

Τ.Ε.Ι ΚΡΗΤΗΣ

ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ

ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

***ΑΝΑΛΥΣΗ ΤΗΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΤΟΥ
ΧΑΛΚΟΥ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΤΟΥ ΜΕ
ΤΗ ΜΕΘΟΔΟ MIG - MAG***



Εισηγητής καθηγητής: Κος ΑΕΡΑΚΗΣ ΖΑΧΑΡΙΑΣ

Σπουδαστής : ΑΝΝΙΝΟΣ ΠΑΝΑΓΙΩΤΗΣ

Αρ. Μητρώου: 4450

Ηράκλειο-Νοέμβριος 2014

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ:

-Περίληψη εργασίας.....	3
-Πρόλογος.....	3

Θεωρητικό μέρος

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

-Κρυσταλλική μορφή του χαλκού.....	4
------------------------------------	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2^ο

- Συγκολλητότητα χαλκού και των κραμάτων του.....	8
---	---

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

- Μέθοδοι συγκόλλησης.....	10
▪ Συγκόλληση τήξης.....	12
α) Συγκόλληση φλόγας.....	12
β) Συγκόλληση κοινού ηλεκτροδίου.....	13
γ) Συγκόλληση αδρανούς ατμόσφαιρας (TIG –Plasma).....	13
▪ Συγκόλληση αντίστασης	
α) Ηλεκτρόποντα.....	14
β) Ηλεκτροραφή.....	14
▪ Συγκόλληση ακτινοβολίας	
α) Laser.....	14
β) Δέσμης ηλεκτρονίων.....	15
▪ Μέθοδος συγκόλλησης MIG-MAG.....	15

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

-Κράματα χαλκού και μέθοδοι παρασκευής τους.....	17
--	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

- Συγκρότηση των MIG - MAG μηχανών και βασικές ενσωματωμένες διατάξεις.....	21
---	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο

- Αέρια προστασίας.....	36
-------------------------	----

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7^ο

- Υλικά εναπόθεσης συγκολλήσεων.....38

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8^ο

- Ρεύμα συγκόλλησης.....41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9^ο

- Μηχανισμοί υλικού εναπόθεσης.....43

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο

- Θερμικά επηρεαζόμενη ζώνη υλικού βάσης.....45

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11^ο

-Δυνατότητες αυτοματοποίησης της μεθόδου.....48

Πειραματικό μέρος

Κεφάλαιο 12^ο :

-Προετοιμασία της συγκόλλησης.....51

-Εκτέλεση της συγκόλλησης.....52

Κεφάλαιο 13^ο

-Μεταλλογραφική διερεύνηση δοκιμίων (μικροσκοπική - σκληρομέτρηση).....55

-Προετοιμασία δοκιμίων55

- Λείανση.....55

- Στίλβωση.....55

- Χημική προσβολή.....56

- Οπτικό μικροσκόπιο.....56

- Μελέτη μικροδομής μετάλλου εναπόθεσης.....57

Κεφάλαιο 14^ο

-Συμπεράσματα.....70

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15^ο

-Βιβλιογραφικές αναφορές.....71

-Περίληψη

Στην πτυχιακή αυτή εργασία μελετήσαμε την συγκόλληση ελασμάτων καθαρού χαλκού διαστάσεων 10*60*160mm με χρήση της μεθόδου MIG MAG.

-Η προετοιμασία των ελασμάτων έγινε σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς και η συγκόλληση πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του μηχανολογικού εργαστηρίου 1 με την μηχανή συγκόλλησης MIG-MAG KEMPPI 4000. Ακολούθως τα εν λόγω δοκίμια κατεργάστηκαν στην συμβατική φρέζα του εργαστηρίου με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε να δημιουργηθούν λείες επιφάνειες ικανοποιητικού βαθμού τραχύτητας σε όλες τις πλευρές τους. Αποκόψαμε με κατάλληλα κοπτικά συνοδευόμενα απο ειδικό αντάπτορα τεμάχια Φ30mm απο διαφορετικές θέσεις της μεγάλης επιφάνειας του κομματιού μας.

-Τα τεμάχια αυτά τα κατεργαστήκαμε με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε με περαιτέρω λειανσή τους και ειδικό αντιδραστήριο να εξεταστούν μικροσκοπικά.

-Στην εργασία αυτή επίσης γίνεται μία γενικότερη αναφορά στη δομή των μεταλλικών υλικών και των κραμάτων τους. Αναφέρομαι στην συγκολλητότητα τους, στην κατάταξη γενικά των συγκολλήσεων, στους ισχύοντες κανονισμούς μετάλλων και κραμάτων καθώς και διατάξεων των μηχανών.Στην συγκρότηση της μηχανής μεθόδου MIG-MAG, στις ενσωματωμένες διατάξεις της μηχανής αυτής, μελετώ τους μηχανισμούς του υλικού εναπόθεσης, την δράση των καταλληλότερων για την περίπτωση μας αδρανών αερίων και προασπάθησα να διερευνήσω στο βαθμό του δυνατού τις αιτίες των παραμορφώσεων στα συγκεκριμένα ελλάσματα και να μελετήσω την Θ.Ε.Ζ. του μετάλλου βάσης, εξετάζοντας παράλληλα τις δυνατότητες αυτοματοποίησης της μεθόδου.

- Πρόλογος

Στις διάφορες εφαρμογές των συγκολλήσεων χρησιμοποιούνται όλα ανεξαιρέτα τα μεταλλικά υλικά,αλλα και μη μεταλλικα υλικά,κυριως χρησιμοποιείται ο σιδηρος και τα κράματα του,το αλουμινιο και τα κράματα του ,ο χαλκος και τα κράματα του.Ολα αυτά τα υλικά σε διάφορες μορφες.



- Το ειδικό βάρος χαλκού είναι $8,9 \text{ Kg/dm}^3$ – σημείο τήξης 1083°C -, υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα, η οποία όμως με την προσθήκη άλλων στοιχείων π.χ. Al, Fe, P κ.λ.π. μειώνεται. Πολύ καλή συναφεια με άλλα μέταλλα – δηλ. μεγάλη δυνατότητα κραμάτωσης- υψηλή θερμική αγωγιμότητα, η οποία είναι περίπου 5 φορές μεγαλύτερη από το σίδηρο, που σημαίνει άμεση εκροή θερμότητας και γρήγορη ψύξη του σημείου συγκόλλησης, γι' αυτό σε σχετικά μεγάλα πάχη πριν τη συγκόλληση απαιτείται προθέρμανση. Επίσης λόγω του ότι η θερμοκρασία τήξης, ειδική θερμότητα, και η θερμότητα που απαιτείται για την τήξη είναι χαμηλότερες από τις αντίστοιχες του σιδήρου, χρειάζεται για ένα 1kg χαλκό λιγότερη θερμική ενέργεια, απ' ότι για 1kg σίδηρο. Άλλο χαρακτηριστικό του χαλκού είναι ότι λόγω υψηλής ηλεκτρικής αγωγιμότητας δυσκολεύει τη συγκόλληση με αντιστάσεις (ηλεκτρόποντα). Η εν λόγω μέθοδος μπορεί να εφαρμοσθεί με υψηλή ένταση.

-Η κραμάτωση έχει σκοπό, όπως σε όλα τα σιδηρούχα και μη σιδηρούχα υλικά έτσι και στο χαλκό «Cu» τη βελτίωση διαφόρων ιδιοτήτων και κυρίως την ανθεκτικότητα (αντοχή).

ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Κρυσταλλική μορφή του χαλκού:

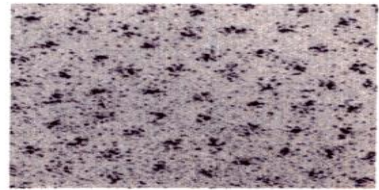
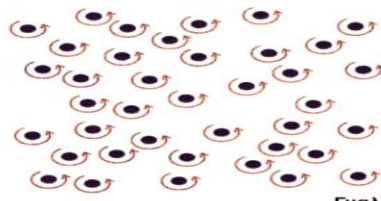
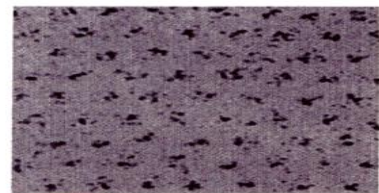
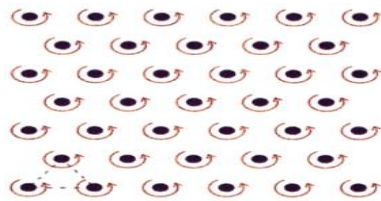
- **Κρυσταλλική δομή** έχουμε όταν τα άτομα από τα οποία αποτελείται το υλικό διατάσσονται στο χώρο με τρόπο κανονικό, επαναλαμβανόμενο και συμμετρικό.

Άμορφη κατάσταση έχουμε στην περίπτωση τυχαίας και μη κανονικής διάταξης των δομικών μονάδων του υλικού στο χώρο.

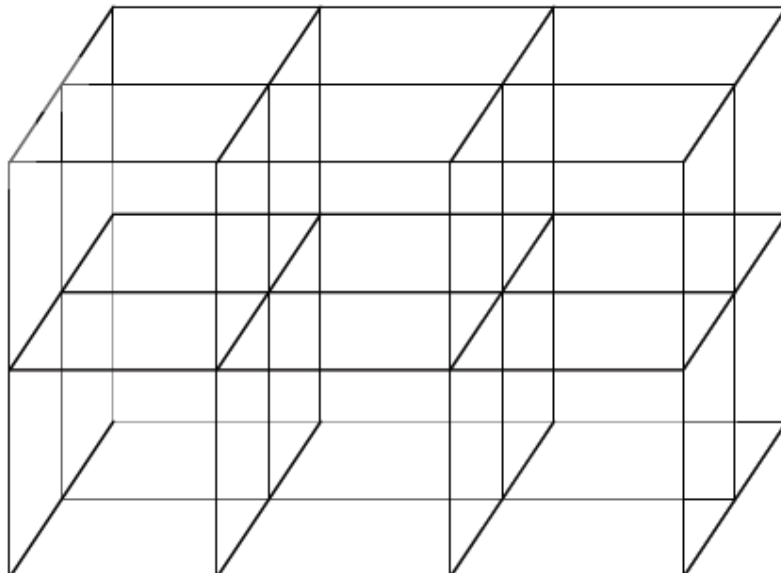
Ο σχηματισμός άμορφου ή κρυσταλλικού στερεού εξαρτάται από το κατά πόσο είναι δυνατή η ματάβαση του υλικού από μια κατάσταση τυχαίας διάταξης των δομικών μονάδων του στην υγρή κατάσταση σε μια κατάσταση κανονικής διάταξης κατά τη στερεοποίησή του.



-Όπως βλέπουμε στο σχήμα χαμηλές σχετικά θερμοκρασίες και μαγνητικά πεδία, οι δίνες ενός υπεραγωγού σχηματίζουν αυτό που οι επιστήμονες ονομάζουν «στερεό δινών». Αν το υλικό είναι καθαρό, οι δίνες σχηματίζουν μια κανονική τριγωνική διάταξη δημιουργώντας ένα **κρυσταλλικό πλέγμα**. Αν το υλικό έχει πολλές ατέλειες, τότε οι δίνες θα σχηματίσουν <Γυαλί Δινών>



- **Κρυσταλλικό πλέγμα** στα κρυσταλλικά σώματα ονομάζεται η τρισδιάστατη διάταξη των ατόμων στο χώρο που επαναλαμβάνεται δημιουργώντας ένα δίκτυο.



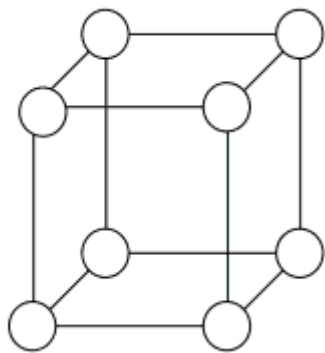
Κρυσταλλικό πλέγμα

-**Επίπεδες ατέλειες**

-Οι επίπεδες ατέλειες περιλαμβάνουν τα όρια κόκκων, τα σφάλματα στοιβάγματος και τις επιφάνειες διδυμίων. Τα όρια των κόκκων είναι οι διεπιφάνειες που διαχωρίζουν στα πολυκρυσταλλικά υλικά τους επί μέρους κόκκους. Αποτελούν στενές ζώνες πλάτους δύο έως πέντε ατομικών διαμέτρων, στις οποίες τα άτομα των γειτονικών κόκκων δεν είναι τοποθετημένα όπως προβλεπεται από το κρυσταλλικό πλέγμα,αρα κατά συνεπεια εχουν ατελειες.

-Στοιχειώδες κύτταρο

Ονομάζεται το μικρότερο σύνολο ατόμων, η διάταξη των οποίων επαναλαμβανόμενη κατά τις τρεις διαστάσεις δημιουργεί την κρυσταλλική δομή. Τα άτομα του στοιχειώδους κυττάρου παριστάνονται συνήθως σαν σφαίρες.



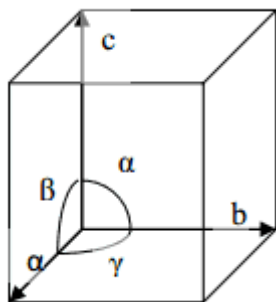
Στοιχειώδες κύτταρο

-**Κυψελίδα** ονομάζεται το μικρότερο τμήμα του κρυσταλλικού πλέγματος χωρίς τα άτομα, το οποίο διατηρεί όλα τα χαρακτηριστικά του όλου πλέγματος.

Το γεωμετρικό σχήμα της κυψελίδας χαρακτηρίζει τα διαφορετικά κρυσταλλικά συστήματα στα οποία κρυσταλλώνονται τα διάφορα σώματα. Τα άτομα του στοιχειώδους κυττάρου και της κρυσταλλικής δομής παριστάνοντε συνήθως με σφαίρες ορισμένης διαμέτρου.Κάθε κρυσταλλικο πλέγμα χαρακτηρίζεται απο:





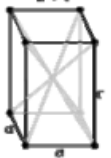



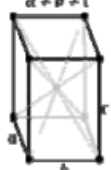
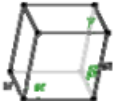

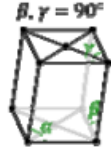
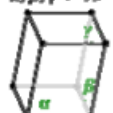

- Το σχήμα και το μέγεθος της κυψελίδας περιγράφονται από το μήκος των πλευρών της κυψελίδας (α,b,c)
- από τις γωνίες α,β και γ που σχηματίζονται μεταξύ των πλευρών της κυψελίδας.

Τα μεγέθη αυτά ονομάζονται παράμετροι της κυψελίδας.



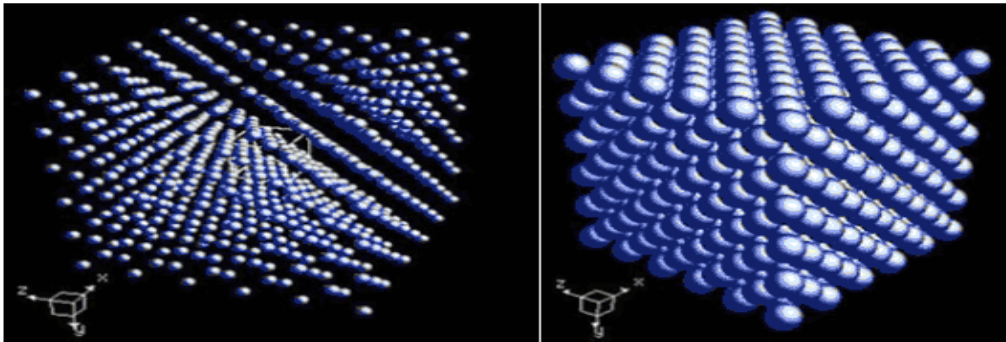
Κυψελίδα

Ο Bravais έδειξε ότι 14 τύποι κυψελίδας μπορούν να περιγράψουν όλα τα δυνατά κρυσταλλικά πλέγματα. Τα κρυσταλλικά αυτά πλέγματα ομαδοποιούνται σε επτά κρυσταλλικά συστήματα, που χαρακτηρίζονται από επτά διαφορετικά γεωμετρικά σχήματα: το κυβικό, το τετραγωνικό, το ορθορομβικό, το ρομβοεδρικό, το μονοκλινές, το τρικλινές και το εξαγωνικό

Κρυσταλλικό Σύστημα	Παράμετροι κυψελίδας	Στοιχειώδη κύτταρα			
		απλό	χωροκεντρωμένο	εδροκεντρωμένο	
Κυβικό	$a=b=c,$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	απλό	χωροκεντρωμένο	εδροκεντρωμένο	
					
Τετραγωνικό	$a=b \neq c,$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	απλό	χωροκεντρωμένο		
					
Ορθορομβικό	$a \neq b \neq c,$ $\alpha=\beta=\gamma=90^\circ$	απλό	βασικεντρωμένο	εδροκεντρωμένο	χωροκεντρωμένο
					
Ρομβοεδρικό	$a=b=c,$ $\alpha=\beta=\gamma \neq 90^\circ$				
Μονοκλινές	$a \neq b \neq c,$ $\alpha \neq 90^\circ$ $\beta=\gamma=90^\circ$	απλό	βασικεντρωμένο		
					
Τρικλινές	$a \neq b \neq c,$ $\alpha, \beta, \gamma \neq 90^\circ$				
Εξαγωνικό	$a=b \neq c,$ $\alpha=\beta=90^\circ,$ $\gamma=120^\circ$				

-Ο χαλκός έχει εδραιοκεντρική **κρυσταλλική μορφή**, είναι μαλακός, όλκιμος κατεργάζεται και διαμορφώνεται σε ψυχρή και θερμή κατάσταση, (εκτός και αν βρίσκεται στην περιοχή της θερμοκρασίας 300-7000C) μέσω σφυρηλάτησης ή εξέλασης. Η αύξηση σκληρότητας του χαλκού γίνεται μόνο κατά τη ψυχρή κατεργασία .

-Ο χαλκός είναι κρυσταλλικό στερεό στο οποίο τα άτομα εμφανίζουν τάξη μεγάλης εμβέλειας,δηλαδή επαναλαμβανόμενη διάταξη των θέσεων των ατόμων που καλείται κρυσταλλική δομή.



Δομή κρυσταλλικού πλέγματος Cu

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Συγκολλητότητα χαλκού και κραμάτων

-Με τον όρο συγκολλητότητα εννοούμε την ικανότητα του μετάλλου να συγκολλάται σε μια κατασκευή, ικανοποιώντας συγχρόνως ορισμένες ιδιότητες και εκπληρώνοντας ορισμένους λειτουργικούς σκοπούς.

-Οι μεταβλητές που εκφράζουν την ικανότητα του μετάλλου προς συγκόλληση είναι πολλές. Προφανώς η καλή γνώση του διαγράμματος φάσεων και η συμπεριφορά του μετάλλου σε υψηλή θερμοκρασία για μια χρονική περίοδο είναι απαραίτητη.

Οι παράγοντες που έχουν άμεση επίδραση στην συγκολλητότητα ενός υλικού μπορούν να ταξινομηθούν ως εξής :

1. Μηχανικές ιδιότητες : η σκληρότητα, η αντοχή, το μέτρο ελαστικότητας, το όριο διαρροής, η όλκιμότητα, η ειδική θερμότητα, το σημείο τήξης, ο συντελεστής θερμικής διαστολής, η επιφανειακή τάση σε υψηλές θερμοκρασίες, η τάση προς διάβρωση.

2. Λειτουργικότητα : η προετοιμασία των προς συγκόλληση επιφανειών, οι προστασίες και τα αέρια, τα υλικά κολλήσεων, η ταχύτητα συγκόλλησης, η θέση της ραφής, η ταχύτητα απόψυξης, η προθέρμανση, τα επίπεδα των θερμοκρασιών.

-Θεωρητικά, ο χαλκός ως υλικό, έχει πολύ μεγαλύτερη θερμοαγωγιμότητα από το αλουμίνιο. Έχει και μικρότερη θερμοχωρητικότητα από αυτό. Συγκολλάται δύσκολα με αυτογενή συγκόλληση, λόγω της μεγάλης θερμικής αγωγιμότητάς του. Η μεγάλη θερμική του αγωγιμότητα δυσχεραίνει τη θέρμανσή του στη θέση συγκόλλησης.



-Ο χαλκός σχηματίζει σημαντικά κράματα με τον ψευδάργυρο (Cu-Zn, ορείχαλκοι) και τον κασσίτερο (Cu-Sn, μπρούντζοι). Και τα δύο μέταλλα έχουν διαφορετική κρυσταλλική δομή από τον χαλκό και επομένως περιορισμένη στερεά διαλυτότητα. Ο μόλυβδος δεν ευρίσκεται μέσα στην ζώνη των ευνοϊκών διαμέτρων του χαλκού και δεν ικανοποιεί τον πρώτο κανόνα του Hume-Rothery¹ αν και έχει την ίδια κρυσταλλική δομή με τον χαλκό.

- Μπρούντζος (κράμα Cu, Sn, Zn) : Συγκολλάται καλά με αυτογενή συγκόλληση σε φλόγα ουδέτερη, ενώ δυσκολότερα με μεταλλικό ηλεκτρόδιο.

- Ορείχαλκος (κράμα Cu, Zn) : Συγκολλάται σχετικά εύκολα με αυτογενή συγκόλληση και ικανοποιητικά με οξειδωτική φλόγα και με κόλληση από το ίδιο υλικό, που περιέχει λίγο αργίλιο ως αποξειδωτικό. Η ηλεκτροσυγκόλλησή τους γίνεται με ηλεκτρόδιο από το ίδιο υλικό και σε ατμόσφαιρα αδρανούς αερίου (αργού) και μόνο με συνεχές ρεύμα. Η μεγάλη θερμική αγωγιμότητά τους δυσχεραίνει τη θέρμανση των κομματιών στη θέση συγκόλλησης.

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

¹ Οι κανόνες του Hume-Rothery βασίζονται στη διαφορά μεγέθους μεταξύ των ατόμων, που συγκροτούν το στερεό διάλυμα, τις ηλεκτροχημικές διαφορές και τα σχετικά σθένη των μετάλλων.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Διερεύνηση των συγκολλήσεων αυτής της μεθόδου στο χαλκό:

-Με τον όρο συγκόλληση εννοούμε τη σύνδεση υλικών, συνήθως σε πλαστική ή ρευστή κατάσταση, με τη βοήθεια θερμότητας ή πίεσης ή και των δύο, με ή χωρίς προσθήκη υλικού παρόμοιας σύνθεσης. Οι συγκολλήσεις χρησιμοποιούνται σε διάφορες μηχανολογικές κατασκευές όπως κιβώτια μειωτήρων, στεφάνες τροχών, πλαίσια, τύμπανα συρματοσχοίνων κ.ά. κυρίως όταν πρόκειται για μεμονωμένη κατασκευή ή για μικρό αριθμό τεμαχίων. Χρησιμοποιούνται ακόμα για επισκευές τεμαχίων (ρωγμές, θραύσεις), για επικαλύψεις και θωράκιση φθαρμένων και μη επιφανειών και ευρύτατα στην περιοχή της λεβητοποιίας και των σιδηρών κατασκευών όπου η συγκόλληση έχει εξοστρακίσει την ήλωση.

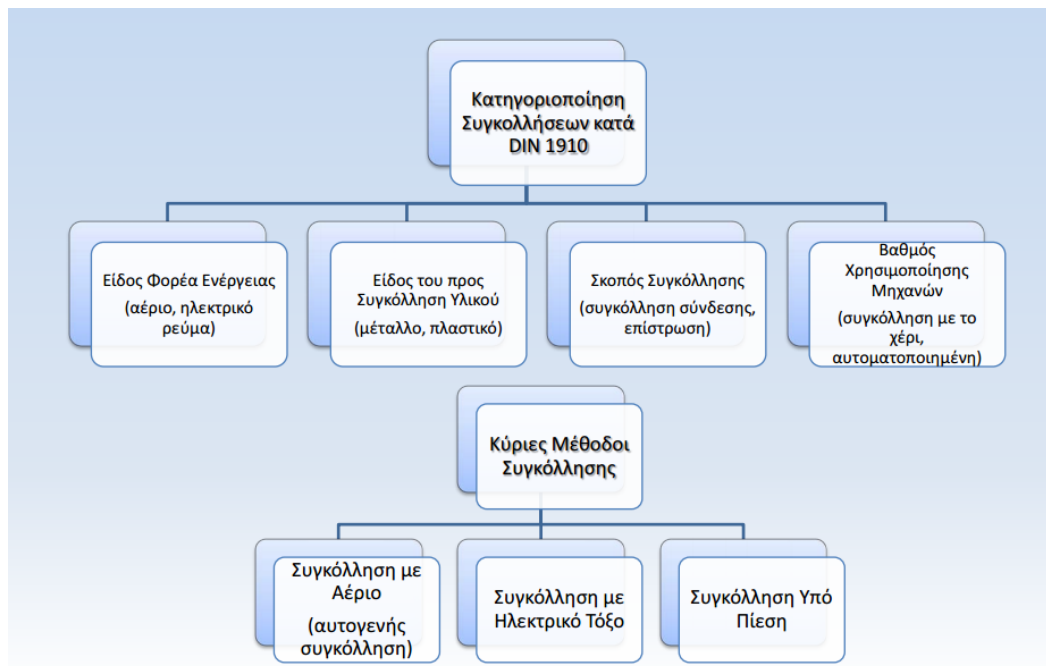
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Οι κατασκευές με συγκόλληση είναι ελαφρότερες και φθηνότερες από τις κοχλιωτές ή ηλωτές.
- Δεν υπάρχει εξασθένηση του υλικού από τις οπές για τους ήλους ή κοχλίες.
- Δεν υπάρχουν επικαλύψεις των ελασμάτων οπότε προκύπτουν λείες επιφάνειες, μικρότερος κίνδυνος οξειδωσης, ευκολότερος καθαρισμός, καλύτερη εμφάνιση.
- Σημαντική οικονομία υλικού έναντι χυτών ή σφυρήλατων τεμαχίων.
- Μικρότερος χρόνος παράδοσης (λόγω έλλειψης μοντέλου χύτευσης) και οικονομικότερη κατασκευή όταν πρόκειται για μικρό αριθμό τεμαχίων.

ΜΕΙΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ

- Δυνατότητα σύνδεσης μόνο όμοιων υλικών.
- Κίνδυνος στρέβλωσης των τεμαχίων, επιβλαβής μεταβολή του ιστού και εμφάνιση εσωτερικών τάσεων λόγω της μεγάλης τοπικής θερμοκρασίας.
- Συγκόλληση επί τόπου στο εργοτάξιο (σιδηρές κατασκευές) είναι συχνά δυσκολότερη και ακριβότερη από την ήλωση ή κοχλίωση.
- Συναρμολόγηση των δοκών στα δικτυώματα είναι δυσκολότερη στη συγκόλληση παρά στην ήλωση ή κοχλίωση όπου η θέση της δοκού είναι καθορισμένη από τις οπές.

Ενημερωτικά 2 πίνακες που ακολουθούν για τη συνέχεια.



A/A	Τεχνικός όρος	Ανάλυση στην αγγλική	Χρήση του όρου
1	M.M.A S.M.A.W	Manual Metal Arc Shield Metal Arc Welding	Συγκόλληση τόξου με επενδυμένο ηλεκτρόδιο
2	M.I.G M.A.G G.M.A.W	Metal Inert Gas Metal Active Gas Gas Metal Arc Welding	Συγκόλληση συμπαγούς σύρματος με προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου
3	F.C.A.W	Flux Cored Arc Welding	Συγκόλληση τόξου με σωληνωτό σύρμα που περιέχει πάστα
4	T.I.G G.T.A.W	Tungsten Inert Gas Gas Tungsten Arc Welding	Συγκόλληση τόξου με μη αναλώσιμο ηλεκτρόδιο σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου
5	S.A.W	Sumerged Arc Welding	Συγκόλληση βυθισμένου τόξου
6	P.A.W	Plasma Arc Welding	Συγκόλληση τόξου πλάσματος
7	C.V C.C C.C/C.V	Constant Voltage Constant Current -	Σταθερή λεκτική τάση Σταθερή ένταση ρεύματος Με επιλογή CC ή CV
8	D.C.E.N,DC- D.C.E.P,DC+ A.C.H.F	DC Electron Negative DC Electrode Positive AC High frequency	Ρεύμα DC το ηλεκτρόδιο στο - Ρεύμα DC το ηλεκτρόδιο στο + Ρεύμα AC υψηλής συχνότητας

Η μετωπική ραφή ενώνει τα άκρα δύο τεμαχίων. Αν το επιτρέπει η διάταξη, τότε η ραφή αυτή πρέπει να προκρίνεται έναντι της γωνιακής γιατί με το ίδιο πάχος είναι ανθεκτικότερη, ιδιαίτερα σε δυναμικές καταπονήσεις. Εκτός όμως από αυτό ελέγχεται ευκολότερα και ασφαλέστερα με ακτινογραφία ή με υπερήχους. Η μορφή της ραφής εξαρτάται βασικά από το πάχος των τεμαχίων.

G = συγκόλληση με αέρια. E = συγκόλληση με ηλεκτρόδια (ηλεκτρικό τόξο)

Είδος ραφής	Μορφή ραφής	Πάχος τεμαγίου S (mm)	Σύμβολο	Μέθοδος συγκόλλησης ¹⁾
Ραφή με αναση- κοιμένα χείλη		έως 2	∩	G, E, WIG, MIG, MAG
Ραφή-I		έως 4		G, E, WIG MIG, MAG
		έως 8		E, WIG MIG, MAG
Ραφή-V		3 έως 10	V	G
		3 έως 40		E, WIG MIG, MAG
Ραφή-DV (Ραφή-X)		άνω των 10	χ	E, WIG MIG, MAG
Ραφή-Y		άνω των 10	Υ	E, WIG MIG, MAG
Ραφή-U		άνω των 12	Υ	E, WIG MIG, MAG
Ραφή-HV		3 έως 40	∨	E, WIG, MIG, MAG
Ραφή-DHV (Ραφή-K)		άνω των 10	K	E, WIG, MIG, MAG

Κατά συνεπεια η καταταξη συγχρονων μεθοδων συγκολλησης ειναι:

-Συγκολλήσεις τήξης

Οι συγκολλήσεις τήξης συνοδεύονται από το φαινόμενο της τήξης των μετάλλων στο σημείο συγκόλλησής τους. Η θερμοκρασία αυξάνεται μέχρι του σημείου τήξης των μετάλλων στα σημεία συγκόλλησής τους, με συνέπεια τα μόρια του ενός μετάλλου να εισχωρούν στα μόρια του άλλου και έτσι να πραγματοποιείται η σύνδεσή τους, μετά την επαναφορά τους στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος.

α) Συγκόλληση φλόγας

Ο όρος οξυγονοκόλληση έχει επικρατήσει για τη μέθοδο συγκόλλησης με χρήση φλόγας υψηλής θερμοκρασίας από την καύση εύφλεκτου αερίου και οξυγόνου. Η φλόγα είναι η απαραίτητη πηγή θερμότητας για την τήξη του μετάλλου στην περιοχή της σύνδεσης. Ως αέριο καύσης χρησιμοποιείται κυρίως η ασετυλίνη λόγω της μεγάλης θερμοκρασίας φλόγας (~ 3100 °C) και της εύκολης βιομηχανικής παρασκευής της.

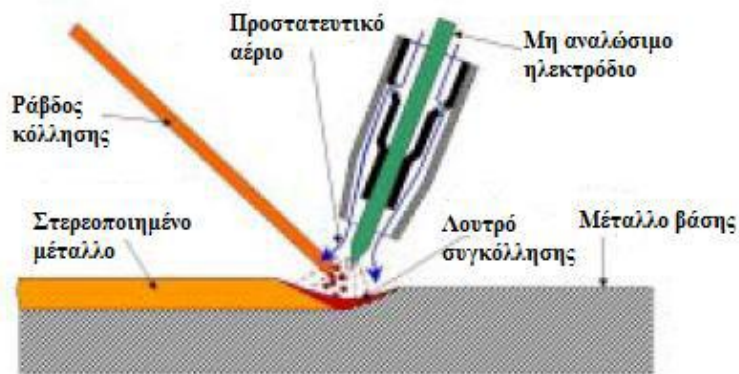
β) Συγκόλληση κοινού ηλεκτροδίου

Με την τήξη των δύο μεταλλικών κομματιών στη θέση συγκόλλησης και την ταυτόχρονη τήξη ενός τρίτου υλικού, του ηλεκτροδίου. Η κόλληση έχει την ίδια χημική σύσταση με τα κομμάτια που θέλουμε να συγκολλήσουμε ή παρόμοια.

γ) Συγκόλληση αδρανούς ατμόσφαιρας

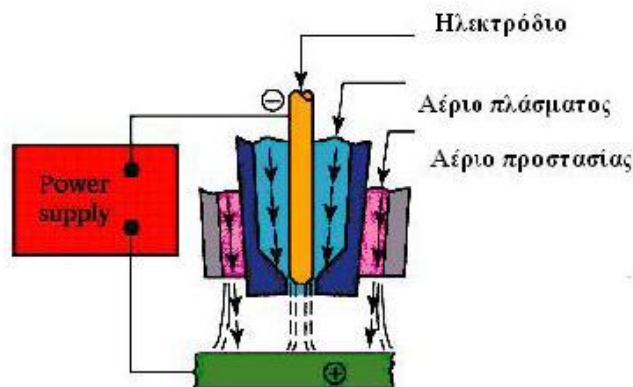
1) TIG (WIG)

-Δημιουργεί, υψηλής ποιότητας καθαρές συγκολλήσεις. Με εξαιρετικής ακρίβειας έλεγχο σταθερότητας τόξου και ‘λουτρώ’ συγκόλλησης, η μέθοδος TIG επιτρέπει να δημιουργηθεί καθαρή συγκόλληση. Υπάρχει η πιθανότητα ελέγχου της εισαγόμενης θερμοκρασίας μέσω τηλεχειριστηρίου πεντάλ. Η μέθοδος TIG επιτρέπει τη θέρμανση ή τη ψύξη του ‘λουτρώ’ συγκόλλησης και έτσι επιτυγχάνει τέλειο έλεγχο του γαζιού.



2) Συγκόλληση τόξου πλάσματος

-Η Συγκόλληση με χρήση Τόξου Αερίου Πλάσματος PAW (Plasma Arc Welding) είναι παραλλαγή της μεθόδου Συγκόλλησης με Τόξο Αερίου Tungsten GTWA (Gas Tungsten Arc Welding). Η κύρια διαφορά συνίσταται στη μορφή του ηλεκτρικού τόξου. Στην διαδικασία GTAW το τόξο σχηματίζεται ελεύθερα μεταξύ του ηλεκτροδίου και του υλικού και έχει κωνικό σχήμα. Στην PAW, το ηλεκτρικό τόξο περνά μέσω στομίου που υπάρχει στο ακροφύσιο του πυρσού. Το αποτέλεσμα είναι μια κυλινδρική στήλη πλάσματος με μεγάλη συγκέντρωση ενέργειας.



-Συγκόλληση αντίστασης

α) Ηλεκτρόποντα

Μέσα από τα προς συγκόλληση μεταλλικά τεμάχια, που αποτελούν την αντίσταση του ηλεκτρικού κυκλώματος, διοχετεύεται μεγάλη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος (της τάξης των 5000 έως 25000 A), με αποτέλεσμα τα τεμάχια να θερμαίνονται στα σημεία συγκόλλησης μέχρι τη θερμοκρασία σύντηξής τους. Ταυτόχρονα, ασκείται στα μεταλλικά τεμάχια μεγάλη πίεση, που διευκολύνει τη συγκόλλησή τους. Δημιουργείται έτσι μια αυτογενής συγκόλληση, χωρίς προσθήκη συγκολλητικού υλικού.



β) Ηλεκτροραφή

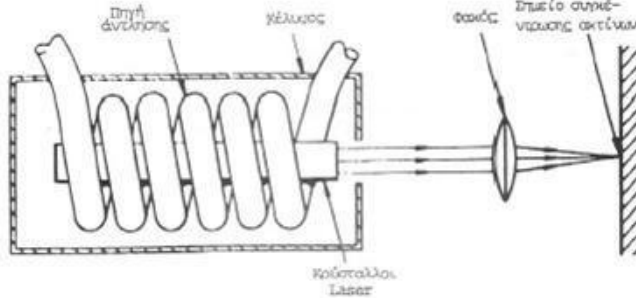
Στις μηχανές συγκόλλησης ραφής τα ηλεκτρόδια έχουν τη μορφή δίσκων που περιστρέφονται με σταθερή ταχύτητα. Τα προς συγκόλληση ελάσματα τοποθετούνται με τα άκρα τους σε επικάλυψη (το ένα πάνω στο άλλο) και κινούνται ανάμεσα στους δύο δίσκους-ηλεκτρόδια.

-Συγκολλήσεις ακτινοβολίας

α) Laser

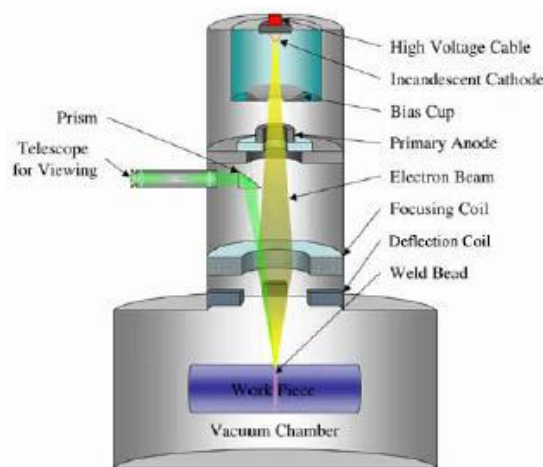
Τα κύρια πλεονεκτήματα της συγκόλλησης με λέιζερ είναι οι μεγάλες συγκεντρώσεις ισχύος 1015 W/cm² και η αντίστοιχη θέρμανση πολύ μικρών περιοχών. Το από-τέλεσμα είναι μικρή παραμόρφωση, απλοποίηση του ελέγχου που πραγματοποιείται με αυτόματες διαδικασίες και βαθιές και λεπτές συγκολλήσεις.

Η μικρή ενεργειακή απόδοση και το υψηλό κόστος επένδυσης είναι τα κύρια μειονεκτήματα. Η συγκόλληση με λέιζερ διοξειδίου του άνθρακα χρησιμοποιεί προστατευτικό αέριο χαμηλής πίεσης, ήλιο, αργό ή άζωτο, για την προστασία των κατόπτρων και την αποφυγή οξειδωσης των επιφανειών προς συγκόλληση. Εφαρμόζεται συχνά στην αυτό-κινητοβιομηχανία για την συγκόλληση τεμαχίων από κράμα χάλυβα, με διαφορετικές επικαλύψεις και πάχη.



β) Δέσμη ηλεκτρονίων

Η τεχνολογία συγκόλλησης δέσμης είναι η υψηλής ενέργειας δέσμη ηλεκτρονίων που χρησιμοποιείται ως θερμική διεργασία, με υψηλή ενεργειακή πυκνότητα συγκόλλησης με δέσμη ηλεκτρονίων των μεταλλικών εξαρτημάτων, για την ταχεία τήξη και στη συνέχεια ψύχεται ταχέως για την επίτευξη του σκοπού της συγκόλλησης.



-Μέθοδος συγκόλλησης MIG-MAG

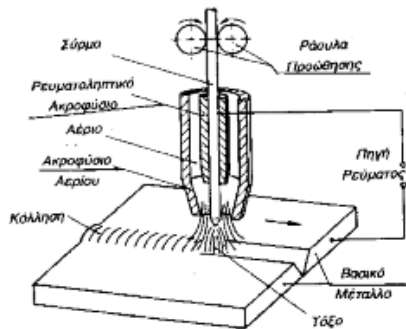
-Η μέθοδος M.I.G. είναι μια ημιαυτόματη διαδικασία συγκόλλησης, όπου μόνο η ταχύτητα της συγκόλλησης ελέγχεται από το χειριστή. Το τόξο σχηματίζεται μεταξύ της επιφάνειας συγκόλλησης και ενός γυμνού συρμάτινου ηλεκτροδίου. Η τροφοδοσία του σύρματος είναι αυτόματη και ο χειριστής ασχολείται μόνο με την διαδικασία συγκόλλησης των επιφανειών.

Το αναλώσιμο συρμάτινο ηλεκτρόδιο προστατεύεται από αδρανές αέριο, συνήθως μίγμα από Ar/ CO2 /O2, αλλά καθαρό CO2 χρησιμοποιείται σε περιπτώσεις συγκόλλησης σιδηρούχων επιφανειών (**MAG**). Το σύρμα τροφοδοτείται σταθερά για να ελέγχεται το ρεύμα, ενώ το μήκος του τόξου ελέγχεται από την πηγή τροφοδοσίας. Το σύρμα πρέπει να είναι αποξειδωμένο.

Τυπικά σφάλματα κατά τις συγκολλήσεις τύπου MIG είναι:

- Η υπερβολική διασπορά
- Πορώδης κόλληση
- Αυτοσυγκόλληση
- Ραγίσματα

-Σύμφωνα με το DIN 1910, το τόξο λειτουργεί μεταξύ βασικού μετάλλου βάσης και ηλεκτροδίου (σύρμα) το οποίο είναι ταυτόχρονα και μεταφορέας πρόσθετου υλικού εναπόθεσης. Το προστατευτικό αέριο μπορεί να είναι αδρανές οπότε πρόκειται για «MIG» η ενεργό οπότε πρόκειται για «MAG». Η μέθοδος «MAG» χωρίζεται σε άλλους δύο χαρακτηρισμούς, π.χ. MAGC αν το αέριο είναι καθαρό CO₂ ή MAGM αν είναι μείγμα κατά DIN 32526.



Σχ. 1 Σχηματική παράσταση Μεθόδου MIG/MAG

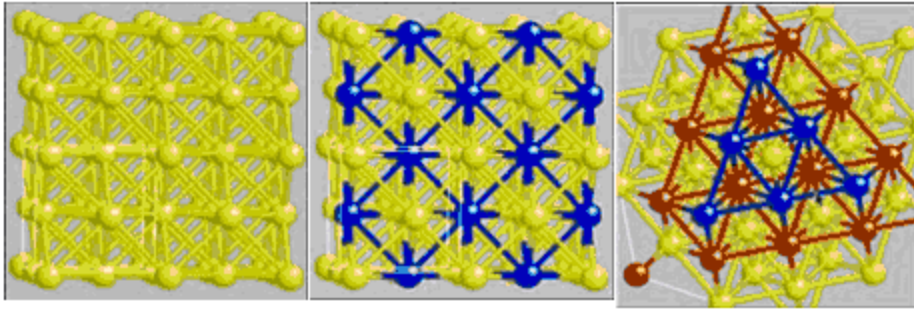
Στο σχήμα φαίνεται ο μηχανισμός λειτουργίας της μεθόδου, όπου το σύρμα είναι ένα συνεχές ηλεκτρόδιο, το οποίο είναι τυλιγμένο σε μπομπίνα και προωθείται μέσω των προωθητικών ραούλων προς το ηλεκτροληπτικό ακροφύσιο και εν συνεχεία προς το τόξο. Παρά τη μικρή διάμετρο σύρματος η μέθοδος λειτουργεί με υψηλή ένταση «I» (ρεύμα) και χαμηλή «U» - (συνήθως $I > 100A/mm^2$). Το σύρμα συνδέεται πάντα με το θετικό πόλο της μηχανής, το δε μέταλλο βάσης με τον αρνητικό. Το αέριο προστασίας, διέρχεται από το χώρο μεταξύ των δύο ακροφυσίων, εκρέει κεντρικά γύρω από το σύρμα καλύπτοντας τόσο το υλικό εναπόθεσης όσο και το λιωμένο υλικό (μπάνιο) του βασικού μετάλλου.

-Στη συγκεκριμένη μέθοδο διακρινουμε ως βασικά στοιχεία λειτουργίας της μεθοδου το είδος του υλικου εναπόθεσης,την ένταση του ρεύματος, το ύψος του τόξου και την ταχύτητα κίνησης του υλικου εναπόθεσης (συρμα). Η έξοδος του υλικου εναποθεσης κατά τη λειτουργια της μεθοδου θα πρέπει να διατηρειται περί τα 10mm από το ακρο του ακροφυσιου της λαβίδας(μπεκ).Ο οδηγος κινησης του υλικου εναποθεσης είναι το ακραιο στοιχειο κατά την λειτουργια της μηχανης βρισκεται υπο ταση η οποια μεταφερεται αγωγιμα στο υλικο τασης και είναι συγχρόνως και το άκρο στο οποίο είναι συνδεδεμένο το καλώδιο της ηλεκτρικής τροφοδοσίας.

Ο μεταλλικός δεσμός προσδίδει στο χαλκό ορισμένες χαρακτηριστικές ιδιότητες που ονομάζεται μεταλλικός χαρακτήρας:

- Τα μέταλλα έχουν μεταλλική λάμψη και γενικά είναι σκληρά. Όταν το φως ορισμένης συχνότητας, πέσει πάνω στην επιφάνεια του χαλκού, τότε τα «επιφανειακά» ηλεκτρόνια που συγκρατούνται χαλαρά, απορροφούν την ενέργεια

των φωτονίων αποκτώντας έτσι μεγαλύτερη ενέργεια. Τα ηλεκτρόνια αυτά στη συνέχεια, χάνουν την παραπάνω ενέργεια που πήραν από τα φωτόνια, γεγονός που γίνεται με την εκπομπή φωτεινής ακτινοβολίας. Το εκπεμπόμενο φως είναι που κάνει τα μέταλλα να έχουν την χαρακτηριστική μεταλλική λάμψη.



Μεταλλική λάμψη του πλέγματος του Cu

- Αποσκλήρυνση (μαλακότητα) επιτυγχάνεται με επαναθέρμανση και απότομη ψύξη (συμβαίνει αντίθετα απ' ότι στο χάλυβα). Κομμάτια χαλκού «Cu» μπορούν να συνδεθούν «εν ψυχρώ» τόσο μεταξύ τους όσο και με άλλα υλικά, π.χ με το «Al». Η συγκόληση του καθαρού χαλκού είναι δύσκολη. Απαιτούντε εγκαταστάσεις και εμπειρία.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Κράματα χαλκού και μέθοδοι παρασκευής τους

- Για την εξαγωγή του χαλκού από τα ορυκτά του εφαρμόζονται ειδικές μέθοδοι, ανάλογα με την πρώτη ύλη και την περιεκτικότητά της σε χαλκό. Αν το ορυκτό είναι οξειδίο, ανάγεται από άνθρακα και εάν είναι ανθρακικό, πυρώνεται και μετατρέπεται σε οξειδίο, που, στη συνέχεια, ανάγεται. Αν το ορυκτό είναι θειούχο, η μεταλλουργία είναι πολύ πολύπλοκη και περιλαμβάνει εμπλουτισμό, φρύξη, σχηματισμό χαλκόλιθου και τέλος αναγωγή του χαλκόλιθου σε πρωτογενή χαλκό.

- Κράμα χαλκού είναι το υλικό που συνίσταται από διαφορετικές χημικές ουσίες, η οποία όταν είναι στερεό χαρακτηρίζεται από τη συμμετοχή και όλων των ουσιών στο κρυσταλλικό πλέγμα.

- Τα κράματα χαλκού δημιουργούνται, προκειμένου να συνδυαστούν ιδιότητες των βασικών συστατικών σε ένα νέο υλικό. Βασικός λόγος, λοιπόν, παραγωγής κραμάτων χαλκού είναι η βελτίωση σκληρότητας, αντοχής, βάρους, αντίστασης στη διάβρωση κ.λπ. των καθαρών (πρωτογενών) μετάλλων.

Ο χαλκός, Cu, αποτελεί το πλέον χρησιμοποιούμενο υλικό για την αγωγή του ηλεκτρικού ρεύματος, λόγω της χαμηλής τιμής της ειδικής αντίστασης που παρουσιάζει σε σχέση με τα άλλα μεταλλικά υλικά πλην του αργύρου, σε συνδυασμό με καλές ιδιότητες μορφοποίησης και συγκόλλησης, καλή αντοχή σε διάβρωση και συγκριτικά χαμηλό κόστος. Ο χαλκός χρησιμοποιείται σε πολύ καθαρή μορφή για τη κατασκευή συρμάτων, αγωγίων, αγωγών και εξαρτημάτων. Η συνήθης καθαρότητά του είναι 99,9%. Ανοπτημένος χαλκός υψηλής καθαρότητας του οποίου η ηλεκτρική αντίσταση στους 20°C για σύρμα μήκους 1 m και μάζας 1g είναι 0,15328 Ohm, χρησιμοποιείται συχνά σαν υλικό αναφοράς για τη σύγκριση της αγωγιμότητας διαφόρων άλλων μεταλλικών αγωγών. Ο πρότυπος αυτός χαλκός συμβολίζεται με τα αρχικά I.A.C.S. (International Annealed Copper Standard) και η ειδική αγωγιμότητα των άλλων υλικών δίδεται σαν επί τοις εκατό ποσοστό της δικής του αγωγιμότητας, η οποία έχει τεθεί κατά σύμβαση ίση με 100. Στον πίνακα δίδεται η αγωγιμότητα σε % I.A.C.S. για πολλά από τα χρησιμοποιούμενα μέταλλα και κράματα της ηλεκτροτεχνίας στους 20°C. Χαλκός ελεύθερος οξυγόνου υψηλής αγωγιμότητας (OFHC) με πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο και άλλες προσμείξεις (καθαρότητα >99,99%) και με ηλεκτρική αγωγιμότητα 101,5% I.A.C.S. στους 20°C, παράγεται και χρησιμοποιείται σε πολλές ηλεκτρικές εφαρμογές.

Υλικό	Σημείο τήξης ή θερμοκρασία πλήρους τήξης (°C)	Ηλεκτρική αγωγιμότητα 20°C % I.A.C.S.
Ag	962	108
Al	660	63
OFHC χαλκός Cu 99,99%+	1083	101,5
Cu-0,05%Ag-0,02%O ₂	1079	101
Cu-0,5%Te	1082	98
Cu-0,8%Cd	1080	85
Cu-0,35%S	1075	95
Cu-5%Zn	1065	56
Cu-10%Zn	1040	44
Cu-15%Zn	1020	37
Cu-20%Zn	1000	32
Cu-30%Zn	965	28
Cu-5,5%Ni-1,2%Fe-0,5%Mn	1121	12,5
Cu-3,5%Sn-0,12%P	1070	18,8
Cu-3%Si-1%Mn	1028	8,1
Cu-5%Al	1065	17,7
Mg	649	38
Ni	1455	25
Pt	1769,9	17
Pb	327,5	8

Ο χαλκός έχει σημείο τήξης 1083C^0 , πυκνότητα $8,9\text{g/cm}^3$ στη θερμοκρασία περιβάλλοντος, συντελεστή θερμικής διαστολής $17 \times 10^{-6} (\text{K}^{-1})$ και ειδική θερμική αγωγιμότητα $397\text{Wm}^{-1}\text{K}^{-1}$ στη θερμοκρασιακή περιοχή των $0-100\text{C}^0$, ενώ η αντοχή του σε εφελκυσμό κυμαίνεται μεταξύ $(20-44) \times 10^7 \text{N/m}^2$. Διαμορφώνεται εύκολα σε φύλλα και σύρματα και συγκολλάται εύκολα. Η αντοχή του στη διάβρωση είναι αρκετά καλή σε σύγκριση με πολλά άλλα μέταλλα, διότι δημιουργείται στην επιφάνειά του ένα λεπτό στρώμα CuO που δρα προστατευτικά. Παρουσιάζει αρκετά καλή μηχανική αντοχή. Η παρουσία μικρών ποσοτήτων προσμείξεων από τη διαδικασία παραγωγής του οδηγεί σε μείωση της αγωγιμότητας του χαλκού και αύξηση της μηχανικής του αντοχής. Τέλος το σχετικά μικρό του κόστος σε σύγκριση προς άλλα μεταλλικά υλικά έχει συμβάλλει στο γεγονός της ευρύτατης χρησιμοποίησής του σαν αγωγίμο υλικό.

Η κραματοποίηση του χαλκού ή η ψυχρή κατεργασία του με πλαστική παραμόρφωση, οδηγεί σε βελτίωση των μηχανικών ιδιοτήτων του και είναι απαραίτητη για εφαρμογές με αυξημένες απαιτήσεις σε αντοχή, όπως για την κατασκευή συρμάτων μεγάλης αντοχής, για την κατασκευή αγωγίμων ελατηρίων, ελαστικών ηλεκτρικών επαφών κ.α. Πάντως, επειδή τόσο με την κραματοποίηση όσο και με την ψυχρή κατεργασία επέρχεται μείωση της αγωγιμότητας του χαλκού, θα πρέπει η επιλογή των ποσοτήτων της πρόσμειξης και της κατεργασίας του υλικού να γίνεται με στόχο την ύπαρξη μιας χρυσής τομής μεταξύ της μηχανικής αντοχής και της αγωγιμότητας του υλικού.

- Ένα χαρακτηριστικό των κραμάτων χαλκου, σε αντίθεση με τα πρωτογενή μέταλλα, είναι ότι δεν έχουν καθορισμένο σημείο τήξης, συγκεκριμένη θερμοκρασία δηλαδή, στην οποία λιώνουν. Σε αυτά υπάρχει ένα εύρος θερμοκρασιών, μέσα στο οποίο τα κράματα βρίσκονται μεταξύ στερεάς και υγρής κατάστασης.

- Η κατασκευή κραμάτων γίνεται συνήθως με τήξη των μετάλλων που τα συνιστούν. Υφίστανται όμως και άλλοι μέθοδοι όπως με ηλεκτρόλυση όπου το κράμα χαλκού και ψευδαργύρου (ο γνωστός ορείχαλκος) παρασκευάζεται με ταυτόχρονη εναπόθεση των δύο μετάλλων από κυανιούχα διαλύματα αυτών με ηλεκτρόλυση.

Ο συνηθισμένος ορείχαλκος είναι κράμα χαλκού - ψευδάργυρου, ενώ ο συνηθισμένος μπρούντζος είναι κράμα χαλκού - κασσίτερου. Μπρούντζοι που περιέχουν φωσφόρο, αργίλιο, μόλυβδο, ψευδάργυρο, σίδηρο και άλλα στοιχεία είναι επίσης γνωστοί. Οι μπρούντζοι και οι ορείχαλκοι υπερέχουν του χαλκού ως προς τη μηχανική αντοχή,

έχουν σημαντικά χαμηλότερο κόστος αλλά και σημαντικά μικρότερες αγωγιμότητες από τον καθαρό χαλκό. Μπρούντζοι με 1% κάδμιο ή με 2% βηρύλιο παρουσιάζουν σημαντικά καλύτερη μηχανική αντοχή και μικρότερη αγωγιμότητα από το χαλκό η οποία εξαρτάται πάντως από τη μηχανική και θερμική κατεργασία που υφίστανται.

Από τους ορείχαλκους το περισσότερο συνηθισμένο κράμα είναι το κράμα 70%Cu-30%Zn, που έχει σημαντικά καλύτερη μηχανική αντοχή από τον καθαρό χαλκό, σημαντικά χαμηλότερο κόστος, ίδια σχεδόν αντοχή στη διάβρωση αλλά σημαντικά μικρότερη αγωγιμότητα. Οι ορείχαλκοι χρησιμοποιούνται γενικά λιγότερο από τους μπρούντζους σε ηλεκτρικές εφαρμογές.

-Άλλα σπουδαία κράματα του χαλκού είναι: Το κράμα μουντζ (χαλκός – ψευδάργυρος), το βρετανικό μέταλλο (χαλκός - κασσίτερος - μόλυβδος - αντιμόνιο), ο γερμανικός άργυρος (χαλκός - ψευδάργυρος - νικέλιο), το κράμα Μονέλ (χαλκός - νικέλιο - σίδηρος) και το κράμα δέλτα (χαλκός - ψευδάργυρος - σίδηρος), που αντέχει στην επίδραση του θαλασσινού νερού. Τα νομίσματα που κατασκευάζονται από χρυσό, άργυρο και νικέλιο περιέχουν και χαλκό.

-Τα κράματα χαλκού συμβολίζονται με έναν τριψήφιο αριθμό ,π.χ. «123» «233». Ο πρώτος αριθμός δείχνει το είδος του κράματος και οι δυο επομενοι τις άλλες ιδιότητες. Για να βρούμε τις ιδιότητες απο τους 2 επόμενους αριθμούς, πρέπει να ανατρέξουμε στους σχετικούς πίνακες. Έτσι αναλογα με το είδος του κραματος έχουμε την ονομασία που αναφερεται στον πίνακα παρακατω:

Πίνακας 1-2: Η σημασία του πρώτου αριθμού στο τριψήφιο σύστημα συμβολισμού των κραμάτων του χαλκού.	
Συμβολισμός	Περιγραφή
1xx	Χαλκοί χωρίς προσμίξεις
2xx	Ορείχαλκοι (Cu+Zn)
3xx	Ορείχαλκοι μολύβδου (Cu+Zn+Pb)
4xx	Ορείχαλκοι κασσίτερου (Cu+Zn+Pb)
5xx	Μπρούντζοι φωσφόρου (Cu+Sn+P)
6xx	Διάφορα κράματα χαλκού (με Al ή Si ή Zn)
7xx	Κράματα χαλκού - νικελίου
8xx	Διάφοροι άλλοι μπρούντζοι και ορείχαλκοι
9xx	Διάφοροι άλλοι μπρούντζοι και κράματα Cu-Ni

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Συγκρότηση των MIG - MAG μηχανών

Στην εκτέλεση της εργασίας μας χρησιμοποιήθηκε η **Μηχανή συγκόλλησης KEMPPRI 4000:**

-Στη συγκεκριμένη μηχανή η οποία φέρει καλώδιο συγκόλλησης χαλκού διατομής 50mm² για 100% αποδοχή,χρειάζεται ρεύμα 285 αμπερ,ενώ με διατομή 70 mm² χρειάζεται 355A. Τα όρια συγκόλλησης είναι από 5 έως 500 A.

Η μονάδα είναι εξοπλισμένη με έναν 4X4 οδηγό καλωδίου για να προσαρμόσουμε την περιοχή συγκόλλησης. Λαμβάνει ρεύμα από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. της τάξεως των 220V ή 380V και μέσω ηλεκτρικών διατάξεων της μηχανής μετασχηματίζεται το ρεύμα, η τάση, η ένταση καθώς και η συχνότητα του σε κατάλληλες τιμές, ανάλογα με τις συνθήκες εργασίας. Όταν η μηχανή είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο αλλά δεν συγκολλά, τότε στην έξοδο μεταξύ τσιμπίδας του ηλεκτροδίου και της γείωσης έχουμε μια τάση, την λεγόμενη <τάση εν κενώ> ή <τάση ανοικτού κυκλώματος> που κυμαίνεται από 50V-100V ανάλογα με το είδος της μηχανής και το ρεύμα συγκόλλησης που παρέχει.



Οι επιτρεπόμενες <τάσεις ανοικτού κυκλώματος> είναι :

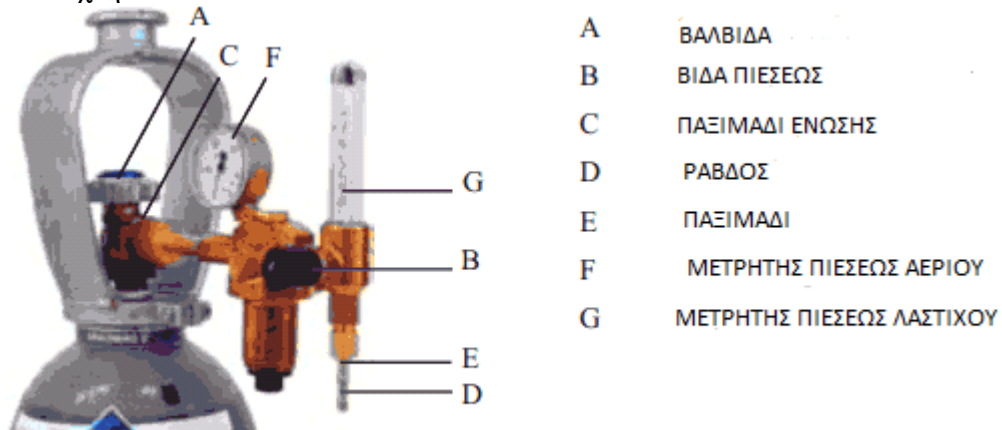
- Ημιαυτόματες μηχανές συγκόλλησης KEMPPRI
 - Εναλλασσόμενο ρεύμα 80V
 - Συνεχές ρεύμα 80V-100V
- Αυτόματες μηχανές συγκόλλησης
 - Εναλλασσόμενο ρεύμα 100V
 - Συνεχές ρεύμα 100V

Πιο συγκεκριμένα η μηχανή που χρησιμοποιήθηκε είναι ημιαυτόματη μηχανή στην οποία η ταχύτητα συγκόλλησης ελέγχεται από τον χειριστή. Με αυτή τη μέθοδο αξιοποιούμε την θερμότητα του ηλεκτρικού τόξου που δημιουργείται μεταξύ ενός συνεχόμενου τροφοδοτούμενου ηλεκτροδίου και του μετάλλου βάσης. Η λειτουργία του τόξου επιβάλλει την υψηλή τάση του ρεύματος της μηχανής το οποίο ιονίζει την περιβάλλουσα ατμόσφαιρα του τόξου. Οι μηχανές αυτού του είδους περιλαμβάνουν δύο ηλεκτρικά κυκλώματα:

- Το πρωτεύων, όπου συνδέεται η τάση του δικτύου. Αυτό συνεπακολουθεί τον κίνδυνο ηλεκτροπληξίας ακόμη και στην επαφή με μη γειωμένο μεταλλικό μέρος της μηχανής
- Το δευτερεύον ή εξόδου

Η τροφοδοσία του υλικού εναπόθεσης σε αυτού του είδους τις μηχανές είναι αυτόματη μέσω του τροφοδότη της μηχανής, όπου ο χειριστής φροντίζει μόνο το χειρισμό της λαβίδας συγκόλλησης και των ρυθμίσεων που πρέπει να παρθούν κατά τη διαδικασία. Το υλικό εναπόθεσης πρέπει να έχει σταθερή ταχύτητα κίνησης, πράγμα που συνεπάγεται χρήση διπλών ραούλων στους τροφοδότες μηχανισμούς των μηχανών. Για να έχουμε σωστή κόλληση το τόξο θα πρέπει να εστιάζεται στο μέσο της ένωσης. Το ηλεκτρικό κύκλωμα που χρησιμοποιείται στην συγκεκριμένη μηχανή δεν διαφέρει από τις άλλες μηχανές συγκόλλησης. Στις μηχανές αυτού του είδους το υλικό εναπόθεσης συνδέεται πάντα με τον θετικό πόλο της μηχανής, όπου αντίστοιχα το μέταλλο βάσης με τον αρνητικό. Με αυτή τη σύνδεση πέρνουμε σταθερό ηλεκτρικό τόξο χωρίς πιτσιλίσματα και διασφαλίζεται η σωστή και ομαλή λειτουργία του. Το αέριο προστασίας εξέρχεται από το ακροφύσιο της λαβίδας μέσω του αγωγού του ακροδέκτη της μηχανής.

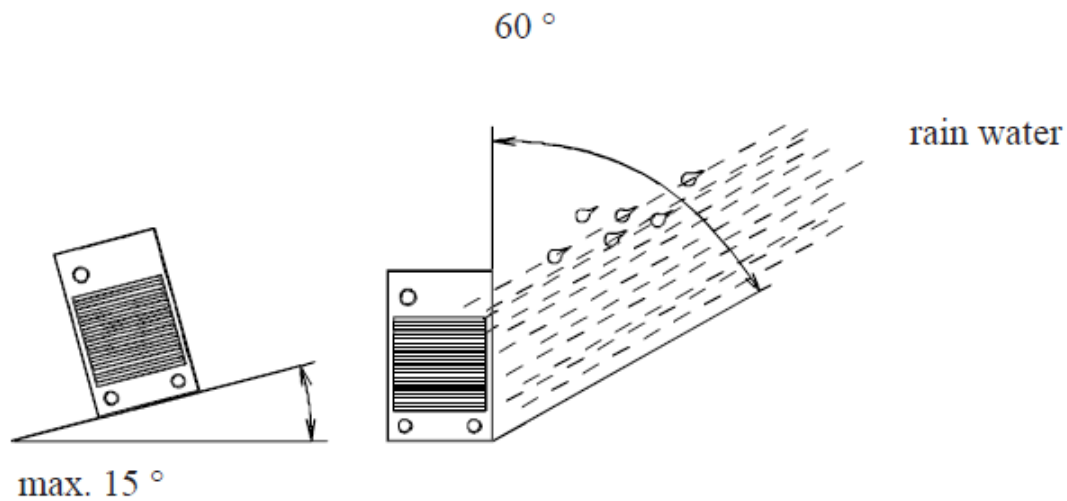
-Στη περίπτωση μας χρησιμοποιήθηκε αέριο προστασίας καθαρό αργόν η ροή του οποίου επιλεχθηκε 15lt/h .



Η μηχανή που χρησιμοποιήσαμε είναι κατάλληλη για υψηλούς ρυθμούς παραγωγής και σε αυτοματοποιημένες εφαρμογές.

Χωροθέτηση της μηχανής

Η μηχανή πρέπει να τοποθετηθεί σε οριζόντια θέση και στεγνή καθαρή και σταθερή επιφάνεια όπου θα έχουμε φροντίσει να μην υπάρχει γύρω σκόνη και ειδικά κοντά στην είσοδο του αέρα ψύξης, διότι πρέπει να διασφαλιστεί η ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα. Ο βαθμός προστασίας της μηχανής είναι IP-23C⁰ και επιτρέπει τη μέγιστη κλίση ώστε το νερό που θα χτυπά στο εξωτερικό περίβλημα να είναι στις 60⁰

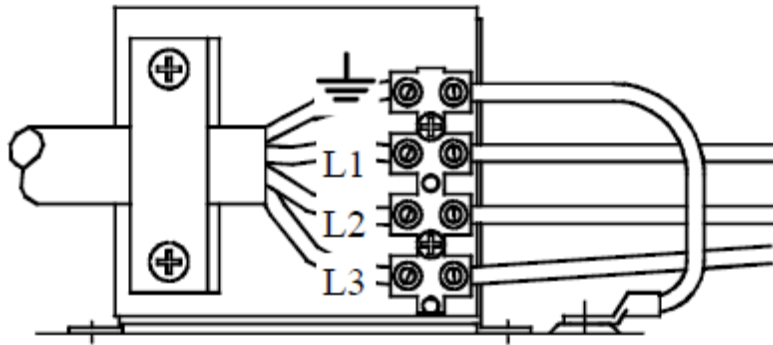


Θα πρέπει να τοποθετηθεί μακριά από τη γραμμή ψεκασμού των σωματιδίων που προκαλούν τα εργαλεία λείανσης και να υπάρχει ελεύθερος χώρος μπρός και πίσω από τη μηχανή ώστε να επιτρέπεται η καλή κυκλοφορία του αέρα ψύξης. Με αυτό τον τρόπο προστατεύουμε τη μηχανή ώστε να μην έρχεται σε απευθείας επαφή με τη βροχή και σε καταστάσεις ηλιοφάνεια που ξεπερνούν τους 25C⁰.

-Η σύνδεση και η αλλαγή του καλωδίου τροφοδοσίας και του βύσματος πρέπει να γίνεται μόνο από έμπειρα χέρια. η διαδικασία είναι η εξής:

Για την τοποθέτηση του καλωδίου τροφοδοσίας αφαιρούμε την αριστερή πλευρική πλάκα η οποία φαίνεται από το μπροστινό μέρος της πηγής ισχύος. Η συγκεκριμένη μηχανή με την οποία λειτουργούμε είναι εφοδιασμένη με 5m καλώδιο τροφοδοσίας χωρίς φως. Στα καλώδια τύπου S υπάρχει προστατευτική γείωση με χρώμα αγωγού κίτρινο και πράσινο. Εισέρχεται στη μηχανή μέσω της εισόδου που βρίσκεται στο πίσω τοίχωμα του μηχανήματος και ασφαλίζεται με ένα σφιγκτήρα. Οι αγωγοί φάσης

του καλωδίου συνδέονται με τις υποδοχές L1,L2,L3.Η γείωση χρώματος πρασίνου συνδέεται στη μηχανή στο βύσμα με την ένδειξη της γείωσης.



Kempri 4000
 Ονομαστική τάση: 230 V- 400V
 Ασφάλειες, καθυστέρηση: 25A - 16A
 Καλώδιο σύνδεσης: 4X6.0 S mm²- 4X2.5 Smm²

-Χρησιμοποιούμε μόνο χάλκινα καλώδια με περιοχή εγκάρσιας διατομής τουλάχιστον 50mm².Στον πίνακα φαίνονται τυπικές ικανότητες φόρτωσης μεμονωμένων καλωδίων χαλκού μονωμένα με καουτσούκ,όταν η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 25C⁰ και η θερμοκρασία αγωγού 85C⁰.

Διατομή καλωδίου	Κύκλος λειτουργίας ED			Απώλεια τάσης /10 m
Χαλκός	100%	60%	40%	Για 100A
50mm ²	285A	370A	450A	0.35V
70mm ²	355 A	460 A	560 A	0.25 V

Δεν πρέπει να υπερφορτώνουμε τα καλώδια συγκόλλησης πάνω από τις επιτρεπόμενες τιμές λόγω των απωλειών τάσης και θέρμανσης.Στρεφωουμε την γείωση της μηχανής προσεκτικά ,κατά προτίμηση απευθείας πάνω στο τεμάχιο που πρόκειται να συγκολληθεί και καθαρίζουμε την επιφάνεια επαφής από χρώμα και οξείδωση.

-Ο τροφοδοτικός μηχανισμός της μηχανής φέρει 4 κυλίνδρους-ράουλα(δυο ζεύγη) και είναι μέσα στη μηχανή.Η μηχανή μας φέρει μονάδα συγχρονισμού και τροφοδοσίας σύρματος K.M.W. η οποία απαιτείται για τη σύνδεση και τη χρήση των μηχανισμών ώθησης έλξης Binzel και Hulftegger.Περιλαμβάνει

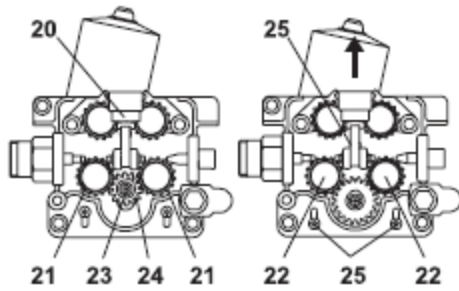
- τον κινητήρα περιστροφής των ραούλων διαμέτρου Φ28mm ο οποίος περιστρέφεται με γραμμική ταχύτητα από 0-18m/min
- ένα οδοντωτό τροχό Φ40mm ο οποίος κινείται με ταχύτητα από 0-25m/min
- τα ράουρατροφοδοσίας υλικού εναπόθεσης και τα στοιχεία στήριξης

-Εξωτερικά βρίσκονται

- τα σημεία σύνδεσης της τσιμπίδας
- οι ρυθμιστές παραμέτρων συγκόλλησης

Στους τροχούς κύλισης(ράουλα) διαμορφώνονται με τέτοιο τρόπο ώστε να φέρουν αυλακώσεις διαμέτρου ανάλογες της διαμέτρου του υλικού εναπόθεσης και ωθούν η

έλκουν το υλικό που βρίσκεται σε μορφή μπομπίνας με ταχύτητες απο 2,5-15 m/min.



Κύλινδροι τροφοδοσίας

Χρώμα	Σύρμα πλήρωσης ϕ mm	(inch)
Λευκό	0.6 mm και 0.8 mm	0.030"
Κόκκινο	0.9/1.0 mm και 1.2 mm	0.035, 0.045 και 0.052"
Κίτρινο	1.4 1.6 mm και 2.0 mm	1/16 και 5/64

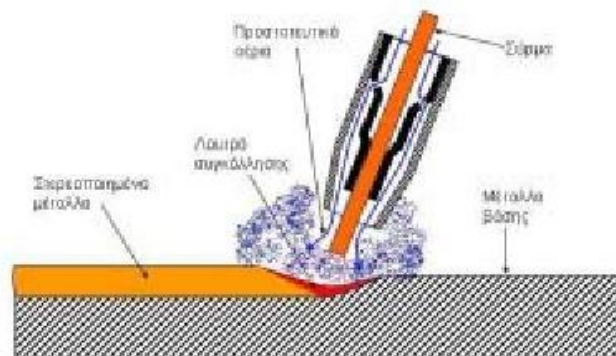


Σωλήνες καθοδήγησης

Χρώμα	Σύρμα πλήρωσης ϕ mm	(inch)
Πορτοκαλί	0.6 -1.6 mm	0.024"-1/16"

MIG/MAG-Συγκόλληση με συμπαγές σύρμα

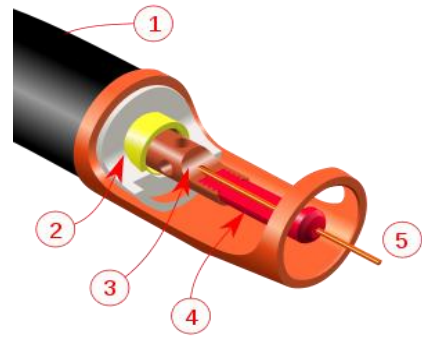
Αυτή γίνεται με συμπαγές σύρμα κάτω από προστατευτική ατμόσφαιρα κάποιου αερίου. Το αέριο είναι αδρανές και γι' αυτό η διαδικασία αυτή είναι γνωστή με την ονομασία **MIG**.



-Κατά τη συγκόλληση MIG πρέπει να υπάρχει σταθερή τάση του τοξου ηλεκτροσυγκόλλησης, η οποία συμβολίζεται ως CV. Αυτή είναι η τάση που εφαρμόζεται

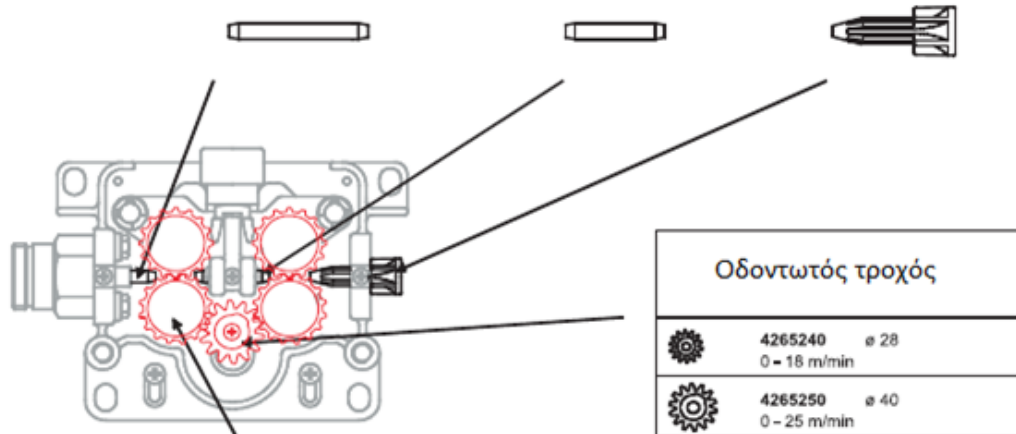
μεταξύ της άκρης του ηλεκτροδίου και του μεταλλού βάσης. Κατα συνέπεια, η μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης πρέπει να εξασφαλίζει σταθερή τάση τόξου.

- 1) λαβή
- 2) Μορφοποιημένο φαινολικό διηλεκτρικό
- 3) Θωράκιση του φυσικού αερίου διαχύτη
- 4) Ακρη επικοινωνίας
- 5) Ακροφύσιο εξόδου



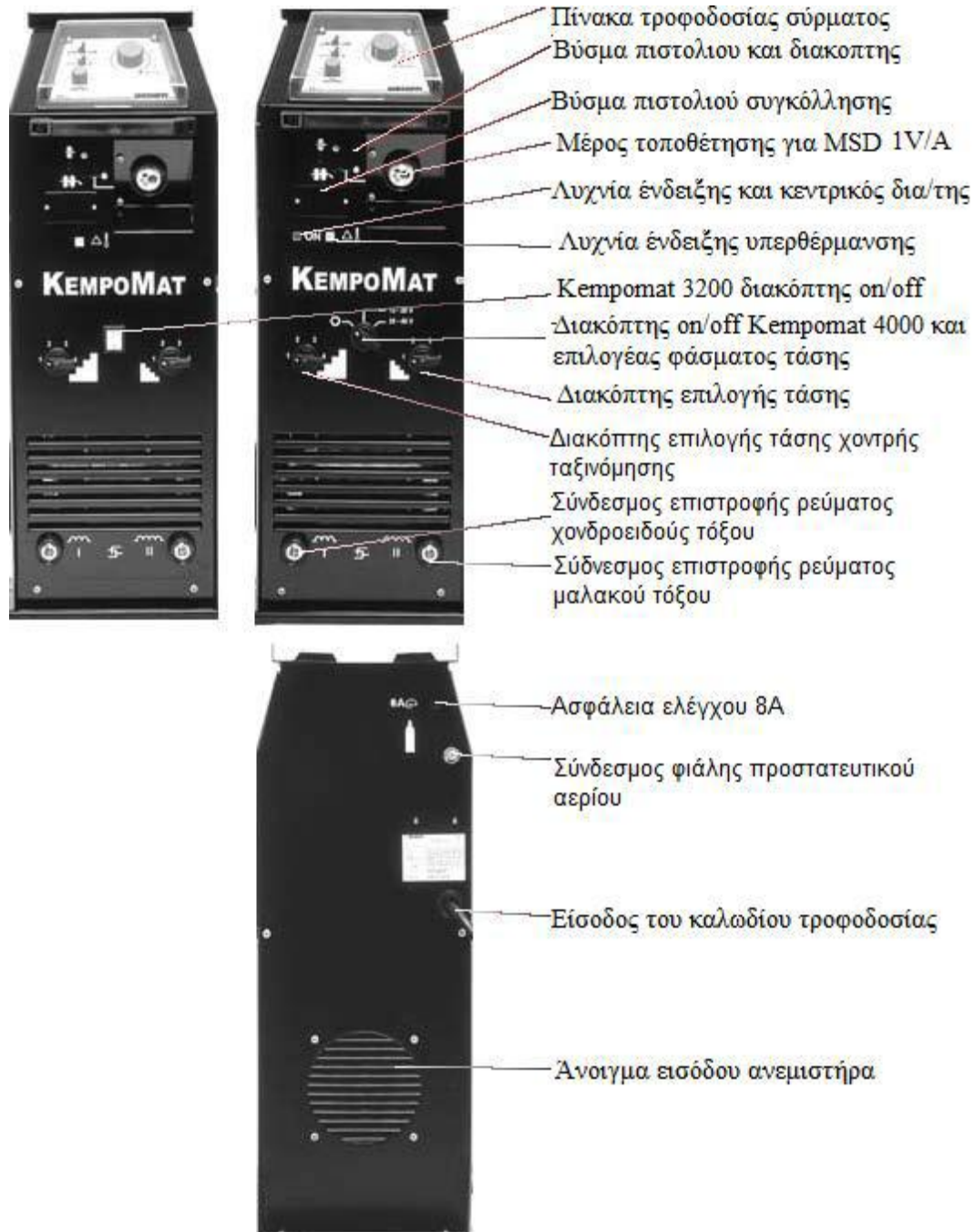
Τεχνικά χαρακτηριστικά και μέρη τροφοδότη μηχανισμού προώθησης σύρματος KEMPR 4000

FE MC FC SSFC	0,6 - 0,8 mm	3134140 # 1 Λευκό	3134120 # 2 Πορτοκαλί	4267220 # 2 Πλαστικό
	0,9 - 1,6 mm	3133700 # 2 Πορτοκαλί		
SS AL	0,8 - 1,6 mm	3134290 # 2 Πορτοκαλί	3134300 # 2 Πορτοκαλί	4267220 # 2 Πλαστικό



		0,6 mm	0,8 mm 0,030"	0,9-1,0 mm 0,035"	1,2 mm 0,045-52"	1,4-1,6 mm 1 / 16"	2,0 mm (5 / 64)
FE SS AL	Αυλάκια με ομαλή επιφάνεια		3133810 Λευκό	3133210 Κόκκινο	3133820 Κίτρινο		
FE FC	Ριγωτά αυλάκια		—	3133940 Κόκκινο	3133990 Κίτρινο		
AL	Αυλάκια με ραβδώσεις -U		—	3133960 Κόκκινο	—		

Διαταξη μηχανής συγκόλλησης ΚΕΜΡΟΜΑΤ 4000



Κεμπρι 4000

Κεντρικός διακόπτης	Μεγάλο φάσμα έλεγχου	Μικρό φάσμα έλεγχου	Τάση ανοιχτού κυκλώματος
15 - 28 V	1 / 4	1 / 4 - 4 / 4	15,9 - 17,3 V
15 - 28 V	2 / 4	1 / 4 - 4 / 4	17,9 - 19,7 V
15 - 28 V	3 / 4	1 / 4 - 4 / 4	20,4 - 22,8 V
15 - 28 V	4 / 4	1 / 4 - 4 / 4	23,7 - 27,0 V
28 - 48 V	1 / 4	1 / 4 - 4 / 4	28,2 - 30,7 V
28 - 48 V	2 / 4	1 / 4 - 4 / 4	31,6 - 34,8 V
28 - 48 V	3 / 4	1 / 4 - 4 / 4	36,0 - 40,1 V
28 - 48 V	4 / 4	1 / 4 - 4 / 4	41,7 - 47,3 V



Πρωτα πρέπει να επιλέξουμε απο τον κεντρικό διακόπτη μια απο τις δυο κλίμακες, οι οδηγίες για την επιλογή τάσης συγκόλλησης φαινονται στον πίνακα στην εσωτερικη πλευρά του κουτιού της μονάδος.

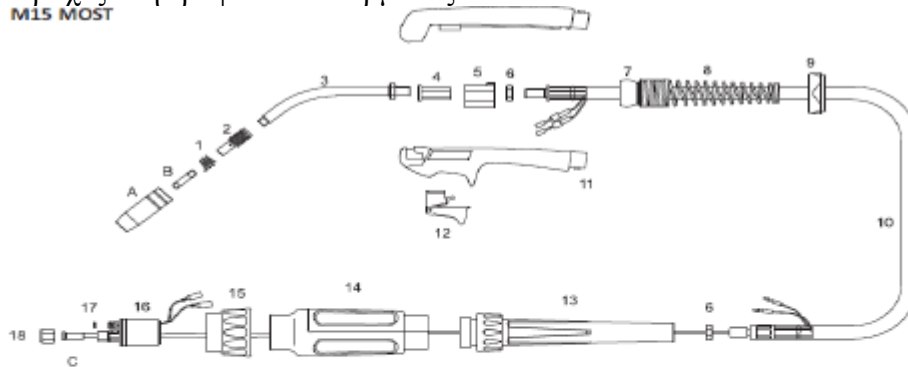
-Στη μηχανη την οποία χρησιμοποιούμε υπάρχουν κάποιες ενδεικτικές λυχνίες.

- η πράσινη δείχνει οτι το μηχανημα είναι σε λειτουργία και είναι πάντα ενεργεία.
- Η κιτρινη λυχνία θερμικής προστασίας φωτίζεται όταν η μηχανή συγκόλλησης έχει υπερθερμανθεί. Αυτό συμβαίνει όταν οι τιμές τάσης λειτουργίας είναι πάνω απο το όριο του κατασκευαστή και όταν η λειτουργία του ανεμιστήρα ψύξης παρεμποδίζεται η υπολειτουργεί.



-Ο ανεμιστήρας ψύξης της μηχανής ξεκινά και σταματά ανάλογα τη χρήση της μηχανής. Ενεργοποιείται 30 sec μετα την εκκίνηση της συγκόλλησης και απενεργοποιείται 5-10 λεπτα μετα το τελος της. Αν η μηχανή κρίνει πως οι συνθήκες είναι ακραίες, τότε ενεργοποιεί τον θερμοστάτη ασφαλείας και η μηχανή σταματά να λειτουργεί.

-Η λαβίδα συγκόλλησης είναι το πιο βασικό εξάρτημα της συσκευής. Πρέπει να προσφέρουν υψηλή ποιότητα για να είναι πάντα η συγκόλληση απαλή και λεία. Υπάρχουν λαβίδες για χειροκίνητη και ημιαυτόματη συγκόλληση, αερόψυχτες και υδρόψυχτες οι οποίες χρησιμοποιούνται για μεγάλες εντάσεις ρεύματος. Επειδή το ηλεκτρόδιο προωθείται κατά τη διάρκεια συνεχώς, η λαβίδα πρέπει να διαθέτει απαραίτητα ολισθαίνουσα ηλεκτρική επαφή για τη διοχέτευση ρεύματος. Πρέπει επίσης να διαθέτει ακροφύσιο για την παροχή αερίου προστασίας το οποίο θα πρέπει να καθαρίζεται και να λυπαίνεται συχνά. Προκειμένου να διασφαλιστεί η σωστή λειτουργία της λαβίδας κατά τη συγκόλληση, ελέγχουμε τις οδηγίες και πιστοποιούμε ότι ο οδηγός κατεύθυνσης σύρματος και το άκρο επαφής είναι σύμφωνο με αυτό που προτείνει ο κατασκευαστής. Ένας πάρα πολύ σφιχτός οδηγός κατεύθυνσης σύρματος θα μπορούσε να προκαλέσει στη μονάδα τροφοδοσίας μεγαλύτερη πίεση καθώς και διαταραχές στη τροφοδοσία σύρματος.



Τα μέρη από τα οποία αποτελείται η τσιμπίδα είναι:

A.A	Περιγραφή
A	1. Φλογοκρύπτης αερίου ίσιος Φ16
A.1	2. Φλογοκρύπτης αερίου κωνικός
A.2	3. Φλογοκρύπτης αερίου κυλινδρικός Φ9,5
1	Ελατήριο
2	Διανομέας αερίου
3	Λαίμος τσιμπίδας
3.1	Λαίμος τσιμπίδας χωρίς φλογοκρύπτη και άκρο
4	Εξάγωνος μαστός
5	Σώμα ενωτικού
6	Παξιμάδι (κόντρα)
7	Σπαστός σύνδεσμος
8	Ελατήριο προστασίας καλωδίου
9	Πλαστικός δακτύλιος λαβής
10	Καλώδιο συγκόλλησης
11	Σώμα λαβής τσιμπίδας
12	Σκανδάλη
13	Ελαστικό περίβλημα προστασίας καλωδίου
14	Σώμα βύσματος
15	Παξιμάδι βύσματος
16	Βύσμα αυτοτελές
17	O-ring
18	Παξιμάδι εσωτερικής επένδυσης
B	Μπέκ
C	Ντίτζες για τσιμπίδες M.I.G-M.A.G

Η τσιμπίδα συγκόλλησης που χρησιμοποιήθηκε στο πείραμα



Ακροφύσιο αερίου

1. 4295760*	Standard / M8
2. 4295760L	Long
3. 4295760C	Conical
4. 4294970	Standard / M6

Ακρο επαφής

9580123*	1.0 / M8
----------	----------

Προσαρμογέας άκτου επαφής

4295740*	M8
4294890	M6

Διαχύτης αερίου

4294880*	
4294880CER	

1. Λαιμός 50°

3146800	MMT 30W/PMT 30W/W5 30W
---------	------------------------

2. Λαιμός 50°

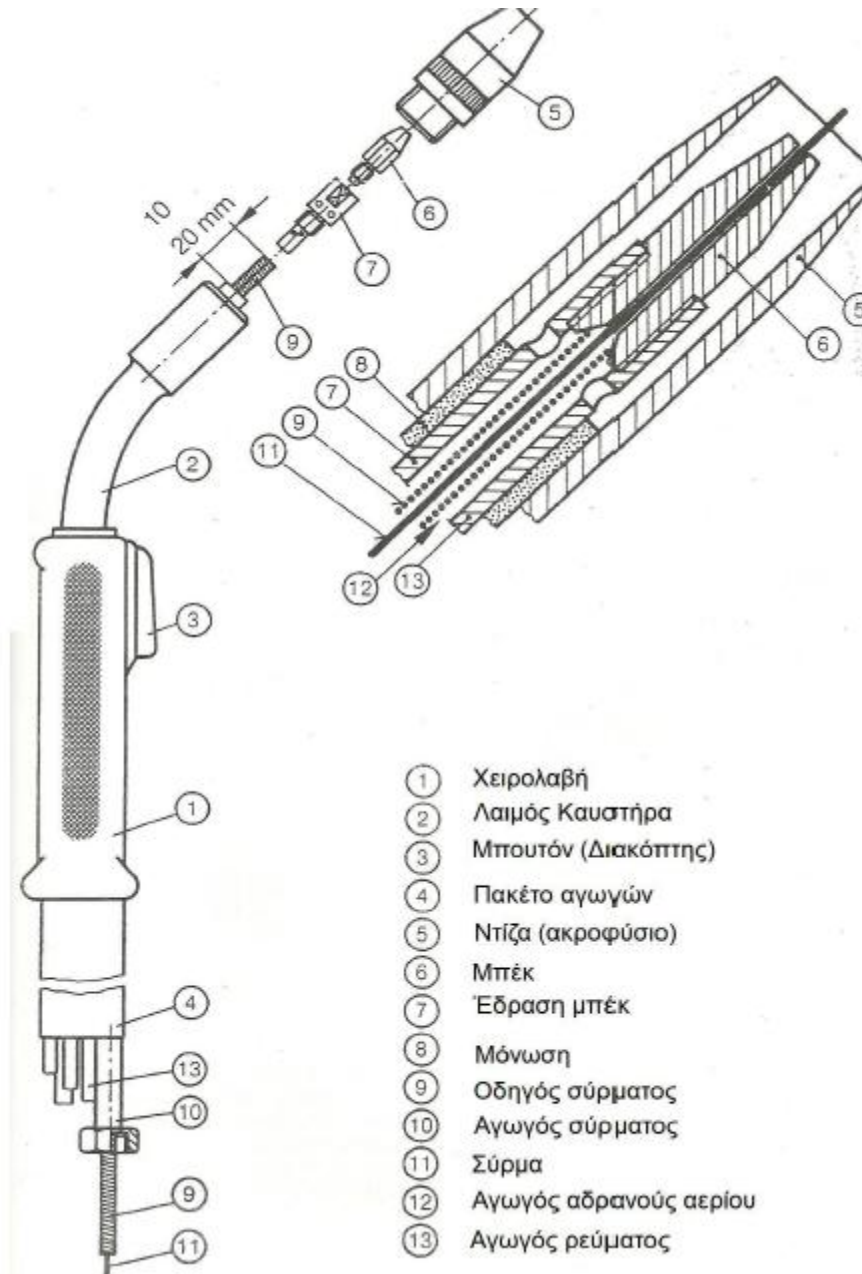
3146780	FE 27/MMT 27/PMT 27 FE 32/MMT 32/PMT 32
---------	--

Επενδύσεις καλωδίων

4188581*	Spiral	0.9...1.2	3m/red
4188582*	Spiral	0.9...1.2	4.5m/red
W006453*	Spiral	0.9...1.2	3.5 m/red
W006454*	Spiral	0.9...1.2	5 m/red

Suitable liners: white, red, yellow, DL-Teflon.

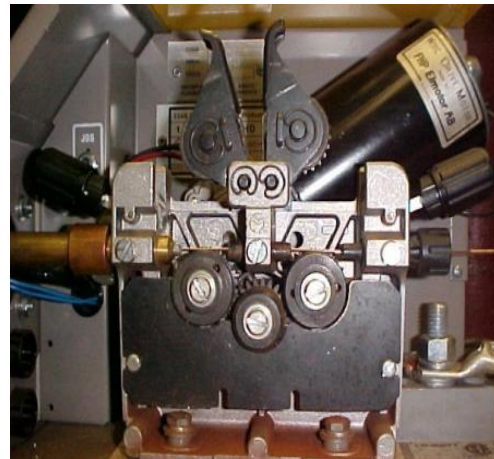
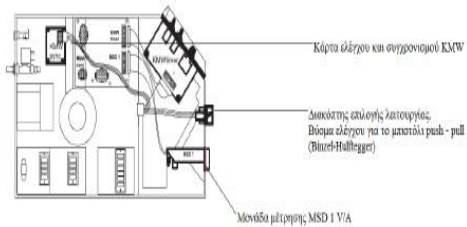
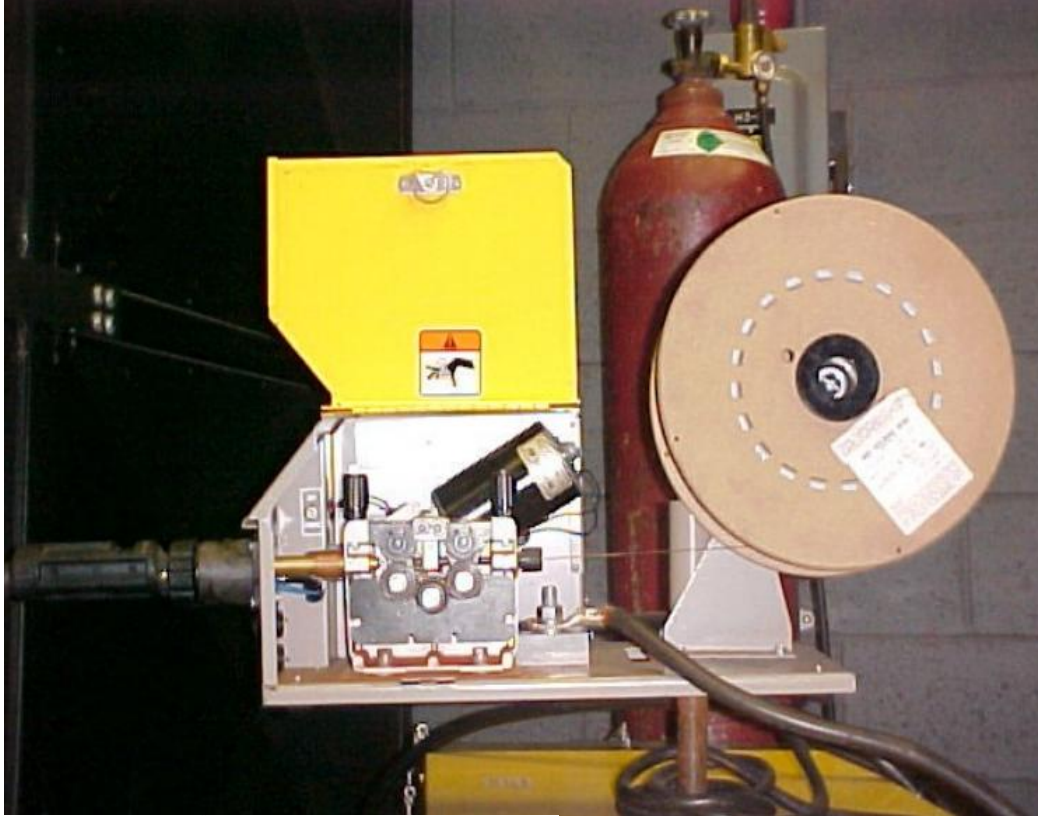
* Standard delivery/WeldSnake according to filler wire.



Η προσαρμογή της λαβίδας γίνεται με ειδικό ακροδέκτη και βρίσκεται επάνω στη μονάδα προώθησης σύρματος.

-Μονάδα συγχρονισμού και τροφοδοσίας σύρματος

Η λαβίδα push – pull είναι πιο συχνά χρησιμοποιούμενη κατά την τροφοδοσία ακροδεκτών μεγαλύτερων των 5 μέτρων στη συγκόλληση χαλκού. Το ποντεσιόμετρο της λαβίδας push – pull συνδέεται με το βυσμα amphenol, το οποίο βρίσκεται επάνω στο εμπρόσθιο τμήμα της μηχανής.



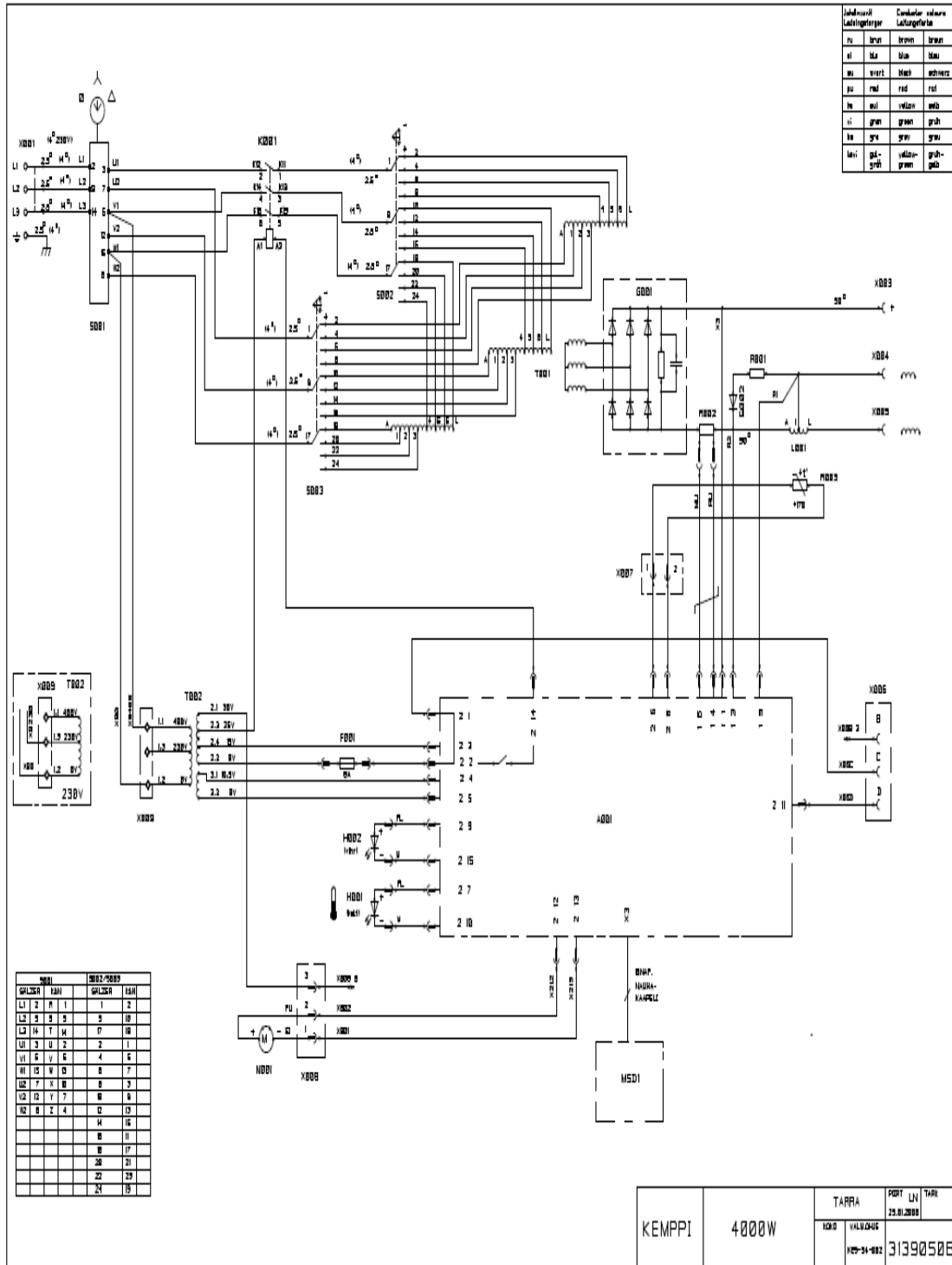
-Ενα ακόμα εξάρτημα της μηχανής μας είναι η θήκη της λαβίδας



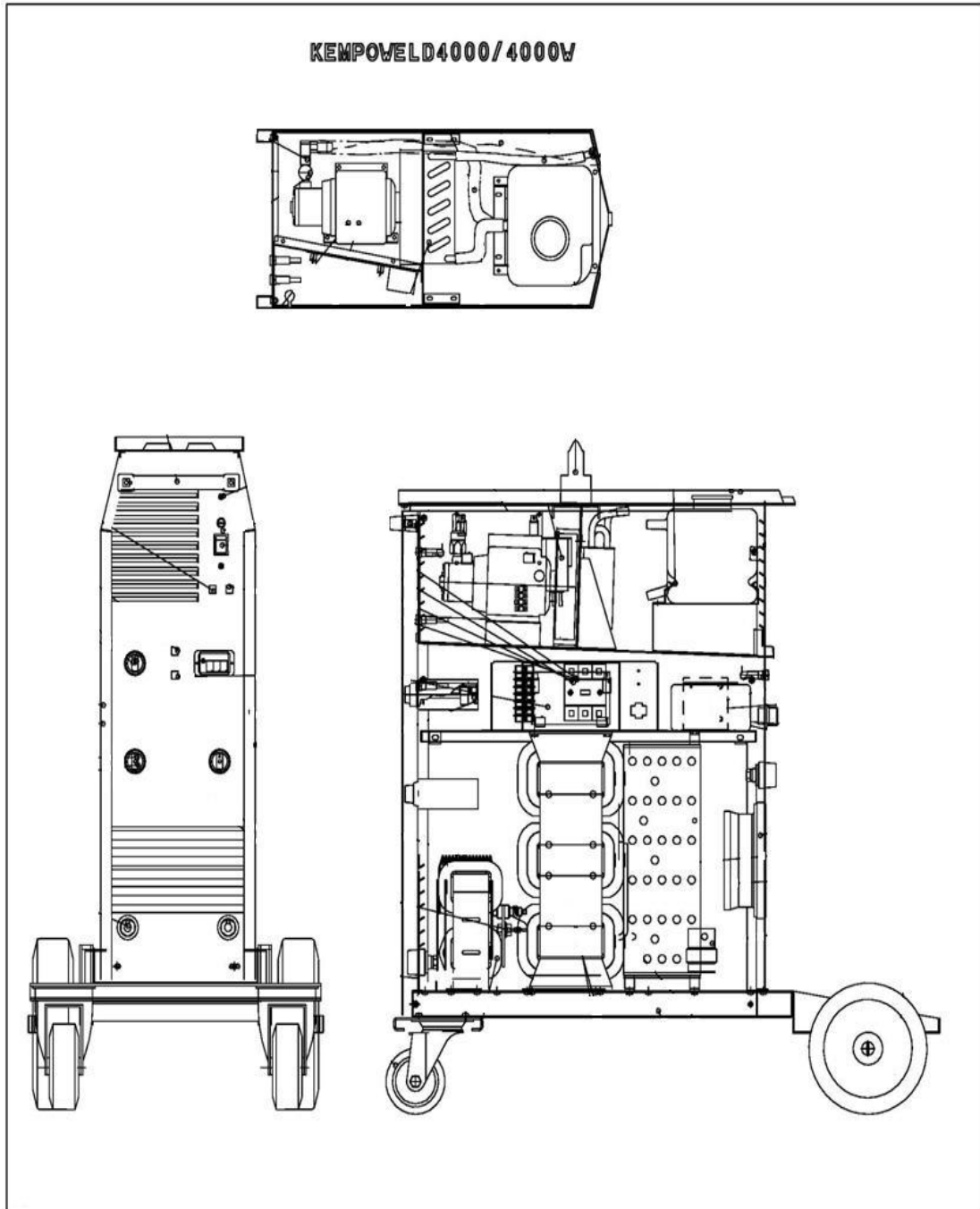
Τεχνικά στοιχεία μηχανής KEMPR 400

Ονομαστική τάση	230 V, 400 V
Τάση σύνδεσης	
3~ 400 V	380 V -10%...415 V +6%
3~ 230 V	220 V -10%...240 V +6%
Ικανότητα σύνδεσης	
230 V / 400 V	
40 % ED	18.5 kVA
60 % ED	13.5 kVA
100 % ED	9.0 kVA
Ικανότητα φόρτωσης (ονομαστικές τιμές)	
40 % ED	400 A / 34 V
60 % ED	325 A / 30 V
100 % ED	260 A / 27 V
Εύρος ελέγχου	40 - 400 A / 15 - 34 V
Βήματα τάσης	32 steps
Μέγιστη τάση ανοιχτού κυκλώματος	48 V
Αποδοτικότητα	400 A / 34 V 80 %
Συντελεστής ισχύος	400 A / 34 V 0.95
Ασφάλεια	8 A Καθυστέρηση
Μονάδα τροφοδοσίας σύρματος	4-Κινητήριους τροχούς
Διάμετρος του κυλίνδρου τροφοδοσίας	32 mm
Ταχύτητα τροφοδότησης σύρματος	0-18 m / min
Καλώδια Πλήρωσης	0-25 m / min
∅ Fe (Σίδηρος)	0.6-1.2 mm
∅ Σύρματα με πυρήνα	0.8-1.6 mm
∅ Al (Αλουμίνιο)	1.0-1.6 mm
Κύλινδρος τροφοδοσίας	
Μέγιστο βάρος	20 kg
Μέγιστο μέγεθος	∅ 300 mm
Υποδοχή μπιστολιού	Euro
Κατηγορία θερμοκρασίας	H (180 °C)
Θερμοκρασία λειτουργίας	-20...+40 °C
Όρια θερμοκρασίας αποθήκευσης	-40...+60 °C
Βαθμός προστασίας	IP 23C
Εξωτερικές διαστάσεις	
Πλάτος	480 mm
Ύψος	970 mm
Βάρος	130 kg

Ηλεκτρονικό κύκλωμα ΚΕΜΠΡΙ 4000



Τομή μηχανής



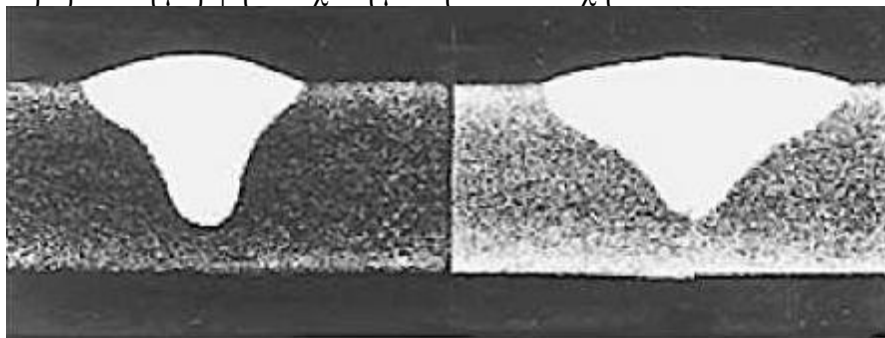
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Αέρια προστασίας

-Τα αέρια σταθεροποιούν το τόξο και ρυθμίζουν το βάθος διείσδυσης. Όπως αναπτύχθηκε στα επενδυμένα ηλεκτρόδια, κάτι ανάλογο γίνεται και με τα προστατευτικά αέρια. Διατηρώντας δηλαδή την ίδια ποιότητα σύρματος και αλλάζοντας μόνο το προστατευτικό αέριο, μεταβάλλουμε τα χαρακτηριστικά της συγκόλλησης. Σκοπός των προστατευτικών αερίων είναι η προστασία των υπό συγκόλληση κομματιών από το οξυγόνο της ατμόσφαιρας. Το αέριο μπορεί να είναι αδρανές, δραστικό ή μείγμα και των δυο. Η ροή του αερίου είναι μεταξύ 0.71-0.99 m³/h. Αργόν, ήλιο και διοξείδιο του άνθρακα είναι τα τρία κύρια αέρια που χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση GMAW. Τα αέρια επηρεάζουν τη συγκόλληση ως εξής:

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

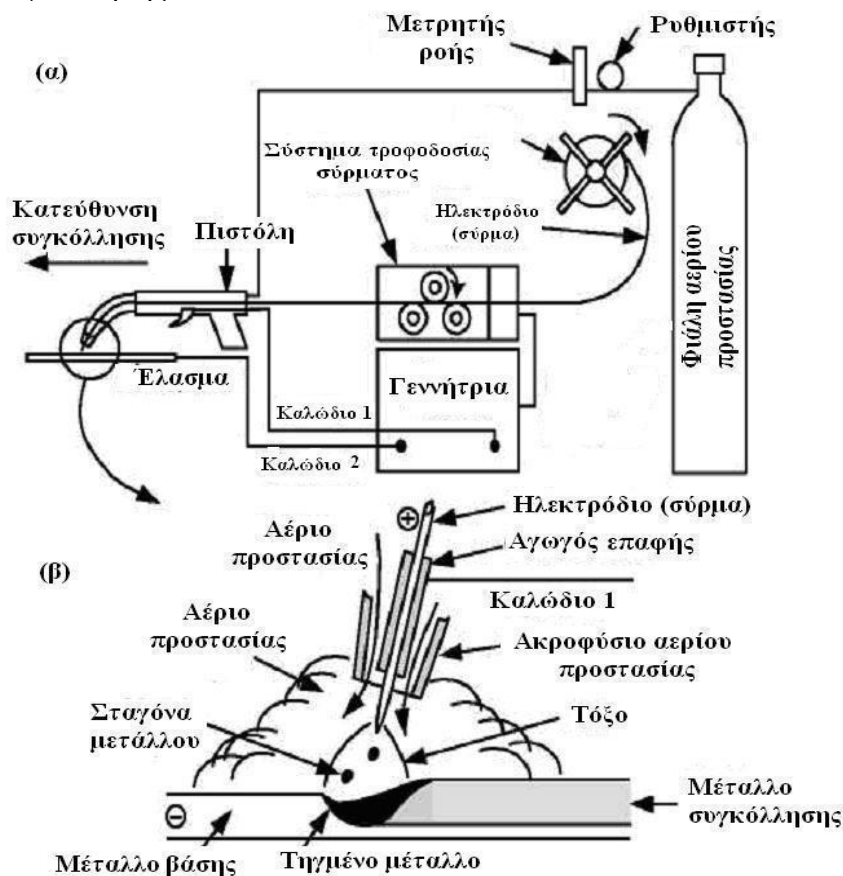
-Το αργό, το ήλιο και τα μίγματά τους χρησιμοποιούνται ως αέρια προστασίας για τα μη σιδηρούχα μέταλλα, καθώς επίσης και για τους ανοξείδωτους και κραματωμένους χάλυβες. Η ενέργεια σε ένα τόξο του αργού διαδίδεται λιγότερο ομοιόμορφα σε σχέση με το τόξο του ηλίου, λόγω της χαμηλότερης θερμικής αγωγιμότητας του Ar. Όμως, το τόξο πλάσματος του Ar διαθέτει έναν πυρήνα υψηλής ενέργειας με έναν εξωτερικό μανδύα μικρότερης θερμικής ενέργειας. Αυτή η μορφή του πλάσματος, βοηθά στη σταθερή μεταφορά σταγόνων μετάλλου κατά τον άξονα του τόξου. -Η εγκάρσια διατομή μιας συγκόλλησης με τόξο πλάσματος Ar, έχει μια στενότερη παραβολική μορφή σε σχέση με την αντίστοιχη του He.



με Ar (αριστερά) και με 75% Ar-25% He (δεξιά)

-Στο χαλκό, το He ως αέριο προστασίας μπορεί να παράγει εκτινάξεις, ενώ το Ar μπορεί να προκαλέσει αβαθή διείσδυση. Η προσθήκη του O₂ (περίπου 3%) ή του CO₂ (περίπου 9%) στο Ar περιορίζει τα προβλήματα. Όμως, το CO₂ προκαλεί αρκετές εκτινάξεις, γι' αυτό και χρησιμοποιείται μια σχετικά χαμηλή τάση ώστε να διατηρήσει ένα μικρού μήκους τόξο, στο οποίο η άκρη του ηλεκτροδίου είναι σχεδόν κάτω από την επιφάνεια των κομματιών προς κατεργασία.

-Η συγκόλληση με τηκόμενο ηλεκτρόδιο και προστασία αερίου, είναι μια μέθοδος όπου η απαιτούμενη θερμότητα προέρχεται από ένα τόξο που σχηματίζεται μεταξύ ενός συνεχώς τηκόμενου ηλεκτροδίου (σύρμα χωρίς επένδυση) και του προς συγκόλληση μετάλλου.



(α) συνολική διαδικασία
 (β) μεγέθυνση της περιοχής συγκόλλησης

-Η προστασία (του τόξου και του τηγμένου μετάλλου της συγκόλλησης) επιτυγχάνεται συνήθως με τη χρησιμοποίηση αδρανών αερίων όπως το αργό και το ήλιο, γι' αυτό αυτή η μέθοδος ονομάζεται και MIG (Metal-Inert Gas). Όμως, επειδή χρησιμοποιούνται και μη αδρανή αέρια, ιδιαίτερα το CO₂, το όνομα GMAW φαίνεται να είναι το πιο κατάλληλο.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Υλικά εναπόθεσης συγκολλήσεων

Τα επενδυμένα ηλεκτρόδια υπάρχουν σε μήκη 350-450 mm και στις διαμέτρους που φαίνονται στον πίνακα. Η διάμετρος ενός ηλεκτροδίου μετριέται χωρίς την επένδυση, δηλαδή είναι η διάμετρος του μεταλλικού πυρήνα του ηλεκτροδίου.

Πίνακας (8-2): Ονομαστική διάμετρος επενδυμένων ηλεκτροδίων									
mm	1,6	2	2,5	3,2	4	5	6,4	7	8
Ίντσες (")	1/16	5/64	3/32	1/8	5/32	3/16	1/4	9/32	5/16

Συνήθως έχουμε μόνο 4 είδη υλικών που χρησιμοποιούνται στην πάστα των ηλεκτροδίων που είναι τα εξής:

-Κυτταρίνη: Εκτελείται συγκόλληση σε όλες τις θέσεις με βαθιά διείσδυση. Η ραφή έχει κοίλη μορφή. Μπορούν να γίνουν καλές συγκολλήσεις, ακόμη και όταν υπάρχουν σκουριές.

-Ρουτίλιο: Μέτρια διείσδυση, αλλά εύκολη η χρήση των ηλεκτροδίων (μαλακό τόξο). Η ραφή είναι κυρτή. Τα προς συγκόλληση άκρα πρέπει να είναι χωρίς σκουριές.

-Βασική επένδυση: Χρησιμοποιείται στις περιπτώσεις που απαιτείται η συγκόλληση να έχει μεγάλη αντοχή. Η ραφή είναι κυρτή. Τα ηλεκτρόδια είναι δύσκολα στη χρήση τους και απαιτούν εμπειρία. Η προς συγκόλληση επιφάνεια πρέπει να είναι καθαρή.

-Οξειδίο του Fe: Δίνει επίπεδη επιφάνεια ραφής και προσφέρεται για γωνιακές συγκολλήσεις και επικαλύψεις ελασμάτων. Η ραφή είναι μέτριας αντοχής, επειδή περιέχει φυσαλίδες CO₂.

Επίσης, στα ηλεκτρόδια κυτταρίνης, ρουτιλίου και στα βασικά, προστίθεται ένας σταθεροποιητής τόξου ο οποίος βελτιώνει τις ιδιότητές τους. Υπάρχουν δύο είδη σταθεροποιητών:

-Νάτριο (υπό μορφή αλάτων): Αυξάνει τη διεισδυτικότητα, αλλά περιορίζει τις δυνατότητες χρήσης διαφορετικών ηλεκτρικών πηγών.

-Κάλιο (υπό μορφή αλάτων): Βελτιώνει το τόξο, καθιστά την ηλεκτροσυγκόλληση ευκολότερη, με λιγότερο θόρυβο και μικρότερη ένταση ρεύματος. Λειτουργεί με οποιοδήποτε ρεύμα (AC, DC+, DC-). Έτσι, το ηλεκτρόδιο ρουτιλίου, με σταθεροποιητή το κάλιο είναι πολύ εύκολο στη χρήση. Γενικά τα ηλεκτρόδια θερμής συγκόλλησης είναι κυρίως χυτευτά, φέρουν επιφανειακή επίστρωση χαλκού ή Αργύρου. Συχνά χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια με πυρήνα χυτοσιδήρου και πρεσαριστή επένδυση, η οποία μεταλλουργικώς επιδρά θετικά στη συγκόλληση.

Κατά τη θερμή ή ημίθερμη συγκόλληση χρησιμοποιείται πρόσθετα προστατευτική σκόνη η οποία :

-**Βοηθάει** στην καλύτερη ρευστοποίηση του μάνιου.

-**Διαλύει** διάφορα ανεπιθύμητα οξειδία, τα οποία στη συνέχεια μεταφέρονται στην επιφάνεια του μάνιου απ' όπου και απομακρύνονται εύκολα μετά την πήξη.

-**Διευκολύνει** τη σύνδεση βασικού μετάλλου με υλικό εναπόθεσης. Επειδή η παραπάνω σκόνη είναι υδροσκοπική πρέπει πριν χρησιμοποιηθεί να γίνεται κάποια αποξήρανση η στέγνωμα όπως γίνεται και στα βασικά ηλεκτρόδια. Το ίδιο ισχύει και όταν η σκόνη δεν χρησιμοποιείται υπό τη μορφή της, αλλά βρίσκεται ως επένδυση στην επιφάνεια του ηλεκτροδίου.

- Τα ηλεκτρόδια θερμής και ημίθερμης συγκόλλησης προδιαγράφονται στο DIN 8573. Η διάμετρος τους κυμαίνεται από 4-12mm και για μεγαλύτερες επιδόσεις έως 20 mm και άνω.

-Οι τρόποι εναπόθεσης με επένδυση όπου συστατικά της εξαχνώνονται ή παράγουν αέρια που ιονιζόμενα σταθεροποιούν το τόξο.

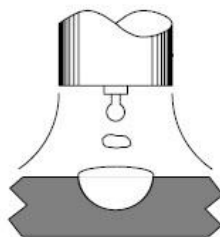
Τα ιονιζόμενα αέρια «καθοδηγούν» τα σταγονίδια του τήγματος, ώστε να είναι δυνατή

η εναπόθεση υλικού, ενάντια στη βαρύτητα, ενώ η παραγόμενη παχύρρευστη σκωρία συγκρατεί το ρευστό μέταλλο στη θέση του

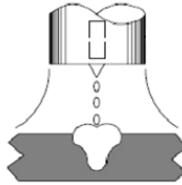
-Μέθοδοι εναπόθεσης υλικού

Το τηγμένο μέταλλο στην άκρη του ηλεκτροδίου μπορεί να μεταφερθεί στο λουτρό της συγκόλλησης με 3 διαφορετικούς τρόπους

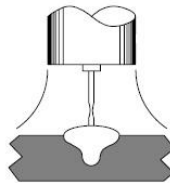
- **Με σταγονες μετάλλου**, με διάμετρο ίδια η και μεγαλύτερη από αυτή του ηλεκτροδίου, όπου μεταφέρονται μέσα στο τόξο με την επίδραση της βαρύτητας. Η μεταφορά ξεκινά όταν αυξηθεί η τάση, οπότε η δημιουργία ισχυρών εντάσεων ηλεκτρικού ρεύματος έχει ως συνέπεια να ελκύονται υψηλά ποσά θερμότητας. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργούνται σταγόνες που η διάμετρος τους είναι αρκετά μεγαλύτερη από τη διάμετρο του σύρματος, οι οποίες αποσπώνται από την άκρη του πριν ακόμη προλάβει αυτό να ακούμπήσει στο μέταλλο βάσης. Το επιθυμητό είναι οι σταγόνες να εναποτίθενται στο λουτρό συγκόλλησης, αλλά αυτό δεν συμβαίνει πάντα. Οι δυνάμεις που επενεργούν στις σταγόνες και τις κάνουν να αποσπώνται από το άκρο του σύρματος είναι η βαρύτητα και οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις. Η μεταφορά υλικού με σταγόνες γίνεται με ορθή πολικότητα.



- Με ψεκασμό.** Πάνω από μια κρίσιμη τιμή του ρεύματος συγκόλλησης συνήθως πάνω από 250A και ανάστοφη πολικότητα, μικρές σταγόνες μετάλλου μεταφέρονται μέσα στο τόξο με την επίδραση ηλεκτρομαγνητικής δύναμης, με μεγαλύτερη ταχύτητα και συχνότητα απ' ό,τι στο μηχανισμό με σταγόνες. Με τη μεταφορά με ψεκασμό ο ενδεικτικότερος μηχανισμός είναι όταν χρησιμοποιείται το διοξείδιο του άνθρακα (CO_2) και το μίγμα αερίου είναι το $\text{Ar} + 1-3\% \text{O}_2$. Έτσι με αυτή τη μεθοδο έχουμε καλύτερη ραφή συγκόλλησης. Χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση μεγάλου πάχους ελασμάτων. Ακόμη είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για συγκολλήσεις σε επίπεδη θέση, λόγω του μεγάλου λουτρού τήγματος



- Μεταφορά με βραχυκύκλωση τόξου.** Σταγόνες λιωμένου μετάλλου μεταφέρονται από τη άκρη του ηλεκτροδίου στο λουτρό τήγματος, όταν αυτό ακουμπά την επιφάνεια του λουτρού (short-circuit). Απαιτεί πολύ χαμηλής έντασης ρεύμα και μικρή διάμετρο σύρματος, παράγοντας μικρό λουτρό τήγματος, οποίο στερεοποιείται γρήγορα. Αυτό είναι επιθυμητό για τη συγκόλληση λεπτών τμημάτων σε όλες τις θέσεις συγκόλλησης, καθώς επίσης και υλικών μεγάλου πάχους σε κατακόρυφη και υπεράνω θέσεις



Πλεονεκτήματα

- Είναι πολύ καθαρή μέθοδος, λόγω της χρήσης προστατευτικού αερίου
- Επιτυγχάνονται πολύ υψηλότεροι ρυθμοί απόθεσης
- Μπορούν να συγκολληθούν μεγαλύτερου πάχους ελάσματα με υψηλότερες ταχύτητες
- Μπορεί να χρησιμοποιηθεί διεργασία διπλού σύρματος προκειμένου να αυξηθεί ακόμη περισσότερο ο ρυθμός απόθεσης
- Το γεγονός ότι το τόξο είναι μικρού μήκους και σταθερό, καθιστά ευκολότερη τη συγκόλληση (δεν απαιτείται ιδιαίτερη δεξιοτεχνία)
- Μεγάλα κενά μπορούν να γεμισθούν ή να γεφυρωθούν με ευκολία
- Μπορεί να γίνει συγκόλληση σε όλες τις θέσεις
- Δεν απαιτείται αφαίρεση σκουριάς
- Παράγονται ραφές υψηλής ποιότητας
- Υπάρχει μικρότερη επίδραση στη δομή των υπό συγκόλληση μεταλλικών κομματιών

Μειονεκτήματα

- Επειδή το πιστόλι ηλεκτροσυγκόλλησης με προστατευτικό αέριο είναι αρκετά ογκώδες, είναι δύσκολο να φτάσει σε μικρές επιφάνειες και γωνίες.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

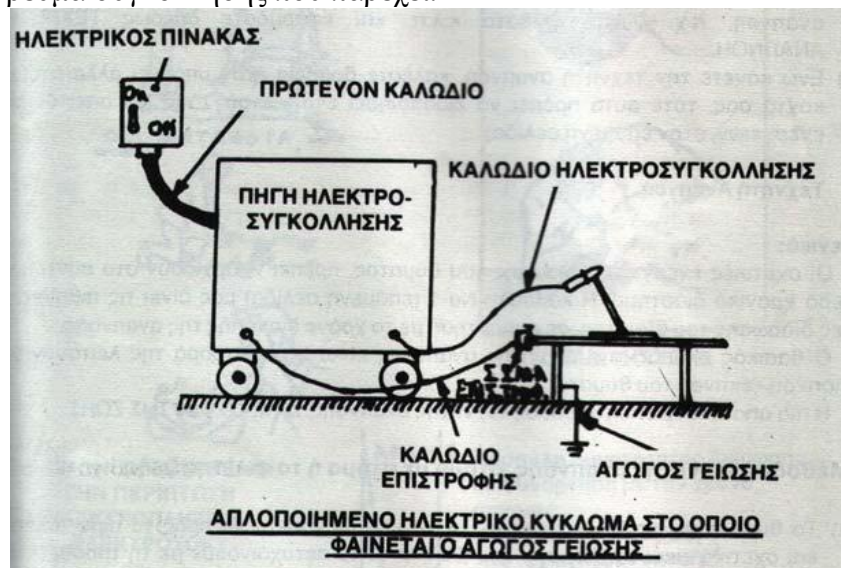
Ρευμά συγκόλλησης

-Η μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης λαμβάνει από το δίκτυο της Δ.Ε.Η. μια παροχή εναλλασσομένου ρεύματος με τάση λειτουργίας 220V ή 380V και μέσα από διατάξεις παρέχει ρεύμα συγκόλλησης με διάφορα χαρακτηριστικά:

- Ρεύμα συνεχές
- εναλλασσομένο με τάση εξόδου από 15V-45V (για λόγους προστασίας)
- υψηλής έντασης που χαρακτηρίζεται ως συνεχές ρεύμα συγκόλλησης.

-Οι στατές μηχανές έχουν διάταξη μετασχηματιστή, εάν πρόκειται για εναλλασσομένο ρεύμα συγκόλλησης ή σύστημα μετασχηματιστή-ανορθωτή προκειμένου για συνεχές ρεύμα συγκόλλησης. Αντίθετα, οι περιστροφικές μηχανές χρησιμοποιούν σύστημα ηλεκτρικού κινητήρα γεννήτριας.

-Όταν η μηχανή είναι συνδεδεμένη στο δίκτυο αλλά δεν συγκολλά, τότε στην έξοδό της, δηλ. Μεταξύ της τσιμπίδας του ηλεκτροδίου και της γείωσης έχουμε μια τάση που καλούμε «τάση εν κενώ», όπου σημαίνει ότι δεν συνδέεται κανένα εξωτερικό φορτίο στους ακροδέκτες του κυκλώματος, ή ακόμα «τάση ανοιχτού κυκλώματος» που μπορεί να κυμανθεί από 50V έως 100V ανάλογα με το είδος της μηχανής και το ρεύμα συγκόλλησης που παρέχει.



Οι επιτρεπόμενες «τάσεις εν κενώ» είναι:

I. Ημιαυτόματες μηχανές συγκόλλησης

- Εναλλασσόμενο ρεύμα 80V
- Συνεχές ρεύμα 80V-100V (ανάλογα με την διακύμανση)

II. Αυτόματες μηχανές συγκόλλησης

- Εναλλασσόμενο ρεύμα 100V
- Συνεχές ρεύμα 100V

-Η σχετικά υψηλή αυτή τάση είναι αναγκαία για τη δημιουργία ιονισμού (δηλ. να μετατρέψουμε τον αέρα από κακό αγωγό του ηλεκτρισμού σε αγωγίμο μέσο για την κυκλοφορία ηλεκτρικού ρεύματος) στον μεταξύ του ηλεκτροδίου και του προς συγκόλληση σώματος αέρα και στη συνέχεια την τήξη του ηλεκτροδίου, ώστε να αρχίσει το τόξο να λειτουργεί.

-Οι μηχανές των ηλεκτροσυγκολλήσεων περιλαμβάνουν δύο ηλεκτρικά κυκλώματα: το **πρωτεύον ή εισόδου** και το **δευτερεύον ή εξόδου**. Το πρωτεύον βρίσκεται στην τάση του δικτύου διανομής, κάθε επαφή με το οποίο προκαλεί κίνδυνο ηλεκτροπληξίας. Το ίδιο θα συμβεί και στην περίπτωση επαφής με μη γειωμένο μεταλλικό μέρος της μηχανής που βρέθηκε σε τυχαία επαφή με το πρωτεύον.

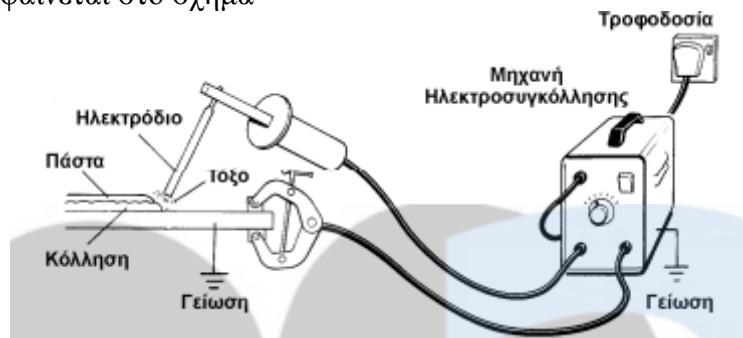
Σχεδόν όλες οι διεργασίες συγκόλλησης GMAW διενεργούνται με συνεχές ρεύμα και αντίστροφη πολικότητα, γνωστό ως DCEP. Ο θετικός πόλος (+) συνδέεται με το ηλεκτρόδιο (λαβίδα). Ο αρνητικός πόλος (-) συνδέεται με το μεταλλικό κομμάτι. Διατηρεί μια σχετικά σταθερή τάση τόξου (22-30 V). Η απαιτούμενη τάση ανάμματος του τόξου είναι ~70 V. Τάση τόξου είναι η τάση ανάμεσα στην άκρη του σύρματος και το μεταλλικό κομμάτι. Η συγκόλληση με παλμικό ρεύμα διευκολύνει τη μείωση του κρίσιμου ρεύματος σε σχέση με τη συγκόλληση με σταθερό συνεχές ρεύμα, με θετικό πόλο στο ηλεκτρόδιο.



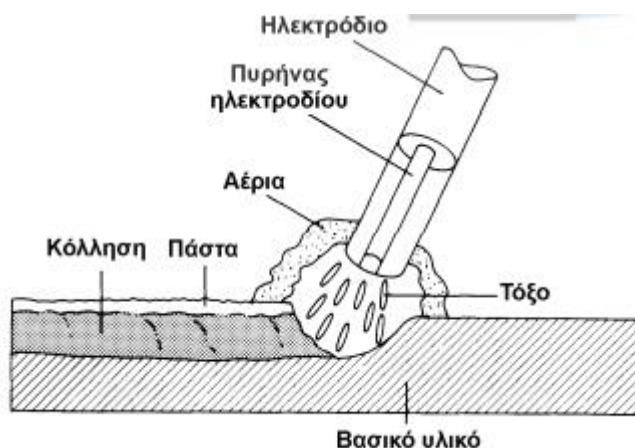
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Μηχανισμοί υλικού εναπόθεσης

Η συγκόλληση τόξου ή ηλεκτροσυγκόλληση στηρίζεται στη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου ανάμεσα στο κομμάτι, που θέλουμε να κολληθεί, και σε ένα ηλεκτρόδιο, που είναι ταυτόχρονα και συγκολλητικό μέσο. Για να γίνει αυτό, το ηλεκτρόδιο και το κομμάτι συνδέονται με τους ακροδέκτες γεννήτριας ηλεκτρικού ρεύματος, όπως φαίνεται στο σχήμα



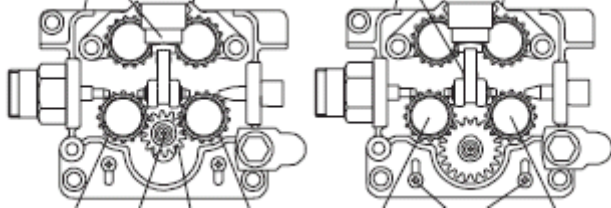
-Λόγω του ηλεκτρικού τόξου, αναπτύσσεται μεγάλη θερμοκρασία στη θέση κόλλησης, γύρω στους 4000 °C. Στη θερμοκρασία αυτή το μέταλλο που συγκολλάται λιώνει, ενώ από πάνω του δημιουργείται ένα στρώμα αερίων, που προέρχονται από την επένδυση του ηλεκτροδίου. Ταυτόχρονα με τη δημιουργία των αερίων, δημιουργείται πάνω από τη ραφή μία πάστα, επίσης από την επένδυση του ηλεκτροδίου. Η πάστα αυτή βοηθά στην τήξη του μετάλλου και εμποδίζει τη γρήγορη απόψυξη, που θα είχε συνέπεια να βαφεί η ραφή. Η ραφή συγκόλλησης προκύπτει από το λιωμένο μέταλλο που συγκολλάται και από λιωμένο μέταλλο του πυρήνα του ηλεκτροδίου, για να ξεκινήσει τη διαδικασία συγκόλλησης, χτυπά ή τρίβει το ηλεκτρόδιο πάνω στο προς συγκόλληση τεμάχιο και στη συνέχεια το σηκώνει,



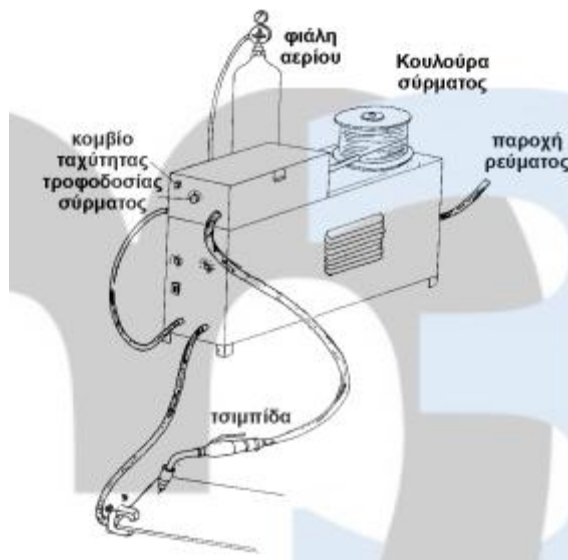
διατηρώντας από κει και πέρα μία σταθερή απόσταση όπως φαίνεται στο σχημα. Αν θέλουμε βαθιά διείσδυση, χρησιμοποιούμε ηλεκτρόδια κυτταρίνης και, αν θέλουμε πολύ σταθερό (μαλακό) τόξο, χρησιμοποιούμε ηλεκτρόδια ρουτιλίου. Δηλαδή, παρόλο που ο μεταλλικός πυρήνας και στις δύο περιπτώσεις είναι από το ίδιο υλικό, η αλλαγή του είδους της επένδυσης διαφοροποιεί τελείως τα τεχνικά χαρακτηριστικά της συγκόλλησης.

-Στην ηλεκτροσυγκόλληση M.I.G. (KEMPPI 4000) το ηλεκτρόδιο αποτελεί και το συγκολλητικό υλικό. Το ηλεκτρόδιο τροφοδοτείται στη συγκόλληση από μία κουλούρα σύρματος. Το αέριο που χρησιμοποιείται είναι αργό ή μείγμα αργού με άλλα αδρανή αέρια. Το ηλεκτρόδιο στη συγκόλληση M.I.G. συνδέεται στο θετικό πόλο, σε αντίθεση με το ηλεκτρόδιο στη μέθοδο T.I.G., που συνδέεται στον αρνητικό πόλο και έτσι λιώνει ευκολότερα.

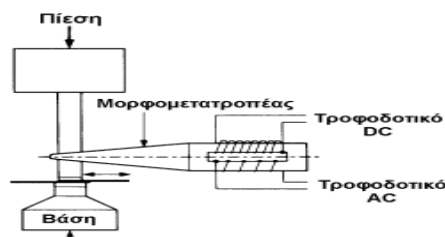
-Η διατομή της τροφοδοσίας του σύρματος της μηχανής KEMPPI 4000 φαίνεται στο σχήμα. Η μέγιστη ταχύτητα που μπορεί να τροφοδοτεί το σύρμα είναι 18m/min, που είναι αρκετό για τις περισσότερες κατεργασίες.



- Στην ηλεκτροσυγκόλληση M.A.G. χρησιμοποιούνται ανθρακικά αέρια (διοξείδιο του άνθρακος CO₂) ή μείγμα ανθρακικών αερίων και αργού. Το συγκολλητικό υλικό είναι σύρμα κυρίως από μαγγάνιο και πυρίτιο, ενώ περιέχει και πρόσθετα άλλων μετάλλων. Στο σχήμα φαίνεται η διάταξη της συγκόλλησης M.A.G.



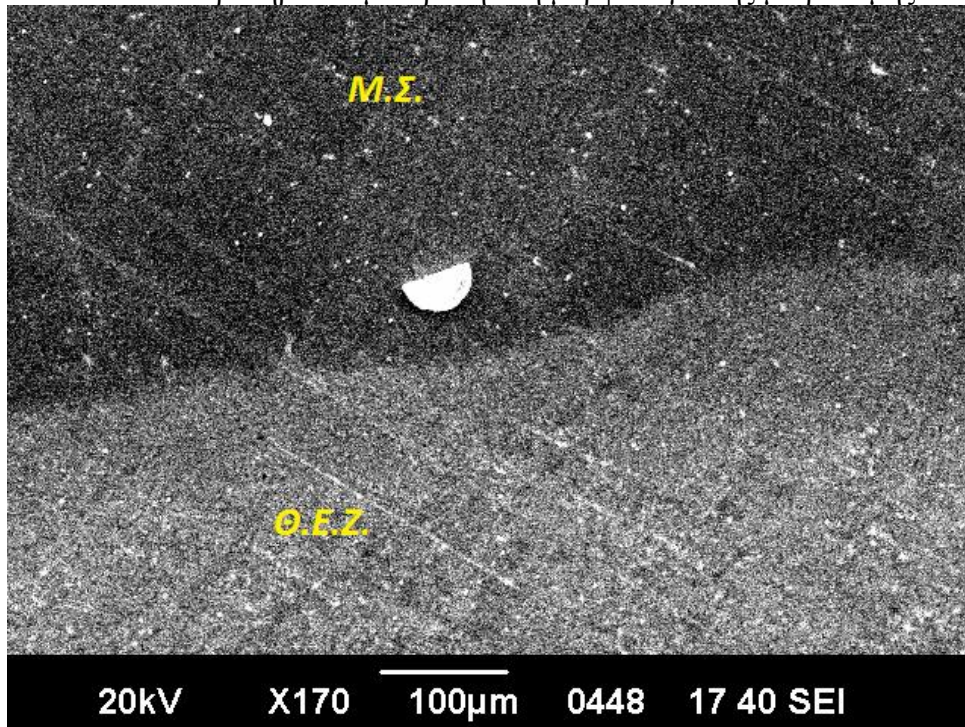
-Η συγκόλληση με υπερήχους πρωτοεμφανίστηκε στα μέσα του 20ου αιώνα. Η συγκόλληση αυτή χρησιμοποιείται για τη σύνδεση μετάλλων όπως είναι ο χαλκός. Στη συγκόλληση με υπερήχους τα τεμάχια συνδέονται μεταξύ τους μέσω πίεσης με ταυτόχρονη ταλάντωση υψηλής συχνότητας. Η ταλάντωση αυτή προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας στη θέση συγκόλλησης και η πίεση ανάμεσα στα κομμάτια δημιουργεί την τελική σύνδεση. Στο σχήμα φαίνεται η διαδικασία συγκόλλησης με υπερήχους.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Θερμικά επηρεαζόμενη ζώνη υλικού βάσης (Θ.Ε.Ζ.)

Η θερμικά επηρεαζόμενη ζώνη υλικού βάσης, είναι η περιοχή ανάμεσα στο μέταλλο βάσης και το μέταλλο συγκόλλησης. Η ζώνη αυτή επηρεάζει θερμικά χωρίς να υφίσταται ανακρυστάλλωση. Από τη θερμική της ιστορία εξαρτώνται η μικροδομή και η φύση των μετασχηματισμών φάσεων που λαμβάνουν χώρα στη περιοχή αυτή. Στην εικόνα διακρίνουμε μια πολύ στενή ζώνη σύνδεσης μεταξύ μετάλλου βάσης και μετάλλου συγκόλλησης (κασσίτερος). Δεν παρατηρείται μεταβολή στο μέγεθος των κόκκων αλλά παρατηρείται μεταβολή στη μορφολογία της μικροδομής.



-Θα ήταν ιδανικό αν οι ιδιότητες και οι χαρακτηριστικές του λουτρού τήξης της συγκόλλησης και της Θερμικά Επηρεαζόμενης Ζώνης (Θ.Ε.Ζ.) ήταν ίδιες με τις ιδιότητες του προς συγκόλληση μετάλλου βάσης. Αυτό φυσικά δεν είναι δυνατό εφ' όσον το λουτρό συγκόλλησης μοιάζει με χύτευση ενώ τα περισσότερα μέταλλα που υπόκεινται σε συγκόλληση βρίσκονται σε κατάσταση εξέλασης

-ΘΕΖ στο χαλκό εντοπίζεται σε υψηλές ταχύτητες συγκόλλησης. Απαιτείται προθέρμανση για τη συγκόλληση στους 259 C°. Επίσης όσο υψηλότερη η ταχύτητα τόσο πιο μικρό το πάχος της ΘΕΖ και αντιστρόφως.

Μέταλλο	Θερμ. τήξης °C	Ειδ. Θερμότητα cal/gr. °C	Θερμ. αγωγ. Cal.cm/°C.S	Πυκνότητα	Θερμ. Διαχυσ. Cm ² /S
Αλουμίνιο	660	0,215	0,53	2,70	0,91
Χάλυβας	1500	0,120	0,14	7,85	0,14
Σίδηρος	1536	0,110	0,18	7,87	0,21
Νικέλιο	1453	0,105	0,22	8,90	0,24
Μόλυβδος	327	0,031	0,08	11,34	0,22
Χαλκός	1083	0,092	0,94	8,96	1,14
Κασσίτερος	232	0,054	0,15	7,30	0,38
Βολφράμιο	3410	0,033	0,40	19,30	0,63
Ψευδάργυρος	420	0,092	0,27	7,13	0,41
Αργυρος	961	0,056	1,00	10,49	1,70
Τιτάνιο	1668	0,124	0,03	4,51	0,06

- Τα προϊόντα εξέλασης σχεδόν πάντοτε έχουν καλύτερη στατική και δυναμική αντοχή, ολκιμότητα και αντοχή σε κρούση απ' ό,τι τα αντίστοιχα χυτά κράματα. Όπως γίνεται αντιληπτό, το λουτρό συγκόλλησης αποτελεί μια μικρογραφία χύτευσης, ψύχεται με ταχύ ρυθμό και οι ιδιότητες συνήθως πλησιάζουν τις ιδιότητες του υλικού εξέλασης. Αυτό είναι απόλυτα σωστό για την περίπτωση των Σιδηρούχων Υλικών και με μια μικρή παρέκκλιση για το χαλκό. Εξ' αιτίας λοιπόν των ηλεκτρομαγνητικών δυνάμεων που αναπτύσσονται μέσα στο λουτρό τήξης της συγκόλλησης, το υγρό του λουτρού τίθεται σε κίνηση ακολουθώντας μια ποικιλία διαδρομών. Η ποικιλία αυτή των διαδρομών εξαρτάται από το είδος και τη διαμόρφωση των λοξοτομών του προς συγκόλληση υλικού, το ρεύμα συγκόλλησης καθώς και τη γωνία εργασίας, που δουλεύει το ηλεκτρόδιο ή το εργαλείο συγκόλλησης.

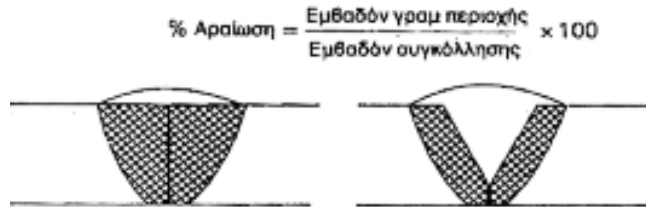
- Αυτός ο στροβιλισμός έχει σαν αποτέλεσμα την επίτευξη θερμοκρασίας και μεταλλουργικής ομοιομορφίας μέσα στο λουτρό συγκόλλησης, με μοναδική εξαίρεση την περιοχή κοντά στο σημείο όπου το τόξο έρχεται σε άμεση επαφή με το λουτρό. Η τελική χημική σύνθεση του λουτρού συγκόλλησης είναι αποτέλεσμα της μίξης του ηλεκτροδίου ή υλικού συγκόλλησης και των τηκόμενων κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης, μετάλλων βάσης.

- Τότε λέμε ότι το μέταλλο του ηλεκτροδίου που έχει προσαχθεί στο λουτρό συγκόλλησης έχει αραιωθεί από το λιώμενο μέταλλο βάσης. Στην περίπτωση αυτογενούς συγκόλλησης, δηλαδή, εκεί που δεν χρησιμοποιούμε καθόλου ηλεκτρόδιο, τότε λέμε ότι η αραιώση ανέρχεται στο 100%. Στην περίπτωση συγκόλλησης με ηλεκτρόδιο, τότε στη συγκόλληση ρίζας επιτυγχάνουμε μία αραιώση της τάξης του 30%, ενώ στα επόμενα κορδόνια η αραιώση είναι κατά τι μικρότερη.

- Συνέπεια της παραπάνω ομοιομορφίας του λουτρού συγκόλλησης είναι η πραγματοποίηση του υπολογισμού της αναμενόμενης χημικής του σύνθεσης, με την

προϋπόθεση φυσικά ότι οι χημικές συνθέσεις και αναλογικές του ηλεκτροδίου και του μετάλλου βάσης είναι γνωστές.

-Ο υπολογισμός αυτός γίνεται συνήθως με την εξέταση της διατομής της συγκόλλησης, όπως φαίνεται στην Εικόνα.



Τέτοιου είδους απλοί

υπολογισμοί είναι πολύ σημαντικοί, όταν το υλικό συγκόλλησης ή το ηλεκτρόδιο είναι σημαντικά διαφορετικό σε χημική σύσταση από το υλικό. Μια άλλη περίπτωση όπου είναι αναγκαίο να εξετάσουμε την αραιώση, είναι η περίπτωση υλικού βάσης με μεγάλη ποσότητα θείου, ή όταν υπάρχει ποσότητα Αλουμινίου η οποία όταν παγιδευτεί στο λουτρό τήξης της συγκόλλησης, επηρεάζει την ποσότητα του Οξυγόνου και υποβιβάζει την αντοχή της συγκόλλησης σε κρούση.

Παράγοντες που επιδρούν στο ρυθμό ψύξης της ΘΕΖ

Ο ρυθμός ψύξης είναι αυτός που καθορίζει τη μικροδομή και τη σκληρότητα της Θ.Ε.Ζ. .Οι παράγοντες που επηρεάζουν το ρυθμό ψύξης είναι:

- το πάχος του ελάσματος και η αρχική θερμοκρασία. Σε γενικές γραμμές παρατηρείται πως εάν αυξησουμε το πάχος του ελάσματος, τότε αυξάνεται και ο ρυθμός ψύξης και πάνω απο το όριο αυτο παραμένει σταθερος.
- οι συνθήκες συγκόλλησης. Η προδιδόμενη θερμότητα στο ελάσμα είναι ανάλογη της έντασης του ρεύματος, και γενικά ο ρυθμός ψύξης μειώνεται με αύξηση του λόγου I/u , όπου u η ταχύτητα της πηγής θερμότητας
- η προθέρμανση και το μήκος συγκόλλησης. Ο ρυθμός ψύξης στο κέντρο και στο λουτρό της συγκόλλησης για επιφανειακές συγκολλήσεις, μειώνεται με αύξηση του μήκους συγκόλλησης μέχρι μια συγκεκριμένη τιμή. Στη ΘΕΖ μιας αυχενικής συγκόλλησης ο ρυθμός ψύξης είναι αρκετά μεγαλύτερος απο τον αντίστοιχο σε επιφανειακή συγκόλληση για ίδιες συνθηκες, εξαιτίας του οτι σε αυτές τις συγκολλήσεις η θερμότητα πάει προς περισσότερες κατευθύνσεις απο ότι σε επιφανειακές.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

Δυνατότητες αυτοματοποίησης της μεθόδου :

-Μια από τις κύριες εφαρμογές της ρομποτικής είναι η ηλεκτροσυγκόλληση με Robot. Πολλά τα πλεονεκτήματα που μας προσφέρει η χρησιμοποίηση του ρομποτικού βραχίονα στις συγκολλήσεις:

- Μεγάλη ακρίβεια συγκόλλησης
- επαναληψιμότητα
- Ευελιξία
- αυτοματοποίηση της παραγωγής
- ποιότητα σε ειδικές συγκολλήσεις
- αύξηση της παραγωγικότητας
- ασφάλεια
- οικονομία.

Όλα αυτά σημαίνουν παραγωγή υψηλής ποιότητας προϊόντων που μπορούν να σταθούν επάξια στο ανταγωνιστικό περιβάλλον του παγκόσμιου χάρτη.

- Στη συγκόλληση με Robot, όλη η διαδικασία ελέγχεται από τον controller του robot. Ο σχεδιασμός του εξοπλισμού area μια τέτοιου είδους συγκόλληση είναι τελείως διαφορετικός από αυτή της χειροκίνητης συγκόλλησης. Οι ταχύτητες συγκόλλησης είναι μεγαλύτερες, και η μηχανή συγκόλλησης θα πρέπει να μπορεί να ανταπεξέλθει σε αυτές τις απαιτήσεις. Προσθετικά όλος ο υπόλοιπος εξοπλισμός θα πρέπει να έχει τη δυνατότητα να δεχθεί μέσω σειριακής επικοινωνίας όλες τις παραμέτρους συγκόλλησης από τον controller του Robot.



- Για να πραγματοποιηθεί μια εφαρμογή ρομποτικής συγκόλλησης απαιτείται πρόσθετος εξειδικευμένος εξοπλισμός. Η μηχανή συγκόλλησης η οποία είναι η πηγή της ισχύος που χρειάζεται, και η τσιμπίδα συγκόλλησης, η οποία μεταφέρει το ρεύμα συγκόλλησης, το σύρμα, το αέριο προστασίας και το υγρό ψύξης.

-Το ακροφύσιο της τσιμπίδας, επειδή βρίσκεται πάντα κοντά στο σημείο συγκόλλησης, με τη συνεχή λειτουργία συσσωρεύει στην εσωτερική του πλευρά εκτινάξεις ρευστού μετάλλου, πιτσιλίσματα. Αυτό καθιστά αναγκαία την τοποθέτηση

ειδικού συστήματος για τον αυτόματο καθαριστικό. Επίσης ο σωστός σχεδιασμός του τροφοδοτικού του σύρματος και η σωστή τοποθέτηση της τσιμπίδας εξασφαλίζει την ομαλή τροφοδοσία του σύρματος και κατά συνέπεια την ομαλή λειτουργία του τόξου συγκόλλησης.

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

- Η τσιμπίδα συγκόλλησης χρησιμοποιείται σε ένα αυτόματο σύστημα συγκόλλησης για να κατευθύνει το σύρμα στο τόξο, να μεταφέρει την ισχύ στο σύρμα και το αέριο προστασίας. Υπάρχουν πολλοί τύποι τσιμπίδων, και η επιλογή εξαρτάται από τα δεδομένα της συγκόλλησης



- Οι τσιμπίδες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν καταρχήν ανάλογα με τον τρόπο ψύξης τους. Μπορεί να είναι υγρόψυκτες ή αερόψυκτες. Επίσης μπορεί να είναι ευθύγραμμες ή να έχουν κλίση διάφορων μοιρών. Συνήθως οι τσιμπίδες με μια κλίση 45ο μας προσφέρουν πολύ καλή ευελιξία κινήσεων.

- Η τσιμπίδα συγκόλλησης προσαρμόζεται πάνω στον ρομποτικό βραχίονα μέσω ενός “clutch” το οποίο χρησιμοποιείται και για να προστατέψει τον εξοπλισμό σε περίπτωση κρούσης από λάθος χειρισμό κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης. Αυτά τα μέτρα προστασίας είναι απαραίτητα αφού ένας μικρός τραυματισμός της τσιμπίδας μπορεί να προκαλέσει δυσκολία στην τροφοδοσία του σύρματος, στην παροχή του ρεύματος για το τόξο καθώς και στην τροφοδοσία του προστατευτικού αερίου. Όλα αυτά συμβάλουν αποφασιστικά, τόσο στην παραγωγικότητα όσο και στην ποιότητα της συγκόλλησης.

- Για μια επιτυχή εφαρμογή ρομποτικής συγκόλλησης θα πρέπει τα προς συγκόλληση εξαρτήματα να είναι τοποθετημένα σωστά και με ακρίβεια. Σημαντικό ρόλο σε αυτό φέρει ο σωστός σχεδιασμός της καλύμπρας συγκράτησης. Για την αύξηση της παραγωγικότητας απαιτείται η φόρτωση των κομματιών να γίνεται εύκολα και γρήγορα από τον χειριστή.

- Το σημείο εκκίνησης του σχεδιασμού της καλύμπρας συνήθως είναι αυτή που μέχρι τώρα χρησιμοποιούταν για την χειροκίνητη συγκόλληση. Εξειδικευμένα positioners μπορούν να χρησιμοποιηθούν για να αυξήσουν την περιοχή εργασίας του robot (work envelope), και την παραγωγικότητα του συστήματος.

Σε όλα γενικά τα αυτόματα συστήματα εφαρμόζονται οι συγκολλήσεις σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου. Τα συστήματα G.M.A.W. είναι τα πλέον συνηθισμένα, με τη μόνη διαφορά από την κλασική TIG ότι η τροφοδοσία του υλικού εναπόθεσης γίνεται με μορφή σύρματος.

Στην εικόνα βλέπουμε ένα σύγχρονο ρομπότ που εκτελεί 6 διαφορετικές κινήσεις γύρω από άξονες, άρα κατά συνέπεια έχει 6 βαθμούς ελευθερίας. Στη περιοχή που βρίσκεται σε λειτουργία απαγορεύεται η είσοδο ανθρώπου, επειδή υπάρχει μεγάλος κίνδυνος να τραυματιστεί.



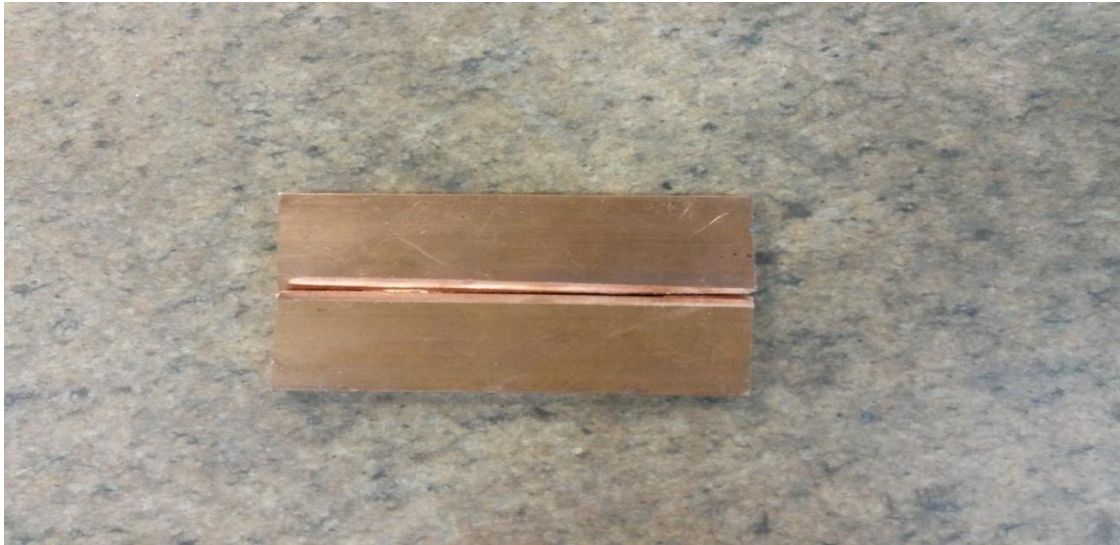
- Τα positioners συνήθως είναι περιστρεφόμενα ενός, δύο ή και τριών αξόνων ανάλογα με τη πολυπλοκότητα της εφαρμογής. Δίνουν τη δυνατότητα στον χειριστή του robot, να προετοιμάζει το προς συγκόλληση αντικείμενο στην μία πλευρά, ενώ το robot κολλάει στην απέναντι πλευρά. Το ενδιάμεσο προστατευτικό είναι σχεδιασμένο έτσι για να προστατεύει τον χειριστή από την ακτινοβολία.

ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

Κεφάλαιο 12

-Προετοιμασία της συγκόλλησης

Για το πειραματικό μέρος της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν 2 τεμάχια καθαρού χαλκού με διαστάσεις 10μmX60μmX160μm .

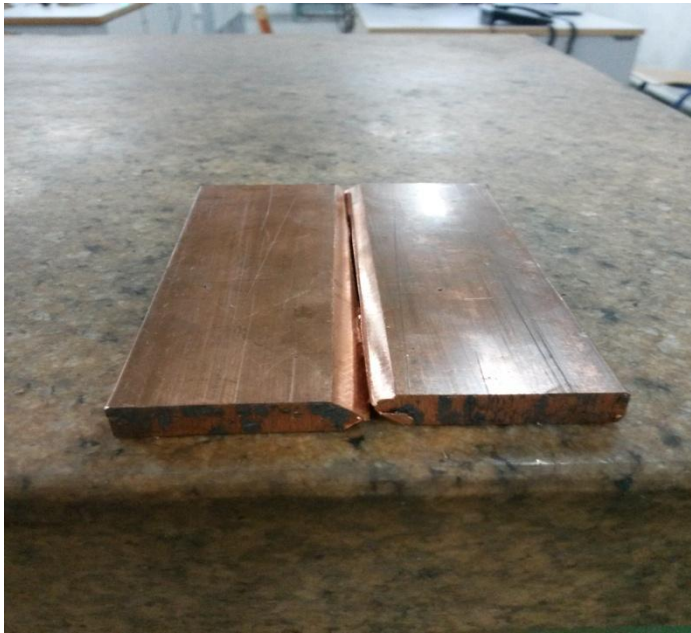


Εικόνα Δοκιμια χαλκού

Τα τεμάχια προετοιμάστηκαν και μορφοποιήθηκαν με τέτοιο τρόπο ούτως ώστε στο ένα άκρο να δημιουργηθεί λοξοτομή γωνίας 60° με παχος δοκιμίου 3mm, με σκοπό στο κενό να τοποθετηθεί υλικό εναπόθεσης. Το δοκίμιο χαραχτηκε στα 3mm και στη συνέχεια τοποθετήθηκε σε φρέζα με κλίση 60° και κατεργάστηκαν τα δοκίμια. Η φρέζα που χρησιμοποιήθηκε είναι η Ernaut – Somua του μηχανολογικού εργαστηρίου.



φρέζα



προφίλ

Εκτέλεση της συγκόλλησης

Τα τεμάχια συγκολλήθηκαν με τη χρήση μηχανής σύρματος μεθόδου M.I.G. Χρησιμοποιήθηκε αδρανές αέριο υψηλής καθαρότητας με την ονομασία Arcal I. Η συγκόλληση έγινε εναλλακτικά απο τις 2 πλευρές για να αποφευχθεί παραμόρφωση των τεμαχίων. Για να επιτευχθεί αυτό ρυθμίσαμε τις παραμέτους της μηχανής με σκοπό να πετύχουμε συμπαγή ραφή με τις λιγότερο εκτοξεύσεις μετάλλου.

Αναλυτικότερα:

1) Επιλέχθηκε απο τον πίνακα τάσεων του κατασκευαστή η θέση 1, δηλαδή 15-28 V και θέση δευτερευόντων διακοπών 4/4, δηλαδή 23.7-27 V. Οι συγκεκριμένες τιμές επιλέχθηκαν διότι ο χαλκός έχει υψηλή θερμο-αγωγημότητα οι οποίες είναι σχετικά υψηλές.

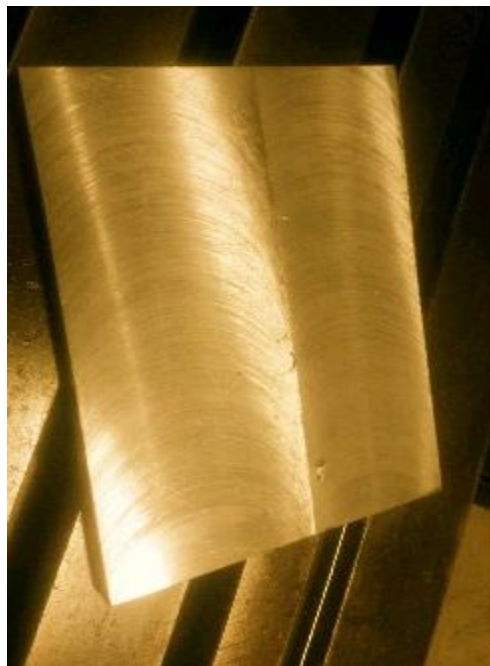
Κεντρικός διακόπτης	Μεγάλο φάσμα έλεγχου	Μικρό φάσμα έλεγχου	Τάση ανοιχτού κυκλώματος
15 - 28 V	1 / 4	1 / 4 - 4 / 4	15,9 - 17,3 V
15 - 28 V	2 / 4	1 / 4 - 4 / 4	17,9 - 19,7 V
15 - 28 V	3 / 4	1 / 4 - 4 / 4	20,4 - 22,8 V
15 - 28 V	4 / 4	1 / 4 - 4 / 4	23,7 - 27,0 V
28 - 48 V	1 / 4	1 / 4 - 4 / 4	28,2 - 30,7 V

2) Επιλέχθηκε ταχύτητα κίνησης του υλικού εναπόθεσης V_d που βρίσκεται στη θέση 12 του ποντεσιόμετρου και υλικό εναπόθεσης 1.2mm.

3) Εν συνεχεία ακολούθησε η παροχή αερίου προστασίας, με επιλεγμένο αέριο το αργόν, στα 15 M/m από το παροχόμετρο της φυάλης αερίου.

Σύμφωνα με τα παραπάνω στοιχεία, διαπιστώσαμε ότι η συμπεριφορά του τοξου ήταν καλή, δηλαδή ούτε πολύ κοντό ούτε πολύ ψηλό. Κρατήσαμε την λαβίδα συγκολλησης σε απόσταση 2mm από το μέταλλο βάσης και καταφέραμε να επιτύχουμε μια ομοιόμορφη και συμπαγής ραφή μήκους 2εκ. χωρίς πιτσιλίσματα.

Το ενιαίο σύνολο με κάποιες παραμορφώσεις, τοποθετήθηκε στη φρέζα Ernaut-Somua του εργαστηρίου, ώστε μετά από κατεργασίες να λειανθεί στην επιφάνεια από τις ατέλειες και να χρησιμοποιηθεί στο εργαστήριο μικροσκόπισης. Το αποτέλεσμα φαίνεται στην παρακάτω φωτογραφία.



τελική μορφή

Στη συνέχεια το δοκίμιο διατρήθηκε με κοπτικό διαμέτρου $\Phi 30$ χιλιοστών. Αυτή η διάσταση θα μας επιτρέψει να το παρατηρήσουμε εύκολα στο εργαστήριο μικροσκό-

πισης. Στο σύνολο πήραμε 3 δείγματα, ένα επάνω στη ραφή και 2 παραπλεύρως σε απόσταση από την Θ.Ε.Ζ. του υλικού.



τελική μορφή με κοπτικό



κοπτικό

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

Μεταλλογραφική διερεύνηση δοκιμίων

Πρωτού γίνει οποιαδήποτε ενέργεια παρατήρησης λειάναμε τα κομμάτια με ειδικό γυαλοχαρτο,οπου προσπαθήσαμε να κανουμε οσο πιο καθαρή την επιφάνεια των δοκιμίων.

- Η λείανση πραγματοποιήθηκε με σιλικονούχα χαρτιά τραχύτητας 120-4000 grit



- Και η **στύλβωση** με χρήση αλούμινας 1μm. Στη συνέχεια τοποθετήσαμε τα δοκίμια στη συσκευή υπερήχων οπου είχαμε βάλει ασετόν. Αυτό έγινε για να καθαριστεί η επιφάνεια απο σκουρίες, οξυδωσεις και πιθανά υπολείματα απο τη λείανση, έτσι ώστε να έχουμε τα καλύτερα αποτελέσματα στο μικροσκόπιο.



-Η **χημική προσβολή** χρησιμοποιείται στη μεταλλογραφία για την αποκάλυψη της μικροδομής ενός δοκιμίου και την παρατήρησή του στο μικροσκόπιο, όπου αυτό επιτυγχάνεται με τοπική διάβρωση. Τα διαβρωτικά που χρησιμοποιήσαμε μίγμα διαβρωτικών υγρών από καυστική σόδα (NaOH) και υδροχλωρικό οξύ (HCl). Στο μίγμα βυθίσαμε για λίγο το μισό της κυκλικής επιφάνειας των δοκιμίων έτσι ούτως ώστε να μην διαβρωθεί όλη η επιφάνεια και να το παρατηρήσουμε από διαφορετικές εικόνες στο μικροσκόπιο, από την διαβρωμένη και μη πλευρά.

-Για τη μικροσκοπική παρατήρηση χρησιμοποιήθηκε ηλεκτρονικό μικροσκόπιο σάρωσης S.E.M με σύστημα ανάλυσης F.O.X



Η λειτουργία του στηρίζεται στις αλληλεπιδράσεις του προς εξέταση δείγματος και της προσπίπτουσας δέσμης ηλεκτρονίων. Οι βασικές διατάξεις που υπάρχουν στο μικροσκόπιο είναι οι εξής:

- Το σύστημα παραγωγής δέσμης ηλεκτρονίων η οποία επιταχύνεται προς το δείγμα μέσω ενός θετικού ηλεκτρικού δυναμικού
- Το σύστημα κατεύθυνσης της δέσμης όπου χρησιμοποιώντας μεταλλικά ανοίγματα, ηλεκτρομαγνητικούς φακούς και πηνία σάρωσης επιτυγχάνει μια λεπτή εστιασμένη μονοχρωματική δέσμη η οποία σαρώνει την επιφάνεια του δείγματος.
- Το σύστημα πληροφοριών που μετατρέπει σε εικόνα τις αλληλεπιδράσεις δέσμης-δείγματος.
- Το σύστημα κενού, δημιουργώντας κενό αέρος για την επιτυχία της εικόνας χωρίς παρεμβολές. Ειδικώς τα ηλεκτρόνια συγκρούονται με τα μόρια του αέρα και απορροφώνται. Το κενό επιτυγχάνεται με τη χρήση 2 αντλιών και είναι της τάξης των $2 \cdot 10^{-3}$ Pa.



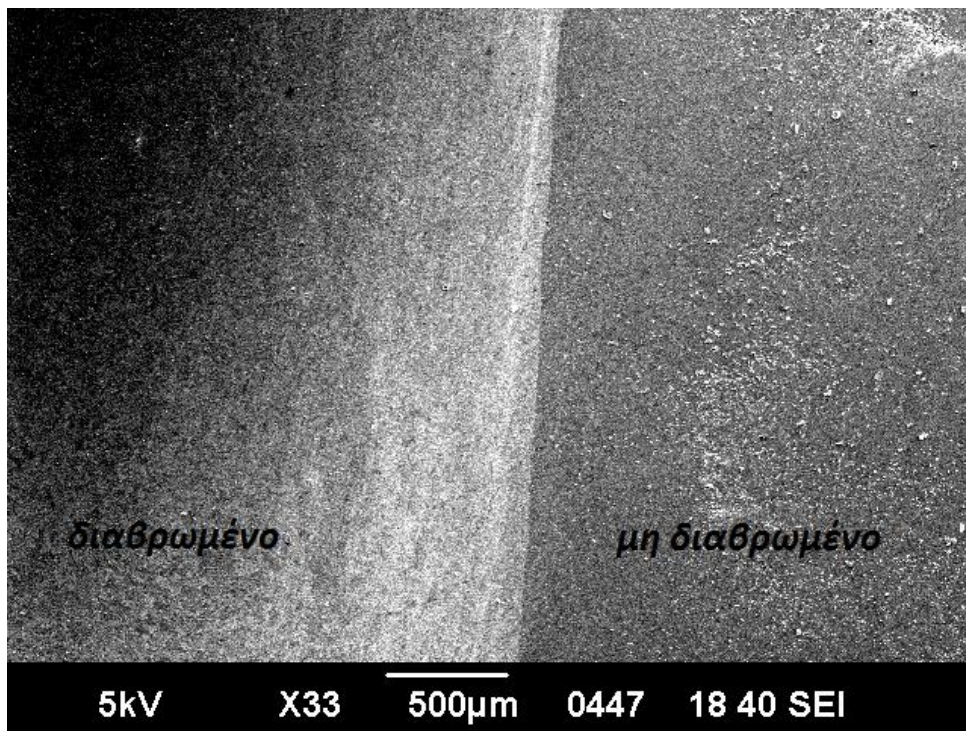
Εσωτερική όψη μικροσκοπίου

Μελέτη μικροδομής μετάλλου εναπόθεσης

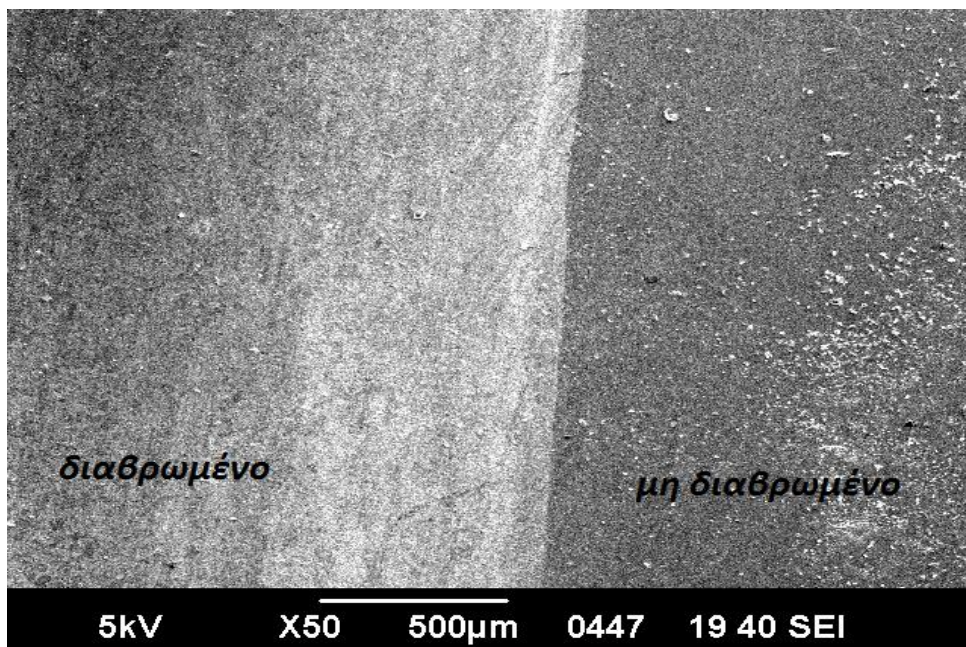
-Για αρχή, τοποθετήσαμε το κομμάτι Νο1 (όπως φαίνεται στην εικόνα με το κοπτικό παραπάνω) στο μικροσκόπιο, και το αφήσαμε να προθερμανθεί για 10 λεπτά. Έπειτα ξεκινήσαμε να σκανάρουμε το κομμάτι μας με 5KV ρεύμα επιτάχυνσης ηλεκτρονίων και φτάσαμε στα 20KV. Αυτό έγινε για να θερμανθεί αργά το κομμάτι και να αποφύγουμε την καταστροφή του.

Ξεκινήσαμε και πέραμε εικόνες του δοκιμίου για:

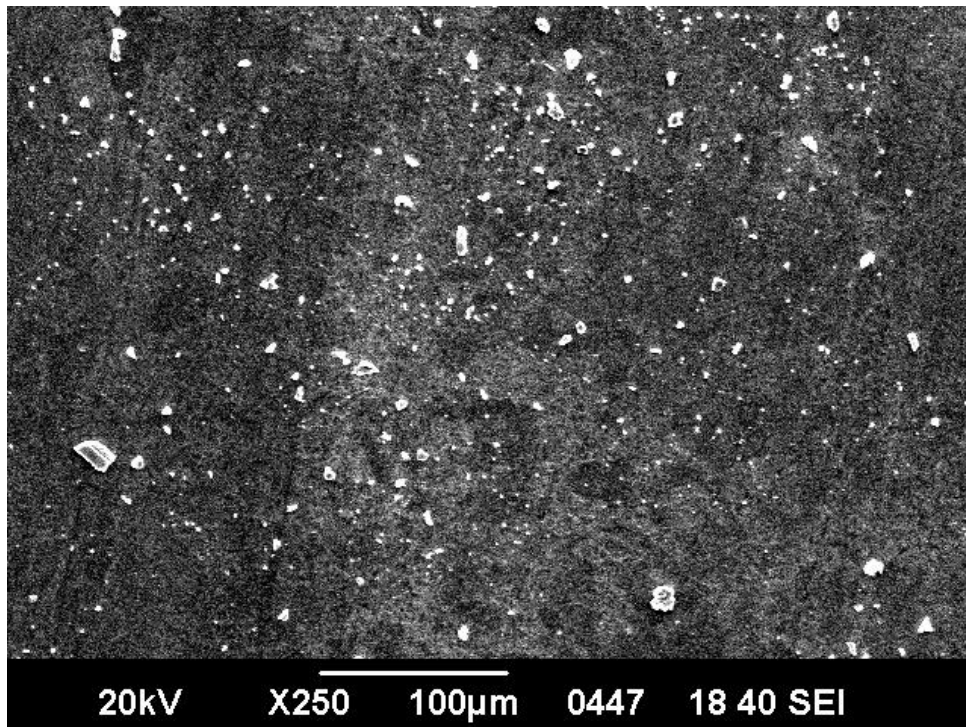
- Το σύνορο διαβρωμένου και μη σημείου σε 33 φορές εστίασης.



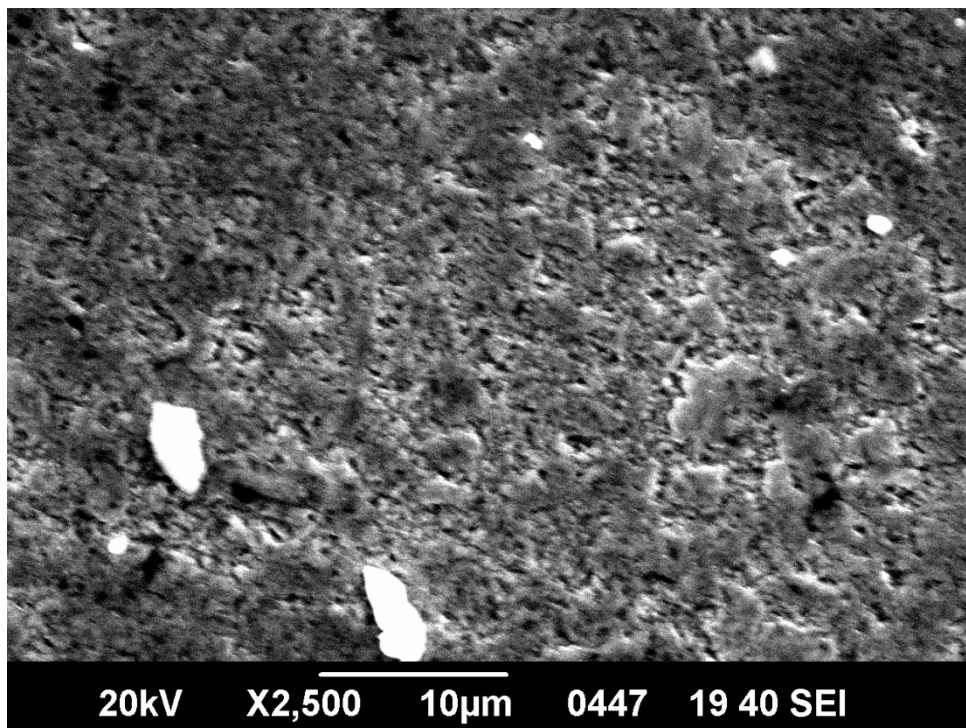
- Σύνορο διαβρωμένου και μη σημείου σε 50 φορές εστίασης



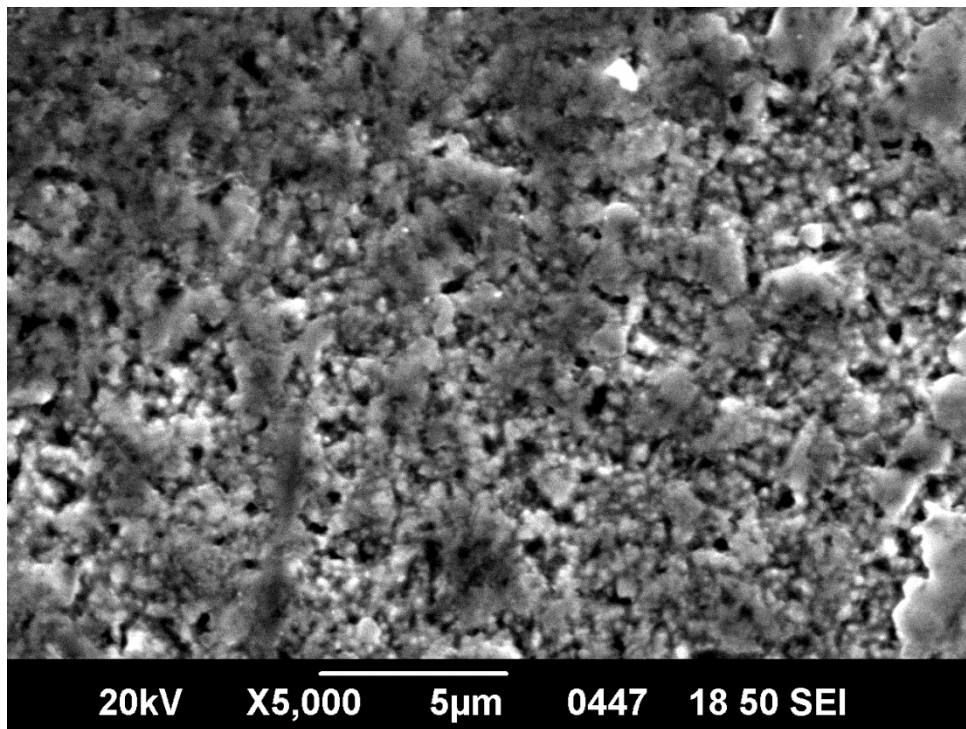
- Εικόνα διαβρωμένου σημείου σε 250 φορές εστίασης



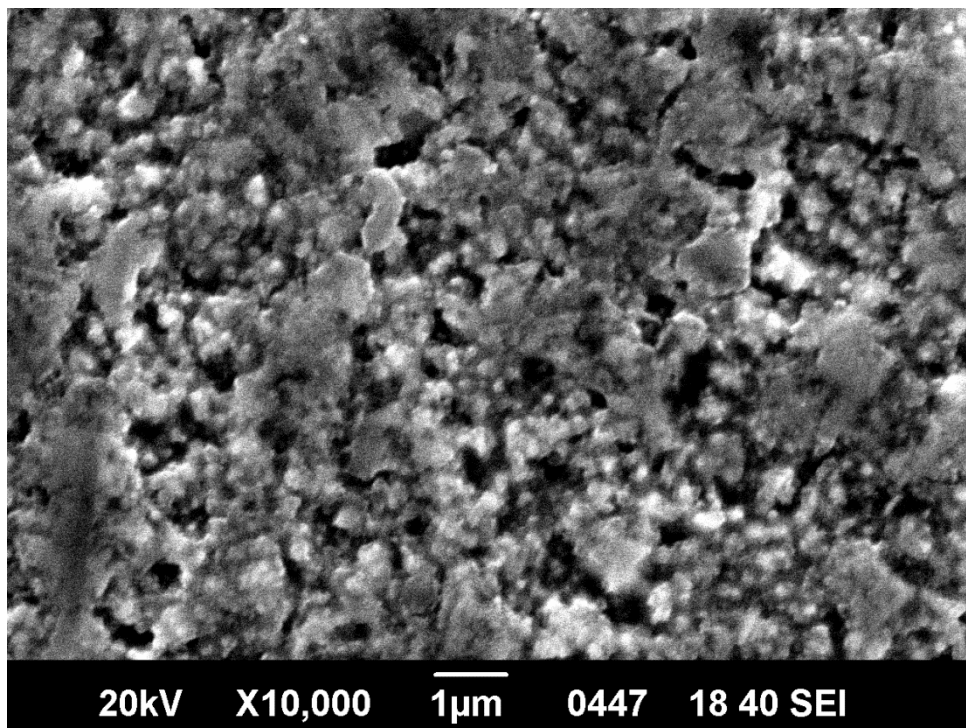
- Εικόνα διαβρωμένου σημείου σε 2500 φορές εστίασης. Εδώ ξεκινάμε και παρατηρούμε τα όρια των κόκκων, τα λεγόμενα grain boundary. Όριο κόκκου (Grain boundary), είναι ο διεπιφανειακός διαχωρισμός δύο επαπτόμενων κόκκων που έχουν διαφορετικό κρυσταλλογραφικό προσανατολισμό σ' ένα πολυκρυσταλλικό υλικό.



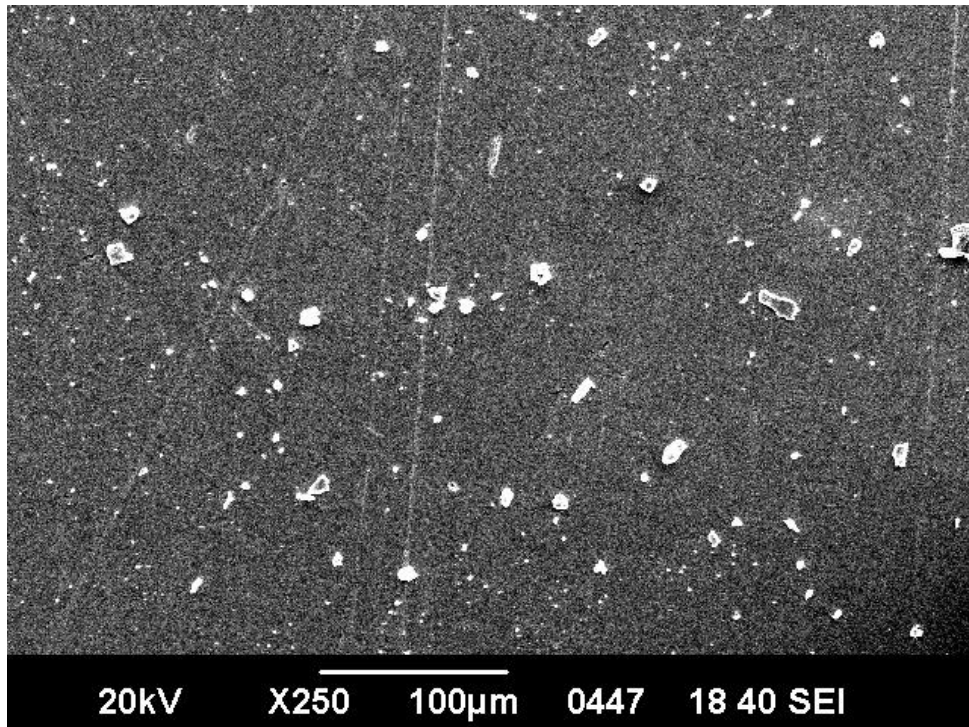
- Εικόνα σημείου διάβρωσης σε 5000 φορές εστίασης



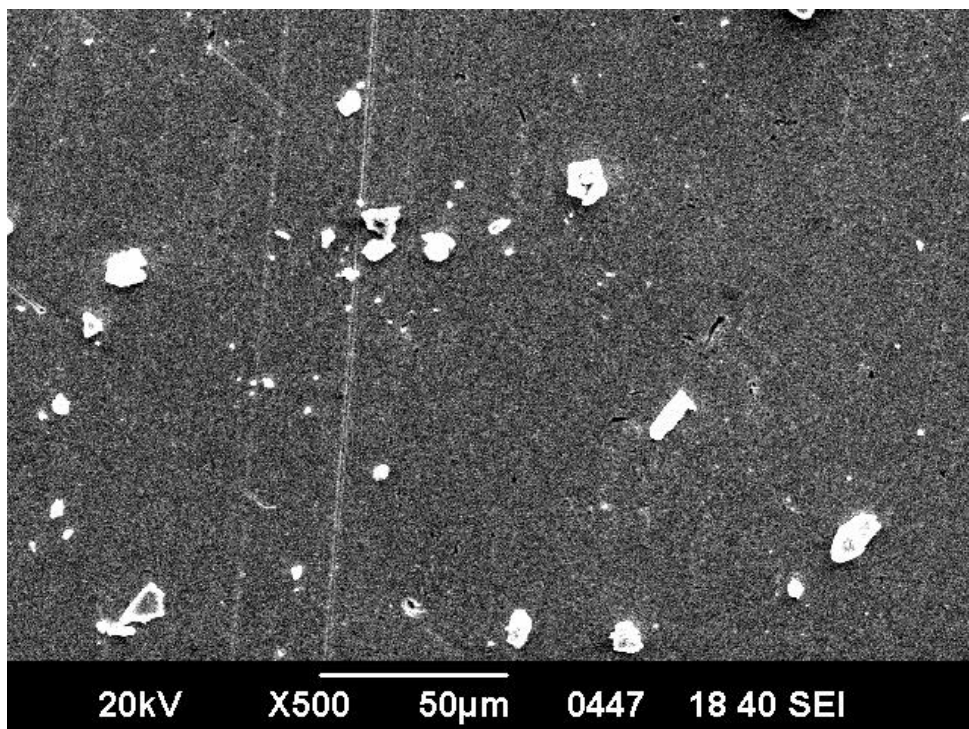
- Εικόνα σημείου διάβρωσης σε 10000 φορές εστίασης



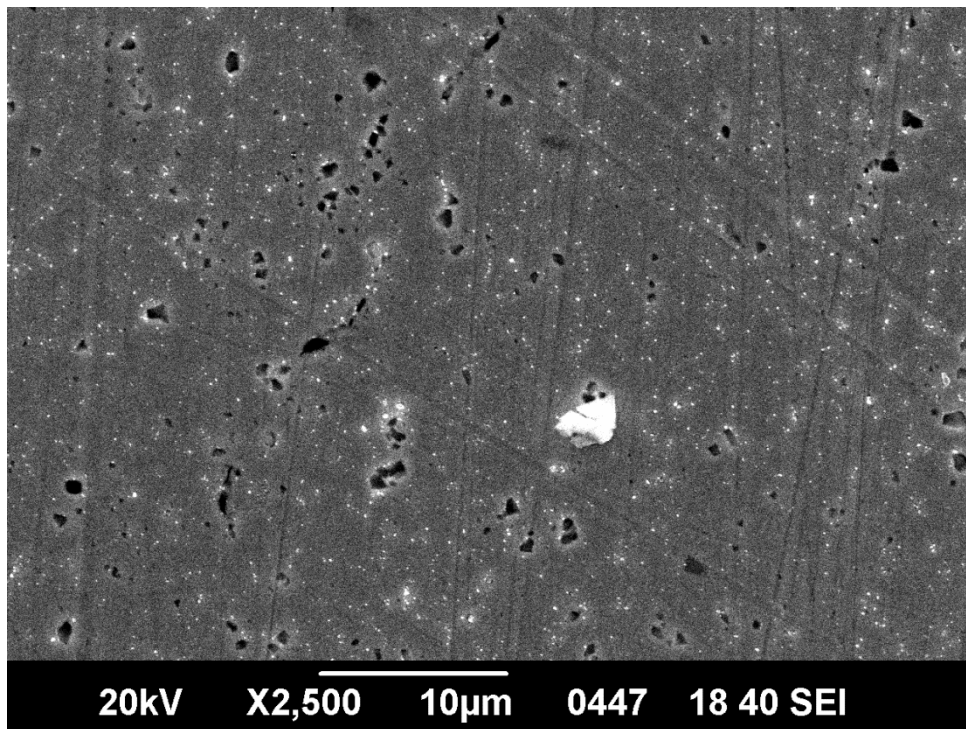
- Εικόνα μη διαβρωμένης περιοχής σε 250 φορές βαθμούς εστίασης. Εδώ παρατηρούμε την πρώτη διαφορά από το σημείο διάβρωσης. Ξεχωρίζουν οι γρατζουνιές καθώς και η σκόνη επάνω στην επιφάνεια.



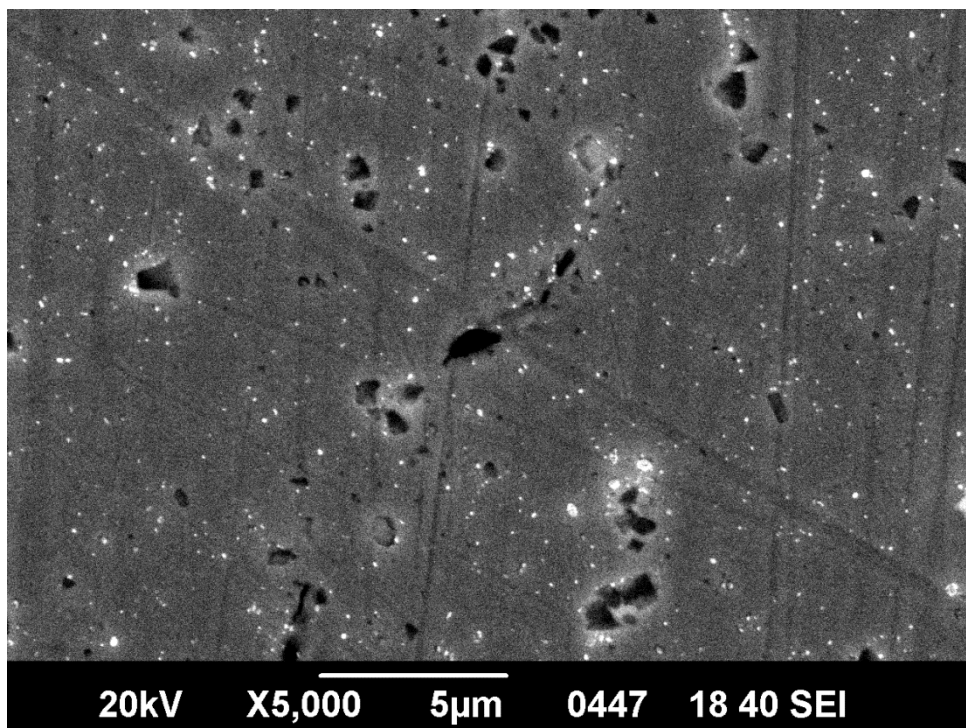
- Εικόνα μη διαβρωμένης περιοχής στις 500 φορές βαθμούς εστίασης. Εδώ παρατηρούμε εντονότερα τις γρατζουνιές όπως και τρύπες, που οφείλονται στην μη τέλεια λείανση.



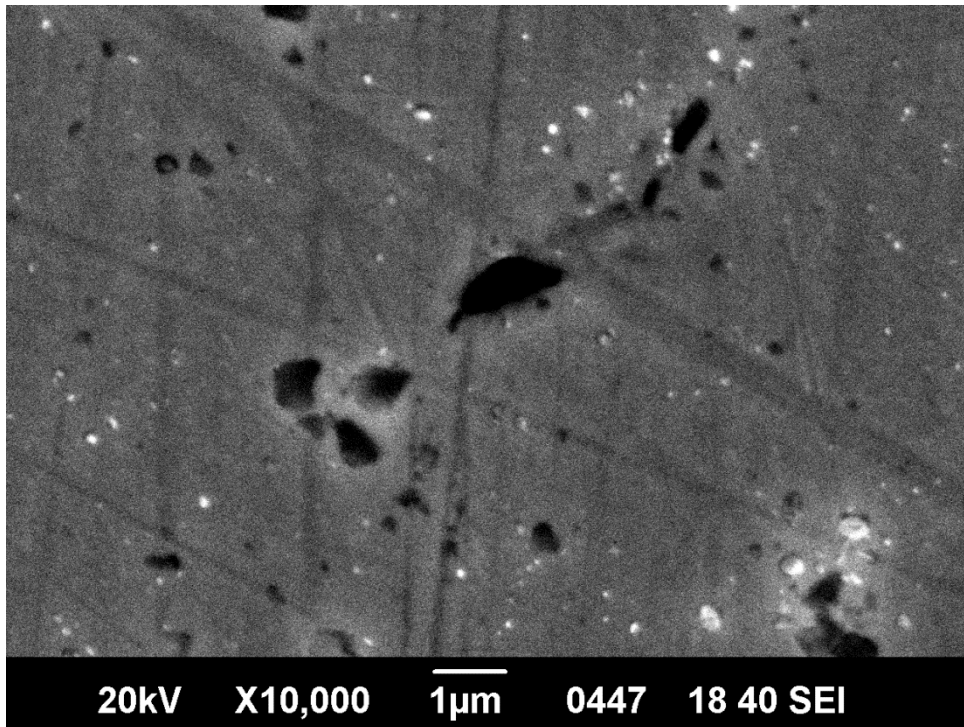
- Εικόνα μη διαβρωμένης περιοχής στις 2500 βαθμούς εστίασης



- Εικόνα μη διαβρωμένης περιοχής στις 5000 βαθμούς εστίασης

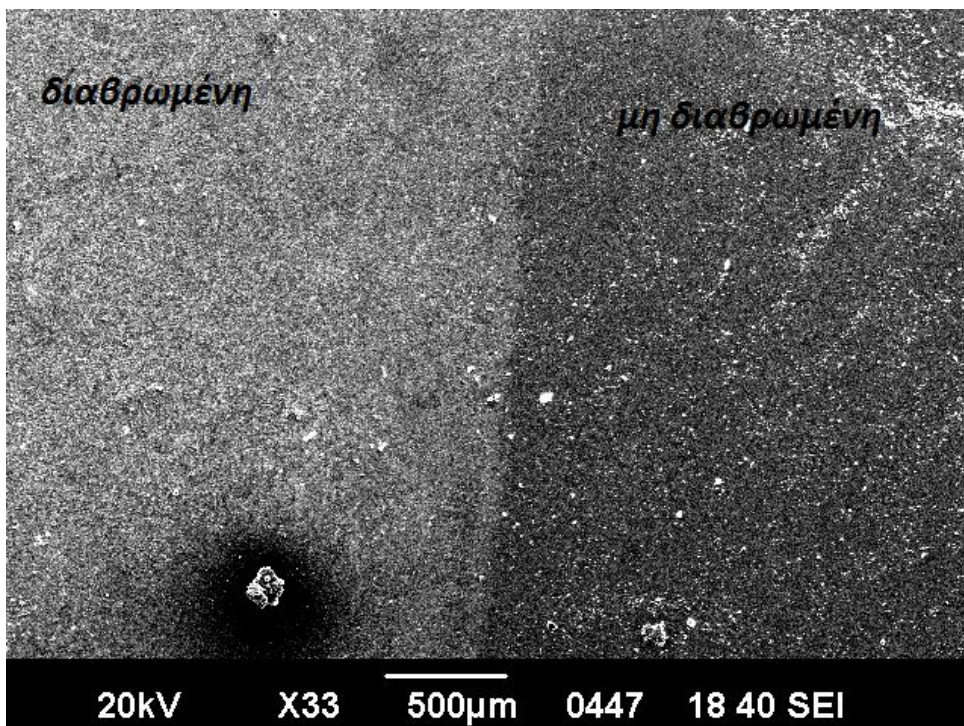


- Εικόνα μή διαβρωμένης περιοχής στις 10000 βαθμούς εστίασης



-Επειτα μετακινηθήκαμε στην περιοχή της συγκόλλησης και πήραμε με την ίδια διαδικασία εικόνες.

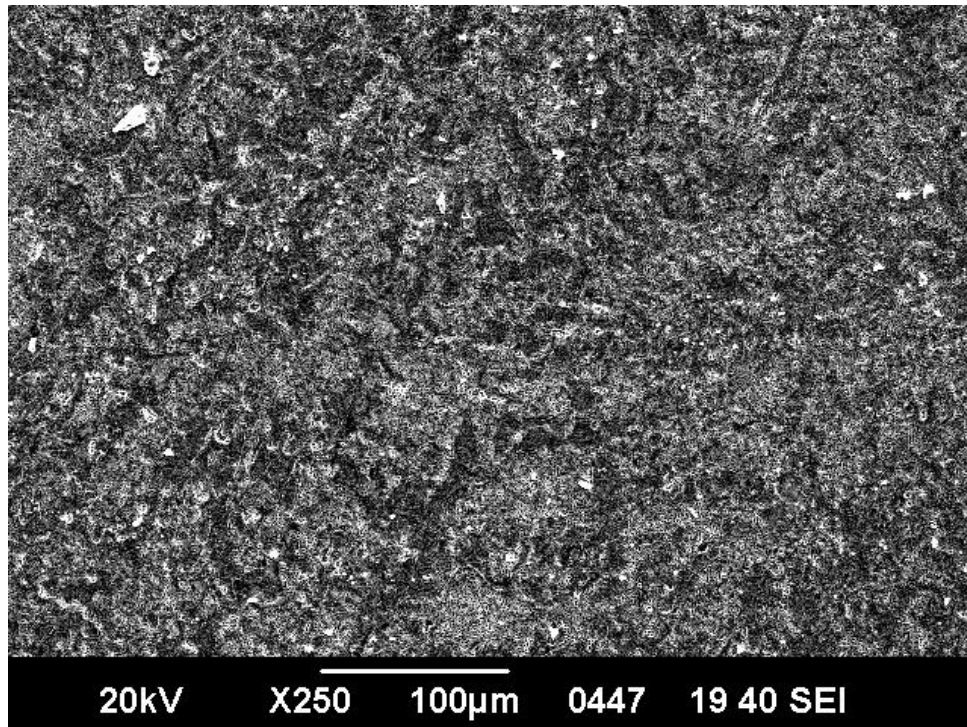
- Εικόνα σημείου συγκολλησεως στα σύνορα διαβρωμένης και μή περιοχής στις 33 φορές βαθμούς εστίασης. Παρατηρούμε στην κατω δεξιά γωνία ενα σκουπιδάκι που προήλθε απο την συγκόλληση.



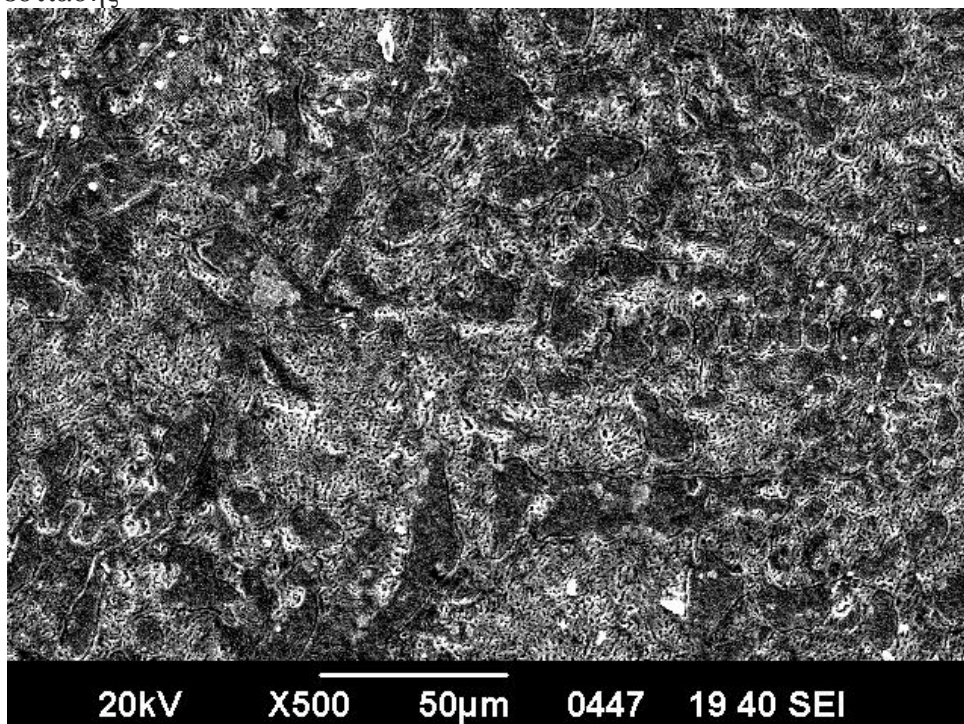
-Απο αυτο το σημείο και μετα θα κοιτάζουμε ξεχωριστά τη διαβρωμένη και μή περιοχή στο σημείο της συγκόλλησης και θα τις αναλύσουμε.

Διαβρωμένη περιοχή

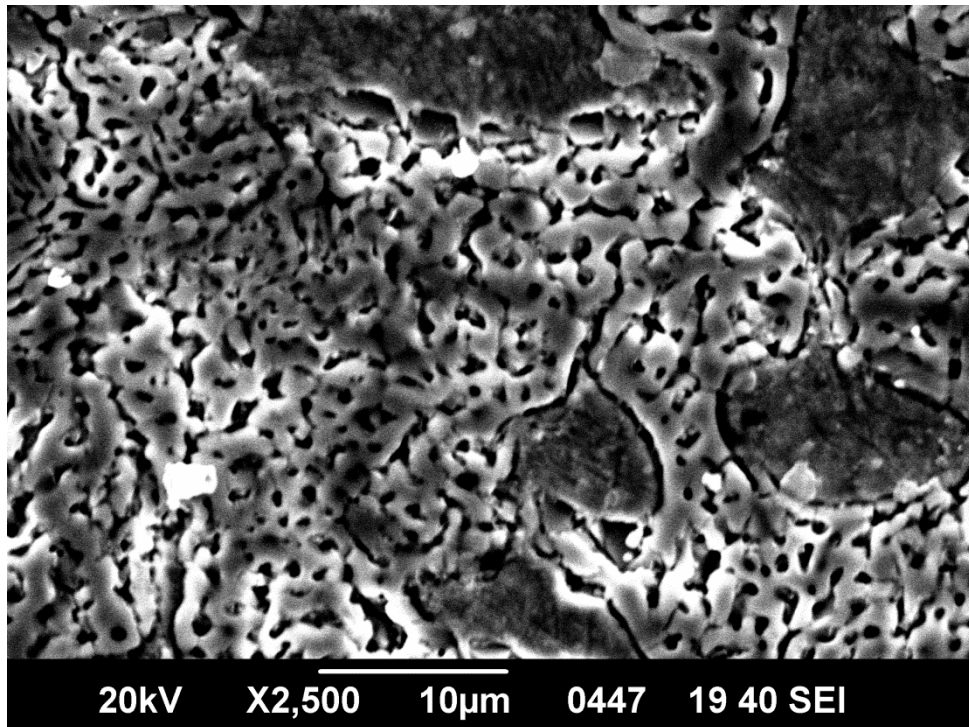
- Εικόνα σημείου συγκολλησεως στη διαβρωμένη περιοχή σε 250 βαθμούς εστίασης



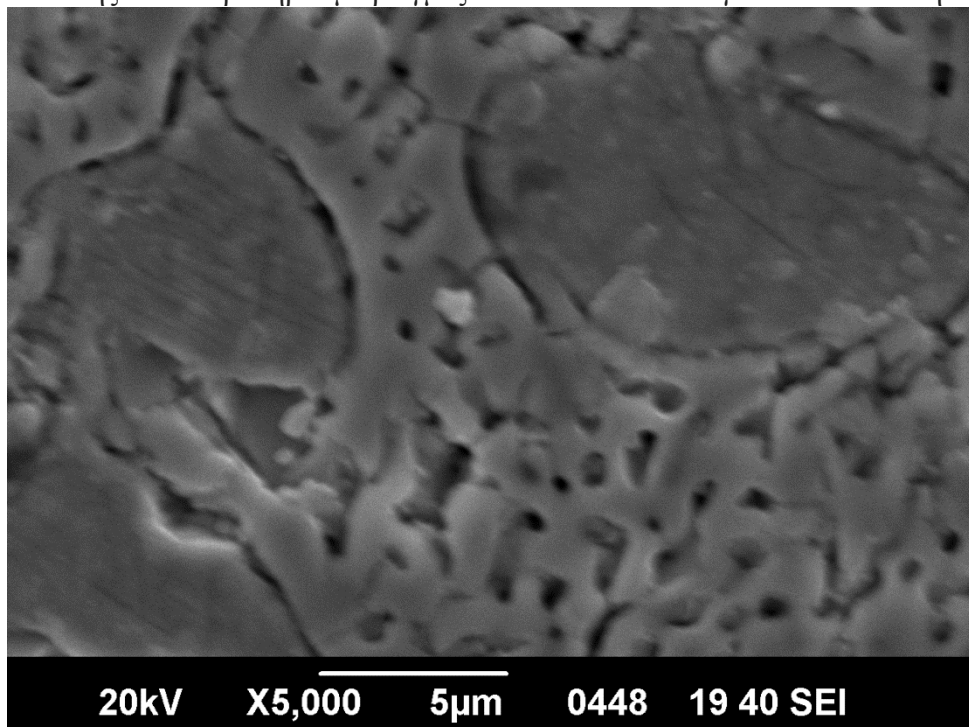
- Εικόνα σημείου συγκολλησεως στη διαβρωμένη περιοχή σε 500 βαθμούς εστίασης



- Εικόνα σημείου συγκολλήσεως στη διαβρωμένη περιοχή σε 2500 βαθμούς εστίασης. Εδώ ξεκινάμε και παρατηρούμε τα σύνορα των κόκκων και την περιοχή συγκόλλησης. Επίσης το υλικό συγκόλλησης (μείγμα κασσίτερου με χαλκό) φαίνεται στην διαφορά του χρώματος.

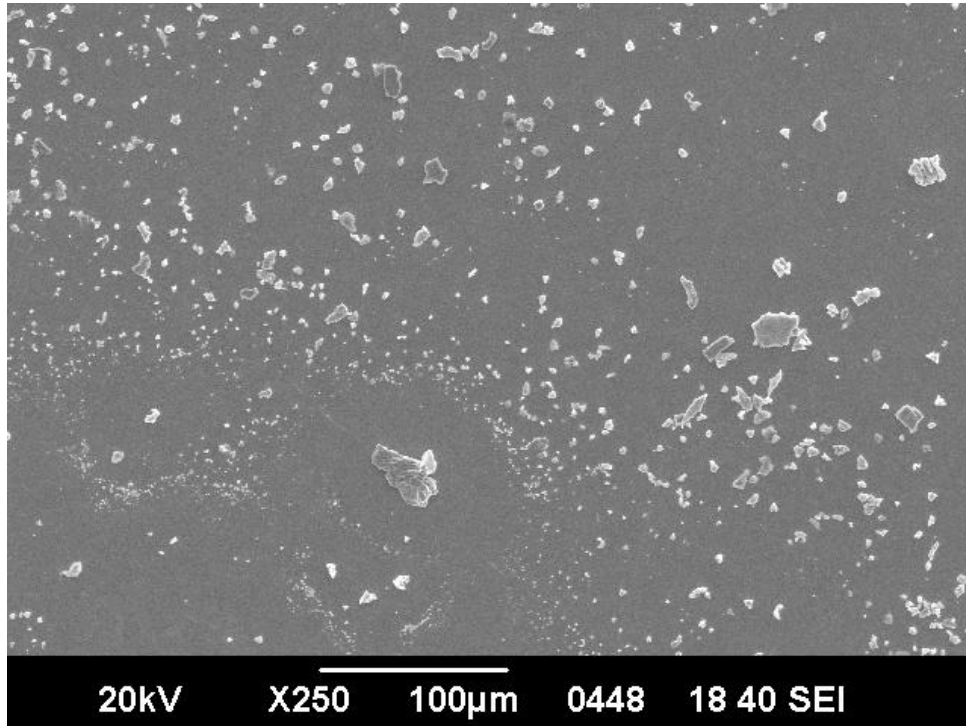


- Εικόνα σημείου συγκολλήσεως στη διαβρωμένη περιοχή σε 5000 βαθμούς εστίασης. Εδώ παρατηρούμε ρωγμές και κάποια υλικά αγνώστου ταυτότητας.

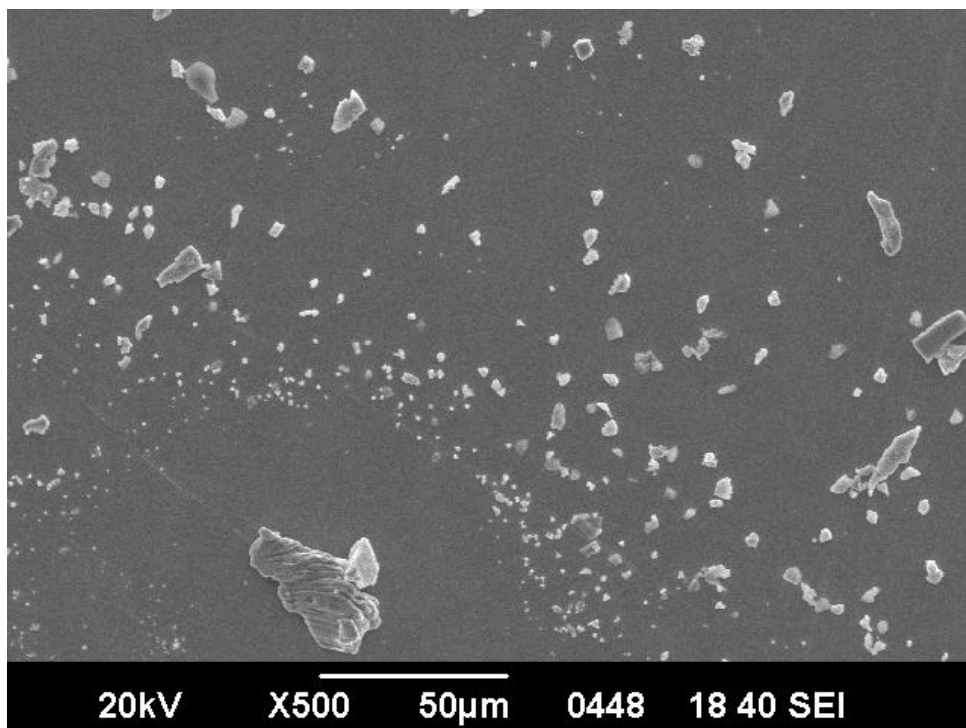


Μη διαβρωμένη περιοχή

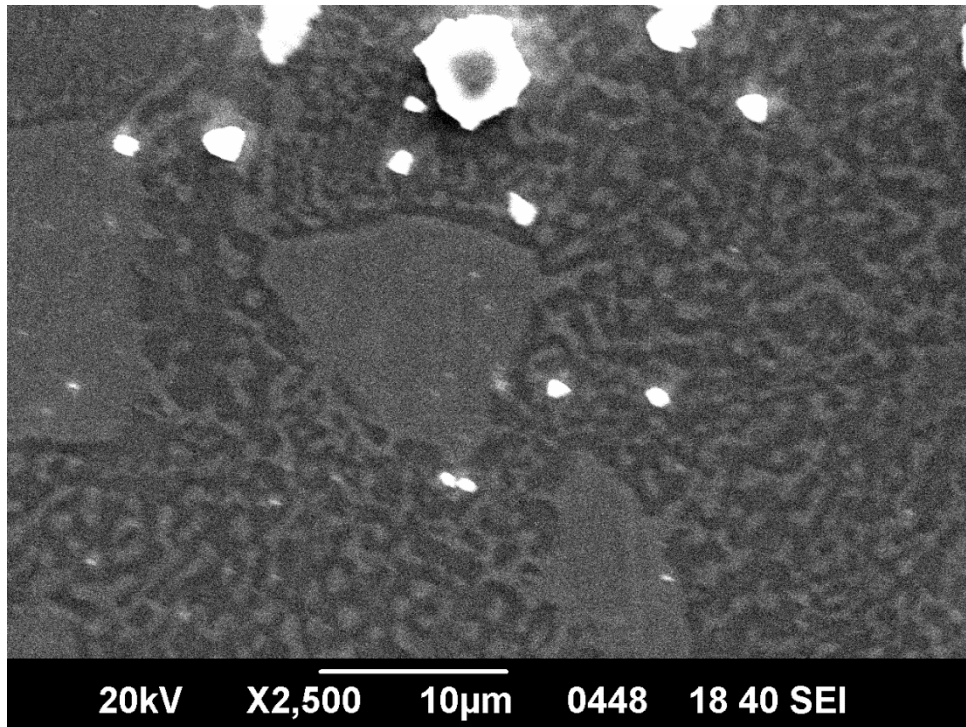
- Εικόνα μή διαβρωμένης περιοχής στο σημείο συγκόλλησης σε 250 φορές βαθμούς εστίασης



- Εικόνα μή διαβρωμένης περιοχής στο σημείο συγκόλλησης σε 500 φορές βαθμούς εστίασης

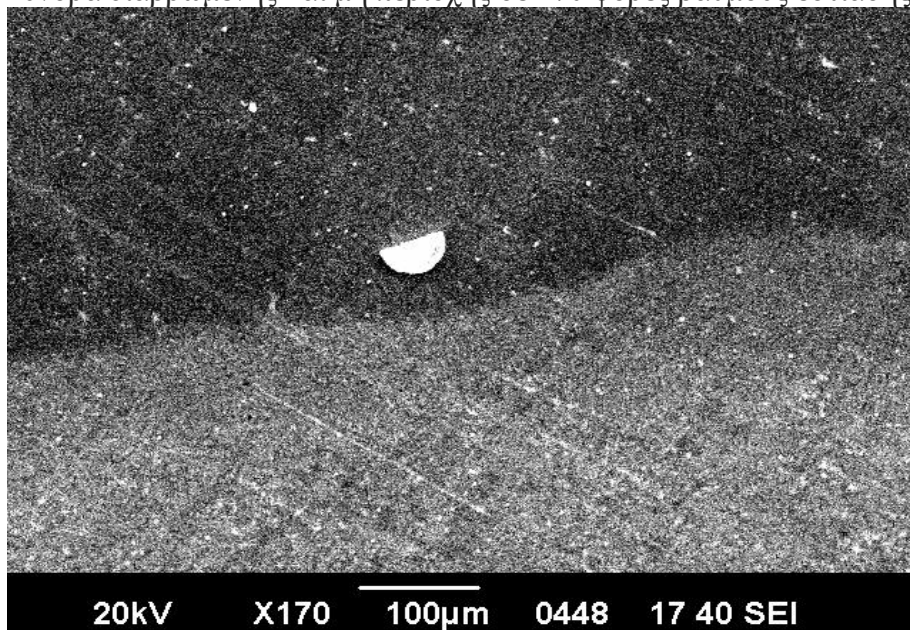


- Εικόνα μή διαβρωμένης περιοχής στο σημείο συγκόλλησης σε 2500 φορές βαθμούς εστίασης. Εδώ παρατηρούμε σκόνη και τη δομή της επιφάνειας. Δεν έχει νόημα να προχωρήσουμε παρακάτω, διότι θα χαθεί η αντίθεση. Εάν διαβρωσουμε την περιοχή θα φανούν τα όρια των κόκκων.



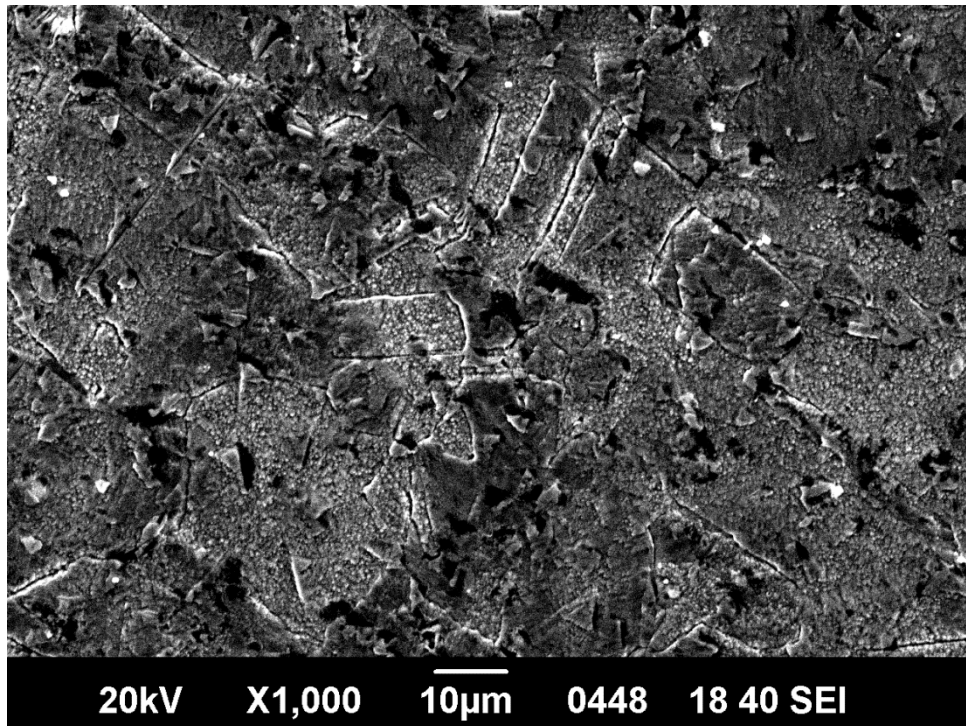
-Έπειτα αφαιρέσαμε το δοκίμιο Νο1 και το αντικαταστήσαμε με το Νο2(οπως φαίνεται στην παραπάνω εικόνα με το κοπτικό). Το δοκίμιο Νο2 είναι μακριά από την περιοχή της συγκόλλησης. Η διαδικασία επιβάλλει πάντα την εκκένωση του αέρα αφότου εισέλθει το δοκίμιο.

- Σύνορα διαβρωμένης και μη περιοχής σε 170 φορές βαθμούς εστίασης

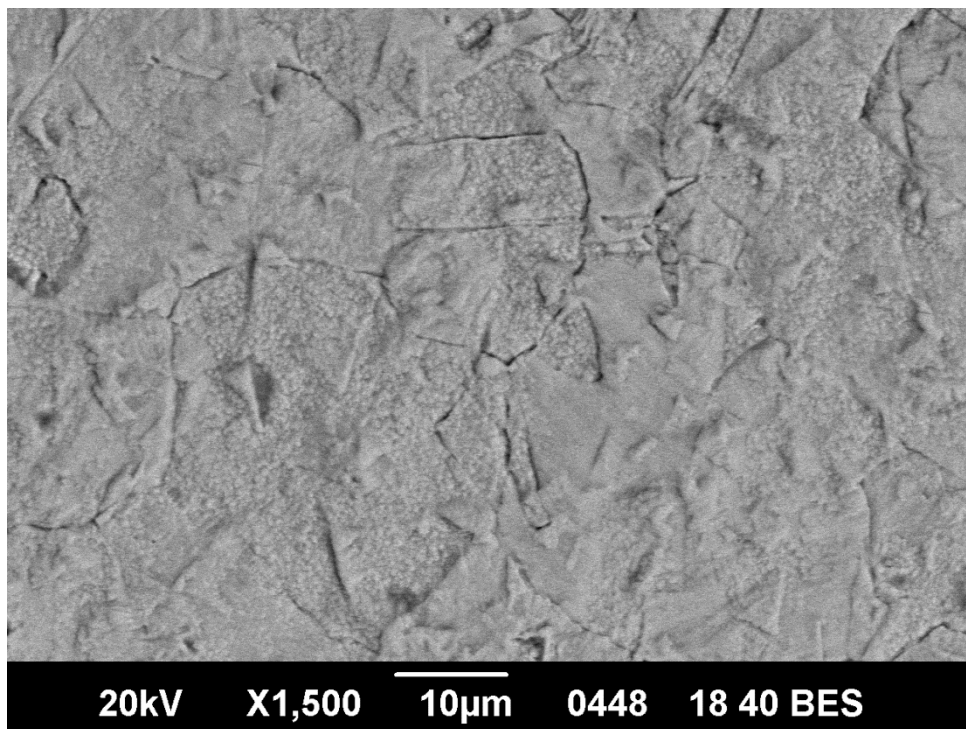


Διαβρωμένη περιοχή

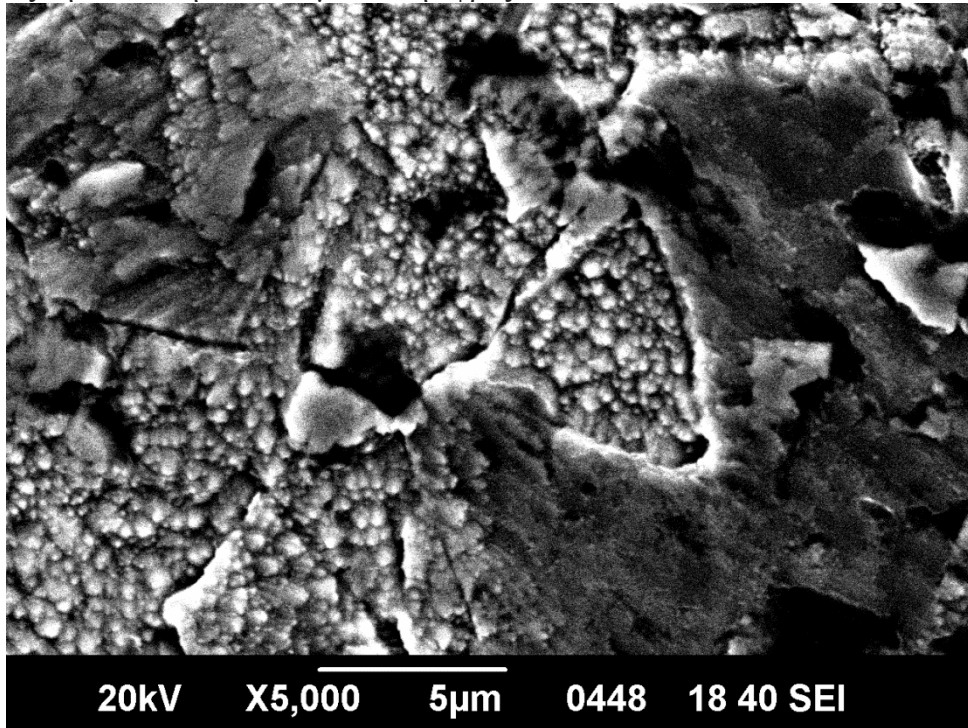
- Εικόνα διαβρωμένης περιοχής σε 1000 φορές βαθμούς εστίασης



- Εικόνα διαβρωμένης περιοχής σε 1500 φορές βαθμούς εστίασης. Εδώ βλέπουμε πολύ καθαρά τα σύνορα των κόκκων.

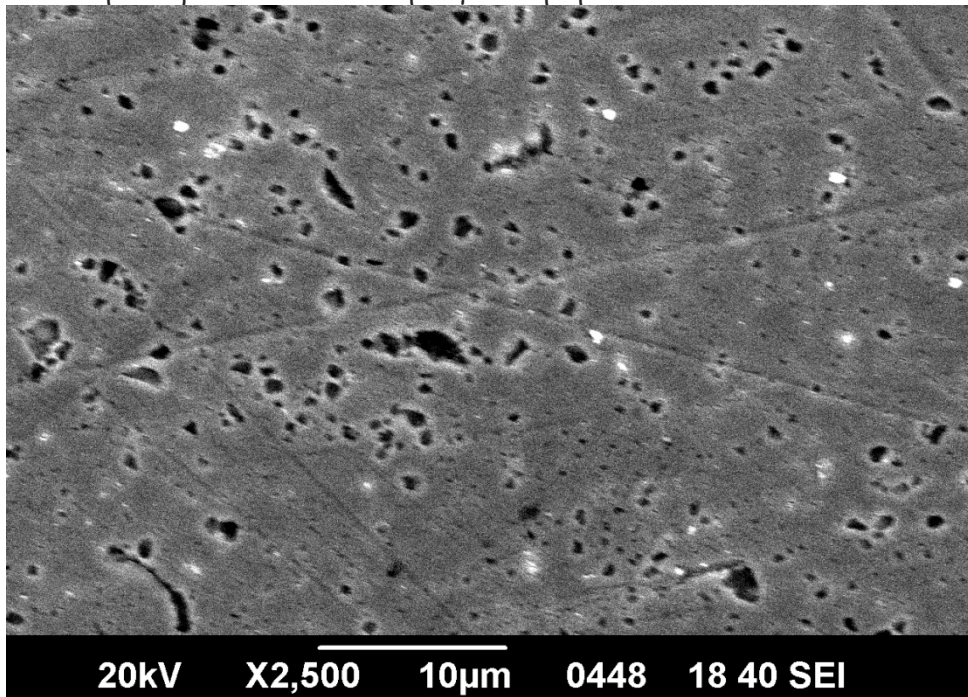


- Εικόνα διαβρωμένης περιοχής σε 5000 φορές βαθμούς εστίασης. Παρατηρούμε 2 όψεις απο το ίδιο υλικό λόγω της θερμότητας που παρήχθη εις την λείανση του δοκιμίου στην φρέζα.



Μη διαβρωμένη περιοχή

- Εικόνα στη μη διαβρωμένη περιοχή σε 2500 βαθμούς εστίασης. Αυτό το μέρος του δοκιμίου είναι πανομοιότυπο με τη μη διαβρωμένη περιοχή του δοκιμίου Νο1 στη πλευρα που δεν είναι η συγκόλληση.



ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

Συμπεράσματα

-Στη παρούσα εργασία πραγματοποιήθηκαν μετωπικές συγκολλήσεις ελασμάτων χαλκού με τη μέθοδο M.I.G – G.M.A.W (Metal inert Gas welding-Gas Metal Arc Welding).Η μηχανή η οποία χρησιμοποιήθηκε ήταν η KEMPPi 4000.

Μελετώντας την εργασία και προχωρώντας σιγά σιγά,ανακαλύψαμε και γνωρίσαμε νέους τρόπους συγκόλλησης,την εξελιξή της και τους τρόπους κατεργασίας του χαλκού και τη δομή του.

Παρατηρήσαμε πως ο χαλκός είναι ένα δύσκολο προς τη συγκόλληση υλικό. Αντιμετώπιστηκε πρόβλημα ως προς την κόλληση του,διότι δεν βρίσκαμε καταλληλό υλικό εναπόθεσης που να το συγκολλά.Εν τέλη καταφεραμε και το συγκολλήσαμε με ένα μείγμα κασσίτερου και χαλκού.Κατα την συγκόλληση είδαμε τον τρόπο λειτουργίας της μηχανής απο την οποία μάθαμε την λειτουργία της μέσα απο τα προβλήματα που προκλήθηκαν κατά τη διαδικασία.Κάναμε πολλές δοκιμαστικές συγκολλήσεις με διάφορα υλικά και αέρια προστασίας μέχρι να φτάσουμε στο καταλληλότερο.Ευτυχως δεν αντιμετωπίσαμε προβλήματα παραμόρφωσης του υλικού κάτι που μας επιτάχυνε στη περαιτέρω διαδικασία του δοκιμίου.

Κατα τη μικροσκόπηση είδαμε καινούργιες τεχνικές και διαδικασίες όπως τη λείανση τη στίλβωση και τη χημική προσβολή.Μετα το πέρας της εξετασης στο μικροσκόπιο είδαμε οτι επιτύχαμε ένα αρκετά ικανοποιητικό αποτέλεσμα,δηλαδή δεν παρατηρήσαμε σημαντική διαφορά στην αλλαγή της δομής του υλικού μας. Πράγμα που σημαίνει πως το υλικό μετά την συγκόλληση και την μετέπειτα διαδικασία,ομογενοποιήθηκε σε αρκετά μεγάλο ποσοστό με το υλικό εναπόθεσης και μας έδωσε ένα καλό αποτέλεσμα.

Δυστυχως,στο πρόγραμμα μας ήταν και η μελέτη της σκληρομέτρησης,η οποία δεν μπορούσε να πραγματοποιηθεί στις εγκαταστάσεις του ΤΕΙ,ώστε να πάρουμε παραπάνω δεδομένα για το υλικό και την εργασία.

Τέλος ενα μεγάλο ευχαριστω στον κ.Αερακη Ζαχαρία για την πολύτιμη βοήθεια του και την προσοχη του σε αυτή την εργασία,που μεσω της συνεργασίας μας αποπερατώθηκε.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 15

Βιβλιογραφικές αναφορές :

1. Σημειώσεις Μηχανολογικού εργαστηρίου Ι Τμήματος Μηχανολογίας Τ.Ε.Ι. Ηρακλείου του κ.κ. Αεράκη Ζαχαρία.
2. Γεωργίου Δ. Παπαδημητρίου,Εισαγωγή στη Μεταλλουργία,την Τεχνολογία και τον Έλεγχο των Συγκολλήσεων,εκδόσεις Ε.Μ.Π.,Αθήνα 1996
3. Β.Ι. Παπάζογλου και Γ.Δ. Παπαδημητρίου,Επιστημη και Τεχνικη των Συγκολλησεων,Εκδόσεις Ε.Μ.Π. ,Αθήνα 1994
4. Δ.Ι. Παντελής και Γ.Χρυσουλάκης.Επιστήμη και Τεχνολογία των Μεταλλικών υλικων,Εκδόσεις Παπασωτηρίου,Αθήνα 2005
5. American Welding Society (AWS), *AWS Handbooks, Section 5, 6th Edition*, AWS 1973
6. Εθνικό Αρχείο Διδακτορικών Διατριβών <http://www.didaktorika.gr/eadd/>
7. Εισαγωγή στις συγκολλήσεις,Χαιδεΐμενόπουλος Γρηγορης
8. Βιομηχανικά κράματα Λεκάτου Αγγ.
9. Sindo Kou, *Welding Metallurgy (Second Edition)*, John Wiley and Sons Publication, 2003
10. Αθάν. Γ. Μάμαλη <κατεργασίες των υλικών>,Αθήνα 1991
11. Α.Α.Σεραφετινίδης <εισαγωγή στην οπτικοηλεκτρονική>,Αθήνα 1985