

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

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

*ΘΕΜΑ: «Ανάλυση της συγκόλλησης ανοξείδωτου χάλυβα και των κραμάτων του με την μέθοδο MIG-MAG(GMAW).»*

ΣΠΟΥΔΑΣΤΡΙΑ: ΚΛΑΔΟΥ ΓΛΥΚΕΡΙΑ Α.Μ: 5242

ΕΠΙΒΛΕΠΩΝ ΚΑΘΗΓΗΤΗΣ: ΖΑΧΑΡΙΑΣ ΑΕΡΑΚΗΣ



ΗΡΑΚΛΕΙΟ 2014

## ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Πρόλογος.....	5
Περίληψη.....	6

### Θεωρητικό μέρος

#### Κεφάλαιο 1

1.1 Δομή του υλικού και των κραμάτων του.....	7
1.2 Κρυσταλλική του μορφή .....	8

#### Κεφάλαιο 2

Συγκολλησιμότητα του υλικού βάσης και των κραμάτων του.....	13
---	----

#### Κεφάλαιο 3

Κανονισμοί κραμάτων του ανοξείδωτου χάλυβα .....	16
--	----

#### Κεφάλαιο 4 :

Τεχνικές συγκολλήσεων ανοξείδωτου χάλυβα.....	25
4.1 Συγκολλήσεις τήξης.....	25
4.1 α Συγκόλληση φλόγας.....	25
4.1 β Συγκόλληση κοινού ηλεκτροδίου.....	26
4.2 Συγκόλληση αδρανούς ατμόσφαιρας .....	27
Συγκόλληση TIG.....	28
Συγκόλληση MIG-MAG.....	29
Συγκόλληση PLASMA.....	30
4.3 Συγκόλληση ακτινοβολίας.....	30
4.3 α. Laser.....	30
4.3 β. Δέσμης ηλεκτρονίων.....	30
4.4 Συγκολλήσεις αντίστασης.....	31
4.4 α Ηλεκτροπόντα.....	31
4.5 Συγκολλήσεις τριβής.....	32
4.6 Συγκολλήσεις υπερήχων.....	32

#### Κεφάλαιο 5

Συγκρότηση της μηχανής σύρματος KEMPPPI 4000.....	33
5.1 Γενικά.....	33
5.2 Εγκατάσταση μηχανής.....	33
5.2α Μεταφορά και ανύψωση της μηχανής.....	33
5.2β Χωροθέτηση του μηχανήματος.....	33
5.2γ Σύνδεση με το δίκτυο ρεύματος.....	33
5.2δ Εγκατάσταση στο δίκτυο.....	34
5.2 ε Διατομές καλωδίων σύνδεσης.....	34
5.3 Τροφodότης μηχανισμός.....	35
5.3α Τα μέρη του τροφodότη μηχανισμού.....	35
5.3β Ακροδέκτης τροφodοσίας της μηχανής.....	36
5.3γ Υλικό εναπόθεσης υλικού.....	36
5.3δ Φιάλη αερίου προστασίας.....	36
5.4 Εικόνα μηχανής.....	37
5.4α Ρύθμιση συχνότητας ρεύματος.....	38



5.4β Πάνελ ελέγχου ταχύτητας Vd του υλικού εναπόθεσης.....	39
5.4γ Ρυθμιστής καθυστέρησης του ρεύματος συγκόλλησης.....	40
5.4δ KMW timer χρονοδιακόπτης.....	41
5.4ε Φιάλη αερίου προστασίας.....	41
5.4στ Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	42
 Κεφάλαιο 6	
Βιομηχανικά αέρια προστασίας της μεθόδου MIG-MAG.....	43
 Κεφάλαιο 7	
Υλικά εναπόθεσης της μεθόδου MIG-MAG.....	46
 Κεφάλαιο 8	
8.1Θερμικά επηρεαζόμενη ζώνη του υλικού βάσης.....	50
8.2Ευτυκτοειδές διάγραμμα.....	51
 Κεφάλαιο 9	
Δυνατότητες αυτοματοποίησης της μεθόδου MIG-MAG.....	58
 Κεφάλαιο 10	
Σφάλματα ραφών.....	59
10.1Έλεγχος συγκολλήσεων.....	62
 Κεφάλαιο 11	
Προστασία από τις συγκολλήσεις.....	63
 Κεφάλαιο 12	
Βιβλιογραφία.....	69
Ηλεκτρονικές πηγές.....	69
 <b>Πειραματικό μέρος</b>	
 Κεφάλαιο 13 : Προετοιμασία της συγκόλλησης.	
13.1 Προετοιμασία δοκιμίων .....	70
13.2 Εκτέλεση της συγκόλλησης.....	71
13.3 Κατεργασία δοκιμίων.....	72
13.4 Αποκοπή δοκιμίων.....	73
 Κεφάλαιο 14 : Μεταλλογραφική διερεύνηση δοκιμίων.	
14.1 Προετοιμασία δοκιμίων.....	74
14.1α Λείανση.....	74
14.1β Στίλβωση.....	74
14.1γ Χημική προσβολή.....	74
14.1δ Οπτικό μικροσκόπιο.....	75
14.1ε Μελέτη μικροδομής μετάλλου βάσης.....	75
14.1στΜελέτη μικροδομής μετάλλου εναπόθεσης.....	79
 Συμπεράσματα.....	82

*Αφιερώνεται στην οικογένεια μου...*

## ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η εργασία που ακολουθεί είναι μια εκτενής ανάλυση της συγκόλλησης του ανοξείδωτου χάλυβα με την χρήση της μεθόδου MIG-MAG (GMAW). Με τη βοήθεια του καθηγητή και επιβλέποντα της εργασίας καταφέραμε να πραγματοποιήσουμε την συγκόλληση αυτή στο Μηχανολογικό εργαστήριο του Τ.Ε.Ι Κρήτης , ακολούθως κατεργαστήκαμε τα ήδη συγκολλημένα κομμάτια στη φρέζα προσδίνοντας τους λείες επιφάνειες μικρού βαθμού τραχύτητας και αποκόψαμε τρία τεμάχια κυκλικής διατομής διαμέτρου 30mm τα οποία υπέστησαν κατάλληλη επεξεργασία και παρατηρήθηκαν μεταλλογραφικά σε άλλο εργαστήριο του Τ.Ε.Ι με την καθοδήγηση κα. Suchea. Έχοντας κατά νου ότι στην Μηχανολογία οι διάφορες συνδέσεις δύο οι περισσότερων μερών μεταξύ τους κατά τρόπο σταθερό σε αρκετές εφαρμογές είναι επιβεβλημένη και ότι οι διάφορες χρησιμοποιούμενες τεχνολογίες στον τομέα αυτό ολοένα και εξελίσσονται και αυτοματοποιούνται ήταν για μένα ενδιαφέρον αντικείμενο πληρέστερης ενημέρωσης μου στον τομέα αυτό.

Ένα μεγάλο ευχαριστώ στον καθηγητή Κύριο Αεράκη Ζαχαρία για την πολύτιμη βοήθειά του, επίσης ένα μεγάλο ευχαριστώ από τα βάθη της καρδιάς μου στην οικογένεια μου και στους θείους μου Κώστα, Ελένη και Μανούσο που με στήριξαν σε όλη τη διάρκεια των σπουδών μου .

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ

Στην πτυχιακή αυτή εργασία μελετώ την συγκόλληση ελασμάτων ανοξείδωτου χάλυβα διαστάσεων 10\*60\*160mm με χρήση της μεθόδου MIG-MAG(GMAW). 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.

Ακολουθώντας τα εν λόγω ελάσματα κατεργάστηκαν στην συμβατική φρέζα του εργαστηρίου εις τρόπον ώστε να δημιουργηθούν λείες επιφάνειες ικανοποιητικού βαθμού τραχύτητας σε όλες τις πλευρές τους. Αποκόψαμε με κατάλληλα κοπτικά συνοδευόμενα από ειδικό αντάπτορα τεμάχια Φ30mm από διαφορετικές θέσεις της μεγάλης επιφάνειας του κομματιού μας. Τα τεμάχια αυτά υπέστησαν κατάλληλη προεργασία ώστε με περαιτέρω λείανση τους και ειδικό αντιδραστήριο να εξεταστούν μικροσκοπικά. Στην εργασία αυτή επίσης γίνεται μία γενικότερη αναφορά στη δομή των μεταλλικών υλικών και των κραμάτων τους πράγμα σημαντικό για την ειδικότητά μας.

Αναφέρομαι στην συγκολλητότητα τους, στην κατάταξη γενικά των συγκολλήσεων, στους ισχύοντες κανονισμούς μετάλλων-κραμάτων καθώς και διατάξεων των μηχανών, στην συγκρότηση της μηχανής μεθόδου MIG-MAG –Kemppi 4000 , στις ενσωματωμένες διατάξεις της μηχανής αυτής, μελετούμε τους μηχανισμούς του υλικού εναπόθεσης, την δράση των καταλληλότερων για την περίπτωσή μας αδρανών αερίων, προσπάθησα να διερευνήσω στο βαθμό του δυνατού τις αιτίες των παραμορφώσεων στα συγκεκριμένα ελάσματα και να μελετήσω την Θ.Ε.Ζ. του υλικού, εξετάζοντας παράλληλα τις δυνατότητες αυτοματοποίησης της μεθόδου.

### Summary

In this dissertation studying the welding together stainless steel measuring 10 \* 60 \* 160 mm by using the method of MIG-MAG. The preparation of laminates was in accordance with existing regulations and the soldering was held at the premises of the mechanical workshop welding machine MIG-MAG Kemppi 4000. Follows the floor plating which had treat in conventional milling machine of the laboratory concerned so as to create smooth surfaces roughness degree satisfactory to all sides. We skimmed with suitable cutting accompanied by special adaptor pieces F30mm from different places of our large surface of the piece.

These fragments were proper stage so as to further their smoothing and special reagent to examine tiny subsequently. In this work also becomes a more general reference to the structure of metallic materials and alloys which is important for our specialty. I refer to their weldability, in the general ranking of the weld, the metal-alloy regulations and provisions of welding machines. Assembly method in MIG-MAG – Kemppi 4000 at this inline schemas are studying the mechanisms of storage hardware, the action of the most suitable for our situation inert gases and to study the thermal affected zone of material. While considering the automation features of the method.

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

## 1.1 Δομή του ανοξειδωτου χάλυβα και των κραμάτων του.

Όσον αφορά τον ανοξειδωτο χάλυβα ο πρώτος που ανακάλυψε ότι το χρώμιο προσδίδει στον χάλυβα αντοχή στην διάβρωση ήταν ο Γάλλος Pierre Berthier το 1821. Αλλά εκείνη την εποχή ,οι χάλυβες είχαν υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα με αποτέλεσμα ο ανοξειδωτος χάλυβας να είναι πολύ εύθραυστος .Το 1872 οι Βρετανοί Woods και Clark έλαβαν δίπλωμα ευρεσιτεχνίας για κράμα σιδήρου με 30%-35% χρώμιο και 1,5%-2% βολφράμιο που παρουσιάζει υψηλή αντοχή στη διάβρωση από οξεία . Ωστόσο η δυσκολία παραγωγής χάλυβα με χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα παρέμενε εμπόδιο στην ανάπτυξη των ανοξειδωτων χαλύβων .Το εμπόδιο αυτό ξεπεράστηκε το 1893 όταν ο Γερμανός Hans Goldschmidt επινόησε την αλουμινοθερμική αποξείδωση του χάλυβα. Η ανακάλυψη του Goldschmidt επέτρεψε στις χαλυβουργίες να παράγουν στους μεταλλάκτες τους χάλυβα με υψηλή περιεκτικότητα σε οξυγόνο και πολύ χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα και κατόπιν να αποξειδώνουν το τηγμένο χάλυβα με την προσθήκη μεταλλικού αλουμινίου. Στις αρχές του 20<sup>ου</sup> αιώνα Γάλλοι ,Βρετανοί ,Γερμανοί και Αμερικάνοι ερευνητές παρασκεύασαν και μελέτησαν πολλά κράματα Fe-Cr-Ni που αντιστοιχούν στις σημερινές ποιότητες AISI-SAE300 και AISI-SAE400.Από το 1909 άρχισαν να κατασκευάζονται πλοία χρησιμοποιώντας χάλυβες που περιείχαν χρώμιο και νικέλιο. Το 1913 ο Βρετανός μεταλλουργός Χάρρυ Μπρέαρλυ επινόησε στο Σέφηντ της Αγγλίας τους μαρτενσιτικούς ανοξειδωτους χάλυβες και πρότεινε τη χρήση τους για την παραγωγή μαγειρικών σκευών .Ο Μπρέαρλυ ονόμασε τους νέους χάλυβες <<rustless>> δηλαδή <<ασκούριαστους>> .Λίγο καιρό μετά τους έδωσαν το όνομα <<stainless>> δηλαδή <<ακηλίδωτους>> ή <<άσπιλους>> . Γι' αυτόν τον λόγο ο Μπρέαρλυ θεωρείται ο εφευρέτης του ανοξειδωτου χάλυβα. Έχουν αναπτυχθεί πολλά είδη ανοξειδωτου χάλυβα για να αντιστέκονται στη διάβρωση σε διαφορετικά περιβάλλοντα και συνθήκες εργασίας, διασφαλίζοντας την ασφάλεια, την υγιεινή και την ολκιμότητα. Ο ανοξειδωτος χάλυβας είναι επίσης ανακυκλώσιμος: όταν διαλύεται, μπορεί εκ νέου να λιώσει και να ξανά γίνει κάτι νέο. Οι Ανοξειδωτοι χάλυβες είναι κράματα που περιέχουν χρώμιο. Η ελάχιστη περιεκτικότητα σε χρώμιο των τυποποιημένων ανοξειδωτων χαλύβων είναι 10,5%. Το χρώμιο κάνει το χάλυβα ανοξειδωτο, αυτό σημαίνει ότι ο χάλυβας έχει βελτιωμένη αντοχή στη διάβρωση. Η καλύτερη αντοχή στη διάβρωση οφείλεται σε μια μεμβράνη οξειδίου του χρωμίου που σχηματίζεται στην επιφάνεια του χάλυβα. Αυτό το εξαιρετικά λεπτό στρώμα, υπό τις σωστές συνθήκες, είναι επίσης αυτοεπισκευαζόμενο. Άλλα χαρακτηριστικά στοιχεία κράματος είναι το μολυβδαίνιο, το νικέλιο και το άζωτο. Το νικέλιο χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον για τη βελτίωση της εξελασιμότητας και ολκιμότητας του ανοξειδωτου χάλυβα. Η μειγνύαση των στοιχείων αυτών αναδεικνύει διαφορετικές κρυσταλλικές δομές για να δημιουργήσει διαφορετικές ιδιότητες σε μηχανική κατεργασία, μορφοποίηση, συγκόλληση. Οι ανοξειδωτοι χάλυβες είναι μια μεγάλη κατηγορία χαλύβων με δύο βασικά γνωρίσματα:

- Είναι ανθεκτικοί στη διάβρωση σε μεγαλύτερο ή μικρότερο βαθμό, συγκριτικά με τους άλλους χάλυβες.

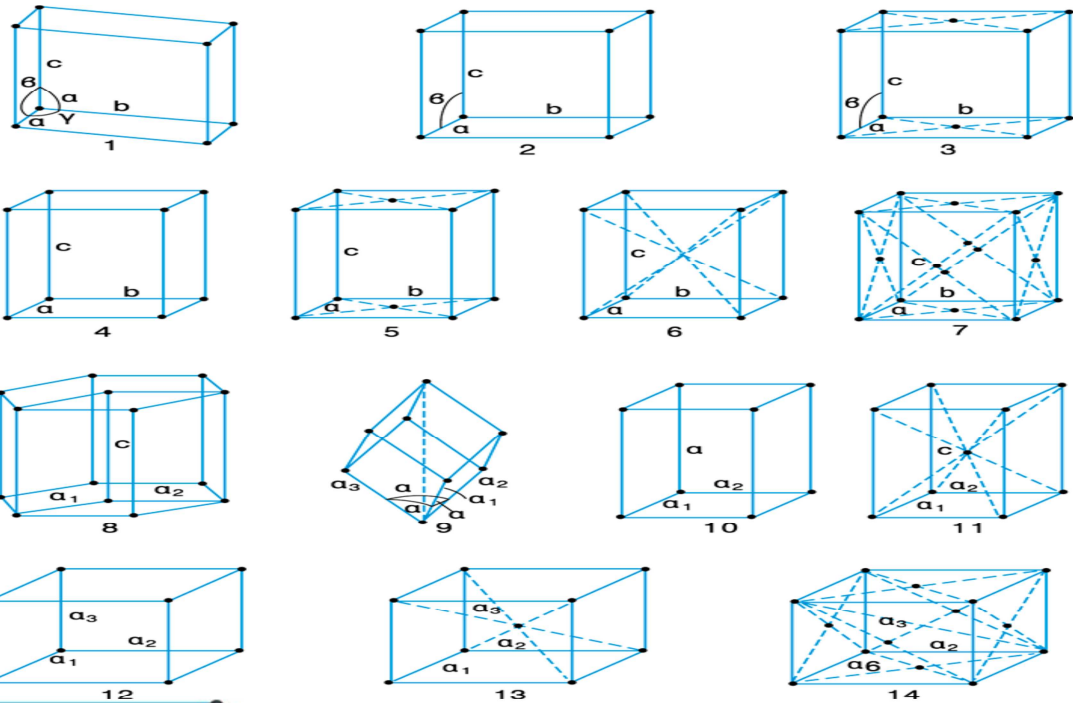
- Περιέχουν χρώμιο σε αναλογία άνω του 12% κ.β. και μία μεγάλη και σπουδαία κατηγορία απ' αυτούς νικέλιο. Η σπουδαιότητά τους πηγάζει από τις αντιδιαβρωτικές και αντιοξειδωτικές τους ιδιότητες σε χαμηλές και υψηλές θερμοκρασίες, οι οποίες τους καθιστούν κατάλληλους για πλήθος εφαρμογών, από τη ναυπηγική έως και εξειδικευμένες εφαρμογές στη βιομηχανία. Οι ανοξειδωτοι χάλυβες παρουσιάζουν αντίσταση στην οξείδωση (α) σε υγρό, και (β) σε ξηρό περιβάλλον. Διαβρωτικό περιβάλλον είναι ακόμη και οι συνηθισμένες ατμοσφαιρικές συνθήκες, και είναι γνωστό ότι οι κοινοί χάλυβες και τα περισσότερα μέταλλα σκουριάζουν μετά από σύντομη ή παρατεταμένη παραμονή στην ατμόσφαιρα. Η διαβρωτική δράση του περιβάλλοντος εντείνεται κοντά στη θάλασσα, όπου η ατμόσφαιρα είναι φορτωμένη με υγρασία και χλωριόντα. Έντονες διαβρωτικές συνθήκες συναντούμε όταν ένα αντικείμενο βυθίζεται και παραμένει μέσα σε διαβρωτικά διαλύματα και υγρά, π.χ.: θαλασσίνο νερό, οργανικά ή ανόργανα υγρά και λύματα της χημικής βιομηχανίας.

Ένα διαβρωτικό περιβάλλον είναι αυτό που δημιουργείται με τη συνέργεια υψηλών θερμοκρασιών, όπως συμβαίνει στα εξαρτήματα των καμίνων και των πετροχημικών εγκαταστάσεων, τα οποία υπόκεινται στη διαβρωτική και οξειδωτική δράση ατμόσφαιρας που περιέχει οξυγόνο, διοξείδιο του άνθρακα, θείο κλπ. Ενδεχομένως διάβρωση προκαλείται από συμπύκνωση ατμών που περιέχουν θειικό οξύ, όταν η θερμοκρασία κατεβαίνει στη διάρκεια του κύκλου λειτουργίας- κάτω από το σημείο δρόσου. Οι ανοξειδωτοί χάλυβες χρησιμοποιούνται ευρέως σε εφαρμογές όπως παραγωγή ενέργειας, παραγωγή χημικών, παραγωγή χαρτιού, ενώ στην καθημερινή χρήση τους συναντάμε σε εξαρτήματα κουζίνας, αυτοκινήτων κλπ. Επίσης, γίνεται χρήση των ανοξειδωτων χαλύβων και σε νοσοκομειακές εφαρμογές και σε φαρμακοβιομηχανίες, λόγω των καλών ιδιοτήτων του σε κρυογενετικές θερμοκρασίες. Ο ανοξειδωτος χάλυβας είναι κράμα σιδήρου, άνθρακα και χρωμίου με ελάχιστη περιεκτικότητα σε χρώμιο 10,5 % κ.β. Το χρώμιο δημιουργεί ένα μικροσκοπικό στρώμα (5 – 15 nm) τριοξειδίου του χρωμίου ( $\text{Cr}_2\text{O}_3$ ), το οποίο προστατεύει το μεταλλικό υπόστρωμα από την οξείδωση και τη διάβρωση. Εκτός από χρώμιο, οι ανοξειδωτοί χάλυβες μπορεί να περιέχουν και άλλα κραματικά στοιχεία, όπως νικέλιο Ni, μολυβδαίνιο Mo, μαγγάνιο Mn κλπ. Χρησιμοποιούνται ευρέως σε πολλές εφαρμογές που απαιτούν αντοχή στη διάβρωση, για λόγους οικονομικούς, για λόγους αισθητικούς ή για λόγους υγιεινής. Σε σύγκριση με τους κοινούς χάλυβες, οι ανοξειδωτοί χάλυβες, εκτός από την πολύ υψηλότερη αντοχή στη διάβρωση, παρουσιάζουν επιπλέον και υψηλότερη μηχανική αντοχή. Ωστόσο, είναι πιο σκληροί και γι' αυτό πιο δυσκατέργαστοι. Επίσης, παρουσιάζουν χαμηλότερη θερμική αγωγιμότητα.

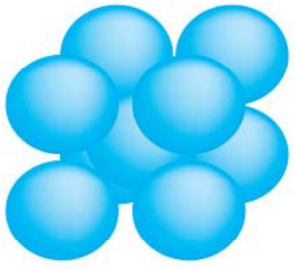
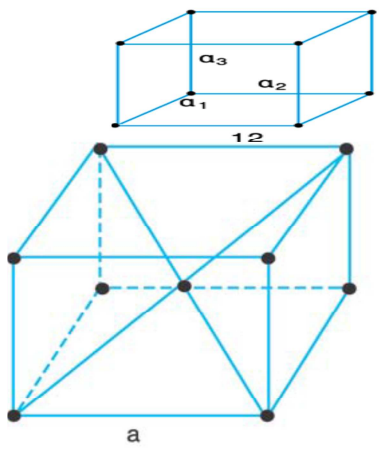
## 1.2) Κρυσταλλική δομή των μετάλλων.

Η πιο συνηθισμένη δομή των μετάλλων επιτυγχάνεται με τη διαστρωμάτωση των σωματιδίων του μετάλλου σε όσο το δυνατόν περισσότερο συμπαγή μορφή. Στην πρώτη επιφάνεια τοποθετούνται τα σωματίδια του μετάλλου δημιουργώντας το πρώτο στρώμα. Στη δεύτερη επιφάνεια τα σωματίδια τοποθετούνται μέσα στις κοιλότητες οι οποίες σχηματίζονται από τα σωματίδια του πρώτου στρώματος. Μ' αυτό τον τρόπο συνεχίζεται η τοποθέτηση κι' άλλων σωματιδιακών στρωμάτων ώστε τελικά να σχηματιστεί ο λεγόμενος μεταλλικός κρύσταλλος. Μεταξύ αυτών των στρωμάτων δημιουργούνται οι λεγόμενοι μεταλλικοί δεσμοί. Ο τύπος της κρυσταλλικής μεταλλικής δομής επηρεάζει και τις μηχανικές ιδιότητες των μετάλλων. Έτσι για παράδειγμα τα μέταλλα με ενδοκεντρωμένο κυβικό πλέγμα, όπως ο σίδηρος, έχουν μεγάλη μηχανική αντοχή. Τα μέταλλα με εξαγωνικό πλέγμα, όπως το μαγνήσιο και ο ψευδάργυρος, δε σφυρηλατούνται καλά. Το κυβικό μεταλλικό πλέγμα του χρυσού και του χαλκού, τα κάνει περισσότερο όλκιμα. Ο μεταλλικός δεσμός προσδίδει στα μέταλλα ορισμένες χαρακτηριστικές ιδιότητες που ονομάζεται μεταλλικός χαρακτήρας: Τα μέταλλα έχουν μεταλλική λάμψη και γενικά είναι σκληρά. Όταν φως, (φωτόνια) ορισμένης συχνότητας, πέσει πάνω στην επιφάνεια ενός μετάλλου, 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. Τα μέταλλα είναι ελατά (δηλαδή μετατρέπονται σε λεπτά μεταλλικά φύλλα τα λεγόμενα ελάσματα) και όλκιμα (δηλαδή μετατρέπονται σε λεπτά σύρματα). Τα μέταλλα είναι θερμικά και ηλεκτρικά αγωγιμα. Τα ελεύθερα ηλεκτρόνια αποτελούν άριστο μέσο μετάδοσης του ηλεκτρισμού επειδή μετακινούνται εύκολα. Στην πραγματικότητα κίνηση ηλεκτρονίων σημαίνει ηλεκτρικό ρεύμα. Επίσης η θερμότητα μεταδίδεται εύκολα. Επειδή αύξηση της θερμοκρασίας σημαίνει αύξηση της κινητικής ενέργειας των ηλεκτρονίων, τα ηλεκτρόνια που βρίσκονται στην άκρη ενός μεταλλικού ελάσματος μπορούν να μεταδίδουν εύκολα την κινητική τους ενέργεια στα γειτονικά ελεύθερα ηλεκτρόνια. Αυξημένη κινητική ενέργεια σημαίνει υψηλότερη θερμοκρασία.

**Οι κυψελίδες των 14 πλεγμάτων Bravais :** (1) απλό τρικλινές, (2) απλό μονοκλινές, (3) κεντροβασικό μονοκλινές, (4) απλό ορθορομβικό, (5) κεντροβασικό ορθορομβικό, (6) χωροκεντρομένο ορθορομβικό, (7) εδροκεντρομένο ορθορομβικό, (8) εξαγωνικό, (9) ρομβοεδρικό, (10) απλό τετραγωνικό, (11) χωροκεντρομένο τετραγωνικό, (12) απλό κυβικό, (13) χωροκεντρομένο κυβικό, (14) εδροκεντρομένο κυβικό.

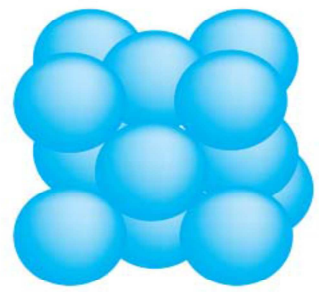
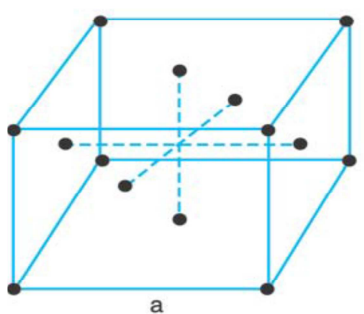


**Κυψελίδες**



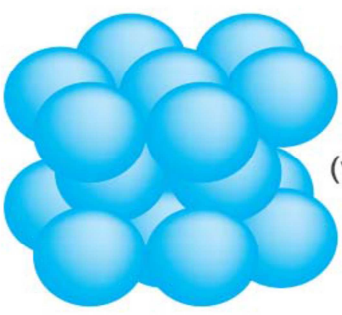
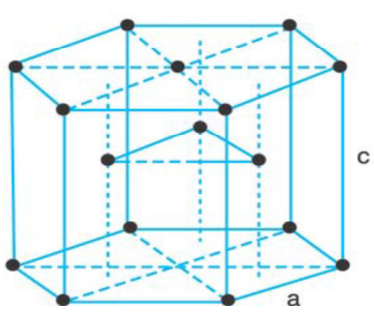
(α)

**BCC**



(β)

**FCC**



(γ)

**HCP**

Τα χαρακτηριστικά των βασικών μεταλλικών κρυσταλλικών δομών.

Δόμη	FCC	HCP	BCC	Απλό κυβικό
Αριθμός συνδιατάξεως CN	12	12	8	6
Ατομική ακτίνα R				
Αριθμός ατόμων ανά κυψελίδα	4	6	2	1
Συντελεστής ατομικής πλήρωσεως APF	0,74	0,74	0,68	0,52
Παραδείγματα	Cu, Ag, Au, Ni, Al, Pd, Pt, γ-Fe	Mg(1.62), Ti(1.59), Be(1.56), Zn(1.86)	W, Mo, V, Ba, Na, Zr, α-Fe	α-Po

### Διάβρωση

Ακόμα και οι ανοξείδωτοι χάλυβες παθαίνουν διάβρωση. Μόνον που στην περίπτωση των ανοξείδωτων χάλυβων, η διάβρωση μπορεί να μην δημιουργεί την εμφανή σκουριά που παρατηρείται στην επιφάνεια των κοινών χάλυβων. Οπότε τα αποτελέσματα της διάβρωσης των ανοξείδωτων χάλυβων μπορεί να είναι ξαφνικά και με καταστρεπτικές συνέπειες. Η διάβρωση των ανοξείδωτων χάλυβων συμβαίνει κατά πολλούς τρόπους.

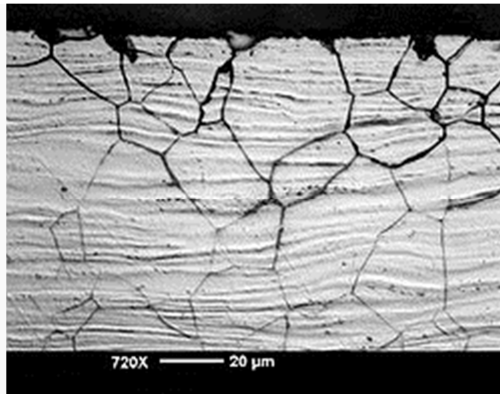
### Μικροδιάβρωση

Η μικροδιάβρωση ή *διάβρωση με βελονισμό* ή *τρηματική διάβρωση* (αγγλ., pitting) συμβαίνει όταν ο ανοξείδωτος χάλυβας εκτίθεται σε περιβάλλον από το οποίο λείπει το οξυγόνο ή σε περιβάλλον όπου άλλα ιόντα ανταγωνίζονται το οξυγόνο ως οξειδωτικό μέσο. Έτσι, π.χ. όταν ένας ανοξείδωτος χάλυβας εκτίθεται σε χλωριούχα διαλύματα, το προστατευτικό στρώμα του  $\text{Cr}_2\text{O}_3$  καταστρέφεται από τα ανιόντα  $\text{Cl}^-$  με αποτέλεσμα να δημιουργούνται μικροσκοπικές εσοχές στην επιφάνεια του χάλυβα. Οι εσοχές μπορεί να εξελιχθούν σε ρωγμές που, υπό κάποια σχετικά χαμηλή καταπόνηση, αναπτύσσονται με μεγάλη ταχύτητα με καταστρεπτικά αποτελέσματα.

Μικροδιάβρωση παρατηρείται συχνά και σε κοιλότητες ή συγκολλήσεις εξαρτημάτων από ανοξείδωτο χάλυβα. Σ' αυτή την περίπτωση γίνεται λόγος για *διάβρωση κοιλοτήτων*, *σπηλαιώδη διάβρωση* ή *διάβρωση διαχωριστικών επιφανειών* (αγγλ., crevice corrosion). Η διάβρωση κοιλοτήτων μπορεί να είναι έντονη ακόμα και σε σχετικά χαμηλή θερμοκρασία.



## Περικρυσταλλική διάβρωση



Περικρυσταλλική διάβρωση ανοξείδωτου χάλυβα όπως παρατηρείται στο μεταλλογραφικό μικροσκόπιο.

Η περικρυσταλλική διάβρωση (αγγλ., intergranular corrosion) συμβαίνει όταν ο ανοξείδωτος χάλυβας θερμανθεί και σχηματιστούν καρβίδια του χρωμίου ( $(\text{Fe,Cr})_7\text{C}_3$ ) γύρω από τους κρυστάλλους του κράματος. Τα καρβίδια αυτά αντικαθιστούν το οξείδιο του χρωμίου και έτσι ο χάλυβας χάνει την προστασία του. Η περικρυσταλλική διάβρωση εξαρτάται από την περιεκτικότητα του κράματος σε άνθρακα. Ανοξείδωτοι χάλυβες με 0,06% C παθαίνουν περικρυσταλλική διάβρωση μέσα σε 2 λεπτά στους 700 °C· αντιθέτως, ανοξείδωτοι χάλυβες με 0,02% C δεν παθαίνουν περικρυσταλλική διάβρωση. Περικρυσταλλική διάβρωση παρατηρείται και μετά την συγκόλληση ανοξείδωτων χαλύβων εξαιτίας τοπικής υπερθέρμανσης του κράματος.

Η περικρυσταλλική διάβρωση μπορεί να αναστραφεί με θέρμανση του κράματος στους 1000 °C, διαλυτοποίηση των καρβιδίων του χρωμίου και απότομη ψύξη («βαφή»). Ανοξείδωτοι χάλυβες που περιέχουν τιτάνιο, νιόβιο ή ταντάλιο παρουσιάζουν υψηλή αντοχή στην περικρυσταλλική διάβρωση.

### Διάβρωση με μηχανική καταπόνηση

Η διάβρωση με μηχανική καταπόνηση ή δυναμοδιάβρωση ή εργοδιάβρωση (αγγλ., stress corrosion cracking) είναι ένα πολύπλοκο φαινόμενο που παρατηρείται όταν ο ανοξείδωτος χάλυβας βρίσκεται υπό μηχανική καταπόνηση σε διαβρωτικό περιβάλλον, όπως, π.χ. εντός χλωριούχων διαλυμάτων. Χάλυβες ψυχρής έλασης είναι πιο ευαίσθητοι στην διάβρωση με μηχανική καταπόνηση, εξαιτίας υπολειπομένων τάσεων. Με ανόπτηση, οι υπολειπόμενες τάσεις εξαφανίζονται και ο χάλυβας ανακτά την διαβρωτική του αντοχή.

Η διάβρωση με μηχανική καταπόνηση συνδέεται με την δημιουργία (ή απλώς την παρουσία) δομικών ατελειών στο κρυσταλλικό πλέγμα του κράματος. Οι ατέλειες αυτές απλώνονται μέχρι την επιφάνεια του κράματος με αποτέλεσμα την τοπική φθορά του προστατευτικού οξειδίου  $\text{Cr}_2\text{O}_3$ , την δημιουργία ρωγμών και την τελική αστοχία του κράματος.

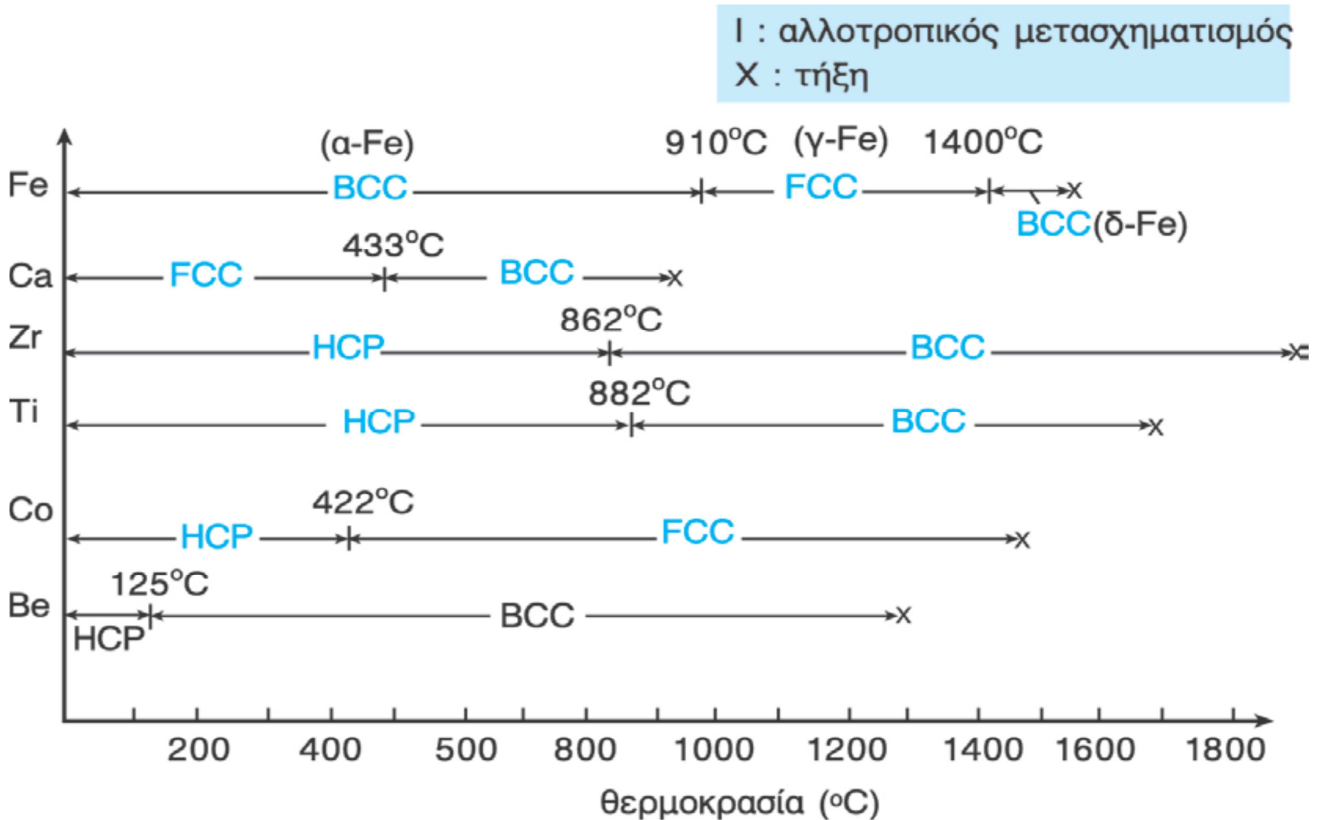
Οι ωστενιτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες AISI-SAE 304 και AISI-SAE 316 αστοχούν εύκολα λόγω διάβρωσης με μηχανική καταπόνηση σε διαλύματα που περιέχουν ελάχιστα mg/L  $\text{Cl}^-$ , όταν η θερμοκρασία ξεπεράσει τους 50 °C. Οι ωστενιτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες με υψηλή περιεκτικότητα σε μολυβδαίνιο (> 6%) ή νικέλιο, οι φερριτικοί και οι διφασικοί ανοξείδωτοι χάλυβες παρουσιάζουν καλύτερη αντοχή στην διάβρωση με μηχανική καταπόνηση.

## Ηλεκτροχημική διάβρωση

Η ηλεκτροχημική ή *γαλβανική* διάβρωση (αγγλ., galvanic corrosion) συμβαίνει όταν δύο διαφορετικά μέταλλα βρίσκονται σε επαφή το ένα με το άλλο. Τότε δημιουργείται ένα τοπικό γαλβανικό στοιχείο με αποτέλεσμα την διάβρωση του πιο ηλεκτροθετικού μετάλλου. Εάν, για παράδειγμα, επάνω στην επιφάνεια του ανοξείδωτου χάλυβα βρεθούν λίγα ψήγματα κοινού χάλυβα, αυτά θα αρχίσουν να οξειδώνονται λόγω ηλεκτροχημικής διάβρωσης, και στην συνέχεια η διάβρωση μπορεί να επεκταθεί και στην επιφάνεια του ανοξείδωτου χάλυβα. Στην περίπτωση αυτή γίνεται λόγος και για *διάβρωση εξ επαφής* (αγγλ., contact corrosion). Η διάβρωση εξ επαφής εμποδίζεται με κατάλληλο καθαρισμό του κράματος με νιτρικό ή υδροφθορικό οξύ.

## Άλλες μορφές διάβρωσης

Ο ανοξείδωτος χάλυβας μπορεί να υποστεί και άλλες μορφές διάβρωσης, όπως η *ερύθρωση* όταν βρίσκεται σε επαφή με υπερκαθαρό νερό, *μηχανοχημική διάβρωση* (εργοδιάβρωση λόγω σουλφιδίων) όταν βρίσκεται σε επαφή με υδρόθειο ( $H_2S$ ) σε θερμοκρασία 60–100 °C, κ.λπ.



Οι αλλοτροπικές μορφές και οι θερμοκρασίες μετασχηματισμού ορισμένων μετάλλων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

### Συγκολλητότητα του ανοξείδωτου χάλυβα και των κραμάτων του.

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, όπως για παράδειγμα η μεταλλουργική δομή του βασικού μετάλλου, οι ακαθαρσίες, η μέθοδος κατεργασίας, η παρουσία αερίων κλπ. 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 :

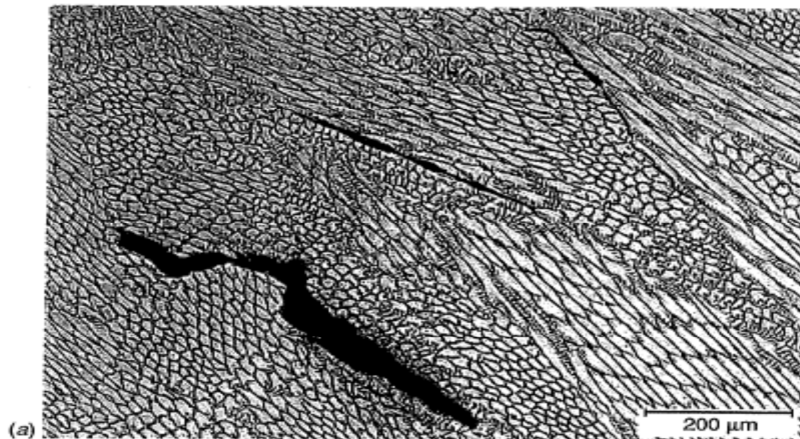
1. Μηχανικές ιδιότητες : η σκληρότητα, η αντοχή, το μέτρο ελαστικότητας, το όριο διαρροής, η ολκιμότητα, η ειδική θερμότητα, το σημείο τήξης, ο συντελεστής θερμικής διαστολής, η επιφανειακή τάση σε υψηλές θερμοκρασίες, η τάση προς διάβρωση.
2. Λειτουργικότητα : η προετοιμασία των προς συγκόλληση επιφανειών, οι προστασίες και τα αέρια, τα υλικά κολλήσεων, η ταχύτητα συγκόλλησης, η θέση της ραφής, η ταχύτητα απόψυξης, η προθέρμανση, τα επίπεδα των θερμοκρασιών.

Αν και τα ωστενιτικά κράματα θεωρείται ότι συγκολλούνται εύκολα, εντούτοις εμφανίζονται κάποια προβλήματα εάν δεν ληφθούν οι κατάλληλες προφυλάξεις. Θερμή ρωγμάτωση στο μέταλλο συγκόλλησης (Weld solidification cracking) αλλά και Ρωγμάτωση υγρής κατάστασης (Liquation cracking) μπορεί να προκύψουν. Αυτό εξαρτάται κυρίως από την σύνθεση του βασικού μετάλλου και του μετάλλου συγκόλλησης, καθώς και από το ποσοστό των ακαθαρσιών.

Θερμή ρωγμάτωση στο μέταλλο συγκόλλησης (Weld solidification cracking) μπορεί να υπάρξει ένα σημαντικό πρόβλημα για τους ανοξείδωτους χάλυβες. Η δημιουργία τέτοιων ρωγμών εξαρτάται κυρίως από την σύνθεση του μετάλλου συγκόλλησης. Μέταλλα συγκόλλησης που έχουν στερεοποιηθεί πλήρως ωστενιτικά (τύπος «Α»), είναι και τα πιο ευπαθή. Σε αντίθεση τα μέταλλα συγκόλλησης που έχουν στερεοποιηθεί κυρίως φερριτικά με μικρό ποσοστό ωστενίτη (τύπος «FA») δεν εμφανίζουν τέτοια προβλήματα.

Επιπρόσθετα, η παρουσία υψηλών ποσοστών ακαθαρσιών (ιδιαίτερως θείου και φωσφόρου) επιδεινώνουν το πρόβλημα των ρωγμών σε μέταλλα συγκόλλησης τύπου Α και ΑF.

Χαρακτηριστικό παράδειγμα τέτοιων ρωγμών σε μέταλλο συγκόλλησης τύπου Α παρουσιάζεται στο Σχήμα 2.24.



Σχήμα 2.24: Weld solidification cracks σε πλήρως ωστενιτικό μέταλλο συγκόλλησης(FN 0)

Ένα άλλο είδος ρωγμάτωσης είναι η Ρωγμάτωση υγρής κατάστασης (Liquation Cracking). Αυτές παρατηρούνται στο μέταλλο συγκόλλησης σε συγκολλήσεις πολλών περασμάτων (multipass) κατά μήκος των SGB και MGB . Τα ωστενιτικά μέταλλα συγκόλλησης είναι τα πιο επιρρεπή σε τέτοιου είδους ρωγμές, ενώ τα μέταλλα συγκόλλησης που περιέχουν αρκετό ποσοστό φερρίτη (μεταξύ FN 2 και FN 6) γενικά δεν εμφανίζουν ρωγμάτωση υγρής κατάστασης. Όπως έχει μελετηθεί και από τον Thomas , τέτοιου είδους ρωγμές μπορεί να δημιουργηθούν και στη ΘΕΖ λόγω σχηματισμού υγρής φάσης στα όρια των κόκκων, στην ζώνη μερικής τήξης, που δημιουργείται γύρω από την περιοχή συγκόλλησης. Παρά την καλή αντίσταση σε διάβρωση, οι ανοξείδωτοι χάλυβες μπορεί να εμφανίσουν τοπική διάβρωση στα όρια των κόκκων της Θ.Ε.Ζ. ή στις περιοχές συγκέντρωσης φορτίων (μέσα ή γύρω από την περιοχή συγκόλλησης). Επειδή πολλά από τα μέταλλα συγκόλλησης περιέχουν φερρίτη μπορεί να προκύψει και ενδιάμεση θερμοκρασία δυσθραυστότητας λόγω της σφάσης και του σχηματισμού καρβιδίων. Όπως και με τα φερρίτικά κράματα η αντίδραση σχηματισμού σφάσης είναι σχετικά αργή και για αυτό η δυσθραυστότητα από σ-φάση είναι συνήθως ένα πρόβλημα συντήρησης και όχι ένα κατασκευαστικό μειονέκτημα. Εντούτοις μπορεί να προκύψει κατά την συγκόλληση πολλών περασμάτων μεγάλων αντικειμένων ή πλατιάς ραφής, όπου οι ρυθμοί ψύξης είναι εξαιρετικά αργοί.

Οι συγκολλήσεις είναι μόνιμες συνδέσεις δύο ή περισσότερων μερών μεταξύ τους. Η σύνδεση αυτή στις περισσότερες των περιπτώσεων επιτυγχάνεται με θερμότητα είναι δηλαδή στην πλειονότητά τους συγκολλήσεις τήξης, όπου δομικές μονάδες του ενός τεμαχίου αποκτούν δεσμούς και συνδέονται σταθερά με τις δομικές μονάδες των άλλων μερών μεταξύ τους. Από την εποχή της αρχαιότητας εμφανίζονταν συγκολλήσεις, που βασίζονταν κυρίως στη μέχρι τότε γνώση των υλικών. Έτσι, η συγκόλληση με χύτευση καθιερώθηκε από τους αρχαίους χρόνους ως η κύρια μορφή σύνδεσης και επισκευής φθαρμένων κατασκευών . Άλλες μέθοδοι ήταν η συγκόλληση σε κάμινο και η συγκόλληση φλόγας και οι γνωστές μέχρι σήμερα μαλακές συγκολλήσεις . Διακρίνονται σε ομοειδής όπου το υλικό εναπόθεσης ταυτίζεται με το υλικό βάσης και ετεροειδής όπου το υλικό εναπόθεσης είναι διαφορετικό του υλικού βάσης. Δεν είναι οι μόνες συνδέσεις που χρησιμοποιούμε στη Μηχανολογία όμως για διάφορους λόγους επιβάλλεται η χρήση τους παράλληλα γίνεται χρήση και άλλων μορφών σύνδεσης διαφόρων μερών μεταξύ τους όπως οι κοχλιοσυνδέσεις και οι ηλώσεις. Σημαντικός παράγοντας της συγκολλητότητας των διαφόρων υλικών είναι η σύστασή τους και η ανάπτυξη δεσμών στην κρυσταλλική τους δομή . Για τα κράματα σιδήρου-άνθρακα, η συγκολλητότητα των χάλυβων εξαρτάται κυρίως από την περιεκτικότητά τους σε άνθρακα (C). Όσο λιγότερο άνθρακα έχει ένας χάλυβας, τόσο πιο μεγάλη συγκολλητικότητα έχει, δηλαδή συγκολλάται πιο εύκολα. Ανώτερο όριο περιεκτικότητας σε άνθρακα για εύκολη συγκόλληση είναι το 0.25%. Αν ένας χάλυβας έχει περιεκτικότητα πάνω από το 0,25% σε άνθρακα, τότε η συγκόλληση δεν μπορεί να είναι επιτυχής παρά μόνο κάτω από ειδικές συνθήκες. Στην περίπτωση αυτή, περιοχές της ραφής της συγκόλλησης υφίστανται βαφή, χάνουν τη μηχανική αντοχή τους και ψαθυροποιούνται. Οι χάλυβες αυτοί, με όριο άνθρακα πάνω από το 0,25%, μπορούν να συγκολληθούν, αν προθερμανθούν. Η προθέρμανση αυτή εξαρτάται από την περιεκτικότητα σε άνθρακα και φθάνει μέχρι τους 425°C για χάλυβες με περιεκτικότητα 0,8% σε άνθρακα. Αντίστοιχα με τους ανθρακούχους χάλυβες, οι χάλυβες με μεγάλη περιεκτικότητα σε Si, Mn, S και P, δεν μπορούν να συγκολληθούν εύκολα και μόνο κάτω από ειδικές συνθήκες. Αντίθετα, οι χάλυβες με προσμείξεις Cu, Ni, Cr, Mo και V, δεν αντιμετωπίζουν πρόβλημα συγκόλλησης, εκτός αν όλες οι προσμείξεις ξεπερνάνε το 10%.

Οι χάλυβες οπλισμού σκυροδέματος B500A και B500C, που ορίζονται από τα Πρότυπα ΕΛΟΤ 1421-2 και ΕΛΟΤ 1421-3 αντιστοίχως είναι συγκολλησιμοι. Σύμφωνα με το Πρότυπο ΕΛΟΤ EN 10080, οι χάλυβες θεωρούνται συγκολλησιμοι όταν οι περιεκτικότητες σε άνθρακα (C), θείο (S), φωσφόρο (P), άζωτο (N), χαλκό (Cu), καθώς και η ισοδύναμη τιμή σε άνθρακα, C<sub>eq</sub>, δεν υπερβαίνουν τις αντίστοιχες τιμές που δίνονται στον Πίνακα 3-5.

Πίνακας 3-5: Μέγιστες επιτρεπόμενες τιμές για την χημική σύσταση (περιεκτικότητα % κ.β) κατά ΕΛΟΤ EN 10080

	Άνθρακας C <sup>(2)</sup>	Θείο S	Φώσφορος P	Άζωτο N <sup>(1)</sup>	Χαλκός Cu	Ισοδύναμη τιμή σε άνθρακα C <sub>eq</sub> <sup>(2)</sup>
Ανάλυση ρευστού χάλυβα κατά τη χύτευση	0,22	0,050	0,050	0,012	0,80	0,50
Ανάλυση τελικού προϊόντος	0,24	0,055	0,055	0,014	0,85	0,52

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

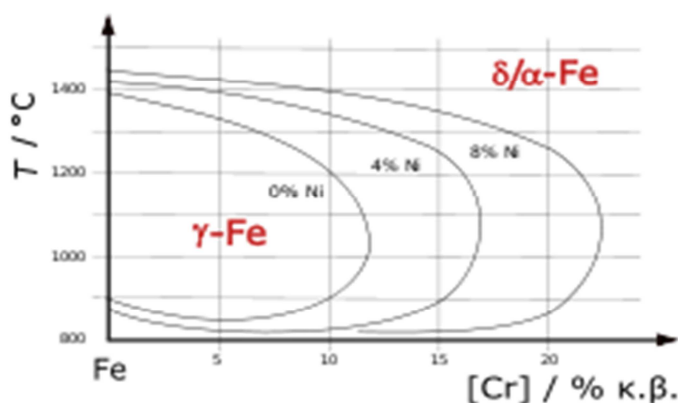
### Κανονισμοί κραμάτων του ανοξείδωτου χάλυβα .

Οι ανοξείδωτοι χάλυβες διακρίνονται με βάση την κύρια φάση στην κρυσταλλική δομή τους σε:

#### Ωστενιτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες

Πρόκειται για ανοξείδωτους χάλυβες με κύρια φάση τον ωστενίτη ( $\gamma$ -Fe). Ο ωστενίτης είναι αλλοτροπική μορφή του σιδήρου που κρυσταλλώνεται στο ολοεδρικά κεντρωμένο κυβικό σύστημα. Οι ωστενιτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες περιέχουν πολύ λίγο άνθρακα (συνήθως  $<0,08\%$  C , αλλά μερικοί περιέχουν έως  $0,15\%$  C) και τουλάχιστον  $16\%$  Cr. Ο ωστενίτης σταθεροποιείται με την προσθήκη Ni ή και Mn, και παραμένει η σταθερή φάση σε όλο το θερμοκρασιακό εύρος από το σημείο τήξης του κράματος έως πολύ κάτω από το  $0^{\circ}\text{C}$ . Επειδή ο ωστενίτης δεν είναι μαγνητικός, οι ωστενιτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες δεν είναι μαγνητικοί. Οι πιο κοινοί ωστενιτικοί χάλυβες είναι ο 18/8 ( $18\%$  Cr,  $8\%$  Ni) και ο 18/10 ( $18\%$  Cr,  $10\%$  Ni) που ανήκουν στη σειρά 300, σύμφωνα με τα αμερικανικά πρότυπα AISI-SAE. Οι χάλυβες AISI 316 παρουσιάζουν υψηλότερη αντοχή στη διάβρωση και χαρακτηρίζονται από την παρουσία μολυβδαινίου (γύρω στο  $2\%$ ). Οι τύποι 304L και 316L περιέχουν τις μικρότερες ποσότητες άνθρακα ( $<0,03\%$ ) με συνέπεια την καλύτερη συμπεριφορά κατά τη συγκόλληση. Γενικά, οι ποιότητες της σειράς 300 έχουν καλή αντοχή στη διάβρωση, μεγάλη δυνατότητα διαμόρφωσης, χαμηλό **όριο διαρροής**, σχετικά υψηλό **όριο θραύσης** και καλή ικανότητα συγκόλλησης, παρέχοντας ένα ευρύ φάσμα εφαρμογών. Εκτός από τη γνωστή σειρά 300 των ωστενιτικών χάλυβων, υπάρχουν και οι λιγότερο ανθεκτικοί μαγγανιούχοι της σειράς 200. Αυτές οι νέες ποιότητες χρησιμοποιούν διαφορετική χημεία που διακρίνεται από μειωμένο χρώμιο ( $<15\%$ ) και αρκετά χαμηλότερη περιεκτικότητα νικελίου. Η μείωση του νικελίου με προσθήκη μαγγανίου, μειώνει την ποσότητα χρωμίου η οποία μπορεί να προστεθεί, επηρεάζοντας έτσι αρνητικά την αντοχή στη διάβρωση. Αναφέραμε νωρίτερα πως η προσθήκη νικελίου είναι ο κατεξοχήν τρόπος προστασίας της ωστενιτικής δομής στον ανοξείδωτο χάλυβα. Όμως η προσθήκη μαγγανίου, σε συνδυασμό με άζωτο, μπορεί να επιφέρει τα ίδια αποτελέσματα – και με χαμηλότερο κόστος. Οι ποιότητες χρωμίου μαγγανίου χαρακτηρίζονται από σημαντικά μειωμένη περιεκτικότητα νικελίου και από την προσθήκη μαγγανίου και συχνά αζώτου και χαλκού (τα οποία επίσης έχουν ιδιότητες ωστενιτικής μορφοποίησης). Η προσθήκη αζώτου προκαλεί μεγαλύτερη σταθεροποίηση της ωστενιτικής φάσης, επιτρέποντας την προσθήκη περισσότερου χρωμίου. Το άζωτο ενεργεί επίσης ως σκληρυντικός παράγοντας. Οι ποιότητες της σειράς 200 συχνά αναφέρονται απλά μέσω της περιεκτικότητάς τους σε νικέλιο όπως  $4\%$  Ni και  $1\%$  Ni . Οι πιο αντιπροσωπευτικές ποιότητες είναι η 201 ( $1\%$  Ni, min  $15\%$  Cr, max  $0,1\%$  C ) και η 202 ( $4\%$  Ni, min  $16\%$  Cr, max  $0,08\%$  C ). Εκτός από το γεγονός ότι οι ανοξείδωτοι χάλυβες χρωμίου – μαγγανίου είναι πιο φτηνοί, προσφέρουν ταυτόχρονα καλές δυνατότητες διαμόρφωσης και αντοχής, ανάλογα με τη χημεία τους. Χαρακτηριστικό πλεονέκτημά τους είναι οι υψηλότερες μηχανικές ιδιότητες από τις αντίστοιχες κλασικές σειρές 300 (π.χ. 304), κάτι που επιτρέπει τη μείωση του πάχους και επομένως του βάρους. Εντούτοις επισημαίνουμε την προσοχή στο γεγονός πως η σειρά 200 (και ιδιαίτερα κατηγορίες με υψηλό άζωτο) είναι πιο δύσκολες στη διαμόρφωση – γεγονός που ενδέχεται να αυξήσει το κατασκευαστικό κόστος. Η προσθήκη χαλκού είναι μια λύση, αφού επιτρέπει τη μείωση της περιεκτικότητας αζώτου, με την περιεκτικότητα νικελίου και χρωμίου να παραμένει σταθερή. Η αύξηση της δημοτικότητας της σειράς 200 συσχετίστηκε με την αστάθεια των τιμών του νικελίου (κυρίως τις κατά καιρούς κατακόρυφες αυξήσεις) καθώς και με την πρόοδο της τεχνολογίας παραγωγής χάλυβα. Ταυτόχρονα, συνεχείς πιέσεις για μείωση κόστους, ιδιαίτερα από την αγορά της Ασίας, οδήγησε στην ανάπτυξη ωστενιτικών ποιοτήτων χαμηλής περιεκτικότητας σε νικέλιο και χρώμιο, οι οποίες συχνά δεν καλύπτονται από διεθνείς προδιαγραφές.

Ουσιαστικά, πολλές ποιότητες χρωμίου – μαγγανίου είναι χαρακτηριστικές συγκεκριμένων χαλβουργείων και προσδιορίζονται απλώς από έναν τίτλο που τους δίνεται από τον εκάστοτε παραγωγό. Συνεπώς, συνίσταται στους κατασκευαστές που εξετάζουν τη χρήση τους να συμβουλευονται μόνο προμηθευτές με καλή φήμη και σωστή ενημέρωση, οι οποίοι είναι κατάλληλοι για να τους προμηθεύσουν αποδεκτής ποιότητας υλικά και αξιόπιστης προέλευσης. Επιπρόσθετα, τονίζουμε πως ο κατασκευαστής έχει τη δυνατότητα να επιλέξει εναλλακτικές λύσεις στις σειρές 400 και 300. Ολοκληρώνοντας την παρουσίαση της σειράς 200, αναφέρουμε παρακάτω κάποιες εφαρμογές όπου η εμπειρία απέδειξε τη θετική επίδοσή τους (κυρίως για τις ποιότητες με 4% Ni). Τέτοιες εφαρμογές αποτελούν τα μαχαιροπίρουνα και τα μαγειρικά σκεύη, ο οικιακός νεροχύτης, εξωτερικοί χώροι (που δεν είναι όμως παραθαλάσσιοι), ο επαγγελματικός εξοπλισμός, δομικά μέρη φορτηγών, ο κορμός λεωφορείων και κατασκευές στη βιομηχανία ζάχαρης. Τέλος, υπάρχουν και οι υπερωστενιτικοί ανοξειδωτοί χάλυβες με πολύ υψηλή περιεκτικότητα σε Ni (>20%) και Mo (>6%) για υψηλή αντοχή στη διάβρωση από οξέα, χλώριο και χλωριούχα διαλύματα. Γνωστότερος τύπος αυτής της κατηγορίας είναι ο AISI 904L (19-23% Cr, 23-28% Ni, 4-5% Mo).



Η προσθήκη νικελίου αυξάνει την σταθερότητα του ωστενίτη.

## Φερριτικοί και μαρτενσιτικοί ανοξειδωτοί χάλυβες

Πρόκειται για ανοξειδωτους χάλυβες με κύρια φάση το φερρίτη ( $\alpha$ -Fe) ή το μαρτενσίτη (μετασταθής φάση που προκύπτει με απότομη ψύξη του ωστενίτη). Περιέχουν 10,5-27% χρώμιο, αλλά ελάχιστο ή καθόλου νικέλιο (<2%). Περιέχουν ωστόσο μολυβδαίνιο ή και τιτάνιο και νιόβιο.

Οι μαρτενσιτικοί χάλυβες περιέχουν 12-17% χρώμιο. Όμως έχουν μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άνθρακα και υπόκεινται σε συγκεκριμένη θερμική κατεργασία η οποία τους αυξάνει την σκληρότητα. Χρησιμοποιούνται για έλικες τουρμπίνων, μαχαιροπίρουνα, λεπίδες ξυραφιών κτλ.

Οι φερριτικοί ανοξειδωτοί χάλυβες απολαμβάνουν τα ίδια πλεονεκτήματα (μηχανικές ιδιότητες και αντοχή στη διάβρωση) των ωστενιτικών, υπερτερώντας μάλιστα σε κάποια από αυτά.

Επιγραμματικά αναφέρονται παρακάτω τα ιδιαίτερα πλεονεκτήματα των φερριτικών.

- Ο μαγνητισμός τους, ο οποίος μπορεί να αποδειχθεί χρήσιμος σε διάφορες εφαρμογές.
- Οι φερριτικοί χάλυβες έχουν χαμηλότερη θερμική διαστολή, και έτσι παραμορφώνονται λιγότερο από τους ωστενιτικούς όταν θερμαίνονται.

Επίσης, ως συνέπεια του χαμηλότερου συντελεστή διαστολής έχουν υψηλότερη αντοχή στην οξείδωση που προκαλείται από υψηλή θερμοκρασία.

- Έχουν μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα διαχέοντας έτσι τη θερμότητα αποδοτικότερα (κατάλληλοι για ηλεκτρικά σίδηρα, εναλλάκτες, σώματα κτλ).
- Οι σταθεροποιημένοι φερριτικοί χάλυβες παραμορφώνονται λιγότερο σε παρατεταμένη και βαθμιαία επιμήκυνση.
- Έχουν υψηλότερο όριο διαρροής (yield strength – το σημείο όπου η παραμόρφωση παύει να είναι πλαστική).
- Οι φερριτικοί χάλυβες είναι λιγότερο εκτεθειμένοι στο φαινόμενο της διάβρωσης με μηχανική καταπόνηση (stress corrosion cracking). Παρακάτω γίνεται πληρέστερη αναφορά.

Οι φερριτικοί τύποι διακρίνονται σε πέντε κατηγορίες – τρεις κοινές και δύο ιδιαίτερες.

**Κατηγορία 1 (409/410L)** έχει τη χαμηλότερη περιεκτικότητα χρωμίου (10-14%) από όλους τους τύπους ανοξείδωτου. Αυτή η κατηγορία είναι ιδανική για εφαρμογές με μικρή πιθανότητα διάβρωσης και όπου είναι αποδεκτή η παρουσία σκουριάς σε μικρή κλίμακα. Τυπικές εφαρμογές αποτελούν οι εξατμίσεις των αυτοκινήτων για το 409 ενώ τα εμπορευματοκιβώτια (containers) και μεγάλα οχήματα, όπως λεωφορεία, για το 410.

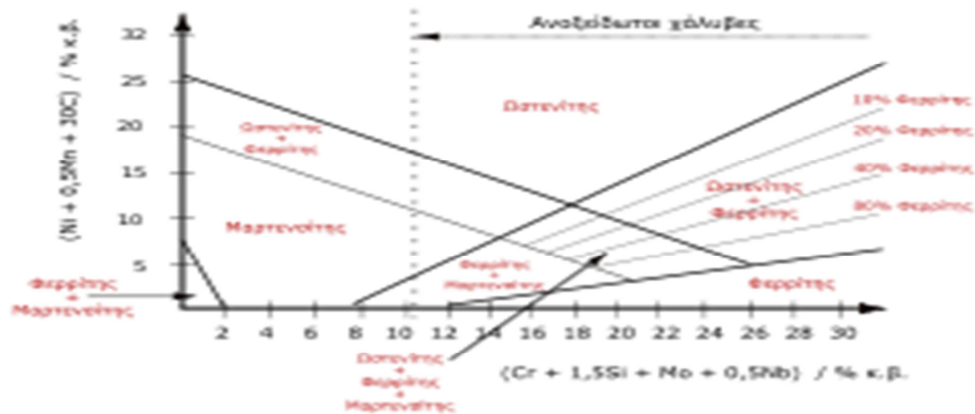
**Κατηγορία 2 (430)** είναι η πιο δημοφιλής ομάδα των φερριτικών χάλυβων. Έχει υψηλότερη περιεκτικότητα χρωμίου (14-18%) και αποδεκτή αντοχή στη διάβρωση που προσεγγίζει αυτήν του 304. Τυπικές εφαρμογές αποτελούν τα δοχεία των πλυντηρίων ρούχων, τα οικιακά και μαγειρικά σκεύη, καθώς και τα πλυντήρια πιάτων. Γενικά τονίζουμε το γεγονός πως το 430 μπορεί επάξια να αντικαταστήσει το 304 σε πολλές εφαρμογές όπου η χρήση του τελευταίου κρίνεται πλεονασματική και ακριβή (π.χ. εξοπλισμός χώρων μαζικής εστίασης).

**Κατηγορία 3 (430Ti, 441)** συγκρινόμενα με την κατηγορία 2, αυτοί οι τύποι παρουσιάζουν καλύτερη συμπεριφορά στη συγκόλληση και τη διαμόρφωση. Η γενικότερη συμπεριφορά τους είναι αντάξια του ωστενιτικού 304. Η κατηγορία αυτή έχει περιεκτικότητα χρωμίου από 14 έως 18% και σταθεροποιητικά στοιχεία όπως το τιτάνιο και το νιόβιο. Οι νεροχύτες, οι εναλλάκτες, οι εξατμίσεις (μακροβιότερες αυτών από 409), ο επαγγελματικός εξοπλισμός, αποτελούν κάποιες από τις τυπικές εφαρμογές αυτής της κατηγορίας.

**Κατηγορία 4 (434, 436, 444)** αυτοί οι τύποι χαρακτηρίζονται από την πρόσθεση μολυβδαίνιου, για υψηλότερη αντοχή στη διάβρωση. Η παρουσία χρωμίου κυμαίνεται μεταξύ 14 και 20%. Τυπικές εφαρμογές αποτελούν οι δεξαμενές ζεστού νερού, οι ηλιακοί θερμοσίφωνες, τα εξωτερικά πάνελ κτλ. Η ανθεκτικότητα του 444 είναι παρόμοια με αυτήν του 316.

**Κατηγορία 5 (446, 445/447)** χαρακτηρίζεται από υψηλά ποσοστά χρωμίου (18-30%) και την ύπαρξη μολυβδαίνιου, επιτυγχάνοντας ιδανική αντοχή στη διάβρωση και την οξείδωση, αποτελεσματικότερη από αυτήν που επιδεικνύει το 316. Είναι τύποι που μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε παράκτιες κατασκευές και γενικότερα σε περιβάλλοντα με συνθήκες ισχυρής διάβρωσης.





Η κατάταξη ακατέργαστων ανοξείδωτων χάλυβων κατά Schäffler. Στον άξονα των δίνονται τα κραματικά στοιχεία που ευνοούν τον σχηματισμό φερρίτης ως *ισοδύναμο Cr* ( $= (%Cr) + 1,5(%Si) + (%Mo) + 0,5(%Nb)$ ) και στον άξονα των  $y$  δίνονται τα κραματικά στοιχεία που ευνοούν τον σχηματισμό ωστενίτη ως *ισοδύναμο Ni* ( $= (%Ni) + 0,5(%Mn) + 30(%C)$ ).

### Διφασικοί ανοξείδωτοι χάλυβες (duplex)

Οι διφασικοί ή ωστενοφερριτικοί χάλυβες ή ανοξείδωτοι χάλυβες διπλής φάσης (duplex), περιέχουν ωστενίτη και φερρίτη σε αναλογία που κυμαίνεται από 50:50 έως 40:60. Συνήθως περιέχουν 19-28% Cr, <5% Mo και λίγο Ni (1,5-7% ανάλογα με τον τύπο). Χάρη στην υψηλή περιεκτικότητα χρωμίου, αζώτου και μολυβδαίνιου παρουσιάζουν εξαιρετική αντοχή στη διάβρωση, απολαμβάνοντας ταυτόχρονα το πλεονέκτημα των υψηλότερων μηχανικών ιδιοτήτων σε σχέση με τις άλλες οικογένειες. Για παράδειγμα, ο τύπος S32101 έχει μηχανικές ιδιότητες κατά 90% υψηλότερες του 304, επιτρέποντας έτσι να μειωθεί με ασφάλεια κατά μέσο όρο 30% το πάχος του υλικού που χρησιμοποιείται στις κατασκευές. Επιπλέον, λόγω της χαμηλής περιεκτικότητας σε νικέλιο προσφέρουν σταθερότερη τιμή σε σχέση με τους ωστενιτικούς χάλυβες. Εκτός του S32101 (EN 1.4162), άλλοι δημοφιλείς τύποι της οικογένειας των duplex είναι οι S32304 (EN 1.4362) και ο S32205 (EN 1.4462).

### ΑΝΟΞΕΙΔΩΤΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ

Είναι ισχυρά κραματομένοι χάλυβες,  $\pi(Cr) > 12\%$  (Το Cr είναι το κύριο κραματικό στοιχείο του χάλυβα).  $\pi(S) < 0,03\%$ ,  $\pi(P) < 0,04\%$ ,  $\pi(Si) < 1\%$  (Τα S, P και Si περιέχονται ως ακαθαρσίες). Υψηλή αντοχή σε διάβρωση λόγω σχηματισμού παθητικού επιφανειακού στρώματος  $Cr_2O_3$ . Διακρίνονται στις εξής βασικές κατηγορίες:

- Μαρτενσιτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες
- Φερριτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες
- Ωστενιτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες
- Ωστενοφερριτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες.

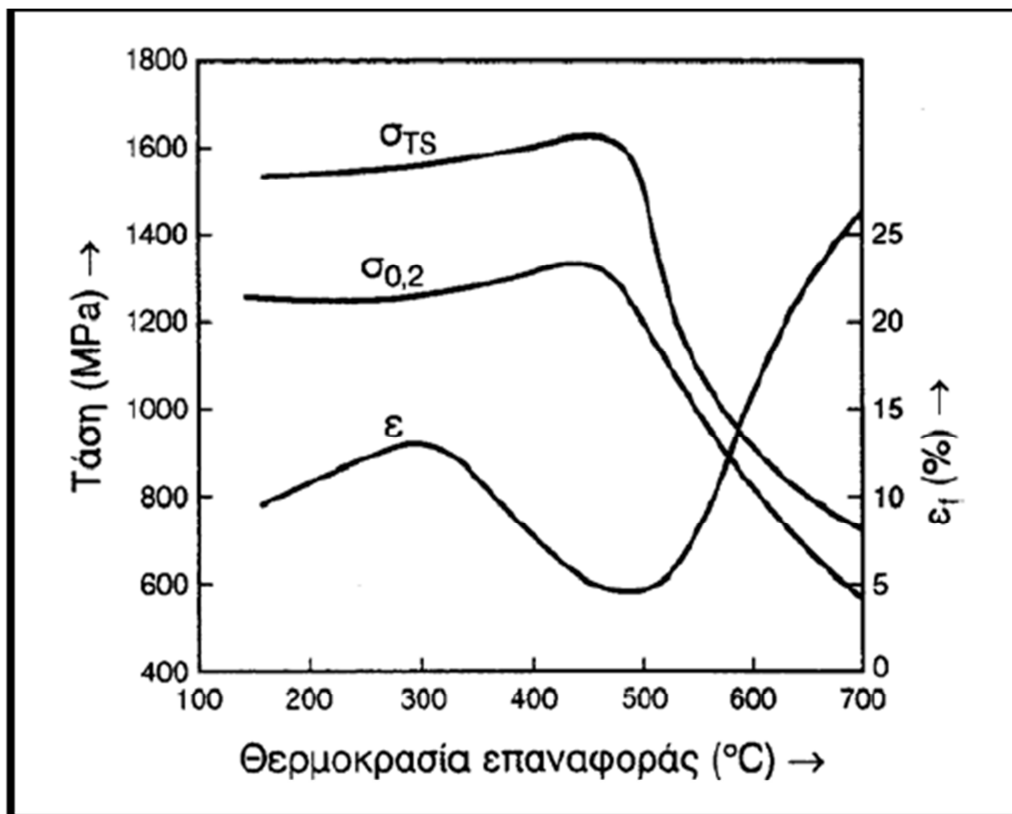
Κατηγορίες ανοξείδωτων μαρτενσιτικών χάλυβων.

1. Με χαμηλή περιεκτικότητα σε C:  $\pi(C) = 0,1 \div 0,15\%$  (ελαφρά προσθήκη S αυξάνει την κατεργασιμότητα).
2. Με μικρή περιεκτικότητα σε C και κραματοποιημένοι με Ni.
3. Με μεσαία περιεκτικότητα σε C:  $\pi(C) = 0,035 \div 0,4\%$  (παρουσιάζουν τις βέλτιστες μηχανικές ιδιότητες)
4. Με υψηλή περιεκτικότητα σε C:  $\pi(C) \cong 1\%$ .

## ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ ΚΑΙ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

Τυπική σύσταση μαρτενσιτικού ανοξειδώτου χάλυβα:  $\pi(\text{C})=0,2\div 0,4\%$ ,  $\pi(\text{Cr})=12\div 17\%$ , η θερμοκρασία ωστενιτοποίησης  $=950\div 1100^\circ\text{C}$ , γίνεται βαφή στον αέρα ή σε λάδι. Υφίστανται επαναφορά. Οι μηχανικές ιδιότητες εξαρτώνται από τη θερμοκρασία επαναφοράς, βλ. Σχ. 1. Με επαναφορά στη θερμοκρασιακή περιοχή  $350\div 575^\circ\text{C}$  σημειώνεται δραστική μείωση της ολκιμότητας λόγω σχηματισμού του καρβιδίου  $\text{Cr}_23\text{C}_6$  που δεσμεύει Cr και κατακρημνίζεται στα όρια των κόκκων (ευνοείται η περικρυσταλλική διάβρωση του χάλυβα).

- Βελτίωση της αντοχής σε οξείδωση υψηλών θερμοκρασιών με κραμάτωση με Si μέχρι  $\pi(\text{Si})=0,6\%$ .
- Αύξηση της συνεκτικότητας με κραμάτωση με Ni μέχρι  $\pi(\text{Ni})=2\%$ .
- Είναι μαγνητικοί.
- Χρήση: Κατασκευή στροβίλων, χειρουργικών εργαλείων, οικιακών συσκευών κλπ.



**Σχήμα 1. Επίδραση της θερμοκρασίας επαναφοράς στις μηχανικές ιδιότητες των ανοξειδωτων μαρτενσιτικών χάλυβων**

Ανοξειδωτοι φερριτικοί χάλυβες

Τυπική σύσταση φερριτικού ανοξειδώτου χάλυβα:  $\pi(\text{C})=0,06\div 0,12\%$ ,  $\pi(\text{Cr})=12\div 30\%$ .

Διακρίνονται σε:

(α) Χάλυβες με  $\pi(\text{Cr})=12\%$  και  $\pi(\text{C})<0,08\%$ .

(β) Χάλυβες με  $\pi(\text{Cr})=17\%$  και  $\pi(\text{C})=0,1\%$  (συνηθέστερα χρησιμοποιούμενοι).

(γ) Χάλυβες με  $\pi(\text{Cr})=20\div 30\%$ .

- Έχουν μονοφασική δομή και δεν παρουσιάζουν μεταβολές σε στερεά κατάσταση.
- Έχουν σχετικά μικρή μηχανική αντοχή.
- Είναι μαγνητικοί.
- Παρουσιάζουν καλή αντοχή σε διάβρωση από νιτρικό οξύ, οργανικά οξέα, νερό, θειικά και νιτρικά διαλύματα.

- Η παρουσία Mo σε ποσοστό 2% βελτιώνει την αντοχή του σε διάβρωση με βελονισμούς και τους καθιστά κατάλληλους για χρήση σε θαλάσσιο ή όξινο περιβάλλον.
- Χρήση: Σχετικά περιορισμένη λόγω της μικρής αντοχής τους.

#### Ανοξειδωτοι ωστενιτικοί χάλυβες

Η Τυπική σύσταση ωστενιτικού ανοξειδωτου χάλυβα:  $\pi(C) \approx 0,10\%$ ,  $\pi(Cr) = 12 \div 30\%$ ,  $\pi(Ni) = 8 \div 30\%$ . Παρουσιάζουν ωστενιτική δομή και σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από τη θερμοκρασία περιβάλλοντος, ανάλογα με την περιεκτικότητά τους σε C, Cr, Ni. Δεν είναι μαγνητικοί. Έχουν καλές μηχανικές ιδιότητες και κατεργασιμότητα. Χαρακτηρίζονται από υψηλή αντοχή σε διάβρωση και οξείδωση. Το κυριότερο μειονέκτημα του είναι η μεγάλη ευαισθησία σε ενδοκρυσταλλική διάβρωση. Ο συνηθέστερα χρησιμοποιούμενος ωστενιτικός χάλυβας είναι ο *ανοξειδωτος χάλυβας 18/8* με σύσταση:  $\pi(C) = 0,10\%$ ,  $\pi(Cr) = 18\%$  και  $\pi(Ni) = 8\%$ . Προσθήκη άλλων στοιχείων οδηγεί σε βελτίωση των ιδιοτήτων τους, βλ. Πίνακα.

Πίνακας: Επίδραση της προσθήκης κραματικών στοιχείων στους ανοξειδωτους ωστενιτικούς χάλυβες.

Στοιχείο προσθήκης	Ποσοστό προσθήκης	Συνέπειες
Se	~ 0.15%	Βελτίωση κατεργασιμότητας
S		Βελτίωση κατεργασιμότητας
N	< 0.20%	Αύξηση του $\sigma_y$ χωρίς μείωση της ολκιμότητας.
Mo	2.4%	Αύξηση της αντοχής σε θαλάσσια διάβρωση.
Mn, Cr, Ni		Επιβράδυνση του μετασχηματισμού $\gamma \rightarrow \alpha$ λόγω διάχυσης. Ελάττωση σημείου Ms.
Ti, Nb		Επιβράδυνση της περικρυσταλλικής διάβρωσης . Σταθεροποίηση ωστενίτη.

Οι ωστενιτικοί χάλυβες έχουν ευρεία χρήση στην αυτοκινητοβιομηχανία, αεροναυπηγική, χημική βιομηχανία, βιομηχανία τροφίμων και οικιακών συσκευών.

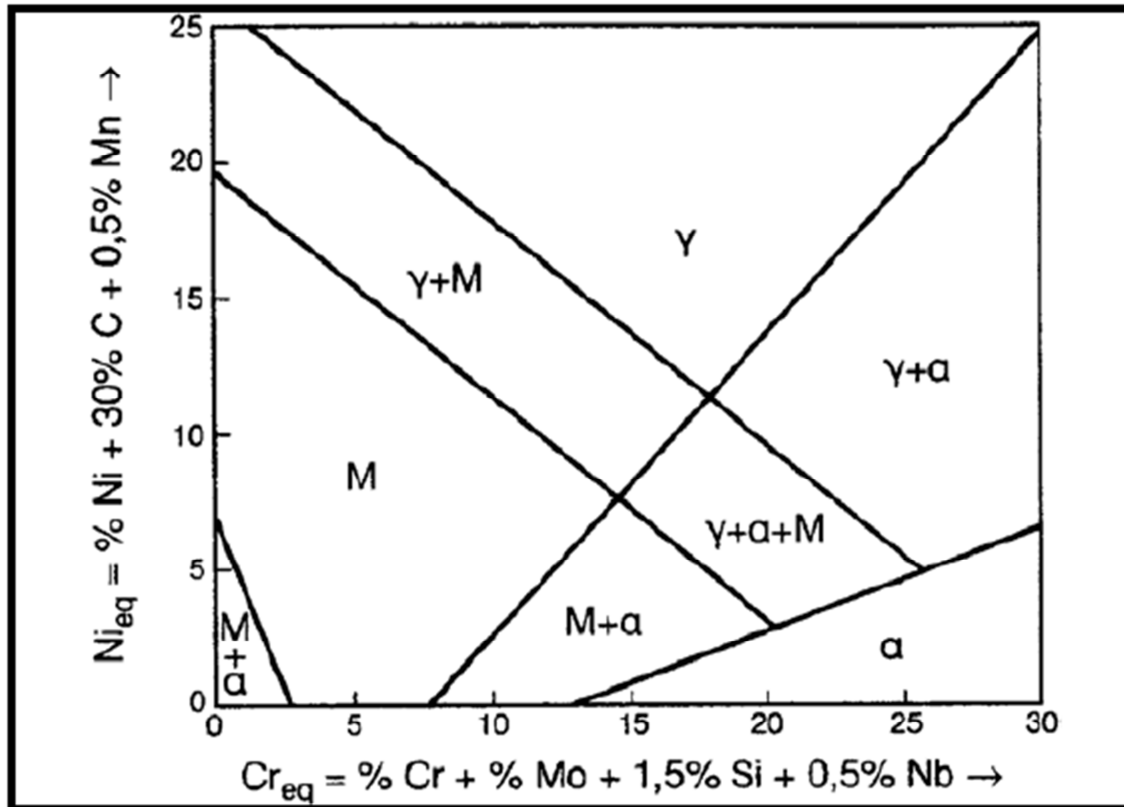
#### Ανοξειδωτοι ωστενιτοφερριτικοί χάλυβες.

Η τυπική σύσταση ωστενιτοφερριτικού ανοξειδωτου χάλυβα:  $\pi(C) < 0.05\%$ ,  $\pi(Cr) = 18 \div 28\%$ ,  $\pi(Ni) = 6 \div 9\%$  και ίσως  $\pi(Mo) = 2 \div 2,5\%$  και  $\pi(Mn) = 1,5 \div 3,0\%$ . Έχει πολύ καλές μηχανικές ιδιότητες. Χαμηλή ευθραυστότητα. Υψηλή αντοχή σε διάβρωση και κόπωση. Πολύ καλή συγκολλησιμότητα. ΣΗΜΕΙΩΣΗ: Η ομάδα στην οποία ανήκει ένας ανοξειδωτος χάλυβας μπορεί να προσδιοριστεί άμεσα με τη βοήθεια του πειραματικής προελεύσεως διαγράμματος Schaeffler, όπως φαίνεται στο σχήμα.

Το διάγραμμα αυτό έχει κατασκευαστεί συναρτήσει των ισοδυνάμων Cr και Ni, που υπολογίζονται από τους τύπους:

$$Cr_{eq} = \%Cr + \%Mo + 1,5\%Si + 0,5\%Nb + \%Cb + 2\%W + 2,5\%Ti + 3\%Al$$

$$Ni_{eq} = \%Ni + 30\%C + 0,5\%Mn$$



**Σχήμα : Το διάγραμμα Schaeffler**

Ανοξειδωτοι χάλυβες με σκλήρυνση λόγω κατακρήμνισης

- Είναι ειδική κατηγορία ανοξειδωτων χαλύβων.
- Τυπική σύσταση χάλυβα:  $\pi(C)=1\%$ ,  $\pi(Cr)=17\%$ ,  $\pi(Ni)=8\%$ ,  $\pi(Al)=1\%$ .
- Υφίστανται σκλήρυνση λόγω κατακρήμνισης με την ακόλουθη σειρά θερμικών διεργασιών:
  - (α) Ανόπτηση στους  $1050^{\circ}C$  και απόψυξη στον αέρα: Προκύπτει όλκιμος μαλακός χάλυβας ωστενιτικής δομής. Ακολουθεί κατεργασία μορφοποίησης του χάλυβα.
  - (β) Θέρμανση του μορφοποιημένου χάλυβα σε θερμοκρασία  $750\div 950^{\circ}C$  και απόψυξη στον αέρα: Εμφάνιση καρβιδίων στην ωστενιτική μάζα (εξαρτάται από τη θερμοκρασία θέρμανσης).
  - (γ) Απόψυξη σε θερμοκρασία  $-75\div 0^{\circ}C$ : Ολικός ή μερικός μετασχηματισμός ωστενίτη σε μαρτενσίτη.
  - (δ) Γήρανση χάλυβα στους  $525^{\circ}C$  για 1h περίπου: Κατακρήμνιση των φάσεων  $NiAl$  και  $Ni_3Al$ . Απόκτηση μέγιστων τιμών μηχανικών ιδιοτήτων που διατηρούνται σε υψηλές θερμοκρασίες ( $400\div 500^{\circ}C$ ).

Στον Πίνακα παρακάτω δίνονται πληροφορίες για τη σύνθεση, τις μηχανικές ιδιότητες και τη χρήση χαρακτηριστικών ανοξειδωτων χαλύβων από κάθε ομάδα.

### ΧΑΛΥΒΕΣ ΜΑΡΤΕΓΗΡΑΝΣΗΣ

- Είναι ισχυρά κραματωμένοι χάλυβες υψηλής αντοχής.
- Τυπική σύσταση:  $\pi(C)<0,03\%$ ,  $\pi(Ni)=17-25\%$ , λοιπά κραματικά στοιχεία ( $Ti$ ,  $Al$ ,  $Co$ ,  $Mo$ ).
- *Μαρτεγήρανση* είναι η κατακρήμνιση λόγω γήρανσης μεσομεταλλικών ενώσεων μέσα σε μαρτενιτική δομή.
- Το χαμηλό ποσοστό  $C$  σε συνδυασμό με την υψηλή περιεκτικότητα  $Ni$  απομακρύνουν τον

κίνδυνο γραφίτιασης του χάλυβα.

- Αντιπροσωπευτικές συστάσεις χαλύβων μαρτεγήρανσης παρουσιάζονται στον Πίνακα για τις τυπικές συστάσεις χαλύβων μαρτεγήρανσης .

- Η διαδικασία σκλήρυνσης του χάλυβα με κατακρήμνιση περιλαμβάνει:

(α) Θέρμανση στους 830oC και απόψυξη στον αέρα:

Απόκτηση όλκιμης μαρτενσιτικής δομής (UTS=700MPa, HV=300).

Ακολουθεί μηχανική κατεργασία του χάλυβα..

(β) Γήρανση του μορφοποιημένου χάλυβα στους 500oC για 2÷3h:

Κατακρήμνιση των μεσομεταλλικών ενώσεων Ni3Ti, Fe2Mo και Ni3Mo.

Σκλήρυνση του χάλυβα (UTS=2000MPa, HV=550).

### Πίνακας : Σύνθεση, μηχανικές ιδιότητες και χρήσεις χαρακτηριστικών ανοξειδωτων χαλύβων.

ΧΑΛΥΒΑΣ ΚΑΤΑ AISI-SAE	ΣΥΣΤΑΣΗ	ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ	ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ			ΓΕΝΙΚΑ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΑ - ΧΡΗΣΕΙΣ
			$\sigma_{0,2}$ (MPa)	$\sigma_{TS}$ (MPa)	$\epsilon$ %	
<b>Μαρτενσιτικοί</b>						
410	<0,15%C + 12,5%Cr	Μετά από βραφή και επαναφορά στους 400°C.	700	1000	20	Γενικές χρήσεις, για κατασκευή αντλιών, σιδηρικών, κοχλιών. Λόγω καλής εμβαισιότητας για κατασκευή ελατηρίων, όπλων, ψαλιδιών.
420	>0,15%C + 13%Cr		1375	1760	10	
440-B	0,75-0,95%C + 17%Cr		1900	1950	3	Λόγω αυξημένης σκληρότητας για κατασκευή μαχαιριών, βαλβιδιών και χειρουργικών εργαλείων.
<b>Φερριτικοί</b>						
405	<0,08%C + 13%Cr + 0,2%Al	Μετά από ανόπτηση	275	450	25	Είναι πυρίμαχοι και χρησιμοποιούνται σε πετροχημικές βιομηχανίες. Έχουν καλή αντοχή σε επίδραση νιτρικού οξέος, χρησιμοποιούνται σε βιομηχανίες τροφίμων και στην αρχιτεκτονική. Λόγω της αντοχής τους σε διαβρωση και αποφλοίωση σε υψηλές θερμοκρασίες, χρησιμοποιούνται ως πυρίμαχα.
430	<0,12%C + 17%Cr		345	650	25	
446	<0,20%C + 25%Cr + <0,25%N		350	560	20	
<b>Ωστενιτικοί</b>						
301	<0,15%C + 17%Cr + 7%Ni	Μετά από ανόπτηση	275	750	50	Χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία αυτοκινήτων και λοιπών οχημάτων. Σε βιομηχανίες χημικών και τροφίμων. Έχουν καλή συμπεριφορά σε χλωριούχο περιβάλλον. Έχουν καλή συγκολλησιμότητα. Λόγω της καλής αντοχής ως τους 850°C, χρησιμοποιείται σε χημικές βιομηχανίες και στην αεροναυπηγική.
304	<0,08%C + 19%Cr + 9%Ni		250	580	55	
316	<0,08%C + 17%Cr + 12%Ni + 2,5%Mo		290	580	50	
316-L	<0,03%C + 17%Cr + 12%Ni + 2,5%Mo		260	550	50	
347	<0,08%C + 18%Cr + 11%Ni + Nb ή Ta≥0,8%		275	655	45	
<b>Με σκλήρυνση λόγω κατακρήμνισης</b>						
361 (17-7PH)	0,09%C + 17%Cr + 7%Ni + 1,2%Al	Μετά από γήρανση	1550	1650	6	Παρουσιάζουν εξαιρετικές μηχανικές ιδιότητες και χρησιμοποιούνται στην κατασκευή δομικών στοιχείων αεροσκαφών.

### Πίνακας : Τυπικές συστάσεις χαλύβων μαρτεγήρανσης

Τυποποίηση χάλυβα	Ni	Co	Mo	Al	Ti	C
200*	18	8	3,2	0,1	0,2	<0,03
250	18	8	5	0,1	0,4	<0,03
300	18	9	5	0,1	0,6	<0,03
350	18	12	4	0,1	1,8	<0,01

\* Ο κωδικός πολλαπλασιαζόμενος επί 1000 παρέχει την UTS του χάλυβα σε lb/in<sup>2</sup>.

### ΔΙΦΑΣΙΚΟΙ ΦΕΡΡΙΤΟΜΑΡΤΕΝΣΙΤΙΚΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ

- Τυπική σύσταση: π(C)=0,08÷0,15%, π(Mn)=1÷1,5%.

- Χαρακτηριστικά μικροδομής: Στα όρια κόκκων φερρίτη αναπτύσσονται μικρές περιοχές μαρτενσίτη σε ποσοστό 10-20%.

- Θερμική κατεργασία για απόκτησης μικροδομής:

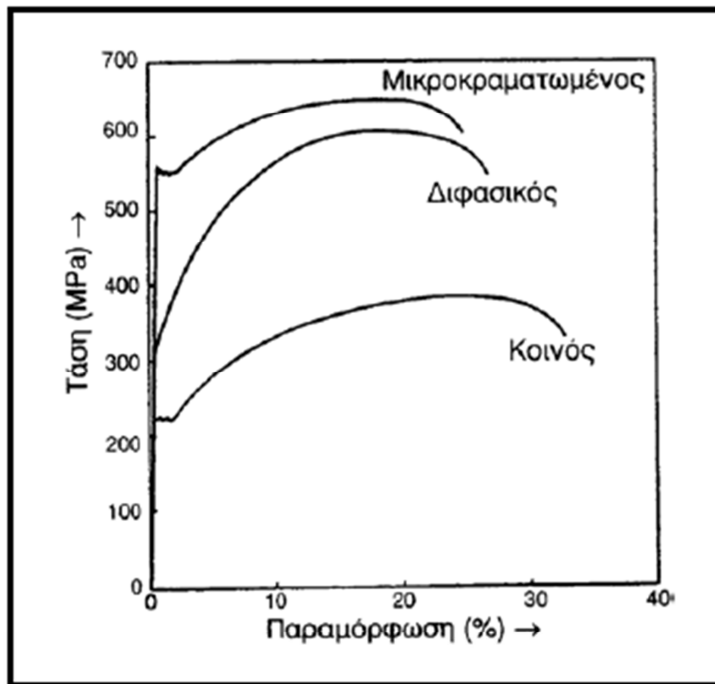
(α)Θέρμανση χάλυβα σε θερμοκρασία μεταξύ των σημείων A1 και A3 (μετασχηματισμός περλίτη σε ωστενίτη πλούσιο σε C, ενώ ο φερρίτης παραμένει αμετάβλητος).

(β) Βαφή (μετασχηματισμός ωστενίτη σε μαρτενσίτη).

- Μηχανικές ιδιότητες:  $\sigma_y=300-350\text{Mpa}$  (χαμηλή),  $UTS=650-700\text{Mpa}$  (υψηλή),  $\epsilon_f=25-30\%$  (υψηλή).

Στο Σχήμα παρακάτω συγκρίνονται οι μηχανικές ιδιότητες κοινού, διφασικού και μικροκραματωμένου

χάλυβα, όπως προκύπτει από δοκιμή μονοαξονικού εφελκυσμού.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

### Τεχνικές συγκολλήσεων ανοξειδωτου χάλυβα.

Με τον τεχνικό όρο συγκόλληση εννοούμε την ένωση δύο ή περισσότερων μεταλλικών κομματιών με τη βοήθεια της θέρμανσης ή της πίεσης ή ακόμη και με ταυτόχρονη εφαρμογή και των δύο. Κατά τη διαδικασία της συγκόλλησης δημιουργείται ανάμεσα στα μεταλλικά κομμάτια που θέλουμε να συγκολλήσουμε μία κρυσταλλική σύνδεση.

#### 4.1 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΤΗΞΗΣ

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. Στην πράξη χρησιμοποιούνται ειδικές μηχανές που λέγονται μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης, οι οποίες χρησιμοποιούν συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα και παράγουν το ηλεκτρικό τόξο. 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. Ο συγκολλητής, 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.

#### 4.1α ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΦΛΟΓΑΣ

Για την πραγματοποίηση σκληρών συγκολλήσεων, απαιτούνται θερμοκρασίες πολύ υψηλές (500 έως 1100ο C). Τέτοιες θερμοκρασίες μπορούμε να πετύχουμε μόνο με φλόγα οξυγόνου-ασετιλίνης. Έτσι ο τεχνίτης-συγκολλητής πρέπει να γνωρίζει με κάθε λεπτομέρεια τη συσκευή οξυγόνου-ασετιλίνης (O-A) και τα εξαρτήματα που την αποτελούν, για να εργάζεται με ασφάλεια και να είναι αποδοτικός. Η φλόγα (O-A) φτάνει τη θερμοκρασία των 3200ο C περίπου. Τέτοια θερμοκρασία δεν μπορεί να δώσει κανένα άλλο αέριο καιγόμενο με το οξυγόνο, εκτός από την ασετιλίνη. Γιατί η ασετιλίνη έχει μεγάλη θερμογόνο δύναμη (kJ/L) και καίγεται με μεγάλη ταχύτητα. Στη συσκευή (O-A) το καύσιμο αέριο είναι η ασετιλίνη (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>), ενώ το οξυγόνο συντελεί στην καύση της ασετιλίνης. Το οξυγόνο (O<sub>2</sub>) είναι αέριο άχρωμο, άοσμο και άγευστο. Δεν καίγεται, αλλά προκαλεί την καύση. Παράγεται από τον υγροποιημένο ατμοσφαιρικό αέρα (με ψύξη στους -200ο C) ή με ηλεκτρόλυση του νερού (διαχωρισμό του οξυγόνου από το υδρογόνο). Αποθηκεύεται σε χαλύβδινες φιάλες των 40 L με πίεση 150 bar (15MPa). Επομένως, μια φιάλη οξυγόνου περιέχει 40 x 150 = 6000 L οξυγόνου. Τα αέρια που χρησιμοποιούνται ως επί το πλείστον στις εργασίες συγκολλήσεων είναι το οξυγόνο, η ασετιλίνη και το προπάνιο. Όσων αφορά το οξυγόνο τα βασικά του χαρακτηριστικά είναι :

- Μη εύφλεκτο αέριο
- Απαραίτητο στην καύση
- Περιεκτικότητα στον αέρα υπό φυσιολογικές συνθήκες περίπου 20% .
- Σε περίπτωση περίσσειας προκαλεί επιτάχυνση της καύσης ή και έκρηξη.



- Ακόμα και υλικά άκαυστα σε κανονικές συνθήκες ,παρουσία περίσσειας οξυγόνου καίγονται.

Όσων αφορά την ασετυλίνη τα βασικά της χαρακτηριστικά είναι:

- Η ασετυλίνη (C<sub>2</sub>H<sub>2</sub>) είναι αέριο ,που παράγεται από το ανθρακασβέστιο όταν αντιδράσει με νερό.
- Για την καύση της ασετυλίνης και την παραγωγή φλόγας απαιτείται καθαρό οξυγόνο.
- Η ασετυλίνη έχει μεγάλη θερμογόνο δύναμη (περίπου 13000kcal /m<sup>3</sup> στην ατμοσφαιρική πίεση )και καίγεται ταχύτατα.
- Με την φλόγα της μπορούμε να φτάσουμε μέχρι και 3500°C.
- Είναι καύσιμο ,ελαφρότερο από τον αέρα.
- Έχει τη χαρακτηριστική οσμή του σκόρδου ,επομένως ανιχνεύεται εύκολα.
- Είναι έντονα εκρηκτική σε περιεκτικότητες από 2,5% - 100% με τον αέρα.
- Δημιουργεί χημικές ενώσεις με το χαλκό (ακετυλενίδια του χαλκού) οι οποίες σε περίπτωση κρούσης δημιουργούν εκρήξεις.
- Έχει σημείο ανάφλεξης 305 °C.

Όσων αφορά το προπάνιο τα βασικά του χαρακτηριστικά είναι:

- Το προπάνιο είναι καύσιμο αέριο.
- Έχει χαρακτηριστική οσμή ψαριού.
- Είναι βαρύτερο από τον ατμοσφαιρικό αέρα .Αποτέλεσμα αυτού είναι ότι συγκεντρώνεται – σε περίπτωση διαρροής – στα κατώτερα στρώματα του χώρου, δημιουργώντας κατά περίπτωση εκρηκτικά μίγματα.
- Είναι αόρατο.
- Η εκρηκτική περιοχή του προπανίου είναι σε περιεκτικότητα μεταξύ 2%- 9%.
- Σημείο ανάφλεξης 450 °C.

#### **4.1β ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΚΟΙΝΟΥ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΟΥ**

Ο ευφυής συντονισμός αποτελεί το χαρακτηριστικό γνώρισμα αυτής της γενιάς inverters, καθώς χάρη στην αδιάλειπτη αυτοπροσαρμογή του βολταϊκού τόξου, καθίσταται δυνατή μια ιδανική γραμμή συγκόλλησης ακόμη και με τα πιο απαιτητικά ηλεκτρόδια. Αυτό δεν είναι μόνο δυνατόν , αλλά και εγγυημένο. Όχι μόνο η γραμμή συγκόλλησης είναι ιδανική, αλλά και οι ιδιότητες συγκόλλησης είναι τέλειες. Ένα παράδειγμα: 4 χιλιοστά ηλεκτρόδιο σελλουλόζης, το οποίο για τέτοιες μικρές εφαρμογές θεωρείται μη συγκολλησιμο, συγκολλήται τώρα απλά , χωρίς κανένα πρόβλημα, με έως και 140 ampere. Δεν είναι όμως μόνο αυτά τα τόσο αξιοσημείωτα σημεία αυτών των συσκευών. Προσφέρουν πολλές λειτουργίες που κάνουν τη συγκόλληση πιο άνετη.

Για να γίνει η συγκόλληση δύο μεταλλικών τεμαχίων πρέπει να προκληθεί τήξη στα σημεία συγκόλλησης .Στη συγκόλληση ηλεκτρικού τόξου ή ηλεκτροσυγκόλληση ,η θερμοκρασία για την τήξη παράγεται με τη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου . Ο τρόπος με τον οποίο δημιουργείται ένα ηλεκτρικό τόξο είναι ο εξής .Έχουμε μια πηγή ηλεκτρικού ρεύματος και το ηλεκτρικό τόξο δημιουργείται στο κενό που υπάρχει μεταξύ δύο μεταλλικών τεμαχίων .Το ένα ονομάζεται ηλεκτρόδιο και δημιουργεί σπινθήρα και το άλλο μέταλλο βάσης και αποτελείται από τα δύο προς συγκόλλησης τεμάχια .Στο μικρό διάκενο μεταξύ ηλεκτροδίου και μετάλλου βάσης δημιουργείται μια ισχυρά ιονισμένη ατμόσφαιρα αερίου. Το αέριο το οποίο βρίσκεται σ' αυτή την κατάσταση ονομάζεται πλάσμα . Μέσω της στήλης του πλάσματος διατηρείται το τόξο .Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο σημείο επαφής του ηλεκτρικού τόξου με το μέταλλο βάσης υπερβαίνει τους 3600°C. Εκεί δημιουργείται το λουτρό συγκόλλησης ,δηλαδή μια περιοχή από τηγμένο μέταλλο ,η οποία όταν στερεοποιηθεί προκαλεί τη συγκόλληση των δύο τεμαχίων.



Μετακινώντας το ηλεκτρόδιο κατά μήκος της γραμμής επαφής των τεμαχίων, επιτυγχάνεται η συγκόλληση τους. Το λιωμένο μέταλλο στο λουτρό συγκόλλησης αντιδρά με τον ατμοσφαιρικό αέρα και δημιουργούνται χημικές ενώσεις του οξυγόνου (οξειδία) και του αζώτου (νιτρίδια) . Το πλέον όμως επικίνδυνο είναι η εισροή υδρογόνου στο μέταλλο που προέρχεται από τη διάσπαση του νερού που υπάρχει σε μορφή υγρασίας στην ατμόσφαιρα .Οι χημικές ενώσεις και η παρουσία του υδρογόνου μειώνουν πολύ την ποιότητα του μετάλλου στην ένωση . Με την παρουσία ειδικής επένδυσης ηλεκτροδίου .

Η πάστα αποτελείται από υλικά που λιώνουν καιίγονται ή εξατμίζονται γύρω από το λουτρό συγκόλλησης .Με τον τρόπο αυτό δημιουργείται μια προστατευτική κρούστα πάνω από την συγκόλληση και μια αδρανής ατμόσφαιρα γύρω από την συγκόλληση και μια αδρανής ατμόσφαιρα γύρω από το τόξο. Έτσι εμποδίζεται η επαφή του λουτρού συγκόλλησης με τον ατμοσφαιρικό αέρα. Υπάρχουν τρεις τρόποι με τους οποίους έρχεται σε επαφή με το λουτρό συγκόλλησης .

- Με την επένδυση των ηλεκτροδίων με πάστα.
- Μέσω σωληνωτών ηλεκτροδίων που έχουν εσωτερικά την πάστα.
- Ρίχνοντας την πάστα χύμα πάνω στο λουτρό συγκόλλησης.



#### 4.2 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΑΔΡΑΝΟΥΣ ΑΤΜΟΣΦΑΙΡΑΣ (TIG,MIG,MAG,PLASMA,LASER)

Στις συγκολλήσεις αδρανούς ατμόσφαιρας γίνεται χρήση προστατευτικού αερίου. Μέσω ειδικών στομιών της τσιμπίδας διοχετεύεται προστατευτικό αέριο το οποίο δημιουργεί την κατάλληλη ατμόσφαιρα γύρω απ' το λουτρό συγκόλλησης .Το κυριότερο μειονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι δεν μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε ανοικτό χώρο επειδή το προστατευτικό αέριο παρασύρεται από τον αέρα. Το τεμάχιο στο οποίο συνδέεται ο αρνητικός πόλος ονομάζεται **κάθοδος** και συμβολίζεται με το (-) ενώ το τεμάχιο στο οποίο συνδέεται ο θετικός πόλος ονομάζεται **άνοδος** και συμβολίζεται με το (+). Όταν χρησιμοποιείται εναλλασσόμενο ρεύμα, τότε ο ρόλος της καθόδου και της ανόδου αντιστρέφεται συνέχεια. Στο μικρό διάκενο μεταξύ ηλεκτροδίου και μετάλλου βάσης,

δημιουργείται μία ισχυρά ιονισμένη ατμόσφαιρα αερίου. Το αέριο το οποίο βρίσκεται σ. αυτή την κατάσταση ονομάζεται **πλάσμα**. Μέσω της στήλης του πλάσματος διατηρείται το τόξο. Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στο σημείο επαφής του ηλεκτρικού τόξου με το μέταλλο βάσης υπερβαίνει τους 2400°C. Εκεί δημιουργείται το **λουτρό συγκόλλησης**, δηλαδή μία περιοχή από τηγμένο μέταλλο, η οποία, όταν στερεοποιηθεί, προκαλεί τη συγκόλληση των δύο τεμαχίων. Μετακινώντας το ηλεκτρόδιο κατά μήκος της γραμμής επαφής των τεμαχίων, επιτυγχάνεται η συγκόλλησή τους. Το ηλεκτρικό τόξο συντηρείται από μόνο του, αρκεί να μην απομακρυνθεί πολύ το ηλεκτρόδιο από το μέταλλο βάσης. Για την έναρξή του όμως, εφαρμόζονται διάφορες τεχνικές. Οι πλέον διαδεδομένες είναι οι εξής:

**α) Με τη στιγμιαία επαφή και απομάκρυνση του ηλεκτροδίου με το μέταλλο βάσης.**

**β) Με μία στιγμιαία υψηλή τάση μεταξύ ηλεκτροδίου και μετάλλου βάσης.**

Για να επιτευχθεί καλή συγκόλληση, προσθέτουμε μέταλλο στο λουτρό συγκόλλησης. Το μέταλλο που προστίθεται, συνήθως είναι παρόμοιας χημικής σύστασης με το μέταλλο βάσης. Η ανάμειξη του μετάλλου βάσης με το κατάλληλο προστιθέμενο μέταλλο, δημιουργεί τις προϋποθέσεις, ώστε, μετά την πήξη, να προκύψει η κρυσταλλική δομή, με τις απαιτούμενες μηχανικές ιδιότητες. Η προσθήκη μετάλλου στο σημείο συγκόλλησης γίνεται με τους εξής τρόπους:

**(α) Χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρόδιο που λιώνει**

Το ηλεκτρόδιο σ. αυτή την περίπτωση είναι **αναλώσιμο**. Χρησιμοποιείται υπό τη μορφή ράβδων επικαλυμμένων με ειδική πάστα, ή υπό τη μορφή συρμάτων.

**(β) Χρησιμοποιώντας ένα υλικό πλήρωσης**

Η διαδικασία αυτή θυμίζει τον τρόπο που προστίθεται το υλικό στην οξυγονοκόλληση. Το υλικό πλήρωσης αποτελείται από μία ράβδο που την κρατάει με το ένα χέρι ο ηλεκτροσυγκολλητής, ενώ με το άλλο κρατάει την **τσιμπίδα**.

Το ηλεκτρόδιο είναι μέσα στην τσιμπίδα, αλλά μόνο η άκρη του είναι ορατή. Το ηλεκτρόδιο στην περίπτωση αυτή δεν καταναλώνεται και ονομάζεται **μη αναλώσιμο**.

## TIG

Οι μηχανές συγκόλλησης TIG μπορούν να χρησιμοποιηθούν στη συγκόλληση χάλυβα, ανοξείδωτου χάλυβα, χρωμιωμένου χάλυβα, αλουμινίου, κράματα νικελίου, μαγνησίου, χαλκού, μπρούντζου, ορείχαλκου ακόμη και χρυσού. Η μέθοδος TIG δημιουργεί, υψηλής ποιότητας καθαρές συγκολλήσεις, χωρίς σπινθήρες και πιτσιλιές εάν στο λουτρό τήξεως προστεθεί η σωστή ποσότητα υλικού και εάν το μέταλλο που κολλάτε είναι καθαρό. Επιπρόσθετα, η μέθοδος TIG δεν δημιουργεί καπνό ή αναθυμιάσεις εκτός αν το μέταλλο το οποίο κολλάτε περιέχει βρωμιές ή υλικά όπως λάδι, γράσο, χρώμα, μόλυβδο ή τσίγκο. Το αέριο που χρειαζόμαστε και χρησιμοποιείται συνήθως σε όλες τις εφαρμογές είναι το Argon.



## MIG-MAG

Η MIG/MAG είναι η πιο σύγχρονη μέθοδος που υπάρχει και θεωρείται το ευκολότερο είδος συγκόλλησης .Αυτή η μέθοδος απαιτεί σωστές ρυθμίσεις παραμέτρων για την ορθή λειτουργία της. Χρησιμοποιώντας την τσιμπίδα που διαθέτει η συγκόλληση και στοχεύοντας σωστά συγκολλάμε τα διάφορα μέρη που χρειάζεται στην εκάστοτε περίπτωση. Απαιτείται σταθερό χέρι και καλό μάτι για την επίτευξη μιας σωστής ραφής .Η μέθοδος συγκόλλησης MIG/MAG ή GMAW είναι μια διαδικασία συγκόλλησης στην οποία ένα ηλεκτρικό τόξο σε διάφορες μορφές αναλώσιμου σύρματος ηλεκτροδίου ,σε περιβάλλον αδρανούς ατμόσφαιρας, θερμαίνει το μεταλλικό τεμάχιο χωρίς να αποκλείονται η χρήση μιγμάτων τόσο αδρανών όσο δραστικών, προκαλώντας το να λιώσει και να συμμετάσχουν .Στη συγκόλληση χρησιμοποιείται κατάλληλο ρεύμα συγκρότησης για την τήξη του εκάστοτε υλικού εναπόθεσης .Μαζί με το σύρμα ηλεκτροδίου ένα προστατευτικό αέριο τροφοδοτεί μέσα από το πιστόλι συγκόλλησης η οποία προστατεύει τη διαδικασία από μολυσματικούς παράγοντες στον αέρα . Για να επιτευχθεί καλή συγκόλληση ,προσθέτουμε μέταλλο στο λουτρό συγκόλλησης .Το μέταλλο προστίθεται ,συνήθως είναι παρόμοιας χημικής σύστασης με το μέταλλο βάσης .Η ανάμειξη του μετάλλου βάσης με το κατάλληλο προστιθέμενο μέταλλο , δημιουργεί τις προϋποθέσεις ώστε μετά την πήξη να προκύπτει η κρυσταλλική δομή με τις απαιτούμενες μηχανικές ιδιότητες .Η προσθήκη μετάλλου στο σημείο συγκόλλησης γίνεται με τους εξής τρόπους : α) χρησιμοποιώντας ένα ηλεκτρόδιο που λιώνει και είναι σ' αυτή τη περίπτωση αναλώσιμο , β) χρησιμοποιώντας ένα υλικό πλήρωσης που αποτελείται από μια ράβδο που την κρατάει με το ένα χέρι ο ηλεκτροσυγκολλητής ,ενώ με το άλλο κρατάει τη τσιμπίδα. Σ' αυτή την περίπτωση αυτή δεν καταναλώνεται και ονομάζεται μη αναλώσιμο. Η διαδικασία μπορεί να είναι αυτόματη ή ημιαυτόματη. Το σύρμα συνδέεται πάντα με το θετικό πόλο της μηχανής, το δε βασικό μέταλλο 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. Μια σταθερή τάση συνεχούς ρεύματος πηγής ισχύος μπορεί να χρησιμοποιηθεί και εναλλασσόμενο ρεύμα. Υπάρχουν τέσσερις κύριες μέθοδοι μεταφοράς μετάλλου σε GMAW που ονομάζονται : σφαιρικό, βραχυκύκλωμα ,σπρέι και παλμική ψεκασμού καθένα από τα οποία έχει ξεχωριστές ιδιότητες και τα αντίστοιχα πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα .Αρχικά χρησιμοποιήθηκε για τη συγκόλληση αλουμινίου ή άλλων μη σιδηρούχων υλικών το 1940 ,αργότερα εφαρμόστηκε σε χάλυβες διότι παρείχε ταχύτερο χρόνο συγκόλλησης σε σύγκριση με άλλες διαδικασίες αυτού του είδους. Το κόστος του αδρανούς αερίου περιόρισε τη χρήση του σε χάλυβες μέχρι αρκετά χρόνια αργότερα όταν η χρήση των ημιαδρανών αερίων όπως το διοξείδιο του άνθρακα κατέστη κοινή. Περαιτέρω εξελίξεις κατά τη διάρκεια της δεκαετίας του 1950-1960 έδωσαν μεγαλύτερη ευελιξία στη διαδικασία και ως εκ τούτου έγινε μια ιδιαίτερα χρησιμοποιούμενη μέθοδος στη βιομηχανική διαδικασία συγκόλλησης προτιμάται για την ευελιξία ,την ταχύτητα και την σχετική ευκολία στην προσαρμογή της διαδικασίας σε ρομποτική αυτοματοποίηση . Σε αντίθεση με τις υπόλοιπες που δεν απασχολούν ένα προστατευτικό αέριο όπως το θωρακισμένο συγκόλλησης τόξου μετάλλου.



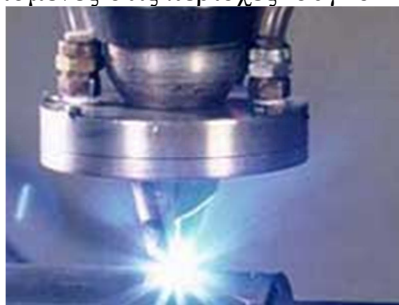
## PLASMA

Η συγκόλληση με τόξο πλάσματος αποτελεί εξέλιξη της συγκόλλησης με ηλεκτρόδιο βολφραμίου. Η ένωση στη μέθοδο αυτή επιτυγχάνεται με πρόσδοση θερμότητας από ένα στενωμένο τόξο που δημιουργείται μεταξύ ενός ηλεκτροδίου και των προς συγκόλληση ελασμάτων (μεταφερόμενο τόξο) ή μεταξύ του ηλεκτροδίου και του ακροφυσίου. Προστασία του τηγμένου μετάλλου συγκόλλησης παρέχεται συνήθως από το υπέρθερμο, ιονισμένο αέριο που εξέρχεται από το στόμιο του ακροφυσίου στένωσης.

### 4.3)ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΑΚΤΙΝΟΒΟΛΙΑΣ

#### 4.3α LASER

Η συγκόλληση λέιζερ είναι κατάλληλη για την συγκόλληση πλαστικών ταινιών και για τον φορμάρισμα των θερμοπλαστικών. Χρησιμοποιεί μια ακτίνα λέιζερ για να λιώσει το πλαστικό στην περιοχή επαφής, το λέιζερ παράγει μια έντονη ακτινοβολία (συνήθως στον υπέρυθρο τομέα του ηλεκτρομαγνητικού φάσματος) που στρέφεται επάνω στο υλικό που ενώνεται. Αυτό διεγείρει μια συχνότητα αντήχησης στο μόριο, με συνέπεια τη θέρμανση του περιβάλλοντος υλικού. Η συγκόλληση λέιζερ είναι μια διαδικασία μαζικής παραγωγής με τα πλεονεκτήματα ότι δεν παράγει καμία δόνηση και με ελάχιστη λάμψη συγκόλλησης. Τα οφέλη ενός συστήματος λέιζερ περιλαμβάνουν:- μια ελέγξιμη δύναμη ακτινών, που μειώνει τον κίνδυνο της διαστρέβλωσης ή της ζημιάς στα συστατικά ακριβής εστίαση της ακτίνας λέιζερ που επιτρέπει την διαμόρφωση ενώσεων ακριβείας μια διαδικασία μη επαφής των εξωτερικών μερών που είναι καθαρά και υγιεινά. Η συγκόλληση λέιζερ μπορεί να εκτελεσθεί κατά μιας ριπή ή συνεχή δέσμη, αλλά τα υλικά που ενώνονται απαιτούν διαμόρφωση. Οι ταχύτητες συγκόλλησης εξαρτώνται από την πολυμερή απορρόφηση. Από τα μειονεκτήματα της συγκόλλησης λέιζερ είναι πως ο εξοπλισμός της και τα μηχανήματα που απαιτεί είναι πολύ ακριβά. Τα κυριότερα χαρακτηριστικά της μεθόδου συγκόλλησης με laser είναι η μικρότερη παραμόρφωση των συγκολλημένων εξαρτημάτων λόγω της μικρότερης θερμικής ενέργειας αναγκαίας για τη διαδικασία συγκόλλησης (σε σχέση με άλλες διαδικασίες παραγωγής με συγκόλληση). Το μειωμένο πάχος της συγκολλημένης περιοχής, δηλαδή μια πιο περιορισμένη τροποποίηση των ιδιοτήτων του υλικού. Το γεγονός ότι συνεπάγεται μικρότερη επιφανειακή περιοχή εκτεθειμένη στην προσβολή ουσιών χημικών/βίαιων παραγόντων . Η μηχανική αντοχή πιο αποτελεσματική (κάμψη, στρέψη) στις ενώσεις και στις φλάντζες. Χρησιμοποιούνται ερεθίσματα χιλιοστών του δευτερολέπτου για συγκόλληση λεπτών υλικών όπως λεπίδες, ενώ συστήματα με συνεχή laser χρησιμοποιούνται για συγκολλήσεις σε βάθος. Τεχνικές παραμορφώσεις εξαιρετικά περιορισμένες στις περιοχές συγκόλλησης.



#### 4.3β ΔΕΣΜΗ ΗΛΕΚΤΡΟΝΙΩΝ

Για τις μεθόδους συγκόλλησης δέσμης ο λόγος βάθους προς εύρος συγκόλλησης είναι συνήθως μεγαλύτερος από 3:1 και συχνά φθάνει έως 30:1 με ένα τυπικό εύρος συγκόλλησης της τάξης των 1 έως 3 χιλιοστών, ακόμα και σε υλικό με 25 χιλιοστά πάχος. Η δραστική ελάττωση του πλάτους της ζώνης τήξεως σε σύγκριση με μία συγκόλληση τόξου προσδίδει πολλά πλεονεκτήματα, μεταξύ των οποίων αισθητά μικρότερες παραμορφώσεις και εναπομένουσες τάσεις, ελαχιστοποιημένη θερμική



διατάραξη του υλικού και τη δυνατότητα για συγκολλήσεις με υψηλή ταχύτητα και με χαμηλά όρια εναπόθεσης θερμότητας. Συνήθως η συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίων εκτελείται σε θάλαμο κενού με πίεση μεταξύ 10-4 mbar και το 10-2mbar. Αν και η μέθοδος είναι αρκετά διαδεδομένη, το κόστος προμήθειας ενός θαλάμου κενού με τον αντλητικό του εξοπλισμό αυξάνει πολύ σημαντικά το κόστος εγκατάστασης, καθώς και τα τρέχοντα έξοδα. Από την άλλη πλευρά, η συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίων εφαρμόζεται συνήθως σε περιοχές παχών από 0,1 έως 25 χιλιοστά, ώστε να παρέχει αρκετή ισχύ δέσμης, έχει όμως ουσιαστικά τη δυνατότητα να παράγει, με ένα πάσσο, συγκολλήσεις διείσδυσης άνω των 150 χιλ. σε χαλκό, 300 χιλ. σε χάλυβα και 500 χιλ. σε ελαφρά κράματα. Η μέθοδος αυτή εφαρμόζεται ευρέως στις αεροπορικές, πυρηνικές, αυτοκινητιστικές βιομηχανίες, καθώς και σε βιομηχανίες ηλεκτρονικού υλικού, όπου ο θάλαμος παρέχει ένα περιβάλλον απαλλαγμένο ουσιαστικά από οξυγόνο.

#### 4.4 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

Συγκόλληση αντίστασης αναφέρεται σε μια ομάδα συγκόλληση διαδικασίες που παράγουν συνένωση από τις βάσεις των επιφανειών με τη θερμότητα που λαμβάνεται από την αντίσταση των κομματιών προς κατεργασία στη ροή του ρεύματος συγκόλλησης σε ένα κύκλωμα του οποίου τα κομμάτια προς κατεργασία είναι μέρος, και με την εφαρμογή της πίεσης. Οι μικρές ομάδες του λειωμένου μετάλλου διαμορφώνονται στην περιοχή συγκόλλησης ως υψηλά ποσά ρεύματος (1000-100 000 A) περνιέται μέσω του μετάλλου. Γενικά, οι μέθοδοι συγκόλλησης αντίστασης είναι αποδοτικές και προκαλούν λίγη ρύπανση, αλλά οι αιτήσεις τους είναι κάπως περιορισμένες και το κόστος εξοπλισμού μπορεί να είναι υψηλό.



#### 4.4α ΗΛΕΚΤΡΟΠΟΝΤΑ

Ηλεκτροπόντα είναι μηχανή που χρησιμοποιείται στην ηλεκτροσυγκόλληση μετάλλων με τη βοήθεια ηλεκτρικής αντίστασης και ανήκει στην κατηγορία των αυτογενή συγκολλήσεων. Τα άκρα που πραγματοποιούν τη συγκόλληση (ηλεκτρόδια) καταλήγουν σε αιχμή και το ένα από αυτά είναι τοποθετημένο πάνω σε κινητό βραχίονα, που ελέγχεται με ποδοπληκτρο (πεντάλ) από τον χειριστή της μηχανής. Με την ηλεκτροπόντα δημιουργούνται διαδοχικές συνδέσεις σε δύο ή περισσότερα μεταλλικά ελάσματα, που το πάχος τους μπορεί να ξεπεράσει το ένα εκατοστό. Εξαιτίας της μεγάλης έντασης του ρεύματος στο σημείο της συγκόλλησης, προκαλείται τήξη του μετάλλου. Ρομποτικές πολλαπλές η. είναι βασικά εξαρτήματα στις αλυσίδες παραγωγής της σύγχρονης αυτοκινητοβιομηχανίας.

#### 4.5 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΤΡΙΒΗΣ

Η συγκόλληση δια τριβής με ανάδευση (Friction Stir Welding, FSW) είναι μία καινοτομική τεχνική συγκόλλησης στερεάς κατάστασης. Είναι ενεργειακά οικονομική, ευέλικτη και φιλική προς το περιβάλλον. Πιο συγκεκριμένα, μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη συγκόλληση αεροναυπηγικών κραμάτων αλουμινίου, υψηλής αντοχής, καθώς και άλλων κραμάτων που συγκολλούνται δύσκολα με τις συμβατικές μεθόδους συγκόλλησης. Η FSW θεωρείται ως η πιο σημαντική εξέλιξη στον τομέα των συγκολλήσεων, την τελευταία δεκαετία.

#### 4.6 ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΥΠΕΡΗΧΩΝ

Αυτή η μέθοδος χρησιμοποιεί τις μηχανικές δονήσεις για να διαμορφώσει την ένωση. Οι δονήσεις είναι υψηλής συχνότητας. Τα μέρη έρχονται σε επαφή υπό πίεση μεταξύ του ταλαντωμένου κέρασ και μιας ακίνητης βάσης, και υποβάλλονται στις υπερηχητικές δονήσεις της συχνότητας 20 έως 40 KHz κάθετα στην περιοχή επαφής. Η εναλλασσόμενη υψηλή συχνότητα παράγει τη θερμότητα στο σημείο επαφής για να παραγάγει μια συγκόλληση καλής ποιότητας. Τα εργαλεία για αυτήν την διαδικασία είναι αρκετά ακριβά γι' αυτό προτιμάται σε μεγάλες ποσότητες παραγωγής. Η συγκόλληση περιορίζεται στα μικρά συστατικά με τα μήκη συγκόλλησης που δεν υπερβαίνουν λίγα εκατοστά. Οι εφαρμογές κυμαίνονται από τις βαλβίδες και τα φίλτρα που χρησιμοποιούνται στον ιατρικό εξοπλισμό, στις κασέτες, στα εξαρτήματα των αυτοκινήτων και τα σώματα των ηλεκτρικών σκουπών που ενώνονται στις πολύ-επικεφαλής μηχανές.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

### **Συγκρότηση της μηχανής σύρματος KEMPPI 4000, ανάλυση παραμέτρων μηχανής που επιλέχθηκαν και περιγραφή λειτουργίας των ενσωματωμένων διατάξεων αυτής.**

Κατά την εκτέλεση της εργασίας αυτής χρησιμοποιήθηκε η μηχανή σύρματος Kemppi 4000. Ένα μηχάνημα αξιόπιστο στη λειτουργία του και με μεγάλες δυνατότητες χρήσης, ένα παραγωγικό μηχάνημα που όμως χρησιμοποιήσαμε με το χέρι. Θεωρήθηκε απαραίτητο να μελετήσουμε το εγχειρίδιο του κατασκευαστή αυτού του μηχανήματος προκειμένου να έχουμε το καλύτερο δυνατό αποτέλεσμα στη δουλειά που κάνουμε. Κατά συνέπεια μελετώντας το εγχειρίδιο αυτό προσέξαμε τα παρακάτω αναφερόμενα, που αφορούν κυρίως την κατανόηση του εξοπλισμού του, την ασφαλή λειτουργία του, τις τεχνικές προδιαγραφές του και πληροφορίες σχετικά με την συντήρησή του.

#### **5.1 Γενικά:**

Η μηχανή συγκόλλησης Kemppi 4000 είναι ένα συμπαγές μηχάνημα σχεδιασμένο για βαριά βιομηχανική χρήση. Είναι κατάλληλο για τάσεις δικτύου 3 έως 230 Volt και 400 Volt και η προσαρμογή τάσης της συγκόλλησης γίνεται με 32 βήματα. Η μονάδα μέτρησης Volt – Ampere MSD – 1 διατίθεται ως αξεσουάρ και εμφανίζει την τάση ή την ένταση ρεύματος της συγκόλλησης. Η μονάδα τροφοδοσίας σύρματος (τροφοδότης μηχανισμός) είναι 4 – κύλινδρος σταθερής ταχύτητας κίνησης κατάλληλος και για χρήση αερόψυκτων λαβίδων. Η μονάδα συγχρονισμού KMW ελέγχει την συνεχή λειτουργία του τόξου συγκόλλησης.

#### **5.2 Εγκατάσταση μηχανής**

##### **5.2α Μεταφορά και ανύψωση της μηχανής:**

Υπάρχουν 4 σταθερά σημεία ανύψωσης διαμέτρου  $\Phi$  47mm, για την μεταφορά της στο εμπρόσθιο μέρος της μηχανής υπάρχουν λαβές μετακίνησης. Η μετακίνηση από τις λαβές εμπρόσθια της μηχανής γίνεται μόνο με τα χέρια, δεν επιτρέπεται με άλλες συσκευές.

##### **5.2β Χωροθέτηση του μηχανήματος:**

Το μηχάνημα πρέπει να τοποθετείτε σε συμπαγής - σταθερή - στεγνή και καθαρή επιφάνεια και σε οριζόντια θέση και μακριά από περιβάλλοντα εκτόξευσης σωματιδίων από τυχόν συσκευές λείανσης καθώς και άλλα, με ελεύθερο το πίσω μέρος του μηχανήματος προκειμένου να εξασφαλιστεί η ελεύθερη κυκλοφορία του αέρα ψύξης. Ο βαθμός προστασίας του μηχανήματος είναι IP - 23C. Η μηχανή πρέπει να προστατεύεται ακόμη από βροχή αλλά και από θερμοκρασίες περιβάλλοντος μεγαλύτερες των  $25^{\circ}\text{C}$  όπως από την έκθεση ηλιακής ακτινοβολίας.

##### **5.2γ Σύνδεση με το δίκτυο ρεύματος:**

Η σύνδεση και αλλαγή του καλωδίου τροφοδοσίας και του βύσματος πρέπει να γίνεται μόνο από έμπειρο ηλεκτρολόγο, η εν λόγω μηχανή Kemppi 4000 είναι εξοπλισμένη με καλώδιο τροφοδοσίας 5 μέτρων και σύμφωνα με τη σήμανση HORN – F του προτύπου CENELEC HD 22.

### 5.2δ Εγκατάσταση στο δίκτυο :

Τα καλώδια τύπου S έχουν προστατευτικό αγωγό γείωσης. Το καλώδιο εισάγεται στο μηχάνημα μέσω του δακτυλίου εισόδου στο πίσω μέρος της μηχανής. Οι αγωγοί φάσης του καλωδίου συνδέονται στις θέσεις L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> ενώ ο αγωγός γείωσης χρώματος πράσινου – κίτρινου συνδέεται στη θέση με το σύμβολο γείωσης. Τα μεγέθη των καλωδίων τροφοδοσίας και οι τιμές των ασφαλειών του μηχανήματος για το 100% του φορτίου εργασίας ορίζονται τον παρακάτω πίνακα.

<b>Kempomat 4000</b>	
<b>Ονομαστική τάση</b>	230 V 400 V
<b>Ασφάλειες</b>	καθυστέρησε 25 A 16 A
<b>Καλώδιο σύνδεσης</b>	4 x 6,0 mm <sup>2</sup> S 4 x 2,5 mm <sup>2</sup> S
<b>Σύνδεση</b>	3 ~ 230 ή 3 ~ 400 V του δικτύου τάσης

### 5.2ε Διατομές καλωδίων σύνδεσης:

Χρησιμοποιείτε μόνο καλώδια χαλκού με επιφάνεια διατομής τουλάχιστον 50 mm<sup>2</sup>.  
Στον συνημμένο πίνακα παρουσιάζονται τυπικές ικανότητες φόρτωσης από καουτσούκ μονωμένα καλώδια χαλκού, όταν θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 25 ° C και η θερμοκρασία του αγωγού είναι 85 ° C.

<b>Kempomat 4000</b>	
<b>Διατομή καλωδίου κύκλος Duty</b>	απώλεια ED Τάση / 10 m Cu 100% 60% 40% για το 100 A
<b>50 mm<sup>2</sup></b>	285 A 370 A 450 A 0.35 V
<b>70 mm<sup>2</sup></b>	355 A 460 A 560 A 0.25 V

Μην υπερφορτώνετε καλώδια συγκόλλησης πάνω επιτρεπόμενες τιμές λόγω των απωλειών τάσης και θέρμανση.

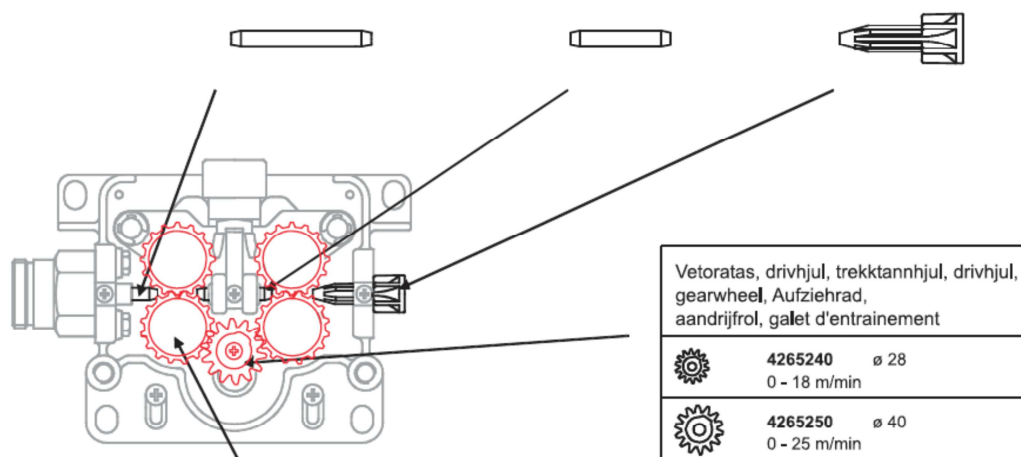
Στερεώστε τον Τύπο γείωσης της επιστροφής ρεύματος καλώδιο προσεκτικά, κατά προτίμηση απευθείας πάνω στο τεμάχιο που πρόκειται να συγκολληθεί.



### 5.3 Τροφοδότης μηχανισμός

#### 5.3α Τα μέρη του τροφοδότη μηχανισμού:

FE MC FC SSFC	0.6 - 0.8 mm	3134140 ø 1 Valkoinen, vit, hvit, hvid, white, weiss, wit, blanc	3134120 ø 2 Oranssi, orange, oransje, orange, orange, orange, orange, orange	4267220 ø 2 Muovi, plast, plast, plastic, plastic, Kunststoff, plastic, plastique
	0.9 - 1.6 mm	3133700 ø 2 Oranssi, orange, oransje, orange, orange, orange, oranje, orange		
SS AL	0.8 - 1.6 mm	3134290 ø 2 Oranssi, orange, oransje, orange, orange, orange, oranje, orange	3134300 ø 2 Oranssi, orange, oransje, orange, orange, orange, orange, orange	4267220 ø 2 Muovi, plast, plast, plastic, plastic, Kunststoff, plastic, plastique



		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	Sileä, slät, slett, glad, plain, glatt, glad, lisse		3133810 Valkoinen, vit, hvit, hvid, white, weiss, wit, blanc	3133210 Punainen, rød, rød, rød, red, rot, rood, rouge	3133820 Keltainen, gul, gul, gul, yellow, gelb, geel, jaune		
FE FC	Pyälletty, räfflat, riflet, riflet, knurled, gerillt, gekarteld, cranté		—	3133940 Punainen, rød, rød, rød, red, rot, rood, rouge	3133990 Keltainen, gul, gul, gul, yellow, gelb, geel, jaune		
AL	U-ura, U-spår, U-spor, U-spor, U-groove, U-Nut, U-groef, gorge U		—	3133960 Punainen, rød, rød, rød, red, rot, rood, rouge	—		

Ο τροφοδότης μηχανισμός αυτής της μηχανής περιλαμβάνει δύο ζεύγη ράουλων κατάλληλα για διατομές υλικού εναπόθεσης 0.6-0.8 mm χρώματος λευκού /1-1.2 mm χρώματος κόκκινου και 1.4-1.6 mm χρώματος κίτρινου ,περιλαμβάνει ακόμα ένα κινητήριο οδοντωτό τροχό συνθετικού υλικού διαμέτρου Φ28mm ο οποίος περιστρέφεται με γραμμική ταχύτητα από 0-18m/min και ένα οδοντωτό τροχό Φ40mm ο οποίος κινείται με ταχύτητα από 0-25m/min περιλαμβάνει ακόμη

στοιχεία στήριξης επάνω στο σώμα της μηχανής ,2 οδηγούς εισόδου- εξόδου του υλικού εναπόθεσης και στον οποίο υπάρχει διαμορφωμένη κατάλληλη υποδοχή που δέχεται το άκρον του καλωδίου της λαβίδας .Έχουμε τη δυνατότητα επιλογής των διατομών του υλικού εναπόθεσης με την αλλαγή τοποθέτησης μιας ροδέλας στον αξονίσκο που στηρίζεται κάθε ράουλο. Σε περίπτωση κατά την οποία είναι αναγκαία μεγάλη ταχύτητα κίνησης του υλικού εναπόθεσης επιλέγεται ο μεγάλος συνθετικός οδοντωτός τροχός Φ40mm ενώ σε μικρές ταχύτητες ο Φ 28mm αυτό επιτυγχάνεται με την χαλάρωση των κοχλιών στήριξης του μηχανισμού . Τα ράουλα τροφοδοσίας είναι διαθέσιμα με απλό αυλάκι (τριγωνικό) είτε με αυλάκι τύπου U. Το αυλάκι μορφής U ενδείκνυται να χρησιμοποιείται για σύρματα αλουμινίου.

### **5.3β Ακροδέκτης τροφοδοσίας της μηχανής.**

Ο ακροδέκτης τροφοδοσίας μηχανής φέρει από το ένα του άκρο τη λαβίδα MIG-MAG η οποία μπορεί να είναι αερόψυκτη ή υδρόψυκτη και από το άλλο κατάλληλη διάταξη σύνδεσης με τον τροφοδότη μηχανισμό .Ο ακροδέκτης τροφοδοσίας περιλαμβάνει τον αγωγό ρεύματος, τον σωλήνα παροχής αερίου προστασίας ,τα ηλεκτρικά καλώδια εντολών της μηχανής και τον οδηγό του υλικού εναπόθεσης (σπιράλ).

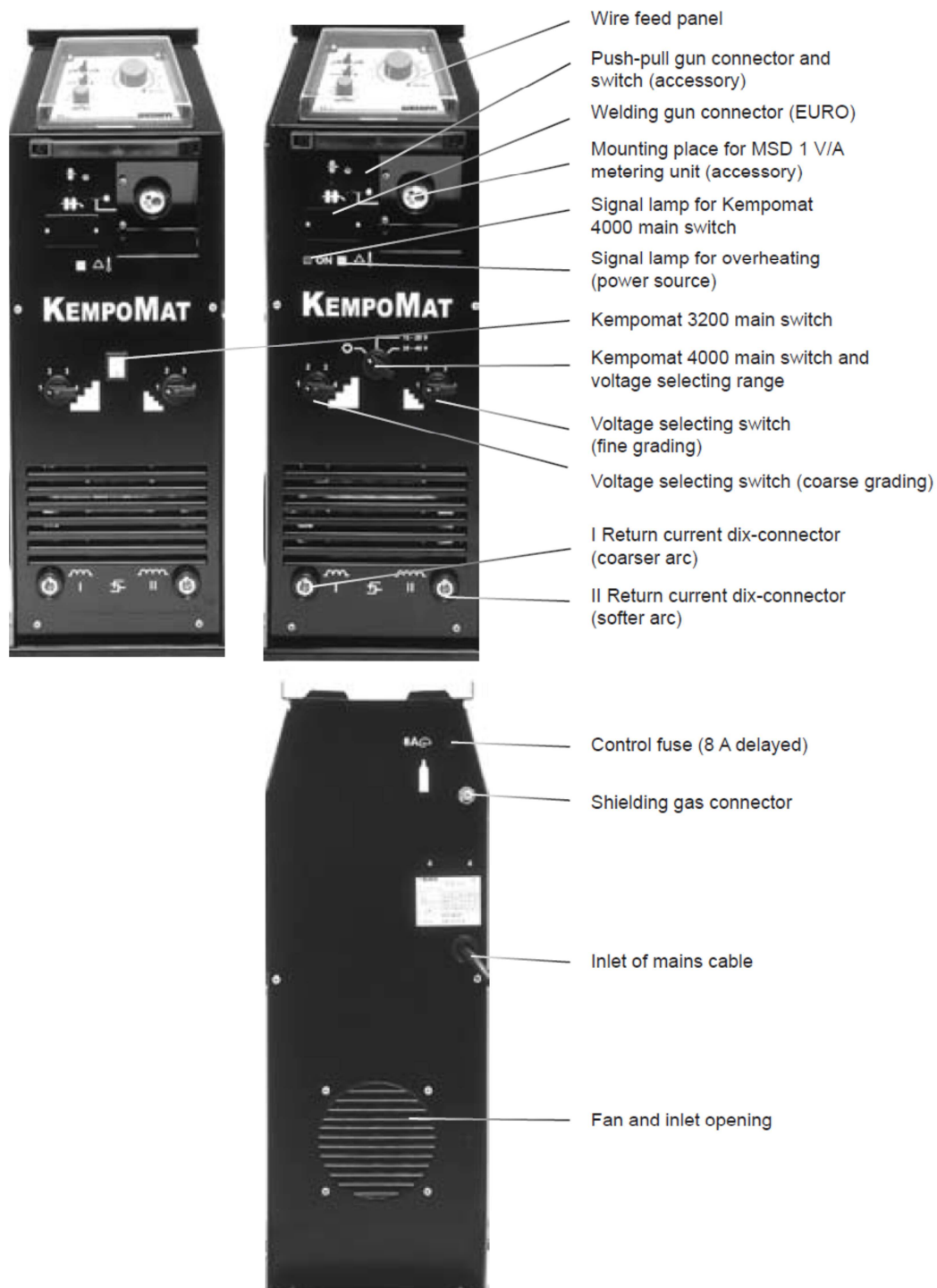
### **5.3γ Υλικό εναπόθεσης υλικού**

Το υλικό εναπόθεσης της μηχανής είναι σε μορφή σύρματος με διατομές και σύσταση σύμφωνα με τους σχετικούς κανονισμούς περιτυλιγμένο σε μπομπίνες οι οποίες εγκαθίστανται σε κατάλληλη υποδοχή της μηχανής πλησίον του τροφοδότη μηχανισμού της. Με διάταξη ανοίγματος και κλειδώματος στη θέση αυτή .

### **5.3δ Φιάλη αερίου προστασίας**

Κάθε μηχανή μεθόδου MIG-MAG φέρει κατάλληλη υποδοχή τοποθέτησης της φιάλης του αερίου προστασίας στο πίσω μέρος αυτής .Οι φιάλες αερίου προστασίας είναι σύμφωνες με τους ισχύοντες κανονισμούς ως προς την κατασκευή τους , φέρουν παροχόμετρο ελέγχου της ροής του αερίου, μανόμετρο έλεγχο της πίεσης του αποθηκευμένου αερίου καθώς και κατάλληλα κλείστρα στο επάνω τους περιβαλλόμενα από ειδικό κοχλιωτό εξάρτημα προκειμένου να αποφευχθούν προβλήματα στο κλείστρο τους από τυχόν χτυπήματα ή πτώση . Η παροχή του αερίου προστασίας στις μηχανές αυτές ενδείκνυται να έχει τιμή από 8-20 lt/ min .

## 5.4 Εικόνα μηχανής



Διακρίνονται στην παραπάνω εικόνα :

1. Οι κύριοι διακόπτες της μηχανής
2. Οι δευτερεύοντες διακόπτες
3. Το πάνελ διακοπτόμενης ή μη λειτουργίας και ρύθμισης της Vd
4. Διάφορες λυχνίες

5. Οι υποδοχές του ακροδέκτη της λαβίδας για την εναλλαγή της συχνότητας του ρεύματος εξόδου
6. Η έξοδος του αέρα ψύξης
7. Η θέση της ασφάλειας προστασίας του μηχανήματος
8. Η πράσινη ενδεικτική λυχνία δείχνει ότι το μηχάνημα είναι έτοιμο για λειτουργία

Το μηχάνημα λειτουργεί με τις ακόλουθες τιμές τάσης και με βραχυκυκλωμένο τόξο

Kempomat 4000

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

#### 5.4a Ρύθμιση συχνότητας ρεύματος συγκόλλησης I, II

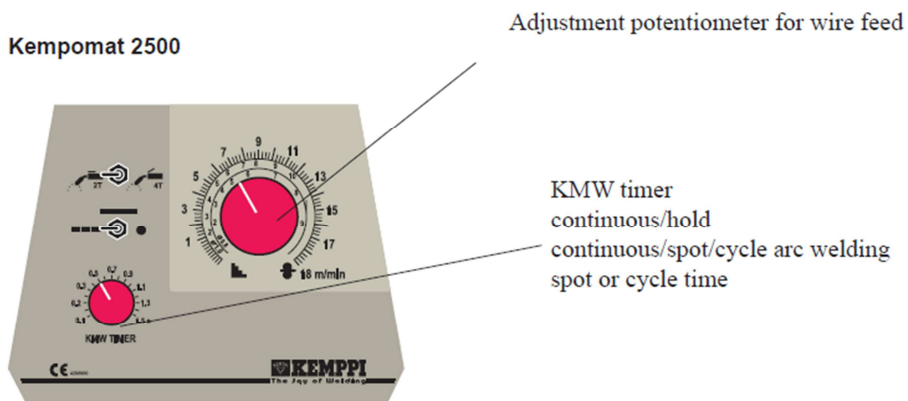


Η συχνότητα ρεύματος συγκόλλησης ρυθμίζεται συνδέοντας τον ακροδέκτη της λαβίδας σε μια από τις δύο υποδοχές στο εμπρόσθιο μέρος της μηχανής .

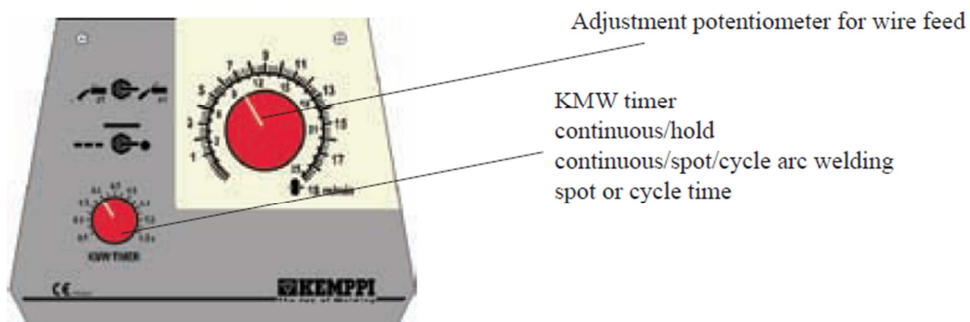
Η υποδοχή που σημειώνονται με το σύμβολο I δίνει ένα εκτεταμένο φαρδύ τόξο, κατάλληλο για την συγκόλληση λεπτών ελασμάτων σιδηρούχων και μη σιδηρούχων μετάλλων με χρήση 0,6 έως 1,0 mm υλικών εναπόθεσης συνήθως με χρήση προστατευτικό αέριο CO<sub>2</sub>.

Η υποδοχή που σημειώνονται με το σύμβολο II είναι κατάλληλη για παχύτερα υλικά εναπόθεσης ειδικότερα για αλουμίνιο και το ανοξείδωτο .

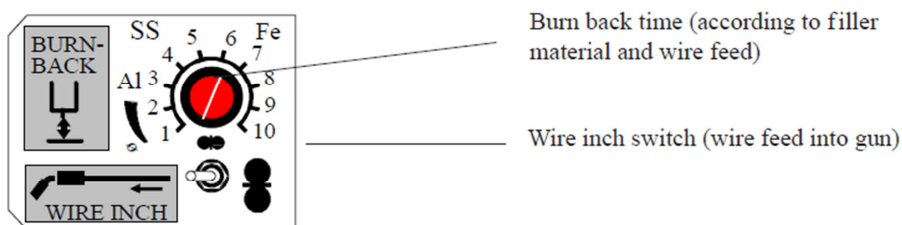
### 5.4β Πάνελ ελέγχου ταχύτητας Vd του υλικού εναπόθεσης και KMW timer.



Kempomat 3200, 4000



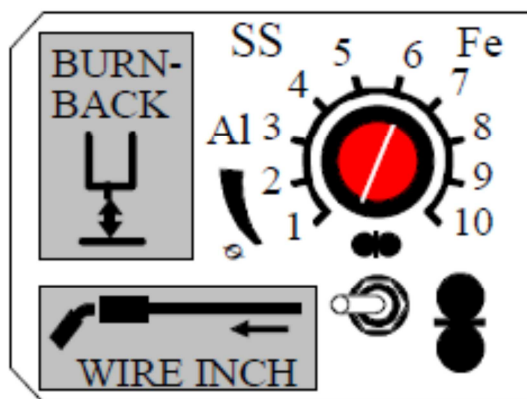
### 4.3. WIRE FEEDER UNIT



Σύμφωνα με την εικόνα υπάρχουν οι ακόλουθες λειτουργίες :

1. Διακοπόμενη ραφή - συνεχής ραφή (αριστερό εικονίδιο)
2. Ρύθμιση της ταχύτητας Vd του υλικού εναπόθεσης (δεξιό εικονίδιο), ταχύτητα έως 25 m / mim Ιδιαίτερα σημαντικός παράγοντας για την καλή λειτουργία της.

#### 5.4γ Ρυθμιστής καθυστέρησης του ρεύματος συγκόλλησης



Διαφορετικά υλικά εναπόθεσης και αέρια προστασίας, συμπεριφέρονται με διαφορετικούς τρόπους στο τέλος μιας συγκόλλησης είναι κατά συνέπεια αναγκαίο να απενεργοποιείται το ρεύμα συγκόλλησης με κάποια καθυστέρηση κατά περίπτωση. Αν προσπαθήσουμε να τερματίσουμε μια ραφή με ακατάλληλο χρόνο παύσης του ρεύματος συγκόλλησης, το υλικό εναπόθεσης θα καεί, ενδεχομένως να δημιουργηθεί κάποια φούσκα στο σημείο συγκόλλησης και το υλικό εναπόθεσης ιδιαίτερα αν αφορά ελαφριά μέταλλα και κράματα να κολλήσει επάνω στον οδηγό μπέκ της βαλβίδας .

#### Παράγοντες που επηρεάζουν την καθυστέρηση.

Η ταχύτητα τροφοδοσίας του υλικού εναπόθεσης, επιδρά σημαντικά στον χρόνο καθυστέρησης του ρεύματος συγκόλλησης. Με χαμηλή ταχύτητα τροφοδοσίας υλικού εναπόθεσης, επιλέγουμε πάντα τον ελάχιστο χρόνο καθυστέρησης του ρεύματος συγκόλλησης.

Η τήξη του αλουμινίου είναι πολύ ταχύτερη απ' ότι στους χάλυβες και κατά συνέπεια, ο χρόνος καθυστέρησης του ρεύματος συγκόλλησης θα πρέπει να είναι σαφώς μικρότερος. Υλικά εναπόθεσης από κοινό χάλυβα απαιτούν περισσότερη καθυστέρηση του ρεύματος συγκόλλησης απ' ότι οι ανοξείδωτοι χάλυβες.

Μεγαλύτερου πάχους υλικά εναπόθεσης επίσης απαιτούν μεγαλύτερο χρόνο καθυστέρησης του ρεύματος συγκόλλησης.

Όλα τα παραπάνω ρυθμίζονται μέσω της εικονιζόμενης διάταξης η οποία βρίσκεται παραπλεύρως του τροφοδότη μηχανισμού της μηχανής με πλήρεις επιλογές .

#### **5.4δ KMW timer - Χρονοδιακόπτης**

Είναι ένας χρονοδιακόπτης ελέγχου του ηλεκτρικού τόξου της μηχανής. Ένα ποτενσιόμετρο με επιλογές από 0.1 έως 1.5 sec που κατά περίπτωση αξιοποιείται για την ρύθμιση του χρόνου ανάματος του τόξου στην διακοπτόμενη λειτουργία .

#### **5.4ε Φιάλη αερίου προστασίας**

Η μηχανή αυτή λειτουργεί είτε με χρήση αδρανών αερίων είτε με χρήση μειγμάτων αυτών. Ως βάση των μειγμάτων χρησιμοποιείται το αργόν σε μια αναλογία περίπου 90% η παροχή των οποίων πρέπει να κυμαίνεται μεταξύ 8 έως 15 lt/min πράγμα που επιτυγχάνεται με την χρήση ενός ροόμετρου συνδεδεμένου μετά το κλείστρο της φιάλης που συνοδεύει το μηχάνημα. Ανοίγοντας το κλείστρο της φιάλης και εφόσον ενεργοποιηθεί το μπουτόν της βαλβίδας είναι εφικτή η ρύθμιση της ροής του αερίου προστασίας διαφορετικά είναι αδύνατη .. Το μανόμετρο που συνοδεύει το ροόμετρο, μας ενημερώνει για την πληρότητα της φιάλης με αέριο. Μικρές τιμές του μανομέτρου, πληροφορούν για μικρή πληρότητα της φιάλης ενώ μεγάλες τιμές το αντίθετο.

Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δίδεται στην προσαρμογή των ροόμετρων επάνω στις φιάλες κατά την αντικατάσταση των φιαλών προκειμένου να μην συμβούν διαρροές αερίου και απρόσμενα συμβάντα .

## 5.4στ Τεχνικά χαρακτηριστικά

### Kempomat 4000

Rated voltage	230 V, 400 V
Connection voltage	
3~ 400 V	380 V -10%...415 V +6%
3~ 230 V	220 V -10%...240 V +6%
Connection capacity	
230 V / 400 V	
40 % ED	18.5 kVA
60 % ED	13.5 kVA
100 % ED	9.0 kVA
Loading capacity	
(nominal values)	
40 % ED	400 A / 34 V
60 % ED	325 A / 30 V
100 % ED	260 A / 27 V
Control range	40 - 400 A / 15 - 34 V
Voltage steps	32 steps
Open circuit voltage max.	48 V
Efficiency	400 A / 34 V 80 %
Power factor	400 A / 34 V 0.95
Fuse	8 A delayed
Wire feeder unit	4-roll drive
Diameter of feed roll	32 mm
Wire feed speed	0...18 m / min
Filler wires	0...25 m / min
∅ Fe, Ss	0.6...1.2 mm
∅ Cored wire	0.8...1.6 mm
∅ Al	1.0...1.6 mm
Wire reel	
max. weight	20 kg
max. size	∅ 300 mm
Gun connector	Euro
Temperature class	H (180 °C)
Operation temperature range	-20...+40 °C
Storage temperature range	-40...+60 °C
Degree of protection	IP 23C
External dimensions	
length	970 mm
width	480 mm
height	970 mm
Weight	130 kg



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

### Βιομηχανικά αέρια προστασίας της μεθόδου MIG-MAG .

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 δύο .Η ροή του αερίου είναι από 0.71 έως 0.99 m<sup>3</sup>/h .Τα τρία κύρια αέρια που χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση GMAW είναι το αργόν, ήλιον και διοξείδιο του άνθρακα .Η συγκόλληση με προστατευτικό αέριο (Gas metal arc welding, GMAW), είναι μια διεργασία η οποία χρησιμοποιεί ένα συνεχώς τροφοδοτούμενο σύρμα ως ηλεκτρόδιο και ένα αέριο προστασίας. Όταν το αέριο προστασίας είναι αδρανές αέριο (Ar, He) χρησιμοποιείται ο όρος συγκόλληση με αποκλειστικά αδρανές αέριο ονομάζεται (Metal inert gas, MIG). Στην περίπτωση που χρησιμοποιούνται δραστικά αέρια ή μείγματα δραστικών και αδρανών αερίων τότε η μέθοδος ονομάζεται (Metal active gas, MAG). Με τις παραπάνω μεθόδους παράγονται ραφές υψηλής ποιότητας. Καθώς και η απόδοση τους είναι πολύ υψηλή. 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 (Σχήμα 1.7). Στα σιδηρούχα μέταλλα, το He ως αέριο προστασίας μπορεί να παράγει εκτινάξεις (spatter), ενώ το Ar μπορεί να προκαλέσει αβαθή διείσδυση. Η προσθήκη του O<sub>2</sub> (περίπου 3%) ή του CO<sub>2</sub> (περίπου 9%) στο Ar περιορίζει τα προβλήματα. Οι ανθρακούχοι και οι ελαφρά κραματωμένοι χάλυβες ενώνονται συνήθως με το CO<sub>2</sub> ως αέριο προστασίας, με αποτέλεσμα την υψηλότερη ταχύτητα συγκόλλησης, τη μεγαλύτερη διείσδυση και το χαμηλότερο κόστος. Όμως, το CO<sub>2</sub> 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.

Διάφορα ειδών αερίων που χρησιμοποιούνται στα διάφορα είδη συγκολλήσεων.

<b>ΑΡΓΟΝ-συγκολλήσεων W2</b> Παρελκόμενα αυτοκινητοβιομηχανίας	WIG
<b>ΑΡΓΟΝ-συγκολλήσεων W5, W7,5</b> Εξοπλισμός σωληνώσεων, Βάνες, Προωθητές, Κατασκευή μηχανημάτων, Βιομηχανία ηλεκτρολογικού υλικού, Κατασκευή σωληνώσεων	WIG
<b>ΑΡΓΟΝ-συγκολλήσεων N1, N2, N1 He</b> Λέβητες- & Κατασκευή δεξαμενών, Μηχανήματα, Διαστημική τεχνολογία	WIG
<b>FERROMIX</b> Κατασκευή εξοπλισμού χημικής βιομηχανίας, Κατασκευή σωληνώσεων, Σωλήνες ανοξείδωτου χάλυβα, Φλάντζες, Trommeln	WIG
<b>FORMIERGAS Μείγμα N2-H2</b> Εξοπλισμός σωληνώσεων, Βάνες, Προωθητές, Επενδύσεις, Πόρτες, Κάγκελα, Μεταλλικές κατασκευές, Κατασκευή σωληνώσεων προστασία ρίζας	

Αέρια που χρησιμοποιούνται στη μέθοδο MIG-MAG.

<b>ΑΡΓΟΝ 5.0</b> Κατεργασία Αλουμινίου, Κατασκευή μηχανημάτων, Κατασκευή σωληνώσεων	WIG MIG
<b>ΗΛΙΟΝ 4.6</b> Κατεργασία Αλουμινίου, Διαστημική τεχνολογία, Κατασκευή μέσων σταθερής τροχιάς, Παραγωγή χάλυβα	WIG MIG
<b>Μείγμα ΑΡΓΟΥ/ΗΛΙΟΥ 30, 50, 70</b> Κατεργασία Αλουμινίου, Μηχανήματα-, Λέβητες- & Κατασκευή δεξαμενών, Βιομηχανία ηλεκτρολογικού υλικού, Μεταλλικές κατασκευές	WIG MIG
<b>ΑΡΓΟΝ καθαρότητας 99,996%</b> Κατεργασία Αλουμινίου, Μηχανήματα, Αυτοκινητοβιομηχανία, Κατεργασία λαμαρινών, Εργαλεία, Λέβητες- & Κατασκευή δεξαμενών	WIG MIG
<b>ΜΟΝΟΜΙΧ®</b> Κατεργασία Αλουμινίου, Αυτοκινητοβιομηχανία, Λέβητες- & Κατασκευή δεξαμενών, Επιδιορθώσεις οχημάτων, Μηχανήματα-, Μεταλλικές κατασκευές	WIG MIG
<b>ΑΡΓΟΜΑΓ® S1, S3 + Προσθήκη-O2</b> Εξοπλισμός σωληνώσεων, Αυτοκινητοβιομηχανία, Κατασκευή μηχανημάτων, Βιομηχανία ηλεκτρολογικού υλικού, Διαστημική τεχνολογία, Κατασκευή σωληνώσεων	MAG M
<b>ΑΡΓΟΜΑΓ® K + Προσθήκη-CO2</b> Εξοπλισμός σωληνώσεων, Βάνες, Αυτοκινητοβιομηχανία, Κατασκευή μηχανημάτων, Βιομηχανία ηλεκτρολογικού υλικού, Κατασκευή σωληνώσεων, Σωλήνες ανοξείδωτου χάλυβα	MAG M
<b>ΑΡΓΟΜΑΓ® He + Προσθήκη CO2-He</b> Εξοπλισμός σωληνώσεων, Βάνες, Κατασκευή μηχανημάτων, Κατασκευή σωληνώσεων, Σωλήνες ανοξείδωτου χάλυβα, Φλάντζες	MAG M
<b>ΚΡΥΣΑΛ® 8, 18</b> Εξοπλισμός σωληνώσεων, Βάνες, Προωθητές, Αυτοκινητοβιομηχανία, Πλαίσια, Κελύφη-Χιτώνες, Λέβητες- & Κατασκευή δεξαμενών	MAG M
<b>ΑΡΓΟΜΙΧ® 4, 10, 20</b> Αυτοκινητοβιομηχανία, Σιδηροκατασκευές, Μεταλλικές κατασκευές, Κατασκευή γεωργικών μηχανημάτων, Επιδιορθώσεις οχημάτων, Τεχνικές προώθησης	MAG M
<b>ΔΙΟΞΕΙΔΙΟ ΤΟΥ ΑΝΘΡΑΚΑ</b> Για μη- και χαμηλής κραμάτωσης χάλυβες, υψηλή θερμική αγωγιμότητα και καλή διεύθυνση	MAG C

Το είδος του αερίου προστασίας επηρεάζει διάφορους παράγοντες που έχουν σχέση με την ποσότητα του αερίου, την ποιότητα και το κόστος της συγκόλλησης. Το κάθε αέριο προστασίας χρησιμοποιείται για συγκεκριμένες εργασίες συγκολλήσεων και αποτελεί ένα συμβιβασμό όσο αφορά τις ιδιότητές του με άμεση σχέση κόστους - αποτελέσματος.

**TABLE 1.2 Properties of Shielding Gases Used for Welding**

Gas	Chemical Symbol	Molecular Weight (g/mol)	Specific Gravity with Respect to Air at 1 atm and 0°C	Density (g/L)	Ionization Potential (eV)
Argon	Ar	39.95	1.38	1.784	15.7
Carbon dioxide	CO <sub>2</sub>	44.01	1.53	1.978	14.4
Helium	He	4.00	0.1368	0.178	24.5
Hydrogen	H <sub>2</sub>	2.016	0.0695	0.090	13.5
Nitrogen	N <sub>2</sub>	28.01	0.967	1.25	14.5
Oxygen	O <sub>2</sub>	32.00	1.105	1.43	13.2

Source: Reprinted from Lyttle (6).

Στη μέθοδο MIG τα αδρανή αέρια τα οποία χρησιμοποιούνται είναι το αργόν, Ar και το ήλιον, He. Ar, He ή μείγματα Ar (25%), He (75%) χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση ελαφρών και μη σιδηρούχων μετάλλων καθώς επίσης για ανοξείδωτους και κραματοχάλυβες. Τα αδρανή αέρια, με τη χρήση τους επιτυγχάνονται πολύ καλά αποτελέσματα για τη συγκόλληση ιδίως μέσου και μεγάλου πάχους ελασμάτων. Στη μέθοδο MAG, χρησιμοποιούνται μη αδρανή αέρια, όπως CO<sub>2</sub> ή μείγματα αερίων. Η μέθοδος MAG χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση ανθρακούχων και χαμηλής κραμάτωσης χαλύβων. Εφαρμόζεται σε αμαξώματα για τη συγκόλληση λεπτών ελασμάτων.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

### Υλικά εναπόθεσης της μεθόδου MIG-MAG .

Στη ηλεκτροσυγκόλληση M.I.G (Metal Inert Gas) το ηλεκτρόδιο αποτελεί και το συγκολλητικό υλικό .Το ηλεκτρόδιο δηλαδή καταναλίσκεται και τροφοδοτείται στη συγκόλληση από μια κουλούρα σύρματος. Το αέριο που χρησιμοποιείται είναι αργό ή μείγμα αργού με άλλα αδρανή αέρια. Το ηλεκτρόδιο στη συγκόλληση M.I.G συνδέεται στον θετικό πόλο, σε αντίθεση με το ηλεκτρόδιο στη μέθοδο T.I.G που συνδέεται στον αρνητικό πόλο κι έτσι λιώνει ευκολότερα. Στην ηλεκτροσυγκόλληση M.A.G (Metal Artif Gas) χρησιμοποιούνται ανθρακικά αέρια (διοξείδιο του άνθρακα CO<sub>2</sub>) ή μείγμα ανθρακικών αερίων και αργού . Το συγκολλητικό υλικό είναι σύρμα κυρίως από μαγγάνιο και πυρίτιο ,ενώ περιέχει και πρόσθετα άλλων μετάλλων . Ένα από τα υλικά εναπόθεσης είναι το συμπαγές σύρμα που είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο σύρμα. Όπως τα ηλεκτρόδια έτσι και τα σύρματα συγκόλλησης MIG-MAG κατατάσσονται σε κατηγορίες που τις βρίσκουμε στους σχετικούς κανονισμούς. Ενδεικτικά έστω ο κανονισμός AWS A.5.18-6. Ο κανονισμός αυτός περιλαμβάνει βασικά τους κραματικούς χάλυβες δηλαδή E 708-1 , E 70S-2 , E 708-3 κλπ. E:ELECTRODE (ηλεκτρόδιο) 70: ελάχιστη αντοχή εφελκισμού (70.000 PSI = 49 Kgr/mm<sup>2</sup>) S:SOLD WIRE (συμπαγές σύρμα). Οι αριθμοί 1,2,3,κλπ αναφέρονται στη χημική σύνδεση, το αέριο κλπ. Ο κανονισμός E 70S-1 περιέχει μικρή ποσότητα πυριτίου (Si) και απαιτεί μίγμα (Ar+O<sub>2</sub>) για να δώσει τα μηχανικά χαρακτηριστικά του. Μπορούμε βέβαια να χρησιμοποιήσουμε σκέτο CO<sub>2</sub>, αλλά μόνο για συγκολλήσεις χωρίς μεγάλες απαιτήσεις. Ο κανονισμός E 70S-2 περιέχει εκτός από Si και Mn και άλλα αποξειδωτικά . Αυτός ο τύπος σύρματος είναι κατάλληλος για συγκολλήσεις απαιτήσεων και για οξειδωμένα ελάσματα. Ο τεχνικός κατά συνέπεια που ασχολείται με τις συγκολλήσεις MIG-MAG πρέπει να επιλέγει σωστά το κάθε τύπο σύρματος και να μελετά τους κανονισμούς (AWS-DIN κλπ) οι οποίοι δίνουν πάρα πολλά στοιχεία. Τα σύρματα είναι συνήθως επιχαλκομένα για να προστατεύονται από την οξείδωση. Τυχόν ακαθαρσίες (λάδια, γράσσα κλπ) στην επιφάνεια τους προκαλούν προβλήματα στις ραφές (πόρους, ρωγμές κλπ). Ένα άλλο υλικό εναπόθεσης είναι το σωληνωτό σύρμα. Αυτό αποτελείται από το μεταλλικό περίβλημα μαλακού συνήθως επιχαλκομένου χάλυβα το οποίο περικλείει κάποιο συλλίπασμα που ο ρόλος του είναι πολύπλευρος και σημαντικός. Τα πρώτα σωληνωτά σύρματα εμφανίστηκαν το 1926 με την μορφή ράβδων και από τότε έχει βελτιωθεί κατά πολύ η ποιότητα τους. Κατά κύριο λόγο χρησιμοποιούνται σε εξωτερικούς χώρους επειδή προσδίδουν διπλή προστασία στην συγκόλληση (αέριο+συλλίπασμα). Για καλές ποιοτικά και εμφανισιακά MIG-MAG ραφές πρέπει να προστεθούν τα παρακάτω:

1. Το σύρμα δεν πρέπει να είναι πολύ ελεύθερο μέσα στην λαβίδα. Η σωστή ελευθερία ελέγχεται αν πιάσουμε την άκρη του σύρματος με μια πένσα την τραβήξουμε προς τα έξω και κατόπιν την σπρώξουμε προς την λαβίδα. Η διαδρομή που θα δημιουργηθεί δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη των 10 mm, διαφορετικά αλλάζουμε τον οδηγό.
2. Όταν το μπεκ είναι καινούργιο πρέπει να ελέγχουμε αν το σύρμα περνά ελεύθερα. Αν δεν περνά ελεύθερα το δουλεύουμε λίγο ώστε να ανοίξει όσο χρειάζεται, ιδιαίτερα αυτό ισχύει για τα ανοξείδωτα και το αλουμίνιο.
3. Η γείωση πρέπει να είναι ικανοποιητική. Η επιφάνεια της τσιμπίδας της γείωσης που σφίγγει το μέταλλο βάσης (σώμα) πρέπει να είναι 7πλάσια εκείνης του αγωγού, αν π.χ. ο αγωγός χαλκού είναι 50 mm<sup>2</sup> στο σημείο επαφής πρέπει να έχουμε 350 mm<sup>2</sup>. Η κακή της γείωση φαίνεται από το υπερβολικό της ζέσταμα.
4. Η λαβίδα συγκόλλησης πρέπει να είναι σχετικά κρύα, γιατί διαφορετικά το μπεκ διαστέλλεται και σφίγγει το σύρμα με αποτέλεσμα να μην έχουμε καλή ραφή. Εκτός αυτού η λαβίδα καταστρέφεται.

Το φαινόμενο αυτό γίνεται ιδιαίτερα αισθητό στη συγκόλληση του ανοξείδωτου όπου το τόξο εκπέμπει μεγάλη θερμότητα.

5. Η ρύθμιση της MIG-MAG γίνεται με τον ακόλουθο τρόπο.

α) Τοποθετούμε κατά εκτίμηση την τιμή των Volts.

Πάχος ελάσματος [mm]	Διάμετρος σύρματος [mm]	Volts μηχανής [V]	Μεγ. ένταση μηχανής [A]
1-3	Φ0,8	14-26	220
1,5-5,5	Φ 1,0	16-27	260
2-10	Φ1,2	17-32	320
5 και άνω	Φ 1,6	19-35	460

β) Δίνουμε μια ταχύτητα που μας επιτρέπει να έχουμε τις ακόλουθες αποστάσεις τόξου:

Για τον κοινό χάλυβα με CO<sub>2</sub> 1 έως 2mm Για τον ανοξείδωτο χάλυβα (ως 200 A) 1 έως 2 mm Για τον ανοξείδωτο χάλυβα πάνω από 250 A περίπου 10 mm Για το αλουμίνιο και τον χαλκό όπως και στο ανοξείδωτο.

Η πολύ μεγάλη ταχύτητα φαίνεται από την τάση του σύρματος να εισχωρήσει μέσα στο τηγμένο μέταλλο.

Η πολύ μικρή ταχύτητα δίνει εκτοξεύσεις και μεγάλες αποστάσεις τόξου.

Η σωστή λειτουργία δίνει θόρυβο τόξου ομαλό.

Κατά την λειτουργία του τόξου δεν αλλάζουμε ποτέ τα Volts.

6. Όταν διακόπτουμε την συγκόλληση δεν πρέπει να απομακρύνουμε την λαβίδα, γιατί η συσκευή είναι ρυθμισμένη να δίνει τόσο ρεύμα όσο και αέριο ορισμένο χρόνο μετά την διακοπή που κάναμε. Αυτό γίνεται για να είναι έτοιμο το σύρμα για την επόμενη έναρξη του τόξου και για να εξασφαλιστεί η προστασία τη ραφής.

7. Όταν χρησιμοποιούμε αργόν (Ar) πρέπει να προσέχουμε τα κενά που μπορούν να δημιουργηθούν εξαιτίας της μορφής που έχει η ραφή μ' αυτό το αέριο. Είναι προτιμότερο να κάνουμε δυο κορδόνια αντί για ένα .



Μονή ραφή



Διπλή ραφή

8. Στους κοινούς χάλυβες η εμφάνιση εξαρτάται σημαντικά και από την περιεκτικότητα του

σύρματος σε πυρίτιο (Si) το οποίο αυξάνει την ρευστότητα. Απαιτείται πυρίτιο (Si) περίπου 0,9%.

9. Η από πάνω προς τα κάτω (κατεβατή) ραφή είναι προτιμότερη για τα λεπτά ελάσματα.

10. Κατά την συγκόλληση του ανοξείδωτου φροντίζουμε να διατηρούμε μια απόσταση περίπου 30 mm του μπεκ από το μέταλλο βάσης.

11. Καταλληλότερο αέριο στην συγκόλληση ανοξείδωτων χαλύβων είναι το Ar+O<sub>2</sub> (1-2% O<sub>2</sub>) ή Ar+CO<sub>2</sub> (2% CO<sub>2</sub>). Με τα μίγματα αυτά πετυχαίνουμε ομαλότερη λειτουργία του τόξου και ωραιότερη ραφή. Αν διαπιστώσουμε πολλές επικαθήσεις (πιτσιλίσματα) σηκώνουμε λίγο τη λαβίδα.

12. Η συγκόλληση του ανοξείδωτου χάλυβα με MIG απαιτεί:

- Το σύρμα να περνά ελευθέρως από το μπεκ. Αν το μπεκ είναι καινούργιο χρειάζεται δούλεμα μέχρι να στρώσει και καθάρισμα τις πρώτες ώρες λειτουργίας.

- Το ανοξείδωτο χάλυβα αφήνει συνήθως λίγους πόρους, γι' αυτό και οι κανονισμοί τους δέχονται μέχρι ενός ορίου.

- Το σύρμα και το περιβάλλον πρέπει να είναι πολύ καθαρά, ιδιαίτερα από λάδια, γράσσα κλπ. Ακόμα και το λίπος του χεριού μας είναι βλαβερό.

- Το ανοξείδωτο χάλυβα απαιτεί συνήθως ψύξη λαβίδας μετά το πάχος 8-10 mm.

- Καταλληλότερο αέριο είναι το καθαρό αργόν (Ar).

- Κατά το ξεκίνημα του τόξου και πριν γίνει η επαφή με το μέταλλο βάσης, πιέζουμε την σκανδάλη της λαβίδας ώστε το σύρμα να βρίσκεται αρκετά μακριά από το μπεκ. Διαφορετικά κινδυνεύει να κολλήσει στο μπεκ.

13. Η ροή του προστατευτικού αερίου στην μέθοδο MIG πρέπει να είναι 10-15 lt/min.

14. Ο ψεκασμός πρέπει να γίνεται στα τοιχώματα του ακροφυσίου και όχι επάνω στο μπεκ.

Μέθοδοι εναπόθεσης υλικού.

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

- Με σταγόνες
- Με ψεκασμό
- Με βραχυκυκλωμένο τόξο

**Με σταγόνες.** Οι σταγόνες μετάλλου, με διάμετρο ίδια ή και μεγαλύτερη από αυτή του ηλεκτροδίου, μεταφέρονται μέσα στο τόξο με την επίδραση της βαρύτητας. Η μεταφορά ξεκινά όταν αυξηθεί και άλλο η τάση, οπότε η δημιουργία ισχυρών εντάσεων ηλεκτρικού ρεύματος έχει ως συνέπεια να εκλύονται υψηλά ποσά θερμότητας. Το αποτέλεσμα είναι να δημιουργούνται σταγόνες που η διάμετρος τους είναι αρκετά μεγαλύτερη από τη διάμετρο του σύρματος και που αποσπώνται από την άκρη του σύρματος, πριν ακόμη αυτό προλάβει να ακουμπήσει στο μέταλλο βάσης. Το επιθυμητό είναι οι σταγόνες αυτές να εναποτίθενται στο λουτρό συγκόλλησης, αλλά αυτό δε συμβαίνει πάντοτε. Η μεταφορά αυτή δεν είναι συχνά ομαλή και παράγει εκτινάξεις. Οι δυνάμεις που επενεργούν στις σταγόνες και τις κάνουν να αποσπώνται από το άκρο του σύρματος είναι, η βαρύτητα και οι ηλεκτρομαγνητικές δυνάμεις. Αυτές στις χαμηλότερες εντάσεις του ρεύματος, έχουν ως αποτέλεσμα να εκτινάσσονται οι σταγόνες μακριά από το λουτρό συγκόλλησης. Η μεταφορά υλικού με σταγόνες γίνεται με ορθή πολικότητα.

**Με ψεκασμό.** Πάνω από μια κρίσιμη τιμή του ρεύματος συγκόλλησης, συνήθως πάνω από 250A και ανάστροφη 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. Η μεταφορά με ψεκασμό δεν παρουσιάζεται, όταν χρησιμοποιείται το CO<sub>2</sub> και το μίγμα αερίου που απαιτείται είναι το Ar + 1-3% O<sub>2</sub>. Ο μηχανισμός αυτός είναι σταθερότερος και χωρίς εκτινάξεις. Έτσι με τη μέθοδο αυτή έχουμε καλύτερη ραφή κόλλησης. Η κρίσιμη τιμή του

ρεύματος (ή ρεύμα μετάβασης), εξαρτάται από το προς συγκόλληση υλικό, από το μέγεθος του ηλεκτροδίου και τέλος από τη σύνθεση του αερίου προστασίας. Η μεταφορά υλικού με ψεκασμό γίνεται με ανάστροφη πολικότητα.

**Με περιοδικές βραχυκυκλώσεις τόξου.** Μεταφορά με βραχυκύκλωση έχουμε σε εντάσεις ρεύματος μέχρι 200Α, ανάστροφη πολικότητα και με χρήση CO<sub>2</sub> ή μίγματος 75%Ar – 25% CO<sub>2</sub>. Το τηγμένο μέταλλο στην άκρη του ηλεκτροδίου μεταφέρεται στο λουτρό της συγκόλλησης όταν το ηλεκτρόδιο αγγίζει την επιφάνεια του λουτρού, δηλαδή προκαλώντας βραχυκύκλωμα του τόξου. Κατά τη στιγμή αυτή το τόξο σβήνει και το λιωμένο μέταλλο εναποτίθεται στο λουτρό συγκόλλησης δεν είναι σε επαφή. Τότε δημιουργείται εκ νέου σταγόνα στο άκρο του ηλεκτροδίου η οποία δεν αποκόπτεται από το ηλεκτρόδιο παρά μόνο όταν έρθει ξανά σ' επαφή με το λουτρό συγκόλλησης δεν είναι σε επαφή. Τότε δημιουργείται εκ νέου σταγόνα στο άκρο του ηλεκτροδίου η οποία δεν αποκόπτεται από το ηλεκτρόδιο παρά μόνο όταν έρθει ξανά σε επαφή με το λουτρό. Αυτό επαναλαμβάνεται 20 ως 200 φορές το δευτερόλεπτο. Η μεταφορά με περιοδικές βραχυκυκλώσεις εφαρμόζεται σε μικρής κλίμακας ρεύματα και σε μικρές διαμέτρους υλικών εναπόθεσης. Ο μηχανισμός αυτός παράγει μικρή και γρήγορη απόψυξη λουτρού συγκόλλησης, που είναι επιθυμητό για τη συγκόλληση λεπτών ελασμάτων, για τις οροφιαίες συγκολλήσεις και για τη γεφύρωση μεγάλων ανοιγμάτων στη ρίζα των προς συγκόλληση ελασμάτων.

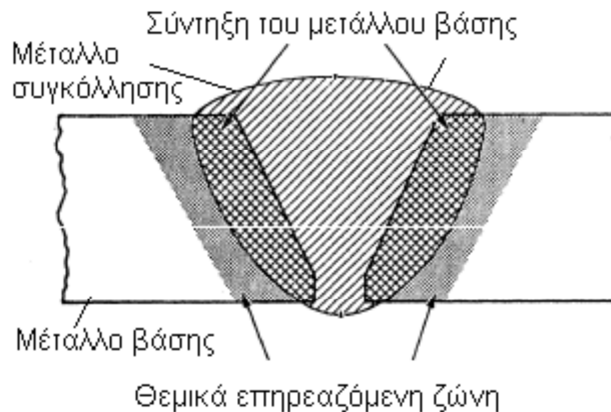
#### **Σύγκριση των τριών μεθόδων μεταφοράς υλικού.**

Με τη μέθοδο βραχυκυκλωμένου τόξου μπορούν να γίνουν συγκολλήσεις ακόμη και πολύ λεπτών ελασμάτων. Η συγκόλληση είναι δυνατή σε όλες τις θέσεις. Στην περίπτωση αυτή δημιουργούνται αρκετά πιτσιλίσματα και η παραγωγικότητα από τη Μ.Μ.Α. Πρέπει να αποφεύγεται στα μεγάλα πάχη ελασμάτων, επειδή υπάρχει κίνδυνος να μη δημιουργηθεί καλή πρόσφυση λόγω της πιθανής ημιτελούς τήξης του μετάλλου βάσης. Οι μέθοδοι μεταφοράς με σταγόνες και ψεκασμό είναι δυνατές μόνο σε επίπεδες και οριζόντιες θέσεις και απαιτούν καλά εκπαιδευμένο και έμπειρο χειριστή. Επίσης, εκλύονται πολύ υψηλά ποσά θερμότητας που μπορούν να προκαλέσουν ισχυρές παραμορφώσεις, ιδίως στα λεπτά ελάσματα. Παρουσιάζουν όμως καλή πρόσφυση, βαθιά διείσδυση και υψηλή παραγωγικότητα. Συγκρινόμενες μεταξύ τους θα μπορούσαμε να πούμε ότι η μεταφορά με σταγόνες χρησιμοποιεί φθηνό αέριο (CO<sub>2</sub>) αλλά παρουσιάζει πολλά πιτσιλίσματα. Αντίθετα η μεταφορά με ψεκασμό χρησιμοποιεί ακριβό αέριο (Ar + 1-3% O<sub>2</sub>) αλλά προσφέρει ραφή με πολύ καλή εμφάνιση και ελάχιστα πιτσιλίσματα.

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

### 8.1 Θερμικά επηρεαζόμενη ζώνη του υλικού βάσης.

Στην περιοχή της σύνδεσης μπορεί να αναγνωστεί ένας αριθμός διακριτών ζωνών : Το μέταλλο βάσης, το μέταλλο συγκόλλησης και η περιοχή σύντηξης (μέταλλο βάσης + διάχυση μετάλλου συγκόλλησης ). Θερμικά επηρεαζόμενη ζώνη ,ΘΕΖ (Heat affected zone, HAZ). Λόγω της θέρμανσης της σε υψηλές θερμοκρασίες υφίσταται μεταβολές στη δομή και τις ιδιότητες της. Οι συγκολλήσεις με δέσμη ηλεκτρονίων έχουν ως αποτέλεσμα τον περιορισμό της ΘΕΖ.

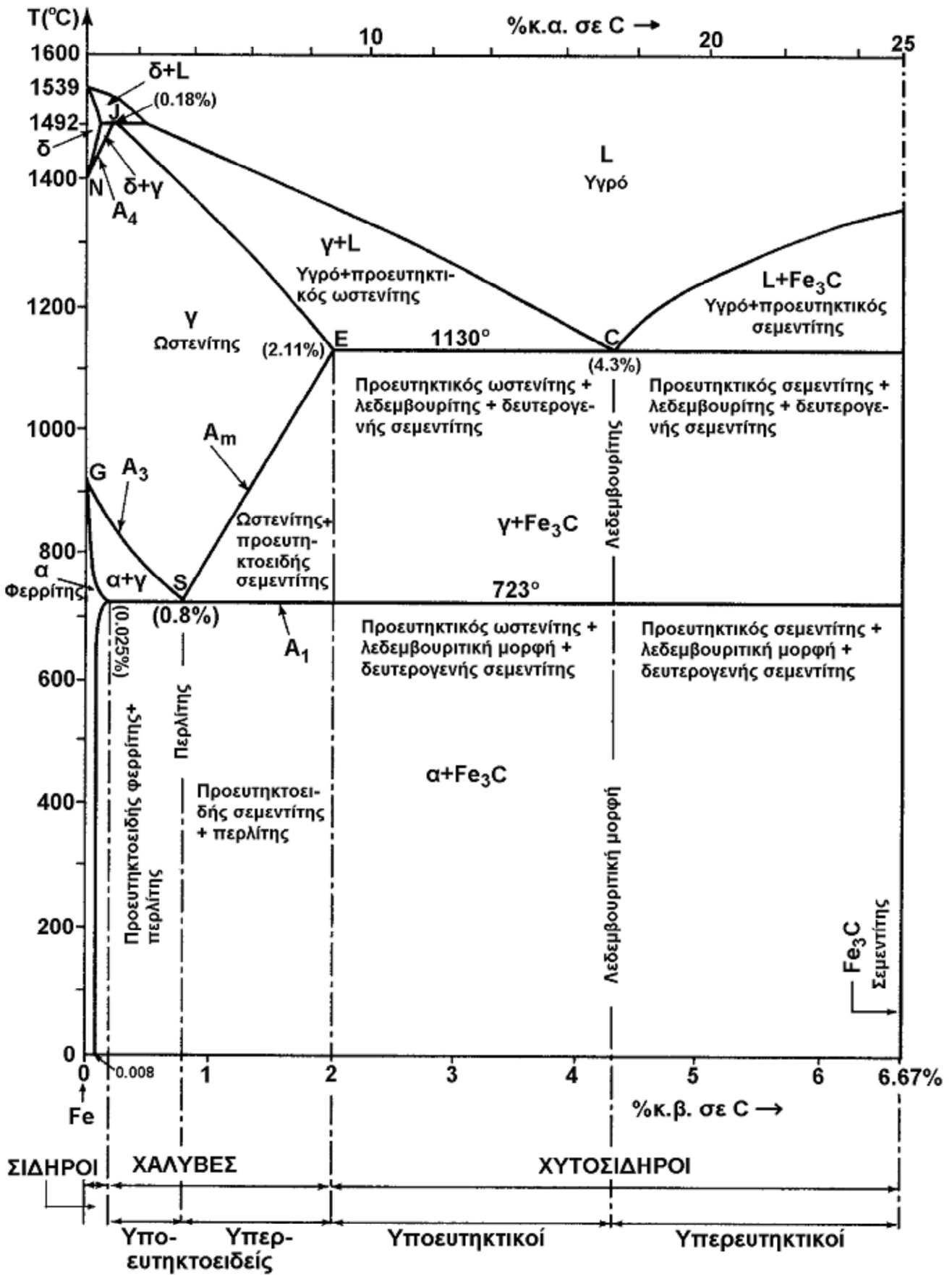


Σχηματική αναπαράσταση των ζωνών μιας τυπικής συγκόλλησης σύντηξης .

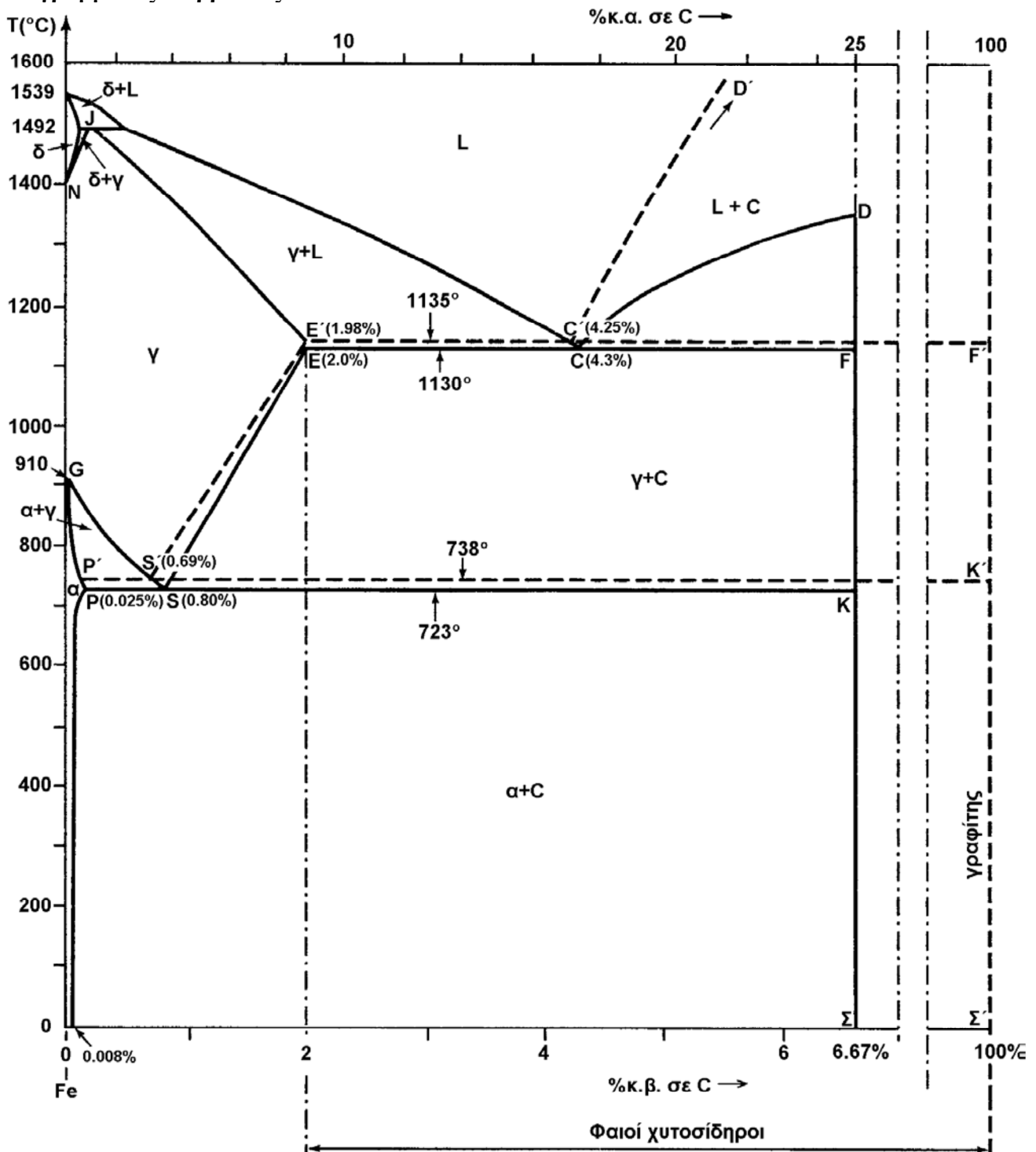
Η Θ.Ε.Ζ είναι η ζώνη πέριξ της πραγματοποιηθείσας ραφής. Με κορυφαία στο μέσο της ραφής και φθίνουσα θερμοκρασία όσο απομακρυνόμαστε από το μέσο της ραφής. Η έννοια της κρυσταλλικής σύνδεσης δύο μεταλλικών κομματιών κατά τη συγκόλληση καθώς και η λεγόμενη ζώνη συγκόλλησης ή ζώνη επηρεαζόμενη θερμικά που συμβολίζεται ως ΖΕΘ. Στη ΖΕΘ και στις μεταβολές που συμβαίνουν σ' αυτή, στα προς συγκόλληση μέταλλα. Ο ορισμός της είναι: Ζώνη συγκόλλησης ή ΖΕΘ ονομάζεται το τμήμα που περιλαμβάνει τη συγκόλληση (ραφή) μαζί με τις γειτονικές περιοχές των συνδεομένων κομματιών, οι οποίες δέχονται την επίδραση της θερμοκρασίας που αναπτύσσεται κατά τη συγκόλληση. Η κρυσταλλική δομή των δυο κομματιών στη ΖΕΘ, έχει αλλάξει. Το είδος και η έκταση της αλλαγής στην εσωτερική δομή των μετάλλων, στην περιοχή της ζώνης συγκόλλησης, εξαρτάται από το είδος των μετάλλων και από τη θερμοκρασία συγκόλλησης.



8.2 Το ευρυκτοειδές διάγραμμα ισορροπίας Fe-Fe<sub>3</sub>C



Σύγκριση ευσταθούς (διακεκομμένες γραμμές) και μετασταθούς (συνεχείς γραμμές) διαγράμματος ισορροπίας Fe-C



**ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΤΟΥ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΟΣ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ Fe-C**

Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε C

- Περιοχή καθαρού σιδήρου:  $\pi(C) < 0.008\%$ .
- Περιοχή χαλύβων:  $0.008 \leq \pi(C) \leq 2.11\%$  (στην πράξη σπανίως χρησιμοποιείται  $\pi(C) > 1\%$ ).
- Περιοχή χυτοσιδήρων:  $2.11 < \pi(C) \leq 6.67\%$  (στην πράξη εφαρμόζεται  $\pi(C) \leq 4.5\%$ ).

Ανάλογα με τις εμφανιζόμενες φάσεις

#### Μονοφασικές περιοχές

- Υγρή φάση (L)

Πρόκειται για υγρό διάλυμα C στον Fe.

- δ-φάση (δ-φερρίτης)

Πρόκειται για στερεό διάλυμα παρεμβολής C στον Fe-δ.

Κρυσταλλικό σύστημα: bcc.

Σταθερή φάση στη θερμοκρασιακή περιοχή 1400-1539 °C.

Μέγιστη  $\pi(C) = 0.1\%$  στους 1492 °C.

- γ-φάση (ωστενίτης)

Στερεό διάλυμα παρεμβολής C στον Fe-γ.

Κρυσταλλικό σύστημα: fcc.

Σταθερή φάση στη θερμοκρασιακή περιοχή 911-1400 °C.

Μέγιστη  $\pi(C) = 2.11\%$  στους 1130 °C.

Μαλακό και όλκιμο υλικό.

- α-φάση (φερρίτης)

Στερεό διάλυμα παρεμβολής C στον Fe-α.

Κρυσταλλικό σύστημα: bcc.

Σταθερή φάση στη θερμοκρασιακή περιοχή 0-911 °C.

Μέγιστη  $\pi(C) = 0.025\%$  στους 723 °C.

Μαλακό υλικό, χαμηλής αντοχής και πολύ όλκιμο (UTS = 250-500 MPa, σκληρότητα BHN = 150,  $\epsilon_f = 40-50\%$ )

- Σεμεντίτης ( $Fe_3C$ )

Μεσομεταλλική ένωση του C στον Fe, με  $\pi(C) = 6.67\%$ .

Κρυσταλλικό πλέγμα: ορθορομβικό.

Είδη: (i) πρωτογενής (εμφανίζεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες της ευτηκτικής)

(ii) δευτερογενής (εμφανίζεται σε θερμοκρασίες μεταξύ ευτηκτοειδούς και ευτηκτικής)

(iii) τριτογενής (εμφανίζεται σε θερμοκρασίες μικρότερες της ευτηκτοειδούς)

Έχει μεταλλικές ιδιότητες, είναι πολύ σκληρός (BHN = 700) και εύθραυστος (χαμηλή αντοχή σε εφελκυσμό αλλά υψηλή αντοχή σε θλίψη). Το σημείο τήξης του είναι 1550 °C, αλλά πρακτικά σε υψηλές θερμοκρασίες (>950 °C) είναι ασταθής και διασπάται αποβάλλοντας γραφίτη (μετασταθής φάση).

- Γραφίτης (C)

Μαλακή φάση, αλλοτροπική μορφή του C.

Κρυσταλλικό πλέγμα: εξαγωνικό.

Μορφές: Ανάλογα με την ταχύτητα απόψυξης και τα στοιχεία προσθήκης συναντάται υπό τη μορφή φυλλιδίων, ροζετών και σφαιριδίων.

#### Διφασικές περιοχές

#### ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΥΓΡΗΣ/ΣΤΕΡΕΑΣ ΦΑΣΗΣ

- Περιοχή υγρού/φερρίτη-δ, L+δ.
- Περιοχή υγρού/σεμεντίτη, L+ $Fe_3C$  (ή υγρού/γραφίτη, L+C).
- Περιοχή υγρού/ωστενίτη, L+γ.

## ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΣΤΕΡΕΑΣ/ΣΤΕΡΕΑΣ ΦΑΣΗΣ

- Περιοχή ωστενίτη/φερρίτη-δ,  $\gamma+\delta$ .
- Περιοχή ωστενίτη/φερρίτη,  $\alpha+\gamma$
- Περιοχή φερρίτη/σεμεντίτη,  $\alpha+Fe_3C$  (ή φερρίτη/γραφίτη,  $\alpha+C$ ).

Στην περιοχή αυτή απαντάται η σύνθετη ευτηκτοειδής δομή περλίτης, που αποτελείται από μίγμα φερρίτη και σεμεντίτη (με τη μορφή εναλλασσόμενων πλακών) και με σύσταση 88.5% φερρίτης και 11.5% σεμεντίτης. Πρωτοεμφανίζεται (πυρηνοποιείται) στα όρια των κόκκων ωστενίτη με  $\pi(C)=0.8\%$  στους  $723\text{ }^\circ\text{C}$ .

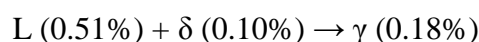
- Περιοχή ωστενίτη/σεμεντίτη,  $\gamma+Fe_3C$  (ή ωστενίτη/γραφίτη,  $\gamma+C$ )

Στην περιοχή αυτή απαντάται η σύνθετη ευτηκτική δομή λεδεμβουρίτης, που αποτελείται από μίγμα ωστενίτη και σεμεντίτη (με τη μορφή εναλλασσόμενων πλακών). Πρωτοεμφανίζεται κατά την πήξη υγρής φάσης με  $\pi(C)=4.3\%$  στους  $1130\text{ }^\circ\text{C}$ .

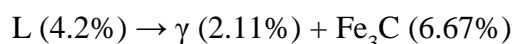
Σημείωση: Μια τρίτη σύνθετη δομή, γνωστή με την ονομασία λεδεμβουριτική δομή, που αποτελείται από περλίτη και σεμεντίτη, σχηματίζεται από τον λεδεμβουρίτη στους  $723\text{ }^\circ\text{C}$  με μετασχηματισμό του ωστενίτη σε περλίτη (μέσα στον λεδεμβουρίτη).

### Σημεία τριφασικής ισορροπίας

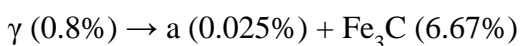
- Περιτηκτικό σημείο (σημείο Π) στους  $1492\text{ }^\circ\text{C}$ , όπου λαμβάνει χώρα η αντίδραση



- Ευτηκτικό σημείο (σημείο C) στους  $1130\text{ }^\circ\text{C}$ , όπου λαμβάνει χώρα η αντίδραση



- Ευτηκτοειδές σημείο (σημείο S) στους  $723\text{ }^\circ\text{C}$ , όπου λαμβάνει χώρα η αντίδραση



## ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΕΣ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΕΣ ΤΩΝ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΩΝ

$A_0$ : θερμοκρασία του σημείου Curie του σεμεντίτη ( $210\text{ }^\circ\text{C}$ )

$A_1$ : ευτηκτοειδής θερμοκρασία ( $723\text{ }^\circ\text{C}$ )

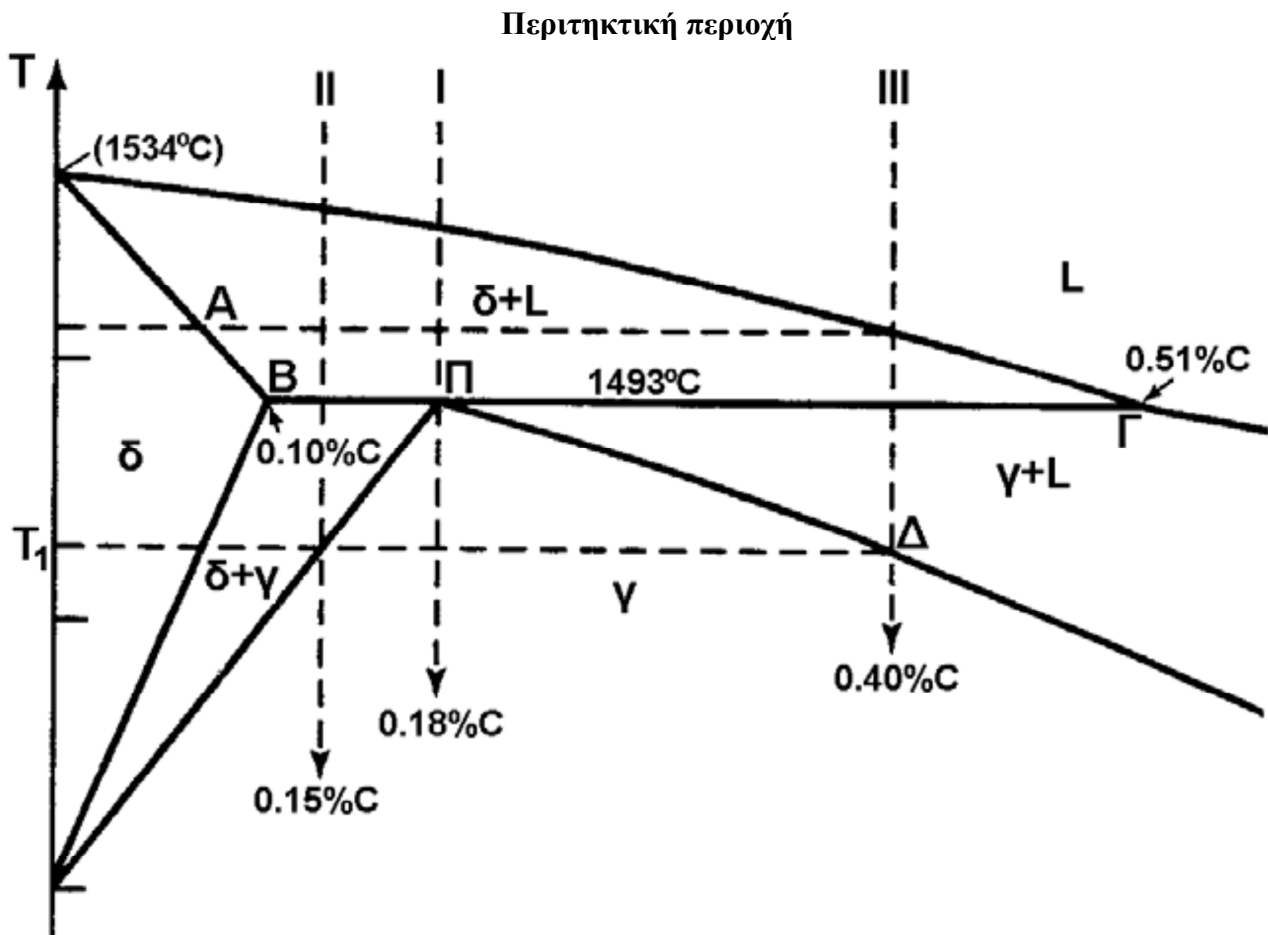
$A_2$ : θερμοκρασία του σημείου Curie του φερρίτη ( $768\text{ }^\circ\text{C}$ )

$A_3$ : θερμοκρασία πλήρους ωστενιτοποίησης για  $\pi(C)\leq 0.8\%$ , που αντιστοιχεί στα σημεία της καμπύλης GS και είναι συνάρτηση της  $\pi(C)$ .

$A_4$ : θερμοκρασία μετασχηματισμού του ωστενίτη σε δ-φερρίτη, που αντιστοιχεί στα σημεία της καμπύλης NJ και είναι συνάρτηση της  $\pi(C)$ .

$A_m$ : θερμοκρασία πλήρους ωστενιτοποίησης για  $0.8\%\leq\pi(C)\leq 2.11\%$ , που αντιστοιχεί στα σημεία της καμπύλης SE και είναι συνάρτηση της  $\pi(C)$ .

Σημείωση: Όταν οι παραπάνω θερμοκρασίες προκύπτουν με θέρμανση του κράματος, παίρνουν επιπλέον το δείκτη c, ενώ, όταν προκύπτουν με ψύξη του κράματος, παίρνουν επιπλέον το δείκτη r, δηλ. θα είναι  $A_{c3}$ ,  $A_{r3}$ ,  $A_{cm}$ ,  $A_{rm}$  κ.ο.κ. Οι αντίστοιχες θερμοκρασίες  $A_c$  και  $A_r$  διαφέρουν μεταξύ τους μερικούς βαθμούς, η διαφορά αυτή όμως συνήθως αμελείται.



Κατά την περιτηκτική αντίδραση ο μηχανισμός διάχυσης κατά τον μετασχηματισμό σε ωστενίτη παρεμποδίζεται από το γεγονός ότι ο αναπτυσσόμενος ωστενίτης (γ-φάση) κρυσταλλώνεται γύρω από τη δ-φάση, παίζοντας το ρόλο “μόνωσης” μεταξύ υγρής φάσης L και στερεάς φάσης δ (φαινόμενο περιτύλιξης).

Η διαδικασία μετασχηματισμού των φάσεων στις διάφορες π(C) ακολουθεί τους κανόνες που ισχύουν για τα διμερή κράματα.

**Ευτηκτοειδής περιοχή (**

Οι κόκκοι περλίτη πρωτοεμφανίζονται (πυρηνοποιούνται) στα όρια των κόκκων ωστενίτη και αναπτύσσονται σε βάρος του ωστενίτη.

Κατά την απόψυξη υποευτηκτοειδούς κράματος ο σχηματιζόμενος φερρίτης (α-φάση) στη διφασική περιοχή α+γ ονομάζεται προευτηκτοειδής φερρίτης και παρουσιάζεται με τις εξής μορφές:

(i) ως κυτταροειδής σε αργές ταχύτητες απόψυξης και

(ii) ως βελονοειδής (φερρίτης Widmanstätten) σε μεγαλύτερες ταχύτητες απόψυξης.

Στη θερμοκρασία περιβάλλοντος (πέρας απόψυξης) σχηματίζεται συνολικά προευτηκτοειδής φερρίτης που περιβάλλει ως μητρική φάση κόκκους περλίτη (ευτηκτοειδής φερρίτης και σεμεντίτης).

Κατά την απόψυξη υπereυτηκτοειδούς κράματος ο σχηματιζόμενος σεμεντίτης στη διφασική περιοχή γ+Fe<sub>3</sub>C ονομάζεται προευτηκτοειδής σεμεντίτης και σχηματίζεται στα περατωτικά όρια των κόκκων ωστενίτη.

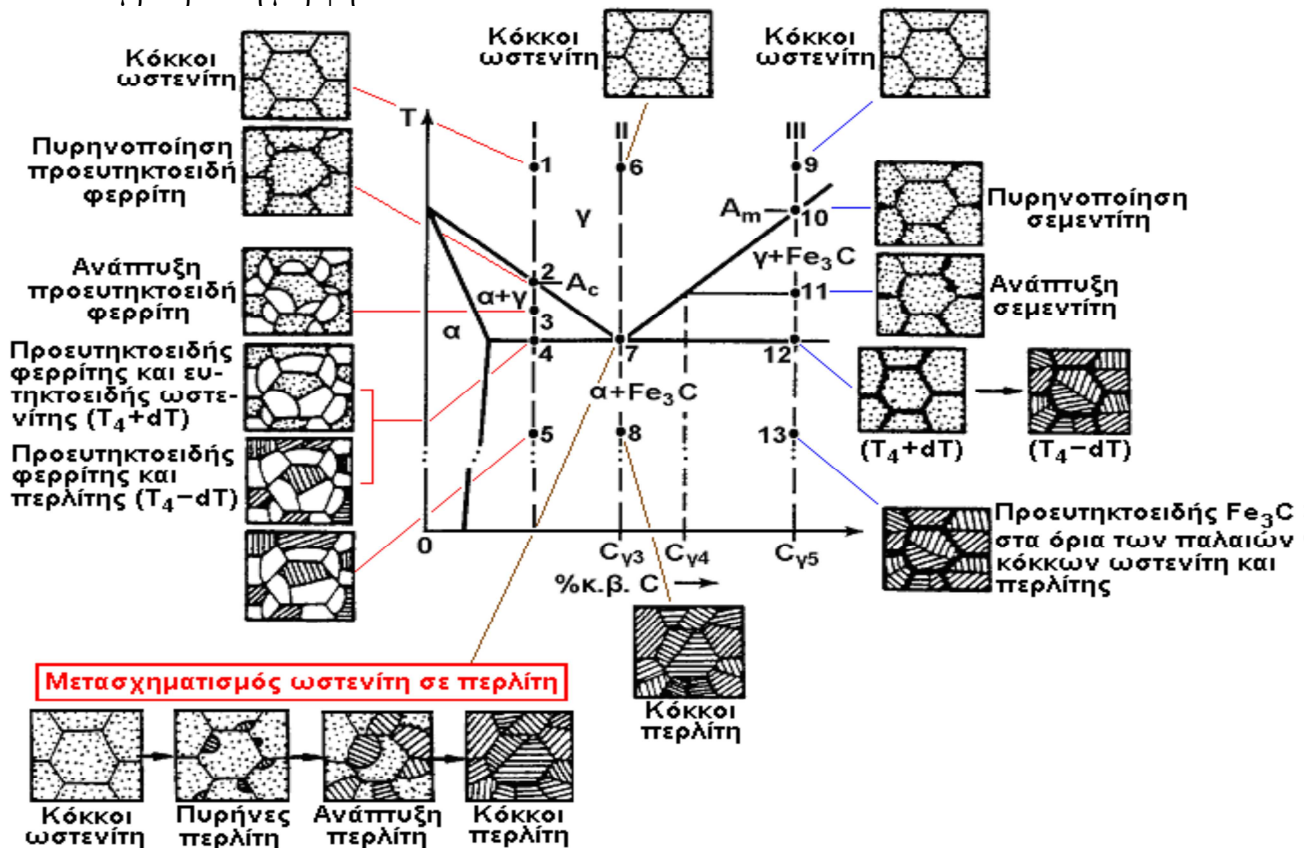
Στη θερμοκρασία περιβάλλοντος σχηματίζεται συνολικά περλίτης (ευτηκτοειδής φερρίτης και σεμεντίτης) και προευτηκτοειδής σεμεντίτης στα όρια των κόκκων περλίτη.

## Ευτηκτική περιοχή

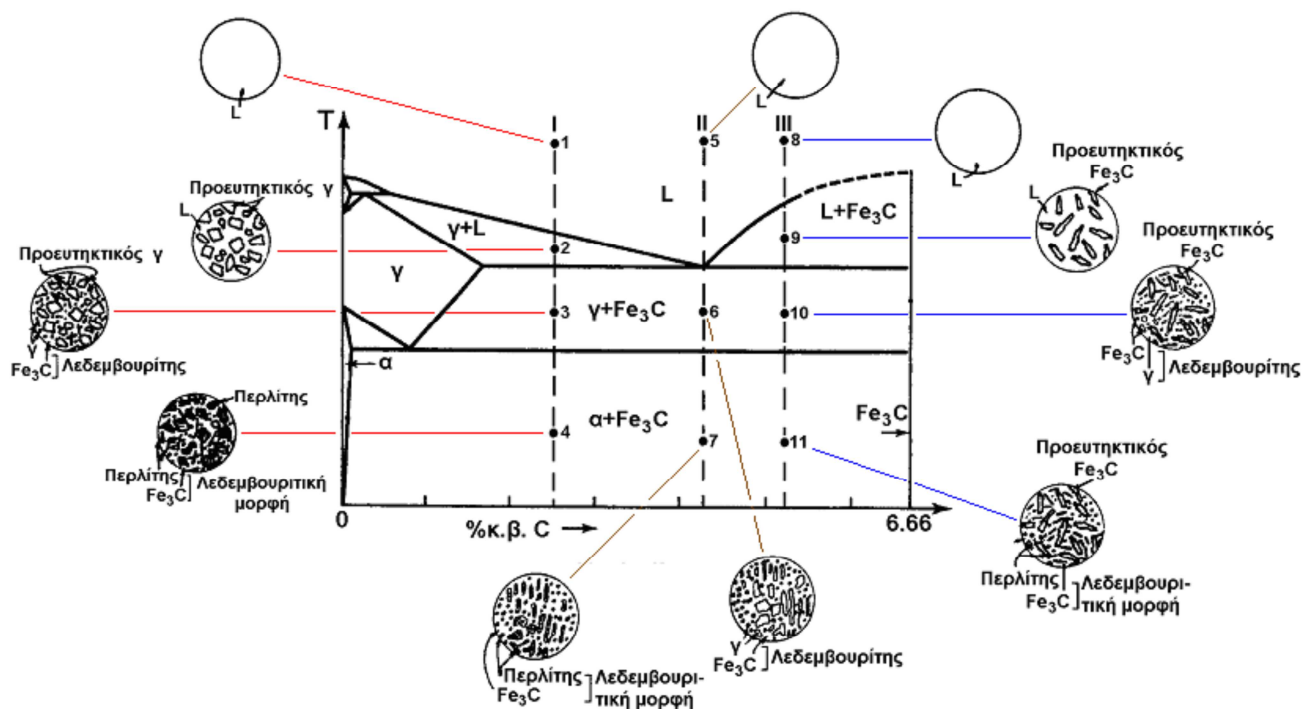
Κατά την απόψυξη ευτηκτικού τήγματος σχηματίζεται στο ευτηκτικό σημείο κατά την είσοδό του στη διφασική περιοχή  $\gamma + \text{Fe}_3\text{C}$  στερεά δομή (μίγμα φάσεων) που αποτελείται από εναλλασσόμενες πλάκες ωστενίτη και σεμεντίτη. Η δομή αυτή ονομάζεται λεδεμβουρίτης. Συνεχίζοντας την απόψυξη σχηματίζεται επιπλέον μικρή ποσότητα δευτερογενούς σεμεντίτη στην ίδια περιοχή. Κατά την είσοδο του κράματος στη περιοχή  $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$  συντελείται ο μετασχηματισμός του ωστενίτη σε περλίτη, ενώ συγχρόνως σχηματίζεται και επιπλέον μικρή ποσότητα τριτογενούς σεμεντίτη (εκτός από τον ήδη υπάρχοντα ευτηκτικό σεμεντίτη). Η προκύπτουσα μικρογραφική δομή ονομάζεται λεδεμβουριτική μορφή (μίγμα ευτηκτικού σεμεντίτη και περλίτη).

Κατά την απόψυξη υπereυτηκτικού τήγματος παρατηρούνται κατά σειρά:

- (i) Προοδευτικός σχηματισμός κρυστάλλων προευτηκτικού ή πρωτογενούς (βελονοειδούς) σεμεντίτη στη διφασική περιοχή  $L + \text{Fe}_3\text{C}$  σε βάρος της υγρής φάσης.
- (ii) Ανάπτυξη λεδεμβουρίτη (ευτηκτικός ωστενίτης + ευτηκτικός σεμεντίτης) στην ευτηκτική θερμοκρασία από τη στερεοποίηση του απομείναντος υγρού ευτηκτικής σύστασης.
- (iii) Σχηματισμός μικρής επιπλέον ποσότητας δευτερογενούς σεμεντίτη στη διφασική περιοχή  $\gamma + \text{Fe}_3\text{C}$ .
- (iv) Μετασχηματισμός στην ευτηκτοειδή θερμοκρασία του ωστενίτη που περιέχεται στο λεδεμβουρίτη σε περλίτη (ανάπτυξη λεδεμβουριτικής μορφής).
- (v) Στη διφασική περιοχή  $\alpha + \text{Fe}_3\text{C}$  σχηματίζεται μια πολύ μικρή επιπλέον ποσότητα τριτογενούς σεμεντίτη. Άρα, τελικά, (αμελώντας δευτερογενή και τριτογενή σεμεντίτη) στη θερμοκρασία περιβάλλοντος η μικροδομή του κράματος αποτελείται από πρωτογενή σεμεντίτη και λεδεμβουριτική μορφή.



Περιγραφή μηχανισμού ανάπτυξης δομών γύρω από το ευτηκτοειδές σημείο (I) υποευτηκτοειδές κράμα, (II) ευτηκτοειδές κράμα, (III) υπereυτηκτοειδές κράμα.



Περιγραφή μηχανισμού ανάπτυξης δομών γύρω από το ευτηκτικό σημείο (I) υποευτηκτικό κράμα, (II) ευτηκτικό κράμα, (III) υπereυτηκτικό κράμα.



Μικροδομή ευτηκτοειδούς κράματος Fe-C

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

### Δυνατότητες αυτοματοποίησης της μεθόδου MIG-MAG.

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



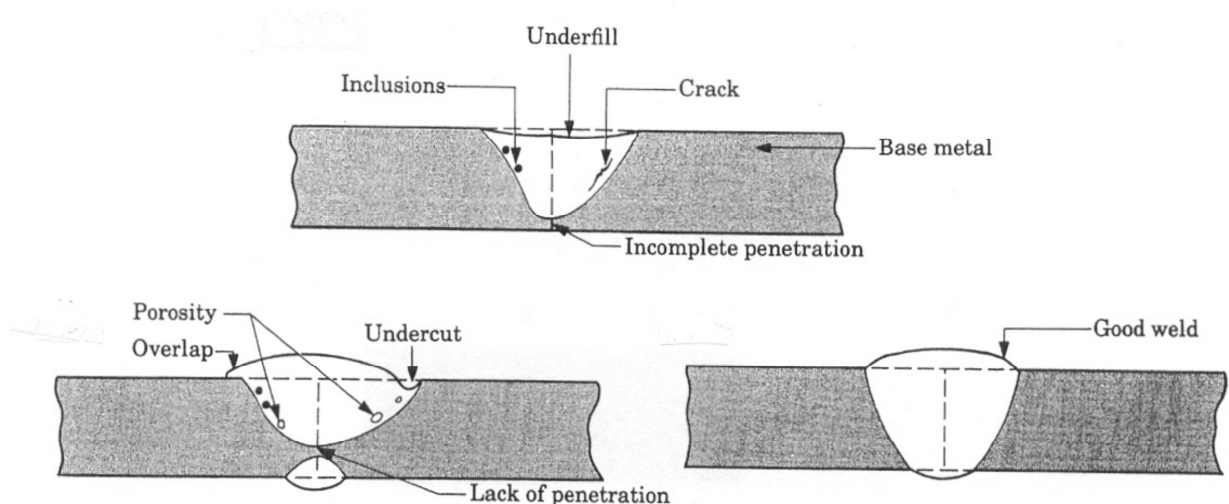
# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

## Σφάλματα ραφών.

Λόγω του θερμικού κύκλου και των συνεπακόλουθων μεταλλουργικών μεταβολών στη θέση μιας ραφής συγκόλλησης αναπτύσσονται ατέλειες και ασυνέχειες στη σύνδεση, με άμεσες συνέπειες στην ποιότητα της συγκόλλησης. Τα συνηθέστερα ελαττώματα φαίνονται στα Σχήματα και περιγράφονται στη συνέχεια.

Η **εμφάνιση πόρων**, όπως φαίνεται στο σχήμα 1 οφείλεται σε εγκλείσματα αερίων. Τα αέρια αυτά δημιουργούνται κατά την τήξη της περιοχής συγκόλλησης και παγιδεύονται κατά την επαναστερεοποίηση. Γενικά όλες οι συγκολλήσεις περιέχουν κάποιους πόρους οι οποίοι κατά κανόνα έχουν σχήμα σφαιρικό ή μορφή επιμηκυμένων κοιλοτήτων. Η εμφάνιση των πόρων δεν είναι ιδιαίτερα επιβλαβής για την λειτουργικότητα της συγκόλλησης εκτός αν υπάρχουν ταυτόχρονα και ρωγμές ή αν το υλικό είναι ψαθυρό ή αν η ραφή καταπονείται σε κόπωση. Το πορώδες των συγκολλήσεων μπορεί να μειωθεί ή να αποφευχθεί με τους ακόλουθους τρόπους:

- χρήση αποξειδωτικών μέσων
- επίτευξη ικανοποιητικής ρευστότητας του τηγμένου μετάλλου που επιτρέπει στα αέρια που περιέχονται στη συγκόλληση να απελευθερωθούν
- τροποποίηση της τεχνικής συγκόλλησης, όπως προθέρμανση της ζώνης συγκόλλησης ή αύξηση του ρυθμού πρόσβασης της θερμότητας.
- μείωση της ταχύτητας συγκόλλησης, ώστε να υπάρχει επαρκής χρόνος για την διαφυγή των αερίων.
- Τα **εγκλείσματα σκουριάς**, είναι συσσωματώματα από οξείδια, υλικά της επένδυσης του ηλεκτροδίου και αέρια που εγκλωβίζονται στη ζώνη συγκόλλησης. Ακαθαρσίες από το περιβάλλον, όταν η δράση του προστατευτικού αερίου δεν είναι επαρκής είναι δυνατόν να συμβάλουν επίσης στη δημιουργία εγκλεισμάτων. Συγκολλήσεις που εκτελούνται κατά στρώματα πρέπει να ελέγχονται σε κάθε στρώμα ως προς την εναπόθεση σκουριάς και τη δημιουργία εγκλεισμάτων.



Σχήμα 1

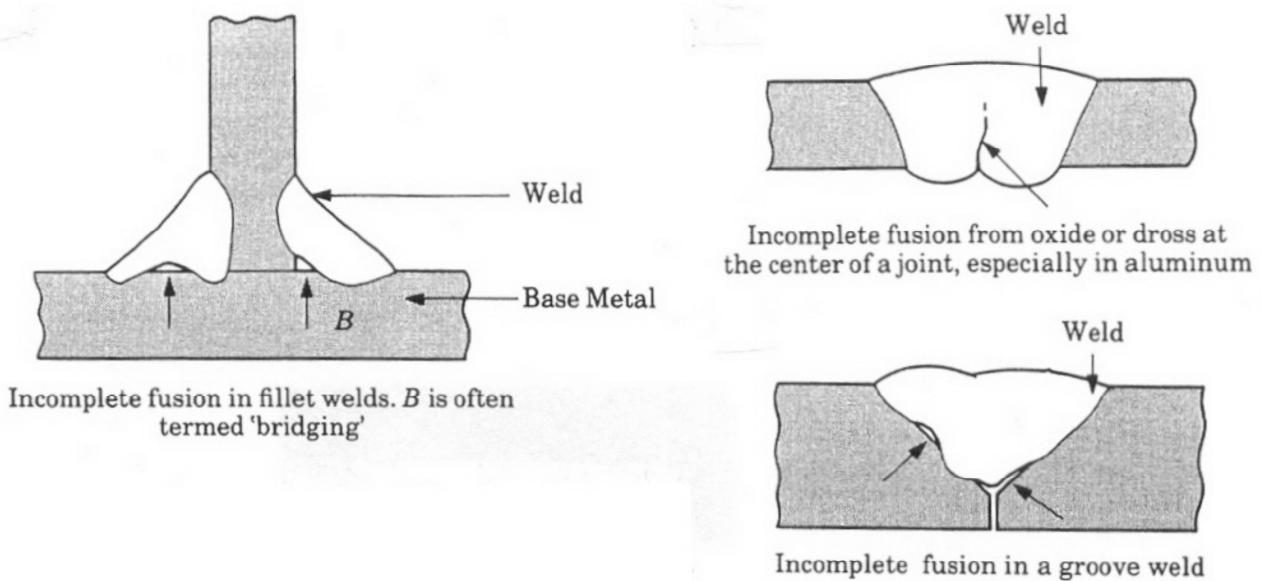
- Η **ελλιπής τήξη και διείσδυση** γενικά, είναι μια οικογένεια ελαττωμάτων που οδηγούν σε μη αποδεκτή συγκόλληση και οφείλονται σε κακό σχεδιασμό της συγκόλλησης ή σε κακή εκτέλεση αυτής

Η ελλιπής τήξη, βλέπε Σχήμα 2 κατά κανόνα οφείλεται σε ανεπαρκές επίπεδο θερμοκρασίας στη ζώνη συγκόλλησης, παρουσία οξειδίων, κακό καθαρισμό των προς συγκόλληση επιφανειών, εσφαλμένο σχεδιασμό του γεωμετρικού τύπου συγκόλλησης κλπ. Το ελάττωμα αυτό μπορεί να αποφευχθεί με τα ακόλουθα:

- προθέρμανση του προς συγκόλληση υλικού,
- προσεκτικό καθαρισμό της ζώνης συγκόλλησης πριν την έναρξη της συγκόλλησης
- τροποποίηση της σχεδίασης της συγκόλλησης και του τύπου του ηλεκτροδίου
- χρησιμοποίηση κατάλληλου προστατευτικού αερίου

Η ατελής διείσδυση της συγκόλλησης, προκαλείται όταν το βάθος της ραφής είναι ανεπαρκές και οφείλεται κυρίως σε χαμηλή παροχή θερμότητας, υψηλή ταχύτητα συγκόλλησης και κακή συναρμογή των προς συγκόλληση τεμαχίων. Το ελάττωμα αυτό μπορεί να αποφευχθεί με τα ακόλουθα:

- Αύξηση της ροής θερμότητας της ζώνης συγκόλλησης .
- Μείωση της ταχύτητας συγκόλλησης (π.χ. ταχύτητα κίνησης του ηλεκτροδίου) κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης .
- τροποποίηση της μορφής της συγκόλλησης
- τήρηση των προδιαγραφών για τη θέση / συναρμογή των προς συγκόλληση τεμαχίων



Σχήμα 2

**Σφάλματα μορφής της συγκόλλησης:** Η σωστή μορφή της περιοχής συγκόλλησης είναι ουσιώδης παράγων για την αποδοχή της συγκόλλησης, όχι μόνο γιατί επηρεάζει την αντοχή και την εμφάνιση της συγκολλητής κατασκευής αλλά γιατί σε αντίθετη περίπτωση υποδεικνύει την παρουσία ελαττωμάτων όπως η ελλιπής τήξη και η παρουσία εγκλεισμάτων σε συγκολλήσεις πολλαπλών στρώσεων.

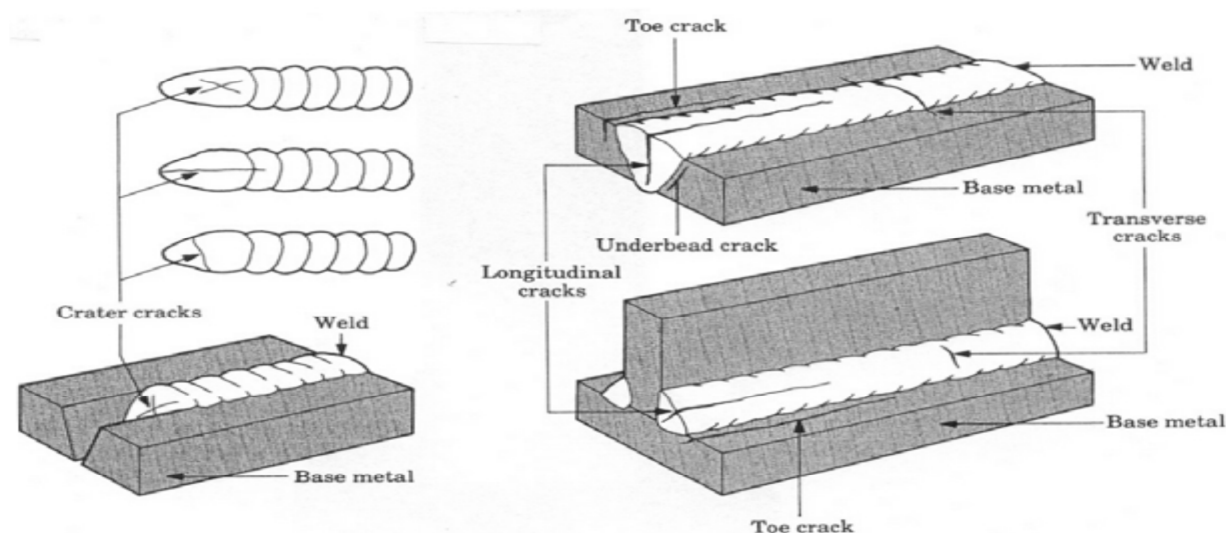
Η έλλειψη συγκολλητικού υλικού, βλέπε Σχήμα 24, συμβαίνει όταν η ζώνη συγκόλλησης δεν τροφοδοτείται με την κατάλληλη ποσότητα πρόσθετου υλικού. Οι **πλάγιες εγκοπές** δημιουργούνται όταν το βασικό υλικό από υπερβολική θέρμανση λιώνει και καταρρέει μέσα στη ραφή, ενώ το προσαγόμενο υλικό (κόλληση) δεν συμπληρώνει τα δημιουργούμενα κενά. Η κύρια αιτία του ελαττώματος είναι η υπερβολική ένταση του ρεύματος συγκόλλησης ή η χρήση ακροφυσίου μεγαλύτερης διαμέτρου από την απαιτούμενη (στην περίπτωση συγκόλλησης με φλόγα αερίου). Η **υπερβολική εναπόθεση υλικού** είναι επιφανειακή ασυνέχεια που κατά κανόνα οφείλεται σε εσφαλμένη εκτέλεση της συγκόλλησης (π.χ. χρησιμοποίηση κόλλησης μεγάλης διαμέτρου ή μικρή ταχύτητα μετακίνησης της κόλλησης).

**Ρωγμές στην περιοχή συγκόλλησης**: Ρωγμές στη ζώνη συγκόλλησης είναι δυνατόν να εμφανιστούν σε διάφορες θέσεις και σε διάφορες μορφές, βλέπε Σχήμα 26. Ανάλογα με την ιστορία της θερμικής ζώνης οι ρωγμές αναπτύσσονται είτε στο σώμα της ραφής είτε στο βασικό μέταλλο (θερμικά επηρεασμένη ζώνη), κοντά στο όριο της ζώνης τήξης (παράπλευρες ρωγμές). Οι τυπικές μορφές των ρωγμών είναι διαμήκεις, εγκάρσιες, επιφανειακές ή εσωτερικές. Η εμφάνιση των ρωγμών αυτών οφείλεται σε έναν ή σε περισσότερα από τα ακόλουθα αίτια:

- θερμοκρασιακές μεταβολές που δημιουργούν θερμικές τάσεις στη ζώνη συγκόλλησης
- διακυμάνσεις της χημικής σύστασης στη ζώνη συγκόλλησης που προκαλούν μη συμβιβαστές μεταξύ τους τοπικές συστολές
- ψαθυροποίηση των ορίων των κόκκων
- ψαθυροποίηση λόγω παρουσίας υδρογόνου
- αδυναμία της ζώνης συγκόλλησης να συσταλθεί κατά τη διάρκεια της ψύξης.

Επισημαίνεται ότι το φαινόμενο αυτό είναι αντίστοιχο με την εμφάνιση των θερμών ρωγμών κατά τη χύτευση. Ως μέτρα αποφυγής εμφάνισης ρωγμών σημειώνονται τα ακόλουθα:

- τροποποίηση της σχεδίασης της συγκόλλησης ώστε να ελαχιστοποιηθούν οι θερμικές τάσεις που οφείλονται σε συστολή κατά την ψύξη
- αλλαγή της ακολουθίας των «πάσων» της συγκόλλησης ή και των παραμέτρων συγκόλλησης
- προθέρμανση των προς συγκόλληση ελασμάτων
- αποφυγή της ταχείας ψύξης της συγκολληθείσας κατασκευής.



Τέλος, ως εγγενή ελαττώματα της συγκόλλησης μπορούν να αναφερθούν η **παραμόρφωση** της συγκολλητής κατασκευής μετά το πέρας της συγκόλλησης και η ανάπτυξη **εφελκυστικών παραμενουσών τάσεων**. Η παραμόρφωση μπορεί να αποφευχθεί με τον κατάλληλο σχεδιασμό της συγκολλητής κατασκευής ενώ η μείωση των παραμενουσών τάσεων μπορεί να επιτευχθεί με αποτακτική ανόπτηση.

### **10.1) Έλεγχος συγκολλήσεων**

Με τον έλεγχο των συγκολλήσεων προσδιορίζεται η ποιότητα των ραφών και εντοπίζονται το είδος, η θέση και η σοβαρότητα τυχόν ελαττωμάτων. Για τον έλεγχο των συγκολλήσεων εφαρμόζονται τόσο καταστροφικές όσο και μη- καταστροφικές μέθοδοι. Οι μέθοδοι αυτές είναι κατά κανόνα τυποποιημένες από έγκυρους ή/και διεθνείς φορείς/οργανισμούς (ISO, DIN, AWS, ASTM κ.α).

Οι τυποποιημένες καταστροφικές δοκιμές είναι οι ακόλουθες:

- Δοκιμή εφελκυσμού
- Δοκιμή εφελκυσμού-διάτμησης
- Δοκιμή κάμψης (αναδίπλωσης)
- Δοκιμή δυσθραυστότητας
- Δοκιμή διάβρωσης
- Δοκιμή ερπυσμού.

Οι μη-καταστροφικές μέθοδοι ελέγχου που εφαρμόζονται περιλαμβάνουν:

- Οπτικό έλεγχο
- Ραδιογραφικές μεθόδους (ακτίνες –x)
- Έλεγχο με υπερήχους
- Έλεγχο με διεισδυτικά υγρά

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

### Προστασία από τις συγκολλήσεις .

Ο ηλεκτροσυγκολλητής, εκτός από την ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης, οφείλει να προσέχει και την ασφάλειά του. Τα βασικότερα σημεία που πρέπει να φροντίζει είναι τα εξής:

#### (α) Η προστασία της όρασης και του προσώπου

Το μέτρο προστασίας που πάντα λαμβάνεται είναι η μάσκα. Χωρίς αυτή είναι αδύνατη η οποιαδήποτε ηλεκτροσυγκόλληση. Λαμβάνεται όμως με το σωστό τρόπο; Συνήθως όχι! Η επιλογή της κατάλληλης μάσκας δεν είναι και τόσο απλή υπόθεση, όπως θα δούμε παρακάτω.

#### (β) Οι αναθυμιάσεις

Οι αναθυμιάσεις και ο καπνός είναι μικροσκοπικά αιωρούμενα σωματίδια. Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση του σιδήρου, αποτελούνται κυρίως από οξείδια του σιδήρου, αλλά ενδέχεται να υπάρχουν και οξείδια άλλων μετάλλων. Η ποσότητα των αναθυμιάσεων κατά την ηλεκτροσυγκόλληση δεν είναι μεγάλη και ισχύει ο κανόνας:

**Όταν οι ηλεκτροσυγκολλήσεις γίνονται σε ανοικτό χώρο, δεν είναι απαραίτητο να γίνεται η απομάκρυνση του καπνού.**

Σε κλειστούς, όμως, χώρους, η προστασία από τον καπνό δεν πρέπει να αγνοείται και πρέπει να χρησιμοποιείται ειδικός απορροφητήρας. Υπάρχουν διαφόρων ειδών απορροφητήρες. Ιδιαίτερα αποτελεσματικοί είναι αυτοί που συνδέονται με ειδικές τσιμπίδες που αναρροφούν τις αναθυμιάσεις απευθείας από το σημείο παραγωγής τους, όπως την ειδική αυτή τσιμπίδα σε λειτουργία.

### Ηλεκτροπληξία

Εκτός από την τάση της ΔΕΗ, δεν πρέπει να υποτιμάται και η δευτερεύουσα τάση, επειδή υπερβαίνει τα 50 V και, ως εκ τούτου, είναι επικίνδυνη. Ο κίνδυνος από αυτήν συχνά αγνοείται επειδή, για να κλείσει το ηλεκτρικό κύκλωμα, πρέπει να έρθει ο ηλεκτροσυγκολλητής σε επαφή, συγχρόνως με το ηλεκτρόδιο και με το μέταλλο βάσης. Αυτό φαίνεται δύσκολο, αλλά στην πραγματικότητα δεν είναι. Ως εκ τούτου, πριν από την έναρξη της εργασίας, ο ηλεκτροσυγκολλητής οφείλει να ελέγχει την κατάσταση του εξοπλισμού του και, κυρίως, τα εξής:

Διατομές καλωδίων ηλεκτροσυγκόλλησης:

Διατομή καλωδίου σε mm <sup>2</sup>	Επιτρεπόμενη ένταση (A)
16	175
25	230
35	290
50	365
70	460
95	560

Επίσης, ο ηλεκτροσυγκολλητής πρέπει να είναι ηλεκτρικά μονωμένος. Δηλαδή πρέπει τα υποδήματά του να έχουν συνθετικές σόλες, να μην πατάει σε νερά, τα ρούχα να είναι στεγνά και να φοράει τα ειδικά γάντια.

### **Τα εγκαύματα από σπινθήρες**

Οι σπινθήρες μπορούν να προκαλέσουν εγκαύματα. Γι. αυτό ο ηλεκτροσυγκολλητής εί-ναι αυτός που κινδυνεύει περισσότερο. Δεν πρέπει να βάζει στα μαλλιά του εύφλεκτα υλικά, όπως π.χ. το ζελέ μαλλιών, ούτε να έχει στις τσέπες του αναπτήρα. Αν διατηρεί μακριά μαλλιά, πρέπει να τα μαζεύει πίσω ή μέσα σε καπέλο. Η προστασία από τους σπινθήρες επιτυγχάνεται με τη χρήση εξοπλισμού από δέρμα, δηλαδή με δερμάτινα γάντια, ποδιά ή πουκάμισο, μανίκια κτλ.

### **Τα εγκαύματα από την ακτινοβολία**

Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση δεν πρέπει να υπάρχουν γυμνά σημεία του σώματος εκτε-θειμένα στην ακτινοβολία. Το πρόσωπο προστατεύεται από τη μάσκα και τα χέρια από τα γά-ντια, αλλά μέρος του υπόλοιπου σώματος, συχνά, μένει εκτεθειμένο, ιδίως το καλοκαίρι. Το η-λεκτρικό τόξο εκπέμπει υπεριώδη ακτινοβολία (UV), η οποία προκαλεί εγκαύματα, ανάλογα με αυτά που προκαλεί η μακρά παραμονή σε ισχυρή ηλιακή ακτινοβολία. Αυτά δεν εμφανίζονται αμέσως αλλά μετά πολλές ώρες ή την άλλη μέρα και μπορεί να είναι πολύ ισχυρά.

### **Κίνδυνοι πυρκαγιάς ή έκρηξης**

Οι σπινθήρες που πετάγονται μπορούν να προκαλέσουν πυρκαγιά σε εύφλεκτες ύλες που βρίσκονται ακόμη και σε απόσταση 10 m. Δεν πρέπει να γίνεται ηλεκτροσυγκόλληση δεξαμε-νών πετρελαίου ή άλλων εύφλεκτων υλών, ακόμη και όταν αυτές αδειάζουν, επειδή το πιθανό-τερο είναι ότι **θα προκληθεί έκρηξη**. Ομοίως, δεν πρέπει να γίνεται ηλεκτροσυγκόλληση κοντά σε σημεία με εύφλεκτες αναθυμιάσεις (όπως βενζίνη, καθαριστικά, χρώματα κτλ.). Στην ύπαι-θρο και ιδίως κοντά σε ξηρά χόρτα, πρέπει να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα. Η παρουσία πυροσβεστήρα κοντά στη μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης είναι απαραίτητη.

Πίνακας: Κίνδυνοι και μέσα προστασίας του ηλεκτροσυγκολλητή			
A/A	Περιγραφή του κινδύνου	Προστατευτικά μέσα	Στόχοι της προστασίας
1	Βλάβη της όρασης (από την ακτινοβολία)	Μάσκα (χειρός ή κεφαλής)	Αποκοπή των υπέρυθρων και υπεριώδων ακτίνων. Περιορισμός της λάμψης τόσο όσο χρειάζεται για καλή ορατότητα.
2	Αναθυμιάσεις (μόνο για κλειστό χώρο)	Αναρροφητήρας αναθυμιάσεων	Αποφυγή βλάβης στο αναπνευστικό σύστημα, όταν γίνονται εργασίες σε κλειστούς χώρους.
3	Ηλεκτροπληξία	Δερματίνα γάντια, στεγνά ρούχα, μονωτικές σόλες	Ηλεκτρική απομόνωση του ηλεκτροσυγκολλητή από το περιβάλλον του, για τον περιορισμό του κινδύνου ηλεκτροπληξίας.
4	Εγκαύματα (από σπινθήρες ή από την ακτινοβολία)	Δερματίνα γάντια, ποδιά, ακουστικό καπέλο, όχι ζελέ μαλλιών	Περιορισμός της έκθεσης των γυμνών σημείων του σώματος στην ακτινοβολία και στους σπινθήρες.
5	Βλάβη της ακοής (από το θόρυβο)	Ωτοασπίδες	Περιορισμός του κινδύνου βλάβης της ακοής, όταν ο θόρυβος της μηχανής υπερβαίνει τα 80 db(A).
6	Πρόκληση πυρκαγιάς ή έκρηξης	Απομακρυνση εύφλεκτων υλών	Αποφυγή πυρκαγιάς από τους σπινθήρες που είναι δυνατόν να εκτινάσσονται μέχρι και 10 μέτρα.
7	Εργασίες σε πολύ κλειστό χώρο	Παροχή αέρα, αναρροφητήρας αναθυμιάσεων	Αποφυγή εξάντλησης του οξυγόνου και του κινδύνου δηλητηρίασης από αέρια (ιδιαίτερα από CO).
8	Έκρηξη φιάλης αερίου	Κυλίνδροι ορθιοί, καλά στερεωμένοι και μακριά από το ηλεκτρόδιο	Αποφυγή του κινδύνου να προκληθεί έκρηξη από πτώση της φιάλης ή από τυχαία επαφή της φιάλης με το ηλεκτρόδιο.
9	Χρήση ηλεκτρογεννητριας (όταν δεν υπάρχει παροχή από ΔΕΗ)	Αποφυγή επαφής με τη γεννήτρια και τοποθέτησή της σε ανοικτό χώρο	Τα κινούμενα μέρη της γεννήτριας μπορούν να προκαλέσουν ακρωτηριασμούς. Η γεννήτρια καταναλώνει το οξυγόνο ενός κλειστού χώρου και μπορεί να προκαλέσει ασφυξία ή δηλητηρίαση.
10	Πρόκληση βλαβών σε άλλους (π.χ. εργαζομένους στον ίδιο χώρο)	Κουρτινές απομόνωσης ή απόσταση από τις άλλες θέσεις εργασίας	Οι άλλοι εργαζόμενοι στον ίδιο χώρο δεν διαθέτουν τα μέσα προστασίας που διαθέτει ο ηλεκτροσυγκολλητής, αλλά είναι εκτεθειμένοι στους ίδιους σχεδόν κινδύνους.
11	Γενικότεροι κίνδυνοι (κίνδυνοι του κάθε εργασιακού χώρου)	Καλή οργάνωση, υποδήματα με σίδερο μπροστά, αυξημένη προσοχή.	Ο ηλεκτροσυγκολλητής δεν κινδυνεύει μόνο από την ειδικότητα του αλλά και γενικότερα, από τους κινδύνους που παραμονεύουν στον κάθε εργασιακό χώρο και στο κάθε εργοτάξιο.

### Η προστασία της όρασης και του προσώπου με τη μάσκα

Το πλέον πολύτιμο πράγμα στον άνθρωπο είναι η όραση και η μεγαλύτερη αναπηρία είναι η απώλειά της. Γι' αυτό, για τα μάτια πρέπει να χρησιμοποιούνται οι ειδικές μάσκες. Η εκτέλεση ηλεκτροσυγκόλλησης κατά τον τρόπο που φαίνεται στην περίπτωση (Α) του σχήματος (6.48), ουδέποτε πρέπει να γίνεται, ούτε καν στιγμιαία. Η βλάβη προκαλείται σταδιακά και, όταν γίνουν αντιληπτά τα πρώτα δείγματά της, είναι πλέον αργά. Υπάρχει η εντύπωση ότι όσο πιο σκούρο είναι το γυαλί μιας μάσκας, τόσο μεγαλύτερη προστασία προσφέρει. Αυτό είναι μεγάλο λάθος. Η βασική προστασία που προσφέρει τόσο το γυαλί όσο και η ίδια η μάσκα, είναι ότι **αποκόπτουν πλήρως τις επικίνδυνες ακτινοβολίες που είναι οι υπεριώδεις (UV) και οι υπέρυθρες (IR)**, προστατεύοντας τόσο την όραση, όσο και το πρόσωπο από εγκαύματα. Και όλες οι μάσκες καλής ποιότητας έχουν αυτή τη δυνατότητα, ακό-μη και όταν το γυαλί τους είναι εντελώς διαφανές, όπως συμβαίνει στις

μάσκες που το γυαλί σκουραίνει απότομα, μόλις αρχίσει η έναυση του τόξου. Όσον αφορά την περιοχή του ορατού φωτός, η εκπεμπόμενη ακτινοβολία είναι ακίνδυνη για την υγεία, αρκεί να μην είναι πολύ ισχυρή. Το γυαλί πρέπει να είναι σκούρο, για τον ίδιο λόγο που χρειάζονται τα γυαλιά ηλίου στην ισχυρή ηλιοφάνεια. Το ερώτημα που τίθεται είναι «πόσο σκούρο;» και η απάντηση είναι «τόσο σκούρο όσο χρειάζεται ο ηλεκτροσυγκολλητής, για να βλέπει πολύ καθαρά». Αν είναι περισσότερο σκούρο, θα δυσκολεύεται να δει και θα κουράζονται τα μάτια του, ενώ παράλληλα θα είναι και κακή η ποιότητα της ηλεκτροσυγκόλλησης. Αν είναι λιγότερο σκούρο, επίσης, θα κουράζει τα μάτια του και θα θαμπώνεται.

Οι πλέον συνηθισμένες μάσκες φαίνονται στο σχήμα . Βασικά, υπάρχουν οι απλές μάσκες που προστατεύουν κυρίως το πρόσωπο. Μπορούν να χρησιμοποιούνται μόνο όταν το ένα χέρι είναι διαθέσιμο (MMA, MIG/MAG), οπότε μπορεί να το χρησιμοποιεί ο ηλεκτροσυγκολλητής, προκειμένου να κρατάει τη μάσκα του. Επίσης, υπάρχουν και οι μάσκες που στηρίζονται στο κεφάλι, που είναι κατάλληλες, όταν κατά την ηλεκτροσυγκόλληση χρειάζεται να χρησιμοποιούνται και τα δύο χέρια, όπως συμβαίνει στην TIG. Οι μάσκες κεφαλής προστατεύουν επαρκώς και το πάνω τμήμα της κεφαλής, οπότε ο ηλεκτροσυγκολλητής δεν είναι υποχρεωμένος να φοράει καπέλο. Όταν η χρήση κράνους είναι αναγκαία, μπορεί η μάσκα να έχει τη δυνατότητα προσαρμογής πάνω σε κράνος.



Καλό είναι κατά τη διαδικασία ηλεκτροσυγκόλλησης, ο τεχνίτης **να μη διαθέτει ελεύθερο χέρι**, για να μην υπάρχει κίνδυνος να ακουμπήσει πάνω στο πυρακτωμένο μέταλλο. Έτσι, το να χρησιμοποιεί κάπου το δεύτερο χέρι, όπως το να κρατάει τη μάσκα, μειώνει τις πιθανότητες ενός ατυχήματος. Μία καλή συνήθεια του ηλεκτροσυγκολλητή, όταν φοράει μάσκα κεφαλής και εκτελεί συγκόλληση MMA ή MIG/MAG, είναι να κρατάει την τσιμπίδα και με τα δύο χέρια.

Εκτός από τις απλές μάσκες, υπάρχουν και **μάσκες αυτόματης ρύθμισης του βαθμού προστασίας (της σκίασης)**, που φαίνονται στο σχήμα. Σ. αυτές ρυθμίζεται αυτόματα το πόσο σκούρο θα είναι το τζάμι. Στην αρχή της ηλεκτροσυγκόλλησης το τζάμι είναι διαφανές. Μόλις αρχίσει η ηλεκτροσυγκόλληση, σκουραίνει απότομα και, μάλιστα, σκουραίνει τόσο όσο ακριβώς χρειάζεται, για να υπάρχει ικανοποιητική ορατότητα. Αυτό επιτρέπει στον ηλεκτροσυγκολλητή να δει προς στιγμή πιο καθαρά και να αποφύγει την επικίνδυνη ενέργεια .





Αυτόματης σκίασης

Ο ηλεκτροσυγκολλητής, πριν να χρησιμοποιήσει κάποια μάσκα ή πριν προσαρμόσει σ. αυτήν ένα γυαλί προστασίας, πρέπει να ελέγξει τα εξής:

**(α) Όταν πρόκειται για μάσκα αυτόματης ρύθμισης της σκίασης**

- Αν ο βαθμός προστασίας (σκίαση) είναι μέσα στις απαιτήσεις των υπό εκτέλεση εργασιών. Στο σημείο αυτό μπορεί να συμβουλευτεί τον πίνακα (6-5).
- Αν έχει δυνατότητα και χειροκίνητης ρύθμισης.
- Το χρόνο που χρειάζεται για να σκουρύνει το γυαλί της μάσκας, ο οποίος πρέπει να εί-ναι μικρότερος από **το ένα χιλιοστό του δευτερολέπτου**. Η μέγιστη άνεση στο μάτι επιτυγχάνεται, όταν ο χρόνος αυτός είναι μέχρι **0,4 χιλιοστά του δευτερολέπτου**.
- Αν η επαναφορά του γυαλιού από το σκούρο χρώμα στο διαφανές γίνεται σχετικά γρή-γορα, π.χ. σε χρόνο μικρότερο από 0,5 δευτερόλεπτο.
- Αν η μάσκα δε διαθέτει ηλιακό φορτιστή, θα πρέπει να ελέγχει ο ηλεκτροσυγκολλητής μήπως η μπαταρία χρειάζεται αντικατάσταση.

**Όταν χρησιμοποιεί απλή μάσκα με γυαλί σταθερής σκίασης**

- Πρέπει να επιλέξει ο ηλεκτροσυγκολλητής το γυαλί με το σωστό βαθμό προστασίας για να το τοποθετήσει στη μάσκα του. Η επιλογή μπορεί να γίνει με βάση τον πίνακα (6-5).
- Ένας πρακτικός τρόπος για τη σωστή επιλογή είναι να γίνονται δοκιμές, ξεκινώντας από ένα πιο σκούρο γυαλί και πηγαίνοντας προς τα ανοιχτότερα, μέχρι να βρεθεί αυτό που παρέχει καλή ορατότητα, χωρίς να θαμπώνει.
- Με ένα και μοναδικό γυαλί δεν μπορούν να γίνονται όλες οι εργασίες. Ως εκ τούτου ο ηλεκτροσυγκολλητής πρέπει να διαθέτει έτοιμες μάσκες με γυαλιά που να καλύπτουν όλους τους βαθμούς προστασίας, που είναι ενδεχόμενο να απαιτηθούν στις εργασίες του. Συνήθως, αρκούν 2-4 μάσκες με γυαλιά διαφορετικών βαθμών προστασίας.

Να σημειωθεί ότι τα μάτια του κάθε ανθρώπου έχουν το δικό τους τρόπο συμπεριφοράς και δεν αισθάνονται όλοι άνετα με το ίδιο γυαλί στην ίδια μάσκα. Επίσης, ο κάθε τύπος ηλε-κτροδίου παρουσιάζει τη δική του συμπεριφορά. Για τους λόγους αυτούς, ο πίνακας (6-5), θα πρέπει να χρησιμοποιείται συμβουλευτικά.

Βαθμός προστασίας (αξίωσης) - Επιλογή κατάλληλης μάσκας			
A/A	Είδος ηλεκτροσυγκόλλησης	Ένταση τοξου (σε A)	Βαθμός προστασίας
1	<b>MMA</b> Για όλες τις εφαρμογές	< 40	9
		40 - 80	10
		80 - 175	11
		175 - 300	12
		300 - 500	13
		> 500	14
2	<b>MIG</b> • Συγκόλληση ανθρακωδών και ελαφφιας κραματοδών χαλυβαν • Συγκόλληση αλουμινίου	< 100	10
		100 - 175	11
		175 - 250	12
		250 - 350	13
		350 - 500	14
		> 500	15
3	<b>MIG</b> • Συγκόλληση ανοξείδωτων χαλυβαν • Συγκόλληση κραμάτων χαλκού	< 100	10
		100 - 175	11
		175 - 300	12
		300 - 500	13
		> 500	14
4	<b>MAG</b> <b>FCAU</b> Για όλες τις εφαρμογές	< 80	10
		80 - 125	11
		125 - 175	12
		175 - 300	13
		300 - 450	14
		> 450	15
5	<b>TIG</b> Για όλες τις εφαρμογές	< 20	9
		20 - 100	10
		40 - 100	11
		100 - 175	12
		175 - 250	13
		> 250	14
6	Συγκόλληση με πλάσμα Για όλες τις εφαρμογές	15 - 30	10
		30 - 60	11
		60 - 125	12
		125 - 225	13
		225 - 450	14
		> 450	15
7	Κοπή με πλάσμα	< 150	11
		150 - 250	12
		> 250	13
8	Κοπή με ηλεκτρόδιο άνθρακα	-	14

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12

### Βιβλιογραφία:

- Εισαγωγή στις συγκολλήσεις - Χαϊδεμενόπουλος, Γρηγόρης Ν.
- Ζ. Αεράκης «Σημειώσεις Συγκολλήσεων».
- Γεωργίου Δ. Παπαδημητρίου ,Εισαγωγή στη Μεταλλουργία ,την Τεχνολογία και τον έλεγχο των συγκολλήσεων .Εκδόσεις Ε.Μ.Π. Αθήνα 1996.

### Ηλεκτρονικές πηγές:

- [dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3465/3/fotopoulosn\\_buttwelding.pdf](http://dspace.lib.ntua.gr/bitstream/123456789/3465/3/fotopoulosn_buttwelding.pdf)
- [oximaton.drwx.eu/files/txn\\_sygk\\_mathima\\_5\\_matzinos.pdf](http://oximaton.drwx.eu/files/txn_sygk_mathima_5_matzinos.pdf)
- [www.messer.gr/messergroup.com/schutzgase1.htm](http://www.messer.gr/messergroup.com/schutzgase1.htm)
- [www.m3.tuc.gr/ANAGNWSTHRIO/CNC/SHMEIWSEIS/5-WELD.pdf](http://www.m3.tuc.gr/ANAGNWSTHRIO/CNC/SHMEIWSEIS/5-WELD.pdf)
- [www.condoras.com/aluminum\\_arc\\_welding.html](http://www.condoras.com/aluminum_arc_welding.html)
- [courseware.mech.ntua.gr/ml26012/mathimata/Biomixanika%20kramata%20Xalibes.pdf](http://courseware.mech.ntua.gr/ml26012/mathimata/Biomixanika%20kramata%20Xalibes.pdf)

## ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13

#### 13.1 Προετοιμασία δοκιμίων.

Για το πειραματικό μέρος της εργασίας χρησιμοποιήθηκαν δυο τεμάχια ανοξείδωτου χάλυβα με διαστάσεις 10x60x160mm, τα οποία προετοιμάστηκαν και μορφοποιήθηκαν στο ένα τους άκρο από τη μεγαλύτερη τους διάσταση σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς μορφοποίησης.



### 13.2 Εκτέλεση της συγκόλλησης.

Για την εκτέλεση της συγκόλλησης χρησιμοποιήσαμε μηχανή σύρματος μεθόδου M.A.G. Στη συνέχεια αφού χρησιμοποιήσαμε το αντίστοιχο σύρμα για το δοκίμιο που θα συγκολληθεί και στην περίπτωση μας ανοξείδωτο χάλυβα ρυθμίσαμε τις παραμέτρους της μηχανής με σκοπό την επίτευξη συμπαγής ραφής με τις λιγότερες δυνατές εκτοξεύσεις μετάλλου. Το μίγμα αερίων που χρησιμοποιήθηκε είναι 92% Ar και 8% CO<sub>2</sub> το οποίο φέρει την επωνυμία Arcal 21. Πιο συγκεκριμένα για την μηχανή σύρματος επιλέχθηκε θέση κύριου διακόπτη 15-28 V και θέσεις δευτερευόντων διακοπών 3-3 , οι συγκεκριμένες θέσεις βρίσκονται εντός του φάσματος (20.4-22.8V ) όπου είναι τιμές του βραχυκυκλωμένου τόξου της μηχανής. Οι συγκεκριμένες θέσεις επιλέχθηκαν για να πραγματοποιηθεί μια καλής ποιότητας ραφή χωρίς εκτοξεύσεις ,δηλαδή χρησιμοποιήθηκε ήπιο και σταθερό τόξο σε κανονικό μέγεθος ότι αφορά το μέταλλο βάσης , ανοξείδωτο χάλυβα, που έχει συντελεστή υψηλής θερμοαγωγιμότητας .



Ακολούθησε η ρύθμιση της παροχής του αερίου προστασίας Arcal 21 της μηχανής ( υψηλής καθαρότητας 92% Ar και 8% CO<sub>2</sub> ) στα 15m/min από το παροχόμετρο της φιάλης αερίου. Με τα παραπάνω στοιχεία παρόλο που στην έναρξη της συγκόλλησης δοκιμάστηκαν και αρκετά άλλα διαπιστώθηκε ότι η συμπεριφορά του τόξου ήταν πολύ καλή. Δηλαδή πήραμε ένα κανονικό σε ύψος τόξο με εμφανή των καταιονισμό του υλικού εναπόθεσης. Με ιδιαίτερη προσοχή στην θέση της λαβίδας (σχεδόν κάθετη) κατά την εκτέλεση της συγκόλλησης στην επιφάνεια του μετάλλου βάσης και φροντίζοντας ώστε το τηκόμενο άκρο του υλικού εναπόθεσης να ισαπέχει και να διατηρεί μια απόσταση περίπου 2 mm από το μέταλλο βάσης, καταφέραμε να πετύχουμε μια ομοιόμορφη και συμπαγής ραφή εύρους περίπου 2 cm και από τις δυο πλευρές των τεμαχίων.



### 13.3 Κατεργασία δοκιμίων.

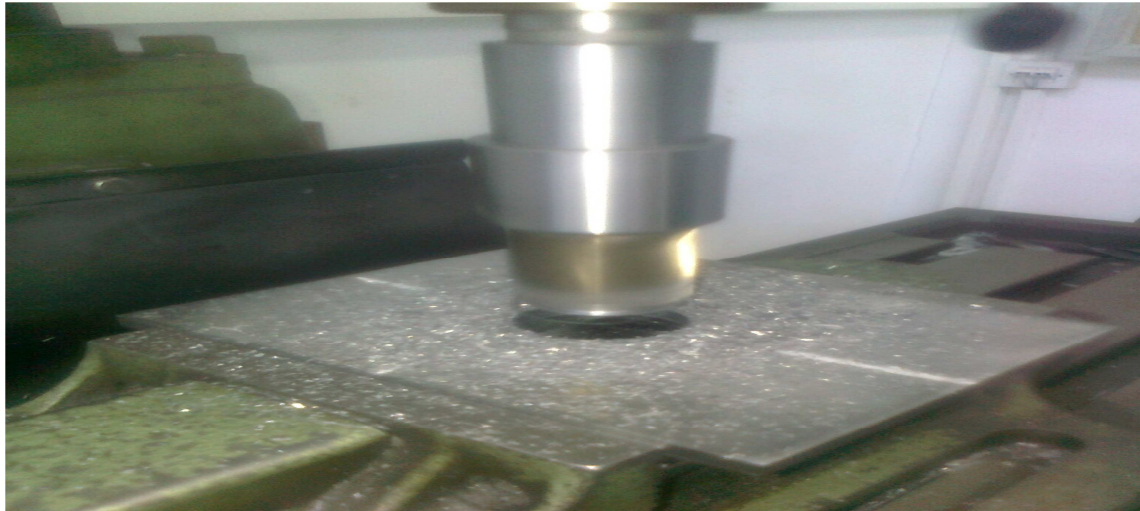
Το ενιαίο σύνολο που πρόεκυψε μετά τη συγκόλληση με πολύ μικρές παραμορφώσεις τοποθετήθηκε στη φρέζα του εργαστηρίου Ernaut – Somua, κατεργάστηκε αρχικά από τις μεγάλες παράλληλες και ακολούθως από τις παράπλευρες πλευρές, με σχετικές διαστάσεις όμως εις τρόπον ώστε όλες οι προκύπτουσες επιφάνειες να καταστούν λείες καθόλη την έκτασή τους και με σχετικά μικρό βαθμό τραχύτητας.





### 13.4 Αποκοπή δοκιμίων.

Στη συνέχεια τα δοκίμια αυτά διατρήθηκαν με κατάλληλο κοπτικό διαμέτρου  $\Phi 30$  mm, αρχικά επάνω στη ραφή και μετέπειτα παραπλεύρως μακριά από την  $\Theta.E.Z$  του υλικού με σκοπό αυτά να παρατηρηθούν μικροσκοπικά, κατά συνέπεια να εξαχθούν συμπεράσματα που αφορούν τις αλλαγές του μετάλλου βάσης από τις παραπάνω κατεργασίες που υπέστησαν (κοπή, συγκόλληση, φρεζάρισμα).



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 14

Μεταλλογραφική διερεύνηση δοκιμίων .

### 14.1 Προετοιμασία δοκιμίων

#### 14.1α Λείανση.

Η λείανση είναι η πλέον χρησιμοποιούμενη διεργασία αποπεράτωσης και χρησιμοποιείται ευρέως όταν το υλικό παρουσιάζει μεγάλη σκληρότητα και ψαθυρότητα ,όταν απαιτείται επιφανειακή ποιότητα αλλά και η διαστασιακή ακρίβεια να είναι υψηλή. Για τους παραπάνω λόγους μετά την αποκοπή ακολούθησε η λείανση του δοκιμίου για την καλύτερη μεταλλογραφική διερεύνηση.

#### 14.1β Στίλβωση.

Το προετοιμασμένο κατεργαζόμενο τεμάχιο, δεν επιτρέπεται να παρουσιάζει βαθιές γρατσουνιές ή εγκλείσματα. Για το βέλτιστο αποτέλεσμα εργασίας η επιφάνεια θα πρέπει να προετοιμαστεί πρώτα με λειαντικά εργαλεία με κόκκωση 60 ή λεπτότερη. Εργαλεία στίλβωσης χρησιμοποιούνται για την παραγωγή επιφανειών υψηλής στιλπνότητας καθώς και στη συντήρηση ή αποκατάσταση, προκειμένου να επιτευχθεί η βέλτιστη ποιότητα επιφάνειας. Ειδικά στο πεδίο εφαρμογής της λεπτής επεξεργασίας, π.χ. στη βιομηχανία τροφίμων / φαρμακευτική, μια λεία επιφάνεια εγγυάται την τήρηση ύψιστων προδιαγραφών υγιεινής, διότι κατάλοιπα και ρύποι δε βρίσκουν βάση πρόσφυσης. Επιπλέον μια επιφάνεια υψηλής στιλπνότητας παρατείνει τη διάρκεια ζωής του υλικού. αυτή η επεξεργασία πραγματοποιείται πάνω σε κατάλληλα υφάσματα στα οποία απλώνεται διαμαντόπαστα ή πάστα οξειδίου. Αυτά τοποθετήθηκαν σε επίπεδο πάγκο. Όπως και στην προηγούμενη μέθοδο κατεργασίας χρησιμοποιήθηκε μικρότερο μέγεθος λειαντικών στοιχείων από το προηγούμενο. Η τελική μορφή στην επιφάνεια του δοκιμίου ήταν μια επιφάνεια τόσο λεία όπου καθρέφτιζε.

#### 14.1γ Χημική προσβολή.

Απαραίτητο είναι το στάδιο της χημικής προσβολής για να αποκαλυφθεί η δομή του εξεταζόμενου υλικού με μικροσκοπικές μεθόδους, διότι η αρχική επιφάνεια δεν θα μπορούσε να μας δώσει τις αναμενόμενες πληροφορίες. Για την χημική προσβολή των δοκιμίων χρησιμοποιήθηκε ένας γυάλινος κύλινδρος, τα δοκίμια εμβαπτίστηκαν για περίπου 10 ~ 15 δευτερόλεπτα. Η σύσταση των υγρών που χρησιμοποιήθηκαν ήταν υδροχλωρικό και νιτρικό οξύ. Το υδροχλωρικό οξύ που είναι υδατικό διάλυμα του αέριου υδροχλωρίου με το οποίο έχει και τον ίδιο χημικό τύπο, HCl. Είναι ανόργανο ισχυρό οξύ, πολύ διαβρωτικό με πολλές και σημαντικές βιομηχανικές χρήσεις .Στη συνέχεια χρησιμοποιήσαμε νιτρικό οξύ (HNO<sub>3</sub>), είναι ισχυρά διαβρωτικό και τοξικό οξύ. Αν έρθει σε επαφή με την επιδερμίδα δύναται να προκαλέσει σοβαρά εγκαύματα. Το διάλυμα νιτρικού οξέως είναι γνωστό και με την ονομασία *άκουα-φόρτε* (σημαίνει "ισχυρό νερό" στα ιταλικά). Είναι άχρωμο όταν είναι εντελώς καθαρό, αλλά πρακτικά εμφανίζει κιτρινωπό χρώμα λόγω της παρουσίας οξειδίων του αζώτου. Αραιο διάλυμα νιτρικού οξέος είναι γνωστό από το Μεσαίωνα ως ακουαφόρτε<sup>[1]</sup> (ιταλικά: *acquaforte*, το οποίο σημαίνει *ισχυρό νερό*). Το ακουαφόρτε είναι ισχυρό οξύ και ισχυρό οξειδωτικό και γι' αυτό πιο αποτελεσματικό, συνήθως, στο καθάρισμα και την απολύμανση. Μεταξύ άλλων διαβρώνει χαλκό, άργυρο και μόλυβδο, που δεν διαβρώνει το υδροχλωρικό οξύ, που είναι ισχυρότερο οξύ αλλά πολύ ασθενέστερο οξειδωτικό. Κατά τη χρήση



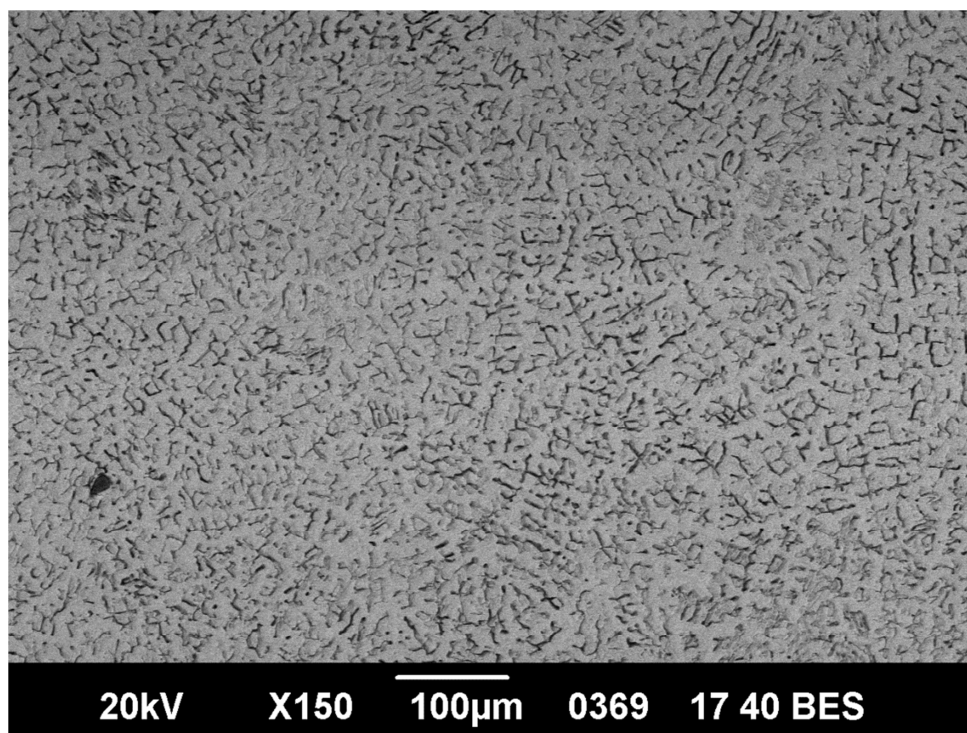
του εκλύει αποπνικτικά οξείδια του αζώτου, ώστε να χρειάζεται προσοχή. Το νιτρικό οξύ σε ανάμειξη αναλογίας 1:3 με το υδροχλωρικό οξύ είναι ένα μείγμα, το βασιλικό νερό, τη μόνη ουσία που διαβρώνει το χρυσό και το λευκόχρυσο. Τέλος το δοκίμιο καθαρίστηκε με ασετόν λίγο πριν το τοποθετήσουμε στο μικροσκόπιο. Αφότου πέρασε ο απαιτούμενος χρόνος τα δοκίμια στεγνώθηκαν σε αέρα και καθαρίστηκαν με ασετόν πριν τοποθετηθούν στο οπτικό μικροσκόπιο.

#### 14.1δ Οπτικό μικροσκόπιο.

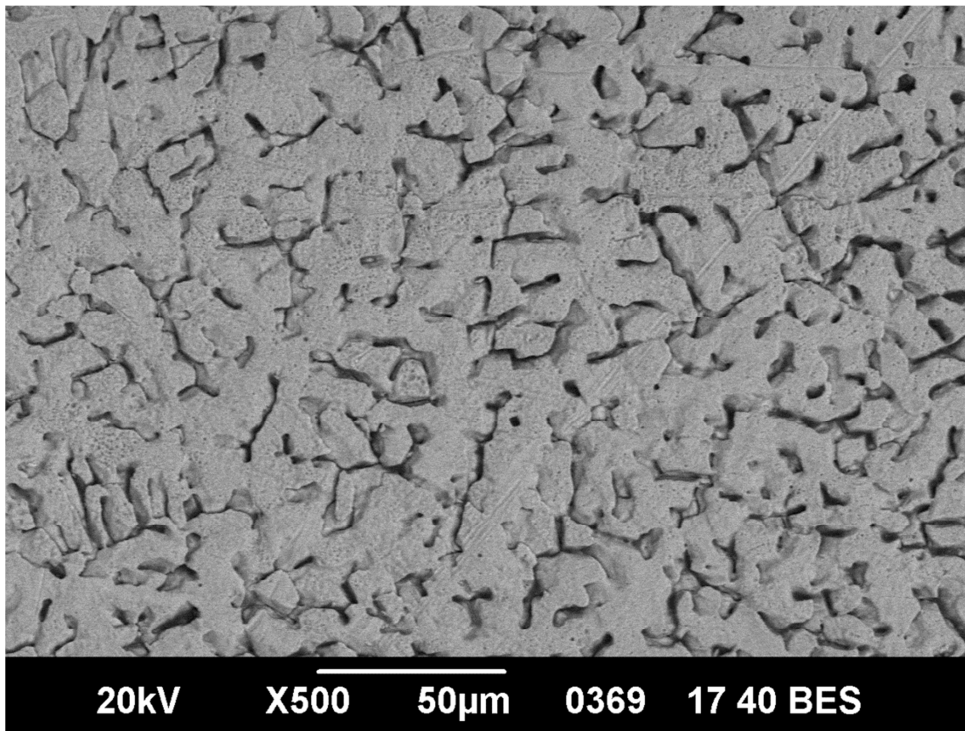
Είναι η πιο σημαντική μέθοδος μελέτης της μικροδομής μετάλλων και κραμάτων. Ύστερα από τις προηγούμενες κατεργασίες είναι έτοιμα για το οπτικό μικροσκόπιο. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Jeol Scanning Electron Microscope και οι αναλύσεις ήταν δύο, BES (κάθετη αντανάκλαση των ηλεκτρονίων), SES (διαγώνια αντανάκλαση των ηλεκτρονίων) Από αυτό λύφθηκαν φωτογραφίες των δοκιμίων.

#### 14.1ε Μελέτη μικροδομής μετάλλου βάσης.

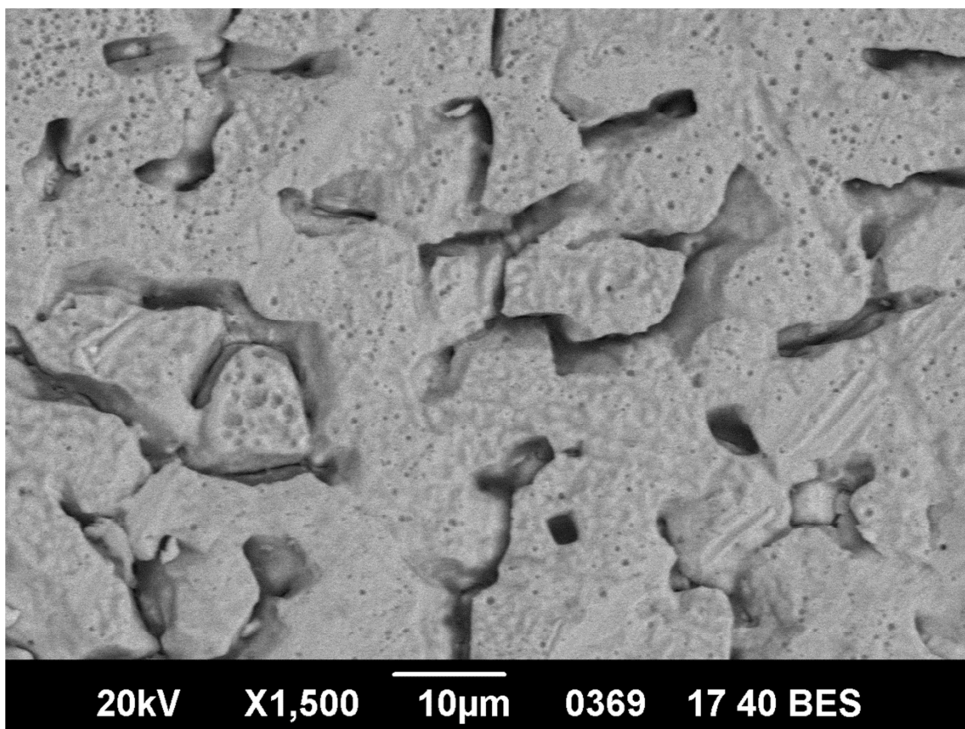
Στις εικόνες που ακολουθούν διακρίνεται η τυπική δομή του ανοξειδωτού χάλυβα.



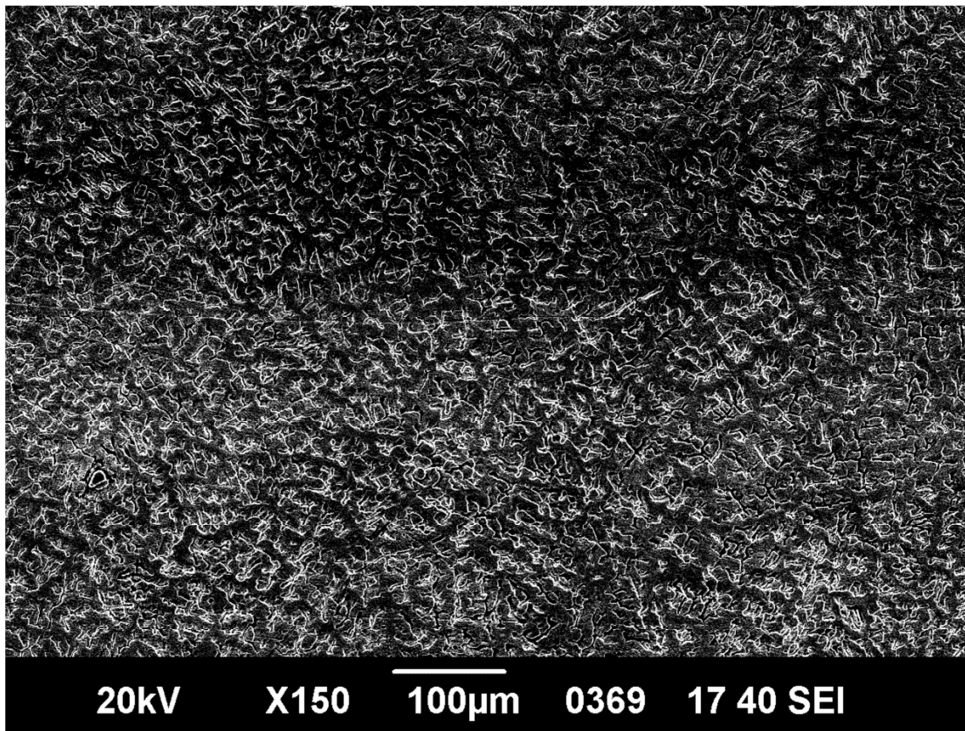
Μέταλλο βάσης ανοξειδωτος χάλυβας.



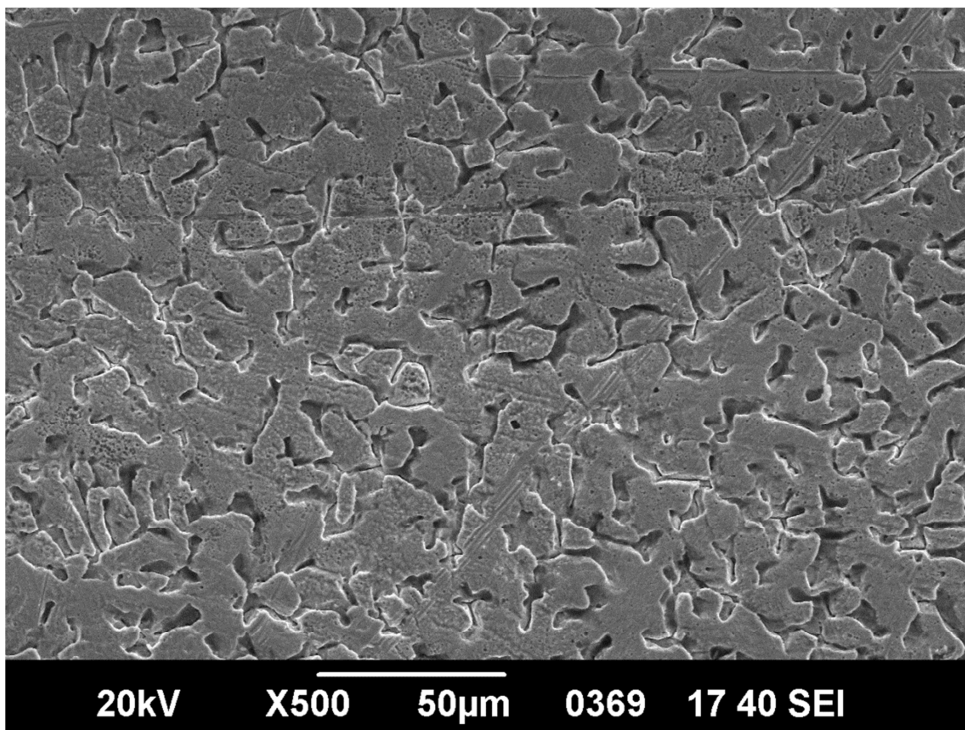
Μέταλλο βάσης ανοξείδωτος χάλυβας.



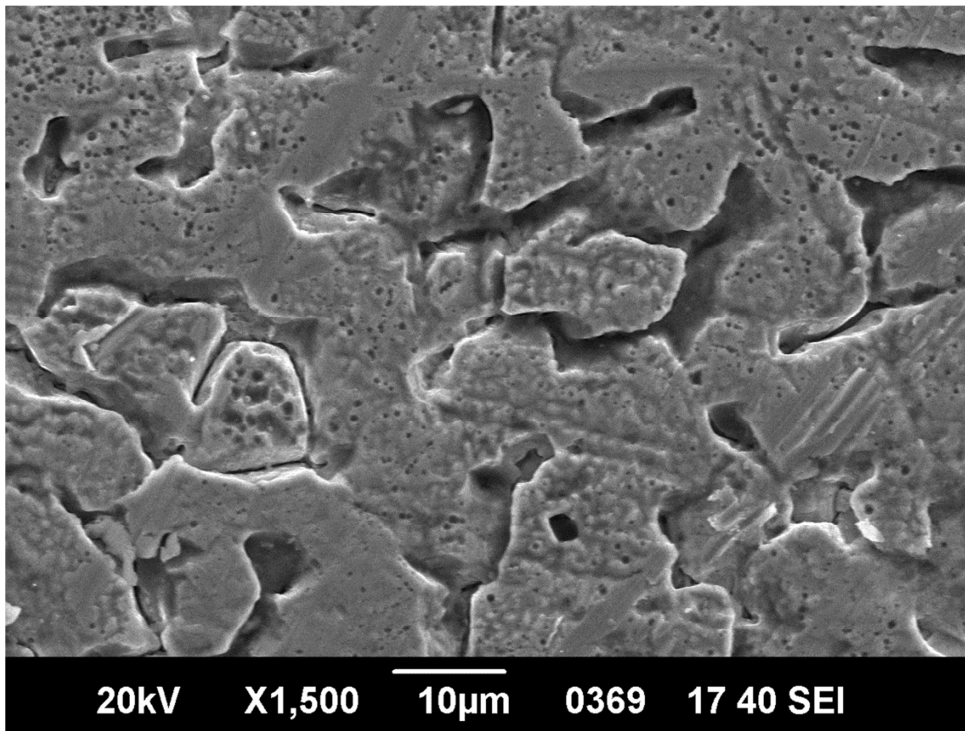
Μέταλλο βάσης ανοξείδωτος χάλυβας.



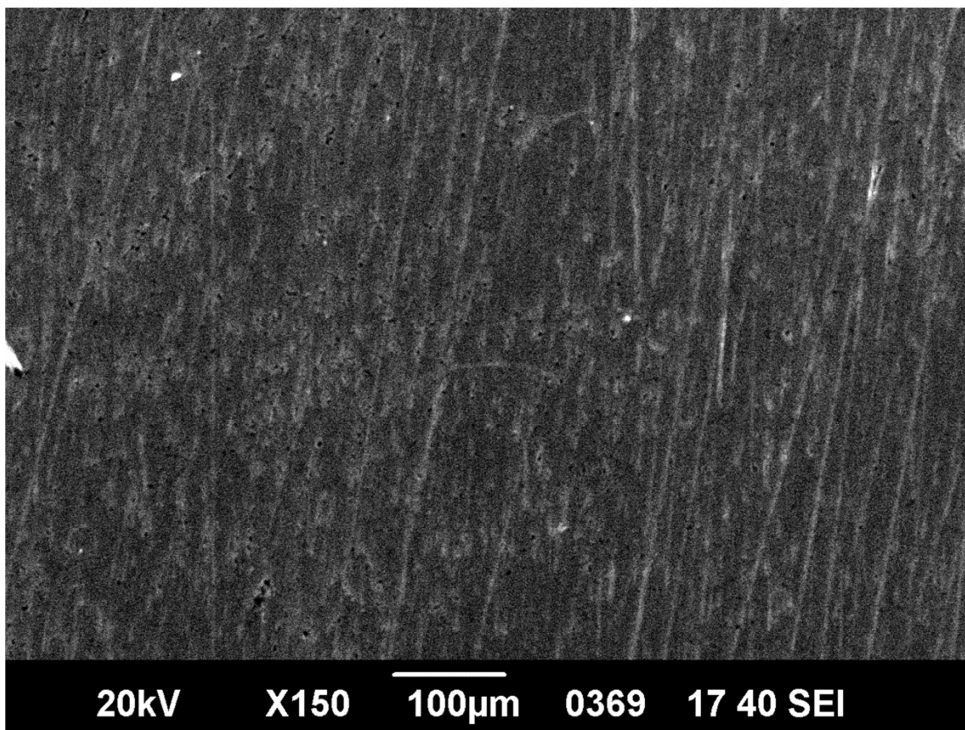
Μέταλλο βάσης ανοξείδωτος χάλυβας.



Μέταλλο βάσης ανοξείδωτος χάλυβας.



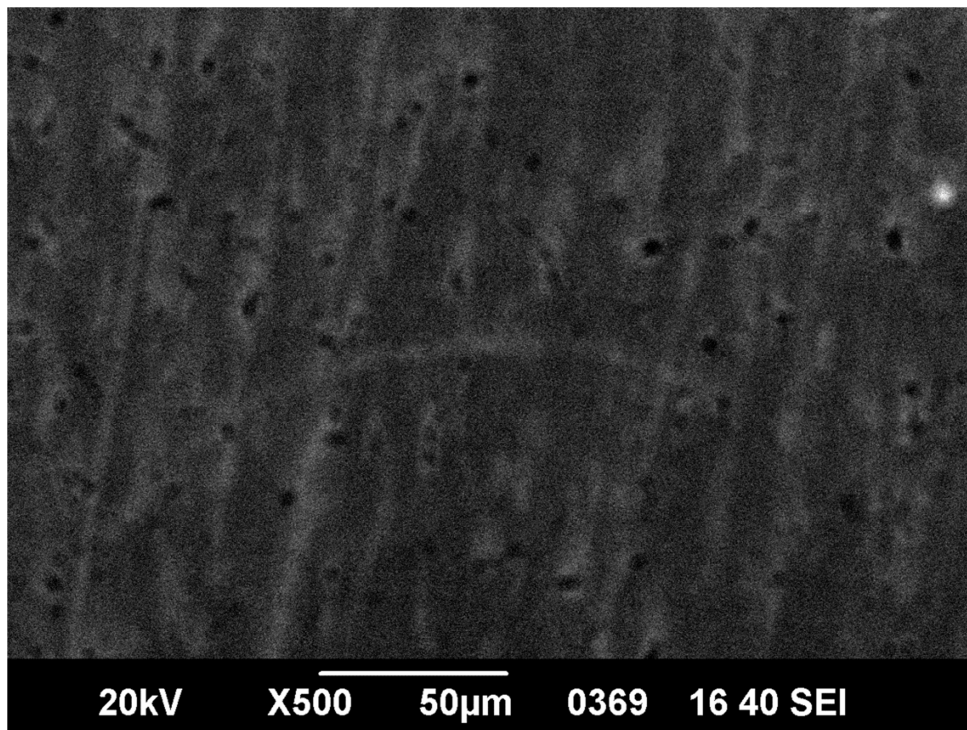
Μέταλλο βάσης ανοξείδωτος χάλυβας.



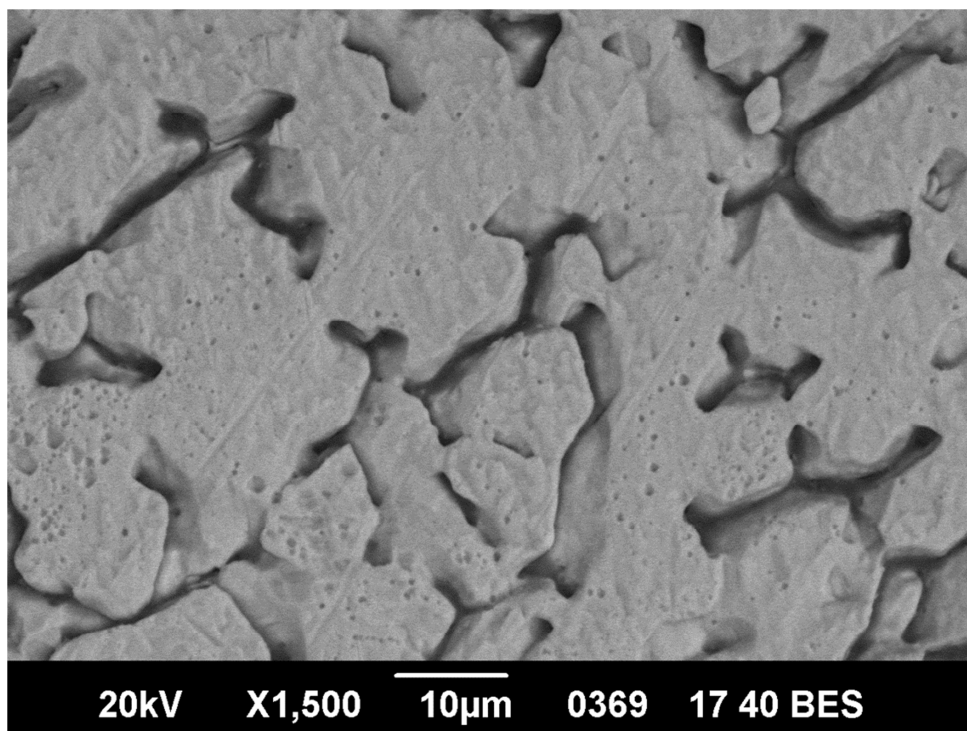
Μέταλλο βάσης ανοξείδωτος χάλυβας.

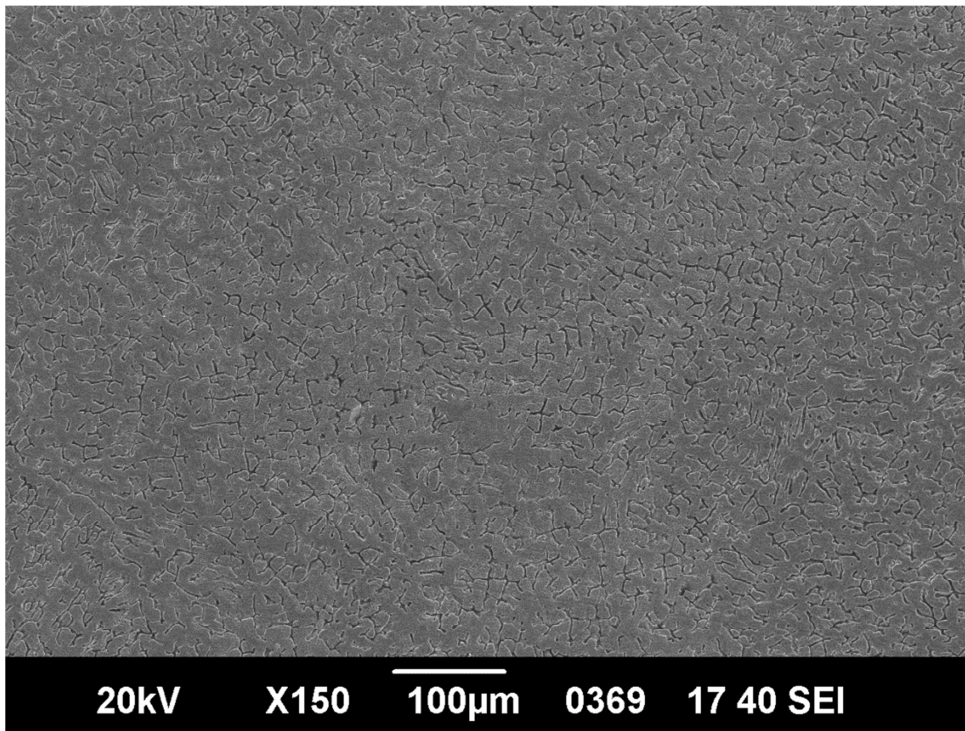


14.1στ Μελέτη μικροδομής μετάλλου εναπόθεσης.

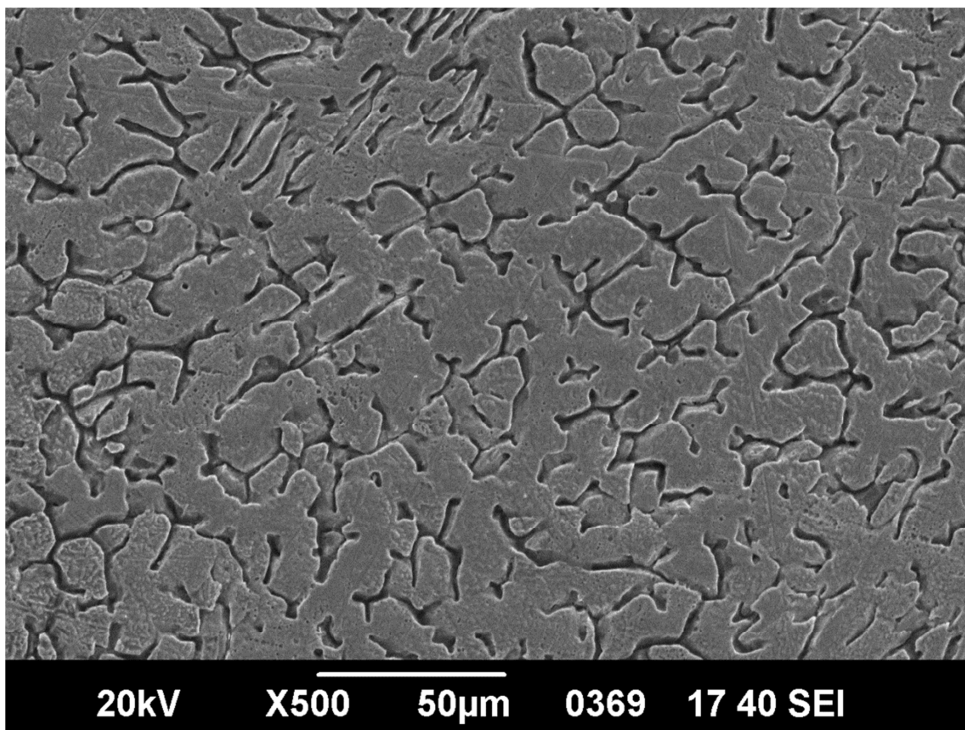


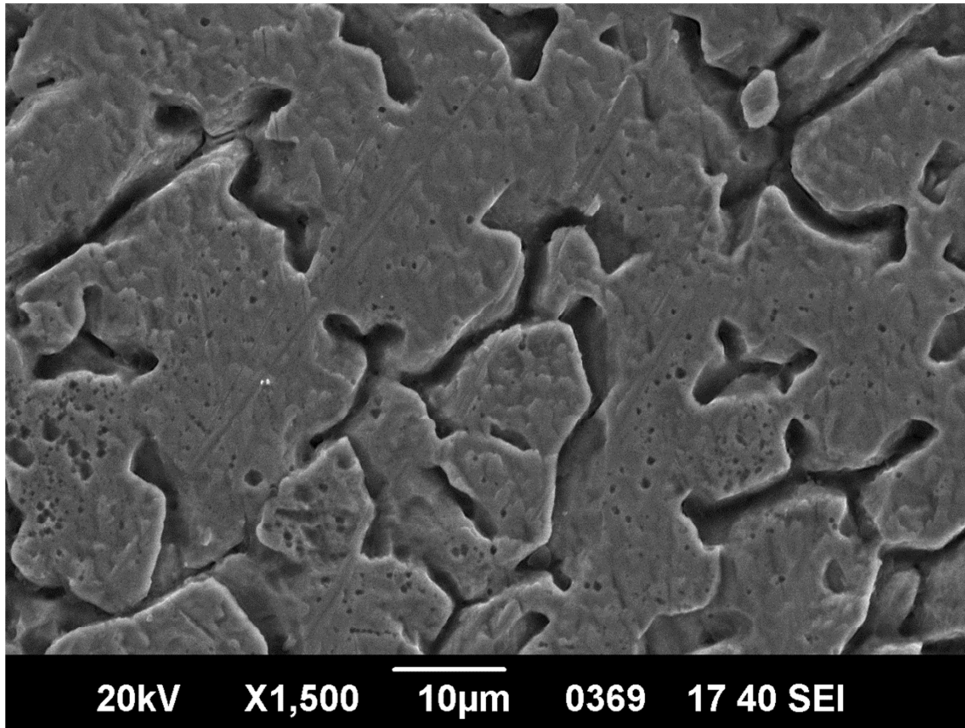
Περιοχή συγκόλλησης .Μέταλλο βάσης ανοξειδωτος χάλυβας.



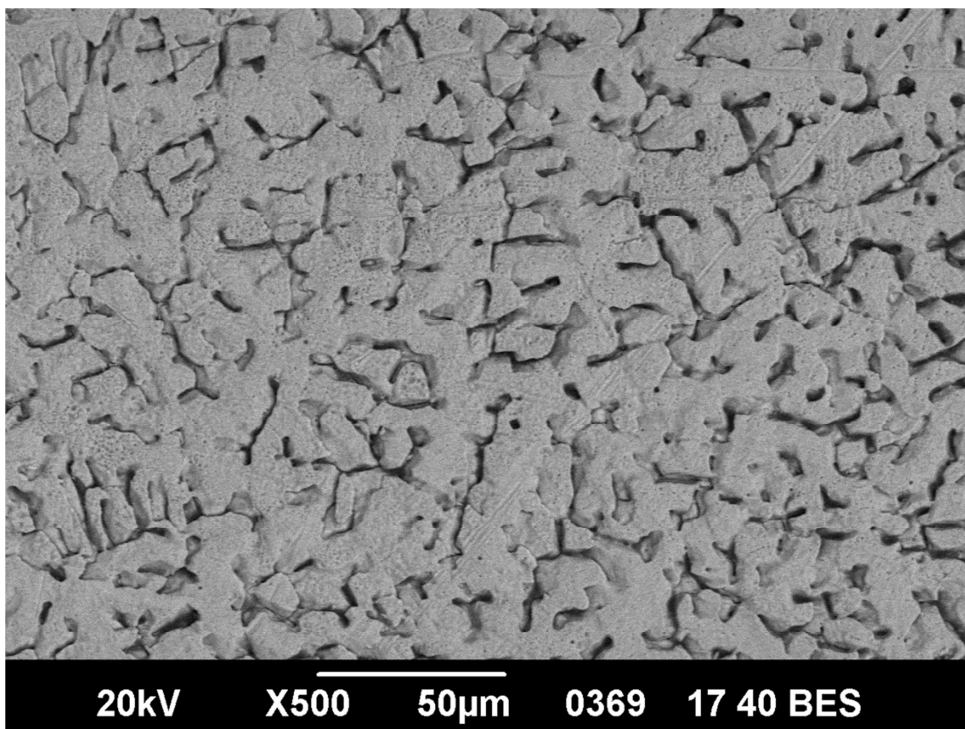


Περιοχή συγκόλλησης .Μέταλλο βάσης ανοξείδωτος χάλυβας.





Περιοχή συγκόλλησης. Μέταλλο βάσης ανοξείδωτος χάλυβας.



## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ

Το υλικό που εξετάστηκε , ο ανοξείδωτος χάλυβας μέσω της μελέτης που κάναμε γνώρισαμε σε βάθος τις μηχανικές ιδιότητές του και διαπιστώσαμε ότι η ανθεκτικότητα του και μεγάλη αντίσταση του στην διάβρωση, είναι λόγοι που έχει χρησιμοποιηθεί μέχρι σήμερα αλλά θα συνεχίζει να χρησιμοποιείται και στα επόμενα χρόνια σε πολλές εφαρμογές που διευκολύνουν την καθημερινή ζωή των ανθρώπων αλλά και την εξέλιξη μεγάλων κατασκευών . Η συγκεκριμένη μέθοδος συγκόλλησης MIG-MAG είναι η πιο σύγχρονη κι εύκολη μέθοδος στον τομέα των συγκολλήσεων κι έχει ευρεία εφαρμογή με τις σωστές ρυθμίσεις παραμέτρων της μηχανής επιτυγχάνονται και τα επιθυμητά αποτελέσματα. Με την βοήθεια των καθηγητών δεν συναντήσαμε δυσκολίες και εργαστήκαμε μεθοδικά για την εκπόνηση αυτής της εργασίας. Όλες οι διαδικασίες από τις οποίες πέρασε το δοκίμιο το οποίο επεξεργαστήκαμε ήταν πολύ ενδιαφέρον και η καθεμιά με τη δική της ξεχωριστή σημασία. Το διάστημα που εργάστηκα για να την πραγματοποιήσω με βοήθησε να διερευνήσω σε βάθος το κομμάτι των συγκολλήσεων αλλά και τη μέγιστη εφαρμογή τους στον τομέα των κατασκευών γενικότερα.