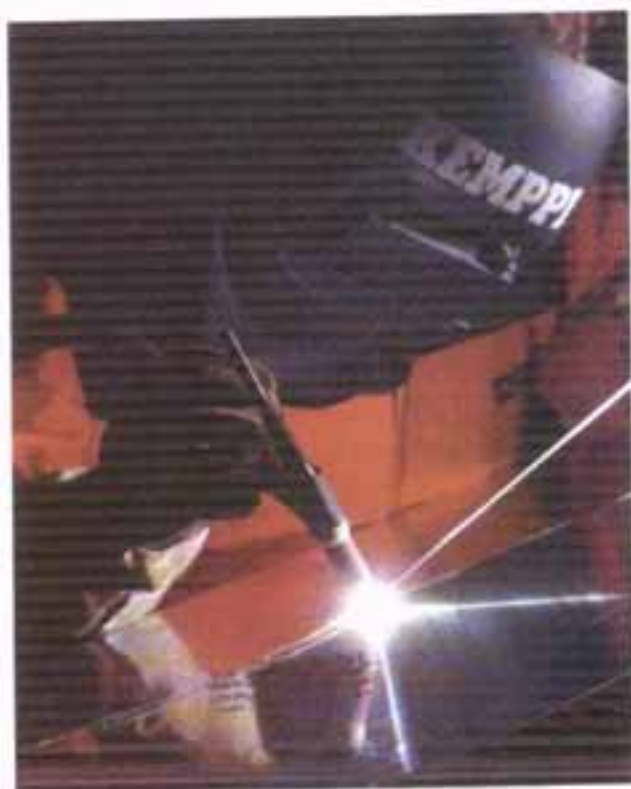


ΑΝΩΤΑΤΟ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΟ ΕΚΠΑΙΔΕΥΤΙΚΟ ΙΔΡΥΜΑ ΠΑΤΡΑΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ



ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΣΠΟΥΔΑΣΤΩΝ

ΤΙΤΛΟΣ

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΜΕΤΑΛΛΩΝ ΚΑΙ ΜΕ ΑΝΤΙΚΕΙΜΕΝΟ ΤΙΣ
ΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΜΕ ΑΡΓΟΝ

ΣΠΟΥΔΑΣΤΕΣ

ΚΟΝΤΟΓΙΑΝΝΗΣ ΗΛΙΑΣ
ΖΑΓΓΑΝΑΣ ΝΙΚΟΛΑΟΣ

ΕΙΣΗΓΗΤΕΣ

ΚΑΠΠΟΣ ΚΩΝΣΤΑΝΤΙΝΟΣ
ΑΡΓΥΡΟΠΟΥΛΟΣ ΑΛΕΞΑΝΔΡΟΣ



Εισαγωγή

Γενικά για την συγκόλληση	1
Το ιστορικό ανάπτυξης των συγκολλήσεων	2
Ταξινόμηση των μεθόδων συγκόλλησης	3
Χαρακτηρισμός της συγκολλητής σύνδεσης	5

Σύρματα – ράβδοι

Σύρματα για τη συγκόλληση χαλύβων	7
Σύρματα και ράβδοι για τη συγκόλληση μη σιδηρούχων μετάλλων	9

Συλλιπάσματα

Διάκριση των συλλιπασμάτων	17
Τηκόμενα συλλιπάσματα	20

Προστατευτικά αέρια

Αργό	23
Άζωτο	24
Ήλιο	25
Διοξείδιο του άνθρακα	26
Οξυγόνο	27
Υδρογόνο	28
Μίγμα αερίων	29

Συγκόλληση τόξου στην ατμόσφαιρα προστατευτικών αερίων

Χαρακτηριστικά της μεθόδου	30
--------------------------------------	----

Συγκόλληση τόξου με μη τηκόμενο ηλεκτρόδιο σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίων με τη μέθοδο GTA- TIG

Χαρακτηριστικά της μεθόδου	32
Παράμετροι συγκόλλησης	35
Τεχνολογία και τέχνη συγκόλλησης	53

Συγκόλληση τόξου με τηκόμενο ηλεκτρόδιο στην ατμόσφαιρα προστατευτικών αερίων GMA-MIG

Χαρακτηριστικά της μεθόδου της μεθόδου	63
Παράμετροι συγκόλλησης	66
Τεχνολογία και τεχνική συγκόλλησης	90

Εικόνες από μηχανές συγκόλλησης MIG

Σύρματα MIG (ARGON)

Λαβίδες MIG

Ανταλλακτικά

Εργαλεία συγκόλλησης

Είδη προστασίας

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συγκόλληση είναι μια από τις βασικές τεχνικές δημιουργίας και επισκευής διαφόρων μεταλλικών κατασκευών. Η ευρεία χρήση της συγκόλλησης οφείλεται στη δυνατότητα δημιουργίας κατασκευών και βιομηχανικών προϊόντων που χαρακτηρίζονται από πολλά πλεονεκτήματα. Η τεχνική της συγκόλλησης αποτελεί μια μέθοδο σύνδεσης και κοπής των μετάλλων, παραμερίζοντας τη διαδικασία της σφυρηλασίας, χύτευσης αλλά και τη χρήση ήλων.

Οι μηχανές για τη συγκόλληση ή την κοπή με τόξο, τη συγκόλληση ή την κοπή με ηλεκτρική αντίσταση ή με τριβή, τη συγκόλληση ή την κοπή με δέσμη ηλεκτρονίων όπως και την κοπή ή τη συγκόλληση με ακτίνες Laser μετατρέπουν την ηλεκτρική ενέργεια σε συγκεντρωμένη ροή θερμικής ενέργειας ικανής για την τοπική τήξη, τη δυνατότητα σύνδεσης ή κοπής των μετάλλων. Η εργασία της συγκόλλησης με τη χρησιμοποίηση των προαναφερθέντων μηχανών συγκόλλησης διενεργείται χειρωνακτικά μηχανοποιημένα, ημιαυτόματα, αυτόματα και με ρομποτικά συστήματα.

Ο σχεδιασμός διαφόρων τύπων κατασκευών και η τεχνολογία σύνδεσης, κοπής ή αναγόμεσης πραγματοποιείται με τη χρήση υπολογιστικών προγραμμάτων CAD/CAM και CAE.

Η χρησιμοποίηση αισθητηρίων σημάτων της ποιότητας σύνδεσης επιτρέπουν τον έλεγχο των διαδικασιών συγκόλλησης σε προγραμματισμένο χρόνο, εξασφαλίζοντας συνδέσεις συγκολλήσεων χωρίς σφάλματα. Η αντοχή και η ποιότητα της σύνδεσης των μετάλλων με συγκόλληση εξαρτάται κυρίως από το είδος του χρησιμοποιούμενου υλικού των εξαρτημάτων, τον τύπο κατασκευής και την

εφαρμοζόμενη τεχνολογία συγκόλλησης. Οι παράγοντες αυτοί ασκούν καθοριστική επίδραση στην ικανότητα συγκόλλησης των κατασκευαστικών εξαρτημάτων. Η έννοια της ικανότητας συγκόλλησης έχει ιδιαίτερη σημασία κατά τη συγκόλληση χαλύβων με αυξημένη αντοχή (σκληρότητα). Οι χάλυβες αυτοί σε σύγκριση με τους κοινούς, μαλακούς χάλυβες, παρουσιάζουν χαμηλή ικανότητα συγκόλλησης. Επειδή αυτά τα υλικά δεν συγκολλούνται εύκολα, υπάρχουν πιθανότητες σφαλμάτων με αποτέλεσμα τη μείωση της πλαστικότητας του μετάλλου και αύξηση της πιθανότητας θραύσης του υλικού. Έτσι λοιπόν, η θραύση των χαλύβων, συγκεκριμένα η ψαθυρή θραύση στις κατασκευές με συγκόλληση μπορεί να θεωρηθεί αποτέλεσμα της διαδικασίας συγκόλλησης.

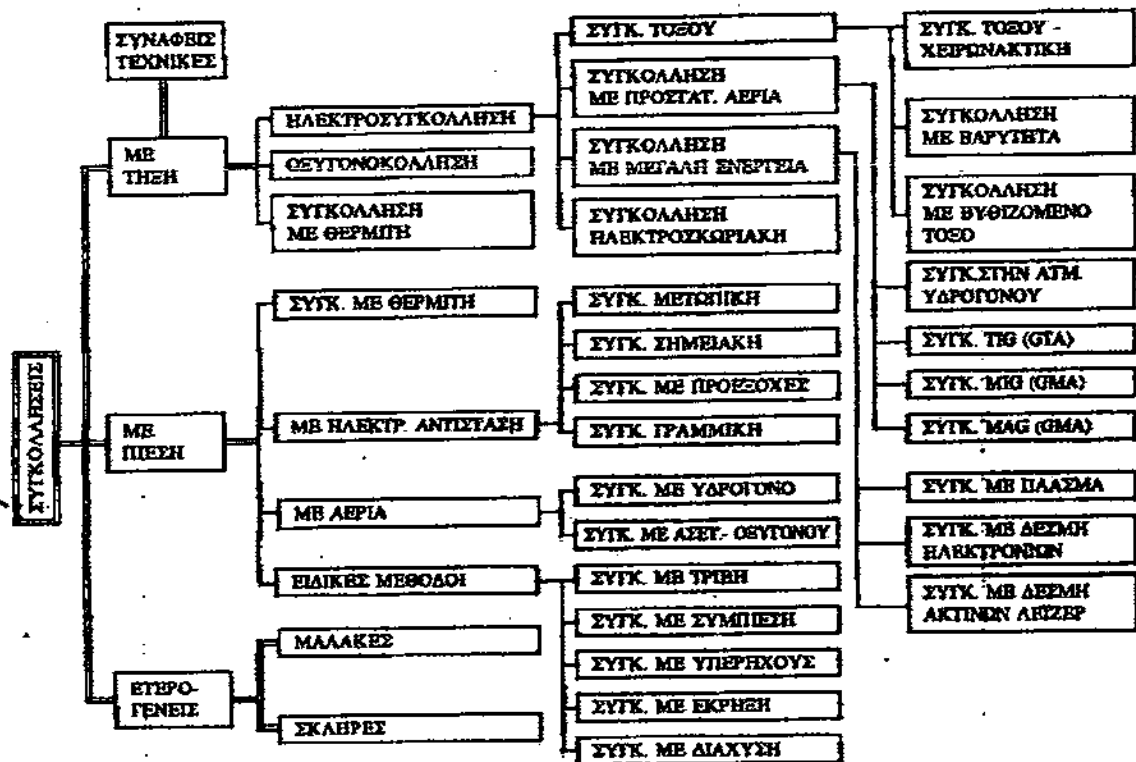
Το ιστορικό ανάπτυξης των συγκολλήσεων

Οι συγκολλήσεις είναι ένας ιδιαίτερος κλάδος της τεχνολογίας που συνδέει τις απλές μηχανουργικές τεχνικές λύσεις με τα πλέον ερευνητικά επιτεύγματα των Θετικών Επιστημών.

Η σύνδεση των μετάλλων με θέρμανση ήταν ήδη γνωστή στην αρχαιότητα και στο Μεσαίωνα. Ήδη τότε τα κατασκευάσματα από χρυσό, ασήμι, χαλκό, μπρούντζο, ορείχαλκο και αργότερα από χάλυβα επιτυγχάνονταν με τη θέρμανσή τους σε εστίες φωτιάς.

Στην αρχαία περίοδο των συγκολλήσεων οι μέθοδοι παραγωγής συνδέονται με τη χρησιμοποίηση της φλόγας αερίων και το ηλεκτρικό τόξο για την σύνδεση των μετάλλων.

Οι κυριότερες χρονικές περίοδοι που συνδέονται με την ανάπτυξη της τεχνικής συγκόλλησης αναφέρονται ως ακολούθως:



Σχ. Ταξινόμηση μεθόδων συγκόλλησης

Το 1920 εμφανίζονται οι πρώτες κατασκευές στη Ναυπηγική και στην υπόλοιπη Βιομηχανία, όπου αυξάνει η συμμετοχή των συγκολλητών κατασκευών στη συνολική ποσότητα των συνδέσεων. Σήμερα με τις εμπειρίες που αποκτήθηκαν με την εφαρμογή σύγχρονων μεθόδων συγκόλλησης (συγκόλληση με συγκεντρωμένη δέσμη ενέργειας, συγκόλληση με έκρηξη, κ.λ.π.) και με τη συμμετοχή της τεχνολογίας επιτυγχάνονται κατασκευές υψηλής αντοχής κι εξασφαλισμένης ποιότητας. Τώρα δημιουργούνται όλο και πιο πολύπλοκες κατασκευές ενώ το σύστημα TQM απαιτεί τη διατήρηση της αρχής των μηδέν σφαλμάτων στις συγκολλητικές συνδέσεις.

Ταξινόμηση των μεθόδων συγκόλλησης

Οι συγκολλήσεις είναι μια από τις κύριες τεχνικές εκτέλεσης και επισκευές διαφόρων μεταλλικών κατασκευών.

Η συγκόλλησης επιτυγχάνεται με τη θέρμανση των συνδεόμενων μετάλλων σε κατάλληλη θερμοκρασία για κάθε περίπτωση με πίεση ή μη και τη χρησιμοποίηση ή μη πρόσθετου υλικού.

Ανεξάρτητα από τη μέθοδο που χρησιμοποιείται, οι συγκολλήσεις διακρίνονται σε άμεσες, αυτογενείς και ετερογενείς.

Άμεσες είναι οι συγκολλήσεις που επιτυγχάνονται με θέρμανση των προς συγκόλληση μετάλλων σε θερμοκρασία χαμηλότερη της τήξης τους έως ότου καταστεί εύπλαστο το μέταλλο. Η συγκόλληση αυτή επιτυγχάνεται με πίεση ή με σφυρηλασία χωρίς τη χρησιμοποίηση πρόσθετου υλικού.

Αυτογενείς είναι οι συγκολλήσεις που επιτυγχάνονται με τη θέρμανση των μετάλλων προς συγκόλληση μέχρι την τήξη τους και με την προσθήκη ή μη πρόσθετου αυτογενούς μετάλλου. Στην περίπτωση αυτή έχουμε σύντηξη του βασικού μετάλλου με το εναποτιθέμενο υλικό. Εναποτιθέμενο υλικό είναι αυτό το οποίο προέρχεται από το πρόσθετο υλικό (του ηλεκτροδίου) και σχηματίζεται η κόλληση της σύνδεσης.

Ετερογενείς είναι οι συγκολλήσεις που επιτυγχάνονται με τη βοήθεια ευτηκτότερου υλικού άλλης χημικής σύστασης. Οι συγκολλήσεις αυτού του είδους δεν είναι τόσο ισχυρές όσο οι αυτογενείς. Οι ετερογενείς συγκολλήσεις διακρίνονται σε μαλακές και σκληρές.

Στις μαλακές (κασσιτεροκολλήσεις) η θερμοκρασία δεν υπερβαίνει τους 400-500°C.

Στις σκληρές (μπρουντζοκολλήσεις-ασημοκολλήσεις) απαιτείται θερμοκρασία θέρμανσης άνω των 500°C. Σε κάθε κατηγορία των αναφερθέντων μεθόδων διακρίνονται διάφοροι τρόποι συγκόλλησης. Υπάρχουν επίσης και πολλές άλλες συναφείς διαδικασίες με τη συγκόλληση στις οποίες χρησιμοποιούνται οι ίδιες πηγές θερμότητας. Τέτοιες συναφείς διαδικασίες είναι: η ανατόμωση, η θερμική κοπή των μετάλλων κ.α.

Κατά τη συγκόλληση των μετάλλων επηρεάζουν και λαμβάνουν χώρα οι εξής παράγοντες:

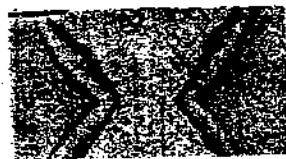
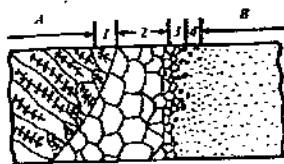
- α) Το είδος (χημική σύνθεση) των συγκολλούμενων μετάλλων
- β) Η χρησιμοποιούμενη πηγή ενέργειας και θερμότητας
- γ) Το περιβάλλον στο οποίο πραγματοποιείται η συγκόλληση.

Η αντοχή της σύνδεσης των μετάλλων με συγκόλληση εξαρτάται από δύο βασικούς παράγοντες:

- α) από την επιτευχθείσα, μετά τη στερεοποίηση, κρυσταλλική δομή στην κόλληση και στη ζώνη επηρεαζόμενη θερμικά
- β) από τις δημιουργούμενες τάσεις και παραμορφώσεις κατά τη διαδικασία συγκόλλησης ή και μετά

Χαρακτηρισμός της συγκολλητής σύνδεσης

Επειδή ο χάλυβας παραμένει ακόμη ως κύριο κατασκευαστικό υλικό θα γίνει ανάλυση της συγκολλητής σύνδεσης από χάλυβα



Συγκολλητή σύνδεση: α) μονόπλευρη συγκόλληση: Α - κόλληση, Β. μητρικό υλικό (μέταλλο βάσεως) 1 - ζώνη υπερθέρμανσης 3 - ζώνη εξομάλυνσης 4 - ζώνη μη πλήρους εξομάλυνσης β) μακροδομή συγκολλητής σύνδεσης

Η σύνδεση αυτή σε σχήμα X αποτελείται από το μητρικό υλικό που πρόκειται να συνδεθεί κι από την κόλληση (A). Επιπλέον εδώ εμφανίζεται και τρίτο στοιχείο πάρα πολύ σημαντικό, η ζώνη επηρεαζόμενη θερμικά (ZEΘ). Δηλαδή στρώμα μητρικού μετάλλου που εφάπτεται με την κόλληση, στο οποίο από το αποτέλεσμα της θερμότητας συγκόλλησης εμφανίζονται συγκεκριμένα φυσικά φαινόμενα. Το πλάτος της ζώνης που επηρεάζεται θερμικά εξαρτάται από την προσαγόμενη θερμική ενέργεια καθώς κι από το βαθμό συγκέντρωσης της πηγής θερμότητας.

Στην περιοχή αυτή (ZEΘ) παρατηρούνται όλα τα φυσικά φαινόμενα που συμβαίνουν σε θερμαινόμενο μέταλλο κάτω της θερμοκρασίας T_s .

Η ζώνη που επηρεάζεται θερμικά ανάλογα με τη θερμοκρασία θέρμανσης είναι δυνατόν να διαιρεθεί σε μικρότερες περιοχές, όπως προκύπτει από το Σχήμα 2α. Η συγκολλούμενη σύνδεση έχει ισχυρή ανομοιογένεια στη δομή, άρα και ανομοιογενείς μηχανικές ιδιότητες.

Οι ιδιότητες της συγκολλούμενης σύνδεσης (κόλληση και ZEΘ) διαφέρουν σημαντικά από τις ιδιότητες του μητρικού υλικού.

Στη ζώνη που επηρεάζεται θερμικά συνήθως έχουμε μείωση των πλαστικών ιδιοτήτων.

Μερικές φορές εμφανίζονται επίσης και ρωγμές στη ZEΘ. Επιπλέον στην κόλληση μπορούν να εμφανισθούν πόροι, σκουριές, κρυσταλλική ρωγμάτωση κι άλλα σφάλματα. Οι δομικές και θερμικές μεταβολές που συμβαίνουν κατά τη διάρκεια της θέρμανσης και ψύξης του μετάλλου προξενούν γύρω από τη συγκολλούμενη σύνδεση ισχυρό πεδίο τάσεων. Η τωρινή τεχνική συγκόλλησης επιτρέπει την εκτέλεση συνδέσεων με συγκόλληση για διάφορα υλικά. Οι ιδιότητες όμως αυτών των συνδέσεων μπορούν να διαφέρουν πάρα πολύ από τις ιδιότητες του μητρικού υλικού και πρακτικά η χρησιμοποίησή τους δημιουργεί ερωτηματικά. Οι

συγκολλητές συνδέσεις δεν έχουν πρακτική εφαρμογή, όταν εμφανιστούν ρωγμές στην κόλληση και στη ΖΕΘ.

Ο βαθμός της δομικής ανομοιογένειας καθώς και τα σφάλματα στην κόλληση εξαρτώνται από την πορεία των μεταλλουργικών φαινομένων κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης, ενώ η πορεία αυτών των φαινομένων εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, οι οποίοι είναι αποφασιστικοί για τις ιδιότητες που θα αποκτήσουν οι συγκολλητές συνδέσεις. Οι παράγοντες αυτοί επίσης ορίζουν τη χαρακτηριστική ιδιότητα του συγκολλούμενου υλικού που ονομάζεται συγκολλητικότητα.

ΣΥΡΜΑΤΑ – ΡΑΒΔΟΙ

Σύρματα για τη συγκόλληση χαλύβων

Σύρματα συμπαγή για τη συγκόλληση με αέρια με βυθιζόμενο τόξο και στην ατμόσφαιρα προστατευτικών αερίων.

Η επιλογή κατάλληλου σύρματος για τη συγκόλληση εξαρτάται κυρίως από τη χημική σύσταση του συγκολλούμενου χάλυβα κι από τη μέθοδο συγκόλλησης.

Η χημική σύσταση των συρμάτων για τη συγκόλληση διάφορων χαλύβων, έχει ως ακολούθως:

1) Μαλακοί ανθρακοχάλυβες μαγγανίου

C: max 0,1%, Mn : 0,3-20%, Si: 0,03-0,3%

Cr: max 0,2%, Ni: max 0,3%, S: max 0,03%, P: max 0,03%

2) Μαλακοί ανθρακοχάλυβες Mn - Si

C: max 0,12%, Mn: 1,3-2,20%, Si: 0,70-1,00%

Cr: max 0,25%, Ni: max 0,30%, S: max 0,03%, P: max 0,03%

3) Ελαφρά κραματωμένοι χάλυβες Mn – Si – Cr

C: 0,32-0,45%, Mn: 0,80-2,20%, Si: 1,00-1,40%

Cr: 1,10-1,50%, Ni: max 0,3%, S: max 0,30%, P: max 0,03%

4) Ελαφρά κραματωμένοι χάλυβες χρωμίου

C: 0,08-0,15%, Mn: 0,30-0,80%, Si: 0,30-1,00%

Cr: 13,00-27,00%, Ni: max 0,60%, S: max 0,030%, P: max 0,03%

5) Ισχυρά κραματωμένοι χάλυβες Cr – Ni

C: 0,04-0,15%, Mn: 1,00-8,00%, Si: 0,30-1,50%

Cr: 15,00-25,00%, Ni: 8,00-37,00%, S: 0,018-0,03%, P: max 0,03%

Τα σύρματα για τη συγκόλληση παράγονται κυρίως με διαμέτρους 0,6-7 mm με τη μορφή ράβδων, κουλούρων ή περιτυλιγμένα σε καρούλια.

Για την οξυγονοκόλληση χρησιμοποιούνται ράβδοι με μήκος 1000 ± 5 mm ή τμήματα με ελεύθερο μήκος που κόβεται από κουλούρες.

Για τη συγκόλληση με βυθιζόμενο τόξο χρησιμοποιούνται σύρματα με διαμέτρους 2-7 mm με τη μορφή κουλούρων με επικάλυψη της επιφάνειας από χαλκό ή άλλο μέταλλο ή ακόμη από κράματα (π.χ. νικελίου, χρωμίου ή μπρούντζου).

Μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν σύρματα με στρώμα άλλου μετάλλου. Ωφελιμότερα όμως είναι τα σύρματα με επικάλυψη από χαλκό επειδή είναι ανθεκτικότερα στην οξείδωση και εξασφαλίζουν την καλύτερη ηλεκτρική επαφή με τους ακροδέκτες τροφοδοσίας ρεύματος στο σύρμα κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης.

Για την ημιαυτόνομη συγκόλληση τόξου στην ατμόσφαιρα του διοξειδίου του άνθρακα (CO_2) με μίγματα αυτού του αερίου ή με άλλα αέρια χρησιμοποιούνται σύρματα με διαμέτρους 0,6-2,4 mm κυρίως με επιχαλωμένη επιφάνεια. Τα σύρματα αυτά προμηθεύονται περιτυλιγμένα σε καρούλια.

Η επιφάνεια των συρμάτων πρέπει να είναι καθαρή και ομαλή, χωρίς σκουριές και λίπη. Οι ακαθαρσίες που αναφέρθηκαν μπορούν να αποτελέσουν την αιτία εμφάνισης πόρων κατά τη συγκόλληση.

Τα σύρματα ανάλογα με τη διάμετρό τους και τη μέθοδο συγκόλλησης εμφανίζονται στην ακόλουθη μορφή:

- σε κουλούρες, σύρματα με διαμέτρους 0,8-6 mm
- περιτυλιγμένα σε καρούλια, σύρματα με διαμέτρους 0,6-1,6 mm
- σε ράβδους, σύρματα με διαμέτρους 1-7 mm

Σύρματα και ράβδοι για τη συγκόλληση μη σιδηρούχων μετάλλων

Το εναποτιθέμενο υλικό για τη συγκόλληση των μη σιδηρούχων μετάλλων με μορφή ράβδων με όλκιση ή με χύτευση καθώς και συρμάτων σε κουλούρες και σε καρούλια παράγεται με διάμετρο 1-10 mm.

α) Εναποτιθέμενο υλικό χαλκού

Για τη συγκόλληση του χαλκού με αέρια μπορούν να χρησιμοποιηθούν ως εναποτιθέμενα υλικά, σύρματα από ηλεκτρολυτικό χαλκό αλλά μόνο για την εκτέλεση λιγότερο υπεύθυνων συνδέσεων σε λεπτά ελάσματα τα οποία στις περαιτέρω διεργασίες δεν θα υποστούν πλαστικές παραμορφώσεις. Σε όλες τις υπόλοιπες περιπτώσεις απαραίτητη είναι η χρησιμοποίηση ειδικών εναποτιθέμενων υλικών που να περιέχουν μικρή ποσότητα προσθηκών κραμάτωσης όπως φώσφορος, ασήμι, νικέλιο, πυρίτιο, μαγγάνιο, τιτάνιο, βανάδιο κ.α. Σκοπός των αναφερθέντων προσθηκών κραμάτωσης είναι η αλληλεπίδραση με τα συλλιπιάσματα για την αναγωγή οξειδίων, τη μείωση της ικανότητας του χαλκού για τη διάλυση των αερίων, για την εκλέπτυνση των κόκκων καθώς και για το χαμήλωμα της θερμοκρασίας τήξης του εναποτιθέμενου υλικού (περίπου κατά 20-40°C), πράγμα που επιρέπει την ταχύτερη εκτέλεση χωρίς την υπερβολική και επιβλαβή υπερθέρμανση του χαλκού.

Η ικανότητα δεδομένου σύρματος χαλκού ως εναποτιθέμενου υλικού μπορεί να καθορισθεί από την υπότηξη του άκρου του σύρματος με καυστήρα. Το ομαλό άκρο του σύρματος χωρίς κρατήρες ή πόρους αποδεικνύει την ικανότητά του ως εναποτιθέμενο υλικό. Τα εναποτιθέμενα υλικά (Πίνακας 1) παράγονται με μορφή ράβδων και συρμάτων σε κουλούρες ή καρούλια για τη συγκόλληση με τη μέθοδο MIG. Οι περιεκτικότητες στο εναποτιθέμενο υλικό μαγγανίου και πυριτίου πληρούν το ρόλο αποξειδωσης, τα οποία μετά τις αντιδράσεις με το οξυγόνο και το υδρογόνο

εκτοξεύονται από το τόξο του αργού ή διαλύονται δια του συλλιπάσματος (με τη μέθοδο TIG).

β) Εναποτιθέμενο υλικό αλουμινίου

Το εναποτιθέμενο υλικό αλουμινίου και των κραμάτων του παράγονται σε σχετικά μεγάλη ποικιλία ποιοτήτων και διαστάσεων.

Η χημική σύσταση και η επιλογή αυτών των εναποτιθέμενων υλικών αλουμινίου για τη συγκόλληση διάφορων κατηγοριών κραμάτων αλουμινίου χυτευτών ή πλαστικά κατεργασθέντων, φαίνεται παρακάτω (Πίνακας 2, Πίνακας 3).

Χημική σύσταση και χρησιμοποίηση των εναποτιθέμενων υλικών χαλκού

Χημική σύσταση %											Προσανατολισμένη θερμοκρασία τήξης °C	Κύριες χρησιμοποιήσεις		
Προσθήκες κραμάτων				Επιτρεπόμενες ακαθαρίες max								Συνδεδεμένα μέταλλα	Παραδείγματα	
Ag	Si	Mn	Mn + Si	Ni	Mg	P	Si	Pb	Fe	Γενικά				
0,5 - 1,0	—	—	—	0,1	0,1	0,05	0,05	0,05	0,05	0,1	1070	Χαλκός, χάλυβας, πυροσυσσωματωμένα μέταλλα	Οξυγονοκόλληση χημικών συσκευών, δοχείων και ηλεκτρικών αγωγών, στερεογενείς κολλήσεις πυροσυσσωματωμένων καρβιδίων με μαρφή πλαστικών	
5	—	0,1 - 0,3	0,1 - 0,3	Mn 0,3	0,1	—	0,05	—	0,005	0,05	0,1	1060	Χαλκός	Συγκόλληση τόξου στην ατμόσφαιρα αργού με μεθόδους TIG και MAG χημικών συσκευών, δοχείων, ηλεκτρικών αγωγών καθώς και άλλων χάλκινων κατασκευών.

Χημική σύσταση και χρησιμοποίηση του εναποτιθέμενου υλικού ηλεκτροδίων αλουμινίου

Σύμβολο	Χημική σύσταση, %						Χρησιμοποίηση
	Al min	Επιτρεπόμενη περιεκτικότητα ακαθαρσιών					
		Fe max	Si max	Fe+Si max	Cu max	Άθροισμα ακαθαρσιών max	
Al 99,90	99,90	0,06	0,06	0,095	0,005	0,10	Για τη συγκόλληση χημικών συσκευών και συσκευών που εργάζονται σε διαβρωτικό περιβάλλον
Al 99,85	99,85	0,10	0,08	0,142	0,008	0,15	
Al 99,70	99,70	0,16	0,16	0,260	0,020	0,30	Για τη συγκόλληση καλωδίων και ηλεκτρικών αγωγών καθώς και βιομηχανικών συσκευών τροφίμων
Al 99,60	99,60	0,25	0,20	0,360	0,020	0,40	
Al 99,50	99,50	0,30	0,30	0,450	0,030	0,50	Για τη συγκόλληση βιομηχανικών συσκευών μηχανών κ.ά.

Όπως προκύπτει από αυτούς τους πίνακες η επιλογή της κατηγορίας του εναποτιθέμενου υλικού είναι διαφορετική για κάθε συγκολλούμενο υλικό ανάλογα με:

- τη συγκολλητότητα δεδομένου κράματος
- τις απαιτούμενες μηχανικές ιδιότητες των συνδέσεων
- την αναγκαία ανθεκτικότητα στη διάβρωση
- τον επιθυμητό βαθμό συμφωνίας του χρώματος της κόλλησης με το μητρικό υλικό μετά από διαδικασία ηλεκτρόλυσης.

γ) Εναποτιθέμενο υλικό ορείχαλκου

Στα εναποτιθέμενα υλικά ορειχάλκων η περιεκτικότητα των κύριων προσθηκών κραμάτωσης πρέπει προσεγγιστικά να αντιστοιχεί στις περιεκτικότητες των προσθηκών του συγκολλούμενου υλικού (η περιεκτικότητα Ζn πάντα είναι χαμηλότερη). Στα εναποτιθέμενα υλικά δεν εισάγονται προσθήκες που χειροτερεύουν τη συγκολλητικότητα του ορειχάλκου, π.χ. δεν εισάγεται το κάδμιο που εύκολα ατμοποιείται, ο μόλυβδος που δεν διαλύεται στο χαλκό και που αυξάνει την τάση των κολλήσεων για ρηγματώσεις, καθώς και προσθήκες που δημιουργούν στερεά οξειδία (Al, Ti, Zr, Be).

Σκόπιμα όμως εισάγονται μικρές ποσότητες πυριτίου, κασιτέρου, νικελίου, ασημιού και μερικές φορές μαγγανίου, τα οποία παίζουν το ρόλο του αποξειδωτή και τροποποιητή εκλέπτυνσης των κόκκων, βελτίωσης των πλαστικών ιδιοτήτων του εναποτιθέμενου υλικού, κ.α.

Τα εναποτιθέμενα υλικά ορειχάλκου φαίνονται στον Πίνακα 4.

Χημική σύσταση και χρησιμοποίηση του εναποτιθέμενου κραματωμένου αλουμινίου

Σύμβολο	Χημική σύσταση, %				Επιτρεπόμενες αποκλίσεις, %					Χρησιμοποίηση
	Al	Mg	Mn	Si	Fe	Si	Fe + Si	Zn	Άθροισμα	
Al Mn 1	υπόλοιπο	—	1,0 + 1,6	—	0,7	0,6	—	0,1	1,75	Για τη συγκόλληση κραμάτων με την ίδια ή παρόμοια χημική σύσταση που πληροίται αυτήν του εναποτιθέμενου υλικού.
Al Mg 2 Mn	»	2,0 + 2,6	0,15 + 0,4	—	0,4	0,4	0,6	—	0,8	
Al Mg3 Mn	»	3,2 + 3,8	0,3 + 0,6	—	0,5	0,6	—	0,2	1,45	
Al Mg 5 Mn	»	4,7 + 5,7	0,2 + 0,6	—	0,4	0,4	0,6	—	0,9	
Al Si 5	»	—	—	4,5 + 6,0	0,6	—	—	0,1	0,9	Για τη συγκόλληση δυσκόλου-γκολλούμενων κραμάτων και χυμών από κράματα Al
Al Si 11	»	—	0,5	10,0 + 13,0	0,8	—	—	0,3	2,2	Για τη σωστή επεξεργασία κόλλη-ση Al, συγκόλληση χυμών από κράματα με ομοιότητα του Al Si.

Χημική σύσταση του εναποτιθέμενου κραματομένου ορείχαλκου

Χημική σύσταση, %									Θερμοκρασία πύξης °C	Κύρια χαρακτηριστικά	
Κραματικές προσθήκες					Επιτρεπόμενες ακαθαρσίες max					Συνδυάσιμα μέταλλα	Παραδείγματα
Cu	Sn	Sb	Si	Άλλα	Pb	Fe	Άλλα	Γενικά			
61 - 64	υπόλοιπο	—	—	—	0,08	0,1	—	0,25	910	Χάλυβας, χαλκός, ορείχαλκος με περιεκτικότητα πάνω από 68% Cu	Σκληρές κολλήσεις ετερογενείς λεπτών παρασκευασμάτων
59 - 61	υπόλοιπο	1,0 - 1,5	max 0,1	—	0,30	0,1	—	0,50	900	Χαλκός, ορείχαλκος, μπρούντζος	Συγκόλληση εξοπλισμού ορείχαλκου και αεριογόνων, κολλήσεις στεγανών εξαρτημάτων για την κατασκευή μηχανών
39 - 61	υπόλοιπο	—	0,2 - 0,4	—	0,10	0,1	—	0,30	900	Χάλυβας, χυτοσίδηρος	Συγκόλληση ορείχαλκων κολλήσεις ετερογενείς αεριογόνων και συσκευών.
58 - 60	υπόλοιπο	0,15 - 0,4	0,1 - 0,3	Ag=0,2 - 0,4	0,05	0,1	Al = 0,05	0,30	900	Χάλυβας, χαλκός, μπρούντζος	Ετερογενείς κολλήσεις λεπτοχειρικών συσκευών
62 - 64	υπόλοιπο	—	0,2 - 0,4	Ni = 6 - 9	0,05	—	P = 0,05	0,10	900	Ορείχαλκος υψηλής περιεκτικότητας σε Ni, σκληρομέταλλα	Συγκόλληση αεριογόνων και γράβων με υψηλή παρακατάσταση σε νεάριο, σκληρές ετερογενείς κολλήσεις σκληρομετάλλων.

Χημική σύσταση και χρησιμοποίηση του εναποτιθέμενου υλικού κραματομένου μπρούντζου

Χημική σύσταση, %									Θερμοκρασία πύξης °C	Κύρια χαρακτηριστικά	
Κραματικές προσθήκες					Επιτρεπόμενες ακαθαρσίες max					Συνδυάσιμα μέταλλα	Παραδείγματα
Cu	Sn	Si	Mn	P	Pb	Fe	P	Γενικά			
υπόλοιπο	6,7	—	—	0,1 - 0,4	0,1	0,1	—	0,3	1030	Μπρούντζος, χάλυβας, χυτοσίδηρος	Συγκόλληση αντικειμένων από χαλκό, ετερογενείς κολλήσεις σκευών και οργάνων
υπόλοιπο	—	2,8 - 3,5	1,0 - 1,5	—	0,05	0,05	1,1	1,1	1015	Χαλκός, μπρούντζος, κράμα γαλίου	Συγκόλληση εξαρτημάτων ηλεκτρολογικών οργάνων

Στις περιπτώσεις που απαιτείται διαβρωτική ανθεκτικότητα ή αντοχή και μεγάλη χημική ομοιότητα της κόλλησης με το μητρικό υλικό, χρησιμοποιείται ως

εναποτιθέμενο υλικό σύρμα ή αποκόμματα (λιγότερο ωφέλιμα) από τα μητρικά υλικά. Αυτό αφορά ιδιαίτερα τους ειδικούς ορείχαλκους με πολλές προσθήκες και χωρίς μόλυβδο, π.χ. τους ορείχαλκους αλουμινίου. Τέτοιου είδους επιλογή είναι ανεπίτρεπτη για τη συγκόλληση ορείχαλκων μολύβδου (το εναποτιθέμενο υλικό χωρίς μόλυβδο χαμηλώνει την περιεκτικότητα Pb στην κόλληση και την ευαισθησία για ρηγματώση).

Οι ισχυροί ορείχαλκοι χαλκού μπορούν επίσης να συγκολληθούν με τη μέθοδο GTA (TIG) ή για τους μπρούντζους επίσης με τη μέθοδο GMA (MIG).

Τα παραγόμενα εναποτιθέμενα υλικά μπρούντζου δίνονται στον Πίνακα 5. Οι ειδικοί μπρούντζοι, π.χ. αλουμινίου, μαγγανίου και νικελίου (εκτός αυτών του μολύβδου) μπορούν να συγκολληθούν και με τη μέθοδο TIG, χρησιμοποιώντας ως εναποτιθέμενο υλικό, σύρματα ή ακόμη χυτές ράβδους (στην περίπτωση χυτοκραμάτων χαλκού) με υψηλή περιεκτικότητα αυτών των προσθηκών κραμάτωσης, οι οποίες ανάγονται στη διαδικασία συγκόλλησης.

δ) Εναποτιθέμενο υλικό νικελίου

Στα εναποτιθέμενα υλικά νικελίου σκόπια εισάγονται προσθήκες που ενώνονται με το θείο και το οξυγόνο που είναι οι κυριότερες επιβλαβείς ακαθαρσίες του νικελίου, προξενώντας την ευθραυστότητα εν θερμώ.

Η αρνητική επίδραση αυτών των ακαθαρσιών εξαλείφεται αποτελεσματικά με το Mn (μέχρι 1,5%), το Mg (μέχρι 0,1%) και το Li (0,004-0,06%) ως στοιχεία αποθείωσης (δημιουργούν MnS, MgS, Li₂S) καθώς και με το Si (μέχρι 0,25%), το Ti (μέχρι 1,3%) και το Al (μέχρι 1%) ως στοιχεία αποξειδωσης.

Σύμφωνα με τα δεδομένα του Πίνακα 6 για το νικέλιο προορίζεται το εναποτιθέμενο υλικό που παράγεται με μορφή συρμάτων διαμέτρου 1-10 mm.

Το εναποτιθέμενο αυτό υλικό περιέχει 1,6-2,2% Μπ, το οποίο ενώνει αποτελεσματικά το θείο με το οξυγόνο στις διαδικασίες συγκόλλησης του νικελίου με τις μεθόδους TIG και MIG (η οξυγονοκόλληση ήδη, στην πράξη, δεν χρησιμοποιείται).

Χημική σύσταση και κύρια χρησιμοποίηση τον εναποτιθέμενου υλικού νικελίου

Χημική σύσταση %				Θερμοκρασία τήξης [°C]	Κύρια χαρακτηριστικά	
Χρωματικές προσθήκες		Επιτρεπόμενες ακαθαρσίες			Συνδεδεμένα μέταλλα	Παραδείγματα
Μπ	Νι	Γε	Γενικά			
1.6-2.2	υπόλοιπο	0.1	0.2	1450	Νικέλιο	Συγκόλληση χημικών συσκευασιών και προϊόντων από νικέλιο

ΣΥΛΛΙΠΙΑΣΜΑΤΑ

Διάκριση των Συλλιπασμάτων

Από την άποψη του τρόπου παρασκευής τα συλλιπάσματα διαίρονται σε τηκόμενα και μη τηκόμενα (κεραμικά και μικτά). Τα συλλιπάσματα παρασκευάζονται από ορυκτά υλικά με τήξη σε κλιβάνους ηλεκτρικούς ή φλογοβόλους. Τα συλλιπάσματα συνήθως περιέχουν μεταλλικές προσθήκες κυρίως μαγγανίου και πυριτίου, τα οποία ενισχύονται με πυροσυσσωμάτωση σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία, γενικά κάτω των 800°C.

Τα κεραμικά συλλιπάσματα με πυροσυσσωμάτωση σε θερμοκρασία πάνω από 1000°C δεν περιέχουν μεταλλικές προσθήκες και ονομάζονται πυροσυσσωματωμένα συλλιπάσματα.

Σύμφωνα με τις υποδείξεις του Διεθνούς Ινστιτούτου Συγκόλλησης (ΔΙΣ), οι διάφοροι τύποι συλλιπασμάτων συμβολίζονται ως εξής:

F: συλλίπασμα τηκόμενο

B: συλλίπασμα κεραμικό

M: συλλίπασμα μίγματος

Το συλλίπασμα μίγματος μπορεί να είναι ελεύθερο μηχανικά μίγμα των τηκόμενων και των κεραμικών συλλιπασμάτων, όπως επίσης και ειδικές προσθήκες π.χ. μη μεταλλικές. Εκτός των αναφερθέντων συμβόλων, που συμβολίζουν τον τρόπο παραγωγής του συλλιπασματος, οι υποδείξεις για την κατάταξη του ΔΙΣ (εγγρ.ΧΠ 512-70) προβλέπουν πρόσθετα και τους κώδικες που χαρακτηρίζουν τις ιδιότητες του συλλιπασματος.

1) Ανθεκτικότητα στη φόρτιση με ρεύμα συγκόλλησης

Το μέγιστο ρεύμα συγκόλλησης σε Ampere, που ορίζεται από τον αραβικό αριθμό πολλαπλασιαζόμενο με το 100 είναι η επιτρεπόμενη τιμή της έντασης του ρεύματος συγκόλλησης με ένα σύρμα ηλεκτροδίου, με το οποίο επιτυγχάνεται η ορθολογική εκτέλεση της κόλλησης (π.χ. το σύμβολο F10 συμβολίζει συλλίπασμα τηκόμενο, που προσφέρεται για τη συγκόλληση με ρεύμα έντασης μέχρι 1000A).

2) Ικανότητα για συγκόλληση με μεγάλες ταχύτητες

Το συλλίπασμα επιτρέπει τη συγκόλληση με ταχύτητες άνω των 200 m/h και κωδικοποιείται με το σύμβολο S. Στην περίπτωση συλλιπασμάτων για τη συγκόλληση με μικρότερες ταχύτητες στο σύμβολο κατάταξης του συλλιπασματος δεν προβλέπεται ειδικός κώδικας.

3) Ικανότητα για συγκόλληση με κατάλληλο ρεύμα

Ο κώδικας *a*, στο σύμβολο κατάταξης συμβολίζει την ικανότητα συγκόλλησης του συλλιπασματος με ρεύμα εναλλασσόμενο ή συνεχές.

Ο κώδικας *b*, συμβολίζει την ικανότητα συγκόλλησης του συλλιπασματος με συνεχές ρεύμα.

Ο κώδικας *c*, συμβολίζει την ικανότητα του συλλιπασματος για συγκόλληση με άλλα είδη ρεύματος

4) Απαιτήσεις που αφορούν στην ελάχιστη τάση U της εν κενώ λειτουργίας (COVC) της πηγής ρεύματος για την εγγύηση της σταθερότητας του τόξου συγκόλλησης στη διαδικασία της συγκόλλησης

Ο κώδικας *x*, χωρίς περιορισμούς ιδιαίτερα για πηγές ρεύματος με χαμηλές τάσεις της εν κενώ λειτουργίας $U < 65V$

Ο κώδικας *y*, απαιτούμενη τάση $U \geq 65V$

Ο κώδικας z, απαιτούμενη τάση $U \geq 80V$

5) Η ιδιότητα μεταλλουργικής αντίδρασης στη χημική σύσταση του εναποτιθέμενου υλικού, στην περιοχή των βασικών προσθηκών, δηλαδή του μαγγανίου και του χρωμίου.

Τα συλλιπάσματα ανάλογα με τη δική τους μεταλλουργική δραστηριότητα μπορούν να προξενήσουν προσαυξήσεις ή ελάττωση του Mn και του Si στις κολλήσεις. Σύμφωνα με τον Πίνακα 7, οι αριθμοί από 1-4 χαρακτηρίζουν το συλλίπασμα που προξενεί στις κολλήσεις ελάττωση του Mn και του Si, που σημαίνει το κάψιμο αυτών των προσθηκών κατά τη συγκόλληση. Ενώ οι αριθμοί από 6-9 χαρακτηρίζουν τις προσαυξήσεις των προαναφερθέντων προσθηκών στις κολλήσεις, δηλαδή στη μετάβαση ορισμένης ποσότητας Mn και Si από το συλλίπασμα στην κόλληση.

Ο αριθμός 5 πρακτικά σημαίνει τη μεταλλουργική αδράνεια του συλλιπάσματος. Το συλλίπασμα εγγυάται στις κολλήσεις τη σταθερότητα της χημικής σύστασης. Ο μεταλλουργικός χαρακτήρας δεδομένου συλλιπάσματος καθορίζεται από δοκιμασία της χημικής σύστασης μιας στρώσης της κόλλησης εκτελούμενης με σύρμα S₂, με περιεκτικότητα περίπου 1% Mn, σε έλασμα από καθησυχασμένο ανθρακοχάλυβα χαμηλού άνθρακα. Η δοκιμασία αυτή εκτελείται σύμφωνα με τις υποδείξεις των συνθηκών προτυποποίησης του ΔΙΣ: ΧΠ 512-70.

Παράδειγμα συμβολισμού κατατασσόμενου συλλιπάσματος: Συλλίπασμα

F8ay96: Οι διάφοροι κώδικες στο σύμβολο κατάταξης του συλλιπάσματος καθορίζουν:

F: συλλίπασμα τηκόμενου τύπου, 8: ικανό για τη συγκόλληση με μέγιστη ένταση ρεύματος 800A, a: δυνατότητα συγκόλλησης με συνεχές ή εναλλασσόμενο, y: τάση της εν κενώ λειτουργίας της πηγής ρεύματος, η οποία πρέπει να είναι το

ελάχιστο 65V, 9: το συλλίπασμα προξενεί μεγάλη προσαύξηση του μαγγανίου στην κόλληση και 6: ασήμαντη μετάβαση του πυριτίου στην κόλληση.

Χαρακτηριστικοί δείκτες της μεταλλουργικής δραστηριότητας των συλλιπασμάτων για τη συγκόλληση με βυθιζόμενο τόξο

Μεταλλουργική αλληλεπίδραση του συλλιπασματος στο Mn και Si στην κόλληση	Ονομαστικοί αριθμικοί δείκτες αλληλεπίδρασης του συλλιπασματος	Μεταβολές στη χημική σύσταση κατά τη δοκιμασία επιφανειακής κόλλησης	
		Mn ¹⁾ %	Si ²⁾ %
Ελάττωση Mn και Si	1	> 35	> 0,35
	2	25 - 35	0,20 - 0,35
	3	15 - 25	0,10 - 0,20
	4	5 - 15	0,03 - 0,10
Αδρανής	5	6 - 5	0 - 0,03
Προσαύξηση Mn και Si	6	5 - 15	0,03 - 0,10
	7	15 - 25	0,10 - 0,20
	8	25 - 35	0,20 - 0,35
	9	> 35	> 0,35

1) Μεταβολή της περιεκτικότητας του Mn επί τοις % σε σχέση με την αρχική ποσότητα.
2) Περιεκτικότητα του Si στη δοκιμασία επιφανειακής κόλλησης (αναγόμεως).

Το δεδομένο συλλίπασμα, λόγω της μεγάλης προσαύξησης του μαγγανίου στην κόλληση, δεν πρέπει να χρησιμοποιηθεί για τη συγκόλληση χοντρών ελασμάτων με την τεχνική πολλαπλών κορδονιών ιδιαίτερα για ελάσματα πάχους άνω των 40mm (κλιμακωτή προσαύξηση του μαγγανίου με την αύξηση του αριθμού των στρώσεων στην κόλληση).

Η κατάταξη των συλλιπασμάτων σύμφωνα με τις υποδείξεις του ΔΙΣ έχει προσανατολιστικό χαρακτήρα. Παρόμοια κατάταξη των συλλιπασμάτων για τη συγκόλληση με βυθιζόμενο τόξο εισήχθη προγενέστερα στους κανονισμούς DIN 8557. Ο τρόπος που περιγράφηκε παραπάνω για το συμβολισμό και κωδικοποίηση των συλλιπασμάτων, σύμφωνα με τις υποδείξεις του ΔΙΣ, ή και τους κανονισμούς DIN χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία των περισσότερων χωρών.

Τηκόμενα Συλλιπάσματα

Για τη συγκόλληση και αναγόμευση με βυθιζόμενο τόξο καθώς και με την ηλεκτροσκοωριακή μέθοδο, χρησιμοποιούνται τηκόμενα συλλιπάσματα. Η τεχνική χρησιμοποίησης των συλλιπασμάτων εκτιμάται βάσει της χημικής σύστασης (Πίνακας 8) των φυσικών ιδιοτήτων και των ιδιοτήτων τεχνικής συγκόλλησης δεδομένου συλλιπάσματος.

Οι χαρακτηριστικές φυσικές ιδιότητες των συλλιπασμάτων ορίζονται από τις ακόλουθες ιδιότητες: την ομοιομορφία, την κοκκομετρία και την υγρασία.

Τα τηκόμενα συλλιπάσματα παράγονται σε δύο κατηγορίες βάσει της κοκκομετρίας: 0,32-2,5mm και 0,32-1,6mm.

Τα συλλιπάσματα με ψιλή κοκκομετρία (μέχρι 1,6mm) χρησιμοποιούνται κυρίως για τη συγκόλληση με μεγάλες ταχύτητες, για την εκτέλεση κολλήσεων με χαμηλή ένταση αλλά και για τη συγκόλληση με ηλεκτρόδια ταινίας.

Η υγρασία στο συλλίπασμα αποτελεί την αιτία δημιουργίας πόρων αερίου στις κολλήσεις. Η επιτρεπόμενη υγρασία των συλλιπασμάτων δεν μπορεί να υπερβαίνει το 0,1% ενώ σε ειδικές περιπτώσεις χρησιμοποίησης το 0,05% (π.χ. στα συλλιπάσματα για τη συγκόλληση με ταχύτητα άνω των 100m/h και κατά την αναγόμευση με ηλεκτρόδια ταινίας).

Η θερμοκρασία στεγνώματος των συλλιπασμάτων είναι περίπου 300°C. Για τη συγκόλληση ανθρακοχαλύβων με χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα χρησιμοποιούνται συνήθως όξινα συλλιπάσματα. Για τη συγκόλληση ελαφρά κραματωμένων χαλύβων χρησιμοποιούνται συνήθως αδρανή και βασικά συλλιπάσματα.

Περιεκτικότητα MnO στο συλλίπασμα	Περιεκτικότητα Mn στο σύρμα
MnO άνω από 30%	0,3-0,6% Mn
MnO 25-15%	0,8-1,2% Mn
MnO 12-0%	1,5-2,5% Mn

Τα όξινα συλλιπάσματα αντέχουν σε υψηλότερες παραμέτρους ρεύματος (A, V) και είναι λιγότερο ευπαθή στη δημιουργία πόρων. Η μεγάλη περιεκτικότητα του SiO₂ στις κολλήσεις προξενεί μείωση των πλαστικών ιδιοτήτων των κολλήσεων.

Τα βασικά συλλιπάσματα περιέχουν συνήθως οξειδία του ασβεστίου (CaO), οξειδία του μαγγανίου (MnO), οξειδία του αλουμινίου (Al₂O₃), φθορίτη (CaF₂) καθώς και περιορισμένη ποσότητα SiO₂. Τα συλλιπάσματα αυτά είναι λιγότερο ανθεκτικά στις υψηλές παραμέτρους του ρεύματος συγκόλλησης, είναι περισσότερο ευπαθή στη δημιουργία πόρων στις κολλήσεις αλλά επιτρέπουν την επίτευξη κολλήσεων με καλύτερες πλαστικές ιδιότητες.

Τα όξινα συλλιπάσματα μαζί με το SiO₂ περιέχουν συνήθως και το οξείδιο του μαγγανίου (MnO). Ανάλογα με την περιεκτικότητα αυτής της προσθήκης στο συλλίπασμα διακρίνονται συλλιπάσματα ελαφρά, μέτρια και ισχυρά μαγγανιούχα.

Κατά τη συγκόλληση κατασκευαστικών ανθρακοχαλύβων με χαμηλό άνθρακα ανάλογα με την περιεκτικότητα στο συλλίπασμα MnO, επιλέγεται κατάλληλη κατηγορία σύρματος, έτσι που η περιεκτικότητα του μαγγανίου στην κόλληση να είναι σε κάθε περίπτωση ίδια (στα όρια 0,8-1,2%). Η σύνθεση των συρμάτων με τα συλλιπάσματα γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο:

Σημαντική προσθήκη των συλλιπασμάτων με βυθιζόμενο τόξο είναι ο φθορίτης ασβεστίου (CaF₂). Παρά το ότι ο φθορίτης είναι αντισταθεροποιητής του τόξου, εισάγεται στη σύσταση των συλλιπασμάτων, για την αύξηση της αραιοποιημένης

ρευστότητας και της ανθεκτικότητάς τους στην υγρασία και τη σκουριά. Ο φθορίτης του ασβεστίου ευνοεί την ένωση των υδρατμών με το υδρογόνο στο τόξο σε στερεές ενώσεις, π.χ. HF, μη διαλυτοποιημένες στην κόλληση. Η περιεκτικότητα του φθορίτη του ασβεστίου στα οξινομαγνανιούχα συλλιπάσματα από 2-10%.

Με περιεκτικότητα CaF_2 άνω του 40% για την αύξηση της σταθερότητας του τόξου, κατά τη συγκόλληση με πηγή εναλλασσόμενου ρεύματος, πρέπει να χρησιμοποιείται τάση στην εν κενώ λειτουργία min 80V.

Τα όξινα και βασικά συλλιπάσματα, ιδιαίτερα αυτά που περιέχουν λίγη ποσότητα CaF_2 πρέπει προ της συγκόλλησης να στεγνώνονται με μεγάλη ακρίβεια στη θερμοκρασία, περίπου 300°C.

Στον Πίνακα 8 δίνεται ο συμβολισμός των συρμάτων, οι ιδιότητές τους και η χρησιμοποίηση των κυριότερων συλλιπασμάτων για τη συγκόλληση με βυθιζόμενο τόξο (σύμφωνα με το SI).

Συμβολισμός των συρμάτων, ιδιότητες και χρησιμοποίηση των κυριότερων συλλιπασμάτων για τη συγκόλληση με βυθιζόμενο τόξο (σύμφωνα με το SI)

Συμβολισμός των συρμάτων	Συμβολισμός των συλλιπασμάτων	Το βασικό των συλλιπασμάτων "	Ο χαρακτηρισμός του συλλιπασματος	Χρησιμοποίηση
S2 S2 Si S3	Eg ay 56	B = 1.1	άθρανης, ελαφρά μαγνησιούχο	Για τη συγκόλληση ανθρακοχαλύβων με χαμηλό άνθρακα και ελαφρά κραματοποιημένων χαλύβων.
S2 S2 Si S3	F10 ay 56	B = 1.1	άθρανης, ελαφρά μαγνησιούχο	Για τη συγκόλληση χαλύβων ελαφρά κραματοποιημένων, ιδιαίτερα χρησιμοποιούμενων στις ενεργοσυσταίες.
S1 S2	F12 ay 97	B = 0.73	όξινο, ισχυρά μαγνησιούχο	Για τη συγκόλληση ανθρακοχαλύβων με χαμηλό άνθρακα.
S2 Si	F13 ay 87	B = 0.66	όξινο, μέτρια μαγνησιούχο	Για τη συγκόλληση ανθρακοχαλύβων και χαλύβων ελαφρά κραματοποιημένων με μεγάλες ταχύτητες, ιδιαίτερα για σιδήνες.
S3	F10 ay 97	B = 0.77	όξινο, μέτρια μαγνησιούχο	Για τη συγκόλληση ανθρακοχαλύβων με χαμηλό άνθρακα με μεγάλες ταχύτητες.
S1 S2	F12 ay 97	B = 0.63	όξινο, ισχυρά μαγνησιούχο	Για τη συγκόλληση ανθρακοχαλύβων με χαμηλό άνθρακα.
S2	F10 ay 38	B = 0.83	όξινο, μέτρια μαγνησιούχο	Για τη συγκόλληση ανθρακοχαλύβων με χαμηλό άνθρακα και αναγόμεση.

ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΑ ΑΕΡΙΑ

Αργό (Ar)

Το αργό (Ar) είναι αέριο άχρωμο, άοσμο, χημικά ουδέτερο και δεν αντιδρά με άλλα στοιχεία.

Αποκτάται από τον ατμοσφαιρικό αέρα ως υποπροϊόν κατά την παραγωγή οξυγόνου. Στις συγκολλήσεις το αργό χρησιμοποιείται για τη δημιουργία προστατευτικής ατμόσφαιρας γύρω από το λουτρό συγκόλλησης με μεθόδους MIG και TIG καθώς και πλάσμογενές αέριο για την τροφοδοσία των καυστήρων πλάσματος.

Η ποιότητα του αργού συγκόλλησης πρέπει να έχει καθαρότητα 99,98%. Το υπόλοιπο μέρος σαν ακαθαρσίες είναι κυρίως το άζωτο, το οξυγόνο, η υγρασία και το διοξείδιο του άνθρακα καθώς και υδατάνθρακες.

Το συμπιεσμένο αργό τροφοδοτείται από χαλύβδινες φιάλες με πίεση 15 MPa. Μπορεί επίσης να τροφοδοτείται και σε υγρή κατάσταση, ιδιαίτερα για τους παραλήπτες που καταναλώνουν μεγάλες ποσότητες αυτού του αερίου εφόσον είναι εφοδιασμένοι με σταθμό απαέρωσης του αργού. Οι φιάλες του αργού επιστρέφονται στον προμηθευτή με πίεση όχι μικρότερη από 0,2 MPa. Οι ιδιότητες του αργού δίνονται στον Πίνακα 9.

Άζωτο (N₂)

Το άζωτο (N₂) είναι μη εύφλεκτο, άχρωμο και άοσμο, ουδέτερο στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Παράγεται από τη διύλιση του υγρού αέρα. Στις συγκολλήσεις χρησιμοποιείται για το φύσημα των αεραγωγών και ιδιαίτερα σαν

προστατευτικό αέριο κατά τη συγκόλληση του χαλκού, καθώς και σαν συστατικό στο μίγμα με το αργό για την τροφοδότηση των καυστήρων πλάσματος για την κοπή ή συγκόλληση. Το άζωτο στην Ι-ποιότητα περιέχει 99,8% N₂ ενώ στην ΙΙ-ποιότητα 98% N₂. Σαν κύρια ακαθαρσία του αζώτου προμηθεύεται στις φιάλες με πίεση 15MPa. Οι ιδιότητες του αζώτου φαίνονται στον Πίνακα 10.

Ιδιότητες των βασικών αερίων συγκόλλησης

Όνομασία αερίου	Μοριακή μάζα	Θερμοκρασία		Κριτική πίεση MPa	Σταθερά αερίου R $\frac{J}{kg \cdot K}$	Ποσότητα αερίου από 1g υγρού m ³	Πυκνότητα kg/m ³	Πυκνότητα ως προς την ατμόσφαιρα
		Ζέωσος °C	Κρίσιμη °C					
Αργό (Ar)	39,948	-185,9	-122,5	4,86	208,1	0,561	1,7839	1,38
Άζωτο (N ₂)	28,013	-195,8	-147,0	3,39	296,8	0,804	1,25	0,968
Διοξείδιο του άνθρακα (CO ₂)	44,010	-78,5	-31,4	7,40	188,9	0,506	1,9768	1,529
Ήλιο (He)	4,003	-268,9	-267,9	0,228	2077,1	0,500	0,1785	0,137
Οξυγόνο (O ₂)	31,999	-183	-118,9	5,04	259,8	0,700	1,429	1,105
Υδρογόνο (H ₂)	2,016	-252,8	-239,9	1,29	4124,3	11,130	0,090	0,069

Ήλιο (He)

Το ήλιο (He) είναι άχρωμο, άοσμο και χημικά ουδέτερο. Παράγεται από φυσικό αέριο που περιέχει κατά μέσο όρο 0,02-0,5% ήλιο. Στις συγκολλήσεις το ήλιο χρησιμοποιείται κυρίως σαν προστατευτικό αέριο με περιεκτικότητα 99,995% He. Το ήλιο συγκεκριμένα με το αργό δημιουργεί καλύτερη τήξη, αυξάνει την ταχύτητα συγκόλλησης και μειώνει τις παραμορφώσεις. Το ήλιο χειροτερεύει το άναμμα και τη διατήρηση του τόξου και δεν δημιουργεί επαρκή προστατευτική ατμόσφαιρα, γι' αυτό επιβάλλεται η αύξηση της κατανάλωσής του κατά 200-300% σε σύγκριση με το αργό. Απαιτεί μεγαλύτερη τάση τόξου (περίπου δυο φορές μεγαλύτερη) καθώς και χρησιμοποίηση ηλεκτροδίων με προσθήκη 2%τογ. Το ήλιο προμηθεύεται σε φιάλες με πίεση 15MPa. Οι ιδιότητές του δίνονται στον Πίνακα 10.

Διοξείδιο του Άνθρακα (CO₂)

Το διοξείδιο του άνθρακα (CO₂) είναι αέριο άχρωμο, άοσμο, μη εύφλεκτο. Η περιεκτικότητα άνω από 5% στην ατμόσφαιρα είναι επιβλαβής, με κίνδυνο ασφυξίας. Στις συγκολλήσεις το διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται για τη δημιουργία προστατευτικής ατμόσφαιρας γύρω από το λουτρό συγκόλλησης κατά την ημιαυτόματη και αυτόματη συγκόλληση των χαλύβων. Η ποιότητα του διοξειδίου του άνθρακα καθορίζεται Ι-ποιότητα με ελάχιστη περιεκτικότητα 99%CO₂ και ως ΙΙ-ποιότητα με 98%CO₂. Η ποσότητα του ατμού ύδατος στο αέριο CO₂ που χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση δεν πρέπει να υπερβαίνει τα 0,228g/m³. Το διοξείδιο του άνθρακα σε ατμοσφαιρική πίεση βρίσκεται σε μορφή αερίου και υγρού. Δεδομένου της υψηλής κρίσιμης τιμής θερμοκρασίας και της υψηλής κρίσιμης τιμής πίεσης, το διοξείδιο του άνθρακα βρίσκεται στις φιάλες σε μορφή δυο φάσεων: αερίου και σταγονιδίων, ενώ άνω των 34°C μόνο σε κατάσταση αερίου.

Η πίεση του διοξειδίου του άνθρακα στις φιάλες εξαρτάται από τη θερμοκρασία (Πίνακας 11). Το διοξείδιο του άνθρακα προμηθεύεται σε φιάλες με διαφορετική χωρητικότητα (Πίνακας 12).

Επειδή η απαέρωση 1kg του υγροποιημένου διοξειδίου του άνθρακα απαιτεί την προσαγωγή περίπου 300kJ ενέργειας, άρα κατά τη λήψη του αερίου από τη φιάλη πρέπει να χρησιμοποιηθούν προθερμαντήρες για την αποφυγή ψύξης των δικλίδων και των μανοεκτονωτών.

Η σχέση της πίεσης με τη θερμοκρασία της φιάλης με CO₂

Θερμοκρασία °C	- 15	- 5	- 0	- 5	+ 10	+ 15	+ 20	+ 25	+ 31
Πίεση, MPa	2,3	3,1	3,5	4,1	4,6	5,2	5,9	6,6	7,3

Η περιεκτικότητα του διοξειδίου του άνθρακα στις φιάλες με διαφορετική χωρητικότητα

Χωρητικότητα υδάτινη στη φιάλη, dm ³	8	10	20	30
Περιεκτικότητα CO ₂ , kg	6	8	15	29.5

Οξυγόνο (O₂)

Το οξυγόνο (O₂) παράγεται για βιομηχανικούς σκοπούς κυρίως από τον ατμοσφαιρικό αέρα, με την ψύξη και υγροποίηση στη θερμοκρασία περίπου 200°C καθώς στη συνέχεια την ατμοποίησή του στους -183°C. Το αέριο αυτό μπορεί να παραχθεί και κατά τη διάρκεια της ηλεκτρόλυσης του ύδατος. Το οξυγόνο είναι αέριο μη εύφλεκτο, άοσμο αλλά ισχυρό στη διατήρηση της καύσης. Τα κριτήρια χρησιμοποίησης του οξυγόνου φαίνονται στον Πίνακα 13.

Το οξυγόνο όταν έρχεται σε άμεση επαφή με λίπη ενώνεται μ' αυτά δια εκρήξεως. Για το λόγο αυτό απαγορεύεται η λίπανση των εγκαταστάσεων οξυγόνου και του εξοπλισμού για τη συγκόλληση και την κοπή με οξυγόνο.

Το οξυγόνο παρέχεται από χαλύβδινες φιάλες με πίεση 150 atm σε θερμοκρασία 15°C. Οι κανονικές φιάλες έχουν χωρητικότητα συνήθως 40L ύδατος, άρα $40L \times 150atm = 6000 L = 6m^3$.

Κριτήρια χρησιμοποίησης του οξυγόνου στις συγκολλήσεις

Ποιότητα	Περιεκτικότητα O ₂ %	Χρησιμοποίηση
I	99.5	Για όλες τις εργασίες συγκόλλησης, κυρίως για την οξυγονοκοπή χαλύβων και για την τροφοδοσία των μηχανών θερμικής κοπής.
II	99.0	Για την κοπή με χειροκίνητους καυστήρες χαλύβων μικρού πάχους, για τη συγκόλληση και προθέρμανση κ.ά.
III	98.0	Αντικαταστάοντας την II ποιότητα για συγκόλληση και προθέρμανση.

Για να έχουμε την αυτή ποσότητα αερίου σε διαφορετικές θερμοκρασίες απαραίτητο είναι να προσαρμοστεί η πίεση προς την υπάρχουσα κατάσταση. Ο Πίνακας 14 μας δίνει την πίεση πλήρωσεως των φιαλών οξυγόνου σε διαφορετικές θερμοκρασίες.

Υδρογόνο (H_2)

Το υδρογόνο (H_2) είναι καύσιμο αέριο, άχρωμο και άοσμο. Παράγεται κατά τη διάρκεια ηλεκτρόλυσης υδατικού διαλύματος χλωρίου, σόδας ή ποτάσας. Κύρια ακαθαρσία του υδρογόνου είναι το οξυγόνο. Η ποιότητα I του υδρογόνου πρέπει να περιέχει το ελάχιστο 99,5% H_2 ενώ η II-ποιότητα 98% H_2 . Το υδρογόνο και το οξυγόνο δημιουργούν μίγμα αυτοανάφλεξης. Το υδρογόνο χαρακτηρίζεται από τη μεγάλη ικανότητα διείσδυσης σε ασυνέχειες του υλικού δημιουργώντας πόρους, ρωγμές κ.α. Το υδρογόνο προμηθεύεται σε χαλύβδινες φιάλες με πίεση 15MPa. Στις συγκολλήσεις το υδρογόνο χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία των καυστήρων, για την κοπή και τη συγκόλληση. Οι βασικές ιδιότητές του δίνονται στον Πίνακα 10.

Μίγμα Αερίων

Εκτός από το διοξείδιο του άνθρακα, το αργό και το ήλιο, για τη δημιουργία προστατευτικής ατμόσφαιρας του λουτρού συγκόλλησης, χρησιμοποιούνται για το σκοπό αυτό κατάλληλα μίγματα αερίων.

Η συμμετοχή διαφόρων στοιχείων στο μίγμα υπαγορεύεται από τις βέλτιστες συνθήκες για το άναμμα του τόξου, ακαθαρσιών στην επιφάνεια της κόλλησης, απόδοση της διαδικασίας καθώς και των συνθηκών του περιβάλλοντος.

Το πλεονέκτημα χρησιμοποίησης των μιγμάτων είναι η δυνατότητα αξιοποίησης των καλύτερων ιδιοτήτων εκάστου αερίου, π.χ. την υψηλή ενθαλπία του υδρογόνου, την ευκολία ανάμματος και διατήρησης του τόξου με αργό, τη μεγάλη κινητική ενέργεια του αζώτου. Αλλά όμως τα οξειδωτικά αέρια (διοξείδιο του άνθρακα, οξυγόνο) προξενούν τη μείωση της διάρκειας των ηλεκτροδίων και των ακροφυσίων.

Η αξιοποίηση των αναφερθέντων μιγμάτων με τις ιδιότητές τους που φαίνονται στον Πίνακα 15 όπως και στο επόμενο κεφάλαιο, όπου περιγράφονται οι μέθοδοι συγκόλλησης στην ατμόσφαιρα προστατευτικών αερίων.

Πιέσεις φιαλών οξυγόνου ανάλογα από τη θερμοκρασία

Θερμοκρασία [°C]	35	30	25	20	15	10	5	0	-5
Πίεση, [atm]	161	158.5	155.5	153	150	147	144.5	141.5	139

Μίγματα προστατευτικών αερίων συγκόλλησης

Μίγμα αερίων	Περιεκτικότητα των στοιχείων % σγκοιμετρική						Χρησιμοποίηση
	Ar	CO ₂	H ₂	He	N ₂	O ₂	
Αργό-άζωτο	85-92	-	-	-	8-15	-	Κοπή με πλάσμα
Αργό-ήλιο	25-30	-	-	70-75	-	-	Συγκόλληση με μεθόδους TIG, MIG των μη σιδηρούχων μετάλλων.
Αργό-διοξείδιο του άνθρακα	70-75	25-30	-	-	-	-	Συγκόλληση ανθρακοχαλβών και χαμηλής κραμάτωσης χαλβών με τη μέθοδο MAG.
Αργό-οξυγόνο	98-99	-	-	-	-	1-2	Συγκόλληση υψηλής κραμάτωσης χαλβών με τη μέθοδο MAG. Αναρρόμηση αστενειακών ανθρακοχαλβών.
Αργό-οδραγόνο	85-95	-	5-15	-	-	-	Κοπή με πλάσμα, συγκόλληση με μεθόδους TIG, MIG αστενειακών χαλβών χρωμιονικελιοχών.
Άζωτο-υδρογόνο	-	-	10-20	-	80-90	-	Κοπή και συγκόλληση με πλάσμα.
Αργό-άζωτο-υδρογόνο	43-45	-	25-27	-	30-32	-	Κοπή με πλάσμα.
Αργό-διοξείδιο του άνθρακα	65-85	13-30	-	-	-	2-5	Συγκόλληση ανθρακοχαλβών και χαμηλής κραμάτωσης χαλβών με τη μέθοδο MAG.

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΟΞΟΥ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ

ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ

Η συγκόλληση τόξου με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια καταλαμβάνει τη μεγαλύτερη περιοχή χρησιμοποίησης των συγκολλήσεων.

Η μέθοδος αυτή δίνει καλά αποτελέσματα κατά τη συγκόλληση ανθρακοχαλύβων, χρησιμοποιούμενων στην κατασκευή μηχανών, στις μεταλλικές κατασκευές, στην κατασκευή πλοίων, γεφυρών, λεβήτων κ.ά. Δεν έχει όμως καλά αποτελέσματα κατά τη συγκόλληση κραματωμένων χαλύβων, που περιέχουν προσθήκες, οι οποίες δυσχεραίνουν τη συγκόλληση, όπως, επίσης, και κατά τη συγκόλληση αλουμινίου και άλλων μη σιδηρούχων μετάλλων, που απαιτούν περισσότερο αποτελεσματική προστασία από την επιβλαβή επίδραση του ατμοσφαιρικού αέρα.

Παρά τη μεγάλη πρόοδο στην παραγωγή επενδεδυμένων ηλεκτροδίων, δεν είναι πάντοτε δυνατό, με την επιλογή κατάλληλης επένδυσης, να αποφευχθεί το κάψιμο μερικών πολύτιμων προσθηκών των κραματωμένων χαλύβων, που επιπλέον στη σκουριά, χειροτερεύοντας σημαντικά τις φυσικές ή τις χημικές ιδιότητες των συγκολλούμενων συνδέσεων.

Τα δημιουργούμενα από την επένδυση αέρια έχουν αρκετά χαμηλή πίεση, για να προστατεύσουν το τηκόμενο μέταλλο από τα δυνατά ρεύματα αέρος, που δημιουργούνται φυσιολογικά εξαιτίας της μεγάλης διαφοράς θερμοκρασίας ανάμεσα στο τόξο και την περιβάλλουσα ατμόσφαιρα. Βάσει αυτών των δυσκολιών αναπτύχθηκαν οι μέθοδοι συγκόλλησης τόξου με προστατευτικά αέρια, που

εμποδίζουν την εισχώρηση του ατμοσφαιρικού αέρα με τη ροή αερίου με πίεση σημαντικά υπερβαίνουσα την ατμοσφαιρική πίεση. Τα προστατευτικά αέρια που βρήκαν χρησιμότητα γι ' αυτές τις μεθόδους είναι: τα αδρανή αέρια (αργό, ήλιο), το διοξείδιο του άνθρακα και το υδρογόνο.

Ένα από τα πολλά πλεονεκτήματα της συγκόλλησης με προστατευτικά αέρια είναι η εξάλειψη της καλυπτόμενης σκουριάς κάθε κορδονιού με τη συνήθη χειρωνακτική συγκόλληση τόξου με επενδεδυμένο ηλεκτρόδιο.

Το διερχόμενο από το ακροφύσιο αέριο δεν προστατεύει μόνο το λουτρό συγκόλλησης αλλά και τις συνορεύουσες ζώνες του μητρικού υλικού. Αυτό είναι ιδιαίτερα σημαντικό κατά τη συγκόλληση υλικών, ισχυρά αντιδρώντων (σε θερμή κατάσταση) με τον αέρα, όπως οι κραματωμένοι χάλυβες, τα ελαφρά μέταλλα, το τιτάνιο κ.ά.

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΟΞΟΥ ΜΕ ΜΗ ΤΗΚΟΜΕΝΟ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ ΣΕ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΗ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΑΕΡΙΩΝ, ΜΕ ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ GTA (TIG)

1. Χαρακτηριστικά της μεθόδου

Η συγκόλληση τόξου με μη τηκόμενο ηλεκτρόδιο στην ατμόσφαιρα προστατευτικών αερίων, περιγραφόμενη με την ακρωνυμία TIG ή GTA (στις ΗΠΑ), ξεκίνησε με την πατέντα που ανακοινώθηκε το 1926 από τους H. M. Hobert και P. K. Devers και αφορούσε τη συγκόλληση τόξου στην ατμόσφαιρα του ηλίου καθώς και με την πατέντα του Weimann και Lagmir , που αφορούσε τη συγκόλληση με δύο ηλεκτρόδια βολφραμίου στην ατμόσφαιρα υδρογόνου, γνωστή με την ονομασία ατομική, arc -atom.

Η ακρωνυμία TIG -Tungsten Inert Gas- είναι παλαιότερη ιστορικά, αλλά συμπεριλαμβάνει μόνο τα ευγενή αέρια, ενώ η ακρωνυμία GTA -Gas Tungsten Arc- στην περιγραφή περιλαμβάνει τη συγκόλληση με όλα τα είδη προστατευτικών αερίων, αδρανών και δραστικών. Η δυναμική εξέλιξη των συγκολλήσεων, στην περίοδο του δευτέρου παγκοσμίου πολέμου, είχε ως αποτέλεσμα η ξεχασμένη αυτή μέθοδος συγκόλλησης, κυρίως λόγω έλλειψης κατάλληλων μηχανών, να βρει την πρώτη χρησιμοποίησή της πρωταρχικά για τη συγκόλληση του αλουμινίου και των κραμάτων του.

Τώρα η συγκόλληση GTA είναι μία από τις βασικές διαδικασίες δημιουργίας κατασκευών, ιδιαίτερα με τους κραματωμένους και τους ειδικούς χάλυβες, τα κράματα νικελίου, αλουμινίου, μαγνησίου, τιτανίου και με άλλα ενεργά και πυρίμαχα μέταλλα καθώς και κράματα με μεγάλο εύρος παχών.

Η συγκόλληση με τη μέθοδο GTA μπορεί να διενεργηθεί με συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα, χειρωνακτικά, ημιαυτόματα και αυτόματα, σε συνθήκες μηχανουργικές και συναρμολόγησης, σε όλες τις θέσεις συγκόλλησης.

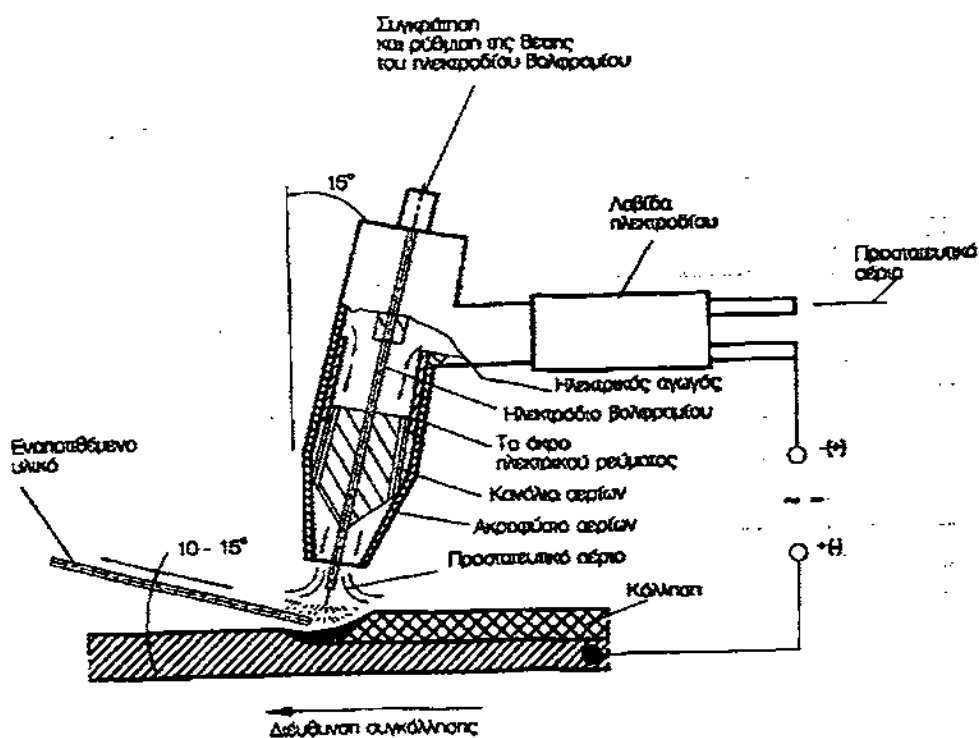
Οι μηχανές για τη συγκόλληση με τη μέθοδο GTA είναι φθηνές και εύκολες στο χειρισμό και με τη φθίνουσα στατική χαρακτηριστική, μπορούν επίσης να χρησιμοποιηθούν ως πηγή ρεύματος για τη χειρωνακτική συγκόλληση με επενδεδυμένο ηλεκτρόδιο.

Κατά τη διαδικασία συγκόλλησης τόξου με μη τηκόμενο ηλεκτρόδιο στην Προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου, η τήξη πετυχαίνεται με την τήξη των συγκολλούμενων αντικειμένων και του εναποτιθέμενου υλικού (Σχ. 3).

Η συγκόλληση πετυχαίνεται χωρίς πρόσθετο υλικό (για λεπτά εξαρτήματα) ή με πρόσθετο τηκόμενο υλικό.

Το λουτρό του ρευστού μετάλλου σχηματίζεται χωρίς τη συμμετοχή συλλυπασμάτων, άρα είναι απαλλαγμένο από μη μεταλλικά εγκλείσματα στην κόλληση και στην επιφάνειά της, ενώ η τήξη του μητρικού μετάλλου και του εναποτιθέμενου υλικού πραγματοποιείται χωρίς αλλαγές στη χημική του σύνθεση. Συγχρόνως δεν έχει πιτσιλίσματα του μετάλλου, τυπικό άλλων διαδικασιών συγκόλλησης τόξου, και η δυνατότητα προσθήκης του εναποτιθέμενου υλικού έξω από το τόξο επιτρέπει να γίνει ανεξάρτητα η ρύθμιση της γραμμικής ενέργειας του τόξου και η ποσότητα προσθήκης του εναποτιθέμενου υλικού στο χώρο συγκόλλησης.

Η διέλευση του ρεύματος στο τόξο γίνεται στο ιονισμένο αέριο, ενώ οι κύριοι μεταφορείς του ρεύματος είναι τα εκπεμπόμενα από τα άτομα του προστατευτικού αερίου ηλεκτρόνια. Το άναμμα του τόξου διενεργείται με μικρής διάρκειας βραχυκυκλώματα του μη τηκόμενου ηλεκτροδίου με το αντικείμενο ή σε ειδικό πλακίδιο εκκίνησης και με γρήγορη επαναφορά. Δεύτερος τρόπος για το άναμμα του τόξου είναι η χρησιμοποίηση βοηθητικού τόξου ανάμεσα στο συγκολλούμενο αντικείμενο και στο ηλεκτρόδιο, που δημιουργείται από το αποτέλεσμα της ροής ρεύματος μικρής έντασης και υψηλής συχνότητας και τάσης.



Σχήμα 3: Διαδικασία χειρωνακτικής συγκόλλησης GTA με τη χρησιμοποίηση πρόσθετου υλικού

2. Παράμετροι συγκόλλησης

Οι βασικοί παράμετροι συγκόλλησης με τη μέθοδο GTA είναι:

- το είδος της έντασης ρεύματος
- η τάση του τόξου
- η ταχύτητα συγκόλλησης
- το είδος και η ένταση ροής του προστατευτικού αερίου
- η διάμετρος (διαστάσεις) του εναποτιθέμενου υλικού.

Η συγκόλληση με τη μέθοδο GTA διενεργείται με συνεχές και εναλλασσόμενο ρεύμα.

Η συγκόλληση με συνεχές ρεύμα μπορεί να έχει πορεία με θετική και αρνητική πολικότητα. Όταν το ηλεκτρόδιο είναι συνδεδεμένο με το θετικό πόλο (θετική πολικότητα), η έντονη ροή των ηλεκτρονίων στο ηλεκτρόδιο, με την κρούση τους στην πυρωμένη επιφάνεια του άκρου, προξενεί σημαντική θέρμανση, περιορίζοντας, σε μεγάλο βαθμό, την επιτρεπόμενη ένταση του ρεύματος συγκόλλησης. Γι' αυτό για να μεταφερθεί η ένταση ρεύματος με θετική πολικότητα, το ηλεκτρόδιο πρέπει να έχει μεγαλύτερη διάμετρο απ' ό,τι κατά τη σύνδεσή του με τον αρνητικό πόλο (Πίνακας 16). Η σύνδεση του ηλεκτροδίου με τον αρνητικό πόλο (αρνητική πολικότητα) γίνεται κατά τη συγκόλληση στην ατμόσφαιρα αργού ή ηλίου συνήθως όλων των μετάλλων και κραμάτων τους, με εξαίρεση τα λεπτά ελάσματα του αλουμινίου και των κραμάτων του καθώς και τα κράματα μαγνησίου (Πίνακες 17, 18).

Στην περίπτωση συγκόλλησης αλουμινίου και μαγνησίου, απαραίτητη είναι η αφαίρεση του πυρίμαχου στρώματος των οξειδίων από την επιφάνεια της περιοχής συγκόλλησης του αντικειμένου, αλλά τότε απαιτείται θετική πολικότητα του ηλεκτροδίου, στην οποία συμβαίνει ο καθοδικός καθαρισμός (με την παλμική κίνηση

της καθόδου. Άλλη λύση είναι η χρησιμοποίηση συνεχούς ρεύματος με αρνητική πολικότητα (αρνητικός πόλος στο ηλεκτρόδιο) και με πάρα πολύ μεγάλη ακρίβεια ο μηχανικός ή ο χημικός καθαρισμός της σύνδεσης αμέσως προ της συγκόλλησης. Από την άποψη της δυνατότητας επίτευξης σημαντικού βάθους διείσδυσης και μεγάλης ταχύτητας συγκόλλησης, στην περίπτωση σύνδεσης ελασμάτων πάχους πάνω από 3,2 mm, προτείνεται η συγκόλληση με συνεχές ρεύμα και αρνητική πολικότητα στην ατμόσφαιρα αργού, με μικρό τόξο κάτω από 1,5 mm. Στην ατμόσφαιρα με καθαρό ήλιο, και με τη διατήρηση μικρού τόξου, κάτω από 3,0 mm, παρέχεται η δυνατότητα συγκόλλησης αλουμινίου και μαγνησίου και των κραμάτων τους, με συνεχές ρεύμα, με αρνητική πολικότητα (στο ηλεκτρόδιο αρνητικός πόλος), χωρίς μηχανικό ή χημικό καθαρισμό του στρώματος των οξειδίων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 16. Προτεινόμενες περιοχές έντασης ρεύματος με τη μέθοδο GTA στην ατμόσφαιρα αργού για ηλεκτρόδια με καθαρό βολφράμιο και για ηλεκτρόδια με κραματωμένο βολφράμιο με θόριο, για διάφορα είδη ρεύματος συγκόλλησης.

Προτεινόμενες περιοχές έντασης ρεύματος με τη μέθοδο GTA στην ατμόσφαιρα όγκου για ηλεκτρόδια με καθαρό βολφράμιο και για ηλεκτρόδια με κραματωμένο βολφράμιο με θόριο για διάφορα είδη ρεύματος συγκόλλησης

Διάμετρος ηλεκτροδίου, mm	DC(-)	DC(+)	Εναλλασσόμενο ρεύμα με τη σταθερά συνιστώσα			Εναλλασσόμενο ρεύμα χωρίς τη σταθερά συνιστώσα		
	W καθός και W + Th	W καθός και W + Th	W	W + Th	W*	W	W + Th	W*
0,5	5-20	—	5-15	5-10	—	10-20	5-20	10-20
1,0	15-80	—	10-60	15-80	10-80	10-30	20-60	20-60
1,6	70-150	10-20	50-100	70-150	50-150	30-80	60-120	30-120
2,0	150-250	15-30	100-160	140-235	100-235	60-130	100-180	60-180
3,2	250-400	25-40	150-210	225-325	150-325	100-180	160-250	100-250
4,0	400-500	40-55	200-275	300-400	200-400	160-240	200-320	160-320
4,8	500-750	55-80	250-350	400-500	250-500	190-300	290-390	190-390
6,4	750-1000	80-125	325-450	500-630	325-630	250-630	250-525	250-525

Προσοχή: * Το ηλεκτρόδιο με καθαρό βολφράμιο και βολφράμιο με θόριο. DC(-) -η συγκόλληση με συνεχές ρεύμα, με αρνητική πολικότητα, DC(+)-η συγκόλληση με συνεχές ρεύμα, με θετική πολικότητα

ΠΙΝΑΚΑΣ 17: Προτεινόμενες περιοχές των εντάσεων ρεύματος συγκόλλησης με τη μέθοδο GTA καθώς και οι διαστάσεις του κωνικού άκρου του κραματωμένου ηλεκτροδίου W + Th. W + Ce. W+ La, κατά τη συγκόλληση με συνεχές ρεύμα, με αρνητική πολικότητα στην ατμόσφαιρα του αργού.

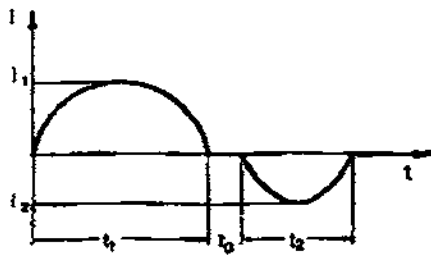
Διάμετρος ηλεκτροδίου, mm	Γωνία του κώνου του ηλεκτροδίου	Διάμετρος στόμικης της κορυφής του άκρου mm	Περιοχή των εντάσεων ρεύματος συγκόλλησης, A	Περιοχή των εντάσεων παλμικού ρεύματος
1.0	12°	0,125	2 - 15	2 - 25
1.0	20°	0,25	5 - 30	5 - 60
1.6	25°	0,50	8 - 50	8 - 100
1.6	30°	0,80	10 - 70	10 - 140
2.4	35°	0,80	12 - 90	12 - 100
2.4	45°	1,10	15 - 150	15 - 250
3.2	60°	1,10	20 - 200	20 - 300
3.2	90°	1,50	25 - 250	25 - 350

Προσοχή: * Το ηλεκτρόδιο με καθαρό βολφράμιο και βολφράμιο με θόριο. DC(-) -η συγκόλληση με συνεχές ρεύμα, με αρνητική πολικότητα, DC(+) -η συγκόλληση με συνεχές ρεύμα, με θετική πολικότητα

ΠΙΝΑΚΑΣ 18: Προτεινόμενο είδος ρεύματος συγκόλλησης με μη τηκόμενο ηλεκτρόδιο, στην ατμόσφαιρα προστατευτικού αερίου, με τη μέθοδο GTA για διάφορα μέταλλα και κράματα

Τύπος εργαλλοποιημένου υλικού	Πλάτος σύνδεσης, mm	Είδος ρεύματος συγκόλλησης	Τύπος μη τηκόμενου ηλεκτροδίου	Είδος αερίου προστασίας
Αλουμίνιο	όλα	AC	Καθαρό W ή W+ZrO ₂	Ar ή Ar+He
	πάνω από 3.2	DC(-)	W+ThO ₂	Ar +He ή Ar
	κάτω από 3.2	DC(+)	W+ThO ₂ ή W+ZrO ₂	Ar
Χάλυζος και κράματά του	όλα	DC(-)	Καθαρό W ή W+ZrO ₂	He
	κάτω από 3.2	AC	Καθαρό W ή W+ZrO ₂	Ar
Κράματα μαγγανίου	όλα	AC, DC(-)	Καθαρό W ή W+ZrO ₂	Ar
	κάτω από 3.2	DC(+)	W+ThO ₂ ή W+ZrO ₂	Ar
Νιόβιο και κράματά του	όλα	DC(-)	W+ThO ₂	Ar
Χάλυζος C-Mn και ελαφρά κραματωμένα χάλυβες	όλα	DC(-)	W+ThO ₂ ή W+ZrO ₂	Ar ή Ar+He
	κάτω από 3.2	AC	Καθαρό W ή W+ZrO ₂	Ar
Χάλυβες ανθεκτικοί στη διάβρωση	όλα	DC(-)	W+ThO ₂	Ar ή Ar+He
	κάτω από 3.2	AC	Καθαρό W ή W+ZrO ₂	Ar
Τιτάνιο	όλα	DC(-)	W+ThO ₂	Ar

Η συγκόλληση με εναλλασσόμενο ρεύμα επιτρέπει την αξιοποίηση των πλεονεκτημάτων της συγκόλλησης με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα (φαινόμενο διάσπασης του στρώματος οξειδίων επί της επιφάνειας), χωρίς περιορισμούς του ρεύματος, που απαιτούνται κατά τη συγκόλληση με συνεχές ρεύμα, με θετική πολικότητα. Κατώτερη είναι, όμως, η σταθερότητα του τόξου και, επιπλέον, εμφανίζεται το φαινόμενο ανόρθωσης του ρεύματος (Σχ. 4).



Σχήμα 4: Παραμόρφωση της ημιτονοειδούς του εναλλασσόμενου ρεύματος με τη συνιστώσα του συνεχούς ρεύματος κατά τη συγκόλληση με τη μέθοδο GTA ελαφρών μετάλλων

Στο αναμμένο τόξο στην ατμόσφαιρα αδρανών αερίων, το ηλεκτρικό ρεύμα διέρχεται με μεγαλύτερη ευκολία από , το αρνητικό ηλεκτρόδιο στο θετικό αντικείμενο, επειδή το βολφράμιο έχει σημαντικά υψηλότερη θερμοκρασία απ' ό,τι το συγκολλούμενο μέταλλο και, έτσι, εκπέμπει ευκολότερα τα ηλεκτρόνια. Η ανόρθωση του εναλλασσόμενου ρεύματος μπορεί να φτάσει σε τέτοια κατάσταση, που θα παύσει να γίνεται η διέλευση του ρεύματος με θετική πολικότητα του ηλεκτροδίου.

Κατά τη συγκόλληση αλουμινίου η μορφή του ρεύματος παραμορφώνεται με τη σταθερά συνιστώσα του συνεχούς ρεύματος (Σχ. 4).

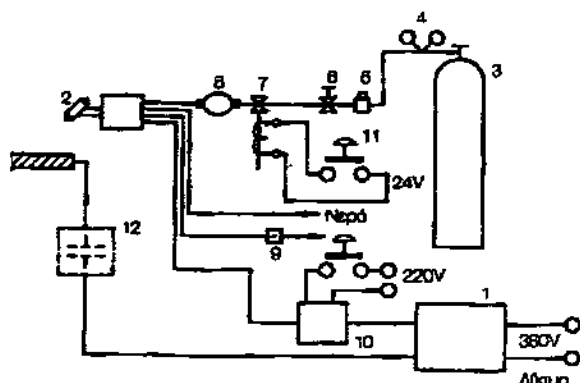
Ο χρόνος t_1 και η ένταση I_1 του ρεύματος με θετική τιμή έχουν σημαντικά μεγαλύτερες τιμές από τις αντίστοιχες t_2 και I_2 του ρεύματος με τιμή αρνητική, ενώ ο

χρόνος t_0 είναι τόσο μεγάλος, που το τόξο δεν μπορεί να ανάψει ξανά με μειωμένη ένταση.

Για το λόγο αυτό η συσκευή συγκόλλησης είναι εφοδιασμένη με συστοιχία πυκνωτών ή με συσσωρευτή, με σκοπό την εξάλειψη αυτών των αρρυθμιών, καθώς και με ιονιστή ο οποίος προξενεί το άναμμα του τόξου με μικρής διάρκειας παλμούς και με πάρα πολύ μεγάλη τάση τη στιγμή διέλευσης των ημιτονοειδών του ρεύματος από το μηδέν.

Η διάταξη συγκόλλησης με τη μέθοδο GTA φαίνεται στο Σχήμα 5.

Ο ιονιστής 10 τίθεται σε λειτουργία και η διέλευση του ρεύματος στο ηλεκτρόδιο γίνεται με το διακόπτη 11, ενώ η ηλεκτρομαγνητική βαλβίδα 7 επιτρέπει τη ροή του αργού.

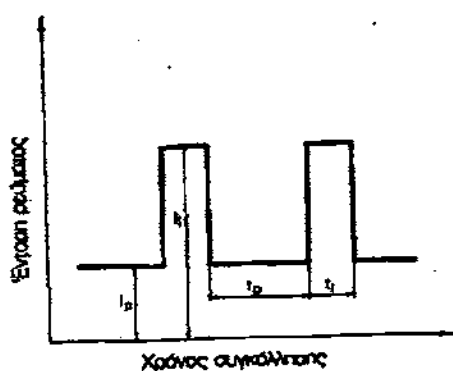


Σχήμα 5: Διάταξη για της συγκόλληση GTA: 1-μηχανή συγκόλλησης, 2-λαβίδα, 3-φιάλη αργού, 4-μανομετροεκτονωτής, 5-μετρητής, 6-δικλίδα ρύθμισης του αερίου, 7-ηλεκτρομαγνητική δικλίδα, 8-δοχείο καθυστέρησης του κλεισίματος της ροής αργού.

Μετά το πέρας της συγκόλλησης, ελευθερώνοντας το διακόπτη 11, διακόπτεται η παροχή ρεύματος, ενώ το αργό ρέει για μερικά δευτερόλεπτα, ψύχοντας το ηλεκτρόδιο και προστατεύοντας την οξειδωσή του. Ο χρόνος ροής του αερίου, μετά το σβήσιμο του τόξου, μπορεί να ρυθμισθεί στα όρια από 0-60s.

Η συσκευή είναι εφοδιασμένη με όργανο σηματοδότησης, σε περίπτωση που είναι ανεπαρκής η ροή του ύδατος ψύξης. Ο μετρητής παροχής 5 και ο μανομετροεκτονωτής 4 είναι συναρμολογημένοι στον ίδιο αγωγό.

Η συγκόλληση με παλμικό συνεχές ρεύμα συνίσταται στην παλμική προσαγωγή της θερμότητας στο τόξο. Οι παλμοί του ρεύματος συγκόλλησης επαναλαμβάνονται κυκλικά (Σχ. 6).



Σχήμα 6: Η πορεία εναλλαγής της έντασης ρεύματος συγκόλλησης GTA με παλμικό ρεύμα.

Χρησιμοποιείται αποκλειστικά αρνητική πολικότητα ρεύματος στο ηλεκτρόδιο, ενώ το βασικό ρεύμα $-I_p$ αποτελεί συνήθως το 10 + 15% του παλμικού ρεύματος $-I_j$.

Σκοπός του βασικού ρεύματος είναι η διατήρηση του ανάμματος του τόξου και η μείωση της ταχύτητας ψύξης των διάφορων σημειακών κολλήσεων, δημιουργούμενων από τους διαδοχικούς παλμούς του ρεύματος. Η συνεχόμενη κόλληση αποτελείται από τις συμβαίνουσες διαδοχικές σημειακές κολλήσεις. Μεταβάλλοντας τις παραμέτρους του παλμικού ρεύματος, είναι δυνατόν να ρυθμισθούν, με αποτελεσματικό τρόπο, η μορφή και οι διαστάσεις του λουτρού συγκόλλησης, ώστε να επιδράσουν στην κρυστάλλωση του τήγματος και στο πλάτος της ζώνης επηρεαζόμενης θερμικά και να μειωθούν σημαντικά οι τάσεις και οι παραμορφώσεις συγκόλλησης. Κατά τη συγκόλληση με παλμικό ρεύμα, είναι

δυνατόν με τη μέθοδο GTA να γίνει η συγκόλληση σε όλες τις θέσεις, με τις ίδιες παραμέτρους συγκόλλησης (Πίνακας 19).

ΠΙΝΑΚΑΣ 19. Τεχνολογικές συνθήκες συγκόλλησης με τη μέθοδο GTA με παλμικό ρεύμα μετωπικών συνδέσεων ελασμάτων από ανοξείδωτους χάλυβες τύπου 18 -8, στην ατμόσφαιρα αργού, χωρίς τη χρησιμοποίηση εναποτιθέμενου υλικού.

Πάχος του ελάσματος mm.	Χρόνος παλμού ρεύματος- t_p s	Χρόνος διακοπής t_p s	Ένταση ρεύματος του παλμού A	Ένταση βασικού ρεύματος A	Βήμα των σημειακών κολλήσεων - S mm
0,4	0,04 - 0,12	0,11 - 0,22	40 - 60	1 - 4	1,0 - 1,8
0,8	0,12 - 0,26	0,24 - 0,34	80 - 140	4 - 8	1,2 - 1,8
2,0	0,20 - 0,38	0,20 - 0,30	160 - 250	6 - 10	1,2 - 2,0
3,0	0,28 - 0,45	0,16 - 0,30	250 - 350	8 - 15	1,5 - 2,5

Προσοχή: Η ένταση ροής του αργού είναι 6 -8 l/min. Προτείνεται προστατευτική ατμόσφαιρα της ρίζας με ένταση του αργού = 3 + 4 l/min. Τα ελάσματα πρέπει να προετοιμαστούν με ακρίβεια σε επαφή, χωρίς διάκενο. $S = V_{\text{συγκ.}} \cdot (t_i + t_p)$, όπου: $V_{\text{συγκ.}}$ - ταχύτητα συγκόλλησης.

Η συγκόλληση με συνεχές παλμικό ρεύμα είναι ο πιο αποτελεσματικός τρόπος σύνδεσης ελασμάτων πάχους από 0.1 μέχρι 2 - 3 mm. Η συγκόλληση με παλμικό ρεύμα με τη μέθοδο GTA διενεργείται χειρωνακτικά ή αυτόματα, με ή χωρίς πρόσθετο εναποτιθέμενο υλικό, χάρη της δυνατότητας ελέγχου της κρυστάλλωσης της κόλλησης και της ταχύτητας ψύξης της σύνδεσης, είναι σημαντικά εκτεταμένες οι περιοχές δυνατοτήτων για τη συγκόλληση υλικών. Υπάρχει και δυνατότητα περιορισμού ακόμη και εξάλειψης των θερμικών κατεργασιών πριν και μετά τη συγκόλληση. Ιδιαίτερα ωφέλιμα αποτελέσματα επιτυγχάνονται κατά τη συγκόλληση ελαφρά κραματωμένων χάλυβων υψηλής αντοχής, ειδικών χάλυβων, κραμάτων νικελίου, τανταλίου, νιοβίου κ.ά. (Πίνακας 19).

Η ένταση ρεύματος είναι αποφασιστική για το βάθος διείδυσης και το πλάτος της κόλλησης, αλλά συγχρόνως επιδρά και στη θερμοκρασία του άκρου του μη

τηκόμενου ηλεκτροδίου. Η αύξηση της έντασης του ρεύματος συγκόλλησης μεγαλώνει το βάθος διείσδυσης και επιτρέπει την αύξηση της ταχύτητας συγκόλλησης (Πίνακας 20).

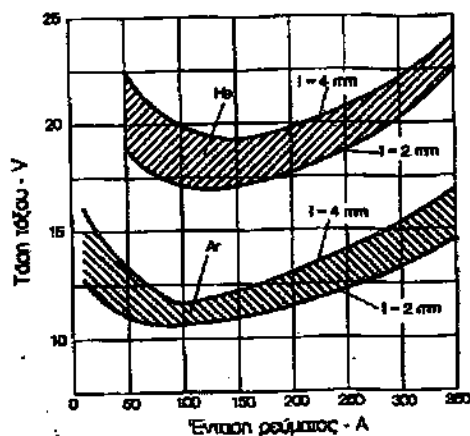
ΠΙΝΑΚΑΣ 20. Η επίδραση της έντασης ρεύματος και της ταχύτητας συγκόλλησης στις διαστάσεις του κορδονιού της κόλλησης, κατά την αυτόματη συγκόλληση με τη μέθοδο GTA ωστενιτικών χαλύβων τύπου 18 -8 -2, σε επίπεδη θέση.

Ένταση ρεύματος, A	Διαστάσεις κορδονιού mm	Ταχύτητα συγκόλλησης - mm/s		
		1,25	2,50	3,75
150	ύψος πλάτος	2,94	1,81	—
		10,87	7,61	—
175	ύψος πλάτος	3,94	2,04	1,48
		13,38	8,64	7,66
200	ύψος πλάτος	—	2,13	1,67
		—	10,11	8,67
225	ύψος πλάτος	—	2,30	1,78
		—	11,28	9,68
250	ύψος πλάτος	—	2,46	1,98
		—	12,66	10,37
275	ύψος πλάτος	—	—	2,22
		—	—	11,43

Προσοχή: Συγκόλληση με συνεχές ρεύμα, με αρνητική πολικότητα στην ατμόσφαιρα του αργού, με ένταση ρής 7,0 l/mm, και μήκος τόξου 3,0 mm. Το μη τηκόμενο ηλεκτρόδιο με κράμα βολφραμίου-θωρίου, με γωνία του κώνου του άκρου 60°.

Η υπερβολική ένταση του ρεύματος προξενεί στο άκρο του ηλεκτροδίου βολφραμίου μερική τήξη και, έτσι, εμφανίζονται στην κόλληση μεταλλικά εγκλείσματα.

Η τάση του τόξου, είναι ανάλογα με το είδος του προστατευτικού αερίου, αποφασιστική για το είδος του τόξου καθώς και για τη μορφή της κόλλησης. Για την ακρίβεια, εξαρτάται από τη χρησιμοποιούμενη ένταση του ρεύματος και το είδος του υλικού του ηλεκτροδίου (Σχ. 7).



Σχήμα 7: Επίδραση του είδους προστατευτικού αερίου και της έντασης ρεύματος στην τάση του τόξου κατά τη συγκόλληση GTA κράματος αλουμινίου με διαφορετικά μήκη τόξου l .

Η αύξηση της τάσης του τόξου διευρύνει το πλάτος του μετώπου της κόλλησης, μειώνει το βάθος διείσδυσης και, έτσι, χειροτερεύουν οι συνθήκες προστασίας του τόξου και του ρευστού μετάλλου της κόλλησης. Το αργό έχει χαμηλό δυναμικό ιονισμού $-15,7 \text{ V}$ και το τόξο διατηρείται σταθερά αναμμένο. Το δυναμικό ιονισμού του ηλίου είναι σημαντικά υψηλότερο και ισούται με $24,6 \text{ V}$, άρα και με το ίδιο μήκος τόξου, που έχει και το προστατευτικό αργό, δημιουργείται σημαντική αύξηση της πτώσης της τάσεως και, ως αποτέλεσμα, το τόξο στο προστατευτικό ήλιο είναι λιγότερο σταθερό.

Οι πηγές του ρεύματος συγκόλλησης με τη μέθοδο GTA πρέπει να έχουν χαρακτηριστική με απότομη φθίνουσα πορεία, έτσι που η τάση του τόξου να είναι βασική αποτελεσματική παράμετρος, εξαρτώμενη από την καθορισμένη ένταση του ρεύματος συγκόλλησης, το μήκος του τόξου και το είδος του προστατευτικού αερίου (Σχήμα 7).

Η ταχύτητα συγκόλλησης, με σταθερή ένταση ρεύματος και τάση του τόξου, είναι αποφασιστική για τη γραμμική ενέργεια συγκόλλησης.

Μεταβάλλοντας την ταχύτητα συγκόλλησης, είναι δυνατόν να ρυθμισθεί η δομή της κόλλησης και το μέγεθος κατανομής των τάσεων και παραμορφώσεων συγκόλλησης. Η ταχύτητα συγκόλλησης επιδρά συγχρόνως στο μέγεθος διείδυσης και στο πλάτος της κόλλησης (Πίνακας 20).

Η παράμετρος αυτή είναι επίσης σημαντική από την άποψη του κόστους της διαδικασίας συγκόλλησης.

Τα βασικά προστατευτικά αέρια που χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση με τη μέθοδο GTA, είναι τα αδρανή αέρια Ar και He ή το μίγμα αυτών, με ενδεχόμενη προσθήκη υδρογόνου (H_2).

Μερικές φορές στο αδρανές αέριο προστίθεται το άζωτο, σκοπός του οποίου είναι η αύξηση της θερμοκρασίας του τόξου, που βοηθάει τη συγκόλληση να γίνεται με μεγαλύτερη ταχύτητα. Αυτό είναι ωφέλιμο, επειδή απαιτούνται μεγάλες ταχύτητες για τη συγκόλληση του χαλκού και των κραμάτων του, χωρίς αρχική προθέρμανση. Άλλες αντιδράσεις των προστατευτικών αερίων, όπως του CO_2 , προξενούν την ταχεία φθορά του ηλεκτροδίου ή τη μη σταθερότητα του τόξου.

Σε καμία περίπτωση δεν πρέπει να χρησιμοποιηθούν προσθήκες, CO_2 ή O_2 στο αργό ή στο ήλιο, επειδή τότε προξενείται ταχεία φθορά του ακριβού, μη τηκόμενου ηλεκτροδίου.

Το προστατευτικό αέριο, εκτός από την κάλυψη του λουτρού συγκόλλησης από τον επιβλαβή ατμοσφαιρικό αέρα, λειτουργεί επιπλέον, καθοριστικά και για τη γραμμική ενέργεια συγκόλλησης (τάση του τόξου) για τη διαμόρφωση της κόλλησης και για τη χημική σύνθεση του εναποτιθέμενου υλικού. Οι βασικές φυσικές ιδιότητες των προστατευτικών αερίων, που επιδρούν αποφασιστικά στη διαδικασία συγκόλλησης με τη μέθοδο GTA, είναι:

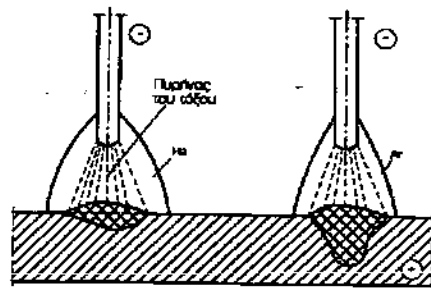
-το δυναμικό ιονισμού

- η θερμική αγωγιμότητα
- το ειδικό βάρος
- το σημείο ζέσεως
- η διάσπαση και οι παραλλαγές του αερίου.

Το δυναμικό ιονισμού προστατευτικού αερίου είναι αποφασιστικό για τη διευκόλυνση του ανάμματος του τόξου, για την αγωγιμότητα του ρεύματος δια του τόξου (αντίσταση του τόξου) και για την τάση του τόξου (Σχ. 7). Έτσι το άναμμα του τόξου είναι σημαντικά ευκολότερο και σταθερότερο στην ατμόσφαιρα του αργού από ό,τι του ηλίου. Οι χαμηλότερες τάσεις του αναμμένου τόξου στην ατμόσφαιρα αργού είναι ωφελιμότερες κατά τη συγκόλληση συνδέσεων με μικρό πάχος. Μικρότερες είναι επίσης και οι μεταβολές της τάσης του τόξου, όταν μεταβάλλεται το μήκος του τόξου.

Άρα η προστασία με ήλιο δεν προτείνεται για τη χειρωνακτική συγκόλληση, επειδή ακόμη και με μικρές μεταβολές του μήκους του τόξου προξενούνται σημαντικές μεταβολές στην τάση του τόξου και, ως αποτέλεσμα αυτού, στην ποσότητα της προσαγόμενης θερμότητας στη συγκολλούμενη σύνδεση.

Το υψηλό δυναμικό ιονισμού του ηλίου αυξάνει σημαντικά την ενέργεια του τόξου. Αυτό είναι ιδιαίτερα ωφέλιμο κατά τη συγκόλληση ελασμάτων μεγάλου πάχους ή μετάλλων με υψηλή θερμική αγωγιμότητα, όπως το αλουμίνιο, το μαγνήσιο και ο χαλκός.



Σχήμα 8: Επίδραση του είδους του προστατευτικού αερίου στη διαμόρφωση του κορδονίου κατά τη συγκόλληση GTA.

Η προστασία με ήλιο προτείνεται, επίσης, για τη μηχανοποιημένη συγκόλληση, με μεγάλες ταχύτητες συγκόλλησης συνδέσεων αποτελούμενων από χάλυβες ανθεκτικοί στη διάβρωση. Επειδή η τάση του καλυμμένου τόξου με ήλιο είναι πάρα πολύ «ευαίσθητη» ακόμη και σε πολύ μικρές μεταβολές του μήκους του τόξου, για την αυτόματη συγκόλληση GTA χρησιμοποιείται αποκλειστικά ήλιο ή μίγμα ηλίου με αργό, ενώ η τάση του τόξου είναι η βασική παράμετρος αξιοποίησης για την καθοδήγηση της διαδικασίας συγκόλλησης.

Η θερμική αγωγιμότητα του προστατευτικού αερίου είναι αποφασιστική για τη διαμόρφωση του κορδονιού της κόλλησης. Το ήλιο χαρακτηρίζεται με ιδεώδη θερμική αγωγιμότητα, που έχει ως αποτέλεσμα η στήλη του τόξου GTA να είναι πλατιά, η προσαγόμενη θερμότητα να εξαπλώνεται σε μεγαλύτερη περιοχή και η κόλληση να είναι πλατιά, ρηχή, ομαλή και επίπεδη (Σχ. 8).

Το αργό είναι αέριο με πολύ χαμηλή θερμική αγωγιμότητα. Κατ' επέκταση, το προστατευόμενο τόξο με αργό έχει θερμό και στενό πυρήνα και σημαντικά πιο κρύα την εξωτερική ζώνη. Η κόλληση έχει βαθύτερη διείσδυση και στενότερο μέτωπο από ό,τι κατά τη συγκόλληση στο ήλιο.

ΠΙΝΑΚΑΣ 21: Βασικές φυσικές ιδιότητες των προστατευτικών αερίων συγκόλλησης με τη μέθοδο GTA.

Φυσικές ιδιότητες	Ar	He	CO ₂	CO	H ₂	H	N ₂
Πυκνότητα σε κανονικές συνθήκες - kg/m ³	1,78	0,178	1,98	—	0,098	—	1,25
Δυναμικό ιονισμού - eV	15,70	24,9	14,4	14,1	15,4	13,6	14,5
Ενέργεια διάσπασης - J/mol	—	—	2,8 X 10 ⁶	—	4,3 X 10 ⁶	—	9,4 X 10 ⁶
Θερμική χωρητικότητα - J/mol °C	21	21	60	—	35	—	—
Συντελεστής θερμικής αγωγιμότητας σε 6000 K - W/m °C	0,17	1,5	5 X 10 ⁻²	6,7X10 ⁻²	2,0	3,8	—
Θερμοκρασία ζέσεως - °C	-185,5	-268,9	-78,9	—	-259	—	-196

ΠΙΝΑΚΑΣ 22: Προτεινόμενα είδη προστατευτικών αερίων συγκόλλησης με τη μέθοδο GTA διάφορων μετάλλων και των κραμάτων τους.

Τύπος συγκαλούμενου μετάλλου	Είδος διαδικασίας συγκόλλησης	Είδος προστατευτικού αερίου	Περιγραφή των βασικών ιδιοτήτων
Αλουμίνιο και τα κράματά του	Χειρωνακτική	Ar	Εύκολο άναμμα του τόξου και μεγάλη καθαρότητα της κόλλησης
	Αυτόματη	He, He + Ar	Μεγάλες ταχύτητες συγκόλλησης, δυνατότητα συγκόλλησης χωρίς αρχική προθέρμανση
Μαγνήσιο και τα κράματά του	Πάχος σύνδεσης κάτω από 1,5 mm	Ar	Ευκολία ρύθμισης της διεόδουσης και μεγάλη καθαρότητα της κόλλησης
	Πάχος σύνδεσης πάνω από 1,5 mm	He	Καλή διεόδυση, καλύτερα αποτελέσματα κατά τη συγκόλληση με συνεχές ρεύμα
Ανθρακοχάλυβας	Χειρωνακτική	Ar	Ευκολία ρύθμισης της μορφής της κόλλησης και ανάμματος του τόξου, δυνατότητα συγκόλλησης σε όλες τις θέσεις
	Αυτόματη	Ar + He	Αυξημένη διεόδυση και ταχεία συγκόλληση
Χάλυβες Cr - Ni ωστενιτικοί	Αυτόματη	Χειρωνακτική	Διευκολούμενη ή ρύθμιση της διεόδυσης λεπτών ελασμάτων
		Ar + He	Αυξημένο βάθος διεόδυσης και αυξημένη ταχύτητα συγκόλλησης
		Ar+Heα 35% H ₂	Αποφεύγονται οι υποκοπές, απαιτείται μειωμένη ένταση ροής από ό,τι στο καθαρό αργό
Cu, Ni και τα κράματά τους	Χειρωνακτική και αυτόματη	He	Αυξημένο βάθος διεόδυσης και αυξημένη γραμμική ενέργεια συγκόλλησης
		Ar	Μεγάλη ευκολία συγκόλλησης λεπτών ελασμάτων και κορδονίων ρίξας σωλήνων
		Ar + He	Εγγυημένη υψηλή γραμμική ενέργεια συγκόλλησης
Τιτάνιο και τα κράματά του	Χειρωνακτική και αυτόματη	He	Δυνατότητα συγκόλλησης παχών ελασμάτων με μεγάλες ταχύτητες, χωρίς αρχική προθέρμανση
		Ar	Μεγάλη καθαρότητα της κόλλησης
		He	Μεγάλο βάθος διεόδυσης κατά τη συγκόλληση χοντρών ελασμάτων.

Το ειδικό βάρος του αερίου παίζει ρόλο όσον αφορά στο βαθμό προστασίας του λουτρού συγκόλλησης. Το αργό είναι 10 φορές πιο βαρύ από το ήλιο και 1,5 φορά από τον αέρα. Για τη σωστή προστασία του χώρου συγκόλλησης από την εισχώρηση του αέρα, απαιτείται μεγαλύτερη μείωση της έντασης ροής του αργού από ό,τι του ηλίου.

Ανάλογα με τη χρησιμοποιούμενη τεχνική συγκόλλησης, τη μορφή της σύνδεσης και το είδος του συγκολλούμενου μετάλλου, προτείνεται συνήθως ένταση ροής του αργού της τάξεως των 6- 16 l/min ενώ για το ήλιο της τάξεως των 14-30 l/min.

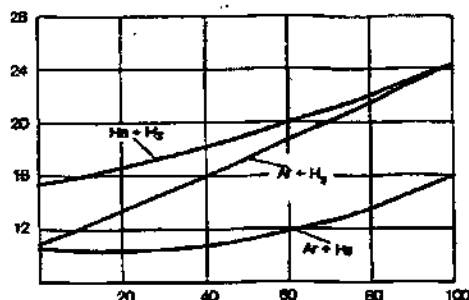
Συνοψίζοντας, το αργό, σε σχέση με το ήλιο, παρουσιάζει τα ακόλουθα πλεονεκτήματα:

- ευκολότερο άναμμα του τόξου
- διευκόλυνση στη σταθερότητα και στο σιγανό άναμμα του τόξου
- εγγύηση για την ακριβή ρύθμιση των θερμικών συνθηκών συγκόλλησης
- διευκόλυνση στον καθαρισμό της επιφάνειας της σύνδεσης από το στρώμα των οξειδίων, κατά τη συγκόλληση με συνεχές ρεύμα θετικής πολικότητας και με εναλλασσόμενο ρεύμα
- απαιτεί μικρότερη ένταση ροής για εγγυημένη προστατευτική ατμόσφαιρα του τόξου.

Το υδρογόνο αναμεμιγμένο με το αργό μεταβάλλει τη χαρακτηριστική του τόξου και αυξάνει την αντίσταση του τόξου και, κατ' αυτόν τον τρόπο, μεγαλώνει η γραμμική ενέργεια συγκόλλησης, αυξάνοντας το βάθος διείσδυσης μέχρι 50% σε σχέση με τη συγκόλληση με καθαρό αργό. Τα μίγματα ηλίου και υδρογόνου, που περιέχουν από 5 μέχρι 30% υδρογόνο, εγγυώνται ακόμη πιο υψηλή τάση του τόξου

και, κατ' επέκταση, μεγαλύτερη γραμμική ενέργεια συγκόλλησης απ' ό,τι με την προστασία καθαρού ηλίου (Σχ. 9).

Η προσθήκη υδρογόνου στο αργό ή στο ήλιο είναι ανεπίτρεπτη κατά τη συγκόλληση αλουμινίου, μαγνησίου, χαλκού και κραμάτων τους, από την άποψη του κινδύνου δημιουργίας πόρων και ρηγμάτων. Κατά τη χειρωνακτική συγκόλληση GTA συνδέσεων από χάλυβα ανθεκτικό στη διάβρωση, με σκοπό την επίτευξη καθαρών κολλήσεων, χωρίς υποκοπές, προτείνεται προσθήκη στο προστατευτικό κάλυμμα του αργού μέχρι 5% υδρογόνο.



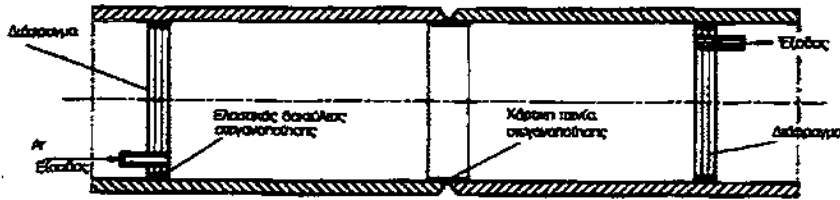
Σχήμα 9: Επίδραση της προσθήκης ηλίου ή υδρογόνου στην ατμόσφαιρα του αργού καθώς και του υδρογόνου στην ατμόσφαιρα του ηλίου στην τάση του τόξου, κατά τη συγκόλληση GTA ωστενιτικών χάλυβων τύπου 18-8. Η ένταση του ρεύματος συγκόλλησης: 100A και το μήκος του τόξου 1,8 mm.

Μεγάλη επίδραση στην ταχύτητα συγκόλλησης και στην ποιότητα των κολλήσεων ασκεί η καθαρότητα του προστατευτικού αερίου. Ιδιαίτερα ευαίσθητα στις ακαθαρσίες είναι τα δυσκολοτηκόμενα μέταλλα: το τιτάνιο, το ζirkόνιο, το ταντάλιο και το νιόβιο. Οι ανθρακοχάλυβες και οι ανοξείδωτοι χάλυβες δεν απαιτούν αέριο με μεγάλη καθαρότητα, ενώ το αλουμίνιο και το μαγνήσιο πρέπει να συγκολλούνται στην προστατευτική ατμόσφαιρα αερίων με καθαρότητα 99.96% μέχρι 99,995%.

Με σκοπό την αποφυγή των ακαθαρσιών από τον αέρα για το ισχυρά θερμαινόμενο μέταλλο της κόλλησης από την πλευρά της ρίζας, κατά τη συγκόλληση του κορδονίου ρίζας της σύνδεσης, πρέπει να προστατευτεί με πρόσθετη προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου, αυτός ο χώρος. Στην περίπτωση συγκόλλησης όλων των μετάλλων με τη μέθοδο GTA στην προστατευτική ατμόσφαιρα της ρίζας, επαρκεί το καθαρό ήλιο ή το αργό. Κατά τη συγκόλληση χαλύβων ανθεκτικών στη διάβρωση, χαλκού και κραμάτων του, επαρκεί προστατευτική ατμόσφαιρα της ρίζας, την οποία παρέχει το άζωτο. Προτεινόμενες εντάσεις ροής προστατευτικού αερίου είναι 0,5 μέχρι 30 l/min, ανάλογα με τη μορφή της σύνδεσης, το είδος της κατασκευής, τις κατασκευαστικές λύσεις των θαλάμων ή προστατευτικών καναλιών, όπως και τον όγκο του θαλάμου, από τον οποίο πρέπει να γίνει η εκκένωση του αέρα. Κατά κανόνα, επιβάλλεται το φύσημα όλου του όγκου να γίνει τέσσερις φορές με το προστατευτικό αέριο. Μετά το φύσημα του αέρα, πρέπει να μειωθεί η ένταση ροής του προστατευτικού αερίου στο επίπεδο, που επιβάλλει η προστασία της σύνδεσης, δηλαδή με ελαφρά υπερπίεση από τον ατμοσφαιρικό αέρα.

Στην περίπτωση συγκόλλησης μετωπικών συνδέσεων σωλήνων, σημαντική είναι η χρησιμοποίηση προστατευτικών διαφραγμάτων με δικλίδες εισόδου και εξόδου, με σκοπό την αποφυγή της υπερβολικής πίεσης, κατά τη διάρκεια συγκόλλησης στο μέσο του σωλήνα, έτσι που να μη δημιουργηθεί φύσημα του λουτρού της κόλλησης στο τελευταίο τμήμα του κορδονίου της ρίζας ή να μην εμφανισθεί ατελής τήξη στη ρίζα. Προτείνεται, επίσης, η χρησιμοποίηση ειδικής χάρτινης ταινίας στεγανοποίησης της ρίζας, κολλημένη από το εσωτερικό του σωλήνα ή από την εξωτερική πλευρά του αύλακα συγκόλλησης, στην περίπτωση σωλήνων με μικρή διάμετρο. Η ταινία αυτή επιτρέπει τη σημαντική μείωση κατανάλωσης του προστατευτικού αερίου, ενώ το κάψιμό της από την επίδραση της

θερμότητας του τόξου δεν ασκεί αρνητική επιρροή στην ποιότητα της κόλλησης (Σχ.10).



Σχήμα 10: Σύστημα προστατευτικής ατμόσφαιρας αερίου του χώρου της ρίζας, προτεινόμενο για τη συγκόλληση GTA μετωπικών συνδέσεων σε περιφέρεια σωλήνας.

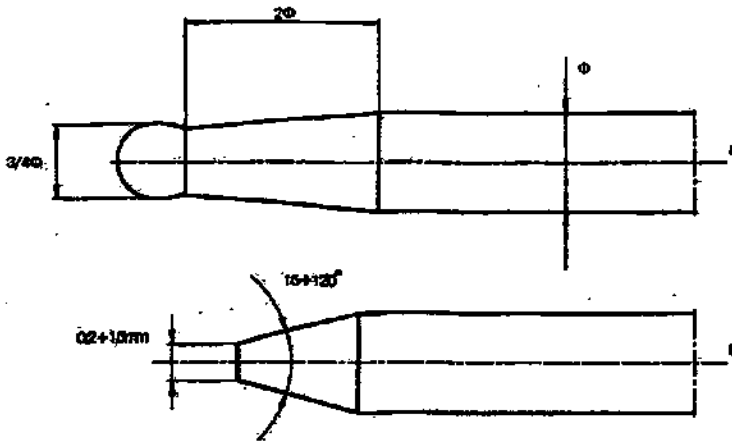
Τα μη τηκόμενα ηλεκτρόδια, για τη μέθοδο GTA, αποτελούν το βασικό στοιχείο του κυκλώματος συγκόλλησης, και από τα χαρακτηριστικά τους εξαρτάται, σε μεγάλο βαθμό, η ποιότητα συγκόλλησης καθώς και το κόστος της διαδικασίας. Τα χαρακτηριστικά αυτά είναι η ευκολία ανάμματος του τόξου και η σταθερότητά του, η διάρκεια και η ταχύτητα φθοράς του ηλεκτροδίου. Τα μη τηκόμενα ηλεκτρόδια παρασκευάζονται ως καθαρά βολφραμίου ή από κράματα βολφραμίου με προσθήκες με μικρό έργο εξόδου των ηλεκτρονίων, όπως το θόριο (Th), το ζιρκόνιο (Zr), το λανθάνιο (La), το δημήτριο (Ce) κ.ά., τα οποία εγγυώνται τη μείωση του έργου εξόδου των ηλεκτρονίων σε σχέση με το καθαρό βολφράμιο και την ψιλόκοκκη δομή του ηλεκτροδίου. Στη σύσταση των κραματωμένων ηλεκτροδίων βολφραμίου εισάγονται συνήθως από 0,2 μέχρι 2-3% οξειδία των δραστικών στοιχείων ThO_2 , ZrO_2 , La_2O_3 , CeO_2 , Y_2O_3 . Το θόριο είναι ραδιενεργό στοιχείο και εκπέμπει ακτινοβολία α και γ, με μικρή ένταση. Για το χειριστή είναι επικίνδυνη η σκόνη που δημιουργείται κατά τη λείανση του άκρου του ηλεκτροδίου, η οποία επικάθεται στους πνεύμονές του. Προτείνεται, επομένως, η αντικατάσταση των ηλεκτροδίων θορίου με

ηλεκτρόδια που περιέχουν La_2O_3 ή CeO_2 . Το ηλεκτρόδιο βολφραμίου που περιέχει 1 % La_2O_3 έχει τον ίδιο ποσοστιαίο όγκο οξειδίων με το ηλεκτρόδιο που περιέχει 1,5% ThO_2 . Η ζωή των ηλεκτροδίων βολφραμίου είναι τόσο μεγαλύτερη όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα των οξειδίων σε όγκο. Έτσι, λοιπόν, τα ηλεκτρόδια βολφραμίου με προσθήκες La_2O_3 ή CeO_2 παρουσιάζουν καλύτερες ιδιότητες συγκόλλησης και μεγαλύτερη διάρκεια απ' ό,τι τα ηλεκτρόδια με προσθήκη του ThO_2 .

Η διάμετρος του σφαιρικού άκρου του μη τηκόμενου ηλεκτροδίου δεν πρέπει να υπερβαίνει το 1,5 της διαμέτρου του ηλεκτροδίου, επειδή, έτσι, μπορεί να αποκοπεί από το ηλεκτρόδιο. Το άκρο του ηλεκτροδίου τροχίζεται σε γωνία της κορυφής του από 15° ως 120° , ανάλογα με την απαιτούμενη συγκεντρότητα του τόξου και τη διάμετρο στόμωσης από 0,2 έως 1,5 mm, που δεν τήκεται και δεν έχει μεταλλικά εγκλείσματα στην κόλληση (Σχ. 11).

Τα ηλεκτρόδια με προσθήκες 0,3-0,5% ζirkονίου (Zr) έχουν ενδιάμεσες ιδιότητες μεταξύ των ηλεκτροδίων καθαρού βολφραμίου και των κραματωμένων ηλεκτροδίων βολφραμίου με θόριο (Th), παρά το ό,τι παρουσιάζουν τα καλύτερα αποτελέσματα κατά τη συγκόλληση με εναλλασσόμενο ρεύμα.

Η ικανότητα μεταφοράς υψηλών εντάσεων ρεύματος συγκόλλησης σε μεγάλη χρονική περίοδο, χωρίς αλλαγές στη μορφή του ηλεκτροδίου, εξαρτάται όχι μόνο από τη χημική σύσταση των ηλεκτροδίων αλλά, επίσης, και από το είδος της λαβίδας συγκόλλησης (ψύξη με νερό ή με αέρα), το ελεύθερο μήκος εξόδου του ηλεκτροδίου από τη λαβίδα, τη θέση συγκόλλησης, τον τύπο του προστατευτικού αερίου και το είδος του ρεύματος συγκόλλησης.



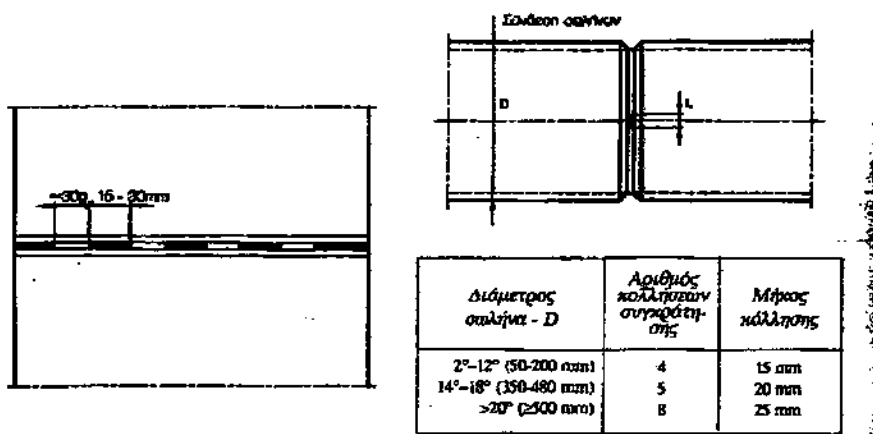
Σχήμα 11: Προτεινόμενος τρόπος προετοιμασίας των άκρων των μη τηκόμενων ηλεκτροδίων για τη συγκόλληση GTA: α- με εναλλασσόμενο ρεύμα, β- με συνεχές ρεύμα

3. Τεχνολογία και τεχνική συγκόλλησης

Η συγκόλληση GTA απαιτεί ιδιαίτερο και ακριβή τρόπο καθαρισμού των άκρων των αντικειμένων προς συγκόλληση απ' όλες τις ακαθαρσίες, όπως τα οξείδια, οι σκουριές, τα λίπη, τα χρώματα κ.ά. Εφαρμόζεται, για το σκοπό αυτό, καθαρισμός μηχανικός ή χημικός. Η συγκόλληση GTA διενεργείται σε όλες τις θέσεις, χειρωνακτικά, ημιαυτόματα ή αυτόματα. Τα συγκολλούμενα άκρα των αντικειμένων πρέπει να προετοιμαστούν με ακρίβεια, έτσι που να μη σύγκειται παραμόρφωση κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης, μεταβάλλοντας γι αυτό π.χ. τη γωνία λοξοτόμησης και το διάκενο του αύλακα συγκόλλησης.

Για το σκοπό αυτό, επίσης, εφαρμόζεται η συγκράτηση με κολλήσεις πονταρίσματος, με μήκη από 10 έως 30 mm και με απόσταση μεταξύ των κολλήσεων από 10 έως 60 mm, ανάλογα με τη στιβαρότητα (πάχος) των συγκολλούμενων αντικειμένων (Σχ.12), αλλιώς πρέπει να συγκρατηθούν με ειδικά εργαλεία (ιδιοσυσκευές) με υποστηρίγματα από χαλκό.

Η χειρωνακτική συγκόλληση GTA διενεργείται από τους περισσότερους χειριστές με την τεχνική συγκόλλησης με διακοπτόμενη μετατόπιση της λαβίδας και του σύρματος. Η τεχνική αυτή συνίσταται στο ότι, μετά το άναμμα του τόξου, εκτελούνται μικρές, κυκλικές κινήσεις με το ηλεκτρόδιο, μέχρι που να επιτευχθεί ο απαιτούμενος όγκος του λουτρού συγκόλλησης και, μετά, δίνεται κλίση στη λαβίδα, από κάθετη, σε περίπου 15° , στην αντίθετη διεύθυνση προς τη διεύθυνση συγκόλλησης κατά μήκος της σύνδεσης. Στην περίπτωση συγκόλλησης με πρόσθετο υλικό (σύρμα ή ράβδος), πρέπει να εναποτίθεται στην περιοχή συγκόλλησης υπό γωνία $10-25^\circ$ προς το επίπεδο της σύνδεσης, προ του λουτρού συγκόλλησης. Στη συνέχεια, το σύρμα οπισθοχωρεί από την περιοχή του τόξου και η λαβίδα μετατοπίζεται προς τη διεύθυνση συγκόλλησης. Οι ενέργειες αυτές επαναλαμβάνονται μέχρι την εκτέλεση όλης της σύνδεσης.



Σχήμα 12. Προτεινόμενη σειρά εναποθέτησης και διαστάσεις κολλήσεων συγκράτησης σε μεταωπικές συνδέσεις.

Η ημιαυτόματη συγκόλληση GTA γίνεται με τη χρήση εξοπλισμού, ο οποίος καθοδηγεί μόνο την προώθηση του εναποτιθέμενου υλικού στην περιοχή της συγκόλλησης, ενώ η μετατόπιση της λαβίδας γίνεται χειρωνακτικά.

Αυτή η τεχνική εφαρμόζεται περιορισμένα, μόνο για εξειδικευμένες χρησιμότητες.

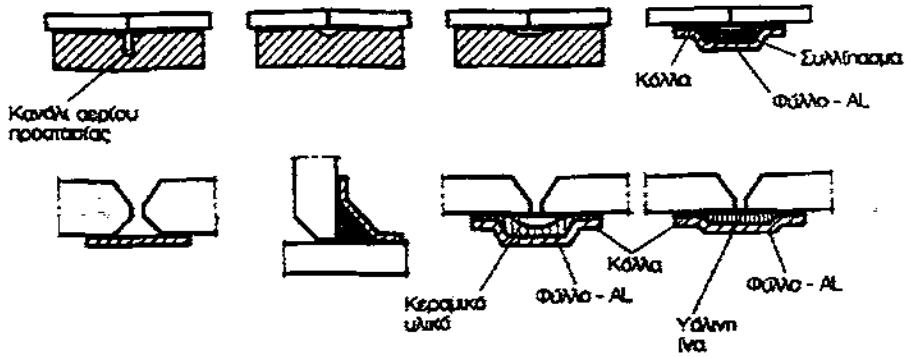
Η αυτόματη συγκόλληση GTA συνίσταται στη διενέργεια διαδικασίας συγκόλλησης, χωρίς τη συμμετοχή του χειριστή στην καθοδήγηση των παραμέτρων συγκόλλησης, οι οποίες εκτελούνται με ηλεκτρονικά συστήματα προσαρμογής. Το σύστημα καθοδήγησης εκτελεί τις διορθώσεις των παραμέτρων συγκόλλησης βάσει των πληροφοριών που επιτεύχθηκαν από τα σήματα των ιδιοτήτων ποιότητας της περιοχής συγκόλλησης, όπως π.χ. οι διαστάσεις, η θερμοκρασία του λουτρού σιλικόνης, ο ήχος του τόξου κ.ά..

Η συγκόλληση μπορεί να διενεργηθεί χωρίς τη συμμετοχή του εναποτιθέμενου υλικού ή με τη συμμετοχή του εναποτιθέμενου υλικού με μορφή σύρματος, προωθούμενο στην περιοχή της συγκόλλησης με γωνία 15-45° προς τον άξονα της λαβίδας (ηλεκτροδίου).

Η σημειακή συγκόλληση GTA διενεργείται χειρωνακτικά ή αυτόματα με τη χρήση ειδικών λαβίδων πιστολιού, εφοδιασμένοι με ακροφύσιο αερίου, ψυχόμενο με νερό από τα διαμήκη διάκενα, που επιτρέπει τη στήριξη της λαβίδας άμεσα στο συγκολλούμενο αντικείμενο.

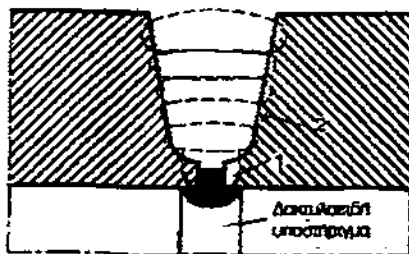
Η συγκόλληση μονόπλευρων μετωπικών συνδέσεων διενεργείται με τη χρήση υποστηριγμάτων χαλκού, κεραμικών, τηκόμενων ή μεταλλικών τηκόμενων, ακριβώς εφαρμοσμένων στην περιοχή της ρίζας (Σχ. 13), ή με ελεύθερη διαμόρφωση της ρίζας προστατευόμενης με αέριο. Όλο και περισσότερο χρησιμοποιούνται οι κεραμικές τηκόμενες ταινίες από ινώδη ύαλο επί του φυλλωτού αλουμινίου, επικαλυμμένες

στην περιοχή της ρίζας της κόλλησης. Αυτές εγγυώνται την ακριβή διαμόρφωση της στρώσης της ρίζας και, συγχρόνως, εξαλείφουν το αναγκαίο προστατευτικό αέριο, από την πλευρά της ρίζας, στα περισσότερα μέταλλα.



Σχήμα 13. Προτεινόμενα υποστηρίγματα διαμόρφωσης και προστασίας των ριζών συνδέσεων κατά τη μονόπλευρη ή δίπλευρη συγκόλληση GTA και GMA: A, B, C -μεταλλικά υποστηρίγματα από χαλκό ή από ωστενιτικό χάλυβα (προτείνεται για τη συγκόλληση τιτανίου και τα κράματά του), D, E, F - υποστηρίγματα κεραμικών ταινιών, Το υποστήριγμα ταινίας από ίνες υάλου.

Η συγκόλληση GTA χρησιμοποιείται συνήθως για τη σύνδεση λεπτών ελασμάτων με πάχη μέχρι 2,0-3,0mm ή για την εκτέλεση στρώσεων ρίζας χοντρών συνδέσεων, αναπληρωμένων με άλλες πιο αποδοτικές μεθόδους (Σχ.14).

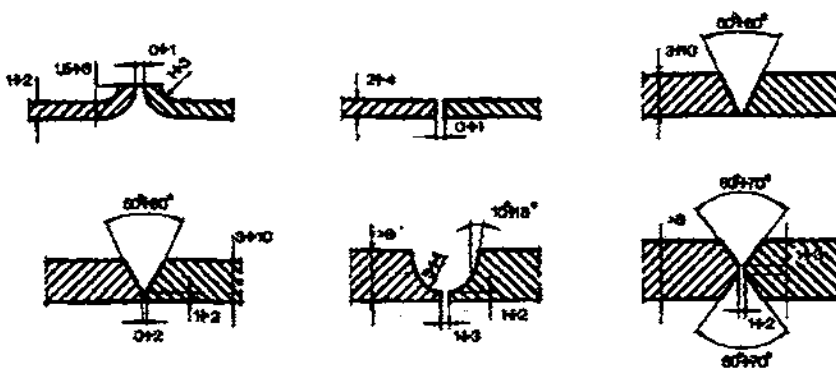


Σχήμα 14: Προτεινόμενος τρόπος εκτέλεσης μεταπικών συνδέσεων χοντρών τοιχωμάτων σωλήνων: 1- στρώμα διείσδυσης εκτελούμενο με τη μέθοδο GTA με τήξη του υποστηρίματος δακτυλίου, 2- στρώματα αναπλήρωσης εκτελούμενα με τη μέθοδο GTA ή με βυθιζόμενο τόξο.

Πολλές υπεύθυνες συνδέσεις συγκολλητών κατασκευών με παχιά τοιχώματα συγκολλούνται με τη μέθοδο GTA επειδή παρέχει υψηλή ποιότητα παρά τη χαμηλή απόδοσή της.

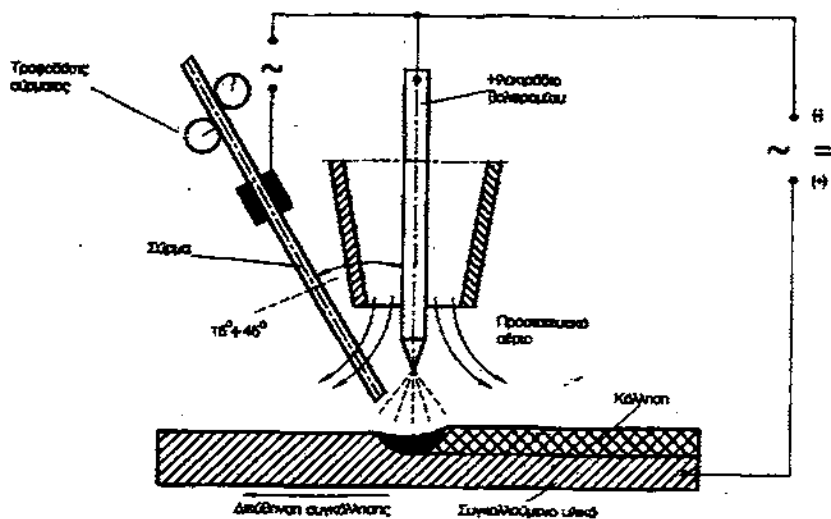
Για πάχη συνδέσεων της τάξης 3,0-6,0 mm, είναι δυνατόν να συγκολληθούν οι μετωπικές συνδέσεις χωρίς λοξοτόμηση σε επαφή, με ή χωρίς προσθήκη εναποτιθέμενου υλικού. Για πιο παχιά ελάσματα, επιβάλλεται η λοξοτόμηση (Σχ. 15).

Τα πρόσθετα εναποτιθέμενα υλικά που χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση GTA, στις περισσότερες περιπτώσεις έχουν την ίδια χημική σύσταση με το συγκολλούμενο υλικό. Σε μερικές περιπτώσεις, είναι απαραίτητη η χρησιμοποίηση εναποτιθέμενου υλικού με καθαρά διαφορετική χημική σύσταση από το συγκολλούμενο υλικό. Και έτσι, π.χ. για τη συγκόλληση χαλύβων ανθεκτικών στη διάβρωση τύπου 9% Νί, χρησιμοποιούνται κράματα νικελίου. Οι ορείχαλκοι συγκολλούνται με μπρούντζο αλουμινίου, φωσφόρου ή πυριτίου. Η επιλογή του εναποτιθέμενου υλικού είναι συνδυασμός μεταξύ μεταλλουργικών παραμέτρων και λειτουργικών ιδιοτήτων της σύνδεσης. Συνήθως, γίνεται προσπάθεια ώστε το εναποτιθέμενο υλικό να έχει καλύτερες ιδιότητες απ' ό,τι το συγκολλούμενο υλικό.



Σχήμα 15: Προτεινόμενοι τρόποι προετοιμασίας των άκρων των χαλύβδινων ελασμάτων για τη συγκόλληση GTA μετωπικών συνδέσεων.

Το σύρμα για την αυτόματη συγκόλληση GTA τροφοδοτείται στο χώρο του τόξου ως κρύο ή ως προθερμαινόμενο με αντίσταση (θερμό) (Σχ. 16).



Σχήμα 16: Τεχνική συγκόλλησης GTA με θερμό σύρμα προθερμαινόμενο με ηλεκτρική αντίσταση

Το θερμό σύρμα, προ της εισόδου στο χώρο του τόξου, προθερμαίνεται με ηλεκτρική αντίσταση και ρεύμα, τροφοδοτούμενο από ξεχωριστή πηγή εναλλασσόμενου ή συνεχούς ρεύματος, με σταθερά στατική χαρακτηριστική. Η διέλευση του ρεύματος ξεκινάει τη στιγμή της εισόδου του σύρματος στο τόξο. Και χάρη αυτού πετυχαίνεται μεγαλύτερη απόδοση τήξης απ' ό,τι με το κρύο σύρμα. Το θερμό σύρμα χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση χαλύβων ανθεκτικών στη διάβρωση, χαλύβων ειδικών καθώς και κραμάτων χαλκού και νικελίου. Η τεχνική αυτή δεν προτείνεται για τη συγκόλληση αλουμινίου και χαλκού, επειδή η χαμηλή ηλεκτρική αντίσταση αυτών των μετάλλων απαιτεί μεγάλες εντάσεις ρεύματος, που, στη συνέχεια, μπορεί να οδηγήσουν στο φύσημα του τόξου και σε σφάλματα ατελούς διείσδυσης ή ατελούς τήξης.

Η αύξηση της απόδοσης της αυτόματης συγκόλλησης GTA μπορεί να επιτευχθεί χρησιμοποιώντας την τεχνική συγκόλλησης, με την παράλληλη τοποθέτηση των λαβίδων συγκόλλησης στον άξονα της σύνδεσης. Κατά την παράλληλη τοποθέτηση των λαβίδων ή κατά τη συγκόλληση με μη ακριβή εφαρμογή των άκρων, είναι δυνατόν να αυξηθεί η ταχύτητα συγκόλλησης πολλαπλών στρώσεων .

Κατά την παράλληλη συγκόλληση, η πρώτη λαβίδα έχει ως σκοπό την αρχική προ- θέρμανση του χώρου συγκόλλησης, μειώνοντας την ταχύτητα θέρμανσης της σύνδεσης, και, επιπλέον, τη βαθιά διείσδυση με μεγάλη ταχύτητα. Οι συνδέσεις με παχιά ελάσματα απαιτούν υψηλό κόστος της λοξοτόμησης και μεγάλη ποσότητα εναποτιθέμενου υλικού. Η πλέον αποτελεσματική λύση είναι η συγκόλληση με στενό διάκενο και με τη μέθοδο GTA.

Η αδρανής ατμόσφαιρα αερίων εγγυάται τη σταθερότητα, την εντατικότητα της πηγής θερμότητας, ενώ η διαδικασία συγκόλλησης GTA είναι πολύ «καθαρή» και επεκτείνει σημαντικά την περιοχή συγκολλητότητας διαφόρων μετάλλων και κραμάτων .Η χειρωνακτική συγκόλληση GTA εγγυάται την απόδοση συγκόλλησης, που πλησιάζει τη χειρωνακτική συγκόλληση τόξου με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια, της τάξεως των 0,5-3,0 kg/h. Η αυτόματη συγκόλληση GTA με θερμαινόμενο σύρμα διευκολύνει την αύξηση της απόδοσης τήξης μέχρι και 10-12 kg/h, ανάλογα με το είδος του συγκολλούμενου υλικού.

Κύριος, όμως, σκοπός των τεχνολογικών διεργασιών της συγκόλλησης GTA, είναι η εξασφάλιση της υψηλής ποιότητας των συνδέσεων και όχι της απόδοσης συγκόλλησης.

Όπως, ήδη, αναφέρθηκε η συγκόλληση GTA μπορεί να διενεργηθεί χωρίς τη συμμετοχή του πρόσθετου υλικού, και τότε, η κόλληση σχηματίζεται με υποκοπές

στα άκρα των συγκολλούμενων υλικών, ή με πρόσθετο υλικό με μορφή σύρματος, ράβδου ή με ειδικό τοποθετημένο υποστήριγμα στον αύλακα συγκόλλησης. Άρα, μπορούν να συγκολληθούν σχεδόν όλα τα μέταλλα, που τήκονται με την επίδραση της θερμότητας του τόξου. που δεν ατμοποιούνται με την επίδρασή του και μπορούν να συγκολληθούν χωρίς ρηγματώσεις.

Η συγκόλληση GTA προσφέρεται για τη σύνδεση εκτελούμενων αντικειμένων από τα περισσότερα μέταλλα και κράματα. Πολύ μεγάλη ποιότητα της σύνδεσης πετυχαίνεται κατά τη συγκόλληση ανθρακοχαλύβων. κραματομένων χαλύβων, ανθεκτικών στη διάβρωση, ειδικών χαλύβων. νικελίου, και κραμάτων του. αλουμινίου και κραμάτων αλουμινίου, κραμάτων μαγνησίου, χαλκού και κραμάτων αυτού. όπως Cu -Ni. μπρούντζων και ορείχαλκων. Μερικά μέταλλα ραδιενεργά και δυσκολοτηκόμενα μπορούν να συγκολληθούν μόνο με συγκόλληση της μεθόδου GTA, επειδή μόνο τότε εξασφαλίζεται, με κατάλληλη προστατευτική ατμόσφαιρα, ο χώρος συγκόλλησης προ της εισχώρησης ατμοσφαιρικού αέρα (παραλείποντας τη δαπανηρή συγκόλληση με εστιασμένη πηγή θερμότητας, δηλαδή δέσμη ακτίνων λέιζερ και ηλεκτρονίων). Μη συγκολλούμενα είναι επίσης με τη μέθοδο GTA τέτοια μέταλλα. όπως το κάδμιο, ο κασσίτερος κι ο ψευδάργυρος, τα οποία, σε ρευστή κατάσταση, έχουν τάση για ατμοποίηση.

Τα δυσκολοτηκόμενα μέταλλα: το βολφράμιο. το ταντάλιο, το νιόβιο και το χρώμιο, καθώς και τα ραδιενεργά μέταλλα: το τιτάνιο, το ζirkόνιο και τα κράματά τους, που εύκολα οξειδώνονται σε υψηλές θερμοκρασίες, εφόσον δεν προστατεύονται με κάλυψη αδρανούς αερίου. Η απορρόφηση τέτοιων ακαθαρσιών, όπως το οξυγόνο, άνθρακας, το υδρογόνο και το άζωτο, ελατώνουν τη δυσθραυστότητα και την πλαστικότητα του μετάλλου της κόλλησης των συνδέσεων αυτών των μετάλλων. Άρα. η συγκόλληση πρέπει να γίνεται. σε ειδικούς προστατευτικούς θαλάμους ή με

τη χρησιμοποίηση πρόσθετων, τοποθετημένων μετά τη λαβίδα, καλυμμάτων αερίων και με ακρίβεια προστατευτικού υποστηρίγματος από την πλευρά της ρίζας.

Η συγκόλληση GTA τέτοιων μετάλλων εξασφαλίζει την υψηλή εστίαση της θερμότητας του τόξου, την πολύ μεγάλη ακρίβεια καθοδήγησης της γραμμικής ενέργειας συγκόλλησης και την καλύτερη δυνατή προστασία με αδρανές αέριο στον χώρο συγκόλλησης (Πίνακες 20, 23 και 24).

ΠΙΝΑΚΑΣ 23. Τεχνολογικές συνθήκες χειρωνακτικής συγκόλλησης GTA, χωρίς τη συμμετοχή πρόσθετου υλικού, για περιφερειακές κολλήσεις μετωπικών περιφερειακών συνδέσεων δοχείου καυσίμων ραδιενεργού πλουτωνίου 238 καθέτηρα ερευνητικό Cassini. Το κυλινδρικό δοχείο με διάμετρο 30mm και πάχος τοιχώματος 0,685mm εκτελέστηκε με κράμα ιριδίου DOP -26.

Ένταση ρεύματος, A	Τάση τόξου, V	Ταχύτητα συγκόλλησης	Συχνότητα μαγνητικής ταλάνωσης του τόξου	Είδος και ένταση ροής προστατευτικού αερίου
55 A σε 0,5 s - αύξηση ρεύματος από 55 A σε 116 A, σε χρόνο 7,3 s, πτώση του ρεύματος από 116 A σε 22 A, σε χρόνο 3,0 s.	15,6 V, μήκος τόξου 0,9 mm	0,0 mm/μίν σε 0,5 s και, στη συνέχεια, 750 mm/μίν σε 10,3 s	55 Hz	75% He + 25% Ar 14 λίτρα

Προσοχή: Με σκοπό προστασίας της πάστας από το ραδιενεργό υλικό, ανάμεσα στην πάστα και στο τοίχωμα του δοχείου τοποθετήθηκε φυλλωτό (foil) από κράμα ιριδίου, με πάχος 0.127mm.

ΠΙΝΑΚΑΣ 24. Τεχνολογικές συνθήκες χειρωνακτικής συγκόλλησης GTA μετωπικών συνδέσεων από κράμα τιτανίου Ti-6 Al-4V, με πάχος 2.4mm, σε θέση επίπεδη.

Προετοιμασία της σύνδεσης	Ένταση του ρεύματος, A	Τάση του τόξου	Ταχύτητα συγκόλλησης, m/min	Μήκος του τόξου, mm	Διάμετρος ηλεκτροδίου, mm
Φρεζάρισμα σε 1 με διάμετρο 1,0 mm	125 — 130	16 — 20	0,75 - 0,80	2,0 - 3,0	2,4

Προσοχή: Η συγκόλληση με συνεχές ρεύμα και αρνητική πολικότητα. Το πρόσθετο υλικό με μορφή ταινίας μήκους 200mm και διατομής 2 x 2,5 mm. Το προστατευτικό αέριο αργό με ένταση 5-7 l/min για προστασία του τόξου, 3,5 l/min για πρόσθετη προστασία, 2,5 l/min για προστασία από την πλευρά της ρίζας.

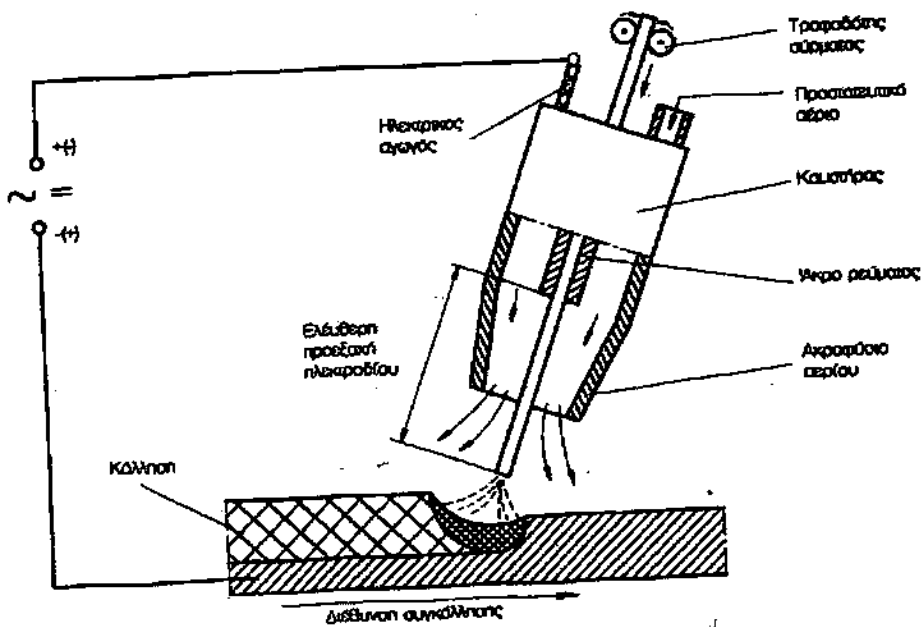
ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΟΞΟΥ ΜΕ ΤΗΚΟΜΕΝΟ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ ΣΤΗΝ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑ ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΩΝ ΑΕΡΙΩΝ- GMA (MIG)

1. Χαρακτηριστικά της μεθόδου

Η συγκόλληση τόξου με τηκόμενο ηλεκτρόδιο στην ατμόσφαιρα προστατευτικών αερίων (ακρωνυμία GMA ή MIG) ξεκίνησε με την πατέντα του Alexander το 1926 και τώρα είναι η πιο διαδεδομένη μέθοδος που χρησιμοποιείται για τις συγκολλητές κατασκευές. Η ακρωνυμία GMA (Gas Metal Arc) αναφέρεται ως υποχρεωτική κυρίως στις ΗΠΑ και χρησιμοποιείται όλο και περισσότερο στις ευρωπαϊκές χώρες. Η ακρωνυμία αυτή περιέχει όλα τα είδη των προστατευτικών αερίων. Η ακρωνυμία MIG (Metal Inert Gas) αναφέρεται στις ευρωπαϊκές χώρες ως υποχρεωτική και αφορά μόνο στην προστατευτική ατμόσφαιρα των αδρανών αερίων. Στη συνέχεια χρησιμοποιείται λιγότερο η ακρωνυμία MAG (Metal Active Gas), μόνο για τα δραστικά προστατευτικά αέρια. Μερικές φορές χρησιμοποιείται και η συνένωση των ακρωνυμιών MIG/MAG.

Το αναμμένο τόξο, προστατευόμενο με ακρίβεια ανάμεσα στο τηκόμενο ηλεκτρόδιο (σύρμα) και στο συγκολλούμενο υλικό, εξασφαλίζει ότι η σχηματιζόμενη κόλληση γίνεται σε πολύ ωφέλιμες θερμικές και μεταλλουργικές συνθήκες. Άρα η συγκόλληση GMA μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την εκτέλεση με υψηλή ποιότητα των συνδέσεων όλων των μετάλλων που μπορούν να συνδεθούν με τη συγκόλληση τόξου. Σ' αυτά ανήκουν οι ανθρακοχάλυβες, οι ελαφρά κραματωμένοι χάλυβες, οι χάλυβες που είναι ανθεκτικοί στη διάβρωση, οι ειδικοί χάλυβες, το αλουμίνιο, το

μαγνήσιο, ο χαλκός, το νικέλιο και τα κράματά του, όπως, επίσης, το τιτάνιο και τα κράματά του. Η συγκόλληση GMA συνίσταται στην τήξη του συγκολλούμενου μετάλλου και του υλικού του τηκόμενου ηλεκτροδίου με θερμότητα από το αναμμένο ηλεκτρικό τόξο ανάμεσα στο τηκόμενο ηλεκτρόδιο και στο συγκολλούμενο αντικείμενο, στην ατμόσφαιρα του αερίου, αδρανούς ή δραστικού (Σχ. 17)



Σχήμα 17: Πορεία της διαδικασίας συγκόλλησης με μη τηκόμενο ηλεκτρόδιο στην ατμόσφαιρα προστατευτικού αερίου- GMA.

Τα βασικά προστατευτικά αέρια που χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση GMA είναι τα αδρανή αέρια αργό και ήλιο καθώς και τα δραστικά: CO_2 , H_2 , O_2 , N_2 και NO , χρησιμοποιούμενα ξεχωριστά ή μόνο ως προσθήκες στο αργό ή στο ήλιο. Το

τηκόμενο ηλεκτρόδιο συνήθως με τη μορφή συμπαγούς σύρματος, με διάμετρο από 0,5-4,0mm. τροφοδοτείται, κατά συνεχή τρόπο, με ειδικό σύστημα τροφοδοσίας, με ταχύτητα στην περιοχή από 2,5 μέχρι και 50 m/min.

Ο καυστήρας GMA ψύχεται με νερό ή με αέρα. Η συγκόλληση GMA διενεργείται με συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα σε όλες τις θέσεις.

Τώρα, σχεδόν αποκλειστικά, χρησιμοποιείται στη συγκόλληση GMA μόνο συνεχές ρεύμα, με θετική πολικότητα.

Η συγκόλληση GMA εκτελείται ως ημιαυτόματη μηχανοποιημένη, ως αυτόματη ή ως ρομποτική. Χάρη της μεγάλης πολλαπλότητας της διαδικασίας, της εύκολης ρύθμισης της μεταφοράς του μετάλλου στο τόξο, η συγκόλληση GMA χρησιμεύει για την εκτέλεση διάφορων κατασκευών και με διάφορα μέταλλα και κράματα, σε συνθήκες μηχανουργικές και συναρμολόγησης, σε όλες τις θέσεις. Τώρα είναι, επίσης, βασική, διαδικασία συγκόλλησης κατασκευών πλατφόρμων γεώτρησης και υποθαλάσσιων αεραγωγών, βάθους μέχρι και 600 μέτρα. Στο σχήμα 18, φαίνεται η διάταξη συγκόλλησης GMA.

Στη χειρολαβίδα 1 εισέρχονται: το σύρμα που ξετυλίγεται από το τύμπανο, ο αγωγός νερού για την ψύξη, ο αγωγός του αδρανούς αερίου και ο ηλεκτρικός αγωγός.

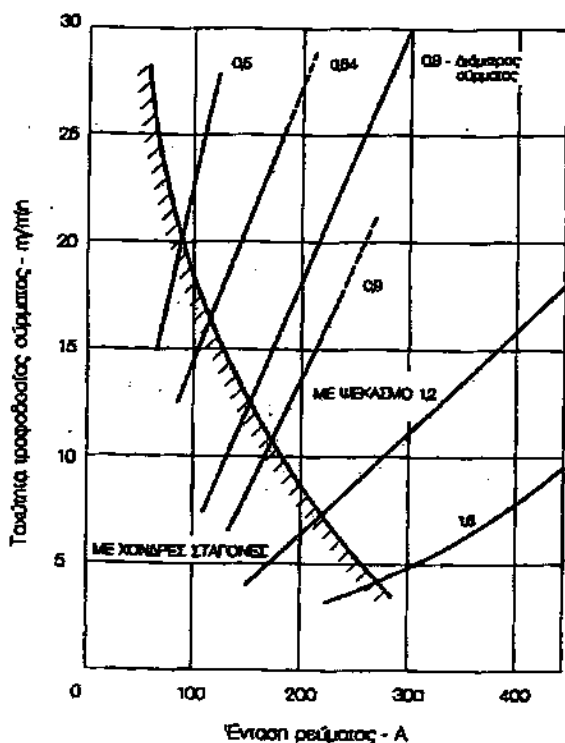
Η ατμόσφαιρα των αδρανών αερίων επιτρέπει τη φόρτιση του ηλεκτροδίου με πολύ υψηλές εντάσεις, γι' αυτό χρησιμοποιείται εναποτιθέμενο υλικό, με σύρματα λεπτής διαμέτρου 0,8 -1,2 -1,6 -2,0 -2,4 mm. ενώ η ένταση του ρεύματος είναι σχετικά υψηλή, από 100 έως 400 A. Επειδή η τήξη του σύρματος γίνεται με μεγάλες ταχύτητες, η προώθησή του αποκτά πολύ υψηλές τιμές, από 100 μέχρι 700 m/h. Το σύρμα τροφοδοτείται με σταθερή ταχύτητα, ανεξάρτητη από την τάση του τόξου. Η πηγή του ρεύματος είναι ανορθωτής συγκόλλησης, με σταθερή χαρακτηριστική.

2. Παράμετροι συγκόλλησης

Οι βασικοί παράμετροι συγκόλλησης GMA είναι:

- ο τύπος και η ένταση ρεύματος (ταχύτητα τροφοδοσίας σύρματος)
- η τάση του τόξου
- η ταχύτητα συγκόλλησης
- το είδος και η ένταση ροής του προστατευτικού αερίου
- η διάμετρος σύρματος ηλεκτροδίου
- το ελεύθερο μήκος προεξοχής ηλεκτροδίου
- η ταχύτητα τροφοδοσίας σύρματος ηλεκτροδίου
- η κλίση της σύνδεσης ή του ηλεκτροδίου.

Η συγκόλληση GMA με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα είναι ο πιο διαδεδομένος τρόπος χρησιμοποίησης στη διενέργεια της διαδικασίας GMA. Με μικρές εντάσεις ρεύματος, το ηλεκτρόδιο τήκεται, στην ατμόσφαιρα των αδρανών, προστατευτικών αερίων, με χοντρές σταγόνες, χωρίς διασκορπισμό, ενώ στην ατμόσφαιρα CO₂ με σημαντικό διασκορπισμό. Η αποκοπή των σταγόνων από το άκρο του ηλεκτροδίου δυσχεραίνεται και η μεταφορά τους από το τόξο γίνεται μη αξονικά. Με την αύξηση της έντασης του ρεύματος πάνω από ορισμένη κρίσιμη τιμή, στην ατμόσφαιρα με περιεκτικότητα το ελάχιστο 80% Ar ή He, ο χαρακτήρας μεταφοράς του μετάλλου στο τόξο μεταβάλλεται από χοντρές σε λεπτές σταγόνες, με ψεκασμό (Σχ. 19, 20, 21 και 20). Η κρίσιμη τιμή της έντασης ρεύματος εξαρτάται από το είδος του προστατευτικού αερίου, την τάση του τόξου, τη διάμετρο του ηλεκτροδίου, το είδος του μετάλλου του ηλεκτροδίου και το ελεύθερο μήκος προεξοχής του ηλεκτροδίου (Πίνακας 25 και Σχ. 19 μέχρι 22).



Σχήμα 19: Η σχέση της ταχύτητας τροφοδοσίας του σύρματος ηλεκτροδίου από ελαφρά κραματωμένο χάλυβα με την ένταση του ρεύματος και τη διάμετρο του σύρματος, κατά τη συγκόλληση GMA με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα στην ατμόσφαιρα Ar + 2% O₂. Το ελεύθερο μήκος προεξοχής του σύρματος 15-20mm, - - - - οριακή γραμμή κρίσιμων ρευμάτων.

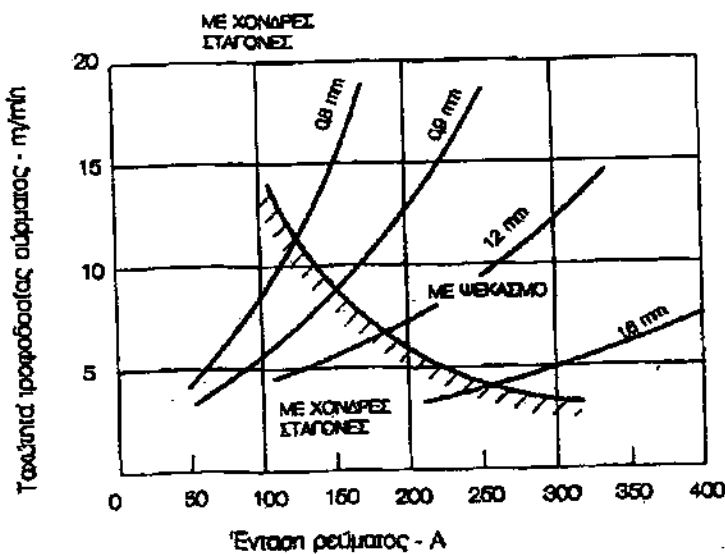
Για μεγάλες πυκνότητες ρεύματος, το άκρο του ηλεκτροδίου αποκτά αιχμηρή μορφή και, τότε, αποκόπτονται απ' αυτό λεπτές σταγόνες μετάλλου, με όγκο και ταχύτητα μεταφοράς, δια του τόξου, η οποία εξαρτάται από την ένταση του ρεύματος και το είδος της προστατευτικής ατμόσφαιρας (Σχ. 23).

Στην ατμόσφαιρα CO₂, ακόμη και με σημαντική αύξηση της έντασης του ρεύματος, δεν είναι δυνατό να επιτευχθεί η μεταφορά του μετάλλου με ψεκασμό στο τόξο, το μέγεθος των σταγόνων ελαττώνεται, αλλά δεν έχουν όλες αξονική διεύθυνση και, πάλι, εμφανίζεται μεγάλος διασκορπισμός. Το μέγεθος αυτού του διασκορπισμού μπορεί να μειωθεί με τέτοια ρύθμιση των παραμέτρων συγκόλλησης, που το άκρο του ηλεκτροδίου να βρεθεί κάτω από την επιφάνεια του λουτρού συγκόλλησης, με

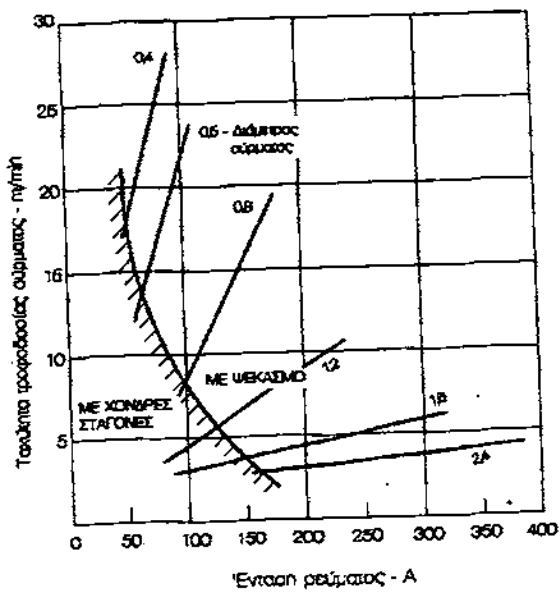
δυναμική δράση του τόξου. Οι περισσότερες μη αζονικές σταγόνες συγκρατώνται από το ρευστό μέταλλο του λουτρού και ο διασκορπισμός είναι μόνο 2-3%.

ΠΙΝΑΚΑΣ 25: Η επίδραση του υλικού και της διαμέτρου του ηλεκτροδίου στο μέγεθος της έντασης του κρίσιμου ρεύματος

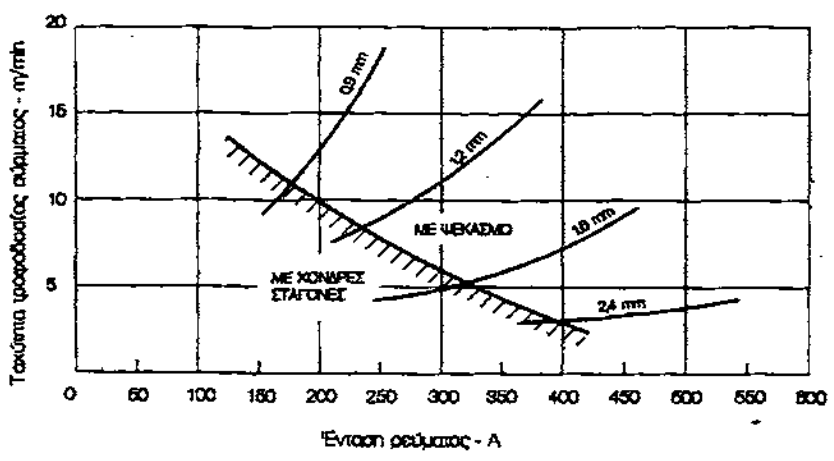
Διάμετρος ηλεκτροδίου, mm	Ένταση κρίσιμου ρεύματος, A	
	Χάλυβας - ατμόσφαιρα Ar + 2% O ₂	Αλουμίνιο - ατμόσφαιρα Ar
0.75	155	90
0.90	170	95
1.15	220	120
1.60	275	170



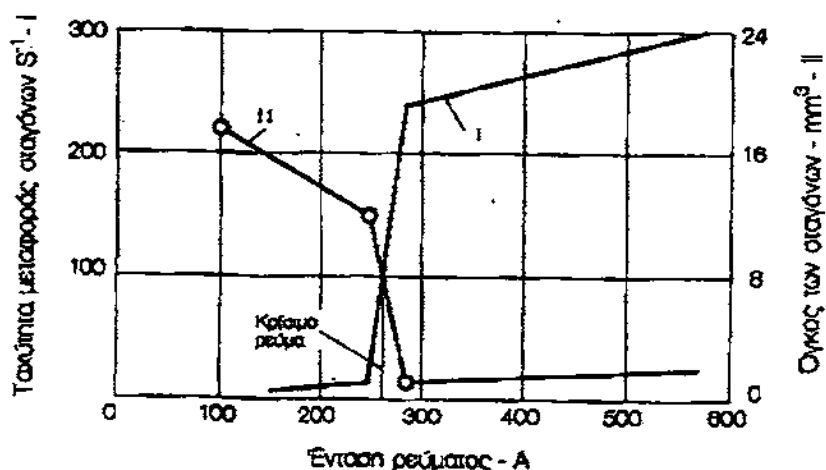
Σχήμα 20: Η σχέση της ταχύτητας τροφοδοσίας του σύρματος ηλεκτροδίου από ωστενιτικό χάλυβα τύπου 18.8 με την ένταση του ρεύματος και τη διάμετρο του σύρματος, κατά τη συγκόλληση GMA με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα στην ατμόσφαιρα Ar + 2% O₂. Το ελεύθερο μήκος προεξοχής του σύρματος 15- 20mm - - - - οριακή γραμμή κρίσιμων ρευμάτων.



Σχήμα 21: Η σχέση της ταχύτητας τροφοδοσίας του σύρματος ηλεκτροδίου από αλουμίνιο με την ένταση του ρεύματος και τη διάμετρο του σύρματος, κατά τη συγκόλληση GMA με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα στην ατμόσφαιρα αργού. Το ελεύθερο μήκος προεξοχής του σύρματος 20- 25mm ----- οριακή γραμμή κρίσιμων ρευμάτων.



Σχήμα 22: Η σχέση της ταχύτητας τροφοδοσίας του σύρματος ηλεκτροδίου από χαλκό με την ένταση του ρεύματος και τη διάμετρο του σύρματος, κατά τη συγκόλληση GMA με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα στην ατμόσφαιρα αργού. Το ελεύθερο μήκος προεξοχής του σύρματος 15- 20mm ----- οριακή γραμμή κρίσιμων ρευμάτων.



Σχήμα 23: Η επίδραση της έντασης του ρεύματος συγκόλλησης GMA, στην ατμόσφαιρα Ar + 2% O₂, με σύρμα διαμέτρου 1,6mm από ελαφρά κραματωμένο χάλυβα, με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα στον όγκο των σταγόνων του ρευστού μετάλλου: στο τόξο και στην ταχύτητα μεταφοράς τους.

Χρησιμοποιώντας κατάλληλη επαγωγιμότητα του κυκλώματος συγκόλλησης, επίσης, ελαττώνεται ο διασκορπισμός, με τον περιορισμό του δυναμικού του ρεύματος, που αποτελεί μία από τις αιτίες του διασκορπισμού, εμφανιζόμενος κατά τη βραχυκύκλωση των σταγόνων του μετάλλου του ηλεκτροδίου με το λουτρό συγκόλλησης.

Η συγκόλληση GMA, στην ατμόσφαιρα αδρανών αερίων ή με προσθήκη O₂ και CO₂, διενεργείται κυρίως με ψεκάσμο του μετάλλου στο τόξο, επειδή τότε το όφελος ανέρχεται μέχρι 99% και πρακτικά δεν υπάρχει διασκορπισμός, ενώ η διεισδυτικότητα είναι μεγάλη.

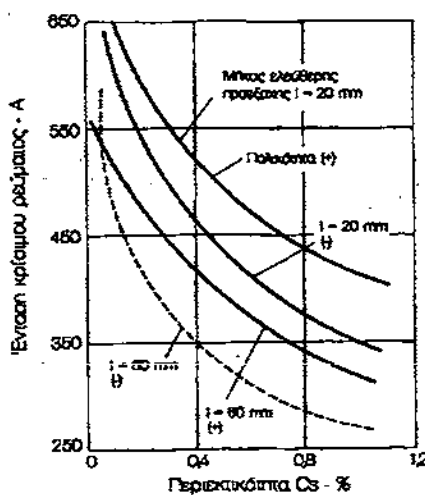
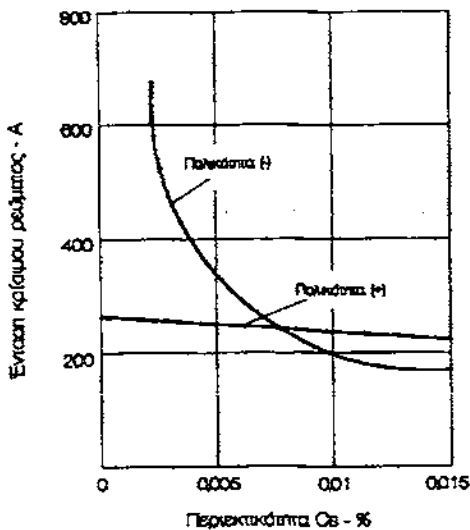
Η συγκόλληση GMA με συνεχές ρεύμα, με αρνητική πολικότητα, στην ατμόσφαιρα αδρανών και δραστικών αερίων, διευκολύνει μόνο τη σιηκόλληση με χοντρές σταγόνες και με μη αξονική μεταφορά του μετάλλου στο τόξο. ανεξάρτητα από το μέγεθος της έντασης του ρεύματος. Ο διασκορπισμός του μετάλλου είναι σημαντικός, ενώ η διεισδυτικότητα είναι σημαντικά μειωμένη απ' ό,τι με τη θετική πολικότητα, παρόλο που η απόδοση τήξης του ηλεκτροδίου είναι μέχρι και 100%

υψηλότερη. Το τόξο δεν έχει σταθερό άναμμα αλλά κατά διακοπτόμενο τρόπο. Η καθοδική κηλίδα ταξιδεύει γύρω από το άκρο του ηλεκτροδίου και εξαλείφει το φαινόμενο της πλασμικής ροής του αερίου.

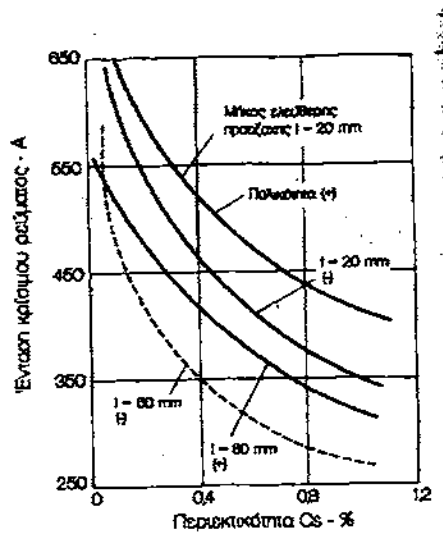
ΠΙΝΑΚΑΣ 26: Ελάχιστες τιμές κρίσιμου ρεύματος κατά τη συγκόλληση GMA διαφόρων μετάλλων και κραμάτων

Διάμετρος ηλεκτροδίου, mm	Ένταση κρίσιμου ρεύματος, A	
	Χάλυβας - ατμόσφαιρα Ar + 2% O ₂	Αλουμίνιο - ατμόσφαιρα Ar
0.75	155	90
0.90	170	95
1.15	220	120
1.60	275	170

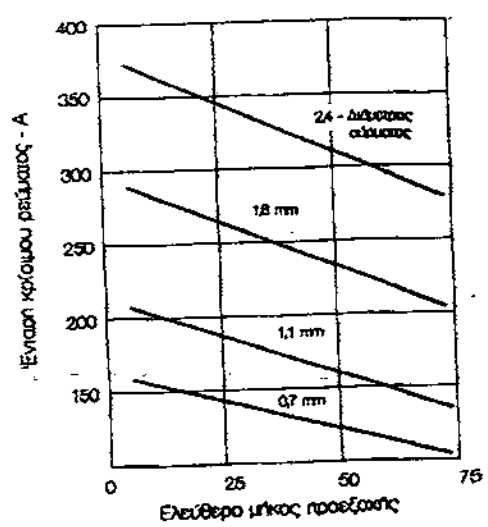
Η προσθήκη μέχρι 5% O₂ στην ατμόσφαιρα του αργού, με κατάλληλα υψηλές πυκνότητες ρεύματος, μεταβάλλει το χαρακτήρα μεταφοράς του μετάλλου στο τόξο έτσι, που πλησιάζει τη μορφή ψεκασμού. Η επικάλυψη των επιφανειών του ηλεκτροδίου με αλκαλικά στοιχεία και με αρνητικό πόλο στο ηλεκτρόδιο, στην ατμόσφαιρα των αδρανών αερίων ή μιγμάτων αδρανών αερίων με CO₂ και O₂, ακόμη και στην καθαρή ατμόσφαιρα CO₂, εξασφαλίζει τη μεταφορά του μετάλλου στο τόξο με ψεκασμό και την εξάλειψη του διασκορπισμού (Σχ. 24 και 25). Με σκοπό τη μείωση του κρίσιμου ρεύματος, μπορεί να χρησιμοποιηθεί, επίσης, μεγαλύτερη ελεύθερη προεξοχή του ηλεκτροδίου (Σχ. 26).



Σχήμα 24: Επίδραση της περιεκτικότητας του καυσίου, στην επίστρωση του σύρματος, στο μέγεθος του κρίσιμου ρεύματος, κατά τη συγκόλληση GMA με συνεχές ρεύμα στην ατμόσφαιρα Ar + 1% O₂, με σύρμα από ελαφρά κραματωμένο χάλυβα με διάμετρο 1,6 mm. Το ελεύθερο μήκος προεξοχής -20 mm.



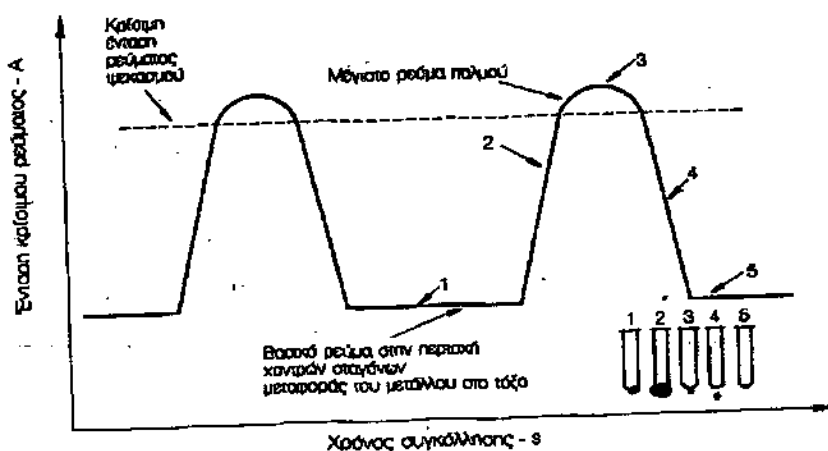
Σχήμα 25: Επίδραση της περιεκτικότητας του καυσίου, στην επίστρωση του σύρματος, στο μέγεθος της έντασης του κρίσιμου ρεύματος, κατά τη συγκόλληση GMA με συνεχές ρεύμα στην ατμόσφαιρα CO₂, με σύρμα από ελαφρά κραματωμένο χάλυβα με διάμετρο 1,6 mm.



Σχήμα 26: Επίδραση του ελεύθερου μήκους προεξοχής του ηλεκτροδίου στο μέγεθος της έντασης του κρίσιμου ρεύματος, κατά τη συγκόλληση GMA με συνεχές ρεύμα στην ατμόσφαιρα Ar + 2% O₂.

Η συγκόλληση GMA με εναλλασσόμενο ρεύμα απαιτεί τη χρησιμοποίηση πηγών ρεύματος με υψηλή τάση εν κενώ (OVC), με σκοπό την εξασφάλιση της σταθερότητας του ανάμματος του τόξου και τη μεταφορά του μετάλλου με χοντρές σταγόνες στο τόξο. Όταν το ηλεκτρόδιο έχει αρνητική πολικότητα, η μεταφορά του μετάλλου δυσχεραίνεται και εμφανίζεται διασκορπισμός, ενώ με θετική πολικότητα το τόξο έχει σταθερότητα. Με το επικαλυμμένο ηλεκτρόδιο με αλκαλικά στοιχεία εξασφαλίζεται, όπως και κατά τη συγκόλληση με συνεχές ρεύμα, με αρνητική πολικότητα, η σταθερή μεταφορά του μετάλλου με ψεκασμό. Η συγκόλληση με εναλλασσόμενο ρεύμα δεν έχει μεγάλη εφαρμογή στη βιομηχανία.

Η συγκόλληση GMA με συνεχές παλμικό ρεύμα διευκολύνει τη μείωση του κρίσιμου ρεύματος, σε σχέση με τη συγκόλληση με σταθερό συνεχές ρεύμα, με θετικό πόλο στο ηλεκτρόδιο. Στο βασικό ρεύμα με θετικό πόλο στο ηλεκτρόδιο προστίθενται παλμοί ρεύματος μικρής διάρκειας, με την επίδραση των οποίων αυξάνεται η ταχύτητα τήξης του άκρου του ηλεκτροδίου και της αποκοπής των σταγόνων του μετάλλου (Σχ. 27).



Σχήμα 27: Πορεία μεταβολών ρεύματος και μεταφοράς του μετάλλου στο τόξο, κατά τη συγκόλληση GMA με παλμικό ρεύμα.

Η τιμή της έντασης του βασικού ρεύματος (J_p) είναι υψηλότερη από την ένταση του κρίσιμου ρεύματος. Εξαιτίας αυτού, το ηλεκτρόδιο τήκεται με ψευδοκαστικό τρόπο και με μεγαλύτερη ταχύτητα. Μεταβάλλοντας τις βασικές παλμικές παραμέτρους του ρεύματος μεταφοράς του μετάλλου, είναι δυνατόν το ρεύμα να ρυθμισθεί κατά τέτοιο τρόπο, που με κάθε παλμό του ρεύματος, από το άκρο του ηλεκτροδίου αποκόπτεται μία σταγόνα μετάλλου με καθορισμένες διαστάσεις.

Προτείνεται η συγκόλληση με συχνότητα παλμών ρεύματος από 30-100 Hz, ανάλογα με το είδος του συγκολλούμενου μετάλλου και τη θέση συγκόλλησης, στην περιοχή των εντάσεων του ρεύματος (Πίνακας 27). Η συγκόλληση σε εξαναγκασμένες θέσεις, για την υπερνίκηση των δυνάμεων βαρύτητας, απαιτεί την αύξηση του παλμικού ρεύματος J_i όπως και τη συχνότητα των παλμών.

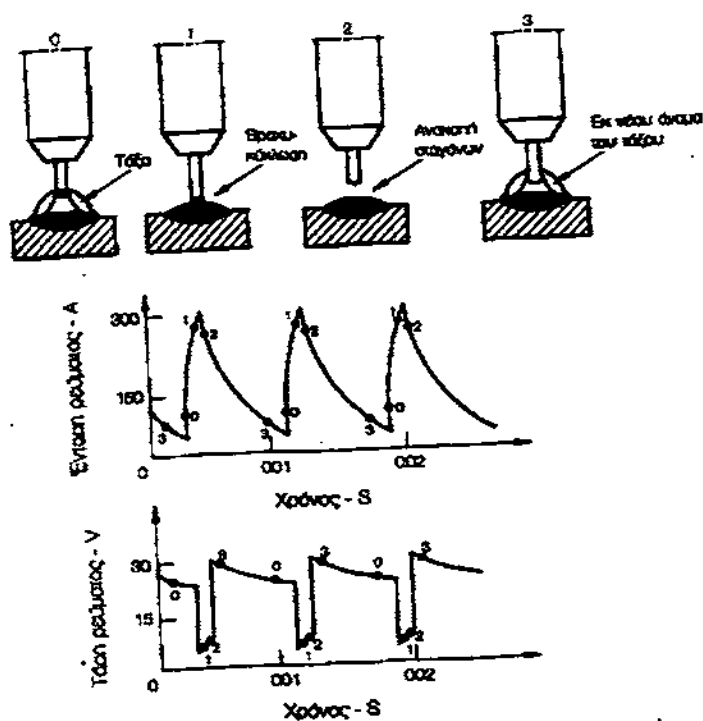
ΠΙΝΑΚΑΣ 27: Προτεινόμενες περιοχές εντάσεων ρεύματος κατά τη συγκόλληση GMA διαφόρων μετάλλων, με συνεχές παλμικό ρεύμα, με θετική πολικότητα.

Διάμετρος σύρματος, mm	Θέση επίπεδη		Θέση εξαναγκασμένη	
	$I_{min} - A$	$I_{max} - A$	$I_{min} - A$	$I_{max} - A$
0,8	50	150	50	125
0,9	75	175	75	150
1,2	100	225	100	175

Η μεταφορά του μετάλλου με βραχυκύκλωση στο τόξο εμφανίζεται με ένταση ρεύματος συγκόλλησης κάτω από το κρίσιμο και με χαμηλότερη τάση του τόξου απ' ό,τι κατά τη μεταφορά του μετάλλου με χονδρές σταγόνες (Σχ.28, Πίνακας 28).

Το μέταλλο μεταφέρεται από το τηκόμενο ηλεκτρόδιο στην περιοχή της συγκόλλησης μόνο κατά το χρόνο που είναι βραχυκυκλωμένο το τηκόμενο άκρο του

ηλεκτροδίου με το λουτρό της κόλλησης. Δεν υπάρχει ελεύθερη μεταφορά των σταγόνων του μετάλλου από το τόξο, όπως συμβαίνει με το τόξο των χονδρών σταγόνων και ψεκασμού. Το ηλεκτρόδιο βραχυκυκλώνεται με το ρευστό λουτρό, με σταθερή συχνότητα στην περιοχή από 20 ως άνω από 200 βραχυκυκλώσεις ανά δευτερόλεπτο (Σχ. 28).



Σχήμα 28: Μεταφορά βραχυκύκλωσης του μετάλλου στο τόξο, κατά τη διαδικασία συγκόλλησης GMA και οι συνδεόμενες μ' αυτό μεταβολές της έντασης του ρεύματος και της τάσης του τόξου.

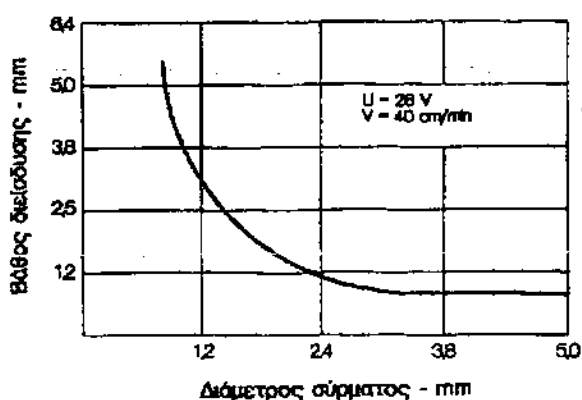
ΠΙΝΑΚΑΣ 28: Προτεινόμενες περιοχές έντασης ρεύματος κατά τη συγκόλληση GMA, με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα, ελαφρά κραματωμένων χαλύβων. Η μεταφορά του μετάλλου με βραχυκύκλωση.

Διάμετρος σύρματος, mm	Θέση επίπεδη		Θέση εξαναγκασμένη	
	I_{\min} - A	I_{\max} - A	I_{\min} - A	I_{\max} - A
0.8	50	150	50	125
0.9	75	175	75	150
1.2	100	225	100	175

Η ένταση ρεύματος, με σταθερές τις υπόλοιπες παραμέτρους, μεταβάλλεται με τη μεταβολή της ταχύτητας τροφοδοσίας του σύρματος, η οποία πρέπει να είναι ίδια με την ταχύτητα τήξης του σύρματος (Σχ. 19 μέχρι 22). Με την περαιτέρω αύξηση της έντασης του ρεύματος άνω της κρίσιμης τιμής, για δεδομένη διάμετρο ηλεκτροδίου μικραίνει το μέγεθος των σταγόνων, αυξάνεται η συχνότητα διάβασής τους και διορθώνεται η σταθερότητα του τόξου (Σχ. 23).

Η υπέρβαση της δεύτερης κρίσιμης έντασης του ρεύματος (Σχ. 29) έχει ως αποτέλεσμα να μετατοπίζονται σε τροχιά σπείρας οι λεπτές σταγόνες και να αυξάνεται σημαντικά η απόδοση τήξης. Με μεγάλες πυκνότητες ρεύματος, της τάξης των 600-700 A/mm², πετυχαίνονται καλύτερα αποτελέσματα συγκόλλησης, υψηλή απόδοση συγκόλλησης που ανέρχεται πάνω από 20 kg εναποτιθέμενου υλικού ανά ώρα. Με σταθερή ένταση ρεύματος, το βάθος διείσδυσης αυξάνεται με τη μείωση της διαμέτρου του ηλεκτροδίου (Σχ. 30).

Η ημιαυτόματη συγκόλληση διενεργείται, συνήθως, με μεσαίες τιμές έντασης ρεύματος έτσι που ο χειριστής να μπορεί, καταλλήλως, να μετακινεί γρήγορα τον καυστήρα. Στις διαδικασίες μηχανοποίησης και αυτόματης συγκόλλησης GMA γίνεται χρήση των μεγαλύτερων δυνατών πυκνοτήτων και ταχυτήτων συγκόλλησης.



Σχήμα 30: Επίδραση της διαμέτρου του σύρματος στο βάθος διείσδυσης, κατά τη συγκόλληση GMA στην ατμόσφαιρα Ar + 2% O₂, ελασμάτων από ωστενιτικό χάλυβα τύπου 18.8 και πάχος 8mm, η συγκόλληση με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα, με ένταση 300 Α.

ΠΙΝΑΚΑΣ 29: Προτεινόμενες τάσεις τόξου κατά τη συγκόλληση GMA για διάφορα μέταλλα και κράματα.

Συγκολλούμενο μέταλλο	Μεταφερόμενες σταγόνες μετάλλου - σύρμα - Φ 1,6 mm					Μεταφερόμενο μέταλλο με βραχυκύκλωση - σύρμα - Φ 0,9 mm			
	Ar	He	He + 25% Ar	Ar + 1-5% O ₂	CO ₂	Ar	Ar + 1-5% O ₂	Ar + 25% CO ₂	CO ₂
Αλουμίνιο + Μαγνήσιο	25-26	—	28-29	—	—	16-19	—	—	—
Ανθρακωχάλυβας	—	—	—	26	30	—	18-19	19-21	20
Χάλυβας C-Mn	—	—	—	26-28	30	17-18	18-19	19-21	20
Χάλυβας 18-8	24	—	—	28	—	—	18-19	19-21	—
Νικέλιο - Κράματα Ni - Cr Ni - Cr - Cr	26	30	28	—	—	22	—	—	—
Χαλκός - Κράματα Cu - Ni	28-30	32-36	30-33	—	—	23-24	—	—	—
Μπρονίντζοι	28	32	30	23-28	—	23	—	—	—

Η τάση του τόξου εξαρτάται από την προστατευτική ατμόσφαιρα (Πίνακας 29).

Η αύξηση της τάσης του τόξου επιδρά στην αύξηση του πλάτους του κορδονιού της κόλλησης και μειώνει το βάθος διείσδυσης. Η υπερβολική αύξηση της τάσης του τόξου δημιουργεί διασκορπισμό, πορώδες και υποκοπές στο μέτωπο της κόλλησης. Η αρκετά χαμηλή τάση του τόξου προξενεί το πορώδες της κόλλησης και εμφανίζει εκροές στο μέτωπο. Η σωστή επιλογή της τάσης είναι συνάρτηση πολλών

παραγόντων, όπως του είδους και της έντασης του ρεύματος συγκόλλησης, του πάχους της σύνδεσης και του είδους της κόλλησης, της θέσης συγκόλλησης, της διαμέτρου του ηλεκτροδίου, του είδους του συγκολλούμενου υλικού και της χημικής σύστασης του προστατευτικού αερίου.

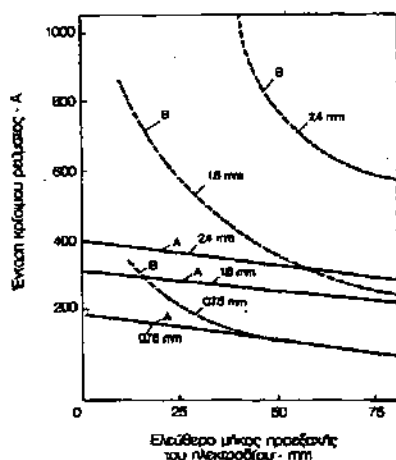
Κατά τη συγκόλληση GMA σε επίπεδη θέση, χρησιμοποιείται υψηλή τάση του τόξου σε σχέση με ό,τι συμβαίνει σε εξαναγκασμένες θέσεις.

Οι χαμηλότερες τάσεις του τόξου προτείνονται για τη συγκόλληση λεπτών ελασμάτων και σε χαμηλές εντάσεις του ρεύματος συγκόλλησης καθώς και για την τεχνική συγκόλλησης GMA με τόξο βραχυκύκλωσης.

Η ταχύτητα συγκόλλησης είναι παράμετρος αποτελέσματος, για δεδομένη ένταση ρεύματος και τάση τόξου, με τη διατήρηση ορθής μορφής κορδονίου της κόλλησης. Για σημαντική αλλαγή της ταχύτητας συγκόλλησης έπεται, συγχρόνως, και η αλλαγή της έντασης ρεύματος και της τάσης του τόξου. Η αύξηση της ταχύτητας συγκόλλησης επιδρά στη στένωση της κόλλησης και στη μείωση του βάθους διείσδυσης, ενώ με την περαιτέρω αύξησή της δημιουργούνται υποκοπές στο μέτωπο.

Με τη χρήση μεγάλων ταχυτήτων συγκόλλησης αποφεύγεται η δημιουργία υποκοπών. Αυτό πετυχαίνεται με την αύξηση του μήκους ελεύθερης προεξοχής του ηλεκτροδίου, και με την κλίση αντικειμένου από πάνω προς τα κάτω ή με την κλίση του καυστήρα προς τη διεύθυνση της συγκόλλησης.

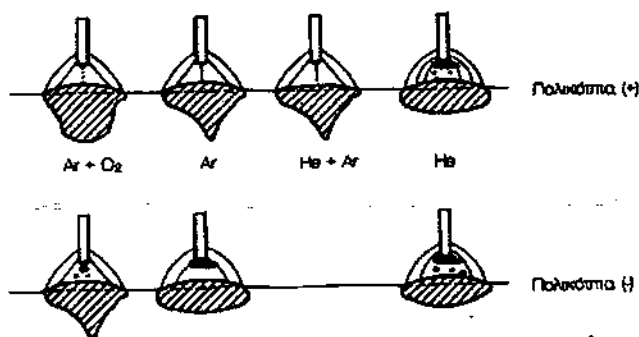
Οι μικρές ταχύτητες συγκόλλησης προξενούν την αύξηση του βάθους διείσδυσης, το πλάτος του μετώπου και το ύψος της ενίσχυσης.



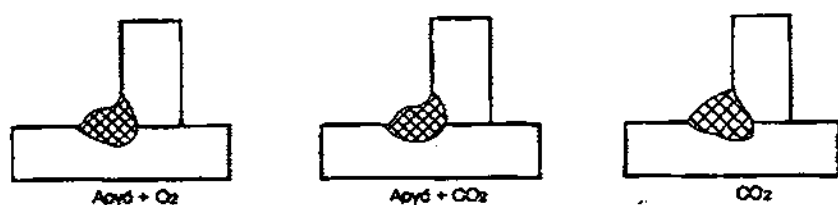
Σχήμα 29: Επίδραση της διαμέτρου και του ελεύθερου μήκους του ηλεκτροδίου στο μέγεθος της έντασης κρίσιμου ρεύματος, κατά τη συγκόλληση GMA, με σύρμα από ανθρακοχάλυβα χαμηλού άνθρακα, με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα στην ατμόσφαιρα Ar + 1% O₂. A -καμπύλη κρίσιμου ρεύματος ανάμεσα στη με μεγάλες σταγόνες και με ψεκασμό μεταφορά του μετάλλου στο τόξο.

Το προστατευτικό αέριο είναι αποφασιστικό για την απόδοση της ατμόσφαιρας προστασίας του χώρου συγκόλλησης, τον τρόπο μεταφοράς του μετάλλου στο τόξο, την ταχύτητα συγκόλλησης και τη σχηματιζόμενη μορφή της κόλλησης (Σχ. 31, 32 και 33).

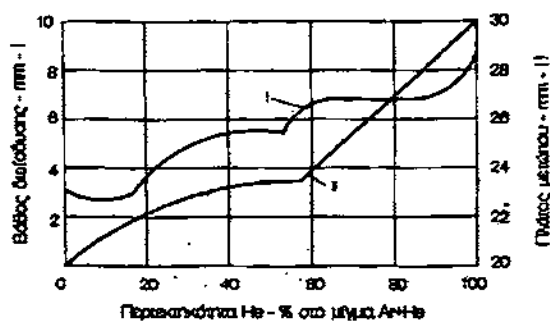
Τα αδρανή αέρια αργό και ήλιο παρά το γεγονός ότι προστατεύουν απόλυτα το ρευστό μέταλλο της κόλλησης από την εισχώρηση του ατμοσφαιρικού αέρα, δεν είναι κατάλληλα για όλες τις χρήσεις με τη συγκόλληση GMA (Πίνακες 29 και 30).



Σχήμα 31: Επίδραση του είδους προστατευτικής ατμόσφαιρας αερίου και της πολικότητας του ρεύματος συγκόλλησης GMA στον τρόπο μεταφοράς του μετάλλου στο τόξο και στη μορφή του κορδονίου της κόλλησης για συνδέσεις χαλύβδινων ελασμάτων.



Σχήμα 32: Επίδραση του είδους μίγματος προστατευτικών αερίων στη μορφή του κορδονίου αυχενικής κόλλησης, κατά τη συγκόλληση GMA σύνδεσης ταυ.



Σχήμα 33: Επίδραση της προσθήκης ηλίου, στην ατμόσφαιρα αργού, στη μορφή της κόλλησης, κατά τη συγκόλληση GMA ελαφρά κραματομένων χαλύβων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 30: Αέρια και μίγματα που χρησιμοποιούνται κατά τη συγκόλληση GMA.

Προστατευτικό αέριο	Χημική αντίδραση	Συγκολλούμενα μέταλλα
1	2	3
Ar	αδρανής	βασικά όλα τα μέταλλα εκτός των ανθρακοχαλύβων
He	αδρανής	Al, Cu κράματα Cu, κράματα Mg, βεβαίως για μεγάλη γραμμική ενέργεια
Ar + 20 - 80% He	αδρανής	Al, Cu κράματα Cu, Mg, εξασφαλισμένη μεγάλη γραμμική ενέργεια συγκόλλησης, μικρή θερμική αγωγιμότητα αερίου
N ₂	αναγωγικό	συγκόλληση του χαλκού με μεγάλη γραμμική ενέργεια

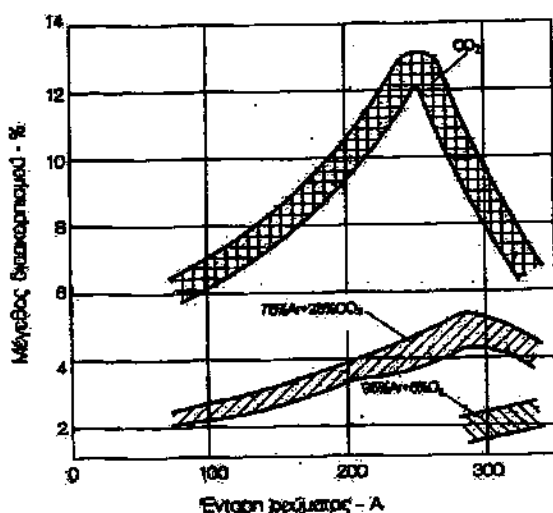
Προστατευτικό αέριο	Χημική αντίδραση	Συγκολλούμενα μέταλλα
1	2	3
Ar + 25 - 20 N ₂	αναγωγικό	συγκόλληση του χαλκού με μεγάλη γραμμική ενέργεια του τόξου, καλύτερο άνεμο για τον τόξο απ' ό,τι στην ατμόσφαιρα με 100% N ₂
Ar + 1 - 2% O ₂	ελαφρά οξειδωτικό	προτείνεται κυρίως για τη συγκόλληση χαλύβων ανθεκτικών στη διάβρωση και χαλύβων κραματομένων
Ar + 3 - 5% O ₂	οξειδωτικό	προτείνεται για τη συγκόλληση ανθρακοχαλύβων και ελαφρά κραματομένων χαλύβων
CO ₂	οξειδωτικό	προτείνεται αποκλειστικά για τη συγκόλληση ανθρακοχαλύβων
Ar + 20 - 50% CO ₂	οξειδωτικό	προτείνεται αποκλειστικά για τη συγκόλληση ανθρακοχαλύβων και ελαφρά κραματομένων χαλύβων
Ar + 10% CO ₂ + 5% O ₂	οξειδωτικό	προτείνεται αποκλειστικά για τη συγκόλληση ανθρακοχαλύβων και ελαφρά κραματομένων χαλύβων
CO ₂ + 20% O ₂	οξειδωτικό	προτείνεται αποκλειστικά για τη συγκόλληση ανθρακοχαλύβων και ελαφρά κραματομένων χαλύβων
90% He + 7,5 Ar + 2,5% CO ₂	ελαφρά οξειδωτικό	χαλύβες ανθεκτικοί στη διάβρωση, συγκόλληση με τόξο βραχυκύκλισης
60% He + 35% Ar +	οξειδωτικό	χαλύβες ελαφρά κραματομένοι με υψηλή δυσθραυστότητα, συγκόλληση με τόξο βραχυκύκλισης.

Με την ανάμιξη σε κατάλληλες αναλογίες του ηλίου και του αργού με τα δραστικά χημικά αέρια πετυχαίνεται η μεταβολή του χαρακτήρα μεταφοράς του μετάλλου στο τόξο, διατηρείται η σταθερότητα του τόξου και προσφέρεται η δυνατότητα αλληλεπίδρασης στις μεταλλουργικές διαδικασίες, στο λουτρό συγκόλλησης. Συγχρόνως, παρέχεται σημαντική δυνατότητα για τον περιορισμό ή ακόμη και για την καθολική εξάλειψη του διασκορπισμού (πιτσιλίσματος).

Τα βασικά δραστικά αέρια είναι: CO_2 , O_2 , NO , N_2 και H_2 . Από τα δραστικά αέρια, μόνο το CO_2 χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση χωρίς προσθήκες άλλων αερίων, επειδή όμως είναι φθινό αέριο. στην ατμόσφαιρά του συγκολλούνται συνδέσεις από ανθρακοχάλυβες και μερικοί ελαφρά κραματωμένοι χάλυβες. Η προσθήκη CO_2 στην ατμόσφαιρα του αργού αυξάνει ξεκάθαρα το μέγεθος του κρίσιμου ρεύματος (Πίνακας 31), αλλά συγχρόνως διορθώνει και τη σταθερότητα του τόξου και ουσιαστικά, μειώνει το κόστος συγκόλλησης. Στη συνέχεια για τη μείωση του διασκορπισμού απαιτείται περιεκτικότητα του οξυγόνου στο τήγμα όπως και η διόρθωση της ποιότητας της σύνδεσης και γι' αυτό, κατά τη συγκόλληση στην ατμόσφαιρα του CO_2 επιβάλλεται η προσθήκη Ar ή O_2 (Σχ. 34).

Με την προσαγωγή, στην ατμόσφαιρα αργού + CO_2 ακόμη και ελάχιστης ποσότητας οξειδίου του αζώτου, της τάξεως του 0,02-0,05%, το διοξείδιο του αζώτου αντιδρά με το όζον και, κατ' αυτόν τον τρόπο, είναι πολύ ωφέλιμες οι συνθήκες εργασίας του χειριστή.

Το άζωτο και το υδρογόνο χρησιμοποιούνται μόνο σε ειδικές περιπτώσεις, όταν σκοπός είναι η αύξηση της θερμικής ενέργειας του τόξου, χωρίς τον κίνδυνο δημιουργίας σφαλμάτων στη σύνδεση. Μερικές φορές, η ατμόσφαιρα καθαρού αζώτου χρησιμεύει για τη συγκόλληση GMA χονδρών ελασμάτων χαλκού, αλλά η διαδικασία συγκόλλησης είναι αρκετά ασταθής.



Σχήμα 34: Επίδραση της προσθήκης CO_2 στην προστατευτική ατμόσφαιρα αργού στο μέγεθος διασκορπισμού και το όφελος που επιφέρει το εναποτιθέμενο υλικό, κατά τη συγκόλληση GMA με σύρμα από ελαφρά κραματωμένο χάλυβα και διάμετρο 1,1mm με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα

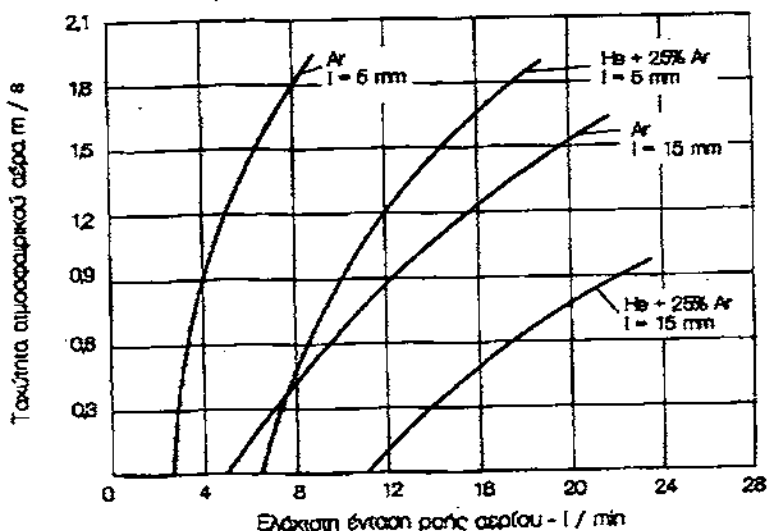
Η προσθήκη O_2 ή CO_2 στην αδρανή ατμόσφαιρα αερίων, του αργού ή του μίγματος αργού και ηλίου, συντελεί ώστε η ατμόσφαιρα του τόξου να είναι οξειδωμένη, άρα περισσότερα οξείδια εμφανίζονται στην επιφάνεια της κόλλησης και είναι μειωμένο το έργο εξόδου των ηλεκτρονίων από την επιφάνεια του λουτρού συγκόλλησης.

ΠΙΝΑΚΑΣ 31: Η επίδραση της σύστασης του προστατευτικού αερίου στο μέγεθος του κρίσιμου ρεύματος, κατά τη συγκόλληση GMA με συνεχές ρεύμα, με θετικό πόλο στο ηλεκτρόδιο.

Σύσταση του μίγματος	Τάση του τόξου, V	Μέθοδος του κρίσιμου ρεύματος, A
Αργό + 8% CO_2	31,7	220
Αργό + 18% CO_2	30,8	242
Αργό + 28% CO_2	31,5	250

Αυτό εξασφαλίζει τη σταθερότητα ανάμματος του τόξου και μειώνει σημαντικά το διασκορπισμό του μετάλλου. Επίσης, εξαλείφονται και ο υποκοπές του μετώπου. Το μέταλλο μεταφέρεται στο τόξο με ψεκασμό και υπάρχει δυνατότητα αύξησης της ταχύτητας συγκόλλησης. Η προσθήκη ακόμη και μέχρι 5% O₂, στην ατμόσφαιρα του αργού ή του ηλίου, δεν προξενεί εμφανή οξείδωση της κόλλησης ή απώλεια των προσθηκών κραμάτωσης στους ανθεκτικούς στη διάβρωση χάλυβες.

Η ένταση ροής προστατευτικού αερίου επιλέγεται κατά τέτοιο τρόπο, που να εξασφαλίζεται σταθερά η πρόστασία του χώρου συγκόλλησης, ακόμη και από εγκάρσια ρεύματα ατμοσφαιρικού αέρα (Σχ. 35).



Σχήμα 35: Επίδραση της ταχύτητας του ατμοσφαιρικού αέρα με εγκάρσια ροή προς την προστατευτική ατμόσφαιρα του τόξου, για την απαιτούμενη ένταση ροής του προστατευτικού αερίου, κατά τη συγκόλληση GMA με καυστήρα που έχει διάμετρο ακροφυσίου 16mm. l-ελεύθερο μήκος προεξοχής ηλεκτροδίου.

Οι προτεινόμενες εντάσεις των προστατευτικών αερίων, κατά τη μεταφορά του μετάλλου με ψεκασμό των σταγόνων ή με βραχυκύκλωση, παρουσιάζονται στον Πίνακα 32.

Πρακτικός κανόνας είναι ο καθορισμός της έντασης ροής, σύμφωνα με το κριτήριο "1,0 l/min" σε κάθε χιλιοστόμετρο (millimeter) της διαμέτρου του ακροφυσίου του αερίου.

ΠΙΝΑΚΑΣ 32: Προτεινόμενες εντάσεις ροής προστατευτικών αερίων, κατά τη συγκόλληση GMA ανθρακοχαλύβων και ελαφρά κραματωμένων χαλύβων, ανθεκτικών στη διάβρωση.

Τρόπος μεταφοράς του μετάλλου στο τόξο	Ένταση ροής του αερίου ή των μιγμάτων αερίων, l/min					
	Ar	He	Ar + He	Ar + O ₂	Ar + CO ₂	CO ₂
Με ψευδαμμό, σύρμα με διάμετρο 1,6 mm	20 - 25	40 - 50	30 - 40	20 - 25	—	20
Με βραχυκύκλωση, σύρμα με διάμετρο 0,9 mm	12 - 18	—	—	12 - 18	12	18

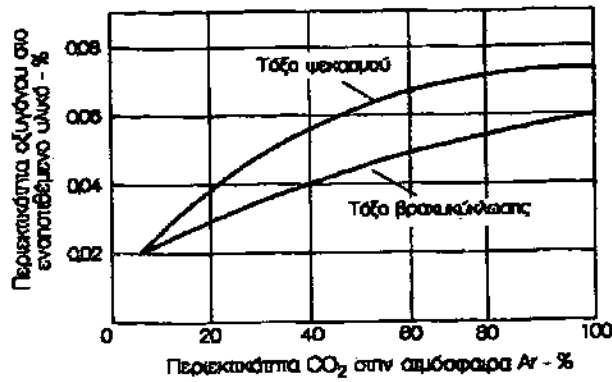
Προσοχή: Η τιμή της έντασης του προστατευτικού αερίου μπορεί να κυμαίνεται στα όρια $\pm 40\%$, ανάλογα με το είδος του συγκολλούμενου μετάλλου, το πάχος της σύνδεσης, τη θέση και τις παραμέτρους συγκόλλησης.

Για τον ομοιογενή καθορισμό των χρησιμοποιούμενων προστατευτικών αερίων στη συγκόλληση GMA το Διεθνές Ινστιτούτο Συγκολλήσεων προτείνει την ταξινόμηση, σύμφωνα με το δείκτη περιεκτικότητας οξυγόνου στην προστατευτική ατμόσφαιρα (Πίνακας 33). Η περιεκτικότητα του οξυγόνου στο τήγμα, που προξενείται με την προσθήκη οξειδωτικού αερίου στην προστατευτική ατμόσφαιρα, ασκεί ουσιώδη επίδραση στις μηχανικές ιδιότητες, και, ιδιαίτερα, ελαττώνει την ανθεκτικότητα στις δυναμικές καταπονήσεις, συγχρόνως αυξάνει τη δυνατότητα δημιουργίας πόρων και μη μεταλλικών εγκλεισμάτων.

Η συγκόλληση GMA με τόξο βραχυκύκλωσης εξασφαλίζει καθαρά τη μείωση της ποσότητας οξυγόνου στο τήγμα, σε σχέση με τη συγκόλληση τόξου σταγόνων, με την ίδια περιεκτικότητα CO₂ στην προστατευτική ατμόσφαιρα του τόξου (Σχ. 36).

ΠΙΝΑΚΑΣ 33: Υπόδειξη ταξινόμησης προστατευτικών αερίων, για τη συγκόλληση GMA, επεξεργασμένη από το Διεθνές Ινστιτούτο Συγκολλήσεων

Ταξινόμηση		Πληθ. αερίων	Σύσταση σε όγκο επί τοις %					Χημική δραστηριότητα της προστατευτικής ατμόσφαιρας	Περιεκτικότητα οξυγόνου στην κόλληση
Κύρια κατηγορία	Υποκατηγορία		Οξειδωτικά		Αδρανή		Αναγωγικά		
			CO ₂	O ₂	Ar	He	H ₂		
I K<1	1	1	—	—	100	—	—	αδρανής αδρανής αδρανής αναγωγική	~0,02
	2	1	—	—	—	100	—		
	3	2	—	—	25 - 75	R	—		
	4	2	—	—	85 - 95	—	R		
M1 K=1 - 5	1	2	—	1-3	R	—	—	ελαφρά οξειδωτική	~0,03
	2	2	2-5	—	R	—	—		
	3	3	2-5	1-3	R	—	—		
M2 K>5 - 9	2	2	15-30	—	R	—	—	οξειδωτική	0,03 - 0,05
	3	3	5-15	1-4	R	—	—		
	1	2	—	4-8	R	—	—		
M3 K>9 - 16	2	2	30-40	—	R	—	—	οξειδωτική	~0,05
	1	2	—	9-12	R	—	—		
	3	3	5-20	4-6	R	—	—		
	4	3	15-20	1-3	R	—	—		
C K>16	1	1	100	—	—	—	—	οξειδωτική	~0,05
	2	2	15-30	R	—	—	—		



Σχήμα 36: Επίδραση της περιεκτικότητας CO₂ στην ατμόσφαιρα αργού, στην περιεκτικότητα του οξυγόνου στο εναποτιθέμενο υλικό, κατά τη συγκόλληση GMA, χαλύβων C-Mn. Η περιεκτικότητα του οξυγόνου στο εναποτιθέμενο υλικό -0,02%.

Η διάμετρος του σύρματος ηλεκτροδίου είναι αποφασιστική για την πυκνότητα του ρεύματος, στην ουσία, για το βάθος διείσδυσης στο συγκολλούμενο υλικό και το χαρακτήρα μεταφοράς του μετάλλου στο τόξο.

Για δεδομένη τιμή έντασης, η απόδοση τήξης αυξάνεται με τη μείωση της διαμέτρου του σύρματος, επειδή αυξάνεται η πυκνότητα του ρέοντος ρεύματος δια του σύρματος. Συγχρόνως, με μικρή διάμετρο του σύρματος, είναι μικρότερη η ένταση του κρίσιμου ρεύματος, το λουτρό της κόλλησης έχει μικρότερο όγκο και στερεοποιείται γρήγορα. Τα σύρματα με μικρή διάμετρο, της τάξεως από 0,4-1,2mm, προτείνονται για τη συγκόλληση GMA συνδέσεων λεπτών ελασμάτων καθώς και για τη συγκόλληση σε εξαναγκασμένες θέσεις. Μεγαλύτερες διαμέτροι, από 1,2-4,0mm, χρησιμοποιούνται κατά την ημιαυτόματη ή μηχανοποιημένη και αυτόματη συγκόλληση, με τόξο βραχυκύκλωσης ή περιστρεφόμενο, κυρίως σε επίπεδη θέση. Με τη χρησιμοποίηση παλμικού ρεύματος, για τη συγκόλληση GMA με σύρματα μεγαλύτερης διαμέτρου, εξασφαλίζεται μεγάλη απόδοση συγκόλλησης και συγχρόνως, παρέχεται η δυνατότητα συγκόλλησης σε εξαναγκασμένες θέσεις. Στις μεθόδους συγκόλλησης GMA με μεγάλες αποδόσεις, που σκοπό έχουν την

αξιοποίηση των δυνατοτήτων συγκόλλησης, με πολύ μεγάλες πυκνότητες ρεύματος, χρησιμοποιούνται σύρματα με μικρή διάμετρο, από 0,8-1,2mm.

Το ελεύθερο μήκος προεξοχής του ηλεκτροδίου επιδρά στην εντατικότητα προ-θέρμανσης του σύρματος, με ηλεκτρική αντίσταση, στο μήκος ανάμεσα στο άκρο του ρεύματος και στο τηκόμενο άκρο του σύρματος, άρα καθοριστικό για τη θερμοκρασία και την ταχύτητα τήξης. Έτσι, με την αύξηση του ελεύθερου μήκους προεξοχής, ακόμη και μέχρι 60-75mm. με την ίδια ένταση ρεύματος, αυξάνεται, σε σημαντικό βαθμό, η απόδοση τήξης του ηλεκτροδίου, άρα είναι μεγαλύτερες οι ταχύτητες εναπόθεσης των κορδονίων πληρώσεως, κατά τη συγκόλληση με πολλαπλές στρώσεις. Παρόμοια με την αύξηση της πυκνότητας του ρεύματος, έτσι και με την αύξηση του ελεύθερου μήκους προεξοχής μειώνεται η τιμή του κρίσιμου ρεύματος (Σχ. 25, 26).

Το ελεύθερο μήκος προεξοχής του ηλεκτροδίου, κατά τη συγκόλληση με τόξο βραχυκύκλωσης, πρέπει να διατηρείται στα όρια από 6-12mm, ενώ, κατά τη συγκόλληση με ψεκασμό, από 12-25mm. ανάλογα με το είδος του υλικού του ηλεκτροδίου.

Η κλίση του συγκολλούμενου αντικειμένου, με γωνία περίπου 15°, και η συγκόλληση από πάνω προς τα κάτω, επιτρέπουν την επίτευξη περισσότερο ίσιου μετώπου της κόλλησης, ακόμη και με παραμέτρους που προξενούν υπερβολική ενίσχυση του μετώπου της κόλλησης. Χάρη αυτού, είναι δυνατή η αύξηση της ταχύτητας συγκόλλησης μέχρι 50%. Για τη συγκόλληση των μετωπικών συνδέσεων των σωλήνων, προτείνεται, επομένως, η διενέργεια της τεχνικής από πάνω προς τα κάτω (κατεβατό), όπως συμβαίνει με τις συνδέσεις λεπτών ελασμάτων σε κατακόρυφη θέση.

Με την κλίση του καυστήρα (ηλεκτροδίου), σε σχέση με τη σύνδεση προς τη διεύθυνση συγκόλλησης, πολύ λίγο αυξάνεται το βάθος διείσδυσης, ενώ με αντίθετη διεύθυνση μειώνεται το βάθος διείσδυσης και αυξάνεται, συγχρόνως, το ύψος της ενίσχυσης του μετώπου της κόλλησης.

3. Τεχνολογία και τεχνική συγκόλλησης

Η συγκόλληση GMA διενεργείται κυρίως με συνεχές ρεύμα και θετικό πόλο στο ηλεκτρόδιο. Το εναλλασσόμενο ρεύμα είναι ωφελιμότερο από την άποψη συμμετρικής φόρτισης του δικτύου του ρεύματος και μεγάλης απόδοσης της πηγής ρεύματος, χρησιμοποιείται, όμως, σπάνια.

Τα άκρα των συγκολλούμενων αντικειμένων πρέπει να καθαρίζονται, πριν από τη συγκόλληση απ' όλες τις ακαθαρσίες, τουλάχιστον 25–30mm από κάθε πλευρά της σύνδεσης. Στη περίπτωση συνδέσεων αλουμινίου και μαγνησίου απαιτείται πρόσθετη αφαίρεση πριν τη συγκόλληση του στρώματος οξειδίων, σε πλάτος τουλάχιστο 10mm από τα άκρα της σύνδεσης, με περιστρεφόμενη βούρτσα ή λίμα.

Η ημιαυτόματη συγκόλληση εκτελείται με την τεχνική συγκόλλησης προς τα αριστερά, με μικρότερες ταχύτητες συγκόλλησης και μεγαλύτερο βάθος διείσδυσης ή με την τεχνική συγκόλλησης προς τα δεξιά, με μεγαλύτερη ταχύτητα (Πίνακας 19).

Τότε, όμως, υπάρχει κίνδυνος εμφάνισης τέτοιων σφαλμάτων όπως είναι η ατελής τήξη και η ανώμαλη επιφάνεια του μετώπου της κόλλησης.

Η συγκόλληση GMA, χάρη της μεγάλης διείσδυσης και της ευκολίας ρύθμισης της γραμμικής ενέργειας του τόξου, επιτρέπει τη σύνδεση κατασκευαστικών εξαρτημάτων, εκτελούμενων από ανθρακοχάλυβες, ελαφρά κραματωμένους χάλυβες, ανθεκτικούς στη διάβρωση, αλουμινίου, μαγνησίου, χαλκού, νικελίου, τιτανίου, όπως

και κραμάτων αυτών των μετάλλων, σε μεγάλη κλίμακα παχών, από 0,5 μέχρι 300mm και με μικρή συμμετοχή του μητρικού υλικού στην κόλληση. Τα πρόσθετα συγκολλητικά υλικά έχουν συνήθως χημική σύσταση που πλησιάζει την αντίστοιχη του συγκολλούμενου υλικού, αλλά, μερικές φορές, μπορούν να διαφέρουν κατά πολύ.

ΠΙΝΑΚΑΣ 34: Τεχνολογικές συνθήκες μονόπλευρης ημιαυτόματης συγκόλλησης GMA μεταλλικών συνδέσεων ελασμάτων από χάλυβα τύπου Cr 17-18,5 % και Ni 10 + 11 % και πάχος 5mm.

Τεχνική συγκόλλησης	Διάμετρος σύρματος mm	Ένταση ρεύματος, A	Τάση τήξευ V	Ταχύτητα συγκόλλησης m/min	Γραμμική ενέργεια, MJ/m
Προς τα αριστερά	1,2	200 - 210	26 - 27	0,42 - 0,50	0,642 - 0,816
Προς τα δεξιά	1,2	210 - 220	26 - 27	0,50 - 0,60	0,525 - 0,680

Προσοχή: Η συγκόλληση με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα, στην ατμόσφαιρα Ar + 5% O₂, με ένταση ροής 20 l/min. Προτείνεται υποστήριγμα φορμαρίσματος χαλκού ή από ταινία συλλιπασματος. Μήκος προεξοχής του ηλεκτροδίου 20-25mm.

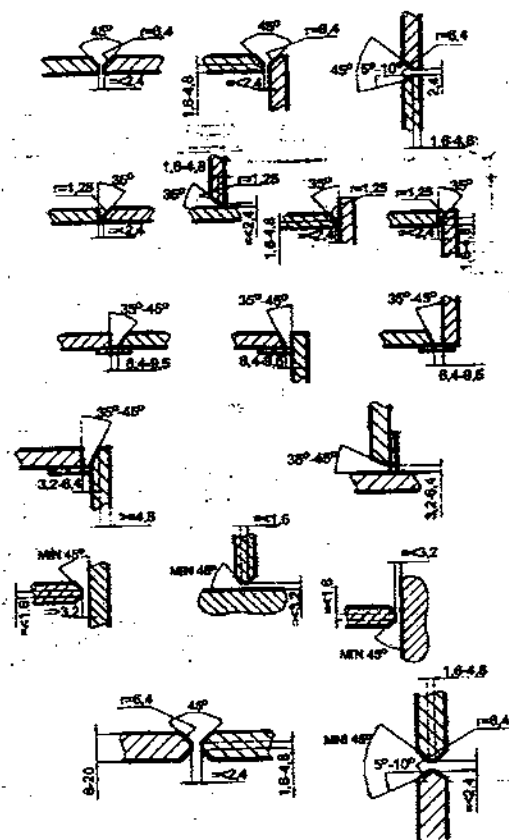
Για παράδειγμα, η συγκόλληση των κραμάτων Cu απαιτεί τη χρήση συρμάτων με αποξειδωτικά Ti, Si ή P, τα κράματα Al -Mg -Si με σύρματα Al + 5% Si, ενώ οι φερριτικοί χρωμιούχοι με σύρματα Cr -Ni.

Κατά τη συγκόλληση μετάλλων με βάση το σίδηρο, σε μεγάλη περιοχή χημικής σύστασης, προτείνονται προστατευτικές ατμόσφαιρες ελαφρά οξειδωτικές ή οξειδωτικές.

Αυτό δημιουργεί την ανάγκη χρησιμοποίησης συρμάτων με αυξημένη ποσότητα αποξειδωτικών, όπως Mn, Si, Al και Ti. Κατά κανόνα, οι ανθρακοχάλυβες συγκολλώνται στην ατμόσφαιρα CO₂, ενώ οι ελαφρά κραματωμένοι στην ατμόσφαιρα μίγματος Ar + CO₂. Για τα κράματα με βάση το σίδηρο που περιέχουν

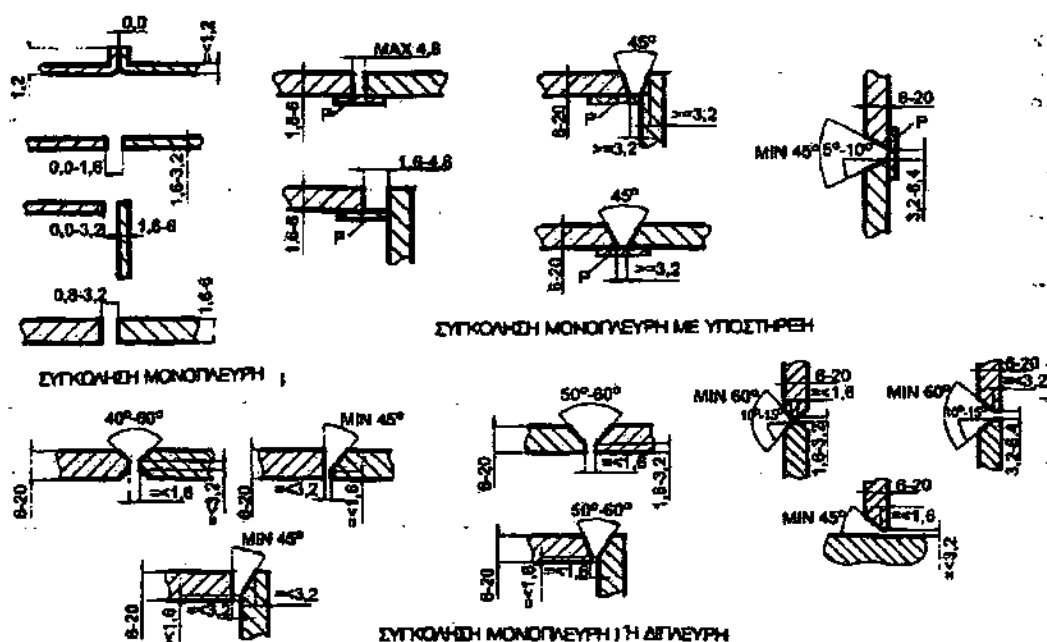
πάνω από 3% κραματικών προσθηκών, προτείνεται η συγκόλληση στην ατμόσφαιρα αργού, με προσθήκη 1-2% οξυγόνου, ενώ οι συνδέσεις με μικρότερη υπευθυνότητα ακόμη και μέχρι 5% O₂.

Για τις συνδέσεις αντικειμένων από ανθρακοχάλυβες, ελαφρά κραματομένους και ισχυρά κραματομένους χάλυβες, ανθεκτικούς στη διάβρωση όπως νικελίου και κράματά του, προτείνεται η προετοιμασία για τη συγκόλληση GMA με γωνίες λοξοτόμησης μικρότερες απ' ό,τι κατά τη χειρωνακτική συγκόλληση με επενδεδυμένο ηλεκτρόδιο, GTA ή με βυθιζόμενο τόξο (Σχ. 37 και 38).



Σχήμα 37. Προτεινόμενοι τρόποι προετοιμασίας άκρων λεπτών χαλύβδινων ελασμάτων με πάχος μέχρι 20 mm. Για τη συγκόλληση GMA σε όλες τις θέσεις συνδέσεων μετωπικών, ταν και ακμής με μετωπικές κολλήσεις, P - υποστήριγμα σχηματισμού χαλκίνο, συλλιπλάσματος ή τηκόμενο.

Παρόμοιος τρόπος λοξοτόμησης μπορεί να χρησιμοποιηθεί και στην περίπτωση συνδέσεων αλουμινίου, μαγνησίου και χαλκού, αλλά για την αποφυγή σφαλμάτων τύπου ατελούς διείσδυσης και ατελούς τήξης προτείνεται η αύξηση της γωνίας λοξοτόμησης ακόμη και μέχρι 90° .



Σχήμα 38. Προτεινόμενοι τρόποι προετοιμασίας άκρων χαλύβδινων ελασμάτων με πάχος άνω των 20 mm, για τη συγκόλληση GMA σε όλες τις θέσεις συνδέσεων μετωπικών, ταν και ακμής με μετωπικές κολλήσεις, P - υποστήριγμα φορμαρίσματος χάλκινο, συλλιπάσματος ή τηκόμενο.

Οι κατασκευαστικές συνδέσεις από ανθρακοχάλυβες και ελαφρά κραματωμένους χάλυβες πάχους κάτω από 3 έως 4 mm πρέπει να συγκολλώνται με τόξο βραχυκύκλωσης, ενώ τα μεγαλύτερα πάχη με τόξο ψεκασμού. Για τη συγκόλληση στην ατμόσφαιρα CO_2 , προτείνεται η τεχνική του βυθισμένου τόξου. Η αυτόματη συγκόλληση GMA χρησιμοποιείται για τη σύνδεση μετωπικών και

αυχενικών κολλήσεων, συνδέσεων με χαλύβδινα ελάσματα πάχους από 0,5 mm και πάνω, με ταχύτητες που φτάνουν μέχρι 1 + 2,0 m/min. Στην περίπτωση λεπτών ελασμάτων συνιστάται ατμόσφαιρα $Ar + O_2$ ή $Ar + CO_2$ και σύρματα με διάμετρο 0,5 + 1,6 mm. Η κεφαλή του αυτομάτου πρέπει να τοποθετηθεί κάθετα προς τη σύνδεση. Για τις συνδέσεις με πάχος μέχρι 10 mm, προτείνεται η μονόπλευρη συγκόλληση με υποστήριξη χαλκού ή ταινίας με συλλίπασμα, κεραμικό ή με ίνες υάλου, όπως και κατά τη συγκόλληση GTA (Σχ. 12). Μπορεί να γίνει συγκόλληση χωρίς ή με διάκενο από 0 έως 3 mm, με σκοπό τη μείωση του ύψους της ενίσχυσης.

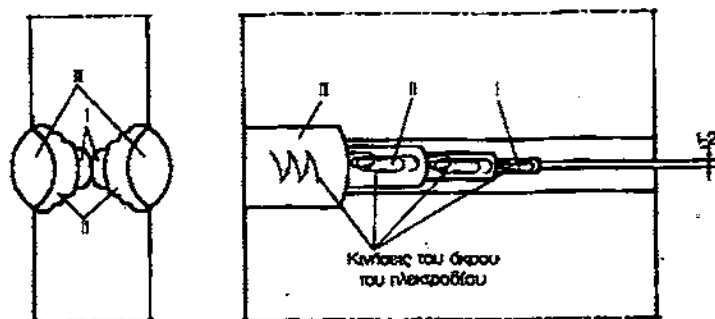
Τα μεγαλύτερα πάχη των χαλύβδινων συνδέσεων πρέπει να συγκολλώνται με την τεχνική μονόπλευρης ή δίπλευρης συγκόλλησης, με λοξοτομημένα τα άκρα των ελασμάτων. Η αυτόματη συγκόλληση απαιτεί πολύ σταθερή εργαλειοδέτηση. Τα στρώματα πλήρωσης των συγκολλούμενων συνδέσεων πολλαπλών στρώσεων πρέπει να συγκολλώνται με ταλαντωτική κίνηση του ηλεκτροδίου, όπως κατά την αυτόματη και ημιαυτόματη συγκόλληση.

Η προτεινόμενη τεχνική δίπλευρης ημιαυτόματης συγκόλλησης GMA, σε θέση επίπεδη μετωπικής σύνδεσης ελασμάτων παρουσιάζεται στο Σχήμα 39. Η συγκόλληση σε κατακόρυφη θέση με την τεχνική από πάνω προς τα κάτω, ενώ με μεγάλα πάχη - από κάτω προς τα πάνω. Οι προτεινόμενες τεχνικές συγκόλλησης μετωπικών και συνδέσεων σε διάφορες θέσεις δίνονται στο σχήμα 40.

Για την αυτόματη συγκόλληση GMA συνδέσεων ταυ σε θέση τοίχου, προτείνεται η διενέργεια με κλίση της κεφαλής, με γωνία 25 έως 35°.

Η ημιαυτόματη συγκόλληση αυχενικών κολλήσεων σε πλευρική θέση εκτελείται με την τεχνική συγκόλλησης προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά. Η τεχνική συγκόλλησης προς τα δεξιά εξασφαλίζει μεγαλύτερη ταχύτητα συγκόλλησης απ' ό,τι η τεχνική συγκόλλησης προς τα αριστερά, αλλά μπορεί να εμφανισθεί ατελής τήξη.

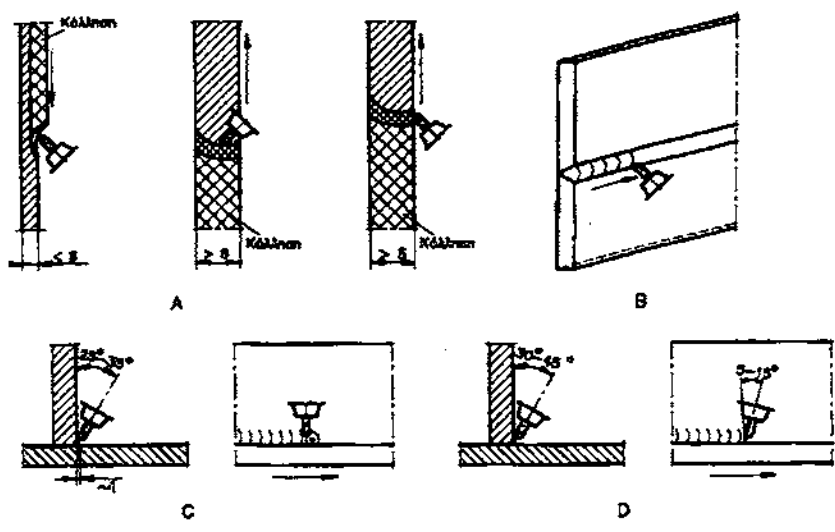
Η συγκόλληση χαλύβδινων ελασμάτων πάχους μέχρι 3mm σε θέση τοίχου διενεργείται χωρίς λοξοτόμηση, ενώ με μεγαλύτερο πάχος με λοξοτόμηση του άνω ελάσματος.



Σχήμα 39: Προτεινόμενη τεχνική ημιαυτόματης συγκόλλησης GMA, σε επίπεδη θέση μετωπικής σύνδεσης χοντρών ελασμάτων από ανθρακοχάλυβες και ελαφρά κραματωμένους χάλυβες.

Ο καυστήρας πρέπει να οδηγείται με την τεχνική προς τα δεξιά, με το ηλεκτρόδιο προς τα κάτω για λεπτά ελάσματα και Προς τα άνω κατά τη συγκόλληση ελασμάτων μεγάλου πάχους. Για τη συγκόλληση σε δύσκολες θέσεις, επιβάλλεται η χρησιμοποίηση συρμάτων με μικρή διάμετρο της τάξεως 0,5-1,6mm και μεταφορά του μετάλλου με τόξο βραχυκύκλωσης ή παλμικό.

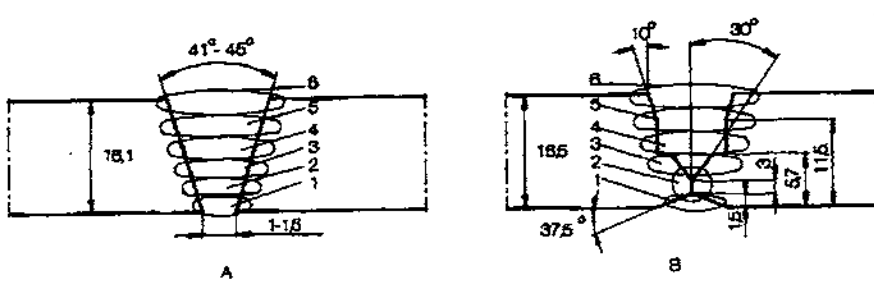
Οι υποδεικνυόμενες τεχνολογικές συνθήκες συγκόλλησης GMA συνδέσεων μετωπικών και ελασμάτων από ανθρακοχάλυβες και ελαφρά κραματωμένους χάλυβες δίνονται στους Πίνακες 35 και 36.



Σχήμα 40: Υπόδειξη θέσης και οδήγησης του καυστήρα ως προς τη σύνδεση κατά τη συγκόλληση GMA. Ημιαυτόματη συγκόλληση- A, B, D. Αυτόματη συγκόλληση- C.

ΠΙΝΑΚΑΣ 35: Τεχνολογικές συνθήκες συγκόλλησης GMA συνδέσεων ελασμάτων από ανθρακοχάλυβες και ελαφρά κραματωμένους χάλυβες

Τύπος σύνδεσης	Πάχος ελάσματος mm	Διάμετρος σπρώματος mm	Καρδόνι	Ένταση ρεύματος A	Ταχύτητα προώθησης σπρώματος mm/s	Τάση τήξεως V	Ταχύτητα συγκόλλησης m/min
Μεταωκενός* σε I, G = 0,0 mm Ar + 25% CO ₂ 6 - 8 l/min	0,8	0,8	1	117	49	16	0,38
	1,2	0,8	1	140	58,8	17	0,38
	1,6	0,8	1	170	71,4	17	0,38
	2,0	0,8	1	225	94,5	18	0,38
	2,5	0,8	1	235	98,7	18	0,38
	3,2	0,8	1	300	126	19	0,20
Μεταωκενός* σε I, G = 0,8 mm Ar + 25% CO ₂ 12 l/min	1,6	0,9	1	95	64	18	0,22
	3,2	0,9	1	140	106	20	0,20
	4,7	0,9	1	150	112	20	0,22
	6,4	0,9	1	150	112	21	0,18
Μεταωκενός** σε I, G = 0,0 mm Ar + 5% O ₂ 20 - 25 l/min	3,2	1,6	1	280	69,3	24	0,50
	4,8	1,6	1 και 2	375	109,2	24	0,60
	6,4	2,4	1	375	35	26	0,60
			2	430	40	27	0,60
Μεταωκενός* σε X 60° Ar + 5% O ₂ 20 - 25 l/min	8,0	2,4	1	400	36,5	27	0,50
			2	420	38,6	28	0,50
	12,5	2,4	1	400	36,5	28	0,35
			2	450	42	28	0,35
Μεταωκενός* σε X 90° Ar + 5% O ₂ 20 - 25 l/min	19,5	2,4	1-4	42	42	28	0,30



Σχήμα 41: Προετοιμασία άκρων αεραγωγών με διάμετρο 1400mm για την ημιαυτόματη συγκόλληση- A και αυτόματη - B με τη μέθοδο GMA..(Πίνακες 36 και 37)

ΠΙΝΑΚΑΣ 36: Τεχνολογικές συνθήκες συγκόλλησης GMA με τόξο ψεκασμού συνδέσεων των ελασμάτων από ανθρακοχάλυβες και ελαφρά κραματωμένους χάλυβες

Πάχος ελασμάτων	Θέση συγκόλλησης	Μήκος πλευράς κόλλησης mm	Αριθμός κορδονίων	Ένταση ρεύματος, A	Ταχύτητα προφοδοσίας σύρματος, mm/s	Γάση τόξου V	Ταχύτητα συγκόλλησης, m/min
8,0	Πλευρική	6,4	1	400	36,5	27	0,40
12,5	Πλευρική	8,0	1	450	42	28	0,30
25,4	Πλευρική	19,5	4	450	42	28	0,18
19,4	Πλευρική	9,5	1	475	47	30	0,22

Προσοχή: Συγκόλληση με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα με σύρμα διαμέτρου 2,4mm. Αέριο προστατευτικό Ar + 5% O₂, με ένταση ροής 20-25 l/min.

Στη συνέχεια, οι τεχνολογικές συνθήκες συγκόλλησης GMA επαφών συναρμολόγησης σωλήνων αεραγωγών, με αυτόματη και ημιαυτόματη τεχνική συγκόλλησης, όπως η προετοιμασία των άκρων των σωλήνων, δίνονται στους Πίνακες 37 και 38, καθώς και στο Σχήμα 41.

ΠΙΝΑΚΑΣ 37: Προτεινόμενες τεχνολογικές συνθήκες διενεργούμενες ημιαυτόματα της συγκόλλησης συναρμολόγησης GMA, με την τεχνική από πάνω προς τα κάτω, μετωπικών συνδέσεων σωλήνων με διάμετρο 1420mm και πάχος τοιχώματος 16,5mm από χάλυβα X 65, 6 X.

Κορδόνι κόλλησης	Διάμετρος σύρματος mm	Ένταση ρεύματος A	Τάση τόξου V	Ταχύτητα συγκόλλησης m/min	Προστατευτικό αέριο CO ₂	Ένταση ροής αερίου l/min
Ρίζας - 1	0,8	160 - 180	18 - 19	0,6 - 0,7	Ar + 30%	12 - 15
Αναπλήρωσης 2 έως 5	1,2	180 - 200	21 - 22	0,3 - 0,6	CO ₂	12 - 15
Μετώπου - 6	1,2	120 - 160	20 - 21	0,2 - 0,4	CO ₂	12 - 15

Προσοχή: Η συγκόλληση με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα. Προτείνεται αρχική προθέρμανση της σύνδεσης μέχρι 150°C. Η στρώση της ρίζας εκτελείται με 2 έως 4 συγκολλητές (χειριστές). Προστατευτικό αέριο Ar + 25% CO₂.

* Η ταχύτητα συγκόλλησης εξαρτάται από τις συνθήκες εκτέλεσης της σύνδεσης και από την εκπαίδευση της ομάδας συγκολλητών.

ΠΙΝΑΚΑΣ 38. Τεχνολογικές συνθήκες αυτόματης συγκόλλησης συναρμολόγησης GMA με την τεχνική από πάνω προς τα κάτω, μετωπικών συνδέσεων σωλήνων με διάμετρο 1420mm και πάχος τοιχώματος 16,5mm, από χάλυβα X 65. Οι στρώσεις αναπλήρωσης και η στρώση μετώπου με εγκάρσια ταλάντωση της κεφαλής.

Κορδόνι κόλλησης	Ένταση ρεύματος A	Τάση τόξου V	Ταχύτητα συγκόλλησης m/min	Ταχύτητα τροφοδοσίας σύρματος m/min	Μήκος ελεύθερης προεξοχής ηλεκτροδίου mm	Εύρος ταλάντωσης ηλεκτροδίου mm	Αριθμός ταλαντώσεων ανά λεπτό
Ρίζας - 1	200	19,5	0,76	8,63	6,35	—	—
Κορδόνι θερμό - 2	230	23,5	1,01	12,7	8,9	—	—
Αναπλήρωση 3- 5	220	23,5	0,38	14,6	12,7 - 14	6,1	138
Μετώπου - 6	190	20	0,30	9,39	7,9	7,62	138

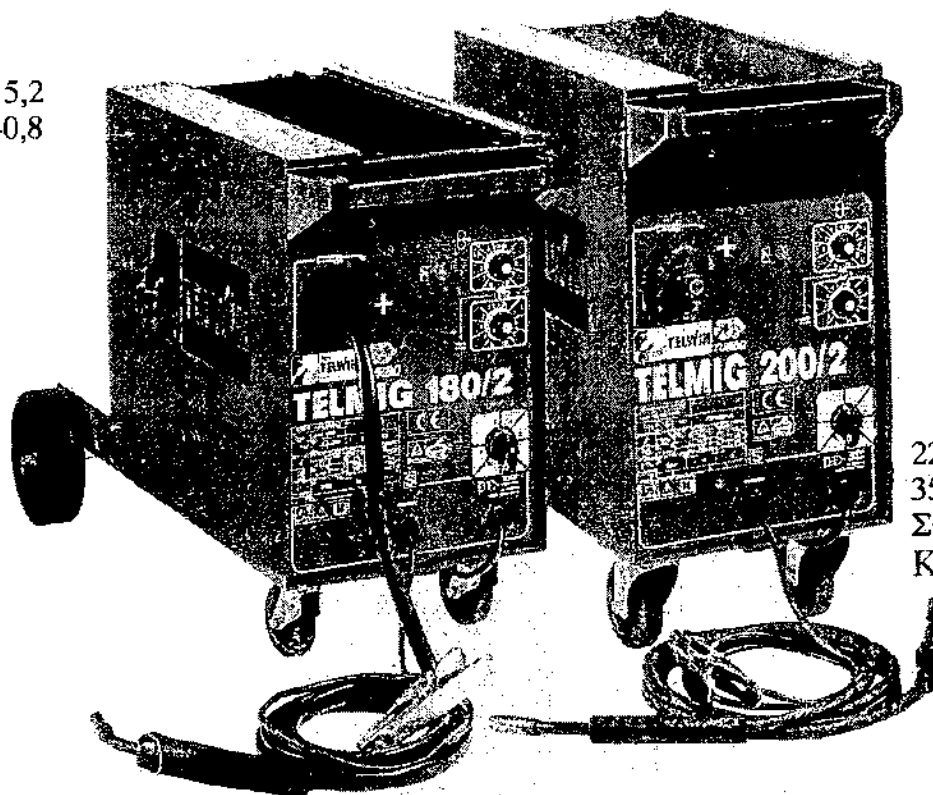
Προσοχή: Το προστατευτικό αέριο, κατά τη συγκόλληση της ρίζας, είναι $Ar + 30\% CO_2$. Οι υπόλοιπες στρώσεις με CO_2 με ένταση ροής 20 -25 l/min. Η συγκόλληση με συνεχές ρεύμα και θετική πολικότητα, με σύρμα διαμέτρου 0,8 mm. Το εσωτερικό στρώμα συγκολλάται με 6 κεφαλές, τα εξωτερικά στρώματα με 2 κεφαλές.

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. Klimpel A.: Technologia spawania i ciecie metali. WPS. Gliwice. 1997.
2. Dobrowolski Z: Podrecznik spawalnictwa, WNT. Warszawa. 1975.
3. Kaczmar W.: Technologia spawania. Politechnika Wroclawska, Wroclaw 1974.

ΗΛΕΚΤΡΟΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΣΥΡΜΑΤΟΣ

KW(60%)=5,2
A Σύρμα 0,6-0,8
Σ 6 40 Kg
9305.7.180



220 V KW(60%)=6,9
35-220A Σύρμα 0,6-1,0
Σκάλες 6 50 Kg
Κωδ. 9305.7.200

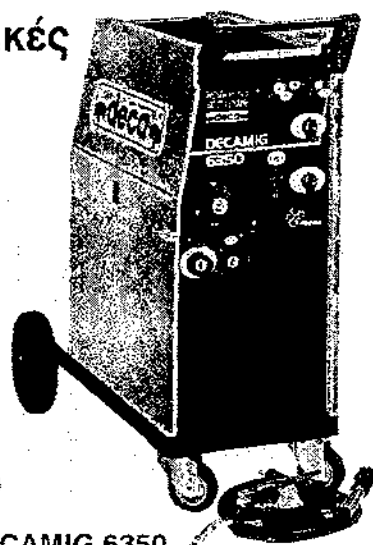
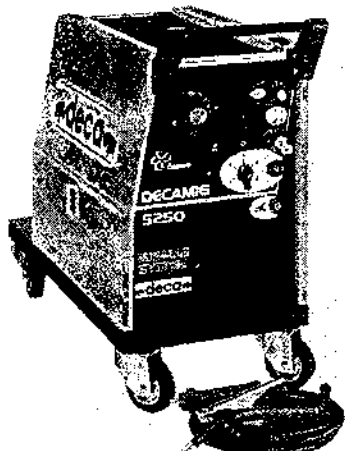
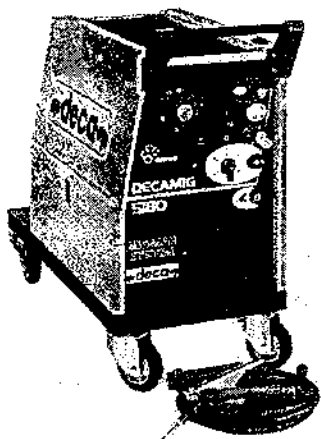
380-3 V KW(60%)=7,1
35-260A Σύρμα 0,6-1,0
Σκάλες 6 52 Kg
Κωδ. 9305.7.250



V KW(60%)=5
0A Σύρμα 0,6-1,0
Σ 6 51 Kg
9305.7.203

ηλεκτροσυγκολλήσεις

σύρματος MIG μονοφασικές - τριφασικές



DECAMIG 415E

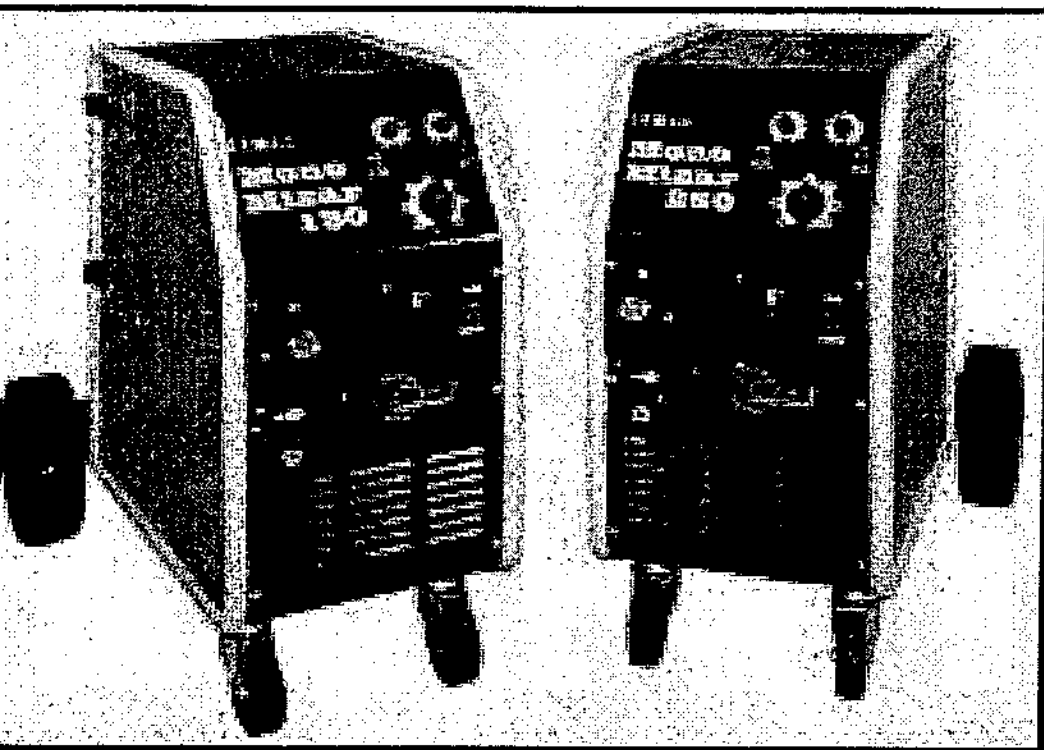
DECAMIG 5180 EYRO/5250

DECAMIG 5180 DECA

DECAMIG 6350

ΜΟΝΤΕΛΟ	DECAMIG 415E	DECAMIG 5180 DECA	DECAMIG 5180 EYRO	DECAMIG 5250	DECAMIG 6350
AMP	145	180	180	220	285
ΚΩΔΙΚΟΣ	1H.2042	1H.2046	1H.2045	1H.2047	1H.2049
ΛΙΑΝ. ΤΙΜΗ	€ 422,00	€ 803,00	€ 891,00	€ 1040,00	€ 1694,00
ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ					
ΦΑΣΕΙΣ/ΒΟΛΤ	1Φ/230 50 Hz	1Φ/230 50 Hz	1Φ/230 50 Hz	3Φ/230-400 50 Hz	3Φ/230-400 50 Hz
AMP (ΡΥΘΜΙΣΗ)	35 ÷ 145	40 ÷ 180	40 ÷ 180	20 ÷ 220	20 ÷ 285
ΙΣΧΥΣ (KW) 60%	2	3	3	6	8,5
ΘΕΣΕΙΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ	4	6	6	7	21
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΡΟΔΕΣ	ΝΑΙ (2)	ΝΑΙ (4)	ΝΑΙ (4)	ΝΑΙ (4)	ΝΑΙ (4)
ΑΠΟΔΟΣΗ - AMP	115 - 15% 75 - 35%	180 - 10% 75 - 60% 60 - 100%	180 - 10% 75 - 60% 60 - 100%	220 - 25% 145 - 60% 115 - 100%	285 - 25% 190 - 60% 150 - 100%
ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΟΛΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑΣ & ΚΑΛΗΣ ΛΕΙΤΟΥΡΓΙΑΣ				
ΒΑΡΟΣ (kg)	30	54	54	59	80
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΚΑΛΩΔΙΟ - ΤΣΙΜΠΙΔΑ (M6) ΡΥΘΜΙΣΤΗ - ΟΔΗΓΟ 0,6 / 0,8	ΚΑΛΩΔΙΟ - ΤΣΙΜΠΙΔΑ (M6) ΟΔΗΓΟ 0,6 / 0,8	ΚΑΛΩΔΙΟ - ΤΣΙΜΠΙΔΑ (M6) ΟΔΗΓΟ 0,6 / 0,8	ΚΑΛΩΔΙΟ - ΤΣΙΜΠΙΔΑ (M6) ΟΔΗΓΟ 0,6 / 0,8	ΚΑΛΩΔΙΟ - ΤΣΙΜΠΙΔΑ (M6) ΟΔΗΓΟΥΣ 0,6 / 0,8 / 1,0 / 1,2
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (εκ)	45 x 45 x 61	85 x 38 x 75	85 x 38 x 75	85 x 38 x 75	90 x 52 x 105
ΣΙΔΗΡΟ Ø χιλ	0,6 - 0,8	0,6 - 1,0	0,6 - 1,0	0,6 - 1,0	0,6 - 1,2
ΑΝΟΞΕΙΩΔΩΤΟ Ø χιλ	0,8	0,8 - 1,0	0,8 - 1,0	0,8 - 1,0	0,8 - 1,2
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ Ø χιλ	0,8 - 1,0	0,8 - 1,0	0,8 - 1,0	0,8 - 1,0	0,8 - 1,2
ΤΥΠΟΣ ΤΣΙΜΠΙΔΑΣ	DE-16	DE-20	EP-15	EP-15	EP-25
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΚΩΔΙΚΟΣ	Λ.Τ. €	ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΚΩΔΙΚΟΣ	Λ.Τ. €
ΤΣΙΜΠΙΔΑ ΣΕΤ	DE-16 2H.010471	60,00	ΜΠΕΚ ΣΙΔΗΡΟΥ 0,6 DE16/20 EP15/25	2H.010720	1,00
ΤΣΙΜΠΙΔΑ ΣΕΤ	DE-20 2H.010466	70,00	ΜΠΕΚ ΣΙΔΗΡΟΥ 0,8 DE16/20 EP15/25	2H.010721	1,00
ΤΣΙΜΠΙΔΑ ΣΕΤ	EP-15 2H.010234	100,00	ΜΠΕΚ ΣΙΔΗΡΟΥ 1,0 DE 20 EP15/25	2H.010722	1,00
ΤΣΙΜΠΙΔΑ ΣΕΤ	EP-25 2H.010236	140,00	ΜΠΕΚ ΣΙΔΗΡΟΥ 1,2 EP 25	2H.010725	1,00
ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ 1 ΜΑΝΟΜΕΤΡΟ	2H.010513	50,00	ΜΠΕΚ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ 0,8 DE 16/20 EP15/25	2H.010731	1,00
ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ 2 ΜΑΝΟΜΕΤΡΑ	2H.010512	66,00	ΜΠΕΚ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ 1,0 DE 16/20 EP15/25	2H.010732	1,00
ΡΥΘΜΙΣΤΗΣ DECAMIG 415E	2H.010515	18,00	ΜΠΕΚ ΑΛΟΥΜΙΝΙΟΥ 1,2 EP25	2H.010733	1,00
ΑΔΑΡΤΟΡ DECAMIG 415E	2H.010250	3,00			
ΑΔΑΡΤΟΡ ΑΡΓΟΝ/CO ₂	2H.010571	5,00			
ΦΛΟΓΟΚΡΥΠΤΗΣ (ΚΟΝΙΚΟΣ)	2H.010259	4,00			
ΦΛΟΓΟΚΡΥΠΤΗΣ EP25	2H.010560	5,00			
ΦΛΟΓΟΚΡΥΠΤΗΣ ΠΟΝΤ/ΤΟΣ	2H.010564	6,00			
ΦΛΟΓΟΚΡΥΠΤΗΣ EP25	2H.010565	8,00			

ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΡΜΑΤΟΣ MASTER ΜΟΝΟΦΑΣΙΚΕΣ



ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ (ευρώ)
00401	ΜΟΝΟΜΙΖΑΡ 190	1100.00
00402	ΜΟΝΟΜΙΖΑΡ 250	1300.00

Στην τιμή συμπεριλαμβάνονται τσιμπίδα, γείωση και μανόμετρο

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ MASTER, ΜΟΝΟΜΙΖΑΡ		
	ΜΟΝΟΜΙΖΑΡ 190	ΜΟΝΟΜΙΖΑΡ 250
Τάση	1 X 230 V	1 X 230 V
Λειτουργία		
Απόδοση εργασίας		
Απόδοση (%)	190 A	250 A
Απόδοση ρεύματος		
Απόδοση τάξης	H	H
Απόδοση με...	EN 60974	EN 60974
Βάρος (kg)	63	65
Μεasures (μχφχ)	50X86X79	50X86X79
Απόδοση ρύθμισης	7	14
Απόδοση (kW)	5.4	7.5



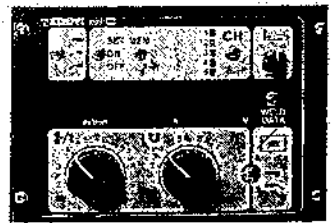
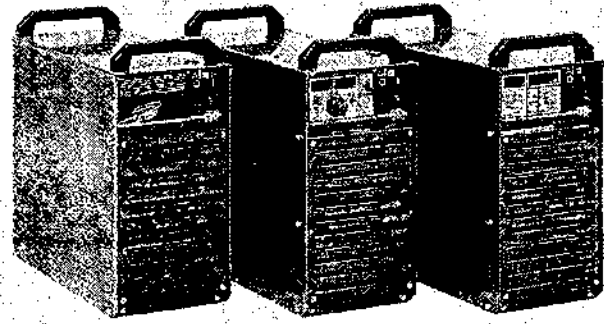
Στα σημερινά τεχνικά έργα, η απώλεια χρόνου και χρήματος σε μη παραγωγικούς τρόπους εργασίας, θεωρείται απαράδεκτη. Η παραγωγή οφείλει να κυλάει αθόρυβα και αποτελεσματικά και για την καλύτερη δυνατή επιλογή του συγκολλητικού εξοπλισμού, είναι πολύ σημαντικό να ληφθούν υπόψη τα εξής δεδομένα :

- Η απαιτούμενη ποιότητα της συγκόλλησης.
- Το κόστος, ανά μονάδα χρόνου, της συγκόλλησης.
- Το σύνολο του έργου που θα πρέπει να ολοκληρωθεί.
- Η ευκολία συντήρησης και επισκευής του εξοπλισμού.
- Η ευκολία χρήσης του εξοπλισμού.
- Η ευκολία μετακίνησης και εγκατάστασης.

Σε όλα τα παραπάνω βασίζεται η ορθότητα της επιλογής του νέου βιομηχανικού εξοπλισμού. Των μηχανών KEMPPRO.

Ο πλέον αποτελεσματικός εξοπλισμός και οι βελτιστές συγκολλητικές παράμετροι για κάθε συγκολλητική εφαρμογή και οποιονδήποτε συγκολλητή.

Οι μηχανές συγκόλλησης PRO αποτελούν το πλέον ευέλικτο συγκολλητικό σύστημα στην αγορά. Χάρη στην έξυπνη σχεδίασή τους μπορούν να προσαρμοστούν σε οποιαδήποτε χρήση αποδίδοντας τα καλύτερα συγκολλητικά χαρακτηριστικά. Αυτό σημαίνει ταχύτερη και ποιοτικότερη εργασία. Μπορούν εύκολα να εγκατασταθούν, καθώς και να επεκταθούν σε κάθε περίπτωση μεταβολής της φύσης των εργασιών. Τα χαρακτηριστικά της πηγής ρεύματος, της μονάδας τροφοδοσίας σύρματος (MIG/MAG) και της μονάδας παροχής υψίσυχνου ρεύματος (TIG), μπορούν να μεταβληθούν απλώς με την αλλαγή του πίνακα ελέγχου (χειριστηρίου).



Χειριστήρια MC για τον τροφοδοτή σύρματος PROMIG

Οι ηγές ρεύματος μπορούν να εξοπλιστούν με τα χειριστήρια PL και PX, οι μονάδες τροφοδοσίας σύρματος (MIG/MAG) με τα χειριστήρια, MC, ML και MX και οι συσκευές υψίσυχνου ρεύματος (TIG) με τους πίνακες TL και TX.

Εργονομικός σχεδιασμός - Βελτιωμένη αποτελεσματικότητα

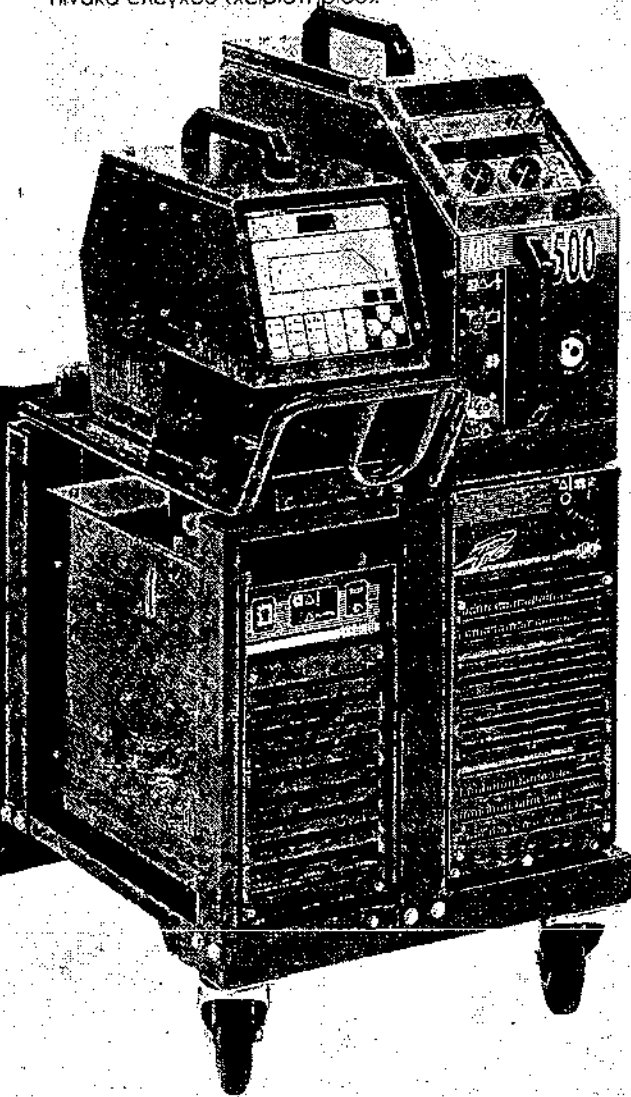
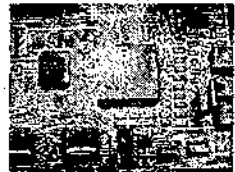
Το πρώτο κριτήριο σχεδιασμού των μηχανών PRO είναι η απόλυτη εργονομία. Μονάδες μικρές σε μέγεθος και βάρος, που χωρίς κόπο μπορούν να εγκατασταθούν αλλά και να μετακινηθούν.

Μεγάλη ισχύς-μικρές διαστάσεις

Η νέα τεχνολογία των INVERTER (εναλλάκτες συχνότητας) έχει καταστήσει δυνατή την κατασκευή μηχανών συγκόλλησης πολύ μικρών διαστάσεων. Η μετακίνησή τους είναι πλέον πολύ ευκολή με άμεση συνέπεια την θεαματική ελάττωση των εξόδων μεταφοράς και την διευκόλυνση των εργοταξιακών συνεργειών. Ο υψηλός συντελεστής ισχύος και η υψηλή πιστότητά τους, μειώνουν πραγματικά το κόστος λειτουργίας και εγκατάστασής τους.

Η τεχνολογία IGBT εγγυάται κορυφαία χαρακτηριστικά.

Τα τεχνικά χαρακτηριστικά των KEMPPRO, έχουν προσαρμοστεί στον μεγαλύτερο δυνατό βαθμό στις σύγχρονες τεχνικές. Το υψηλής απόκρισης ηλεκτρονικό σύστημα IGBT, που αποτελεί την καρδιά και το μυαλό των μηχανών, εγγυάται βέλτιστα χαρακτηριστικά όπως σταθερότητα του τόξου, αθόρυβη λειτουργία και συγκόλληση χωρίς ριπίλες με όλες τις μεθόδους συγκόλλησης. Επίσης, τα χαρακτηριστικά του αποδιδόμενου τόξου μπορούν να μεταβληθούν στις προεπιπτώσεις συγκόλλησης ειδικών υλικών.



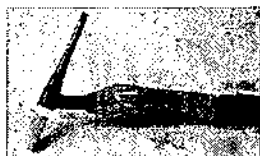


ΝΕΟ

ηλεκτροσυγκολλήσεις HYPERTIG/INVERTER μονοφασικές

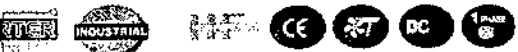


1H.9002 Α.Τ. €36,00



2H.010232 Α.Τ. €198,00

ΜΟΝΤΕΛΟ	HYPERTIG-160E
AMP	160
ΚΩΔΙΚΟΣ	1H.1230
ΛΙΑΝ. ΤΙΜΗ	€ 1611,00
ΦΑΣΕΙΣ/VOLT	1Φ/230V / 50-60 Hz
AMP (ΡΥΘΜΙΣΗ)	5 - 160
ΙΣΧΥΣ (KW) 60%	4
ΑΠΟΔΟΣΗ - AMP	160 - 40% 130 - 60%
ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟ (ΧΙΛ)	1,6 - 4,0
ΤΣΙΜΠΙΔΑ	ΝΑΙ
ΤΥΠΟΣ ΤΣΙΜΠΙΔΑΣ	ET17 (4μ.)
ΒΑΡΟΣ (kg)	11
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (εκ)	34 x 15 x 31



Η HYPERTIG-160E είναι δυνατή η συγκόλληση από 0,5 χιλ. πάχος σιδήρου, ανοξείδωτου χαλκού, νικελ κλπ. Το σύστημα "SAVE ENERGY INPUT" λειτουργεί με 16Α ασφάλεια.

Η υψηλής συχνότητας inverter ώστε να μην χρειάζεται να έλθει σε επαφή η ακίδα με το σημείο συγκόλλησης τη δημιουργία τόξου.

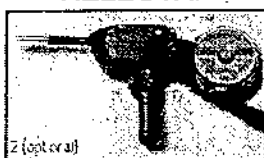
Ρυθμίζεται για: α) Ρύθμιση του ρεύματος συγκόλλησης β) του χρόνου παροχής ρεύματος μετά την παύση διακοπή της τσιμπίδας γ) του χρόνου υστέρησης διακοπής του αερίου μετά την παύση λειτουργίας, την ψύξη της ακίδας.

ηλεκτροσυγκολλήσεις σύρματος MIG -τριφασικές

ΝΕΟ



ΤΣΙΜΠΙΔΕΣ
ΑΞΕΣΟΥΑΡ



Z (optional)

Αυτοτροφοδοτούμενη

2H.010308 Α.Τ. €426,00



B (optional)

Ρυθμιζόμενη ταχύτητα από την τσιμπίδα

2H.010309 Α.Τ. €376,00

ΜΟΝΤΕΛΟ	5280 AIU
AMP	220
ΚΩΔΙΚΟΣ	1H.2052
ΛΙΑΝ. ΤΙΜΗ	€ 1148,00
ΦΑΣΕΙΣ/VOLT	3Φ/230-400 50 Hz
AMP (ΡΥΘΜΙΣΗ)	20 ÷ 220
ΙΣΧΥΣ (KW) 60%	6
ΘΕΣΕΙΣ ΡΥΘΜΙΣΗΣ	7
ΑΝΕΜΙΣΤΗΡΑΣ	ΝΑΙ
ΡΟΔΕΣ	ΝΑΙ (4)
ΑΠΟΔΟΣΗ - AMP	220 - 25% 145 - 60% 115 - 100%
ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	ΟΛΙΚΟΣ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ
ΒΑΡΟΣ (kg)	59
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ	ΚΑΛΟΔΙΟ - ΤΣΙΜΠΙΔΑ (M6) ΟΔΗΓΟ 0,6 / 0,8
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (εκ)	85 x 38 x 75
ΣΙΔΗΡΟ Ø χιλ.	0,6 - 1,0
ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟ Ø χιλ.	0,8 - 1,0
ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ Ø χιλ.	0,8 - 1,0
ΤΥΠΟΣ ΤΣΙΜΠΙΔΑΣ	ΣΤΑΝΤΑΡ EP-15

Ειδικά αξεσουάρ που συνεργάζονται με το μοντέλο ALU (τσιμπίδες-αυτοτροφοδοτούμενη ή ρυθμιζόμενη) είναι μεγαλύτερη ευκολία στη συγκόλληση μετάλλων ειδικότερα αλουμινίου.

Για εξαρτήματα βλέπε στη σελ.: 66

MASTER 1500, 2200, 2800, 3500, 5000

Οι μηχανές συγκόλλησης MASTER καλύπτουν ένα φάσμα δυνατοτήτων από 150 A έως και 500A. Η νέα αυτή γενιά των μηχανών, χρησιμοποιώντας την πλέον σύγχρονη τεχνολογία, έχει ως κύρια γνωρίσματα την ποιότητα και την αυτονομία αποδίδοντας τα καλύτερα συγκολλητικά χαρακτηριστικά.



Όταν ξεκίνησε η σχεδίαση, ανάπτυξη και παραγωγή των MASTER, ο KEMPPI αποφάσισε να μη συμβιβαστεί. Οι μηχανές Master παρέχουν στη συγκόλληση δυνατότητες που δεν θα βρείτε σε καμία άλλη μηχανή. Η υψηλή ταχύτητα ρύθμισης και τα υψηλά αποθέματα ενέργειας, εγγυώνται άριστες συνθήκες συγκόλλησης. Η υψηλή τάση ανοικτού κυκλώματος και το ελεγχόμενο ρεύμα έναρξης εγγυώνται μια υψηλής ποιότητας έναυση τόξου. Οι δυναμικές συγκόλλησης ρυθμίζονται

εύκολα από τον εμπρόσθιο πίνακα, παρέχοντας την δυνατότητα συγκόλλησης μεγάλου φάσματος ηλεκτροδίων ακόμα και των πλέον δύσκολων. Οι μηχανές Master είναι μηχανές τεχνολογίας INVERTER τελευταίου τύπου, που ενσωματώνουν την τεχνολογία IGBT. Εξασφαλίζεται έτσι, το μικρό μέγεθος και βάρος της μηχανής, η υψηλή ταχύτητα ρύθμισης και το αθόρυβο ηλεκτρικό τόξο.

MASTERTIG 1500, 2200, 2800, 3500, 3500W

Οι μηχανές Mastertig είναι εξαιρετικές για εργοταξιακή χρήση, με εξαιρετική έναυση και συγκολλητικές ιδιότητες. Το τόξο είναι απαλό και σταθερό αποδίδοντας συγκόλληση υψηλής ποιότητας.

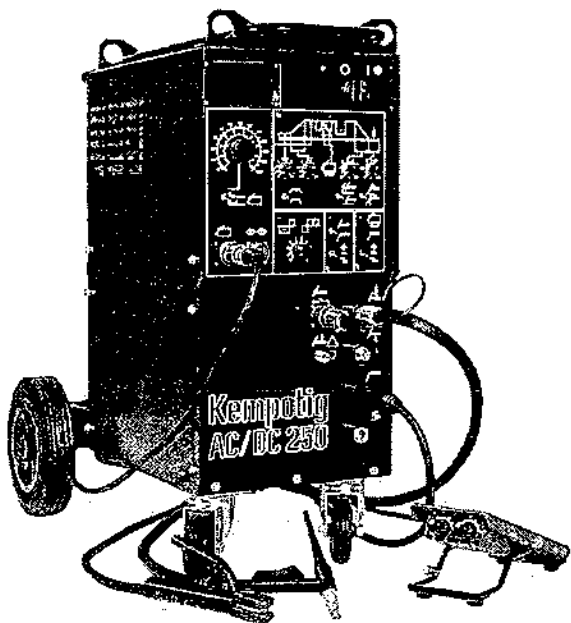


Χάρη στην ευκολία ρύθμισης των συγκολλητικών χαρακτηριστικών, είναι δυνατή η συγκόλληση μεγάλου φάσματος ηλεκτροδίων. Η μηχανή συγκόλλησης Mastertig μπορεί να χρησιμοποιηθεί τόσο για την συγκόλληση ηλεκτροδίου όσο και TIG. Διαθέτει ενσωματωμένο σύστημα ρύθμισης παλμών και ελεγχόμενο χρόνο προρροής και μεταρροής. Επίσης είναι δυνατή η επιλογή έναυσης με υψηλινό ρεύμα (P) ή με επαφή, καθώς και λειτουργίας με συνεχή έναυση της σκανδάλης της λαβίδας ή με πίεση μόνο στην λαβίδα. Οι μηχανές Mastertig πληρούν τις προδιαγραφές ασφαλείας και ασφάλειας EN 60 974-1 και IEC 974-1.

Τα υψηλής αξιοπιστίας ηλεκτρονικά μέρη των Mastertig, διασφαλίζουν την σταθερότητα στην απόδοση των προεπιλεγμένων συγκολλητικών παραμέτρων ανεξάρτητα από τις όποιες διακυμάνσεις στο ρεύμα τροφοδοσίας και στην θερμοκρασία. Η Mastertig 3500W, είναι μια υδρόψυκτη μηχανή συνεχούς ρεύματος που ικανοποιεί τις απαιτήσεις για τη συγκόλληση ηλεκτροδίου, TIG και TIG με παλμούς. Η ισχύς υδρόψυξης είναι 850 W και οι εξωτερικές διαστάσεις είναι πράγματι μικρές. Η χρήση του συστήματος υδρόψυξης επιτρέπει τη χρήση λαβίδων TIG με μικρό μέγεθος και μεγάλη ευελιξία.

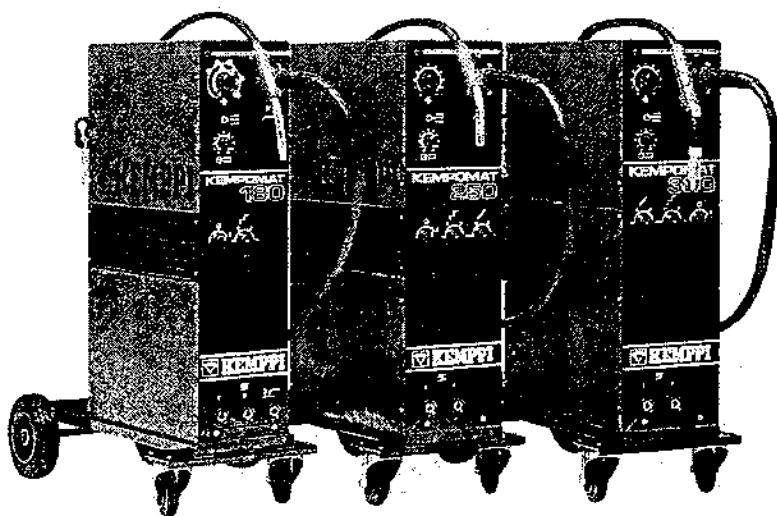
KEMPOTIG 250 AC/DC

Η Kempotig 250 AC/DC είναι μία συμπαγής μηχανή που αποδίδει 250 Αμπέρ σε κύκλο εργασίας 30%. Είναι κατάλληλη για συγκόλληση ηλεκτροδίου και TIG, τόσο στο συνεχές όσο και στο εναλλασσόμενο ρεύμα. Η μέθοδος συγκόλλησης μπορεί εύκολα να αλλαχθεί ενώ ο χειρισμός της μηχανής εξ' αποστάσεως μπορεί να γίνει με διάφορες βοηθητικές συσκευές συμπεριλαμβανομένου και του ποδοχειριστήριου C 100F.



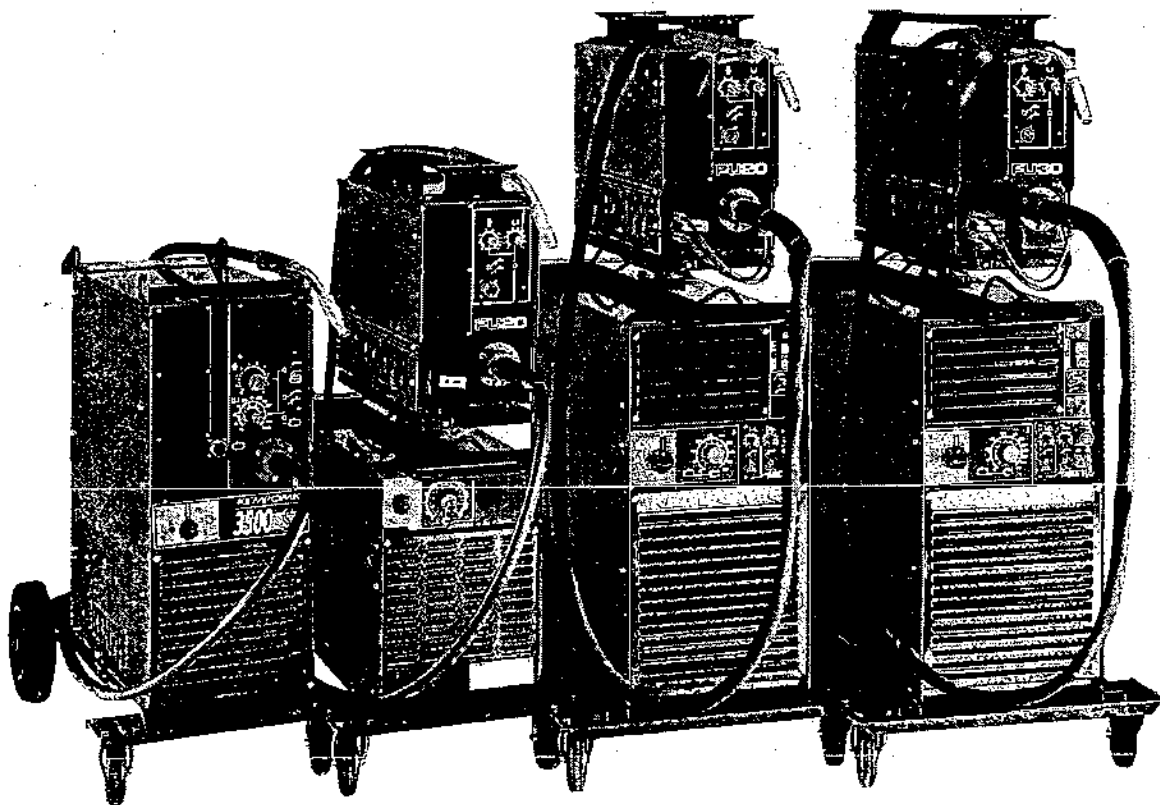
KEMPOMAT 180, 250, 320

Οι μηχανές συγκόλλησης σύρματος (MIG/MAG) KEMPOMAT 180, 250 και 320 είναι σχεδιασμένες για τη συγκόλληση λαμαρινών, σωληνώσεων, μαζωμάτων και ελαφρές κατασκευές. Είναι κατάλληλες για όλες τις εφαρμογές των κατασκευών, επισκευών και επιτόπου συγκολλήσεων. Το ευρύ φάσμα ρυθμίσεων της τάσης, η αδιαβάθμιτη ρύθμιση της ταχύτητας του σύρματος καθώς και το σύστημα ελέγχου της μηχανής, διασφαλίζουν την βέλτιστη επιλογή των συγκολλητικών παραμέτρων.

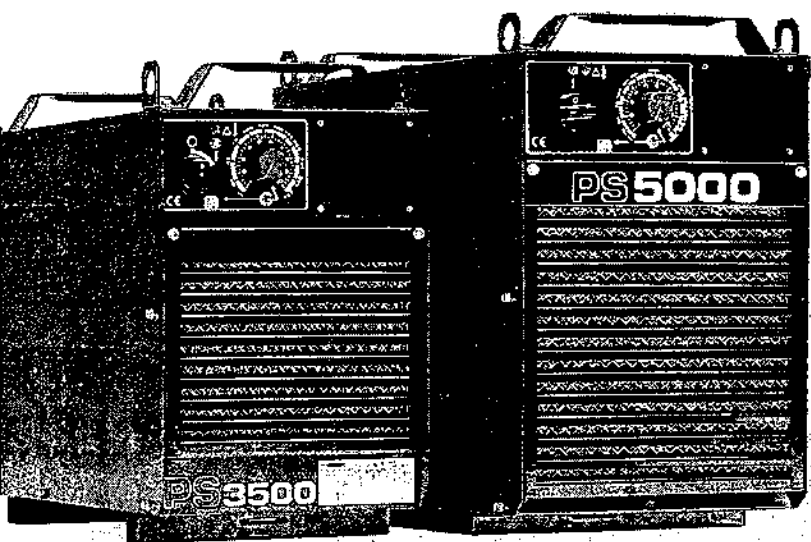


KEMPOMIG 3500S, 3800, 4500SW, 5200SW

Η τεχνολογία, η αυτονομία και τα χαρακτηριστικά των μηχανών KEMPOMIG αξιοποιούνται πλήρως κατά την διάρκεια της παραγωγικής συγκόλλησης όπου απαιτούνται ποιότητα, σταθερότητα και τεχνολογία MIG παλμών. Η τεχνολογία INVERTER επιτρέπει αδιαβάθμιτη ρύθμιση της ταχύτητας του σύρματος και της τάσης συγκόλλησης, αποδίδοντας βέλτιστα συγκολλητικά χαρακτηριστικά.



ULTISYSTEM - ΠΟΛΥΣΥΣΤΗΜΑ

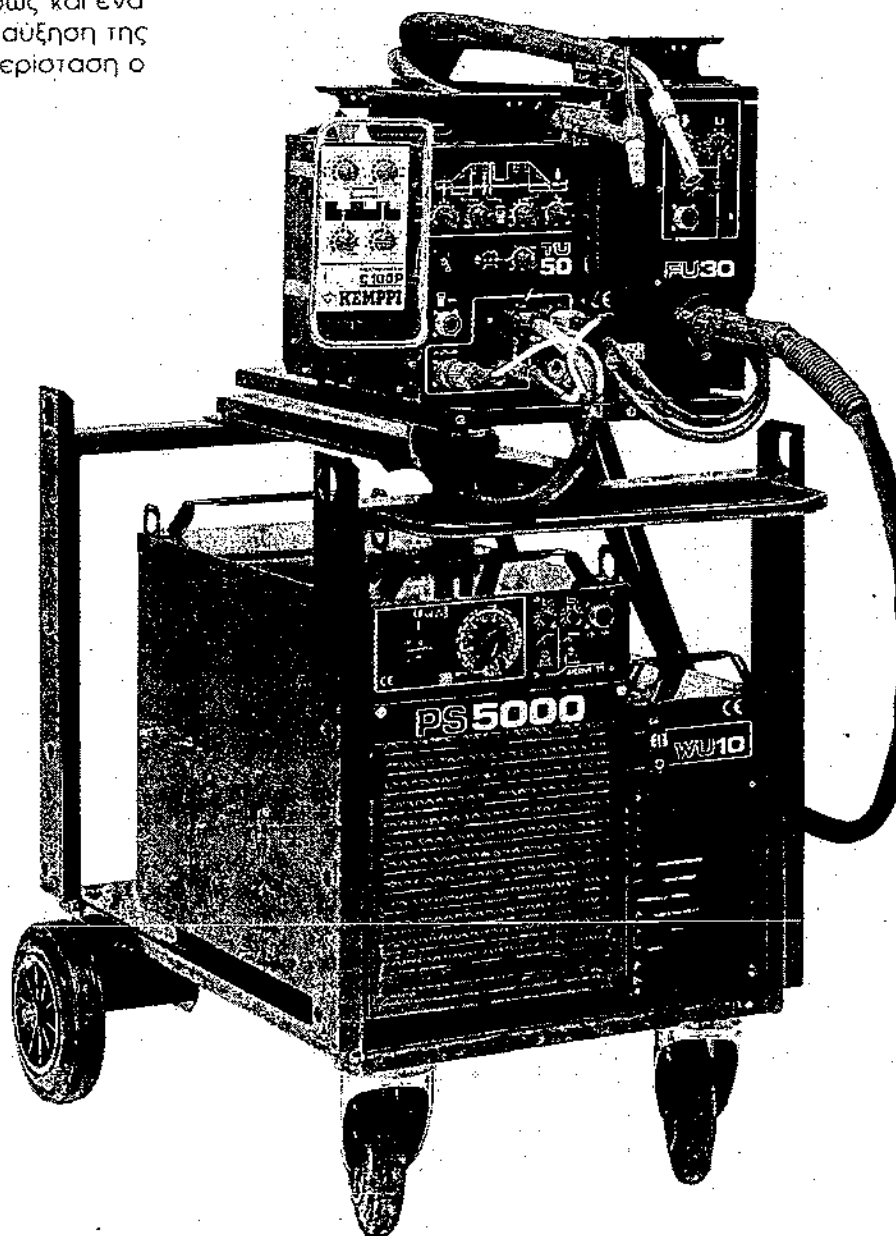


Το πολυσύστημα της KEMPPi είναι ένα πλήρες και πολλαπλών χρήσεων σύστημα συγκόλλησης ηλεκτροδίου, MIG/MAG και TIG με δυνατότητα αυτοματοποίησης και σύνδεσης με ρομπότ. Οι πηγές ρεύματος PS 3500 και PS 5000 είναι συνεχούς ρεύματος και τεχνολογίας INVERTER. Το σύστημα πλαισιώνεται από πλήρη σειρά τροφοδοτών σύρματος FU και υψίσουχων μονάδων TU με δυνατότητα χρήσεως των τηλεχειριστηρίων C και της μονάδος υδροψύξεως WU.

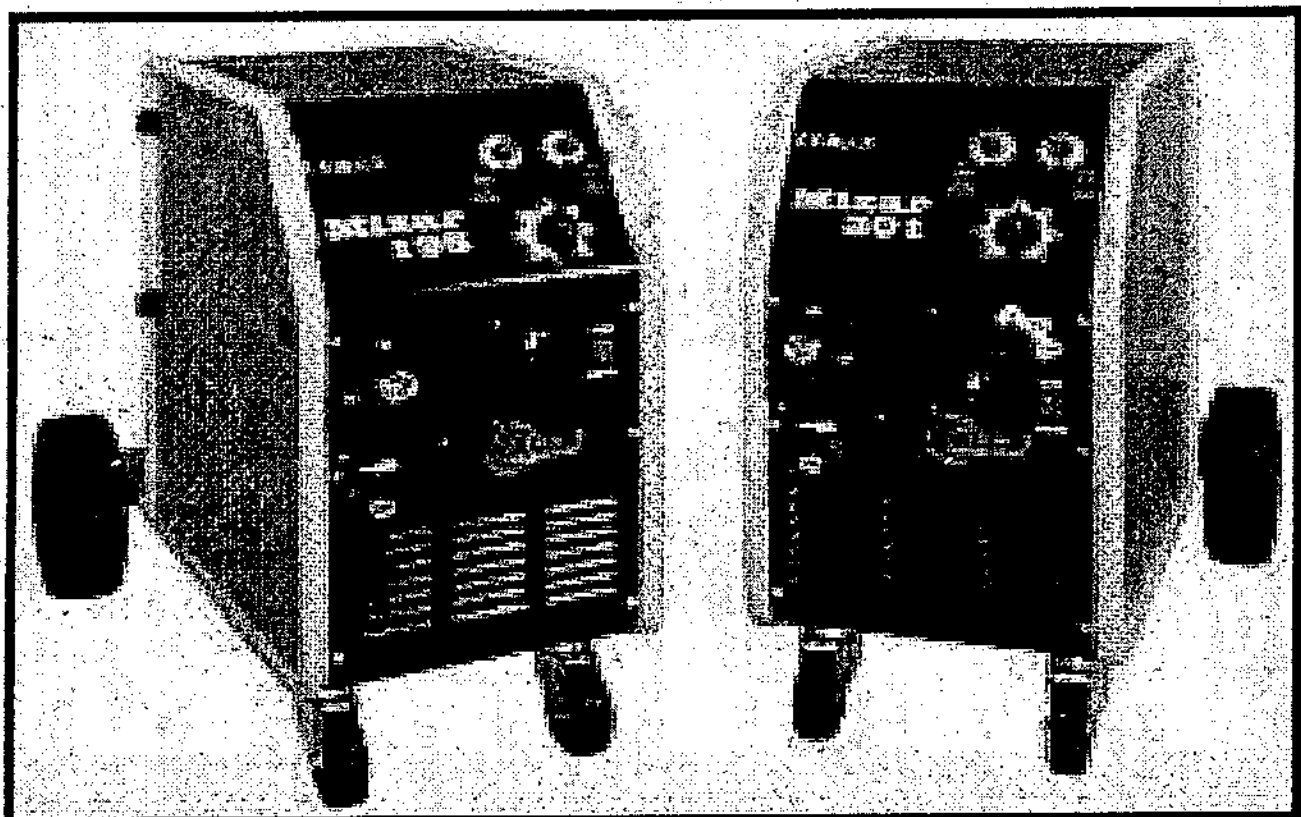
Το πολυσύστημα προσφέρει τον πλέον αποτελεσματικό συνδυασμό για κάθε συγκολλητική εφαρμογή. Παρέχει ορυφαία συγκολλητικά χαρακτηριστικά καθώς και ένα μεγάλο φάσμα βοηθητικών λειτουργιών με αύξηση της παραγωγικότητας. Είναι δυνατός σε κάθε περίπτωση ο πλήρης έλεγχος του ρεύματος.



Η χρήση της πηγής ρεύματος PS 5000 στη συγκόλληση MIG με αλμορρέματα, προσφέρει επιπλέον μελιξία, αξιοπιστία και τέλεια συγκολλητικά χαρακτηριστικά η αξία των οποίων έχει αναγνωριστεί από πολλούς καταξιωμένους επαγγελματίες συγκολλητές. Δεν είναι μάλιστα λιγότερο, που το πολυσύστημα είναι το πλέον δημοφιλές συγκολλητικό συγκρότημα στην αγορά.



ΜΗΧΑΝΕΣ ΣΥΡΜΑΤΟΣ MASTER ΤΡΙΦΑΣΙΚΕΣ



ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	ΤΙΜΗ (ευρώ)
ΜΣ100403	ΜΙΖΑΡ 250	1300.00
ΜΣ100404	ΜΙΖΑΡ 301	1600.00

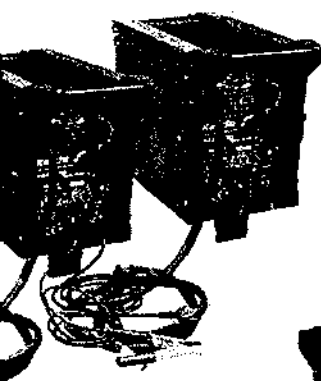
Στην τιμή συμπεριλαμβάνονται τσιμπίδα, γείωση και μανόμετρο

ΤΕΧΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ MASTER, ΜΙΖΑΡ		
	ΜΙΖΑΡ 250	ΜΙΖΑΡ 301
Παροχή τάσης	400 V	400 V
Ασφάλεια		
Κύκλος εργασίας		
Χ=40%	250 A	290 A
Χ=60%		230 A
Εύρος ρεύματος		
Μόνωση τάξης	H	H
Σύμφωνα με	EN 60974	EN 60974
Βάρος (kg)	63	68
Διαστάσεις (μκφχ)	50X86X79	50X86X79
Σκάλες ρύθμισης	14	14
Ισχύς (kW)		7.5

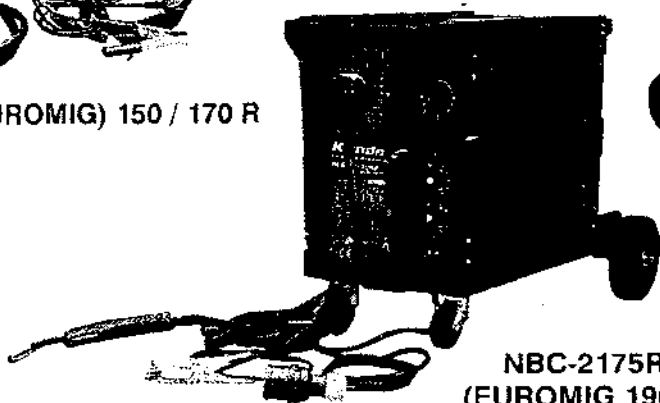
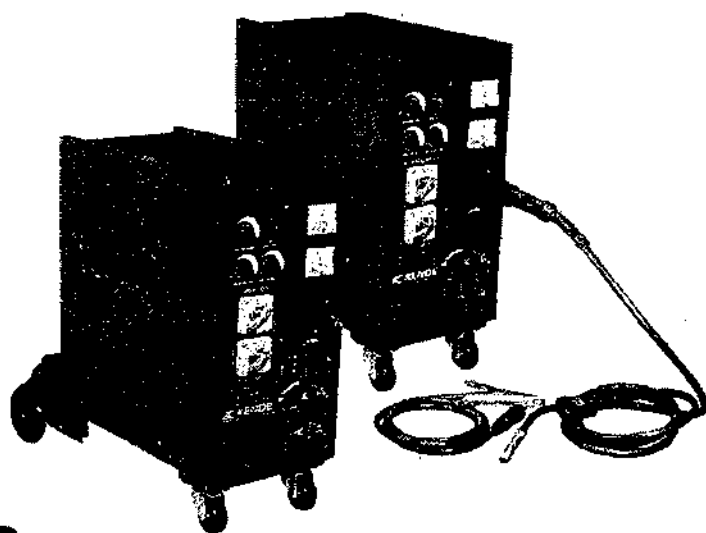
309001

ηλεκτροσυγκολλήσεις σύρματος

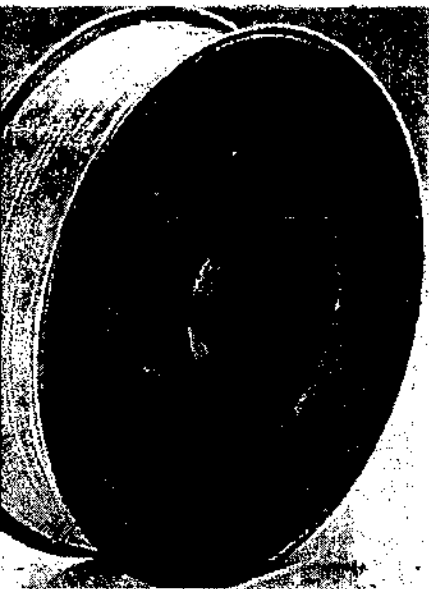
MIG μονοφασικές / τριφασικές



EUROMIG) 150 / 170 R

NBC-2175R
(EUROMIG 190R)EXPERT MIG-250T
EXPERT MIG-300T

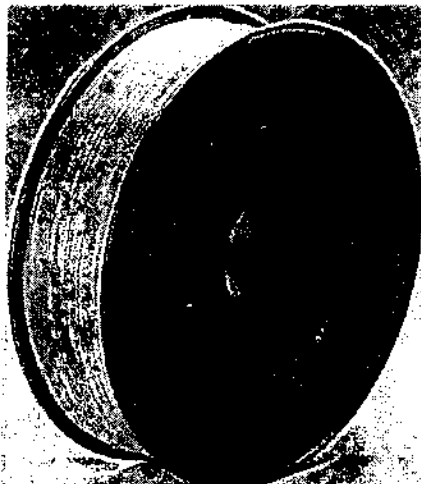
	NBC-150R	NBC-170R	NBC-2175R		
ΜΟΔΕΛΟ	EUROMIG-150R	EUROMIG-170R	EUROMIG-190R	EXPERTMIG-250T	EXPERTMIG-300T
ΚΩΔΙΚΟΣ	145	160	170	250	300
ΑΡΤΙΣΤΙΚΟ	15565	15570	15575	15580	15585
ΤΙΜΗ €	330,00	370,00	550,00	840,00	990,00
ΤΕΝΤΑ	1/Φ-230	1/Φ-230	1/Φ-230	3/Φ-380	3/Φ-380
ΕΠΙΣΤΡΟΜΙΣΗ	30 - 145	50 - 160	50 - 170	50 - 250	50 - 300
ΡΥΘΜΙΣΗ 60%	1,4	2,3	2,3	5,0	6,0
ΡΥΘΜΙΣΗΣ	4	4	6	12	12
ΑΥΤΟΡΥΘΜΙΣΗΣ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΑΥΤΟΡΥΘΜΙΣΗΣ	ΝΑΙ (2)	ΝΑΙ (2)	ΝΑΙ (4)	ΝΑΙ (4)	ΝΑΙ (4)
ΑΥΤΟΡΥΘΜΙΣΗΣ	145 - 15%	160 - 15%	170 - 20%	250 - 30%	300 - 30%
ΑΥΤΟΡΥΘΜΙΣΗΣ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ	ΝΑΙ
ΒΑΡΟΣ (kg)	28	30	32	130	135
ΠΕΡΙΛΗΨΗ	ΣΩΜΑ-ΤΣΙΜΠΙΔΑ (2μ.) ΟΔΗΓΟ 0,6 - 0,8 ΜΠΕΚ 0,6 - 0,8 ΜΑΣΚΑ	ΣΩΜΑ-ΤΣΙΜΠΙΔΑ (2μ.) ΟΔΗΓΟ 0,6 - 0,8 ΜΠΕΚ 0,6 - 0,8 ΜΑΣΚΑ	ΣΩΜΑ-ΤΣΙΜΠΙΔΑ (2μ.) ΟΔΗΓΟ 0,6 - 0,8 ΜΠΕΚ 0,6 - 0,8 ΜΑΣΚΑ	ΣΩΜΑ-ΤΣΙΜΠΙΔΑ (2,5μ.) ΟΔΗΓΟ 0,6-0,8-1,0-1,2 ΜΑΣΚΑ	ΣΩΜΑ-ΤΣΙΜΠΙΔΑ (2,5μ.) ΟΔΗΓΟ 0,6-0,8-1,0-1,2 ΜΑΣΚΑ
ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ (εκ)	75 x 43,5 x 56,5	75 x 43,5 x 56,5	62 x 36,5 x 47	96 x 43 x 76,5	96 x 43 x 76,5
ΕΠΙΣΤΡΟΜΙΣΗΣ	0,6 - 0,8	0,6 - 1,0	0,6 - 1,0	0,6 - 1,2	0,6 - 1,4
ΑΥΤΟΡΥΘΜΙΣΗΣ	0,8	0,8 - 1,0	0,8 - 1,0	0,8 - 1,2	0,8 - 1,4
ΑΥΤΟΡΥΘΜΙΣΗΣ	0,8 - 1,0	0,8 - 1,0	0,8 - 1,2	0,8 - 1,2	0,8 - 1,2



Αργκόν 0,8 mm 15 Kg
Κωδ. 9356.200.08

Αργκόν αλουμινίου
1
Κωδ. 9356.200.8

Αργκόν Ιnox
316 L 5kg
Κωδ. 9320.300.8



Σύρμα Αργκόν 0,6 mm 5 Kg
Κωδ. 9356.200.06

Σύρμα Αργκόν αλουμινίου
0,6 mm
Κωδ. 9356.200.6

Σύρμα Αργκόν Ιnox
0,6 mm 316 L 5kg
Κωδ. 9320.300.6

Αλοιφή για καλάι
Κωδ. 0053.09338



Καλάι 1,5 mm
Γερμ.40/60
250 gr
Κωδ. 0053.09340

Καλάι 1 mm
Γερμ.40/60
250 gr
Κωδ. 0053.09339



Μπέκ αργκόν 0,6 mm
Κωδ. 9356.206

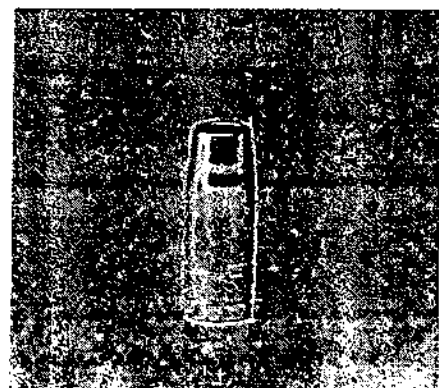
Μπέκ αργκόν 0,8 mm
Κωδ. 9356.208

Μπέκ αλουμινίου
0,8 mm M6
Κωδ. 9356.218

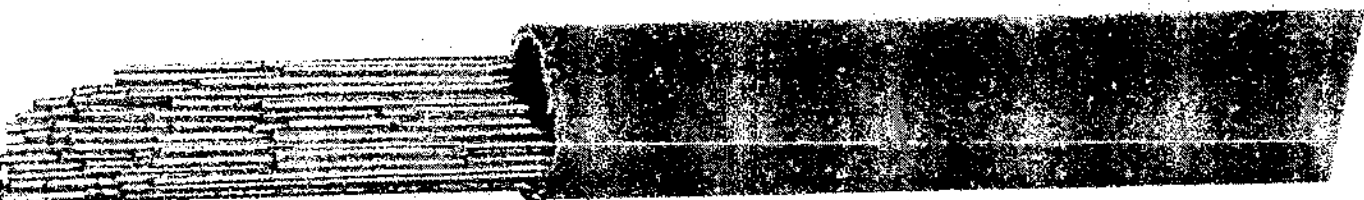
Μπέκ αλουμινίου
0,6 mm M6
Κωδ. 9356.206

Μπέκ αργκόν 1,0 mm
Κωδ. 9356.210

Μπέκ αργκόν 1,2 mm
Κωδ. 9356.212



Φλόγιτρο Αργκόν
Κωδ. 9356.220



Ηλεκτροδία F 6013 2,5 mm
Κωδ. 9301.25

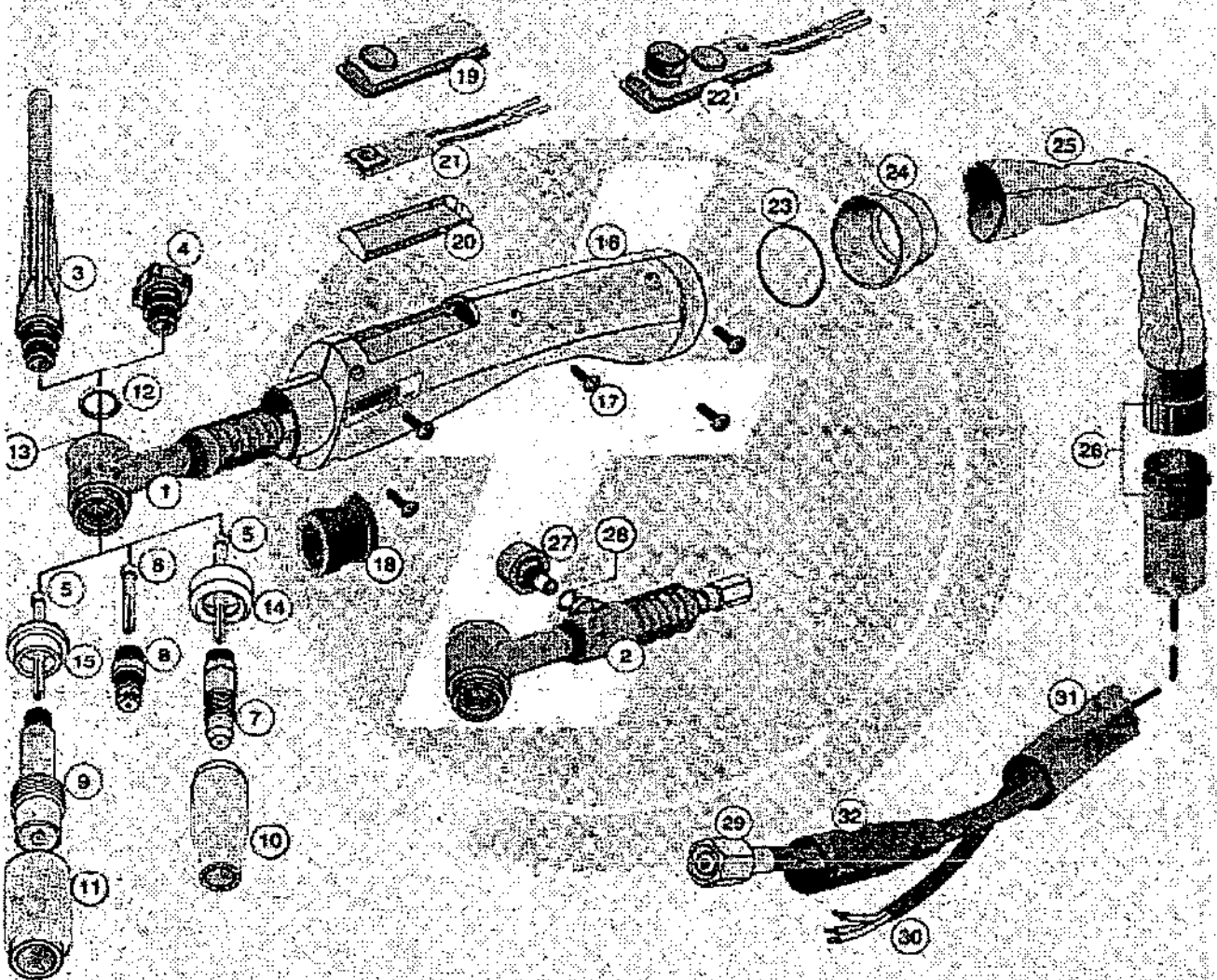
Ηλεκτροδία F 6013 3,2 mm
Κωδ. 9301.32

Ηλεκτροδία F 6013 4,0 mm
Κωδ. 9301.40

24. ΑΝΑΛΩΣΙΜΑ για ΤΣΙΜΠΙΔΕΣ ΤΙΓ

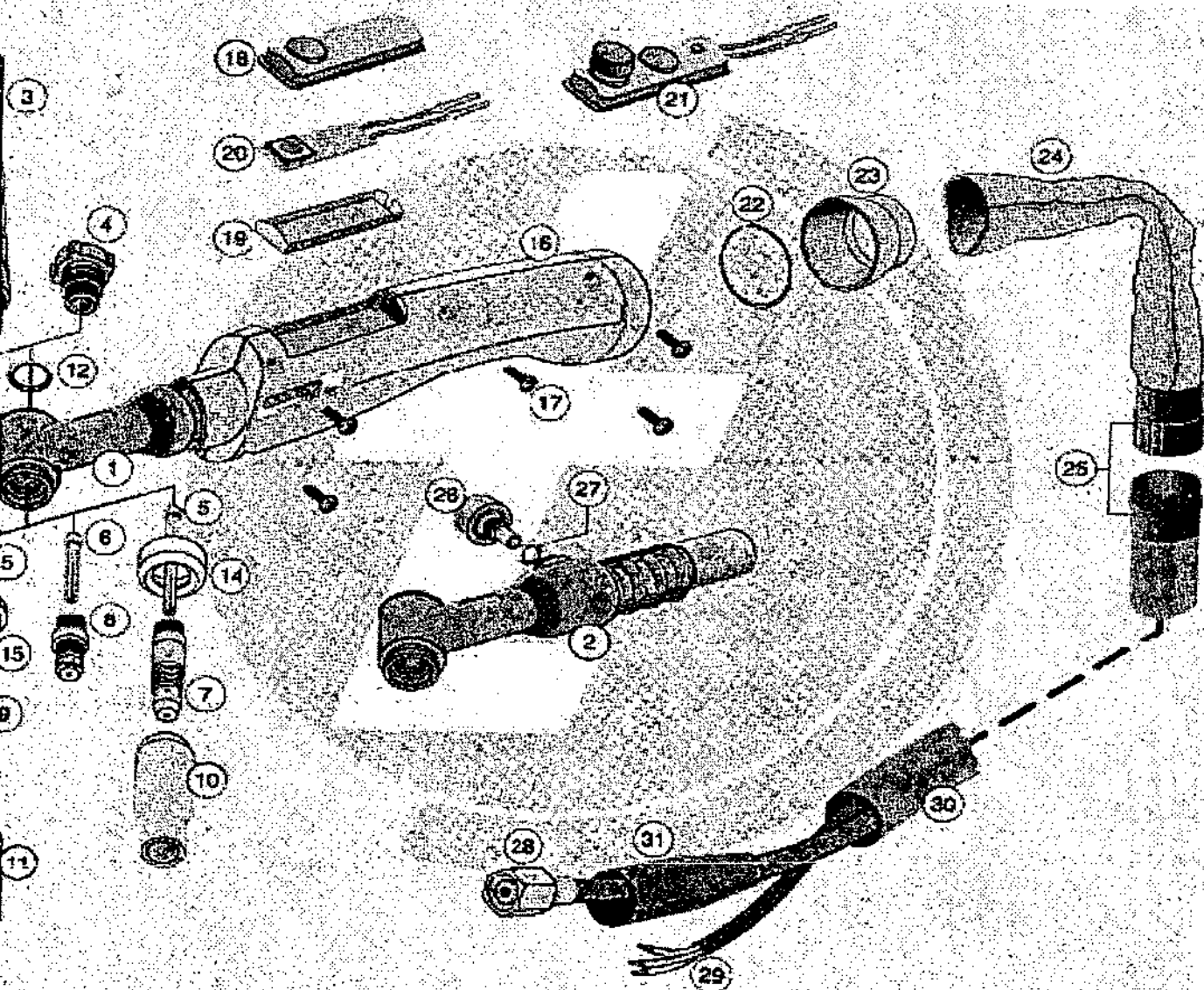
17 (150Α - AIR)

ΣΧΕΔΙΟ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Φ(mm)	τιμή ε/τύχ
1	A500170	ΣΩΜΑ ΛΑΙΜΟΥ 17		17.00
5	A500666	10N23 ΣΦΙΚΤΗΡΑΣ	1.60	1.60
5	A500670	10N24 ΣΦΙΚΤΗΡΑΣ	2.40	1.60
7	A500766	10N31 ΣΩΜΑ ΣΦΙΚΤΗΡΑ	1.60	1.60
7	A500770	10N32 ΣΩΜΑ ΣΦΙΚΤΗΡΑ	2.40	1.60
10	A500520	10N50 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr4)	6.40	1.60
10	A500522	10N49 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr5)	7.90	1.60
10	A500524	10N48 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr6)	9.50	1.60
10	A500526	10N47 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr7)	11.10	1.60



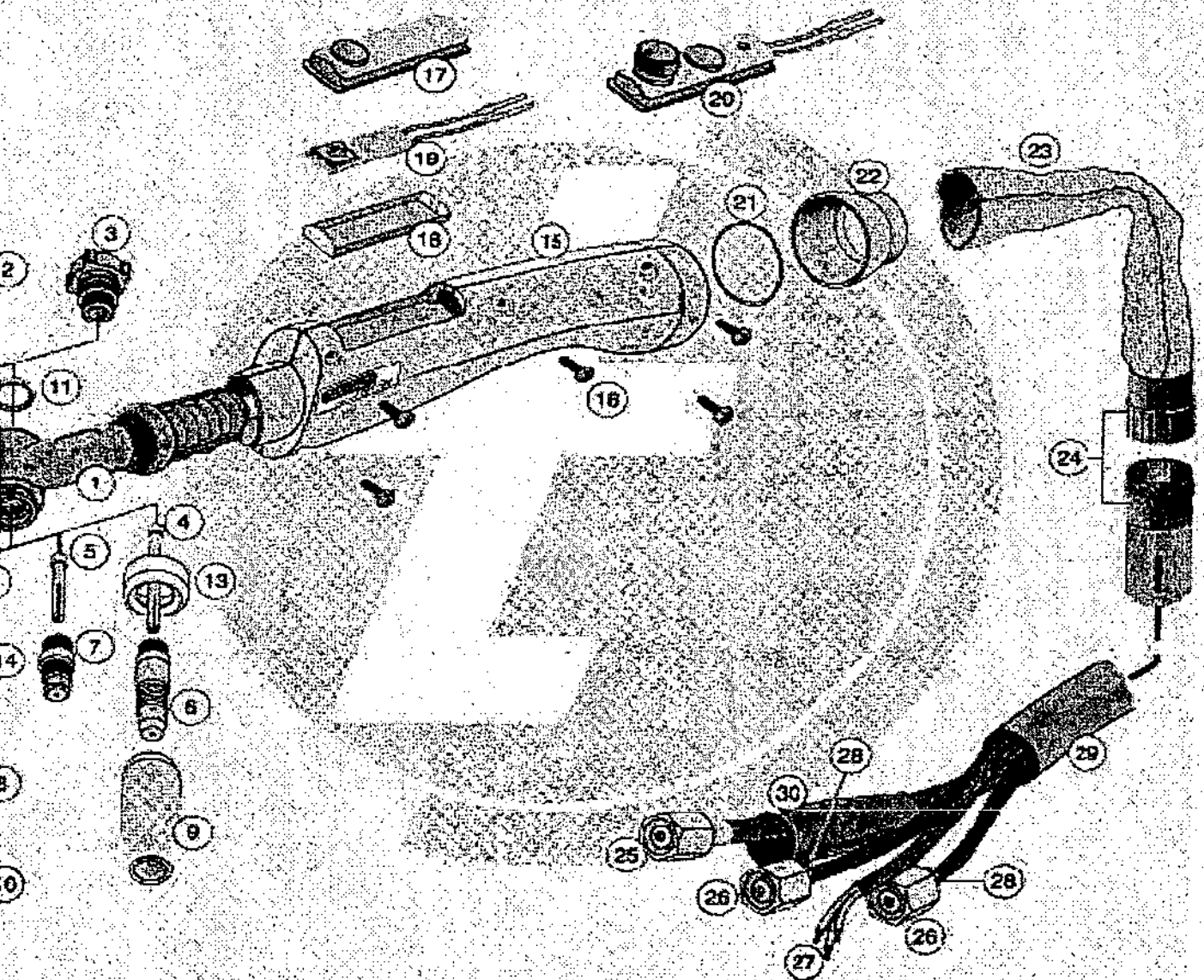
26 (200A - AIR)

ΣΧΕΔΙΟ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Φ(mm)	τιμή ε/τυχ
3	A500346	ΜΑΚΡΙΑ ΟΥΡΑ		4.60
4	A500348	ΚΟΝΤΗ ΟΥΡΑ		5.60
5	A500664	10N23 ΣΦΙΚΤΗΡΑΣ	1.60	1.60
5	A500670	10N24 ΣΦΙΚΤΗΡΑΣ	2.40	1.60
5	A500674	10N25 ΣΦΙΚΤΗΡΑΣ	3.20	1.60
7	A500766	10N31 ΣΩΜΑ ΣΦΙΚΤΗΡΑ	1.60	1.60
7	A500770	10N32 ΣΩΜΑ ΣΦΙΚΤΗΡΑ	2.40	1.60
7	A500774	10N28 ΣΩΜΑ ΣΦΙΚΤΗΡΑ	3.20	1.60
10	A500520	10N50 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr4)	6.40	1.60
10	A500522	10N49 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr5)	7.90	1.60
10	A500524	10N48 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr6)	9.50	1.60
10	A500526	10N47 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr7)	11.10	1.60



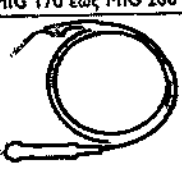

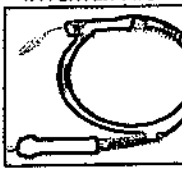
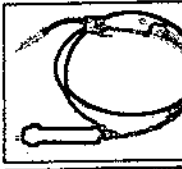
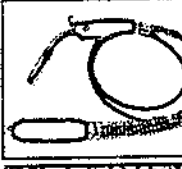

18 (350A - H2O)

ΣΧΕΔΙΟ	ΚΩΔΙΚΟΣ	ΠΕΡΙΓΡΑΦΗ	Φ(mm)	τιμή ε/τμχ
4	A500664	10N23 ΣΦΙΚΤΗΡΑΣ	1.60	1.60
4	A500670	10N24 ΣΦΙΚΤΗΡΑΣ	2.40	1.60
4	A500674	10N25 ΣΦΙΚΤΗΡΑΣ	3.20	1.60
6	A500766	10N31 ΣΩΜΑ ΣΦΙΚΤΗΡΑ	1.60	1.60
6	A500770	10N32 ΣΩΜΑ ΣΦΙΚΤΗΡΑ	2.40	1.60
6	A500774	10N28 ΣΩΜΑ ΣΦΙΚΤΗΡΑ	3.20	1.60
9	A500520	10N50 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr4)	6.40	1.60
9	A500522	10N49 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr5)	7.90	1.60
9	A500524	10N48 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr6)	9.50	1.60
9	A500526	10N47 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr7)	11.10	1.60
10	A500588	54N14 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr8)	12.70	1.60
10	A500592	53N88 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr10)	16.00	5.60
10	A500594	53N87 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr12)	19.00	5.60
	A500854	45V63 ΚΕΡΑΜΙΚΟ (Gr12)	19.00	18.60



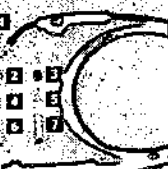
ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΑ ΜΗΧΑΝΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

ΒΙΔΩΤΕΣ ΤΣΙΜΠΙΔΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΣΥΡΜΑΤΟΣ (MIG)

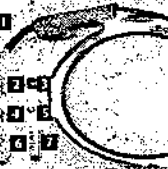
MIG 170 έως MIG 200		MIG 220 έως MIG 250		MIG 280 έως MIG 310 • INVERTER-MIG 220M		MIG 400 • INVERTER-MIG 270T		MIG 500 ΑΕΡΩΨΥΚΤΗ		MIG 500 ΥΔΡΩΨΥΚΤΗ		
												
ΚΩΔ. ΤΥΠΟΣ ΤΙΜΗ	ΚΩΔ. ΤΥΠΟΣ ΤΙΜΗ	ΚΩΔ. ΤΥΠΟΣ ΤΙΜΗ	ΚΩΔ. ΤΥΠΟΣ ΤΙΜΗ	ΚΩΔ. ΤΥΠΟΣ ΤΙΜΗ	ΚΩΔ. ΤΥΠΟΣ ΤΙΜΗ	ΚΩΔ. ΤΥΠΟΣ ΤΙΜΗ	ΚΩΔ. ΤΥΠΟΣ ΤΙΜΗ	ΚΩΔ. ΤΥΠΟΣ ΤΙΜΗ	ΚΩΔ. ΤΥΠΟΣ ΤΙΜΗ	ΚΩΔ. ΤΥΠΟΣ ΤΙΜΗ	ΚΩΔ. ΤΥΠΟΣ ΤΙΜΗ	
44305 3m 53,00 €	44308 3m 62,00 €	44310 3m 84,00 €	44311 4m 97,00 €	44312 3m 104,00 €	44313 4m 123,00 €			45758 3m 180,00 €	45759 4m 195,00 €	45760 5m 217,00 €	44303 3m 55,00 €	44306 4m 65,00 €

ΑΝΑΛΩΣΙΜΑ ΤΣΙΜΠΙΔΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΣΥΡΜΑΤΟΣ (MIG)

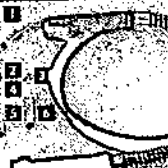
MIG 170 έως MIG 200

	No 1 ΡΑΜΦΟΣ		No 2 ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ ΑΕΡΙΟΥ		No 3 ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΔΑΧΤΥΛΙΑΙ		No 4 ΜΠΕΚ		No 5 ΕΛΑΤΗΡΙΟ		No 6 ΦΛΟΓΟΚΡΥΠΤΗΣ		No 7 ΦΛΟΓΟΚΡΥΠΤΗ ΠΟΝΤΑΡΙΔΑ			
	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ		
	44326	6,00 €	44337	1,70 €	44352	1,10 €	46010	0,6 0,27 €	46011	0,8 0,27 €	44350	0,46 €	44322	1,56 €	44319	4,40 €
							46012	1,0 0,27 €	46013	1,2 0,27 €						

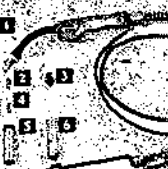
MIG 220 έως MIG 250

	No 1 ΡΑΜΦΟΣ		No 2 ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ ΑΕΡΙΟΥ		No 3 ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΔΑΧΤΥΛΙΑΙ		No 4 ΜΠΕΚ		No 5 ΕΛΑΤΗΡΙΟ		No 6 ΦΛΟΓΟΚΡΥΠΤΗΣ		No 7 ΦΛΟΓΟΚΡΥΠΤΗ ΠΟΝΤΑΡΙΔΑ			
	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ		
	44330	5,60 €	44340	1,70 €	44352	1,10 €	46010	0,6 0,27 €	46011	0,8 0,27 €	44350	0,46 €	44322	1,56 €	44319	4,40 €
							46012	1,0 0,27 €	46013	1,2 0,27 €						

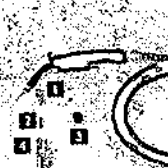
MIG 280 έως MIG 310 / INVERTER - MIG 220M

	No 1 ΡΑΜΦΟΣ		No 2 ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ ΑΕΡΙΟΥ		No 3 ΕΛΑΤΗΡΙΟ		No 4 ΜΠΕΚ		No 5 ΦΛΟΓΟΚΡΥΠΤΗΣ		No 6 ΦΛΟΓΟΚΡΥΠΤΗ ΠΟΝΤΑΡΙΔΑ			
	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ		
	44329	13,00 €	44338	0,90 €	44351	0,60 €	46015	0,8 0,35 €	46016	1,0 0,35 €	44323	2,10 €	44320	4,40 €
							46017	1,2 0,35 €						

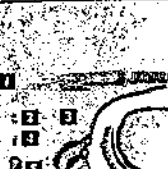
MIG 400 / INVERTER - MIG 270T

	No 1 ΡΑΜΦΟΣ		No 2 ΒΑΣΗ ΜΠΕΚ		No 3 ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ ΑΕΡΙΟΥ		No 4 ΜΠΕΚ		No 5 ΦΛΟΓΟΚΡΥΠΤΗΣ		No 6 ΦΛΟΓΟΚΡΥΠΤΗ ΠΟΝΤΑΡΙΔΑ					
	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ				
	44328	30,00 €	44331 (28mm)	1,60 €	44349 (32mm)	1,60 €	44339	1,20 €	46015	0,8 0,35 €	46016	1,0 0,35 €	44324	3,90 €	44321	4,40 €
									46017	1,2 0,35 €	46018	1,6 0,35 €				

MIG 500 ΑΕΡΩΨΥΚΤΗ

	No 1 ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ ΑΕΡΙΟΥ		No 2 ΜΠΕΚ		No 3 ΜΟΝΩΤΙΚΟ ΔΑΧΤΥΛΙΑΙ		No 4 ΦΛΟΓΟΚΡΥΠΤΗΣ			
	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ		
	44390	7,40 €	46019	0,8 1,10 €	46020	1,0 1,10 €	44391	6,50 €	44389	8,40 €
			46021	1,2 1,10 €	46022	1,4 1,10 €				
			46023	1,6 1,10 €						

MIG 500 ΥΔΡΩΨΥΚΤΗ

	No 1 ΜΟΝΩΤΙΚΗ ΡΟΔΕΛΑ		No 2 ΒΑΣΗ ΜΠΕΚ		No 3 ΔΙΑΝΟΜΕΑΣ ΑΕΡΙΟΥ		No 4 ΜΠΕΚ		No 5 ΦΛΟΓΟΚΡΥΠΤΗΣ			
	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ	ΚΩΔ.	ΤΙΜΗ		
	44360	1,26 €	44357	5,20 €	44358	3,60 €	46025	1,0 0,60 €	46026	1,2 0,60 €	44356	4,40 €
							46027	1,4 0,60 €	46028	1,6 0,60 €		
							46029	2,0 0,60 €	46030	2,4 0,60 €		

ΜΠΕΚ

2

ΜΠΕΚ
ΓΙΑ
ΜΗΧΑΝΗ
ΣΥΡΜΑΤΟΣ
1,2 - 1,6
ΚΩΔ.9356.216
ΚΩΔ.9356.216

3

ΜΠΕΚ
ARGON
ΚΩΔ.9356.206
ΚΩΔ.9356.208
ΚΩΔ.9356.210
ΚΩΔ.9356.212

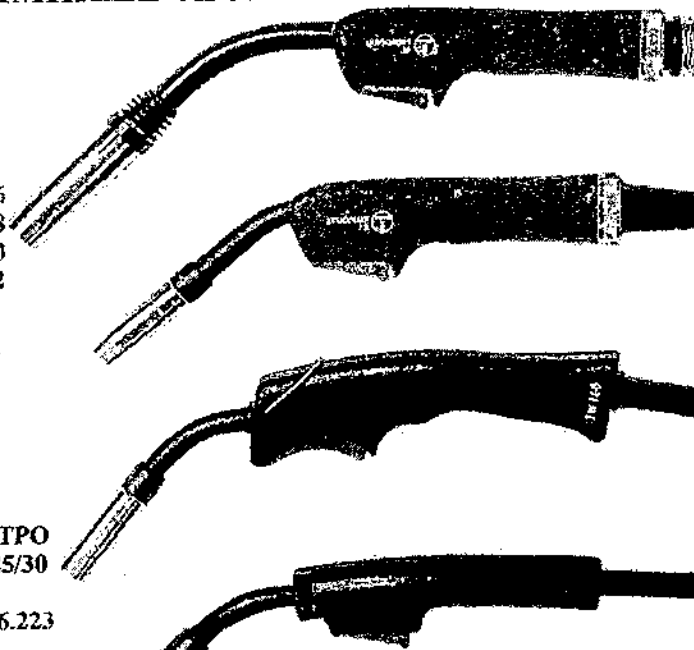
ΦΛΟΓΙΣΤΡΑ

5

ΦΛΟΓΙΣΤΡΟ
ΑΠΛΟ Φ22
ΚΩΔ.9356.48.044

8

ΦΛΟΓΙΣΤΡΟ
Φ15 ΤΜ25/30
MIG270
ΚΩΔ.9356.223



ΚΩΔ.9385.0004 ΤΣΙΜΠΙΔΑ ΓΕΙΩΣ.ΗΛ/ΣΗΣ 400Α
ΚΩΔ.9385.0015.25 ΤΣΙΜΠΙΔΑ ΑΡΓΚΟΝ 15/2,5Μ MIG150
ΚΩΔ.9385.015.5 ΤΣΙΜΠΙΔΑ ΔΙΠΛΟΙΚΗ ΜΒ15 5Μ
ΚΩΔ.9385.025.3 ΤΣΙΜΠΙΔΑ ΔΙΠΛΟΙΚΗ ΜΒ25 3Μ Κ.Ο.Κ.



ΑΙΜΟΣ ΤΣΙΜΠΙΔΑΣ
ΚΩΔ.9356.232

ΚΡΟΥΣΤΙΚΟΣ
ΕΞΩΛΚΕΑΣ 96
ΚΩΔ.0054.96



ΕΦΛΟΝ
ΚΩΔ.8685.015.3



ΕΛΑΤΗΡΙΟ
ΑΙΜΟΥ PLUS15
ΚΩΔ.9385.303



ΚΑΡΦΑΚΙΑ
ΚΩΔ.2356.001
ΚΩΔ.2356.002



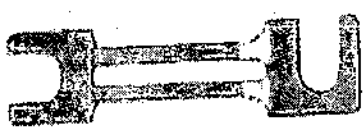
ΔΙΑΝΟΜΕΑΞ
ΚΩΔ.9385.117



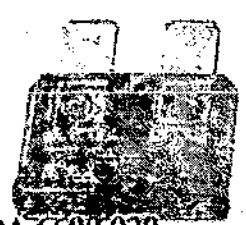
ΦΑΛΕΙΕΣ ΜΕΤΑΛΛΑΚΤΗ ΓΙΑ ARGON



ΚΩΔ.6600.310
ΚΩΔ.6600.312 Κ.Ο.Κ.



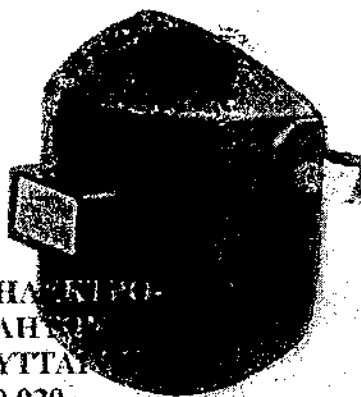
ΚΩΔ.6600.020
ΚΩΔ.6600.025 Κ.Ο.Κ.



ΑΣΦΑΛΕΙΕΣ ΔΙΧΑΛΩΤΕΣ ΜΕΣΑΙΕ



8016.180
ΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟ-
ΟΛΛΗΤΩΝ



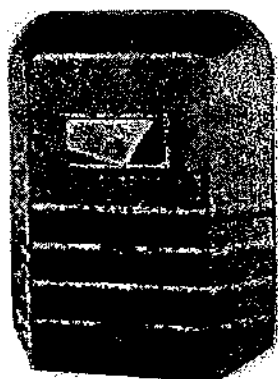
ΜΑΣΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟ-
ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΩΝ
ΦΩΤΟΚΥΤΤΑΡΟ
ΚΩΔ. 5800.020

ΚΩΔ. 8016.190

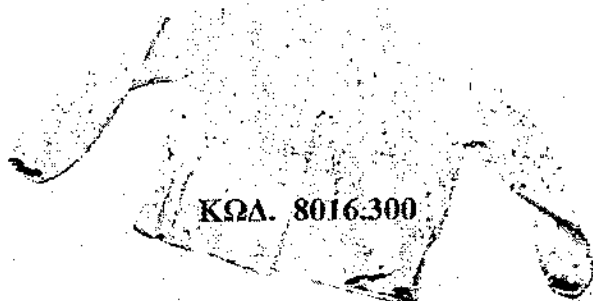
ΜΑΝΙΚΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟ-
ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΩΝ



8016.200
ΕΣ ΗΛΕΚΤΡΟ-
ΟΛΛΗΤΩΝ

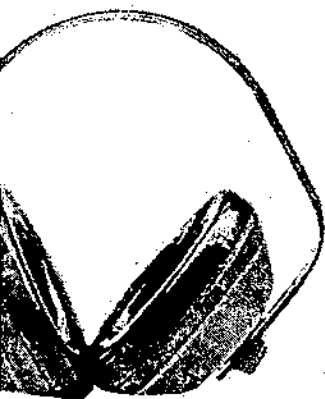


ΜΑΣΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟ
ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΩΝ ΜΕ ΠΛΑ-
ΣΤΙΚΗ ΛΑΒΗ ΚΩΔ.5800.147



ΚΩΔ. 8016.300

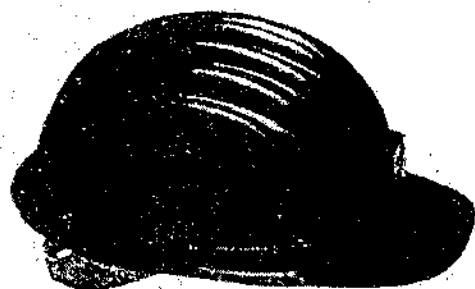
ΣΑΚΑΚΙΑ ΗΛΕΚΤΡΟ
ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΩΝ



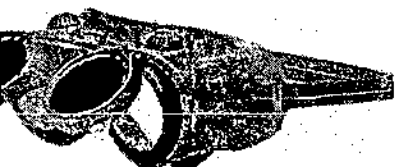
ΑΣΠΙΔΕΣ
8016.500



ΜΑΣΚΑ ΗΛΕΚΤΡΟ
ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΩΝ ΜΕ
ΑΥΤΟΜΑΤΟ ΦΩΤΟ
ΚΥΤΑΡΟ
ΚΩΔ.5800.025



ΚΡΑΝΗ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ
ΚΩΔ. 8016.600



ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΑ
ΟΦΘΑΛΜΟΓΥΑΛΙΑ ΚΩΔ. 5800.01.11



ΚΩΔ. 5800.01.19

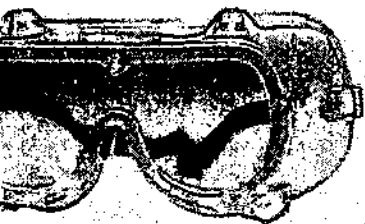
ΤΖΑΜΙΑ ΗΛΕΚΤΡΩΤΩΝ
11-12-13-14 DIN

ΚΩΔ. 5800.01.76 ΜΑΥΡΑ

ΚΩΔ. 5800.01.77 ΛΕΥΚΑ

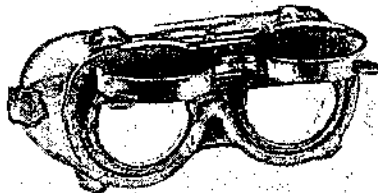
ΓΥΑΛΙΑ ΑΝΤΑΛ. ΟΞΥΓΟΝΟΚΟΛ.

ΟΞΥΓΟΝΟΥ ΜΕ ΒΑΛΒΙΔΕΣ
ΜΟΥ



5800.01.115

ΓΥΑΛΙΑ ΚΕΦΑΛΗΣ ΣΤΡΟΓΓΥΛΑ ΜΑΥΡΑ ΜΕ
ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΙΜΑΝΤΑ ΕΤΗΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΛΑΣΤΙΚΟ
ΕΚΕΛΕΤΟ ΟΞΥΓΟΝΟΚ/ΤΩΝ ΒΑΘΜΟΣ ΣΚΙΑΣΗΣ DIN9
ΜΕ ΚΑΠΑΚΙ ΜΑΥΡΟΙ ΦΑΚΟΙ ΕΣΩ ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ Φ50



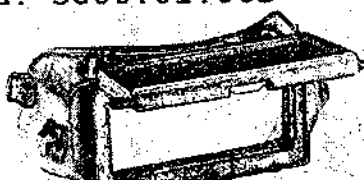
ΚΩΔ. 5800.01.065



ΚΩΔ. 5800.01.110



ΓΙΑ ΤΡΟΧΟΥ ΚΕΦΑΛΗΣ ΜΕ ΟΠΕΣ
5800.01.10 ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ



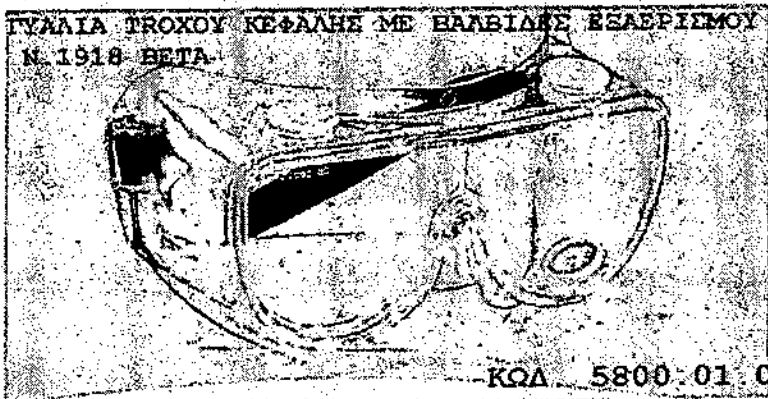
ΓΥΑΛΙΑ ΚΕΦΑΛΗΣ ΤΕΤΡΑΓΩΝΑ ΜΑΥΡΑ ΜΕ ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΙΜΑΝΤΑ
ΕΤΗΡΙΣΗ ΟΞΥΓΟΝΟΚ/ΤΩΝ ΒΑΘΜΟΣ ΣΚΙΑΣΗΣ DIN9 ΜΕ ΚΑΠΑΚΙ
ΓΙΑ ΠΡΟΤΑΣΙΑ ΚΑΤΑ ΤΗΝ ΔΙΑΡΚΕΙΑ ΤΗΣ ΟΞΥΓΟΝΟΚΟΛΛΗΣΗΣ



ΚΩΔ. 5800.01.08

ΚΕΦΑΛΗΣ ΣΤΡΟΓΓΥΛΑ ΛΕΥΚΑ ΜΕ
ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΙΜΑΝΤΑ ΕΤΗΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΛΑΣΤΙΚΟ
ΔΙΑΦΑΝΟΙ ΣΤΡΟΓΓΥΛΟΙ ΦΑΚΟΙ
POLYCARBONATE

ΓΥΑΛΙΑ ΤΡΟΧΟΥ ΚΕΦΑΛΗΣ ΜΕ ΒΑΛΒΙΔΕΣ ΕΞΑΕΡΙΣΜΟΥ
N. 1918 ΒΕΤΑ



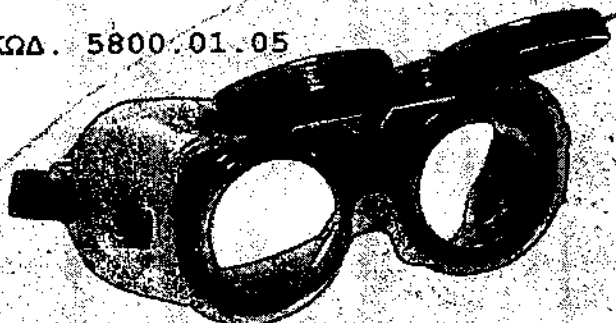
ΚΩΔ. 5800.01.02



ΚΩΔ. 5800.01.01

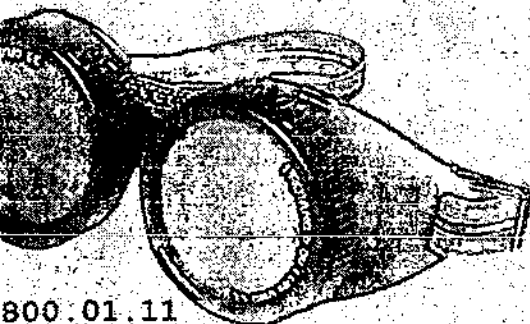
ΛΕΥΚΑ ΜΕ ΠΛΑΣΤΙΚΟ ΕΚΕΛΕΤΟ
ΑΠΟ ΔΙΑΦΑΝΕΙΣ ΠΡΟΚΥΡΤΟΜΕΝΟΙ ΦΑΚΟΙ
ΕΤΑΤΕΥΤΙΚΑ ΠΛΑΙΝΑ.
ΑΠΟ POLYCARBONATE.

ΚΩΔ. 5800.01.05



ΑΡΓΟΝ
ΜΕ ΚΑΠΑΚΙ
ΠΡΟΤΕΤΕΥΤΙΚΑ
ΠΛΑΙΝΑ

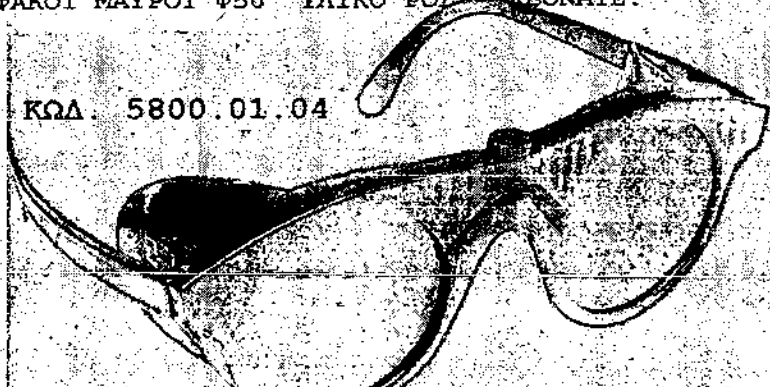
ΓΥΑΛΙΑ ΚΕΦΑΛΗΣ ΣΤΡΟΓΓΥΛΑ ΠΡΑΣΙΝΑ ΜΕ ΕΛΑΣΤΙΚΟ
ΙΜΑΝΤΑ ΕΤΗΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΕΚΕΛΕΤΟ ΒΑΘΜΟΣ-ΕΚΙΑΣΗΣ
DIN5 ΦΑΚΟΙ ΜΑΥΡΟΙ Φ50 ΥΛΙΚΟ POLYCARBONATE.



5800.01.11

ΚΕΦΑΛΗΣ ΣΤΡΟΓΓΥΛΑ ΜΑΥΡΑ ΜΕ ΕΛΑΣΤΙΚΟ
ΕΤΗΡΙΣΗ ΚΑΙ ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΕΚΕΛΕΤΟ
ΕΚΙΑΣΗΣ DIN5 ΦΑΚΟΙ ΜΑΥΡΟΙ Φ50
POLYCARBONATE.

ΚΩΔ. 5800.01.04



ΓΥΑΛΙΑ ΜΑΥΡΑ ΜΕ ΕΛΑΣΤΙΚΟ ΕΚΕΛΕΤΟ ΑΠΟ NYLON
ΜΑΥΡΟΙ ΠΡΟΚΥΡΤΟΜΕΝΟΙ ΦΑΚΟΙ ΚΑΙ ΠΡΟΤΕΤΕΥΤΙΚΑ
ΠΛΑΙΝΑ. ΥΛΙΚΟ ΑΠΟ POLYCARBONATE.

