοικειωμένους χειριστές οι οποίοι πρέπει να είναι πολύ καλοί συγκολλητές ώστε να είναι σε θέση να αντιλαμβάνονται την ποιότητα μιας συγκόλλησης. Πρέπει, όμως, προηγουμένως να εκπαιδευτούν στον προγραμματισμό τέτοιων συστημάτων, δηλαδή ουσιαστικά πρόκειται για συγκολλητές-προγραμματιστές. Επίσης, είναι αδύνατο να εκτελούνται όλων των ειδών οι συγκολλήσεις με ρομπότ. Συχνά τα ρομπότ κάνουν την εργασία μέχρι ενός σημείου και αυτή ολοκληρώνεται από κάποιο τεχνίτη με τα συμβατικά συστήματα συγκόλλησης.

Σε όλα γενικά τα αυτόματα συστήματα εφαρμόζονται οι συγκολλήσεις σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου. Τα συστήματα G.M.A.W (M.I.G) είναι τα πλέον συνηθισμένα, αλλά υπάρχουν και συστήματα που βασίζονται στην G.M.A.W (T.I.G), με τη μόνη διαφορά από την κλασική T.I.G ότι η τροφοδοσία του υλικού εναπόθεσης γίνεται υπό μορφή σύρματος.

Στην εικόνα φαίνεται ένα σύγχρονο ρομπότ. Αυτό μπορεί να εκτελέσει 6 διαφορετικές κινήσεις γύρω από άξονες και έτσι έχει 6 βαθμούς ελευθερίας. Στην περιοχή, όμως, που κινείται ένα τέτοιο ρομπότ, όταν αυτό είναι σε λειτουργία δεν επιτρέπεται να εισέλθει κάποιος, επειδή υπάρχει κίνδυνος να τραυματιστεί σοβαρά από κάποια κίνηση του ρομπότ γι' αυτό η περιοχή αυτή θα πρέπει να είναι περιφραγμένη.



Εικόνα 9.1. Ρομποτικοί βραχίονες συγκόλλησης με 6 βαθμούς ελευθερίας.

Ρεύμα σε αυτόματες μηχανές συγκόλλησης

Το ρεύμα στις αυτόματες μηχανές συγκόλλησης δεν είναι πάντα το ίδιο με τις ημιαυτόματες. Σε κανονικές συνθήκες η ισχύς που απαιτείται για την συγκόλληση είναι από 10V έως 35V και ρεύμα από 5 A έως 500 A. Κάθε εφαρμογή απαιτεί και διαφορετικές ρυθμίσεις.

Οι αυτόματες μηχανές απαιτούν πιο πολύπλοκα τροφοδοτικά από τις ημιαυτόματες. Το τροφοδοτικό σε μια αυτόματη μηχανή είναι έτσι σχεδιασμένο ώστε να μπορεί να παρέχει αξιόπιστα όλα τα στοιχεία που χρειάζεται για να λειτουργήσει η μηχανή.

Υπάρχουν τρεις τύποι μηχανών που διαχωρίζονται ανάλογα με τα στατικά χαρακτηριστικά της καμπύλης εξόδου τους:

- Οι σταθερής ισχύος (constant power-CP), είναι ο συμβατικός τύπος μηχανών ο οποίος χρησιμοποιήθηκε για πολλά χρόνια.
- Οι σταθερής τάσης (constant voltage-CV), είναι ο τύπος ο οποίος χρησιμοποιείται στις συγκόλλησης M.I.G/M.A.G.
- Οι μηχανές σταθερού ρεύματος (constant current-CC) οι οποίες χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση βολφραμίου και πλάσματος.

Λαβίδα συγκόλλησης αυτόματης μηχανής

Η λαβίδα συγκόλλησης χρησιμοποιείται σε ένα αυτόματο σύστημα συγκόλλησης για να κατευθύνει το υλικό εναπόθεσης στο τόξο, να μεταφέρει την ισχύ στο υλικό εναπόθεσης και το αέριο προστασίας. Υπάρχουν πολλοί τύποι λαβίδων, και η επιλογή εξαρτάται από τα δεδομένα της συγκόλλησης. Η λαβίδα συγκόλλησης προσαρμόζεται πάνω στον ρομποτικό βραχίονα μέσω ενός αυτόνομου συνδέσμου το οποίο χρησιμοποιείται και για να προστατέψει τον εξοπλισμό σε περίπτωση κρούσης από λάθος χειρισμό κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης. Αυτά τα μέτρα προστασίας είναι απαραίτητα αφού ένας μικρός τραυματισμός της λαβίδας μπορεί να προκαλέσει δυσκολία στην τροφοδοσία του υλικού εναπόθεσης, στην παροχή του ρεύματος για το τόξο καθώς και στην τροφοδοσία του προστατευτικού αερίου. Όλα αυτά συμβάλουν σημαντικά τόσο στην παραγωγικότητα όσο και στην ποιότητα της συγκόλλησης.

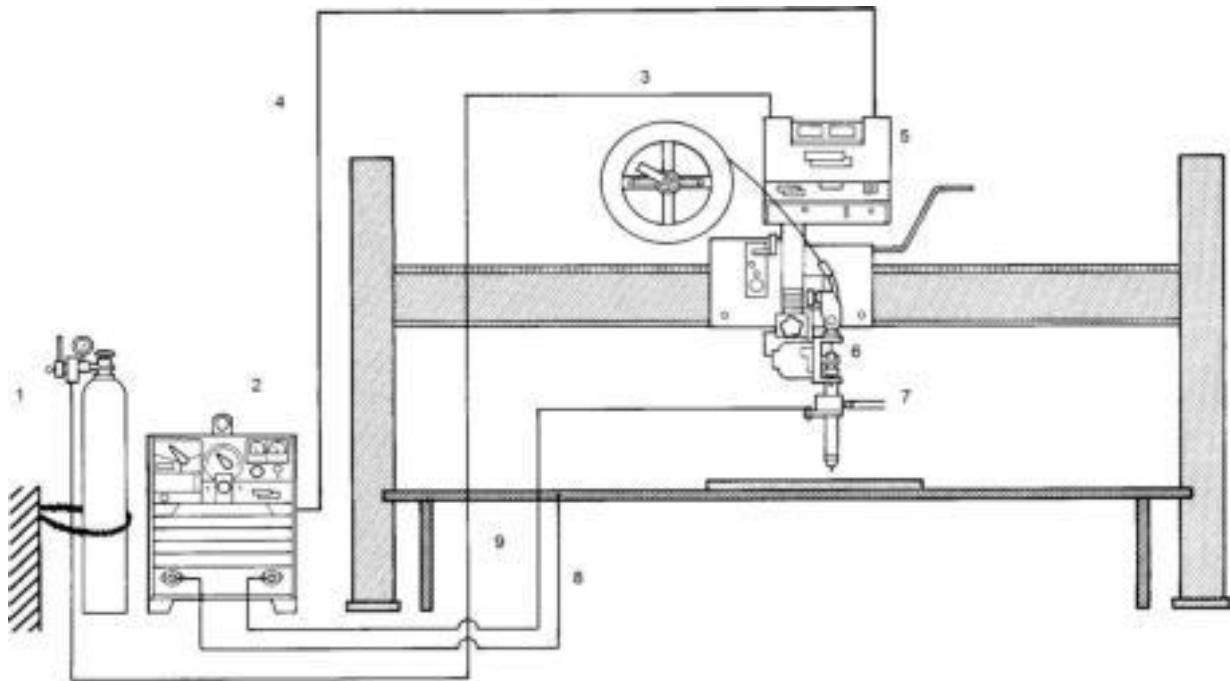
Αυτόματο καθαριστικό ρομπότ

Το ρομπότ κατά τη διάρκεια συγκόλλησης δουλεύει ασταμάτητα. Έτσι ο φλογοκρύπτης είναι ευάλωτος σε φράξιμο από τις επικαθίσεις με αποτέλεσμα τη μη ομαλή ροή του αερίου προστασίας και κατά συνέπεια τη δυσχέρεια της συγκόλλησης μετά από κάποιο χρονικό διάστημα. Για να αποφευχθεί αυτό τοποθετείται κοντά στο ρομπότ ένα σύστημα αυτομάτου καθαρισμού της λαβίδας(εικόνα 8.2). Έτσι το ρομπότ με μια συχνότητα την οποία καθορίζουμε από το πρόγραμμα, πηγαίνει στο καθαριστικό, καθαρίζει τον φλογοκρύπτη και τον ψεκάζει με σπρέι. Έτσι εξασφαλίζεται η καλή συντήρηση του ακροφυσίου και η αδιάκοπη λειτουργία του μηχανήματος.



Εικόνα 9.2 Αυτόματο καθαριστικό ρομπότ

Στην εικόνα 8.3 φαίνεται μια αυτόματη μηχανή συγκόλλησης με κίνηση μόνο στους δυο άξονες.



Εικόνα 9.3 Αυτοποιημένη μέθοδος συγκόλλησης M.I.G.-M.A.G.

Τα μέρη από τα οποία αποτελείται η μηχανή συγκόλλησης της εικόνας 5.6 είναι τα εξής:

1. Φιάλη προστατευτικού αερίου
2. Μονάδα τροφοδοσίας
3. Σωλήνα τροφοδοσίας αερίου
4. Κεντρικό καλώδιο έλεγχου λειτουργιών
5. Μονάδα έλεγχου
6. Μηχανισμός τροφοδοσίας υλικού εναπόθεσης
7. Είσοδος υγρού ψύξης
8. Βασικό καλώδιο λειτουργίας I
9. Βασικό καλώδιο λειτουργίας II

Όλα τα αυτόματα μηχανήματα συγκόλλησης είτε αυτά είναι ρομπότ είτε απλά αυτόματες μηχανές συγκόλλησης διαθέτουν αισθητήρες για να μπορούν να λειτουργούν με ασφάλεια και να μπορούν να κάνουν τις απαραίτητες διορθωτικές κινήσεις. Οι αισθητήρες αυτοί μπορούν να γνωρίζουν οποιαδήποτε στιγμή τι συμβαίνει κατά την επαφή με το μέταλλο. Επίσης εκτός από τους αισθητήρες "ασφαλείας" υπάρχουν και οπτικοί αισθητήρες οι οποίοι μεταφέρουν εικόνα στον χειριστή και έτσι μπορεί κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης να δώσει κάποιες εντολές στην μηχανή (ρομπότ).

Με ένα σύστημα αυτόματης συγκόλλησης έχουμε την δυνατότητα για:

- Μεγάλη ακρίβεια συγκόλλησης
- Επαναληψιμότητα
- Ευελιξία
- Αυτοματοποίηση της παραγωγής
- Καλύτερη ποιότητα παραγωγής
- Ποιότητα σε ειδικές συγκολλήσεις
- Αύξηση της παραγωγικότητας
- Ασφάλεια
- Οικονομία

Όλα αυτά παραπάνω συμβάλουν στην παραγωγή ποιοτικών προϊόντων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο

Έλεγχος συγκολλήσεων

Ο έλεγχος των συγκολλήσεων είναι απαραίτητος προκειμένου να διαπιστωθεί αν η συγκόλληση έχει την απαιτούμενη μηχανική αντοχή. Ο έλεγχος αυτός μπορεί να γίνει με μεθόδους μη καταστροφικού ελέγχου, όπου εξετάζεται το δοκίμιο ή η ραφή χωρίς όμως να καταστραφεί, και με μεθόδους, όπου υποβάλλονται έτοιμα προϊόντα σε ανάλογες φορτίσεις, με αποτέλεσμα την καταστροφή τους μετά τον έλεγχο.

Μη καταστροφικές μέθοδοι

Οι δοκιμές αυτές δεν καταστρέφουν το υπό εξέταση αντικείμενο και είναι ευρέως χρησιμοποιούμενες, ιδιαίτερα ο έλεγχος με ακτίνες X και γ. Αναλυτικά παρακάτω φαίνονται οι μη καταστροφικές μέθοδοι ελέγχου των συγκολλήσεων :

- **Μηχανικός έλεγχος** : Τα δοκίμια υποβάλλονται σε καταπονήσεις μεγαλύτερες από τις συνθήκες λειτουργίας τους και ελέγχεται η αντοχή τους.
- **Οπτικός Έλεγχος** : Ελέγχονται με το μάτι ή με όργανα το πάχος της ραφής μίας συγκόλλησης, τυχόν ρωγμές κ.λπ..
- **Έλεγχος με ηλεκτρική αγωγιμότητα** : Βασίζεται στη διακύμανση της ηλεκτρικής αγωγιμότητας λόγω σφαλμάτων στη συγκόλληση. Είναι σχετικά αναξιόπιστη μεθοδολογία.
- **Έλεγχος με φθορισμό** : Αλείφεται η ραφή της συγκόλλησης με θειούχο ψευδάργυρο, που είναι φθορίζον υλικό, και στη συνέχεια, αφού σκουπιστεί η επιφάνεια, φωτίζεται και έτσι μπορεί να παρατηρηθούν ρωγμές, πόροι κ.λπ, στα οποία ο θειούχος ψευδάργυρος παραμένει και λάμπει.
- **Μαγνητικός έλεγχος** : Τοποθετούνται χαλύβδινα κομμάτια σε μαγνητικό πεδίο και από τη συνέχεια των μαγνητικών γραμμών φαίνεται αν υπάρχει ή όχι ανωμαλία στη συγκόλληση.
- **Έλεγχος με υπερήχους** : Μία δέσμη υπερήχων προσπίπτει στην ραφή της συγκόλλησης και ανακλάται. Σε περίπτωση που υπάρχει εσωτερικά στη ραφή κάποιο ελάττωμα, αυτό εντοπίζεται, επειδή η ανάκλαση του υπερήχου διακόπτεται και δεν είναι συνεχής. Η μέθοδος αυτή είναι από τις πιο αξιόπιστες αλλά απαιτεί ειδική προετοιμασία.
- **Έλεγχος με ακτίνες X** : Τα ελαττώματα της συγκόλλησης μεταφράζονται σε σκιές πάνω σε φιλμ μετά από προσβολή από ακτίνες X.
- **Έλεγχος με ακτίνες γ** : Οι ακτίνες γ έχουν πολύ μεγαλύτερη διεισδυτική ικανότητα από τις αντίστοιχες ακτίνες X. Σε αυτή την περίπτωση επίσης τα ελαττώματα της συγκόλλησης μεταφράζονται σε σκιές πάνω σε φιλμ μετά από προσβολή από ακτίνες γ.

Καταστροφικές δοκιμές

Οι καταστροφικές δοκιμές έχουν αποτέλεσμα την καταστροφή του συγκολλητού αντικειμένου. Έτσι, για παράδειγμα, ο έλεγχος της αντοχής ενός συγκολλητού δοχείου πίεσης γίνεται με υδραυλική πίεση μέχρι την

καταστροφή του δοχείου. Αν η καταστροφή προέλθει από θραύση των τοιχωμάτων του, εκτός της περιοχής της συγκόλλησης, τότε η συγκόλληση είναι ικανοποιητική. Αντίστοιχες δοκιμές γίνονται και σε τμήματα ενός συγκολλητού αντικειμένου. Οι κυριότερες δοκιμές που μπορεί να γίνουν σε δοκίμια συγκολλητού αντικειμένου είναι η δοκιμή εφελκυσμού, κρούσης, λυγισμού και σκληρότητας. Οι δοκιμές αυτές δε διαφέρουν από τις αντίστοιχες κλασικές δοκιμές μηχανικής αντοχής.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο

Προστασία από τις εφαρμογές πλάσματος

Προστασία από τις συγκολλήσεις

Όπως σε όλες τις εργασίες, πολλοί είναι οι κίνδυνοι που παρουσιάζονται και κατά τη διάρκεια της εργασίας. Κάποιοι από τους κινδύνους αυτούς είναι οι εξής:

Ηλεκτρικό ρεύμα

Ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας υφίσταται καθ' όλη τη διαδικασία της συγκόλλησης, αλλά όχι μόνο τότε και όχι μόνο εξ αιτίας αυτής. Οι σημαντικότερες πηγές κινδύνου κατά τις εργασίες είναι:

- Το πρωτεύον και δευτερεύον κύκλωμα συγκόλλησης.
- Οι μηχανές παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος .
- Τα ηλεκτρικά ή τα ηλεκτρονικά όργανα.
- Οι μόνιμες καλωδιώσεις.
- Διάφορα ηλεκτρικά εργαλεία χειρός που μπορεί να χρησιμοποιηθούν από τον συγκολλητή (π.χ. τροχοί).
- Μπαλαντέζες φωτισμού.
- Λοιπές καλωδιώσεις διαφόρων εργαλείων και μηχανημάτων.

Η ηλεκτροπληξία συμβαίνει όταν το ανθρώπινο σώμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα, δηλαδή όταν το ανθρώπινο σώμα παρεμβάλλεται μεταξύ δύο σημείων με διαφορά δυναμικού. Πρέπει να διευκρινιστεί ότι αυτό και μόνο αρκεί και δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει επαφή με τα σημεία αυτά. Για παράδειγμα αρκεί ένας άνθρωπος να πλησιάσει αρκετά κοντά σε ρευματοφόρους αγωγούς υψηλής τάσης ούτως ώστε να κεραυνοβοληθεί.

Η απόσταση την οποία μπορεί να καλύψει το ηλεκτρικό ρεύμα ανάμεσα σε δύο σημεία που δε βρίσκονται σε επαφή, δημιουργώντας ηλεκτρικό τόξο ονομάζεται κρίσιμη απόσταση. Αυτή η απόσταση μπορεί να είναι και μερικά μέτρα όταν πρόκειται για ρευματοφόρους αγωγούς υψηλής τάσης.

Τα ηλεκτρικά ατυχήματα υποδιαιρούνται σε τρεις κατηγορίες:

- Ηλεκτρικά ατυχήματα λόγω άμεσης επίδρασης του ηλεκτρικού ρεύματος στο ανθρώπινο σώμα.
- Ηλεκτρικά ατυχήματα λόγω υψηλής εκλυόμενης θερμικής ενέργειας από ηλεκτρικό τόξο, πρόκληση εγκαυμάτων.
- Δευτερεύοντα ατυχήματα από ασθενή συνήθως ηλεκτρικά ρεύματα που μπορούν να προκαλέσουν ακούσιες κινήσεις με αποτέλεσμα π.χ. πτώση ολίσθηση λόγω ξαφνιάσματος.

Προκύπτει ότι οι κίνδυνοι για την ασφάλεια των εργαζομένων από το ηλεκτρικό ρεύμα ποικίλουν και επομένως πρέπει να υπάρχει ειδική μέριμνα για κάθε έναν από αυτούς. Η ηλεκτροπληξία μπορεί να προκληθεί με τους παρακάτω τρόπους:

■ Άμεση επαφή με ηλεκτροφόρο αγωγό, όπως:

- Εναέριες γραμμές μεταφοράς ρεύματος μέσα σε βιομηχανικούς χώρους
- Μονάδες μετασχηματιστών υψηλής τάσης
- Ηλεκτρικό σύστημα που έχει απομονωθεί για επισκευή ή συντήρηση και τίθεται σε λειτουργία κατά λάθος από μη αρμόδιο άτομο
- Πρωτεύων και δευτερεύων κύκλωμα συγκόλλησης
- Επαφή με ρευματοφόρο καλώδιο που έχει υποστεί φθορά.

Σημαντικό ρόλο στη φθορά των αγωγών παίζουν παράγοντες όπως:

- **Υπερθέρμανση:** η ροή ρεύματος πάντα ανεβάζει τη θερμοκρασία, ακόμη και σε συμβατές θερμοκρασίες δημιουργείται σταδιακή φθορά και αποσύνθεση ορισμένων πολυμερών.
- **Υγρασία περιβάλλοντος:** η υγρασία δημιουργεί διαδρόμους για το ρεύμα και η προκαλούμενη φθορά εξαρτάται από την απορροφητικότητα και την υφή του υλικού της μόνωσης.
- **Βιολογικοί παράγοντες:** μερικά μονωτικά είναι θρεπτικά για ζώντες οργανισμούς όπως αρουραίοι, άλλα τρωκτικά, έντομα που τρώνε οργανικά υλικά μόνωσης κόβοντας ή αδυνατίζοντας τα.
- Επαφή με ηλεκτρική συσκευή που έχει βλάβη με αποτέλεσμα τη δημιουργία βραχυκυκλώματος.
- Εκφόρτιση στατικού ηλεκτρισμού.

Πυρκαγιάς κατά την ηλεκτροσυγκόλληση

Σε οποιαδήποτε θερμή εργασία όπως είναι η συγκόλληση M.I.G-M.A.G ο κίνδυνος πυρκαγιάς είναι αρκετά μεγάλος. Κατά την εργασία του ηλεκτροσυγκολλητή παράγονται αρκετές και σημαντικές πηγές ανάφλεξης, ενώ αυτή λαμβάνει χώρα σε αρκετές περιπτώσεις κοντά ή μέσα σε χώρους που προηγουμένως είχαν χρησιμοποιηθεί για την αποθήκευση καυσίμων και γενικά εύφλεκτων υλών (π.χ. κύτη πλοίων). Είναι επίσης σύνηθες να γίνονται εργασίες συγκολλήσεων σε βιομηχανικούς χώρους κοντά σε δεξαμενές καυσίμων ή σε σημεία αποθήκευσης εύφλεκτων ουσιών.

Η κύρια πηγή ανάφλεξης που δημιουργείται κατά την ηλεκτροσυγκόλληση είναι το βολταϊκό τόξο. Ανάλογα με την ένταση του ρεύματος που χρησιμοποιείται η θερμοκρασία του μπορεί να είναι από 6000 έως 8000 °C, μια θερμοκρασία αρκετά υψηλή - σημαντικά υψηλότερη από το σημείο τήξης και από το σημείο ανάφλεξης αρκετών ουσιών. Το γεγονός αυτό μπορεί να μετριάζεται από την ύπαρξη προστατευτικού αερίου, αλλά σε αμελητέο βαθμό.

Σημαντική πηγή ανάφλεξης, ίσως σημαντικότερη και από το βολταϊκό τόξο είναι τα σταγονίδια τηγμένου μετάλλου που διασκορπίζονται κατά τη συγκόλληση. Αυτά έχουν θερμοκρασία αρκετών χιλιάδων °C και μπορούν να διασκορπιστούν σε απόσταση αρκετών μέτρων. Το γεγονός αυτό κάνει τα σταγονίδια πολύ

επικίνδυνη πηγή ανάφλεξης μιας και μπορεί να φτάσουν σε σημεία που δεν έχουν ληφθεί κατάλληλα μέτρα ή σε σημεία που δεν υπάρχει πρόβλεψη να ελέγχονται για την προστασία από πυρκαγιά. Επίσης είναι δυνατόν να φτάσουν σε σημεία που να μη φαίνεται με την πρώτη ματιά τυχόν ανάφλεξη.

Σπινθήρες και πυρακτωμένα σωματίδια παράγονται επίσης και κατά την εκτέλεση βοηθητικών εργασιών από τον ηλεκτροσυγκολλητή, όπως το τρόχισμα ή το ματσακόνισμα. Και εδώ τα σωματίδια αυτά μπορούν να διασκορπιστούν σε μεγάλη απόσταση και να αποτελέσουν σοβαρή πηγή κινδύνου για πυρκαγιά, όπως επίσης και σπινθήρες που μπορεί να δημιουργηθούν κατά το ματσακόνισμα.

Ο χώρος, επίσης, που γίνονται οι εργασίες ενδέχεται να έχει υπολείμματα εύφλεκτων, οξειδωτικών και άλλων επικίνδυνων ουσιών. Ιδιαίτερα σε κλειστούς και περιορισμένους χώρους το πρόβλημα γίνεται πιο έντονο, καθώς μπορεί αρκετά εύκολα να συσσωρευτούν αναθυμιάσεις των ουσιών αυτών σε επικίνδυνες συγκεντρώσεις. Εξίσου επικίνδυνη μπορεί να είναι και η υπερβολική συγκέντρωση οξυγόνου σε ένα χώρο, μιας και σε τέτοια περίπτωση διευκολύνεται σε πολύ μεγάλο βαθμό η ανάφλεξη και η διάδοση της φωτιάς. Ο περιβάλλον χώρος μπορεί να περιέχει πηγές κινδύνου πυρκαγιάς. Ακόμα κι αν στο χώρο που εκτελούνται οι εργασίες έχουν απομακρυνθεί ή εξουδετερωθεί ενδεχόμενες εστίες φωτιάς, σε κάποιο γειτονικό οίκημα, αποθήκη κ.λ.π. μπορεί να υπάρχουν εύφλεκτες ύλες και γενικά επικίνδυνα σημεία τα οποία να μην έχουν ληφθεί υπ' όψιν κατά τη λήψη μέτρων προστασίας. Ένας χώρος στάθμευσης οχημάτων, μια δεξαμενή καυσίμου, χώροι αποθήκευσης χρωμάτων κ.α. υπάρχει σοβαρή πιθανότητα να αποτελέσουν εστίες πυρκαγιάς, ακόμα και αν οι εργασίες γίνονται σε απόσταση, αν δε ληφθούν κατάλληλα μέτρα.

Τέλος, ένας κίνδυνος που παραγνωρίζεται είναι το ίδιο το σώμα του εργαζομένου μιας και μπορεί να κρύβει πηγές κινδύνου. Τα ρούχα του, τα παπούτσια του και γενικά όλος ο εξοπλισμός που φέρει μπορεί να είναι ακάθαρτος, να έχει λερωθεί με χρώματα, διαλυτικά και γενικά εύφλεκτες ουσίες. Σε τέτοια περίπτωση ένας σπινθήρας ή ένα εκτοξευόμενο σταγονίδιο κατά την εργασία του μπορεί να έχει ολέθρια αποτελέσματα. Για τους λόγους αυτούς θα ήταν σωστό πριν ξεκινήσει οποιαδήποτε εργασία συγκόλλησης να έχει δοθεί άδεια από τον επιβλέποντα μηχανικό ο οποίος θα έχει ελέγξει πριν όλες αυτές τις προϋποθέσεις για την ασφαλή εκκίνηση της εργασίας.

Προληπτικά μέτρα κατά την χρήση μηχανών συγκόλλησης

Η ηλεκτροσυγκόλληση είναι μια θερμή εργασία, επομένως όποτε εκτελείται πρέπει να εφαρμόζεται η Πυροσβεστική Διάταξη υπ' αριθ. 7.

Οι εργασίες σύμφωνα με την παραπάνω διάταξη επιτρέπονται μόνο αν εκδοθεί ειδική άδεια και ληφθούν τα προβλεπόμενα προληπτικά μέτρα. Η άδεια εκδίδεται από τον υπεύθυνο πυρασφαλείας του κτιρίου ή της επιχείρησης, όπως αυτός έχει οριστεί από το νόμο. Η ισχύς της είναι 24ωρη κατά μέγιστο και διασφαλίζει ότι:

- ο χώρος στον οποίο θα εκτελεστούν οι εργασίες έχει καθοριστεί επαρκώς
- έχουν εξασφαλιστεί οι προϋποθέσεις για την ασφαλή εκτέλεση των εργασιών και τηρούνται τα προληπτικά μέτρα

- ο χώρος επιτηρείται για μία τουλάχιστον ώρα μετά το τέλος των εργασιών.

Τα προληπτικά μέτρα που πρέπει να τηρούνται είναι τα παρακάτω:

- Σε ακτίνα 10 μέτρων από το σημείο που θα εκτελεστεί η συγκόλληση θα πρέπει να απομακρύνονται όλα τα εύφλεκτα αντικείμενα. Προσοχή πρέπει να δοθεί στα αντικείμενα που βρίσκονται σε διπλανούς χώρους αν υπάρχουν ανοίγματα σε τοίχους και δάπεδα. Η παραπάνω απόσταση μπορεί και να αυξηθεί ανάλογα με τις συνθήκες εργασίας.
- Τα δομικά στοιχεία, οι εγκαταστάσεις και τα εξαρτήματα που είναι εύφλεκτα θα πρέπει να καλύπτονται με πυρίμαχα καλύμματα, ούτως ώστε να μη φτάνουν σε αυτά φλόγες, σπινθήρες, καυτά αέρια και θερμότητα γενικά. Επίσης θα πρέπει να καλύπτονται αντικείμενα που δεν είναι δυνατό να μετακινηθούν.
- Τα ανοίγματα σε οροφές, δάπεδα και τοίχους από όπου περνούν σωληνώσεις, καλώδια και παρόμοιες εγκαταστάσεις καθώς και διάφορες ρωγμές και σχισμές θα πρέπει να καλύπτονται με ασφαλή τρόπο ή να σφραγίζονται.
- Θα πρέπει οι εργασίες να επιτηρούνται από ειδικό προσωπικό πυρόσβεσης, στο οποίο να διατίθενται τα κατάλληλα πυροσβεστικά μέσα.
- Μετά το τέλος της εργασίας ο χώρος πρέπει να ελέγχεται για τυχόν μικροεστίες ή σημεία υπερθέρμανσης που μπορεί να υποβόσκουν και σε γειτονικούς χώρους και να επιτηρείται για τουλάχιστον μία ώρα.

Φιάλες αερίων υπό πίεση

Τα συμπιεσμένα αέρια σε φιάλες χρησιμοποιούνται ευρύτατα στη βιομηχανία. Κατά τις συγκολλήσεις τα αέρια προστασίας αποθηκεύονται, μεταφέρονται και χρησιμοποιούνται γενικά σε φιάλες.

Από τον I.L.O συμπιεσμένα αέρια θεωρούνται αυτά που έχουν μανομετρική πίεση πάνω από 1,47 bar και υγρά με πίεση ατμών πάνω από 2,94 bar. Οι φιάλες μπορεί να περιέχουν εύφλεκτα, οξειδωτικά ή εκρηκτικά αέρια τα χαρακτηριστικά των οποίων επιδεινώνονται από το γεγονός ότι βρίσκονται σε υψηλή πίεση,

επομένως χρειάζεται ακόμα μεγαλύτερη προσοχή κατά τη χρήση τους. Οι φιάλες αυτές είναι κατασκευασμένες έτσι ώστε να μπορούν να αντεπεξέλθουν στις απαιτήσεις της εργασίας για την οποία προορίζονται (υλικό κατασκευής, διαστασιολόγηση κ.α.). Παρ' όλα αυτά όμως σοβαρά ατυχήματα μπορούν να συμβούν λόγω πλημμελούς χρήσης ή διαφορετικής από αυτήν για την οποία προορίζονται.

Οι κύριοι κίνδυνοι κατά τη χρήση συμπιεσμένων αερίων σε φιάλες προκύπτουν από την υψηλή πίεση τους και από τις ιδιότητές τους (εύφλεκτα ή και τοξικά αέρια). Το πρώτο και κύριο που πρέπει να διασφαλίζεται είναι ότι τα αέρια και οι φιάλες αυτές θα χρησιμοποιούνται μόνο για το σκοπό που έχουν παραχθεί. Ο υπόλοιπος εξοπλισμός (εύκαμπτοι αγωγοί, ρυθμιστές πίεσης κλπ) πρέπει να βρίσκεται σε καλή κατάσταση και να ελέγχεται τακτικά. Όπου χρειάζεται πρέπει να χρησιμοποιούνται

αντεπίστροφες βαλβίδες οι οποίες να ελέγχονται τακτικά και να αποφεύγονται οι πολύπλοκες συνδέσεις.

Τέλος κατά τη χρήση τους θα πρέπει να ελέγχεται η κατεύθυνση του ρεύματος του αερίου ειδικά αν αυτό έχει μεγάλη ταχύτητα (πράγμα που στις συγκολλήσεις μπορεί να συμβεί μόνο μετά από αστοχία τις φιάλης ή του ρυθμιστή πίεσης). Σωματίδια που έχουν παρασυρθεί από το ρεύμα μπορεί να γίνουν επικίνδυνα, ενώ αν αέριο μεγάλης ταχύτητας πέσει πάνω σε ανοιχτή πληγή από την οποία μπορεί να εισέλθει στην κυκλοφορία του αίματος ή στους ιστούς έχει μεγάλη πιθανότητα να αποβεί μοιραίο.

Η σήμανση των φιαλών πρέπει να ακολουθεί τους κανόνες τις ισχύουσας πρακτικής και νομοθεσίας σε κάθε χώρα, ούτως ώστε να είναι γνωστό στο χρήστη ακριβώς ποιο αέριο περιέχει η κάθε φιάλη αλλά και διάφορα άλλα στοιχεία. Η χρήση ενός αερίου στη θέση κάποιου άλλου κατά λάθος μπορεί να προκαλέσει πολύ σοβαρά ατυχήματα. Το ίδιο μπορεί να συμβεί και στην περίπτωση που σε μία φιάλη που περιείχε μια ουσία εισαχθεί μια άλλη χωρίς προηγουμένως να γίνουν οι απαραίτητες εργασίες καθαρισμού και επανακαθορισμού της σήμανσής της.

Η ουσία που περιέχεται σε μία φιάλη είναι συνήθως γνωστή από το χρώμα της φιάλης, το οποίο ακολουθεί συγκεκριμένη κωδικοποίηση. Όμως επειδή αυτό μπορεί να μην ισχύει παγκοσμίως ο ασφαλέστερος τρόπος να γνωρίζει το άτομο που πρόκειται να χρησιμοποιήσει τη φιάλη είναι τα έγγραφα που τη συνοδεύουν. Το ίδιο συμβαίνει και με τους εύκαμπτους αγωγούς, δηλαδή κατά τη συνήθη πρακτική είναι χρωματισμένοι ανάλογα με το αέριο που μεταφέρουν. Βάσει νομοθεσίας καθορίζεται επίσης και η υπόλοιπη σήμανση της φιάλης.

Σύμφωνα με την ευρωπαϊκή νομοθεσία με την οποία εναρμονίζεται και η ελληνική σε κάθε φιάλη πρέπει να αναγράφονται τα εξής:

- Η χώρα στην οποία κατασκευάστηκε, το σήμα του κατασκευαστή
- Ο αριθμός παρτίδας,
- Ο κωδικός που δείχνει το ότι πέρασε από τους απαιτούμενους ελέγχους μηχανικής αντοχής και αντοχής σε διάβρωση, η αντοχή του υλικού της φιάλης σε εφελκυσμό σε N/mm
- Η πίεση δοκιμής σε bar, το βάρος της σε kg και η ελάχιστη εγγυημένη χωρητικότητα σε lt.

Οι φιάλες μπορεί κατά τη διάρκεια της χρήσης τους να εκτεθούν σε δυσχερείς συνθήκες όπως η διάβρωση, η μηχανική καταπόνηση, πυρκαγιές κλπ. Είναι επομένως απαραίτητοι οι συχνοί περιοδικοί έλεγχοι που θα διασφαλίζουν τη δυνατότητά τους να ανταπεξέλθουν στις απαιτήσεις χρήσης τους. Οι φιάλες ελέγχονται σε μηνιαία και ετήσια βάση και η ημερομηνία του κάθε ελέγχου αναγράφεται πάνω σε αυτές. Προσοχή επίσης πρέπει να δίνεται και κατά την απόρριψή τους ούτως ώστε να μη συμβούν ατυχήματα από τυχόν υπολείμματα αερίων.

Τα παρελκόμενα της φιάλης θα πρέπει επίσης να βρίσκονται σε καλή κατάσταση. Οι ρυθμιστές πίεσης και οι βαλβίδες εκτόνωσης είναι προφανές ότι πρέπει ανά πάσα στιγμή να μπορούν να αποτρέψουν τυχόν βίαιη εκτόνωση του αερίου που περιέχεται στη φιάλη. Όλα αυτά θα πρέπει να είναι

καθαρά από λάδια ή βρωμιές, καθώς οξειδωτικά αέρια όπως το οξυγόνο μπορούν να αντιδράσουν με τις οργανικές ενώσεις και να προκαλέσουν φθορές και ατυχήματα.

Οι κίνδυνοι που προκύπτουν κατά τη χρήση και το χειρισμό φιαλών που περιέχουν αέρια υπό πίεση χωρίζονται στις παρακάτω κατηγορίες:

- Κίνδυνοι που προκύπτουν γενικά από το χειρισμό και τη μεταφορά βαριών αντικειμένων
- Κίνδυνοι που προκύπτουν από την υψηλή πίεση στην οποία είναι αποθηκευμένα τα αέρια
- Κίνδυνοι που προκύπτουν από τις ιδιότητες του κάθε αερίου (τοξικότητα, ευφλεκτότητα, χαμηλή θερμοκρασία, οξειδωτικές ιδιότητες κ.α.)

Οι φιάλες αερίων είναι βαριά αντικείμενα τα οποία χρειάζονται ιδιαίτερη προσοχή κατά το χειρισμό τους. Η μεταφορά τους γίνεται όλο και περισσότερο με μηχανικά μέσα και οχήματα (περονοφόρα οχήματα, φορητά κ.α.) γεγονός που δημιουργεί πρόσθετους κινδύνους. Θα πρέπει οι φιάλες που μεταφέρονται να ασφαλίζονται από πτώση και να φέρουν προστατευτικά καλύμματα για τις βαλβίδες κατά τη μεταφορά τους. Θα πρέπει να χρησιμοποιούνται κατάλληλα φορτοεκφορτωτικά μέσα τα οποία θα βρίσκονται σε καλή κατάσταση (ιμάντες κ.α.). Κατά τη φορτοεκφόρτωση των φιαλών θα πρέπει επίσης να χρησιμοποιούνται κατάλληλα μεταλλικά πλαίσια, ενώ δεν πρέπει να χρησιμοποιούνται μαγνητικά μέσα φορτοεκφόρτωσης. Τα συνηθέστερα ατυχήματα που συμβαίνουν κατά τη μεταφορά των φιαλών είναι τραυματισμοί λόγω βάρους και δυσκολίας χειρισμού τους. Οι εργαζόμενοι θα πρέπει να φέρουν παπούτσια ασφαλείας και να χρησιμοποιούν αμαξίδια για τη μεταφορά μεμονωμένων φιαλών.

Όσο υψηλότερη είναι η συμπίεση ενός αερίου τόσο μεγαλύτερη είναι η αποθηκευμένη ενέργειά του. Κατά τη βίαιη εκτόνωση ή έκρηξη ενός αερίου (π.χ. λόγω αστοχίας της φιάλης) μπορούν να προκληθούν τραυματισμοί από αντικείμενα και σωματίδια που παρασύρονται από αυτό. Τραυματισμοί μπορούν επίσης να προκληθούν και από το ίδιο το αέριο. Ο κίνδυνος αυτός δεν εξαιρείται όσο υπάρχουν αέρια υπό πίεση και αυξάνεται όταν αυξάνεται και η θερμοκρασία του συμπιεσμένου αερίου.

- Προτείνονται οι παρακάτω κανόνες ασφαλείας (ILO):
- Οι φιάλες θα πρέπει να χρησιμοποιούνται για τον σκοπό για τον οποίο προορίζονται και όχι ως στοιχεία στήριξης.
- Θα πρέπει να αποθηκεύονται και να χρησιμοποιούνται με τέτοιο τρόπο ώστε να μην επηρεάζεται αρνητικά η μηχανική τους αντοχή (λόγω ρωγμών, διάβρωσης κ.λ.π.).
- Πρέπει να απομακρύνονται από εστίες θερμότητας και πυρκαγιές.
- Μόνο ο απαραίτητος αριθμός φιαλών θα πρέπει να βρίσκεται στο χώρο εργασίας. Ενδείκνυται να τοποθετούνται κοντά σε εξόδους ούτως ώστε να είναι ευκολότερη η απομάκρυνσή τους, αλλά μακριά από οδούς διαφυγής και δυσπρόσιτα σημεία.
- Οι φιάλες που έχουν εκτεθεί σε πυρκαγιά πρέπει να επιστρέφονται στον κατασκευαστή για να ελέγχεται εκ νέου η αντοχή τους.
- Θα πρέπει να αποθηκεύονται σε καλά αεριζόμενους χώρους μακριά από εύφλεκτα υλικά και να προστατεύονται από τα καιρικά φαινόμενα.

- Οι φιάλες πρέπει να ασφαρίζονται έναντι πτώσης.
- Πριν από τη χρήση θα πρέπει να βεβαιώνεται το περιεχόμενο της φιάλης.
- Ο εξοπλισμός που θα χρησιμοποιηθεί πρέπει να είναι ο κατάλληλος για τη συγκεκριμένη χρήση.
- Οι συνδέσεις πρέπει να βρίσκονται σε καλή κατάσταση και να ελέγχονται τακτικά.
- Οι βαλβίδες των φιαλών πρέπει να είναι κλειστές όταν δε χρησιμοποιούνται.
- Οι φιάλες πρέπει να απομακρύνονται από κλειστούς χώρους όταν δεν εκτελούνται εργασίες ακόμα και κατά τη διάρκεια των διαλειμμάτων.
- Σε κάθε περίπτωση θα πρέπει να ελέγχεται η ατμόσφαιρα του χώρου εργασίας για την πρόληψη διαρροών και για την επάρκειά της σε οξυγόνο.
- Οι άδειες φιάλες θα πρέπει να επιστρέφονται με κλειστές τις βαλβίδες και με προστατευτικά καλύμματα και με μια μικρή ποσότητα αερίου ούτως ώστε να μην υπάρχει κίνδυνος να εισέλθει σε αυτές ατμοσφαιρικός αέρας ή υγρασία.
- Ο κατασκευαστής θα πρέπει να ενημερώνεται για τυχόν ελαττωματικές φιάλες.
- Οι φιάλες θα πρέπει να είναι εφοδιασμένες με αντεπίστροφες βαλβίδες.

Κίνδυνοι από ευγενή αέρια και άζωτο (He, Ar, N₂)

Τα προστατευτικά αέρια αποτελούνται, όπως προαναφέρθηκε από αέρια ή μείγματά τους, τα οποία μπορεί να είναι είτε αδρανή (ευγενή αέρια), είτε δραστικά. Τα ευγενή αέρια δεν έχουν τοξικές επιδράσεις στον ανθρώπινο οργανισμό και είναι απλά ασφυξιογόνα σε υπερβολικές συγκεντρώσεις. Για αυτό το λόγο άλλωστε και δεν έχει νόημα η αναφορά οριακής τιμής έκθεσης σε αυτά. Οι επιδράσεις τους έχουν να κάνουν επομένως με τη μείωση του διαθέσιμου οξυγόνου για αναπνοή στην ατμόσφαιρα του χώρου εργασίας, η συγκέντρωση του οποίου δεν πρέπει να πέφτει κάτω από 18% κ.ο. υπό κανονική ατμοσφαιρική πίεση. Τα συμπτώματα που μπορεί να εμφανιστούν είναι ναυτία, κόπωση, αδυναμία συγκέντρωσης, κεφαλαλγία, γενική κατάπτωση, απώλεια αισθήσεων και τελικά θάνατο. Σε περίπτωση ατυχήματος το θύμα θα πρέπει να μεταφερθεί άμεσα σε χώρο με επάρκεια οξυγόνου και να του χορηγηθεί οξυγόνο αν έχει δυσκολία στην αναπνοή μέχρι να του δοθεί ιατρική βοήθεια.

Σε περίπτωση διαρροής ο χώρος στον οποίο έγινε θα πρέπει να εκκενώνεται και να ελέγχεται ως προς την επάρκεια οξυγόνου προτού επιτραπεί η επανείσοδος σε αυτόν, ενώ ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίνεται σε περιορισμένους χώρους όπου το πρόβλημα μπορεί να γίνει αρκετά πιο έντονο.

Υπέρυθρη ακτινοβολία (IR)

Η υπέρυθρη ακτινοβολία αποτελεί το τμήμα του φάσματος της μη ιοντίζουσας ακτινοβολίας μεταξύ των μικροκυμάτων και του ορατού φωτός και εκπέμπεται από κάθε θερμό σώμα σε συνάρτηση με τη θερμοκρασία του. Σε μικρές ποσότητες οι άνθρωποι εκτίθενται καθημερινά στην ακτινοβολία αυτή, κυρίως μέσω του ηλιακού φωτός. Η υπέρυθρη ακτινοβολία έχει μήκη κύματος από 780nm έως και 1mm. Η σημαντικότερη πηγή υπέρυθρης ακτινοβολίας για έναν ηλεκτροσυγκολλητή είναι τα

θερμά ελάσματα και το τηγμένο μέταλλο που δημιουργείται κατά τη συγκόλληση. Κατά τη συγκόλληση εκπέμπονται σημαντικά ποσά μιας και αναπτύσσονται θερμοκρασίες χιλιάδων °C συνιστώντας έτσι έναν επικίνδυνο παράγοντα. Η IRA ακτινοβολία επιδρά κυρίως στον αμφιβληστροειδή θερμικά λόγω της διαφάνειας των υπόλοιπων τμημάτων του ματιού σε αυτό το εύρος των συχνοτήτων. Για μεγαλύτερα μήκη κύματος, πάνω από 1,9 μm αυξάνεται η απορροφητικότητα του φακού και της ίριδας, συνεισφέροντας στο σχηματισμό αλλοιώσεων και καταρράκτη. Ο κίνδυνος για σχηματισμό καταρράκτη υφίσταται για εκθέσεις σε ακτινοβολία στο φάσμα των IRA και IRB.

Οι ακτινοβολίες IRB και IRC απορροφούνται σημαντικά από το υδατοειδές υγρό και τον κερατοειδή, και σε μήκη κύματος μεγαλύτερα των 1,9 μm μόνο από τον κερατοειδή. Αυτό οδηγεί σε αύξηση της θερμοκρασίας στο μάτι λόγω συναγωγής και να προκαλεί εγκαύματα. Λόγω, όμως του υψηλού ρυθμού ανανέωσης των εξωτερικών κυττάρων του κερατοειδούς, η πιθανή βλάβη αναμένεται προσωρινή. Στην περίπτωση υπερβολικής έκθεσης σε ακτινοβολία στην περιοχή της IRC ο κερατοειδής υφίσταται εγκαύματα παρόμοια με αυτά του δέρματος. Η υπέρυθη ακτινοβολία δε διεισδύει βαθιά στο δέρμα και έτσι η υπερβολική έκθεση οδηγεί σε τοπικά μόνο συμπτώματα διαφορετικής σοβαρότητας. Τα συμπτώματα αυτά μπορεί να είναι από μια απλή αύξηση της θερμοκρασίας του δέρματος, κοκκίνισμα μέχρι και σοβαρά εγκαύματα. Το είδος των επιπτώσεων αυτών εξαρτάται σε μεγάλο βαθμό από το μήκος κύματος της ακτινοβολίας στην οποία εκτίθεται το δέρμα και από το χρόνο έκθεσης. Οι μέγιστες τιμές πάνω από τις οποίες εμφανίζονται τα συμπτώματα αυτά εξαρτώνται και αυτές από το χρόνο έκθεσης ο οποίος είναι ο σημαντικότερος παράγοντας που πρέπει να λαμβάνεται υπ' όψιν όπως και το θερμικό φορτίο που επιβαρύνει το σώμα του εργαζομένου. Σε αυτήν την περίπτωση το θερμορυθμιστικό σύστημα του οργανισμού απορυθμίζεται, προκαλώντας δυσμενείς αντιδράσεις του σώματος (εφίδρωση, κράμπες, θερμοπληξία σε σοβαρές περιπτώσεις κ.λ.π.) και γενικά κάνοντας την εργασία αφόρητη. Η οριακή τιμή για αυτόν τον $q \cdot t$ επαγγελματικό κίνδυνο εξαρτάται από τις συνθήκες του περιβάλλοντος (υγρασία, θερμοκρασία, άνεμος), τις ιδιαιτερότητες του κάθε ατόμου και το είδος της εργασίας (χειρωνακτική ή όχι). Μια έκθεση 300 W/m² μπορεί να είναι ανεκτή για εργασία χωρίς σημαντικό σωματικό έργο, ενώ για εργασία με βαρύ σωματικό έργο η αντίστοιχη τιμή είναι 140 W/m².

Για την προστασία από την υπέρυθη ακτινοβολία ο πιο αποτελεσματικός τρόπος είναι η γενική απομόνωση της πηγής, ούτως ώστε να μην εκτίθενται στον παράγοντα αυτόν οι εργαζόμενοι. Αυτό δεν είναι εφικτό όμως για τους εργαζόμενους όσον αφορά τη συγκεκριμένη μέθοδο. Η χρήση κατάλληλου προστατευτικού εξοπλισμού είναι αναγκαία για την προστασία των ματιών και του δέρματος του εργαζομένου, όπως επίσης και ο έλεγχος των συνθηκών του περιβάλλοντος για την αποφυγή της θερμικής καταπόνησης. Σε αυτήν την περίπτωση πρέπει να λαμβάνονται μέτρα όπως συχνά διαλείμματα και κλιματισμός. Για την προστασία των παρευρισκομένων πρέπει να τοποθετούνται ειδικά παραπετάσματα που εμποδίζουν την ακτινοβολία να διαφεύγει στους γύρω χώρους.

Ορατή ακτινοβολία

Το ορατό φως είναι ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία με μήκη κύματος από 400 έως 780 nm και είναι το μέρος του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος που γίνεται αντιληπτό από το ανθρώπινο μάτι. Ανάλογα με το μήκος κύματος του φωτός χωρίζεται σε διάφορα χρώματα από βαθύ μπλε μέχρι κόκκινο.

Το φως αποτελεί αναπόσπαστο στοιχείο της καθημερινότητας και της ασφάλειας του εργαζομένου. Ο επαρκής φωτισμός είναι απαραίτητος για την ασφαλή εκτέλεση κάθε εργασίας ιδιαίτερα αν αυτή απαιτεί μεγάλη ακρίβεια και συγκέντρωση. Από την καταλληλότητα του φωτισμού στο χώρο εργασίας εξαρτώνται η ικανότητα των εργαζομένων να αντιλαμβάνονται το γύρω χώρο και τους ενδεχόμενους κινδύνους που υπάρχουν σε αυτόν, να παρατηρούν με ακρίβεια και άνεση τα διάφορα ερεθίσματα. Σημαντική επίδραση έχει επίσης στην ψυχική διάθεση, την απόδοση και γενικά την ανθρώπινη συμπεριφορά.

Πέρα όμως από τα επιθυμητά αποτελέσματα του φωτισμού, προκύπτουν και διάφορες αρνητικές επιπτώσεις αν η ένταση του φωτός είναι υπερβολικά μεγάλη. Αυτές οι αρνητικές επιπτώσεις μπορεί να είναι θάμβωση, η οποία μπορεί να έχει και ψυχολογικά αίτια ή οπτική κόπωση γενικά. Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση φως αρκετά μεγάλης έντασης εκπέμπεται από το τόξο αποτελώντας έναν αρκετά σημαντικό επικίνδυνο παράγοντα.

Οι επιπτώσεις της ορατής ακτινοβολίας στον ανθρώπινο οργανισμό αφορούν τα μάτια και γενικά περιορίζονται λόγω της ακούσιας αντίδρασης του ανθρώπινου ματιού απέναντι σε έντονα οπτικά ερεθίσματα. Υπό φυσιολογικές συνθήκες αυτή η αντίδραση προστατεύει τα μάτια από βλάβες που προκύπτουν από την έκθεση σε πηγές έντονου φωτός, περιορίζοντας το χρόνο έκθεσης σε κλάσματα του. Σημαντικός παράγοντας είναι ότι η έντονη έκθεση στην ορατή ακτινοβολία προκαλεί δυσφορία στον εργαζόμενο, επομένως γενικά ο εργαζόμενος την αποφεύγει.

Πέρα όμως από κινδύνους που προκύπτουν για τα μάτια λόγω της υψηλής ενέργειας της ορατής ακτινοβολίας, υφίστανται και κίνδυνοι λόγω ακατάλληλου φωτισμού γενικά, οι οποίοι δεν προκαλούν βλάβες και τραυματισμούς μόνο στα μάτια, αλλά έχουν γενικότερες επιπτώσεις στον εργαζόμενο, συμπεριλαμβανομένων και των ψυχολογικών. Οι βλαβες που προκαλούνται από την ορατή ακτινοβολία είναι οι εξής:

- Φωτοαμφιβληστροειδίτιδα
- Θάμβωση
- Ψυχολογική θαμβώση
- Οπτική κόπωση

Υπεριώδης ακτινοβολία

Η υπεριώδης ακτινοβολία είναι μια μορφή οπτικής ακτινοβολίας με μικρότερο μήκος κύματος και μεγαλύτερη συχνότητα από το ορατό φως. Είναι μη ιοντίζουσα ακτινοβολία με μήκη κύματος από 100 έως

400 nm, υπάρχει και στο ηλιακό φως και παράγεται από αρκετές συσκευές είτε εκούσια (για χρήση της ακτινοβολίας στην ιατρική και τη βιομηχανία) είτε ακούσια (επαγγελματικός κίνδυνος π.χ. κατά τις ηλεκτροσυγκολλήσεις). Αρκετές πηγές φωτός παράγουν και υπεριώδη ακτινοβολία μαζί με το ορατό φως.

Όπως το φως αναλύεται σε χρώματα με διαφορετικά μήκη κύματος, έτσι και η υπεριώδης ακτινοβολία υποδιαιρείται σε UVA (συχνότητες από 315 έως 400 nm), UVB (συχνότητες από 280 έως 315 nm) και UVC (συχνότητες από 280 έως 100 nm).

Η υπεριώδης ακτινοβολία κατά τη συγκόλληση παράγεται από το τόξο της συγκόλλησης και αποτελεί τη μεγαλύτερη πηγή υπεριώδους ακτινοβολίας κατά την εργασία μαζί με το ηλιακό φως. Μικρότερη έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία προέρχεται από λάμπες UV που χρησιμοποιούνται κατά το μη καταστρεπτικό έλεγχο των συγκολλήσεων σε συνδυασμό με φθορίζουσες ουσίες. Σε αυτήν την περίπτωση δεν έχουμε σημαντικό κίνδυνο για τον εργαζόμενο, εκτός ίσως από κάποιες περιπτώσεις που προϋπάρχει φωτοευαισθησία στο δέρμα ή τα μάτια. Τέλος υπεριώδης ακτινοβολία εκπέμπεται και από τους λαμπτήρες αλογόνου, οι οποίοι αν δεν καλύπτονται με φίλτρα μπορεί να προκαλέσουν βλάβες. Οι λαμπτήρες φθορισμού που έχουν διαδοθεί σε μεγάλη κλίμακα εκπέμπουν αμελητέες ποσότητες UV.

Οι επιπτώσεις της υπεριώδους ακτινοβολίας στον άνθρωπο είναι:

- Στο δέρμα: Χρόνιες επιπτώσεις, Φωτοευαισθησία
- Στα μάτια: Φωτοκερατίτιδα και επιπεφυκίτιδα, βλάβες στον αμφιβληστροειδή, Χρόνιες επιπτώσεις

Η επαγγελματική έκθεση στην υπεριώδη ακτινοβολία θα πρέπει να είναι κατά το δυνατόν ελάχιστη με κύριο μέλημα την απομόνωση των πηγών της και τον περιορισμό της πρόσβασης σε αντίστοιχους χώρους. Αρκετές από τις εργασίες συγκόλλησης γίνονται σε ανοιχτούς χώρους πράγμα που σημαίνει ότι θα πρέπει να περιορίζεται και η έκθεση στο ηλιακό φως. Οι εργαζόμενοι σε ανοιχτούς χώρους πρέπει να φέρουν ρουχισμό πυκνής ύφανσης για την προστασία του σώματος και καλύμματα κεφαλής για τον προστασία του προσώπου, των ματιών και του λαιμού από την ηλιακή ακτινοβολία. Επίσης θα πρέπει να διαθέτουν πρόσβαση σε σκιασμένους χώρους.

Για την προστασία από τεχνητές πηγές (τόξο συγκόλλησης, λάμπες μη καταστρεπτικού ελέγχου) θα πρέπει πέρα από τρόπους περιορισμού της ακτινοβολίας στην πηγή να χρησιμοποιούνται και μέσα ατομικής προστασίας όπως μάσκες και ειδικός ρουχισμός.

Ιοντίζουσα ακτινοβολία

Ιοντίζουσα ακτινοβολία είναι κάθε ακτινοβολία η οποία, όταν αλληλεπιδρά με την ύλη δημιουργεί ζεύγη ιόντων. Ένας ηλεκτροσυγκολλητής εκτίθεται σε ιοντίζουσες ακτινοβολίες κατά τη διάρκεια του ποιοτικού ελέγχου των συγκολλήσεων. Αυτός ο παράγοντας δεν προκύπτει, λοιπόν, κατά τη διάρκεια της εργασίας του αυτής καθ' αυτής, αλλά κατά το μη καταστρεπτικό έλεγχο των συγκολλήσεων, ο οποίος αποτελεί αναπόσπαστο κομμάτι της παραγωγικής διαδικασίας στην οποία είναι ενταγμένος.

Η ραδιογραφία είναι μια πολύ σημαντική μέθοδος μη καταστρεπτικού ελέγχου συγκολλήσεων. Προσφέρει πάρα πολύ καλή απεικόνιση της συγκόλλησης και των σφαλμάτων που ενδεχόμενα να έχει, όμως

το κύριο μειονέκτημά της είναι οι κίνδυνοι που προκύπτουν από αυτή για την υγεία των ελεγκτών, αλλά και των υπόλοιπων εργαζομένων που παρευρίσκονται στο χώρο που διενεργείται. Οι επιπτώσεις των ιοντίζουσων ακτινοβολιών στον ανθρώπινο οργανισμό μπορεί να είναι είτε άμεσες, λόγω υψηλής έκθεσης σε μικρό χρονικό διάστημα, είτε χρόνιες, λόγω μικρότερης έκθεσης για μεγάλο χρονικό διάστημα. Επίσης πρέπει να σημειωθεί ότι τα αποτελέσματα της έκθεσης σε ακτινοβολία δε γίνονται άμεσα αντιληπτά από τον εργαζόμενο, γεγονός που δημιουργεί επιπλέον προβλήματα κατά την προστασία από τους κινδύνους αυτούς. Παρ' όλα αυτά οι κίνδυνοι μπορούν να ελαχιστοποιηθούν όταν οι ιοντίζουσες ακτινοβολίες χειρίζονται σωστά και λαμβάνονται όλα τα απαραίτητα μέτρα ασφαλείας.

Κατά τον ποιοτικό έλεγχο των συγκολλήσεων χρησιμοποιούνται δύο τύποι ιοντίζουσων ακτινοβολιών:

- Οι ακτίνες X, οι οποίες παράγονται από ηλεκτρικές συσκευές
- Οι ακτίνες γ, οι οποίες παράγονται από ραδιενεργά υλικά.

Σε αυτό το σημείο είναι αναγκαίο να οριστούν κάποια μεγέθη σχετικά με τη φύση, την ισχύ των ιοντίζουσών ακτινοβολιών και τις επιπτώσεις τους στον άνθρωπο.

,Απορροφούμενη δόση (D): Το πηλίκο του d_e διά dm όπου d_e είναι η μέση ενέργεια που μεταδίδεται από τις ιοντίζουσες ακτινοβολίες στην ύλη μέσα σε ένα στοιχείο όγκου και dm η μάζα της ύλης που περιέχεται μέσα σ' αυτό το στοιχείο όγκου.

$$D = \text{Gray (Gy)}. 1\text{Gy}=1\text{J/kg}$$

Ισοδύναμο δόσης ή ισοδύναμη δόση (H): Η απορροφούμενη δόση ενός ιστού ή οργάνου σταθμισμένη ανάλογα με την ακτινοβολία που εξετάζεται.

$$H = D \times w \times \chi \times R \text{ Sievert (Sv)} 1\text{Sv}=1\text{J/kg}$$

Συντελεστής στάθμισης ακτινοβολίας (WR): Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από τη φύση της ακτινοβολίας, μιας και ακτινοβολίες ίδιας ισχύος, αλλά διαφορετικής φύσης έχουν διαφορετικές επιπτώσεις στους βιολογικούς ιστούς.

Η προστασία των εργαζομένων ηλεκτροσυγκολλητών έχει να κάνει με οργανωτικά μέτρα που μπορούν να εφαρμοστούν για οποιονδήποτε παρευρισκόμενο δεν έχει σχέση με τη διαδικασία της ραδιογράφησης. Σε κάθε περίπτωση η δόση που λαμβάνει ένα άτομο πρέπει να είναι όσο χαμηλή είναι πρακτικά δυνατό. Γενικά οι προστασία από την ακτινοβολία έχει να κάνει με τρεις παράγοντες (www.ndt-ed.org):

- Το χρόνο έκθεσης: τρόποι μείωσης της δόσης μέσω της μείωσης του χρόνου έκθεσης στην ακτινοβολία.
- Την απόσταση από την πηγή: τρόποι μείωσης της δόσης μέσω της αύξησης της απόστασης του εργαζομένου από την πηγή της ακτινοβολίας
- Τη μειωμένη διεισδυτικότητα της ακτινοβολίας σε κάποια υλικά: τρόποι μείωσης της δόσης με τη χρήση προστατευτικών μέσων (παραπετάσματα, ποδιές κ.λ.π.) ανάμεσα στην πηγή και τον εργαζόμενο.

Ο πλέον εφαρμόσιμος τρόπος προστασίας από την έκθεση στην ακτινοβολία για τις περιπτώσεις που εξετάζουμε είναι η αύξηση της απόστασης των εργαζομένων από την πηγή με τη λήψη μέτρων όπως η οριοθέτηση περιοχών και η ελεγχόμενη πρόσβαση σε αυτές. Οι περιοχές αυτές θα πρέπει να επιβλέπονται

όσον αφορά την ένταση της ακτινοβολίας εντός αυτών για την προστασία από τους κινδύνους που προκύπτουν.

Η ένταση της ακτινοβολίας (η δόση στη μονάδα του χρόνου) είναι αντιστρόφως ανάλογη με το τετράγωνο της απόστασης από την πηγή. Αυτό σημαίνει ότι αν διπλασιαστεί η απόσταση η ένταση υποτετραπλασιάζεται.

Είδος ακτινοβολίας	W _r
Ακτίνες Χ	1
Ακτίνες γ	1
Σωματίδια α	20
Νετρόνια <10 KeV	5
Νετρόνια <10 KeV- 100 KeV	20
Νετρόνια 2-20 MeV	10
Νετρονια >20 MeV	5

Πίνακας 11.1 Συντελεστές ακτινοβολιών

Ενεργός δόση (E): Το ισοδύναμο δόσης σταθμισμένο με ένα συντελεστή ανάλογα με τον ιστό που εκτίθεται.

$$E = H \times w \times T$$

Συντελεστής στάθμισης ιστού (WT): Ο συντελεστής αυτός εξαρτάται από το είδος του ιστού που εξετάζεται, λόγω του ότι οι διάφοροι ιστοί του ανθρώπινου σώματος έχουν διαφορετική ευαισθησία στις ιοντίζουσες ακτινοβολίες.

Κίνδυνοι από αναθυμιάσεις και ατμούς μετάλλων

Κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης εκτός των αερίων εκλύονται και καπνοί με σχετικά πολύπλοκη σύνθεση η οποία εξαρτάται από διάφορους παράγοντες. Κατά κύριο λόγο σχηματίζεται από το μέταλλο του σύρματος τροφοδοσίας. Λόγω των υψηλών θερμοκρασιών που αναπτύσσονται, οι οποίες φτάνουν τους 6000-8000 °C ενώ το σημείο βρασμού του χάλυβα είναι περίπου 2400 °C, ένα μέρος του μετάλλου συγκόλλησης εξατμίζεται και διαχέεται στον ατμοσφαιρικό αέρα. Έπειτα ψύχεται και συμπυκνώνεται σχηματίζοντας στερεά σωματίδια σφαιρικού κυρίως σχήματος, τα οποία συμμετέχουν σε αντιδράσεις μεταξύ τους και με τον ατμοσφαιρικό αέρα και μπορούν να εισέλθουν στον ανθρώπινο οργανισμό μέσω της αναπνευστικής οδού. Τα σωματίδια αυτά έχουν διάμετρο μικρότερη από 1^μ (0,001-1μm) κατά το σχηματισμό τους, ο οποίος λαμβάνει χώρα στην περιοχή του ηλεκτρικού τόξου. Όμως με την πάροδο του χρόνου διαχέονται στο χώρο και, λόγω των συγκρούσεων μεταξύ τους, συσσωματώνονται και δημιουργούν συσσωματώματα διαμέτρου 0,5-2 Σωματίδια τέτοιας

διαμέτρου αποτελούν σημαντικό κίνδυνο επειδή μπορούν να εισπνευσθούν και να εισέλθουν στις κυψελίδες των πνευμόνων.

Επιπλέον μεγαλύτερα σε διάμετρο σωματίδια δημιουργούνται όταν τα σταγονίδια τήγματος από το ηλεκτρόδιο αποσπώνται από αυτό. Έτσι σε συνδυασμό με τις μεγαλύτερες σταγόνες που εκτοξεύονται (πιτσιλιές) αυξάνεται η συνολική επιφάνεια από την οποία εξατμίζεται το μέταλλο και γενικά συντελούν και αυτά στη δημιουργία καπνού. Κατά κύριο λόγο πρόκειται για οξειδία μετάλλων επειδή όταν βρεθούν εκτός της προστατευόμενης περιοχής από το αέριο προστασίας αντιδρούν με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας. Στην περιοχή αναπνοής του χειριστή έχουν διάμετρο συνήθως λιγότερη από 2μm και σε μεγάλες συγκεντρώσεις είναι ορατά με τη μορφή καπνού, ενώ λόγω του μικρού τους βάρους και μεγέθους παραμένουν στην ατμόσφαιρα για αρκετές ώρες αν δεν υπάρχει εξαερισμός. Τα σωματίδια που είναι ορατά συνήθως είναι και βαρύτερα και επικάθονται στις επιφάνειες του χώρου εργασίας με τη μορφή σκόνης.

Η σύνθεση του καπνού εξαρτάται από διάφορους παράγοντες όπως:

- Οι παράμετροι της συγκόλλησης (ρεύμα και τάση), πολύ μικρό ρόλο παίζει το υλικό και η σύσταση του βασικού μετάλλου ενώ, κυρίαρχη επίδραση έχει το υλικό του καταναλισκόμενου ηλεκτροδίου (η σύσταση του οποίου είναι σχεδόν η ίδια με αυτή του βασικού μετάλλου), από το οποίο προέρχεται το 90% του καπνού που παράγεται κατά τη συγκόλληση.
- Ο ρυθμός σχηματισμού του καπνού, αλλά και η χημική σύνθεση σχετίζονται με τις παραμέτρους της συγκόλλησης και γενικά τη φύση της διαδικασίας. Οι πιο σημαντικοί παράγοντες που επηρεάζουν τα παραπάνω είναι:
 - Η πτώση τάσης κατά μήκος του τόξου, πράγμα που σχετίζεται και με το μήκος του
 - Το ρεύμα και η πολικότητα κατά τη συγκόλληση (εναλλασσόμενο ή συνεχές, ευθεία ή ανάστροφη πολικότητα),
 - Η μέθοδος της συγκόλλησης: η μέθοδος SAW (Submerged Arc Welding) παρουσιάζει το μικρότερο ρυθμό σχηματισμού καπνού και ακολουθούν με αύξουσα σειρά οι μέθοδοι: G.T.A.W / T.I.G (Gas Tungsten Arc Welding/ Tungsten Inert Gas), G.M.A.W / M.I.G/M.A.G (Gas Metal Arc Welding/ Metal Inert Gas/ Metal Active Gas), S.M.A.W (Shielded Metal Arc Welding) και F.C.A.W (Flux Cored Arc Welding),
 - Η ένταση του ρεύματος,
 - Η γωνία μεταξύ ηλεκτροδίου και τεμαχίου συγκόλλησης,
 - Η θέση της συγκόλλησης,
 - Ο ρυθμός πρόσδοσης θερμότητας που είναι ανάλογος με την ισχύ του τόξου και αντιστρόφως ανάλογος με την ταχύτητα της συγκόλλησης.

Η ταχύτητα σχηματισμού του καπνού μπορεί να διαφέρει σημαντικά ανάλογα με το μήκος του τόξου, το οποίο με τη σειρά του εξαρτάται από τη δεξιότητα του χειριστή. Γενικά η ποσότητα του παραγόμενου καπνού αυξάνεται για μεγαλύτερη τάση και ένταση ρεύματος και μήκος τόξου. Σε ορισμένες περιπτώσεις, ουσίες που δεν περιέχονται απαραίτητα στο ηλεκτρόδιο μπορεί να βρεθούν

στον καπνό που παράγεται κατά τη συγκόλληση. Για παράδειγμα: όταν συγκολλούνται μέταλλα που έχουν βαφή στην επιφάνειά τους, τότε ο καπνός που παράγεται μπορεί να περιέχει μεταλλικά στοιχεία από τη χρωστική ύλη, ενώ μπορεί να δημιουργηθούν άλλοι ρυπαντές, οργανικής φύσης, από το συνδετικό μέσο, όταν το ίδιο το βασικό μέταλλο περιέχει πτητικά συστατικά, όπως το βηρύλλιο στα κράματα του χαλκού όταν στην επιφάνεια του μετάλλου υπάρχουν απολυμαντικά λόγω προηγούμενων εργασιών διαμόρφωσης του ελάσματος προς συγκόλληση. Σε αυτές τις περιπτώσεις θα πρέπει να ταυτοποιείται η σύσταση του επιστρώματος και να αφαιρείται από την περιοχή της συγκόλλησης. Παρ' όλο που έχουν αναπτυχθεί επιστρώματα τα οποία μπορούν να δεχτούν συγκόλληση χωρίς να αφαιρεθούν, εντούτοις θα πρέπει να ληφθεί υπ' όψιν ότι αυτά απλά περιορίζουν το σχηματισμό καπνού και δεν εξαλείφουν εντελώς το πρόβλημα. Ακόμα θα πρέπει τα προς συγκόλληση ελάσματα να είναι τελείως απαλλαγμένα από απολυμαντικές ουσίες. Γενικά ο τρόπος μεταφοράς του τηγμένου μετάλλου από το ηλεκτρόδιο στο βασικό μέταλλο επηρεάζει σημαντικά το ρυθμό σχηματισμού καπνού. Κατά συνέπεια η τάση και η ένταση του ρεύματος συγκόλλησης και το αέριο προστασίας παίζουν με τη σειρά τους σημαντικό ρόλο σε αυτή τη διαδικασία.

Οι επιπτώσεις στην υγεία κατά τη συγκόλληση είναι πολλές και μπορούν να αποβούν μοιραίες. Παρακάτω αναφέρονται ονομαστικά κάποιες από τις πιο συνηθισμένες παθήσεις που παρουσιάζονται κατά την ηλεκτροσυγκόλληση.

- Μυοσκελετικές παθήσεις
- Νεφροί
- Νευρικό σύστημα
- Δέρμα
- Αναπαραγωγικό σύστημα
- Αναπνευστικό σύστημα
 - Πυρετός από ατμούς μετάλλων
 - Ρινίτιδα
 - Βρογχίτιδα
 - Άσθμα
 - Πνευμονίτιδα
 - Πνευμοκονίαση
 - Βρογχογενές καρκίνωμα

Μυοσκελετικές παθήσεις και συγκόλληση

Επιπλέον όλων των παραπάνω ένας ηλεκτροσυγκολλητής εκτίθεται ειδικότερα σε εργονομικούς κινδύνους που σχετίζονται άμεσα με την εργασία του. Οι κίνδυνοι που αναφέρθηκαν πιο πάνω εκφράζονται με ιδιαίτερο τρόπο στο περιβάλλον εργασίας ενός ηλεκτροσυγκολλητή και αλληλεπιδρούν διαφορετικά και με τους υπόλοιπους επικίνδυνους παράγοντες στους οποίους εκτίθεται.

Σημαντικός παράγοντας εργονομικών κινδύνων είναι τα στατικά φορτία που δέχεται ο ηλεκτροσυγκολλητής κατά τη διάρκεια της εργασίας του. Αυτά μπορεί να οφείλονται στον εξοπλισμό του, αλλά και στη στάση του σώματός του. Ο καυστήρας συγκόλλησης και η μάσκα προστασίας συνεισφέρουν σημαντικά στην καταπόνηση των μυών του ώμου, του χεριού και του αυχένα αντίστοιχα, ενώ οι μύες καταπονούνται σε μεγάλο βαθμό όταν η στάση του σώματος είναι ανορθόδοξη και επίπονη. Επίσης πρέπει να αναφερθεί ότι ακόμα και μια φυσιολογική στάση του σώματος μπορεί να προκαλέσει καταπόνηση σε διάφορους μύες όταν αυτή διατηρείται για μεγάλο χρονικό διάστημα. Η φύση της εργασίας του αναγκάζει τον ηλεκτροσυγκολλητή να κρατά το σώμα του ακίνητο για μεγάλο χρονικό διάστημα, γεγονός που αυξάνει το στατικό φορτίο των μυών σε ολόκληρο το σώμα.

Γενικά κατά τη διαδικασία της συγκόλλησης αυτή καθ' αυτή, όταν εκτελείται σε φυσιολογική στάση, δεν απαιτείται μεγάλη μυϊκή δύναμη. Όμως ένας ηλεκτροσυγκολλητής κατά τη διάρκεια της εργασίας του εκτελεί και διάφορες άλλες εργασίες βοηθητικές ως προς αυτήν, όπως τη μεταφορά βαρέων φορτίων (μηχανές συγκόλλησης, φιάλες αερίων, έτοιμα τεμάχια κ.α.), πλανάρισμα, τρόχισμα και διάφορες άλλες. Σε αυτές τις περιπτώσεις δέχεται αρκετά επίπονα και κοπιαστικά φορτία τα οποία οδηγούν σε τραυματισμούς αντίστοιχης φύσεως όπως διαστρέμματα, χτυπήματα από μετακινούμενα φορτία, κακώσεις των μυών κ.α.

Άνω άκρα

Ενοχλήσεις στους ηλεκτροσυγκολλητές εμφανίζονται κατά κύριο λόγο στην περιοχή του ώμου και των άνω άκρων γενικά και ακολουθεί η περιοχή της μέσης, του αυχένα και τέλος των γονάτων. Οι ενοχλήσεις αυτές έχουν να κάνουν με κακώσεις και φλεγμονές των μυών και των μαλακών μορίων της κάθε περιοχής (τενοντίτιδες, κακώσεις των μεσοσπονδύλιων δίσκων κ.λ.π.).

Μια πολύ διαδεδομένη μυοσκελετική πάθηση που παρουσιάζεται είναι η τενοντίτιδα των μυών του ώμου (υπερακανθώδης, υπακανθώδης). Πρόκειται για φλεγμονή των τενόντων στην περιοχή αυτή και προκαλείται κυρίως από την έντονη κόπωσή τους, είτε λόγω παρατεταμένης εργασίας, είτε λόγω κοπιαστικής θέσης του χεριού (στο ύψος του ώμου και πάνω από αυτόν), είτε και από τους δύο παράγοντες. Σε κάθε περίπτωση σημαντικότερος είναι ο ρόλος του βάρους και του σχεδιασμού γενικά του καυστήρα συγκόλλησης, ο οποίος μαζί με τα καλώδια και τους εύκαμπτους αγωγούς που τον συνδέουν με τη μηχανή συγκόλλησης καταπονεί σε σημαντικό βαθμό τα χέρια και τους ώμους του εργαζομένου. Όπως και σε κάθε μυοσκελετική πάθηση και εδώ η επαναληψιμότητα της κάθε κίνησης σχετίζεται σε μεγάλο βαθμό με την εμφάνιση και τη σοβαρότητα της πάθησης.

Αντίστοιχα για την περιοχή του χεριού και του καρπού παρουσιάζεται το σύνδρομο του καρπιαίου σωλήνα, το οποίο αποτελεί φλεγμονώδη αντίδραση των μυών και των τενόντων του καρπού και οφείλεται σε αντίστοιχους παράγοντες, ένας από τους οποίους είναι η χρήση μεγάλης, σχετικά, δύναμης για την ενεργοποίηση της σκανδάλης του καυστήρα συγκόλλησης. Συγκριτικά με τις υπόλοιπες παθήσεις εμφανίζεται σπανιότερα στους ηλεκτροσυγκολλητές ενώ οφείλεται και σε

δευτερεύουσες εργασίες που εκτελούνται, όπως το ματσακόνισμα και το τρόχισμα (κραδασμοί από εργαλεία χειρός κ.α.).

Αυχένας

Συχνά οι εργαζόμενοι ηλεκτροσυγκολλητές παραπονούνται για ενοχλήσεις στην περιοχή του αυχένα. Συγκριτικά με τους υπόλοιπους εργαζόμενους γενικά, οι ηλεκτροσυγκολλητές έχουν δύο φορές μεγαλύτερο κίνδυνο να εμφανίσουν κακώσεις ή παθήσεις στον αυχένα, όπως δείχνουν έρευνες στη Σουηδία.

Η αιτία για αυτό είναι το φορτίο που θέτει η μάσκα λόγω του βάρους της στον αυχένα του ηλεκτροσυγκολλητή. Βάσει ερευνών, το φορτίο αυτό αυξάνεται κατά 15% περίπου όταν το κεφάλι βρίσκεται σε κάμψη 30°. Η γωνία κλίσης του κεφαλιού ενός ηλεκτροσυγκολλητή κατά τη συγκόλληση μπορεί να κυμανθεί από 10 έως 50° με μέσο όρο τις 30°.

Σημαντικός επίσης παράγοντας πρόκλησης κακώσεων στον αυχένα, ο οποίος δρα συσσωρευτικά, είναι η απότομη κίνηση που κάνουν συχνά οι ηλεκτροσυγκολλητές με το κεφάλι τους, ιδιαίτερα αυτοί που εργάζονται σε βιομηχανίες με υψηλές απαιτήσεις ακριβείας και αυστηρές προδιαγραφές, κάνουν μια χαρακτηριστική κίνηση για να κατεβάσουν τη μάσκα (όταν αυτή είναι σταθερής σκίασης) προτού ξεκινήσουν τη συγκόλληση. Σε περιπτώσεις που οι απαιτήσεις είναι αρκετά μεγάλες ο ηλεκτροσυγκολλητής αναγκάζεται να χρησιμοποιεί και τα δύο του χέρια κατά την εργασία του και για αυτόν το λόγο ακολουθεί αυτήν την πρακτική που του το επιτρέπει αυτό. Σε άλλες περιπτώσεις η εξοικονόμηση χρόνου και η ανάγκη να προσαρμοστούν στους ρυθμούς της γραμμής παραγωγής οδηγεί σε τέτοιες λανθασμένες πρακτικές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12^ο

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΚΕΣ ΑΝΑΦΟΡΕΣ

1. Σημειώσεις Μηχανολογικού εργαστηρίου Ι Τμήματος Μηχανολογίας Τ.Ε.Ι Ηρακλείου του καθηγητή Κ.Αεράκη Ζαχαρία
2. Γεωργίου Δ. Παπαδημητρίου, Εισαγωγή στη Μεταλλουργία, την Τεχνολογία και τον Έλεγχο των Συγκολλήσεων, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 1996
3. Β. Ι. Παπάζογλου και Γ. Δ. Παπαδημητρίου, Επιστήμη και Τεχνική των Συγκολλήσεων, Εκδόσεις Ε.Μ.Π., Αθήνα 1994
4. Δ. Ι. Παντελής και Γ. Χρυσουλάκης, Επιστήμη και Τεχνολογία των Μεταλλικών Υλικών, Εκδόσεις Παπασωτηρίου, Αθήνα 2005
5. American Welding Society (AWS), *AWS Handbooks, Section 5, 6th Edition*, AWS 1973
6. Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών <http://www.didaktorika.gr/eadd/>
7. Διπλωματική εργασία Καίρη Σταύρου: Η Εφαρμογή της ραδιογραφίας για τον μη καταστροφικό έλεγχο συγκολλητών
8. Διπλωματική εργασία Μαρκουλακη Στέφανου: Ανάλυση της συγκόλλησης του αλουμινίου και των κραμάτων του με την μέθοδο M.I.G -M.A.G (G.M.A.W)
9. Εισαγωγή στις συγκολλήσεις Χαϊδεϊμενοπουλος Γρηγόρης Ν.
10. Βιομηχανικά κράματα Λεκάτου Αγγελική
11. Sindo Kou, *Welding Metallurgy (Second Edition)*, John Wiley and Sons Publication, 2003
12. Αθάν. Γ. Μάμαλη, «Κατεργασίες των Υλικών», Εκδόσεις Εθνικού Μετσόβιου Πολυτεχνείου, Αθήνα 1991
13. Α. Α. Σεραφετινίδης, «Εισαγωγή στην οπτικοηλεκτρονική» (Οργανισμός Εκδόσεως διδακτικών Βιβλίων, Αθήνα 1985)
14. Κατεργασίες – συγκολλήσεις : Δρ. Ν.Μ. Βαξεβανίδης