

ΤΕΙ ΚΡΗΤΗΣ  
ΣΧΟΛΗ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΚΩΝ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ  
ΤΜΗΜΑ ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΑΣ

ΠΤΥΧΙΑΚΗ ΕΡΓΑΣΙΑ

Ανάλυση της συγκόλλησης κοινών χαλύβων με τη μέθοδο  
MIG – MAG (GMAW).

Analysis of welding of carbon steels with method  
MIG - MAG (GMAW).



Γαλανάκης Νικόλαος Α.Μ. 5226

Επιβλέπων Καθηγητής: Αεράκης Ζαχαρίας

# ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Το θέμα με το οποίο ασχολήθηκα στην εργασία αυτή συνηστά σημαντικό και ενδιαφέροντα κομμάτι της Μηχανολογίας. Είναι ένας από τους σημαντικότερους παράγοντες στον τομέα των κατασκευών ο οποίος έχει μεγάλη και συνεχή εξέλιξη για τους μηχανολόγους. Επίσης οι συγκολλήσεις αποτελούν αρκετά συνηθισμένη μέθοδο σύνδεσης μεταλλικών τεμαχίων μεταξύ τους στην βιομηχανία.

Κυρίως αυτός είναι ο λόγος που με έκανε να ασχοληθώ σε βάθος με το συγκεκριμένο αντικείμενο στην εργασία αυτή.

Θα ήθελα να ευχαριστήσω, τον κ. Αεράκη Ζαχαρία για την σχολαστική επιμέλειά του στο θέμα καθώς και την οικογένεια μου για τη συμπαράσταση που μου πρόσφεραν όλα αυτά τα χρόνια.

## Περίληψη

Στην πτυχιακή αυτή εργασία μελετώ την συγκόλληση ελασμάτων κοινού χάλυβα διαστάσεων 10\*60\*160 mm με χρήση της μεθόδου MIG - MAG. Η προετοιμασία των ελασμάτων έγινε σύμφωνα με τους ισχύοντες κανονισμούς και η συγκόλληση πραγματοποιήθηκε στις εγκαταστάσεις του μηχανολογικού εργαστηρίου 1 με την μηχανή συγκόλλησης MIG – MAG Kemppi 4000. Ακολούθως τα εν λόγω 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 συγκόλλησης, στην συγκρότηση της μηχανής μεθόδου MIG - MAG – Kemppi 4000 , στις ενσωματωμένες διατάξεις αυτής, μελετούμε τους μηχανισμούς του υλικού εναπόθεσης, την δράση των καταλληλότερων για την περίπτωσή μας αδρανών αερίων και να μελετήσω την Θ.Ε.Ζ. του υλικού, εξετάζοντας παράλληλα τις δυνατότητες αυτοματοποίησης της μεθόδου.

## Abstract

In this final work I study the welding of laminas of common steel of dimensions 10\*60\*160mm with use of method MIG - MAG. The preparation of laminas became accordingly with the being in effect regulations and the welding was realised in the installations of mechanical laboratory 1 with the machine of welding MIG - MAG Kemppi 4000. Followingly en reason laminas processed in conventional Trimmer the laboratory to way so that are created spoils surfaces of satisfactory degree of roughness in all their sides. We broke away with suitable cutting accompanied from special antaptora items F30mm from different places of our big surface piece. This items they existed suitable preparatory work in order that with their further smoothing and special reagent they are examined microscopic. In this work also becomes a more general report in the structure of metal materials and their alloys thing important for our speciality. I am reported in weldability their, in the classification of as generally speaking weldings, in the being in effect regulations of metals-alloy as well as provisions of machines of welding, in the constitution of machine of method MIG - MAG - Kemppi 4000, in the incorporated provisions of this, we study the mechanisms of material of deposition, the action more suitable for our case of Adranos of gases and I study the H.A..Z (heat affected zone) of material, examining at the same time the possibilities of automation of method.

# ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

## ΘΕΩΡΗΤΙΚΟ ΜΕΡΟΣ

### Κεφάλαιο 1. Δομή του κοινού χάλυβα και των κραμάτων του

1.1 Δομή των στερεών σωμάτων.....	9
1.2 Δομή του κοινού χάλυβα.....	12

### Κεφάλαιο 2. Συγκολλητότητα μετάλλων και κραμάτων

2.1 Συγκολλητότητα.....	17
2.2 Κράματα σιδήρου – άνθρακα.....	17

### Κεφάλαιο 3. Τυποποιημένα κράματα του υλικού βάσης του κοινού χάλυβα

3.1 Κανονισμοί χαλύβων.....	18
3.2 Τυποποίηση κατά DIN.....	18
3.3 Τυποποίηση κατά AISI-SAE.....	20
3.4 Επίδραση των προσθηκών στους χάλυβες.....	20
3.4.1 Περιγραφή κραματικών στοιχείων.....	20

### Κεφάλαιο 4. Τεχνικές συγκολλήσεων κοινού χάλυβα

4.1 Κατάταξη συγκολλήσεων.....	23
4.2 Συγκολλήσεις τήξης.....	23
4.2.1 Συγκόλληση φλόγας.....	23
4.2.2 Συγκόλληση κοινού ηλεκτροδίου ή τόξου ή ηλεκτροσυγκόλληση.....	24
4.2.3 Συγκόλληση αδρανούς ατμόσφαιρας.....	24
4.3 Συγκόλληση αντίστασης.....	26
4.3.1 Ηλεκτροπόντα.....	26
4.4 Συγκόλληση ακτινοβολίας.....	27
4.4.1 Laser.....	27
4.2.2 Συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίων.....	27
4.5 Συγκόλληση υπερήχων.....	28
4.6 Συγκόλληση τριβής.....	29

## **Κεφάλαιο 5. Συγκρότηση της μηχανής σύρματος**

5.1 Χαρακτηριστικά μηχανής σύρματος Kemppi 4000 .....	30
5.2 Εγκατάσταση μηχανής.....	30
5.2.1 Μεταφορά και ανύψωση της μηχανής.....	30
5.2.2 Χωροθέτηση του μηχανήματος.....	30
5.2.3 Σύνδεση με το δίκτυο ρεύματος.....	30
5.2.4 Εγκατάσταση στο δίκτυο.....	31
5.2.5 Διατομές καλωδίων σύνδεσης.....	31
5.3 Τροφοδότης μηχανισμού.....	31
5.3.1 Τα μέρη του τροφοδότη μηχανισμού .....	32
5.3.2 Ακροδέκτης τροφοδοσίας της μηχανής.....	33
5.3.3 Υλικό εναπόθεσης της μηχανής.....	33
5.3.4 Φιάλη αερίου προστασίας.....	33
5.4 Εικόνα μηχανής.....	34
5.4.1 Ρύθμιση συχνότητας ρεύματος συγκόλλησης.....	35
5.4.2 Πάνελ ελέγχου ταχύτητας Vd του υλικού εναπόθεσης και KMW timer.....	36
5.4.3 Λειτουργίες διακόπτη.....	37
5.4.4 KMW timer - Χρονοδιακόπτης .....	38
5.4.5 Αέριο προστασίας.....	38
5.4.6 Τεχνικά χαρακτηριστικά.....	39

## **Κεφάλαιο 6. Προστατευτικά αέρια της μεθόδου MIG, MAG**

6.1 Γενικά για τη μέθοδο και το προστατευτικό αέριο.....	40
6.1.1 Χρήση αερίων στη συγκόλληση MIG/MAG.....	40
6.1.2 Προστατευτικά αέρια.....	40
6.1.3 Αέριο προστασίας.....	41
6.1.4 Φύλαξη του αερίου στην φιάλη και μεταφορά προς τη λαβίδα συγκόλλησης.....	41
6.1.5 Ρυθμιστής ροής αερίων.....	41

6.1.6 Η επίδραση των αερίων στο τόξο και στο βάθος διείσδυσης.....	41
6.2 Συμβολισμός και εφαρμογές προστατευτικών αερίων.....	42
6.3 Εφαρμογές των αερίων στην ηλεκτροσυγκόλληση.....	43
<b>Κεφάλαιο 7. Υλικά εναπόθεσης της μεθόδου - κανονισμοί</b>	
7.1 Τα υλικά εναπόθεσης της συγκόλλησης MIG/MAG .....	44
7.1.1 Τα υλικά που συγκολλούνται σε ατμόσφαιρα προστατευτικού αερίου.....	44
7.2 Υλικά εναπόθεσης για αναγόμευση και συγκόλληση με μέθοδο MIG/MAG.....	45
7.2.1 Υλικά για αναγόμευση και αναγέννηση.....	45
7.2.2 Υλικά για χυτοσίδηρο.....	47
<b>Κεφάλαιο 8. Θερμικά Επηρεαζόμενη Ζώνη του μετάλλου βάσης</b>	
8.1 Διάγραμμα Fe-C .....	48
8.1.1 Γενικές πληροφορίες.....	48
8.1.2 Είδη διαγραμμάτων ισορροπίας Fe-C .....	50
8.2 Χαρακτηριστικές περιοχές του Fe-C .....	52
8.2.1 Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε C .....	52
8.2.2 Ανάλογα με τις εμφανιζόμενες φάσεις.....	52
<b>Κεφάλαιο 9. Δυνατότητες αυτοματοποίησης της MIG, MAG μεθόδου</b>	
9.1 Ρομποτική.....	54
9.2 Η μηχανή συγκόλλησης.....	55
9.3 Λαβίδα συγκόλλησης.....	56
9.4 Αυτόματο καθαριστικό λαβίδας.....	56
9.5 Αυτόματος τροφοδότης μηχανισμός σύρματος.....	57
9.5.1 Βασικοί τύποι τροφοδοτών σύρματος.....	57
9.6 Καρτεσιανά συστήματα.....	57

## **Κεφάλαιο 10. Σφάλματα ραφών**

10.1 Ελαττώματα ραφών.....	58
10.2 Κατατάξεις ασυνεχειών.....	59
10.2.1 Ανεπαρκής διείσδυση της κόλλησης.....	59
10.2.2 Ατελής σύντηξη.....	60
10.2.3 Χτυπήματα του τόξου.....	60
10.2.4 Υπερπληρώσεις.....	61
10.2.5 Υποκοπές.....	62
10.2.6 Ρωγμές.....	62
10.2.7 Ατελής πλήρωση.....	63
10.2.8 Προβλήματα συγκολλημένων μερών .....	64
10.2.9 Lamellar Tears .....	64
10.2.10 Ελασματοποιήσεις.....	65
10.2.11 Delaminations.....	65
10.2.12 Πορώδες.....	66
10.2.13 Εγκλείσματα.....	66

## **Κεφάλαιο 11. Προστασία από τις συγκολλήσεις**

11.1 Κίνδυνοι ατυχήματος.....	67
11.1.1 Ανάλυση των κινδύνων.....	67
11.2 Κίνδυνοι για την υγεία.....	68
11.3 Κίνδυνοι για την υγεία και την προστασία.....	69
11.4 Ηλεκτρομαγνητικά κύματα.....	70
11.5 Ακτινοβολία του τόξου.....	71
11.6 Αναθυμιάσεις.....	72
11.7 Μέθοδοι προστασίας από τις αναθυμιάσεις.....	73
11.8 Κίνδυνοι από το ηλεκτρικό ρεύμα.....	74
11.9 1 <sup>ο</sup> μοντέλο προστασίας- εξάλειψη κινδύνου.....	74

11.10	2 <sup>ο</sup> μοντέλο προστασίας- εξάλειψη κινδύνου .....	75
11.11	3 <sup>ο</sup> μοντέλο προστασίας- εξάλειψη κινδύνου.....	75
11.12	4 <sup>ο</sup> μοντέλο προστασίας- εξάλειψη κινδύνου.....	75
11.13	5 <sup>ο</sup> μοντέλο προστασίας- εξάλειψη κινδύνου.....	77
11.14	6 <sup>ο</sup> μοντέλο προστασίας- εξάλειψη κινδύνου.....	77
<b>Κεφάλαιο 12. Βιβλιογραφικές αναφορές.....</b>		<b>79</b>
<b>Κεφάλαιο 13. Πειραματικό μέρος</b>		
13.1	Προετοιμασία δοκιμίων.....	80
13.2	Εκτέλεση της συγκόλλησης.....	82
13.3	Κατεργασία δοκιμίων.....	83
13.4	Αποκοπή δοκιμίου.....	84
<b>Κεφάλαιο 14. Μεταλλογραφική διερεύνηση δοκιμίων</b>		
14.1	Προετοιμασία δοκιμίων.....	88
14.1.1	Λείανση.....	88
14.1.2	Στιλβωση.....	88
14.1.3	Χημική προσβολή.....	88
14.1.4	Οπτικό μικροσκόπιο.....	88
14.1.5	Μελέτη μικροδομής κοινού χάλυβα.....	91
14.1.6	Μελέτη μικροδομής υλικού εναπόθεσης.....	91
<b>Επίλογος .....</b>		<b>95</b>



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## ΔΟΜΗ ΤΟΥ ΚΟΙΝΟΥ ΧΑΛΥΒΑ ΚΑΙ ΤΩΝ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΤΟΥ

### 1.1 Δομή των στερεών σωμάτων

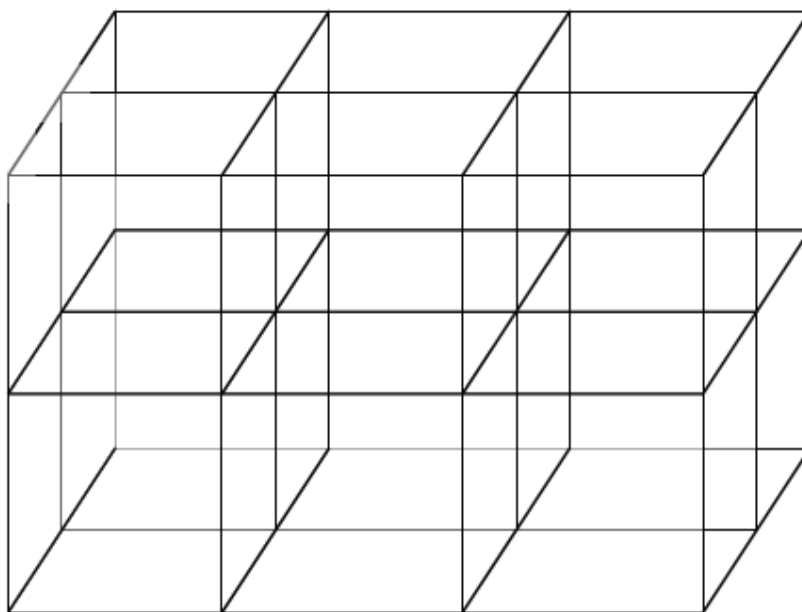
Τα στερεά σώματα μπορεί - να είναι σε κρυσταλλική ή σε άμορφη κατάσταση.

Κρυσταλλική κατάσταση έχουμε όταν τα άτομα, ιόντα ή μόρια από τα οποία αποτελείται το υλικό διατάσσονται στο χώρο με τρόπο κανονικό, επαναλαμβανόμενο και συμμετρικό.

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

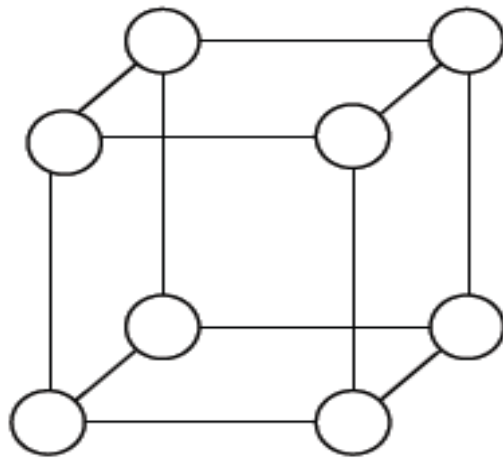
Ο σχηματισμός άμορφου ή κρυσταλλικού στερεού εξαρτάται από το κατά πόσο είναι δυνατή η μετάβαση του υλικού από μια κατάσταση τυχαίας διάταξης των δομικών μονάδων του όταν αυτό βρίσκεται σε υγρή κατάσταση σε μια κατάσταση κανονικής διάταξης κατά τη στερεοποίησή του.

Κρυσταλλικό πλέγμα νοείται η διάταξη των ατόμων των υλικών αυτών στο χώρο η οποία είναι επαναλαμβανόμενη καθ' όλη την έκταση του υλικού δημιουργώντας δίκτυο το οποίο συνήθως ονομάζουμε κρυσταλλικό πλέγμα.



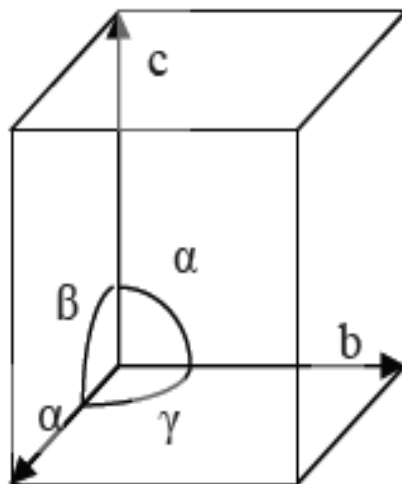
**Κρυσταλλικό  
πλέγμα**

Στοιχειώδες κύτταρο νοείται ο ελάχιστος αριθμός στο χώρο ενός υλικού. Η διάταξη των οποίων διαφέρει από υλικό σε υλικό κατά την παράσταση των ατόμων στο χώρο επιλέγονται σφαίρες.



**Στοιχειώδες  
κύτταρο**

Κυψελίδα νοείται ένα μικρό τμήμα του κρυσταλλικού πλέγματος του υλικού το οποίο διατηρεί όλα τα χαρακτηριστικά του όλου πλέγματος.


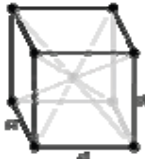


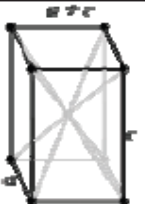

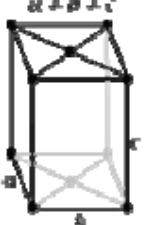


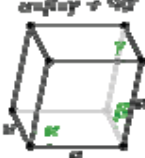


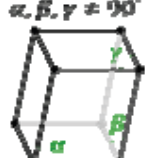



**Κυψελίδα**

Το σχήμα και το μέγεθος της κυψελίδας περιγράφονται από το μήκος των πλευρών της κυψελίδας ( $a, b, c$ ) και από τις γωνίες  $\alpha, \beta$  και  $\gamma$  που σχηματίζονται μεταξύ των πλευρών της κυψελίδας. Τα μεγέθη αυτά ονομάζονται παράμετροι της κυψελίδας.

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

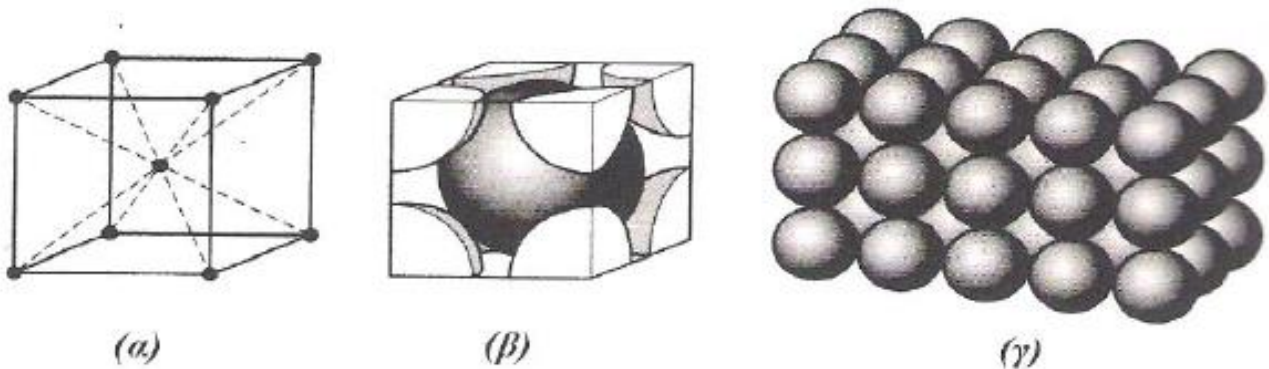
Πίνακας 1. Κρυσταλλικά συστήματα του Bravais

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

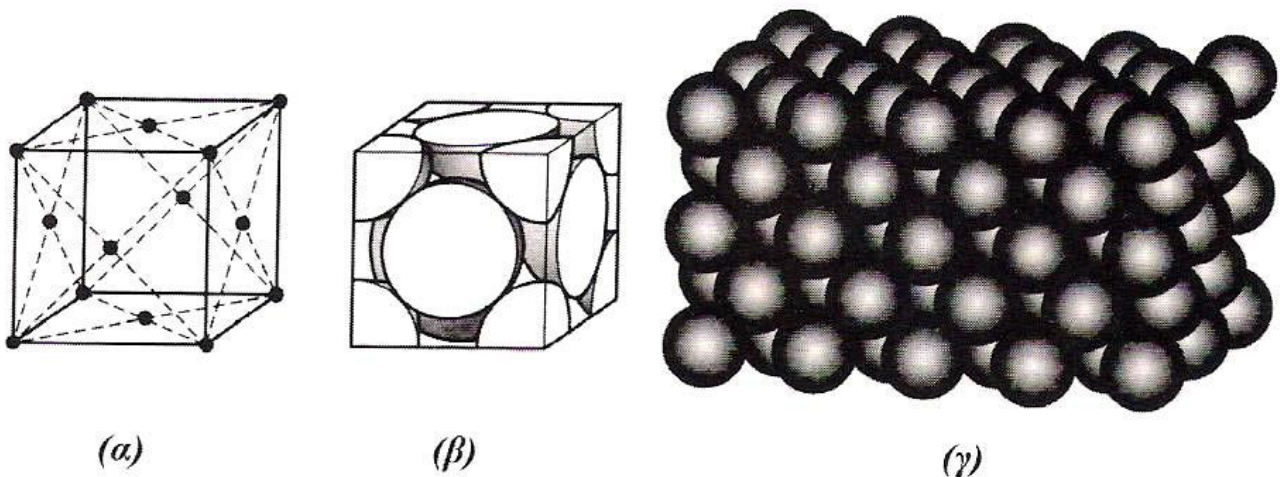
## 1.2 Δομή του κοινού χάλυβα

Κατά το πλείστον τα μέταλλα σχηματίζουν τις ακόλουθες κρυσταλλικές δομές.

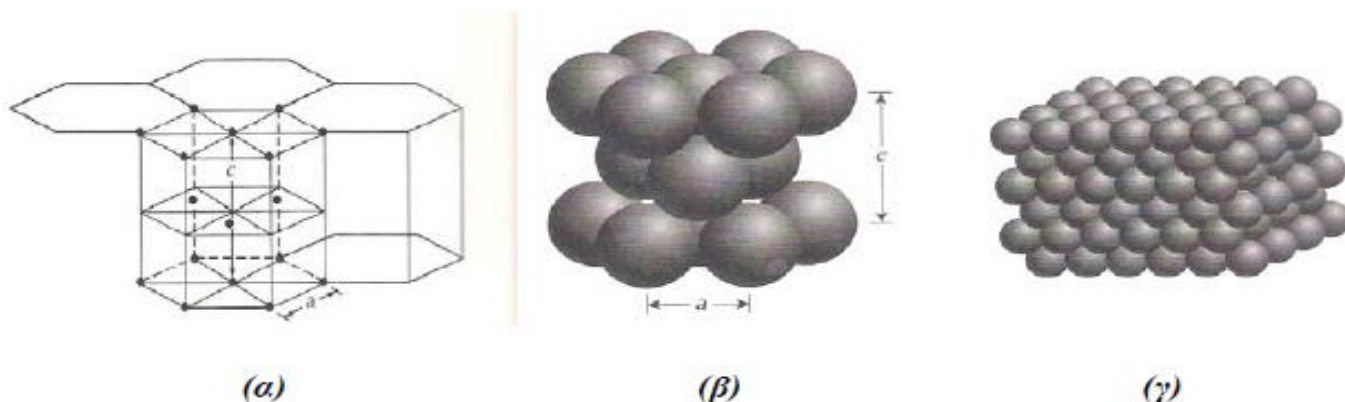
- Χωροκεντρωμένο κυβικό κρυσταλλικό πλέγμα (bcc) (σχήμα 1, πίνακας 2)
- Εδροκεντρωμένο κυβικό (fcc) (σχήμα 2)
- Εξαγωνικό μέγιστης πυκνότητας κρυσταλλικό πλέγμα (hcp) (σχήμα 3)



Σχήμα 1. Κρυσταλλική δομή χωροκεντρωμένου κυβικού (bcc): (α) κυψελίδα, (β) τοποθέτηση των ατόμων μέσα στην κυψελίδα, (γ) κρυσταλλική δομή bcc που προκύπτει με την παράθεση πολλών κυψελίδων στο χώρο.



Σχήμα 2. Κρυσταλλική δομή εδροκεντρωμένου κυβικού (fcc): (α) κυψελίδα, (β) τοποθέτηση των ατόμων μέσα στην κυψελίδα, (γ) κρυσταλλική δομή fcc που προκύπτει με την παράθεση πολλών κυψελίδων στις τρεις διαστάσεις στο χώρο.



Σχήμα 3. Κρυσταλλική δομή μέγιστης πυκνότητας εξαγωνικού (hcp): (α) κυψελίδα, (β) τοποθέτηση των ατόμων μέσα στην κυψελίδα, (γ) κρυσταλλική δομή hcp που προκύπτει με την παράθεση πολλών κυψελίδων στο χώρο.

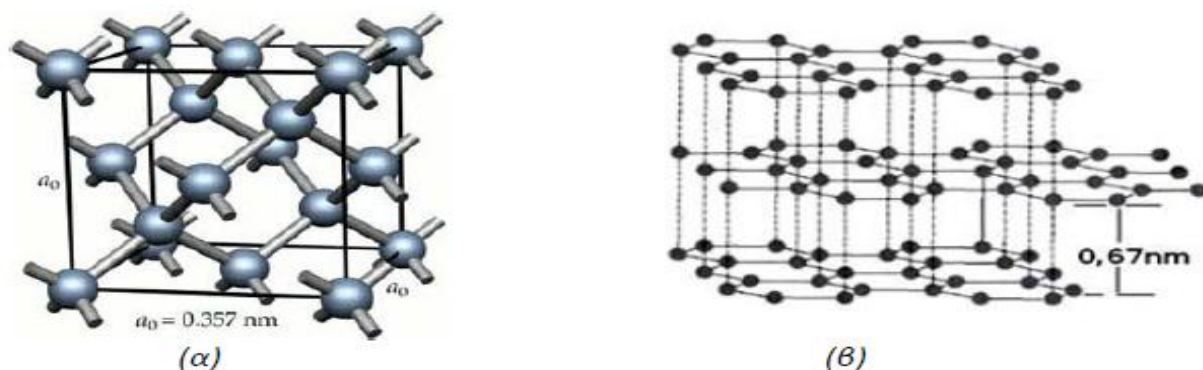
Πίνακας 2. Τα κυριότερα μέταλλα του κυβικού χωροκεντρωμένου συστήματος (bcc).

Μέταλλο	Σταθερά κυψελίδας $a$ (nm)	Ατομική ακτίνα $r$ (nm)
Χρόμιο	0,289	0,125
Σίδηρος	0,287	0,124
Μολυβδαίνιο	0,315	0,136
Κάλιο	0,533	0,231
Νάτριο	0,429	0,186
Ταντάλιο	0,330	0,143
Βολφράμιο	0,316	0,137
Βανάδιο	0,304	0,132

### Αλλοτροπία – Πολυμορφισμός

Πολλά στοιχεία και ενώσεις παρουσιάζουν περισσότερες από μια κρυσταλλικές δομές κάτω από διαφορετικές συνθήκες θερμοκρασίας και πίεσης. Το φαινόμενο αυτό ονομάζεται πολυμορφισμός ή αλλοτροπία. Ένα άλλο στοιχείο που παρουσιάζει διαφορετικές κρυσταλλικές δομές είναι ο άνθρακας, ο οποίος σε μεγάλες πιέσεις παρουσιάζει την πυκνή δομή του αδάμαντα, ενώ σε χαμηλότερες πιέσεις την αραιότερη δομή του γραφίτη. Οι δύο αυτές αλλοτροπικές μορφές του στερεού άνθρακα έχουν διαφορετική κρυσταλλική δομή αλλά και διαφορετικά είδη δεσμών, επομένως εκδηλώνουν και διαφορετικές ιδιότητες. Ο αδάμαντας, κρυσταλλώνεται στο κυβικό σύστημα και λόγω των ισχυρών αυστηρά προσανατολισμένων ομοιοπολικών δεσμών είναι σκληρός και μονωτής. Ο γραφίτης αντίθετα κρυσταλλώνεται στο εξαγωνικό σύστημα και είναι δομημένος από παράλληλα επίπεδα που συνδέονται μεταξύ τους με χαλαρές δυνάμεις van der Waals. Οι δεσμοί μεταξύ των ατόμων του άνθρακα στα παράλληλα επίπεδα είναι ισχυροί ομοιοπολικοί ενώ αντίθετα

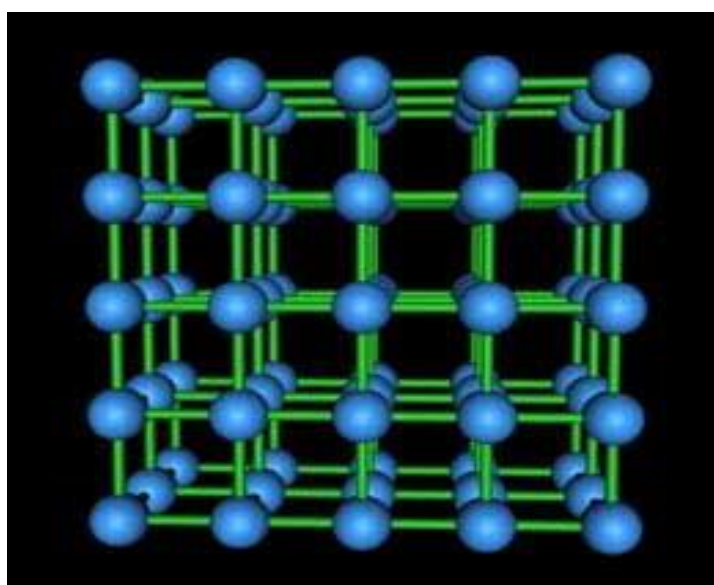
οι δεσμοί μεταξύ των επιπέδων είναι χαλαροί με μη εντοπισμένα ηλεκτρόνια. Η δομή αυτή δίνει τη δυνατότητα στα επίπεδα του γραφίτη να ολισθαίνουν εύκολα μεταξύ τους και στα ηλεκτρόνια των δεσμών μεταξύ των επιπέδων να κυκλοφορούν ελεύθερα κατά το πλάτος των επιπέδων, με αποτέλεσμα ο γραφίτης να είναι ένα σώμα μαλακό και καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Επίσης το γεγονός ότι η ισχύς των δεσμών μέσα στα επίπεδα του γραφίτη είναι μεγάλη οδηγεί σε αυξημένη αντοχή σε εφελκυσμό κατά τις κατευθύνσεις των επιπέδων αυτών.



Σχήμα 4: Αλλοτροπικές δομές του άνθρακα: (α) δομή αδάμαντα, (β) δομή γραφίτη

Συγκεκριμένα χαρακτηριστικά δομής για τον χάλυβα :

Η δομή του σιδήρου και του χάλυβα είναι πολυκρυσταλλική. Η βασική μονάδα είναι κυβική, όπως φαίνεται και στην εικόνα 1 και επαναλαμβάνεται στο χώρο. Στην πραγματικότητα θεωρούμε ότι τα άτομα είναι σφαίρες, που εφάπτονται μεταξύ τους, και όχι, όπως στην εικόνα, που απέχουν η μία από την άλλη.

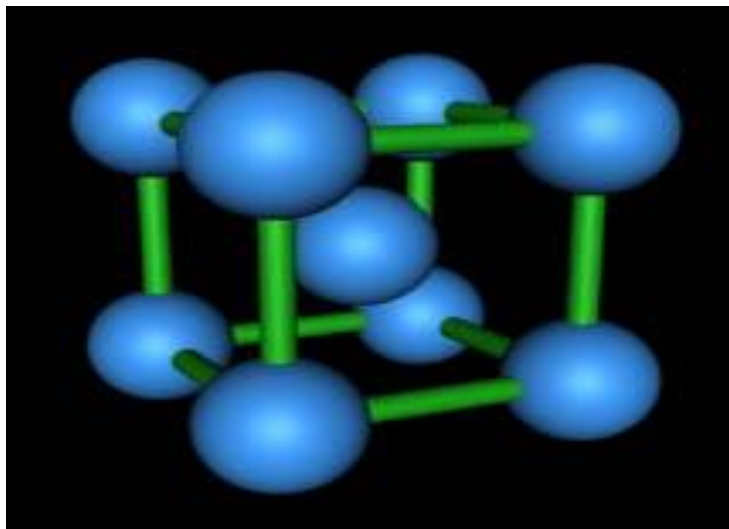


Εικόνα 1

Ο σίδηρος παρουσιάζει αλλοτροπία, έχει δύο μορφές κρυσταλλικής δομής, ανάλογα με τη θερμοκρασία.

Χωροκεντρωμένη κυβική μορφή ( bcc).

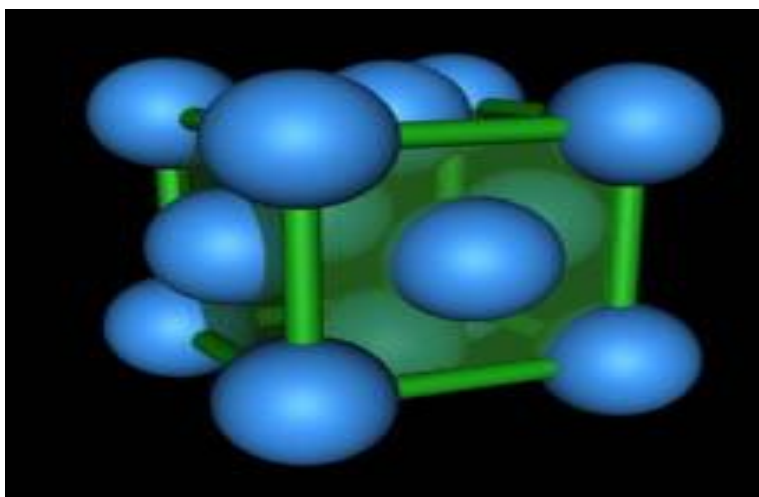
Οκτώ άτομα στις κορυφές του κύβου και ένα στο κέντρο όπως φαίνεται και στην εικόνα 2. Πρόκειται για την πιο συμπαγή δομή και σχηματίζεται σε χαμηλές θερμοκρασίες ή σε πολύ υψηλές.



Εικόνα 2

Εδροκεντρωμένη κυβική μορφή ( fcc).

Οκτώ άτομα στις κορυφές του κύβου και από ένα στο κέντρο κάθε πλευράς. Σχηματίζεται σε θερμοκρασίες από 900 - 1400°C. Ο κύβος είναι περίπου κατά 25% μεγαλύτερος από την προηγούμενη μορφή, με αποτέλεσμα να υπάρχει περισσότερος κενός χώρος μεταξύ των ατόμων όπως φαίνεται και στην εικόνα 3, ο οποίος μπορεί να φιλοξενήσει άτομα άλλων στοιχείων για τον σχηματισμό κραμάτων.



Εικόνα 3

## Χάλυβας

Η προσθήκη άνθρακα στον σίδηρο (σε μικρές ποσότητες, έως 2%) αυξάνει σημαντικά τη σκληρότητά του. Υπάρχουν τρία είδη χάλυβα, όσον αφορά την κρυσταλλική δομή και τις μηχανικές και φυσικές ιδιότητες. Η μορφή του ωστενίτη σχηματίζει εδροκεντρωμένο κυβικό πλέγμα, ενώ οι μορφές μαρτενσίτη και φερρίτη σχηματίζουν χωροκεντρωμένο κυβικό πλέγμα. Ο άνθρακας και τα άλλα στοιχεία του κράματος παρατηρούνται συνήθως σε μορφή στερεού διαλύματος και καταλαμβάνουν τους χώρους μεταξύ των ατόμων του σιδήρου. Ο χάλυβας με μορφή ωστενίτη έχει την καλύτερη αντιοξειδωτική συμπεριφορά αλλά δεν μπορεί να υποστεί θερμική κατεργασία. Υπάρχουν δύο κυρίως τύποι, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε άνθρακα, χρώμιο και νικέλιο:

Στοιχείο	Τύπος 302	Τύπος 304
C	0.08 - 2 %	όχι περισσότερο από 0.08 %
Cr	17 - 19 %	18 - 20 %
Ni	8 - 10 %	8 - 11 %

Επίσης περιέχονται μικρές ποσότητες Mg, Si, P και S. Το υπόλοιπο είναι Fe. Αυτοί οι τύποι αποτελούν την ομάδα 18-8 γιατί έχουν περίπου 18% Cr και 8% Ni.





## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2<sup>ο</sup>

### Συγκολλητότητα μετάλλων και κραμάτων

#### 2.1 Συγκολλητότητα

Με τον όρο συγκολλητότητα εννοούμε την ικανότητα ενός μετάλλου να συγκολλάται σε μια κατασκευή, ικανοποιώντας συγχρόνως συγκεκριμένες ιδιότητες που εκπληρώνοντας ορισμένους λειτουργικούς σκοπούς. Η συγκολλητότητα των υλικών εξαρτάται κυρίως από τη χημική τους σύνθεση και την κρυσταλλική τους δομή.

#### 2.2 Κράματα σιδήρου – άνθρακα

Όσο μικρότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα έχει ένας χάλυβας, τόσο συγκολλητότητα είναι μεγαλύτερη, δηλαδή συγκολλάται πιο εύκολα. Χάλυβες με περιεκτικότητα σε άνθρακα 0.25% συγκολλούνται αρκετά εύκολα, ενώ όσο η περιεκτικότητα σε άνθρακα είναι μεγαλύτερη του 0.25% συγκολλούνται με προϋποθέσεις – ειδικές συνθήκες. Όλοι αυτοί οι χάλυβες οι έχοντες πάνω από 0.25% άνθρακα στη σύστασή τους θα πρέπει να προθερμανθούν σε θερμοκρασίες γύρω στους 425 C πριν συγκολληθούν. Χάλυβες με μεγάλη περιεκτικότητα Si, Mn, S και P, δύσκολα συγκολλούνται. Αντίθετα χάλυβες που περιέχουν προσθήκες Cu, Ni, Cr, Mo και V και που η περιεκτικότητα των στοιχείων αυτών δεν υπερβαίνει το 10% δεν παρουσιάζουν δυσκολίες συγκολλήσεις.

Οι μεταβλητές που εκφράζουν την ικανότητα ενός μετάλλου προς συγκόλληση είναι πολλές, η μεταλλουργική δομή του βασικού μετάλλου, οι ακαθαρσίες στην επιφάνεια του, η επιλογή της μεθόδου συγκόλλησης, η σωστή ή μη χρήση αερίων προστασίας είναι μερικοί παράγοντες. Η καλή γνώση του διαγράμματος φάσεων και η συμπεριφορά του μετάλλου σε υψηλή θερμοκρασία για μια χρονική περίοδο είναι χρήσιμη.

Για τον χυτοσίδηρο θα πρέπει να αναφέρουμε ότι είναι δύσκολα συγκολλησίμως και συγκολλάτε μόνο εφόσον προθερμανθεί συνεκτιμώντας τις όποιες προσθήκες περιλαμβάνει στη μάζα του καθώς και το ποσοστό άνθρακα που περιέχει.

Στον πίνακα φαίνεται ο τρόπος συγκόλλησης των βασικών χαλύβων:

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ ΥΛΙΚΟΥ	ΕΥΚΟΛΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ	ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΕ ΕΙΔΙΚΕΣ ΣΥΝΘΗΚΕΣ
Κοινοί χάλυβες κατασκευών	St33, St34, St37, St42, St44, St46, St52	St50, St60, St70

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3<sup>ο</sup>

## ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ ΥΛΙΚΟΥ ΒΑΣΗΣ ΤΟΥ ΚΟΙΝΟΥ ΧΑΛΥΒΑ

### 3.1 Κανονισμοί χαλύβων.

Διακρίνουμε τους παρακάτω κυρίως κανονισμούς – πρότυπα και εμείς θα αναφέρουμε το γερμανικό DIN, το αμερικάνικο AISI-SAE, το γαλλικό AFNOR και το αγγλικό BS. Παρακάτω, θα αναπτυχθεί η ονοματολογία των χαλύβων στα πιο συνήθη συστήματα, που είναι το γερμανικό DIN και το αμερικάνικο AISI – SAE.

### 3.2 Τυποποίηση κατά DIN

Η ονομασία ενός κοινού ανθρακούχου χάλυβα ξεκινά με το πρόθεμα St (από το γερμανικό Stahl που σημαίνει χάλυβας) και ακολουθεί ένας αριθμός, που δηλώνει την αντοχή αυτού του χάλυβα σε εφελκυσμό, μετρούμενη σε  $\text{kp/mm}^2$ . Έτσι, ένας ανθρακούχος χάλυβας με αντοχή  $700 \text{ N/mm}^2$  ( $70 \text{ kp/mm}^2$ ) συμβολίζεται, σύμφωνα με αυτήν την ονοματολογία, ως St 70. Παλαιότερα ακολουθούσαν και δύο ακόμη ψηφία που δήλωναν τα δύο τελευταία ψηφία του προτύπου DIN. π.χ. ο συμβολισμός St 5011 δηλώνει χάλυβα αντοχής  $50 \text{ kp/mm}^2$  (ή  $500 \text{ N/mm}^2$ ), ο οποίος είναι τυποποιημένος σύμφωνα με το πρότυπο DIN 1611 (τα δύο πρώτα ψηφία, 16, αναφέρονται στους χάλυβες).

Τον αριθμό που δηλώνει την αντοχή ακολουθεί ένα ψηφίο που αφορά την ποιότητα (1: συνήθεις απαιτήσεις, 2: μεγαλύτερες απαιτήσεις, 3: ειδικές απαιτήσεις). π.χ. ο χάλυβας St 40-1 έχει αντοχή  $400 \text{ N/mm}^2$  και ανήκει στην ποιότητα 1.

Στην περίπτωση ανθρακούχων χαλύβων καλύτερης ποιότητας ο συμβολισμός ξεκινά με το γράμμα C (που δηλώνει άνθρακα) και ακολουθεί η εκατοστιαία περιεκτικότητα σε άνθρακα πολλαπλασιασμένη επί 100. π.χ. ο χάλυβας C 60 είναι ανθρακούχος χάλυβας με  $60/100 = 0,60 \%$  κ.β. C. Στην περίπτωση των υπερκαθαρών χαλύβων (με εξαιρετικά χαμηλά ποσοστά ακαθαρσιών S, P) μεταξύ του C και της περιεκτικότητας παρεμβάλλεται το γράμμα K. π.χ. ο προηγούμενος χάλυβας θα ονομαζόταν CK 60, αν η περιεκτικότητά του σε S και P ήταν πολύ χαμηλή.

Όταν ο χάλυβας έχει υποστεί κάποια θερμική κατεργασία, χρησιμοποιούνται γράμματα του λατινικού αλφαβήτου: το E δηλώνει ενανθράκωση, το G ανόπτηση, το N εξομάλυνση και το V επιβελτίωση. Στην περίπτωση των κραματομένων χαλύβων προηγείται η περιεκτικότητα του άνθρακα πολλαπλασιασμένη επί 100 και έπεται ο χημικός συμβολισμός για τα στοιχεία προσθήκης με τις περιεκτικότητες πολλαπλασιασμένες με κάποιο αριθμό: Cr, Co, Mn, Ni, Si, W x 4Al, Cu, Mo, Ti, V x 10 P, S, N, C x 100

## Κατά DIN

- Κοινοί ή ανθρακούχοι χάλυβες. Περιέχουν έως 1,0% Mn και ελάχιστα ποσοστά προσμείξεων θείου (S) και φωσφόρου (P) έως 0,05%. Πρόκειται για μαλακούς χάλυβες (για μικρή περιεκτικότητα C), οι οποίοι παρουσιάζουν αυξημένη συγκολλησιμότητα.
- Κραματωμένοι χάλυβες.
- Ελαφρά κραματωμένοι χάλυβες. Περιέχουν προσμείξεις έως 2%. Τέτοιοι είναι οι δομικοί ή κατασκευαστικοί χάλυβες.
- Μέτρια κραματωμένοι χάλυβες. Περιέχουν προσμείξεις από 2% έως 10%.
- Ισχυρά κραματωμένοι χάλυβες. Περιέχουν προσμείξεις πάνω από 10%. Τέτοιοι είναι οι ανοξείδωτοι χάλυβες, οι εργαλειοχάλυβες, οι ταχυχάλυβες, οι ανοξείδωτοι χάλυβες και οι χάλυβες μαρτενγήρανσης (Maraging) με μεγάλα ποσοστά βολφράμιου (W), βανádιου (V), μολυβδαίνιου (Mo), χρώμιου (Cr), νικέλιου (Ni) και κοβάλτιου (Co).

Όσον αφορά τον προορισμό τους οι χάλυβες διακρίνονται σε :

- Χάλυβες διαμόρφωσης. Αυτοί υφίστανται περαιτέρω μηχανική κατεργασία (έλαση, διέλαση).
- Χυτοχάλυβες. Παράγονται απευθείας με χύτευση υπό μορφή «χελωνών».

Όσον αφορά τη χρήση οι χάλυβες διακρίνονται σε :

- Χάλυβες κατασκευών. Είναι χάλυβες με μικρά, σχετικά ποσοστά κραματικών στοιχείων (συνήθως Mn, Cr) και χρησιμοποιούνται σε πλήθος κατασκευών, όπως π.χ. λέβητες, μεταλλικοί σκελετοί, κ.λπ., αλλά και σε στοιχεία μηχανών, όπως π.χ. άξονες, διωστήρες, βαλβίδες, ελατήρια.
- Ανοξείδωτοι χάλυβες. Είναι χάλυβες με μεγάλη περιεκτικότητα σε Cr (>13%) και χρησιμοποιούνται σε εφαρμογές, που απαιτείται υψηλή αντοχή σε διάβρωση, όπως π.χ. στη χημική βιομηχανία. Κατασκευές από ανοξείδωτο χάλυβα είναι σωλήνες, πτερωτές, δοχεία, εναλλάκτες θερμότητας, αντιδραστήρες και οτιδήποτε έρχεται σε επαφή με διαβρωτικό υγρό, καθώς επίσης σε ιατρικά εργαλεία (π.χ. χειρουργικά νυστέρια) και είδη οικιακής χρήσεως, όπως π.χ. είδη κουζίνας, μαχαιροπήρουνα.
- Εργαλειοχάλυβες. Περιέχουν συνήθως μεγάλα ποσοστά κραματικών στοιχείων (W, Mo, Cr, V), τα οποία ευνοούν την αύξηση της σκληρότητας και της αντίστασης σε φθορά-τριβή. Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή εργαλείων κοπής (κοπτικά τόρνου, φρέζας, πλάνης, κ.λπ.) ή διαμόρφωσης (μήτρες, έμβολα, καλούπια χύτευσης και διαμόρφωσης).
- Χάλυβες ηλεκτρομαγνητικών εφαρμογών. Χρησιμοποιούνται για την κατασκευή πυρήνων μετασχηματιστών ηλεκτρικών γεννητριών, μονίμων μαγνητών.

### 3.3 Τυποποίηση κατά AISI-SAE

Η ονοματολογία των ανθρακούχων και κραματομένων χαλύβων κατά AISI-SAE περιλαμβάνει τέσσερα ψηφία ΧΨΖΩ. Με τα δύο πρώτα ψηφία μπορεί να ευρεθεί (με τη βοήθεια πινάκων) το κύριο ή τα κύρια στοιχεία προσθήκης και τα ποσοστά τους στο χάλυβα. Τα δύο τελευταία ψηφία δείχνουν την περιεκτικότητα σε άνθρακα πολλαπλασιασμένη επί 100. Το πρώτο ψηφίο των ανθρακούχων χαλύβων με μικρά ποσοστά προσμείξεων είναι 1.

Παρακάτω αναφέρονται μερικά παραδείγματα τυποποιημένων κατά AISI-SAE χαλύβων:

Ο χάλυβας AISI-1045 είναι ανθρακούχος με 0,45% C.

Ο χάλυβας AISI 1330 είναι χάλυβας με 1,60-1,90 % Mn και 0,30 % C.

Ο χάλυβας AISI-2340 είναι νικελιούχος με 3,5% Ni και 0,40% C.

Ο χάλυβας AISI-3430 είναι νικελιοχρωμιούχος με 3% Ni, 0,8% Cr και 0,30% C.

### 3.4 Επίδραση των προσθηκών στους χάλυβες

Τα στοιχεία τα οποία προστίθενται στο χάλυβα έχουν στόχο να βελτιώσουν τη δομή, τις μηχανικές του ιδιότητες, την αντοχή σε φθορά και διάβρωση. Ορισμένες από τις δράσεις των στοιχείων προσθήκης αναφέρονται παρακάτω :

- Σταθεροποίηση του φερρίτη (α-φερρογόνα στοιχεία) : Cr, Mo, W, V, Si
- Σταθεροποίηση του ωστενίτη (γ-φερρογόνα στοιχεία) : Mn, Ni, Co
- Τάση σχηματισμού καρβιδίων (καρβιδιογόνα στοιχεία) : Co<Fe< Mn<Cr<Mo<W<V<Ti
- Τάση διάσπασης καρβιδίων σε γραφίτη (γραφιτιζόντα στοιχεία) : Ni, Si, Al
- Μετατόπιση των καμπυλών TTT προς τα δεξιά-αύξηση της εμβαπτότητας : μικρή για Mn,Cr, σημαντική για Ni και μεγάλη Mo,W,V
- Βελτίωση της αντοχής σε διάβρωση : Cr, Ni, Si
- Τάση εκλέπτυνσης των κόκκων : V, Al
- Αύξηση κατεργασιμότητας : Mn
- Αύξηση της μαγνητικής διαπερατότητας : Si

#### 3.4.1 Περιγραφή κραματικών στοιχείων

- Ανθρακας(C): Είναι το σημαντικότερο στοιχείο στους χάλυβες συμβάλλοντας σημαντικά στην ισχυροποίησή τους. Με την αύξηση της περιεκτικότητας σε άνθρακα αυξάνονται η σκληρότητα, η αντοχή και η εμβαπτότητα, αλλά μειώνονται η ολκιμότητα, η δυσθραυστότητα και η συγκολλησιμότητα.
- Μαγγάνιο(Mn): Συναντάται σε όλους τους χάλυβες σε περιεκτικότητες πάνω από 0.2% και προστίθεται κυρίως για αποθείωση. Αυτό ευνοεί την κατεργασιμότητα και την συγκολλησιμότητα του χάλυβα. Η προσθήκη Mn συμβάλει στην σημαντική αύξηση της εμβαπτότητας του χάλυβα.
- Πυρίτιο (Si): Το στοιχείο αυτό προστίθεται για την αποξείδωση του χάλυβα. Στους πλήρως καθησυχασμένους χάλυβες το Si ανέρχεται έως το 0.6%, ενώ στους ημικαθησυχασμένους η περιεκτικότητα είναι μικρότερη. Υψηλές περιεκτικότητες σε Si οδηγούν σε μείωση της κατεργασιμότητας του χάλυβα.
- Φώσφορος (P): Η παρουσία του μετά από ένα συγκεκριμένο όριο οδηγεί στη μείωση της ολκιμότητας και δυσθραυστότητας, ιδιαίτερα της αντοχής σε κρούση, κυρίως σε χάλυβες βαφής και επαναφοράς. Στους χάλυβες μηχανουργικής κατεργασίας αποφέρει καλύτερα αποτελέσματα όπου κατά την τόννευση ή το φρεζάρισμα διευκολύνεται ο διαμερισμός του αποβλήτου με συνέπεια την βελτίωση της κατεργασιμότητας.
- Θείο (S): Προκαλεί μείωση της ολκιμότητας, της δυσθραυστότητας, της αντοχής σε κρούση και της συγκολλητότητας. Υποβαθμίζει την κατεργασιμότητα ενώ η παρουσία του αυξάνει την τάση ρωγμάτωσης κατά την βαφή των χαλύβων. Στους χάλυβες η περιεκτικότητα σε θείο πρέπει να παραμένει κάτω από 0.05% για να παραμένει η τάση.
- Χρώμιο (Cr): Ισχυρό καρβιδιογόνο στοιχείο. Τα καρβίδια του χρωμίου αυξάνουν την σκληρότητα και τις αντιτριβικές ιδιότητες του χάλυβα. Για τον λόγο αυτό το συναντάμε στους εργαλειοχάλυβες. Το χρώμιο αυξάνει την εμβαπτότητα και την αντοχή σε οξείδωση αλλά και διάβρωση. Σε συνδυασμό με το νικέλιο αποτελεί το σημαντικότερο κραματικό στοιχείο των ανοξείδωτων και των πυρίμαχων χαλύβων.
- Νικέλιο (Ni): Αυξάνει την δυσθραυστότητα και την ολκιμότητα των χαλύβων ενώ προκαλεί μείωση της θερμοκρασίας μεταβάσεως από την όλκιμη στην ψαθυρή συμπεριφορά θραύσεως. Σε περιεκτικότητες πάνω από 7% σταθεροποιεί την ωστενιτική δομή και σε θερμοκρασία δωματίου αποτελώντας ένα σημαντικό στοιχείο των ανοξείδωτων χαλύβων.
- Μολυβδαίνιο (Mo): Είναι κι αυτό ένα ισχυρό καρβιδιογόνο στοιχείο που αυξάνει την εμβαπτότητα των χαλύβων. Τα καρβίδια του μολυβδαινίου σχηματίζονται κατά την επαναφορά μετά τη βαφή και προκαλούν την δευτερογενή σκλήρυνση του χάλυβα. Η προσθήκη Mo στους ανοξείδωτους χάλυβες οδηγεί σε περαιτέρω αύξηση της αντοχής στην διάβρωση.
- W, V, Ti, Nb (Βολφράμιο, Βανάδιο, Τιτάνιο, Νιόβιο): Καρβιδιογόνα στοιχεία, τα οποία συντελούν στην αύξηση της σκληρότητας και της αντοχής με τον σχηματισμό καρβιδίων ενώ περιορίζουν την ανάπτυξη των κόκκων σε υψηλές θερμοκρασίες. Τα V, Nb και Ti αποτελούν κύρια συστατικά των χαμηλά κραματομένων χαλύβων υψηλής αντοχής.
- Άζωτο (N): Το άζωτο είναι μαζί με τον άνθρακα τα κραματικά στοιχεία παρεμβολής στους χάλυβες. Αυξάνει την σκληρότητα και την αντοχή ενώ παράλληλα μειώνει την ολκιμότητα. Στους χάλυβες εναζωτώσεως χρησιμοποιείται για την αύξηση της επιφανειακής σκληρότητας. Στους πλήρως καθησυχασμένους χάλυβες σχηματίζει διασπορά νιτριδίων AlN και παρεμποδίζουν την ανάπτυξη των κόκκων.

- Κοβάλτιο (Co): Είναι το μοναδικό στοιχείο που μειώνει την εμβαπτότητα των χαλύβων, δεν σχηματίζει καρβίδια και έχει μειωμένη επίδραση στην σκληρότητα του χάλυβα. Η κύρια δράση του είναι να παρεμποδίσει την αποκατάσταση των αταξιών και την ανάπτυξη των κόκκων κατά την ανόπτηση ή την επαναφορά του χάλυβα. Συμβάλει στην διατήρηση της μηχανικής αντοχής σε υψηλές θερμοκρασίες και χρησιμοποιείται σε ταχυχάλυβες, διαμορφωτικά εργαλεία και πυρίμαχους χάλυβες.

Παραδείγματα κατασκευών με βάση αυτά τα στοιχεία όπως φαίνεται στις εικόνες 1,2.



Εικόνα 1



Εικόνα 2

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4<sup>ο</sup>

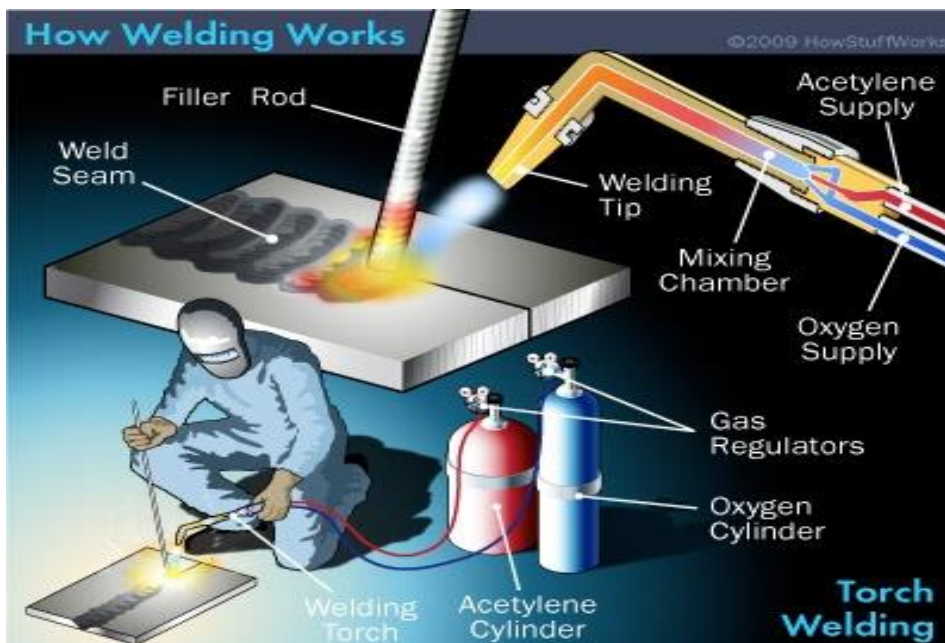
## ΤΕΧΝΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΚΟΙΝΟΥ ΧΑΛΥΒΑ

### 4.1 ΓΕΝΙΚΑ

Οι συγκολλήσεις διακρίνονται κυρίως όπως παρακάτω αναφέρεται είτε έχουμε να αντιμετωπίσουμε ίδιας σύστασης υλικού εναπόθεσης με μέταλλο βάσης (ομοειδής συγκολλήσεις) είτε διαφορετικής σύστασης υλικού εναπόθεσης με μέταλλο βάσης (ετεροειδής συγκολλήσεις).

**4.2 Συγκολλήσεις τήξης:** Σε αυτήν την κατηγορία τα μεταλλικά τεμάχια τα οποία πρόκειται να συγκολληθούν θα πρέπει να είναι από το ίδιο μέταλλο ή κράμα της ίδιας ή παρόμοιας χημικής σύστασης. Δίνονται να είναι είτε ομοειδής είτε ετεροειδής και διακρίνονται όπως παρακάτω φαίνονται.

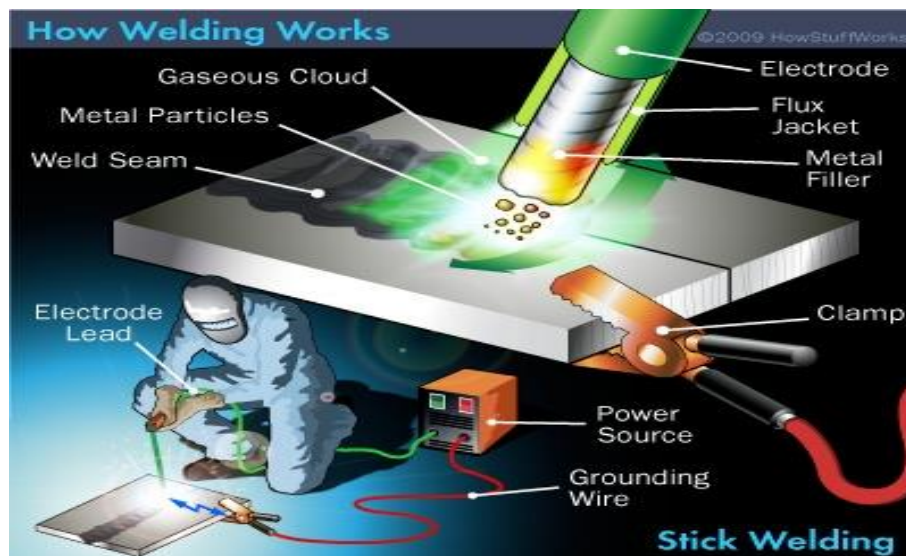
**4.2.1 Συγκόλληση φλόγας:** Η μέθοδος χρησιμοποιεί ένα καύσιμο αέριο κυρίως ασετιλίνη και το οξυγόνο, μπορεί να εκτελεστεί είτε με υλικό εναπόθεσης είτε χωρίς αυτό είναι όμως απαραίτητο να ρυθμιστεί σωστά η φλόγα σε μορφή ουδέτερη ανθρακωτική η οξειδωτική κατά περίπτωση. Η μέγιστη απόδοση της ανέρχεται στους 3100 °C με χρήση της ασετιλίνης ως καύσιμου αερίου.



### 4.2.2

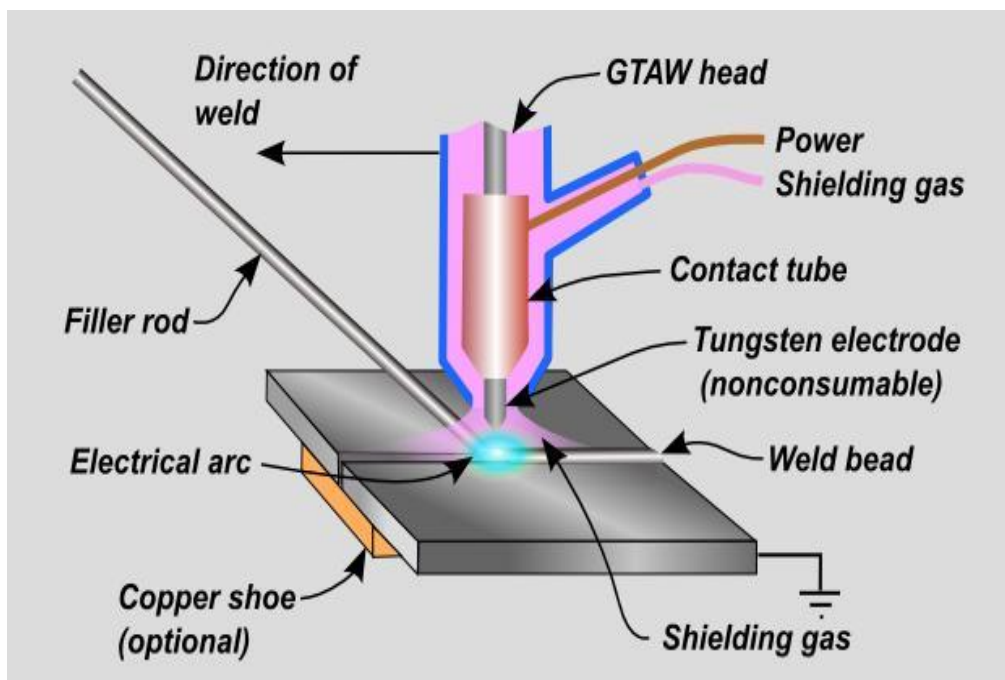
**Συγκόλληση κοινού ηλεκτροδίου ή τόξου ή ηλεκτροσυγκόλληση:** Αυτή η μέθοδος στηρίζεται στην δημιουργία ηλεκτρικού τόξου ανάμεσα στο μέταλλο βάσης, που θέλουμε να συγκολληθεί και σε ένα ηλεκτρόδιο που είναι ταυτόχρονα και συγκολλητικό μέσο. Είναι μία

ευρύτατα διαδεδομένη πολύ γνωστή παλιά τεχνική που όμως χρησιμοποιείτε αποκλειστικά με το χέρι.



#### 4.2.3 Συγκολλήσεις αδρανούς ατμόσφαιρας.

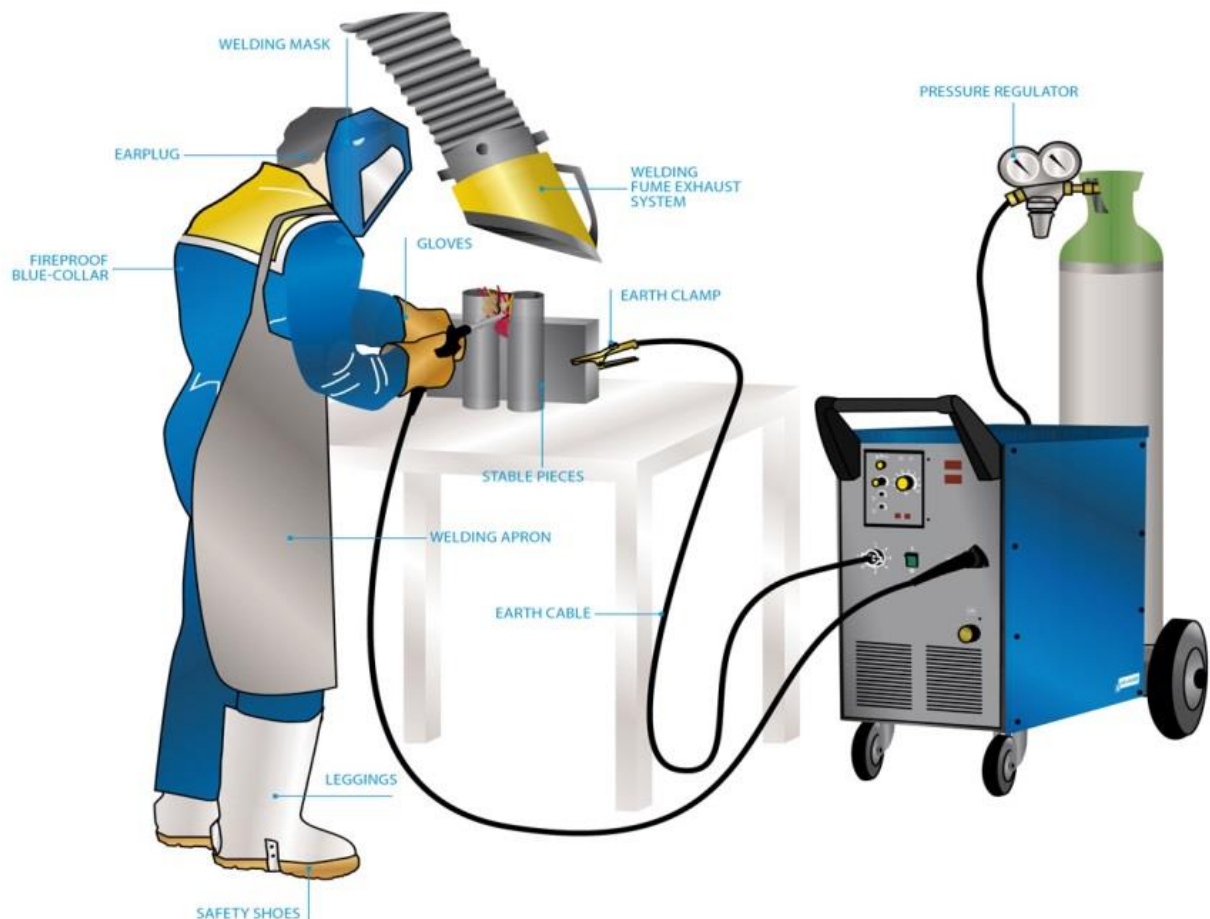
- Συγκόλληση T.I.G : Συνήθως σε αυτή τη μέθοδο το ηλεκτρόδιο είναι από Βολφράμιο και για να αυξηθούν οι ηλεκτρικές του ιδιότητες προστίθενται Θόριο και Ζιρκόνιο. Επιπλέον το ηλεκτρόδιο συμμετέχει στη συγκόλληση μόνο για να διατηρεί το ηλεκτρικό τόξο και χρησιμοποιείται ως αδρανές αέριο το Αργό ή το Ήλιο ή μείγμα των δύο αερίων.





- Συγκόλληση M.I.G :Στη μέθοδο αυτή το συγκολλητικό υλικό είναι το ηλεκτρόδιο το οποίο καταναλώνεται και τροφοδοτείται στη συγκόλληση από μία πομπίνα σύρματος. Το αέριο που χρησιμοποιείται είναι αργόν ή μείγμα αργού με άλλα αδρανή αέρια. Το ηλεκτρόδιο στη συγκόλληση M.I.G. συνδέεται στο θετικό πόλο, σε αντίθεση με το ηλεκτρόδιο στη μέθοδο T.I.G., που συνδέεται στον αρνητικό πόλο.
- Συγκόλληση M.A.G: Στην συγκόλληση M.A.G. χρησιμοποιούνται κυρίως μείγματα δραστικών και αδρανών αερίων. Τα δραστικά αέρια είναι κυρίως το διοξείδιο του άνθρακος CO<sub>2</sub> το O<sub>2</sub>, το N και το H<sub>2</sub>. Η μέθοδος λειτουργεί με βραχυκυκλωμένο τόξο όπου ο θετικός πόλος συνδέεται με τη λαβίδα κι ο αρνητικός με το μέταλλο βάσης.

### Correct and safe electric welding station



- Συγκόλληση Plasma: Η τεχνική συγκόλλησης πλάσματος διακρίνεται από την παρουσία πλασμαγενούς αερίου το οποίο παρουσία ηλεκτρικού τόξου υψηλής συχνότητας ρεύματος που αναπτύσσεται μεταξύ ηλεκτροδίου και ακροφυσίου της λαβίδας δημιουργεί την δέσμη πλάσματος η οποία εξερχόμενη αποδίδει την ενέργεια της στο μέταλλο βάσης και από την παρουσία αδρανούς ατμόσφαιρας προστασίας της εκτελούμενης ραφής.



### 4.3 Συγκολλήσεις αντίστασης

4.3.1 Ηλεκτροπόντα - Ηλεκτροραφή: Είναι μια συγκόλληση στην οποία δε γίνεται χρήση συγκολλητικού υλικού. Τα προς συγκόλληση τεμάχια δέχονται από την πηγή τροφοδοσίας της μηχανής ρεύμα υψηλής συχνότητας 1000 ~ 3000 Hz με παράλληλη ασκούμενη πίεση μεταξύ τους. Η συγκόλληση πραγματοποιείται εξαιτίας της υψηλής θερμοκρασίας που αναπτύσσετε στα προς σύνδεση τεμάχια λόγω της αντίστασης διέλευσης του ρεύματος που αυτά προβάλλουν. Όταν οι εκκενώσεις ρεύματος εκτελούνται κατά μικρά χρονικά διαστήματα αυτή ονομάζεται ηλεκτροραφή και πραγματοποιείται με χρήση ράουλων εντός των οποίων οδηγούνται τα προς σύνδεση τεμάχια, ενώ όταν το ρεύμα υψηλής συχνότητας όταν τα χρονικά διαστήματα του ρεύματος είναι μεγαλύτερα έχουμε την ηλεκτρόποντα.



## 4.4 Συγκολλήσεις ακτινοβολίας

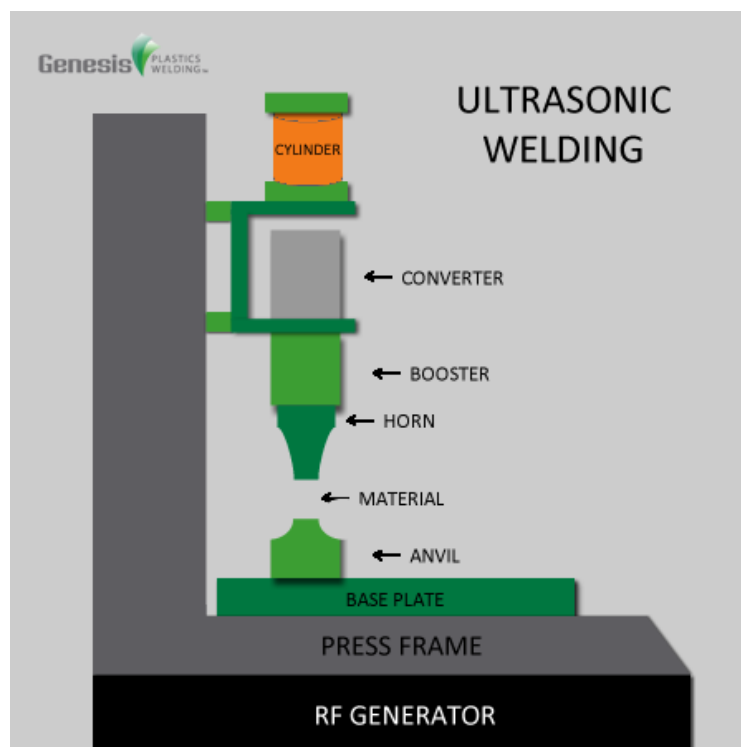
4.4.1 Laser: Η συγκόλληση αυτή επιτυγχάνεται από την θερμοκρασία που αναπτύσσεται, όταν η δέσμη ακτίνων Laser προσπίπτει πάνω στα προς σύνδεση τεμάχια. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για την συγκόλληση όλων ανεξαιρέτα των υλικών μικρού ή μεγάλου πάχους και για όλες τις θέσεις συγκόλλησης. Η μέθοδος προσδίδει δέσμη υψηλής ενεργειακής πυκνότητας και εντελώς παράλληλη, πράγμα που εμποδίζει τις παραμορφώσεις στα προς σύνδεση μέρη.



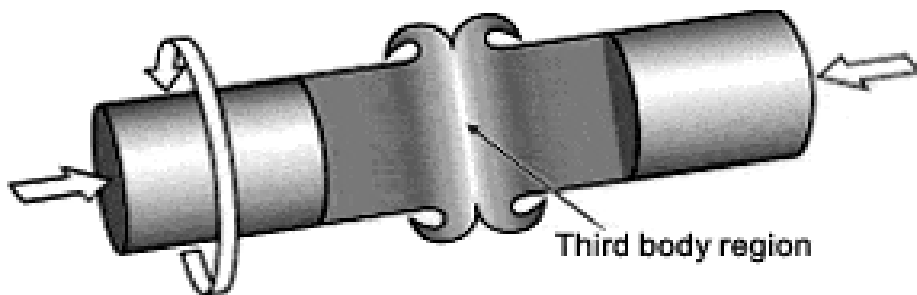
4.4.2 Συγκόλληση δέσμης ηλεκτρονίων: Η μέθοδος σε αντίθεση από ότι συμβαίνει στις μηχανές ανοιχτού ηλεκτρικού τόξου χαρακτηρίζεται από υψηλή διεισδυτικότητα όμοια αυτής της μεθόδου laser με ελάχιστες παραμορφώσεις των προς σύνδεση μερών.



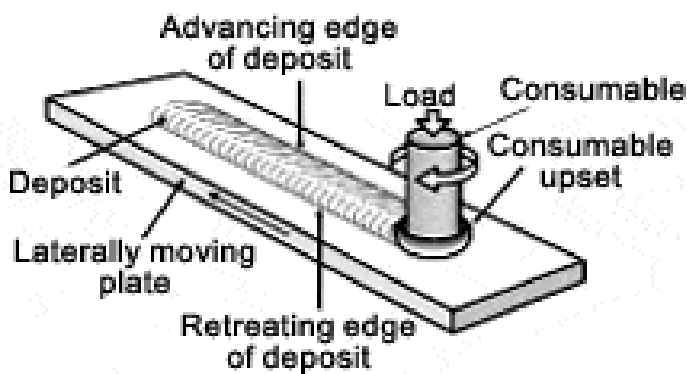
4.5 Συγκόλληση υπερήχων: Η συγκόλληση αυτή χρησιμοποιείται για τη σύνδεση μετάλλων, όπως είναι ο χαλκός, το νικέλιο, το αλουμίνιο. Στη μέθοδο αυτή τα τεμάχια συνδέονται μεταξύ τους μέσω πίεσης με ταυτόχρονη ταλάντωση υψηλής συχνότητας. Η ταλάντωση αυτή προκαλεί αύξηση της θερμοκρασίας στη θέση συγκόλλησης και η πίεση ανάμεσα στα κομμάτια δημιουργεί την τελική σύνδεση.



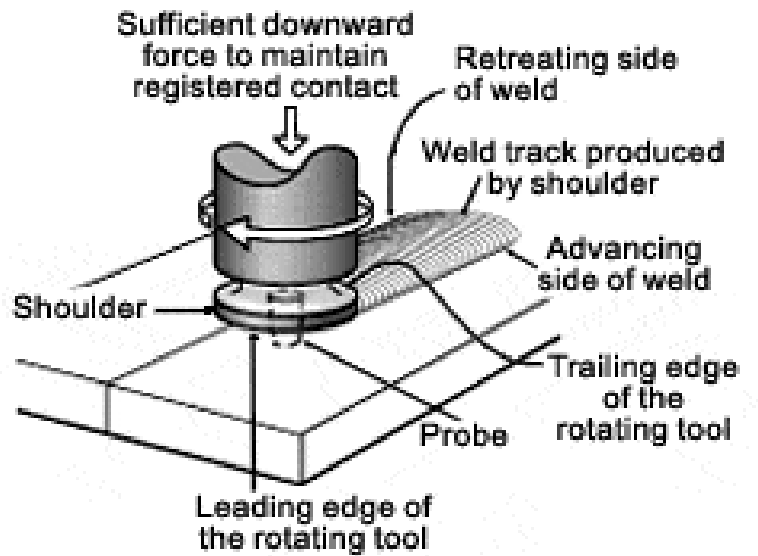
4.6 Συγκόλληση τριβής : Η συγκόλληση αυτή επιτυγχάνεται με την τριβή δύο τεμαχίων δηλαδή με την θερμότητα που αναπτύσσεται από την τριβή τους ενός πάνω στο άλλο. Η περιστροφή πραγματοποιείται με μεγάλη ταχύτητα και το φαινόμενο της θερμότητας είναι έντονο.



(a) Rotary friction welding



(b) Friction surfacing



(c) Friction stir welding

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5<sup>0</sup>

## ΣΥΓΚΡΟΤΗΣΗ ΤΗΣ ΜΗΧΑΝΗΣ ΣΥΡΜΑΤΟΣ

### 5.1 Χαρακτηριστικά μηχανής σύρματος KEMPRİ 4000

Κατά την εκτέλεση της εργασίας αυτής χρησιμοποιήθηκε η μηχανή σύρματος Kemprı 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.

#### 5.5.1 Γενικά:

Η μηχανή συγκόλλησης Kemprı 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. Επίσης οι παράμετροι της ηλεκτροσυγκόλλησης MIG, MAG είναι οι εξής : το είδος του σύρματος, η ένταση του ρεύματος, το ύψος του τόξου και η ταχύτητα κίνησης του σύρματος (της λαβίδας).

### 5.2 Εγκατάσταση μηχανής:

Ανάλυση μεταφοράς και χωροθέτησης μηχανήματος.

5.2.1 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.

5.2.2 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  $25^{\circ}$  C όπως από την έκθεση ηλιακής ακτινοβολίας.

5.2.3 Σύνδεση με το δίκτυο ρεύματος: Η σύνδεση και αλλαγή του καλωδίου τροφοδοσίας και του βύσματος πρέπει να γίνεται μόνο από έμπειρο ηλεκτρολόγο, η εν λόγο μηχανή Kemprı 4000

είναι εξοπλισμένη με καλώδιο τροφοδοσίας 5 μέτρων και σύμφωνα με τη σήμανση HORN – F του προτύπου CENELEC HD 22.

5.2.4 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 στον παρακάτω πίνακα.

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

5.2.5 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 η θερμοκρασία περιβάλλοντος είναι 25 ° C και η θερμοκρασία του αγωγού είναι 85 ° C.

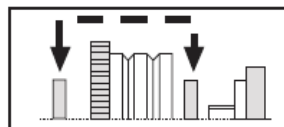
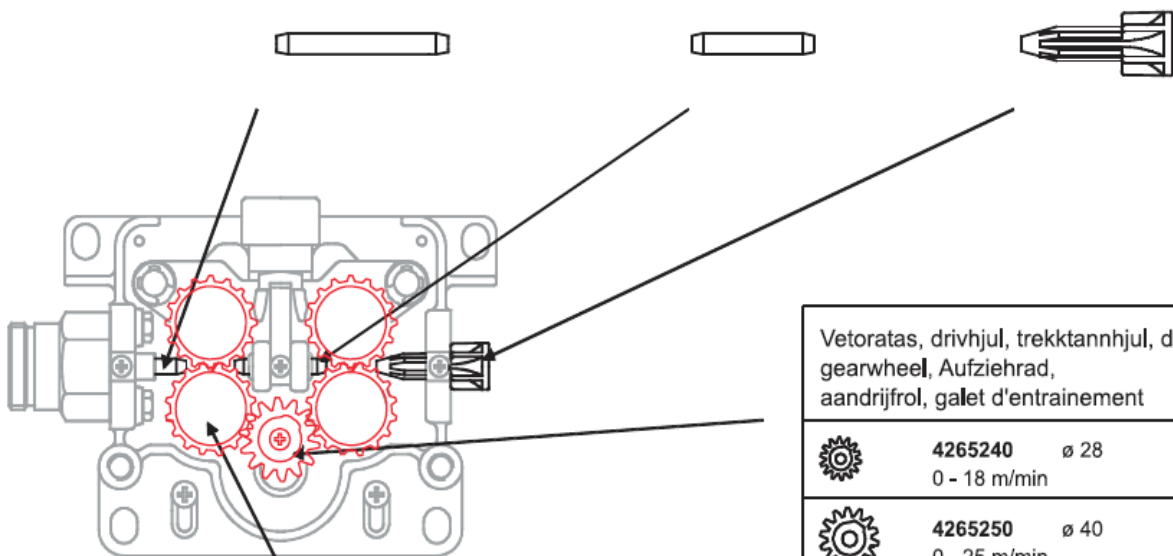
Kempomat 4000	
Διατομή καλωδίου κύκλος Duty	απώλεια ED Τάση / 10 m Cu 100% 60% 40% για το 100 A
50 mm <sup>2</sup>	285 A 370 A 450 A 0.35 V
70 mm <sup>2</sup>	355 A 460 A 560 A 0.25 V




Μην υπερφορτώνετε καλώδια συγκόλλησης πάνω επιτρεπόμενες τιμές λόγω των απωλειών τάσης και θέρμανσης. Στερεώστε τον τύπο γείωσης της επιστροφής ρεύματος καλώδιο προσεκτικά, κατά προτίμηση απευθείας πάνω στο τεμάχιο που πρόκειται να συγκολληθεί.

5.3 Τροφοδότης μηχανισμού: Είναι το σύστημα το οποίο παρέχει την τροφοδοσία του υλικού εναπόθεσης από την πομπίνα, όπου είναι τυλιγμένο το υλικό, προς τη λαβίδα.

### 5.3.1 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



		<table border="1"> <tr> <td>0.6 mm</td> <td>0.8 mm 0.030"</td> <td>0.9-1.0 mm 0.035"</td> <td>1.2 mm 0.045-52"</td> <td>1.4-1.6 mm 1 / 16"</td> <td>2.0 mm (5 / 64)</td> </tr> </table>						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)
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	—								



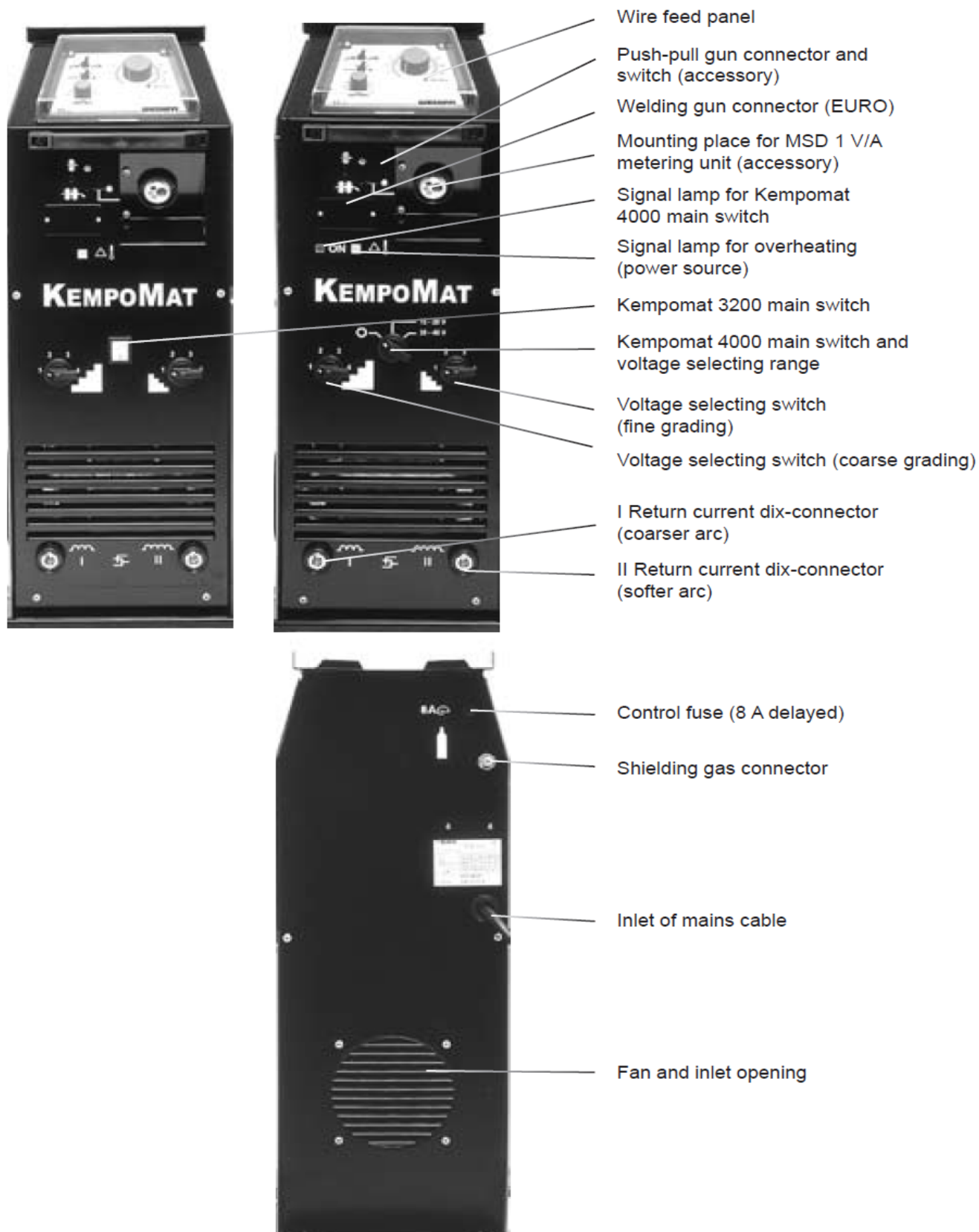
Ο τροφοδότης μηχανισμός αυτής της μηχανής περιλαμβάνει δύο ζεύγη ράουλων κατάλληλα για διατομές υλικού εναπόθεσης 0.6-0.8 mm χρώματος λευκού /1-1.2 mm χρώματος κόκκινου και 1.4-1.6 mm χρώματος κίτρινου ,περιλαμβάνει ακόμα ένα κινητήριο οδοντωτό τροχό συνθετικού υλικού διαμέτρου Φ28mm ο οποίος περιστρέφεται 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 ενδείκνυνται να χρησιμοποιείται για σύρματα αλουμινίου.

5.3.2 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).

5.3.3 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 .

5.3.4 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 ελέγχου 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



Τα χαρακτηριστικά της μηχανής διακρίνονται στην παραπάνω εικόνα :  
Οι κύριοι διακόπτες της μηχανής

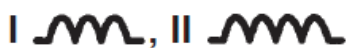
1. Οι δευτερεύοντες διακόπτες
2. Το πάνελ διακοπόμενης ή μη λειτουργίας και ρύθμισης της Vd
3. Διάφορες λυχνίες
4. Οι υποδοχές του ακροδέκτη της λαβίδας για την εναλλαγή της συχνότητας του ρεύματος εξόδου
5. Η έξοδος του αέρα ψύξης
6. Η θέση της ασφάλειας προστασίας του μηχανήματος
7. Η πράσινη ενδεικτική 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

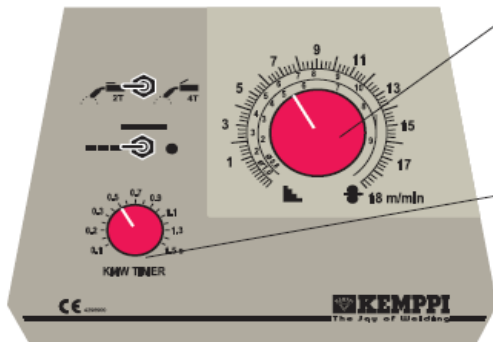
#### 5.4.1 Ρύθμιση συχνότητας ρεύματος συγκόλλησης I, II



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.

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

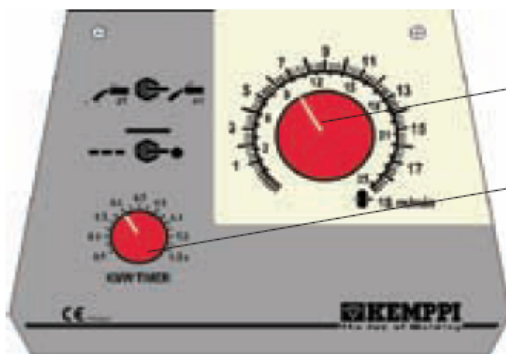
**Kempomat 2500**



Adjustment potentiometer for wire feed

KMW timer  
continuous/hold  
continuous/spot/cycle arc welding  
spot or cycle time

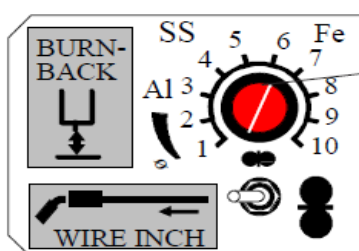
**Kempomat 3200, 4000**



Adjustment potentiometer for wire feed

KMW timer  
continuous/hold  
continuous/spot/cycle arc welding  
spot or cycle time

### 4.3. WIRE FEEDER UNIT

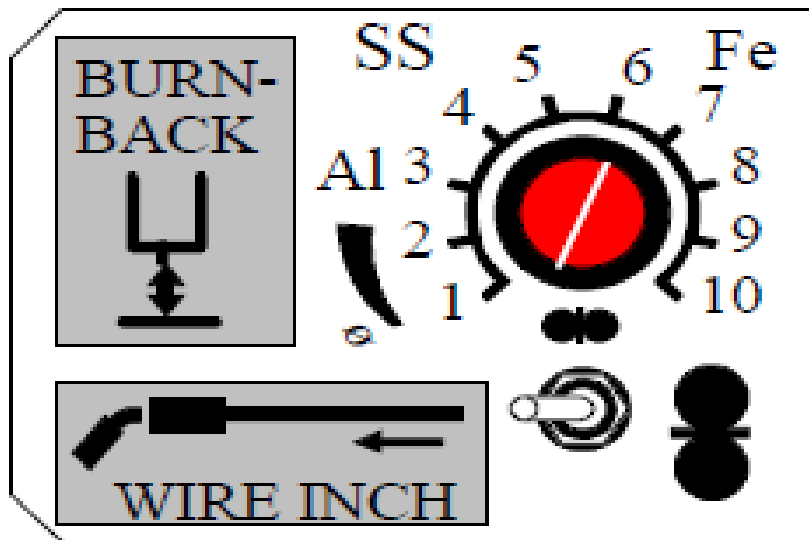


Burn back time (according to filler material and wire feed)

Wire inch switch (wire feed into gun)

### 5.4.3 Λειτουργίες διακόπτη :

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.



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 .

#### 5.4.4 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 διακοπόμενη λειτουργία .

#### 5.4.5 Αέριο 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 .



## 5.4.6 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<sup>ο</sup>

## ΠΡΟΣΤΑΤΕΥΤΙΚΑ ΑΕΡΙΑ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ MIG, MAG

### 6.1 Γενικά

- 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.

#### 6.1.1 Χρήση αερίων στη συγκόλληση MIG, MAG

- Στη μέθοδο MIG τα αδρανή αέρια τα οποία χρησιμοποιούνται είναι το αργόν, Ar και το ήλιο, 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.

#### 6.1.2 Προστατευτικά αέρια

Ιδιότητες προστατευτικών αερίων για τη χρήση συγκόλλησης MIG - MAG					
Αέριο	Χημικό σύμβολο	Μοριακό βάρος (g/mol)	Ειδικό βάρος σε σχέση με τον αέρα σε 1 ατμ. Και 0°C	Πυκνότητα (g/L)	Δυναμικό Ιονισμού (eV)
Αργόν	Ar	39.95	1.38	1.784	15.7
Διοξείδιο άνθρακα	CO <sub>2</sub>	44.01	1.53	1.978	14.4
Ήλιο	He	4.00	0.1368	0.178	24.5
Υδρογόνο	H <sub>2</sub>	2.016	0.0695	0.090	13.5
Άζωτο	N <sub>2</sub>	28.01	0.967	1.25	14.5
Οξυγόνο	O <sub>2</sub>	32.00	1.105	1.43	13.2

Το Ar είναι βαρύτερο και προσφέρει μεγαλύτερη προστασία από το He.



### 6.1.3 Αέρια προστασίας

- 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

### 6.1.4 Φύλαξη του αερίου στην φιάλη και μεταφορά προς τη λαβίδα συγκόλλησης

Ο πρόσθετος εξοπλισμός που απαιτείται για την προστασία με αέριο περιλαμβάνει τη φιάλη με το αέριο και ένα ρυθμιστή ροής της παροχής του αερίου.

### 6.1.5 Ρυθμιστής ροής αερίων:

Με μανόμετρο υψηλής και χαμηλής πίεσης, με μανόμετρο υψηλής πίεσης και ροόμετρο. Τα αδρανή αέρια είναι το αργόν (Ar) και το ήλιον (He). Τα ενεργά αέρια είναι το διοξείδιο του άνθρακα (CO<sub>2</sub>) το οξυγόνο (O<sub>2</sub>) και το σπανιότερα το άζωτο. Τα πλέον συνηθισμένα προστατευτικά αέρια είναι το αργόν και το CO<sub>2</sub>. Το CO<sub>2</sub> είναι ενεργό, επειδή σε μεγάλες θερμοκρασίες διασπάται σε μονοξείδιο του άνθρακα (CO) και σε οξυγόνο. Ενεργά αέρια είναι και οι συνδυασμοί αδρανών και ενεργών αερίων. Πολύ διαδεδομένη είναι η χρήση αερίων με 75%-80% αργόν και 20-25% CO<sub>2</sub>. Η λειτουργία των αερίων είναι να προστατεύουν τη συγκόλληση από την ατμόσφαιρα, δημιουργώντας γύρω από αυτήν ένα προστατευτικό περιβάλλον.

### 6.1.6 Η επίδραση των αερίων στο τόξο και στο βάθος διείσδυσης:

- Το CO<sub>2</sub> προκαλεί βαθιά διείσδυση και επιτρέπει τη συγκόλληση οξειδωμένων επιφανειών.
- Το αργόν (Ar) περιορίζει στο ελάχιστο τα πιτσιλίσματα και έτσι επιτρέπει στον ηλεκτροσυγκολλητή να κάνει ποιοτικές ραφές.
- Η προσθήκη CO<sub>2</sub> στο αργόν σταθεροποιεί το τόξο.
- Η προσθήκη μικρού ποσοστού οξυγόνου στο αργόν (1-2%) σταθεροποιεί το τόξο και χρησιμοποιείται κυρίως στους ανοξειδωτους χάλυβες.
- Η προσθήκη ηλίου στο αργόν αυξάνει τη θερμοκρασία του τόξου και βελτιώνει τη διείσδυση.

## 6.2 Συμβολισμός και εφαρμογές προστατευτικών αερίων

Τα αέρια που χρησιμοποιούνται στη MIG / MAG είναι πολλά:

Αυτά που έχουν ευρεία χρήση είναι τα εξής τέσσερα:

Αργόν (Ar), Ήλιον (He), CO<sub>2</sub>, Ar + 20-25% CO<sub>2</sub> και Ar + 1-3% O<sub>2</sub>.

Το καθένα από τα μείγματα έχει συγκεκριμένο συμβολισμό, όπως φαίνεται και στον πίνακα (6-1).

Το ISO-14175 περιγράφει όλα τα αέρια των ηλεκτροσυγκολλήσεων οπότε:

- Με το «I» συμβολίζονται τα αδρανή αέρια,
- Με το «C» τα μείγματα του CO<sub>2</sub>
- Με το «M» τα ενεργά μείγματα που βασίζονται στο Ar. Στο ISO-14341, το οποίο αναφέρεται στα υλικά εναπόθεσης ηλεκτροσυγκόλλησης.

Οι συμβολισμοί των C1, M13, M21 απλοποιούνται αντίστοιχα σε C, A, M και με αυτά τα σύμβολα υπεισέρχονται στην περιγραφή των υλικών εναπόθεσης. Τα αέρια Ar, He και Ar+He (τα I1, I2, I3) δε χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση χαλύβων με MIG / MAG.

Αέριο	ISO – 14175	ISO - 14341
Ar	I1	-
He	I2	-
Ar + He	I3	-
CO <sub>2</sub>	C1	C
Ar + 1-3% O <sub>2</sub>	M13	A
Ar + 20-25% CO <sub>2</sub>	M21	M

Πίνακας 6-1: Συμβολισμός των προστατευτικών αερίων

### 6.3 Εφαρμογές των διαφόρων αερίων :

- Στις συγκολλήσεις αλουμινίου, είτε πρόκειται για TIG είτε για MIG, χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά το Ar και σε μερικές εφαρμογές το μείγμα Ar με He.
- Στις συγκολλήσεις ανοξείδωτων χαλύβων χρησιμοποιείται το Ar + 1-3% O<sub>2</sub> (συνήθως όμως το O<sub>2</sub> δεν υπερβαίνει το 2%). Εναλλακτικά, μπορεί να χρησιμοποιηθεί Ar + 3%CO<sub>2</sub>.
- Στις συγκολλήσεις MIG / MAG ή FCAW, των ανθρακούχων χαλύβων ή των ελαφρά κραματωμένων χαλύβων, όταν επιδιώκουμε να έχουμε βαθιά διείσδυση, χρησιμοποιείται το CO<sub>2</sub>. Για ομαλή συγκόλληση με πολύ σταθερό τόξο, καλή εμφάνιση και με ελάχιστα πιτσιλίσματα, προτιμότερο είναι ένα μείγμα του Ar με 20-25% CO<sub>2</sub> ή με 1-3% O<sub>2</sub>. Δε χρησιμοποιείται καθαρό Ar, επειδή η συγκόλληση αυτών των χαλύβων απαιτεί την παρουσία και κάποιας ποσότητας ενεργού αερίου.

Στην παρακάτω εικόνα διακρίνονται τρεις φιάλες διαφορετικών αερίων.



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7<sup>ο</sup>

## ΥΛΙΚΑ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ ΤΗΣ ΜΕΘΟΔΟΥ- ΚΑΝΟΝΙΣΜΟΙ

### 7.1 Τα υλικά εναπόθεσης της συγκόλλησης MIG, MAG

Ο τεχνικός πρέπει να γνωρίζει άριστα την τυποποίηση των αναλώσιμων υλικών. Ένας καλός τεχνικός συγκολλήσεων δεν είναι αυτός που ξέρει μόνο να κολλάει καλά, αλλά που ξέρει και να επιλέγει το κατάλληλο κατά περίπτωση υλικό. Η τυποποίηση που ισχύει στην χώρα μας είναι κατά ISO, EN και ΕΛΟΤ. Πρακτικά στην τεχνολογία των ηλεκτροσυγκολλήσεων είναι διαδεδομένη και απλή τυποποίηση κατά AWS. Ο τεχνικός συγκολλήσεων θα πρέπει να γνωρίζει την τυποποίηση των υλικών εναπόθεσης και των ράβδων τόσο κατά AWS όσο και κατά ISO. Στις συγκολλήσεις που γίνονται κάτω από προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου δεν έχουμε πολλά είδη αναλωσίμων υλικών, υπάρχει μόνο ένας σχετικά μικρός αριθμός διαφορετικών υλικών που χρησιμοποιούνται σε συνδυασμό με τα διάφορα αέρια.

Ένα είδος σύρματος ευρύτατα χρησιμοποιούμενος στους ανθρακούχους χάλυβες είναι:

- Για τη MIG/MAG: Το G3Si1 που έχει  $\pi(\text{Mn})=1,5\%$  ( $3 \times 0,5=1,5\%$ ) και  $\pi(\text{Si})=1\%$ , με αντίστοιχη ονομασία κατά AWS την ER70S-6.

#### 7.1.1 Τα υλικά που συγκολλούνται σε ατμόσφαιρα προστατευτικού αερίου

Πεδίο εφαρμογής	Σε προστατευτική ατμόσφαιρα αερίου			Χωρίς προστασία αερίου		
	MIG MAG	TIG	FCAW Με αέριο	FCAW Χωρίς αέριο	MMA	Οξυγονο- ασετιλίνη
Λεπτά ελάσματα	Ναι	Άριστη	Όχι	Όχι	Όχι	Άριστη
Ανθρακούχοι χάλυβες	Άριστη	Άριστη	Άριστη	Άριστη	Άριστη	Ναι
Ανοξείδωτοι χάλυβες	Ναι	Ναι	Ναι	Ναι	Άριστη	Ναι
Χυτοσίδηρος	Όχι	Όχι	Όχι	Όχι	Άριστη	Ναι
Αλουμίνιο	Άριστη	Άριστη	Όχι	Όχι	Μάλλον όχι	Ναι
Παραγωγικότητα	Άριστη	Μικρή	Άριστη	Άριστη	Μέτρια	Μικρή
Χρήση σε ανοικτό χώρο	Όχι	Όχι	Όχι	Άριστη	Άριστη	Ναι

Πίνακας 7-1 : Πεδίο εφαρμογής των διαφόρων ειδών συγκόλλησης

## 7.2 ΑΛΛΑ ΥΛΙΚΑ ΕΝΑΠΟΘΕΣΗΣ:

Παρακάτω αναφέρονται τα τυποποιημένα υλικά εναπόθεσης αυτής της μεθόδου.

### 7.2.1 Υλικά για αναγόμωση και αναγέννηση

Ορισμός και περιγραφή	Ταξινόμηση	Ιδιότητες	Χημική σύνθεση [%]	Διάμετροι
<b>MOST F-200 K</b> Αναγόμωση ανθεκτική σε διάβρωση, θερμοκρασία και θερμικό σοκ έως την θερμοκρασία των 850°C. Λόγω της υψηλής επιμήκυνσης (40%), είναι κατάλληλο για χρήση ως πρώτη στρώση βάσης πριν από την αναγόμωση σκλήρυνσης και για τη σύνδεση ανόμοιων χαλύβων και δύσκολα συγκολλούμενων χαλύβων. Παράδειγμα χρήσης: ψαλίδια, στοιχεία θραυστήρων, ράουλα, ράγες, κρουστικά	DIN 8555: MF 8-200- CKNPZ EN 14700: T Fe 10-200- CKNPZ	Σκληρότητα: 180-200/400 HB	C=0,1 Si=0,4 Mn=6,0 Cr=19,0 Ni=8,5 Fe-υπόλοιπο	1,6 mm 2,4 mm
<b>MOST F-240 K</b> Κατάλληλο για την συγκόλληση στοιχείων από μαγγανιούχους χάλυβες (τύπου „Hadfield”) εκτεθειμένων σε μεγάλες κρούσεις. Η αναγόμωση είναι μη μαγνητική, ελεύθερη από ρωγμές και σκληραίνει κατά τη συμπίεση. Παράδειγμα χρήσης: Σιαγόνες θραυστήρων, στοιχεία σιδηροδρόμων, κουβάδες εκσκαφέων, στοιχεία από μαγγανιούχο χάλυβα.	DIN 8555: MF 7-200- KNP EN 14700: T Fe 9-250- KNP	Σκληρότητα: 200– 230/450 HB	C=1,0 Si=0,4 Mn=14,0 Cr=4,0 Ni=0,6 Fe- υπόλοιπο	1,6 mm 2,4 mm
<b>MOST F-250 K</b> Υψηλά μαγγανιούχος και χρωμιούχος αναγόμωση ανθεκτική σε διάβρωση, μη μαγνητική με μεγάλη πλαστικότητα. Χρησιμοποιείται ως πρώτη στρώση βάσης πριν από την αναγόμωση σκλήρυνσης (ειδικά στην επανάληψη της αναγέννησης των φθαρμένων στοιχείων). Αναγόμωση ανθεκτική στη συμπίεση, στις πιέσεις και στις κρούσεις.	DIN 8555: MF 7-250- KNP EN 14700: T Fe 9-2500- KNP	Σκληρότητα: 220– 250/500 HB	C=0,4 Si=0,4 Mn=16,0 Cr=14,0 Ni=1,2 Mo=0,6 V=0,2 Fe- υπόλοιπο	1,6 mm 2,4 mm
<b>MOST F-300</b> Χαμηλής κραμάτωσης, ελατή, ελεύθερη από ρωγμές αναγόμωση προορισμένη για την ανακατασκευή, ιδιαίτερα σε περιπτώσεις όπου απαιτούνται πολλαπλές στρώσεις. Δείγματα εφαρμογής: τροχοί ελκυστήρων, άξονες, γρανάζια.	DIN 8555: MF 1-300-P EN 14700: T Fe 1-300-P	Σκληρότητα: 280–325 HB	C=0,1 Si=0,5 Mn=2,0 Cr=1,5 Mo=0,4 Fe- υπόλοιπο	1,6 mm 2,4 mm

<p><b>MOST F-450</b> Επεξεργάσιμη, χαμηλής κραμάτωσης αναγόμευση, για τις πολυστρωματικές αναγομώσεις. Σε περίπτωση βασικού υλικού με υψηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα, είναι απαραίτητη η στρώση βάσης ή η προθέρμανση. Ενδεικτικές εφαρμογές: ζάντες, κρίκοι αλυσίδων.</p>	<p>DIN 8555: MF 3-45-PT EN 14700: T Fe 2-45-PT</p>	<p>Σκληρότητα: 42–45 HRC</p>	<p>C=0,2 Cr=4,5 Mo=0,3 V=0,2 Fe– υπόλοιπο</p>	<p>1,6 mm 2,4 mm</p>
<p><b>MOST F-601</b> Αναγόμευση υψηλής αντοχής σε τριβή και κρούσεις, διατηρεί υψηλή σκληρότητα σε θερμοκρασία έως 550°C. Για να αυξηθεί η σκληρότητα μπορεί να επεξεργαστεί θερμικά. Ενδεικτικές εφαρμογές: σφυριά, ράουλα, δόντια κουβάδων.</p>	<p>DIN 8555: MF 6-60-PT EN 14700: T Fe 6-60-PT</p>	<p>Σκληρότητα: 55–58 HRC</p>	<p>C=0,5 Si=1,0 Mn=3,0 Cr=6,0 Mo=1,6 V=1,5 W=1,0 Fe– υπόλοιπο</p>	<p>1,6 mm 2,4 mm</p>
<p><b>MOST F-WZ 50</b> Αναγόμευση προορισμένη για την αναγέννηση και την ανακατασκευή εργαλείων που δουλεύουν εν θερμώ. Επεξεργάσιμη, δεκτική θερμικής επεξεργασίας, διατηρεί σκληρότητα σε θερμοκρασία έως 550°C. Ενδεικτικές εφαρμογές: άξονες, σφυρήλατες μήτρες, μαχαίρια για την κοπή εν θερμώ</p>	<p>DIN 8555: MF 3-50-ST EN 14700: T Fe 3-50-ST</p>	<p>Σκληρότητα: 48–50 HRC</p>	<p>C=0,3 Cr=2,5 V=0,6 W=4,5 Fe– υπόλοιπο</p>	<p>1,2 mm 1,6 mm 2,4 mm</p>
<p><b>MOST F-WZ 59</b> Αναγόμευση ανθεκτική στην τριβή και στις υψηλές θερμοκρασίες, με τα χαρακτηριστικά του ταχυάλυβα, που προορίζεται για την ανακατασκευή και την παραγωγή εργαλείων που εργάζονται εν θερμώ και εν ψυχρώ. Ενδεικτικές εφαρμογές: στάμπες, μήτρες.</p>	<p>DIN 8555: MF 4-55-ST EN 14700: T Fe 4-55-ST</p>	<p>Σκληρότητα: 57–59 HRC</p>	<p>C=0,6 Cr=4,0 Mo=3,5 W=3,5 Fe– υπόλοιπο</p>	<p>1,2 mm 1,6 mm 2,4 mm</p>
<p><b>MOST F-59</b> Αναγόμευση με υψηλή περιεκτικότητα σε καρβίδια χρωμίου με υψηλή αντοχή στην τριβή και σε μέτριες κρούσεις. Ενδεικτικές εφαρμογές: γεωργικά εργαλεία, εκσκαφείς, κοχλιωτοί μεταφορείς.</p>	<p>DIN 8555: MF 10-60-GR EN 14700: T Fe 14-60-GR</p>	<p>Σκληρότητα: 59–61 HRC</p>	<p>C=5,0 Si=1,5 Cr=32,0 Fe– υπόλοιπο</p>	<p>1,6 mm 2,0 mm 2,4 mm 2,8 mm 3,2 mm</p>
<p><b>MOST F-64</b> Ανθεκτική σε υψηλή φθορά εξόρυξης σε υψηλές θερμοκρασίες, η αναγόμευση αυτή συνδυάζει σκληρή μαρτενσιτική μικροδομή με καρβίδια. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για την αναγόμευση μιας στρώσης χωρίς σημαντική απώλεια σκληρότητας. Ενδεικτικές εφαρμογές: βιομηχανία τσιμέντου και ορυκτών, πλινθοκεραμοποιεία.</p>	<p>DIN 8555: MF 10-65-GZ EN 14700: T Fe 16-65-GZ</p>	<p>Σκληρότητα: 62–64 HRC</p>	<p>C=3,8 Cr=22,0 V=0,8 W=0,8 Fe – υπόλοιπο</p>	<p>1,2 mm 1,6 mm 2,0 mm 2,4 mm 2,8 mm</p>

<p><b>MOST F-65</b> Αναγόμευση που περιέχει εξαιρετικά σκληρά καρβίδια. Σχεδιασμένο για την αναγόμευση στοιχείων εκτεθειμένων σε υψηλή φθορά εξόρυξης σε θερμοκρασία έως 650°C. Ενδεικτικές εφαρμογές: κώνοι μεγάλων καμίνων, μονάδες τήγματος, κοχλιοί μεταφορείς.</p>	<p>DIN 8555: MF 10-65- GZ EN 14700: T Fe 16-65- GZ</p>	<p>Σκληρότητα: 63–65 HRC</p>	<p>C=5,2 Cr=21,0 Mo=7,0 Nb=7,0 V=1,0 W=2,0 Fe – υπόλοιπο</p>	<p>1,6 mm 2,0 mm 2,4 mm 3,2 mm</p>
---	--	----------------------------------	--	--

### 7.2.2 Υλικά για χυτοσίδηρο

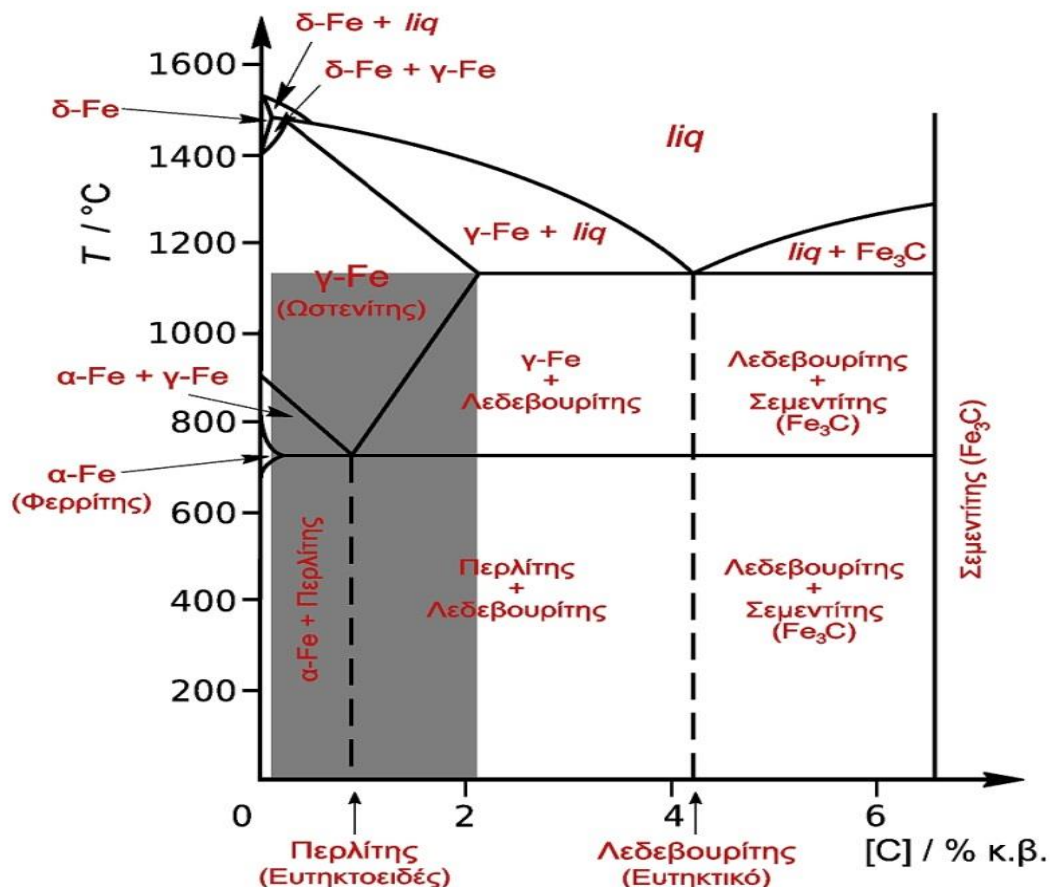
Ορισμός και περιγραφή	Ταξινόμηση	Ιδιότητες	Χημική σύνθεση [%]	Διάμετροι
<p><b>MOST F-NiFe 36</b> Σύρμα πυρήνος για τη συγκόλληση του χυτοσίδηρου και τη σύνδεση του χάλυβα με το χυτοσίδηρο. Η συγκόλληση είναι επεξεργάσιμη και χαρακτηρίζεται από εξαιρετικά χαμηλό συντελεστή θερμικής εκτονώσεως - διαστολής .</p>	<p>Werkstoff nr: 1.3912 EN 14700: 1.3912</p>	<p>Σκληρότητα: 140–160 HB</p>	<p>Mn=3,0; Ni=36,0 Fe – υπόλοιπο</p>	<p>1,6 mm 2,0 mm 2,4 mm 2,8 mm</p>
<p><b>MOST F-NiFe 60/40</b> Σύρμα πυρήνος Ni-, Fe- για την συγκόλληση του χυτοσίδηρου και την σύνδεση του χάλυβα με το χυτοσίδηρο. Ενδεικτικές εφαρμογές: χυτοσίδηρος χυτευμένος φυγοκετρικά, χυτοσίδηρος GGG,σφυρήλατος.</p>	<p>DIN 8555: MF NiFe-2 EN 14700: NiFe-CI</p>	<p>Σκληρότητα: 160–190 HB</p>	<p>Mn=4,0; Fe=40,0; Ni – υπόλοιπο Cu+</p>	<p>1,6 mm 2,0 mm 2,4 mm 2,8 mm</p>



# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8<sup>ο</sup>

## ΘΕΡΜΙΚΑ ΕΠΗΡΕΑΖΟΜΕΝΗ ΖΩΝΗ ΤΟΥ ΜΕΤΑΛΛΟΥ ΒΑΣΗΣ

### 8.1 Διάγραμμα Fe-C



#### 8.1.1 Γενικές πληροφορίες

Ο σίδηρος (Fe) είναι αλλοτροπικό στοιχείο, με σημείο τήξης 1539 °C.

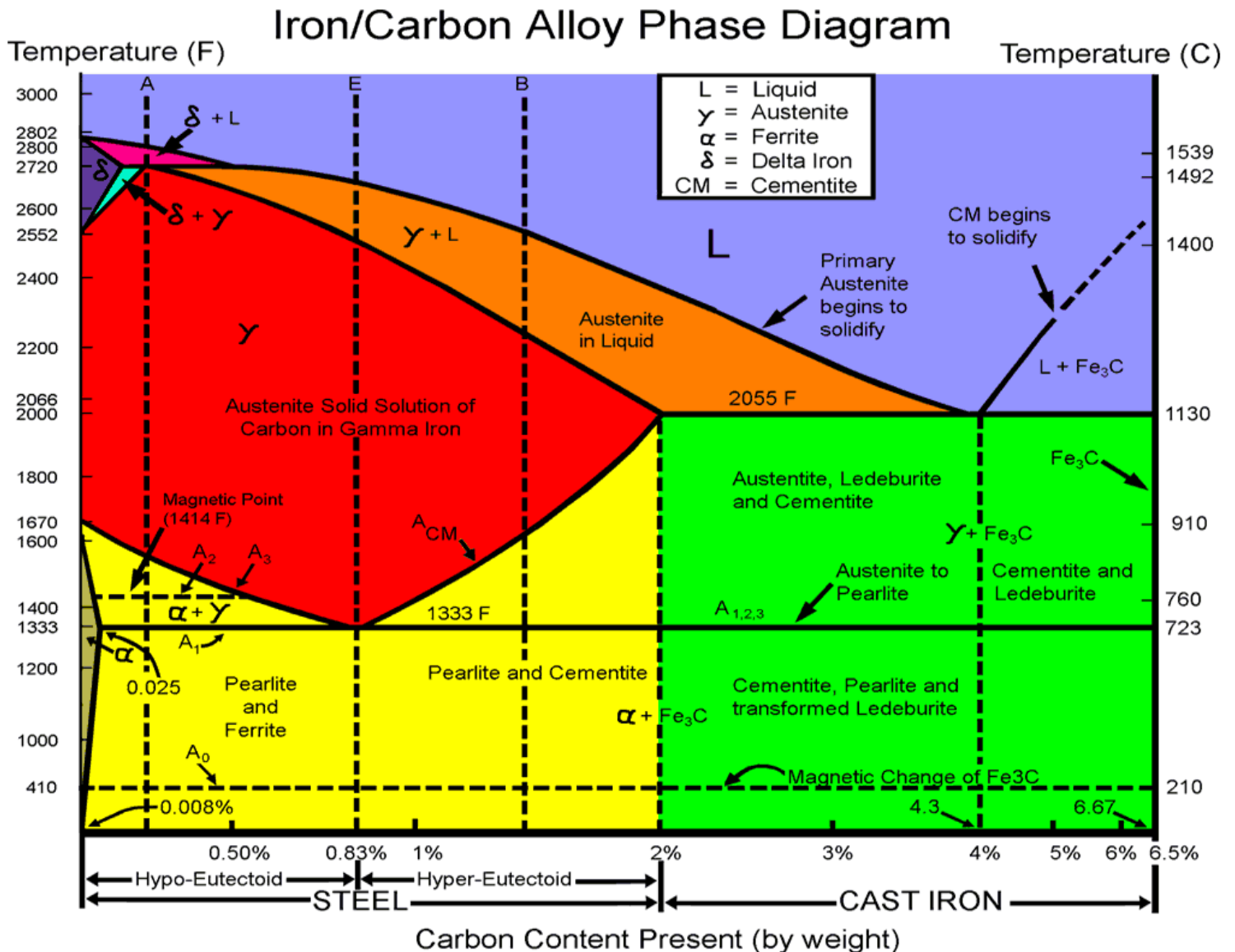
Ανάλογα με τη θερμοκρασία παρουσιάζεται με τις εξής μορφές:

- Μέχρι τη θερμοκρασία των 910 °C:  
Χαρακτηρίζεται ως Fe-α(περλίτης) και κρυσταλλώνεται στο σύστημα bcc (χωροκεντρομένης κυβικής μορφής).
- Στην θερμοκρασιακή περιοχή (910 °, 1400 °):  
Χαρακτηρίζεται ως Fe-γ(ωστενίτης) και κρυσταλλώνεται στο σύστημα fcc (ενδροκεντρωμένης κυβικής μορφής).



- Στην θερμοκρασιακή περιοχή (1400<sup>ο</sup>, 1539<sup>ο</sup>):  
Χαρακτηρίζεται ως Fe-δ και κρυσταλλώνεται στο σύστημα bcc.  
Οι ανωτέρω μεταβολές επηρεάζονται από τα στοιχεία, με τα οποία σχηματίζει κράματα ο Fe.  
Μεταβολές των ιδιοτήτων του Fe παρατηρούνται σε διάφορες θερμοκρασίες, όπως:
- Κατά τη θέρμανσή του, διερχόμενος από τη θερμοκρασία των 768<sup>ο</sup> C (σημείο Curie) μετατρέπεται από σιδηρομαγνητικό σε παραμαγνητικό υλικό.
- Κατά τη μετατροπή του από Fe-α σε Fe-γ, παρατηρείται συστολή όγκου.

Ο σίδηρος (Fe) σχηματίζει με τον άνθρακα (C) στερεά διαλύματα παρεμβολής σε κάθε θερμοκρασία. Η κατάσταση αυτή απεικονίζεται μέσω του διαγράμματος ισορροπίας Fe-C. Το διάγραμμα ισορροπίας των φάσεων Fe-C είναι το πιο σημαντικό διάγραμμα διμερούς συστήματος, λόγω της τεράστιας χρηστικότητας των κραμάτων που περιγράφει χάλυβες και χυτοσίδηρους.



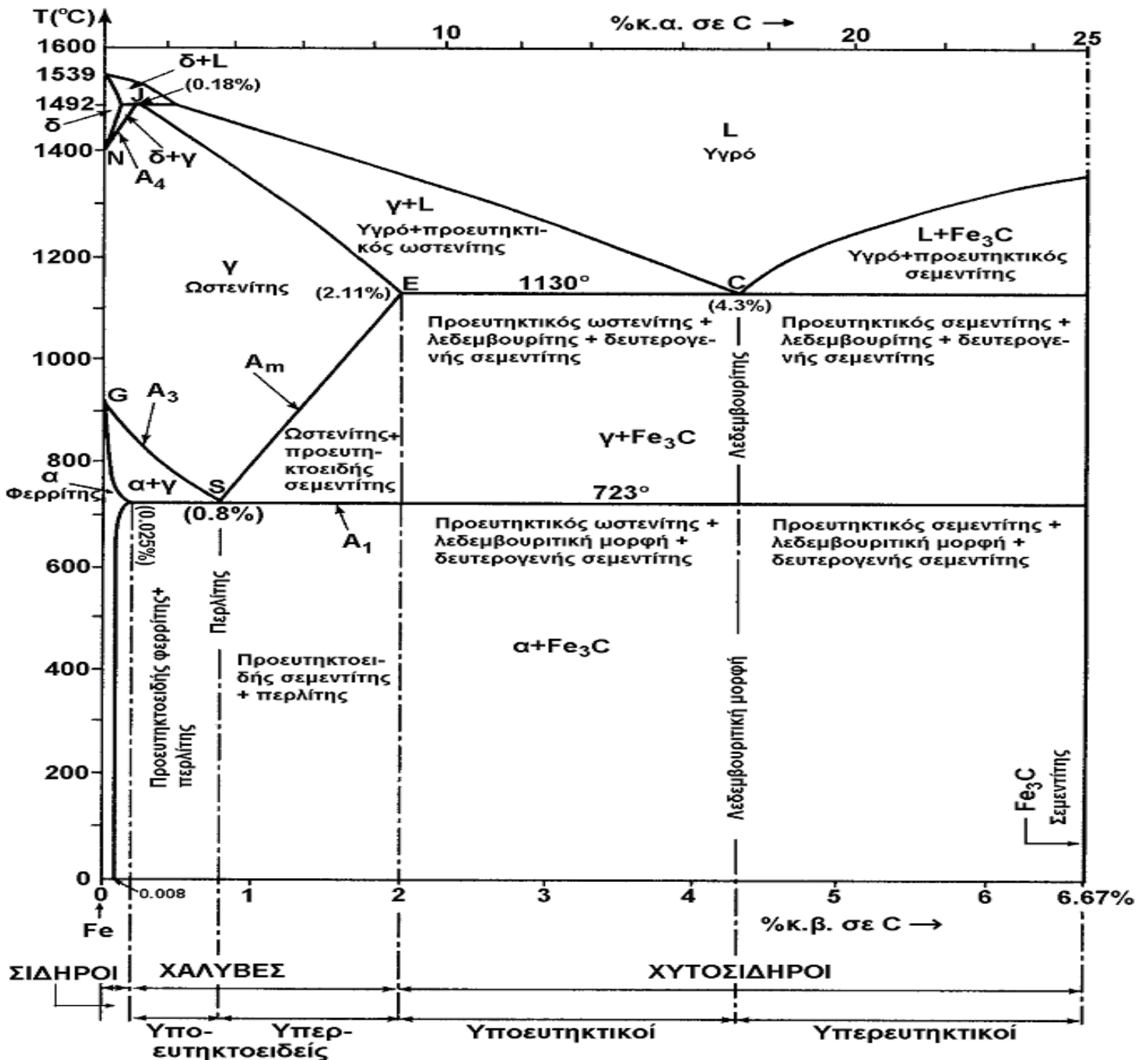
### 8.1.2 Διαγράμματα ισορροπίας Fe-C

Το διάγραμμα ισορροπίας Fe-C απεικονίζεται με δύο τρόπους:

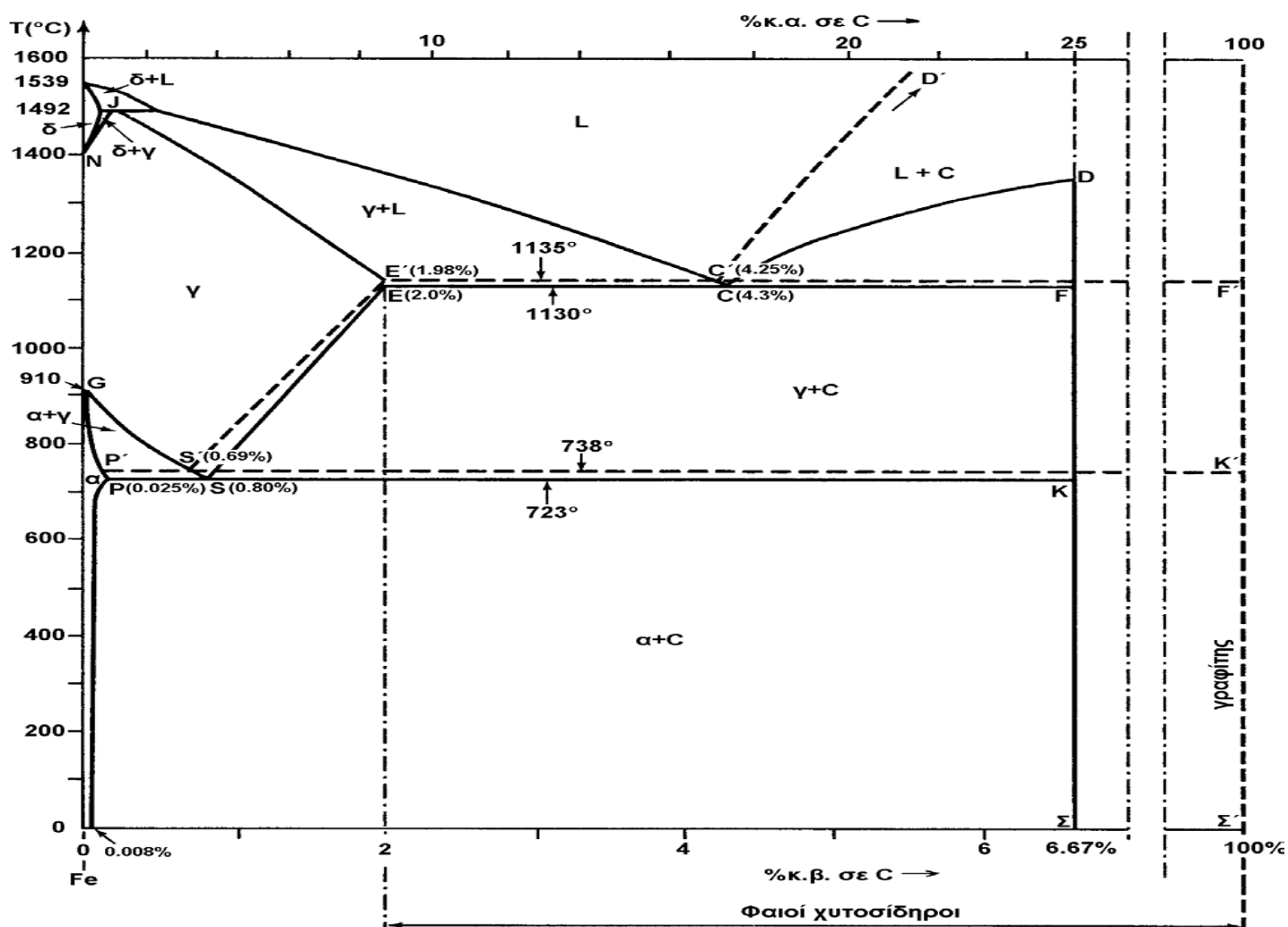
- Ως μετασταθές διάγραμμα Fe-Fe<sub>3</sub>C (σιδήρου-σεμεντίτη), θερμοδυναμικά ασταθής, σχήμα 8-1.
- Ως ευσταθές διάγραμμα Fe-C (σιδήρου-γραφίτη), σχήμα 8-2.

Κατά κανόνα, χρησιμοποιείται το μετασταθές διάγραμμα ισορροπίας, παρόλο που δεν είναι ένα πραγματικό διάγραμμα ισορροπίας διότι παρέχει την ευχέρεια καλύτερης παρακολούθησης των μεταλλογραφικών μετασχηματισμών κατά τη θέρμανση ή την ψύξη ενός κράματος Fe-C.

Στο σχήμα 8-2 παρατίθενται από κοινού και συγκρίνονται τα ανωτέρω δύο διαγράμματα ισορροπίας, πίνακας 8-1.



Σχήμα 8-1: Το μετασταθές διάγραμμα ισορροπίας Fe-Fe<sub>3</sub>C



Σχήμα 8-2: Σύγκριση ευσταθούς και μετασταθούς διαγράμματος ισορροπίας Fe-C

- Η ταχύτητα απόψυξης στο ευσταθές διάγραμμα είναι πολύ μικρότερη από αυτή του μετασταθούς.
- Η ευτηκτική θερμοκρασία στο ευσταθές διάγραμμα είναι 1135 °C, ενώ στο μετασταθές 1130 °C.
- Η ευτηκτική περιεκτικότητα σε C στο ευσταθές διάγραμμα είναι 4.25%, ενώ στο μετασταθές 4.30%.
- Η ευτηκτοειδής θερμοκρασία στο ευσταθές διάγραμμα είναι 738 °C, ενώ στο μετασταθές 723 °C.
- Η ευτηκτοειδής περιεκτικότητα σε C στο ευσταθές διάγραμμα είναι 0.69%, ενώ στο μετασταθές 0.80%.
- Οι χυτοσίδηροι του ευσταθούς διαγράμματος ονομάζονται φαιοί χυτοσίδηροι και έχουν κύριο συστατικό γραφίτη υπό μορφή φυλλιδίων και περιεκτικότητα σε πυρίτιο (Si) > 0.7% κ.β., ενώ οι χυτοσίδηροι του μετασταθούς διαγράμματος ονομάζονται λευκοί χυτοσίδηροι, έχουν κύριο συστατικό το σεμεντίτη υπό μορφή δενδριτική και (Si) < 0.5% κ.β.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8-1. Διαφορές μεταξύ των διαγραμμάτων ισορροπίας Fe-C

## 8.2 Χαρακτηριστικές περιοχές του Fe-C

Παρακάτω αναλύονται τα ποσοστά άνθρακα και οι φάσεις του διαγράμματος Fe-C

### 8.2.1 Ανάλογα με την περιεκτικότητα σε C

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

### 8.2.2 Ανάλογα με τις εμφανιζόμενες φάσεις

Οι εμφανιζόμενες φάσεις αποτελούνται από τις εξής κατηγορίες:

- Μονοφασικές περιοχές (πίνακας 1)
- Διφασικές περιοχές (πίνακας 2)
- Σημεία τριφασικής ισορροπίας (πίνακας 3)

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.
Σεμεντίτης (Fe <sub>3</sub> C)	Μεσομεταλλική ένωση του C στον Fe, με $\pi(C)=6.67\%$ . Κρυσταλλικό πλέγμα: ορθορομβικό. Είδη: <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ πρωτογενής (εμφανίζεται σε θερμοκρασίες μεγαλύτερες της ευτηκτικής)</li> <li>▪ δευτερογενής (εμφανίζεται σε θερμοκρασίες μεταξύ ευτηκτοειδούς και ευτηκτικής)</li> <li>▪ τριτογενής (εμφανίζεται σε θερμοκρασίες μικρότερες της ευτηκτοειδούς)</li> <li>▪ Το σημείο τήξης του είναι 1550 °C, αλλά πρακτικά σε υψηλές θερμοκρασίες (&gt;950 °C) είναι ασταθής και διασπάται αποβάλλοντας γραφίτη (μετασταθής φάση).</li> </ul>
Γραφίτης (C)	Μαλακή φάση, αλλοτροπική μορφή του C. Κρυσταλλικό πλέγμα: εξαγωνικό.

Πίνακας 1

Διφασικές περιοχές	
ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΥΓΡΗΣ/ΣΤΕΡΕΑΣ ΦΑΣΗΣ	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Περιοχή υγρού/φερρίτη-δ, L+δ.</li> <li>▪ Περιοχή υγρού/σεμεντίτη, L+Fe<sub>3</sub>C (ή υγρού/γραφίτη, L+C).</li> <li>▪ Περιοχή υγρού/ ωστενίτη, L+γ.</li> </ul>
ΠΕΡΙΟΧΕΣ ΣΤΕΡΕΑΣ/ΣΤΕΡΕΑΣ ΦΑΣΗΣ	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Περιοχή ωστενίτη/φερρίτη-δ, γ+δ.</li> <li>▪ Περιοχή ωστενίτη/φερρίτη, α+γ</li> <li>▪ Περιοχή φερρίτη/σεμεντίτη, α+ Fe<sub>3</sub>C</li> </ul> <p>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.</p> <p>Πρωτοεμφανίζεται (πυρηνοποιείται) στα όρια των κόκκων ωστενίτη με π(C)=0.8% στους 723 °C.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Περιοχή ωστενίτη/σεμεντίτη, γ+ Fe<sub>3</sub>C</li> </ul> <p>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 π(C)=4.3% στους 1130 °C.</p>

Πίνακας 2

Σημεία τριφασικής ισορροπίας	
Περιτηκτικό σημείο	<p>Σημείο Π: στους 1492 °C, όπου λαμβάνει χώρα η αντίδραση</p> $L (0.51\%) + \delta (0.10\%) \rightarrow \gamma (0.18\%)$
Ευτηκτικό σημείο	<p>Σημείο C: στους 1130 °C, όπου λαμβάνει χώρα η αντίδραση</p> $L (4.2\%) \rightarrow \gamma (2.11\%) + Fe_3C (6.67\%)$
Ευτηκτοειδές σημείο	<p>Σημείο S: στους 723 °C, όπου λαμβάνει χώρα η αντίδραση</p> $\gamma (0.8\%) \rightarrow a (0.025\%) + Fe_3C (6.67\%)$

Πίνακας 3

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9<sup>ο</sup>

## Δυνατότητες αυτοματοποίησης της MIG, MAG μεθόδου

### 9.1 Ρομποτική

Η χρήση ρομπότ στη MIG, MAG μέθοδο εξελίχθηκε σημαντικά τα τελευταία χρόνια και όπου στη βιομηχανία αναπτύσσονται συγκολλήσεις την συναντάμε για διάφορους λόγους συχνότερα από άλλες (εικόνα 9-2). Οι ρομποτικοί βραχίονες στις συγκολλήσεις προσφέρουν πολλά πλεονεκτήματα, μεγάλη ακρίβεια συγκόλλησης, επαναληψιμότητα, ευελιξία, αυτοματοποίηση της παραγωγής, ποιότητα σε ειδικές συγκολλήσεις, αύξηση της παραγωγικότητας, ασφάλεια και οικονομία. Όλα αυτά έχουν ως αποτέλεσμα την υψηλή ποιότητα προϊόντων. Η διαδικασία ελέγχεται από τον controller του robot, καθώς και ο σχεδιασμός του εξοπλισμού είναι τελείως διαφορετικός από αυτής της χειροκίνητης συγκόλλησης. Οι ταχύτητες συγκόλλησης είναι μεγαλύτερες και η μηχανή θα πρέπει να ανταπεξέρχεται σε αυτές τις απαιτήσεις. Επίσης και ο υπόλοιπος εξοπλισμός θα πρέπει να έχει την δυνατότητα να δεχθεί μέσω σειριακής επικοινωνίας όλες τις παραμέτρους συγκόλλησης από τον controller του robot. Μια τέτοια εφαρμογή ρομποτικής συγκόλλησης απαιτεί πρόσθετο εξειδικευμένο εξοπλισμό. Η μηχανή συγκόλλησης η οποία είναι πηγή της ισχύος που χρειάζεται, η λαβίδα συγκόλλησης που μεταφέρει το ρεύμα συγκόλλησης, το υλικό εναπόθεσης, το αέριο προστασίας και το υγρό ψύξης. Το ακροφύσιο της λαβίδας, επειδή βρίσκεται κοντά στο σημείο συγκόλλησης, με τη συνεχή λειτουργία συσσωρεύει στην εσωτερική του πλευρά εκτινάξεις ρευστού μετάλλου, πιτσιλίσματα. Αυτό καθιστά αναγκαία την τοποθέτηση ειδικού συστήματος για τον αυτόματο καθαρισμό του. Επίσης ο σωστός σχεδιασμός του τροφοδοτικού του υλικού εναπόθεσης και η σωστή τοποθέτηση της λαβίδας εξασφαλίζει την ομαλή τροφοδοσία του υλικού εναπόθεσης και κατά συνέπεια την ομαλή λειτουργία του τόξου συγκόλλησης. 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. Η μέθοδος μπορεί να εκτελεστεί ημιαυτόματα, μηχανικά η αυτόματα. Συνήθως πραγματοποιείται ημιαυτόματα, γι' αυτό και συχνά αναφέρεται εσφαλμένα ως ημιαυτόματη συγκόλληση. Οι τρόποι πραγματοποίησης της μεθόδου επεξηγούνται στον παρακάτω πίνακα:

Παράμετρος	Χειροκίνητος τρόπος	Ημιαυτόματος τρόπος (GMAW)	Μηχανικός τρόπος (GMAW)	Αυτόματος τρόπος (GMAW)
Διατήρηση τόξου	Συγκολλητής	Μηχανικά	Μηχανικά	Μηχανικά
Παροχή εναποτιθέμενου υλικού	Συγκολλητής	Μηχανικά	Μηχανικά	Μηχανικά
Έλεγχος και ρύθμιση ταχύτητας συγκόλλησης	Συγκολλητής	Συγκολλητής	Μηχανικά	Μηχανικά
Καθορισμός πορείας συγκόλλησης	Συγκολλητής	Συγκολλητής	Συγκολλητής	Μηχανικά

Πίνακας 9-1



Εικόνα 9-2

## 9.2 Η μηχανή συγκόλλησης

Η κατάλληλη ισχύς της μηχανής πρέπει να μεταφέρεται ελεγχόμενα στο σημείο συγκόλλησης, σε κανονικές συνθήκες. Η ισχύς που απαιτείται παρέχεται από τάση 10 έως 35 V και ρεύμα από 5 έως 500 A. Οι διαφορετικές εφαρμογές απαιτούν και διαφορετικές ρυθμίσεις αυτών των παραμέτρων. Οι αυτόματες μηχανές συγκόλλησης απαιτούν αρκετά πιο πολύπλοκα τροφοδοτικά από τις ημιαυτόματες. Μια αυτόματη μηχανή ελέγχεται μέσω επικοινωνίας από το πρόγραμμα του ρομπότ μεταβάλλοντας αυτόματα τις παραμέτρους της. Το τροφοδοτικό σχεδιάζεται έτσι ώστε να παρέχει σταθερά και αξιόπιστα αυτά τα στοιχεία.



### 9.3 Λαβίδα συγκόλλησης

Η λαβίδα συγκόλλησης χρησιμοποιείται σε ένα αυτόματο σύστημα συγκόλλησης για να κατευθύνει το υλικό εναπόθεσης στο τόξο, να μεταφέρει την ισχύ στο υλικό εναπόθεσης και το αέριο προστασίας. Υπάρχουν πολλοί τύποι λαβίδων και η επιλογή εξαρτάται από τα δεδομένα της συγκόλλησης. Οι λαβίδες μπορούν να κατηγοριοποιηθούν ανάλογα με τον τρόπο ψύξης τους, μπορεί να είναι υδρόψυκτες ή αερόψυκτες. Ενδέχεται όμως να είναι ευθύγραμμες ή να έχουν κλίση διάφορων μοιρών. Συνήθως οι λαβίδες με μια κλίση 45ο μας προσφέρουν πολύ καλή ευελιξία κινήσεων. Προσαρμόζεται πάνω στον ρομποτικό βραχίονα μέσω ενός αυτοκούμετου μηχανισμού προστασίας ο οποίος χρησιμοποιείται για να προστατέψει τον εξοπλισμό σε περίπτωση κρούσης από λάθος χειρισμό κατά τη διάρκεια της εγκατάστασης. Αυτά τα μέτρα προστασίας είναι απαραίτητα αφού ένας μικρός τραυματισμός της λαβίδας μπορεί να προκαλέσει δυσκολία στην τροφοδοσία του σύρματος, στην παροχή του ρεύματος για το τόξο καθώς και στην τροφοδοσία του προστατευτικού αερίου. Αυτά συμβάλουν τόσο στην παραγωγικότητα όσο και στην ποιότητα της συγκόλλησης.



### 9.4 Αυτόματο καθαριστικό λαβίδας

Επειδή το ρομπότ δουλεύει ασταμάτητα, ο φλογοκρύπτης είναι ευάλωτος σε φράξιμο από τα πιτσιλίσματα με αποτέλεσμα τη μη σωστή συγκόλληση μετά από κάποιο χρονικό διάστημα εργασίας. Για να αποφευχθεί αυτό τοποθετείται κοντά στο ρομπότ ένα σύστημα αυτόματου καθαρισμού της λαβίδας. Το ρομπότ με έναν καθορισμό συχνότητας από το πρόγραμμά του πηγαίνει στο καθαριστικό, καθαρίζει το φλογοκρύπτη και τον ψεκάζει με σπρέι. Έτσι εξασφαλίζεται η αδιάλειπτη λειτουργία του συστήματος.





## 9.5 Αυτόματος τροφοδότης μηχανισμός σύρματος.

Ο τροφοδότης μηχανισμός σύρματος χρησιμοποιείται για την τροφοδοσία του υλικού που θα εναποθέσει στο σημείο συγκόλλησης. Αυτό μας επιτρέπει να επιτύχουμε διαφορετικά πάχη επικαλύψεων ανάλογα με την εφαρμογή. Συνήθως ο τροφοδότης μηχανισμός σύρματος τοποθετείται πάνω στο robot, χωριστά από τη μηχανή συγκόλλησης.

### 9.5.1 Βασικοί τύποι τροφοδοτών σύρματος.

- Τον πρώτο τύπο τον συναντάμε στις συγκολλήσεις MIG/MAG, πηγές ισχύος σταθερής τάσης και το προστιθέμενο υλικό, το σύρμα, αποτελεί συγχρόνως και τον φορέα του ρεύματος συγκόλλησης αλλά και το προστιθέμενο υλικό.
- Τον δεύτερο τύπο τον συναντάμε στις συγκολλήσεις GMAW, σταθερής έντασης, όπου το ηλεκτρικό ρεύμα μεταφέρεται δια μέσου της ακίδας του βολφραμίου ενώ το προστιθέμενο υλικό, το σύρμα τροφοδοτείται εκτός σώματος λαβίδας και από πλάγια θέση στο λουτρό τήξης.

## 9.6 Καρτεσιανά συστήματα.

Τα καρτεσιανά συστήματα συγκόλλησης αποφέρουν σημαντικά αποτελέσματα στις διάφορες εφαρμογές. Η περιοχή εργασίας του robot, μεγαλώνει κατά περίπτωση μιας εφαρμογής και μπορεί να φτάσει σε μήκος ακόμη και τα 25 μέτρα. Τα καρτεσιανά αυτά συστήματα μπορούν να κατεργαστούν αντικείμενα βάρους έως και 20.000 kg.

Τα Καρτεσιανά συστήματα σχεδιάζονται για να παρέχουν αξιόπιστη, λειτουργική, μεγάλης ακρίβειας και οικονομική λύση σε συγκολλήσεις πολύ μεγάλων κομματιών όπως σε containers, κάδων απορριμμάτων και μεταλλικών κτιρίων. Το robot, το καρτεσιανό και το positioner όπου επεξεργάζεται το κομμάτι, ελέγχονται από σερβοκινητήρες και συγχρονίζονται μεταξύ τους από τον controller του robot.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10<sup>ο</sup>

## ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΡΑΦΩΝ

### 10.1 Ελαττώματα ραφών.

Τρεις βασικές κατηγορίες:

- Υπομικροσκοπικά ελαττώματα, ατέλειες κρυσταλλογραφικού πλέγματος όπως οι αταξίες και τα κενά.
- Μικροσκοπικά ελαττώματα όπως τα μικροεγκλείσματα, οι διαφορισμοί στοιχείων και οι μικρορωγματώσεις.
- Μακροσκοπικά ελαττώματα όπως οι υποκοπές, η ατελής διείσδυση, οι πόροι, οι σκουριές η ατελής τήξη και οι ρωγματώσεις.

Τα αναφερθέντα ελαττώματα ασκούν επίδραση στις μηχανικές και φυσικοχημικές ιδιότητες των συνδέσεων , άρα στην ικανότητά τους για εργασία σε καθορισμένες συνθήκες φορτίσεων, θερμοκρασιών ή εκθετικών διαβρώσεων. Ασυνέχεια ορίζεται η διακοπή της τυπικής δομής της συγκόλλησης. Μπορεί να είναι η απώλεια της ομοιομορφίας στα μηχανικά , μεταλλουργικά ή φυσικά χαρακτηριστικά του υλικού συγκόλλησης. Η ασυνέχεια δεν αποτελεί απαραίτητα και ελάττωμα της συγκόλλησης. Ως ελάττωμα της συγκόλλησης ορίζεται μία ασυνέχεια ή πολλές ασυνέχειες που εκ φύσεως ή λόγω της συνολικής επίδρασης, όπως για παράδειγμα το συνολικό πορώδες ή το συνολικό μήκος των εγκλεισμάτων, καθιστούν το προϊόν ανίκανο να ικανοποιεί συγκεκριμένες προδιαγραφές και απαιτήσεις. Η ιδανική περίπτωση είναι μία συγκόλληση να μην παρουσιάζει καμία ασυνέχεια, γεγονός που είναι πρακτικά αδύνατο. Η διαφορά μεταξύ του τι είναι αποδεκτό και τι είναι τέλειο είναι γνωστή ως ανοχή.



## 10.2 Κατατάξεις ασυνεχειών

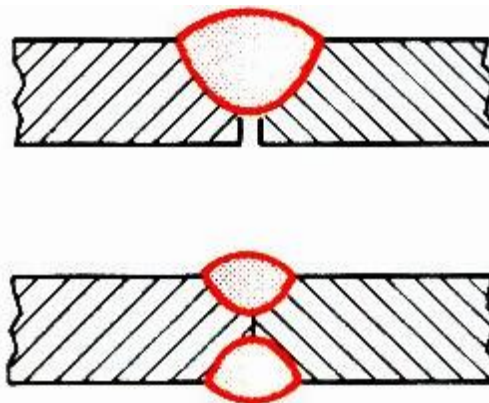
Κατά την αξιολόγηση των συγκολλήσεων είναι σημαντικό να σημειώνεται ο τύπος της ασυνέχειας, το μέγεθος και η θέση αυτής. Καθένας από τους τρεις παράγοντες ή και οι τρεις σε συνδυασμό με τις εφαρμοζόμενες τυποποιήσεις καθορίζουν εάν πρόκειται για ασυνέχεια ή ελάττωμα.

Οι δώδεκα πιο συνήθεις ασυνέχειες είναι οι παρακάτω :

- Πορώδες (Porosity)
- Εγκλείσματα (Inclusions)
- Ανεπαρκής Διείσδυση της Κόλλησης (Inadequate Joint Penetration )
- Ατελής Σύντηξη (Incomplete Fusion )
- Χτυπήματα Τόξου (Arc Strikes )
- Υπερπληρώσεις (Overlaps)
- Υποκοπές (Undercuts)
- Ρωγμές (Cracks)
- Ατελής Πλήρωση (Underfill )
- Ελασματοποιήσεις (Laminations)
- Delaminations.
- Lamellar Tears.

### 10.2.1 Ανεπαρκής διείσδυση της κόλλησης.

Η ανεπαρκής διείσδυση της κόλλησης πραγματοποιείται όταν το βάθος διείσδυσης της κόλλησης (Εικόνα 10-1) είναι μικρότερο από το απαιτούμενο για την τήξη του υλικού μεταξύ των ελασμάτων. Ένα ελάττωμα οδηγεί συνήθως στη μείωση της διατομής της συγκόλλησης ή αποτελεί το αίτιο της συγκέντρωσης τάσεων που οδηγεί στην αστοχία λόγω κόπωσης.



Εικόνα 10-1

Τα παρακάτω είναι τα βασικά αίτια που οδηγούν στην ανεπαρκή διείσδυση:

- Η ακατάλληλη μέθοδος συγκόλλησης. Η πιο συνήθης αιτία είναι η λανθασμένη οδήγηση του τόξου.
- Η ανεπάρκεια ρεύματος συγκόλλησης. Τα ελάσματα μεγάλου πάχους ή υψηλής θερμικής αγωγιμότητας συνήθως προθερμαίνονται ώστε η θερμότητα της συγκόλλησης να μην απομακρύνεται τόσο γρήγορα από το μέταλλο που δε μπορεί να διεισδύσει στην ένωση.
- Η ακατάλληλη προετοιμασία της σύνδεσης. Το πρόβλημα αυτό προκαλείται όταν τα άκρα των προς συγκόλληση ελασμάτων δεν έχουν προετοιμαστεί ή προσαρμοστεί κατάλληλα.
- Ο ακατάλληλος σχεδιασμός της ένωσης.

### 10.2.2 Ατελής Σύντηξη

Η ατελής σύντηξη είναι η απώλεια σύζευξης μεταξύ του τηγμένου μετάλλου πλήρωσης και του ήδη εναποτιθέμενου υλικού πλήρωσης ή και του προς συγκόλληση υλικού. Οι δύο τύποι προβλημάτων εμφανίζονται συνήθως σε όλο το μήκος της συγκόλλησης.



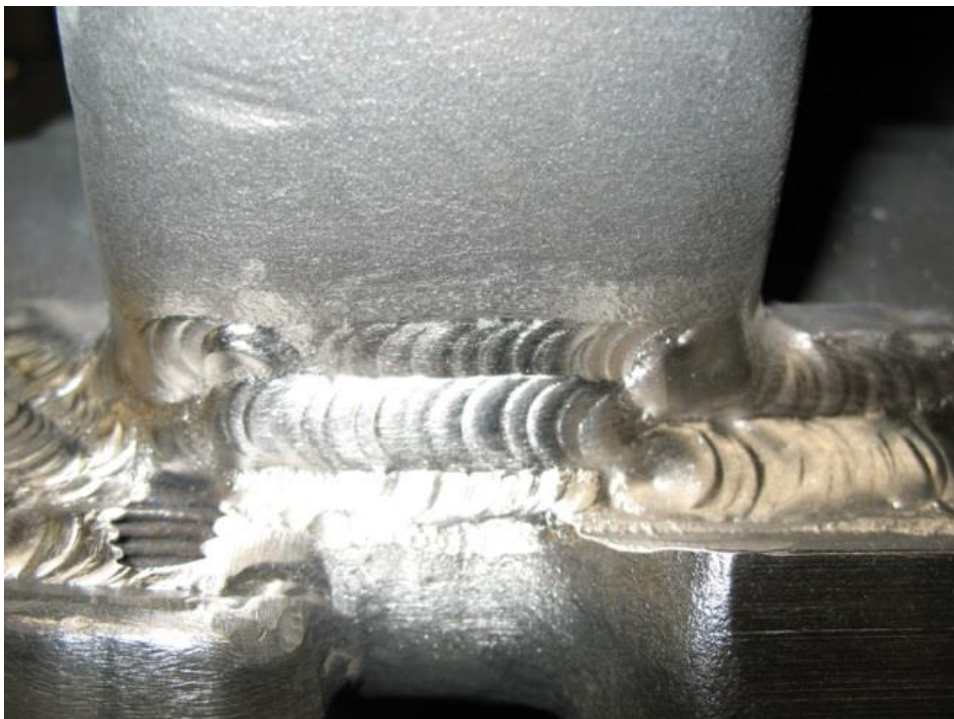
### 10.2.3 Χτυπήματα του Τόξου

Τα χτυπήματα του τόξου που είναι μικρά τοπικά σημεία στα οποία πραγματοποιήθηκε τήξη της επιφάνειας μακριά από την ένωση. Τα σημάδια αυτά μπορεί να προκαλούνται από τα κατά λάθος χτυπήματα του τόξου σε λάθος περιοχή ή και από τη λανθασμένη ένωση επιφανειών. Αν και είναι σχετικά λεία σημάδια δε μπορούν να απομακρυνθούν εύκολα. Επιπλέον θεωρούνται τοπικές ζώνες σκληρότητας και το εναρκτήριο σημείο ρωγμών.



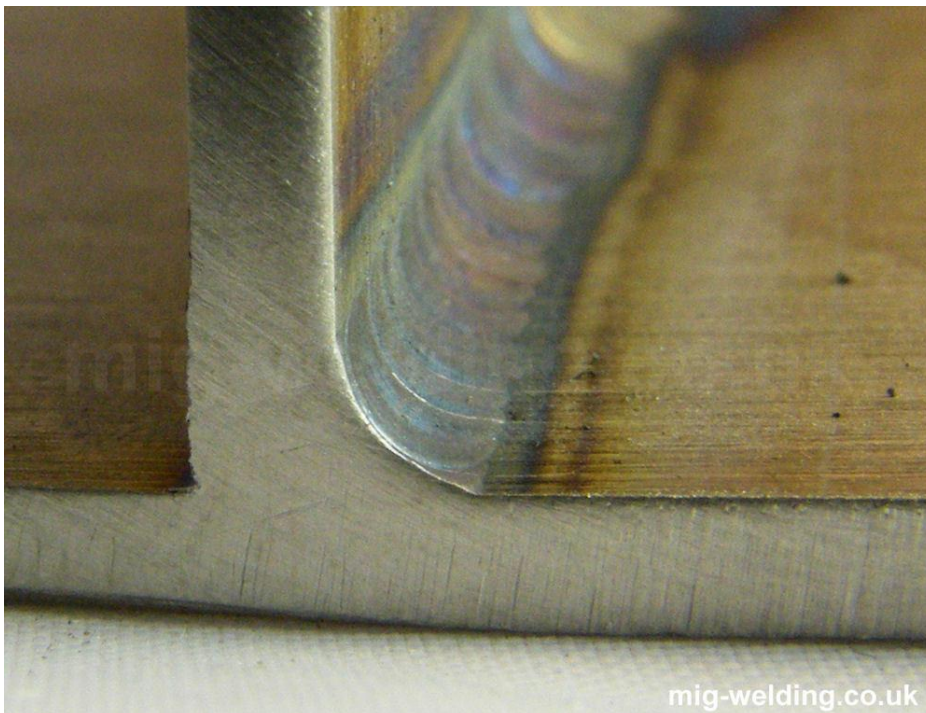
#### 10.2.4 Υπερπληρώσεις

Οι υπερπληρώσεις εμφανίζονται στις συγκολλήσεις σύντηξης όταν η αποτιθέμενη ποσότητα υλικού είναι μεγαλύτερη από αυτή που έχει σχεδιαστεί η ένωση να δεχτεί. Το υλικό πλήρωσης ρέει πάνω από την επιφάνεια του προς συγκόλληση υλικού . Στη μέθοδο συγκόλλησης GMAW οι υπερπληρώσεις εμφανίζονται όταν χρησιμοποιείται μεγάλη επέκταση ηλεκτροδίου για την απόθεση του υλικού με χαμηλή ισχύ. Επιπλέον προκαλούνται με τη λανθασμένη καθοδήγηση του τόξου και με το κράτημα του ηλεκτροδίου σε σχεδόν κατακόρυφη θέση.



### 10.2.5 Υποκοπές

Οι υποκοπές είναι το αποτέλεσμα του τόξου πλάσματος το οποίο αφαιρεί υλικό από την ένωση περισσότερο από το υλικό πλήρωσης που αποθέτει. Μία βασική αιτία είναι το υπερβολικά χαμηλό ρεύμα. Είναι ένα συχνό πρόβλημα της μεθόδου GMAW όταν το οξυγόνο που χρησιμοποιείται δεν είναι αρκετό για να σταθεροποιήσει το τόξο. Επιπλέον προκαλούνται με λανθασμένες τεχνικές συγκόλλησης όπως η λανθασμένη γωνία ηλεκτροδίου ή τα υπερβολικά μεγάλα κορδόνια συγκόλλησης. Για την αποφυγή τους προτείνεται η εφαρμογή πολλαπλών αντί απλής ραφής, η αλλαγή του προστατευτικού αερίου και η βελτίωση των τεχνικών χειρισμού του τόξου συγκόλλησης.



### 10.2.6 Ρωγμές

Πρόκειται για πολύ μικρές ρωγμές που αναπτύσσονται στον κρατήρα κατά τη συρρίκνωση και στερεοποίηση της λίμνης της συγκόλλησης. Τα υλικά που τήκονται δύσκολα αποβάλλονται προς το κέντρο του κρατήρα κατά τη διάρκεια της ψύξης. Καθώς τα υλικά αυτά ψύχονται τελευταία διαχωρίζονται από το υπόλοιπο υλικό καθώς εξελίσσεται η ψύξη του μετάλλου συγκόλλησης. Οι υψηλές τάσεις που αναπτύσσονται λόγω της σμίκρυνσης οδηγούν στην ανάπτυξη ρωγμών. Να σημειωθεί ότι οι ρωγμές στον κρατήρα μπορούν να περιοριστούν, αν όχι να απαλειφθούν, με τη σταδιακή διακοπή του τόξου στο τέλος της συγκόλλησης. Το γεγονός αυτό επιτρέπει στο τόξο να επιμηκυνθεί, στο ρεύμα να μειωθεί σταδιακά και στον κρατήρα να γεμίσει και να ψυχθεί αργά. Ο εξοπλισμός της μεθόδου GMAW διαθέτει σύστημα ελέγχου πλήρωσης το οποίο μειώνει αυτόματα και σταδιακά την ταχύτητα παροχής υλικού εναπόθεσης στο τέλος της συγκόλλησης.



### 10.2.7 Ατελής πλήρωση

Οι υποπληρώσεις εμφανίζονται στο αυλάκι συγκόλλησης όταν το μέταλλο συγκόλλησης δεν είναι αρκετό ώστε το τήγμα να βρεθεί στο ίδιο επίπεδο με τα προς συγκόλληση ελάσματα. Το πρόβλημα αυτό αντιμετωπίζεται με τη μείωση της ταχύτητας συγκόλλησης ή με την πραγματοποίηση περισσότερων ραφών.



### 10.2.8 Προβλήματα συγκολλημένων μερών

Τα προβλήματα που προκύπτουν κατά τη διάρκεια των συγκολλήσεων δεν οφείλονται αποκλειστικά στο υλικό εναπόθεσης, αλλά στη διαδικασία που ακολουθείται ή στις ικανότητες του τεχνικού συγκόλλησης. Μπορεί να φταίνε και τα υλικά των συγκολλημένων μερών. Ορισμένα προβλήματα οφείλονται σε εσωτερικά ελαττώματα των υλικών τα οποία φυσικά δε μπορεί να ελέγξει ο τεχνικός συγκόλλησης. Άλλα προβλήματα προκύπτουν από την εφαρμογή ακατάλληλων μεθόδων συγκόλλησης που οδηγούν στην παραγωγή ανεπιθύμητων μεταλλουργικών δομών στη Θερμικά Επηρεαζόμενη Ζώνη. Τα εσωτερικά ελαττώματα που παρουσιάζονται στα προς συγκόλληση υλικά οφείλονται κατά κύριο λόγο στις περιορισμένες δοκιμές πριν την παραγωγή του χάλυβα και έτσι αν και τα εργοστάσια προσπαθούν να παράγουν συμπαγή και με όσο το δυνατόν λιγότερα σφάλματα χάλυβα, κατά τη διάρκεια των συγκολλήσεων προκύπτουν συχνά πολύπλοκα προβλήματα.



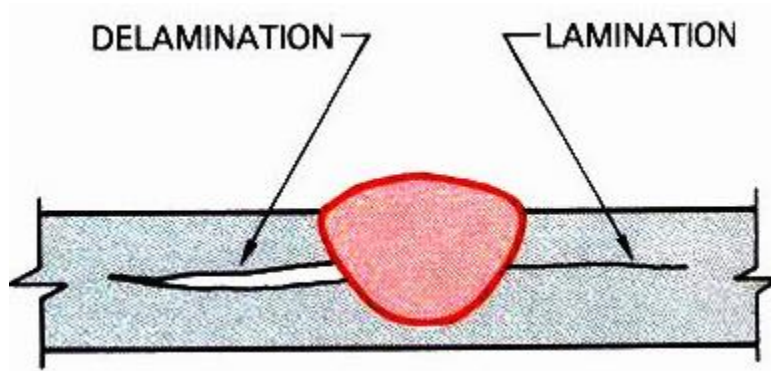
### 10.2.9 Lamellar Tears

Τα ελαττώματα αυτά εμφανίζονται ως ρωγμές παράλληλες προς και κάτω από την επιφάνεια του χάλυβα. Γενικά δε βρίσκονται στη Θ.Ε.Ζ και παρουσιάζουν μορφή σκαλοπατιών. Προκαλούνται συνήθως από τα λεπτά στρώματα των μη μεταλλικών εγκλεισμάτων που βρίσκονται κάτω από την επιφάνεια του προς συγκόλληση ελάσματος και που χαρακτηρίζονται από πολύ χαμηλή πλαστικότητα. Επιπλέον να σημειωθεί ότι οι ρωγμές αυτές είναι ευδιάκριτες εάν τα άκρα των προς συγκόλληση τεμαχίων είναι εκτεθειμένα όπως φαίνεται και στην εικόνα. Ένας τρόπος για την αντιμετώπιση του προβλήματος αυτού είναι ο επανασχεδιασμός της ένωσης ώστε να επιβάλλονται οι μικρότερες δυνατές παραμορφώσεις σε κάθε σημείο του πάχους του τεμαχίου. Αυτό μπορεί να επιτευχθεί με την κατασκευή μικρότερων συγκολλήσεων έτσι ώστε η κάθε διαδοχική ραφή να επιδρά θερμικά στην προηγούμενη ραφή με τελικό στόχο τη μείωση της συνολικής τάσης στην τελική συγκόλληση.



### 10.2.10 Ελασματοποιήσεις

Οι ελασματοποιήσεις διαφέρουν από το φαινόμενο Lamellar Tearing επειδή είναι πιο εκτεταμένες και εμπεριέχουν στρώματα μη μεταλλικών ανεπιθύμητων υλικών μεγαλύτερου πάχους. Εντοπίζονται κοντά στην περιοχή του κέντρου του ελάσματος και προκαλούνται από την ανεπαρκή απομάκρυνση των ελαττωμάτων.



### 10.2.11 Delaminations

Όταν οι ελασματοποιήσεις (Laminations) τέμνουν την κόλληση της ένωσης είναι πιθανό ορισμένες από αυτές να ανοίξουν και να αποελασματοποιηθούν. Η μόλυνση του μετάλλου βάσης μπορεί να πραγματοποιηθεί εάν η ελασματοποίηση περιέχει μεγάλες ποσότητες σκουριάς, ακαθαρσιών ή άλλων ανεπιθύμητων υλικών. Τέτοιου είδους μολύνσεις μπορεί να οδηγήσουν στην ανάπτυξη σκληροειδών πόρων ή σε σφάλματα απώλειας σύντηξης. Τα προβλήματα που σχετίζονται με τις delaminations δε μπορούν να διορθωθούν εύκολα. Μία αποτελεσματική λύση για τα ελάσματα μεγάλου πάχους είναι να πραγματοποιούνται συγκολλήσεις πάνω στις delaminations ώστε να καλύπτονται. Μία καλύτερη και πιο αποτελεσματική λύση είναι η αντικατάσταση του υλικού.



### 10.2.12 Πορώδες

Το πορώδες προκύπτει από τη διάλυση αερίου στη λίμνη της τηγμένης κόλλησης που οδήγησε στο σχηματισμό φυσαλίδων οι οποίες εγκλωβίστηκαν κατά τη ψύξη του υλικού. Οι φυσαλίδες που ευνοούν την ανάπτυξη του πορώδους σχηματίζονται στο εσωτερικό του τηκόμενου μετάλλου και γι' αυτό το λόγο δε γίνονται αντιληπτές κατά την εμφάνισή τους. Οι σχηματιζόμενοι πόροι είναι είτε σφαιρικοί ή κυλινδρικοί. Οι πόροι κυλινδρικού σχήματος καλούνται και σκωληκοειδείς πόροι. Τα στρογγυλεμένα άκρα τείνουν να μειώνουν τις αναπτυσσόμενες γύρω τους τάσεις. Έτσι παρουσιάζεται μικρή έως καθόλου απώλεια της αντοχής, εκτός εάν οι πόροι έχουν επεκταθεί.



### 10.2.13 Εγκλείσματα

Τα εγκλείσματα είναι μη μεταλλικά υλικά όπως η σκουριά και τα οξείδια που παγιδεύονται στο τηγμένο μέταλλο μεταξύ των ραφών ή μεταξύ της κόλλησης και του προς συγκόλληση υλικού. Τα εγκλείσματα σπάνια είναι σχηματοποιημένα. Επιπλέον μπορούν να σχηματίζουν μία συνεχή γραμμή. Το γεγονός αυτό προκαλεί τη συγκέντρωση τάσεων και τη μείωση της αντοχής της κόλλησης. Αν και δεν είναι ορατά, η ανάπτυξη τους μπορεί να είναι αναμενόμενη εάν οι πρωτεύουσες ραφές δεν καθαρίστηκαν ορθά. Τα διασκορπισμένα εγκλείσματα μπορεί να μοιάζουν με τους πόρους αλλά σε αντίθεση με αυτούς δεν έχουν γενικά σφαιρικό σχήμα. Τα εγκλείσματα αυτά μπορούν να προκύψουν από την ατελή απομάκρυνση της προϋπάρχουσας σκουριάς και από τον εσφαλμένο χειρισμό του τόξου συγκόλλησης.

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11<sup>Ο</sup>

## ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ ΑΠΟ ΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

### 11.1 Κίνδυνοι ατυχήματος

Οι κίνδυνοι εξαρτώνται από το είδος του τραυματισμού τις σωματικής βλάβης που μπορεί να είναι μηχανική, ηλεκτρική, χημική, θερμική και οφείλονται σε:

- Ελλείψεις στις κτιριακές δομές του χώρου εργασίας
- Ελλείψεις στις ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις
- Ελλείψεις στις μηχανές και το μηχανολογικό εξοπλισμό γενικότερα
- Πυρκαγιές – εκρήξεις
- Επικίνδυνες ουσίες

#### 11.1.1 Ανάλυση των κινδύνων

Λόγω ελλείψεων στις κτιριακές δομές των χώρων εργασίας προκύπτουν διάφοροι κίνδυνοι όπως κίνδυνοι πτώσεων, εγκλωβισμού οι οποίοι πιο αναλυτικά μπορεί να οφείλονται σε:

- Εργασίες σε χώρους με μεγάλο ύψος (πάνω από 2,7 m)
- Εργασίες σε σκαλωσιές που δεν διαθέτουν όλα τα μέτρα προστασίας.
- Εργασίες σε επισφαλή ανηρτημένα ικριώματα.
- Άνοδο – κάθοδο από κάθε είδους σκάλες.
- Μη περιφραγμένα ανοίγματα δαπέδων.
- Εργασίες σε ύψος σε τσιμινιέρες – ιστούς.
- Εργασίες σε χώρους με ανεπαρκή φωτισμό.
- Ολισθηρά ή ανώμαλα δάπεδα.
- Εργασίες σε χώρους με μικρό εμβαδό ή όγκο.
- Ελλιπή αριθμό εξόδων και θυρών σε σχέση με τον αριθμό των εργαζομένων και τους ενδεχόμενους κινδύνους
- Εμπόδια ή ελλιπής φωτισμός σε διαδρόμους
- Εργασίες σε κύτη και περιορισμένους χώρους γενικά

Ελλείψεις σε ηλεκτρολογικές εγκαταστάσεις μπορεί να είναι:

- Ακαταλληλότητα εγκαταστάσεων γενικά
- Ακαταλληλότητα για τη συγκεκριμένη χρήση ή για τις συνθήκες που επικρατούν κατά την εργασία
- Ανεπαρκή μέτρα προστασίας, ασφαλιστικές διατάξεις και υιοθέτηση κακών πρακτικών εργασίας

Μπορεί να αφορούν:

- Καλωδιώσεις τοπικού φωτισμού.
- Καλωδιώσεις της εγκατάστασης.
- Ηλεκτρονικό εξοπλισμό της εγκατάστασης.
- Ηλεκτρικά εργαλεία χειρός

Οι ελλείψεις μηχανολογικής φύσεως μπορεί να είναι για έναν τεχνικό συγκόλλησης:

- Έλλειψη μέτρων προστασίας κατά τη χρήση αερίων υπό πίεση
- Έλλειψη μέτρων ασφαλείας κατά τη χρήση εργαλείων χειρός που συχνά χρησιμοποιούνται από έναν τεχνικό συγκόλλησης.
- Έλλειψη μέτρων προστασίας από κινδύνους κατά τη χρήση ανελκυστήρων, οχημάτων κ.α. είτε για την πρόσβαση στο χώρο εργασίας, είτε για τη μεταφορά υλικών και εξοπλισμού

Κίνδυνοι για πυρκαγιές ή εκρήξεις μπορεί να προέρχονται από:

- Παρουσία εύφλεκτων υλών όπως:
  - Αέρια ή υπολείμματα υδρογονανθράκων.
  - Εύφλεκτα αέρια.
  - Περίσσεια οξυγόνου.
  - Ατμούς διαλυτικών.
  - Βιομηχανικά αέρια
- Ακατάλληλη αποθήκευση εύφλεκτων υλών ή αερίων υπό πίεση
- Έλλειψη κατάλληλων συστημάτων πυρανίχνευσης και πυρασφάλειας
- Έλλειψη κατάλληλης σηματοδότησης

Κίνδυνοι προκύπτουν από τη μεταφορά, χρήση ή παρουσία στο χώρο εργασίας γενικά επικίνδυνων ουσιών όπως:

- Εύφλεκτες ουσίες
- Καυστικές ουσίες
- Διαβρωτικές ουσίες
- Ερεθιστικές ουσίες
- Οξειδωτικές ουσίες
- Τοξικές ουσίες
- Εκρηκτικές ουσίες

## 11.2 Κίνδυνοι για την υγεία

Οι κίνδυνοι αυτοί περικλείουν την πιθανότητα να προκληθεί αλλοίωση στη βιολογική ισορροπία των εργαζομένων, λόγω της συμμετοχής τους σε παραγωγικές διαδικασίες που επιτρέπουν την έκθεση σε φυσικούς, χημικούς και βιολογικούς επικίνδυνους παράγοντες του εργασιακού περιβάλλοντος.

Οι κίνδυνοι αυτής της ομάδας οφείλονται σε:

Χημικούς παράγοντες:

- Σκόνης και σωματιδιακοί ρύποι
- Αέρια
- Καπνοί και αναθυμιάσεις
- Ατμοί

Οι οποίοι μπορεί να προκύπτουν από:

- Την ίδια τη διαδικασία της συγκόλλησης
- Υπολείμματα φορτίων
- Βαφές ή μονώσεις

Φυσικούς παράγοντες:

- Θόρυβος
- Φωτισμός
- Μικροκλίμα εργασιακού χώρου
- Ιοντίζουσες ακτινοβολίες
- Μη ιοντίζουσες ακτινοβολίες

Βιολογικούς παράγοντες:

- Βακτηρίδια
- Μύκητες
- Ιοί
- Πρωτόζωα

Προκύπτουν από:

- Την ελλιπή καθαριότητα του χώρου εργασίας και των χώρων υγιεινής
- Μεταδιδόμενες ασθένειες των υπόλοιπων εργαζομένων
- Ζώα και έντομα που βρίσκονται στο χώρο που τυχόν εργάζεται ο τεχνικός συγκόλλησης
- Ακάθαρτα εξαρτήματα και τεμάχια προς συγκόλληση

### 11.3 Κίνδυνοι για την υγεία και την προστασία

Οι κίνδυνοι αυτής της ομάδας αφορούν την αλληλοεπίδραση του εργαζομένου με την παραγωγική διαδικασία. Επομένως προκύπτουν από τη δομή της παραγωγικής διαδικασίας και προσαρμογής του εργαζομένου σε αυτή.

Πιο αναλυτικά μπορεί να προκύπτουν από:

- Την οργάνωση της εργασίας και της παραγωγής
- Ψυχολογικούς παράγοντες
- Εργονομικούς παράγοντες
- Αντίξοες συνθήκες εργασίας

Οι κίνδυνοι από την οργάνωση της εργασίας και της παραγωγής οφείλονται σε:

- Φθοροποιό εργασία
- Εργασιακές σχέσεις
- Επικίνδυνη χωροταξική διάταξη θέσεων εργασίας και των στοιχείων της παραγωγής

Οι ψυχολογικοί παράγοντες είναι:

- Σχέσεις μεταξύ συναδέλφων, προϊσταμένων και εργοδοσίας
- Υψηλοί ρυθμοί παραγωγής, πίεση, έλλειψη διαλειμμάτων, επαναληπτικότητα
- Παρουσία κινδύνων και έλλειψη μέτρων προστασίας
- Παρουσία παραγόντων όπως θόρυβος ή κακός φωτισμός
- Ακατάλληλη διάταξη και διαμόρφωση χώρων

Οι εργονομικοί παράγοντες είναι:

- Ακατάλληλος εργονομικά εξοπλισμός
- Ακατάλληλη διαμόρφωση γραμμής παραγωγής
- Ακατάλληλες πρακτικές εργασίας
- Ακατάλληλος σχεδιασμός θέσεων εργασίας
- Υπερβολικές απαιτήσεις μνήμης, προσοχής ή υπερβολικός φόρτος εργασίας

Οι αντίξοες συνθήκες εργασίας προκύπτουν από:

- Αντίξοες κλιματολογικές συνθήκες
- Ακατάλληλο εξοπλισμό
- Ένταξη σε ακατάλληλη εργασία ατόμων με ειδικές ανάγκες
- Βίαιη επανένταξη στην εργασία θυμάτων εργατικού ατυχήματος

## 11.4 Ηλεκτρομαγνητικά κύματα

Εδώ περιλαμβάνονται τα στατικά πεδία, ιδιαίτερα τα χαμηλής συχνότητας και τα πεδία ραδιοσυχνοτήτων, όπως των μικροκυμάτων και καλύπτουν τη ζώνη συχνοτήτων από 0Hz ~ 300GHz. Από την κίνηση των φορτίων δημιουργείται ηλεκτρικό και μαγνητικό πεδίο. Στις χαμηλές συχνότητες όπως η συχνότητα των 50Hz δεν υπάρχει ηλεκτρομαγνητική ακτινοβολία αλλά δύο ανεξάρτητα πεδία.

- Το ηλεκτρικό πεδίο είναι ισχυρότερο όσο μεγαλύτερη είναι η τάση, επίσης όσο αυξάνει η απόσταση του από τη πηγή τόσο εξασθενεί. Εύκολα εμποδίζεται από κοινά υλικά γιατί δεν έχει διεισδυτικό χαρακτήρα, όπως το ξύλο και το μέταλλο. Όταν δεν υφίσταται ροή ρεύματος υπάρχει το ηλεκτρικό πεδίο.
- Το μαγνητικό πεδίο είναι ισχυρότερο όσο το ρεύμα είναι μεγαλύτερο. Επίσης εξασθενεί όσο απομακρύνεται από την πηγή. Παράγεται μόνο όταν υπάρχει ροή ρεύματος και διαπερνά εύκολα τα κοινά υλικά.

## 11.5 Ακτινοβολία του τόξου

Μεγάλο φάσμα της ακτινοβολίας παράγεται από το ηλεκτρικό τόξο, όπως υπεριώδεις , ορατές και υπέρυθρες ακτίνες.

- Υπεριώδης ακτινοβολία : προσβάλλει τον βλενογόνο υμένα του ματιού προκαλώντας επιπεφυκίτιδα. Προειδοποιεί για τον κίνδυνο που υπάρχει δημιουργώντας δυσκολία στην όραση, βελονιστό πόνο και δάκρυα. Επίσης καίει το δέρμα, δηλαδή προσβάλλει τους ιστούς του δέρματος, σε μεγάλο βαθμό. Για την προστασία του τεχνικού συγκόλλησης είναι αναγκαίο να χρησιμοποιείται μάσκα και γάντια (εικόνες 11-1, 11-2). Το γυαλί της μάσκας επιλέγεται ανάλογα με την τεχνική και το ρεύμα που χρησιμοποιείται.



Εικόνα 11-1 : Μάσκα προστασίας



Εικόνα 11-2 : Γάντια προστασίας

- Ορατή ακτινοβολία: Δεν είναι τόσο επικίνδυνη όσο τις άλλες δύο. Στις υψηλές συνήθως εντάσεις προκαλεί θάμπωμα των ματιών και μπορεί να αποφευχθεί με την χρήση κατάλληλων γυαλιών (εικόνα 11-3). Χωρίς την προστασία των γυαλιών δεν πρέπει να κοιτάζουμε ποτέ το τόξο. Το 25% της όλης ακτινοβολίας αποτελείται από την ορατή ακτινοβολία του τόξου.



Εικόνα 11-3: Προστατευτικά γυαλιά

- Υπέρυθρη ακτινοβολία: Περιέχει μεγάλη θερμική ενέργεια και εκπέμπεται από το λουτρό του ρευστού μετάλλου της συγκόλλησης. Προσβάλλει τον αμφιβληστροειδή χιτώνα και η εκτεταμένη προσβολή δημιουργεί καταρράκτη. Βάση ερευνών έχει βρεθεί ότι το ποσό της ακτινοβολίας αυτής, δεν είναι τέτοιου επιπέδου στις συγκολλήσεις για να δημιουργεί μεγάλες ανησυχίες, ωστόσο έχουν ληφθεί μέτρα προστασίας στα γυαλιά που χρησιμοποιούνται.

## 11.6 Αναθυμιάσεις

Δημιουργία αναθυμιάσεων έχουμε κατά την διάρκεια της συγκόλλησης, έχουν ροή προς τα πάνω σε κωνική μορφή από το σημείο της συγκόλλησης προς το πρόσωπο του τεχνικού. Το περιεχόμενο και η ένταση των αναθυμιάσεων εξαρτάται από τους παρακάτω παράγοντες:

- Την τεχνική της συγκόλλησης, υλικά εναπόθεσης MIG, MAG, TIG, ηλεκτρόδιο, βυθισμένο τόξο, αυτόματη και ημιαυτόματη μέθοδος.
- Την ένταση, την πυκνότητα και το είδος του ρεύματος.
- Το είδος του μετάλλου βάσης, η επιμετάλλωση που πιθανών να υπάρχει πάνω σε αυτό και ακαθαρσίες.
- Το είδος του υλικού εναπόθεσης.
- Το είδος του αερισμού, όπου μπορεί να είναι φυσικός, μηχανικός, τοπικός και γενικός.



- Ο χώρος που πραγματοποιούνται οι συγκολλήσεις, ανοιχτός ή περιορισμένος.

Η αναθυμίαση των συγκολλήσεων κατατάσσεται σε δύο μορφές: Στα αέρια και στερεά σωματίδια.

- Τα αέρια είναι: Αργόν, Ήλιον, Θείον, Όζον, Φθοριούχες ενώσεις του υδρογόνου και Διοξείδιο του άνθρακα. Αυτά είναι αποτέλεσμα της τήξης του μετάλλου βάσης και του αναλώσιμου υλικού εναπόθεσης.
- Τα στερεά είναι: Μαγγάνιο, Φλουρίδια, Χρώμιο, Βανάδιο, Μόλυβδος, Νικέλιο, Κάδμιο, Χαλκός, Οξείδιο του ψευδαργύρου και του σιδήρου.

## 11.7 Μέθοδοι προστασίας από τις αναθυμιάσεις

Γενικός αερισμός:

- Με περωτή. Στη μέθοδο αυτή οι περωτές τοποθετούνται στο ταβάνι του κτηρίου και η λειτουργία τους είναι να ανακατεύουν τον καθαρό αέρα με τον μολυσμένο και έτσι επιτυγχάνεται ένας τρόπος καθαρού περιβάλλοντος συγκόλλησης από άποψη υγιεινής.
- Ηλεκτροστατικός διαχωριστής. Τα ρινίσματα των μετάλλων ιονίζονται, τα οποία έλκονται ηλεκτρομαγνητικά από ειδικά φίλτρα. Δυστυχώς δεν φιλτράρονται τα αέρια που πιθανών να υπάρχουν.

Τοπικός αερισμός:

- Φορητή συσκευή τύπου προβόλου. Οι συσκευές αυτές φέρουν φίλτρα τα οποία συγκρατούν τα αέρια και τα στερεά σωματίδια. Ξαναδίνουν στο περιβάλλον εργασίας καθαρό φιλτραρισμένο αέρα και είναι συνδεδεμένη με την πηγή της μηχανής της συγκόλλησης ώστε να λειτουργούν μόνο κατά τη διάρκεια της λειτουργίας της. Ένα μειονέκτημα των συγκεκριμένων συσκευών είναι ότι καταλαμβάνουν μεγάλο χώρο.



- Ακροφύσιο προσαρμοσμένο στη λαβίδα συγκόλλησης MIG, MAG. Η μέθοδος αυτή παρουσιάζει μεγάλο πλεονέκτημα διότι είναι το ακροφύσιο τοποθετημένο ακριβώς δίπλα στο σημείο όπου ξεκινούν οι αναθυμιάσεις και οι πιθανότητες να φθάσουν στο αναπνευστικό σύστημα του τεχνικού μειώνονται στο ελάχιστο. Είναι συνδεδεμένη με την πηγή της μηχανής όπως και η προηγούμενη συσκευή. Το μειονέκτημα της είναι ότι υπάρχει μια δυσκαμψία λόγω της χρησιμοποίησης ενός παραπάνω αγωγού. Επίσης απαραίτητο είναι να υπάρχει προσοχή στην ταχύτητα αναρρόφησης ώστε να μην απορροφάται το προστατευτικό αέριο.

## 11.8 Κίνδυνοι από το ηλεκτρικό ρεύμα

Ο κίνδυνος ηλεκτροπληξίας υφίσταται όπως είναι προφανές καθ' όλη τη διαδικασία της συγκόλλησης, αλλά όχι μόνο τότε και όχι μόνο εξ αιτίας αυτής, οι σημαντικότερες πηγές κινδύνου είναι:

Το πρωτεύον και δευτερεύον κύκλωμα των μηχανών συγκόλλησης.

- Οι μηχανές παραγωγής ηλεκτρικού ρεύματος της εγκατάστασης.
- Τα ηλεκτρικά ή τα ηλεκτρονικά όργανα της εγκατάστασης.
- Οι μόνιμες καλωδιώσεις της εγκατάστασης.
- Διάφορα ηλεκτρικά εργαλεία χειρός που μπορεί να χρησιμοποιηθούν από τον τεχνικό.
- Μπαλαντέζες φωτισμού.
- Λοιπές καλωδιώσεις διαφόρων εργαλείων και μηχανημάτων.

Η ηλεκτροπληξία συμβαίνει όταν το ανθρώπινο σώμα διαρρέεται από ηλεκτρικό ρεύμα. Πρέπει να διευκρινιστεί ότι αυτό και μόνο αρκεί και δεν είναι απαραίτητο να υπάρχει επαφή με τα σημεία αυτά. Για παράδειγμα αρκεί ένας άνθρωπος να πλησιάσει αρκετά κοντά σε ρευματοφόρους αγωγούς υψηλής τάσης ούτως ώστε να κεραυνοβοληθεί. Η απόσταση την οποία μπορεί να καλύψει το ηλεκτρικό ρεύμα ανάμεσα σε δύο σημεία που δε βρίσκονται σε επαφή, δημιουργώντας ηλεκτρικό τόξο ονομάζεται κρίσιμη απόσταση. Αυτή η απόσταση μπορεί να είναι και μερικά μέτρα όταν πρόκειται για ρευματοφόρους αγωγούς υψηλής τάσης. Συνίσταται ως απόσταση ασφαλείας από ρευματοφόρους αγωγούς 150 kV τα 1,5m και από αγωγούς 400 kV τα 4m.

## 11.9 1<sup>ο</sup> μοντέλο προστασίας- εξάλειψη κινδύνου

Πρόκειται για το σύνολο των ενεργειών που οδηγούν στην πλήρη απομάκρυνση των επικίνδυνων για την υγεία και την προστασία του εργαζομένων παραγόντων. Για να επιτευχθεί χρειάζεται να επανασχεδιαστεί η παραγωγική διαδικασία, να αντικατασταθούν κάποια μηχανήματα και τμήματα του εξοπλισμού. Είναι αποτελεσματικό μοντέλο προστασίας, αλλά δεν μπορεί να εφαρμοστεί πάντα. Κάποιοι κίνδυνοι είναι συνυφασμένοι με συγκεκριμένες μεθόδους και τεχνικές οι οποίες δεν είναι δυνατόν να αντικατασταθούν. Ένα παράδειγμα είναι η υπεριώδης ακτινοβολία που παράγεται κατά την συγκόλληση. Παράγεται από το ηλεκτρικό τόξο και είναι προφανές πως δεν μπορεί να εξαλειφθεί παρά μόνο με τη χρήση άλλων μεθόδων συγκόλλησης οι οποίες δεν είναι κατάλληλες στη πλειοψηφία των περιπτώσεων συγκόλλησης. Επίσης στην προσπάθεια να εξαλειφθεί ένας κίνδυνος να δημιουργηθεί ή να αυξηθεί ένας άλλος. Για παράδειγμα κατά τη συγκόλληση MIG/MAG σε κάποιες περιπτώσεις προστίθεται στο αέριο προστασίας μικρή ποσότητα N για τον

περιορισμό της δημιουργίας όζοντος το οποίο είναι εξαιρετικά τοξικό αέριο. Όμως σε αυτήν την περίπτωση δημιουργούνται οξειδία του αζώτου τα οποία είναι επιβλαβή για τον ανθρώπινο οργανισμό.

### 11.10 2<sup>ο</sup> μοντέλο προστασίας- απομάκρυνσης εργαζομένου

Το μοντέλο αυτό, είναι αρκετά αποτελεσματικό, δεν είναι πάντα εφαρμόσιμο μιας και απαιτεί εξελιγμένη σχετικά τεχνολογία, όπως τη χρήση ρομπότ κατά τη συγκόλληση. Επίσης αρκετές φορές απαιτεί τη διαμόρφωση ειδικών χώρων στις οποίες λαμβάνει χώρα η συγκεκριμένη διαδικασία, όπως π.χ. οι χώροι στους οποίους γίνεται η βαφή και η συγκόλληση των αμαξωμάτων στις αυτοκινητοβιομηχανίες, πράγμα επίσης απαιτητικό τεχνολογικά και δύσκολο πρακτικά.

### 11.11 3<sup>ο</sup> μοντέλο προστασίας και εφαρμογή μέτρων τεχνητής προστασίας

Διάφορες ασφαλιστικές διατάξεις, όπως παραπετάσματα, καλύμματα, ηλεκτρικές ασφάλειες, ρελέ διαφυγής, συνιστούν κάποιους από τους τρόπους υλοποίησης αυτού του μοντέλου. Χαρακτηριστικά παραδείγματα προστατευτικών μέσων είναι τα διάφορα συστήματα εξαερισμού, είτε τοπικού είτε γενικού, που χρησιμοποιούνται για την απομάκρυνση των διαφόρων αερίων και αναθυμιάσεων που δημιουργούνται κατά τη διαδικασία της συγκόλλησης, όπως επίσης και τα παραπετάσματα που χρησιμοποιούνται για την προστασία των παρευρισκομένων από τις διάφορες ακτινοβολίες.

Τα πλεονεκτήματα είναι ότι εφαρμόζεται αρκετά εύκολα και στο σύνολο σχεδόν των περιπτώσεων και το ότι είναι αρκετά οικονομικό. Μειονέκτημα είναι το ότι υπάρχει πάντα το ενδεχόμενο αστοχίας των ασφαλιστικών διατάξεων, σε συνδυασμό με το ότι ο κίνδυνος δεν εξαλείφεται, άρα και απαιτείται συνεπής συντήρησή τους. Επιπλέον χρειάζεται επισταμένη μελέτη για την εφαρμογή του δεδομένου ότι υπάρχει πάντα το ενδεχόμενο να δυσχεραίνεται η εργασία και να προκαλούνται διάφορα προβλήματα στους εργαζόμενους με συνέπεια να δημιουργούνται νέοι κίνδυνοι.

### 11.12 4<sup>ο</sup> μοντέλο προστασίας- εφαρμογή μέτρων ατομικής προστασίας

Ως Μέσα Ατομικής Προστασίας νοείται κάθε εξοπλισμός μαζί με τα εξαρτήματά του, τον οποίο ο εργαζόμενος πρέπει να φορά ή να φέρει για να προστατεύεται από έναν ή περισσότερους κινδύνους που απειλούν την ασφάλεια ή την υγεία του κατά την εργασία. Η χρήση των ΜΑΠ πρέπει να θεωρείται ως η τελευταία λύση για την προστασία των εργαζομένων και να γίνεται μόνον εφόσον οι κίνδυνοι δεν μπορούν να αποφευχθούν ούτε να περιοριστούν επαρκώς με την εφαρμογή των τριών προηγούμενων μοντέλων. Κάθε ΜΑΠ πρέπει να είναι κατάλληλο για τους σχετικούς κινδύνους, χωρίς το ίδιο να οδηγεί σε αυξημένο κίνδυνο. Πρέπει να ανταποκρίνεται στις συνθήκες που επικρατούν στο χώρο εργασίας και να ταιριάζει σωστά στο χρήστη.

Τα μέσα ατομικής προστασίας πρέπει:

- να είναι σύμφωνα με τις εκάστοτε ισχύουσες διατάξεις σχετικά με το σχεδιασμό και την κατασκευή τους από πλευράς προστασίας και υγείας

- να είναι κατάλληλα για τους κινδύνους που πρέπει να προλαμβάνονται και η χρήση τους να μη συνεπάγεται νέους κινδύνους
- να επιλέγονται με βάση τις συγκεκριμένες κάθε φορά συνθήκες και ανάγκες
- να προσαρμόζονται στο χρήστη
- να χρησιμοποιούνται μόνο για τις προβλεπόμενες χρήσεις και σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή
- να συνοδεύονται με σαφείς οδηγίες χρήσης στην ελληνική γλώσσα
- να συντηρούνται, να επισκευάζονται και να καθαρίζονται τακτικά
- να αντικαθίστανται όταν παρουσιάζουν προχωρημένη φθορά ή έχει λήξει ο επιτρεπόμενος χρόνος χρήσης τους
- να φυλάσσονται σε ειδικές θέσεις ή χώρους με καλές συνθήκες καθαριότητας και υγιεινής και να προορίζονται για προσωπική χρήση
- σε περίπτωση πολλαπλών κινδύνων αν χρησιμοποιούνται περισσότερα του ενός, να είναι συμβατά μεταξύ τους και αποτελεσματικά

Σε περίπτωση που τα ΜΑΠ διαθέτουν σύστημα με το οποίο μπορούν να συνδέονται με άλλο συμπληρωματικό σύστημα, το εξάρτημα σύνδεσης πρέπει να έχει μελετηθεί και κατασκευαστεί έτσι ώστε να μπορεί να προσαρμοστεί μόνο σε σύστημα κατάλληλου τύπου. Τα ΜΑΠ που προορίζονται για χρήση σε εκρηκτική ατμόσφαιρα πρέπει να σχεδιάζονται και να κατασκευάζονται έτσι ώστε να μην είναι δυνατό να παραχθεί σ' αυτά τόξο ή σπινθήρας ηλεκτρικής ή ηλεκτροστατικής προέλευσης ή λόγω κρούσης, ο οποίος μπορεί να προκαλέσει ανάφλεξη εκρηκτικού μίγματος. Τα ΜΑΠ επιτρέπεται να διατίθενται στην αγορά και να τίθενται σε χρήση εφόσον είναι κατάλληλα κατασκευασμένα για να προφυλάσσουν την υγεία και να εξασφαλίζουν την προστασία των χρηστών (χωρίς να θίγεται η υγεία και η ασφάλεια άλλων προσώπων) και εφόσον συντηρούνται κατάλληλα και χρησιμοποιούνται για τον κατάλληλο σκοπό. Τα ΜΑΠ που διατίθενται στην αγορά απαιτείται να φέρουν τη σήμανση CE επ' αυτών και στη συσκευασία τους, με τέτοιο τρόπο ώστε να είναι ορατή και ευανάγνωστη και να παραμένει ανεξίτηλη κατά την αναμενόμενη διάρκεια ζωής τους.

Για κάθε ΜΑΠ που διατίθεται στην αγορά, ο κατασκευαστής υποχρεωτικά συντάσσει και παραδίνει ενημερωτικό σημείωμα στην ελληνική γλώσσα που περιέχει χρήσιμα στοιχεία για αυτό, όπως:

- τα στοιχεία του κατασκευαστή
- τις οδηγίες χρήσης, αποθήκευσης, συντήρησης, καθαρισμού, επιθεώρησης και απολύμανσης
- τις επιδόσεις που επιτεύχθηκαν από τις τεχνικές δοκιμές για τον προσδιορισμό, το επίπεδο ή την κατηγορία προστασίας του
- τα πρόσθετα εξαρτήματα που μπορούν να χρησιμοποιηθούν
- τις διάφορες κατηγορίες προστασίας συναρτήσει του επιπέδου κινδύνων και τα όρια εκτός των οποίων αντενδείκνυται η χρησιμοποίησή του
- την ημερομηνία ή χρονική διάρκεια απόσυρσής του
- τη συσκευασία της ασφαλούς μεταφοράς
- τη σημασία της σήμανσης που υπάρχει.

Εφόσον οι περιστάσεις απαιτούν χρησιμοποίηση ενός ΜΑΠ από περισσότερους του ενός εργαζόμενους, πρέπει να λαμβάνονται κατάλληλα μέτρα έτσι ώστε αυτή να μη δημιουργεί κανένα πρόβλημα υγείας ή υγιεινής στους διάφορους χρήστες.

Ο εργοδότης οφείλει:

- Να παρέχει στους εργαζόμενους εκπαίδευση ή και εξάσκηση, όποτε χρειάζεται, για την αποτελεσματική χρήση των ΜΑΠ.
- Να φροντίζει ώστε γίνεται περιοδικός έλεγχος σωστής χρήσης των ΜΑΠ.
- Να φροντίζει ώστε υπάρχει μέριμνα για τη φύλαξή τους σε θέσεις με καλές συνθήκες καθαριότητας και υγιεινής.
- Να παρέχει στους εργαζόμενους τις κατάλληλες διευκολύνσεις και τα μέσα για την αναγκαία συντήρηση, επισκευή και καθαρισμό τους, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή.
- Να φροντίζει ώστε γίνεται αντικατάστασή τους σε περίπτωση φθοράς ή όταν έχει λήξει ο επιτρεπόμενος χρόνος χρήσης τους.
- Να ενημερώνει τους εργαζόμενους για τους κινδύνους που απειλούν την προστασία και την υγεία τους, τα προληπτικά μέτρα που έχουν ήδη ληφθεί, τα μέτρα και τις προφυλάξεις που πρέπει να τηρούν και τους κινδύνους που παραμένουν σε ορισμένες εργασίες ή θέσεις εργασίας και κάνουν αναγκαία τη χρήση των ΜΑΠ.

Οι εργαζόμενοι οφείλουν:

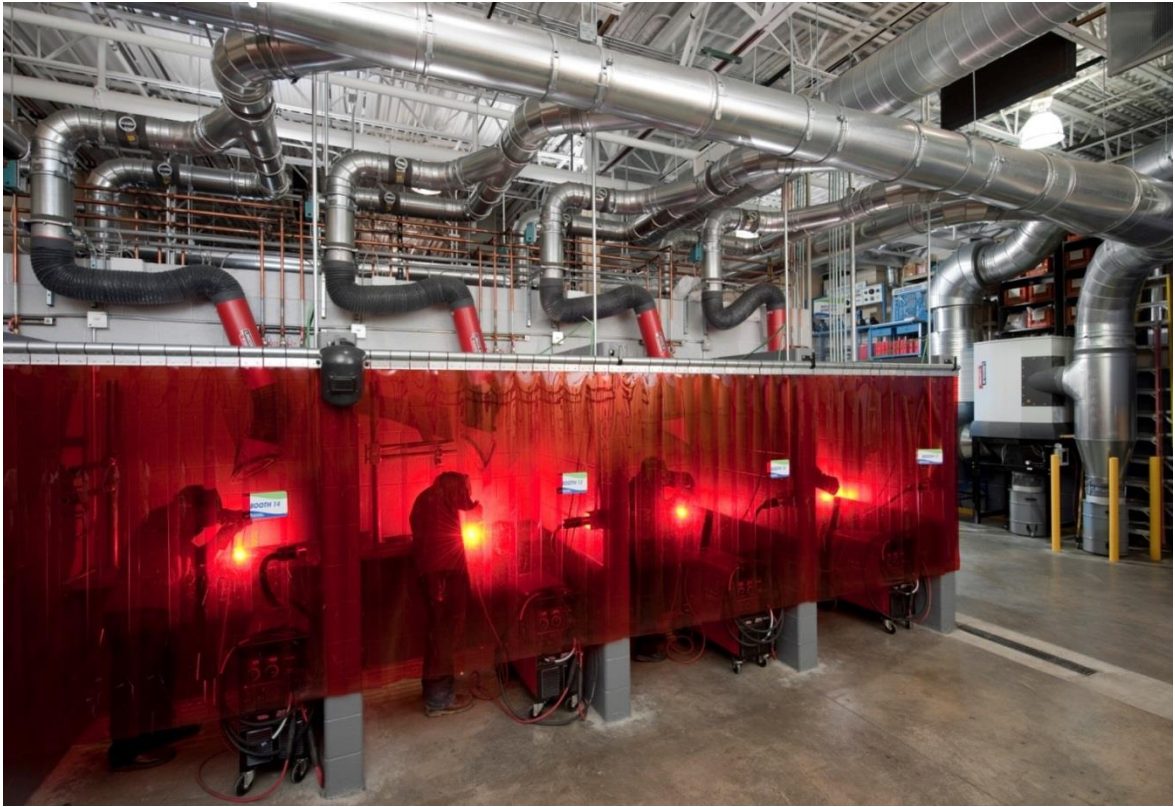
- Να φορούν τα ΜΑΠ όπου απαιτείται για την προστασία της προστασίας και της υγείας τους.
- Να χρησιμοποιούν σωστά τα ΜΑΠ που τίθενται στη διάθεσή τους και μετά τη χρήση να τα τακτοποιούν στη θέση τους.
- Να ακολουθούν πιστά τις οδηγίες χρήσης.
- Να αναφέρουν αμέσως στους επικεφαλής κάθε παρατηρούμενη ανωμαλία κατά τη χρήση των ΜΑΠ ή άλλη αιτία που δικαιολογεί τη συντήρηση, την επισκευή ή την αντικατάστασή τους.

### 11.13 5<sup>ο</sup> μοντέλο προστασίας και σήμανσης χώρων εργασίας

Η σήμανση των χώρων εργασίας χωρίζεται στη μόνιμη και την περιστασιακή. Η μόνιμη σήμανση περιλαμβάνει σήματα απαγόρευσης, προειδοποίησης, υποχρέωσης, μέσων διάσωσης ή βοήθειας, εξοπλισμού καταπολέμησης πυρκαγιάς και σήμανση εμποδίων, επικίνδυνων σημείων και οδών κυκλοφορίας. Η περιστασιακή σήμανση περιλαμβάνει φωτεινά και ηχητικά σήματα, προφορική ανακοίνωση και σήματα με χειρονομίες.

### 11.14 6<sup>ο</sup> μοντέλο προστασίας και εκπαίδευσης και επίβλεψης εργαζομένων

Αφορά την εκπαίδευση των εργαζομένων σε κάθε θέμα υγιεινής και ασφάλειας που αφορά την εργασία που εκτελούν και την επίβλεψή τους για την υιοθέτηση των μέτρων προστασίας. Η σωστή εκπαίδευση των εργαζομένων δεν μπορεί να αντικαταστήσει κανένα άλλο μέτρο προστασίας μιας και αυτή επί της ουσίας προϋποθέτει την εφαρμογή τους. Οι εργαζόμενοι πρέπει να είναι σωστά εκπαιδευμένοι στη χρήση του εξοπλισμού που αφορά την εργασία, τη λήψη των μέτρων προστασίας και τη σπουδαιότητά της και να είναι απόλυτα ενημερωμένοι για τους κινδύνους που διατρέχουν. Με αυτόν τον τρόπο αποφεύγονται περιπτώσεις ατυχημάτων κατά τα οποία εργαζόμενοι δε χρησιμοποίησαν τον προστατευτικό εξοπλισμό, αμέλησαν ή παραγνώρισαν τον κίνδυνο.



## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 12<sup>ο</sup>

### Βιβλιογραφικές αναφορές

- ♦ Γ.Ν. Χαιδεμενόπουλος «Εισαγωγή στις συγκολλήσεις».
- ♦ Θ. Διαμαντούδης, «Συγκολλήσεις μετάλλων».
- ♦ Ζ. Αεράκης «Σημειώσεις Συγκολλήσεων».
- ♦ Αλεξόπουλος Ευάγγελος,  
«Κίνδυνοι για την Υγεία από την Ηλεκτροσυγκόλληση».
- ♦ [www.courseware.mech.ntua.gr/](http://www.courseware.mech.ntua.gr/) βιομηχανικά κράματα
- ♦ [www.moisiadis-publications.gr/wp-content](http://www.moisiadis-publications.gr/wp-content)
- ♦ [www.courseware.mech.ntua.gr/](http://www.courseware.mech.ntua.gr/) welding defects
- ♦ [www.episkeves.upatras.gr](http://www.episkeves.upatras.gr)
- ♦ [www.elinyae.gr](http://www.elinyae.gr)
- ♦ [www.handiworkteam.blogspot.gr](http://www.handiworkteam.blogspot.gr)
- ♦ [www.pi-schools.gr](http://www.pi-schools.gr)
- ♦ Hahn, Manfred, technology and workshops welds and metal structures
- ♦ [www.mie.uth.gr](http://www.mie.uth.gr)
- ♦ [www.texnikosafaleias.gr](http://www.texnikosafaleias.gr)
- ♦ [el.wikipedia.org/wiki](http://el.wikipedia.org/wiki)
- ♦ [www.eugenfound.edu.gr](http://www.eugenfound.edu.gr)
- ♦ Brehme, Dieter, technology and laboratory welding's
- ♦ David Hoffman, Kevin Dahle and David Fisher, welcome to welding, 1<sup>st</sup> edition
- ♦ Institute of Materials, Minerals and Mining, Science and Technology of Welding and Joining
- ♦ V.M. Radharkrishnan, Welding Technology and Design
- ♦ [www.amazon.com](http://www.amazon.com)
- ♦ [www.americanwelding society.gr](http://www.americanwelding society.gr)

## ΚΕΦΑΛΑΙΟ 13<sup>ο</sup>

### Πειραματικό μέρος

#### 13.1 Προετοιμασία της συγκόλλησης

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





Οι κλήσεις στα άκρα που δόθηκαν είναι  $60^\circ$ . Οι κατεργασίες αυτές έγιναν με χρήση της φρέζας του εργαστηρίου Ernaut – Somua.



## 13.2 Εκτέλεση της συγκόλλησης

Ακολούθως, τα τεμάχια αυτά συγκολλήθηκαν με χρήση μηχανής σύρματος μεθόδου M.A.G δηλαδή χρησιμοποιήθηκε μίγμα αερίων 92% Ar και 8% CO<sub>2</sub> το οποίο φέρει την επωνυμία Arcal 21. Η συγκόλληση έγινε εναλλακτικά από τις δυο πλευρές προς αποφυγή κατά το δυνατόν παραμορφώσεων των τεμαχίων δηλαδή εν μέρη από τη μια μεριά και εν μέρη από την άλλη επιλέγοντας θέσεις αντίθετες μεταξύ τους. Ακολούθως φροντίσαμε την ρύθμιση των παραμέτρων της μηχανής με σκοπό να πετύχουμε συμπαγή ραφή με τις λιγότερες δυνατές εκτοξεύσεις μετάλλου (πιτσιλίσματα).

Συγκεκριμένα:

- Επιλέξαμε στη μηχανή σύρματος θέση κύριου διακόπτη (1) 15-28 V και θέσεις δευτερευόντων διακοπών 3-3, οι συγκεκριμένες θέσεις βρίσκονται εντός του φάσματος (20.4-22.8V). Είναι τιμές του βραχυκυκλωμένου τόξου τις μηχανής

Στις παραπάνω επιλογές καταλήξαμε για το λόγο ότι παρατηρήσαμε ελάχιστες εκτοξεύσεις υλικού εναπόθεσης, δηλαδή ήπιο και σταθερό τόξο κανονικό σε μέγεθος ούτε ψήλο αλλά ούτε πολύ κοντό. Για το λόγο ότι το μέταλλο βάσης (χάλυβας) έχει συντελεστή υψηλής θερμοαγωγιμότητας επιλέχθηκαν αυτές οι τιμές τάσεων οι οποίες είναι σχετικά υψηλότερες από τις αντίστοιχες για ίδιου πάχους τεμαχίων άλλου υλικού.



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

- Επιλέξαμε ταχύτητα κίνησης του υλικού εναπόθεσης Vd που αντιστοιχεί στη θέση 10 του ποτενσιομέτρου της μηχανής.
- Ακολούθησε η ρύθμιση της παροχής του αερίου προστασίας Argal 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 Epaut – 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 καθ'όλη την έκτασή τους και με σχετικά μικρό βαθμό τραχύτητας.



## 13.4 Αποκοπή δοκιμίου

Στη συνέχεια τα δοκίμια αυτά διατρήθηκαν με κατάλληλο κοπτικό διαμέτρου  $\Phi 30$  mm, αρχικά επάνω στη ραφή και μετέπειτα παραπλεύρως μακριά από την Θ.Ε.Ζ 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<sup>ο</sup>

## Μεταλλογραφική διερεύνηση δοκιμίων

### 14.1 Προετοιμασία δοκιμίων

14.1.1 Λείανση: Μετά την αποκοπή ακολούθησε η λείανση. Χρησιμοποιήθηκαν λειαντικά χαρτιά τα οποία τοποθετήθηκαν πάνω σε έναν επίπεδο πάγκο και η λείανση πραγματοποιήθηκε με το χέρι. Τα χαρτιά λείανσης τοποθετήθηκαν διαδοχικά από το πιο χοντρό στο πιο λεπτό. Ο σκοπός ήταν κάθε φορά να εξαλείφονται οι ανωμαλίες της επιφάνειας ή οι γραμμές από το προηγούμενο χαρτί, δημιουργώντας μια ομοιόμορφη επιφάνεια. Με το τελευταίο χαρτί το δοκίμιο είναι έτοιμο να στυλωθεί. Τα λειαντικά χαρτιά που χρησιμοποιήθηκαν ήταν: 220,320,500,800,1200,2400grit.

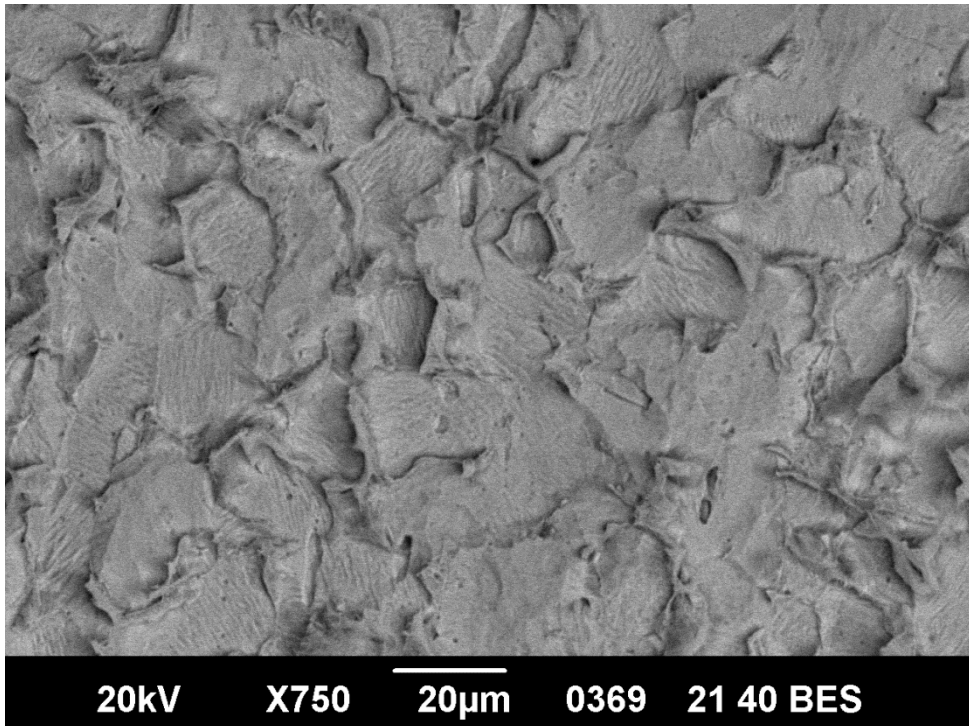
14.1.2 Στίλβωση: Σκοπός της είναι να εξαλείψει τις γραμμές λείανσης από τα δοκίμια, αυτή η επεξεργασία πραγματοποιείται πάνω σε κατάλληλα υφάσματα στα οποία απλώνεται διαμαντόπαστα ή πάστα οξειδίου. Αυτά τοποθετήθηκαν σε επίπεδο πάγκο. Όπως και στην προηγούμενη μέθοδο κατεργασίας χρησιμοποιήθηκε μικρότερο μέγεθος λειαντικών στοιχείων από το προηγούμενο. Η τελική μορφή στην επιφάνεια του δοκιμίου ήταν μια επιφάνεια τόσο λεία όπου καθρέφτιζε.

14.1.3 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. Αφότου πέρασε το χρονικό διάστημα βγήκαν από τον κύλινδρο και στεγνώθηκαν με αέρα και καθαρίστηκαν με ασετόν.

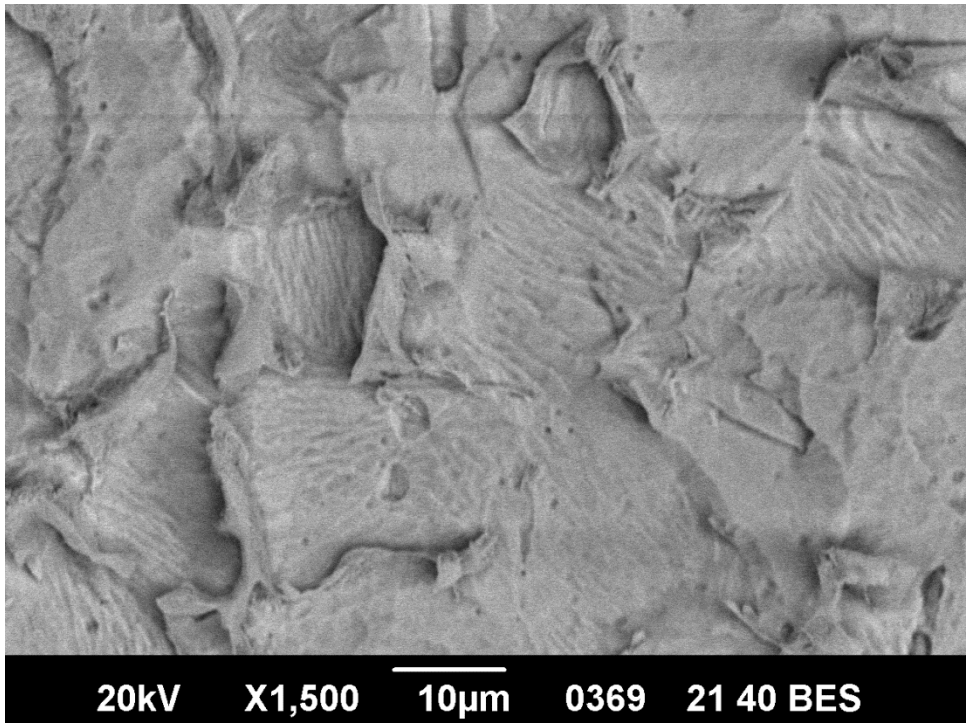
14.1.4 Οπτικό μικροσκόπιο: Είναι η πιο σημαντική μέθοδος μελέτης της μικροδομής μετάλλων και κραμάτων. Ύστερα από τις προηγούμενες κατεργασίες είναι έτοιμα για το οπτικό μικροσκόπιο. Το πρόγραμμα που χρησιμοποιήθηκε ήταν το Jeol Scanning Electrone Microscope και οι αναλύσεις ήταν δύο, BES (κάθετη αντανάκλαση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

14.1.5 Μελέτη μικροδομής μετάλλου βάσης (κοινού χάλυβα): Στα σχήματα που ακολουθούν φαίνεται η τυπική δομή του κοινού χάλυβα ( M.B. ).

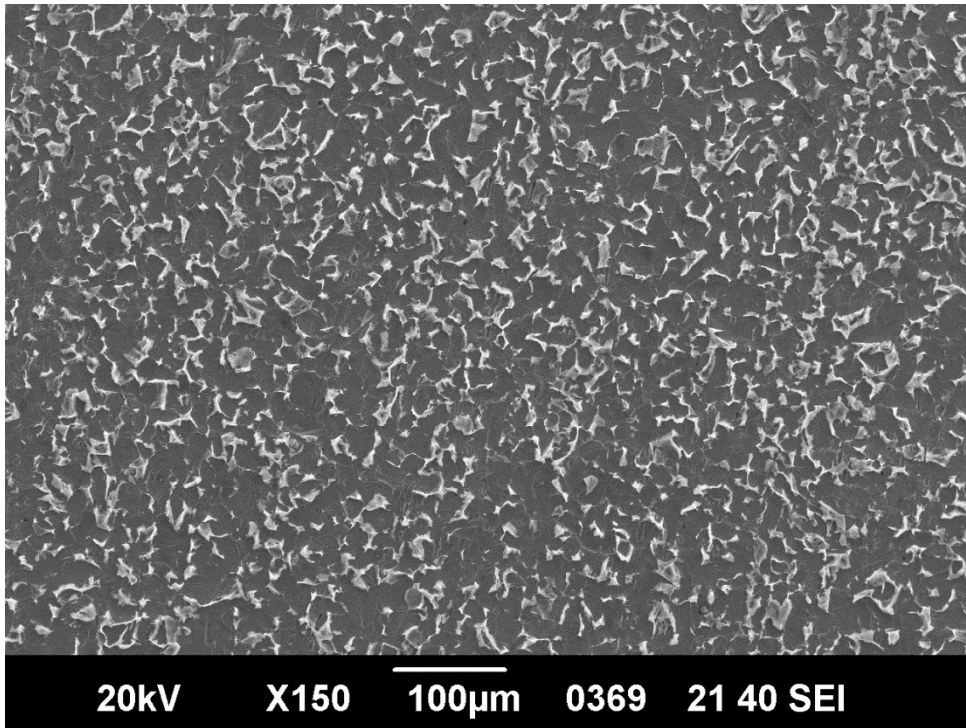




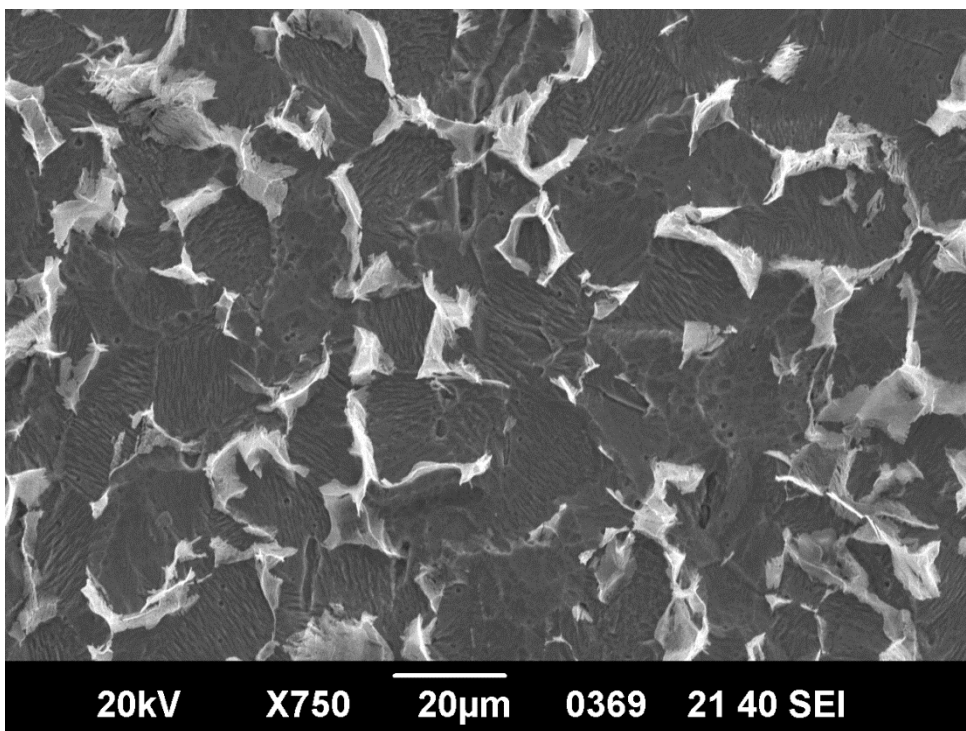
Μέταλλο βάσης ωστενιτικού κοινού χάλυβα st 37



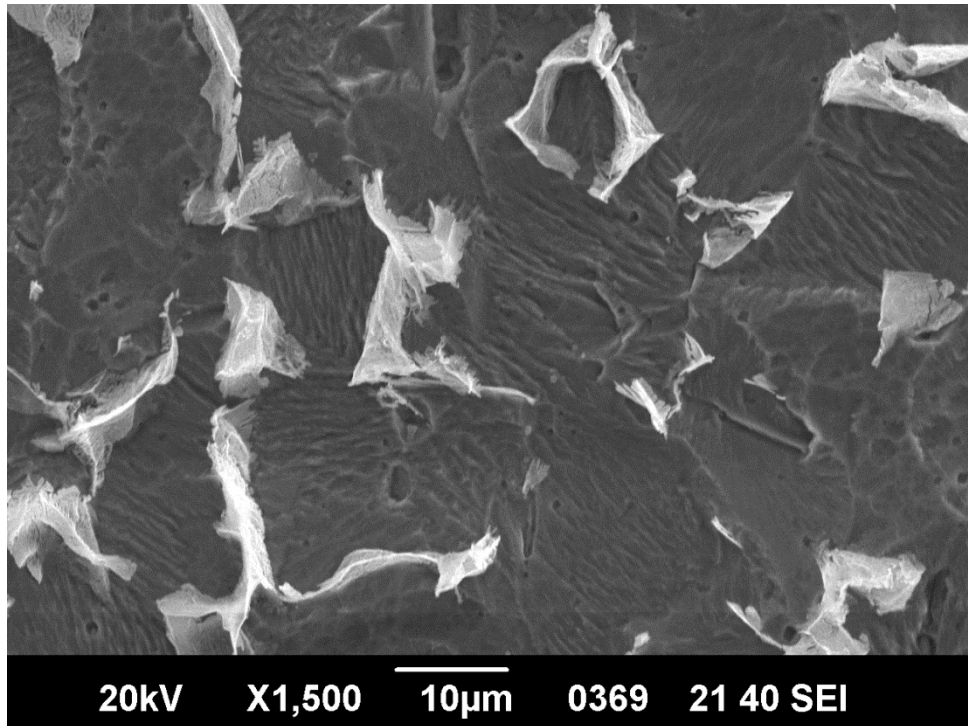
Μέταλλο βάσης ωστενιτικού κοινού χάλυβα st 37



Μέταλλο βάσης οστενιτικού κοινού χάλυβα st 37

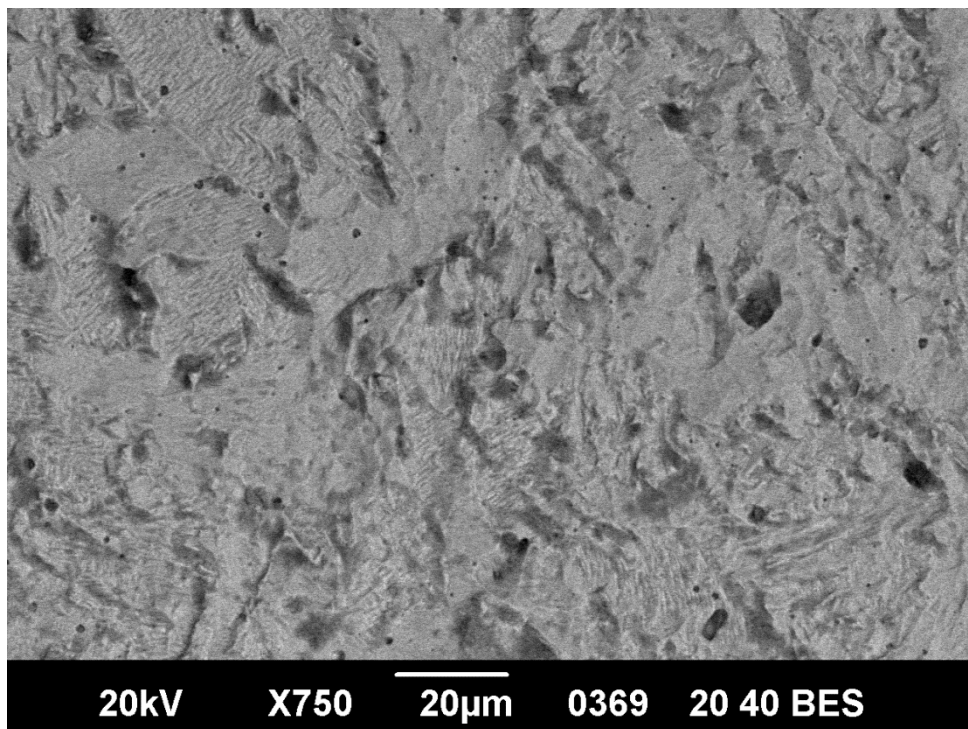


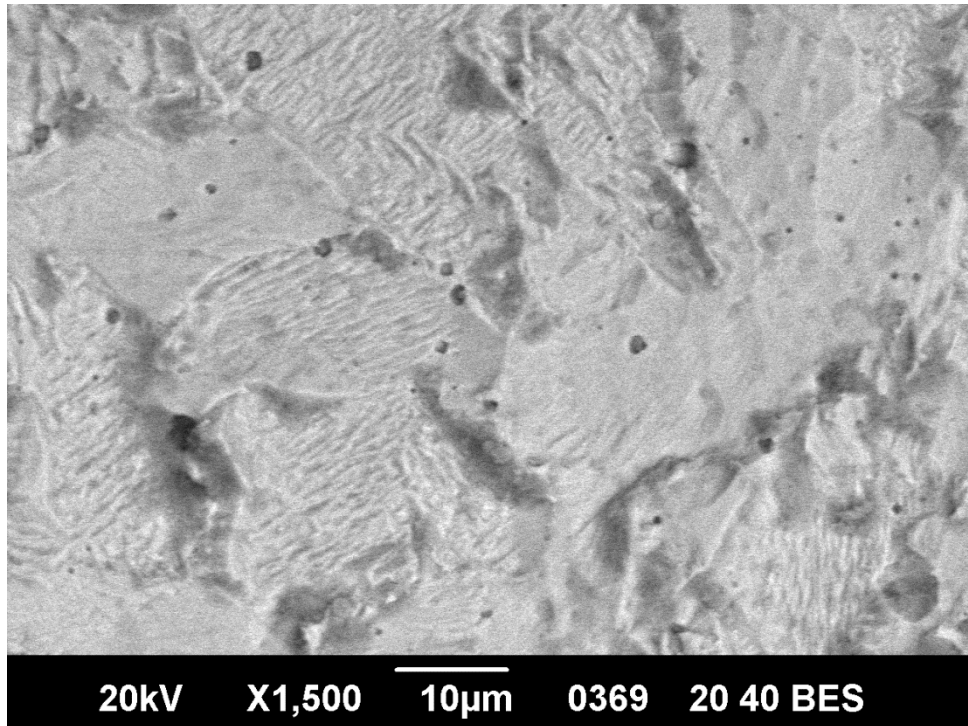
Μέταλλο βάσης οστενιτικού κοινού χάλυβα st 37



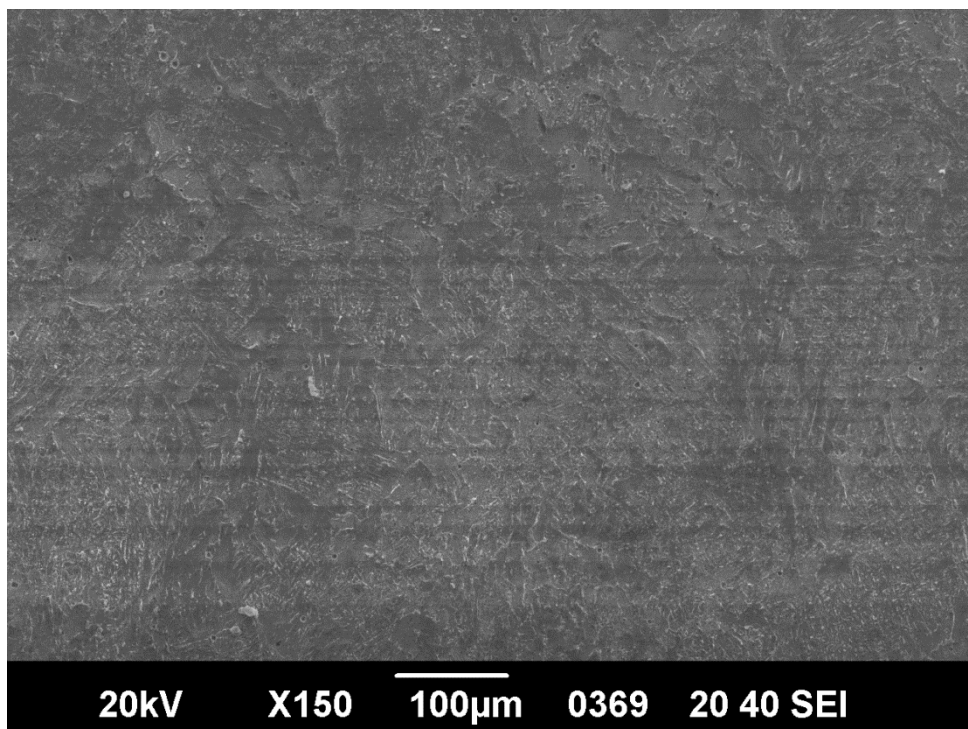
Μέταλλο βάσης οστενιτικού κοινού χάλυβα st 37

#### 11.1.6 Μελέτη μικροδομής μετάλλου εναπόθεσης.

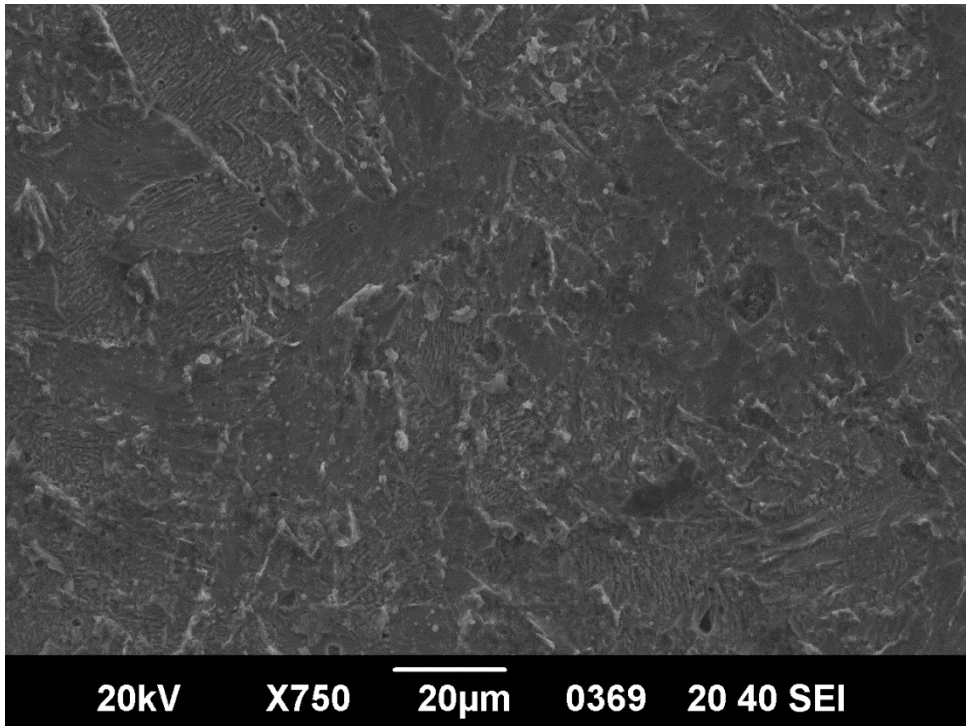




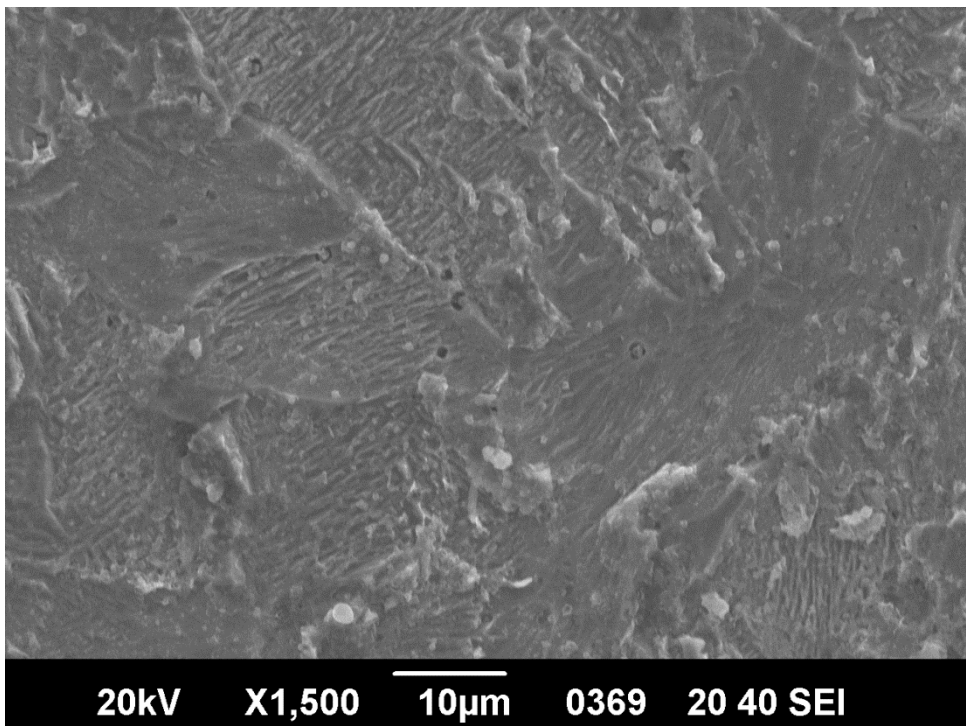
Περιοχή συγκόλλησης: Μέταλλο βάσης ωστενιτικού κοινού χάλυβα st 37



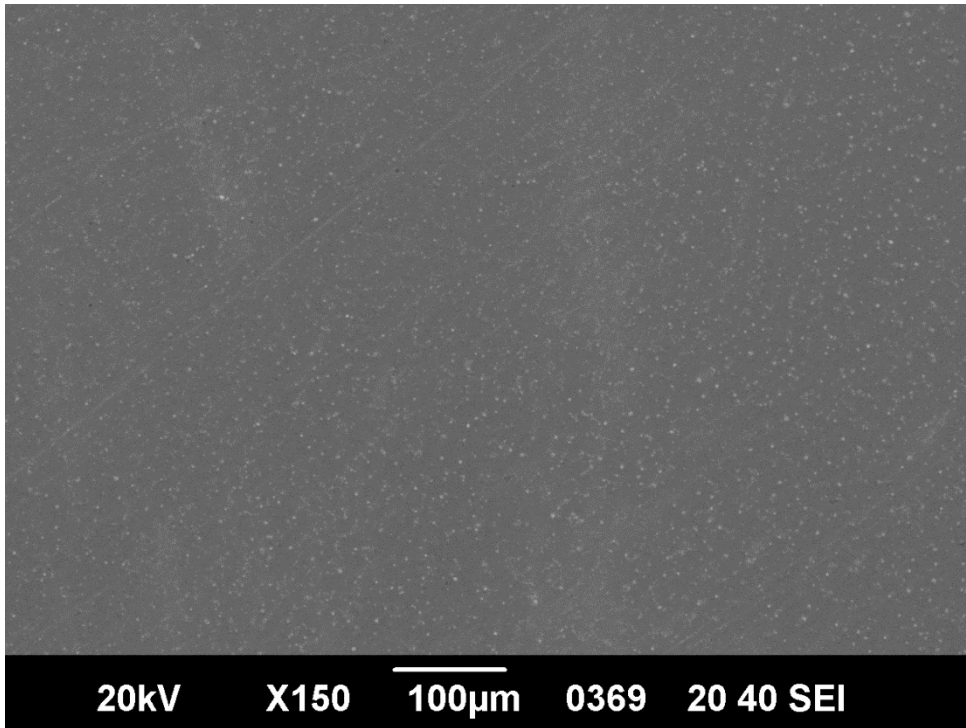
Περιοχή συγκόλλησης: Μέταλλο βάσης ωστενιτικού κοινού χάλυβα st 37



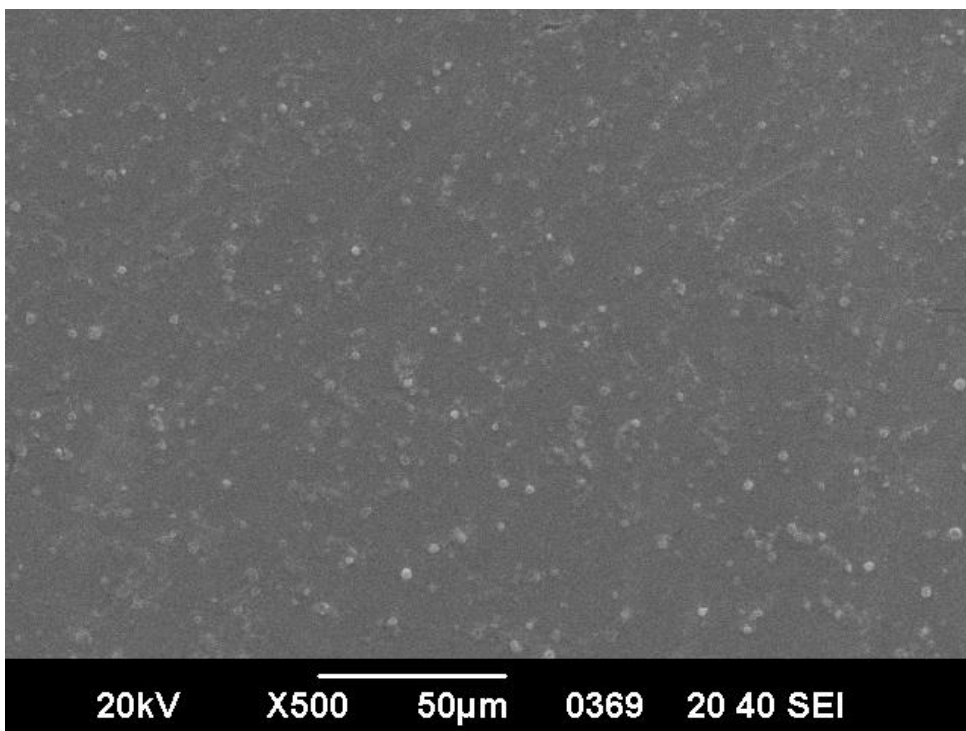
Περιοχή συγκόλλησης: Μέταλλο βάσης ωστενιτικού κοινού χάλυβα st 37



Περιοχή συγκόλλησης: Μέταλλο βάσης ωστενιτικού κοινού χάλυβα st 37



Περιοχή συγκόλλησης: Μέταλλο βάσης ωστενιτικού κοινού χάλυβα st 37



Περιοχή συγκόλλησης: Μέταλλο βάσης ωστενιτικού κοινού χάλυβα st 37

# ΕΠΙΛΟΓΟΣ

## ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑΤΑ ΚΑΙ ΔΥΣΚΟΛΙΕΣ ΠΟΥ ΣΥΝΑΝΤΗΣΑΜΕ

Συμπεράσματα: Στην εργασία αυτή πραγματοποιήθηκε η ανάλυση της συγκόλλησης με τη μέθοδο GMAW ( Gas Metal Arc Welding) ελασμάτων διαστάσεων 10x60x160mm από κοινό χάλυβα st 37 . Τα δοκίμια κατεργάστηκαν, μορφοποιήθηκαν και συγκολλήθηκαν στο Μηχανολογικό Εργαστήριο Ι του τμήματος Μηχανολόγων Μηχανικών Τ.Ε. του Τ.Ε.Ι. Κρήτης. Το πειραματικό μέρος εμβάθυνε το ενδιαφέρον μου για τις συγκολλήσεις και τα υλικά που χρησιμοποιούνται στις κατασκευές. Καθεμία από τις φάσεις κατεργασίας των τεμαχίων που ακολούθησαν ήταν ξεχωριστές και με το δικό τους σκοπό. Ο χρόνος που αφιερώσαμε για την ρύθμιση της μηχανής ήταν πολύ σημαντικός διότι είναι μία διαδικασία δύσκολη που απαιτεί γνώση και κατανόηση των παραμέτρων και λειτουργιών της. Επίσης η αναζήτηση των πληροφοριών και η κατάταξη τους κατέστησαν μία σημαντική επιβράδυνση αλλά και καλύτερη κατανόηση της εργασίας.