



ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΤΟΥ ΤΕΧΝΙΚΟΥ
ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ
ΣΥΓΚΟΛΜΗΣΕΩΝ



1954

ΙΔΡΥΜΑ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ
ΧΡΥΣΟΥΝ ΜΕΤΑΛΛΙΟΝ ΑΚΑΔΗΜΙΑΣ ΑΘΗΝΩΝ



ΠΡΟΛΟΓΟΣ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Ο Ευγένιος Ευγενίδης, ο ιδρυτής και χορηγός του «Ιδρύματος Ευγενίδου», πολύ νωρίς προέβλεψε και σχημάτισε την πεποίθηση ότι η άρτια κατάρτιση των τεχνικών μας, σε συνδυασμό με την εθνική αγωγή, θα ήταν αναγκαίος και αποφασιστικός παράγων για την πρόοδο του Έθνους μας.

Την πεποίθησή του αυτή ο Ευγενίδης εκδήλωσε με τη γενναιόφρονα πράξη ευεργεσίας, να κληροδοτήσει σεβαστό ποσό για τη σύσταση Ιδρύματος, που θα είχε ως σκοπό να συμβάλλει στην τεχνική εκπαίδευση των νέων της Ελλάδας.

Έτσι, το Φεβρουάριο του 1956 συστήθηκε το «Ίδρυμα Ευγενίδου», του οποίου τη διοίκηση ανέλαβε η αδελφή του Μαρ. Σίμου, σύμφωνα με την επιθυμία του διαθέτη. Το έργο του Ιδρύματος συνεχίζει από το 1981 ο κ. Νικόλαος Βερνίκος - Ευγενίδης.

Από το 1956 έως σήμερα η συμβολή του Ιδρύματος στην τεχνική εκπαίδευση πραγματοποιείται με διάφορες δραστηριότητες. Όμως απ' αυτές η σημαντικότερη, που κρίθηκε από την αρχή ως πρώτης ανάγκης, είναι η έκδοση βιβλίων για τους μαθητές των Τεχνικών και Επαγγελματικών Σχολών και Λυκείων.

Μέχρι σήμερα, με τη συνεργασία με τα Υπουργεία Εθνικής Παιδείας και Θρησκευμάτων και Εμπορικής Ναυτιλίας, εκδόθηκαν εκατοντάδες τόμοι βιβλίων, που έχουν διατεθεί σε πολλά εκατομμύρια αντίτυπα. Τα βιβλία αυτά κάλυπταν ή καλύπτουν ανάγκες των Κατωτέρων και Μέσων Τεχνικών Σχολών του Υπ. Παιδείας, των Σχολών του Οργανισμού Απασχολήσεως Εργατικού Δυναμικού (ΟΑΕΔ), των Τεχνικών και Επαγγελματικών Λυκείων, των Τεχνικών Επαγγελματικών Σχολών και των Δημοσίων Σχολών Εμπορικού Ναυτικού.

Μοναδική φροντίδα του Ιδρύματος σ' αυτή την εκδοτική του προσπάθεια ήταν και είναι η συγγραφή και έκδοση βιβλίων ποιότητας, από άποψη όχι μόνον επιστημονική, παιδαγωγική και γλωσσική, αλλά και ως προς την εμφάνιση, ώστε το βιβλίο να αγαπηθεί από τους μαθητές.

Για την επιστημονική και παιδαγωγική αρτιότητα των βιβλίων τα κείμενα υποβάλλονται σε πολλές επεξεργασίες και βελτιώνονται πριν από κάθε νέα έκδοση συμπληρούμενα καταλλήλως.

Ιδιαίτερη σημασία απέδωσε το Ίδρυμα από την αρχή στη γλωσσική διατύπωση των βιβλίων, γιατί πιστεύει ότι και τα τεχνικά βιβλία, όταν είναι γραμμένα σε γλώσσα σωστή και ομοιόμορφη αλλά και κατάλληλη για τη στάθμη των μαθητών, μπορούν να συμβάλλουν στη γλωσσική κατάρτιση των μαθητών.

Έτσι, με απόφαση που ίσχυσε ήδη από το 1956, όλα τα βιβλία της Βιβλιοθήκης του Τεχνίτη, δηλαδή τα βιβλία για τις τότε Κατώτερες Τεχνικές Σχολές, όπως αργότερα και για τις Σχολές του ΟΑΕΔ, ήταν γραμμένα σε γλώσσα δημοτική, με βάση τη γραμματική του Τριανταφυλίδη, ενώ όλα τα άλλα βιβλία ήταν γραμμένα στην απλή καθαρεύουσα. Σήμερα ακολουθείται η γραμματική που διδάσκεται στα σχολεία της δευτεροβάθμιας εκπαίδευσης. Η γλωσσική επεξεργασία των βιβλίων ανατίθεται σε φιλόλογους του Ιδρύματος και έτσι εξασφαλίζεται η ενιαία σύνταξη και ορολογία κάθε κατηγορίας βιβλίων.

Η ποιότητα του χαρτιού, το είδος των τυπογραφικών στοιχείων, τα σωστά σχήματα, η καλαίσθητη σελιδοποίηση, το εξώφυλλο και το μέγεθος του βιβλίου, περιλαμβάνονται και αυτά στις φροντίδες του Ιδρύματος και συμβάλλουν στη σωστή «λειτουργικότητα» των βιβλίων.

Το Ίδρυμα θεώρησε ότι είναι υποχρέωσή του, σύμφωνα με το πνεύμα του ιδρυτή του, να θέσει στη διάθεση του Κράτους όλη αυτή την πείρα του των 20 ετών, αναλαμβάνοντας το 1978 και την έκδοση των βιβλίων για τις νέες Τεχνικές Επαγγελματικές Σχολές και τα Τεχνικά και Επαγγελματικά Λύκεια, σύμφωνα πάντοτε με τα εγκεκριμένα Αναλυτικά Προγράμματα του Γ.Ι. και του ΥΠΕΠΘ.

ΕΠΙΤΡΟΠΗ ΕΚΔΟΣΕΩΝ ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

Μιχαήλ Αγγελόπουλος, ομ. καθηγητής ΕΜΠ, Πρόεδρος.

Αλέξανδρος Σταυρόπουλος, ομ. καθηγητής Πανεπιστημίου Πειραιώς, Αντιπρόεδρος.

Ιωάννης Τεγόπουλος, καθηγητής ΕΜΠ.

Σταμάτης Παλαιοκρασάς, Ηλεκτρολόγος Μηχανικός, Σύμβουλος Παιδαγωγικού Ινστιτούτου.

Χρήστος Σιγάλας, Δ/τής Σπ. Δευτ. Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ.

Σύμβουλος εκδόσεων του Ιδρύματος **Κ. Α. Μανόφης**, καθηγ. Φιλ. Σχολής Παν/μίου Αθηνών.

Γραμματέας της Επιτροπής, **Γεώργιος Ανδρέακος**.

Διατελέσαντα μέλη ή σύμβουλοι της Επιτροπής

Γεώργιος Κακριδής (1955-1959) Καθηγητής ΕΜΠ, **Άγγελος Καλογεράς** (1957-1970) Καθηγητής ΕΜΠ, **Δημήτριος Νιάνιαν** (1957-1965) Καθηγητής ΕΜΠ, **Μιχαήλ Σπετσιέρης** (1956-1959), **Νικόλαος Βασιώτης** (1960-1967), **Θεόδωρος Κουζέλης** (1968-1976) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Παναγιώτης Χατζηγιάννου** (1977-1982) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Αλέξανδρος Ι. Παππάς** (1955-1983) Καθηγητής ΕΜΠ, **Χρυσόστομος Καβουνίδης** (1955-1984) Μηχ. Ηλ. ΕΜΠ, **Γεώργιος Ρούσσος** (1970-1987) Χημ.-Μηχ. ΕΜΠ, **Δρ. Θεοδόσιος Παπαθεοδόσιου** (1982-1984) Δ/τής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ, **Ιγνάτιος Χατζηγευστρατίου** (1985-1988) Μηχανολόγος, Δ/τής Σπουδών Δευτεροβάθμιας Εκπαίδευσης ΥΠΕΠΘ, **Γεώργιος Σταματίου** (1988-1990) Ηλεκτρολόγος



Β' ΤΕΧΝΙΚΩΝ ΕΠΑΓΓΕΛΜΑΤΙΚΩΝ ΣΧΟΛΩΝ

ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

ΑΛΕΞΙΟΥ Γ. ΚΑΡΜΙΡΗ
ΔΙΠΛΩΜ. ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΟΥ - ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΟΥ



ΑΘΗΝΑ
1997



Α' ΕΚΔΟΣΗ 1970
Β' ΕΚΔΟΣΗ 1991



ΠΡΟΛΟΓΟΣ

Η ευρεία χρησιμοποίηση των συγκολλήσεων, τόσο στις βασικές μορφές του όσο και στις ποικίλες παραλλαγές τους, οφείλεται στα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν σε σύγκριση με τις άλλες μεθόδους συνδέσεων μεταλλικών τεμαχίων.

Σκοπός του βιβλίου αυτού είναι να παρουσιάσει κυρίως τα είδη συγκολλήσεων, τις διάφορες μεθόδους και το πεδίο εφαρμογής κάθε μεθόδου, την προετοιμασία και τον τρόπο εκτελέσεως και τέλος την εκλογή των καταλλήλων συνθηκών κάτω από τις οποίες πρέπει να επιχειρείται, κάθε φορά που χρειάζεται, η συγκόλληση. Επίσης θεωρήθηκε απαραίτητο να προταχθεί ένα κεφάλαιο σχετικό με τα μέταλλα και τις ιδιότητες τους που ενδιαφέρουν τις συγκολλήσεις, και να προστεθούν τέλος δυο ακόμη κεφάλαια, σχετικά με τον έλεγχο των συγκολλήσεων και τον υπολογισμό σε αντοχή των συγκολλουμένων τεμαχίων.

Καταβλήθηκε ιδιαίτερη προσπάθεια, ώστε, ενώ στο βιβλίο αναπτύσσεται η τεχνολογία των συγκολλήσεων κυρίως και το περιεχόμενό του απευθύνεται στους βοηθούς τεχνικούς, οι οποίοι πρόκειται να τις εφαρμόσουν στην πράξη, να εξηγηθούν κατά απλό τρόπο και οι θεωρητικές αρχές που διέπουν τις συγκολλήσεις.

Οι διάφορες μηχανές που χρησιμοποιούνται δεν περιγράφονται αναλυτικά αλλά τονίζονται οι βασικές αρχές λειτουργίας τους και περιγράφονται τα κυριότερα στοιχεία τους. Τα διάφορα κεφάλαια του βιβλίου αναπτύσσονται κατά τρόπο ανεξάρτητο, ώστε ο τεχνικός να μπορεί να μελετά το αντικείμενο του ενδιαφέροντός του (ηλεκτροσυγκολλήσεις, οξυγονοκολλήσεις κλπ.), χωρίς να είναι αναγκασμένος να ανατρέχει και σε προηγούμενα κεφάλαια.

Στο παράρτημα περιέχονται, τέλος, υποδείξεις συνδέσεων και ενδεικτικές περιπτώσεις εφαρμογών συγκολλήσεων, καθώς και διάφοροι πίνακες χρήσιμοι για τον τεχνικό.

Ελπίζω ότι το βιβλίο θα είναι χρήσιμο για τους μαθητές τις ειδικότητας, αλλά και για τη μετέπειτα επαγγελματική τους ενασχόληση.

Θα ήταν χρησιμότερο, αν οι διδάσκοντες και όσοι χρησιμοποιήσουν το βιβλίο υποδείξουν τις τυχόν παρατηρήσεις τους, ώστε να ληφθούν υπόψη σε μελλοντική έκδοση.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΩΝ

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

Εισαγωγή

1.1 Μέθοδοι συνδέσεως μεταλλικών τεμαχίων	1
1.2 Πεδίο εφαρμογής των συγκολλήσεων	2
1.3 Είδη συγκολλήσεων	3

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

Τα μέταλλα και η συγκολλητότητά τους

2.1 Γενικά	6
2.2 Χυτοσίδηρος - Χάλυβας	7
2.3 Χαλκός	9
2.4 Μπρούντζος	10
2.5 Ορείχαλκος	10
2.6 Αλουμίνιο και κράματα αλουμινίου	10
2.7 Το μαγνήσιο και τα κράματα μαγνησίου	11
2.8 Μόλυβδος	11
2.9 Λοιπά μέταλλα	12

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

Ετερογενείς συγκολλήσεις

3.1 Γενικά	13
3.2 Μαλακές συγκολλήσεις των βαρέων μετάλλων	14
3.3 Σκληρές συγκολλήσεις των βαρέων μετάλλων	28
3.4 Ερωτήσεις	41

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

Αυτογενείς συγκολλήσεις - Οξυγονοκολλήσεις

4.1 Γενικά περί οξυγονοκολλήσεων	42
4.2 Παραγωγή και αποθήκευση των χρησιμοποιούμενων αερίων	43
4.3 Συσκευές, εξαρτήματα και εργαλεία οξυγονοκολλητή	55
4.4 Χαρακτηριστικά της φλόγας οξυγόνου - ασετυλίνης	65
4.5 Τεχνική των οξυγονοκολλήσεων	68
4.6 Πρακτικές οδηγίες για την οξυγονοκόλληση	73
4.7 Ελαττώματα οξυγονοκολλήσεων	77
4.8 Κίνδυνοι και μέτρα ασφάλειας κατά τις οξυγονοκολλήσεις	79
4.9 Στοιχεία κόστους οξυγονοκολλήσεων	82
4.10 Ερωτήσεις	85

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

Ηλεκτροσυγκολλήσεις τόξου

5.1 Γενικά για τις ηλεκτροσυγκολλήσεις τόξου	86
5.2 Το ηλεκτρικό τόξο	87
5.3 Μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου	89
5.4 Εργαλεία του ηλεκτροσυγκολλητή.....	96
5.5 Ηλεκτρόδια ηλεκτροσυγκολλήσεων τόξου	100
5.6 Τεχνική των ηλεκτροσυγκολλήσεων τόξου	104
5.7 Προσθήκη μετάλλου με ηλεκτροσυγκόλληση	115
5.8 Πρακτικές οδηγίες για την ηλεκτροσυγκόλληση τόξου.....	117
5.9 Ελαττώματα ηλεκτροσυγκολλήσεων τόξου.....	124
5.10 Κίνδυνοι και μέτρα ασφάλειας κατά τις ηλεκτροσυγκολλήσεις τόξου	126
5.11 Στοιχεία κόστους ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου	127
5.12 Ερωτήσεις.....	133

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

Ηλεκτροσυγκολλήσεις αντιστάσεως

6.1 Γενικά περί ηλεκτροσυγκολλήσεων αντιστάσεως.....	135
6.2 Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως κατά σημεία	139
6.3 Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως ραφής	145
6.4 Μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως ραφής	147
6.5 Τεχνική της ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως ραφής.....	147
6.6 Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως άκρων	148
6.7 Μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως άκρων	149
6.8 Τεχνική της ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως άκρων	151
6.9 Πρακτικές οδηγίες για τις ηλεκτροσυγκολλήσεις αντιστάσεως	155
6.10 Στοιχεία κόστους ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως.....	158
6.11 Ερωτήσεις.....	161

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

Άλλες μέθοδοι συγκολλήσεως

7.1 Εισαγωγή.....	162
7.2 Καμινοσυγκόλληση	162
7.3 Συγκόλληση με θερμότητα	164
7.4 Ηλεκτροσυγκόλληση με υδργόνο.....	167
7.5 Ηλεκτροσυγκόλληση με αδρανές αέριο.....	169
7.6 Ηλεκτροσυγκόλληση με αργό	170
7.7 Ηλεκτροσυγκόλληση με επαγωγικό ρεύμα.....	175
7.8 Ερωτήσεις.....	177

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

Συγκολλήσεις χυτοσιδήρου

Επισκευές φθαρμένων τεμαχίων από χυτοσίδηρο

8.1 Γενικά.....	179
-----------------	-----

8.2	Οξυγονοκόλληση χυτοσιδήρου	180
8.3	Ηλεκτροσυγκόλληση χυτοσιδήρου	184
8.4	Ερωτήσεις	189

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

Κοπή των μετάλλων

9.1	Γενικά	190
9.2	Κοπή μετάλλων με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης (οξυγόνοκοπή)	190
9.3	Εργασίες και ρυθμίσεις για κοπή με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης	196
9.4	Πρακτικές οδηγίες για κοπή με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης	197
9.5	Οξυγονοκοπή με εμφύσηση σκόνης σιδήρου	201
9.6	Κοπή μετάλλων με ηλεκτρικό τόξο	202
9.7	Ηλεκτρική οξυγονοκοπή	202
9.8	Στοιχεία κόστους οξυγονοκοπής	203
9.9	Ερωτήσεις	205

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

Έλεγχος συγκολλήσεων

10.1	Γενικά	206
10.2	Έλεγχος με καταστροφή της ραφής συγκολλήσεως	207
10.3	Έλεγχος χωρίς καταστροφή της ραφής συγκολλήσεως	213
10.4	Ερωτήσεις	219

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

Στοιχεία υπολογισμού στην αντοχή των συγκολλήσεων

11.1	Γενικά	220
11.2	Υπολογισμός της διατομής συγκολλήσεως	220
11.3	Επιτρεπόμενη τάση της ραφής συγκολλήσεως	221
11.4	Μεθοδολογία υπολογισμού των συγκολλήσεων σε αντοχή	223
11.5	Στοιχεία υπολογισμού σε εφελκυσμό και σε θλίψη	224
11.6	Στοιχεία υπολογισμού σε διάτμηση	227
11.7	Στοιχεία υπολογισμού σε στρέψη	228
11.8	Στοιχεία υπολογισμού σε κάμψη	229
11.9	Παραδείγματα υπολογισμού συγκολλήσεων	231
11.10	Ερωτήσεις	236
Παράρτημα Ι	Πίνακες	237

Παράρτημα ΙΙ	Υποδείξεις συνδέσεως και ενδεικτικές περιπτώσεις εφαρμογών συγκολλήσεων	255
--------------	---	-----

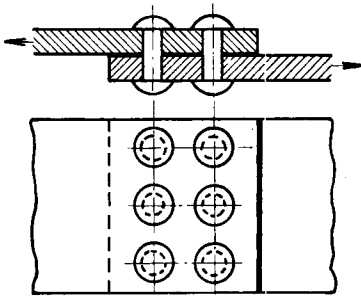
ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

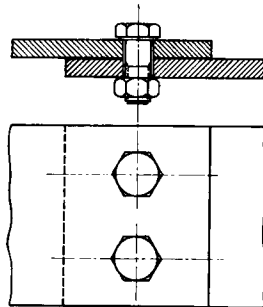
1.1 Μέθοδοι συνδέσεως μεταλλικών τεμαχίων.

Τα σύνθετα μεταλλικά αντικείμενα και οι μεταλλικές γενικά κατασκευές κατασκευάζονται με χύτευση, μορφοποίηση, αφαίρεση υλικού ή τέλος με σύνδεση απλών τεμαχίων, όπως είδαμε και στα κεφάλαια 11, 12 και 13 της Μηχανουργικής Τεχνολογίας, τόμος Α'.

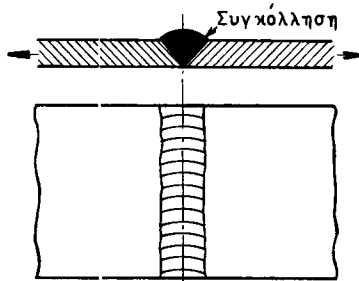
Από τις μεθόδους συνδέσεως μεταλλικών τεμαχίων χρησιμοποιούνται συνηθέστερα η ήλωση (σχ. 1.1α), η κοχλίωση (σχ. 1.1β) και η συγκόλληση (σχ. 1.1γ).



Σχ. 1.1α.
Ήλωση.



Σχ. 1.1β.
Κοχλίωση.



Σχ. 1.1γ.
Συγκόλληση.

Η συγκόλληση είναι νεότερη μέθοδος συνδέσεως, η οποία αντικατάστησε σε πολλές εφαρμογές, λόγω των πλεονεκτημάτων της, την ήλωση και την κοχλίωση. Με την ανάπτυξη των διαφόρων μεθόδων συγκολλήσεως, τις οποίες θα εξετάσουμε στο βιβλίο αυτό, αυξήθηκαν επίσης οι δυνατότητες συνδέσεως μεταλλικών τεμαχίων. Η ανάπτυξη των συγκολλήσεων οφείλεται κυρίως στη δυνατότητά τους να παρέχουν συνδέσεις αντοχής, καλής εμφανίσεως, μικρότερου βάρους και μικρού κόστους.

Η συγκόλληση όμως δεν είναι πάντοτε δυνατή γιατί:

- α) Η σύνδεση με συγκόλληση είναι μόνιμη και συνεπώς δεν μπορεί να αντικαταστήσει την κοχλιωτή κατασκευή σε περιπτώσεις που απαιτείται αποσύνδεση και σύνδεση και
- β) υπάρχουν μέταλλα, τα οποία δεν είναι δυνατόν να συγκολληθούν και άλλα τα οποία χρειάζονται ειδικές μεθόδους.

Η συγκόλληση γενικά προϋποθέτει τα προς συγκόλληση τεμάχια να είναι από το ίδιο υλικό. Όταν θέλουμε να συνδέσουμε δύο ελάσματα από διαφορετικά μέταλλα, τα οποία δεν συγκολλούνται μεταξύ τους, π.χ. σίδηρο και αλουμίνιο, τότε επιχειρούμε ήλωση ή κοχλίωση.

1.2 Πεδίο εφαρμογής των συγκολλήσεων.

Η κατασκευή συνθέτων τεμαχίων με συγκόλληση έχει πολλά τεχνικά και οικονομικά πλεονεκτήματα σε σύγκριση με τους άλλους τρόπους.

Η συγκολλητική κατασκευή αντικατέστησε τα χυτά τεμάχια, όταν ο αριθμός των τεμαχίων που πρέπει να κατασκευασθούν είναι μικρός, γιατί δεν απαιτούνται μεγάλα έξοδα προετοιμασίας (καλούπια, χυτήριο κ.α.). Τα συγκολλητικά τεμάχια συγκρινόμενα με τα χυτά είναι ελαφρότερα.

Τα συγκολλητικά τεμάχια αντικατέστησαν επίσης σε πολλές εφαρμογές τα καμινευτικά, όταν δεν υπάρχουν ιδιαίτερες απαιτήσεις και όταν ο αριθμός των τεμαχίων που πρέπει να κατασκευασθούν είναι σχετικά μικρός.

Σήμερα η μέθοδος της συγκολλήσεως έχει αναπτυχθεί τόσο, ώστε να κατασκευάζουμε με συγκόλληση και κατασκευές που δέχονται σημαντικά φορτία, π.χ. λέβητες, γέφυρες κ.α.

Οι ηλεκτροσυγκολλητικές κατασκευές είναι γενικά ελαφρότερες από τις ηλωτές και αυτό γιατί αποφεύγονται οι επικαλύψεις των ελασμάτων, που είναι απαραίτητες στη σύνδεση με ήλους.

Στις συγκολλήσεις και ιδίως στις συγκολλήσεις αντοχής, δυσκολίες και προβλήματα παρουσιάζει ο έλεγχος της συγκολλήσεως.

Αυτός είναι απαραίτητος γιατί μπορεί να υπάρχουν ανωμαλίες στο εσωτερικό των συγκολλήσεων, ενώ η εξωτερική επιφάνειά τους να είναι κανονική. Το θέμα του ελέγχου ακριβώς είναι αυτό που καθυστέρησε τη διάδοση των συγκολλήσεων γιατί συχνά απαιτούνται γι' αυτόν περισσότερες εγκαταστάσεις και εργασίες από ότι χρειάζεται η εκτέλεση της συγκολλήσεως. Αυτό π.χ. συμβαίνει, όταν υπάρχει θέμα ασφάλειας. Στους λέβητες π.χ. ελέγχουμε τη συγκόλληση 100%, δηλαδή ελέγχουμε κάθε ραφή συγκολλήσεως χωριστά, εκτός από την κανονική δοκιμή του λέβητα σε υπερπίεση.

Εκτός από τις κατασκευές, οι συγκολλήσεις έχουν μεγάλη διάδοση και στις επισκευές. Ακόμη και το μικρότερο συνεργείο επισκευών διαθέτει σήμερα συσκευές, με τις οποίες πραγματοποιεί συγκολλήσεις. Η σύνδεση με συγκόλληση είναι τις περισσότερες φορές η απλούστερη μέθοδος για την αποκατάσταση αντικειμένων που έχουν θραυσθεί.

Η ανάπτυξη των συγκολλήσεων, ιδίως στις επισκευές, οφείλεται στο χαμηλό κόστος των συσκευών συγκολλήσεως και στην απλότητά τους. Βέβαια υπάρχουν και μεγάλες μηχανές συγκολλήσεως για ειδικές συνθήκες, όπως όταν χρειάζεται μεγάλη παραγωγή, στεγανότητα, υψηλή αντοχή κ.ο.κ.

1.3 Είδη συγκολλήσεων.

Τις συγκολλήσεις διακρίνουμε σε συγκολλήσεις πίεσεως και σε συγκολλήσεις τήξεως.

α) Κατά τις **συγκολλήσεις πίεσεως** τα τεμάχια που θα συγκολληθούν θερμαίνονται στο σημείο συγκολλήσεως σε θερμοκρασία κατώτερη από το σημείο τήξεώς τους για να γίνουν εύπλαστα και κατόπιν πιέζονται το ένα πάνω στο άλλο. Κατ' αυτό τον τρόπο διεισδύουν τα μόρια του ενός στα μόρια του άλλου και επιτυγχάνεται η συγκόλληση. Όταν τα τεμάχια είναι κατασκευασμένα από μέταλλα, τα οποία είναι εύπλαστα στη συνηθισμένη θερμοκρασία, όπως π.χ. από μόλυβδο, είναι δυνατόν να επιτευχθεί συγκόλληση μόνο με πίεση (σφυρηλάτηση, πρέσα κλπ.), χωρίς θέρμανση. Πάντως και στις περιπτώσεις αυτές η θέρμανση διευκολύνει την εισχώρηση των μορίων του ενός στα μόρια του άλλου.

β) Κατά τις **συγκολλήσεις τήξεως** τα τεμάχια θερμαίνονται μέχρι τήξεως στο σημείο που θα συγκολληθούν. Κατά την τήξη τα μόρια του ενός μετάλλου διεισδύουν στα μόρια του άλλου και έτσι επιτυγχάνεται η σύνδεση κατά την ψύξη.

Κατά τη συγκόλληση τήξεως συχνά χρησιμοποιούμε και τρίτο σώμα, την **κόλληση**, η οποία τήκεται (λειώνει), συμπληρώνει τα

διάκενα μεταξύ του ενός και του άλλου τεμαχίου και βοηθεί στην ανάμιξη των μορίων.

Όταν η κόλληση και τα τεμάχια που πρόκειται να συγκολληθούν είναι από το ίδιο υλικό, η συγκόλληση καλείται **αυτογενής**, ενώ όταν διαφέρει η συγκόλληση καλείται **ετερογενής**.

Κατά τις ετερογενείς συγκολλήσεις, η θερμοκρασία των τεμαχίων στην περιοχή συγκολλήσεως είναι μικρότερη από το σημείο τήξεως των υλικών των τεμαχίων. Η κόλληση τήκεται, γιατί έχει σημείο τήξεως μικρότερο και όπως είναι ρευστή, διεισδύει μέσα στα τεμάχια. Κολλήσεις αυτού του είδους είναι η μπρουντζοκόλληση, η κασσιτεροκόλληση, η ασημοκόλληση κ.α. (§ 3.2 και 3.3).

Για να επιτύχομε συγκόλληση πρέπει να καθαρίσουμε τις επιφάνειες που θα συγκολληθούν με διάφορα – ανάλογα με τις περιπτώσεις – υλικά καθαρισμού, όπως π.χ. βόρακα, βορικό οξύ, διάφορα χλωρίδια και φθορίδια κλπ.

Στις αυτογενείς συγκολλήσεις η θερμοκρασία στην περιοχή συγκολλήσεως είναι ανώτερη από το σημείο τήξεως των υλικών τεμαχίων και της κολλήσεως. Γι' αυτό απαιτείται η πρόσδοση σημαντικής ποσότητας θερμότητας στο σημείο συγκολλήσεως.

Όταν για τη θέρμανση αυτή χρησιμοποιούμε τη φλόγα μίγματος καύσιμου αερίου, συνήθως ασετυλίνης, και καθαρού οξυγόνου, η αυτογενής συγκόλληση ονομάζεται **οξυγονοκόλληση**.

Αυτογενείς συγκολλήσεις, κατά τις οποίες η θερμότητα που χρειάζεται για τα μέταλλα στο σημείο συγκολλήσεως προέρχεται από ηλεκτρικό ρεύμα, ονομάζονται **ηλεκτροσυγκολλήσεις**. Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις με τις βασικές μεθόδους τους και τις διαφορές παραλλαγές τους χρησιμοποιούνται ευρύτατα στις εφαρμογές. Σήμερα το μεγαλύτερο ποσοστό των συγκολλήσεων εκτελείται με ηλεκτροσυγκόλληση.

Εξάλλου, ειδικές μέθοδοι ηλεκτροσυγκολλήσεων έχουν μελετηθεί και αναπτυχθεί για τη μαζική και την αυτοματοποιημένη παραγωγή.

Βασικά διακρίνουμε δυο μεθόδους ηλεκτροσυγκολλήσεων:

Τις **ηλεκτροσυγκολλήσεις τόξου** και τις **ηλεκτροσυγκολλήσεις με αντίσταση**.

Αναφέρθηκε ήδη (§ 1.1) ότι όλα τα μέταλλα δεν είναι επιδεκτά συγκολλήσεως, υπάρχουν δε διάφορες μέθοδοι συγκολλήσεως με διαφορετικά πεδία εφαρμογής. Σε κάθε περίπτωση, εφόσον φυσικά είναι δυνατή η συγκόλληση, υπάρχει μια μέθοδος που αρμόζει περισσότερο από τις άλλες, αφού ληφθούν υπόψη και οι συνθήκες εργασίας του εργοστασίου ή του εργοταξίου.

Τα μεγάλα εργοστάσια που ασχολούνται με τις συγκολλήσεις,

διαθέτουν εργαστήρια όπου ερευνούνται τρόποι βελτιώσεως των μεθόδων συγκολλήσεως, η ανάπτυξη νέων καλυτέρων μεθόδων και ο έλεγχος επιτυχίας της συγκολλήσεως. Όσα θα εκτεθούν στο βιβλίο αυτό αφορούν στις πιο γνωστές μεθόδους και δίνουν συγχρόνως τα απαραίτητα στοιχεία, ώστε να διευκολύνεται η κατανόηση του τρόπου εργασίας κάθε ειδικής μεθόδου συγκολλήσεως.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2

ΤΑ ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ Η ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΟΤΗΤΑ ΤΟΥΣ

2.1 Γενικά.

Όπως γνωρίζουμε από τη Χημεία, τα στοιχεία χωρίζονται βασικά σε **μέταλλα** και **αμέταλλα**.

Εμάς θα απασχολήσουν τα μέταλλα. Όπως είναι γνωστό, τα μέταλλα, εκτός από τις άλλες ιδιότητές τους έχουν και την ιδιότητα να σχηματίζουν κράματα, με τα οποία επιτυγχάνουμε υλικά με βελτιωμένες ιδιότητες για τις ανάγκες μας.

Επειδή από τα μέταλλα ο σίδηρος έχει τη μεγαλύτερη διάδοση λόγω των ιδιοτήτων του, επικράτησε ο διαχωρισμός των μετάλλων και των κραμάτων τους σε **σιδηρούχα** και **μη σιδηρούχα**.

Από τα μη σιδηρούχα μέταλλα ο χαλκός, το αλουμίνιο, το νικέλιο, ο μόλυβδος, ο ψευδάργυρος, ο άργυρος, ο χρυσός και ο λευκόχρυσος παρουσιάζουν ενδιαφέρον για τις τεχνικές εφαρμογές, είναι δε και συγκολλητά.

Από τα κυριότερα κράματα των μη σιδηρούχων μετάλλων ο μπρούντζος, ο ορείχαλκος, το κόκκινο μέταλλο, τα κράματα του αλουμινίου, τα κράματα του μαγνησίου και το μέταλλο μονέλ, χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές και επιδέχονται συγκόλληση.

Γενικά, τα μέταλλα όταν θερμαίνονται, διαστέλλονται και όταν ψύχονται, συστέλλονται. Η ιδιότητα αυτή ενδιαφέρει τις συγκολλήσεις, γιατί προκαλεί τάσεις και παραμορφώσεις των τεμαχίων που συγκολλούμε, επειδή κατά τη συγκόλληση συχνά δεν θερμαίνουμε ολόκληρα τα τεμάχια, αλλά τμήματά τους.

Το θέμα αυτό θα μας απασχολήσει στο κεφάλαιο 5 [§ 5.6(ε)], όπου θα εξετάσουμε τι μέτρα λαμβάνονται, ανάλογα προς τη μέθοδο συγκολλήσεως, για να αποφευχθούν οι παραμορφώσεις και οι εσωτερικές τάσεις. Από αυτές, οι μεν παραμορφώσεις πρέπει να αποφευχθούν γιατί διαφορετικά αλλάζουν τη μορφή του τεμαχίου, οι δε εσωτερικές τάσεις δημιουργούν πρόσθετες ανεπιθύμητες καταπονήσεις της συγκολλήσεως του μετάλλου.

Ένα ενδιαφέρον στοιχείο για τη συγκόλληση των μετάλλων είναι

το **σημείο τήξεως**, δηλαδή η θερμοκρασία στην οποία τα μέταλλα μεταβάλλουν κατάσταση και γίνονται από στερεά υγρά.

Στον πίνακα 2.1.1 αναγράφεται το σημείο τήξεως των σπουδαιότερων μετάλλων και κραμάτων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1.1

**Θερμοκρασία τήξεως °C και ειδικό βάρος g/cm³
των πιο συνηθισμένων στις συγκολλήσεις μετάλλων και κραμάτων**

Είδος μετάλλου ή κράματος	Ειδικό βάρος g/cm ³	Θερμοκρασία τήξεως σε °C
Αλουμίνιο	2,7	658
Άργυρος	10,5	961
Κασσίτερος	7,28	230
Λευκόχρυσος	21,4	1764
Μαγνήσιο	1,74	657
Μόλυβδος	11,3	328
Μπρούντζος	8,6	900
Νικέλιο	8,9	1453
Ορείχαλκος	8,4	900
Χαλκός	8,9	1083
Χάλυθας	7,85	1400-1500
Χρυσός	19,3	1063
Χυτοσίδηρος	7,25	1200
Ψευδάργυρος	7,13	420

Μία άλλη ιδιότητα ορισμένων μετάλλων που ενδιαφέρει τις συγκολλήσεις είναι η **πλαστικότητα**, την οποία αποκτούν όταν αυξάνεται η θερμοκρασία και πριν αυτή φθάσει στο σημείο τήξεως, όπου μεταβάλλουν κατάσταση.

Ο μαλακός χάλυθας π.χ. κατά τη θέρμανση ερυθροπυράνεται και γίνεται εύπλαστος. Έτσι, είναι δυνατόν να σφυρηλατηθεί και να αλλάξει μορφή.

Στις επόμενες παραγράφους θα περιγράψουμε τα μέταλλα τα οποία συναντούμε συνηθέστερα στην πράξη. Από τις ιδιότητές τους θα αναφέρουμε μόνον εκείνες που είναι χρήσιμες για τις συγκολλήσεις.

2.2 Χυτοσίδηρος - Χάλυθας.

Ο σίδηρος σαν βιομηχανικό υλικό χωρίζεται σε δυο μεγάλες βασικές κατηγορίες:

- Τον μη επιδεκτό σφυρηλατήσεως σίδηρο, ο οποίος καλείται και **πρωτογενής σίδηρος** ή **χυτοσίδηρος** και
- τον επιδεκτό σφυρηλατήσεως σίδηρο, ο οποίος ονομάζεται **χάλυθας**.

α) Χυτοσίδηρος.

Ο πρωτογενής σίδηρος ή χυτοσίδηρος παράγεται στις υψικάμινους από τα μεταλλεύματα σιδήρου και έχει περιεκτικότητα σε άνθρακα μεγαλύτερη από 1,7%.

Ο χυτοσίδηρος που λαμβάνομε από τις υψικάμινους ανατήκεται σε ειδικές καμίνους, όπου με την προσθήκη συλλιπασμάτων αποκτά βελτιωμένες ιδιότητες. Στη συνέχεια χυτεύεται σε τύπους (καλούπια) και έτσι παράγονται αντικείμενα διαφόρων μορφών.

Ο χυτοσίδηρος είναι σκληρός και συγκολλάται δύσκολα.

Η συγκόλληση χυτοσιδήρου ενδείκνυται σε επισκευές τεμαχίων συνήθως μεγάλου μεγέθους, τα οποία λόγω ανωμαλίας έσπασαν και είναι συμφερότερο να επισκευασθούν και όχι να αντικατασταθούν.

Η συγκόλληση του χυτοσιδήρου παρουσιάζει ειδικά προβλήματα, τα οποία θα εξετάσουμε στο κεφάλαιο 8.

β) Χάλυθας

Χάλυθας ονομάζεται κάθε είδος σιδήρου με περιεκτικότητα σε άνθρακα μικρότερη από 1,7%. Οι κανονισμοί τυποποιούν διάφορα είδη χαλύβων διαφορετικής σκληρότητας.

Ο χάλυθας με μικρή περιεκτικότητα σε άνθρακα ($C < 0,12\%$) ονομάζεται κοινά σίδηρος, ενώ με μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άνθρακα αποκτά και μεγαλύτερη σκληρότητα και καλείται χάλυθας.

Γενικά οι χάλυβες χαρακτηρίζονται με ένα αριθμό, ο οποίος σημαίνει την αντοχή τους σε kg/mm^2 . Έτσι, όταν π.χ. λέμε χάλυθας 60, χάλυθας 80 κ.ο.κ. σημαίνει ότι ο χάλυθας έχει αντοχή 60 kg/mm^2 , 80 kg/mm^2 κ.ο.κ.

Ο χάλυθας με μικρή περιεκτικότητα σε άνθρακα ($C < 0,12\%$) έχει αντοχή 37 kg/mm^2 και ονομάζεται χάλυθας 37.

Υπάρχουν ακόμη χάλυβες που περιέχουν και άλλα μέταλλα σε μορφή κράματος, τα οποία δίνουν στο χάλυθα βελτιωμένες ιδιότητες. Η ονομασία τους κάθε φορά καθορίζεται ανάλογα με το είδος του προστιθέμενου μετάλλου. Έτσι, έχουμε μαγγανιούχους χάλυβες με μαγγάνιο, νικελιούχους χάλυβες με νικέλιο, χρωμιούχους χάλυβες με χρώμιο κ.ο.κ.

Οι συνηθισμένοι χάλυβες είναι επιδεκτικοί συγκολλήσεως και μάλιστα η συγκόλληση είναι τόσο ευκολότερη, όσο μικρότερη είναι η περιεκτικότητα του χάλυθα σε άνθρακα.

Για τα κράματα του χάλυβα πρέπει να λαμβάνονται υπόψη οι οδηγίες των χαλυβουργείων, τα οποία πειραματίζονται σε κάθε είδους χάλυβα που παράγουν.

γ) Χυτοχάλυβας.

Με την ονομασία χυτοχάλυβας εννοούμε κάθε χάλυβα ο οποίος για να λάβει την επιθυμητή μορφή χύνεται σε τύπους (καλούπια). Ο χυτοχάλυβας επιδέχεται συγκόλληση.

δ) Μαλακός χυτοσίδηρος.

Αυτός αποτελεί ειδική μορφή του χυτοσιδήρου την οποία λαμβάνουμε όταν χυτά τεμάχια υποβληθούν σε παρατεινόμενη θέρμανση μέσα σε ειδικούς φούρνους ανοπτήσεως. Κατά τη θέρμανση αποβάλλεται ο άνθρακας, το δε υλικό που λαμβάνεται είναι επιδεκτό συγκολλήσεως και σφυρηλατήσεως. Το υλικό αυτό καλείται **μαλακός χυτοσίδηρος** (μαλεάμπλ, από το γαλλικό όρο malléable) και είναι περισσότερο ή λιγότερο επιδεκτό συγκολλήσεως, ανάλογα με το χρόνο που έμεινε στην υψηλή θερμοκρασία του φούρνου ανοπτήσεως.

2.3. Χαλκός.

Ο χαλκός είναι μέταλλο κοκκινωπού χρώματος και χρησιμοποιείται πάρα πολύ στη βιομηχανία λόγω των ιδιοτήτων του.

Είναι μαλακός, όλκιμος, ελατός και χυτεύεται εύκολα. Έχει μεγάλη αγωγιμότητα στη θερμότητα και γι' αυτό χρησιμοποιείται πολύ στην ηλεκτροτεχνία.

Στο εμπόριο βρίσκεται ως χυτός και ως ηλεκτρολυτικός χαλκός. Ο ηλεκτρολυτικός είναι σχεδόν καθαρός χαλκός.

Αν υπερθερμανθεί ο χαλκός αχρηστεύεται και δεν είναι δυνατόν να επαναχρησιμοποιηθεί. Ο καμένος χαλκός έχει το χρώμα του ερυθρού τούθλου.

Συγκολλάται όχι πολύ εύκολα με αυτογενή συγκόλληση με φλόγα και με ηλεκτροσυγκόλληση.

Η μεγάλη αγωγιμότητα του χαλκού δυσχεραίνει την τοπική θέρμανση των τεμαχίων κατά τη συγκόλληση, επειδή η προσδιδόμενη θερμότητα στη θέση συγκολλήσεως απάγεται εύκολα.

Κατά τη συγκόλληση πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι ο χαλκός διαστέλλεται σχετικά πολύ. Ένα μέτρο χάλκινου σύρματος όταν θερμανθεί από 10°C σε 100°C επιμηκύνεται κατά 1,6 mm.

Επίσης, ο χαλκός χάνει την αντοχή του όσο αυξάνει η θερμοκρασία του. Π.χ. ο ελατός χαλκός έχει στην κανονική θερμοκρασία

αντοχή 20-24 kg/mm², στους 400 °C 8-9 kg/mm², στους 600 °C 3,5-4 kg/mm² και στους 970 °C 0,8 kg/mm².

2.4 Μπρούντζος.

Ο μπρούντζος είναι κράμα χαλκού μεγάλης περιεκτικότητας σε χαλκό (80-94% χαλκός), κασσιτέρου και ψευδαργύρου.

Ο μπρούντζος συγκολλάται καλά με αυτογενή συγκόλληση με φλόγα και δυσκολότερα με μεταλλικό ηλεκτρόδιο. Όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα σε κασσίτερο, τόσο ευκολότερα συγκολλάται με μεταλλικό ηλεκτρόδιο.

Ο μπρούντζος χύνεται εύκολα σε καλούπια (χυτεύεται) και λαμβάνει διάφορες μορφές.

Ειδικοί μπρούντζοι με περιεκτικότητα σε μαγγάνιο, αλουμίνιο, μόλυβδο κ.λπ. χρησιμοποιούνται επίσης.

Το κόκκινο μέταλλο είναι κράμα χαλκού, κασσίτερου και ψευδαργύρου (82-93% χαλκός, 4-10% κασσίτερος και 3-6% ψευδάργυρος).

2.5 Ορείχαλκος.

Ο ορείχαλκος είναι κράμα χαλκού και ψευδάργυρου (58-67% χαλκός). Χυτεύεται εύκολα και επιδέχεται σφυρηλάτηση, έλαση και εξέλαση στην κανονική θερμοκρασία. Η αγωγιμότητά του είναι πολύ μικρότερη από του χαλκού.

Ο ορείχαλκος δεν συγκολλάται με ηλεκτρόδιο. Συγκολλάται με αυτογενή συγκόλληση και με φλόγα, η οποία πρέπει να έχει περίσσειμα οξυγόνου.

Κατά τη συγκόλληση κραμάτων που περιέχουν ψευδάργυρο, πρέπει να προσέχομε να μην ανεβάζουμε πολύ τη θερμοκρασία γιατί ο ψευδάργυρος εξατμίζεται στους 907°C.

Υπάρχουν επίσης κράματα ορείχαλκου με νικέλιο, μαγγάνιο, σίδηρο κ.ο.κ. για ειδικές εργασίες, τα οποία ονομάζονται **ειδικοί ορείχαλκοι**.

2.6 Αλουμίνιο και κράματα αλουμινίου.

Η ευρεία διάδοση του αλουμινίου και των κραμάτων του στην κατασκευή μεταφερομένων μηχανών (αυτοκίνητα, αεροπλάνα), ελαφρών συσκευών (οικιακές συσκευές), γρήγορα κινουμένων τεμαχίων μηχανών (έμβολα μηχανών εσωτερικής καύσεως) κλπ. οφείλεται στο μικρό ειδικό βάρος ($\gamma=2,7-2,87 \text{ g/cm}^3$) και τη σχετική υψηλή αντοχή.

Η μεγάλη πάλι θερμική και ηλεκτρική του αγωγιμότητα σε συνδυασμό προς την αντοχή και την τιμή του επέβαλλαν το αλουμίνιο και τα κράματά του και στις ηλεκτρικές εφαρμογές.

Το αλουμίνιο το οποίο παράγεται από τα οξειδιά του είναι καθαρότητας 98-99,5% και χρησιμοποιείται για την παραγωγή προϊόντων εξελάσεως, καθώς επίσης για την κατασκευή χυτών αντικειμένων.

Το αλουμίνιο και τα κράματά του με ειδικές μεθόδους γίνονται επιδεκτά συγκολλήσεως. Η συγκόλληση του αλουμινίου και των κραμάτων του παρουσίαζε αρχικά σημαντικές δυσκολίες οι οποίες όμως αντιμετωπίστηκαν, ώστε να μπορούμε να θεωρούμε σήμερα ότι το αλουμίνιο ανήκει στα μέταλλα τα οποία είναι επιδεκτά συγκολλήσεως. Η συγκόλλησή του γίνεται με ηλεκτρόδιο και συνήθως σε ατμόσφαιρα αδρανούς αερίου, γίνεται δε **μόνο** με συνεχές ρεύμα. Συγκόλληση αλουμινίου με φλόγα επιτυγχάνομε δύσκολα και δεν είναι αντοχής.

Για να επιτύχει η συγκόλληση πρέπει η κόλληση να είναι της ίδιας περίπου χημικής συνθέσεως με τα τεμάχια που θα συγκολλήσουμε.

Η θερμική αγωγιμότητα του αλουμινίου είναι περίπου τρεις φορές μεγαλύτερη του σιδήρου. Συνεπώς τα σημεία συγκολλήσεως ψύχονται ευκολότερα, αφού η θερμότητα απομακρύνεται με μεγαλύτερη ταχύτητα, όταν έχουμε αλουμίνιο, παρά όταν έχουμε σίδηρο.

2.7 Το μαγνήσιο και τα κράματα μαγνησίου.

Το μαγνήσιο είναι μέταλλο το οποίο χρησιμοποιείται λόγω του μικρού ειδικού βάρους του και της σχετικά μεγάλης αντοχής του.

Στο εμπόριο υπάρχουν κράματα με μεγάλη περιεκτικότητα μαγνησίου. Ως χυτό υλικό, και για την ίδια αντοχή, παρέχει τεμάχια κατά 60-70% ελαφρότερα από το χυτοσίδηρο.

Το μαγνήσιο και τα κράματά του συγκολλούνται με φλόγα κάτω από ορισμένες προϋποθέσεις. Ηλεκτροσυγκόλληση τόξου σε συνθισμένη ατμόσφαιρα δεν είναι δυνατή. Για το μαγνήσιο εφαρμόζονται οι μέθοδοι συγκολλήσεως του αλουμινίου.

2.8 Μόλυβδος.

Ο μόλυβδος συγκολλάται συνήθως με φλόγα.

Η θέση της συγκολλήσεως πρέπει να είναι οριζόντια γιατί ο μόλυβδος είναι ευκολόρρευστος. Συγκολλήσεις σε θέσεις στις οποίες το μέταλλο μπορεί να ρέει είναι δύσκολες και πολλές φορές αδύνατες. Σε κατακόρυφες επιφάνειες είναι δυνατή κάτω από

ορισμένες προϋποθέσεις, ενώ σε οροφές είναι αδύνατη.

Οι ατμοί του μολύβδου είναι δηλητηριώδεις, γι' αυτό συνιστάται κατά τη συγκόλληση ο τεχνίτης να φορά προστατευτική μάσκα.

2.9 Λοιπά μέταλλα.

α) Τα ευγενή μέταλλα (ο άργυρος, ο χρυσός και ο λευκόχρυσος) συγκολλούνται εύκολα. Ο πιο συνηθισμένος τρόπος συγκολλήσεως είναι η συγκόλληση με φλόγα. Είναι όμως δυνατόν να συγκολληθούν και με ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με ηλεκτρόδιο άνθρακα, καθώς και με ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση.

β) Το νικέλιο βρίσκεται στο εμπόριο ως χυτό νικέλιο, ηλεκτρολυτικό νικέλιο και νικέλιο ανατήξεως. Έχει λευκή μεταλλική στίλβουσα όψη και επιδέχεται σφυρηλάτηση.

Στις μηχανουργικές εργασίες χρησιμοποιούνται κυρίως τα κράματα χάλυβα με νικέλιο (νικελιούχοι χάλυβες).

Το νικέλιο συγκολλάται δύσκολα με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης και με ηλεκτροσυγκόλληση τόξου.

γ) Το μονέλ είναι κράμα νικελίου με περιεκτικότητα 67% νικέλιο, 28% χαλκό και 5% μαγγάνιο και σίδηρο. Μ' αυτή τη σύνθεση βρίσκεται ως ορυκτό στον Καναδά. Χρησιμοποιείται για την κατασκευή νομισμάτων, δοχείων χημικών υλικών κ.ά.

Το μέταλλο μονέλ οφείλει την ευρεία διάδοσή του στις εξής ιδιότητες:

Είναι σκληρό και όλκιμο όπως ο χάλυβας, υφίσταται κατεργασία, χυτεύεται και σφυρηλατείται εύκολα.

Αντέχει στην επίδραση διαφόρων χημικών υλικών, στα οποία δεν αντέχουν τα συνηθισμένα μέταλλα.

Μοιάζει με το καθαρό νικέλιο.

Συγκολλάται με ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με ηλεκτρόδιο άνθρακα ή με μεταλλικό ηλεκτρόδιο.

δ) Ο νεάργυρος είναι κράμα νικελίου, χαλκού και ψευδάργυρου (8-28% Ni, 45-70% Cu και 8-28% Zn), το οποίο χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να έχουμε αντοχή σε χημικές αντιδράσεις, μεγάλη σκληρότητα και λεία επιφάνεια.

Ο νεάργυρος χρησιμοποιείται επίσης ως κόλληση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3

ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

3.1 Γενικά.

Στις ετερογενείς συγκολλήσεις επιτυγχάνεται η σύνδεση δύο μεταλλικών τεμαχίων ή η συμπλήρωση μιας κοιλότητας με πρόσθετο υλικό. Το υλικό αυτό είναι διαφορετικής συνθέσεως από το υλικό των τεμαχίων και ονομάζεται **κόλληση**.

Στις αυτογενείς συγκολλήσεις, όπως θα δούμε στα επόμενα κεφάλαια, η κόλληση είναι υλικό της ίδιας ή παρόμοιας συνθέσεως προς τα τεμάχια που θα συγκολληθούν.

Η ετερογενής συγκόλληση εκτελείται με θέρμανση των τεμαχίων σε θερμοκρασία πολύ μικρότερη από τη θερμοκρασία τήξεώς τους, οπωσδήποτε όμως μεγαλύτερη από το σημείο τήξεως της κολλήσεως.

Η σύνδεση επιτυγχάνεται με τη διεύδυση της ρευστής κολλήσεως μέσα στους πόρους των μεταλλικών επιφανειών που πρόκειται να συνδεθούν. Κατά τη διεύδυση αναπτύσσονται μοριακές δυνάμεις, οι οποίες αυξάνουν την αντοχή της συγκολλήσεως.

Σε ορισμένες περιπτώσεις η συγκόλληση μεταξύ των επιφανειών γίνεται ακόμη ισχυρότερη με το σχηματισμό κραμάτων στα σημεία που εφάπτεται η κόλληση με τα προς συγκόλληση τεμάχια.

Η διεύδυση της κολλήσεως και ο σχηματισμός των κραμάτων γίνεται μόνο όταν οι επιφάνειες που θα κολληθούν είναι καθαρές. Συνεπώς πριν από τη συγκόλληση πρέπει οι επιφάνειες να καθαρίζονται καλά από τα οξειδία, τα οποία πιθανώς θα έχουν, και να εμποδίζεται η δημιουργία οξειδίων κατά τη θέρμανση.

Αυτούς τους δύο σκοπούς, δηλαδή τον καθαρισμό της επιφάνειας και την παρεμπόδιση της εισόδου του αέρα στις καθαρές επιφάνειες, εκτελεί το **υλικό καθαρισμού**. Επειδή δε οι κολλήσεις εκτελούνται σε διάφορες θερμοκρασίες, χρησιμοποιούνται και κατάλληλα υλικά καθαρισμού για κάθε περίπτωση.

Οι κολλήσεις διακρίνονται ανάλογα με τη θερμοκρασία τήξεώς τους, σε **μαλακές** και σε **σκληρές**. Μαλακές είναι εκείνες οι

κολλήσεις που έχουν σημείο τήξεως μικρότερο των 500°C (συνήθως περί τους 300°C), σκληρές δε εκείνες που έχουν σημείο τήξεως 500°C-1100°C.

Οι ετερογενείς συγκολλήσεις διακρίνονται σε ετερογενείς συγκολλήσεις των βαρέων μετάλλων (σίδηρος, μπρούντζος, ορείχαλκος κλπ., ειδικό βάρος μεγαλύτερο από 5 g/cm³) και σε ετερογενείς συγκολλήσεις των ελαφρών μετάλλων (αλουμίνιο, μαγνήσιο, κράματά τους κλπ., ειδικό βάρος μικρότερο από 5 g/cm³).

Οι ετερογενείς συγκολλήσεις χρησιμοποιούνται στις εφαρμογές όταν:

- 1) Δεν επιθυμούμε ή δεν μπορούμε να θερμάνουμε μέχρι το σημείο τήξεώς τους τα τεμάχια, π.χ. μεταλλικά δοχεία συσκευασίας.
- 2) Έχουμε να συγκολλήσουμε διαφορετικά υλικά και συνεπώς δεν μπορούμε να κάνουμε αυτογενή συγκόλληση, π.χ. ειδικό χάλυβα με κοινό χάλυβα.
- 3) Ενδιαφερόμαστε για μεγάλη παραγωγή και η αντοχή της ετερογενούς συγκολλήσεως είναι ικανοποιητική, π.χ. κονσερβοποιία.
- 4) Επιθυμούμε να συνδέσουμε με μέταλλο δύο άλλα μέταλλα χωρίς να υπάρχει θέμα αντοχής και να γεμίσουμε με αυτό διάκενα, π.χ. σύνδεση καλωδίου και ακροδέκτη καλωδίου.
- 5) Επιθυμούμε να γεμίσουμε κοιλότητες μετάλλων.

Οι ετερογενείς συγκολλήσεις και ιδίως οι μαλακές (§ 3.2) έχουν μεγάλη εφαρμογή γιατί όπως θα εκτεθεί παρακάτω, απαιτούν απλά μέσα για την πραγματοποίησή τους.

3.2 Μαλακές συγκολλήσεις των βαρέων μετάλλων.

α) Μαλακές κολλήσεις - Κασσιτεροκολλήσεις.

Στις μαλακές συγκολλήσεις των βαρέων μετάλλων ως κόλληση χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά η κασσιτεροκόλληση.

Η κασσιτεροκόλληση είναι κράμα κασσιτέρου και μολύβδου. Ανάλογα με την εργασίγ εκλέγεται και το είδος της κασσιτεροκολλήσεως, δηλαδή η συνθεση του κράματος.

Στον πίνακα 3.1.1 σημειώνονται τα διάφορα είδη κολλήσεων που χρησιμοποιούνται στις μαλακές συγκολλήσεις.

Η κασσιτεροκόλληση περιέχει και μικρή ποσότητα αντιμονίου. Οι αμερικανικοί κανονισμοί συνιστούν η περιεκτικότητά του να μην υπερβαίνει τα 0,4%. Στην Ευρώπη όμως χρησιμοποιούν κασσιτεροκολλήσεις με μεγάλη σχετικά περιεκτικότητα αντιμονίου, που μπορεί να φθάσει τα 3,30% (πίνακας 3.1.1). Το αντιμόνιο συντελεί ώστε η κόλληση να είναι ανθεκτικότερη, αλλά και σκληρότερη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.1.1
Μαλακές κολλήσεις των θαρέων μετάλλων (DIN 1707)

Συμβολισμός	Σύνθεση %	Θερμοκρασία τήξεως σε ° C	Ειδικό βάρος g/cm ³	Υλικό συνδεομένων τεμαχίων	Χρήσεις
LPb 98,5	Μόλυβδος άνω του 98,5	320	11,2	Χάλυβας, χαλκός, κράματα ψευδαργύρου με έως 1% αλουμίνιο	Συγκολλήσεις ασθενείς συγκόλληση με εμφάνιση ψυγείων αυτοκινήτων
LSn 8	Κασσίτερος 8 ΑντίμONIO 0,5 Υπόλοιπο μολύβδος	305	10,8	"	Συγκολλήσεις με εμφάνιση και με φλόγα Εργασία φανοποιού
LSn 25	Κασσίτερος 25 ΑντίμONIO 1,7 Υπόλοιπο μολύβδος	257	9,8	"	Μόνο για συγκολλήσεις με φλόγα
LSn 30	Κασσίτερος 30 ΑντίμONIO 2 Υπόλοιπο μολύβδος	249	9,6	"	Συγκολλήσεις με στρώσιμο της κολλήσεως Μολυβδωσώλινες
LSn 33	Κασσίτερος 33 ΑντίμONIO 2,2 Υπόλοιπο μολύβδος	242	9,5	"	Επιμεταλώσεις επικασσιτερώσεις
LSn 35	Κασσίτερος 35 ΑντίμONIO 2,3 Υπόλοιπο μολύβδος	237	9,5	"	Συγκολλήσεις μεγαλύτερης αντοχής Κονσερβοποιία
LSn 40	Κασσίτερος 40 ΑντίμONIO 2,7 Υπόλοιπο μολύβδος	223	9,3	Χάλυβας, χαλκός, κράματα χαλκού	Λεπτές συγκολλήσεις, επικασσιτερώσεις Κονσερβοποιία
LSn 50	Κασσίτερος 50 ΑντίμONIO 3,3 Υπόλοιπο μολύβδος	200	8,8	"	Συγκολλήσεις τηλεφωνικών καλωδίων, δοχείων γάλακτος Επικασσιτερώσεις
LSn 60	Κασσίτερος 60 ΑντίμONIO 3,2 Υπόλοιπο μολύβδος	185	8,5	"	Επικασσιτερώσεις συρμάτων Ηλεκτροτεχνία
LSn 90	Κασσίτερος 90 ΑντίμONIO έως 1,30 Υπόλοιπο μολύβδος	219	7,5	"	Χρησιμοποιείται όταν επιβάλλεται για λόγους υγιεινής

Επειδή οι ενώσεις του μολύβδου είναι δηλητηριώδεις, συνιστάται τα μεταλλικά αντικείμενα που έρχονται σε επαφή με τροφές (κονσέρβες, σκεύη κουζίνας κλπ.) να συγκολλούνται με κασσιτεροκολλήσεις με περιεκτικότητα σε μολύβδο το πολύ μέχρι 10%.

Ο κασσίτερος και ο μολύβδος, όπως είδαμε, σχηματίζουν μεταξύ τους διάφορα κράματα με διαφορετικές αναλογίες. Τα κράματα αυτά, καθώς αυξάνεται η θερμοκρασία, μεταπίπτουν από τη στερεή στην υγρή κατάσταση κατά διαφορετικό τρόπο.

Για κάθε κράμα υπάρχει πάντοτε μία θερμοκρασία στην οποία αρχίζει να τήκεται (κάτω σημείο τήξεως) και μία άλλη θερμοκρασία στην οποία έχει ολοκληρωθεί η τήξη (άνω σημείο τήξεως ή σημείο ροής) ολόκληρης της μάζας της κολλήσεως. Το αντίθετο συμβαίνει κατά τη στερεοποίηση. Τότε αρχίζει να στερεοποιείται στο άνω σημείο τήξεως και γίνεται στερεή στο κάτω σημείο τήξεως. Η κασσιτεροκόλληση π.χ. που έχει 40% μολύβδο και 60% κασσίτερο αρχίζει να τήκεται στους 181°C, ενώ στους 235°C έχει ολοκληρωθεί η τήξη. Υπάρχει δηλαδή ένα πεδίο θερμοκρασιών (πεδίο τήξεως) $235^{\circ}\text{C} - 181^{\circ}\text{C} = 54^{\circ}\text{C}$, στο οποίο ένα μέρος της κολλήσεως είναι στερεό, ενώ ταυτόχρονα το υπόλοιπο έχει τακεί.

Το πεδίο αυτό των θερμοκρασιών είναι διαφορετικό για τις διάφορες κασσιτεροκολλήσεις.

Η κασσιτεροκόλληση με 62% κασσίτερο και 38% μολύβδο σε θερμοκρασία 181° C μεταπίπτει από τη στερεά στην υγρή κατάσταση. Αυτή καλείται **ευτηκτική** και είναι η μόνη που τήκεται τελείως στους 181° C. Η ευτηκτική κασσιτεροκόλληση τήκεται απότομα, γι' αυτό χρησιμοποιείται στην ηλεκτροτεχνία για συνδέσεις συρμάτων.

Στις περιπτώσεις κατά τις οποίες οι κολλήσεις δεν πρέπει να τήκονται και να στερεοποιούνται απότομα π.χ. όταν θέλουμε να γεμίσουμε διάφορες τρύπες σε μεταλλικές επιφάνειες, χρησιμοποιούνται κασσιτεροκολλήσεις με ευρύ πεδίο τήξεως.

Κατά την εκλογή της κασσιτεροκολλήσεως πρέπει εκτός από τα άλλα, να προσέξουμε και την εύκολη εκτέλεση της εργασίας. Για να γίνει γρήγορα η εργασία, πρέπει η κασσιτεροκόλληση να «απλώνει» εύκολα επάνω στα τεμάχια. Ευκολότερα απλώνονται οι κασσιτεροκολλήσεις με περιεκτικότητα σε κασσίτερο 37-50%, γι' αυτό προτιμούνται συχνά. Άλλο στοιχείο εκλογής είναι το κόστος της κολλήσεως, το οποίο είναι τόσο μικρότερο, όσο μικρότερη είναι η περιεκτικότητα σε κασσίτερο.

Η αντοχή των κασσιτεροσυγκολλήσεων είναι γενικά μικρή. Με τις πιο ιδανικές συνθήκες μπορεί να φθάσει έως $4,5 \text{ kg/mm}^2$. Στην πράξη χρησιμοποιείται η κασσιτεροσυγκόλληση μόνο για στεγανότητα και

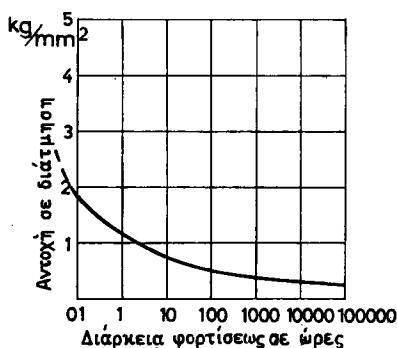
όχι για μεταφορά δυνάμεως. Στις κονσέρβες π.χ. η αναδίπλωση της λαμαρίνας εξασφαλίζει αντοχή στη σύνδεση, η δε κασσιτεροσυγκόλληση στεγανότητα.

Η αντοχή της κασσιτεροσυγκολλήσεως εξαρτάται βασικά από τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος και τη διάκριση καταπονήσεως του συγκολληθέντος τεμαχίου στο σημείο συγκολλήσεως. Όσο αυξάνεται η θερμοκρασία, τόσο ελαττώνεται η αντοχή της συγκολλήσεως. Η διάρκεια φορτίσεως επηρεάζει επίσης την αντοχή της κασσιτεροσυγκολλήσεως. Στις στιγμιαίες καταπονήσεις η αντοχή μπορεί να είναι 2-4,5 kg/mm², ενώ στις καταπονήσεις διαρκείας η αντοχή μειώνεται και μάλιστα τόσο περισσότερο, όσο αυξάνεται η διάρκεια καταπονήσεως.

Η καμπύλη του σχήματος 3.2α δείχνει χαρακτηριστικά τη μείωση της αντοχής της κασσιτεροσυγκολλήσεως, όσο αυξάνει η διάρκεια φορτίσεως σε ώρες (συγκολλήσεις ελασμάτων με επικάλυψη και με κασσιτεροσυγκόλληση LSn 40). Οι κασσιτεροσυγκολλήσεις χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά στις μαλακές συγκολλήσεις των βαρέων μετάλλων. Σε ειδικές όμως περιπτώσεις χρησιμοποιούμε και άλλες ειδικές μαλακές κολλήσεις.

Η κόλληση με 95% κασσίτερο και 5% αντιμόνιο έχει μεγαλύτερη αντοχή, τόσο σε χαμηλές όσο και σε ψηλές θερμοκρασίες, από την αντίστοιχη κασσιτεροσυγκόλληση με 95% κασσίτερο και 5% μόλυβδο. Στην Αμερική χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση σωλήνων ηλεκτρικών ψυγείων και άλλων ηλεκτρικών συσκευών, όπου απαιτείται αντοχή και σε μεγαλύτερες θερμοκρασίες.

Σε τελείως ειδικές συνθήκες χρησιμοποιούνται επίσης κολλήσεις που περιέχουν κάδμιο, άργυρο και βισμούθιο.



Σχ. 3.2α.

Καμπύλη αντοχής κασσιτεροκολλήσεως.

Το κάδμιο είναι φθηνότερο από τον κασσίτερο, έχει σημείο τήξεως χαμηλότερο και δίνει κράματα σχετικά σκληρά. Έχει όμως το μειονέκτημα να αναδύει δηλητηριώδεις ατμούς. Κολλήσεις καδμίου με μόλυβδο και κασσίτερο χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση ψευδαργύρου και επιψευδαργυρωμένου (γαλθανισμένου) σιδήρου.

Το βισμούθιο όταν προστεθεί στην κόλληση κατεβάζει σημαντικά το σημείο τήξεώς της.

Ο πίνακας 3.2.1 δίνει το άνω και κάτω σημείο τήξεως διαφόρων ειδικών μαλακών κολλήσεων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.2.1
Ειδικές μαλακές κολλήσεις για ειδικές χρήσεις

Κασσίτερος Sn %	Μόλυδος Pb %	Αργυρος Ag %	Αντιμόνιο Sb %	Βισμούθιο Bi %	Κάτω σημείο τήξεως σε ° C	Άνω σημείο τήξεως σε ° C
-	95	5	-	-	305	360
-	100	-	-	-	καθαρός Pb	327
-	97,5	2,5	-	-	ευτηκτικό κράμα	305
20	78,7	1,3	-	-	181	276
27	70	3	-	-	178	253
95	-	-	5	-	232	238
35	63	-	2	-	187	237
100	-	-	-	-	καθαρός Sn	232
90,1	8,9	-	1	-	178	219
50,1	46,6	-	3,3	-	182	200
60,1	36,7	-	3,2	-	181	185
16	32	-	-	52	ευτηκτικό κράμα	96
13	27	Κάδμιο Cd 10%		50	-	70

β) Υλικά καθαρισμού μαλακών συγκολλήσεων.

Η διεύθυνση της κολλήσεως και συνεπώς η καλή συγκόλληση επιτυγχάνεται μόνο όταν οι μεταλλικές επιφάνειες και η κόλληση είναι καθαρές και απαλλαγμένες από οξείδια. Όσο επιμελώς και αν καθαρισθεί μια μεταλλική επιφάνεια με μηχανικά μέσα, στην επιφάνειά της πάντοτε θα υπάρχουν οξείδια, συχνά αόρατα με γυμνό μάτι, τα οποία θα εμποδίζουν τη συγκόλληση. Για το λόγο αυτό καθαρίζουμε πάντοτε τις επιφάνειες με χημικά υλικά καθαρισμού.

Το υλικό καθαρισμού πρέπει:

- Να καθαρίζει τις θερμές μεταλλικές επιφάνειες και να διαλύει τα οξείδια.
- Να καθαρίζει την κόλληση από τα οξείδιά της.
- Να εμποδίζει την είσοδο αέρα στο σημείο συγκολλήσεως, ώστε να μην σχηματισθούν οξείδια κατά τη διάρκεια της συγκολλήσεως.
- Να είναι ρευστό στη θερμοκρασία της συγκολλήσεως.

Η τελευταία προϋπόθεση καθιστά τα υλικά καθαρισμού των μαλακών συγκολλήσεων ακατάλληλα για σκληρές συγκολλήσεις.

Τα υλικά καθαρισμού για μαλακές συγκολλήσεις χωρίζονται σε όξινα και σε ουδέτερα, ανάλογα με το αν περιέχουν ή όχι ανόργανα οξέα. Τα όξινα κατασκευάζονται με βάση το υδροχλωρικό οξύ και τα άλατά του, κυρίως το χλωριούχο ψευδάργυρο ($ZnCl_2$), ενώ τα ουδέτερα κατασκευάζονται με βάση το κολοφώνιο.

1) Όξινα υλικά καθαρισμού.

Αποτελούνται από το υδροχλωρικό οξύ (σπίρτο του άλατος) και τα άλατά του. Ο χλωριούχος ψευδάργυρος ($ZnCl_2$), διαλυμένος σε νερό χρησιμοποιείται πολύ και ονομάζεται **σθησμένο σπέρτο του άλατος**. Ο χλωριούχος ψευδάργυρος μετά την εξάτμιση του νερού τήκεται στους $260^\circ C$ και συνεπώς είναι κατάλληλος μόνο για κολλήσεις που έχουν σημείο τήξεως μεγαλύτερο από $260^\circ C$. Για τις περιπτώσεις αυτές είναι το πιο κατάλληλο όξινο υλικό καθαρισμού.

Για να μειώσουμε το σημείο τήξεως του χλωριούχου ψευδάργυρου, ώστε να τον χρησιμοποιήσουμε σε χαμηλότερες θερμοκρασίες συγκολλήσεως, προσθέτουμε χλωριούχο αμμώνιο (NH_4Cl). Έτσι, το σημείο τήξεως κατέρχεται στους $180^\circ C$, οπότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το μίγμα για όλες τις κασσιτεροκολλήσεις, οι οποίες όπως είδαμε έχουν σημείο τήξεως ανώτερο από $181^\circ C$ (πίνακας 3.1.1). Με προσθήκη υδροχλωρικού οξέος αυξάνουμε την δραστηριότητα του μίγματος.

Οι τεχνίτες κατασκευάζουν συνήθως μόνοι τους το χλωριούχο ψευδάργυρο, του οποίου η ονομασία **σθησμένο σπέρτο του άλατος** προέρχεται από τον τρόπο κατασκευής του.

Για να κατασκευάσουμε χλωριούχο ψευδάργυρο παίρνουμε φιαλίδιο με μεγάλο στόμιο (ώστε να φεύγουν εύκολα τα παραγόμενα κατά την αντίδραση αέρια) και το γεμίζουμε με υδροχλωρικό οξύ ως τη μέση, ώστε να μην υπερχειλίσει κατά το βρασμό (που θα δημιουργηθεί κατά την αντίδραση). Κατόπιν στο υδροχλωρικό οξύ ρίχνουμε μικρά τεμάχια ψευδάργυρου. Όταν τελειώσει ο βρασμός, όλο το υδροχλωρικό οξύ έχει μετατραπεί σε χλωριούχο ψευδάργυρο.

Η εργασία αυτή πρέπει να γίνεται σε χώρο απ' όπου μπορούν να

φεύγουν εύκολα οι ατμοί, επειδή υπάρχει πιθανότητα εκρήξεως λόγω του παραγόμενου υδρογόνου, και επιπλέον είναι ανθυγιεινοί και οξειδώνουν τα μηχανήματα και τα εργαλεία. Η εργασία αυτή συνήθως γίνεται στο ύπαιθρο.

Το αμμωνιακό άλας, που όπως είδαμε προστίθεται για να κατεβάσει το σημείο τήξεως, αναμιγνύεται σε αναλογία χλωριούχου ψευδάργυρου προς χλωριούχο αμμώνιο 3:1 έως 2:1.

Μετά την παρασκευή του ο χλωριούχος ψευδάργυρος πρέπει να διαλυθεί σε νερό, ώστε να παρασκευασθεί το όξινο υλικό καθαρισμού.

Στο διάλυμα πρέπει να χρησιμοποιούμε αποσταγμένο νερό 5-10 φορές περισσότερο κατά βάρος από την ποσότητα του χλωριούχου αμμωνίου. Σ' αυτό προσθέτουμε, ανάλογα με τις ανάγκες, υδροχλωρικό οξύ για να το κάνουμε περισσότερο δραστικό.

Εκτός από τη μορφή του διαλύματος σε νερό, τα άλατα αυτά καθαρισμού αναμιγνύονται και με άλλα υλικά και παίρνουν τη μορφή πάστας ή λίπους. Μεγαλύτερη ποσότητα υλικού καθαρισμού παραμένει στη θέση συγκολλήσεως όταν αυτό έχει μορφή πάστας ή μορφή λίπους, παρά όταν είναι ρευστό. Με την πρόσφυση που έχουν οι ουσίες αυτές παραμένουν και κατανέμονται καλύτερα στη θέση συγκολλήσεως και συνεπώς η επιφάνεια καθαρίζει καλύτερα.

Μετά τη συγκόλληση η θέση συγκολλήσεως πρέπει να καθαριστεί από το υλικό καθαρισμού, όπως εξηγούμε παρακάτω, γιατί είναι δυνατόν το υλικό καθαρισμού που μένει να μετατραπεί σε όξινο διάλυμα με σταγόνες νερού ή υγρασίας και να καταστρέψει τη συγκόλληση.

Η απομάκρυνση του υλικού καθαρισμού μπορεί να γίνει με ζεστό νερό ή αρχικά με ελαφρό διάλυμα υδροχλωρικού οξέος 3% και κατόπιν με ελαφρό διάλυμα σόδας για την εξουδετέρωση του οξέος που έχει απομείνει.

Για τη συγκόλληση π.χ. ανοξείδωτου χάλυβα, ως υλικό καθαρισμού χρησιμοποιείται υδροχλωρικό οξύ με λίγο χλωριούχο ψευδάργυρο ή φωσφορικό οξύ. Στους ανοξείδωτους χάλυβες, το υλικό καθαρισμού μπορεί να είναι ισχυρό γιατί επιδρά μόνο πάνω στα οξείδια του μετάλλου, ενώ στις συνηθισμένες περιπτώσεις επιδρά και πάνω στο μέταλλο.

Στα υλικά καθαρισμού πρέπει να συμπεριλαμβάναμε και το χλωριούχο αμμώνιο στη στερεά του μορφή (νισαντίρι), το οποίο χρησιμοποιείται για το χημικό και το μηχανικό καθαρισμό του κολλητηριού, όπως θα δούμε στα επόμενα.

2) Ουδέτερα υλικά καθαρισμού.

Κύριο συστατικό των ουδετέρων υλικών καθαρισμού είναι το κολοφώνιο, το οποίο παράγεται από το ρετσίνι όταν αφαιρεθεί με απόσταξη το τερεβινθέλαιο (νέφτι).

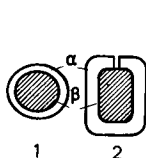
Η ελαφρά περιεκτικότητά του σε οξύ είναι αρκετή για να καθαρίζει τη θέση συγκολλήσεως, ενώ το κολοφώνιο καλύπτει τη θέση συγκολλήσεως και εμποδίζει το σχηματισμό οξειδίων.

Επειδή ο καθαρισμός της επιφάνειας γίνεται με διάλυση των οξειδίων, χωρίς να επιδρούμε πάνω στο μέταλλο, η χρησιμοποίηση των ουδετέρων υλικών καθαρισμού τότε μόνο είναι δυνατή, όταν έχει προηγηθεί επιμελής καθαρισμός ή γαλθάνισμα της επιφάνειας. Αυτό ακριβώς συμβαίνει στην ηλεκτροτεχνία π.χ. κατά τη συγκόλληση ακροδεκτών στα καλώδια όπου χρησιμοποιούνται πάρα πολύ τα ουδέτερα υλικά καθαρισμού γιατί δεν είναι διαβρωτικά και δεν καταστρέφουν τις μονώσεις.

Τα υλικά αυτά χρησιμοποιούνται με μορφή σκόνης είτε διαλύματος, είτε σε άλλες μορφές ανάλογα προς το εργοστάσιο κατασκευής τους. Υπάρχουν ακόμη κολλήσεις με μορφή λεπτού σωλήνα, όπου κόλληση είναι τα τοιχώματα του σωλήνα, ενώ το εσωτερικό του περιέχει το υλικό καθαρισμού. Οι κολλήσεις αυτές έχουν διατομή κύκλου ή ορθογώνιου, όπως φαίνεται στο σχήμα 3.26.

Στο σχήμα 3.2Υ βλέπουμε πως χρησιμοποιείται σωστά μια ράβδος κολλήσεως με υλικό καθαρισμού.

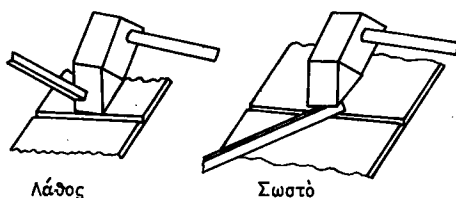
Η προσθήκη καταλλήλων ουσιών στο υλικό καθαρισμού μας απαλλάσσει από τον καθαρισμό της θέσεως συγκολλήσεως μετά την εργασία. Στην ηλεκτροτεχνία όμως επιβάλλεται ο καθαρισμός της θέσεως συγκολλήσεως από το υλικό καθαρισμού που μένει, γιατί αυτό δεν είναι καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Ο καθαρισμός γίνεται με οινόπνευμα ή άλλη αλκοόλη.



Σχ. 3.26.

Διατομή κολλήσεων με υλικό καθαρισμού στο κέντρο.

α) Κόλληση. β) Υλικό καθαρισμού.



Σχ. 3.2γ.

Χρησιμοποίηση κολλήσεως με υλικό καθαρισμού.

Υ) Τεχνική των μαλακών συγκολλήσεων.

Για να κάνουμε μαλακή συγκόλληση δύο μετάλλων χρειάζεται βασικά ο συγκολλητήρας (κολλητήρι), η κόλληση και το υλικό καθαρισμού.

Μιλήσαμε προηγουμένως για τις κολλήσεις και τα υλικά καθαρισμού. Πριν προχωρήσουμε στους τρόπους με τους οποίους κάνουμε μαλακή συγκόλληση των βαρέων μετάλλων, θα μιλήσουμε για το κολλητήρι.

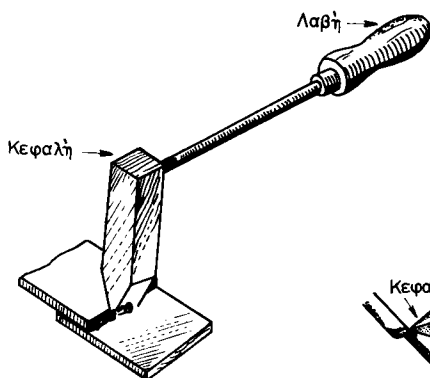
Αυτό είναι το εργαλείο που δίνει την απαραίτητη θερμότητα για τη θέρμανση των μετάλλων στη θέση συγκολλήσεως και για την τήξη της κολλήσεως.

1) Είδη κολλητηριών.

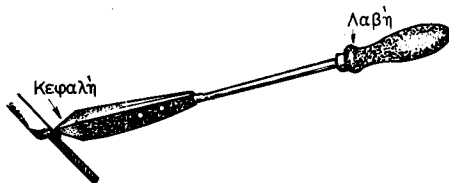
Υπάρχουν διάφορες μορφές κολλητηριού. Δύο απλές μορφές βλέπουμε στα σχήματα 3.2δ (απλό γωνιακό) και 3.2ε (απλό ευθύ).

Τα απλά κολλητήρια όπως φαίνεται και στα σχήματα, αποτελούνται από την κεφαλή και τη λαβή, που είναι στερεωμένες επάνω σε σιδερένια ράβδο. Η κεφαλή είναι κατασκευασμένη από χαλκό, γιατί όπως γνωρίζουμε, ο χαλκός έχει την ιδιότητα να αποθηκεύει στη μάζα του μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας από οποιοδήποτε άλλο μέταλλο. Πρέπει δε, να είναι ηλεκτρολυτικός χαλκός, γιατί οι προσμίξεις στο χαλκό μειώνουν την ποσότητα της θερμότητας που συγκρατεί.

Τα απλά κολλητήρια θερμαίνονται πρώτα με φωτιά και συγκρατούν θερμότητα, την οποία αποδίδουν κατόπιν κατά τη συγκόλληση. Η θέρμανση γίνεται με κάρβουνα ή φλόγα καύσιμου αερίου



Σχ. 3.2δ.
Απλό γωνιακό κολλητήρι.



Σχ. 3.2ε.
Απλό ευθύ κολλητήρι.

(φωταέριο, προπάνιο, βενζίνη, οινόπνευμα). Κατά τη θέρμανση με φλόγα πρέπει να τοποθετούμε το κολλητήρι κατά τρόπο, ώστε αυτή να θερμαίνει ολόκληρη την κεφαλή και όχι μόνο την άκρη. Έτσι, αποθηκεύουμε τη μεγαλύτερη δυνατή θερμότητα σ' αυτό. Τα απλά κολλητήρια θερμαίνονται από 500-600°C, οπότε αρχίζουν και κοκκινίζουν, κατόπιν κατά τη συγκόλληση η θερμοκρασία τους κατέρχεται κι όταν φθάσει τους 200°C περίπου, πρέπει πάλι να θερμανθούν.

Είναι φανερό ότι όσο μεγαλύτερη είναι η μάζα της κεφαλής του κολλητηριού, τόσο περισσότερη θερμότητα αποθηκεύει, δηλαδή τόσο περισσότερες κολλήσεις θα επιτύχομε με μια θέρμανση. Η μεγάλη μάζα της κεφαλής όμως, κάνει το κολλητήρι βαρύ και δύσχρηστο. Πρέπει λοιπόν κάθε φορά, ανάλογα προς τις συνθήκες εργασίας, να καθορίζεται και το μέγεθος του κολλητηριού.

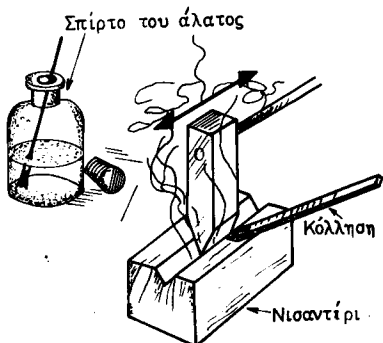
Τα συνηθισμένα κολλητήρια ζυγίζουν 250-500 g. Υπάρχουν όμως ελαφρότερα ή βαρύτερα κολλητήρια μέχρι βάρους 1 kg.

Η λαβή του κολλητηριού κατασκευάζεται από δυσθερμαγωγό υλικό, συνήθως ξύλο, ώστε ο τεχνίτης να μην καίγεται.

Η κεφαλή του κολλητηριού πρέπει να είναι καθαρή και χωρίς οξειδία, για να ρέει εύκολα η κόλληση και να απλώνεται στις θέσεις συγκολλήσεως. Επειδή όμως κατά την εργασία σχηματίζονται οξειδία πάνω σ' αυτή είναι απαραίτητο να καθαρίζεται συχνά. Για να «τρέχει» ευκολότερα η κόλληση επάνω στην κεφαλή, εκτός από το συνηθισμένο καθαρισμό κάνουμε και επικασσιτέρωση (γάνωμα) της ακμής του κολλητηριού.

Για να καθαρίσουμε το κολλητήρι, θερμαίνουμε την κεφαλή του και καθώς είναι θερμό λιμάρομε την ακμή με μια κατά προτίμηση **ψιλόδοτη** λίμα.

Μετά το μηχανικό αυτό καθαρισμό ακολουθεί χημικός καθαρισμός, δηλαδή προστρίβουμε τη θερμή κεφαλή επάνω σε αμμωνιακό άλας (νισαντίρι) (σχ. 3.2στ), το οποίο καθαρίζει την ακμή. Κατόπιν



Σχ. 3.2στ.

Χημικός καθαρισμός και γάνωμα
απλού κολλητηριού.

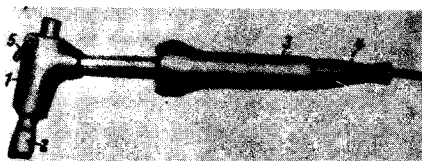
τοποθετούμε ράβδο κασσίτερου επάνω στη θερμή κεφαλή. Ο κασσίτερος τότε τήκεται και προσκολλάται επάνω στον χημικά καθαρισμένο χαλκό.

Η επικασσίτρωση (γάνωμα) καταστρέφεται, όταν θερμανθεί το κολλητήρι περισσότερο από το κανονικό. Πρέπει, λοιπόν, να ελέγχουμε κάθε τόσο το κολλητήρι που έχουμε στη φωτιά, τοποθετώντας επάνω του κόλληση. Όταν η κόλληση ρευστοποιείται, το κολλητήρι έχει την κατάλληλη θερμοκρασία.

Εκτός από τα απλά κολλητήρια που εξετάσαμε, υπάρχουν και άλλα είδη. Από αυτά, τα ηλεκτρικά θερμαίνονται με ηλεκτρισμό με τη βοήθεια ηλεκτρικής αντιστάσεως, η οποία υπολογίζεται έτσι, ώστε κατά τη λειτουργία στο κενό η υπερθέρμανση να μην είναι μεγάλη. Τύπος γωνιακού ηλεκτρικού κολλητηριού εικονίζεται στο σχήμα 3.2ζ, ενώ στο σχήμα 3.2η εικονίζεται ευθύ ηλεκτρικό κολλητήρι. Η κεφαλή του κολλητηριού αυτού είναι από αλουμίνιο. Το αλουμίνιο σε σύγκριση με τον χαλκό παρουσιάζει τις εξής διαφορές:

- Κάτω από το ίδιο βάρος αποθηκεύει μεγαλύτερο ποσό θερμότητας και
- Δεν καίγεται. Επειδή όμως η κόλληση δεν απλώνει επάνω στο αλουμίνιο, η επιφάνεια που έρχεται σε επαφή με την κόλληση κατασκευάζεται από νεάργυρο [§ 2.9(δ)].

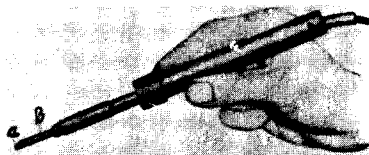
Ένα άλλο είδος κολλητηριού βλέπομε στο σχήμα 3.2θ. Στον τύπο αυτό υπάρχει καυστήρας βενζίνης που θερμαίνει συνεχώς την



- 1) Θερμαντικό στοιχείο μέσα στο κέλυφος.
- 2) Χάλκινη κεφαλή.
- 3) Χειρολαβή.
- 4) Σπειράλ για την προστασία του καλωδίου.
- 5) Κρεμαστάρι.

Σχ. 3.2ζ.

Γωνιακό ηλεκτρικό κολλητήρι.



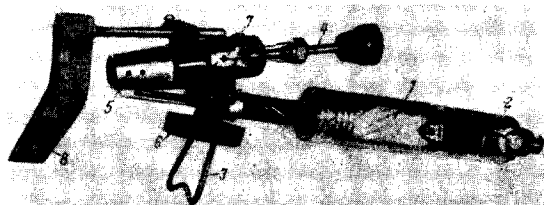
Σχ. 3.2η.

Ευθύ ηλεκτρικό κολλητήρι με ακίδα νεαργύρου.

α) Ακίδα νεαργύρου. β) Κεφαλή αλουμινίου.

κεφαλή. Η όλη διαμόρφωση συντελεί, ώστε η εργασία να γίνεται ευκολότερη. Ο τύπος αυτός χρησιμοποιείται κυρίως από τους υδραυλικούς. Στο σχήμα 3.1ι βλέπουμε (σε τομή) τον καυστήρα βενζίνης που συνήθως χρησιμοποιούμε.

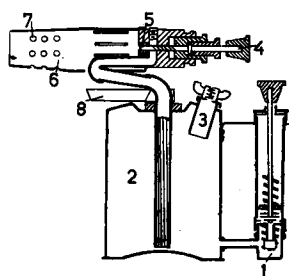
Ο καυστήρας βενζίνης εργάζεται ως εξής: Το υγρό καύσιμο το οποίο βρίσκεται μέσα στο δοχείο 2 μέσα από το σωλήνα φίλτρου



- 1) Χειρολαβή και αποθήκη βενζίνης.
- 2) Αντλία αέρα.
- 3) Στήριγμα.
- 4) Άξονας ακροφυσίου.
- 5) Σωλήνας καύσεως.
- 6) Θέση προθερμάνσεως.
- 7) Ακροφύσιο.
- 8) Χάλκινη κεφαλή.

Σχ. 3.2θ.

Κολλητήρι θερμαινόμενο με καυστήρα βενζίνης.



- 1) Χειρολαβή και αντλία αέρα.
- 2) Αποθήκη βενζίνης.
- 3) Θέση πληρώσεως βενζίνης.
- 4) Άξονας ακροφυσίου-κοχλίας ρυθμίσεως φλόγας.
- 5) Ακροφύσιο.
- 6) Σωλήνας καύσεως.
- 7) Οπές εισόδου αέρα καύσεως.
- 8) Θέση προθερμάνσεως καυστήρα.

Σχ. 3.2ι.

Καυστήρας βενζίνης.

εξέρχεται με πίεση από το ακροφύσιο 5. Η πίεση δημιουργείται από την αντλία αέρα 1, που βρίσκεται στην άκρη και η οποία αποτελεί ταυτόχρονα και τη λαβή του καυστήρα. Καθώς το καύσιμο εκτοξεύεται από το ακροφύσιο με πίεση και σε μικρή ποσότητα, εξατμίζεται λόγω του θερμού περιβάλλοντος και καίγεται. Για να γίνει η καύση απαιτείται ο σωλήνας καύσεως 6 να είναι θερμός. Αυτός είναι ο λόγος που κατά την έναυση πρέπει να προθερμάνουμε το σωλήνα καύσεως με οινόπνευμα ή άλλο καύσιμο, που καίγεται στη θέση προθερμάνσεως 8. Στον καυστήρα βενζίνης είναι δυνατό να καύσουμε και άλλα υγρά καύσιμα όπως οινόπνευμα, βενζόλιο ή ακόμη και καθαρό πετρέλαιο.

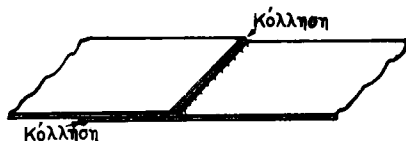
Ανάλογα με την εργασία και με τις υπάρχουσες δυνατότητες θα εκλέξουμε κάθε φορά τον τύπο του κολλητηριού, που θα χρησιμοποιήσουμε.

Είναι φανερό και από τα σχήματα, ότι το κολλητήρι με αιχμή χρησιμοποιείται για λεπτές εργασίες, το κολλητήρι με σφυρί για εργασίες πιο χοντρές, ενώ το κολλητήρι με καυστήρα για μεγαλύτερες εργασίες.

Υπάρχουν επίσης περιπτώσεις που για την τήξη της κολλήσεως και τη θέρμανση των σημείων συγκολλήσεως χρησιμοποιούμε απευθείας φλόγα, η οποία προέρχεται συνήθως από καυστήρα βενζίνης. Μπορούν όμως να χρησιμοποιηθούν και άλλες φλόγες, όπως φλόγα του προπανίου, λυχνίας Μπούνσεν κ.α. Τη φλόγα προπανίου λαμβάνουμε κατά την καύση αερίου προπανίου ή μιγμάτων προπανίου-βουτανίου, που υπάρχουν στο εμπόριο μέσα σε φιάλες υγραερίων. Η φλόγα του οξυγόνου-ασετυλίνης για την οποία θα μιλήσουμε σε επόμενο κεφάλαιο, επειδή είναι πολύ θερμή, δεν συνιστάται για μαλακές κολλήσεις.

2) Εκτέλεση της κασιτεροκολλήσεως.

Ας δούμε τώρα πως γίνεται η κασιτεροκόλληση. Έστω ότι θέλουμε να συγκολλήσουμε δύο ελάσματα από τα οποία το ένα επικαλύπτει το άλλο (σχ. 3.2ια).

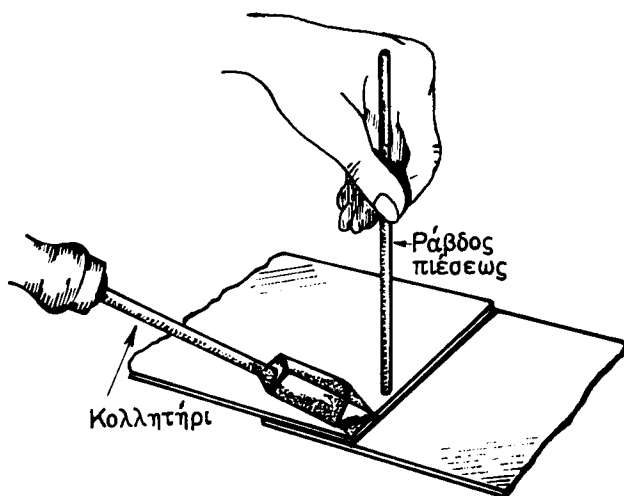


Σχ. 3.2ια.
Κασσιτεροκόλληση.

Αφού καθαρίσουμε μηχανικά πολύ καλά τις επιφάνειες που θα συγκολληθούν, τοποθετούμε το ένα έλασμα πάνω στο άλλο, ώστε να λάβουν τη θέση που θέλουμε να έχουν μετά τη συγκόλληση και τα δένομε, αν χρειάζεται, με σφιγκτήρα ή με άλλο τρόπο.

Κατόπιν επαλείφουμε τις επιφάνειες που θα συγκολλήσουμε με το υλικό καθαρισμού.

Με το θερμό κολλητήρι τώρα θερμαίνουμε με επαφή τις επιφάνειες όπως δείχνει το σχήμα 3.2ιβ, ενώ ταυτόχρονα φροντίζουμε τα ελάσματα να εφάπτονται καλά στο σημείο που θερμαίνεται. Στο σχήμα 3.2ιβ αυτό γίνεται με τη βοήθεια μικρής ράβδου.



Σχ. 3.2ιβ.

Εκτέλεση της κασσιτεροκολλήσεως.

Έπειτα τοποθετούμε την κόλληση πάνω στις επιφάνειες που έχουμε θερμάνει. Η κόλληση τήκεται τότε και εισχωρεί στους πόρους των επιφανειών που θέλουμε να συνδέσουμε. Αν χρειασθεί πυρώνουμε την κόλληση με θερμό κολλητήρι κατά μήκος, ώστε να «ποτίσει», όπως λέμε, καλύτερα.

Με το κολλητήρι επιτυγχάνουμε να θερμάνουμε τοπικά τις επιφάνειες και να στρώσουμε καλύτερα την κόλληση. Αν η θέρμανση της επιφάνειας δεν απαιτείται να είναι τοπική και αν δεν χρειάζεται στρώσιμο στην κόλληση, τότε μπορούμε να χρησιμοποιήσουμε το καμινέτο για τη θέρμανση των επιφανειών.

Συχνά, ιδίως στις συγκολλήσεις των ηλεκτρικών κατασκευών, χρειάζεται πριν από τη συγκόλληση να κάνουμε επικασσιτέρωση (γάνωμα) των επιφανειών που θέλουμε να συγκολλήσουμε. Στην περίπτωση αυτή αφού καθαρίσουμε την επιφάνεια με το υλικό καθαρισμού, προστρίβουμε στην επιφάνεια το κολλητήρι στο οποίο «τρέχει» η κόλληση που τήκεται, όπως εφάπτεται επάνω στη θερμή κεφαλή του.

Επικασσιτέρωση είναι δυνατό να γίνει και με καμινέτο. Στην περίπτωση αυτή θερμαίνουμε με το καμινέτο τα τεμάχια και αφού τα καθαρίσουμε με υλικό καθαρισμού, αφήνουμε την κόλληση να τακεί επάνω στις επιφάνειες που θέλουμε να επικασσιτερώσουμε και με ένα μη μεταλλικό αντικείμενο (ξύλο, χοντρό χαρτί) την απλώνουμε επάνω στην επιφάνεια.

3.3 Σκληρές συγκολλήσεις των θαρέων μετάλλων.

α) Σκληρές κολλήσεις των θαρέων μετάλλων.

1) Γενικά για τις σκληρές κολλήσεις.

Οι σκληρές κολλήσεις των θαρέων μετάλλων είναι κυρίως κράματα του χαλκού.

Ο καθαρός χαλκός μπορεί να χρησιμοποιηθεί επίσης ως κόλληση σε ορισμένες ειδικές περιπτώσεις. Το σημείο τήξεως του καθαρού χαλκού είναι αρκετά υψηλό, 1083°C. Έτσι, η συγκόλληση γίνεται δύσκολα, αφού πρέπει να θερμάνομε σε τόσο ψηλή θερμοκρασία. Η κόλληση με καθαρό χαλκό συνιστάται όταν θέλομε να θερμάνομε μετά τη συγκόλληση τα κομμάτια για να τα βάψομε γιατί η θέρμανση στους 750°-900°C, που απαιτείται για τη βαφή, δεν επηρεάζει τη συγκόλληση.

Συνήθως όμως χρησιμοποιούνται οι **μπруντζοκολλήσεις** που έχουν χαμηλότερο σημείο τήξεως από το σημείο τήξεως του καθαρού χαλκού.

Οι μπруντζοκολλήσεις, είναι κράματα χαλκού και ψευδάργυρου με μικρή περιεκτικότητα σε κασσίτερο, άργυρο, νικέλιο κλπ., ώστε η κόλληση να είναι ρευστή, αντοχής και μικρού σημείου τήξεως. Όταν η περιεκτικότητα σε άργυρο είναι μεγαλύτερη από 8%, οι κολλήσεις καλούνται **ασημοκολλήσεις**.

Στον πίνακα 3.3.1 σημειώνονται οι σκληρές κολλήσεις των θαρέων μετάλλων και δίνονται στοιχεία για τη χρησιμοποίησή τους.

Η κόλληση με ίση περίπου περιεκτικότητα σε χαλκό και ψευδάργυρο που αντιστοιχεί σε LMs 54 χρησιμοποιείται πολύ. Αν στην κόλληση αυτή αντικαταστήσουμε μέρος του ψευδαργύρου (περίπου 5%) με κασσίτερο, έχομε κόλληση της οποίας το χρώμα λίγο διαφέρει από τη μεταλλική επιφάνεια του νεαργύρου και του χάλυβα.

Η περιεκτικότητα σε κασσίτερο δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 10%, γιατί τότε η κόλληση γίνεται πολύ σκληρή.

Οι ψευδάργυρος εξάλλου δημιουργεί δυσκολίες γιατί εξατμίζεται σχετικά εύκολα. Στη θερμοκρασία των 920°C ο ρευστός ψευδάργυρος ζέει (βράζει) στη συνηθισμένη ατμοσφαιρική πίεση, σε πολύ μικρότερη δε θερμοκρασία εξατμίζεται.

Το φαινόμενο της εξατμίσως του ψευδαργύρου παρουσιάζεται στις κολλήσεις που περιέχουν ψευδάργυρο και μάλιστα τόσο περισσότερο, όσο μεγαλύτερη είναι η περιεκτικότητα του κράματος σε ψευδάργυρο. Κατά τη θέρμανση της κολλήσεως με φλόγα, όπου έχομε τοπικές υπερθερμάνσεις παρουσιάζεται εντονότερο το φαι-

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3.1
Σκληρές κολλήσεις ετερογενών συγκολλήσεων θερμών μετάλλων

Είδος κολλήσεως	Συμβολισμός	Σύνθεση %	Θερμοκρασία τήξεως σε °C	Ειδικό βάρος g/cm ³	Χρήσεις	
					Υλικό των συνδεομένων τεμαχίων	Παραδείγματα εφαρμογών
Χαλκός	S Cu	Cu τουλάχιστον 98 Λοιπά Ag+Mn+Ni+P Ni τουλάχιστον 98	1070	8,9	Χαλκός	Χημικές και ηλεκτρικές συσκευές
Νικέλιο	S Ni	υπόλοιπο Mn Cu τουλάχιστον 35, Ni 8-18 Si 0,2-0,5 υπόλοιπο Zn,	1450	8,8	Καθαρό Νικέλιο	Χημικές συσκευές
Νέφργυρος	S Ns	Si 0,2-0,5 υπόλοιπο Zn, Cu τουλάχιστον 92, Sn 5-7 P έως 0,5	950	8,7	Νέφργυρος, Χάλυθας	Χημικές συσκευές
Μπρούντζος κασσίτερου	SSn Bz6	Cu τουλάχιστον 85, Sn 4-5 Zn 6-7, Mn+Si+P έως 1 Cu 84-86, Zn τουλάχιστον 13	1030	8,7	Χυτοσίδηρος	
Κόκκινο μέταλλο	S Rg	Cu τουλάχιστον 85, Sn 4-5 Zn 6-7, Mn+Si+P έως 1 Cu 84-86, Zn τουλάχιστον 13	950	8,7	Χυτοσίδηρος	
Μπρούντζοκόλληση 85	LMs 85	Cu 84-86, Zn τουλάχιστον 13 Si 0,2-0,4	1020	8,7	Κόκκινο μέταλλο	Ολισθητήρες
Μπρούντζοκόλληση 63	LMs 63	Cu 82-84, Zn τουλάχιστον 35 Si 0,2-0,4	910	8,4	Χαλκός	Ηλεκτρικές και λοιπές συσκευές
Μπρούντζοκόλληση 60	LMs 60	Cu 59-61, Zn τουλάχιστον 38 Si 0,2-0,4	900	8,4	Χάλυθας	Συληνώσεις
Μπρούντζοκόλληση 54	LMs 54	Cu 53-55, Zn τουλάχιστον 44 Si 0,2-0,4	890	8,3	Χυτοσίδηρος	Αμαξώματα αυτοκινήτων (καροσσερί)
Μπρούντζοκόλληση 48	LMs 48	Cu 47-49, Zn τουλάχιστον 50 Si 0,2-0,4	870	8,2		Ηλεκτρικές και λοιπές συσκευές
Μπρούντζοκόλληση 42	LMs 42	Cu 41-43, Zn τουλάχιστον 56 Si 0,2-0,4	845	8,1	Νικέλιο και Χαλκός	Εργαλεία
Κόλληση Φωσφόρου 8	LCu P8	P8, υπόλοιπο Cu	710	8,0	Χαλκός	Αντί της ασυμμετρικής, όταν δε καταπονεύεται η συγκόλληση
Μπρούντζοκόλληση με άργυρο	LMs Ag	Cu τουλάχιστον 50, Zn τουλάχιστον 40 Ag 4-6, P+Si έως 0,5	810	8,4	Χάλυθας, Μαλακτός χυτοσίδηρος	Χαλύδωνα αντικείμενα πάχους έως 1 mm

νόμενο αυτό. Ο εξατμιζόμενος ψευδάργυρος οξειδώνεται με το οξυγόνο του αέρα και με τα αέρια της φλόγας και δίνει λευκό καπνό, που εμποδίζει να παρατηρούμε τα σημεία συγκολλήσεως.

Επίσης πρέπει να σημειώσουμε ότι όταν εξατμίζεται ο ψευδάργυρος μειώνεται η περιεκτικότητα της κολλήσεως σε ψευδάργυρο και συνεπώς αυξάνεται το σημείο τήξεως. Λόγω δε της μείωσης του ψευδαργύρου η περιεκτικότητα σε χαλκό αυξάνεται και η κόλληση κοκκινίζει. Για να μην εξατμίζεται ο ψευδάργυρος η κόλληση πρέπει να θερμαίνεται όσο χρειάζεται και να διατηρείται θερμή για όσο χρόνο απαιτείται. Για να μειωθεί η εξάτμιση του ψευδαργύρου προσθέτουμε στην κόλληση αλουμίνιο και πυρίτιο, τα οποία σχηματίζουν προστατευτικό στρώμα στη ρευστή κόλληση.

Για τη συγκόλληση του χαλκού και όταν δεν ενοχλεί η σκληρότητα της κολλήσεως, χρησιμοποιούνται κολλήσεις με φώσφορο που έχουν χαμηλό σημείο τήξεως. Αυτού του είδους είναι η κόλληση LCuP8 με 8% φώσφορο, η οποία τήκεται στους 710° C. Στη συνηθισμένη θερμοκρασία η κόλληση αυτή είναι σκληρή σαν γυαλί.

Η κόλληση LCuP8 δεν χρησιμοποιείται για σιδηρούχα μέταλλα. Στη συγκόλληση του χαλκού η κόλληση LCuP8 μπορεί να χρησιμοποιηθεί και χωρίς υλικό καθαρισμού, επειδή οι ατμοί του φωσφόρου ανάγουν τα οξειδία του χαλκού.

Στις σκληρές συγκολλήσεις των βαρέων μετάλλων χρησιμοποιούνται επίσης οι κολλήσεις νεαργύρου [§ 2.9(δ)].

Οι κολλήσεις από νεάργυρο (SNs) έχουν σημείο παραπλήσιο και αντοχή μεγαλύτερη από τις μπруντζοκολλήσεις (ιδιαίτερα εν θερμώ).

Στον πίνακα 3.3.2 σημειώνονται οι ιδιότητες των κολλήσεων νεαργύρου.

2) Ασημοκολλήσεις.

Ασημοκολλήσεις ονομάζονται οι σκληρές κολλήσεις οι οποίες περιέχουν άργυρο (ασήμι) σε περιεκτικότητα μεγαλύτερη από 8%. Στον πίνακα 3.3.3 σημειώνονται οι συνηθισμένοι τύποι ασημοκολλήσεων και δίνονται στοιχεία για τη χρησιμοποίησή τους.

Ο άργυρος είναι περίπου 20 φορές ακριβότερος από το χαλκό, τον ψευδάργυρο και από τα άλλα μέταλλα που χρησιμοποιούνται στις σκληρές κολλήσεις. Οι ιδιότητες όμως των ασημοκολλήσεων τις επέβαλαν στις εφαρμογές. Η περιεκτικότητα των ασημοκολλήσεων σε άργυρο μεγαλύτερη από 8%, φθάνει τα 50% και σε ειδικές περιπτώσεις είναι ακόμη μεγαλύτερη.

Η περιεκτικότητα της ασημοκολλήσεως σε άργυρο επηρεάζει το

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3.2
Κολλήσεις νεαργύρου (SNs)

Σύνθεση %		Θερμοκρασία τήξεως σε °C	Χρώμα κολλήσεως	Ρευστότητα
Χαλκός Cu	Νικέλιο Ni*			
35	8,5	870	Κιτρινωπό χρώμα νικελίου	Ευκολόρρευστη
38	12	905	Χρώμα νικελίου	Μέτρια ρευστότητα
38	15	960	Χρώμα νικελίου	Δυσκολόρρευστη
48	10**	925	Κιτρινωπό χρώμα νικελίου	Μέτρια ρευστότητα
65	18	1000	Λευκό	—

* Υπόλοιπο Ψευδάργυρος Zn.

** 0,2 έως 0,5 Πυρίτιο Si.

σημείο τήξεώς της. Όσο μεγαλύτερη είναι, τόσο χαμηλότερο είναι το σημείο τήξεως της κολλήσεως και τόσο ευκολότερα «δουλεύεται» η κόλληση. Οι ιδιότητες αυτές των ασημοκολλήσεων επιβάλλουν τη χρησιμοποίησή τους σε πολλές εφαρμογές παρά το υψηλό κόστος τους.

Όπως βλέπουμε και στον πίνακα 3.3.3, οι ασημοκολλήσεις, εκτός από άργυρο, περιέχουν χαλκό, ψευδάργυρο, κασσίτερο, κάδμιο, καθώς επίσης σε ειδικές περιπτώσεις φώσφορο, νικέλιο και μαγγάνιο.

Για τη συγκόλληση πολυτίμων μετάλλων χρησιμοποιούνται ασημοκολλήσεις με μεγάλη περιεκτικότητα σε άργυρο (έως 83%). Η συμφωνία του χρώματος της κολλήσεως με το χρώμα των πολυτίμων μετάλλων καθώς και η αντοχή, την οποία πρέπει να έχει η κόλληση στην οξείδωση, επιβάλλουν τη χρησιμοποίηση ακριβών ασημοκολλήσεων κατά τη συγκόλληση πολυτίμων μετάλλων.

Από τις ασημοκολλήσεις η LAg15P δεν είναι κατάλληλη για τη συγκόλληση νικελίου και κραμάτων σιδήρου, γιατί σχηματίζει με τα μέταλλα αυτά κράματα πολύ σκληρά. Για τη συγκόλληση χαλύβων με μεγάλη περιεκτικότητα σε χρώμιο και νικέλιο χρησιμοποιούνται οι κολλήσεις LAg27 και LAj49. Η αντοχή των κολλήσεων αυτών στη συνηθισμένη θερμοκρασία είναι 30-40 kg/mm² και δεν μειώνεται αισθητά σε υψηλές θερμοκρασίες.

Για τη συγκόλληση των σκληρομετάλλων που χρησιμοποιούνται στα εργαλεία κοπής, κατάλληλες είναι οι κολλήσεις LAg27 και

ΠΙΝΑΚΑΣ 3.3.3
Ασημοκόλλήσεις συγκολλήσεως θαρέων μετάλλων

Ονομασία	Συμβολισμός	Σύνθεση %	Θερμοκρασία τήξεως σε °C	Υλικό των συνδεομένων τεμαχίων	Παραδείγματα εφαρμογών	Παρατηρήσεις
Ασημοκόλληση	LAg 8	Ag 7-9 Cu έως 55, υπόλοιπο Zn	860	Χάλυβας, χαλκός και κράματα χαλκού με 63% Cu κατ' ελάχιστο	Μεγάλες συγκολλήσεις σε χοντρά τεμάχια	
Ασημοκόλληση	LAg 12	Ag 11-13 Cu έως 52, υπόλοιπο Zn	830	Χάλυβας, χαλκός και κράματα χαλκού με 56% Cu κατ' ελάχιστο	Μεγάλες συγκολλήσεις σε μεσαίου πάχους λαμαρίνες, σύρματα, σωλήνες και χοντρά τεμάχια	
Ασημοκόλληση 12 Cd	LAg 12 Cd	Ag 11-13 Cd 5-9 Cu έως 52 υπόλοιπο Zn	800	Χαλκός και κράματα χαλκού	Μικρές συγκολλήσεις σε χοντρά τεμάχια από χαλκό και κράματα χαλκού. Συγκόλληση χαλκού και κραμάτων χαλκού με χάλυβα	
Ασημοκόλληση 15	LAg 15	Ag 14-16 Cd 8-12 Cu έως 49 υπόλοιπο Zn	770	Χάλυβας, χαλκός και κράματα χαλκού	Μικρές συγκολλήσεις σε μεσαίου πάχους τεμάχια	
Ασημοκόλληση 15 P	LAg 15 P	Ag 14-16 Cu έως 82 υπόλοιπο P	710	Χαλκός και κράματα χαλκού	Μικρές συγκολλήσεις σε μεσαίου πάχους και σε λεπτά τεμάχια, όταν η ρευστότητα της συγκολλήσεως δεν εμποδίζει	Μπορεί να χρησιμοποιηθεί σε αντικατάσταση συγκολλήσεως πλουσιότερης σε άργυρο, ίδιου βαθμού τήξεως
Ασημοκόλληση 20	LAg 20	Ag 19-21 Cd 13-17 Cu έως 43 υπόλοιπο Zn	750	Χάλυβας, χαλκός και κράματα χαλκού	Μικρές συγκολλήσεις σε λεπτά ελάσματα π.χ. λαβές μαχαιριών	
Ασημοκόλληση 25	LAg 25	Ag 24-26 Cu έως 43 υπόλοιπο Zn	780	Χάλυβας, χαλκός και κράματα χαλκού	Λεπτά ελάσματα, σύρματα και σωλήνες π.χ. για λεπτά όργανα. Μεγάλες ραφές σε χοντρά και μεσαίου πάχους τεμάχια, όταν απαιτείται υψηλή αντοχή εν θερμώ κατά τη συγκόλληση και τη χρήση	Χρησιμοποιείται μόνο όταν η LAg 12 είναι δύσρευστη και όταν η LAg 15 και η LAg 20 δεν είναι αρκετά ανθεκτικές εν θερμώ
Ασημοκόλληση 25 Cd	LAg 25 Cd	Ag 24-26 Cd 12-16 Cu έως 42 υπόλοιπο Zn	730	Χαλκός και κράματα χαλκού	Μικρές συγκολλήσεις σε μεσαίου και λεπτού πάχους τεμάχια	
Ασημοκόλληση 25	LAg 27	Ag 26-28 Cu έως 40 Mn έως 10 Ni έως 6 υπόλοιπο Zn	840	Ανοξείδωτοι χάλυβες και σκληρομέταλλα	Μεγάλες και μικρές συγκολλήσεις σε χοντρά και λεπτά τεμάχια	

Ασημοκόλληση 30 Cd 5	LAg 30 Cd 5	Ag 29-31 Cd 3-7 Cu έως 44 υπόλοιπο Zn	770	Χαλκός και κρά- ματα χαλκού	Μεγάλες και μικρές συγκολλήσεις που θα παραμορφωθούν με- τά	Να χρησιμοποιείται μόνο όταν η LAg 15 και η LAg 25 δεν μπο- ρούν να χρησιμοποιη- θούν
Ασημοκόλληση 30 Cd 12	LAg 30 Cd 12	Ag 29-31 Cd 10-14 Cu έως 36 υπόλοιπο Zn	700	Χαλκός και κρά- ματα χαλκού	Μικρές συγκολλήσεις σε μεσαίο πάχος και λεπτά ελάσματα, σύρ- ματα, σωλήνες	Χρησιμοποιείται σε αντικατάσταση της LAg 20 και LAg 25 Cd, όταν απαιτείται χαμη- λότερο σημείο τή- ξεως
Ασημοκόλληση 38	LAg 38	Ag 37-39 Cu έως 42 Sn έως 4 υπόλοιπο Zn	800	Χάλυβες κατα- σκευών και μπρούντζος	Μικρές συγκολλή- σεις, σε τουρμπίνες αντλίες κλπ. Μηχα- νές, θάλασσας όταν απαιτείται ανθεκτικό- τητα στο θαλασσινό νερό	Χρησιμοποιείται μόνο όταν οι LAg 12 LAg, 12 Cd, LAg 15 και LAg 25 δεν είναι αρκετά αν- θεκτικές στο θαλασ- σινό νερό
Ασημοκόλληση 44	LAg 44	Ag 43-45 Cu έως 32 υπόλοιπο Zn	730	Χαλκός και κρά- ματα χαλκού, χάλυβες	Μεγάλες συγκολλή- σεις σε μικρά τεμάχια όταν απαιτείται μεγά- λη αντοχή εν θερμώ κατά τη συγκόλληση ή τη χρήση. Χρησιμο- ποιείται και σε συν- δυασμό με τη LAg 25. Συγκολλήσεις πριο- νοκορδελών	Χρησιμοποιείται μόνο όταν η LAg 25 είναι δύσρευστη και η LAg 25 Cd δεν είναι αρκε- τής αντοχής εν θερ- μώ
Ασημοκόλληση 45	LAg 45	Ag 44-46 Cd 18-22 Cu έως 19 υπόλοιπο Zn	620	Ανοξείδωτοι χάλ- υβες, χαλκός και κράματα χαλκού	Μικρές συγκολλήσεις όταν το τεμάχιο είναι ευαίσθητο σε θερ- μανση και παραμόρ- φωση. Χρησιμοποιεί- ται και σε συνδυασμό με τη LAg 30 Cd 12	Χρησιμοποιείται μόνο όταν η LAg 20 Cd 12 είναι δύσρευστη
Ασημοκόλληση 49	LAg 49	Ag 48-50 Cu έως 18 Mn έως 8 Ni έως 5 υπόλοιπο Zn	690	Χρωμιούχοι και νικελιούχοι χάλ- υβες, σκληρο- μέταλλα	Μεγάλες και μικρές συγκολλήσεις και επι- διορθώσεις σε χρω- μιούχους και νικε- λιούχους χάλυβες	
Ασημοκόλληση 50	LAg 50	Ag 49-51 Cd 3-7 Cu έως 32 υπόλοιπο Zn	700	Χαλκός και κρά- ματα χαλκού	Μικρές συγκολλή- σεις. Χρησιμοποιείται σε συνδυασμό με τη LAg 30 Cd 5, όταν απαιτείται αντοχή στην οξειδωση	Χρησιμοποιείται μό- νον όταν η LAg 30 Cd 5 και LAg 44 είναι δύ- σρευστες

LAg49, που περιέχουν μαγγάνιο.

Οι ασημοκολλήσεις κυκλοφορούν στο εμπόριο με μορφή σύρματος, ελάσματος ή σκόνης. Έτσι, κάθε φορά εκλέγεται η κατάλληλη μορφή, ώστε να έχουμε οικονομία στην κόλληση.

Όταν κάνουμε ασημοκόλληση πρέπει να έχουμε καθαρό το τραπέζι συγκολλήσεως για να συγκεντρώσουμε την κόλληση που θα ρέει και να τη χρησιμοποιήσουμε πάλι.

Τα πλεονεκτήματα της ασημοκολλήσεως εξουδετερώνουν κατά κάποιο τρόπο μέρος της διαφοράς τιμής της από τις άλλες κολλήσεις. Κάθε φορά πρέπει να εξετάζονται οι διάφοροι τρόποι συγκολλήσεως για να προσδιορίζεται η καταλληλότερη και οικονομικότερη μέθοδος.

Στο σχήμα 3.3α έχει γίνει για 1000 τεμάχια σύγκριση αυτογενούς συγκολλήσεως με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης και ετερογενούς συγκολλήσεως με ασημοκόλληση.

Αφορά 1000 τεμ	Αυτογενής συγκολληση	Ασημο-κόλληση
Χρόνος προετοιμασίας		
Κατανάλωση καύσιμου αερίου		
Χρόνος κύριας εργασίας		
Κατανάλωση κολλήσεως		
Χρόνος έπεξεργασίας μετά τη συγκόλληση		

Σχ. 3.3α.

Σύγκριση αυτογενούς και ετερογενούς συγκολλήσεως με ασημοκόλληση.
(Οι χρόνοι σημειώνονται σε ώρες ενδεικτικά).

β) Υλικά καθαρισμού σκληρών συγκολλήσεων.

Και στις σκληρές συγκολλήσεις τα υλικά καθαρισμού έχουν σκοπό να καθαρίσουν και να προφυλάξουν τις προς συγκόλληση επιφάνειες πριν από τη συγκόλληση και κατά τη διάρκειά της.

1) Βόρακας και βορικό οξύ.

Ο βόρακας και το βορικό οξύ είναι τα κυριότερα υλικά καθαρισμού

που χρησιμοποιούνται για θερμοκρασίες πάνω από 750°C.

Ο θόρακας είναι σύμπλοκο λευκό άλας του βορίου και νατρίου και φέρεται στο εμπόριο με μορφή πάστας ή σκόνης.

Ο θόρακας τήκεται στους 741°C, οπότε και διαλύει τα οξειδία του χαλκού, ψευδαργύρου, κασσιτέρου, σιδήρου, νικελίου, πυριτίου, αργύρου και καδμίου, ενώ δεν διαλύει τα οξειδία του αλουμινίου και χρωμίου. Συνεπώς για τα μέταλλα αυτά πρέπει να χρησιμοποιηθούν άλλα υλικά καθαρισμού.

Η ικανότητα του θόρακα να διαλύει οξειδία δεν είναι απεριόριστη και για το λόγο αυτό, όταν οι επιφάνειες που θα καθαριστούν είναι πολύ οξειδωμένες πρέπει να χρησιμοποιείται περισσότερος θόρακας.

Μετά τη συγκόλληση και όταν ψυχθεί η θέση της, ο θόρακας παραμένει με μορφή άλατος. Το χρώμα του εξαρτάται από το είδος των οξειδίων που έχει διαλύσει. Η απομάκρυνση του υπόλοιπου αυτού είναι συχνά δύσκολη.

Σε μη προσιτά σημεία συγκολλήσεως η απομάκρυνση του θόρακα γίνεται με εμβάπτιση του τεμαχίου μέσα σε διάλυμα θειικού οξέος 10%. Μετά την εμβάπτιση στο θειικό οξύ ακολουθεί έκπλυση με νερό.

2) Το βορικό οξύ έχει επίσης την ιδιότητα να συγκρατεί νερό με κρυσταλλική μορφή. Το σημείο τήξεως του βορικού οξέος είναι 580°C. Κατά την τήξη καλύπτει την επιφάνεια συγκολλήσεως και την προστατεύει από τις οξειδώσεις. Η διάλυση όμως των οξειδίων αρχίζει στην ψηλότερη θερμοκρασία των 850°C, η οποία είναι μεγαλύτερη από την θερμοκρασία που ο θόρακας διαλύει τα οξειδία. Για τον λόγο αυτό το βορικό οξύ είναι κατάλληλο ως υλικό καθαρισμού, όταν η θερμοκρασία της κολλήσεως είναι μεγαλύτερη από 850°C, όπως κατά τις μπруντζοκολλήσεις, τις κολλήσεις χαλκού κλπ.

Η «κρούστα» την οποία αφήνει επάνω στη θέση της συγκολλήσεως, απομακρύνεται ευκολότερα από την κρούστα του θόρακα.

Συχνά ως υλικό καθαρισμού χρησιμοποιούνται μίγματα θόρακα και βορικού οξέος, ιδίως όταν επιθυμούμε με εμβάπτιση να επικαθίσει στο αντικείμενο η απαραίτητη ποσότητα υλικού καθαρισμού και αυτό για τον εξής λόγο:

Το νερό δεν μπορεί να διαλύσει περισσότερη από ορισμένη ποσότητα βορικού οξέος ή ορισμένη ποσότητα θόρακα γιατί παθαίνει κορεσμό. Αν όμως διαλυθούν και τα δυο μαζί, τότε η ποσότητα που συνολικά διαλύεται είναι πολύ μεγαλύτερη από την ποσότητα καθενός από τα δυο που διαλύεται στην ίδια ποσότητα νερού.

Μετά την εμβάπτιση του θερμού αντικειμένου στο διάλυμα εξατμίζεται το νερό και παραμένει μια «κρούστα» από βόρακα και βορικό οξύ.

3) Υλικά καθαρισμού για θερμοκρασίες μικρότερες από 800°C.

Επειδή ο βόρακας και το βορικό οξύ δεν έχουν την ικανότητα να διαλύσουν τα οξειδία σε θερμοκρασία κάτω από 800°C, αναπτύχθηκε η χρήση υλικών καθαρισμού τα οποία διαλύουν τα οξειδία σε χαμηλότερες θερμοκρασίες.

Χλωρίδια και φθορίδια (ενώσεις του χλωρίου και του φθορίου) με ή χωρίς βόρακα καθώς και ενώσεις του φωσφόρου, είναι κατάλληλα υλικά καθαρισμού για θερμοκρασίες χαμηλότερες από 800°C.

Τα υλικά αυτά έχουν επιπλέον την ιδιότητα να διαλύουν τα οξειδία, τα οποία δεν είναι διαλυτά από το βόρακα και το βορικό οξύ. Οξειδία του αλουμινίου επάνω σε μπρούντζο, οξειδία του χρωμίου ανοξειδώτων χαλύβων, οξειδία του πυριτίου και του βηρυλλίου, τα οποία είναι δισδιάλυτα, διαλύονται με μίγμα φθοριούχου καλίου και φθοριούχου νατρίου.

Επειδή οι ατμοί μερικών χλωριδίων και ιδίως οι ατμοί των φθοριδίων είναι δηλητηριώδεις και δεν πρέπει να εισπνέονται, πρέπει να χρησιμοποιούμε πάντοτε μόνο την αναγκαία ποσότητα υλικού καθαρισμού, ώστε το ποσοστό ατμών να είναι το ελάχιστο. Η μεγάλη άλλωστε διαλυτότητα των αλάτων αυτών επιτρέπει τη χρησιμοποίηση μικρών ποσοτήτων.

Η κρούστα που σχηματίζει μετά τη συγκόλληση το υλικό καθαρισμού απομακρύνεται εύκολα. Οι κατασκευαστές ασημοκολλήσεων συνιστούν διάφορα υλικά καθαρισμού με μορφή σκόνης ή πάστας. Επίσης προσφέρουν κολλήσεις με γέμιση από υλικό καθαρισμού, όπως στις μαλακές κολλήσεις.

Το υλικό καθαρισμού όταν είναι ρευστό μεταφέρεται στη θέση συγκολλήσεως με πινέλο ή με μικρή σπάτουλα εφόσον πρόκειται για πάστα.

4) Αέρια υλικά καθαρισμού.

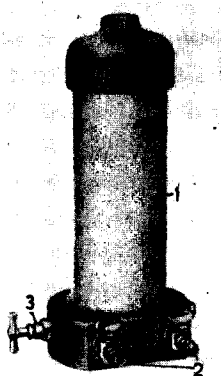
Ως υλικά καθαρισμού χρησιμοποιούνται και αέρια, που οδηγούνται στη θέση της συγκολλήσεως με τη φλόγα που χρησιμοποιούμε για τη θέρμανση (π.χ. τη φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης 1).

Όταν μεταχειριζόμαστε αέριο υλικό καθαρισμού, η ασετυλίνη, πριν οδηγηθεί στον καμινευτήρα, διέρχεται από ειδικό δοχείο και παραλαμβάνει το αέριο καθαρισμού. Το χρησιμοποιούμενο συνήθως υλικό είναι ο μεθυλεστέρας του βορικού οξέος, ο οποίος στη θέση συγκολλήσεως σχηματίζει διάφορες ενώσεις του βορίου, που έχουν

ιδιότητες ανάλογες με εκείνες του βόρακα και του βορικού οξέος.

Για καλή εργασία με αέριο υλικό καθαρισμού πρέπει οπωσδήποτε η ασετυλίνη να είναι ξηρή.

Όταν χρησιμοποιείται υλικό καθαρισμού μέσα στη φλόγα, μειώνεται συνήθως η απόδοση του τεχνίτη, αυξάνεται όμως η ποιότητα της συγκολλήσεως. Τα κατάλοιπα από το υλικό καθαρισμού απομακρύνονται με έκπλυση μετά τη συγκόλληση. Το σχήμα 3.36 δείχνει συσκευή προσδόσεως του αερίου καθαρισμού στο καύσιμο αέριο.



Σχ. 3.36.

Συσκευή προσδόσεως αερίου υλικού καθαρισμού στο καύσιμο αέριο.

- 1) Δοχείο υλικού καθαρισμού. 2) Είσοδος και έξοδος καύσιμου αερίου.
3) Ρυθμιστής ποσότητας υλικού καθαρισμού.

γ) Τεχνική των σκληρών συγκολλήσεων των βαρέων μετάλλων.

Πιο κάτω θα περιγράψουμε τις διάφορες μεθόδους και τα εργαλεία που χρησιμοποιούνται στις σκληρές συγκολλήσεις των βαρέων μετάλλων.

1) Συγκόλληση σε καμίνι.

Η παλιά μέθοδος θερμάνσεως των αντικειμένων που πρόκειται να συγκολληθούν σε καμίνι με την ακτινοβολία του πυρακτωμένου άνθρακα (κάρβουνο), έχει σήμερα ιστορική μόνο αξία.

2) Συγκόλληση με καμινευτήρα.

Οι υψηλές θερμοκρασίες που απαιτούνται για τις σκληρές συγκολλήσεις καθιστούν αδύνατη τη χρησιμοποίηση του κολλητηρίου και των μικρών καυστήρων. Για τις σκληρές συγκολλήσεις χρησιμοποιούνται κυρίως καμινευτήρες που καίνε καύσιμο αέριο με

το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα ή με καθαρό οξυγόνο. Συνήθως χρησιμοποιείται ο καμινευτήρας αυλός ασετυλίνης-οξυγόνου, με τον οποίο μπορούμε να φθάσουμε σε υψηλές θερμοκρασίες. Τον καμινευτήρα αυλό οξυγόνου-ασετυλίνης και τις πολλαπλές εφαρμογές του θα περιγράψουμε αναλυτικά στο κεφάλαιο 4.

Οι φλόγες που για την καύση χρησιμοποιούν καθαρό οξυγόνο, θερμαίνουν πολύ σύντομα και συνεπώς απαιτούν πιο πεπειραμένους τεχνίτες για τη συγκόλληση. Αντίθετα, οι φλόγες που χρησιμοποιούν για την καύση το οξυγόνο του αέρα έχουν χαμηλότερη θερμοκρασία και συνεπώς με αυτές τα τεμάχια οδηγούνται ομαλά και χωρίς υπερθερμάνσεις στην απαιτούμενη για τη συγκόλληση θερμοκρασία.

Ιδιαίτερα για τη φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης, εκτός του ότι έχει υψηλή θερμοκρασία και θερμαίνει γρήγορα, με το απότομο φύσημα διώχνει από το σημείο συγκολλησεως την κόλληση και το υλικό καθαρισμού. Για το λόγο αυτό ο τεχνίτης εναλλάσσει στο σημείο συγκολλησεως τη φλόγα και τη θερμή κόλληση την οποία προηγουμένως έχει εμβαπτίσει στο υλικό καθαρισμού.

Επειδή η φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης έχει την τάση να διώχνει το υλικό καθαρισμού, κατάλληλα υλικά καθαρισμού είναι αυτά που έχουν μορφή πάστας.

Στις ετερογενείς συγκολλήσεις των βαρέων μετάλλων αρμόζει να έχουμε ελαφρά αναγωγική φλόγα. Αυτή καθαρίζει και κρατεί καθαρές τις επιφάνειες που θα συγκολληθούν (λεπτομέρειες για τη σύστασή της δίνονται στην § 4.4).

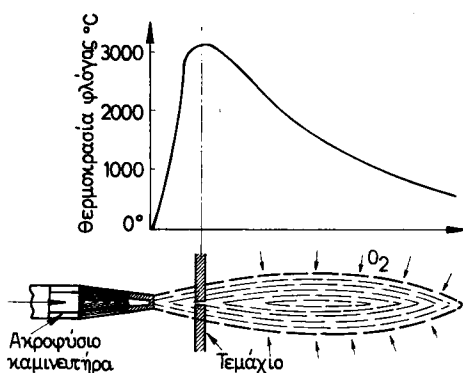
Αυτό που χαρακτηρίζει την λίγο αναγωγική φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης είναι ο μικρός μπλε κώνος που σχηματίζεται ακριβώς κοντά στο ακροφύσιο και η κιτρινωπή περιοχή που ακολουθεί.

Η μεγαλύτερη θερμοκρασία στη φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης εμφανίζεται αμέσως μετά από το μικρό μπλε κώνο (4-6 mm), όπως δείχνει το σχήμα 3.3γ.

Στις φλόγες καύσιμου αερίου-αέρα η μεγαλύτερη θερμοκρασία παρουσιάζεται προς το τέλος τους.

Ιδιαίτερα κατά τη συγκόλληση χαλκού, ή κραμάτων χαλκού με μεγάλη περιεκτικότητα σε χαλκό, χρησιμοποιούμε ουδέτερη φλόγα, χωρίς περίσσειμα καύσιμου αερίου. Ο καθαρισμός της επιφάνειας τότε γίνεται ολοκληρωτικά μόνο από το υλικό καθαρισμού.

Όταν έχουμε αναγωγική φλόγα, που έχει περίσσειμα υδρογόνου, κατά τη συγκόλληση του χαλκού δημιουργούνται με το οξυγόνο των οξειδίων του χαλκού ατμοί, που δυσκολεύουν τη συγκόλληση.



Σχ. 3.3γ.

Σχηματική παράσταση φλόγας οξυγόνου-ασετυλίνης.

3) Συγκολλήσεις με εμβάπτιση, με επαγωγή ή με ηλεκτρική αντίσταση.

Για να επιτευχθεί μεγάλη παραγωγή στις σκληρές συγκολλήσεις των βαρέων μετάλλων επινοήθηκαν διάφορες μέθοδοι, όπως οι μέθοδοι της εμβάπτισης, της επαγωγής και της ηλεκτρικής αντίστασης.

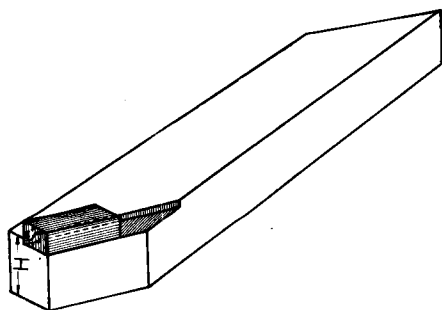
Κατά τη μέθοδο της **εμβάπτισης** τα τεμάχια που θα συγκολληθούν εμβαπτίζονται μέσα σε δοχείο που περιέχει την κόλληση σε ρευστή κατάσταση. Πάνω στην κόλληση επιπλέει το υλικό καθαρισμού, συνήθως βόρακας, ώστε κατά την εμβάπτιση και πριν έλθουν τα τεμάχια σε επαφή με την κόλληση να καθαρίζονται.

Κατά τη μέθοδο της **επαγωγής** η θέρμανση της θέσεως συγκολλήσεως γίνεται με ηλεκτρικό ρεύμα, που δημιουργείται με επαγωγή επάνω στα τεμάχια που θα συγκολληθούν. Οι χρησιμοποιούμενες εγκαταστάσεις διακρίνονται σε εγκαταστάσεις υψηλής και μέσης συχνότητας (300 000-500 000 Hz και 2000-10000 Hz αντίστοιχα).

Όπως είναι γνωστό από τη Φυσική, στις υψηλές συχνότητες παρουσιάζεται το **επιδερμικό φαινόμενο**, δηλαδή το ρεύμα ρέει στην εξωτερική επιφάνεια. Όταν έχουμε λοιπόν να συγκολλήσουμε μεγάλες διατομές πάνω από 100 mm², είναι προτιμότερο να χρησιμοποιούμε συσκευές μέσης συχνότητας.

Κατά τη μέθοδο με **ηλεκτρική αντίσταση** ρεύμα μικρή τάσεως και μεγάλης εντάσεως διέρχεται από τη θέση συγκολλήσεως. Έτσι, θερμαίνονται τα τεμάχια στη θέση που θα συγκολληθούν και τήκεται η κόλληση.

Η τελευταία μέθοδος χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση σκληρομετάλλων. Αυτά, όπως γνωρίζουμε, είναι μικρά εργαλεία κοπής που για να τα χρησιμοποιήσουμε τα κολλούμε επάνω σε μανέλες σιδήρου, όπως δείχνει το σχήμα 3.35.



Σχ. 3.35.

Εργαλείο τόνου με σκληρομέταλλο.

Οι μέθοδοι αυτές είναι μεγαλύτερης παραγωγής από τη μέθοδο του καμινευτήρα και απαιτούν ιδιαίτερες συσκευές κατάλληλα μελετημένες για ομοιόμορφη εργασία ή για λίγα είδη εργασιών. Χρησιμοποιούνται λοιπόν, όπου η εγκατάσταση μιας ειδικής διατάξεως συμφέρει.

Η μέθοδος με εμβάπτιση και η μέθοδος με επαγωγή χρησιμοποιούνται πολύ στη βιομηχανία παραγωγής ποδηλάτων. Σ' αυτήν επαναλαμβάνονται οι ίδιοι τύποι συγκολλήσεως και η προμήθεια ειδικής συσκευής συμφέρει οικονομικά.

4) Εκτέλεση της σκληρής συγκολλήσεως.

Αφού εξετάσαμε τις κολλήσεις, τα υλικά καθαρισμού και τους τρόπους με τους οποίους θερμαίνουμε τη θέση συγκολλήσεως, θα εξετάσουμε τώρα, πώς κάνουμε τη συγκόλληση και ιδιαίτερα θα τονίσουμε μερικά χαρακτηριστικά των σκληρών συγκολλήσεων.

Αφού τοποθετήσαμε σταθερά τα τεμάχια που θέλουμε να συγκολλήσουμε, τοποθετούμε στις επιφάνειες που θα συγκολληθούν, το υλικό καθαρισμού. Του χημικού αυτού καθαρισμού προηγείται μηχανικός καθαρισμός των επιφανειών. Υπάρχουν περιπτώσεις κατά τις οποίες ο μηχανικός καθαρισμός συμπληρώνεται με εμβάπτιση των επιφανειών που θα συγκολλήσουμε σε τριχλωραιθυλένιο ή σε αλκαλικό λουτρό, για να απομακρυνθούν τα έλαια και τα λίπη που ενδεχόμενα υπάρχουν επάνω στις επιφάνειες. Κατόπιν θερμαίνουμε τη θέση συγκολλήσεως και τότε το υλικό καθαρισμού τήκεται και

καθαρίζει την επιφάνεια που θα συγκολληθεί.

Κατόπιν φέρομε την κόλληση στο σημείο συγκολλήσεως, όπου αυτή τήκεται και γεμίζει το κενό που υπάρχει μεταξύ των τεμαχίων, που θέλομε να συνδέσομε, ενώ ταυτόχρονα διεισδύει στα συνδεδεόμενα τεμάχια.

Προκύπτει όμως το ερώτημα ποια πρέπει να είναι η απόσταση των επιφανειών που θα συνδεθούν;

Είναι φανερό ότι όσο μικρότερη είναι η μεταξύ τους απόσταση, τόσο λιγότερη κόλληση θα χρησιμοποιήσομε. Αυτό έχει μεγάλη σημασία ιδίως για τις ασημοκόλλήσεις, όπου, όπως είπαμε, το κόστος τους είναι υψηλό. Από πειράματα έχει βρεθεί ότι επιτυγχάνομε τη μεγαλύτερη αντοχή με ασημοκόλληση όταν το πάχος της κολλήσεως είναι 0,03-0,1 mm. Συγκεκριμένα μία συγκόλληση με πάχος κολλήσεως 0,5 mm έχει τη μισή αντοχή από την ίδια κόλληση πάχους 0,1 mm κατά την ασημοκόλληση ευγενών χαλύβων.

Αντίθετα, όσο μικρότερη είναι η απόσταση των επιφανειών που θα συγκολληθούν, τόσο δυσκολότερα η κόλληση διεισδύει μεταξύ των δύο επιφανειών. Πρέπει, λοιπόν, κάθε φορά, ανάλογα με το είδος της κολλήσεως και των άλλων συνθηκών, να καθορίζομε το πάχος που θα έχει η κόλληση.

Το πλάτος της κολλήσεως έχει σημασία όταν πρόκειται για τη συγκόλληση μετάλλων με διαφορετικό συντελεστή διαστολής και πρέπει να λαμβάνεται κατά το δυνατό μικρό.

3.4 Ερωτήσεις.

- 1) Ποιες ιδιότητες πρέπει να έχει η κόλληση στις ετερογενείς συγκολλήσεις;
- 2) Πώς πρέπει να προετοιμάζεται η θέση συγκολλήσεως;
- 3) Πότε χρησιμοποιούνται οι μαλακές κολλήσεις;
- 4) Τι κάνομε για να ρέει η κόλληση στο απλό κολλητήριο;
- 5) Πότε χρησιμοποιείται ο καυστήρας βενζίνης;
- 6) Γιατί στις ετερογενείς σύγκολλήσεις απαιτείται υλικό καθαρισμού;
- 7) Πότε χρησιμοποιούνται σκληρές κολλήσεις;
- 8) Γιατί αν και ακριβότερη, χρησιμοποιείται η ασημοκόλληση;
- 9) Πότε είναι δυνατόν να χρησιμοποιηθεί για τον καθαρισμό βορικό οξύ αντί για θόρακα;
- 10) Τι είναι τα αέρια υλικά καθαρισμού;
- 11) Τι είναι η συγκόλληση με εμβάπτιση;
- 12) Τι είναι η συγκόλληση με επαγωγή;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4

ΑΥΤΟΓΕΝΕΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ - ΟΞΥΓΟΝΟΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

4.1 Γενικά περί οξυγονοκολλήσεων.

Οξυγονοκολλήσεις ονομάζονται οι συγκολλήσεις στις οποίες η απαιτούμενη για τη συγκόλληση θερμότητα λαμβάνεται από την καύση μίγματος οξυγόνου και καύσιμου αερίου. Συνήθως ως καύσιμο αέριο χρησιμοποιείται το ακετυλένιο (ασετυλίνη). Σπανιότερα χρησιμοποιούνται το υδρογόνο, το μεθάνιο και το βενζόλιο.

Για την καύση δεν χρησιμοποιείται το οξυγόνο που υπάρχει στον αέρα, αλλά καθαρό οξυγόνο. Από αυτό προέρχεται και η ονομασία των οξυγονοκολλήσεων. Η σωστή θέβαια ονομασία, επειδή πρόκειται περί συγκολλήσεως και όχι κολλήσεως, θά ήταν οξυγονοσυγκόλληση, επικράτησε όμως ο όρος οξυγονοκόλληση.

Με τη θερμότητα της φλόγας του καύσιμου αερίου τα τεμάχια που θα συνδεθούν τήκονται (λιώνουν) στη θέση συγκολλήσεως και τα μόρια του ενός διεισδύουν μέσα στα μόρια του άλλου. Στις περισσότερες περιπτώσεις προσθέτουμε και άλλο υλικό, όμοιο με το υλικό των τεμαχίων που συγκολλούνται, την κόλληση. Επομένως η οξυγονοκόλληση είναι αυτογενής συγκόλληση, αφού για τη σύνδεση χρησιμοποιούμε υλικό της ίδιας συστάσεως με τα προς συγκόλληση τεμάχια. Η οξυγονοκόλληση είναι επίσης συγκόλληση τήξεως, αφού η ήξη των τεμαχίων στη θέση της συγκολλήσεως προκαλεί διεισδυση των μορίων του ενός στα μόρια του άλλου και με τη συμμετοχή του πρόσθετου υλικού.

Οι οξυγονοκολλήσεις είναι πάρα πολύ διαδομένες στις εφαρμογές. Για να επιτευχθεί η οξυγονοκόλληση πρέπει τα τεμάχια που θα συγκολληθούν και η κόλληση να θερμανθούν με τη φλόγα μέχρι τήξεως στα σημεία συγκολλήσεως. Η ιδιότητα αυτή της θερμάνσεως των τεμαχίων περιορίζει τις εφαρμογές της οξυγονοκολλήσεως. Μεγάλα τεμάχια θερμαίνονται δύσκολα και συνεπώς και η οξυγονοκόλληση γίνεται δύσκολα. Επίσης, ο κίνδυνος θραύσεως από παραμορφώσεις που προέρχονται από την τοπική θέρμανση της θέσεως συγκολλήσεως, περιορίζει τις εφαρμογές της οξυγονοκολλήσεως.

Από την άλλη πλευρά όμως η οξυγονοκόλληση έχει το πλεονέκτημα ότι μπορεί να γίνει οπουδήποτε χωρίς να απαιτούνται εγκαταστάσεις για την παροχή της ενέργειας. Οι δύο φιάλες, της ασετυλίνης και του οξυγόνου, μεταφέρονται σχετικά εύκολα και τα υπόλοιπα όργανα ζυγίζουν λίγα κιλά. Επίσης με τη χρησιμοποίηση ενός άλλου εργαλείου, διαφορετικού από το εργαλείο συγκολλήσεως, του πυροκόπτη, μπορούν να γίνουν κοπές μετάλλων με οξειδωση.

Η οξυγονοκόλληση χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά για τη συγκόλληση λεπτών ελασμάτων πάχους μέχρι 2mm. Για παχύτερα ελάσματα χρησιμοποιείται συνήθως η ηλεκτροσυγκόλληση.

4.2 Παραγωγή και αποθήκευση των χρησιμοποιούμενων αερίων.

Από τα καύσιμα αέρια που χρησιμοποιούνται στις οξυγονοκολλήσεις, το κυριότερο είναι η ασετυλίνη (C_2H_2). Με τη φλόγα ασετυλίνης-οξυγόνου επιτυγχάνουμε θερμοκρασίες περίπου $3100^{\circ}C$. Αυτό οφείλεται αφενός στο ότι η ασετυλίνη έχει μεγαλύτερη θερμογόνα δύναμη (13000 kcal/m^3) και αφετέρου στο ότι είναι δυνατόν να καούν μεγάλες σχετικά ποσότητες σε μικρό χρονικό διάστημα (καίγεται με μεγάλη ταχύτητα).

Με το υδρογόνο του οποίου η θερμογόνα δύναμη είναι ουσιαστικά μικρότερη (2600 kcal/m^3) επιτυγχάνουμε τη μεγαλύτερη θερμοκρασία που φθάνει περίπου τους $1900^{\circ}C$. Για το λόγο αυτό με τη φλόγα υδρογόνου-οξυγόνου περιοριζόμαστε σε συγκολλήσεις ελασμάτων πάχους έως 8mm.

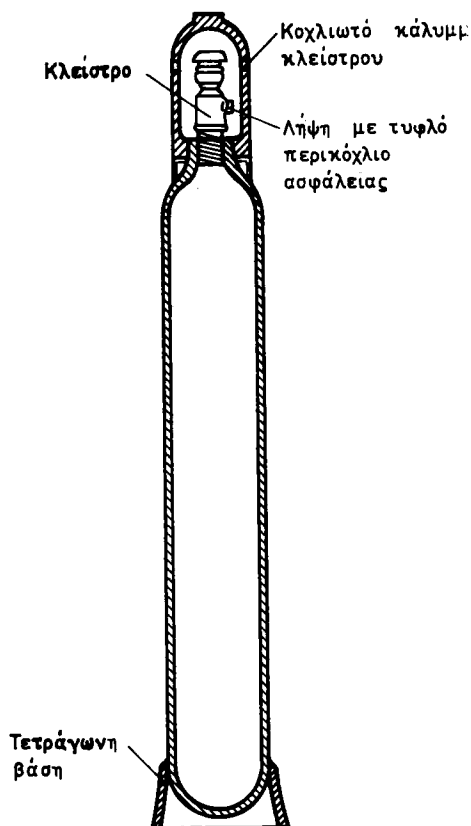
Τα αέρια καύσεως και το οξυγόνο φυλάσσονται κάτω από πίεση σε χωριστές φιάλες από χάλυβα. Πολλά εργαστήρια αντί να προμηθεύονται ασετυλίνη σε φιάλες, την παράγουν από ανθρακασβέστιο (CaC_2) σε ειδικές συσκευές.

α) Το οξυγόνο.

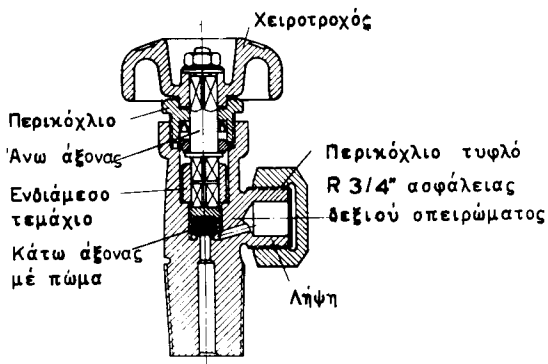
Το οξυγόνο λαμβάνεται από τον υγροποιημένο αέρα. Όταν αφήσουμε τον υγροποιημένο αέρα να θερμανθεί, τότε λαμβάνουμε αρχικά το άζωτο και κατόπιν όταν ανεβαίνει η θερμοκρασία, καθαρό οξυγόνο.

Το καθαρό οξυγόνο αποθηκεύεται σε σιδερένιες φιάλες (σχ. 4.2α) κάτω από πίεση 150 ατμοσφαιρών (atu). Οι φιάλες αυτές έχουν χωρητικότητα 40-60 λίτρα (lt). Συνήθως είναι των 40 lt.

Μία φιάλη των 40 λίτρων κάτω από πίεση 150 ατμοσφαιρών αποθηκεύει $40 \times 150 = 6000$ λίτρα (lt) ή 6 κυβικά μέτρα (m^3) αέριο οξυγόνου κάτω από κανονική πίεση. Η φιάλη ασφαλίζεται με κλείστρο (σχ. 4.2β).



Σχ. 4.2α.
Φιάλη οξυγόνου.



Σχ. 4.2β.
Κλείστρο φιάλης οξυγόνου.

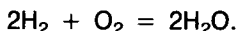
Άλλος τρόπος παραγωγής οξυγόνου είναι η ηλεκτρόλυση του νερού, κατά την οποία στο ένα ηλεκτρόδιο (άνοδο) παίρνομε οξυγόνο και στο άλλο ηλεκτρόδιο (κάθοδο) υδρογόνο.

β) Το υδρογόνο.

Το υδρογόνο παράγεται κατά την ηλεκτρόλυση του νερού. Σε μεγάλες ποσότητες παράγεται επίσης με διοχέτευση ατμών νερού σε κλειστό δοχείο, στο οποίο υπάρχει ερυθροπυρωμένος σίδηρος και ελευθερώνεται το υδρογόνο.

Το υδρογόνο, όπως και το οξυγόνο αποθηκεύεται μέσα σε χαλύβδινες φιάλες κάτω από πίεση 150 ατμοσφαιρών (atu).

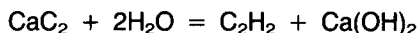
Το υδρογόνο καίγεται με το οξυγόνο και δίνει νερό, το οποίο λόγω της υψηλής θερμοκρασίας δεν γίνεται αντιληπτό, γιατί εμφανίζεται με μορφή ατμών. Η καύση ακολουθεί τη χημική εξίσωση:



Μίγμα υδρογόνου και οξυγόνου ή υδρογόνου και αέρα είναι πολύ επικίνδυνο, γιατί είναι δυνατόν να προκληθεί έκρηξη από σπινθήρα (κροτούν αέριο).

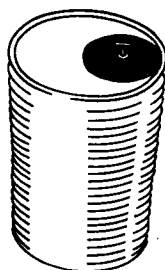
γ) Η ασετυλίνη.

Η ασετυλίνη είναι αέριο (C_2H_2), το οποίο παράγεται από το ανθρακασθέσιο (CaC_2), όταν αυτό αντιδράσει με το νερό κατά τη χημική εξίσωση:



Το ανθρακασθέσιο παράγεται με σύντηξη ασβεστίου και άνθρακα σε ηλεκτρική κάμινο. Από 1 kg ανθρακασθέσιο παίρνομε κάτω από ιδανικές συνθήκες 300 lt ασετυλίνης. Πρακτικά όμως υπολογίζομε για μικρές και μεσαίες εγκαταστάσεις, απόδοση 250 lt ασετυλίνης ανά κιλό ανθρακασβεστίου και για μεγάλες εγκαταστάσεις 290 lt ανά κιλό ανθρακασβεστίου.

Επειδή το ανθρακασθέσιο αντιδρά εύκολα με το νερό, διαφυλάσσεται ξηρό μέσα σε στεγανά δοχεία (σχ. 4.2γ). Δεν επιτρέπεται να προσπαθούμε να ανοίξομε τα δοχεία αυτά με κτυπήματα σε σιδερένια εργαλεία, γιατί υπάρχει κίνδυνος να δημιουργηθεί σπινθήρας από τον οποίο θα αναφλεγεί και θα εκραγεί η ποσότητα της ασετυλίνης που δημιουργείται. Το ανθρακασθέσιο απαγορεύεται για τους λόγους που αναφέραμε να φυλάσσεται σε υπόγειους υγρούς χώρους. Όταν τα δοχεία ανθρακασβεστίου φυλάσσονται στο ύπαιθρο, πρέπει να τοποθετούνται πάνω σε βάσεις ύψους 20 cm από το έδαφος.



Σχ. 4.2γ.
Δοχείο ανθρακασβεστίου.

Γενικά συνιστάται προς αποφυγή εκρήξεων να μην αποθηκεύουμε ποσότητα ανθρακασβεστίου μεγαλύτερη από την απόλυτα απαραίτητη.

Η χρησιμοποιούμενη για τις συγκολλήσεις ασετυλίνη, αφού παραχθεί από το ανθρακασβέστιο, καθαρίζεται από ενώσεις του φωσφόρου και του θείου και είτε οδηγείται κατευθείαν στην κατανάλωση, όταν πρόκειται να χρησιμοποιηθεί στο εργοστάσιο, στο οποίο παράγεται, είτε αποθηκεύεται σε φιάλες.

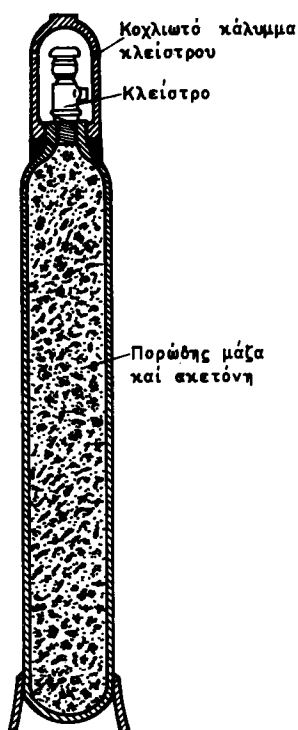
Η ασετυλίνη δεν είναι δυνατόν να αποθηκευτεί μέσα σε φιάλες κάτω από μεγάλη πίεση (ανώτερη από 15 atu) γιατί εκρήγνυται. Προς αποφυγή του κινδύνου αυτού, οι χαλύβδινες φιάλες μέσα στις οποίες αποθηκεύεται η ασετυλίνη περιέχουν ακετόνη (σχ. 4.2δ) και μία πορώδη μάζα που αποτελείται από ελαφρόπετρα, γη διατόμων και ειδικά επεξεργασμένο ξυνάνθρακα (ενεργός άνθρακας). Η ακετόνη έχει την ιδιότητα να διαλύει σε μεγάλες ποσότητες την ασετυλίνη. Οι φιάλες γεμίζονται με ασετυλίνη κάτω από πίεση 15 ατμοσφαιρών (atu).

Η ακετόνη, όπως είπαμε, έχει την ιδιότητα να διαλύει πολύ μεγάλες ποσότητες ασετυλίνης (περίπου 150 φορές μεγαλύτερη του όγκου της κάτω από πίεση 15 atu). Μία φιάλη 40 λίτρων (lt), συνεπώς περιέχει 6000 λίτρα (lt) ή 6 κυβικά μέτρα (m^3) ασετυλίνης, δηλαδή την ίδια ποσότητα, που έχει μια φιάλη οξυγόνου χωρητικότητας 40 λίτρων (lt) κάτω από πίεση 150 ατμοσφαιρών. Πρακτικά υπολογίζουμε τη χρήσιμη ποσότητα ασετυλίνης μιας φιάλης 40 lt από 5,2-5,7 (m^3).

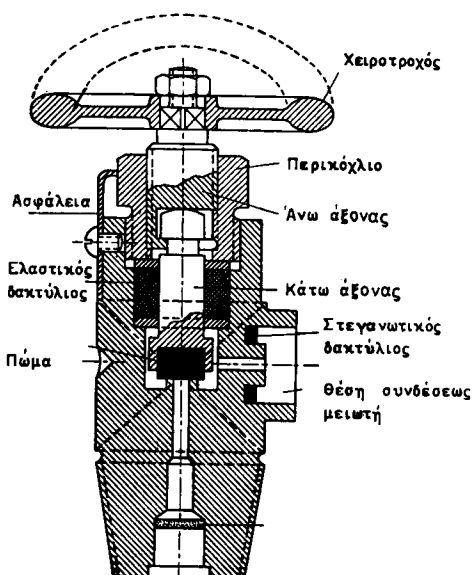
Η φιάλη ασετυλίνης ασφαρίζεται με κλείστρο (σχ. 4.2ε), που κοχλιώνεται στο πάνω μέρος της φιάλης.

δ) Συσκευές παραγωγής ασετυλίνης.

Η ασετυλίνη σε φιάλες έχει υψηλότερο κόστος από όσο έχει η



Σχ. 4.2δ.
Φιάλη ασετυλίνης.



Σχ. 4.2ε.
Κλειστόρο φιάλης ασετυλίνης.

παραγωγή της στο εργοστάσιο. Για το λόγο αυτό, εργοστάσια που καταναλίσκουν μεγάλες ποσότητες ασετυλίνης εγκαθιστούν συσκευές παραγωγής της από ανθρακασθέσιο.

Στις συσκευές παραγωγής ασετυλίνης το αέριο παράγεται είτε με προσαγωγή νερού στο ανθρακασθέσιο, είτε με ρίψη ανθρακασθεστίου μέσα στο νερό. Ανάλογα με το σύστημα που χρησιμοποιούμε διακρίνουμε τα παρακάτω είδη συσκευών:

1) Συσκευές ρίψεως ανθρακασθεστίου μέσα στο νερό (σχ. 4.2στ).

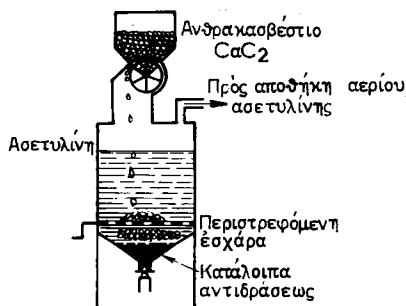
Στις συσκευές αυτές, ανάλογα προς την ποσότητα ασετυλίνης που απορροφάται, ο μύλος τροφοδοτήσεως της συσκευής με ανθρακασθέσιο περιστρέφεται αργότερα ή γρηγορότερα και ρυθμίζει την ποσότητα του παραγόμενου αερίου. Στο κάτω μέρος της συσκευής συγκεντρώνονται τα κατάλοιπα, τα οποία κατά περιόδους απομακρύνονται.

Όπως φαίνεται στο σχήμα, στη συσκευή υπάρχει και μια περιστρεφόμενη σχάρα, η οποία χρησιμεύει για την ανάδευση του ανθρακασβεστίου, ώστε να αντιδράσει ολόκληρη η ποσότητά του με το νερό.

2) Συσκευές ρίψεως νερού πάνω σε ανθρακασβέστιο (σχ. 4.2ζ).

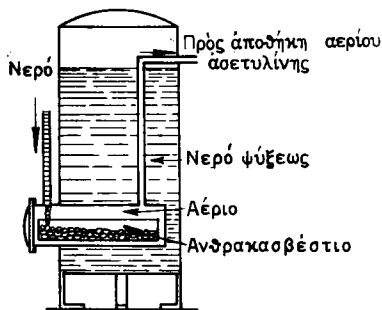
Στις συσκευές του συστήματος αυτού ανάλογα προς την ποσότητα της ασετυλίνης που απορροφάται αυξάνεται ή ελαττώνεται η ποσότητα του νερού που ρίχνεται πάνω στο ανθρακασβέστιο, και συνεπώς η παραγωγή του αερίου.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.2ζ, το δοχείο που περιέχει ανθρακασβέστιο περιλούεται από νερό ψύξεως γιατί η αντίδραση παραγωγής της ασετυλίνης είναι εξώθερμη.



Σχ. 4.2στ.

Συσκευή παραγωγής ασετυλίνης με ρίψη του ανθρακασβεστίου στο νερό



Σχ. 4.2ζ.

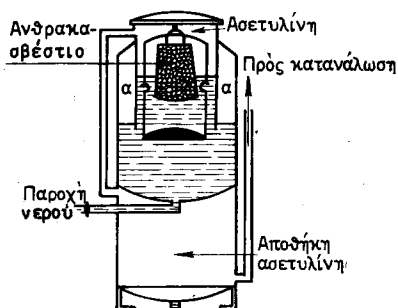
Συσκευή παραγωγής ασετυλίνης με ρίψη νερού σε ανθρακασβέστιο.

3) Συσκευές εμβαπίσεως του ανθρακασβεστίου μέσα σε νερό.

Στο σχήμα 4.2η φαίνεται συσκευή αυτού του είδους. Στη συσκευή αυτή, όταν η παραγόμενη ποσότητα είναι μεγαλύτερη από την απορροφούμενη, αυξάνεται η πίεση του αερίου και κατέρχεται η στάθμη του νερού (α-α), ώστε να αναδύεται το ανθρακασβέστιο, το οποίο ευρίσκεται μέσα σε κάδο από πλέγμα και ανάλογα ελαττώνεται ή ακόμη και σταματά η παραγωγή της ασετυλίνης. Όταν πάλι αυξηθεί η κατανάλωση ασετυλίνης, η στάθμη (α-α) του νερού ανέρχεται και αρχίζει πάλι η αντίδραση.

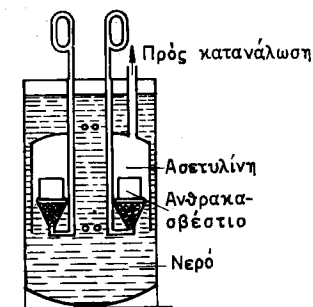
Οι συσκευές του είδους αυτού χρησιμοποιούνται για την παραγωγή μικρών ποσοτήτων ασετυλίνης.

Στο σχήμα 4.2θ εικονίζεται άλλος τύπος συσκευής μέσης πίεσεως, που λόγω της απλότητάς του χρησιμοποιείται σε εργοτάξια. Στη συσκευή αυτή αντί ανθρακασθέσιο σε κόκκους χρησιμοποιούμε μεγάλα τεμάχια, που κατασκευάζονται από σκόνη ανθρακασθεστίου, η οποία πιέζεται μαζί με ένα υλικό συγκρατήσεως. Και σε αυτή τη συσκευή όταν ανέρχεται η πίεση, όταν η παραγόμενη ποσότητα είναι μεγαλύτερη από την απορροφούμενη, η στάθμη του νερού κατέρχεται, το ανθρακασθέσιο αποκαλύπτεται και η αντίδραση σταματά. Αντίθετα, όταν η πίεση πέσει, η στάθμη ανέρχεται, το νερό συνταντά το ανθρακασθέσιο και η αντίδραση αρχίζει πάλι. Στο σχήμα 4.2θ φαίνεται ο τρόπος, με τον οποίο αφαιρούμε από τον εσωτερικό σωλήνα τη βάση του ανθρακασθεστίου για να την καθαρίσουμε και να τοποθετήσουμε νέο υλικό.



Σχ. 4.2η.

Συσκευή παραγωγής ασετυλίνης με εμβάπτιση ανθρακασθεστίου μέσα στο νερό.



Σχ. 4.2θ.

Συσκευή παραγωγής ασετυλίνης με εμβάπτιση ανθρακασθεστίου μέσα στο νερό.

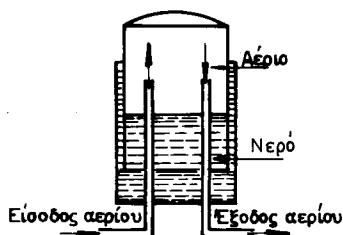
ε) Συσσωρευτές αερίου ασετυλίνης.

Οι συσκευές παραγωγής ασετυλίνης συνοδεύονται επίσης από συσσωρευτή αερίου. Οι συσσωρευτές αυτοί είτε συνυπάρχουν στη συσκευή, είτε είναι ανεξάρτητοι.

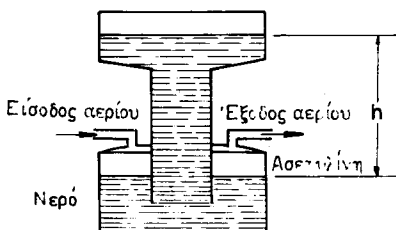
Το είδος του συσσωρευτή εξαρτάται από την πίεση της παραγόμενης ασετυλίνης. Ανάλογα προς την πίεση της παραγόμενης ασετυλίνης οι συσκευές παραγωγής διακρίνονται σε χαμηλής, μέσης και υψηλής πίεσεως.

Στις συσκευές χαμηλής πίεσεως η πίεση του αερίου είναι μέχρι 300 mm στήλης νερού (0,03 ατμόσφαιρες - atu). Ένας συσσωρευτής αερίου για συσκευή αυτού του είδους είναι ο συσσωρευτής

καμπάνα (σχ. 4.2ι). Στις συσκευές μέσης πίεσεως η πίεση του αερίου είναι 300-2000 mm στήλης νερού (0,03-0,02 ατμόσφαιρες - atu). Η πίεση στο συσσωρευτή εξασφαλίζεται από στήλη νερού (h), όπως φαίνεται στο σχήμα 4.2ια.



Σχ. 4.2ι.
Συσσωρευτής ασετυλίνης
χαμηλής πίεσεως.



Σχ. 4.2ια.
Συσσωρευτής ασετυλίνης
μέσης πίεσεως.

Στις συσκευές ψηλής πίεσεως η πίεση του αερίου είναι 2000-15000 mm στήλης νερού (0,2-1,5 ατμόσφαιρες - atu). Με ρυθμιστή πίεσεως στο συσσωρευτή ρυθμίζεται η τροφοδότηση της συσκευής παραγωγής με ανθρακασθέσιο, ώστε να παραμένει σταθερή η πίεση στο συσσωρευτή (σχ. 4.2ιβ).

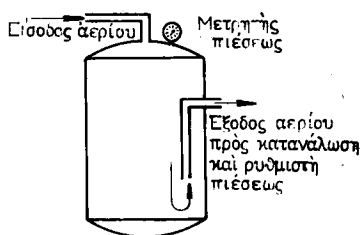
στ) Καθαρισμός της ασετυλίνης.

Η παραγόμενη στις συσκευές παραγωγής ασετυλίνη περιέχει σκόνη υδροξειδίου του ασβεστίου, ενώσεις του φωσφόρου και του θείου, αμμωνία και υδρατμούς, τα οποία πρέπει να απομακρυνθούν. Για τον καθαρισμό της ασετυλίνης τοποθετούνται μετά τη συσκευή παραγωγής διάφορες συσκευές (φίλτρα). Έτσι η άσβεστος αποχωρίζεται μέσα από τη δίοδο που αποτελείται από σειρά κοσκίνων (φίλτρων), η αμμωνία μέσα από τη δίοδο που περιέχει νερό, όπου διαλύεται, οι ενώσεις του θείου και του φωσφόρου μέσα από τη δίοδο που περιέχει ειδικές ουσίες, οι οποίες σχηματίζουν ενώσεις στερεές με τις ενώσεις του θείου και του φωσφόρου, και οι υδρατμοί μέσα από τη δίοδο που περιέχει στρώμα χλωριούχου ασβεστίου.

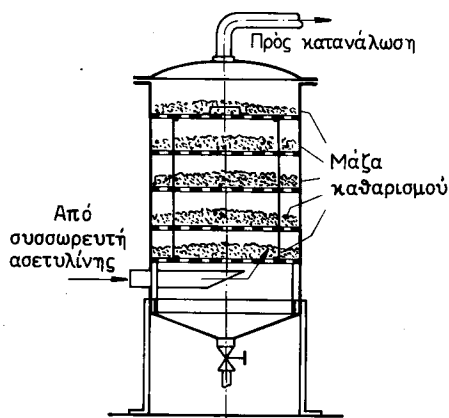
Στο σχήμα 4.2ιγ βλέπομε μια συσκευή καθαρισμού ασετυλίνης που περιέχει φίλτρα (κόσκινα) σε πέντε σειρές.

ζ) Μέτρα ασφάλειας για την εγκατάσταση των συσκευών παραγωγής ασετυλίνης.

Οι διάφορες τεχνικά αναπτυγμένες χώρες έχουν καθορίσει κανο-



Σχ. 4.2ιβ.
Συσσωρευτής ασετυλίνης
υψηλής πίεσεως.



Σχ. 4.2ιγ.
Συσκευή καθαρισμού (φίλτρο)
ασετυλίνης.

νισμούς εγκαταστάσεως και λειτουργίας για τις συσκευές παραγωγής ασετυλίνης λόγω του κινδύνου εκρήξεώς τους. Για την αποφυγή λοιπόν ατυχημάτων πρέπει κατά την εγκατάσταση και λειτουργία των συσκευών αυτών να τηρούνται σχολαστικά τα μέτρα ασφάλειας που συνιστούν οι κανονισμοί.

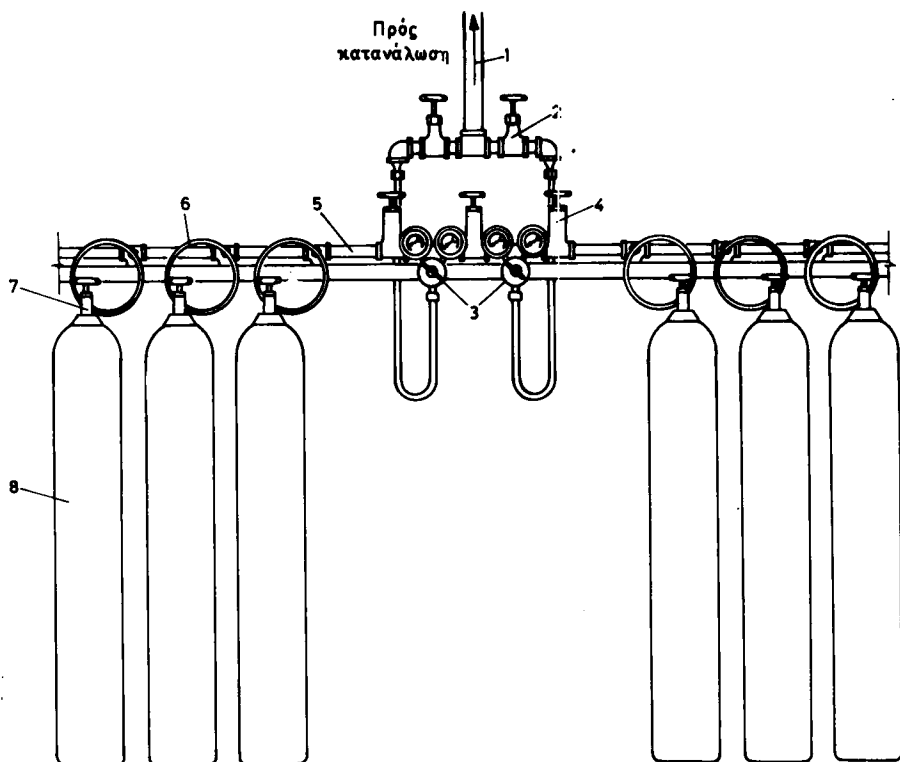
Στην § 4.8 αναφέρονται τα κύρια μέτρα ασφάλειας, που πρέπει να λαμβάνονται κατά την παραγωγή, αποθήκευση και χρησιμοποίηση της ασετυλίνης.

η) Δίκτυα διανομής οξυγόνου και ασετυλίνης μέσα στο εργοστάσιο.

Στα εργοστάσια που χρησιμοποιούν φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης σε πολλές θέσεις εργασίας, κατασκευάζονται κεντρικά δίκτυα σωληνώσεων διανομής των αερίων. Κάθε οξυγονοκολλητής συνδέει τον καυστήρα του στις σωληνώσεις των κεντρικών δικτύων και δεν χρειάζεται να έχει δίπλα του μια φιάλη οξυγόνου και μια ασετυλίνης.

Κατασκευάζονται δύο ανεξάρτητα δίκτυα διανομής, ένα για το οξυγόνο και ένα για την ασετυλίνη. Το δίκτυο διανομής του οξυγόνου τροφοδοτείται από μια κεντρική θέση, όπου βρίσκονται οι φιάλες του αερίου κατάλληλα τοποθετημένες και συνδεμένες (σχ. 4.2ιδ).

Στη θέση, αυτή που λέγεται κεντρικός **σταθμός οξυγόνου**, υπάρχουν δύο σειρές φιαλών που συνδέονται με το δίκτυο διανομής μέσω βαλβίδων και μανομετρικών εκτονωτών πίεσεως. Το κεντρικό δίκτυο τροφοδοτείται από σειρά φιαλών, ας πούμε την



Σχ. 4.2ιβ.

Κεντρικός σταθμός οξυγόνου.

1) Δίκτυο διανομής οξυγόνου. 2) Κεντρικές βαλβίδες δικτύου. 3) Μανομετρικοί εκτονωτές. 4) Κεντρικές βαλβίδες φιαλών οξυγόνου. 5) Κύριος αγωγός συνδέσεως ψηλής πίεσεως. 6) Εύκαμπτος σωλήνας συνδέσεως φιάλης. 7) Κλείστρο φιάλης οξυγόνου. 8) Φιάλες οξυγόνου.

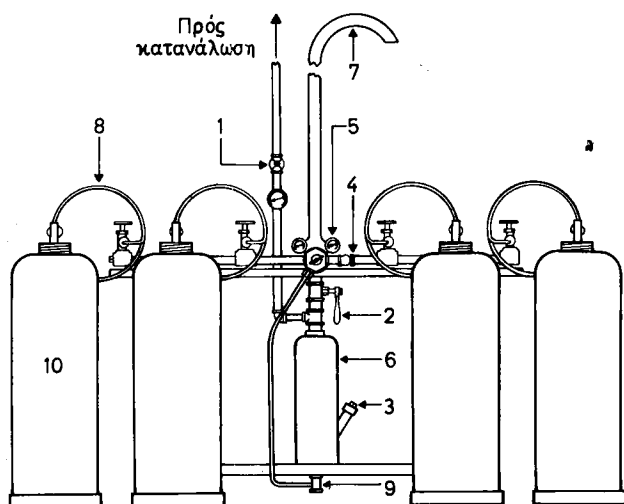
προς τα δεξιά. Όταν οι φιάλες αυτές αδειάσουν, τότε κλείνομε την κεντρική βαλβίδα και τα κλείστρο των φιαλών προς τα αριστερά. Στη συνέχεια αντικαθιστούμε τις άδειες φιάλες με νέες γεμάτες φιάλες. Τώρα είμαστε έτοιμοι για την επόμενη αλλαγή, όταν δηλαδή θα αδειάσουν οι προς τα αριστερά φιάλες, που τροφοδοτούν το δίκτυο. Ο αριθμός των φιαλών κάθε σειράς εξαρτάται από την κατανάλωση, ώστε οι εναλλαγές να μην είναι πολύ συχνές.

Όπως είπαμε, στο σταθμό οξυγόνου υπάρχουν δύο εκτονωτές πίεσεως, ένας για κάθε σειρά φιαλών. Αυτοί μειώνουν την πίεση του

αερίου, που διοχετεύεται στο δίκτυο και έτσι σε αυτό, το αέριο έχει πολύ μικρότερη πίεση από ότι στις φιάλες.

Το δίκτυο διανομής της ασετυλίνης τροφοδοτείται από τη συσκευή που την παράγει. Αυτό γίνεται γιατί, ως γνωστό (§ 4.2), η παραγωγή ασετυλίνης από το ανθρακασθέσιο είναι οικονομικότερη από την αγορά ασετυλίνης σε φιάλες, όταν η κατανάλωση του εργοστασίου είναι σημαντική.

Όταν όμως το εργοστάσιο δεν διαθέτει συσκευή παραγωγής ασετυλίνης, τότε κατασκευάζονται κεντρικοί σταθμοί για την παροχή της ασετυλίνης στο δίκτυο, παρόμοιοι προς εκείνους του οξυγόνου. Ένας κεντρικός σταθμός παροχής ασετυλίνης φαίνεται στο σχήμα 4.2ιε.



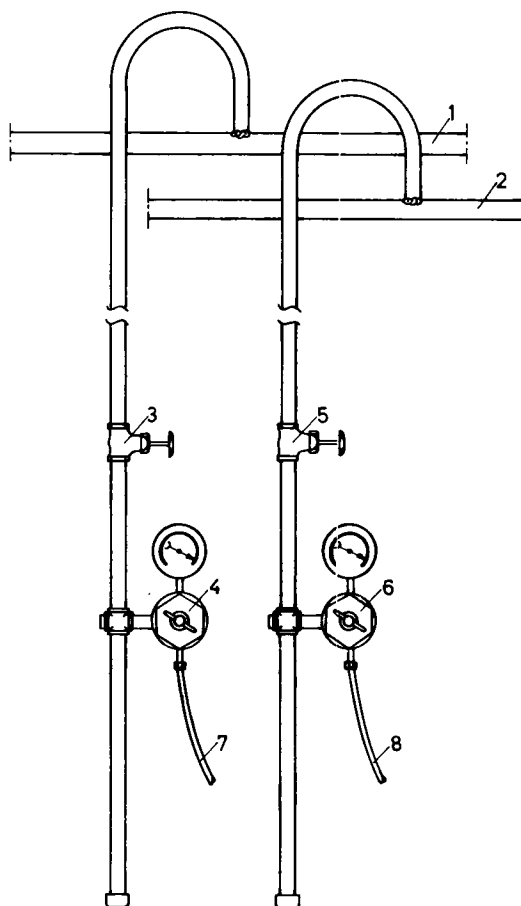
Σχ. 4.2ιε.

Κεντρικός σταθμός ασετυλίνης.

1) Κεντρική δικτύου. 2) Βαλβίδα αλλαγής φιαλών. 3) Θέση πληρώσεως ενδιάμεσης φιάλης. 4) Κύριος αγωγός συνδέσεως φιαλών. 5) Μανομετρικός εκτονωτής. 6) Ενδιάμεση φιάλη. 7) Αγωγός διαφυγής ασφάλειας. 8) Σωλήνας συνδέσεως φιάλης. 9) Βαλβίδα ελέγχου και καθαρισμού ενδιάμεσης φιάλης. 10) Φιάλες ασετυλίνης.

Οι κεντρικοί σταθμοί παροχής και το δίκτυο διανομής της ασετυλίνης μελετώνται και κατασκευάζονται με βάση αυστηρούς κανονισμούς ασφάλειας. Οι φιάλες δεν επιτρέπεται να είναι περισσότερες από 6-8, ανάλογα με τη θέση του σταθμού παροχής στο κτίριο του εργοστασίου. Η πίεση της ασετυλίνης στο δίκτυο ρυθμίζεται, ώστε να μην υπερβαίνει την 1 ατμόσφαιρα (atm).

Στις θέσεις εργασίας υπάρχουν διατάξεις με βαλβίδες διακοπής, εκτονωτής πίεσεως, μανόμετρο κλπ., μέσω των οποίων συνδέονται οι σωληνώσεις των καυστήρων οξυγόνου-ασετυλίνης (σχ. 4.2ιστ).



Σχ. 4.2ιστ.

Θέση εργασίας οξυγονοκολλητή τροφοδοτούμενη με αέρια από το κεντρικό δίκτυο.

- 1) Κεντρικό δίκτυο ασετυλίνης. 2) Κεντρικό δίκτυο οξυγόνου. 3) Βαλβίδα ασετυλίνης. 4) Μανομετρικός εκτονωτής ασετυλίνης. 5) Βαλβίδα οξυγόνου. 6) Μανομετρικός εκτονωτής οξυγόνου. 7) Ελαστικός σωλήνας ασετυλίνης προς καυστήρα. 8) Ελαστικός σωλήνας οξυγόνου προς καυστήρα.

4.3 Συσσκευές, εξαρτήματα και εργαλεία οξυγονοκολλητή.

Τα αέρια καύσεως και το οξυγόνο φυλάσσονται χωρισμένα όπως είπαμε σε φιάλες από χάλυβα, γιατί η ανάμιξη της ασετυλίνης και του οξυγόνου είναι πολύ επικίνδυνη, επειδή προκαλείται έκρηξη.

Κατά τη διάρκεια της οξυγονοκολλήσεως δεν διατρέχουμε τον κίνδυνο αυτό, επειδή το οξυγόνο και η ασετυλίνη, όπως θα μάθουμε, αναμιγνύονται στις ποσότητες πού επιθυμούμε, λίγο πριν από την καύση τους.

Έκρηξη είναι δυνατό να προκληθεί, όταν συνδεθούν λανθασμένα οι συσκευές και τα εξαρτήματα οξυγόνου και ασετυλίνης.

Για να είναι λοιπόν δυνατή η διάκριση μεταξύ τους χρησιμοποιούμε διαφορετικά είδη συνδέσεως των φιαλών και των εξαρτημάτων, τα οποία έχουν διαφορετικό χρωματισμό. Οι χρωματισμοί και τα είδη συνδέσεως αναφέρονται στον πίνακα 4.3.1.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.3.1

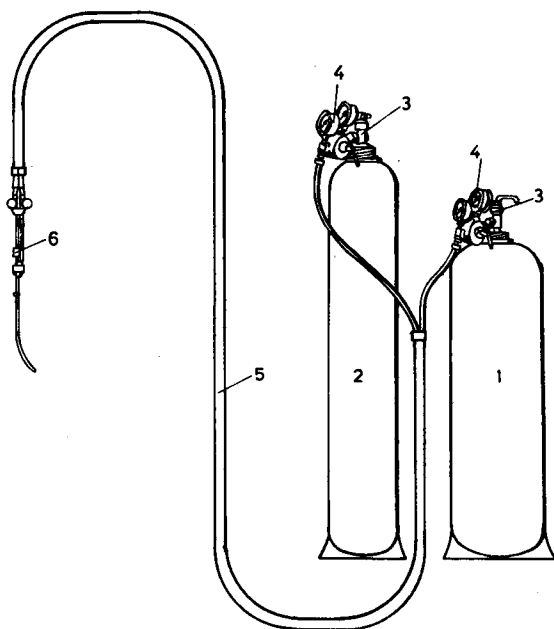
Αέριο	Χρώμα	Είδος συνδέσεως
Οξυγόνο	Κυανό	Δεξιό σπείρωμα σωλήνα R3/4"
Καύσιμα εντός ασετυλίνης	Ερυθρό	Αριστερό σπείρωμα διαμέτρου 21,80 mm με 14 σπειρώματα ανά ίντσα
Ασετυλίνη	Κίτρινο	Ειδική υποδοχή διαμέτρου 15,5 mm

Κάθε φιάλη αερίου οξυγόνου ή ασετυλίνης συνοδεύεται από ένα κλείστρο (σχ. 4.3α). Στο κλείστρο συνδέεται ο μανομετρικός εκτονωτής, που έχει σκοπό να μειώνει την πίεση του αερίου μέσα στη φιάλη (υψηλή πίεση) στην πίεση που πρέπει να έχει το αέριο για τη συγκόλληση (χαμηλή πίεση). Με τους εκτονωτές συνδέονται οι ελαστικοί σωλήνες. Αυτοί οδηγούν τα αέρια στη συσκευή αναμίξεως και καύσεως, την οποία ονομάζουμε **καυστήρα** ή **σαλιμό**.

α) Σύνδεση των μανομετρικών εκτονωτών.

Στο σχήμα 4.3β φαίνεται ο τρόπος συνδέσεως του μανομετρικού εκτονωτή του οξυγόνου. Πριν γίνει η σύνδεση, ανοίγουμε το κλείστρο κατά $\frac{1}{4}$ έως $\frac{1}{2}$ της στροφής, ώστε να εξέλθει λίγο αέριο και να καθαρίσει η έδρα που θα γίνει η σύνδεση.

Αφού γίνει η σύνδεση, δοκιμάζουμε με λίγη σαπουνάδα ή σάλιο αν η σύνδεση είναι στεγανή. Αν δεν έχει επιτευχθεί στεγανότητα, τότε



Σχ. 4.3α.

1) Φιάλη ασετυλίνης. 2) Φιάλη οξυγόνου. 3) Κλείστρα φιαλών ασετυλίνης και οξυγόνου. 4) μανομετρικοί εκτονωτές ασετυλίνης και οξυγόνου. 5) Ελαστικοί σωλήνες – αγωγοί των αερίων. 6) Καυστήρας.

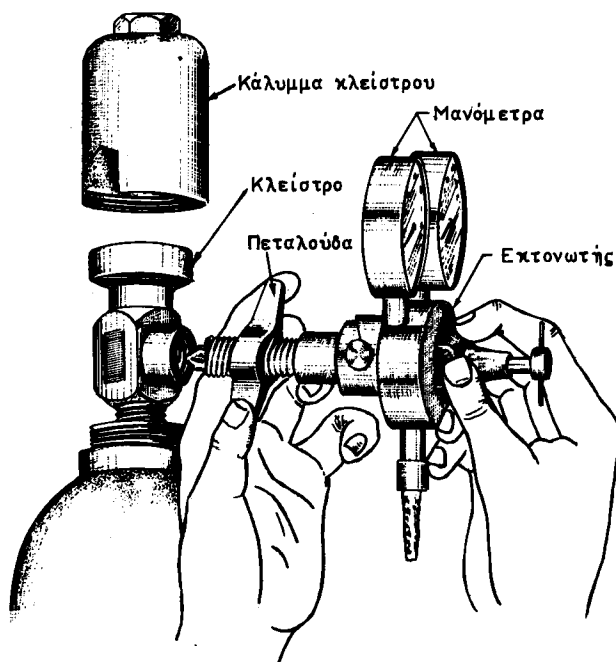
τοποθετούμε στην έδρα μία ροδέλα από μολύβι, το οποίο είναι μαλακό και με τη σύσφιγξη εξουδετερώνει τις ανωμαλίες που τυχόν υπάρχουν στην έδραση.

Οι λιπαρές ουσίες ενώνονται πολύ γρήγορα και επικίνδυνα με το οξυγόνο. Για το λόγο αυτό οι συσκευές και τα σπειρώματα ουδέποτε πρέπει να έρχονται σε επαφή με λάδι, γράσο ή άλλη λιπαρή ουσία. Απαγορεύεται λοιπόν αυστηρά να θέτομε στα σπειρώματα γράσο ή λάδι, γιατί υπάρχει κίνδυνος εκρήξεως.

Ο μονομετρικός εκτονωτής της ασετυλίνης συνδέεται με διαφορετικό τρόπο με ειδικό σφιγκτήρα.

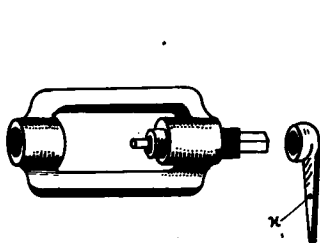
Στο σχήμα 4.3γ φαίνεται ο ειδικός σφιγκτήρας συνδέσεως του εκτονωτή ασετυλίνης στο κλείστρο και στο σχήμα 4.3δ ο τρόπος συνδέσεως.

Το ειδικό κλειδί χρησιμοποιείται για τον ειδικό αυτό σφιγκτήρα και για το άνοιγμα και το κλείσιμο του κλείστρου της φιάλης.



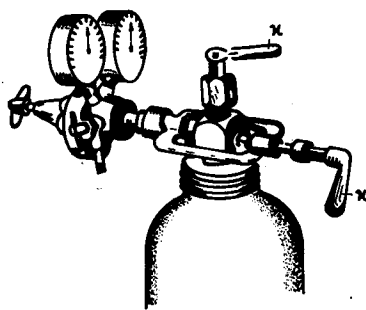
Σχ. 4.36.

Σύνδεση μανομετρικού εκτονωτή στο κλείστρο φιάλης οξυγόνου.



Σχ. 4.3γ.

Σφικκτήρας συνδέσεως εκτονωτή σε φιάλη ασετυλίνης.



Σχ. 4.3δ.

Σύνδεση μανομετρικού εκτονωτή σε φιάλη ασετυλίνης.

Τη στεγανότητα της συνδέσεως του μανομετρικού εκτονωτή ασετυλίνης ελέγχουμε, όπως και του μανομετρικού εκτονωτή του οξυγόνου, με σαπουνάδα ή σάλιο. Αν χρειασθούν παρεμβάσματα για τη στεγανότητα, τοποθετούμε ροδέλες από δέρμα ή φίμπερ.

β) Μανομετρικός εκτονωτής.

Αφού είδαμε πώς συνδέονται οι μανομετρικοί εκτονωτές, θα αναλύσουμε τον τρόπο λειτουργίας τους, γιατί ο μανομετρικός εκτονωτής είναι βασικό εξάρτημα για την εργασία της οξυγονοκολλήσεως. Βασική εργασία του εκτονωτή είναι να κρατά σταθερή την πίεση του αερίου, που κατευθύνεται στον καυστήρα, ώστε η παροχή να είναι σταθερή.

Ο μανομετρικός εκτονωτής έχει και τα δύο μανόμετρα από τα οποία το ένα (1) μετρά την πίεση του αερίου μέσα στη φιάλη, ενώ το άλλο (2) μετρά τη μειωμένη πίεση του αερίου, που κατευθύνεται στον καυστήρα.

Το μανόμετρο 1 έχει υποδιαίρεσεις από 0 έως και 300 ατμόσφαιρες, όταν πρόκειται για οξυγόνο και από 0 έως 30 ατμόσφαιρες όταν πρόκειται για ασετυλίνη. Το 2 είναι συνδεδεμένο με την εκτόνωση και φέρει υποδιαίρεσεις 0 έως 30 ατμόσφαιρες, όταν πρόκειται για οξυγόνο και 0 έως 5 ατμόσφαιρες, όταν πρόκειται για ασετυλίνη (σχήματα 4.3ε και 4.3στ).

Στο σχήμα 4.3ζ εικονίζεται σε τομή εκτονωτής (μειωτής πιέσεως). Το αέριο από τη φιάλη περνά στο θάλαμο Α, όταν η βαλβίδα γ είναι ανοικτή. Η θέση της βαλβίδας γ εξαρτάται από τις τάσεις των ελατηρίων ε και δ την πίεση του αερίου της φιάλης πάνω στη βαλβίδα γ και την πίεση του αερίου του θαλάμου εκτονώσεως Α πάνω στο διάφραγμα Μ.

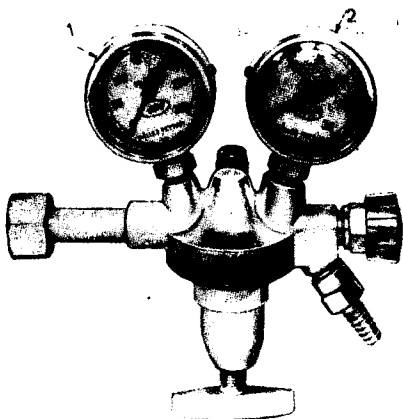
Όταν η δύναμη του ελατηρίου ε είναι μεγαλύτερη από τις δυνάμεις πάνω στο διάφραγμα και πάνω στη βαλβίδα, η βαλβίδα γ ανοίγει, ενώ όταν η πίεση του ελατηρίου είναι μικρότερη, τότε η βαλβίδα κλείνει.

Με την κοχλίωση του στροφείου β αυξάνουμε τη δύναμη που ασκεί το ελατήριο ε, οπότε χρειάζεται μεγαλύτερη πίεση του αερίου στο χώρο Α για να κλείσει η βαλβίδα, δηλαδή ο μειωτής ρυθμίζεται σε μεγαλύτερη πίεση. Με αριστερόστροφη περιστροφή του στροφείου ο μειωτής ρυθμίζεται αντίθετα σε μικρότερη πίεση.

Με την περιστροφή λοιπόν του στροφείου β, ρυθμίζεται η πίεση του αερίου, που μεταβαίνει στον καυστήρα.

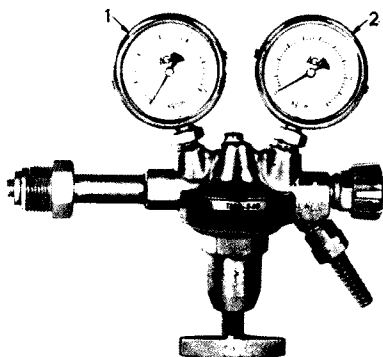
Κατά την εργασία το αέριο περνά από την ανοικτή βαλβίδα γ και οδηγείται στην κατανάλωση, όταν η πίεση στο χώρο Α είναι ίση με εκείνη, που έχουμε ρυθμίσει το μειωτή. Για να συμβεί αυτό θα

πρέπει το αέριο να οδηγείται συνεχώς στην κατανάλωση. Όταν η κατανάλωση μηδενισθεί, τότε αυξάνεται η πίεση στο χώρο Α και κλείνει η βαλβίδα γ.



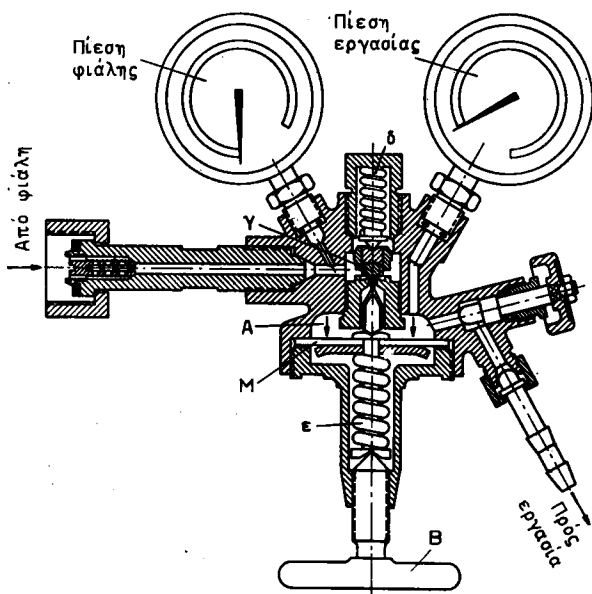
Σχ. 4.3ε.

Μανομετρικός εκτονωτής οξυγόνου.



Σχ. 4.3στ.

Μανομετρικός εκτονωτής ασετυλίνης.



Σχ. 4.3ζ.

Μανομετρικός εκτονωτής σε τομή. Α) Θάλαμος εκτονώσεως. Β) Στροφείο.
γ) Βαλβίδα. ε-δ) Ελατήρια. μ) Διάφραγμα (μεμβράνη).

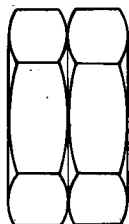
γ) Ελαστικοί σωλήνες συνδέσεως μανομετρικών εκτονωτών και καυστήρα.

Στους μανομετρικούς εκτονωτές συνδέονται οι ελαστικοί σωλήνες της ασετυλίνης και του οξυγόνου με τους οποίους οδηγείται το αέριο στον καυστήρα ή σαλιμό.

Οι σωλήνες του οξυγόνου έχουν διαφορετική διάμετρο και διαφορετικά χρώματα από της ασετυλίνης. Για το οξυγόνο χρησιμοποιείται το μπλε χρώμα και για την ασετυλίνη το κίτρινο και καμιά φορά το κόκκινο.

Οι σωλήνες πριν από τη χρησιμοποίησή τους πρέπει να καθαρίζονται με εμφύσηση και από καιρό σε καιρό πρέπει να ελέγχονται, για διαρροές, με εμβάπτιση μέσα σε νερό.

Οι συνδέσεις των σωλήνων με τις συσκευές γίνονται με ρακόρ. Για να αποφεύγεται μάλιστα η λανθασμένη σύνδεση των αγωγών οξυγόνου και ασετυλίνης, κατασκευάζουν τα ρακόρ του οξυγόνου με δεξιό σπείρωμα και της ασετυλίνης με αριστερό. Επίσης τα εξάγωνα των συνδέσμων της ασετυλίνης έχουν χαρακτηριστικές διπλές εγκοπές όπως φαίνεται στο σχήμα 4.3η.



Σχ. 4.3η.

Εξάγωνο περικόχλιο ρακόρ συνδέσεως ασετυλίνης.

δ) Καυστήρας – Σαλιμό.

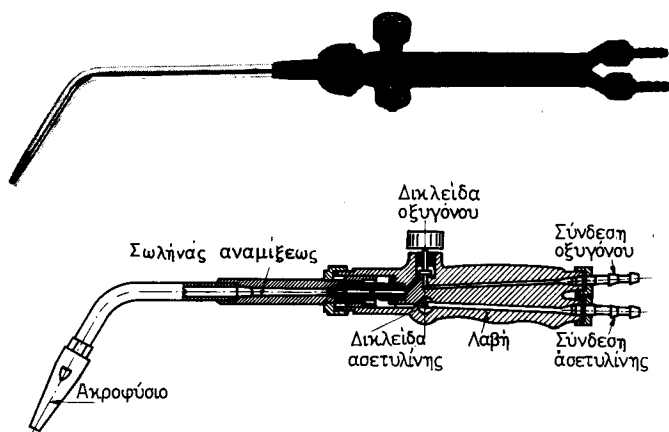
Ο καυστήρας έχει προορισμό την ανάμιξη των δύο αερίων στην επιθυμητή αναλογία και τη διατήρηση της αναλογίας αυτής όλο το χρονικό διάστημα της συγκολλήσεως. **Η ταχύτητα εξόδου του μίγματος των αερίων πρέπει να είναι μεγαλύτερη από την ταχύτητα μεταδόσεως της φλόγας, ώστε να μη μεταδοθεί η καύση στο εσωτερικό του καυστήρα.**

Οι καυστήρες κατασκευάζονται συνήθως από ορείχαλκο ή από ελαφρά μέταλλα, ώστε να είναι ελαφροί. Συνήθως δεν είναι κατασκευασμένος ολόκληρος ο καυστήρας από το ίδιο μέταλλο. Άλλα τεμάχιά του είναι από ορείχαλκο και άλλα από ελαφρά μέταλλα. Τα ακροφύσια του καυστήρα είναι κατασκευασμένα από χαλκό.

Ανάλογα με τον τρόπο λειτουργίας οι καυστήρες διαιρούνται σε καυστήρες αναμίξεως κάτω από την ίδια πίεση και καυστήρες αναρροφήσεως.

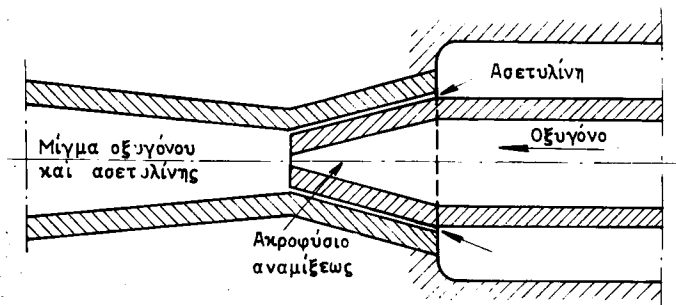
Στον καυστήρα αναμίξεως το οξυγόνο και το καύσιμο αέριο οδηγούνται στο θάλαμο αναμίξεως και κατόπιν στο ακροφύσιο. Οι καυστήρες του τύπου αυτού προϋποθέτουν ρύθμιση της πίεσεως του οξυγόνου και του καύσιμου αερίου στην ίδια τιμή. Χρησιμοποιούνται συνήθως όταν ως καύσιμο χρησιμοποιείται το υδρογόνο. Για φλόγα ασετυλίνης η χρησιμοποίησή τους είναι μάλλον περιορισμένη.

Στο σχήμα 4.3θ βλέπουμε καυστήρα αναρροφήσεως όπως είναι εξωτερικά και σε τομή. Ο καυστήρας αυτός αποτελείται από δύο κυρίως τεμάχια: τη λαβή με τις δύο δικλείδες και τις θέσεις για την προσαγωγή των αερίων και το σωλήνα, όπου γίνεται η ανάμιξη και στο άκρο του οποίου συνδέεται το ακροφύσιο. Τα δύο αυτά τεμάχια συνδέονται μεταξύ τους με κοχλίωση. Μεγένθυση της θέσεως του καυστήρα, στην οποία γίνεται ανάμιξη των αερίων, φαίνεται στο σχήμα 4.3ι. Το αέριο οξυγόνο οδηγείται μέσω του κεντρικού αγωγού. Λόγω της μορφής του αγωγού αυτού δημιουργείται υποπίεση και αναρροφάται η ασετυλίνη στο θάλαμο αναμίξεως από τα περιφερειακά ανοίγματα, όπως φαίνεται στο σχήμα. Έτσι επιτυγχάνεται ανάμιξη του οξυγόνου υπό πίεση πολύ μεγαλύτερη από την πίεση της ασετυλίνης (πίεση οξυγόνου 2,5 ατμόσφαιρες, πίεση ασετυλίνης 0,3-0,7 ατμόσφαιρες).



Σχ. 4.3θ.

Καυστήρας ή σαλιμό αναρροφήσεως.



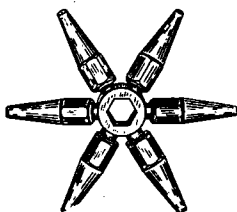
Σχ. 4.3i.

Λεπτομέρεια καυστήρα αναρροφήσεως-θέση αναμίξεως.

Όπως είδαμε τα αέρια των οποίων οι ποσότητες ρυθμίζονται από τις αντίστοιχες δικλείδες, οδηγούνται στο θάλαμο αναμίξεως και κατόπιν στο χάλκινο ακροφύσιο ή μπεκ.

Για να μπορέσουμε με τον ίδιο καυστήρα να έχουμε φλόγες διαφόρων εντάσεων, ώστε να συγκολλάμε ελάσματα διαφορετικού πάχους, χρησιμοποιούμε διάφορα μπεκ.

Συνήθως κάθε καυστήρας συνοδεύεται από 5-7 μπεκ, τα οποία είναι τοποθετημένα σε κατάλληλη βάση, ώστε να διατηρείται η κοχλίωσή τους (σχ. 4.3ia). Η εξαγωνική κεντρική τρύπα της βάσεως αυτής χρησιμεύει επίσης για να κοχλιώνομε και να αποκοχλιώνομε τα μπεκ στον καυστήρα.



Σχ. 4.3ia.

Έξι διάφορα μπεκ καυστήρα στην ειδική βάση τους.

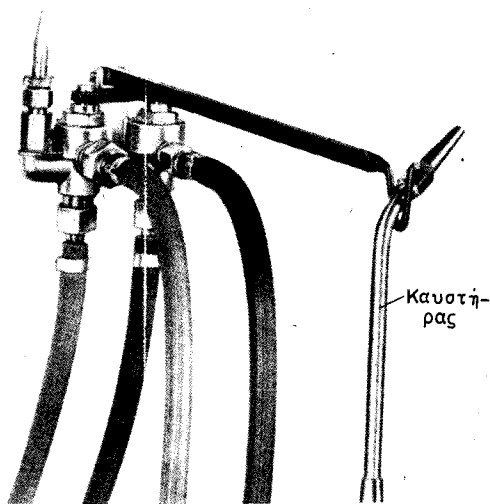
Τα μεγέθη των μπεκ χαρακτηρίζονται από την κατανάλωση αερίου ασετυλίνης.

Κάθε μπεκ αναγράφει την κατανάλωση ασετυλίνης, την οποία δίνει ανά ώρα σε λίτρα. Το μπεκ π.χ. που αναγράφει 400, δίνει φλόγα με κατανάλωση 400 λίτρα ασετυλίνης την ώρα.

Η παροχή ασετυλίνης και οξυγόνου στη θέση καύσεως του καυστήρα, όπως είδαμε, ρυθμίζεται από τις αντίστοιχες δικλείδες

και παραμένει σταθερή κατά τη διάρκεια της εργασίας του οξυγονοκολλητή. Ο οξυγονοκολλητής όμως δεν συγκολλά συνεχώς κατά διαστήματα διακόπτει τη συγκόλληση για να κάνει κάποια άλλη εργασία, π.χ. να καθαρίσει τη θέση συγκολλήσεως, να στερεώσει τα τεμάχια κ.ά. Κατά τη διάρκεια της διακοπής αυτής ή πρέπει να σταματήσει την καύση στον καυστήρα από τις δικλείδες του, οπότε χρειάζεται να ρυθμίσει πάλι από την αρχή τη φλόγα και να χάσει χρόνο, ή θα αφήσει τον καυστήρα να λειτουργεί στην κανονική του ένταση, οπότε καταναλίσκεται άσκοπα ασετυλίνη και οξυγόνο.

Για το λόγο αυτό χρησιμοποιείται η ειδική θέση αναρτήσεως της βαλβίδας του σχήματος 4.3ιβ. Όταν ο καυστήρας αναρτηθεί σ' αυτή, η παροχή των αερίων μειώνεται στο ποσό που απαιτείται για να διατηρείται η φλόγα σε μικρή ένταση και περιορίζεται έτσι η κατανάλωση. Κατόπιν όταν λάβουμε τον καυστήρα από τη θέση που τον είχαμε αναρτήσει, επανέρχεται η φλόγα στην αρχική της ένταση.



Σχ.4.3ιβ.

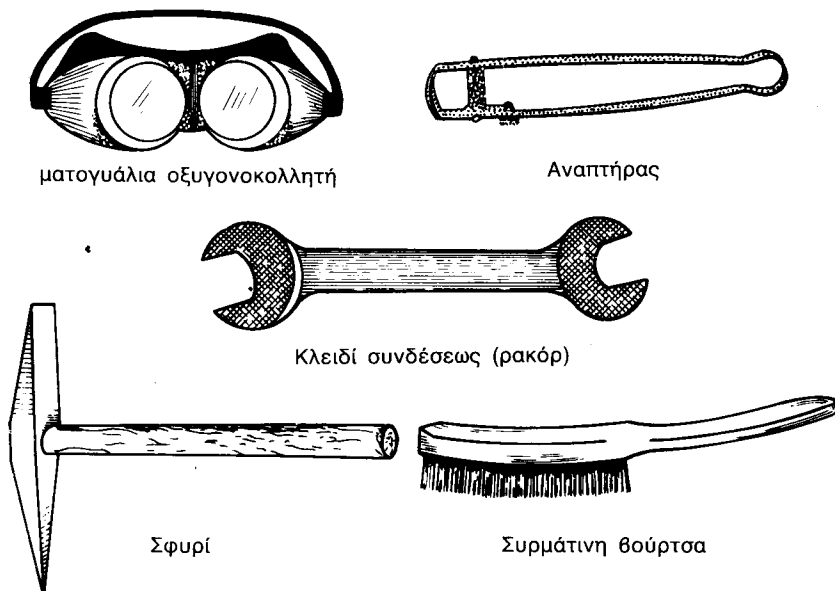
ε) Άλλα εργαλεία του οξυγονοκολλητή.

Ο οξυγονοκολλητής χρειάζεται επίσης:

- α) Γυαλιά σκοτεινού χρώματος, για να μπορεί να παρατηρεί τη φλόγα που έχει δυνατή φωτεινή ένταση.
- β) Αναπτήρα οξυγονοκολλητή για να ανάβει την φλόγα.

- γ) Κλειδί με το οποίο να κάνει τις διάφορες συνδέσεις των ρακόρ.
- δ) Μικρό σφυρί για να απομακρύνει σκουριές ή άλλες ακαθαρσίες που θα υπάρχουν επάνω στην κόλληση και
- ε) Βούρτσα συρμάτινη, με την οποία θα καθαρίζει τη θέση της συγκολλήσεως.

Τα εργαλεία αυτά φαίνονται στο σχήμα 4.3ιγ.



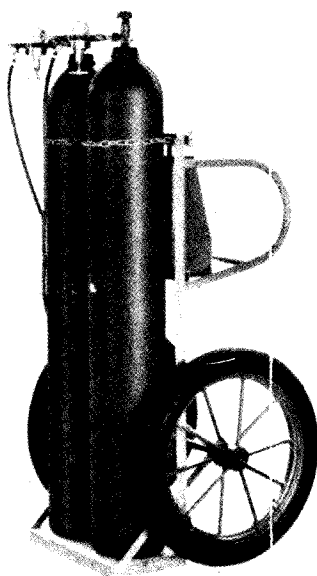
Σχ. 4.3ιγ.

Εργαλεία του οξυγονοκολλητή.

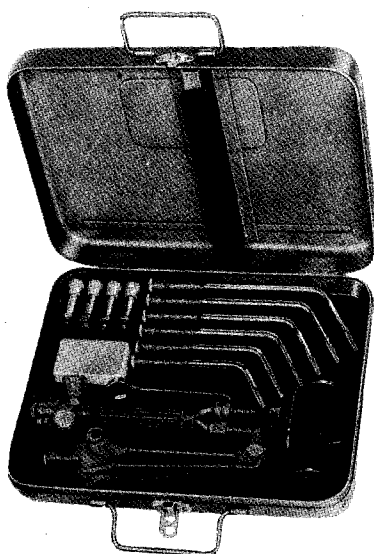
Όταν η θέση εργασίας αλλάζει, χρησιμοποιούνται κατάλληλα φορεία μεταφοράς των φιαλών και των συσκευών στις διάφορες θέσεις (σχ. 4.3ιδ).

Τα εργαλεία του οξυγονοκολλητή πρέπει να φυλάσσονται με προσοχή, γιατί ορισμένα μέρη τους είναι ευπαθή. Για το λόγο αυτό χρησιμοποιούνται ειδικές θήκες (σχ. 4.3ιε), όπου τα εργαλεία τοποθετούνται με τάξη, καθένα σε ορισμένη θέση.

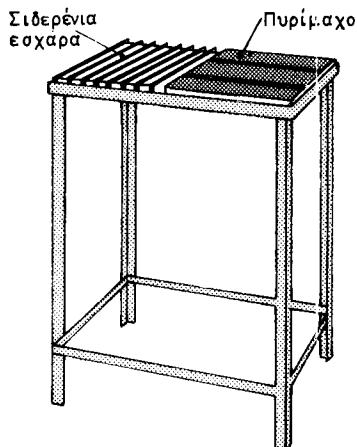
Το τραπέζι εργασίας του οξυγονοκολλητή διαμορφώνεται ανάλογα με το είδος της εργασίας του. Τραπέζι εργασίας οξυγονοκολλητή διαστάσεων 60×45 cm φαίνεται στο σχήμα 4.3ιστ. Αυτό στο ένα τμήμα του έχει σιδερένια σχάρα και στο υπόλοιπο επίπεδη επιφάνεια, κατασκευασμένη από πυρίμαχο υλικό.



Σχ. 4.3ιδ.
Φορείο μεταφοράς φιαλών
οξυγονοκολλητή.



Σχ. 4.3ιε.
Θήκη εργαλείων οξυγονοκολλητή.



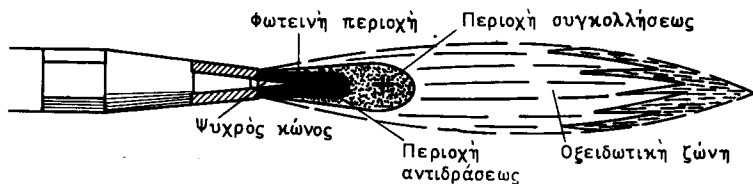
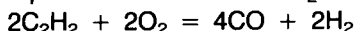
Σχ. 4.3ιστ.
Τράπεζα εργασίας
οξυγονοκολλητή.

4.4 Χαρακτηριστικά της φλόγας οξυγόνου-ασετυλίνης.

Για να ανάψουμε τη φλόγα και αφού έχουν ρυθμισθεί οι μανομετρικοί εκτονωτές στην κατάλληλη πίεση, ανοίγουμε λίγο (μισή στροφή)

τη δικλείδα της ασετυλίνης του καυστήρα. Με σπινθηριστή ή άλλο μέσο ανάβουμε την ασετυλίνη, που βγαίνει από το ακροφύσιο (το χρώμα της φλόγας της ασετυλίνης όταν καίγεται με το οξυγόνο του αέρα είναι κίτρινο και δίνει μαύρο καπνό). Έπειτα ανοίγουμε λίγο περισσότερο την ασετυλίνη και σιγά-σιγά το οξυγόνο, ενώ τροφοδοτούμε με περισσότερη ασετυλίνη, ώστε να επιτύχουμε τη φλόγα που θέλουμε.

Στις οξυγονοκολλήσεις χρησιμοποιούμε συνήθως την **ουδέτερη φλόγα**, που αντιστοιχεί σε αναλογία όγκου 1:1 ασετυλίνης και οξυγόνου. Στην ουδέτερη φλόγα διακρίνουμε (σχ. 4.4α) το μικρό **ψυχρό κώνο**, την **περιοχή αντιδράσεως** και την **οξειδωτική ζώνη** (απλωτή φλόγα). Στον ψυχρό κώνο τα αέρια θερμαίνονται. Στην επόμενη ζώνη μετατρέπονται σε CO και H₂ κατά την αντίδραση:

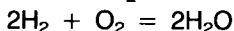


Σχ. 4.4α.

Ουδέτερη φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης (αναλογία αερίων 1:1).

Η περιοχή αντιδράσεως αποτελείται από τη **φωτεινή περιοχή** (μπλε κώνος) και την **περιοχή συγκολλήσεως**.

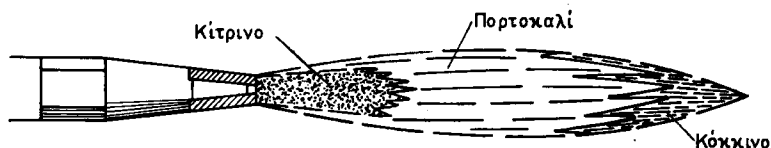
Στην οξειδωτική ζώνη τα προϊόντα της αντιδράσεως καίγονται με το οξυγόνο του αέρα κατά τις αντιδράσεις:



Στην ουδέτερη φλόγα ασετυλίνης-οξυγόνου βλέπουμε ένα χαρακτηριστικό πυρήνα και ένα σχεδόν διαφανή μανδύα.

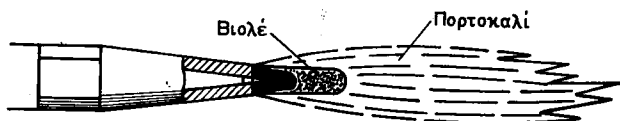
Στη φλόγα που έχει περίσσειμα ασετυλίνης (ανθρακωτική φλόγα - σχ. 4.4β), δεν διακρίνουμε χαρακτηριστικό μικρό πυρήνα. Το χρώμα της είναι βασικά κίτρινο κι όσο αυξάνεται το περίσσειμα της ασετυλίνης βγάζει καπνούς. Στο σχήμα 4.4γ βλέπουμε φλόγα με περίσσειμα οξυγόνου.

Το μικρό περίσσειμα οξυγόνου δεν είναι εύκολα ορατό. Για το λόγο αυτό παράγουμε πρώτα φλόγα με περίσσειμα ασετυλίνης, και αυξάνουμε σιγά-σιγά το οξυγόνο, μέχρις ότου επιτύχουμε την ουδέτερη φλόγα. Όταν το περίσσειμα του οξυγόνου είναι σημαντικό, το τηγμένο μέταλλο αφρίζει και αναπηδά.



Σχ. 4.4β.

Ανθρακωτική φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης
(περίσσεια ασετυλίνης-αναγωγική φλόγα).

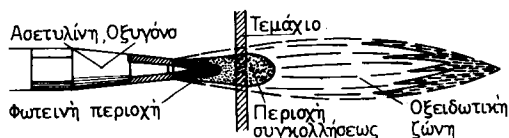


Σχ. 4.4γ

φλόγα ασετυλίνης με περίσσεια οξυγόνου (οξειδωτική φλόγα).

Η θερμοκρασία της φλόγας είναι διαφορετική στις διάφορες θέσεις. Στη φλόγα της ασετυλίνης η μεγαλύτερη θερμοκρασία βρίσκεται στην περιοχή αντιδράσεως και μετά τη φωτεινή περιοχή, όπως φαίνεται στο σχήμα 4.4δ.

Η μεγαλύτερη θερμοκρασία (3100°C) βρίσκεται σε απόσταση 2-6 mm από τη φωτεινή περιοχή (μπλε κώνος) ανάλογα με το είδος του καυστήρα.



Σχ. 4.4δ.

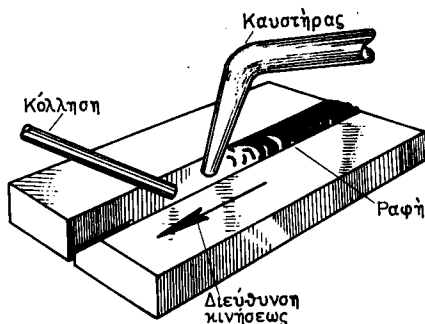
Διάγραμμα θερμοκρασίας ουδέτερης φλόγας οξυγόνου-ασετυλίνης.

4.5 Τεχνική των οξυγονοκολλήσεων.

α) Είδη οξυγονοκολλήσεων.

Τις οξυγονοκολλήσεις ανάλογα με την κίνηση του καυστήρα τις διακρίνομε σε οξυγονοκολλήσεις προς τα αριστερά και οξυγονοκολλήσεις προς τα δεξιά.

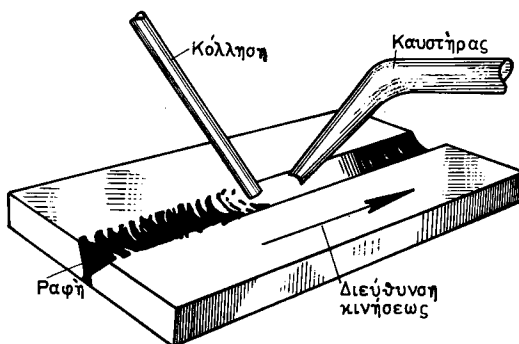
Στην προς τα αριστερά συγκόλληση, η κόλληση και ο καυστήρας οδηγούνται ομαλά κατά τη διεύθυνση της συγκολλήσεως. Η κόλληση προηγείται του καυστήρα (σχ. 4.5α) και η φλόγα βρίσκεται μεταξύ ραφής και κολλήσεως.



Σχ. 4.5α.

Οξυγονοκόλληση προς τα αριστερά.

Στην προς τα δεξιά συγκόλληση, η κόλληση, που βρίσκεται μεταξύ καυστήρα και ραφής, ακολουθεί τη φλόγα που κινείται προς τα δεξιά, ενώ ο καυστήρας προηγείται της κολλήσεως (σχ. 4.5β).



Σχ. 4.5β.

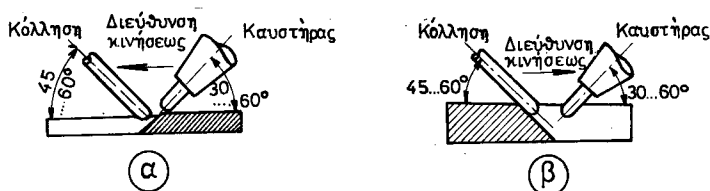
Οξυγονοκόλληση προς τα δεξιά.

Στο σχήμα 4.5γ εικονίζεται σε τομή η θέση και η διεύθυνση κινήσεως του καυστήρα και της κολλήσεως στην προς τα αριστερά και στην προς τα δεξιά οξυγονοκόλληση.

Η προς τα αριστερά οξυγονοκόλληση γίνεται όταν η συγκόλληση δεν απαιτεί μεγάλη θερμότητα και εφαρμόζεται στα μη σιδηρούχα μέταλλα και σε μικρού πάχους ελάσματα χαλκού και χάλυβα. Η προς τα δεξιά οξυγονοκόλληση εφαρμόζεται σε ελάσματα μεγαλύτερου πάχους, απαιτεί εμπειρότερο τεχνίτη, και το κόστος της είναι μικρότερο.

Για τη συγκόλληση χάλυβα και χαλκού πάχους πάνω από 4 mm χρησιμοποιούμε συνήθως την προς τα δεξιά μέθοδο.

Στην προς τα δεξιά οξυγονοκόλληση το τεμάχιο περιβάλλεται από τη φλόγα άνω και κάτω. Έτσι εμποδίζεται η επίδραση πάνω στη κόλληση του οξυγόνου του αέρα και συγχρόνως επιβραδύνεται η ψύξη, ενώ η πίεση των αερίων της φλόγας συντελεί στον καλύτερο σχηματισμό της ραφής. Όπως φαίνεται στο σχήμα 4.5γ, κατά την προς τα αριστερά συγκόλληση το άκρο του καυστήρα βρίσκεται σε απόσταση 3-6 mm από το αντικείμενο, ενώ κατά την προς τα δεξιά βρίσκεται, κατά το $\frac{1}{3}$ περίπου του πάχους του συγκολλούμενου ελάσματος, βυθισμένο μέσα στη σχισμή.



Σχ. 4.5γ.

Σχετική θέση καυστήρα κολλήσεως και τεμαχίου.

α) Στην προς τα αριστερά. β) Στην προς τα δεξιά οξυγονοκόλληση.

β) Προετοιμασία των άκρων που πρόκειται να συγκολληθούν.

Κατά την οξυγονοκόλληση τα τεμάχια στη θέση συγκολλήσεως και η κόλληση τήκονται και αναμιγνύονται μεταξύ τους, ενώ οι σκουριές που τυχόν υπάρχουν επιπλέουν πάνω από το τηγμένο ρευστό. Γι' αυτό δεν είναι απαραίτητος ο επιμελημένος καθαρισμός της επιφάνειας και η προστασία των επιφανειών από την οξείδωση με χρησιμοποίηση υλικού καθαρισμού. Οι θέσεις συγκολλήσεως όμως πρέπει να μην έχουν χρώματα, ακαθαρσίες και πολλές σκουριές, γιατί δημιουργούνται μέσα στη ραφή ξένα σώματα και

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5.1

Είδος προετοιμασίας χαλυβδίνων ελασμάτων για οξυγονοκόλληση

Πάχος ελασματος S mm	Τρόπος συγκολλησεως	Ονομασία ραφής	Μορφή άκρων Διαστάσεις σε mm	Απόσταση b mm
Έως 1,5	Από τη μια πλευρά	Ραφή με αναδίπλωση		-
Έως 1	Από τη μια πλευρά	Ραφή 1		-
1 έως 2 3 έως 8	Από τη μια πλευρά			Έως 1 Έως 2
5 έως 10	Από τις δύο πλευρές			Έως 4
3 έως 12	Από τη μία πλευρά	Ραφή V		2 έως 4
Ανω των 12	Από τις δύο πλευρές	Ραφή X		Έως 4
Έως 5		Μετωπική επίπεδη ραφή		-
Ανω των 3		Μετωπική ραφή V		-

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5.2
Συμβολισμός οξυγονοκολλήσεων

Είδος ραφής	Ονομασία	Συμβολισμός ραφής	Συμβολισμός θέσεως			
			Παραστατικά		Ενδεικτικά	
			Τομή	Όψη	Τομή	Όψη
Εσωραφή	Ραφή με αναδιπλώση					
	Ραφή Ι					
	Ραφή V					
	Ραφή Χ					
Μετωπική ραφή	Ραφή Επίπεδη					
	Ραφή V					
Ραφή σε γωνία	Ραφή μονόπλευρη					
	Ραφή δίπλευρη					
	Ραφή ελασμάτων υπό γωνία					
	Ραφή ελασμάτων σε επικάλυψη					

μειώνεται η αντοχή της συγκολλήσεως.

Στην οξυγονοκόλληση, ανάλογα με τη θέση και το πάχος των τεμαχίων που πρόκειται να συνδεθούν, απαιτείται κατάλληλη διαμόρφωση των άκρων. Σε μικρά πάχη δεν γίνεται διαμόρφωση των άκρων και χρησιμοποιούνται η **ραφή με αναδίπλωση** και η **ραφή Ι**. Σε μεσαία πάχη χρησιμοποιείται η **ραφή V** και σε μεγάλα η **ραφή X**. Στον πίνακα 4.5.1 σημειώνεται το κατάλληλο είδος διαμορφώσεως των άκρων των τεμαχίων ανάλογα με το πάχος του ελάσματος και της σχετικής τους θέσεως. Για μεγαλύτερα πάχη απαιτείται συγκόλληση και από τις δύο πλευρές, όπως σημειώνεται στον πίνακα 4.5.1.

Από τα στοιχεία που αναγράφονται στον πίνακα φαίνεται ότι υπάρχουν πάχη ελασμάτων, τα οποία είναι δυνατό να διαμορφωθούν κατά διάφορους τρόπους, όπως π.χ. ελάσματα πάχους 5 mm είναι δυνατό να συγκολληθούν, χωρίς να διαμορφωθούν τα άκρα τους (ραφή Ι) και με διαμόρφωση των άκρων κατά V. Οι συνθήκες εργασίας και η πείρα θα καθορίσουν ποια από τις προετοιμασίες των άκρων θα επιλέξουμε.

γ) Είδη ραφών οξυγονοκολλήσεων.

Ανάλογα με το είδος της συνδέσεως των τεμαχίων στις οξυγονοκολλήσεις διακρίνουμε τρία κυρίως είδη ραφών:

- 1) Τις εσωραφές ή θυθισμένες ραφές
- 2) τις μετωπικές ραφές και
- 3) τις ραφές σε γωνία.

Τα είδη των ραφών και ο συμβολισμός τους ανάλογα με την προετοιμασία των άκρων φαίνονται στον πίνακα 4.5.2.

δ) Εκλογή ακροφυσίου και κολλήσεως.

Ανάλογα με το πάχος του ελάσματος εκλέγουμε και το μέγεθος του ακροφυσίου (μπεκ), αφού όπως είναι φανερό, όσο μεγαλύτερο πάχος ελάσματος έχουμε, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα θερμότητας και συνεπώς και ποσότητα αερίου χρειαζόμαστε για να συντηξομε τα άκρα των ελασμάτων με την κόλληση.

Επίσης ανάλογα με το πάχος του ελάσματος εκλέγουμε τη διάμετρο της κολλήσεως.

Ο πίνακας 4.5.3 δίνει το κατάλληλο ακροφύσιο και την κατάλληλη διάμετρο κολλήσεως για διάφορα πάχη ελασμάτων από χάλυβα.

Όπως αναφέραμε, το μέγεθος του ακροφυσίου χαρακτηρίζεται με την κατανάλωση αερίου που έχουμε όταν χρησιμοποιούμε αυτό [§ 4.3(δ)]. Συνήθως στη συγκόλληση χάλυβα το υλικό της κολλήσεως είναι το ίδιο με το υλικό των τεμαχίων που οξυγονοκολλούνται (αυτογενής συγκόλληση) και χρησιμοποιούμε ουδέτερη φλόγα.

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.5.3
Μέγεθος ακροφυσίου και διάμετρος κολλήσεως
για διάφορα πάχη ελασμάτων σιδήρου

Πάχος οξυγονοκολλούμενου μετάλλου (mm)	Κατάλληλο ακροφύσιο (μπεκ)	Διάμετρος κολλήσεως (mm)
0,5	50	1,5
0,8	70	1,5
1	100	1,5
1,5	140	2
2	200	2
2,5	250	2
3	315	3
4	400	3
5	500	3
6	630	3
8	800	4
10	1000	5
12	1000	6
15	1500	6
18	2000	7
20	2000	7

Όταν η φλόγα είναι οξειδωτική, μειώνεται το περιεχόμενο της κολλήσεως σε άνθρακα, ενώ, όταν είναι αναγωγική, αυξάνεται.

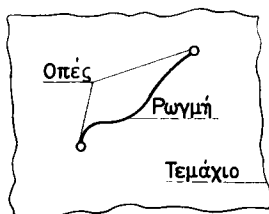
4.6 Πρακτικές οδηγίες για την οξυγονοκόλληση.

α) Εργαλεία οξυγονοκολλήσεως.

- 1) Να καθαρίζεις το ακροφύσιο, αν είναι λερωμένο, με το ειδικό εργαλείο. Κατά τον καθαρισμό δεν πρέπει να χρησιμοποιούμε αιχμηρά και σκληρά αντικείμενα, γιατί αλλάζουν οι διαστάσεις των οπών των ακροφυσίων και συνεπώς και η σύνθεση του μίγματος.
- 2) Όταν παρουσιάζονται ανωμαλίες στον καυστήρα, συνιστάται η αποστολή του στο συνεργείο του εργοστασίου κατασκευής του για επισκευή. Η ρύθμιση και ο έλεγχος των καυστήρων απαιτεί ειδικές γνώσεις και πρέπει να εκτελείται από έμπειρους τεχνίτες εκπαιδευμένους από το εργοστάσιο κατασκευής. Η επιδόρθωση του καυστήρα δεν πρέπει να εκτελείται από τον οξυγονοκολλητή γιατί αυτό μειώνει τη διάρκεια ζωής τους.

6) Προετοιμασία οξυγονοκολλήσεως.

3) Αν πρόκειται να οξυγονοκολληθούν ρωγμές, να ανοίξεις δύο τρύπες στα άκρα της ρωγμής και να διαμορφώσεις τη θέση της ρωγμής κατά V (σχ. 4.6α).



Σχ. 4.6α.

Προετοιμασία τεμαχίου για οξυγονοκόλληση ρωγμής.

Οι τρύπες έχουν προορισμό να εμποδίσουν την επέκταση της ρωγμής με τις παραμορφώσεις που προκαλούνται από τη θέρμανση. Η διαμόρφωση κατά V είναι απαραίτητη για να επιτευχθεί συγκόλληση σε όλο το πάχος και όχι μόνο στη μία άκρη.

Κατά την οξυγονοκόλληση το τεμάχιο θερμαίνεται πολύ και συνεπώς ο κίνδυνος επεκτάσεως της ρωγμής είναι σημαντικός. Γι' αυτό στις περιπτώσεις αυτές προτιμάται η ηλεκτροσυγκόλληση.

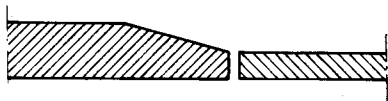
4) Να προσέξεις ώστε οι επιφάνειες που θα συγκολληθούν να μην έχουν σκουριές, λάδια ή χρώματα. Αν υπάρχουν, να καθαρίσεις τις επιφάνειες, αλλιώς η ραφή θα έχει πόρους και σκουριές και θα είναι μειωμένης αντοχής.

5) Να προσέξεις κατά τη συγκόλληση τεμαχίων διαφορετικού πάχους ώστε η απαγωγή της θερμότητας να είναι η ίδια και από τα δύο τεμάχια και να διαμορφώσεις κατάλληλα το χοντρό τεμάχιο. Δύο περιπτώσεις καταλλήλων διαμορφώσεων φαίνονται στα σχήματα 4.6β και 4.6γ.

γ) Φλόγα συγκολλήσεως και θέση του καυστήρα.

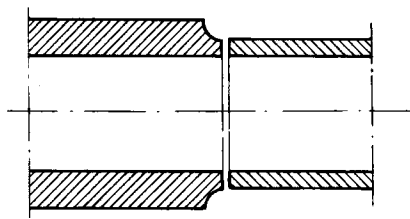
6) Όταν έχεις να συγκολλήσεις παχιά ελάσματα για τα οποία απαιτείται μεγάλη ποσότητα αερίου, πρέπει να συνδέσεις στον ίδιο καυστήρα περισσότερες φιάλες ασετυλίνης.

Αν λαμβάνεται πολύ αέριο από μία μόνο φιάλη, τότε παρασύρεται και ακετόνη, η οποία προσδίνει στη φλόγα ταλάντευση και επομένως γίνεται κακή συγκόλληση. Για πάχος ελασμάτων πάνω από 10 mm πρέπει να συνδέσεις παράλληλα δύο φιάλες και για πάχος πάνω από 20 mm τρεις φιάλες.



Σχ. 4.66.

Διαμόρφωση άκρων ανισοπαχών
ελασμάτων για οξυγονοκόλληση.

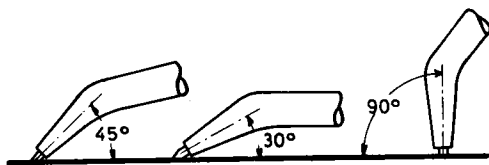


Σχ. 4.6γ.

Διαμόρφωση άκρων ανισοπαχών
σωλήνων για οξυγονοκόλληση.

- 7) Η πίεση της φιάλης της ασετυλίνης δεν πρέπει να είναι κατώτερη από 3 ατμόσφαιρες (atu), γιατί τότε παρασύρεται και ακετόνη με την ασετυλίνη. Φιάλη με πίεση κατώτερη από 3 ατμόσφαιρες πρέπει να στέλνεται για γέμισμα.
- 8) Για να περιορισθεί στο ελάχιστο η απώλεια ακετόνης, να τοποθετήσεις τη φιάλη της ασετυλίνης όρθια. Αν αυτό δεν είναι δυνατό, να βάλεις τη φιάλη έτσι ώστε η κεφαλή της να βρίσκεται τουλάχιστον κατά 40 cm ψηλότερα από τον πυθμένα της φιάλης και ο ρυθμιστής πιέσεως να είναι προς τα πάνω.
- 9) Για τη συγκόλληση χάλυβα και χυτοσιδήρου να χρησιμοποιείς ουδέτερη φλόγα.
- 10) Για τη συγκόλληση ελαφρών μετάλλων να χρησιμοποιείς ουδέτερη φλόγα ή φλόγα με μικρό περίσσευμα ασετυλίνης. Τα ελαφρά μέταλλα συνδέονται εύκολα με το οξυγόνο. Με την ουδέτερη φλόγα προκαλείται αναγωγική επίδραση και εμποδίζεται η οξειδωση.
- 11) Για τη συγκόλληση ορειχάλκου να χρησιμοποιείς φλόγα με περίσσευμα οξυγόνου. Με τον τρόπο αυτό εμποδίζεται η εξάτμιση του ψευδαργύρου από το κράμα.
- 12) Όταν διαρκεί πολύ η συγκόλληση, να ψύξεις το ακροφύσιο διακόπτοντας την παροχή της ασετυλίνης με εμφύσηση οξυγόνου και με εμβάπτιση του ακροφυσίου μέσα σε νερό. Όταν το ακροφύσιο είναι υπέρθερμο, αλλάζει η αναρρόφηση αερίων και συνεπώς και το μίγμα και λαμβάνουμε φλόγα με άλλη σύσταση και άλλο χρώμα. Η συγκόλληση δεν είναι καλή, το δε μίγμα αναφλέγεται νωρίτερα μέσα στο ακροφύσιο.
- 13) Κατά την οξυγονοκόλληση με καυστήρα αναρροφήσεως για να εξουδετερωθεί το πείρισσευμα του οξυγόνου, που δημιουργείται από την αυξημένη απορρόφηση λόγω της υπερθερμάνσεως, να ανοίξεις περισσότερο την ασετυλίνη. Έτσι θα διατηρήσεις ουδέτερη τη φλόγα.

- 14) Ανάλογα με το πάχος του ελάσματος να χρησιμοποιείς κατάλληλη κλίση του καυστήρα (σχ. 4.6δ).



Σχ. 4.6δ.

Θέση καυστήρα ανάλογα με την εργασία.

Η θέρμανση του αντικειμένου είναι τόσο μεγαλύτερη όσο περισσότερο πλησιάζεις τη φλόγα κάθετα προς τις επιφάνειες, που συγκολλούνται. Ελάσματα πάχους 0,5-2 mm συγκολλούνται με κλίση 30°. Η ίδια κλίση ενδείκνυται για ελάσματα από ελαφρά μέταλλα, καθώς και για το μόλυβδο και τον ψευδάργυρο. Ελάσματα μεγαλύτερου πάχους απαιτούν κλίση 45°.

Κατά την οξυγονοκόλληση για «γέμισμα» πρέπει να έχεις τη φλόγα κάθετα προς την επιφάνεια

- 15) Να προσέχεις, ώστε η φωτεινή περιοχή της φλόγας να μην αγγίζει τα τεμάχια, αλλά να βρίσκεται 2-6mm μακριά από την τηγμένη κόλληση (σχ. 4.5γ).

Η φωτεινή περιοχή περιέχει 50% οξυγόνο και συνεπώς αν έλθει σε επαφή με την τηγμένη κόλληση θα την οξειδώσει.

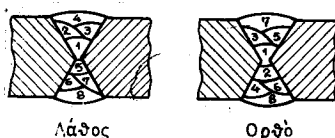
- 16) Να μη λειώνεις ποτέ την κόλληση με τη φλόγα, αλλά να τοποθετείς αυτή μέσα στην τηγμένη κόλληση.

Αν η κόλληση τήκεται στη φλόγα και με την κανονική απόσταση της φλόγας από το αντικείμενο, τότε η κόλληση αγγίζει τη φωτεινή περιοχή, με αποτέλεσμα να οξειδώνεται και να δημιουργούνται σκουριές στη ραφή. Για να αποφευχθεί η επαφή της κολλήσεως με τη φωτεινή περιοχή, όταν τήκεις την κόλληση με τη φλόγα, πρέπει να απομακρύνεις τη φλόγα, οπότε η εισχώρηση της κολλήσεως δεν είναι καλή.

δ) Εκτέλεση της οξυγονοκολλήσεως.

- 17) Κατά τη συγκόλληση κατά ραφή Χ, οι στρώσεις πρέπει να εναλλάσσονται κατά σειρά πάνω στις δύο πλευρές. Έτσι οι παραμορφώσεις είναι μειωμένες (σχ. 4.6ε).

- 18) Κατά τη συγκόλληση ελασμάτων με επικάλυψη συγκολλούμε εναλλάξ τμήματα της μίας και της άλλης ραφής. Έτσι τα ελάσματα είναι κατά τη συγκόλληση ελεύθερα και περιορίζονται οι παραμορφώσεις και οι τάσεις στη ραφή.



Σχ. 4.6ε.

Σειρά εναλλαγής των στρώσεων σε ραφή Χ.

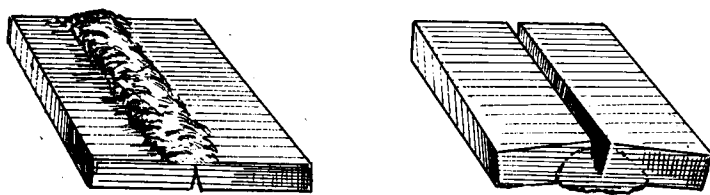
4.7 Ελαττώματα οξυγονοκολλήσεων.

Οι οξυγονοκολλήσεις εκτελούνται από ειδικευμένους τεχνίτες, τους οξυγονοκολλητές. Όσο εμπειρότερος είναι ο τεχνίτης, τόσο η σύνθεση των τεμαχίων είναι ανθεκτικότερη και περισσότερο ευπαρουσίαστη. Η αντοχή των καλών οξυγονοκολλήσεων είναι περίπου η ίδια με την αντοχή των ενιαίων τεμαχίων.

Τα ελαττώματα των οξυγονοκολλήσεων αποφεύγονται, όταν ο τεχνίτης είναι δεξιότεχνης και έμπειρος, ώστε να εκλέξει κατάλληλα υλικά και μέθοδο για την εργασία του. Όπως είδαμε, τα στοιχεία που επηρεάζουν την ποιότητα της οξυγονοκολλήσεως είναι η μέθοδος συγκολλήσεως, η πίεση των αερίων, το μέγεθος της φλόγας (εκλογή ακροφυσίου), το είδος και η διάσταση της κολλήσεως.

Πιο κάτω περιγράφονται τα σφάλματα, που παρουσιάζονται συνήθως στις οξυγονοκολλήσεις.

α) Κακή εισχώρηση της κολλήσεως (σχ. 4.7α).



Σχ. 4.7α.

Κακή εισχώρηση της κολλήσεως.

Κακή εισχώρηση της κολλήσεως στο διάκενο που έχουμε προβλέψει να γεμίσει από την κόλληση, παρουσιάζεται, όταν ο καυστήρας δεν κρατιέται σταθερά στη θέση που πρέπει και όταν η συγκόλληση γίνεται γρηγορότερα από ό,τι πρέπει.

Ασταθές κράτημα του καυστήρα έχουν άπειροι τεχνίτες, επειδή φοβούνται μήπως τακεί μεγάλη ποσότητα μετάλλου, άλλοτε απομακρύνουν και άλλοτε πλησιάζουν τον καυστήρα. Ο άπειρος τεχνίτης επίσης δεν τήκει καλά την κόλληση, με αποτέλεσμα να είναι ανεπαρκής η εισχώρηση του τηγμένου μετάλλου.

β) Οξειδία και πόροι στη ραφή.

Η ραφή πρέπει να είναι ομοιογενής και να μην έχει οξειδία και πόρους μέσα στη μάζα της, γιατί ελαττώνουν την αντοχή της.

Για να μην περιέχονται οξειδία στη ραφή, ο οξυγονοκολλητής πρέπει βασικά να καθαρίσει καλά την επιφάνεια επάνω στην οποία θα «πέσει» η κόλληση και να φροντίζει να μην μεταχειρίζεται οξειδωτική φλόγα, γιατί τότε το περίσσευμα οξυγόνου δημιουργεί οξειδία, τα οποία πολλές φορές παραμένουν μέσα στη ραφή.

Όπως είδαμε, και το περίσσευμα ασετυλίνης δεν είναι επίσης επιθυμητό, εκτός αν θέλουμε να ενισχύσουμε την περιεκτικότητα της κολλήσεως σε άνθρακα.

Για να αποφύγουμε τη δημιουργία φυσαλίδων αέρα ή πόρων μέσα στη ραφή, πρέπει επίσης να φροντίζουμε ώστε η ψύξη του μετάλλου να γίνεται ομαλά. Σ' αυτό διευκολύνεται ο οξυγονοκολλητής, όταν έχει κανονική φλόγα και όχι μεγαλύτερη από όση καθορίζεται βάση του πάχους του ελάσματος που θα συγκολληθεί. Η ομαλή ψύξη της κολλήσεως συντελεί, ώστε οι φυσαλίδες να έρχονται στην επιφάνεια και να διαλύονται.

γ) Κακή σύνδεση της κολλήσεως και των τεμαχίων.

Αυτό παρατηρείται, όταν το μέταλλο δεν τακεί στη θέση συγκολλήσεως, ώστε να ενωθεί με την τηγμένη κόλληση και συνεπώς η κόλληση είναι ασθενής. Δημιουργείται όταν ο καυστήρας και η κόλληση δεν κρατούνται στην ορθή απόσταση από τα τεμάχια ή όταν ο καυστήρας δεν δίνει την απαραίτητη φλόγα, αλλά μικρότερη.

δ) Έλλειψη ή πλεόνασμα υλικού στη ραφή.

Η κόλληση την οποία θα αφήσει ο οξυγονοκολλητής στη ραφή, δεν πρέπει να υπερβαίνει ή να υπολείπεται από την κανονική. Η λιγότερη κόλληση έχει ως αποτέλεσμα σύνδεση με αντοχή μικρότερη από την απαιτούμενη, ενώ η περισσότερη σπατάλη υλικών και συχνά ανεπιθύμητη διόγκωση ραφής. Η εξάσκηση δίνει στον οξυγονοκολλητή την ικανότητα να αφήνει κάθε φορά την ποσότητα κολλήσεως που χρειάζεται στη θέση οξυγονοκολλήσεως.

ε) Υπερβολική τήξη του μετάλλου κοντά στη ραφή.

Όταν τα τεμάχια στα σημεία συγκολλήσεως προσβάλλονται

υπερβολικά από τη φλόγα, τότε το μέταλλο στα άκρα που θα συνδεθούν τήκεται σε βάθος και οξειδώνεται. Έτσι προκαλείται μείωση της διατομής και στις δύο πλευρές της ραφής (σχ. 4.78).



Σχ. 4.78.

Υπερβολική τήξη του μετάλλου κατά την οξυγονοκόλληση.

στ) Αλλαγή της συστάσεως του μετάλλου στη ραφή.

Κατά την οξυγονοκόλληση πρέπει να έχουμε ουδέτερη φλόγα, ώστε το ενδιάμεσο υλικό που αποτίθεται και συνδέει τα δύο τεμάχια να μην αλλάζει σύνθεση. Αντίθετα, όταν έχουμε οξειδωτική φλόγα, μειώνεται η περιεκτικότητα της κολλήσεως σε άνθρακα, ενώ όταν έχουμε αναγωγική αυξάνεται η περιεκτικότητα της κολλήσεως σε άνθρακα. Βέβαια υπάρχουν περιπτώσεις που επιθυμούμε αυτή την αλλαγή της συνθέσεως της κολλήσεως. Συνήθως όμως διατηρούμε τη φλόγα ουδέτερη, ώστε η σύνδεση να έχει τη μηχανική αντοχή των μετάλλων και διαλέγουμε κόλληση με την ίδια σύσταση με το υλικό των τεμαχίων που θα συγκολληθούν.

4.8 Κίνδυνοι και μέτρα ασφάλειας κατά τις οξυγονοκολλήσεις.

Τα χρησιμοποιούμενα στις οξυγονοκολλήσεις καύσιμα αέρια όταν αναμιχθούν με το οξυγόνο ή τον αέρα σχηματίζουν εκρηκτικά μίγματα. Για το λόγο αυτό πρέπει κατά την παραγωγή, αποθήκευση και χρησιμοποίηση αυτών να λαμβάνονται μέτρα ασφάλειας.

Πιο κάτω δίνονται οι αναλογίες κάτω από τις οποίες υπάρχει κίνδυνος εκρήξεως.

Μίγμα	Εκρήγνυται, όταν περιέχει καύσιμο αέριο
οξυγόνου και υδρογόνου	4,5-95% υδρογόνο
οξυγόνου και ασετυλίνης	2,5-93% ασετυλίνη
αέρα και υδρογόνου	11-68% υδρογόνο
αέρα και ασετυλίνης	3-65% ασετυλίνη

α) Συσκευές παραγωγής ασετυλίνης.

Στις συσκευές παραγωγής ασετυλίνης είναι δυνατό να γίνει έκρηξη από ανάμιξη οξυγόνου και ασετυλίνης, ή ασετυλίνης και αέρα μέσα στη συσκευή κατά τον καθαρισμό της συσκευής, κατά την παραμονή της εκτός λειτουργίας για αρκετό χρόνο, κατά την απόψυξη ψυχθείσας συσκευής, κατά την τροφοδότηση της συσκευής κ.ά.

Επειδή στην περιοχή της συσκευής θα υπάρχει οπωσδήποτε μικρή ποσότητα ασετυλίνης στην ατμόσφαιρα, οι συσκευές εγκαθίστανται μακριά από τις θέσεις εργασίας, γιατί είναι δυνατό να δημιουργηθεί σπινθήρας. Ακόμη και σπινθήρες από τρόχιση μετάλλου είναι δυνατόν να προκαλέσουν ανάφλεξη. Γενικά στην εγκατάσταση και λειτουργία των συσκευών πρέπει να τηρούνται σχολαστικά οι οδηγίες του κατασκευαστή και οι διεθνείς κανονισμοί ασφάλειας.

β) Αποθήκες ανθρακασβεστίου.

Στις αποθήκες ανθρακασβεστίου είναι δυνατό να γίνει έκρηξη από ασετυλίνη που θα παραχθεί αν το ανθρακασβέστιο δεν προστατευθεί από την υγρασία. Τα δοχεία ανθρακασβεστίου είναι στεγανά και τοποθετούνται σε ξηρά μέρη πάνω σε ξύλινες δοκούς ύψους 20 εκατοστών και όχι κατευθείαν πάνω στο έδαφος.

Οι αποθήκες βρίσκονται μακριά από τις θέσεις εργασίας λόγω του κινδύνου αναφλέξεως της οποιασδήποτε παραγόμενης μικρής ποσότητας ασετυλίνης από σπινθήρα.

Τα δοχεία δεν πρέπει να ανοίγονται κτυπώντας τα με σιδερένια αντικείμενα, για να μη δημιουργείται σπινθήρας.

γ) Φιάλες και εκτονωτές.

Στις φιάλες είναι δυνατή έκρηξη από αύξηση της πιέσεως στο εσωτερικό τους που οφείλεται σε θέρμανση ή σε απότομη μετακίνηση π.χ. πτώση.

Για τους λόγους αυτούς στη θέση εργασίας πρέπει να υπάρχουν μόνο οι χρησιμοποιούμενες φιάλες, ενώ οι εφεδρικές να βρίσκονται σε χώρο που να αερίζεται καλά. Οι εφεδρικές φιάλες διαφορετικών αερίων φυλάγονται χωριστά.

Για να μειωθούν οι κρούσεις είναι προτιμότερο να μεταφέρονται οι φιάλες από δύο άτομα και όχι από ένα. Συνήθως χρησιμοποιούνται για τη μεταφορά ειδικά διαμορφωμένα «καρότσια».

Οι φιάλες πρέπει να τοποθετούνται μακριά από θερμαντικά σώματα, κλιβάνους και γενικά θέσεις, από τις οποίες εκλύεται θερμότητα.

Η σύνδεση του μειωτή και των σωληνώσεων πρέπει να γίνεται

σχολαστικά ώστε να μην υπάρχουν διαρροές. Τα διάφορα λιπαντικά ενώνονται με το οξυγόνο, γι' αυτό απαγορεύεται η χρησιμοποίηση λαδιού ή γράσου κατά τη σύνδεση των διαφόρων εξαρτημάτων.

δ) Καυστήρας.

Στον καυστήρα υπάρχει κίνδυνος αναμίξεως των αερίων και μεταδόσεως της φλόγας στους σωλήνες προσαγωγής και στη συνέχεια στον εκτονωτή και τη φιάλη ή το δίκτυο. Για να αποφύγουμε ανάμιξη των αερίων ή μεταδόσεως της φλόγας πρέπει να τηρούνται σχολαστικά οι οδηγίες εναύσεως και διατηρήσεως της φλόγας. Ειδικά εξαρτήματα που συνδέονται με το δίκτυο προστατεύουν από τους κινδύνους αυτούς.

Ιδιαίτερη προσοχή απαιτείται από τον οξυγονοκολλητή όταν αφήνει τον καυστήρα για να εκτελέσει άλλη εργασία. Τότε ή θα πρέπει να σβήσει τη φλόγα, πράγμα ασύμφορο από απόψεως χρόνου, ιδίως όταν αυτό επαναλαμβάνεται κατά την εργασία ή θα πρέπει να αφήσει σταθερά τον καυστήρα σε ορισμένη θέση, ώστε να μην είναι δυνατόν στη φλόγα να βλάψει αυτόν ούτε άλλον εργαζόμενο. Για την απόθεση του καυστήρα χρησιμοποιούνται ειδικές θέσεις διακόπτες, με τους οποίους επιτυγχάνεται οικονομία αερίων [§ 4.3(δ)].

ε) Μέτρα προστασίας του τεχνίτη.

Κατά την οξυγονοκόλληση ο τεχνίτης πρέπει να φοράει γυαλιά με σκοτεινό χρώμα για να προστατεύει τα μάτια του από τις εκτοξεύσεις του μετάλλου και από το πολύ έντονο φως της φλόγας. Επίσης πρέπει να φορά **ποδιά**.

Τα αέρια που δημιουργούνται πρέπει να απομακρύνονται με αναρρόφηση. Ιδιαίτερη φροντίδα για την απομάκρυνσή τους πρέπει να δίνεται κατά την οξυγονοκόλληση ψευδαργύρου, ορειχάλκου και μολύβδου, οπότε δημιουργούνται δηλητηριώδη αέρια. Στην περίπτωση των μετάλλων αυτών συνιστάται οι οξυγονοκολλητές να φορούν μάσκα.

Δεξαμενές που περιέχουν αργό πετρέλαιο, βενζίνη, μαζούτ ή καύσιμο αέριο είναι δυνατό κατά την οξυγονοκόλληση να εκραγούν. Για το σκοπό αυτό πριν οξυγονοκολληθούν, πρέπει να αδειάσουν και να καθαρισθούν καλά. Αν αφού αδειάσουν δεν είναι εύκολος ο καλός καθαρισμός τους αρκεί στη θέση οξυγονοκολλήσεως να γεμίσει εσωτερικά η δεξαμενή με νερό.

Επίσης κατά την οξυγονοκόλληση στο εσωτερικό δεξαμενής πρέπει να προνοούμε για τον εξαερισμό, γιατί εκτός από την πνιγηρή ατμόσφαιρα που δημιουργείται, είναι δυνατόν να δημιουρ-

γηθεί και εκρηκτικό μίγμα αερίων.

Τα ρούχα του τεχνίτη πρέπει να είναι δύσφλεκτα και να μην είναι λερωμένα με λίπη ή έλαια, τα οποία μειώνουν την αντίστασή τους στη φωτιά.

4.9 Στοιχεία κόστους οξυγονοκολλήσεων.

Το κόστος οξυγονοκολλήσεως εξαρτάται κυρίως από το κόστος της απαιτούμενης ποσότητας αερίων οξυγόνου και ασετυλίνης, το κόστος της απαιτούμενης κολλήσεως και το κόστος της εργασίας.

Το συνολικό κόστος βέβαια θα πρέπει να περιέχει και μέρος των αποσβέσεων των εγκαταστάσεων και των γενικών εξόδων του εργοστασίου, στοιχεία τα οποία επιβαρύνουν άμεσα ή έμμεσα την συγκόλληση. Ο τρόπος υπολογισμού όμως των επιβαρύνσεων αυτών εξαρτάται από το σύστημα κοστολογήσεως που ακολουθεί η επιχείρηση.

Στο βιβλίο αυτό θα αναφέρομε μόνο πώς υπολογίζονται τα κύρια στοιχεία κόστους, δηλαδή:

- α) Οι απαιτούμενες ποσότητες οξυγόνου και ασετυλίνης.
- β) Η ποσότητα της κολλήσεως.
- γ) Ο χρόνος της εργασίας του οξυγονοκολλητή.

Τα στοιχεία κόστους εξαρτώνται βασικά από την ικανότητα του οξυγονοκολλητή. Όσο πιο πεπειραμένος είναι ο οξυγονοκολλητής, τόσο γρηγορότερα οξυγονοκολλά χωρίς σπατάλη αερίων και κολλήσεως.

Για να καταστεί όμως δυνατός ο υπολογισμός του κόστους, τα ενδιαφερόμενα εργοστάσια έχουν προσδιορίσει διάφορα στοιχεία μετρώντας την απόδοση ειδικευμένων οξυγονοκολλητών. Ο πίνακας 4.9.1 δίνει την κατανάλωση αερίων οξυγόνου και ασετυλίνης και την ταχύτητα συγκολλήσεως για κοινό χάλυβα. Επειδή στον κοινό χάλυβα χρησιμοποιούμε ουδέτερη φλόγα, η κατανάλωση ασετυλίνης ισούται με την κατανάλωση οξυγόνου.

Από τον πίνακα 4.9.1, όταν γνωρίζουμε πόσο διαρκεί μία εργασία οξυγονοκολλήσεως κοινού χάλυβα σε συνάρτηση με το πάχος του ελάσματος προσδιορίζουμε την κατανάλωση των αερίων σε λίτρα και την κανονική παραγωγή σε μέτρα ραφής. Γι' αυτό πρέπει να πολλαπλασιάσουμε το χρόνο που διαρκεί η εργασία σε ώρες, με τις αντίστοιχες τιμές του πίνακα. Συνήθως όμως στον υπολογισμό του κόστους δεν δίνεται ο χρόνος που θέλουμε να συγκολλήσουμε.

Για να χρησιμοποιήσουμε λοιπόν τα στοιχεία του πίνακα 4.9.1, πρέπει από το μήκος της συγκολλήσεως και την ταχύτητα οξυγονοκολλήσεως να υπολογίσουμε το χρόνο της εργασίας και από αυτόν

ΠΙΝΑΚΑΣ 4.9.1

Πάχος ελάσματος mm	Κατανάλωση αερίου ασετυλίνης και οξυγόνου Λίτρα ανά ώρα (lt/h)	Ταχύτητα οξυγονοκολλήσεως Μέτρα ανά ώρα (m/h)
0,2-0,5	50	8-10
0,5-1	100	7-9
1-2	200	5-7
2-3	315	4-6
3-5	500	3-5
5-8	800	2-4
8-11	1000	1,8-3
11-15	1500	1,5-2,5
15-20	2000	1-2

στη συνέχεια τις καταναλώσεις των αερίων.

Για να αποφύγουμε τους πολλούς υπολογισμούς, που αυξάνουν τους κινδύνους σφαλμάτων, έχουν κατασκευασθεί διαγράμματα, τα οποία δίνουν τα απαιτούμενα στοιχεία για συγκόλληση ενός μέτρου. Έτσι στο διάγραμμα του σχήματος 4.9 δίνονται, σε συνάρτηση με το πάχος του συγκολλούμενου ελάσματος, ο χρόνος εργασίας σε πρώτα λεπτά (min), η απαιτούμενη κόλληση σε γραμμάρια (g) και οι καταναλώσεις αερίων οξυγόνου και ασετυλίνης σε λίτρα (l) για ένα μέτρο ραφής. Το διάγραμμα δίνει επίσης το είδος της ραφής και τη μέθοδο συγκολλήσεως, η οποία πρέπει να ακολουθηθεί (προς τα αριστερά ή προς τα δεξιά).

α) Παράδειγμα υπολογισμού στοιχείων κόστους οξυγονοκολλήσεως.

Οξυγονοκολλούνται δύο ελάσματα κοινού χάλυβα πάχους 10 mm. Ζητείται η κατανάλωση αερίων οξυγόνου και ασετυλίνης, το απαιτούμενο βάρος κολλήσεως και ο απαιτούμενος καθαρός χρόνος για οξυγονοκόλληση ραφής μήκους 2,5 μέτρων.

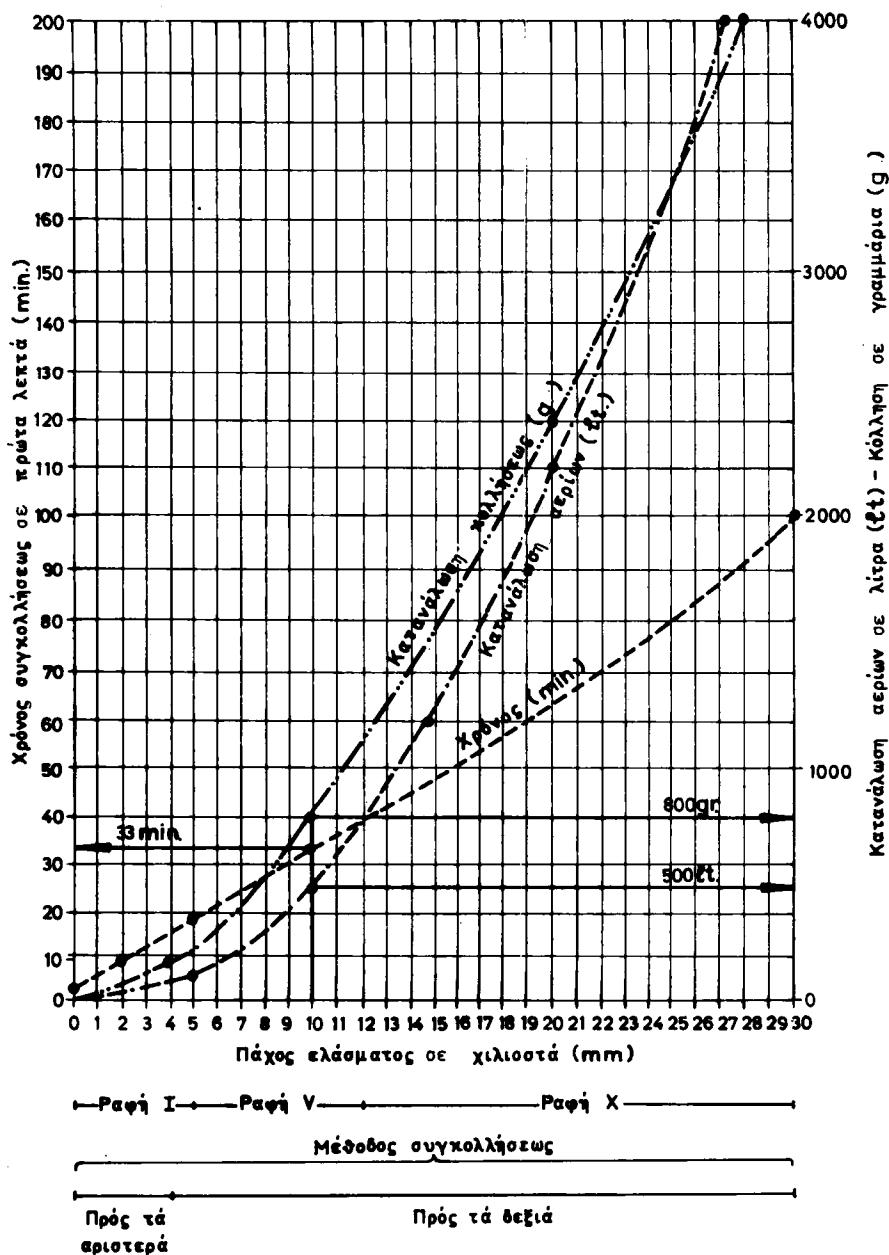
Λύση: Από το διάγραμμα του σχήματος 4.9α για πάχος ελάσματος 10 mm, λαμβάνουμε για ένα μέτρο συγκολλήσεως:

Κατανάλωση οξυγόνου 500 λίτρα ανά μέτρο (l/m).

Κατανάλωση ασετυλίνης 500 λίτρα ανά μέτρο (l/m).

Απαιτούμενο βάρος κολλήσεως 800 γραμμάρια ανά μέτρο (g/m).

Απαιτούμενος χρόνος εργασίας 33 λεπτά ανά μέτρο (min/m).



Σχ. 4.9.

Χρόνος συγκολλήσεως.

Κατανάλωση αερίων και κολλήσεως για οξυγονοκόλληση 1 m ραφής χάλυβα.

Για 2,5 μέτρα ραφής κολλήσεως πολλαπλασιάζουμε τα παραπάνω μεγέθη επί 2,5 και βρίσκουμε:

Κατανάλωση οξυγόνου $500 \times 2,5 = 1250$ λίτρα (lt)

Κατανάλωση ασετυλίνης $500 \times 2,5 = 1250$ λίτρα (lt)

Απαιτούμενο βάρος κολλήσεως $800 \times 2,5 = 2000$ (g)

Απαιτούμενος χρόνος εργασίας $33 \times 2,5 = 82,5$ (min),

δηλαδή 1 ώρα και 22,5 πρώτα λεπτά.

4.10 Ερωτήσεις.

- 1) Γιατί ως καύσιμο αέριο χρησιμοποιείται σχεδόν αποκλειστικά η ασετυλίνη;
- 2) Γιατί πρέπει το καύσιμο αέριο να αναμιγνύεται με καθαρό οξυγόνο;
- 3) Σε τι διαφέρει η φιάλη της ασετυλίνης από τη φιάλη του οξυγόνου;
- 4) Τι είναι το ανθρακασβέστιο και σε τι χρησιμεύει;
- 5) Γιατί οι φιάλες ασετυλίνης έχουν πορώδη μάζα και ακετόνη;
- 6) Σε τι χρησιμεύει ο μανομετρικός εκτονωτής;
- 7) Πώς διακρίνονται οι συνδέσεις των μανομετρικών εκτονωτών ασετυλίνης στη φιάλη ασετυλίνης, από αυτούς του οξυγόνου στις φιάλες του οξυγόνου;
- 8) Πώς διακρίνονται οι συσκευές παραγωγής ασετυλίνης μεταξύ τους;
- 9) Πού είναι το θερμότερο σημείο της ουδέτερης φλόγας;
- 10) Γιατί ο οξυγονοκολλητής φορά γυαλιά;
- 11) Ποια τα μειονεκτήματα μίας φλόγας με περίσσειμα: α) οξυγόνου, β) ασετυλίνης, κατά τη συγκόλληση του χάλυβα;
- 12) Πώς αναγνωρίζουμε την αναγωγική φλόγα;
- 13) Ποια τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της προς τα δεξιά μεθόδου συγκολλήσεως; Πότε χρησιμοποιείται;
- 14) Ποια τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα της προς τα αριστερά μεθόδου συγκολλήσεως; Πότε χρησιμοποιείται;
- 15) Γιατί ο χαλκός, τα κράματα του χαλκού και το αλουμίνιο πρέπει να συγκολλούνται με πολύ θερμή φλόγα;
- 16) Πώς διαμορφώνονται τα άκρα στις οξυγονοκολλήσεις;
- 17) Ποια είδη ραφών οξυγονοκολλήσεων υπάρχουν;
- 18) Ποια τα κύρια ελαττώματα των οξυγονοκολλήσεων και από ποιες αιτίες προκαλούνται;
- 19) Γιατί η ασετυλίνη είναι επικίνδυνη;
- 20) Ποια τα κύρια στοιχεία κόστους μίας οξυγονοκολλήσεως;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5

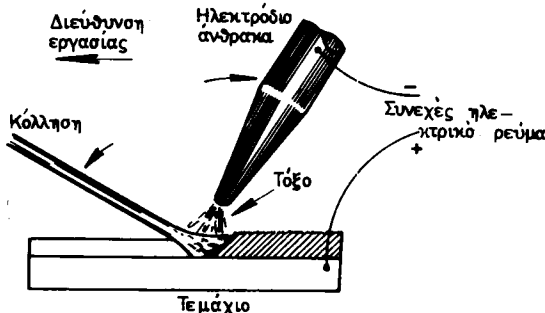
ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΤΟΞΟΥ

5.1 Γενικά για τις ηλεκτροσυγκολλήσεις τόξου.

Για τη συγκόλληση κατά τις ηλεκτροσυγκολλήσεις τόξου χρησιμοποιούμε τη θερμότητα που δημιουργείται από το ηλεκτρικό τόξο. Με τη θερμότητα αυτή τα προς σύνδεση τεμάχια τήκονται στην επιφάνεια όπου θα γίνει η συγκόλληση και αναμιγνύονται με τη λειωμένη κόλληση.

Επειδή τα τεμάχια τήκονται στην επιφάνεια συγκολλήσεως, η συγκόλληση είναι **συγκόλληση τήξεως**, είναι δε και **αυτογενής**, επειδή και η κόλληση που χρησιμοποιούμε και τα προς συγκόλληση τεμάχια είναι από το ίδιο υλικό.

Το ηλεκτρόδιο πάλι είναι από άνθρακα ή από μέταλλο. Όταν είναι από άνθρακα, το ηλεκτρικό τόξο παράγεται μεταξύ του άκρου του ηλεκτροδίου και του αντικειμένου, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.1α. Η κόλληση είναι ανεξάρτητη από το ηλεκτρόδιο και οδηγείται στη θέση συγκολλήσεως όπως κατά την οξυγονοκόλληση.



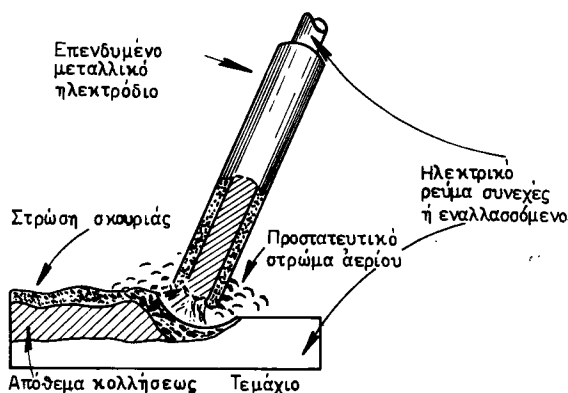
Σχ. 5.1α.

Ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με ηλεκτρόδια άνθρακα.

Επειδή κατά τη συγκόλληση οι επιφάνειες και η κόλληση είναι λειωμένες, η οξείδωση δημιουργείται ευκολότερα. Γι' αυτό πρέπει

να λαμβάνονται τα κατάλληλα μέτρα για την προστασία των επιφανειών. Πολύ συχνά λοιπόν χρησιμοποιείται μία εύτηκτη ουσία, που προστατεύει τα μέταλλα από την οξείδωση. Η εύτηκτη αυτή ουσία εκτός από την προστασία των επιφανειών εμποδίζει την ψύξη τους καθώς και την ψύξη της κολλήσεως. Έτσι οι επιφάνειες συγκολλήσεως παραμένουν περισσότερο χρόνο σε υψηλή θερμοκρασία και η συγκόλληση γίνεται καλύτερη.

Η συνηθέστερη ηλεκτροσυγκόλληση τόξου γίνεται με ηλεκτρόδιο μεταλλικό (σχ. 5.16).



Σχ. 5.16.

Ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με επενδυμένο μεταλλικό ηλεκτρόδιο.

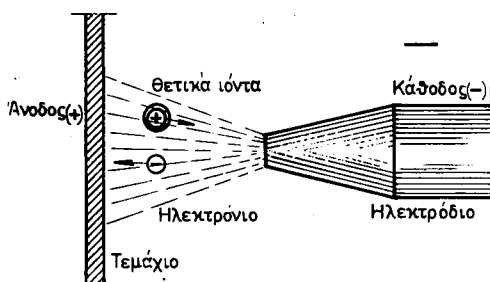
Το μεταλλικό αυτό ηλεκτρόδιο είναι ταυτόχρονα και κόλληση που τήκεται και γεμίζει το διάκενο μεταξύ των δύο τεμαχίων. Το ηλεκτρόδιο είναι συνήθως επενδυμένο με πλαστική εύτηκτη ουσία, η οποία στην επιφάνεια της ραφής και στη θερμοκρασία του τόξου δημιουργεί προστατευτικό στρώμα αερίου και προστατευτική στρώση σκουριάς. Αυτά τα δύο προφυλάσσουν τις επιφάνειες από την οξείδωση.

5.2 Το ηλεκτρικό τόξο.

Το ηλεκτρικό τόξο των ηλεκτροσυγκολλήσεων δημιουργείται μεταξύ ηλεκτροδίου και αντικειμένου ως εξής: Συνδέουμε το ηλεκτρόδιο και το αντικείμενο στους πόλους της μηχανής που παράγει το ρεύμα και φέρομε το ηλεκτρόδιο σε επαφή με το αντικείμενο.

Τότε το ηλεκτρικό κύκλωμα κλείνει και το ισχυρό ηλεκτρικό ρεύμα θερμαίνει το ηλεκτρόδιο και το αντικείμενο στο σημείο επαφής. Μετά απομακρύνουμε γρήγορα το ηλεκτρόδιο, οπότε δημιουργείται το τόξο το οποίο διατηρείται, όταν το ηλεκτρόδιο κρατείται σε μικρή απόσταση από το αντικείμενο.

Στο τόξο αυτό, ηλεκτρόνια απομακρύνονται από την ερυθροπωρωμένη κάθοδο (αρνητικός πόλος) και κατευθύνονται με μεγάλη ταχύτητα προς την άνοδο (θετικός πόλος) (σχ. 5.2α). Κατά τη διαδρομή τους αυτή τα ηλεκτρόνια προσκρούουν στα μόρια του αέρα που υπάρχουν μεταξύ της καθόδου και της ανόδου. Τα μόρια



Σχ. 5.2α.

Σχηματική παράσταση ηλεκτρικού τόξου.

του αέρα διασπώνται από την πρόσκρουση των ηλεκτρονίων σε ηλεκτρόνια και θετικά ιόντα. Από αυτά, τα μεν ηλεκτρόνια με μεγάλη ταχύτητα κινούνται προς την άνοδο, ενώ τα θετικά ιόντα, που είναι πολύ μεγαλύτερα, κινούνται με πολύ μικρότερη ταχύτητα προς την κάθοδο. Από τις συγκρούσεις των ηλεκτρονίων στην κάθοδο και των θετικών ιόντων στην άνοδο δημιουργείται θερμότητα. Επειδή μάλιστα τα ηλεκτρόνια προσκρούουν με πολύ μεγαλύτερη ταχύτητα στην άνοδο, από όση τα θετικά ιόντα στην κάθοδο, η άνοδος (θετικός πόλος) θερμαίνεται πολύ περισσότερο.

Άρα τα ηλεκτρόνια, τα οποία φεύγουν από την κάθοδο, δηλαδή από τον αρνητικό πόλο, προκαλούν το τόξο. Όταν το ηλεκτρόδιο είναι κάθοδος (αρνητικός πόλος) και το προς συγκόλληση αντικείμενο άνοδος (θετικός πόλος) τότε, είτε εμείς μετακινούμε το ηλεκτρόδιο είτε όχι, τα ηλεκτρόνια φεύγουν πάντα από το ίδιο σημείο, δηλαδή από το άκρο του ηλεκτροδίου. Στην αντίθετη πολικότητα, δηλαδή όταν το ηλεκτρόδιο είναι θετικός πόλος (άνοδος) και το αντικείμενο αρνητικός πόλος (κάθοδος) τα ηλεκτρόνια κάθε φορά που θα μετακινούμε το ηλεκτρόδιο, δημιουργούνται

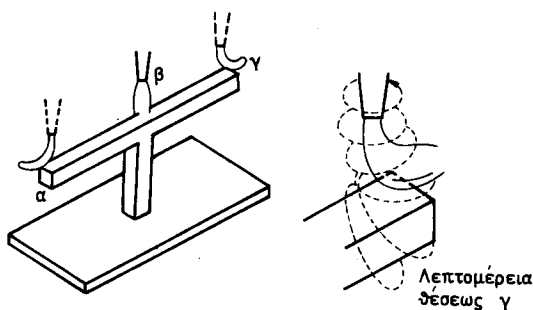
από διαφορετικό σημείο. Εξαιτίας αυτού του γεγονότος, με το ηλεκτρόδιο στον αρνητικό πόλο το τόξο δημιουργείται και διατηρείται ευκολότερα, ιδίως όταν χρησιμοποιούμε γυμνό ηλεκτρόδιο.

Οι συνθήκες αλλάζουν, όταν τα ηλεκτρόδια έχουν επένδυση, η οποία συντελεί ώστε να υπάρχει επαρκής ιονισμός. Η επένδυση αυτή όταν καίγεται δημιουργεί στρώμα αέρα με θετικά και αρνητικά φορτισμένα ιόντα. Συνεπώς για τη διατήρηση του τόξου αρκεί μικρότερη παραγωγή ηλεκτρονίων από την κάθοδο.

Το ηλεκτρικό τόξο γεφυρώνει την άνοδο και την κάθοδο και έτσι περνάει μεγάλης εντάσεως ηλεκτρικό ρεύμα. Το ρεύμα αυτό δημιουργεί όπως γνωρίζουμε από την Ηλεκτροτεχνία, μαγνητικό πεδίο. Οι μαγνητικές γραμμές του πεδίου αυτού είναι περιφέρειες κύκλου, που έχουν το κέντρο τους στα σημεία, από τα οποία περνά το ρεύμα.

Το μαγνητικό αυτό πεδίο επιδρά στο τόξο και δημιουργεί το λεγόμενο **φύσημα του τόξου**. Το τόξο δηλαδή κάτω από την επίδραση του μαγνητικού πεδίου μετατοπίζεται, όπως ακριβώς μετατοπίζεται μια φλόγα που βρίσκεται σε ρεύμα αέρα.

Στο σχήμα 5.26 φαίνονται τρεις χαρακτηριστικές περιπτώσεις φύσηματος τόξου. Στη θέση β το τόξο δεν υφίσταται φύσημα γιατί οι μαγνητικές γραμμές είναι περιφέρειες κάθετες προς τον άξονα του τόξου. Στις θέσεις α και γ όμως το τόξο υφίσταται φύσημα γιατί το μαγνητικό πεδίο έχει μαγνητικές γραμμές με διάφορες κατευθύνσεις, όπως φαίνεται στη λεπτομέρεια του σχήματος για τη θέση γ.



Σχ. 5.26.
Μαγνητικό φύσημα του τόξου.

5.3 Μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου.

Οι μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου είναι ηλεκτρικές πηγές που δίνουν ρεύμα χαμηλής τάσεως (δεκάδων βολτ), αλλά μεγάλης

εντάσεως (πολλά αμπέρ).

Ανάλογα με το παρεχόμενο ρεύμα τις διακρίνομε σε μηχανές συνεχούς ρεύματος και σε μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος.

Πριν περιγράψομε τις μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου, θα εξετάσομε τα ηλεκτρικά χαρακτηριστικά τους ως ηλεκτρικές πηγές:

Τάση σε κενό είναι η τάση μεταξύ ηλεκτροδίου και αντικειμένου, πριν αρχίσει η συγκόλληση και υπάρχει όπως είναι φυσικό μόνο όταν εργάζεται η μηχανή που παράγει το ρεύμα.

Η τάση σε κενό μεταξύ ηλεκτροδίου και αντικειμένου δεν πρέπει να είναι μεγάλη για να εργάζεται με ασφάλεια ο ηλεκτροσυγκολλητής, δεν πρέπει όμως να είναι και μικρή γιατί τότε η έναυση του τόξου πραγματοποιείται δύσκολα. Κανονικά, όπως γνωρίζομε από την Ηλεκτροτεχνία, για λόγους ασφάλειας η τάση δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 42 V. Παρόλα αυτά, για να γίνεται ευκολότερη η έναυση του τόξου, σε πολλές μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως η τάση σε κενό φθάνει τα 80 V. Είναι φανερό ότι η τάση σε κενό είναι και η τάση **εναύσεως** του τόξου.

Τάση εργασίας είναι η τάση μεταξύ ηλεκτροδίου και αντικειμένου όταν γίνεται ηλεκτροσυγκόλληση, δηλαδή όταν υπάρχει τόξο. Η τάση εργασίας κυμαίνεται συνήθως από 20-35 V.

Ρεύμα εργασίας είναι το ρεύμα που διέρχεται από το ηλεκτρόδιο στο αντικείμενο ή αντίστροφα, όταν υφίσταται τόξο.

Ρεύμα βραχυκυκλώσεως είναι το ρεύμα που διέρχεται όταν ακουμπήσομε με το ηλεκτρόδιο πάνω σε αντικείμενο, όταν δηλαδή η τάση μεταξύ του ηλεκτροδίου και του αντικειμένου που είναι συνδεδεμένα με τους πόλους της μηχανής είναι μηδέν.

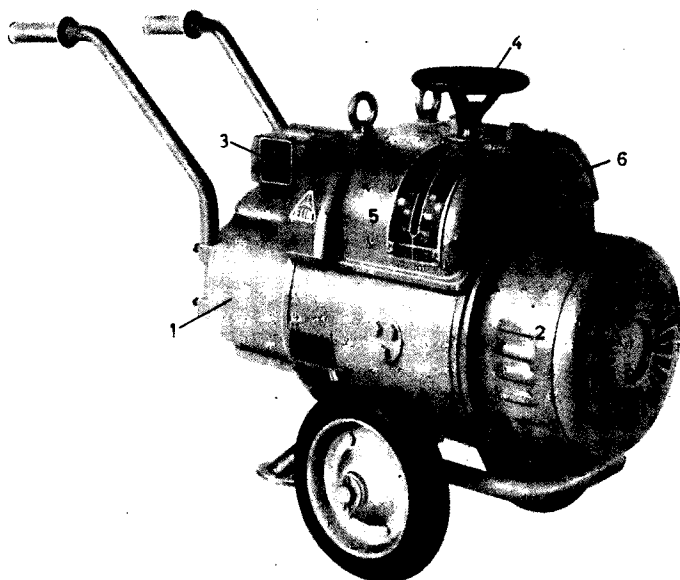
Χαρακτηριστικό των μηχανών ηλεκτροσυγκολλήσεως είναι ότι το ρεύμα βραχυκυκλώσεως δεν είναι πολύ μεγαλύτερο από το ρεύμα κανονικής εργασίας (συνήθως 1 έως 1,4 φορές μεγαλύτερο). Η ιδιότητα αυτή είναι απαραίτητη γιατί κατά την εργασία της ηλεκτροσυγκολλήσεως τα βραχυκυκλώματα είναι συνηθισμένα.

α) Μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου συνεχούς ρεύματος.

Στο σχήμα 5.3α εικονίζεται μηχανή συγκολλήσεως συνεχούς ρεύματος. Αποτελείται βασικά από τον τριφασικό κινητήρα (1), που τροφοδοτείται από το δίκτυο της πόλεως με εναλλασσόμενο ρεύμα και από τη γεννήτρια συνεχούς ρεύματος (2) που παράγει το ρεύμα συγκολλήσεως. Ο κινητήρας και η γεννήτρια είναι έτοιμοι συνδεδεμένα, ώστε η κίνηση να μεταδίδεται κατευθείαν από τον άξονα του κινητήρα στον άξονα της γεννήτριας.

Στο πάνω μέρος του κινητήρα υπάρχει ο διακόπτης εκκινήσεως αστέρα-τριγώνου του κινητήρα (3). Το στροφείο (4), που βρίσκεται

στο πάνω μέρος της γεννήτριας, χρησιμεύει για τη ρύθμιση του ρεύματος συγκολλήσεως. Δίπλα στο στροφείο υπάρχει δείκτης που κινείται εμπρός από μία κλίμακα βαθμολογημένη σε αμπέρ, η οποία δείχνει το ρεύμα συγκολλήσεως (5). Ο διακόπτης (6) χρησιμεύει για την αλλαγή της πολικότητας. Όλο το συγκρότημα είναι φορητό πάνω σε ρόδες (τροχούς).



Σχ. 5.3α.

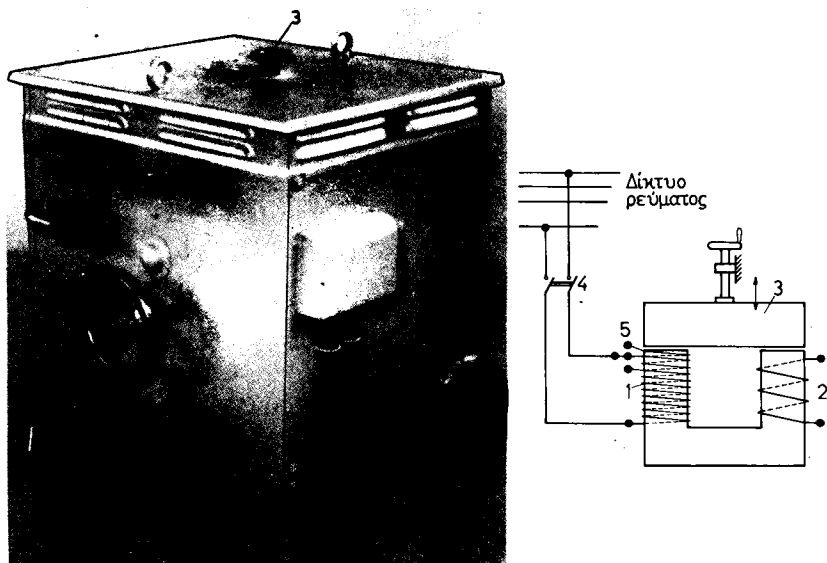
Μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου συνεχούς ρεύματος.

Ο κινητήρας (1) εναλλασσόμενου ρεύματος χρησιμεύει μόνο για να κινεί τη γεννήτρια συνεχώς και έτσι είναι δυνατό να αντικατασταθεί από άλλες κινητήριες μηχανές. Στα εργοταξία, όπου δεν υπάρχει ηλεκτρικό ρεύμα, χρησιμοποιούν για τις ηλεκτροσυγκολλήσεις κινητήριες μηχανές εσωτερικής καύσεως, συνήθως πετρελαιομηχανές, που είναι τοποθετημένες σε σιδερένια βάση, στην οποία είναι τοποθετημένη και η γεννήτρια του ρεύματος συγκολλήσεως. Όλο το συγκρότημα βρίσκεται επάνω σε τροχούς αυτοκινήτου και μεταφέρεται από το ένα εργοτάξιο στο άλλο.

β) Μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου εναλλασσόμενου ρεύματος.

Οι μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου εναλλασσόμενου ρεύ-

ματος αποτελούνται βασικά από μετασχηματιστή, που το πρωτεύον του έχει πολλές σπείρες (1) και συνδέεται με το δίκτυο της πόλεως, ενώ το δευτερεύον, που έχει λίγες σπείρες (2), δίνει το ρεύμα συγκολλήσεως (σχ. 5.36). Στη μηχανή υπάρχει ο διακόπτης του κύριου ρεύματος του πρωτεύοντος (4) και τα στροφεία (5) και (3) για τη ρύθμιση της τάσεως και της εντάσεως του ρεύματος συγκολλήσεως. Με το στροφείο (5) μπορούμε να μεταβάλλομε τον αριθμό των σπειρών του πρωτεύοντος του μετασχηματιστή και επομένως, ενώ οι υπόλοιπες συνθήκες παραμένουν οι ίδιες, αλλάζουν και η τάση και η ένταση του δευτερεύοντος. Το στροφείο (3) χρησιμεύει για ρυθμίσεις της εντάσεως. Μέσω αυτού αυξάνονται ή μειώνονται τα διακένα του πυρήνα του μετασχηματιστή. Η αύξηση των διακένων προκαλεί μείωση του μαγνητικού πεδίου και συνεπώς μείωση του ρεύματος στο δευτερεύον. Αντίθετα η μείωση των διακένων προκαλεί αύξηση του ρεύματος στο δευτερεύον.



Σχ. 5.36.

Μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου εναλλασσόμενου ρεύματος.

Η μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου του σχήματος 5.36 είναι φορητή πάνω σε τροχούς για να μεταφέρεται κοντά στη θέση εργασίας.

γ) Σύγκριση μηχανών ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος.

Τα πλεονεκτήματα και τα μειονεκτήματα των μηχανών ηλεκτροσυγκολλήσεως συνεχούς και εναλλασσόμενου ρεύματος, τα οποία θα ληφθούν υπόψη για την εκλογή της μίας ή της άλλης μηχανής, είναι κυρίως τα εξής:

- α) Η απόδοση των μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος είναι μεγαλύτερη (85-90%) από την απόδοση των μηχανών συνεχούς (60% περίπου).
Επίσης η απώλεια ρεύματος (σε κενό) στις μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος είναι μικρότερη από τις απώλειες σε κενό των μηχανών συνεχούς ρεύματος κατά 25-30% περίπου.
- β) Ο συντελεστής ισχύος (συνφ) των μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος είναι περίπου 40%. Ο συντελεστής αυτός είναι δυνατό να διορθωθεί με πυκνωτές. Στις μηχανές συνεχούς ρεύματος ο συντελεστής είναι πολύ μεγαλύτερος (περίπου 80%).
- γ) Δεν παρουσιάζεται στο εναλλασσόμενο ρεύμα το φύσημα του τόξου, που δημιουργείται όπως είδαμε, στο συνεχές ρεύμα από το μαγνητικό πεδίο.
- δ) Το κόστος του ηλεκτροδίου είναι μεγαλύτερο όταν χρησιμοποιούμε μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος.
- ε) Το κόστος της μηχανής είναι μεγαλύτερο για τις μηχανές συνεχούς ρεύματος.
- στ) Όταν γενικώς ένα εργοστάσιο ασχολείται με διάφορα είδη εργασιών ηλεκτροσυγκολλήσεως, τότε ενδείκνυται να διαθέτει μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως και των δύο ειδών, ώστε ανάλογα με την περίπτωση να χρησιμοποιείται ο ένας ή ο άλλος τύπος μηχανής.

δ) Αυτόματες μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου.

Στις αυτόματες μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου δεν απαιτείται η μεσολάβηση ανθρώπινης εργασίας για την κυρίως συγκόλληση, παρά μόνο για τη ρύθμιση και την παρακολούθηση της λειτουργίας της μηχανής και ενδεχομένως για την τροφοδότηση και παραλαβή των τεμαχίων.

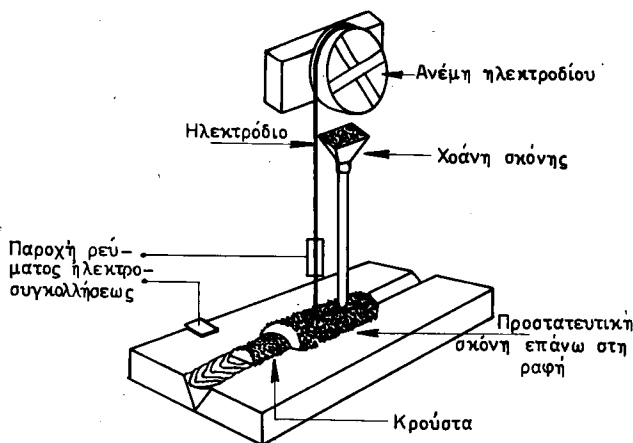
Οι αυτόματες μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεων χωρίζονται σε δύο είδη:

- α) **Με ηλεκτρόδιο άνθρωπος και**
- β) **με μεταλλικό αυτοκαταναλισκόμενο ηλεκτρόδιο.**

Ο δεύτερος τύπος μηχανών είναι και ο πιο συνηθισμένος. Σ' αυτές, με κατάλληλους μηχανισμούς κινείται το προς συγκόλληση

αντικείμενο, ενώ συγχρόνως το ηλεκτρόδιο συνεχώς προωθείται στην κατάλληλη θέση. Στη θέση συγκολλήσεως προσάγεται επίσης αυτομάτως προστατευτική σκόνη που επενεργεί ως επένδυση του ηλεκτροδίου (§ 5.5).

Στο σχήμα 5.3γ εικονίζεται σχηματικά η λειτουργία αυτόματης μηχανής ηλεκτροσυγκολλήσεως. Χαρακτηριστικό είναι εδώ ότι η σκόνη τοποθετείται μέσα σε χοάνη, από την οποία εκχύνεται στη θέση συγκολλήσεως. Κατόπιν συλλέγεται και ρίχνεται πάλι μέσα στη χοάνη για να χρησιμοποιηθεί ξανά.



Σχ. 5.3γ.

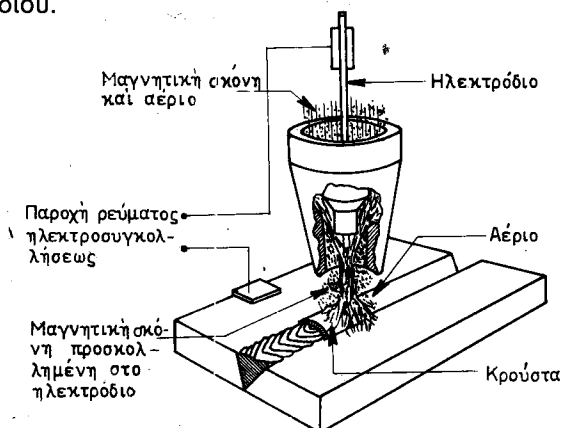
Σχηματική παράσταση μηχανής αυτόματης ηλεκτροσυγκολλήσεως.

Στο σχήμα 5.3δ εικονίζεται σχηματικά η λειτουργία αυτόματης μηχανής ηλεκτροσυγκολλήσεως, στην οποία προσάγεται στη θέση συγκολλήσεως σκόνη με μαγνητικές ιδιότητες και προστατευτικό αέριο. Η μαγνητική σκόνη προσκολλάται πάνω στο ηλεκτρόδιο και έτσι το ηλεκτρόδιο συμπεριφέρεται σαν να ήταν επενδυμένο. Με την προσθήκη του αερίου οι ερυθροπυρωμένες επιφάνειες προστατεύονται καλύτερα.

Οι αυτόματες μηχανές εργάζονται με συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα. Στο διάγραμμα του σχήματος 5.3ε φαίνεται ο τρόπος λειτουργίας των διαφόρων συσκευών που απαρτίζουν μία αυτόματη μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου.

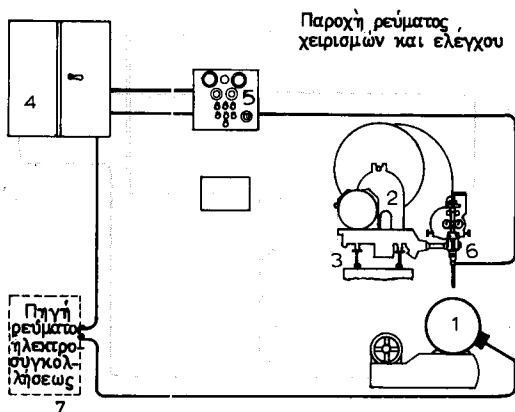
Το τεμάχιο που πρόκειται να συγκολληθεί (1) ανάλογα με τη θέση εργασίας λαμβάνει αυτόματα διάφορες θέσεις. Το ηλεκτρόδιο,

συνήθως γυμνό σύρμα, λαμβάνεται από την ανέμη (2). Ανάλογα με την ταχύτητα εργασίας και το μέγεθος της ραφής συγκολλήσεως, καθορίζεται η μετακίνηση της κεφαλής που έχει το ηλεκτρόδιο, επάνω στις σιδηροτροχιές (3), και η ταχύτητα προώσεως του ηλεκτροδίου.



Σχ. 5.3β.

Σχηματική παράσταση μηχανής αυτόματης ηλεκτροσυγκολλήσεως με μαγνητική σκόνη και προστατευτικό αέριο.



Σχ. 5.3ε.

Σχηματικό διάγραμμα λειτουργίας των διατάξεων αυτόματης μηχανής ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου.

1) Τεμάχιο. 2) Ανέμη ηλεκτροδίου. 3) Τροχιές μετακίνησης κεφαλής ηλεκτροδίου. 4) Πίνακας ελέγχου ρεύματος συγκολλήσεως. 5) Πίνακας χειρισμών και ρυθμίσεων. 6) Ηλεκτρόδιο. 7) Μηχανή παραγωγής ρεύματος ηλεκτροσυγκολλήσεως.

Συνήθως οι μηχανές αυτές εργάζονται με γυμνό ηλεκτρόδιο, ενώ το προστατευτικό υλικό, που αντικαθιστά τη μόνωση του ηλεκτροδίου, παρέχεται από διαφορετικό σημείο. Υπάρχουν όμως και μηχανές που εργάζονται με μονωμένα ηλεκτρόδια, τα οποία έχουν γυμνά σημεία για τη δίοδο του ρεύματος.

Η ηλεκτρική σύνδεση της μηχανής παραγωγής του ρεύματος ηλεκτροσυγκολλήσεως έχει ως εξής:

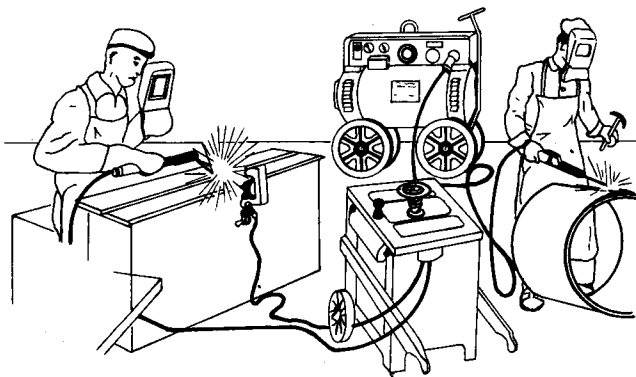
Η μία φάση από τη μηχανή ρεύματος (7) διέρχεται από τον πίνακα ελέγχου (4), τον πίνακα χειρισμού (5) και καταλήγει στο ηλεκτρόδιο (6). Η άλλη φάση συνδέεται με το τεμάχιο, όπως δείχνει το σχεδιάγραμμα.

Με αχνή διαγράμμιση έχουν σημειωθεί οι καλωδιώσεις που απαιτούνται για τον έλεγχο της ηλεκτροσυγκολλήσεως και την κίνηση των απαραίτητων για τη λειτουργία της μηχανής μηχανισμών.

Η αυτόματη ηλεκτροσυγκόλληση τόξου δίνει ομοιόμορφες και στρωτές ραφές συγκολλήσεως, γιατί δεν εξαρτάται από την επιδεξιότητα του τεχνίτη. Με αυτήν έχουμε μεγάλη ταχύτητα παραγωγής και μικρή απώλεια ηλεκτροδίου.

5.4 Εργαλεία του ηλεκτροσυγκολλητή.

Στο σχήμα 5.4α εικονίζονται δύο ηλεκτροσυγκολλητές κατά την ώρα της εργασίας τους. Ο ένας χειρίζεται μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως εναλλασσόμενου ρεύματος και ο άλλος μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως συνεχούς ρεύματος.

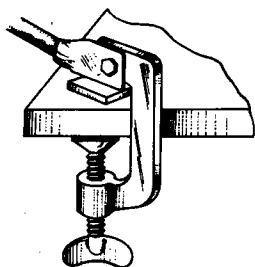


Σχ. 5.4α.

Ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με εναλλασσόμενο και με συνεχές ρεύμα.

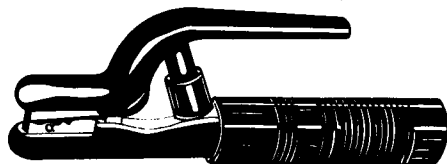
Και στις δύο μηχανές ο ένας πόλος συνδέεται με το τεμάχιο που κολλούμε ή με το μεταλλικό τραπέζι συγκολλήσεως μέσω αγωγού μεγάλης διατομής και του σφιγκτήρα. Η σύνδεση αυτή πρέπει να είναι ισχυρή γιατί ολόκληρο το ρεύμα της συγκολλήσεως θα περάσει μέσα από αυτήν, για να επιστρέψει στη μηχανή. Στο σχήμα 5.4β εικονίζεται ένας καλός σφιγκτήρας που συνδέεται σταθερά και χωρίς ηλεκτρική αντίσταση με το τραπέζι εργασίας.

Ο άλλος πόλος κάθε μηχανής μέσω αγωγού, επίσης μεγάλης διατομής συνδέεται με τη λαβίδα του ηλεκτροδίου. Λαβίδα αυτού του είδους φαίνεται στο σχήμα 5.4γ. Στην υποδοχή α της λαβίδας εισέρχεται και συγκρατείται το ηλεκτρόδιο.



Σχ. 5.4β.

Σφιγκτήρας καλωδίου επιστροφής.



Σχ. 5.4γ.

Λαβίδα ηλεκτροδίου.

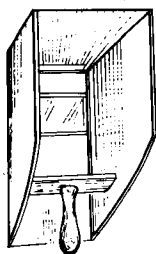
Η ακτινοβολία του ηλεκτρικού τόξου θλάπτει τα μάτια του ηλεκτροσυγκολλητή. Για να τα προστατεύσει χρησιμοποιεί μάσκα που έχει μπροστά γυαλί σκουτείνου χρώματος, ώστε να είναι ευχερής η παρακολούθηση της φλόγας του τόξου. Οι μάσκες, που ονομάζονται και ασπίδες, διακρίνονται ανάλογα με τον τρόπο χρήσεως σε ασπίδες χεριού (σχ. 5.4δ) και σε ασπίδες κεφαλής (σχ. 5.4ε).

Τη μάσκα χεριού κρατάει ο ηλεκτροσυγκολλητής με το ένα του χέρι. Οι μάσκες κεφαλίου στερεώνονται στο κεφάλι με κατάλληλο τρόπο (σχ. 5.4ε), ώστε και τα δύο χέρια του ηλεκτροσυγκολλητή να είναι ελεύθερα. Οι μάσκες χεριού χρησιμοποιούνται επίσης και από εκείνους, οι οποίοι παρακολουθούν την ηλεκτροσυγκόλληση.

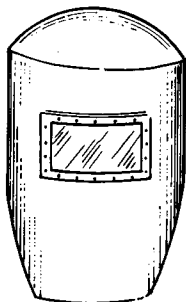
Για να προστατέψει τα χέρια του ο ηλεκτροσυγκολλητής φοράει γάντια πυρίμαχα, από δέρμα ή άλλο υλικό.

Για να προστατεύσει το σώμα του από την ακτινοβολία της φλόγας φοράει ποδιά κατασκευασμένη συνήθως από δέρμα.

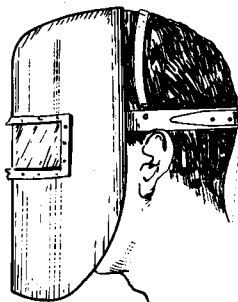
Η ακτινοβολία όμως είναι θλαβερή και για τους άλλους εργαζόμενους. Για το λόγο αυτό ο χώρος ηλεκτροσυγκολλήσεως στα



Σχ. 5.4δ.
Ασπίδα χειριού
ηλεκτροσυγκολλητή.

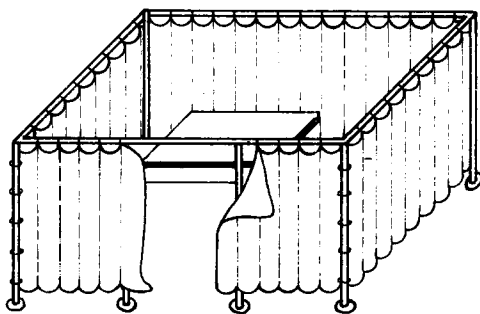


Σχ. 5.4ε.
Μάσκα κεφαλής ηλεκτροσυγκολλητή.



εργοστάσια και τα εργαστήρια απομονώνονται.

Στο σχήμα 5.4στ φαίνεται πως απομονώνεται συνήθως η θέση συγκολλήσεως με παραπέτασμα από ύφασμα. Για να μειωθεί η αντανάκλαση από το τόξο, όλος ο χώρος του ηλεκτροσυγκολλητή βάφεται με σκοτεινά χρώματα. Για τον αερισμό του χώρου του ηλεκτροσυγκολλητή το ύφασμα που διαχωρίζει τη θέση του τοποθετείται 20-25 εκατοστά από το δάπεδο.

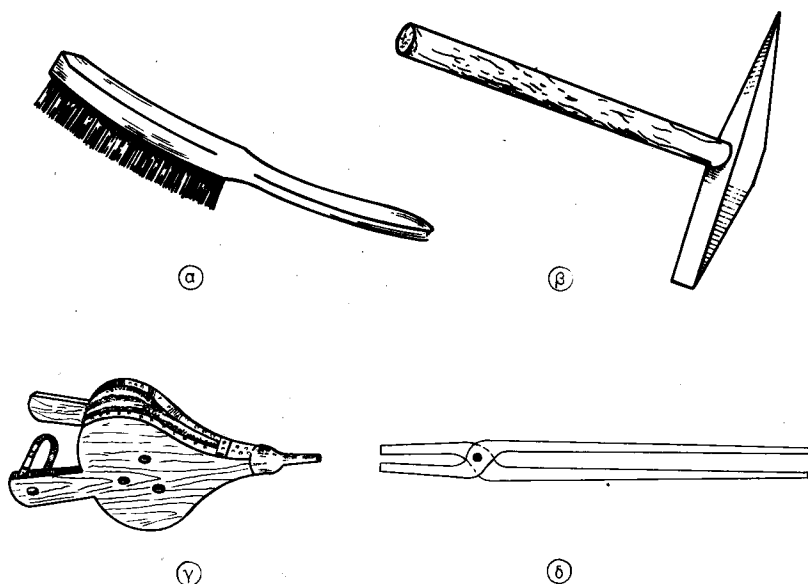


Σχ. 5.4στ.
Παραπέτασμα θέσεως ηλεκτροσυγκολλήσεως.

Σε πολλά εργοστάσια, επάνω από κάθε θέση εργασίας ηλεκτροσυγκολλητή τοποθετείται χοάνη, η οποία με τη βοήθεια ανεμιστήρα, αναρροφά τα αέρια που δημιουργούνται κατά την ηλεκτροσυγκόλληση και τα οδηγεί έξω από το χώρο εργασίας.

Εκτός από τα εργαλεία που αναφέραμε, ο ηλεκτροσυγκολλητής

χρησιμοποιεί **συρμάτινη θούρτσα** και ειδικό **σφυρί**, για να σπάξει (το φλοιό) την κρούστα που δημιουργείται επάνω στην κόλληση λόγω της επενδύσεως του ηλεκτροδίου, **φουσερό** για να καθαρίζει από την σκόνη τα αντικείμενα πριν από την συγκόλληση, **λαβίδα** για την συγκράτηση των τεμαχίων και άλλα (σχ. 5.4ζ).

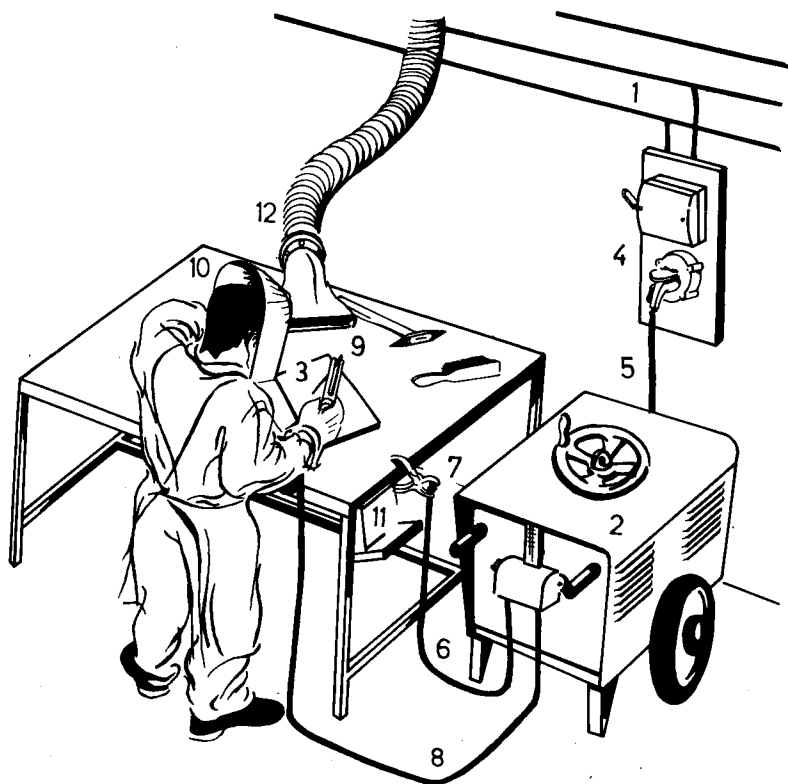


Σχ. 5.4ζ.

Διάφορα εργαλεία του ηλεκτροσυγκολλητή.

α) Συρμάτινη θούρτσα. β) Σφυρί ηλεκτροσυγκολλητή. γ) Φουσερό. δ) Λαβή συγκρατήσεως των τεμαχίων.

Στο σχήμα 5.4η εικονίζεται ηλεκτροσυγκολλητής, που εργάζεται με μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως εναλλασσόμενου ρεύματος (2). Διακρίνονται καλά η σύνδεση της μηχανής στο δίκτυο του ρεύματος (1), η σύνδεση του σφικτήρα επιστροφής (7), η λαβίδα ηλεκτροδίου (9), το ηλεκτρόδιο (3) και ο τρόπος συγκρατήσεως της ασπίδας κεφαλιού (10). Επίσης φαίνεται η χοάνη αερισμού των σημείων ηλεκτροσυγκολλήσεως (12), διάφορα εργαλεία του ηλεκτροσυγκολλητή και η ξύλινη υποδοχή (11), στην οποία αφήνει τη λαβίδα του ηλεκτροδίου, όταν δεν τη χρησιμοποιεί, για να αποφευχθεί βραχυκύκλωμα. Το ξύλο όπως γνωρίζουμε είναι κακός αγωγός του ηλεκτρισμού.



Σχ. 5.4η.
Εργασία ηλεκτροσυγκολλήσεως.

5.5 Ηλεκτρόδια ηλεκτροσυγκολλήσεων τόξου.

Στις ηλεκτροσυγκολλήσεις σήμερα χρησιμοποιούνται σχεδόν αποκλειστικά μεταλλικά ηλεκτρόδια. Το μεταλλικό ηλεκτρόδιο μεταφέρει το ρεύμα στα σημεία ηλεκτροσυγκολλήσεως και ταυτόχρονα δίνει το απαραίτητο πρόσθετο υλικό για τη δημιουργία της ραφής συγκολλήσεως. Μόνο σε ειδικές περιπτώσεις αυτομάτων μηχανών συγκολλήσεως χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια άνθρακα.

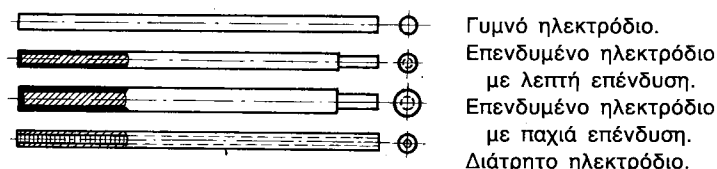
Γενικά, το ηλεκτρόδιο πρέπει να δημιουργεί εύκολα, να διατηρεί και να συντηρεί το ηλεκτρικό τόξο, να στρώνει καλά και να έχει μικρή απώλεια σε σπινθήρες και το κυριότερο, η αντοχή του να αντιστοιχεί στην αντοχή των προς συγκόλληση τεμαχίων.

Υπάρχουν δύο ειδών ηλεκτρόδια, τα **γυμνά** και **επενδυμένα**.

Τα γυμνά ηλεκτρόδια είναι τεμάχια σύρματος ειδικής συνθέσεως ανάλογα με την εργασία για την οποία προορίζονται (σχ. 5.5).

Τα επενδυμένα ηλεκτρόδια είναι τεμάχια σύρματος, όπως και τα γυμνά, αλλά στο μεγαλύτερο τμήμα τους είναι επενδυμένα με υλικό ειδικής συνθέσεως (σχ. 5.5α). Επένδυση δεν υπάρχει στο άκρο μόνο, που θα συνδεθεί στη λαβίδα, κι αυτό για να μην παρουσιάζεται αντίσταση στη δίοδο του ρεύματος.

Εκτός από τα γυμνά και τα επενδυμένα ηλεκτρόδια υπάρχουν και τα διάτρητα, που έχουν υλικό όμοιο με εκείνο της επενδύσεως, στην οπή που βρίσκεται στο κέντρο της διατομής τους (σχ. 5.5).



Σχ. 5.5.

Διάφορα ηλεκτρόδια.

α) Γυμνά ηλεκτρόδια.

Μοναδικό πλεονέκτημα των γυμνών ηλεκτροδίων σε σύγκριση με τα επενδυμένα είναι το χαμηλότερο κόστος τους. Λόγω όμως των πολλών μειονεκτημάτων χρησιμοποιούνται πολύ λιγότερο. Τα μειονεκτήματα αυτά θα εξετασθούν αργότερα, όταν θα εξηγηθούν μία προς μία οι ιδιότητες τις οποίες προσδίνει η επένδυση στο ηλεκτρόδιο. Τα γυμνά ηλεκτρόδια χρησιμοποιούνται μόνο για ηλεκτροσυγκόλληση με συνεχές ρεύμα.

β) Επενδυμένα ηλεκτρόδια.

Επενδυμένα ηλεκτρόδια κατασκευάζονται με διάφορα πάχη επενδύσεως. Κατά τους γερμανικούς κανονισμούς κατασκευάζονται τρία πάχη επενδύσεως, τα οποία αντιστοιχούν στα γράμματα α, m, και s, όπου:

- α) επενδυμένο ηλεκτρόδιο με λεπτή επένδυση, διαμέτρου έως 120% της διαμέτρου του σύρματος.
- m) επενδυμένο ηλεκτρόδιο μεσαίου πάχους επενδύσεως, διαμέτρου 120-140% της διαμέτρου του σύρματος.
- s) επενδυμένο ηλεκτρόδιο με επένδυση μεγάλου πάχους, διαμέτρου πάνω από 140% της διαμέτρου του σύρματος.

Το υλικό της επενδύσεως είναι μίγμα διαφόρων ουσιών. Με την κατασκευή ειδών επενδύσεων διαφόρων μιγμάτων επιτυγχάνονται

οι κάθε φορά επιθυμητές ιδιότητες.

Η επένδυση του ηλεκτροδίου συντελεί στην αύξηση της παραγωγής και στην επίτευξη καλής ποιότητας συγκολλήσεως. Αναλυτικότερα η επένδυση:

- α) Προκαλεί ιονισμό της μεταξύ ηλεκτροδίου και αντικειμένου ατμόσφαιρας, ώστε να διευκολύνεται η αφή και η διατήρηση σταθερού τόξου.
- β) Διευκολύνει την επικάλυψη του λειωμένου μετάλλου πάνω στο αντικείμενο. Η ιδιότητα αυτή είναι απαραίτητη σε περιπτώσεις ηλεκτροσυγκολλήσεως σε δύσκολες θέσεις, όπως είναι οι συγκολλήσεις υπέρ κεφαλή [§ 5.6(α)].
- γ) Προφυλάσσει τη ρευστή κόλληση από την οξείδωση με τη δημιουργία νέφους αερίου και κρούστας στην επιφάνεια της κολλήσεως.
- δ) Εμποδίζει τη δημιουργία φουσαλίδων μέσα στην κόλληση, οι οποίες μειώνουν την αντοχή της ηλεκτροσυγκολλήσεως.

Τα επενδυμένα ηλεκτρόδια επέτρεψαν να χρησιμοποιήσουμε και το εναλλασσόμενο ρεύμα στις ηλεκτροσυγκολλήσεις, γιατί με τη δράση της επενδύσεως διευκολύνεται η αφή του τόξου, που λόγω της φύσεως του ρεύματος διακόπτεται σε κάθε μία περίοδο.

Ανάλογα με το είδος της επενδύσεως διακρίνουμε έξι τύπους ηλεκτροδίων. Στον πίνακα 5.51 φαίνονται οι έξι τύποι επενδυμένων ηλεκτροδίων και δίνονται ορισμένες οδηγίες για την εκλογή του ηλεκτροδίου με την κατάλληλη κάθε φορά επένδυση.

Με την ηλεκτροσυγκόλληση επιθυμούμε τις περισσότερες φορές η ραφή να έχει αντοχή και ιδιότητες, οι οποίες να πλησιάζουν όσο είναι δυνατόν την αντοχή και τις ιδιότητες του συγκολλούμενου μετάλλου. Επειδή λοιπόν οι χάλυβες έχουν διαφορετικές ιδιότητες, οι κατασκευαστές ηλεκτροδίων κατασκευάζουν ηλεκτρόδια διαφόρων, όπως λέγονται, κλάσεων ώστε κάθε φορά να επιτυγχάνεται όσο το δυνατό καλύτερο αποτέλεσμα. Έτσι τα ηλεκτρόδια χωρίζονται σε 12 κλάσεις, κάθε μία από τις οποίες έχει χαρακτηριστικό λατινικό αριθμό, από I έως XIV, (επειδή όμως τα ηλεκτρόδια των κλάσεων IV και VI δεν κατασκευάζονται πια, οι κλάσεις περιορίζονται σε 12).

Τα ηλεκτρόδια κατασκευάζονται με διάφορες διαμέτρους. Ανάλογα με το πάχος των προς συγκόλληση τεμαχίων εκλέγεται και η διάμετρος του ηλεκτροδίου [§ 5.6(δ)].

Για την ηλεκτροσυγκόλληση του χυτοσιδήρου (κεφ. 8) χρησιμοποιούνται ειδικά ηλεκτρόδια. Έτσι, για την ηλεκτροσυγκόλληση του χυτοσιδήρου εν ψυχρώ χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια από χάλυβα με 18% χρώμιο και 8% νικέλιο. Η ραφή τότε είναι κατεργάσιμη μόνο

Τύπος ηλεκτροδίου	Συμβολισμός	Οδηγίες χρησιμοποίησης – Παρατηρήσεις
Γυμνά ηλεκτρόδια	O	Για ηλεκτροσυγκολλήσεις όχι ιδιαίτερων απαιτήσεων. Δύρευστο. Ραφή χωρίς κρούστα. Μόνο συνεχές ρεύμα. Για όλες τις θέσεις.
Διτρήτη ηλεκτρόδια	OO	Για ηλεκτροσυγκολλήσεις μεγαλύτερων απαιτήσεων σε σύγκριση με τα γυμνά ηλεκτρόδια. Δύρευστο. Ισχυρότερο πύρωμα αντικειμένου σε σχέση προς τα γυμνά. Για συνεχές ρεύμα και περιορισμένα για εναλλασσόμενο. Για όλες τις θέσεις.
Ηλεκτρόδια με επένδυση	Όξινη	Με παχιά επένδυση λεπτόρρευστη. Ισχυρό πύρωμα αντικειμένου σε οριζόντιες ραφές. Κάθετες ραφές μόνο, από κάτω προς τα πάνω. Για συνεχές και εναλλασσόμενο ρεύμα. Καλές μηχανικές ιδιότητες της ραφής. Μεγαλύτερες σωτηρικές τάσεις στη ραφή σε σχέση με τους άλλους τύπους ηλεκτροδίων.
	Βασική ασβεστούχα	Ρευστότητα παχιά-μέση. Μειωμένη ταχύτητα αποψύξεως. Συγκόλληση αντοχής. Για συνεχές ρεύμα με το ηλεκτρόδιο στο θετικό πόλο. Σε ανάγκη σε κατακόρυφες και πάνω από την κεφαλή ραφές. Το ηλεκτρόδιο πρέπει να είναι πολύ ξηρό. Για παχιά ελάσματα ενδείκνυται προθέρμανσή τους.
	Κυτταρινούχα	Επενδύσεις μικρού και μέσου πάχους. Μέση ρευστότητα. Μεγάλη ταχύτητα αποψύξεως. Λίγη κρούστα. Μηχανικές ιδιότητες ραφής σχεδόν καλές. Καλό πύρωμα αντικειμένου. Σχετικά μεγάλη απώλεια από εκτοξεύσεις. Για όλες τις θέσεις. Για χάλυβες αντοχής έως 70 kg/mm ² .
	Σιδηροξειδιούχα	Συνήθως παχιά επένδυση. Στρώσεις. Λεία ραφή. Πύρωμα αντικειμένου σχεδόν καλό. Μειωμένη μηχανική αντοχή. Ραφή ευαίσθητη σε ρωγμές. Ρεύμα συνεχές και εναλλασσόμενο συνήθως μόνο σε οριζόντιες ραφές.
	Τιτανοξειδιούχα	Συνήθως μέσης και παχιάς επενδύσεως και σπάνια λεπτής. Ανάλογα ή ρευστότητα μεταβάλλεται από εύρεστη (παχιά επένδυση) σε δύρευστη. Μεγάλη ταχύτητα αποψύξεως. Μηχανικές ιδιότητες της ραφής καλές έως πολύ καλές. Ρεύμα συνεχές ή εναλλασσόμενο. Για όλες τις θέσεις. Ηλεκτρόδιο γενικής χρήσεως. Κατάλληλο και για παχιά ελάσματα (ηλεκτροσυγκόλληση σε στρώσεις).
Ειδικού τύπου	So	Ηλεκτρόδια που δεν περιλαμβάνονται στους παραπάνω τύπους, π.χ. ηλεκτρόδια για ηλεκτροσυγκόλληση κάτω από το νερό, με κοπή μεταλλων με και χωρίς οξυγόνο κ.ά.

με τροχό. Μαλακή ραφή δίνει η ηλεκτροσυγκόλληση με ηλεκτρόδια από κράμα Monel (67% νικέλιο, 28% χαλκός, 5% μαγγάνιο και σίδηρος), το οποίο όμως είναι πολύ ακριβό. Για την ηλεκτροσυγκόλληση του χυτοσιδήρου εν θερμώ χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια, τα οποία εκτός από σίδηρο περιέχουν 3-3,6% άνθρακα, 3-3,8% πυρίτιο, 0,5-0,8 μαγγάνιο, 0,4-0,8 φωσφόρο και λιγότερο από 0,1% θείο. Τα ηλεκτρόδια του χυτοσιδήρου έχουν διάμετρο 4-10 mm.

Τα ηλεκτρόδια γενικά συμβολίζονται με πέντε σύμβολα απ' τα οποία το πρώτο αναφέρεται στο είδος της επενδύσεως, το δεύτερο στην κλάση του ηλεκτροδίου, το τρίτο στο πάχος της επενδύσεως, το τέταρτο παριστάνει το μήκος σε χιλιοστά και το πέμπτο τη διάμετρο σε χιλιοστά.

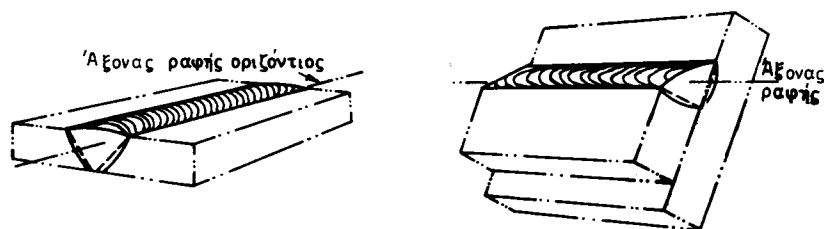
Παραδείγματος χάριν το ηλεκτρόδιο Ti VIIm 350.5 είναι τιτανοξειδιούχου επενδύσεως, κλάσεως VII, μέσου πάχους επενδύσεως, έχει μήκος 350 m και πάχος 5 mm.

5.6 Τεχνική των ηλεκτροσυγκολλήσεων τόξου.

α) Είδη ηλεκτροσυγκολλήσεως ανάλογα με τη θέση του αντικειμένου.

Ανάλογα με τη θέση των προς συγκόλληση τεμαχίων διακρίνουμε τις πιο κάτω τέσσερις κατηγορίες ηλεκτροσυγκολλήσεων:

1) Ηλεκτροσυγκολλήσεις πάνω σε οριζόντιο επίπεδο (σχ. 5.6α).



Σχ. 5.6α.

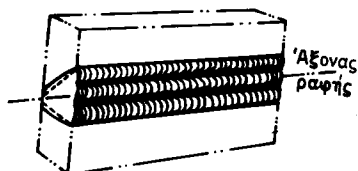
Ηλεκτροσυγκολλήσεις σε οριζόντιο επίπεδο.

2) Ηλεκτροσυγκολλήσεις οριζόντιες πάνω σε κατακόρυφο επίπεδο (σχ. 5.6β).

3) Ηλεκτροσυγκολλήσεις κατακόρυφες (σχ. 5.6γ).

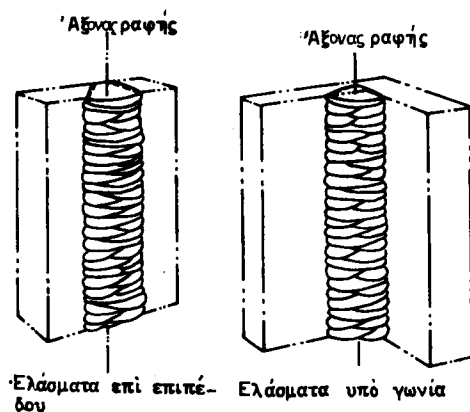
4) Ηλεκτροσυγκολλήσεις υπέρ κεφαλή (σχ. 5.6δ).

Απ' όλες τις κατηγορίες ηλεκτροσυγκολλήσεων ευκολότερη είναι η ηλεκτροσυγκόλληση σε οριζόντιο επίπεδο. Γι' αυτό όταν είναι δυνατόν μετακινούμε το αντικείμενο, έτσι ώστε η ηλεκτροσυγκόλληση να γίνεται πάντοτε πάνω σε οριζόντιο επίπεδο.



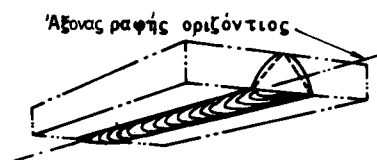
Σχ. 5.66.

Οριζόντια ηλεκτροσυγκόλληση σε κατακόρυφο επίπεδο.



Σχ. 5.6γ.

Κατακόρυφες ηλεκτροσυγκολλήσεις.



Σχ. 5.6δ.

Ηλεκτροσυγκόλληση υπέρ κεφαλή.

Υπάρχουν όμως περιπτώσεις, που εφαρμόζονται υποχρεωτικά τα λοιπά είδη ηλεκτροσυγκολλήσεων. Οι κατακόρυφες και οι υπέρ κεφαλή ηλεκτροσυγκολλήσεις απαιτούν εξασκημένο τεχνίτη και κατάλληλο ηλεκτρόδιο. Όπως είδαμε στην § 5.5 δεν είναι όλοι οι τύποι ηλεκτροδίων κατάλληλοι για κατακόρυφες και υπέρ κεφαλή ραφές. Το ηλεκτρόδιο στα είδη αυτά των ηλεκτροσυγκολλήσεων πρέπει να κολλάει εύκολα πάνω στο αντικείμενο, γιατί η πρόσφυση πρέπει να νικήσει και τη δύναμη της βαρύτητας, που τείνει να απομακρύνει την κόλληση από τη θέση ηλεκτροσυγκολλήσεως.

β) Είδη ραφών ηλεκτροσυγκολλήσεων.

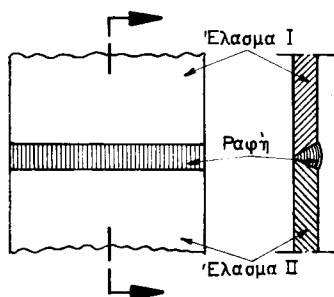
Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση το ηλεκτρόδιο λειώνει, εναποθέτει το υλικό του μεταξύ των προς συγκόλληση τεμαχίων και γεμίζει το μεταξύ τους διάκενο. Τα άκρα των τεμαχίων με το υλικό συγκολλήσεως, σχηματίζουν τη ραφή της συγκολλήσεως.

Οι ραφές μπορεί να είναι συνεχείς, όταν το επιβάλλει η αντοχή της συνδέσεως ή όταν επιθυμούμε στεγανότητα της ραφής, να είναι διακοπτόμενες, όταν με αυτές επιτυγχάνεται η επιθυμητή σύνδεση των τεμαχίων.

Στις ηλεκτροσυγκολλήσεις ανάλογα με το είδος της συνδέσεως των τεμαχίων διακρίνουμε τέσσερα είδη ραφών:

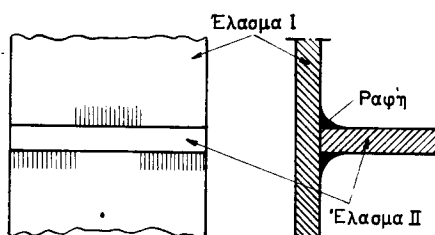
- 1) Εσωραφές ή θυθισμένες ραφές (σχ. 5.6ε).
- 2) Παράλληλες ή μετωπικές ραφές.
- 3) Εξωραφές ή ραφές σε γωνία (σχ. 5.6στ) και
- 4) Ραφές σε σχισμή (σχ. 5.6ζ).

Τα είδη των συνηθισμένων ραφών ηλεκτροσυγκολλήσεων και ο συμβολισμός τους ανάλογα και με την προετοιμασία των άκρων σημειώνεται στον πίνακα 5.6.1.



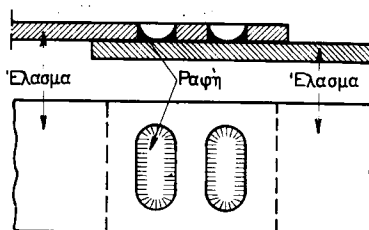
Σχ. 5.6ε.

Συνεχής εσωραφή ή θυθισμένη ραφή.



Σχ. 5.6στ.

Διακοπτόμενη εξωραφή ή ραφή σε γωνία.



Σχ. 5.6ζ.

Ραφή σε σχισμή.

γ) Προετοιμασία των άκρων των τεμαχίων προς ηλεκτροσυγκόλληση.

Στην παράγραφο αυτή θα ασχοληθούμε με τις μορφές, που δίνουμε στα άκρα των προς συγκόλληση τεμαχίων, ώστε να σχηματι-

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6.1
Είδη ραφών και συμβολισμός ηλεκτροσυγκολήσεων τόξου

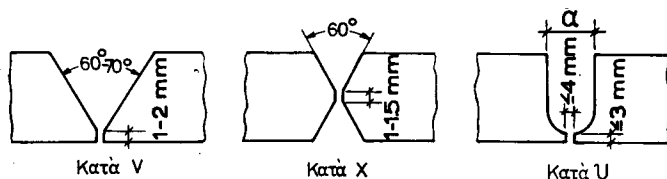
Είδη ραφών	Ονομασία	Προετοιμασία άκρων	Συμβολισμός ραφής	Συμβολισμός θέσεως συγκολήσεως		
				Παραστατικά		Ενδεικτικά
				Τομή	Όψη	
Εσωραφές	Ραφή με αναδίπλωση				Παράδειγμα για ραφή Χ	
	Ραφή Ι					Τομή
	Ραφή V					
	Ραφή Χ				Παράδειγμα για ραφή Υ	Όψη Υ
	Ραφή Κ					Τομή
	Ραφή Υ					
	Διπλή ραφή Υ					Όψη
Παράλληλες ή μεταπικτές ραφές	Επίκεδο ραφή V					
Εξωραφές ή ραφές σε γωνία	Ραφή ⊥ μονόπλευρη				Παράδειγμα για ραφή ⊥ μονόπλευρη	
	Ραφή ⊥ διπλευρή κατά Κ					Τομή
	Σταυροειδής ραφή					
	Ραφή ελασμάτων υπό γωνία					Όψη
	Μονόπλευρη ραφή με ελασμάτα σε επικάλυψη					
Ραφές σε σχισμή	Ελασμάτα σε επικάλυψη					

σθεί ο χώρος που απαιτείται για την κόλληση.

Ειδικότερα θα ασχοληθούμε με τις εσωραφές ή βυθισμένες ραφές, γιατί οι μεν εξωτερικές ραφές δεν χρειάζονται συνήθως προετοιμασία των άκρων, οι δε ραφές σε σχισμή απαιτούν ειδική προετοιμασία.

Το είδος της προετοιμασίας των άκρων εξαρτάται βασικά από το πάχος των τεμαχίων προς ηλεκτροσυγκόλληση. Έτσι, όταν έχουμε να συγκολλήσουμε ελάσματα μικρού πάχους, ακόμη και ως 5 mm, δεν κάνουμε συνήθως καμιά προετοιμασία των άκρων (ραφή 1).

Η προετοιμασία γίνεται όταν έχουμε ελάσματα πάχους μεγαλύτερου από 5 mm, και το είδος της εξαρτάται κυρίως από το πάχος του ελασματος. Ανάλογα με το πάχος διαμορφώνονται τα άκρα κατά V, X και U και σχηματίζονται οι αντίστοιχες ραφές (σχ. 5.6η).



Σχ. 5.6η.

Προετοιμασία των άκρων ελασμάτων για ηλεκτροσυγκόλληση.

Για ελάσματα πάχους μέχρι 15 mm χρησιμοποιούμε συνήθως τη ραφή V, για ελάσματα πάχους 15 μέχρι 25 mm τη ραφή X και για ελάσματα πάχους πάνω από 25 mm τη ραφή U.

Η ραφή U εφαρμόζεται μόνο για οριζόντιες ραφές, ενώ για κατακόρυφες ραφές χρησιμοποιούμε και για τα πάχη πάνω από 25 mm τη ραφή X. Σε ειδικές περιπτώσεις εφαρμόζεται και η διπλή ραφή U.

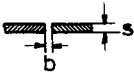
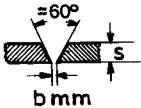
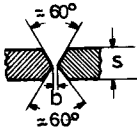
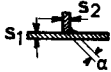
Στον πίνακα 5.6.2 δίνονται στοιχεία για την προετοιμασία των άκρων ελασμάτων για διάφορα πάχη ελασματος.

Στον ίδιο πίνακα σημειώνεται επίσης η απόσταση b, την οποίαν πρέπει να έχουν τα ελάσματα που θα συγκολληθούν, και η διάμετρος των απαιτούμενων για την ηλεκτροσυγκόλληση ηλεκτροδίων. Σε ραφή U το πλάτος α λαμβάνεται πενταπλάσιο της διαμέτρου του ηλεκτροδίου.

Όταν το έλασμα έχει μεγάλο πάχος, τότε η ραφή δεν είναι δυνατό να γεμίσει με ένα πέρασμα του ηλεκτροδίου, με μία στρώση όπως λέγεται, και γι' αυτό γεμίζουμε τη ραφή με περισσότερες στρώσεις,

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6.2

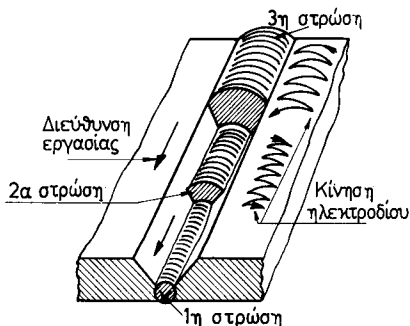
Είδος προετοιμασίας άκρων ελασμάτων για ηλεκτροσυγκόλληση και κατάλληλη διάμετρος ηλεκτροδίου

Είδος ραφής	Προετοιμασία των άκρων	Απόσταση b σε mm	Πάχος ελάσματος s σε mm	Διάμετρος ηλεκτροδίου σε mm
εσωραφές		= s	1 1,5 2	2 2 2,5
		$= \frac{s}{2}$	3 4 5	3 4 4
		1,5	5 6 8 10	4 4 και 5 4 και 5 4 και 5
		2	12 14 16	4 και 5 4, 5 και 6 4, 5 και 6
		1,5	12 14 16 18 20 25	4 και 5 4 και 5 4 και 5 4, 5 και 6 4, 5 και 6 4, 5 και 6
Ραφές σε γωνία			Η διάμετρος του ηλεκτροδίου καθορίζεται από το ύψος της ραφής α, το πάχος των ελασμάτων και τον αριθμό των στρώσεων.	

όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο σχήμα 5.6θ.

Όταν η ραφή γίνεται κατά στρώσεις, συνθηζόμε να χρησιμοποιούμε διαφορετικής διαμέτρου ηλεκτρόδια, για τις διάφορες στρώσεις. Έτσι χρησιμοποιούμε τα ηλεκτρόδια μικρότερης διαμέτρου για τις κάτω στρώσεις και τα ηλεκτρόδια μεγαλύτερης διαμέτρου για τις πάνω στρώσεις.

Όπως φαίνεται στο σχήμα 5.6θ, όταν πρέπει να θάλομε μεγάλη σχετική ποσότητα υλικού, τότε είναι απαραίτητο, για να γεμίσει η ραφή, το ηλεκτρόδιο να κινείται πλευρικά.



Σχ. 5.6θ.

Ραφή V σε τρεις στρώσεις.

δ) Εκλογή κατάλληλου ηλεκτροδίου για την ηλεκτροσυγκόλληση.

Όπως είδαμε στην § 5.5 για να καθορισθεί ένα ηλεκτρόδιο πρέπει να προσδιορισθεί το είδος και το πάχος της επενδύσεώς του, η αντοχή του μετάλλου του, καθώς και η διάμετρος και το μήκος του.

Για την εκλογή της επενδύσεως χρησιμοποιείται ο πίνακας 5.5.1.

Η κλάση του ηλεκτροδίου προσδιορίζεται από την αντοχή των τεμαχίων (§ 5.5) προς σύνδεση.

Η διάμετρος του ηλεκτροδίου καθορίζεται ανάλογα με το πάχος των προς συγκόλληση τεμαχίων. Ο πίνακας 5.6.2 εκτός από το είδος της διαμορφώσεως των άκρων δίνει και την κατάλληλη διάμετρο ηλεκτροδίου.

Για μικρότερα ελάσματα διαλέγουμε ηλεκτρόδια με μικρότερη διάμετρο, για να επιτυγχάνεται εύκολα το γέμισμα της ραφής. Όσο μεγαλώνει το πάχος του ελάσματος, που θα ηλεκτροσυγκολληθεί, τόσο ευκολότερα γίνεται το γέμισμα, γιατί αυξάνονται οι χώροι, που θα γεμίσουν με το ηλεκτρόδιο.

Για την αύξηση της παραγωγής είναι σκόπιμο να εκλέγουμε τη μεγαλύτερη δυνατή διάμετρο ηλεκτροδίου, ώστε να τοποθετούμε αναλογικά περισσότερο μέταλλο.

Η αύξηση όμως της παραγωγής δεν πρέπει να γίνεται σε βάρος της αντοχής της συνδέσεως, που δεν θα είναι καλή όταν δεν εισχωρήσει η κόλληση και δεν καλύψει ολόκληρο το μεταξύ των τεμαχίων διάκενο. Αυτό συμβαίνει όταν το ηλεκτρόδιο είναι μεγαλύτερης διαμέτρου από την απαιτούμενη.

Όσο αφορά το μήκος του ηλεκτροδίου εκλέγεται κατά το δυνατό μεγάλο, γιατί έτσι η απώλεια από το τεμάχιο που μένει είναι μικρότερη. Αυτό γίνεται γιατί, είτε μεγάλο είτε μικρό είναι το ηλεκτρόδιο, δεν θα χρησιμοποιηθεί το τμήμα που συγκρατείται από τη λαβίδα. Το τμήμα αυτό είναι το ίδιο και στις δύο περιπτώσεις. Τα μεγάλου μήκους ηλεκτρόδια όμως είναι δύσχρηστα.

Τα εργοστάσια κατασκευάζουν ηλεκτρόδια με μήκος 350-450 mm. Για τις συνηθισμένες ανάγκες χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια μήκους 350 mm.

Αφού εκλεγεί η διάμετρος, πρέπει να καθορισθεί η ένταση του ρεύματος συγκολλήσεως. Ο πίνακας 5.6.3 δίνει τις κατάλληλες τιμές της εντάσεως του ρεύματος συγκολλήσεως, ανάλογα με το ηλεκτρόδιο που χρησιμοποιούμε.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.6.3
Ένταση ρεύματος συγκολλήσεως (A)
ανάλογα με τη διάμετρο του ηλεκτροδίου

Γυμνά, διάτρητα και λεπτής επενδύσεως ηλεκτρόδια		Μέσης και παχιάς επενδύσεως ηλεκτρόδια	
Διάμετρος ηλεκτροδίου mm	Ένταση ρεύματος αμπέρ (A)	Διάμετρος ηλεκτροδίου mm	Ένταση ρεύματος αμπέρ (A)
2	50-70	2	50-80
3	90-130	2,5	60-110
4	140-190	3,25	90-160
5	190-250	4	130-200
6	240-330	5	180-260
		6	230-350

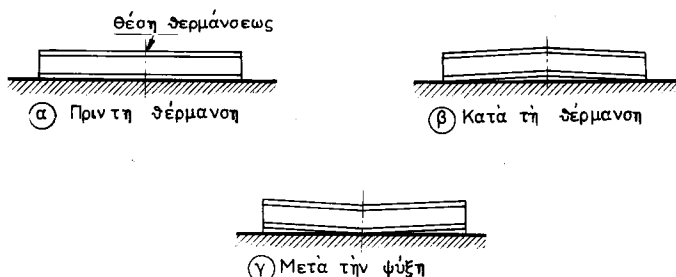
ε) Παραμορφώσεις κατά τις ηλεκτροσυγκολλήσεις - Μέθοδοι ηλεκτροσυγκολλήσεων.

Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση, τα τεμάχια θερμαίνονται τοπικά στις θέσεις ηλεκτροσυγκολλήσεως, λειώνει (τήκεται) μεταξύ τους η κόλληση και ψύχονται έπειτα μαζί με τη ραφή συγκολλήσεως στη θερμοκρασία του χώρου.

Οι αλλαγές αυτές της θερμοκρασίας προκαλούν διαστολές και συστολές των μετάλλων, αποτέλεσμα των οποίων είναι να προκαλούνται παραμορφώσεις και εσωτερικές τάσεις.

Όπως γνωρίζουμε από τη Φυσική, οι δυνάμεις που προκαλούνται κατά τις μεταβολές (συστολή, διαστολή) των μετάλλων λόγω θερμάνσεως είναι μεγάλες και ικανές να προκαλέσουν θραύση των αντικειμένων, όταν δεν παρέχεται σ' αυτά η ελευθερία να διασταλούν ή να συσταλούν.

Σαν παράδειγμα έστω η θέρμανση μιας δοκού I (διπλού ταυ) (σχ. 5.6i – στο μέσο και στο πάνω πέλαμα). Η δοκός παραμορφώνεται και λαμβάνει κατά τη θέρμανση τη μορφή β και κατά την ψύξη που ακολουθεί τη μορφή γ.



Σχ. 5.6i.

Παραμόρφωση δοκού από διπλό ταυ κατά τη θέρμανση και την μετέπειτα ψύξη.

Τα μέτρα που λαμβάνονται έχουν σκοπό, αφενός να μειώσουν κατά το δυνατό τις υπερθερμάνσεις και συνεπώς και τις εξαιτίας τους παραμορφώσεις και αφετέρου να επιτρέψουν στα τεμάχια να παραμορφωθούν μεν, αλλά κατά διευθύνσεις που θέλουμε.

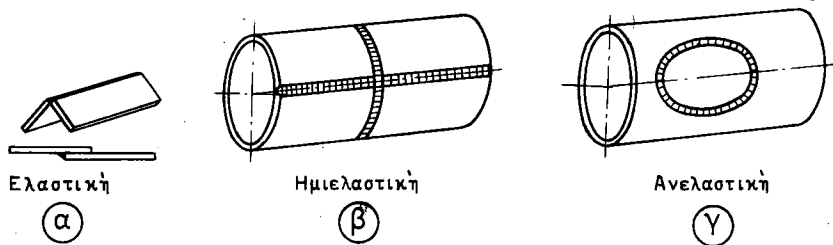
Για να μειωθούν οι παραμορφώσεις κατά τις ηλεκτροσυγκολλήσεις είναι απαραίτητο να ληφθούν τα κατάλληλα μέτρα και να χρησιμοποιηθεί η καταλληλότερη από τις τρεις μεθόδους ηλεκτροσυγκολλήσεως, που περιγράφουμε πιο κάτω.

Ανάλογα με την επίδραση των παραμορφώσεων πάνω στο τεμάχιο διακρίνουμε τρία είδη συνδέσεων:

- α) Την ελεύθερη ή ελαστική σύνδεση
- β) την ημιαστική σύνδεση και
- γ) την ανελαστική σύνδεση.

Χαρακτηριστικά παραδείγματα των συνδέσεων αυτών βλέπουμε στο σχήμα 5.6ia.

Κατά την ελεύθερη ή ελαστική σύνδεση οι τάσεις παραμορφώσεως παραλαμβάνονται ελεύθερα από τα τεμάχια. Κατά τη μέθοδο αυτή συνδέουμε με λαβίδα τα προς συγκόλληση τεμάχια πριν από τη συγκόλληση, ώστε οι παραμορφώσεις να μην απομακρύνουν τα

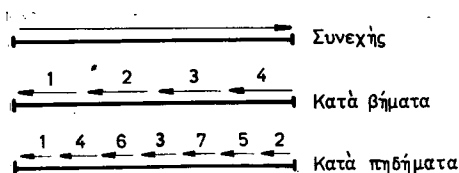


Σχ. 5.6ia.
Είδη συνδέσεως.

τεμάχια μεταξύ τους. Όταν η συγκόλληση φθάσει κοντά στη λαβίδα, απομακρύνουμε την λαβίδα, επακολουθεί συγκόλληση, νέα μετατόπιση της λαβίδας κ.ο.κ.

Στις ημιαστικές συνδέσεις υπάρχει περιορισμένη ευχέρεια παραμορφώσεως των τεμαχίων, ενώ στις ανελαστικές συνδέσεις δεν υπάρχει δυνατότητα μετατοπίσεως ή παραμορφώσεως.

Ανάλογα με τη διαδοχή των θέσεων, όπου γίνεται η ηλεκτροσυγκόλληση, διακρίνουμε τρεις μεθόδους συγκολλήσεως, τη συνεχή, την κατά βήματα και την κατά πηδήματα (σχ. 5.6ιβ).



Σχ. 5.6ib.
Μέθοδοι ηλεκτροσυγκολλήσεως.

1) Συνεχής ηλεκτροσυγκόλληση.

Η συνεχής ηλεκτροσυγκόλληση χρησιμοποιείται για αντικείμενα του ίδιου πάχους και όταν η απαγωγή της θερμότητας είναι η ίδια και στα δύο αντικείμενα. Πριν από την κύρια σύνδεση των τεμαχίων πρέπει να συνδέσουμε με ηλεκτροσυγκόλληση διάφορα σημεία (τοιμπήματα), γιατί έτσι συγκρατούνται σταθερά τα τεμάχια στη θέση τους.

Όταν πρέπει να συγκολλήσουμε λαμαρίνες μεγάλου πάχους κατά τη μέθοδο αυτή, πρέπει να φροντίσουμε για την απαγωγή της θερμότητας.

Τη μέθοδο της συνεχούς ηλεκτροσυγκολλήσεως χρησιμοποιούμε,

όταν η σύνδεση είναι ελαστική, καθώς και σε ημιελαστικές συνδέσεις, όταν το μήκος της ραφής δεν είναι μεγαλύτερο από 250 mm.

2) Ηλεκτροσυγκόλληση κατά θήματα.

Η διαδοχή των θημάτων φαίνεται στο σχήμα 5.6ιβ. Τα θήματα έχουν μήκος 200-400 mm, ανάλογα με το πάχος των προς σύνδεση τεμαχίων και το είδος της συνδέσεως.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται στην ημιελαστικές συνδέσεις, όπου υπάρχει περιορισμένη ευχέρεια μετατοπίσεως των τεμαχίων και γι' αυτό προσπαθούμε να μειώσουμε τις υπερθερμάνσεις με την ηλεκτροσυγκόλληση κατά θήματα.

Επίσης χρησιμοποιείται στις ελαστικές συνδέσεις, όταν τα τεμάχια που θα συνδεθούν έχουν διαφορετικό πάχος. Ακόμη χρησιμοποιείται σε αρκετές περιπτώσεις ανελαστικών συνδέσεων.

3) Ηλεκτροσυγκόλληση κατά πηδήματα.

Κατά τη μέθοδο αυτή το συνολικό μήκος της ραφής υποδιαιρείται σε περιττό αριθμό ίσων μηκών. Κάθε ένα από τα μήκη αυτά πρέπει να είναι 5-20 mm. Η ηλεκτροσυγκόλληση γίνεται με την ίδια κατεύθυνση και με σειρά διαδοχής των αριθμών, που έχει καθορισθεί έτσι, ώστε η υπερθέρμανση των τεμαχίων να είναι ελάχιστη.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως σε ανελαστικές συνδέσεις. Σ' αυτές δεν υπάρχει δυνατότητα μετατοπίσεως των τεμαχίων και συνεπώς οι υπερθερμάνσεις πρέπει να είναι κατά το δυνατό μικρότερες.

Ανελαστικές είναι οι συνδέσεις κατά την επισκευή τεμαχίων, που έχουν ρωγμές σε ορισμένο μήκος. Στις περιπτώσεις αυτές μάλιστα, για να αποφευχθεί επέκταση της ρωγμής που γίνεται με την επίδραση των δυνάμεων παραμορφώσεως ανοίγουμε δύο οπές (τρύπες) στα άκρα της ρωγμής, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.6ιγ.

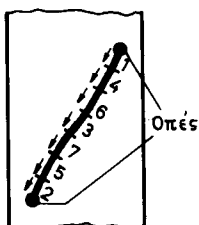
Για να περιορίσουμε τις παραμορφώσεις και στις τρεις μεθόδους παρασκευάζουμε ιδιοσυσκευές πάνω στις οποίες προσδένονται τα τεμάχια, που θα συγκολληθούν.

Οι ιδιοσυσκευές που χρησιμοποιούνται κυρίως σε περιπτώσεις ελαστικών ελευθέρων συνδέσεων, σκοπό έχουν να μην επιτρέπουν την παραμόρφωση των τεμαχίων κατά τρόπο ελεύθερο, αλλά κατά ορισμένες διευθύνσεις.

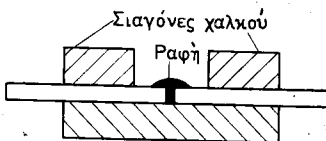
Όταν έχουμε να συγκολλήσουμε ελάσματα μεγάλου πάχους και για να μειώσουμε τις υπερθερμάνσεις και συνεπώς και τις παραμορφώσεις, είναι προτιμότερο να κατασκευάζουμε τη ραφή σε στρώσεις, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.6θ. Στο ίδιο σχήμα φαίνεται επίσης η σωστή ακολουθία των στρώσεων.

Οι παραμορφώσεις μειώνονται επίσης με την απαγωγή της θερμότητας από τη θέση συγκολλήσεως, γιατί τότε η θερμοκρασία των τεμαχίων παραμένει σχετικά χαμηλή.

Στο σχήμα 5.6ιδ βλέπουμε πως απάγομε τη θερμότητα χρησιμοποιώντας σιαγόνες από χαλκό. Ο χαλκός χρησιμοποιείται, γιατί είναι καλύτερος αγωγός της θερμότητας από το σίδηρο.



Σχ. 5.6ιγ.
Επισκευή ρωγμής.
Διαδοχή της
ηλεκτροσυγκολλήσεως
κατά πηδήματα.



Σχ. 5.6ιδ.
Μείωση παραμορφώσεων
με απαγωγή της θερμότητας.

Οι τοπικές υπερθερμάνσεις και η ανομοιόμορφη πήξη της ραφής συγκολλήσεως και των άκρων των τεμαχίων που ηλεκτροσυγκολλούνται προκαλούν εσωτερικές τάσεις.

Οι εσωτερικές τάσεις είναι δυνάμεις που ασκούνται από ένα μικρό τμήμα της ραφής στο διπλανό του. Οι δυνάμεις αυτές, άλλες εφελκυσμού και άλλες θλίψεως, εξουδετερώνονται μεταξύ τους.

Η ύπαρξη όμως εσωτερικών τάσεων εμποδίζει την ομοιόμορφη καταπόνηση της ραφής συγκολλήσεως. Για το λόγο αυτό, όταν η ραφή πρόκειται να καταπονηθεί, πρέπει να εξουδετερωθούν οι τάσεις αυτές. Η εξουδετέρωση επιτυγχάνεται με ανόπτηση του αντικειμένου μετά την ηλεκτροσυγκόλληση.

Κατά την ανόπτηση το συγκολλημένο τεμάχιο θερμαίνεται μέσα σε κλίβανο σε θερμοκρασία μικρότερη από το σημείο τήξεως και κατόπιν ψύχεται ομαλά.

Για να μειώσουμε τις εσωτερικές τάσεις στη ραφή αμέσως μετά την ηλεκτροσυγκόλληση και όταν η ραφή είναι ακόμη εύπλαστη από την θέρμανση, σφυρηλατούμε το πρόσθετο υλικό και το υλικό των τεμαχίων στις θέσεις που συνορεύει με την κόλληση.

5.7 Προσθήκη μετάλλου με ηλεκτροσυγκόλληση.

Η προσθήκη μετάλλου με ηλεκτροσυγκόλληση είναι μέθοδος που, λόγω των πλεονεκτημάτων της, χρησιμοποιείται πολύ για την

αποκατάσταση φθαρμένων τεμαχίων.

Με μικρή σχετικά δαπάνη υλικών και εργασίας, αντικείμενα, τα οποία από τη φθορά έχουν καταστεί ακατάλληλα, επαναφέρονται στις αρχικές τους διαστάσεις.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται όταν το κόστος ανακατασκευής είναι μικρότερο από το κόστος προμήθειας νέου εξαρτήματος και βεβαίως όταν είναι αδύνατη η προμήθεια του νέου τεμαχίου μέσα σε λίγο χρονικό διάστημα.

Με κατάλληλη εκλογή της ποιότητας του ηλεκτροδίου δίνουμε στο γέμισμα τις κατάλληλες ιδιότητες, ανάλογα με τις περιπτώσεις, που μπορεί να είναι οι ίδιες με τις ιδιότητες του τεμαχίου ή διαφορετικές. Σε ορισμένες περιπτώσεις απαιτείται γέμισμα αυξημένης αντοχής.

Συνήθως για το γέμισμα χρησιμοποιούνται ειδικά ηλεκτρόδια διαφόρων ποιοτήτων. Η εκλογή του είδους του ηλεκτροδίου εξαρτάται από τις ιδιότητες που θέλουμε να έχει το γέμισμα, όπως π.χ. αντοχή σε θερμότητα, αντοχή σε οξειδωση, σκληρότητα κ.ο.κ. Εκτός από τα ηλεκτρόδια αυτά υπάρχουν επίσης και ηλεκτρόδια που μπορούν να χρησιμοποιηθούν τόσο για ηλεκτροσυγκολλήσεις όσο και για γεμίσματα.

Η προσθήκη μετάλλου γίνεται συνήθως με ηλεκτρικό τόξο και μεταλλικό ηλεκτρόδιο. Είναι δυνατόν όμως να χρησιμοποιηθούν άλλες μέθοδοι, όπως π.χ. η μέθοδος με φλόγα (οξυγονοκόλληση), η ηλεκτροσυγκόλληση με τόξο άνθρακα.

Ηλεκτρικό τόξο χρησιμοποιούμε κατά την επισκευή με γέμισμα αξόνων, ελάστρων, ραούλων, διαμορφώσεως ελασμάτων, πεδίων ερπυστριοφόρων μηχανημάτων κλπ.

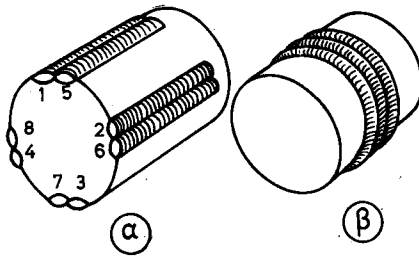
Κατά το γέμισμα ο ηλεκτροσυγκολλητής φροντίζει το τοποθετημένο μέταλλο να μην έχει πόρους και σκουριές στη μάζα του.

Για να μην υπερθερμαίνεται τοπικά το τεμάχιο, γεμίζουμε διαδοχικά σε διάφορα σημεία, όπως χαρακτηριστικά φαίνεται στο σχήμα 5.7α(α). Έτσι, αφού εκτελέσουμε τη ραφή 1 εκτελούμε τη ραφή 2, μετά τη ραφή 3 κ.ο.κ., μέχρι να συμπληρωθεί το γέμισμα.

Γέμισμα κατά τον τρόπο που φαίνεται στην περίπτωση β του σχήματος 5.7α δεν ενδείκνυται, όταν ο άξονας καταπονείται σε κάμψη.

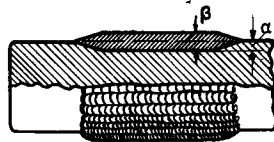
Στο σχήμα 5.7β βλέπουμε άξονα, από τον οποίο λείπει υλικό σε βάθος (α) και το γέμισμά του με ηλεκτρόδιο σε πάχος (β). Κατά τη μηχανουργική κατεργασία του άξονα αφαιρείται το υλικό που περισσεύει.

Όταν το υλικό γεμίσματος είναι σκληρό, η κατεργασία του



Σχ. 5.7α.

Προσθήκη μετάλλων
με ηλεκτροσυγκόλληση.



Σχ. 5.7β.

Προσθήκη μετάλλου με ηλεκτρο-
συγκόλληση (κατά μήκος τομή).

αντικειμένου μετά το γέμισμα γίνεται μόνο με σμυριδοτροχό. Επειδή όμως η κατεργασία με σμυριδοτροχό, όπως γνωρίζουμε, αφαιρεί το υλικό λίγο-λίγο στην περίπτωση σκληρού γεμίσματος φροντίζουμε το πάχος που θα κατεργασθούμε να είναι όσο το δυνατό μικρότερο, ώστε το κόστος της κατεργασίας μετά το γέμισμα να μην είναι μεγάλο.

5.8 Πρακτικές οδηγίες για την ηλεκτροσυγκόλληση τόξου.

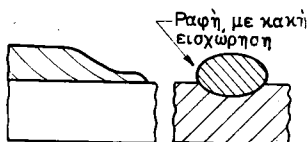
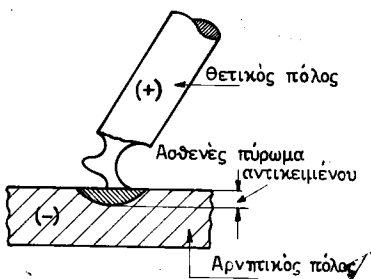
α) Εργαλεία και υλικά, προετοιμασία ηλεκτροσυγκολλήσεως.

- 1) Να ελέγχεις πριν αρχίσεις την εργασία, τα εργαλεία και τις διατάξεις ασφάλειας.
Τα καλώδια δεν πρέπει να συνδέονται χαλαρά στις συνδέσεις τους γιατί στις θέσεις των χαλαρών συνδέσεων δημιουργούνται τόξα, τα οποία λειώνουν τους ακροδέκτες.
Η μάσκα προστασίας πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση για να προστατεύει τα μάτια από την ακτινοβολία του τόξου.
- 2) Να προσέχεις ώστε η επένδυση του ηλεκτροδίου να είναι ξηρή και να μην είναι καταστραμμένη. Εκεί όπου δεν υπάρχει επένδυση, δεν θα δημιουργηθεί προστατευτική ατμόσφαιρα κατά τη συγκόλληση, με αποτέλεσμα να οξειδωθεί η κόλληση και να δημιουργηθεί χαλαρή σύνδεση.
- 3) Να επιλέγεις πάντοτε το κατάλληλο ηλεκτρόδιο. Πρόσεξε ιδιαίτερα το είδος των υλικών, που θα συγκολληθούν.
- 4) Όταν χρησιμοποιείς συνεχές ρεύμα, το ηλεκτρόδιο να είναι συνδεδεμένο στο σωστό πόλο, θετικό ή αρνητικό, σύμφωνα με τις οδηγίες του κατασκευαστή των ηλεκτροδίων.
Ο έλεγχος της πολικότητας μπορεί να γίνει με τους εξής τρόπους:

α) Όταν το ηλεκτρόδιο είναι συνδεδεμένο στο θετικό πόλο, το αντικείμενο πυρώνεται λίγο και το τοποθετημένο υλικό δεν εισχωρεί βαθιά στο αντικείμενο (σχ. 5.8α). Το ηλεκτρόδιο λειώνει πιο γρήγορα επειδή ο θετικός πόλος θερμαίνεται περισσότερο. Στην περίπτωση αυτή το ηλεκτρόδιο θερμαίνεται 400°C περισσότερο από όσο όταν συνδέεται με τον αρνητικό πόλο.

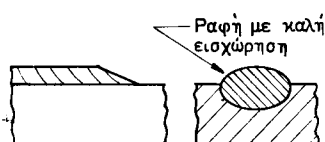
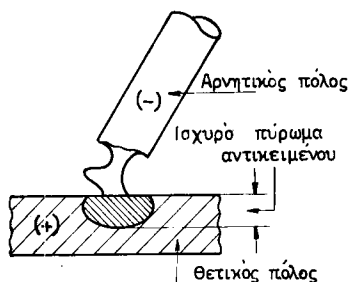
Όταν το ηλεκτρόδιο είναι συνδεδεμένο με τον αρνητικό πόλο, το πύρωμα του αντικειμένου είναι μεγαλύτερο και το τοποθετημένο υλικό εισχωρεί βαθύτερα (σχ. 5.8β).

β) Άφησε δύο ίσα ηλεκτρόδια να καούν κάτω από την επίδραση του τόξου. Εκείνο που καίγεται περισσότερο είναι συνδεδεμένο στο θετικό πόλο (σχ. 5.8γ).



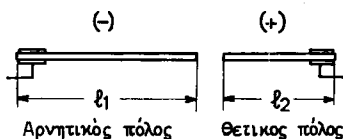
Σχ. 5.8β.

Ηλεκτροσυγκόλληση με ηλεκτρόδιο στον αρνητικό πόλο.



Σχ. 5.8α.

Ηλεκτροσυγκόλληση με ηλεκτρόδιο στο θετικό πόλο.



Σχ. 5.8γ.

Συγκριτική κατανάλωση ηλεκτροδίων.

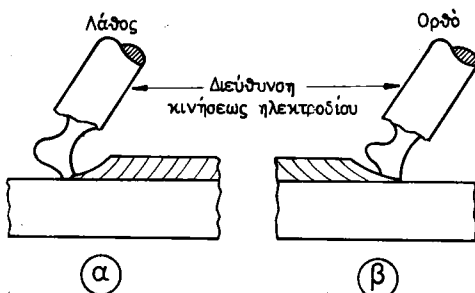
γ) Όταν το ηλεκτρόδιο είναι συνδεδεμένο στον αρνητικό πόλο με την ίδια ρύθμιση της μηχανής επιτυγχάνεται μεγαλύτερο

τόξο, από όσο επιτυγχάνεται όταν είναι συνδεδεμένο στο θετικό πόλο.

- 5) Να προσέχεις ώστε οι επιφάνειες που θα συγκολληθούν να μην έχουν σκουριές, λάδια, λίπη ή χρώματα, γιατί τότε δημιουργείται ραφή μειωμένης αντοχής με πόρους και σκουριές.
- 6) Αν τα άκρα που θα ηλεκτροσυγκολληθούν έχουν κοπεί και διαμορφωθεί με φλόγα, καθάρισε καλά την επιφάνεια με την ατσαλόβουρτσα, για να απομακρυνθούν τα οξειδία και οι φυσαλίδες μετάλλου που υπάρχουν.
- 7) Να εκλέξεις κατάλληλη προετοιμασία των άκρων. Όσο μεγαλύτερης διατομής είναι η ραφή, τόσο αυξάνεται η κατανάλωση των ηλεκτροδίων του ρεύματος και ο χρόνος συγκολλήσεως.
- 8) Κατά τη συγκόλληση τεμαχίων διαφορετικού πάχους η απαγωγή της θερμότητας πρέπει να είναι η ίδια και από τα δύο τεμάχια. Διαμόρφωσε κατάλληλα το χονδρό τεμάχιο. Δύο περιπτώσεις διαμορφώσεων φαίνονται στα σχήματα 4.6β και 4.6γ.

6) Εκτέλεση της ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου.

- 1) Στο σχήμα 5.8δ φαίνεται η λανθασμένη και η σωστή διεύθυνση κινήσεως του ηλεκτροδίου.



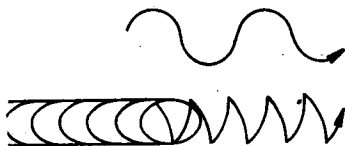
Σχ. 5.8δ.

Λανθασμένη και ορθή διεύθυνση κινήσεως του ηλεκτροδίου.

Όταν το ηλεκτρόδιο κινείται, όπως φαίνεται στο σχήμα 5.8δ(α), οι σκουριές που επιπλέουν ωθούνται προς το καθαρό μέρος, που δεν έχει ακόμη ηλεκτροσυγκολληθεί, η δε κόλληση μένει ακάλυπτη και ψύχεται γρήγορα. Αντίθετα, όταν το ηλεκτρόδιο κινείται όπως στο σχήμα 5.8δ(β), οι σκουριές καλύπτουν την επιφάνεια της κολλήσεως, η ψύξη της κολλήσεως γίνεται ομαλότερη και η προς συγκόλληση επιφάνεια παραμένει καθαρή. Επίσης εμποδίζεται η οξείδωση της κολλήσεως από το

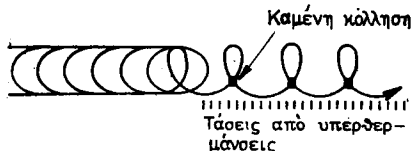
οξυγόνο του αέρα, επειδή προστατεύεται από την κρούστα που επιπλέει.

- 2) Να οδηγείς το ηλεκτρόδιο όπως φαίνεται στο σχήμα 5.8ε. Η πορεία του ηλεκτροδίου δεν πρέπει να διασταυρώνεται όπως φαίνεται στο σχήμα 5.8στ, γιατί δημιουργούνται υπερθερμάνσεις, αποτέλεσμα των οποίων είναι η δημιουργία τάσεων και επομένως κακή ραφή της συγκολλήσεως.



Σχ. 5.8ε.

Ορθή κίνηση ηλεκτροδίου.

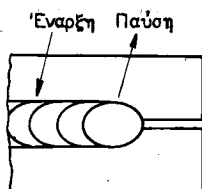


Σχ. 5.8στ.

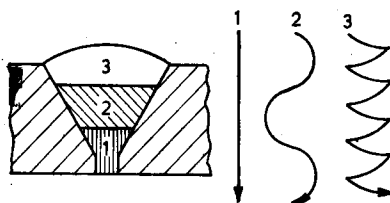
Λανθασμένη κίνηση ηλεκτροδίου.

- 3) Το μήκος του τόξου πρέπει να είναι όσο το δυνατό μικρό, πάντως όχι μεγαλύτερο από τη διάμετρο του ηλεκτροδίου. Όταν το τόξο είναι μακρύ, το πύρωμα του αντικειμένου δεν είναι ικανοποιητικό και η κόλληση οξειδώνεται από τον αέρα, γιατί η επένδυση του ηλεκτροδίου δεν επαρκεί για να προστατεύσει ολόκληρο το χώρο του μεγάλου μήκους τόξου.
- 4) Να προσέχεις το θόρυβο που κάνει το τόξο. Όταν ο θόρυβος είναι ο σωστός τότε το τόξο καίει στο σωστό μήκος με το απαιτούμενο ρεύμα και η τήξη του ηλεκτροδίου είναι κανονική.
- 5) Μετά το τέλος της εργασίας για να σθήσει το τόξο να φέρεις το ηλεκτρόδιο στο αντικείμενο. Έτσι δεν δημιουργείται μεγάλο μήκος τόξου με την απομάκρυνση του ηλεκτροδίου από τη ραφή και η κόλληση δεν οξειδώνεται.
- 6) Όταν αλλάζεις ηλεκτρόδιο, να αρχίζεις την εργασία όχι από το σημείο της ραφής, που είχες φθάσει με το προηγούμενο ηλεκτρόδιο, αλλά 10 cm πριν, αλλιώς η ραφή δεν θα είναι στεγανή (σχ. 5.8ζ).
- 7) Να προσέχεις πώς οδηγείς το ηλεκτρόδιο. Στις ραφές πολλών στρώσεων το ηλεκτρόδιο οδηγείται κατά διαφορετικό τρόπο στις διάφορες στρώσεις. Η σωστή πορεία του ηλεκτροδίου κατά τη συγκόλληση λαμαρίνας πάχους 16 mm σε τρεις στρώσεις φαίνεται στο σχήμα 5.8η.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα 5.6.2, η πρώτη στρώση θα γίνει με ηλεκτρόδιο 4 mm και οι επόμενες με ηλεκτρόδια 5 και 6 mm.

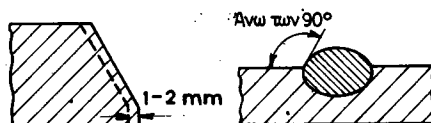


Σχ. 5.8ζ.
Θέσεις έναρξεως
και παύσεως του τόξου.



Σχ. 5.8η.
Ορθή οδήγηση του τόξου σε ηλεκτρο-
συγκόλληση τριών στρώσεων.

- 8) Πριν από την τοποθέτηση της νέας στρώσεως πρέπει να αφαιρείται, με το ειδικό σφυρί του ηλεκτροσυγκολλητή και τη συρματινή θούρτσα, η κρούστα που δημιουργείται από την επένδυση του ηλεκτροδίου.
- 9) Να παρατηρείς την εισχώρηση της κολλήσεως στα συγκολλούμενα μέταλλα. Από αυτό μπορείς να αντιληφθείς αν το ρεύμα συγκολλήσεως έχει την κατάλληλη ένταση. Αν η δημιουργημένη ραφή σχηματίζει γωνία μεγαλύτερη από 90° (σχ. 5.8θ), η ένταση του ρεύματος είναι κανονική. Η εισχώρηση είναι τότε 1-2 mm.



Σχ. 5.8θ.
Κανονική ένταση ρεύματος. Καλή εισχώρηση.

Αν το πλάτος της ραφής είναι μεγάλο, τότε λειώνει (τήκεται) μεγάλη ποσότητα ηλεκτροδίου. Αυτό σημαίνει ότι το ρεύμα είναι πολύ μεγάλο και συνεπώς πρέπει να μειωθεί.

Αν το μέσο της ραφής βρίσκεται εκτός του τεμαχίου, η διείσδυση είναι κακή. Το ρεύμα είναι λίγο και πρέπει να αυξηθεί (σχ. 5.8ι).

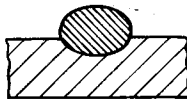
- 10) Σε κάθετες ηλεκτροσυγκολλήσεις να χρησιμοποιείς ένταση ρεύματος κατά 10-20% μεγαλύτερη. Το ηλεκτρόδιο πρέπει να ρέει εύκολα στο είδος αυτό των ραφών.
- 11) Αν κατά την ηλεκτροσυγκόλληση δημιουργείται μαγνητικό φύσημα, να το αποφύγεις με ένα από τους πιο κάτω τρόπους:
- α) Να μετακινήσεις το ηλεκτρόδιο προς την αντίθετη κατεύ-

- θυνση από εκείνη που δημιουργεί το φύσημα (σχ. 5.8ια).
 6) Να τοποθετήσεις περισσότερες επαφές με τις οποίες θα επιστρέφει το ρεύμα.

Πλεόνασμα κολλήσεως



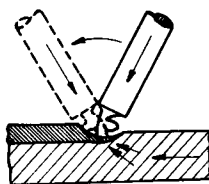
Πάρα πολύ ρεύμα



λίγο ρεύμα

Σχ. 5.8ι.

Μη κανονική ένταση - Κακή εισχώρηση.



Σχ. 5.8ια.

Διόρθωση μαγνητικού φυσημάτος με αλλαγή της γωνίας του ηλεκτροδίου.

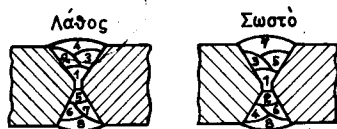
- γ) Οι απότομες ακμές του αντικειμένου δημιουργούν μαγνητικό φύσημα. Να προσπαθήσεις να το αποφύγεις με την τοποθέτηση ενός σιδερένιου αντικειμένου παράλληλα με την ακμή που συγκολλάται.
- δ) Να τοποθετήσεις το αντικείμενο πάνω σε μεγάλη σιδερένια πλάκα. Έτσι το μαγνητικό φύσημα περιορίζεται γιατί το ρεύμα οδηγείται προς όλες τις κατευθύνσεις.
- 12) Κατά τη συγκόλληση όχι ελαστικής ραφής, να χρησιμοποιείς τη μέθοδο συγκολλήσεως κατά θήματα ή τη μέθοδο συγκολλήσεως κατά πηδήματα. Να περιμένεις μέχρι η υπερθέρμανση του τεμαχίου να γίνει κατά το δυνατό ομοιόμορφη.
- 13) Ποτέ μην κάνεις ηλεκτροσυγκόλληση ελασμάτων πάχους πάνω από 5 mm με μία μόνο στρώση.
 Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση παχέων ελασμάτων με μία στρώση δημιουργούνται τοπικές υπερθερμάνσεις, παραμορφώσεις και πολύ μεγάλες εσωτερικές τάσεις. Οι πολλές στρώσεις μειώνουν τις υπερθερμάνσεις και τις εσωτερικές τάσεις.
- 14) Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση σε στρώσεις κατά ραφή V χρησιμοποίησε τη σειρά στρώσεων του σχήματος 5.8ιβ. Έτσι απομακρύνεται ευκολότερα η κρούστα με τις σκουριές.



Σχ. 5.8ιβ.

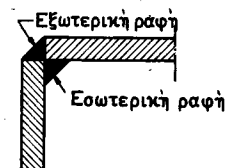
Ορθή σειρά στρώσεων σε ραφή κατά V.

- 15) Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση ραφής κατά Χ, οι στρώσεις να εναλλάσσονται κατά σειρά και στις δύο πλευρές. Έτσι οι παραμορφώσεις είναι μειωμένες (σχ. 5.8ιγ).
- 16) Η ραφή σε γωνία ελασμάτων πάχους πάνω από 12 mm πρέπει να έχει ύψος τουλάχιστον 8 mm και να γίνεται με περισσότερες από μία στρώση.
- 17) Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση ελασμάτων υπό γωνία να κολλάς πρώτα την εσωτερική ραφή και κατόπιν την εξωτερική (σχ. 5.8ιδ). Οι τάσεις που δημιουργούνται κατά την ηλεκτροσυγκόλληση της εξωτερικής ραφής, επαναφέρουν τα ελάσματα στην ορθή γωνία.



Σχ. 5.8ιγ.

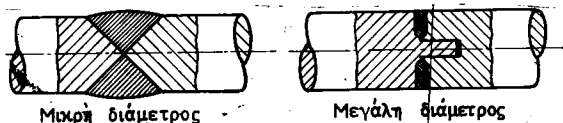
Λανθασμένη και ορθή σειρά στρώσεων σε ραφή Χ.



Σχ. 5.8ιδ.

Ηλεκτροσυγκόλληση ελασμάτων υπό γωνία.

- 18) Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση ελασμάτων με επικάλυψη πρέπει να συγκολλούμε εναλλάξ τμήματα της μιας και της άλλης ραφής. Έτσι τα ελάσματα είναι κατά τη συγκόλληση ελεύθερα. Αν ηλεκτροσυγκολληθεί η μία ραφή, τότε η άλλη συγκόλληση είναι ανελαστική και συνεπώς, αν δεν ληφθούν κατάλληλα μέτρα είναι δυνατό να δημιουργηθούν ρωγμές.
- 19) Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση αξόνων μικρής διαμέτρου εκτελούμε ραφή Χ, ενώ κατά την ηλεκτροσυγκόλληση άξονα μεγάλης διαμέτρου ραφή με διπλό U (σχ. 5.8ιε).



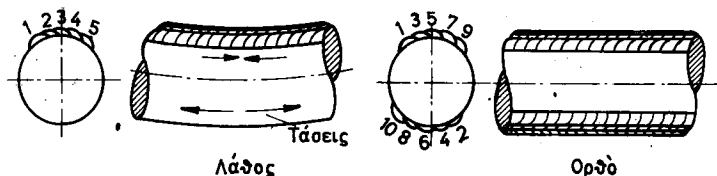
Σχ. 5.8ιε.

Ηλεκτροσυγκόλληση αξόνων.

Είναι φανερό ότι η ραφή Χ όταν εφαρμόζεται σε άξονες μεγάλης διαμέτρου απαιτεί μεγάλη ποσότητα ηλεκτροδίου και προκαλεί μεγάλες τάσεις παραμορφώσεως, γιατί το μήκος της

ραφής στην εξωτερική διάμετρο του άξονα είναι μεγάλο.

- 20) Κατά το γέμισμα αξόνων πρέπει να ακολουθείς για τις στρώσεις τη σωστή σειρά (σχ. 5.8ιστ), ώστε οι τάσεις που προκαλούνται να μην παραμορφώνουν τον άξονα.



Σχ. 5.8ιστ.

Λανθασμένη και ορθή σειρά στρώσεων κατά την προσθήκη μετάλλου σε άξονα.

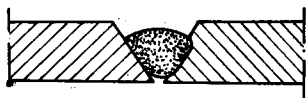
5.9 Ελαττώματα ηλεκτροσυγκολλήσεων τόξου.

Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις τόξου εκτελούνται από ειδικευμένους τεχνίτες, τους ηλεκτροσυγκολλητές. Ο καλός τεχνίτης εκτελεί ραφή αντοχής και στρωτή. Η αντοχή της ραφής ηλεκτροσυγκολλήσεως όταν είναι επιτυχημένη πλησιάζει την αντοχή των ολοκληρών τεμαχίων.

Όταν ο τεχνίτης δεν έχει την απαραίτητη εμπειρία ή δεν προσέξει ή δεν προχωρήσει στην κατάλληλη εκλογή των συνθηκών, κάτω από τις οποίες εκτελείται η συγκόλληση, παρουσιάζονται ελαττώματα. Στα επόμενα αναφέρονται τα ελαττώματα αυτά και αναλύονται οι αιτίες που τα προκαλούν.

α) Κακή εισχώρηση της κολλήσεως.

Κακή εισχώρηση της κολλήσεως στο διάκενο, που έχει προβλεφθεί γι' αυτή, παρουσιάζεται, όταν είναι μικρή η ένταση, όταν η πρόωση του ηλεκτροδίου είναι γρήγορη ή όταν η προετοιμασία των τεμαχίων δεν είναι καλή (σχ. 5.9).



Σχ. 5.9.

Κακή εισχώρηση κολλήσεως.

β) Ρωγμές στη ραφή.

Οι ρωγμές μειώνουν την αντοχή της συνδέσεως. Οφείλονται κυρίως σε ακατάλληλο ηλεκτρόδιο, υπερβολική ένταση του ρεύμα-

τος, κακή προετοιμασία των αντικειμένων, παχύ ή πολύ ψυχρό αντικείμενο, γρήγορη πρόωση του ηλεκτροδίου κ.ά.

Όταν το αντικείμενο είναι πολύ ψυχρό, απαιτείται ενδεχομένως προθέρμανσή του στη θέση ηλεκτροσυγκολλήσεως.

γ) Οξειδία και πόροι στη ραφή.

Τα οξειδία και οι πόροι μειώνουν την ομοιογένεια της ραφής και συνεπώς και την αντοχή της.

Για να αποφεύγονται, πρέπει να χρησιμοποιείται το κατάλληλο ηλεκτρόδιο και τα αντικείμενα στη θέση ηλεκτροσυγκολλήσεως να είναι καθαρά. Η ένταση του ρεύματος πρέπει επίσης να είναι αρκετή και η πρόωση του ηλεκτροδίου κανονική, ώστε η κόλληση να μένει λειωμένη για αρκετό χρόνο και η ψύξη να γίνεται ομαλά. Τότε τα οξειδία και οι πόροι ανεβαίνουν στην επιφάνεια.

Φυσαλίδες στη ραφή δημιουργούνται επίσης, όταν το ηλεκτρόδιο είναι υγρό.

δ) Κακή σύνδεση της κολλήσεως και των τεμαχίων.

Όταν το μέταλλο των τεμαχίων δεν τήκεται στη θέση της ηλεκτροσυγκολλήσεως, δεν αναμινύεται με την κόλληση και συνεπώς η σύνδεση δεν είναι αντοχής.

Κύρια αίτια του ελαττώματος αυτού είναι η μικρή ένταση ρεύματος (πιθανόν όμως να οφείλεται και σε πολύ λεπτό ηλεκτρόδιο, ή σε κακή μέθοδο ή ακατάλληλη ταχύτητα προώσεως).

ε) Κακή εμφάνιση της ραφής.

Η ραφή είναι δυνατόν να είναι πολύ κυρτή, κοίλη ή ακανόνιστη με εξογκώσεις.

Η πολύ κυρτή ραφή οφείλεται στη μικρή ένταση του ρεύματός, στην ανεπαρκή ταχύτητα προώσεως ή σε κακή οδήγηση του ηλεκτροδίου.

Η πολύ κοίλη ραφή οφείλεται κυρίως στη μεγάλη ένταση του ρεύματος.

Η ακανόνιστη με εξογκώσεις οφείλεται σε ακατάλληλη ένταση, όχι σταθερή πρόωση, μεταβαλλόμενο μήκος τόξου, ακατάλληλο ηλεκτρόδιο κλπ.

στ) Μηχανικές ιδιότητες της ραφής.

Όπως είδαμε, ανάλογα με την αντοχή που επιθυμούμε να έχει το απόθεμα του ηλεκτροδίου (ραφή), εκλέγουμε και την κατάλληλη κλάση ηλεκτροδίου.

Παρόλα αυτά όμως και οι άλλες συνθήκες της εργασίας επηρεάζουν τις μηχανικές ιδιότητες της ραφής.

Γι' αυτό όταν δεν επιτυγχάνονται οι ιδιότητες που απαιτούνται

πρέπει να εξετασθούν και οι άλλοι παράγοντες πριν απορριφθεί ως ακατάλληλο το ηλεκτρόδιο.

5.10 Κίνδυνοι και μέτρα ασφάλειας κατά τις ηλεκτροσυγκολλήσεις τόξου.

Όπως είδαμε στα προηγούμενα, οι μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως είναι ηλεκτρικές μηχανές, συνήθως φορητές για να μεταφέρονται εύκολα κοντά στην εργασία. Η γραμμή τροφοδοτήσεως της μηχανής από το ηλεκτρικό δίκτυο πρέπει να είναι καλά μονωμένη, η σύνδεση των ακροδεκτών σωστή και γενικά η γραμμή να είναι προφυλαγμένη, αφού βρίσκεται σε επικίνδυνη για τον άνθρωπο τάση (220 V ή 380 V). Για το ηλεκτρικό ρεύμα ηλεκτροσυγκολλήσεως δεν απαιτείται ιδιαίτερη πρόνοια, αφού οι μηχανές εργάζονται σε χαμηλές ακίνδυνες για τον εργαζόμενο τάσεις.

Ιδιαίτερη προσοχή χρειάζεται κατά τη σύνδεση του πρωτεύοντος των μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος, γιατί είναι δυνατό κακή σύνδεση να δώσει κατευθείαν τη μεγάλη τάση του πρωτεύοντος στη λαβίδα και συνεπώς ο εργαζόμενος να βρεθεί κάτω από επικίνδυνη τάση (κίνδυνος ηλεκτροπληξίας).

Όπως αναφέραμε ήδη, ο ηλεκτροσυγκολλητής και ο βοηθός του οφείλουν να προστατευθούν από το ηλεκτρικό τόξο και ειδικότερα από:

- α) Τις εκτοξεύσεις ερυθροπυρωμένου υλικού.
- β) Τα δηλητηριώδη αέρια που δημιουργούνται κατά την ηλεκτροσυγκόλληση και
- γ) από τις επιδράσεις της ακτινοβολίας του τόξου.

Από τις εκτοξεύσεις τους ερυθροπυρωμένου υλικού προφυλάσσεται ο ηλεκτροσυγκολλητής με τα γάντια, τη μάσκα και την ποδιά που περιγράψαμε στην § 5.4. Από τα δηλητηριώδη αέρια προφυλάσσεται, όταν στη θέση εργασίας υπάρχει καλός αερισμός. Κατά τις ηλεκτροσυγκολλήσεις μη σιδηρούχων μετάλλων δημιουργούνται μεγαλύτερες ποσότητες δηλητηριωδών αερίων, ώστε να απαιτείται και χρησιμοποίηση μάσκας για την αναπνοή.

Δεν είναι αρκετό να χρησιμοποιούμε κατά την ηλεκτροσυγκόλληση σκούρα γυαλιά, γιατί αυτά προστατεύουν τα μάτια μόνο από τη μεγάλη λάμψη του τόξου, ενώ αφήνουν να διέρχονται οι βλαβερές ακτινοβολίες και δεν προστατεύουν ολόκληρο το πρόσωπο. Οι μάσκες προστατεύουν όλο το πρόσωπο και έχουν ειδικά γυαλιά τα οποία δεν διαπερνούν οι ακτινοβολίες. Είναι φανερό ότι και ο βοηθός του ηλεκτροσυγκολλητή πρέπει να φοράει μάσκα. Για την προστασία επίσης και των άλλων εργαζομένων από το ηλεκτρικό

τόξο πρέπει οι θέσεις ηλεκτροσυγκολλήσεως να περιβάλλονται από προστατευτικό παραπέτασμα, όπως είδαμε και στην § 5.4 (σχ. 5.4στ).

Το ηλεκτρικό τόξο παράγει και σπινθήρες, που είναι δυνατόν να προκαλέσουν πυρκαγιά. Πρέπει λοιπόν να μη τοποθετούνται εύφλεκτα υλικά κοντά στις θέσεις ηλεκτροσυγκολλήσεως. Όταν η θέση εργασίας αλλάζει, ο τεχνίτης πρέπει να βεβαιώνεται πριν αρχίσει την ηλεκτροσυγκόλληση, ότι στην ακτίνα, που είναι δυνατόν να φθάσουν σπινθήρες δεν υπάρχουν εύφλεκτα υλικά.

Τα «λαδωμένα» στουπιά είναι επικίνδυνο εύφλεκτο υλικό, τόσο, ώστε ένας σπινθήρας σ' αυτά είναι δυνατό να προκαλέσει εστία μη ορατή που μπορεί να εκδηλωθεί αργότερα, όταν στο χώρο απορρίψεως τους θα έχει συγκεντρωθεί όλη η ποσότητα των χρησιμοποιηθέντων στουπιών, και να εξελιχθεί σε μεγάλη πυρκαγιά.

5.11 Στοιχεία κόστους ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου.

Το κόστος της ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου υπολογίζεται από το κόστος της απαιτούμενης ποσότητας ηλεκτροδίων, το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλίσκεται και το κόστος της απαιτούμενης για την ηλεκτροσυγκόλληση εργασίας.

Βέβαια το συνολικό κόστος της ηλεκτροσυγκολλήσεως θα πρέπει να περιέχει και άλλα στοιχεία, όπως το ποσοστό της αποσβέσεως της μηχανής ηλεκτροσυγκολλήσεως και μέρος των γενικών εξόδων λειτουργίας της επιχείρησεως, τα οποία επιβαρύνουν άμεσα ή έμμεσα την ηλεκτροσυγκόλληση. Ο υπολογισμός όμως των επιβαρύνσεων αυτών εξαρτάται από το σύστημα κοστολογήσεως που ακολουθεί η επιχείρηση.

Στο βιβλίο αυτό θα αναφέρομε μόνο πώς υπολογίζονται τα κύρια στοιχεία κόστους, που όπως είπαμε είναι:

- α) Το κόστος του ηλεκτροδίου
- β) το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας και
- γ) το κόστος της εργασίας του ηλεκτροσυγκολλητή.

α) Το κόστος του ηλεκτροδίου.

Για τον υπολογισμό του κόστους του ηλεκτροδίου χρειάζεται ο καθορισμός της απαιτούμενης ποσότητας ηλεκτροδίων για τη ραφή. Το βάρος των απαιτούμενων ηλεκτροδίων ισούται προς το τοποθετημένο υλικό, στο οποίο προσθέτονται και οι απώλειες. Οι απώλειες ηλεκτροδίου είναι το άθροισμα του μη χρησιμοποιούμενου ηλεκτροδίου, των απωλειών από εκτοξεύσεις και του βάρους του μονωτικού.

Η απώλεια που οφείλεται στο μη χρησιμοποιούμενο τμήμα του

ηλεκτροδίου, εξαρτάται από το μήκος τους. Για ηλεκτρόδιο μήκους 350 mm η απώλεια ανέρχεται περίπου σε 15%. Οι υπόλοιπες απώλειες (εκτοξεύσεις και βάρος επενδύσεως) εξαρτώνται από τον τύπο και το μέγεθος του ηλεκτροδίου, τη θέση συγκολλήσεως, το είδος του ρεύματος συγκολλήσεως, την τάση του και την ικανότητα του ηλεκτροσυγκολλητή.

Για γυμνό ηλεκτρόδιο οι απώλειες εκτοξεύσεως είναι 8-15%. Για επενδυμένο οι απώλειες εκτοξεύσεως και βάρους επενδύσεως είναι 10-30%.

Για να υπολογίσουμε το βάρος και από αυτό τον αριθμό των απαιτούμενων ηλεκτροδίων, πρέπει να υπολογίσουμε το τοποθετημένο υλικό και να προσθέσουμε τις απώλειες μήκους και τις υπόλοιπες απώλειες.

Ο πίνακας 5.11.1 μας δίνει το απαιτούμενο βάρος επενδυμένου ηλεκτροδίου για διάφορα είδη ραφών ανά τρέχον μέτρο ραφής. Στις τιμές του πίνακα συμπεριλαμβάνονται όλες οι απώλειες, εκτός από τις απώλειες μήκους. Συνεπώς στην περίπτωση που το ηλεκτρόδιο είναι σε ράβδους, πρέπει να αυξηθούν οι τιμές του πίνακα κατά τις απωλείες μήκους.

Για εξωραφή π.χ. οριζόντια, ύψους ραφής $a = 6$ mm, απαιτούνται κατά τον πίνακα 5.11.1 ηλεκτρόδια βάρους $B = 0,34$ kg ανά μέτρο μήκους ραφής. Αν προστεθούν και οι απώλειες μήκους 15% για ηλεκτρόδιο 350 mm, το απαιτούμενο βάρος ανά μέτρο ραφής γίνεται $0,34 \times 1,15 = 0,39$ kg.

Ο πίνακας 5.11.2 χρησιμεύει για τον υπολογισμό του απαιτούμενου αριθμού ηλεκτροδίων, σε σχέση με το βάρος επενδυμένου ηλεκτροδίου (B), που δίνει ο πίνακας 5.11.1.

Στο πιο πάνω παράδειγμα της οριζόντιας εξωτερικής ραφής ύψους $a = 6$ mm, για μήκος ηλεκτροδίου 350 mm και διάμετρο ηλεκτροδίου 4 mm απαιτούνται 34 ηλεκτρόδια ανά χιλιόγραμμο τοποθετημένου υλικού, δηλαδή απαιτούνται:

$$E = B \cdot E_A = 0,34 \times 34 \approx 12 \text{ ηλεκτρόδια ανά μέτρο ραφής}$$

β) Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας.

Η ηλεκτρική ενέργεια, που απαιτείται ανά χιλιόγραμμο καταναλισκόμενου ηλεκτροδίου, χωρίς να υπολογίσουμε τις απώλειες μήκους, είναι κατά μέσο όρο για ηλεκτρόδια διαμέτρου 2-6 mm $U = 2,5-2,9$ kWh/kg, ανάλογα με το είδος του ηλεκτροδίου.

Αν λάβουμε υπόψη και τις απώλειες της μηχανής ηλεκτροσυγκολλήσεως, τότε η απαιτούμενη ενέργεια για την ηλεκτροσυγκόλληση

Ε δίνεται από τη σχέση:

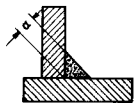
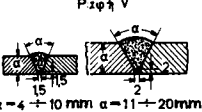
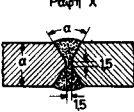
$$E = \frac{B \cdot U}{n}$$

όπου Β το καταναλισκόμενο βάρος ηλεκτροδίου σε kg, χωρίς να υπολογισθούν οι απώλειες μήκους (πίνακας 5.11.1).

U η καταναλισκόμενη ανά kg τοποθετημένου υλικού ενέργεια

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11.1

Βάρος επενδυμένου ηλεκτροδίου ανά τρέχον μέτρο ραφής (B)

Εσωραφές			Εξωραφές							
										
Ύψος ραφής α mm	Οριζοντίου επιπέδου B kg	Κατακόρυφ. επιπέδου B kg	Ύψος ραφής α mm	Οριζοντίου επιπέδου B kg	Κατακόρυφ. επιπέδου B kg	Ύψος ραφής α mm	Οριζοντίου επιπέδου B kg	Κατακόρυφ. επιπέδου B kg	Ύψος ραφής α mm	Οριζοντίου επιπέδου B kg
2	0,038	0,039	4	0,091	0,111	10	0,340	0,445	20	1,770
2,5	0,059	0,061	5	0,137	0,175	12	0,470	0,630	24	2,550
3	0,085	0,088	6	0,196	0,255	14	0,625	0,850	26	2,990
3,5	0,116	0,120	7	0,264	0,351	16	0,800	1,100	28	3,470
4	0,151	0,157	8	0,343	0,465	18	1,000	1,385	30	3,980
5	0,236	0,245	9	0,435	0,595	20	1,220	1,710	32	4,530
6	0,340	0,353	10	0,536	0,742	22	1,460	2,060	35	5,420
7	0,462	0,480	11	0,650	0,885	24	1,720	2,440	40	7,080
8	0,604	0,638	12	0,774	1,060	26	2,010	2,860	45	8,950
9	0,764	0,795	13	0,905	1,255	28	2,320	3,310	50	11,100
10	0,943	0,982	14	1,055	1,460	30	2,650	3,790	55	13,400
12	1,360	1,415	16	1,375	1,935	34	3,370	4,860	60	15,900
14	1,890	1,920	18	1,735	2,460	38	4,180	6,050	70	21,700
16	2,420	2,510	20	2,150	3,060	40	4,620	6,700	80	28,300

για την ηλεκτροσυγκόλληση και
 η ο βαθμός αποδόσεως της μηχανής ηλεκτροσυγκολλήσεως,
 που εξαρτάται από το είδος της μηχανής συγκολλήσεως. Για
 μηχανές συνεχούς ρεύματος $\eta \approx 50\%$ και για μηχανές
 εναλλασόμενου ρεύματος $\eta \approx 70\%$.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11.2

Αριθμός ηλεκτροδίων (E_A) ανά kg αποτιθέμενου υλικού (B)

Διάμετρος ηλεκτροδίου mm	2	2,5	3	3,25	4	4	5	6	3	3,25	4	5	6	8
Μήκος ηλεκτροδίου mm	350					400				450				
Αριθμός ηλεκτροδίων ανά kg επενδυμένου ηλεκτροδίου	137	87	61	52	34	30	19	13	47	40	27	17	12	6,7

γ) Το κόστος εργασίας του ηλεκτροσυγκολλητή.

Για να υπολογίσουμε το κόστος εργασίας του ηλεκτροσυγκολλητή πρέπει να υπολογίσουμε το χρόνο, που απαιτείται για την ηλεκτροσυγκόλληση.

Ολόκληρος ο απαιτούμενος για την εργασία χρόνος αποτελείται από το χρόνο αλλαγής ηλεκτροδίου, το χρόνο καθαρισμού, το χρόνο εναύσεως, το χρόνο τήξεως και άλλους απαιτούμενους χρόνους, που εξαρτώνται από τη φύση και τις συνθήκες εργασίας.

Από τους χρόνους αυτούς υπολογίζουμε μόνο το χρόνο τήξεως t από πίνακες που έχουν συνταχθεί μετά από πολλές μετρήσεις, ανάλογα με την ένταση του ρεύματος (πίνακας 5.11.3). Οι υπόλοιποι χρόνοι υπολογίζονται με προσαυξήσεις του χρόνου τήξεως κατά ένα ποσοστό f . Το μέγεθος του f καθορίζεται από μετρήσεις και είναι διαφορετικό για τα διάφορα εργοστάσια (εξαρτάται από τις συνθήκες εργασίας που επικρατούν).

Έτσι ο χρόνος συγκολλήσεως T δίνεται από τη σχέση:

$$T = B \times t \times f$$

όπου B το καταναλισκόμενο ποσό ηλεκτροδίων χωρίς να υπολογίζεται η απώλεια μήκους

t ο χρόνος τήξεως, κατά τον πίνακα 5.11.3 και

f ο συντελεστής προσαυξήσεως, κατά τον πίνακα 5.11.4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11.3
Χρόνος τήξεως t σε πρώτα λεπτά ενός kg ηλεκτροδίου για διάφορες εντάσεις ρεύματος

Ένταση ρεύματος αμπέρ (A)	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220
Χρόνος τήξεως σε min ανά kg (min/kg)	141	118	101	89	79	71	64	59	54	50	47	44	42	39	37	35	34	32
Ένταση ρεύματος αμπέρ (A)	230	240	250	260	270	280	290	300	320	340	360	380	400	420	440	460	480	500
Χρόνος τήξεως σε min ανά kg (min/kg)	30	28	26	24	23	22	21	20,5	19	18	17	16	15,5	14,5	14	13,5	13	12,5

ΠΙΝΑΚΑΣ 5.11.4
**Τιμές του συντελεστή (f) προσαυξήσεως του χρόνου τήξεως
για τον υπολογισμό του συνολικού χρόνου ηλεκτροσυγκολλήσεως**

Θέση εργασίας	Είδος εργασίας	Συντελεστής f
Εργοστάσιο (μόνιμος χώρος εργασίας)	Συγκολλήσεις μικρών τεμαχίων σε σειρά	1,70-1,80
	Συγκολλήσεις ελασμάτων	1,80-2
	Συγκολλήσεις ελαφρών σιδηρών κατασκευών	2-2,40
	Συγκολλήσεις καζανιών	2,10-2,50
	Συγκολλήσεις μεγάλων αντικειμένων	2,40-2,80
Εργοτάξιο	Συγκολλήσεις δεξαμενών	2,50-3,00
	Συγκολλήσεις σιδηρών κατασκευών	2,60-3,20

Οι χρονοι τήξεως του πίνακα 5.11.3 έχουν υπολογισθεί για συνηθισμένα ηλεκτρόδια κοινού χάλυβα.

δ) Παράδειγμα υπολογισμού στοιχείων κόστους ηλεκτροσυγκολλήσεως.

Λαμαρινα πάχους 9 mm συγκολλάται σε εργοστάσιο κατά εσωραφή V 60° σε μήκος 15 μέτρων πάνω σε οριζόντιο επίπεδο.

Ποιο το κόστος της συγκολλήσεως, χωρίς γενικά έξοδα;

Δίνονται:

Κόστος ηλεκτροδίου 14 δραχμές ανά χιλιόγραμμα (δρχ./kg).

Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας 0,7 δραχμές ανά χιλιοβατώρα (δρχ./kWh).

Κόστος εργασίας 25 δραχμές ανά ώρα (δρχ./h).

Μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως συνεχούς ρεύματος.

Ηλεκτρόδια μήκους 350 χιλιοστών (mm).

Λύση.

Από τον πίνακα 5.11.1 για οριζόντια εσωραφή V 60° ύψους $a = 9$ mm βρίσκουμε απαιτούμενο βάρος ηλεκτροδίου σε χιλιόγραμμα για ένα μέτρο ραφής:

$$B = 0,435 \text{ kg/m}$$

και για μήκος 15 μέτρων απαιτείται βάρος ηλεκτροδίων σε kg:

$$B = 15 \times 0,435 = 6,5 \text{ kg}$$

Για ηλεκτρόδια μήκους 350 mm η απώλεια μήκους είναι 15% περίπου. Άρα απαιτούνται ηλεκτρόδια θάρους σε χιλιόγραμμα:

$$1,15 \times 6,5 = 7,5 \text{ kg}$$

που κοστίζουν

$$7,5 \times 14 = 105 \text{ δραχμές.}$$

Η απαιτούμενη ηλεκτρική ενέργεια E υπολογίζεται ως εξής:

$$E = \frac{\beta \times U}{\eta}$$

Το U λαμβάνεται 2,5 kWh/kg τοποθετημένου ηλεκτροδίου και η ο βαθμός αποδόσεως της μηχανής συνεχούς ρεύματος 0,5, συνεπώς:

$$E = \frac{6,5 \times 2,9}{0,5} = 38 \text{ kWh}$$

οι οποίες κοστίζουν $38 \times 0,7 = 26,5$ δραχμές.

Για ελάσματα πάχους 9 mm χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια διαμέτρου 4 mm σε 2 στρώσεις (πίνακας 5.6.2). Η ένταση του ρεύματος ρυθμίζεται σε 140 A (πίνακας 5.6.3).

Από τον πίνακα 5.6.3 για ένταση 140 A βρίσκουμε χρόνο τήξεως $t = 50$ min ανά kg τοποθετημένου ηλεκτροδίου.

Ο συντελεστής προσαυξήσεως του χρόνου τήξεως για υπολογισμό του συνολικού χρόνου από τον πίνακα 5.11.4 λαμβάνεται $f = 2$.

Συνεπώς ο απαιτούμενος για την εργασία χρόνος είναι:

$$T = B \times t \times f$$

$6,5 \times 50 \times 2 = 650$, δηλαδή 10 ώρες και 50 min (περίπου 11 ώρες).

Οι 11 ώρες εργασίας του ηλεκτροσυγκολλητή κοστίζουν:

$$11 \times 25 = 275 \text{ δραχμές}$$

Συνεπώς το συνολικό κόστος χωρίς γενικά έξοδα είναι:

1) Κόστος ηλεκτροδίου	105 δραχμές
2) Κόστος ηλεκτρική ενέργειας	26,5 δραχμές
3) Κόστος εργασίας τεχνίτη	275 δραχμές
Σύνολο	406,5 δραχμές

5.12 Ερωτήσεις.

- 1) Τι είναι το μαγνητικό φύσημα του τόξου συνεχούς ρεύματος και πώς είναι δυνατόν να μειωθεί;
- 2) Περιγράψτε με συντομία μία μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου συνεχούς ρεύματος.
- 3) Περιγράψτε μία μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου εναλλασσόμενου ρεύματος.
- 4) Ποιες ιδιότητες δίνει στο ηλεκτρόδιο η επένδυση;
- 5) Σε ποιες κατηγορίες διακρίνονται τα επενδυμένα ηλεκτρόδια ανάλογα του πάχους της επενδύσεως; Ανάλογα με το είδος της επενδύσεως;
- 6) Γιατί το τόξο πρέπει να έχει μικρό μήκος;
- 7) Γιατί στην ηλεκτροσυγκόλληση τόξου τα τεμάχια που θα συγκολληθούν πρέπει να είναι από το ίδιο υλικό;
- 8) Σε ποια είδη διακρίνεται η ηλεκτροσυγκόλληση τόξου ανάλογα με τη θέση εργασίας;
- 9) Ποια τα είδη ραφών ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου;
- 10) Ποια τα είδη προετοιμασίας των άκρων των προς συγκόλληση τεμαχίων;
- 11) Γιατί τα παχιά ελάσματα ηλεκτροσυγκολλούνται σε πολλές στρώσεις;
- 12) Πώς εκλέγεται η διάμετρος του ηλεκτροδίου που θα χρησιμοποιηθεί;
- 13) Πώς καθορίζεται η ένταση του ρεύματος που θα ρυθμισθεί η μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως;

- 14) Σχεδιάστε σε σκαρίφημα ένα παράδειγμα ανελαστικής συνδέσεως και εξηγήστε γιατί η σύνδεση είναι ανελαστική.
 - 15) Τι είναι η κατά πηδήματα ηλεκτροσυγκόλληση και σε ποιες περιπτώσεις εφαρμόζεται;
 - 16) Τι χρησιμεύει η προσθήκη μετάλλου με χρησιμοποίηση ηλεκτρικού τόξου;
 - 17) Πώς γίνεται η ηλεκτροσυγκόλληση με μεταλλικό ηλεκτρόδιο; Να αναφέρετε τις διαδοχικές εργασίες που εκτελεί ο ηλεκτροσυγκολλητής πριν κατά και μετά την ηλεκτροσυγκόλληση.
 - 18) Πώς εκλέγεται κατά την ηλεκτροσυγκόλληση με συνεχές ρεύμα η πολικότητα του ηλεκτροδίου;
 - 19) Ποια τα ελαττώματα που παρουσιάζονται στις ηλεκτροσυγκολλήσεις τόξου;
 - 20) Ποια τα κύρια στοιχεία κόστους μιας ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου;
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6

ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΕΩΣ

6.1 Γενικά περί ηλεκτροσυγκολλήσεων αντιστάσεως.

Γνωρίζουμε από τον ηλεκτρισμό ότι, όταν από αγωγίμο σώμα περάσει ρεύμα, τότε το σώμα θερμαίνεται, δηλαδή η ηλεκτρική ενέργεια μετατρέπεται σε θερμική ενέργεια.

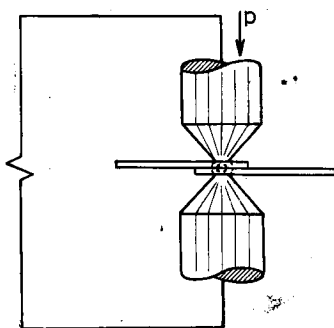
Αν I η ένταση του ρεύματος σε αμπέρ (A) και R η αντίσταση του σώματος σε $\omega\mu$ (Ω , Ωhm), τότε σε χρόνο t δευτερόλεπτα προσδίνεται στο σώμα θερμότητα που υπολογίζεται με βάση την πιο κάτω σχέση σε θερμίδες cal:

$$Q = 0,24 \times I^2 \times R \times t$$

Η θερμότητα αυτή προκαλεί άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος. Ακριβέστερα, από τη θερμότητα αυτή ένα μέρος χρησιμοποιείται για την άνοδο της θερμοκρασίας του σώματος και το υπόλοιπο ως απώλεια χάνεται στο περιβάλλον.

Σ' αυτή την αρχή βασίζεται η ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως.

Κατά τη διάρκεια ηλεκτροσυγκολλήσεων αντιστάσεως διαβιβάζεται ηλεκτρικό ρεύμα, που θερμαίνει τα τεμάχια, τα οποία συντηκονται, ενώ ταυτόχρονα ασκείται πίεση που διευκολύνει τη συγκόλληση (σχ. 6.1α).



Σχ. 6.1α.

Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως κατά σημεία.

Όπως δηλαδή στην καμινোসυγκόλληση θερμαίνουμε πρώτα τα τεμάχια που πρέπει να συγκολλησουμε και μετά σφυρηλατούμε το ένα πάνω στο άλλο, ώστε να επιτύχομε τη διείσδυση των μορίων του ενός στα μόρια του άλλου, έτσι και στην ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση θερμαίνουμε και ασκούμε πίεση η οποία διευκολύνει τη συγκόλληση.

Για να επιτύχει η συγκόλληση, πρέπει στις θέσεις ηλεκτροσυγκολήσεως των τεμαχίων να προκληθεί θερμοκρασία συντήξεως. Για το σκοπό αυτό απαιτείται ρεύμα μεγάλης εντάσεως, γιατί η θερμότητα που αναπτύσσεται είναι ανάλογη με το τετράγωνο της εντάσεως του ρεύματος που διαρρέει τα τεμάχια (σχέση 1). Όσο μεγαλύτερη είναι η ένταση του ρεύματος τόσο μικρότερος είναι ο χρόνος που απαιτείται για την ερυθροπύρωση των τεμαχίων, και τόσο μικρότερες είναι οι απώλειες θερμότητας προς το περιβάλλον. Οι μηχανές ηλεκτροσυγκολήσεως αντιστάσεως κατασκευάζονται για να δίνουν ρεύμα μεγάλης εντάσεως.

Η θερμότητα που προκαλείται είναι ανάλογη και με την ηλεκτρική αντίσταση που προβάλλουν τα τεμάχια στη δίοδο του ρεύματος (σχέση 1). Η αντίσταση αυτή διελεύσεως του ρεύματος R ισούται προς την αντίσταση των υλικών των τεμαχίων R_u και την αντίσταση από τις επαφές μεταξύ ηλεκτροδίων-τεμαχίων και των τεμαχίων μεταξύ τους R_e :

$$R = R_u + R_e$$

Για τη διείσδυση των μορίων και την πραγματοποίηση της συγκολλήσεως απαιτείται, εκτός από τη θέρμανση και η εξάσκηση πιέσεως.

Η πίεση που ασκείται πρέπει να είναι τόση, ώστε το ρεύμα να διέρχεται χωρίς τόξο από το ηλεκτρόδιο στο τεμάχιο και από το τεμάχιο στο ηλεκτρόδιο. Εξάλλου η πίεση δεν επιτρέπεται να είναι μεγάλη, ώστε μεταξύ των τεμαχίων που είναι για συγκόλληση να υπάρχει **στρώμα αέρα**. Το στρώμα αυτό αέρα προβάλλει σημαντική αντίσταση στη δίοδο του ρεύματος και έτσι αυξάνεται η θερμοκρασία της θέσεως συγκολλήσεως.

Όταν η πίεση αυτή είναι πολύ μεγάλη, τα τεμάχια εφάπτονται καλά και μειώνεται η αντίσταση του στρώματος αέρα, η οποία προκαλεί τη θερμότητα.

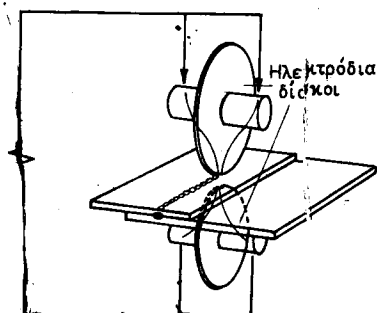
Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντιστάσεως διακρίνονται κυρίως σε:

- ηλεκτροσυγκολλήσεις κατά σημεία
- ηλεκτροσυγκολλήσεις ραφής και
- ηλεκτροσυγκολλήσεις άκρων.

Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση κατά σημεία το ρεύμα συγκολλησεως διέρχεται από τα ηλεκτρόδια που είναι κωνικά και απολήγουν σε σφαιρικές επιφάνειες. Αυτές εφάπτονται στα επίπεδα τεμάχια, που είναι τοποθετημένα το ένα επάνω στο άλλο. Η δίοδος του ρεύματος γίνεται στην περιοχή της επαφής των ηλεκτροδίων μέσω μικρής διατομής με αποτέλεσμα να θερμαίνονται τοπικά τα τεμάχια στη θέση αυτή και να συγκολλούνται (σχ. 6.1α).

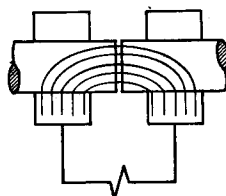
Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση ραφής το ρεύμα οδηγείται και απάγεται στα προς συγκόλληση επίπεδα τεμάχια, που είναι τοποθετημένα το ένα επάνω στο άλλο, με δύο κυκλικά ηλεκτρόδια που περιστρέφονται. Έτσι επιτυγχάνομε συνεχή ηλεκτροσυγκόλληση και συνεπώς στεγανή σύνδεση (σχ. 6.1β).

Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση άκρων τα προς συγκόλληση τεμάχια προσδένονται στα ηλεκτρόδια (σχ. 6.1γ). Το ένα από τα ηλεκτρόδια είναι κινητό, ώστε να ασκείται η απαιτούμενη πίεση για τη συγκόλληση. Το ρεύμα θερμαίνει τα τεμάχια που με την πίεση διεισδύουν το ένα μέσα στο άλλο και συγκολλούνται.



Σχ. 6.1β.

Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως ραφής.



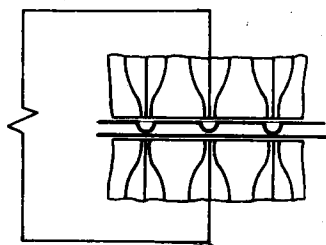
Σχ. 6.1γ.

Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως κατά άκρα.

Ένα άλλο είδος συγκολλήσεως με αντίσταση φαίνεται στο σχήμα 6.1δ. Ο τρόπος αυτός χρησιμοποιείται για τη συγκόλληση διαμορφωμένων τεμαχίων. Στα τεμάχια, κατά την κατεργασία τους, εκτός από τις άλλες διαμορφώσεις και τομές, διαμορφώνονται κατάλληλες προεκβολές από τις οποίες διέρχεται το ρεύμα συγκολλησεως.

Η ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως με προεκβολές είναι και αυτή ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως κατά σημεία, με τη διαφορά ότι το ηλεκτρόδιο έχει μεγάλη επιφάνεια και εκτελούνται ταυτόχρονα συνδέσεις σε πολλά σημεία.

Χρησιμοποιείται γιατί δίνει μεγαλύτερη ταχύτητα παραγωγής αφού συγκολλούνται πολλά σημεία ταυτόχρονα. Για την εκτέλεσή της όμως απαιτείται μηχανή με μεγάλη ισχύ για να θερμαίνονται όλα τα σημεία.



Σχ. 6.11δ.

Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως με προεκβολές.

Στις ηλεκτροσυγκολλήσεις αντιστάσεως το ρεύμα συγκολλήσεως φέρεται και φεύγει από τα τεμάχια με χάλκινα ηλεκτρόδια γιατί ο χαλκός έχει μεγάλη αγωγιμότητα και επομένως θερμαίνεται λιγότερο.

Στον πίνακα 6.1.1 σημειώνεται ο τρόπος σχεδιάσεως και συμβολισμού των τριών ειδών ηλεκτροσυγκολλήσεως με αντίσταση.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.1.1

Τρόπος σχεδιάσεως και συμβολισμού ηλεκτροσυγκολλήσεων με αντίσταση

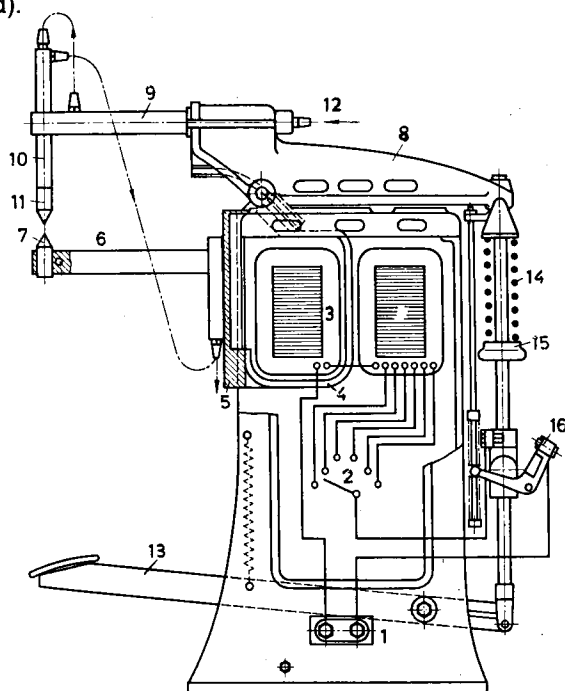
Είδος συγκολλήσεως	Σχεδίαση	Συμβολισμός	
		όψη	τομή
Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως κατά σημεία			
Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως ραφής			
Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως άκρων			

6.2 Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως κατά σημεία.

Η ηλεκτροσυγκόλληση κατά σημεία χρησιμοποιείται για τη σύνδεση λεπτών γενικώς ελασμάτων και αντικατάσταση τη σύνδεση με περτσίνια, γιατί γίνεται γρηγορότερα και οικονομικότερα, είναι αντοχής και διάρκειας και έχει καλή εμφάνιση.

Μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως κατά σημεία.

Οι μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως κατά σημεία (σχ. 6.2α) αποτελούνται κυρίως από ένα μετασχηματιστή. Το πρωτεύον του μετασχηματιστή με πολλές σπείρες (3) συνδέεται στο δίκτυο ρεύματος και το δευτερεύον (4), με μία συνήθως σπείρα, συνδέεται στους δύο θραχίονες, επάνω και κάτω, που έχουν τα ηλεκτρόδια (σχ. 6.2α).



Σχ. 6.2α.

Μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως κατά σημεία.

1) Κλέμενες συνδέσεως ρεύματος. 2) Μεταγωγές πρωτεύοντα. 3) Μετασχηματιστής - Πρωτεύον. 4) Δευτερεύον. 5) Μετωπική πλάκα. 6) Κάτω θραχίονας. 7) Κάτω ηλεκτρόδιο. 8) Φορέας άνω θραχίονα. 9) Άνω θραχίονας. 10) Συγκρατητής άνω ηλεκτροδίου. 11) Άνω ηλεκτρόδιο. 12) Θέση προσαγωγής νερού ψύξεως ηλεκτροδίων. 13) Ποδομοχλός. 14) Ελατήριο πιέσεως. 15) Δακτύλιος ρυθμίσεως πιέσεως. 16) Διακόπτης ρεύματος.

Η μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως κατά σημεία λειτουργεί ως εξής:

Τα τεμάχια που θα συγκολληθούν τοποθετούνται πάνω στο ηλεκτρόδιο (7) του κάτω σταθερού βραχίονα. Πιέζεται ο ποδομοχλός (13) οπότε ο πάνω κινητός βραχίονας (9) κινείται και το ηλεκτρόδιο (11) εφάπτεται και πιέζει το πάνω τεμάχιο. Ο διακόπτης (16) κλείνει, διαβιβάζεται ρεύμα στο πρωτεύον του μετασχηματιστή (3) και επάγεται ρεύμα στο δευτερεύον (4), καθώς διέρχεται από το τεμάχιο. Ο μεταγωγέας (2) χρησιμεύει για τη ρύθμιση της τάσεως και επομένως και της εντάσεως του ρεύματος συγκολλήσεως. Με το μεταγωγέα προσθέτονται ή αφαιρούνται σπείρες στο πρωτεύον κύκλωμα.

Επειδή τα ηλεκτρόδια θερμαίνονται πολύ από τη μεγάλη ένταση του ρεύματος που τα διαρρέει, πρέπει να φεύγει από αυτά θερμότητα, ώστε να διατηρούν τη σκληρότητά τους. Η ψύξη των ηλεκτροδίων πετυχαίνεται με συνεχή ροή νερού μέσα από αυτά (12).

Στο πίσω μέρος της μηχανής υπάρχει το σύστημα εφαρμογής και ρυθμίσεως της πίεσεως, που αποτελείται από ένα ελατήριο (14) και ένα περικόχλιο ρυθμίσεως (15).

Η μηχανή που περιγράψαμε παρέχει ρεύμα συγκολλήσεως όλο το χρονικό διάστημα που πιέζεται ο ποδομοχλός. Ο χρόνος διόδου του ρεύματος συγκολλήσεως εξαρτάται συνεπώς από το επί πόσο χρόνο ο χειριστής πιέζει τον ποδομοχλό. Επίσης, όταν πλησιάζει ή απομακρύνεται το πάνω ηλεκτρόδιο από το τεμάχιο, υπάρχει τάση μεταξύ αυτού και του τεμαχίου, αποτέλεσμα της οποίας είναι η δημιουργία σπινθήρων μεταξύ του πάνω ηλεκτροδίου και του τεμαχίου. Τα φαινόμενα αυτά, δηλαδή ο καθοριζόμενος από το πάτημα του ποδομοχλού χρόνος διόδου του ρεύματος και η δημιουργία σπινθήρων, επιδρούν άσχημα στην αντοχή και την καλή εμφάνιση της συγκολλήσεως. Για να τα αποφύγουμε τοποθετείται στο κύκλωμα του πρωτεύοντος χρονοδιακόπτης. Αυτός ρυθμίζει το χρόνο διόδου του ρεύματος, αφήνει δηλαδή με το πάτημα του ποδομοχλού να περάσει ρεύμα για ορισμένο χρονικό διάστημα, όσο απαιτείται για να γίνει η τήξη των επιφανειών και η συγκόλληση, ανεξάρτητα αν συνεχίζουμε να πιέζουμε τον ποδομοχλό. Ο επάνω χρονοδιακόπτης επιτρέπει τη διέλευση του ρεύματος λίγο μετά την επαφή του επάνω ηλεκτροδίου με τα τεμάχια και την διακόπτει όταν περάσει ο προκαθορισμένος χρόνος. Έτσι αποφεύγεται η δημιουργία σπινθήρων. Ο χειριστής εξάλλου φροντίζει να αφήνει τον ποδομοχλό μετά τη διακοπή ρεύματος από το χρονοδιακόπτη. Έτσι ο χρόνος διόδου του ρεύματος είναι ο χρόνος στον οποίο έχουμε

ρυθμίσει το χρονοδιακόπτη.

Ο χρόνος διόδου του ρεύματος και η έντασή του εξαρτώνται από πολλούς παράγοντες, όπως θα πούμε πιο κάτω.

Τεχνική της ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως κατά σημεία.

1) Ρεύμα, πίεση και χρόνος συγκολλήσεως.

Για τη ρύθμιση της μηχανής ηλεκτροσυγκολλήσεως απαιτείται να καθορισθούν το ρεύμα, η πίεση και ο χρόνος συγκολλήσεως.

Οι κατασκευαστές των μηχανών τις συνοδεύουν συνήθως με πίνακες, με βάση τους οποίους εκλέγουμε, ανάλογα με το πάχος και το είδος των ελασμάτων, την ένταση του ρεύματος, την απαιτούμενη πίεση και τον αναγκαίο χρόνο συγκολλήσεως. Ενδεικτικές τιμές δίνονται επίσης και στους πίνακες 6.2.1, 6.2.2 και 6.2.3 για σιδερένια ελάσματα με περιεκτικότητα σε άνθρακα έως 0,3%, ανοξείδωτα ελάσματα και ελάσματα αλουμινίου. Στους πίνακες δίνεται επίσης η συνισταμένη διάμετρος των χαλκίνων ηλεκτροδίων και η ελάχιστη απόσταση που επιτρέπεται να υπάρχει μεταξύ δύο διαδοχικών θέσεων συγκολλήσεως.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.1

Ενδεικτικές τιμές για ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως κατά σημεία χάλυβα περιεκτικότητας σε άνθρακα έως 0,3%

Πάχος κάθε ελάσματος (mm)	Ρεύμα συγκολλήσεως (A)	Δύναμη συγκολλήσεως (kg)	Χρόνος συγκολλήσεως (περίοδοι)	Διάμετρος ηλεκτροδίου (mm)	Ελάχιστη απόσταση θέσεων συγκολλήσεως (mm)
0,5	6500-12000	90-300	4	3,5-5	8
0,75	8500-16000	170-500	6	4,5-6,5	10
1,0	9500-19000	220-650	8	5,5-8	12
1,5	11000-21500	340-800	12	6,5-11	15
2,0	13000-26000	450-1300	15-16	8-14	18

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.2

Ενδεικτικές τιμές για ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως κατά σημεία ανοξείδωτου χάλυβα

Πάχος κάθε ελάσματος (mm)	Ρεύμα συγκολλήσεως (A)	Δύναμη συγκολλήσεως (kg)	Χρόνος συγκολλήσεως (περίοδοι)	Διάμετρος ηλεκτροδίου (mm)	Ελάχιστη απόσταση θέσεων συγκολλήσεως (mm)
0,5	4000	180	3	2,5	8
0,75	5500	290	4	3,2	10
1,0	7000	400	5	4,0	12
1,5	10000	670	8	5,5	15
2,0	12000	860	11	6,5	20
2,5	14000	1000	14	7,2	25
3,0	17000	1400	16	7,5	30

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.3

**Ενδεικτικές τιμές για ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως
κατά σημεία ανοξείδωτου χάλυβα**

Πάχος κάθε ελάσματος (mm)	Ρεύμα συγκολλήσεως (A)	Δύναμη συγκολλήσεως (kg)	Χρόνος συγκολλήσεως (περίοδοι)	Διάμετρος ηλεκτροδίου (mm)
0,5	20000	180	4	9
0,75	24000	210	6	10
1,0	28000	250	7	12
1,5	33000	290	8	13
2,0	40000	350	9	15
2,5	50000	450	11	17
3,0	65000	600	12	19

Οι τιμές των πινάκων είναι ενδεικτικές και συνεπώς απαιτείται να καθορίζονται με δοκιμή κάθε φορά τα μεγέθη εκείνα που θα δώσουν την ικανοποιητική συγκόλληση για τις υφιστάμενες κάθε φορά συνθήκες.

Ο χρόνος δίνεται σε περιόδους ηλεκτρικού ρεύματος, γιατί και οι μηχανές έχουν κλίμακα ρυθμίσεως σε περιόδους. Όπως είναι γνωστό, το ρεύμα στην Ελλάδα έχει 50 περιόδους ανά δευτερόλεπτο (50 Hz).

Το είδος και το πάχος του υλικού, η καθαρότητα της επιφάνειας, το είδος των συνδεομένων από απόψεως μορφής τεμαχίων και η επιθυμητή παραγωγή, επιδρούν στα μεγέθη της πίεσης, του ρεύματος και του χρόνου συγκολλήσεως. Η επίδραση αυτή φαίνεται στον πίνακα 6.2.4.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.2.4

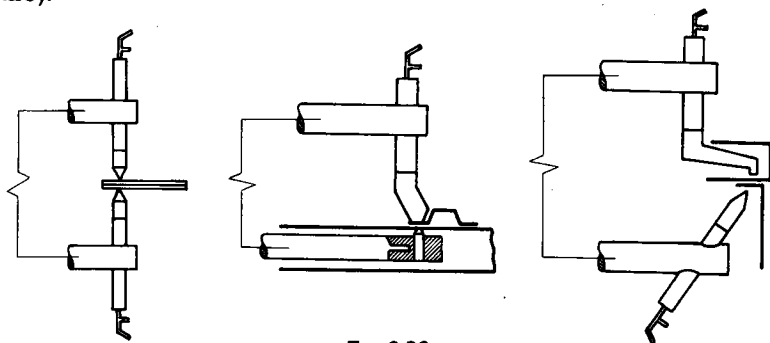
**Επίδραση των συνθηκών εργασίας
επάνω στο ρεύμα της πίεσης και του χρόνου συγκολλήσεως**

Στοιχεία ρυθμίσεως μηχανής	Αγωγιμότητα υλικών κακή καλή	Πάχος ελα- σμάτων μικρό μεγάλο	Επιφάνεια ελασμάτων με οξείδια	Ελάσματα μεταξύ των κινητά σταθε- ρά	Απόδοση Ση- μεία συγκολ- λήσεως ανά mm ² —περισσότερα
					
Δύναμη πίε- σεως P					
Ρεύμα συγκολ- λήσεως I			—	—	
Χρόνος συγκολ- λήσεως T					

2) Είδη ηλεκτροδίων.

Τα χρησιμοποιούμενα κατά τη συγκόλληση ηλεκτρόδια πρέπει να έχουν μεγάλη αγωγιμότητα, ώστε να παρουσιάζουν όσο είναι δυνατό μικρή αντίσταση και συνεπώς να θερμαίνονται λιγότερο. Επίσης πρέπει να είναι από σκληρό υλικό, ώστε να μην **κεφαλώνουν**, όπως λέγεται, κατά την εφαρμογή της πίεσεως και να διαρκούν πολύ.

Το σχήμα των ηλεκτροδίων εξαρτάται από τη μορφή των προς συγκόλληση αντικειμένων. Επιδιώκεται δηλαδή να εισέρχονται και να εφαρμόζουν καλά τα ηλεκτρόδια στις θέσεις συγκολλήσεως (σχ. 6.26).



Σχ. 6.26.

Διάφορες μορφές ηλεκτροδίων και περιπτώσεις εφαρμογής τους.

Όταν η μια τουλάχιστον επιφάνεια της συγκολλήσεως πρέπει να είναι τελείως καθαρή, να μην φαίνεται δηλαδή η **πονταρισιά** όπως λέγεται, τότε προσαρμόζουμε στον κάτω βραχίονα της μηχανής ηλεκτροσυγκολλήσεως επίπεδο ηλεκτρόδιο. Έτσι το ρεύμα δισχετεύεται σε μεγαλύτερη επιφάνεια από ότι συνήθως. Προϋπόθεση για επιτυχημένη συγκόλληση εδώ είναι η τέλεια επαφή του αντικειμένου επάνω στην επίπεδη επιφάνεια του ηλεκτροδίου. Για αντικείμενα μεγάλου όγκου δεν είναι εύκολο αυτό.

Στην περίπτωση αυτή χρησιμοποιούμε ηλεκτρόδια με επίπεδη επιφάνεια και σφαιρική έδραση (σχ. 6.2γ). Σ' αυτού του είδους τα ηλεκτρόδια η επιφάνεια επαφής περιστρέφεται και προσαρμόζεται στην επιθυμητή θέση συγκολλήσεως (σχ. 6.2γ).

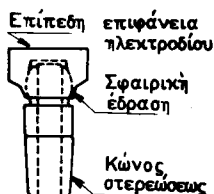
Γενικά, κατά τη μέθοδο ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως κατά σημεία, η διάμετρος επαφής ηλεκτροδίου-αντικειμένου, ή όπως λέγεται, η διάμετρος πονταρίσματος του ηλεκτροδίου d (σχ.6.2δ), καθορίζεται ανάλογα με το πάχος του προς συγκόλληση ελάσματος S από τη σχέση:

$$d = 5\sqrt{S}$$

Για συγκόλληση π.χ. ελασμάτων πάχους 1 mm απαιτείται διάμετρος πονταρίσματος του ηλεκτροδίου:

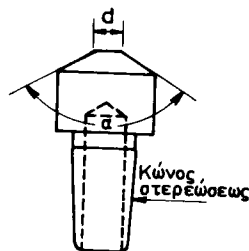
$$d = 5\sqrt{S} = 5\sqrt{1} = 5 \text{ mm}$$

Η γωνία του κώνου του ηλεκτροδίου α (σχ. 6.2δ) πρέπει να μην είναι μικρή, γιατί όσο μικρότερη είναι τόσο μεγαλύτερη θα είναι η φθορά του ηλεκτροδίου. Συνιστάται να είναι περίπου ίση με 120 μοίρες. Τα ηλεκτρόδια, στο άκρο στερεώσεώς τους πάνω στους βραχίονες της μηχανής (σχ. 6.2δ), διαμορφώνονται κατά τους τυποποιημένους κώνους Μορς, οι οποίοι είναι γνωστοί από τη Μηχανουργική Τεχνολογία.



Σχ. 6.2γ.

Ηλεκτρόδιο του κάτω βραχίονα με επίπεδη επιφάνεια και σφαιρική έδραση.

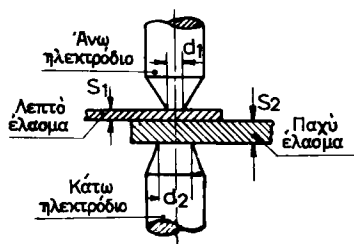


Σχ. 6.2δ.

Ηλεκτρόδιο ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως κατά σημεία.

Όταν τα προς συγκόλληση τεμάχια έχουν διαφορετικό πάχος, τότε πρέπει να χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια με διαφορετική διάμετρο πονταρίσματος. Η διάμετρος αυτή υπολογίζεται για το κάθε ηλεκτρόδιο με βάση τη γνωστή σχέση $d = 5\sqrt{S}$ (σχ. 6.2ε).

Τα άκρα των ηλεκτροδίων πρέπει να είναι λίγο σφαιρικά, ώστε το ηλεκτρικό ρεύμα να είναι περισσότερο συγκεντρωμένο στη θέση ηλεκτροσυγκολλήσεως (σχ. 6.9γ).



Σχ. 6.2ε.

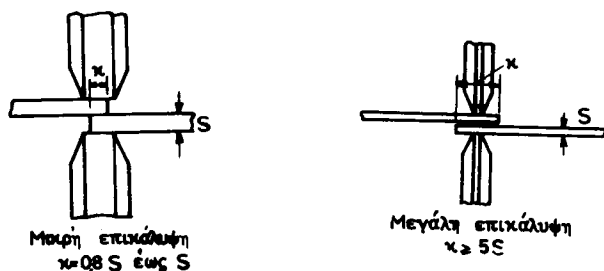
Συγκόλληση κατά σημεία ελασμάτων διαφορετικού πάχους.

6.3 Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως ραφής.

Χρησιμοποιείται όπου απαιτείται η συγκόλληση να είναι στεγανή ή όταν απαιτείται μεγάλη παραγωγή συγκολλουμένων τεμαχίων, δηλαδή πολλά μέτρα ραφής στη μονάδα του χρόνου.

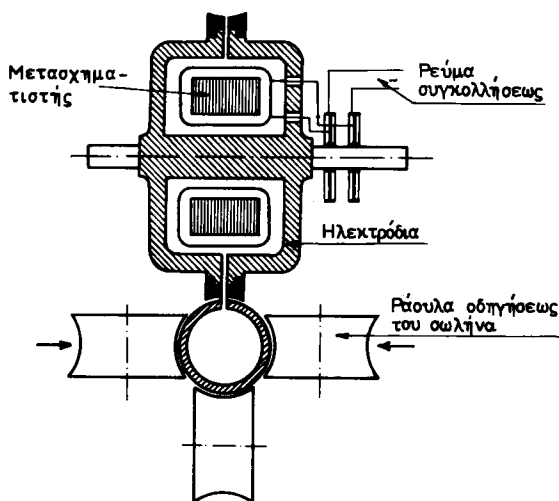
Τα ηλεκτρόδια έχουν τη μορφή δίσκων και κατά τη συγκόλληση περιστρέφονται. Τα τεμάχια μετακινούνται και συγκολλούνται κατά μια γραμμή, τη ραφή όπως ονομάζεται (σχ. 6.16).

Η ηλεκτροσυγκόλληση αυτού του είδους χρησιμοποιείται για τη συνεχή σύνδεση ελασμάτων σε επικάλυψη (σχ. 6.3α), για τη κατασκευή σωλήνων (σχ. 6.3β), για τη σύνδεση ειδικών προφίλ από



Σχ. 6.3α.

Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως ραφής ελασμάτων σε επικάλυψη.

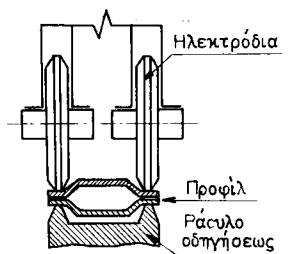


Σχ. 6.3β.

Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως ραφής σωλήνων.

ελάσματα (σχ. 6.3γ), καθώς και σε πολλές άλλες εφαρμογές.

Στεγανές συγκολλήσεις είναι δυνατό να γίνουν και με τη μέθοδο ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως κατά σημεία, όταν οι θέσεις συγκολλήσεως απέχουν λίγο μεταξύ τους, δηλαδή τόσο, ώστε να επικαλύπτονται. Με τον τρόπο αυτό όμως είναι απαραίτητο κάθε φορά που θα θέλομε να κάνομε μια νέα συγκόλληση κατά σημεία (πονταρισιά), να σηκώσομε τον επάνω βραχίονα της μηχανής, να μετακινούμε το τεμάχιο και να κατεβάζομε πάλι το βραχίονα, με αποτέλεσμα να έχομε και μεγάλη φθορά στα ηλεκτρόδια και μικρή ταχύτητα παραγωγής. Με τις μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως ραφής δεν κατασκευάζονται μόνο στεγανές συγκολλήσεις. Με τη χρησιμοποίηση των περιστρεφόμενων κυλινδρικών ηλεκτροδίων, στα οποία το ρεύμα δίνεται κατά διαστήματα, επιτυγχάνομε να έχομε διαδοχικά πονταρίσματα, όπως ακριβώς και στην συγκόλληση κατά σημεία. Η απόσταση διαδοχικών σημείων συγκολλήσεως καθορίζεται από την ταχύτητα των περιστρεφόμενων ηλεκτροδίων και από το ρυθμό με τον οποίο θα διακόπτομε και θα παρέχομε το ρεύμα.



Σχ. 6.3γ.

Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως ραφής.
Συγκόλληση ειδικών προφίλ από ελάσματα.

Είναι φανερό ότι όσο μεγαλώνει η ταχύτητα και όσο συχνότερα παρέχεται το ρεύμα, τόσο μεγαλύτερη πρέπει να είναι και η ισχύς του μετασχηματιστή και συνεπώς και το μέγεθος της μηχανής.

Από τα πιο πάνω φαίνεται ότι με τη μηχανή ραφής είναι δυνατό, με κατάλληλη ρύθμιση, να έχομε και συνδέσεις μη στεγανές. Έτσι σε πολλές περιπτώσεις που επιθυμούμε μεγάλη παραγωγή, χρησιμοποιούμε τις μηχανές με περιστρεφόμενα κυλινδρικά ηλεκτρόδια για συγκολλήσεις αντοχής (απόσταση σημείων συγκολλήσεως περίπου 10 mm) ή για συγκολλήσεις συγκρατήσεως (απόσταση σημείων συγκολλήσεως περίπου 30 mm).

6.4 Μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως ραφής.

Οι μηχανές αυτές αποτελούνται από μετασχηματιστή, που συνδέεται με το δίκτυο ρεύματος του εργοστασίου με τη βοήθεια διακόπτη, ο οποίος ρυθμίζει το ρεύμα.

Το δευτερεύον του μετασχηματιστή συνδέεται με τους δύο βραχίονες, οι οποίοι έχουν τα περιστρεφόμενα δισκοειδή ηλεκτρόδια. Από αυτά το ένα είναι ελεύθερο και το άλλο κινητήριο.

Από τα πιο πάνω φαίνεται ότι η μηχανή ραφής δεν διαφέρει ηλεκτρικά από τη μηχανή κατά σημεία.

Με την κίνηση του ηλεκτροδίου καθορίζεται η πρόωση, δηλαδή η ταχύτητα συγκολλήσεως. Στις μηχανές ραφής η κίνηση του τεμαχίου είναι δυνατό να είναι **συνεχής** ή **κατά θήματα**. Όταν η ηλεκτρική ισχύς της μηχανής επαρκεί για να συγκολληθούν τα τεμάχια «εν κινήσει», τότε η κίνηση είναι συνεχής. Όταν όμως η ισχύς είναι μικρή, τότε πρέπει το ρεύμα να περάσει για ορισμένο χρονικό διάστημα από το ίδιο σημείο για να γίνει η συγκόλληση. Τότε η μηχανή εργάζεται με πρόωση κατά θήματα. Στην εργασία με πρόωση κατά θήματα τα τεμάχια είναι ακίνητα κατά το χρόνο διόδου του ρεύματος και μετακινούνται κατά το χρόνο που δεν διέρχεται ρεύμα.

Το χρονικό διάστημα που διέρχεται το ρεύμα (θερμός χρόνος), καθώς και το διάστημα που δεν διέρχεται (ψυχρός χρόνος), ρυθμίζονται μηχανικά και ηλεκτρικά με μικρό αριθμό ταλαντώσεων. Σε μεγάλο αριθμό ταλαντώσεων η ρύθμιση γίνεται μόνο ηλεκτρικά.

6.5 Τεχνική της ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως ραφής.

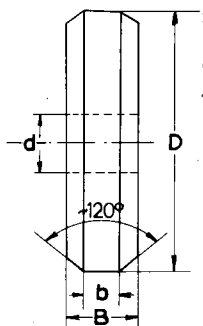
Για να πραγματοποιήσουμε τη συγκόλληση πρέπει να καθορίσουμε την ταχύτητα παραγωγής (πρόωση), την ένταση του ρεύματος, το θερμό και ψυχρό χρόνο ανά σημείο συγκολλήσεως, καθώς και την πίεση των ηλεκτροδίων. Όλα όσα αναφέραμε εξαρτώνται από την επιθυμητή απόσταση δύο διαδοχικών σημείων συγκολλήσεως, το είδος του υλικού των τεμαχίων και από την επιθυμητή παραγωγή. Οι οδηγίες του μηχανήματος θα μας βοηθήσουν ώστε με δοκιμές να προσδιορίσουμε τα μεγέθη στα οποία πρέπει να ρυθμίσουμε τη μηχανή. Στην εργασία αυτή βοηθάει και ο πίνακας 6.5.1.

Τα ηλεκτρόδια-δίσκοι της συγκολλήσεως ραφής πρέπει να έχουν μεγάλη αγωγιμότητα και όσο το δυνατό μεγαλύτερη σκληρότητα. Γι' αυτό κατασκευάζονται από ειδικά κράματα χαλκού. Στο σχήμα 6.5 διακρίνεται ηλεκτρόδιο για ηλεκτροσυγκολλήσεις αντιστάσεως ραφής.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.5.1

Επίδραση του υλικού, του είδους της ραφής και της αποδόσεως
επάνω στις συνθήκες λειτουργίας της μηχανής

	Συγκολλούμενο υλικό		Ραφή Συγκολληθείς Αντοχής Στεγανή	Ταχύτητα, παραγωγής m/min
	Πάχος ελασματος	Αγωγιμότητα		
Θερμός χρόνος ανά σημείο t_{θ}				
Ρεύμα συγκόλλησης - ως I				
Ψυχρός χρόνος ανά σημείο $T-t_{\theta}$				
Απόσταση σημείων συγκολληθείας α				
Ταχύτητα παραγωγής				o



d η διάμετρος στερεώσεως στο βραχίονα.
D η διάμετρος ηλεκτροδίου.
B το πλάτος ηλεκτροδίου.
b το πλάτος συγκολληθείας.
Συνήθως $B < 2b$.

Σχ. 6.5.

Ηλεκτρόδιο ηλεκτροσυγκολληθείας αντιστάσεως ραφής.

6.6 Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως άκρων.

Κατ' αυτήν το ρεύμα διέρχεται από τα προς συγκόλληση άκρα των τεμαχίων και προκαλεί υπερθέρμανση και σύντηξη στη θέση επαφής τους (σχ. 6.1γ). Με τη σύντηξη των άκρων και με τη βοήθεια της πίεσεως που ασκείται επιτυγχάνεται η συγκόλληση.

Τα ηλεκτρόδια εδώ έχουν τη μορφή σιαγόνων για να συγκρατούν τα προς συγκόλληση τεμάχια. Το ένα από αυτά είναι σταθερό, ενώ το άλλο κινητό. Με το κινητό επιτυγχάνεται η απαιτούμενη κατά τη συγκόλληση μετατόπιση των τεμαχίων.

Η ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως άκρων λόγω της μεγάλης αποδόσεως έχει αντικαταστήσει, όπου είναι δυνατό, τη σε σειρά παραγωγή και την οξυγονοκόλληση και την ηλεκτροσυγκόλληση τόξου. Η μέθοδος της ηλεκτροσυγκόλλησης άκρων χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να συγκολλήσουμε πολλά όμοια τεμάχια με μεγάλη ταχύτητα και τούτο γιατί:

α) Οι μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης άκρων κοστίζουν πολύ περισσότερο, συγκριτικά με τις συνηθισμένες μηχανές συγκόλλησης (συσκευές οξυγονοκόλλησης-ηλεκτροσυγκόλλησης).

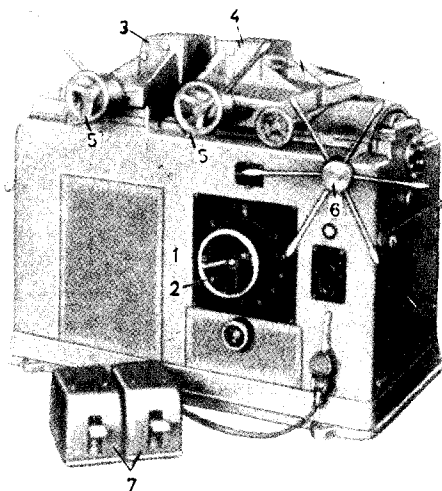
β) Απαιτούν σημαντική προετοιμασία προσαρμογής στην κάθε εργασία (κατασκευή ειδικών σιαγόνων-ηλεκτροδίων, ρύθμιση μηχανής κλπ.).

Η ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως άκρων χρησιμοποιείται στη σύνδεση ράβδων, γωνιών, σωλήνων, καθώς και άλλου είδους αντικειμένων από σίδηρο ή ελαφρά μέταλλα.

6.7 Μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης αντιστάσεως άκρων.

Οι μηχανές αυτές μοιάζουν ηλεκτρικά με τις άλλες μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης αντιστάσεως, η μορφή όμως και η λειτουργία τους είναι διαφορετική. Αποτελούνται (σχ. 6.7α) από μετασχηματιστή (1), που τροφοδοτείται από το δίκτυο του εργοστασίου με τάση 380 V. Το δευτερεύον του μετασχηματιστή αυτού συνδέεται με τη σταθερή (3) και με την κινητή σιαγόνα (4). Ο μεταγωγέας (2)

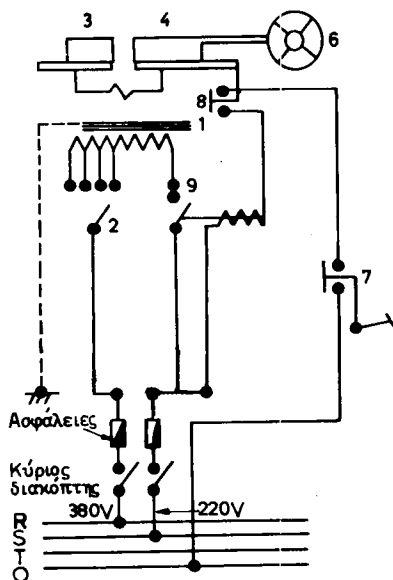
- 1) Θέση μετασχηματιστή.
- 2) Μεταγωγέας πρωτεύοντος ρεύματος
- 3) Σταθερά σιαγόνα προσδέσεως τεμαχίου.
- 4) Κινητή σιαγόνα προσδέσεως τεμαχίου.
- 5) Στρόφαλα συσφίξεως τεμαχίων.
- 6) Χειροστρόφαλο κινήσεως κινητής σιαγόνας.
- 7) Ποδοδιακόπτης ρεύματος.



Σχ. 6.7α.

Μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης αντιστάσεως άκρων μέσης ισχύος (100 kVA).

χρησιμοποιεί για τη ρύθμιση της τάσεως και συνεπώς και της εντάσεως του ρεύματος συγκολλησεως. Αυτό επιτυγχάνεται με την προσθήκη ή αφαίρεση σπειρών από το πρωτεύον του μετασχηματιστού. Το χειροστρόφαλο (6) με κατάλληλο μηχανισμό κινεί την κινητή σιαγόνα (4). Με τον ποδοδιακόπτη (7), και αφού συνδεθούν τα τεμάχια στις σιαγόνες, γίνεται η παροχή ρεύματος στη μηχανή. Η ηλεκτρική συνδεσμολογία της μηχανής ηλεκτροσυγκολλησεως άκρων έχει ως εξής (σχ. 6.78):



Σχ. 6.78.

Ηλεκτρική συνδεσμολογία μηχανής ηλεκτροσυγκολλησεως αντιστάσεως άκρων.

Η μηχανή συνδέεται στις δύο φάσεις (τάση 380 V) και σε ουδέτερο (τάση φάσεως ουδετέρου 220 V). Ο διακόπτης τέρματος (8) σταματάει την παροχή ρεύματος, όταν η κινητή σιαγόνα είναι στο τέλος της διαδρομής της.

Η ηλεκτρική λειτουργία της μηχανής γίνεται ως εξής: Αφού συνδεθούν τα τεμάχια στις σιαγόνες, πιέζουμε τον ποδομοχλό (7), οπότε διοχετεύεται ρεύμα στο πηνίο και κλείνει ο διακόπτης πρωτεύοντος ρεύματος (9). Ο διακόπτης (9) ανοίγει, όταν τελειώσει η διαδρομή της κινητής σιαγόνας, οπότε θα ανοίξει ο διακόπτης τέρματος (8).

Η μηχανή που περιγράψαμε είναι από απόψεως ισχύος μεσαίου

μεγέθους (100 kVA) και δεν είναι εφοδιασμένη με αυτόματες διατάξεις. Οι μηχανές ηλεκτροσυγκολήσεως αντιστάσεως άκρων κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη από απόψεως ισχύος. Κατασκευάζονται μηχανές μικρής (λίγων kVA), μεσαίας και μεγάλης ισχύος (πάνω από 150 kVA). Στις μεγάλης ισχύος μηχανές τα ηλεκτρόδια ψύχονται με κυκλοφορία νερού όπως και στις άλλες μηχανές ηλεκτροσυγκολήσεως αντιστάσεως (§ 3.2).

Επίσης κατασκευάζονται μηχανές αυτού του είδους με αυτόματες διατάξεις, όπου η σύσφιξη των τεμαχίων στις σιαγόνες, η μετακίνηση της κινητής σιαγόνας κ.ο.κ. γίνονται με πεπιεσμένο αέρα.

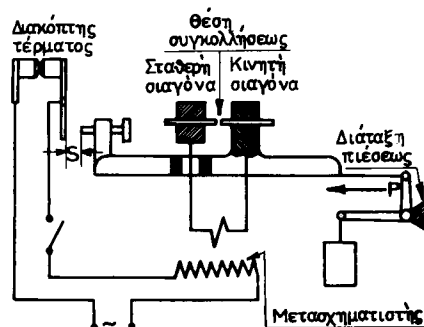
6.8 Τεχνική της ηλεκτροσυγκολήσεως αντιστάσεως άκρων.

Η ηλεκτροσυγκόλληση άκρων ανάλογα με τον τρόπο με τον οποίον πραγματοποιείται διακρίνεται σε:

- α) Απλή ηλεκτροσυγκόλληση άκρων και
- β) ηλεκτροσυγκόλληση άκρων με τόξο.

Απλή ηλεκτροσυγκόλληση άκρων.

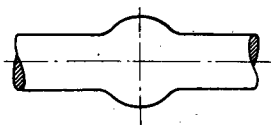
Κατ' αυτήν τα τεμάχια τοποθετούνται πάνω στη μηχανή έτσι, ώστε οι προς συγκόλληση επιφάνειές τους να πιέζονται η μια πάνω στην άλλη. Η δύναμη πίεσεως δίνεται από μοχλό ή από βάρος ή ακόμη και από ελατήριο (σχ. 6.8α). Στη συνέχεια διοχετεύεται το ρεύμα συγκολήσεως, οπότε τα άκρα των τεμαχίων θερμαίνονται, και με την επίδραση της δυνάμεως της πίεσεως P εισδύει το ένα μέσα στο άλλο. Αυτό συνεχίζεται για το διάστημα s , που έχομε ρυθμίσει προηγουμένως τη μηχανή. Όταν τα τεμάχια διεισδύουν κατά s (σχ. 6.8α), όπως έχει ορισθεί, τότε το ρεύμα διακόπτεται. Η συγκόλληση



Σχ. 6.8α.

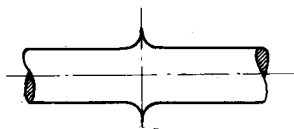
Σχηματική παράσταση απλής ηλεκτροσυγκολήσεως άκρων.

έχει γίνει. Τα τεμάχια είναι διογκωμένα στο μέρος όπου έγινε η συγκόλληση (σχ. 6.86 και 6.8γ).



Σχ. 6.86.

Απλή ηλεκτροσυγκόλληση άκρων χάλυβα. Διακρίνεται η διόγκωση στο σημείο συγκολλήσεως.



Σχ. 6.8γ.

Απλή ηλεκτροσυγκόλληση άκρων ελαφρών μετάλλων. Διακρίνεται η διόγκωση στο σημείο συγκολλήσεως.

Για να επιτύχει η απλή συγκόλληση πρέπει να είναι καθαρές οι επιφάνειες των άκρων, όπου θα γίνει η σύνδεση. Αν υπάρχουν ακαθαρσίες ή γρέζια, τότε τα άκρα θα τοποθετηθούν σε τόση απόσταση μεταξύ τους όσο είναι το πάχος των ακαθαρσιών. Συνεπώς το διάκενο s , που έχει καθορισθεί για καθαρά άκρα και στο οποίο έχει ρυθμισθεί η μηχανή, θα είναι μειωμένο τόσο, όσο το πάχος των ακαθαρσιών. Αυτό έχει αποτέλεσμα τη μείωση του χρόνου διελεύσεως του ρεύματος και συνεπώς τη μείωση της αντοχής της συγκολλήσεως.

Η μέθοδος της απλής συγκολλήσεως άκρων χρησιμοποιείται για τη σύνδεση άκρων από χάλυβα πλήρους διατομής έως 200 mm^2 . Επίσης χρησιμοποιείται για τη σύνδεση μετάλλων που μεταπίπτουν από τη στερεά στην υγρή κατάσταση χωρίς να μεσολαβεί ερυθροπύρωση. Εδώ ανήκουν τα ελαφρά και γενικά τα μη σιδηρούχα μέταλλα.

Κατά την απλή μέθοδο πρέπει να καθορισθούν:

- α) Η πίεση που απαιτείται για τη διείσδυση.
- β) Η ένταση του ρεύματος και
- γ) το μήκος διεισδύσεως.

Η απαιτούμενη πίεση είναι $0,5\text{--}2 \text{ kg/mm}^2$ για σίδηρο και χάλυβα και $0,5\text{--}1 \text{ kg/mm}^2$ για ελαφρά μέταλλα και κράματα χαλκού.

Η ένταση του ρεύματος συγκολλήσεως καθορίζεται έτσι, ώστε να μην «καίγεται» σε κανένα σημείο το μέταλλο. Όταν δηλαδή η ένταση του ρεύματος είναι πολύ μεγάλη, είναι δυνατό το μέταλλο να υπερθερμανθεί και να καταστεί ακατάλληλο. Ο χαλκός π.χ., όπως είδαμε στην § 2.3, αχρηστεύεται όταν υπερθερμανθεί.

Το μήκος διεισδύσεως καθορίζεται ανάλογα με την περίπτωση. Δεν πρέπει να είναι μεγάλο, γιατί έχουμε μεγάλη διόγκωση, ούτε μικρό, γιατί έχουμε σύνδεση μειωμένης αντοχής.

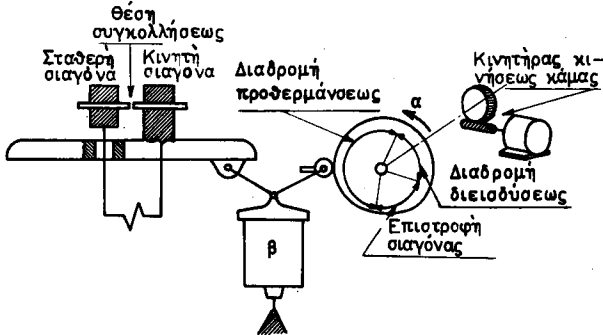
Οι πίνακες της μηχανής μας βοηθούν να εκλέξουμε τα μεγέθη που

θα τη ρυθμίσουμε, τα οποία, αφού εκλέξουμε, πρέπει να επαληθεύσουμε στην πράξη με δοκιμές και να κάνουμε τις απαραίτητες προσαρμογές.

θ) Ηλεκτροσυγκόλληση άκρων με τόξο.

Τα τεμάχια τοποθετούνται στη μηχανή έτσι, ώστε τα άκρα τους όπου θα γίνει η συγκόλληση, να απέχουν λίγο μεταξύ τους. Κατόπιν για να αρχίσει η συγκόλληση, διαβιβάζεται το ρεύμα στα τεμάχια, ενώ ταυτόχρονα πλησιάζουμε τα προς συγκόλληση άκρα.

Στο σχήμα 6.8δ φαίνεται διάταξη συγκολλησεως άκρων με τόξο, στην οποία οι διαδρομές της κινητής σιαγόνας εκτελούνται με τη βοήθεια του κνώδακα α (κάμα), ενώ η σταθερή πίεση κατά τη συγκόλληση εξασφαλίζεται με το έμβολο πεπιεσμένου αέρα β.



Σχ. 6.8δ.

Σχηματική παράσταση ηλεκτροσυγκολλησεως άκρων με τόξο. α) Κνώδακας (κάμα) διαδρομής κινητής σιαγόνας. β) Έμβολο πεπιεσμένου αέρα που παρέχει σταθερή πίεση.

Όταν διαβιθασθεί το ρεύμα, δημιουργείται στη θέση συγκολλησεως τόξο, το οποίο διατηρείται μέχρι να έρθουν τα άκρα σε επαφή.

Αφού δημιουργηθεί μεταξύ των τεμαχίων τόξο στην απόσταση που τα τοποθετήσαμε να απέχουν, τότε αυτά μετακινούνται και πλησιάζουν. Αυτή η απόσταση λέγεται **απόσταση προθερμάνσεως**, που πρέπει να είναι τόση, ώστε τα τεμάχια, όταν θα έρθουν σε επαφή, να έχουν την απαραίτητη ομοιόμορφη θερμοκρασία σε όλη την επιφάνεια συγκολλησεως. Ακολουθεί η διεισδυση της μιας επιφάνειας μέσα στην άλλη. Κατά τη συγκόλληση άκρων με τόξο η απαιτούμενη διεισδυση είναι μικρότερη γιατί οι επιφάνειες που θα συγκολληθούν είναι ήδη πυρακτωμένες, όταν εφάπτονται. Μόλις η διεισδυση προχωρήσει όσο έχουμε ρυθμίσει τη μηχανή, διακόπτεται το ρεύμα και η συγκόλληση έχει γίνει.

Δεν είναι απαραίτητο σ' αυτή τη μέθοδο οι επιφάνειες που θα συγκολληθούν να είναι καθαρές, όπως στην απλή μέθοδο γιατί ο καθαρισμός της επιφάνειας γίνεται με το τόξο.

Η μέθοδος συγκολλήσεως άκρων με τόξο έχει μεγαλύτερη παραγωγή και είναι πιο οικονομική από ότι η απλή μέθοδος συγκολλήσεως και μεγαλύτερης τάσεως, συγκριτικά με την απλή μέθοδο, ώστε να γίνεται διάσπαση του κενού και αφή του τόξου.

Με τη μέθοδο αυτή συγκολλάται κυρίως χάλυβας διαφόρων μορφών (ταινίες, γωνίες, στρογγυλά, σωλήνες κ.ά.), αλλά δεν ενδείκνυται για τη συγκόλληση των μη σιδηρούχων μετάλλων.

Κατά τη μέθοδο της ηλεκτροσυγκολλήσεως άκρων με τόξο πρέπει να καθορισθούν:

α) Η απόσταση που θα τοποθετηθούν τα τεμάχια.

β) Η ένταση του ρεύματος.

γ) Η πίεση που απαιτείται για τη διείσδυση.

δ) Το μήκος της διεισδύσεως.

ε) Ο χρόνος προθερμάνσεως με το τόξο.

Η μορφή του κνώδακα καθορίζεται κυρίως από το χρόνο προθερμάνσεως με το τόξο και την απόσταση που θα τοποθετηθούν τα τεμάχια.

Η απαιτούμενη πίεση κατά τη διείσδυση είναι 1,5-2,5 kg/mm² και εξασκείται για επιφάνειες μέχρι 3000 mm² με χειροκίνητες διατάξεις, ενώ για μεγαλύτερες επιφάνειες με ηλεκτροκίνητους μηχανισμούς ή πεπιεσμένο αέρα.

Οι διάφοροι κατασκευαστές μηχανημάτων συγκολλήσεως άκρων με τόξο δίνουν πίνακες με βάση τους οποίους επιλέγονται τα πιο πάνω στοιχεία, ανάλογα με την περίπτωση, κατά σειρά μεγέθους.

Με δοκιμές και διαδοχικές προσαρμογές θα καθορισθούν οι αναγκαίες τιμές αυτών των στοιχείων, οι οποίες τελικά θα χρησιμοποιηθούν στην εργασία.

Πιο πάνω περιγράφεται η μέθοδος ηλεκτροσυγκολλήσεως χωρίς προθέρμανση, δηλαδή τη στιγμή που θα αρχίσει να γίνεται τόξο τα άκρα που θα συγκολληθούν είναι ψυχρά. Η πιο πάνω μέθοδος χρησιμοποιείται όταν θέλουμε να συγκολλήσουμε σωλήνες και γενικά όχι πλήρεις διατομές.

Για συμπαγή χάλυβα όμως απαιτείται προθέρμανση, δηλαδή πριν από τη συγκόλληση τοποθετούμε τα τεμάχια ώστε να εφάπτονται, και διαθιβάζουμε ρεύμα το οποίο τα προθερμαίνει. Μετά τα απομακρύνουμε και ακολουθούμε την ίδια διαδικασία, όπως στη μέθοδο χωρίς προθέρμανση.

Στην ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως άκρων, με ή χωρίς τόξο, δημιουργούνται συνδέσεις των άκρων με σύντηξη. Η θέση συγκολ-

λήσεως αφήνεται κατόπιν και ψύχεται απότομα στον αέρα, με αποτέλεσμα το υλικό στη θέση αυτή να σκληραίνει. Όταν λοιπόν απαιτείται μαλακή και εύκαμπτη σύνδεση, τότε γίνεται ανόπτηση. Δηλαδή διαβιβάζουμε στη θέση, όπου έχει γίνει ήδη η συγκόλληση, διακοπτόμενο ρεύμα εντάσεως μικρότερης από ότι χρησιμοποιήθηκε στην συγκόλληση. Αυτό γίνεται π.χ. κατά τη συγκόλληση προινοκορδέλλας, γιατί θέλομε η σύνδεση να είναι εύκαμπτη.

Στον πίνακα 6.8.1 δίνονται διάφορες ενδεικτικές τιμές κατά την ηλεκτροσυγκόλληση άκρων χάλυβα για τη δύναμη πιέσεως, την ισχύ και το χρόνο συγκολλήσεως. Οι τιμές αυτές είναι ανάλογες με τη διατομή των συγκολλουμένων άκρων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 6.8.1

Ενδεικτικές τιμές δυνάμεως πιέσεως, ισχύος και χρόνου συγκολλήσεως χάλυβα κατά την ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως άκρων

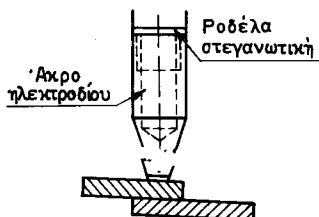
Διατομή F mm ²	Δύναμη πίεσεως P kg	Ισχύς N kVA	Χρόνος διόδου του ρεύματος T min sec		Πεδίο εφαρμογής μεθόδου ηλεκτροσυγκολλήσεως άκρων		
					Απλή	Μετά τόξου	
10	5	1	—	0,5	I	I	
30	25	2,5	—	1,5			
100	100	6	—	5			
300	500	15	—	15			
1000	2000	50	—	40	I		
3000	7000	100	2	—			
10000	25000	300	6	—			
40000	100000	1000	20	—			

6.9 Πρακτικές οδηγίες για τις ηλεκτροσυγκολλήσεις αντιστάσεως.

- 1) Πριν αρχίσεις τη συγκόλληση, να ανοίξεις το νερό ψύξεως και να καθαρίσεις με σμυριδόπανο τα ηλεκτρόδια, αν δεν είναι καθαρά. Στα άκρα των ηλεκτροδίων με την υπερθέρμανση δημιουργείται ένα οξειδίο που δρα σαν μονωτικό. Κατά τη διάρκεια της συγκολλήσεως, αν είναι δυνατό, να στρέψεις λίγο το προς συγκόλληση τεμάχιο, ώστε να φύγει το οξειδίο αυτό από το ηλεκτρόδιο.
- 2) Να προσέξεις η σύνδεση του ηλεκτροδίου πάνω στο βραχίονα να είναι στεγανή. Αν από τη σύνδεση διαφεύγει νερό ψύξεως, τότε το μέρος όπου γίνεται η συγκόλληση σκληραίνει. Το νερό που

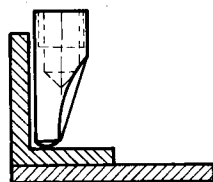
διαφεύγει προκαλεί επίσης οξείδωση της επιφάνειας του ηλεκτροδίου, που προβάλλει αντίσταση στη δίοδο του ρεύματος. Ως στεγανωτικό μέσο χρησιμοποιούνται ροδέλες από μαλακά κράματα μολύβδου ή και από λιγότερο εύτηκτα μέταλλα (σχ. 6.9α). Ροδέλες από καθαρό μόλυβδο δεν χρησιμοποιούνται γιατί ο μόλυβδος τήκεται και παραμορφώνει το σπείρωμα του ηλεκτροδίου.

- 3) Να διαλέξεις ηλεκτρόδιο με σχήμα ανάλογο προς τα τεμάχια που πρέπει να συγκολληθούν και τη θέση συγκολλήσεως, π.χ. για τη συγκόλληση της γωνίας του σχήματος 6.9β απαιτείται το εικονιζόμενο ηλεκτρόδιο ειδικής μορφής, ώστε να μετατοπίζεται η θέση συγκολλήσεως προς το άκρο της γωνίας.



Σχ. 6.9α.

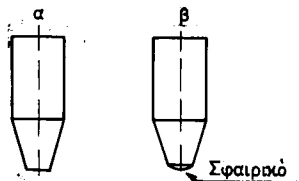
Σύνδεση άκρου ηλεκτροδίου με σπείρωμα.



Σχ. 6.9β.

Ηλεκτρόδιο ειδικής μορφής για τη συγκόλληση.

- 4) Να προσέξεις τα άκρα των ηλεκτροδίων να είναι σφαιρικά, όταν θέλεις ισχυρή σύνδεση (σχ. 6.9γ), γιατί έτσι το ρεύμα είναι συγκεντρωμένο πάνω σ' αυτά και η συγκόλληση είναι ισχυρή. Τα άκρα των ηλεκτροδίων γίνονται σφαιρικά με τη βοήθεια λίμας ή στον τόρνο.



Σχ. 6.9γ.

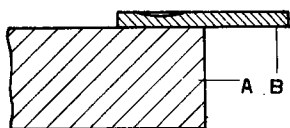
Μορφές άκρων ηλεκτροδίου.

- α) Μη σφαιρική μορφή. (Δεν είναι κατάλληλο για ισχυρή σύνδεση).
β) Σφαιρική μορφή για ισχυρές συνδέσεις.

- 5) Να ρυθμίζεις κάθε φορά την ένταση του ρεύματος ανάλογα με το πάχος των προς συγκόλληση τεμαχίων. Αν το ρεύμα έχει

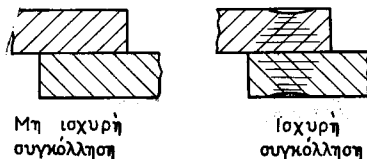
μεγαλύτερη ένταση από ό,τι απαιτείται, τότε τα τεμάχια εκπέμπουν σπινθήρες με την έναρξη της συγκολλήσεως και τελικά καίγονται. Εξάλλου, αν η ένταση του ρεύματος είναι μικρή, τότε τα τεμάχια δεν συντήκονται στη θέση συγκολλήσεως και δεν επιτυγχάνεται ισχυρή σύνδεση.

- 6) Όταν πρέπει να συγκολληθούν τεμάχια διαφορετικού πάχους (σχ. 6.9δ), τότε, επειδή το παχύτερο τεμάχιο θερμαίνεται δυσκολότερα από ό,τι το λεπτό, να διαβιβάσεις μερικές φορές πριν από τη συγκόλληση ρεύμα μέσα στα δύο τεμάχια. Η συγκόλληση πρέπει να γίνει όταν θερμανθεί το τεμάχιο με το μεγαλύτερο πάχος.
- 7) Τα σημεία των τεμαχίων στα οποία εφάπτονται τα ηλεκτρόδια, πρέπει να είναι καθαρά. Για το λόγο αυτό στις ηλεκτροσυγκολλήσεις με αντίσταση απαιτείται τα τεμάχια να είναι από αποξειδωμένη και ελασμένη εν ψύχρῳ (ντεκαπαρισμένη) λαμαρίνα. Τα ελάσματα από κράματα αλουμινίου και μαγνησίου πρέπει επίσης να έχουν επιφάνεια καθαρή και χωρίς οξειδία, ώστε η επαφή ηλεκτροδίου-ελάσματος να είναι καλή.
- 8) Να πατήσεις δυνατά και γρήγορα τον ποδοδιακόπτη, γιατί διαφορετικά στα σημεία επαφής του ρεύματος δημιουργούνται τόξα και οι επαφές καταστρέφονται. Κατά καιρούς ένας ηλεκτρολόγος πρέπει να επιθεωρεί και να καθαρίζει αυτές τις επαφές.
- 9) Αν κατά την ηλεκτροσυγκόλληση δημιουργήθηκε πάνω στα ελάσματα μικρή εσοχή, τότε η σύνδεση των ελασμάτων είναι ισχυρή (σχ. 6.9ε).



Σχ. 6.9δ.

Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως τεμαχίων διαφορετικού πάχους.



Σχ. 6.9ε.

Ισχυρή και μη ισχυρή σύνδεση ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως.

- 10) Δεν πρέπει να τοποθετείς πάνω στη μηχανή σιδερένια αντικείμενα. Ο μετασχηματιστής έλκει τα αντικείμενα αυτά και τα προσκολλά πάνω στις σπείρες του. Έτσι είναι δυνατό να δημιουργηθούν βραχυκυκλώματα ή και να καούν οι σπείρες του μετασχηματιστή.

6.10 Στοιχεία κόστους ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως.

Το κόστος της ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως εξαρτάται κυρίως από το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλίσκει η μηχανή και από το κόστος της εργασίας του τεχνίτη.

Στο συνολικό κόστος της ηλεκτροσυγκολλήσεως υπολογίζονται και άλλα στοιχεία, π.χ. το ποσοστό αποσβέσεως της μηχανής, μέρος από τα γενικά έξοδα λειτουργίας της επιχειρήσεως, καθώς και η δαπάνη από τη φθορά των ηλεκτροδίων, που είναι πολύ μικρή και περιλαμβάνεται στα γενικά έξοδα. Αυτά τα στοιχεία επιβαρύνουν άμεσα ή έμμεσα το κόστος της ηλεκτροσυγκολλήσεως. Ο υπολογισμός όμως των επιβαρύνσεων αυτών εξαρτάται από το σύστημα κοστολογήσεως που εφαρμόζει η επιχείρηση.

Πιο κάτω θα εξετάσουμε πώς υπολογίζονται τα κύρια στοιχεία κόστους της ηλεκτροσυγκολλήσεως με αντίσταση, δηλαδή το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλίσκει η μηχανή και το κόστος της εργασίας του τεχνίτη.

α) Το κόστος της ηλεκτρικής ενέργειας που καταναλίσκει η μηχανή.

Οι μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως με αντίσταση έχουν συνήθως ισχύ 6 kVA-150 kVA ή και περισσότερο, κατά τη διάρκεια δε της ηλεκτροσυγκολλήσεως απορροφούν μεγάλες εντάσεις ρεύματος. Για να υπολογίσουμε την κατανάλωση ρεύματος της μηχανής πρέπει να γνωρίζουμε πόσο συχνά λειτουργεί και πόσος είναι ο θερμός χρόνος της μηχανής, δηλαδή για πόσο χρονικό διάστημα διέρχεται ρεύμα από αυτή. Για την κατανάλωση υπολογίζεται η ισχύς ρεύματος που απορροφάται κατά μέσο όρο από το δίκτυο. Η ωριαία κατανάλωση ρεύματος της μηχανής θρίσκεται με βάση αυτή την ισχύ.

Η μέση ισχύς που απορροφάται από το δίκτυο N δίνεται από τη σχέση:

$$N = (1,8-2,5) \frac{I \cdot V \cdot t}{T} \text{ (kW)}$$

όπου: I το ρεύμα συγκολλήσεως σε kA

V η τάση συγκολλήσεως σε V

t ο θερμός χρόνος συγκολλήσεως

T ο συνολικός χρόνος εργασίας σε δευτερόλεπτα s.

β) Το κόστος της εργασίας του τεχνίτη.

Το κόστος εξαρτάται από την ταχύτητα εργασίας. Η ταχύτητα εργασίας πάλι εξαρτάται κυρίως από το χρόνο που απαιτείται για

την τροφοδότηση της μηχανής με τα προς συγκόλληση τεμάχια.

Σε αυτόματες μηχανές η τροφοδότηση γίνεται με μεγάλη ταχύτητα και συνεπώς έχομε και μεγάλες ταχύτητες εργασίας. Όταν η τροφοδότηση και η μετακίνηση του τεμαχίου γίνεται από τον τεχνίτη, τότε δεν γίνεται πλήρης εκμετάλλευση της μηχανής. Εδώ ο θερμός χρόνος συγκολλήσεως t είναι πολύ μικρότερος από το συνολικό χρόνο εργασίας T .

Τα εργοστάσια κατασκευής των μηχανών συνοδεύουν τις μηχανές τους με πίνακες όπου δίνονται τα αποτελέσματα που προέκυψαν από τη μέτρηση της ταχύτητας παραγωγής σε διάφορες περιπτώσεις. Οι πίνακες αυτοί είναι χρήσιμοι για τον έλεγχο της ορθής εκμεταλλεύσεως της μηχανής.

γ) Παράδειγμα υπολογισμού των στοιχείων κόστους κατά την ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως.

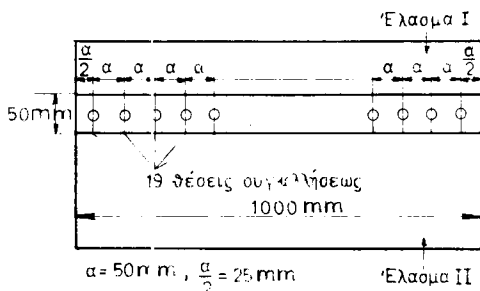
Ελάσματα χάλυβα μήκους ενός μέτρου (1000 mm) και πάχους 1 mm συνδέονται με ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως κατά σημεία. Η μηχανή ρυθμίσθηκε ώστε να εργάζεται στις πιο κάτω τιμές (πίνακας 6.2.1):

Ρεύμα συγκολλήσεως	10000 αμπέρ (A)
Δύναμη συγκολλήσεως	250 χιλιόγραμμα (kg)
Θερμός χρόνος συγκολλήσεως	8 περίοδοι

Η απόσταση a μεταξύ δύο διαδοχικών θέσεων ηλεκτροσυγκολλήσεως είναι $a = 50$ mm. Συνεπώς απαιτούνται συνολικά:

$$\frac{1000}{50} - 1 = 19$$

συνδέσεις ανά τεμάχιο (σχ. 6.10).



Σχ. 6.10.

Δίνονται επίσης:

Ταχύτητα παραγωγής 2 τεμάχια ανά min.

Τάση ηλεκτροδίων

$$2,5 \text{ V}$$

Κόστος δ ηλεκτρικής ενέργειας

$$\delta = 0,7 \text{ δρχ/kWh}$$

Κόστος ε εργασίας τεχνίτη

$$\varepsilon = 25 \text{ δρχ/h}$$

και ζητούνται τα στοιχεία κόστους για τη σύνδεση 1500 ελασμάτων I με 1500 ελάσματα II.

Λύση.

Ο χρόνος διόδου του ρεύματος συγκολλήσεως (θερμός χρόνος) είναι 8 περίοδοι, δηλαδή:

$$t = \frac{8}{50} = 0,16 \text{ s}$$

Ο συνολικός χρόνος εργασίας για κάθε σημείο συγκολλήσεως είναι:

$$T = \frac{60}{2 \times 19} = 1,58 \text{ s}$$

αφού εκτελούνται 2 τεμάχια, δηλαδή $2 \times 19 = 38$ συγκολλήσεις ανά πρώτο λεπτό.

Η μέση απορροφούμενη ισχύς από το δίκτυο είναι:

$$N = 2,2 \times \frac{10 \times 2,5 \times 0,16}{1,58} = 5,6 \text{ kW}$$

Για τις 1500 συνδέσεις απαιτούνται (ταχύτητα παραγωγής 2 τεμάχ./min):

$$H = \frac{1500}{2 \times 60} = 12,5 \text{ ώρες εργασίας}$$

Συνεπώς υπολογίζονται:

Κόστος ηλεκτρικής ενέργειας:

$$K_1 = N \times H \times \delta = 5,6 \times 12,5 \times 0,7 = 49 \text{ δρχ.}$$

Κόστος εργασίας:

$$K_2 = H \times \varepsilon = 12,5 \times 25 = 313 \text{ δρχ.}$$

Συνολικό κόστος

$$362 \text{ δρχ.}$$

Η ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως κατά σημεία 1500 τεμαχίων όπως στο σχήμα 6.10α κοστίζει συνεπώς σε ηλεκτρική ενέργεια και εργασία 362 δραχμές.

6.11 Ερωτήσεις.

- 1) Να εξηγήσετε πώς επιτυγχάνεται η σύνδεση κατά την ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση.
- 2) Τι είδους ρεύμα, εναλλασσόμενο ή συνεχές, χρησιμοποιούμε στις μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως με αντίσταση και γιατί;
- 3) Να αναφέρεις τα πλεονεκτήματα της μεθόδου ηλεκτροσυγκολλήσεως με αντίσταση σε σχέση με τις άλλες μεθόδους ηλεκτροσυγκολλήσεως.
- 4) Πώς προλαμβάνεται η καύση του υλικού στο σημείο συγκολλήσεως;
- 5) Πώς ρυθμίζεται μια μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως αντιστάσεως κατά σημεία; Ποια είναι τα μεγέθη, που πρέπει να καθορισθούν και πώς καθορίζονται;
- 6) Γιατί υπάρχουν διάφορες μορφές ηλεκτροδίων στην ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως κατά σημεία;
- 7) Πότε και γιατί χρησιμοποιούνται οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντιστάσεως ραφής; Να αναφέρεις εφαρμογές.
- 8) Σχεδίασε σε σκαρίφημα μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως άκρων και εξήγησε τον τρόπο λειτουργίας της.
- 9) Ποια η διαφορά μεταξύ της απλής ηλεκτροσυγκολλήσεως άκρων και της ηλεκτροσυγκολλήσεων άκρων με τόξο;
- 10) Γιατί τα τεμάχια στη θέση συγκολλήσεως πρέπει να ψύχονται ομαλά;
- 11) Γιατί γενικά πρέπει να ψύχονται τα ηλεκτρόδια;
- 12) Γιατί οι προς συγκόλληση επιφάνειες καθώς και εκείνες στις οποίες εφάπτονται τα ηλεκτρόδια, πρέπει να είναι καθαρές και να μην έχουν σκουριές, χρώματα ή άλλες επικαλύψεις;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 7

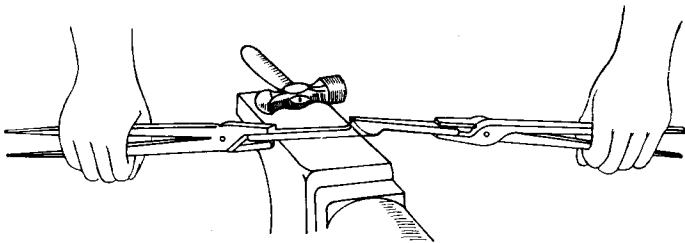
ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΣ

7.1 Εισαγωγή.

Εκτός από τις ήδη γνωστές βασικές μεθόδους συγκολλήσεως υπάρχουν και άλλες. Από αυτές θα εξετάσουμε ορισμένες ειδικές, τις πιο συνηθισμένες: δηλαδή την καμινοσυγκόλληση, τη συγκόλληση με θερμότη, την ηλεκτροσυγκόλληση με υδρογόνο, την ηλεκτροσυγκόλληση με αδρανές αέριο και τέλος την ηλεκτροσυγκόλληση με επαγωγικό ρεύμα.

7.2 Καμινοσυγκόλληση.

Είναι η παλαιότερη μέθοδος συγκολλήσεως. Σ' αυτή τα άκρα των προς συγκόλληση τεμαχίων θερμαίνονται μέσα σε καμίνι, μέχρι να ερυθροπυρωθούν και να αποκτήσουν πλαστικότητα. Έπειτα βγαίνουν από το καμίνι και σφυρηλατούνται πάνω σε αμόνι (άκμονα). Με τη σφυρηλάτηση τα μέρη του ενός άκρου εισδύουν στα μέρη του άλλου άκρου και πραγματοποιείται η συγκόλληση (σχ. 7.2α).



Σχ. 7.2α.

Σφυρηλάτηση για καμινοσυγκόλληση.

Για να είναι δυνατή η διείσδυση των άκρων πρέπει πριν τα βάλομε μέσα στο καμίνι να διαμορφωθούν κατάλληλα. Απαιτείται δηλαδή προετοιμασία των προς συγκόλληση άκρων. Στις περισσότερες περιπτώσεις διογκώνονται τα άκρα, ώστε με τη λέπτυνση που θα προέλθει από τη σφυρηλάτηση να επανέλθουν στις κανονικές τους

διαστάσεις. Στο σχήμα 7.26 διακρίνονται διάφορα είδη διαμορφώσεως άκρων.

Γενικά επιδιώκεται με τη διαμόρφωση να εφάπτονται σ' ένα μόνο σημείο τα προς συγκόλληση άκρα, ώστε κατόπιν, όπως θα διευρύνεται με τη σφυρηλάτηση η επιφάνεια επαφής, να απομακρύνονται οι σκουριές που υπάρχουν.



Σχ. 7.26.

Είδη διαμορφώσεως άκρων για καμινουσγκόλληση.

Αφού διαμορφωθούν τα άκρα των τεμαχίων κατάλληλα, βάζουμε τα τεμάχια μέσα στο καμίνι, όπου θα γίνει η ερυθροπύρωση. Στο καμίνι πρέπει τα άκρα των τεμαχίων να περιβάλλονται με αναμμένα κάρβουνα και να απέχουν από το σημείο, όπου εισέρχεται ο αέρας. Αυτό, γιατί το οξυγόνο του αέρα, όταν έρθει σε επαφή με τα ερυθροπυρωμένα τεμάχια, οξειδώνει την επιφάνειά τους με αποτέλεσμα να μην έχουμε επιτυχημένη συγκόλληση. Η θέρμανση μέσα στο καμίνι γίνεται βαθμιαίως, αλλιώς τα τεμάχια θερμαίνονται μόνο στην επιφάνειά τους και όχι, όπως επιθυμούμε, σε όλη τη μάζα τους.

Τα άκρα πρέπει να θερμανθούν στην κανονική θερμοκρασία, γιατί αν θερμανθούν σε μικρότερη από την κανονική, δεν επιτυγχάνεται η διείσδυση και συνεπώς η συγκόλληση. Εξάλλου, αν θερμανθούν σε μεγαλύτερη θερμοκρασία από την κανονική, τότε καταστρέφεται η αντοχή του μετάλλου (το μέταλλο καίγεται όπως λένε οι τεχνίτες). Το μέταλλο έχει την κανονική θερμοκρασία όταν οι πύρινοι σπινθήρες αρχίζουν να εξέρχονται από το καμίνι. Τότε τα τεμάχια πρέπει να εξαγονται και να αρχίσει η σφυρηλάτησή τους. Αυτό πρέπει να γίνει με ταχύτητα για να μη ψυχθούν στο μεταξύ τα άκρα. Η ένταση της σφυρηλατήσεως αυξάνεται όσο ψύχονται τα άκρα. Δηλαδή, στην αρχή σφυρηλατούμε σιγά, έπειτα πιο έντονα, μέχρι να ψυχθούν τελείως τα άκρα. Πολλές φορές δεν επιτυγχάνεται ικανοποιητική διείσδυση των άκρων με μία μόνο θέρμανση στο καμίνι και σφυρηλάτηση. Απαιτούνται τότε διαδοχικές θερμάνσεις και σφυρηλατήσεις, μέχρι τα τεμάχια να συγκολληθούν και να πάρουν την επιθυμητή μορφή.

Για να είναι δυνατή η συγκόλληση πρέπει τα άκρα των τεμαχίων να μην έχουν σκουριές. Συνήθως όμως συμβαίνει το αντίθετο, και γι'

αυτό όταν τα άκρα αρχίζουν να ερυθροπυρώνονται μέσα στο καμίνι, ραντίζονται με θόρακα ή μίγμα θόρακα με ψιλή και καθαρή πυριτική άμμο για να καθαρισθούν.

Το υλικό καθαρισμού πρέπει να έχει σημείο τήξεως μικρότερο από τη θερμοκρασία συγκόλλησης ώστε να διατηρείται ρευστό κατά τη συγκόλληση και να μην εμποδίζει τη διείσδυση των επιφανειών.

Το υλικό καθαρισμού ενεργεί ως εξής:

- α) Τήκεται και καλύπτει τις θερμές επιφάνειες των προς συγκόλληση τεμαχίων. Έτσι τις προστατεύει από την οξειδωση.
- β) Αφού τακεί, διαλύει το οξείδια, τα οποία τώρα τήκονται σε χαμηλότερη θερμοκρασία και αποχωρίζονται εύκολα από το μέταλλο κατά τη σφυρηλάτηση.

Η καμινοσυγκόλληση έχει σήμερα περιορισμένη εφαρμογή, γιατί συγκριτικά με τις άλλες μεθόδους συγκόλλησης, παρουσιάζει πολλά μειονεκτήματα. Το κυριότερο είναι ότι είναι δαπανηρή και απαιτεί έμπειρο τεχνίτη. Σήμερα χρησιμοποιείται σε λίγες μόνο περιπτώσεις, γιατί έχει αντικατασταθεί από άλλες μεθόδους συγκόλλησης.

Παραλλαγή της καμινοσυγκόλλησης είναι η μέθοδος συγκόλλησης με υδραέρια. Εδώ θερμαίνουμε τα άκρα των τεμαχίων μέσα σε εστία υδραερίου και όχι σε καμίνι.

Βασικό πλεονέκτημα αυτής της μεθόδου είναι ότι η φλόγα του υδραερίου ενεργεί αναγωγικά και έτσι προστατεύει και καθαρίζει τις προς συγκόλληση επιφάνειες.

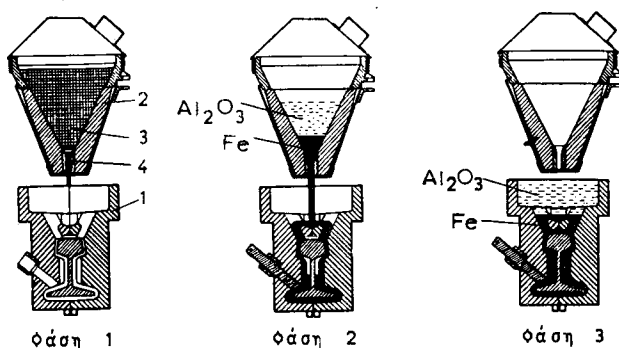
7.3 Συγκόλληση με θερμότητα.

Θερμότης καλείται μίγμα με διάφορες αναλογίες μεταλλικού αργιλίου (σε μικρούς κόκκους) και κονιοποιημένου οξειδίου του σιδήρου (Fe_2O_4 ή Fe_2O_3). Το μίγμα αυτό έχει την ιδιότητα όταν θερμαίνεται να αντιδρά χημικά και να δίνει μεγάλη ποσότητα θερμότητας και ελεύθερο σίδηρο.

Για να αρχίσει η αντίδραση απαιτείται η τοπική θέρμανση του μίγματος. Η εργασία αυτό ονομάζεται **έναυση**. Για την έναυση χρησιμοποιούμε εύφλεκτο ύλη, συνήθως υπεροξείδιο του βαρίου.

Με την έναυση αρχίζει η εξώθερμη αντίδραση, που επεκτείνεται πολύ γρήγορα σε ολόκληρο το μίγμα. Την αντίδραση αυτή εκμεταλλευόμαστε, όπως θα δούμε, για να επιτύχουμε τη συγκόλληση.

Η εργασία της συγκόλλησης γίνεται ως εξής: Κατασκευάζεται (σχ. 7.3α – φάση 1)στη θέση που θα συνδεθούν τα τεμάχια ένας τύπος από πυρίμαχο υλικό (1). Ο θερμότης (3) τοποθετείται σε δοχείο κατασκευασμένο κατάλληλα από πυρίμαχα υλικά (2). Το



Σχ. 7.3α.

Διαδοχικές φάσεις συγκολλήσεως με θερμίτη.

δοχείο αυτό στο κάτω μέρος έχει τρύπα (οπή) εκροής (4).

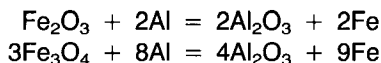
Τα τεμάχια προθερμαίνονται στα άκρα, όπου θα γίνει η συγκόλληση σε θερμοκρασία 850°-900°C συνήθως με φλόγα βενζίνης, φωταερίου ή προπανίου.

Στη συνέχεια (σχ. 7.3α) γίνεται η έναυση του θερμίτη, οπότε στο δοχείο (2) συντελείται η εξώθερμη αντίδραση και δημιουργείται στο κάτω μέρος σίδηρος πάνω στον οποίο επιπλέει η **από οξείδιο του αργιλίου** σκουριά.

Αφού τελειώσει η εξώθερμη αντίδραση, ανοίγεται η τρύπα εκροής (4) και τηγμένος (λειωμένος) σίδηρος ρέει στον τύπο (σχ. 7.3α – φάση 2). Εκεί τήκει τα άκρα των τεμαχίων (σχ. 7.3α – φάση 3) και παρεμβάλλεται μεταξύ τους.

Η σκουριά επιπλέει πάνω από τον λειωμένο σίδηρο (σχ. 7.3α – φάση 3). Η ποσότητα του μίγματος πρέπει να είναι αρκετή, ώστε η σκουριά να μην έρθει σε επαφή με τα προς συγκόλληση άκρα, αλλά να βρίσκεται στο πάνω φαρδύ τμήμα του τύπου. Ο σίδηρος, που έχει παρεμβληθεί μεταξύ των άκρων, στερεοποιείται μετά από λίγα λεπτά. Τότε αποχωρίζεται ο τύπος και με λίμα (ρίνη) αφαιρούνται οι προεξοχές του υλικού συνδέσεως στη θέση συγκολλήσεως.

Οι εξώθερμες αντιδράσεις, που γίνονται στο μίγμα αργιλίου οξειδίων του σιδήρου, δηλαδή στο θερμίτη, είναι οι εξής:



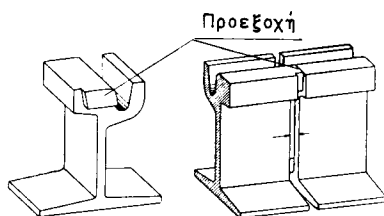
Κατά τις αντιδράσεις αυτές δημιουργείται μεγάλη ποσότητα θερμότητας και η θερμοκρασία φθάνει τοπικά στους 2500°-2900°C.

Ο λειωμένος σίδηρος έχει συνήθως θερμοκρασία 2000°-2200°C.

Αυτή η μέθοδος συνδέει τα τεμάχια με παρεμβολή του καθαρού σιδήρου, που προέρχεται από το θερμίτη, που επειδή δεν περιέχει άνθρακα είναι μαλακός. Ο σίδηρος παρεμβάλλεται σε όλη τη διατομή των συνδεομένων άκρων των τεμαχίων.

Επειδή η μέθοδος με θερμίτη χρησιμοποιείται κυρίως για συγκόλληση σιδηροτροχιών, μας ενδιαφέρει το πάνω μέρος των συνδεομένων άκρων να μην είναι μαλακό αλλά σκληρό. Γι' αυτό χρησιμοποιούνται παραλλαγές της βασικής μεθόδου. Θα εξετάσουμε εδώ τη μέθοδο με προεξοχή καθώς και τη σύνθετη μέθοδο με προεξοχή και συμπίεση.

Στην πρώτη, το ένα από τα τεμάχια κατεργάζεται κατάλληλα ώστε να έχει μία προεξοχή στο πάνω μέρος των συνδεομένων άκρων. Η συγκόλληση στη συνέχεια γίνεται όπως περιγράψαμε πιο πάνω. Έτσι αποφεύγεται το μαλακό υλικό (σχ. 7.36) στη θέση της σιδηροτροχιάς που διέρχεται ο τροχός.

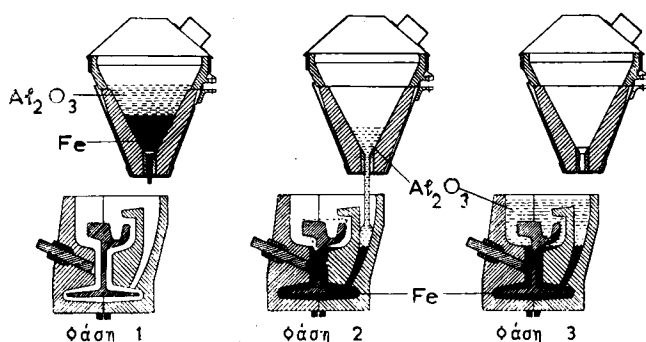


Σχ. 7.36.

Συγκόλληση με θερμίτη με προεξοχή.

Κατά τη σύνθετη μέθοδο υπάρχει ειδική διάταξη που μπορεί να συμπίεζει τα προς συγκόλληση τεμάχια. Τα άκρα των τεμαχίων κατεργάζονται πάλι με προεξοχή στο πάνω μέρος σε όλη τη διατομή τους. Ο τηγμένος σίδηρος καλύπτει το κάτω μέρος της διατομής των άκρων, που δεν έχει προεξοχή όταν χυθεί από το πυρίμαχο δοχείο (σχ. 7.3γ – φάση 3) και προκαλεί υπερθέρμανση σε όλη τη διατομή. Τα άκρα, όπως είναι ερυθροπυρωμένα, πιέζονται ισχυρά από τη διάταξη πίεσεως και συνδέονται τόσο στο πάνω όσο και στο κάτω μέρος τους. Κατά τη μέθοδο αυτή υπάρχει διείσδυση και συγκόλληση και στη θέση της προεξοχής.

Γενικά κατά τη μέθοδο με θερμίτη, ο παραγόμενος από την αντίδραση σίδηρος περιέχει άνθρακα σε πολύ μικρό ποσοστό και γι' αυτό είναι πολύ μαλακός. Για να αυξηθεί η σκληρότητα του σιδήρου προσθέτουμε στο θερμίτη άνθρακα, μαγγάνιο, πυρίτιο, τιτάνιο, χρώμιο, θανάδιο και άλλα υλικά.



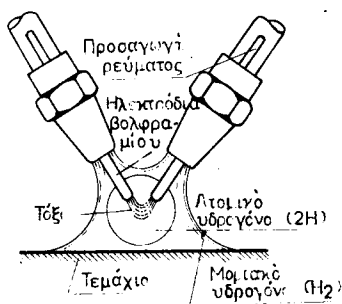
Σχ. 7.3γ.

Φάσεις συγκολλήσεως με σύνθετη μέθοδο.

Η μέθοδος με θερμίτη χρησιμοποιείται όπως είπαμε για τη συγκόλληση κυρίως σιδηροτροχιών. Χρησιμοποιείται επίσης για τη σύνδεση σπασμένων αντικειμένων από χυτοχάλυβα.

7.4 Ηλεκτροσυγκόλληση με υδρογόνο.

Εδώ υπάρχουν δύο ηλεκτρόδια από βολφράμιο (σχ. 7.4α). Το ένα χρησιμεύει για την παραγωγή του ρεύματος, ενώ το άλλο για την απαγωγή. Στα ηλεκτρόδια διοχετεύεται εναλλασσόμενο ρεύμα από τη συσκευή ηλεκτροσυγκολλήσεως (σχ. 7.4α).

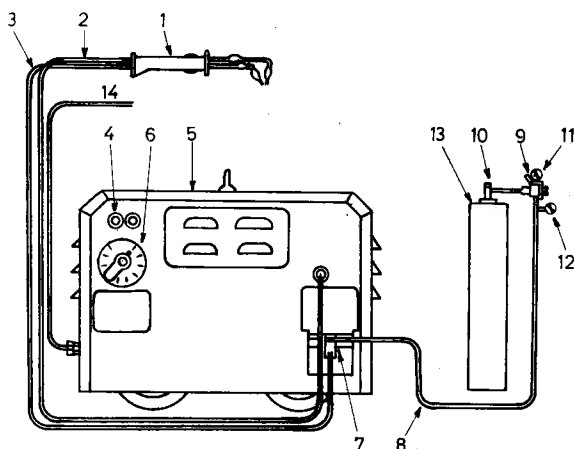


Σχ. 7.4α.

Ηλεκτροσυγκόλληση με υδρογόνο.

Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση το ηλεκτρικό τόξο σχηματίζεται μεταξύ των δύο ηλεκτροδίων. Ταυτόχρονα, από ειδική φιάλη φυσάται γύρω από κάθε ηλεκτρόδιο υδρογόνο (σχ. 7.4β). Τα μόρια

του υδρογόνου που είναι κοντά στο τόξο αρχικά χωρίζονται σε ατομικό υδρογόνο και κατόπιν ενώνονται σε μοριακό υδρογόνο και καίγονται. Έτσι το υδρογόνο απομακρύνει τον αέρα από τη θέση συγκολλήσεως και συγχρόνως παράγει λόγω της καύσεώς του θερμότητα.



Σχ. 7.46.

Διάταξη ηλεκτροσυγκολλήσεως με υδρογόνο.

- 1) Λαβή ηλεκτροδίου. 2) Αγωγός ρεύματος. 3) Αγωγός υδρογόνου. 4) Κουμπιά χειρισμών. 5) Μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως. 6) Ρυθμιστής εντάσεως ρεύματος συγκολλήσεως. 7) Βαλβίδα υδρογόνου. 8) Αγωγός υδρογόνου. 9) Εκτονωτής πίεσεως υδρογόνου. 10) Κλείστρο φιάλης υδρογόνου. 11, 12) Μανόμετρα πίεσεως. 13) Φιάλη υδρογόνου. 14) Καλώδια παροχής ηλεκτρικού ρεύματος.

Το υλικό της κολλήσεως είναι ράβδοι γενικά της ίδιας συνθέσεως με το υλίο ό των τεμαχίων που πρέπει να συνδεθούν. Τα ηλεκτρόδια δηλαδή ξεν παρέχουν εδώ το υλικό κολλήσεως. Παρόλα αυτά τα ηλεκτρόδια φθείρονται, έστω και πολύ αργά, σε σχέση με τα μεταλλικά ηλεκτρόδια των ηλεκτροσυγκολλήσεως τόξου. Ένα ζευγάρι ηλεκτροδίων βολφραμίου φθείρεται κάθε 6-9 ώρες λειτουργίας το τόξου.

Στη φιάλη υδρογόνου υπάρχει μανομετρικός εκτονωτής παρόμοιος προς εκείνους, που χρησιμοποιούμε στις φιάλες οξυγόνου και ασετυλίνης. Ο εκτονωτής μειώνει την πίεση του υδρογόνου σε 100-1200 mm στήλης νερού, ανάλογα με το είδος της εργασίας και την κρατάει σταθερή. Η σταθερή πίεση εξασφαλίζει και σταθερή παροχή του αερίου. Όταν η παροχή του υδρογόνου δεν είναι

αρκετή φθείρονται γρήγορα τα ηλεκτρόδια από βολφράμιο που έχουν μεγάλο κόστος.

Η ηλεκτροσυγκόλληση με υδρογόνο είναι πιο δαπανηρή από ό,τι η απλή ηλεκτροσυγκόλληση με τόξο, όμως προτιμάται όταν:

- α) Δεν απαιτείται πολύ γέμισμα με κόλληση.
- β) Απαιτείται ισχυρή βαθιά και ελαστική ραφή.
- γ) Τα προς συγκόλληση τεμάχια έχουν λεπτό πάχος.

Αυτή η μέθοδος με υδρογόνο χρησιμοποιείται για τη σύνδεση τεμαχίων από ανοξείδωτο χάλυβα, τη συγκόλληση εργαλείων από ταχυχάλυβα, τη συγκόλληση αλουμινίου με μεγάλη ταχύτητα και για όλα τα μη σιδηρούχα μέταλλα.

Κατά τη συγκόλληση μαλακού χάλυβα η έντονη αναγωγική ατμόσφαιρα του υδρογόνου μειώνει την περιεκτικότητα σε άνθρακα του μετάλλου. Όταν η μείωση αυτή δεν είναι επιθυμητή, τότε πρέπει η κόλληση να έχει μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άνθρακα από τα τεμάχια. Έτσι αντισταθμίζεται η μείωση της περιεκτικότητας σε άνθρακα, στο σημείο συνδέσεως.

Με την πιο πάνω μέθοδο με υδρογόνο δεν συγκολλάται ο χυτοσίδηρος, είναι όμως δυνατή η συγκόλληση συνηθισμένου χάλυβα με χάλυβα υψηλής αντοχής. Η σύνδεση αυτού του είδους γίνεται π.χ. όταν θέλουμε να συγκολλήσουμε πάνω σε μήτρα για πλαστικά ή ελαστικά αντικείμενα, ένα τεμάχιο σκληρού χάλυβα, το οποίο έχει χαραγμένα τα χαρακτηριστικά του εργοστασίου ή του είδους του αντικειμένου.

7.5 Ηλεκτροσυγκόλληση με αδρανές αέριο.

Η ποιότητα της ηλεκτροσυγκολλήσεως επηρεάζεται από τα οξειδία που σχηματίζει το οξυγόνο της ατμόσφαιρας στο ερι θροπυρωμένο μέταλλο. Ο σχηματισμός των οξειδίων εμποδίζεται εν μέρει από τα ειδικά υλικά καθαρισμού και προστασίας των μετάλλων, καθώς επίσης και από την επένδυση των ηλεκτροδίων.

Τα ερυθροπυρωμένα μέταλλα είναι δυνατό να προστατευθούν από το οξυγόνο του ατμοσφαιρικού αέρα με εμφύσηση στη θέση της συγκολλήσεως αδρανούς αερίου, το οποίο δεν επιδρά πάνω στα ερυθροπυρωμένα μέταλλα και δεν τα οξειδώνει, ενώ ταυτόχρονα εμποδίζει να έλθουν σε επαφή με το οξυγόνο της ατμόσφαιρας.

Τα αδρανή αέρια που χρησιμοποιούμε περισσότερο είναι το ήλιο και το αργό. Οι λόγοι προτιμήσεως αυτών είναι οικονομικοί. Επίσης χρησιμοποιείται και το μη αδρανές αέριο διοξείδιο του άνθρακα.

Το ήλιο χρησιμοποιείται ιδίως στις ΗΠΑ όπου βρίσκεται σε

διάφορα φυσικά αέρια και γι' αυτό είναι φθηνότερο από το αργό.

Στην Ευρώπη συμβαίνει το αντίθετο γι' αυτό χρησιμοποιείται η ηλεκτροσυγκόλληση με αργό.

Το αργό βρίσκεται στον ατμοσφαιρικό αέρα σε ποσοστό περίπου 0,6% από όπου και λαμβάνεται κατά την υγροποίηση και κλασματική απόσταξη του αέρα, με την οποία διαχωρίζεται όπως είναι γνωστό το άζωτο και το οξυγόνο του αέρα.

Η ηλεκτροσυγκόλληση με διοξείδιο του άνθρακα χρησιμοποιείται τόσο στην Αμερική όσο και στην Ευρώπη.

Πιο κάτω θα εξετάσουμε μόνο τις μεθόδους με αργό και με διοξείδιο του άνθρακα.

7.6 Ηλεκτροσυγκόλληση με αργό.

Κατά τη μέθοδο αυτή το αργό προστατεύει τελείως τα προς συγκόλληση τεμάχια από το οξυγόνο της ατμόσφαιρας. Έτσι, με την ασφαλή προστασία που παρέχει είναι δυνατό να συνδεθούν μέταλλα των οποίων η συγκόλληση με τις γνωστές μεθόδους θα ήταν δύσκολη ή αδύνατη. Π.χ. ο ανοξείδωτος χάλυβας, το τιτάνιο, ο χαλκός, το νικέλιο, το αλουμίνιο κ.ά.

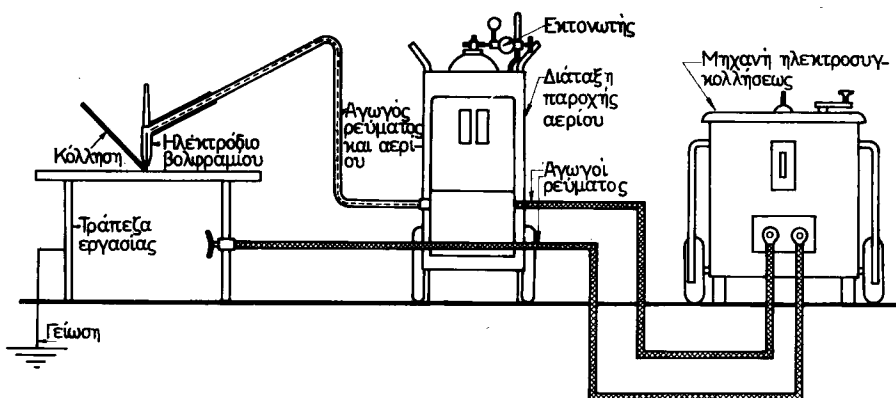
Ηλεκτροσυγκόλληση με αργό γίνεται με τις πιο κάτω δύο μεθόδους:

- 1) Με ηλεκτρόδιο από βολφράμιο στην οποία το ηλεκτρόδιο είναι διαφορετικό από την κόλληση.
- 2) Με ρυθμιζόμενο τόξο όπου το ηλεκτρόδιο καταναλίσκεται και παρέχει το υλικό συνθέσεως των τεμαχίων.

α) Ηλεκτροσυγκόλληση με ηλεκτρόδιο βολφραμίου.

Στο σχήμα 7.6α δείχνεται η γενική αρχή της μεθόδου. Από μηχανή ηλεκτροσυγκολλησεως εναλλασσόμενου ρεύματος παρέχεται το ρεύμα τρ ; ηλεκτροσυγκολλησεως. Από τους δύο αγωγούς ρεύματος ο ένας συνδέεται με το τραπέζι εργασίας, ενώ ο άλλος, αφού περάσει από τη συσκευή παροχής του αργού και ελέγχου της ηλεκτροσυγκολλησεως, συνδέεται με την ειδική λαβίδα. Η λαβίδα είτε είναι αερόψυκτη είτε ψύχεται με κυκλοφορία νερού.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται κυρίως για μέταλλα που δεν συγκολλούνται εύκολα, όπως π.χ. το αλουμίνιο. Η αποτελεσματικότητα κατά την ηλεκτροσυγκόλληση αλουμινίου και κραμάτων του εξαρτάται από την καθαρότητα του αργού. Το αέριο που διοχετεύεται από την ειδική διάταξη (σχ. 7.6α), πρέπει να είναι καθαρότητας 99,8%. Συνήθως όμως στο αέριο αργό υπάρχει οξυγόνο, άζωτο και υγρασία. Το οξυγόνο και το άζωτο περιέχονται με μικρή ποσότητα



Σχ. 7.6α.

Διάταξη ηλεκτροσυγκόλλησης με αργό και ηλεκτρόδιο από βολφράμιο.

και δεν θλάπτουν τη συγκόλληση, η υγρασία όμως είναι δυνατό να δημιουργήσει πόρους στη ραφή.

Μεγάλη σημασία έχει η ποσότητα αερίου, που πρέπει να διοχετευθεί κατά την ηλεκτροσυγκόλληση.

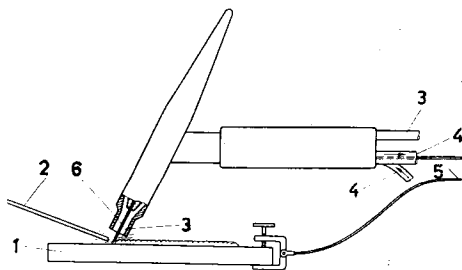
Η ποσότητα αυτή εξαρτάται από το πάχος των προς συγκόλληση τεμαχίων. Όσο μεγαλύτερο πάχος έχουν τα τεμάχια, τόσο μεγαλύτερη ένταση ρεύματος και παροχή αερίου απαιτείται. Η ποσότητα ροής του αερίου ρυθμίζεται από τον εκτονωτή της διατάξεως αερίου και με αλλαγή του ακρόφυσιου της λαβίδας του ηλεκτροδίου. Η ηλεκτροσυγκόλληση με αργό πρέπει να γίνεται στο χώρο, όπου δεν δημιουργούνται ρεύματα αέρα, διαφορετικά η κατανάλωση αερίου αυξάνεται.

Η μηχανή ηλεκτροσυγκόλλησης εργάζεται με εναλλασσόμενο ρεύμα. Η χρησιμοποίηση εναλλασσόμενου ρεύματος και ηλεκτροδίου από βολφράμιο καθιστούν το τόξο διεισδυτικό, μετριάζουν τη θέρμανση του ηλεκτροδίου και συντελούν στην απομάκρυνση του στρώματος οξειδίου, που τυχόν έχει η επιφάνεια των τεμαχίων από τη θέση της συγκόλλησης.

Όπως είναι γνωστό, κατά την ηλεκτροσυγκόλληση με εναλλασσόμενο ρεύμα το τόξο διακόπτεται και ανάβει δύο φορές σε κάθε κύκλο του ρεύματος. Για να διευκολύνεται η έναυση του τόξου πολλές συσκευές ηλεκτροσυγκόλλησης με αργό διαθέτουν σπινθηριστές υψηλής συχνότητας και υψηλής τάσεως. Επίσης είναι εφοδιασμένες με πυκνωτές συνδεδεμένους σε σειρά στο κύκλωμα του ηλεκτροδίου. Έτσι η μεταβολή του ρεύματος συγκόλλησης κατά

τις ημιπεριόδους γίνεται ομαλότερη.

Στο σχήμα 7.66 βλέπουμε λαβίδα για ηλεκτροσυγκόλληση με αργό. Λαβίδες κατασκευάζονται σε διάφορα μεγέθη, ανάλογα με την ένταση του ρεύματος που θα χρησιμοποιηθεί κατά τη συγκόλληση. Η ένταση του ρεύματος είναι δυνατό να είναι από 75-600 A.



Σχ. 7.66.

Λαβίδα ηλεκτροσυγκόλλησης με αργό.

- 1) Τεμάχιο αλουμινίου. 2) Κόλληση αλουμινίου. 3) Αργό. 4) Νερό ψύξεως.
- 5) Ρεύμα συγκόλλησης. 6) Ηλεκτρόδιο βολφραμίου.

Η λαβίδα για ένταση ρεύματος έως 150 A είναι αερόψυκτη και χρησιμοποιείται για ηλεκτροσυγκόλληση ελασμάτων πάχους έως 5 mm. Συνοδεύεται από δύο κεφαλές, από τις οποίες η μία είναι για ηλεκτροσυγκόλληση ελασμάτων πάχους έως 3,2 mm και η άλλη για πάχος έως 5,4 mm.

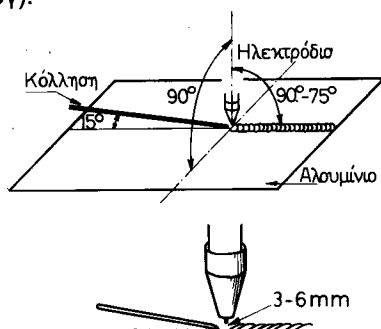
Η λαβίδα για ένταση έως 300 A είναι υδρόψυκτη. Επίσης έχουν κατασκευασθεί υδρόψυκτες λαβίδες για ένταση έως 600 A. Αυτές χρησιμοποιούνται για την ηλεκτροσυγκόλληση αλουμινίου πάχους από 10 mm και πάνω.

Επειδή τα ηλεκτρόδια από βολφράμιο κοστίζουν, πρέπει να γίνεται σωστή χρήση και συντήρησή τους. Γενικά δεν πρέπει να διακόπτεται η παροχή αργού αμέσως μετά τη διακοπή του τόξου και εφόσον το ηλεκτρόδιο είναι διάπυρο. Διαφορετικά προκαλείται οξειδωση και συνεπώς καταστροφή του ηλεκτροδίου. Επίσης πρέπει το ηλεκτρόδιο να μη διαρρέεται από ρεύμα μεγαλύτερης εντάσεως από ό,τι από την κατασκευή του έχει καθορισθεί. Τέλος κατά τη συγκόλληση πρέπει να αποφεύγουμε το ηλεκτρόδιο να έρθει σε επαφή με τη ρευστή κόλληση γιατί καταστρέφεται και το ηλεκτρόδιο και η ραφή.

Για να αρχίσει η συγκόλληση ανοίγουμε πρώτα το νερό ψύξεως, εφόσον η λαβίδα είναι υδρόψυκτη και τους γενικούς διακόπτες αερίου και ρεύματος. Έπειτα ανάθουμε το τόξο μεταξύ του ηλεκτροδίου και ενός άλλου αντικειμένου, όχι του προς συγκόλλησης, ώστε

να θερμανθεί το ηλεκτρόδιο. Το θερμασμένο ηλεκτρόδιο το μεταφέρουμε στη θέση εργασίας, ανάβομε πάλι το τόξο και εκτελούμε τη συγκόλληση.

Όταν θέλουμε να συγκολλήσουμε τεμάχια αλουμινίου, το ηλεκτρόδιο πρέπει να απέχει από αυτά 3-6 mm και εκτελούμε τη συγκόλληση τεμαχίων (σχ. 7.6γ).



Σχ. 7.6γ.

Ηλεκτροσυγκόλληση αλουμινίου με αργό.

Στην πράξη η διεύθυνση του ηλεκτροδίου δεν είναι ποτέ κάθετη προς το αντικείμενο, για να μπορεί ο ηλεκτροσυγκολλητής να παρατηρεί τη θέση συγκολλήσεως. Η απόκλιση όμως του ηλεκτροδίου από την κατακόρυφη δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερη από 15°. Η κόλληση, όποτε χρησιμοποιείται, έχει μικρή κλίση, περίπου 15° ως προς το επίπεδο συγκολλήσεως. Συνήθως ακολουθείται η προς τα αριστερά μέθοδος συγκολλήσεως όπου, όπως είναι γνωστό, η κόλληση προηγείται και το τόξο έπεται.

β) Ηλεκτροσυγκόλληση με ρυθμιζόμενο τόξο.

Κατά τη μέθοδο αυτή χρησιμοποιείται ηλεκτρόδιο που καταναλίσκεται και δίνει το υλικό σχηματισμού της ραφής, δηλαδή την κόλληση.

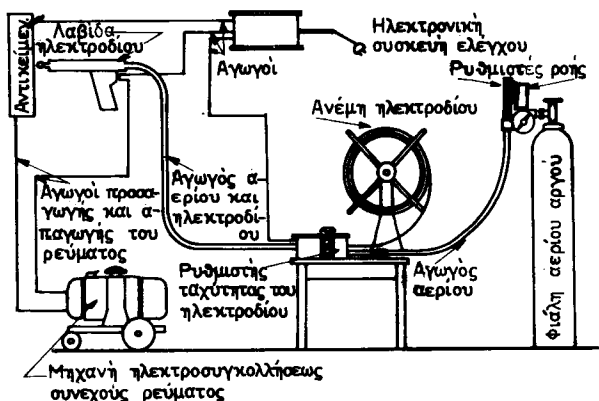
Το μήκος του τόξου πρέπει να παραμένει σταθερό κατά τη διάρκεια της συγκολλήσεως. Γι' αυτό τροφοδοτείται το ηλεκτρόδιο με ταχύτητα ίση προς την κατανάλωσή του. Η ταχύτητα τροφοδοτήσεως του ηλεκτροδίου ρυθμίζεται κατά δύο κυρίως μεθόδους:

Κατά τη μία, η ταχύτητα είναι σταθερή και συνεχής και ρυθμίζεται ίση προς τη μέση κατανάλωση του ηλεκτροδίου. Αυτή η μέθοδος είναι πιο απλή.

Κατά την άλλη, μία ηλεκτρονική συσκευή ρυθμίζει την ταχύτητα τροφοδοτήσεως του ηλεκτροδίου, ανάλογα με την κατανάλωσή του.

Από αυτές τις δύο μεθόδους πλεονεκτεί η δεύτερη γιατί παρέχει σταθερό μήκος τόξου.

Στο διάγραμμα του σχήματος 7.65 παριστάνεται η αρχή, πάνω στην οποία βασίζεται η μέθοδος. Η όλη διάταξη αποτελείται από τα εξής κύρια μέρη:



Σχ. 7.65.

Διάταξη ηλεκτροσυγκολλήσεως με αργό και αυτορρυθμιζόμενο τόξο.

- 1) Τη μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως.
- 2) Την φιάλη αργού με τους ρυθμιστές ροής.
- 3) Την ανέμη του ηλεκτροδίου.
- 4) Την ηλεκτρονική συσκευή για τη ρύθμιση του τόξου του ηλεκτροδίου και
- 5) τη λαβίδα του ηλεκτροδίου.

Η ηλεκτρονική συσκευή μετράει την τάση λειτουργίας του τόξου και αυξομειώνει ανάλογα την ταχύτητα τροφοδοτήσεως.

Όταν μειωθεί το μήκος του τόξου πέφτει και η τάση λειτουργίας του. Τότε, από την ηλεκτρονική συσκευή δίνεται εντολή στο ρυθμιστή ταχύτητας τροφοδοτήσεως του ηλεκτροδίου για τη μείωση της ταχύτητας τροφοδοτήσεως του ηλεκτροδίου.

Αντίστοιχα, όταν αυξηθεί το μήκος του τόξου αυξάνεται και η τάση λειτουργίας του, οπότε δίνεται εντολή στο ρυθμιστή για την αύξηση της ταχύτητας τροφοδοτήσεως του ηλεκτροδίου.

Οι μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως με αργό και ρυθμιζόμενο τόξο είναι συνεχούς ρεύματος με τάση λειτουργίας του τόξου 22-30 V και απαιτούμενη τάση εναύσεως του περίπου 70 V.

Με αυτή τη μέθοδο με αργό και ρυθμιζόμενο τόξο συγκολλάται το αλουμίνιο και τα κράματά του. Ειδικά τα κράματα αλουμινίου που

περιέχουν μαγνήσιο, απαιτούν ιδιαίτερη εμπειρία, γιατί αυξάνονται οι εκτοξεύσεις μετάλλου από τη θέση συγκόλλησης.

γ) Ηλεκτροσυγκόλληση με αέριο διοξείδιο του άνθρακα.

Σήμερα χρησιμοποιούνται πολύ δύο μέθοδοι ηλεκτροσυγκόλλησης με αέριο διοξείδιο του άνθρακα.

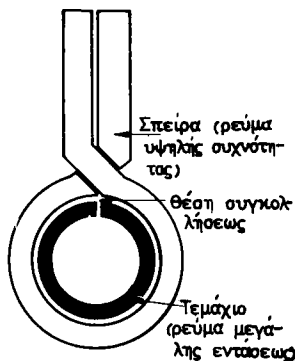
Η μια ονομάζεται μέθοδος Fusarc. Σ' αυτή το ηλεκτρόδιο είναι επενδυμένο. Κατά τη μέθοδο Fusarc συγκολλάται χάλυβας μεσαίας και μικρής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Η συγκόλληση γίνεται με τη βοήθεια αυτομάτων ή ημιαυτομάτων συσκευών. Εδώ έχουμε διπλή προστασία, πρώτο από το αέριο και δεύτερο από το επενδυμένο ηλεκτρόδιο. Έτσι επιτυγχάνεται μεγάλη ταχύτητα και καλή ποιότητα κατά την ηλεκτροσυγκόλληση. Οι σκουριές επιπλέουν πάνω σε υλικό της κολλήσεως και απομακρύνονται από τη θέση συγκόλλησης. Η μέθοδος χρησιμοποιείται στη ναυπηγική βιομηχανία.

Η δεύτερη μέθοδος χρησιμοποιείται για τη μαζική παραγωγή ηλεκτροσυγκολλημένων τεμαχίων. Χρησιμοποιούνται αυτόματες μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης με ακάλυπτο ηλεκτρόδιο. Από τις αυτόματες μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης τόξου με προστατευτική σκόνη [§ 5.3(δ)] διαφέρουν μόνο κατά το μέσο προστασίας από την οξείδωση. Εκεί δηλαδή το υλικό προστασίας είναι στερεό, ενώ στις μηχανές με διοξείδιο του άνθρακα είναι αέριο.

7.7 Ηλεκτροσυγκόλληση με επαγωγικό ρεύμα.

Όπως είναι γνωστό, τα προς συγκόλληση τεμάχια θερμαίνονται στη θέση συγκόλλησης από πηγή θερμότητας. Ως πηγές θερμότητας χρησιμοποιούνται η φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης, το ηλεκτρικό τόξο κλπ. Τα τεμάχια είναι δυνατό επίσης να θερμανθούν, αν συνδεθούν με τα άκρα ηλεκτρικής πηγής, οπότε διέρχεται ηλεκτρικό ρεύμα από τα τεμάχια. Η μέθοδος είναι γνωστή ως ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση (κεφ. 6). Είναι δυνατόν όμως το ηλεκτρικό ρεύμα να δημιουργείται από επαγωγή στα τεμάχια. Τότε η μέθοδος λέγεται ηλεκτροσυγκόλληση με επαγωγικό ρεύμα. Αυτή η μέθοδος βασίζεται στο γνωστό φαινόμενο της επαγωγής της ηλεκτροτεχνίας. Όταν δηλαδή αγωγός βρίσκεται σε μεταβαλλόμενο μαγνητικό πεδίο, τότε δημιουργείται από επαγωγή μια τάση. Από αυτήν, εφόσον σχηματίζεται κλειστό κύκλωμα, προκαλείται ένταση, που διαρρέει τον αγωγό. Η τάση που δημιουργείται είναι ανάλογη προς τη συχνότητα μεταβολής του μαγνητικού πεδίου. Αν η συχνότητα μεταβολής του μαγνητικού πεδίου είναι μεγάλη, τότε δημιουργούνται τάσεις, που σε κλειστά κυκλώματα προκαλούν ισχυρές εντάσεις.

Η αρχή αυτή χρησιμοποιείται στις ηλεκτροσυγκολλήσεις με επαγωγικό ρεύμα. Ρεύμα μεγάλης συχνότητας δημιουργείται από ηλεκτρονική συσκευή και άγεται σε σπείρα, μέσα στην οποία βρίσκεται το προς συγκόλληση τεμάχιο (σχ. 7.7α). Στο τεμάχιο δημιουργείται τότε τάση από επαγωγή και από αυτή επαγωγικό ρεύμα μεγάλης εντάσεως. Το επαγωγικό ρεύμα θερμαίνει το τεμάχιο και η επενεργούσα μικρά ή μεγάλη πίεση συνδέει τα προς συγκόλληση άκρα.



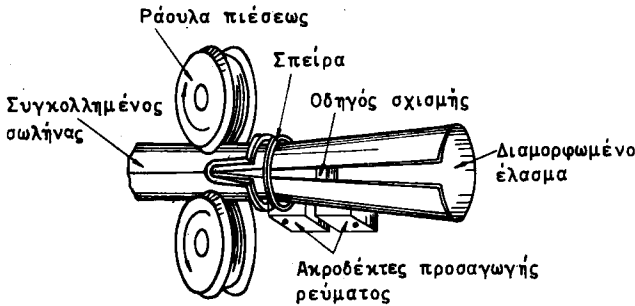
Σχ. 7.7α.

Σπείρα ηλεκτροσυγκολλήσεως με επαγωγικό ρεύμα.

Το χρησιμοποιούμενο ρεύμα είναι μεγάλης συχνότητας [2500 έως 3000 κύκλοι ανά δευτερόλεπτο (Hz)]. Είναι δυνατόν όμως να χρησιμοποιηθούν και ακόμη μεγαλύτερες συχνότητες έως 200000 Hz. Στις μεγάλες συχνότητες παρουσιάζεται το γνωστό από την ηλεκτροτεχνία επιδερμικό φαινόμενο. Κατ' αυτό το ρεύμα ρέει στην επιφάνεια των τεμαχίων και όχι σε ολόκληρη τη διατομή τους. Τότε η θέρμανση των προς συγκόλληση άκρων των τεμαχίων είναι πολύ μειωμένη και συνεπώς δυσχεραίνεται η συγκόλληση.

Η μέθοδος ηλεκτροσυγκολλήσεως με επαγωγικό ρεύμα χρησιμοποιείται πολύ σε ειδικές μηχανές συγκολλήσεως, όπως π.χ. στη συγκόλληση σωλήνων με ραφή. Εδώ, το προς συγκόλληση έλασμα αφού λάβει τη μορφή κυλίνδρου σε σειρά ελάστρων, διέρχεται μέσω της σπείρας, η οποία διαρρέεται από ρεύμα. Στο έλασμα δημιουργείται ρεύμα από επαγωγή, το οποίο θερμαίνει τα για συγκόλληση άκρα, ενώ η πίεση που δημιουργείται συνδέει τα άκρα κι έτσι σχηματίζεται ο σωλήνας.

Στο σχήμα 7.7β φαίνεται σχηματικά η θέση συγκολλήσεως μηχανής ηλεκτροσυγκολλήσεως σωλήνων με επαγωγή. Διακρίνομε τον



Σχ. 7.76.

Μηχανή ηλεκτροσυγκολήσεως σωλήνων με επαγωγή.

οδηγό σχισμής, με τον οποίο διατηρείται η κανονική απόσταση των για συγκόλληση άκρων, τη σπείρα και τα ράουλα πίεσεως.

Με το επαγωγικό ρεύμα επιτυγχάνεται πολύ μεγάλη ταχύτητα κατά την ηλεκτροσυγκόλληση των σωλήνων (μέχρι και 100 m/min). Η ταχύτητα παραγωγής κατά την ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως ραφής (§ 6.3) είναι πολύ μικρότερη (έως 30 μέτρα ανά λεπτό). Αυτό συμβαίνει γιατί κατά τη μέθοδο αντιστάσεως ραφής το ρεύμα διέρχεται δύσκολα από τα κυκλικά ηλεκτρόδια στο προς συγκόλληση τεμάχιο. Επίσης κατά την ηλεκτροσυγκόλληση με αντίσταση το τεμάχιο πρέπει να είναι καθαρό, για να ευκολύνεται η διόδος του ρεύματος και να μη φθείρονται τα ηλεκτρόδια. Στην ηλεκτροσυγκόλληση με επαγωγή είναι δυνατό να χρησιμοποιηθούν ως πρώτη ύλη για την κατασκευή των σωλήνων μαύρα ελάσματα, δηλαδή ελάσματα μόνο εν θερμώ. Η δυνατότητα χρησιμοποιήσεως μαύρων ελασμάτων για την κατασκευή σωλήνων αποτελεί σημαντικό πλεονέκτημα της ηλεκτροσυγκολήσεως με επαγωγή.

Με τη μέθοδο ηλεκτροσυγκολήσεως με επαγωγικό ρεύμα συγκολλάται ο χάλυβας (μαλακός και μικρής περιεκτικότητας σε άνθρακα), το αλουμίνιο, ο ορείχαλκος και άλλα μέταλλα.

7.8 Ερωτήσεις.

- 1) Γιατί δεν χρησιμοποιείται πια η καμινοσυγκόλληση;
- 2) Πώς αναπτύσσεται η απαιτούμενη θερμότητα κατά τη συγκόλληση με θερμότητα;
- 3) Γιατί χρησιμοποιείται η μέθοδος συγκολήσεως με θερμότητα με προσθήκη;

- 4) Ποια είναι τα πλεονεκτήματα της ηλεκτροσυγκολλήσεως με υδρογόνο, συγκριτικά με τη συνηθισμένη ηλεκτροσυγκόλληση;
 - 5) Ποια αέρια χρησιμοποιούνται κατά την ηλεκτροσυγκόλληση με αδρανές αέριο και γιατί;
 - 6) Ποια πρέπει να είναι η διεύθυνση του ηλεκτροδίου κατά την ηλεκτροσυγκόλληση αλουμινίου με αργό και ηλεκτρόδιο βολφραμίου;
 - 7) Γιατί με τη μέθοδο ηλεκτροσυγκολλήσεως με επαγωγικό ρεύμα επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ταχύτητα συγκολλήσεως κατά την κατασκευή σωλήνων με ραφή;
 - 8) Γιατί δεν χρησιμοποιούνται συχνότητες πάνω από 200 000 κύκλους ανά δευτερόλεπτο (Hz) κατά την ηλεκτροσυγκόλληση με επαγωγικό ρεύμα;
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 8

ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ ΕΠΙΣΚΕΥΕΣ ΦΘΑΡΜΕΝΩΝ ΤΕΜΑΧΙΩΝ ΑΠΟ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟ

8.1 Γενικά.

Ο χυτοσίδηρος είναι υλικό που δεν συγκολλάται εύκολα. Γι' αυτό χρησιμοποιούνται οι γνωστές μέθοδοι συγκολλήσεως με ορισμένες ειδικές παραλλαγές.

Τα μικρά τεμάχια από χυτοσίδηρο όταν φθαρούν ή σπάσουν συνήθως αντικαθίστανται με καινούργια. Αυτό γιατί, όπως είπαμε, η συγκόλληση του χυτοσιδήρου είναι δύσκολη και επιπλέον, όπως θα δούμε, δαπανηρή εργασία.

Πολλές φορές όμως, όταν δεν είναι εύκολη η προμήθεια νέου τεμαχίου, γίνεται έστω και αν είναι μικρό, συγκόλληση του φθαρμένου ή σπασμένου παλιού τεμαχίου. Τα μεγάλα τεμάχια από χυτοσίδηρο όταν φθαρούν ή σπάσουν, εκτός από εξαιρετικές περιπτώσεις (όταν δηλαδή δεν υπάρχουν μέσα συγκολλήσεως), συνήθως συγκολλούνται. Η επισκευή ενός φθαρμένου μεγάλου τεμαχίου από χυτοσίδηρο γίνεται είτε με συγκόλληση των μικροτέρων επιμέρους τεμαχίων που αποσπιάσθηκαν είτε με γέμισμα και κατόπιν κατεργασία του αντικειμένου.

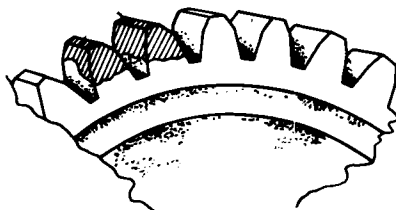
Όταν απαιτείται απόθεση υλικού σε μεγάλη ποσότητα, όπως π.χ. σε μεγάλες τροχαλίες, μεγάλους άξονες κ.ά., χρησιμοποιούμε την ηλεκτροσυγκόλληση τόξου με μεταλλικό ηλεκτρόδιο. Αν θέλουμε να επισκευάσουμε μικρά τεμάχια, όπου απαιτείται λίγο γέμισμα από χυτοσίδηρο, τότε χρησιμοποιούμε τη φλόγα οξυγόνου-αετυλίνης και κατάλληλη κόλληση, όπως θα δούμε πιο κάτω. Στο γέμισμα με φλόγα επειδή η απόθεση γίνεται βαθμιαία, επιτυγχάνεται μεγαλύτερη ακρίβεια διαστάσεων από ότι στο γέμισμα με ηλεκτροσυγκόλληση τόξου.

Η ηλεκτροσυγκόλληση τόξου προτιμάται, όταν υπάρχει κίνδυνος να σπάσει το αντικείμενο από παραμορφώσεις, γιατί όπως είναι γνωστό, σ' αυτή τη μέθοδο θερμαίνονται σε μικρότερη έκταση τα προς συγκόλληση τεμάχια.

Βεβαίως είναι δυνατό να γίνει και συνδυασμός των δύο μεθόδων κατά την επισκευή.

Όταν επισκευάζονται αντικείμενα με ρωγμές ή κοιλότητες, τότε το υλικό συγκολλήσεως πρέπει να είναι τόσο σκληρό, όσο και το αντικείμενο. Έτσι, το υλικό συγκολλήσεως και το αντικείμενο φθείρονται εξίσου.

Ως παράδειγμα έστω ο οδοντωτός τροχός του σχήματος 8.1. Τα διαγραμμισμένα δόντια του τροχού έχουν επισκευασθεί. Το υλικό που προσθέσαμε πρέπει να έχει την ίδια σκληρότητα με το παλιό, ώστε η φθορά όλων των δοντιών να είναι όμοια.



Σχ. 8.1.

Χυτοσιδερένιος οδοντωτός τροχός.

Διακρίνονται με διαγράμμιση τα δόντια που επισκευάσθηκαν με προσθήκη υλικού.

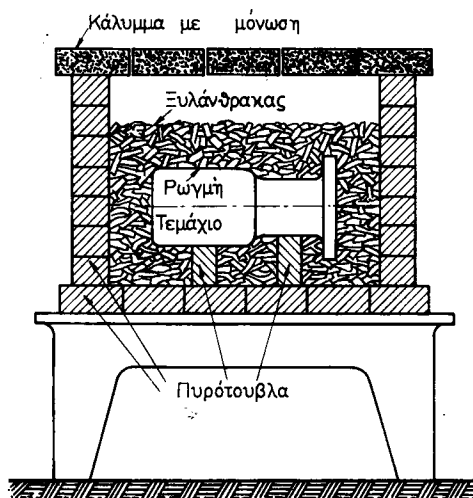
8.2 Οξυγονοκόλληση χυτοσιδήρου.

Με την οξυγονοκόλληση συνδέονται μόνο σπασμένα τεμάχια χυτοσιδήρου. Δεν κατασκευάζονται καινούργια χυτοσιδερένια αντικείμενα, γιατί η οξυγονοκόλληση του χυτοσιδήρου, λόγω των ιδιοτήτων του, είναι δύσκολη και δαπανηρή εργασία.

Πριν αρχίσει η συγκόλληση, τα τεμάχια προθερμαίνονται μέχρι να αποκτήσουν θερμοκρασία 600°C. Στη θερμοκρασία αυτή ο χυτοσίδηρος αποκτά ορισμένη δυνατότητα παραμορφώσεως και αποφεύγονται οι μεγάλες τάσεις, που προκαλούν ρωγμές.

Για τα τεμάχια μεγάλου όγκου η προθέρμανση γίνεται συνήθως σε κλίβανο (σχ. 8.2α). Άλλοτε πάλι, ανάλογα με τη ρωγμή η προθέρμανση γίνεται τοπικά με τη βοήθεια φλόγας. Ως πρώτη ύλη για τη θέρμανση μέσα σε κλίβανο μπορεί να χρησιμοποιηθούν όλα τα είδη στερεών καυσίμων. Προτιμάται όμως ο ξυλάνθρακας επειδή παρέχει κανονική και ομοιόμορφη θέρμανση και δεν περιέχει θείο.

Το προς συγκόλληση τεμάχιο χυτοσιδήρου περιβάλλεται από το θερμαντικό υλικό μέσα στον κλίβανο. Ακολουθεί η θέρμανση του



Σχ. 8.2α.

Κλίβανος θερμάνσεως χυτοσιδερένιων αντικειμένων για συγκόλληση.

τεμαχίου μέχρι να αποκτήσει θερμοκρασία 600°C . Τότε αρχίζει η διαδικασία της συγκολλήσεως. Απομακρύνουμε από τη θέση όπου υπάρχει η ρωγμή, τον ξυλάνθρακα όσο το δυνατό λιγότερο, για να διατηρηθεί η θερμοκρασία του τεμαχίου, και εκτελούμε την οξυγονοκόλληση. Σ' αυτή χρησιμοποιούμε τη φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης με περίσσειμα ασετυλίνης, ώστε να συμπληρώνεται ο καιγόμενος άνθρακας του χυτοσιδήρου με τον άνθρακα της φλόγας. Επειδή ο χυτοσίδηρος περιέχει πολύ άνθρακα και πυρίτιο, κατά τη συγκόλληση με τη φλόγα δημιουργούνται οξειδία και από αυτά πόροι και σκουριές στη μάζα της ραφής. Για να αποφύγουμε αυτό χρησιμοποιούμε ειδικό υλικό καθαρισμού. Αυτό έχει σκοπό να απομακρύνει με χημικές αντιδράσεις τη σκουριά.

Το υλικό καθαρισμού αποτελείται από ανθρακικό νάτριο και ανθρακικό ασβέστιο με προσθήκη σιδηροπυρίτη και γραφίτη. Επειδή το υλικό καθαρισμού είναι υγροσκοπικό βρίσκεται σε σιδερένια δοχεία που κλείνουν στεγανά.

Ανάλογα με το πάχος των τεμαχίων γίνεται ραφή κατά V ή κατά X γωνίας 90° έως 100° .

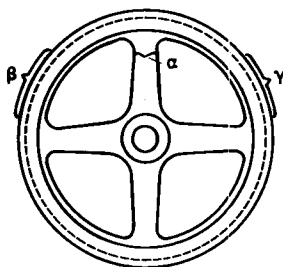
Η κόλληση συνήθως έχει διάμετρο 4-14 mm και κατασκευάζεται από χυτοσίδηρο. Όταν με την κόλληση αυτή είναι δύσκολη η συγκόλληση, τότε χρησιμοποιείται κόλληση μεγαλύτερου κόστους, που περιέχει και νικέλιο.

Η συγκόλληση γίνεται είτε προς τα δεξιά είτε προς τα αριστερά όπως στο χάλυβα, με τη διαφορά ότι η απόσταση της φλόγας και της κολλήσεως από τα τεμάχια είναι στο χυτοσίδηρο μεγαλύτερη.

Μετά τη συγκόλληση ακολουθεί βαθμιαία ψύξη των τεμαχίων για να μη δημιουργούνται εσωτερικές τάσεις στη ραφή.

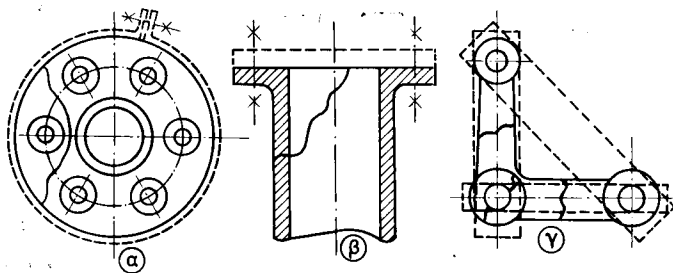
Η προθέρμανση είναι δυνατόν, όπως είπαμε στην αρχή, να μην είναι γενική μέσα σε κλίβανο αλλά μερική. Θερμαίνεται δηλαδή ένα μέρος μόνο των προς συγκόλληση τεμαχίων. Αυτό εξαρτάται από τη θέση της ρωγμής. Π.χ. για να συγκολλήσουμε το βραχίονα του οδοντωτού τροχού στη θέση α (σχ. 8.26), αρκεί να θερμάνουμε με φλόγα οξυγόνου ασετυλίνης τον τροχό στις θέσεις β και γ. Δεν απαιτείται δηλαδή θέρμανση ολόκληρου του τροχού σε κλίβανο. Κατά την ψύξη και οι τρεις θέσεις του τροχού, α, β και γ αποβάλλουν ταυτόχρονα θερμότητα. Έτσι αποφεύγονται οι ρωγμές και τα τεμάχια διατηρούν το σχήμα τους.

Στο σχήμα 8.2γ διακρίνονται σπασμένα τεμάχια από χυτοσίδηρο κατάλληλα προετοιμασμένα για οξυγονοκόλληση.



Σχ. 8.26.

Χυτοσιδερένιος οδοντωτός τροχός για συγκόλληση.



Σχ. 8.2γ.

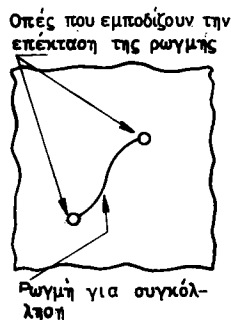
Προετοιμασία για συγκόλληση σπασμένων τεμαχίων από χυτοσίδηρο.

Με διάφορες συνδέσεις επιδιώκουμε τη διατήρηση της μορφής των τεμαχίων και την αποφυγή παραμορφώσεων. Γι' αυτό τα τεμάχια προσδένονται ανάλογα με το σχήμα τους με περιφερειακό δακτύλιο α, με μια φλάντζα β ή με ένα τρίγωνο γ.

Όταν πρέπει να συγκολληθεί ρωγμή, όπως αυτή του σχήματος 8.2δ, τότε ανοίγουμε μικρές τρύπες στα άκρα της ρωγμής. Έτσι αυτή δεν επεκτείνεται από τις δυνάμεις παραμορφώσεως που δημιουργούνται κατά τη θέρμανση.

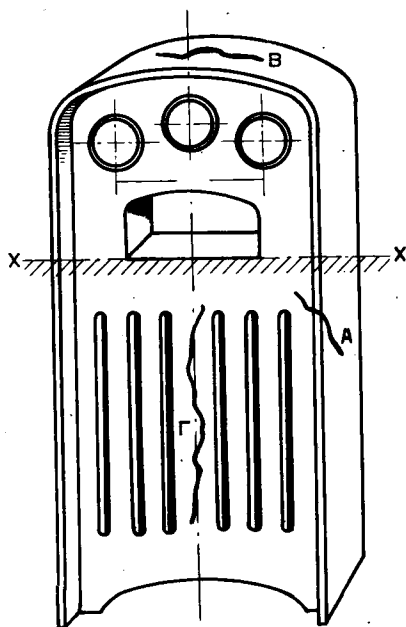
Τέλος, χαρακτηριστικό παράδειγμα συνδέσεως χυτοσιδήρου έχομε κατά την οξυγονοκόλληση των χυτοσιδερένιων λεβήτων κεντρικής θερμάνσεως. Όταν ο οξυγονοκολλητής είναι πεπειραμένος η συγκόλληση αυτή πετυχαίνει στο 90% των περιπτώσεων.

Στο σχήμα 8.2ε διακρίνεται ένα στοιχείο χυτοσιδερένιου λέβητα κεντρικής θερμάνσεως με ρωγμές σε διάφορα σημεία (Α, Β, Γ). Οι λέβητες κεντρικής θερμάνσεως, όπως είναι γνωστό, αποτελούνται από πολλά στοιχεία τα οποία συνδέονται μεταξύ τους.



Σχ. 8.2δ.

Προετοιμασία για τη συγκόλληση ρωγμής. Διακρίνονται οι τρύπες που εμποδίζουν την επέκταση της ρωγμής.



Σχ. 8.2ε.

Στοιχείο χυτοσιδερένιου λέβητα κεντρικής θερμάνσεως.

Για τη συγκόλληση το στοιχείο θερμαίνεται μέσα σε κλίβανο. Ρωγμές όπως η Α συγκολλούνται εύκολα από μέσα προς τα έξω και με τη ραφή πάντοτε σε οριζόντια θέση. Αυτό γιατί η Α ρωγμή βρίσκεται σε θέση που επιτρέπονται μικρές παραμορφώσεις.

Οι ρωγμές στη θέση της Β συγκολλούνται κάπως δυσκολότερα. Σ' αυτή την περίπτωση υπάρχει αρκετή θέρμανση πάνω από την επιφάνεια ΧΧ.

Δυσκολότερη είναι η οξυγονοκόλληση της ρωγμής Γ γιατί στη θέση αυτή είναι δυνατές μόνο κατά πλάτος παραμορφώσεις και όχι κατά μήκος, λόγω του ότι τα τοιχώματα του λέβητα στο σημείο αυτό είναι παχιά και ισχυρά.

Μόνο όταν περιορισθεί η ψύξη του τεμαχίου κατά τη διάρκεια της συγκολλήσεως είναι δυνατόν να επιτύχει η σύνθεση της ρωγμής Γ.

Για την επιτυχία της συγκολλήσεως σε παρόμοιες δύσκολες περιπτώσεις απαιτείται ιδιαίτερη προσοχή, για να διατηρείται ίδια η θερμοκρασία προθερμάνσεως σε όλο το τεμάχιο κατά τη διάρκεια της συγκολλήσεως. Όπως λένουν οι πεπειραμένοι τεχνίτες: «το κομμάτι μετά τη συγκόλληση να είναι θερμότερο από ό,τι ήταν πριν από τη συγκόλληση σκεπασμένο μέσα στον κλίβανο προθερμάνσεως».

8.3 Ηλεκτροσυγκόλληση χυτοσιδήρου.

Κατ' αυτή εφαρμόζονται δύο μέθοδοι:

- α) Ηλεκτροσυγκόλληση εν ψυχρώ και
- β) ηλεκτροσυγκόλληση εν θερμώ.

Κατά την πρώτη μέθοδο δεν απαιτείται προθέρμανση του τεμαχίου για να γίνει η συγκόλληση. Το τεμάχιο δηλαδή έχει τη θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Η σύνδεση εδώ δεν είναι στεγανή και δεν μπορεί να μεταφέρει δυνάμεις. Η μέθοδος εν ψυχρώ έχει το πλεονέκτημα ότι τα τεμάχια συγκολλούνται έστω και αν είναι συναρμολογημένα με άλλα τεμάχια. Δεν απαιτείται δηλαδή αποσυναρμολόγηση (ξεμοντάρισμα) των τεμαχίων από άλλα, με τα οποία τυχόν συνδέονται.

Κατά την ηλεκτροσυγκόλληση εν θερμώ τα τεμάχια προθερμαίνονται. Η σύνδεσή τους είναι στεγανή και η ραφή έχει μηχανικές ιδιότητες αντίστοιχες προς τις ιδιότητες των συγκολλουμένων τεμαχίων. Επειδή απαιτείται ομοιόμορφη προθέρμανση των τεμαχίων σε 699°C περίπου, η μέθοδος εφαρμόζεται μόνο όταν υπάρχουν οι κατάλληλες εγκαταστάσεις.

Ανάλογα με τις ιδιότητες που επιθυμούμε να έχει η σύνδεση και τις υπάρχουσες δυνατότητες, διαλέγομε τη μία ή την άλλη μέθοδο.

α) Ηλεκτροσυγκόλληση χυτοσιδήρου εν ψυχρώ.

Χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια από χάλυβα με μικρή περιεκτικότητα σε άνθρακα ($V < 0,1\%$) και με παχιά επένδυση στην περιφέρειά του ή διάτρητα ηλεκτρόδια (§ 5.5).

Τα χρησιμοποιούμενα ηλεκτρόδια αναμιγνύονται κατά την ηλεκτροσυγκόλληση με τα τεμάχια του χυτοσιδήρου, τα οποία έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε άνθρακα (2-4%). Εξαιτίας της αναμίξεως αυτής δημιουργείται κοντά στα προς συγκόλληση άκρα χάλυβας με μεγάλη περιεκτικότητα σε άνθρακα, ο οποίος με την ψύξη σκληραίνει. Για το λόγο αυτό η ραφή συγκολλήσεως είναι σκληρή και επιδέχεται κατεργασία μόνο με σμυριδοτροχό.

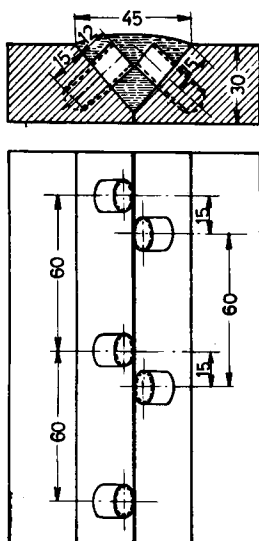
Η σκλήρυνση της ραφής μειώνεται όταν χρησιμοποιηθούν ηλεκτρόδια που περιέχουν νικέλιο και χαλκό. Τα ηλεκτρόδια αυτά όμως έχουν κόστος πολύ ψηλότερο από τα συνηθισμένα χαλύβδινα. Γι' αυτό, όταν πρόκειται να γίνουν μεγάλα γεμίσματα με ηλεκτρόδιο, συγκολλούμε με τα ηλεκτρόδια που περιέχουν νικέλιο και χαλκό μόνο τα σημεία, όπου εφάπτεται το τεμάχιο με το γέμισμα. Την υπόλοιπη ραφή τη συμπληρώνουμε με συνηθισμένα ηλεκτρόδια χάλυβα.

Η προετοιμασία των προς συγκόλληση άκρων γίνεται κατά ραφή V. Σε περίπτωση ρωγμών και για να αποφύγουμε τις επεκτάσεις τους κατά τη θέρμανση, ανοίγουμε με το τρυπάνι δύο τρύπες στα άκρα της ρωγμής, μία σε κάθε άκρο. Κατά την προετοιμασία των άκρων αφαιρείται υλικό από τις ρωγμές, ώστε η σύνδεση του τεμαχίου να πραγματοποιηθεί με το υλικό της κολλήσεως.

Η ηλεκτροσυγκόλληση χυτοσιδήρου εν ψυχρώ δεν είναι αντοχής, δηλαδή δεν μπορεί να μεταφέρει δυνάμεις. Όταν πρέπει να γίνει μεταφορά δυνάμεων από τη ραφή, την ενισχύουμε με διάφορους τρόπους, π.χ. με χαλύβδινους πείρους που έχουν κοχλίωση (βόλτες) (σχ. 8.3α).

Οι χαλύβδινοι πείροι συνδέονται με το υλικό της κολλήσεως και με το χυτοσιδερένιο τεμάχιο με την κοχλίωση. Οι δυνάμεις μεταφέρονται μέσω αυτών από τα τεμάχια στην κόλληση και συνεπώς τελικά από το ένα τεμάχιο στο άλλο. Μία καλή διάταξη πείρων φαίνεται στο σχήμα 8.3α. Στοιχεία για τις διαστάσεις των πείρων, ανάλογα με το πάχος των τεμαχίων για συγκόλληση δίνει ο πίνακας 8.3.1.

Καμιά φορά κατά τη μέθοδο εν ψυχρώ, για να γίνει πιο εύκολη η συγκόλληση, τα τεμάχια προθερμαίνονται ελαφρά, είτε σε όλη τη μάζα τους είτε μόνο στη θέση συγκολλήσεως, στους 50°C - 80°C . Κατά τη διάρκεια της συγκολλήσεως πρέπει να αποφεύγεται η τοπική

**Σχ. 8.3α.**

Ηλεκτροσυγκόλληση χυτοσιδήρου
εν ψυχρώ με ενισχύσεις πείρων στη ραφή.
Διαστάσεις σε mm.

υπερθέρμανση του ηλεκτροσυγκολλούμενου τεμαχίου. Για το λόγο αυτό ανά 2-3 εκατοστά ραφής διακόπτεται η συγκόλληση και ξαναρχίζει όταν ψυχθούν τα τεμάχια. Μόλις τελειώσει η συγκόλληση, σφυρηλατούμε τη ραφή με σφυρί.

ΠΙΝΑΚΑΣ 8.3.1

Διαστάσεις πείρων για την ενίσχυση ηλεκτροσυγκολλήσεως χυτοσιδήρου (εν ψυχρώ)

Πάχος αντικειμένου σε mm	Εξωτερική διάμετρος πείρου σε mm
15	8
20	10
25	10
30	12
Το σπείρωμα των πείρων είναι κανονικό μετρικό	

Όταν το υλικό για συγκόλληση είναι μαλακός χυτοσίδηρος μηχανών, είναι δυνατό να έχουμε καλή σύνδεση με χαλύβδινο ηλεκτρόδιο. Πολλές φορές όμως λόγω της ποιότητας του χυτοσιδήρου το ηλεκτρόδιο **δεν πιάνει**, όπως λένε. Τότε πρέπει να αναζητηθεί άλλος τύπος ηλεκτροδίου, μάλλον με ειδική σύνθεση.

Όταν οι ραφές έχουν μεγάλο μήκος, τότε η συγκόλληση γίνεται

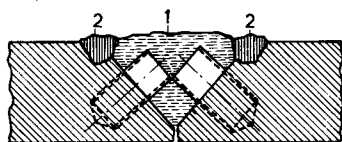
με διαδοχικές στρώσεις (§ 5.6). Κάθε στρώση γίνεται τμηματικά και αφού τελειώσει ακολουθεί σφυρηλάτηση.

Με τη μέθοδο εν ψυχρώ, καθώς και την ενίσχυση με τους πείρους μεταφοράς δυνάμεως είναι δυνατό να συγκολληθούν μεγάλα τεμάχια όπως ορθοστάτες πιεστηρίων, πλευρικά μηχανών (πλαϊνά) κ.ά.

Όταν επιθυμούμε η ραφή να είναι στεγανή, τότε απαιτείται ειδική διαδικασία μεγαλύτερου κόστους. Γι' αυτό στεγανές συγκολλήσεις γίνονται μόνο σε μεγάλης αξίας αντικείμενα. Αλλιώς, όταν απαιτείται στεγανή συγκόλληση, αντικαθίσταται το αντικείμενο που είναι για επισκευή με νέο.

Ένα είδος στεγανής συγκολλήσεως χυτοσιδήρου παρατηρούμε στο σχήμα 8.36. Στην αρχή γίνεται εδώ η ηλεκτροσυγκόλληση με χαλύβδινο ηλεκτρόδιο (1) και στη συνέχεια οι θέσεις επαφής της ραφής και του ηλεκτροδίου συγκολλούνται με άλλο ειδικό μαλακό ηλεκτρόδιο (2).

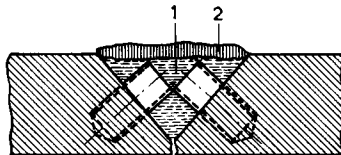
Όταν πρόκειται να γίνει επεξεργασία της ραφής μετά τη συγκόλληση, τότε χρησιμοποιείται ειδικό ηλεκτρόδιο, που επεξεργάζεται εύκολα για τη συγκόλληση του πάνω στρώματος της ραφής (σχ. 8.3γ).



- 1) Ηλεκτρόδιο χάλυθα
- 2) Ειδικό μαλακό ηλεκτρόδιο

Σχ. 8.36.

Στεγανή σύνδεση με ηλεκτροσυγκόλληση χυτοσιδήρου εν ψυχρώ.



- 1) Ηλεκτρόδιο χάλυθα
- 2) Ειδικό μαλακό ηλεκτρόδιο

Σχ. 8.3γ.

Ηλεκτροσυγκόλληση χυτοσιδήρου εν ψυχρώ με δυνατότητα επεξεργασίας της ραφής.

Η στεγανή ηλεκτροσυγκόλληση του χυτοσιδήρου εν ψυχρώ απαιτεί ειδική πείρα και ειδικευμένους τεχνίτες.

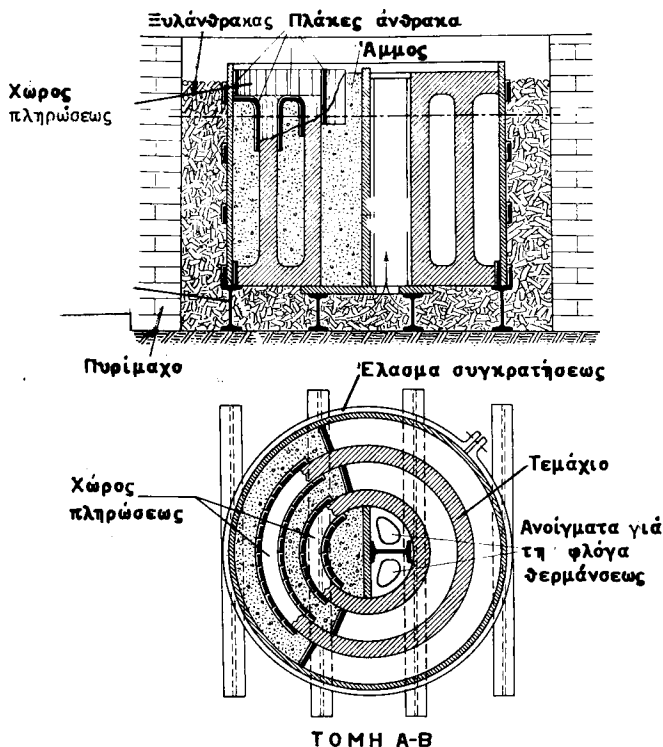
β) Ηλεκτροσυγκόλληση χυτοσιδήρου εν θερμώ.

Κατά τη μέθοδο αυτή το κενό μεταξύ των συνδεομένων άκρων, που γεμίζουμε με το υλικό των ηλεκτροδίων, είναι γενικά σημαντικό, ιδιαίτερα όταν στη θέση θραύσεως έχουν αποκοπεί μικρά τεμάχια.

Για την ηλεκτροσυγκόλληση του χυτοσιδήρου εν θερμώ απαιτείται προθέρμανση του αντικειμένου στους 600°C. Για το σκοπό αυτό υπάρχει κατάλληλος κλίβανος προθερμάνσεως. Αυτός κατασκευά-

ζεται καμιά φορά ειδικά για το αντικείμενο. Στο σχήμα 8.3δ βλέπομε κλίβανο προθερμάνσεως αυτού τους είδους. Το αντικείμενο εδώ τοποθετείται επάνω σε σιδηροπροφίλ μέσα σε χώρο διαμορφωμένο από πυρίμαχα τούβλα. Ο χώρος γεμίζει με ξυλάνθρακα ή κωκ και οι κοιλότητες του αντικειμένου με άμμο και πλάκες άνθρακα. Έτσι διαμορφώνεται ο χώρος που θα γεμίσει με το υλικό του ηλεκτροδίου.

Από κατάλληλα ανοίγματα εισάγεται η φλόγα του καύσιμου αερίου που χρησιμεύει για τη θέρμανση. Ο ξυλάνθρακας καίγεται τότε και η θερμοκρασία του προς συγκόλληση τεμαχίου ανέρχεται στους 600°C .



Σχ. 8.3δ.

Κλίβανος ηλεκτροσυγκολλήσεων χυτοσιδερένιων τεμαχίων εν θερμώ.

Στη θερμοκρασία αυτή αρχίζει η ηλεκτροσυγκόλληση. Τα χρησιμοποιούμενα ηλεκτρόδια έχουν μεγάλη περιεκτικότητα σε άνθρακα και πυρίτιο. Επειδή όλη η διαδικασία τοποθετήσεως του υλικού του ηλεκτροδίου πρέπει να γίνει πολύ γρήγορα, χρησιμοποιούνται

ηλεκτρόδια με μεγάλη διάμετρο 6-15 mm, σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις ανάλογα με το μέγεθος του αντικειμένου και μεγάλυτλης, έως 20 mm.

Τα ηλεκτρόδια που έχουν μεγάλη διάμετρο (10-15 mm) απαιτούν μεγάλες εντάσεις ρεύματος, από 400-1200 A και τάσεις 45-65 V. Για να διαθέτομε τις μεγάλες αυτές εντάσεις χρησιμοποιούμε μεγάλες μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως ή στην ανάγκη δύο ή περισσότερες όμοιες μηχανές που συνδέονται παράλληλα. Όπως είναι γνωστό, για να είναι δυνατή η παράλληλη σύνδεση πρέπει οι μηχανές να έχουν τα ίδια χαρακτηριστικά.

Η ηλεκτροσυγκόλληση δεν πρέπει να διακόπτεται. Γι' αυτό εργάζονται δύο ηλεκτροσυγκολλητές, που εναλλάσσονται, ώστε να διατηρείται πάντα το τόξο. Όταν η κόλληση είναι ρευστή, τότε μέσα σ' αυτή ρίπτονται τα τμήματα του ηλεκτροδίου που έχουν απομείνει. Έτσι το γέμισμα γίνεται πιο γρήγορα.

Εφόσον η θερμοκρασία του αντικειμένου είναι ψηλή και η κόλληση ρέει κανονικά, τα οξειδία συγκεντρώνονται στα πλευρά της κολλήσεως και έτσι διατηρείται η ομοιογένειά της.

Μετά τη συγκόλληση αφήνομε το τεμάχιο να ψυχθεί βαθμιαία με αντίστοιχη μείωση της εντάσεως της φλόγας.

Και στο είδος αυτό της ηλεκτροσυγκολλήσεως μπορεί να τοποθετηθούν, ανάλογα με τις περιπτώσεις, πείροι για να αυξηθεί η αντοχή της συνδέσεως. Γενικά για τη συγκόλληση του χυτοσιδήρου εν θερμώ απαιτείται μεγάλη πείρα.

8.4 Ερωτήσεις.

- 1) Γιατί απαιτείται προθέρμανση του τεμαχίου κατά την οξυγονοκόλληση του χυτοσιδήρου;
- 2) Πώς γίνεται η πιο πάνω προθέρμανση και σε ποια θερμοκρασία;
- 3) Πότε χρησιμοποιείται η ηλεκτροσυγκόλληση του χυτοσιδήρου εν ψυχρώ;
- 4) Πώς επιτυγχάνεται κατά την ηλεκτροσυγκόλληση του χυτοσιδήρου εν ψυχρώ αύξηση της αντοχής της συνδέσεως;
- 5) Πότε χρησιμοποιείται η ηλεκτροσυγκόλληση του χυτοσιδήρου εν θερμώ;
- 6) Πώς γίνεται σ' αυτή την περίπτωση η προθέρμανση και σε ποια θερμοκρασία;
- 7) Πώς επιτυγχάνεται κατά τη μέθοδο εν θερμώ η συνεχής εργασία;
- 8) Πώς συνδέονται οι μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως για να επιτευχθούν μεγάλες εντάσεις ρεύματος και κάτω από ποιες προϋποθέσεις;

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 9

ΚΟΠΗ ΤΩΝ ΜΕΤΑΛΛΩΝ

9.1 Γενικά.

Στα επόμενα θα ασχοληθούμε με τις μεθόδους κοπής των μετάλλων που σχετίζονται με τις αντίστοιχες μεθόδους συγκόλλησης, δηλαδή με την κοπή με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης, με την κοπή με ηλεκτρικό τόξο και με την ηλεκτρική κοπή με οξυγόνο. Από τις μεθόδους αυτές περισσότερο χρησιμοποιείται η κοπή με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης.

Οι μέθοδοι αυτές κοπής εφαρμόζονται πολύ στην πράξη με αυτές επιτυγχάνουμε:

- α) Μεγάλη ταχύτητα κοπής ακόμη και σε χοντρά ελάσματα.
- β) Κοπή σε θέσεις όπου με άλλη μέθοδο αυτό θα ήταν πολύ δύσκολο ή και κάποτε αδύνατο.

9.2 Κοπή μετάλλων με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης (οξυγονοκοπή).

Το αέριο οξυγόνο έχει την ιδιότητα να οξειδώνει τα μέταλλα με μεγάλη ταχύτητα όταν είναι πυρακτωμένα. Την ιδιότητά του αυτή εκμεταλλευόμαστε για την οξυγονοκοπή. Για να επιτύχομε την πυράκτωση χρησιμοποιούμε ως καύσιμο αέριο συνήθως την ασετυλίνη. Με τη φλόγα ασετυλίνης θερμαίνουμε το μέταλλο στο σημείο όπου θέλουμε να αρχίσει η κοπή μέχρι πυρακτώσεως. Κατόπιν εμψύαται στο σημείο πυρακτώσεως οξυγόνο, το οποίο οξειδώνει το πυρακτώμενο σιδηρούχο μέταλλο. Τα σχηματιζόμενα οξειδία διώχνονται με την πίεση με την οποία εμψύαται το οξυγόνο, οπότε επέρχεται διάσπαση της συνοχής του μετάλλου στο σημείο πυρακτώσεως, δηλαδή συντελείται κοπή του.

Η οξείδωση του μετάλλου με το οξυγόνο είναι εξώθερμη αντίδραση. Η θερμότητα που αναπτύσσεται από την οξείδωση διευκολύνει την πυράκτωση του τεμαχίου με τη φλόγα κατά τη διεύθυνση κοπής.

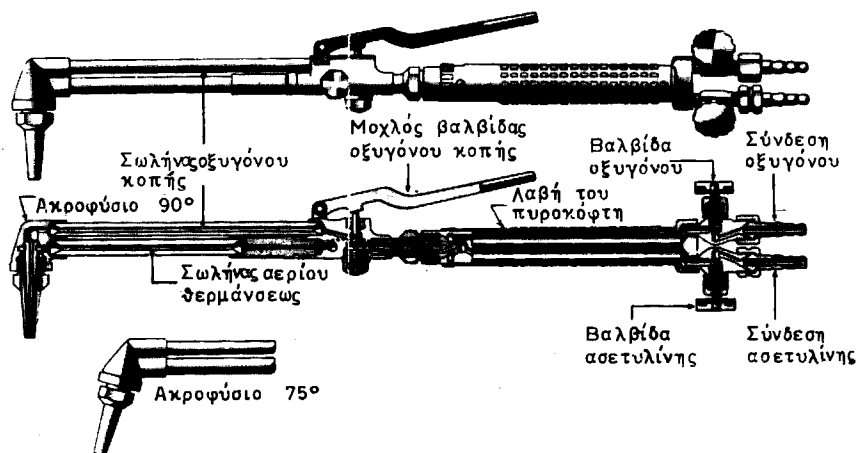
Για την πυράκτωση της θέσεως κοπής εκτός από την ασετυλίνη χρησιμοποιούνται και άλλα καύσιμα αέρια όπως το υδρογόνο, το φωταέριο, το προπάνιο.

Για να κόψουμε μέταλλα με τη φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης δεν χρησιμοποιούμε τον καυστήρα, αλλά άλλο ειδικό εργαλείο, τον πυροκόπτη.

Με τη μέθοδο κοπής με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης είναι δυνατό να κοπούν σιδερένια ελάσματα πάχους έως 100 mm, με ειδικούς δε πυροκόπτες ακόμη μεγαλύτερου πάχους ελάσματα.

Ο πυροκόπτης στο ένα άκρο του έχει δύο στόμια όπου συνδέονται οι σωλήνες των αερίων. Το ένα είναι για το σωλήνα του οξυγόνου και το άλλο για το σωλήνα του αερίου θερμάνσεως. Υπάρχουν όμως και πυροκόπτες με τρία στόμια, δηλαδή δύο για το οξυγόνο (ένα για το οξυγόνο κοπής και ένα για το οξυγόνο θερμάνσεως) και ένα για το αέριο θερμάνσεως. Στο άλλο άκρο του ο πυροκόπτης έχει ακροφύσιο. Στο σχήμα 9.2α διακρίνεται πυροκόπτης σε εξωτερική όψη και τομή. Φαίνεται επίσης ο μοχλός, με τον οποίο ανοίγουμε τη βαλβίδα του οξυγόνου κοπής όταν έχει ερυθροπυρωθεί το τεμάχιο.

Το ακροφύσιο των πυροκοπών έχει δύο θέσεις, από τις οποίες εξέρχονται τα αέρια. Από τη μία εξέρχεται το αέριο μίγμα για τη θέρμανση των τεμαχίων και από την άλλη το καθαρό οξυγόνο κοπής.



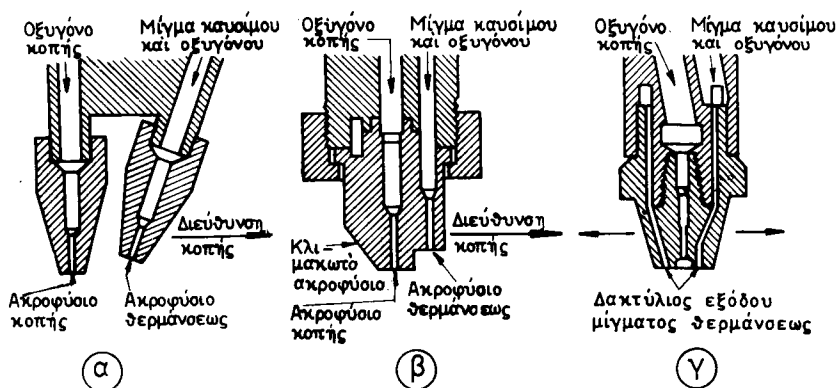
Σχ. 9.2α.

Πυροκόπτης σε εξωτερική όψη και σε τομή.

Μερικές φορές το διπλό ακροφύσιο του πυροκόπτη αποτελείται από δύο ακροφύσια, τα οποία για διάκριση ονομάζονται **ακροφύσιο θερμάνσεως** και **ακροφύσιο κοπής**. Όμως είναι δυνατόν το ακροφύσιο του πυροκόπτη να μην καταλήγει σε δύο επιμέρους τεμάχια,

όπως θα δούμε πιο κάτω. Στο σχήμα 9.26 διακρίνονται διάφοροι τύποι ακροφυσίων πυροκόπτη.

Στον τύπο α υπάρχουν δύο επιμέρους ακροφύσια, το ένα για τη θέρμανση και το άλλο για το οξυγόνο κοπής. Η θέρμανση του αντικειμένου προηγείται όπως είναι γνωστό από την οξειδωσή του. Συνεπώς στον τύπο α όπου υπάρχουν διαφορετικές θέσεις για τη φλόγα θερμάνσεως και το οξυγόνο κοπής, η διεύθυνση κινήσεως του πυροκόπτη είναι καθορισμένη. Δηλαδή πρέπει να προηγείται κατά την κίνηση του πυροκόπτη το ακροφύσιο θερμάνσεως και να ακολουθεί το ακροφύσιο κοπής.



Σχ. 9.26.

Είδη ακροφυσίων πυροκόπτη.

Στον τύπο β υπάρχουν και τα δύο ακροφύσια ενσωματωμένα στο ίδιο τεμάχιο, το ένα κοντά στο άλλο. Ο τύπος αυτός καλείται **κλιμακωτό ακροφύσιο**, επειδή το ακροφύσιο κοπής δεν είναι στο ίδιο επίπεδο με το ακροφύσιο θερμάνσεως, αλλά εξέρχει προς τα κάτω.

Στο ακροφύσιο γ το μίγμα θερμάνσεως εξέρχεται από ένα δακτύλιο γύρω από το σημείο από το οποίο εξέρχεται το οξυγόνο κοπής. Με το ακροφύσιο του τύπου αυτού μπορεί να γίνει κοπή προς οποιαδήποτε διεύθυνση, γιατί η θέρμανση γίνεται προς όλες τις διευθύνσεις.

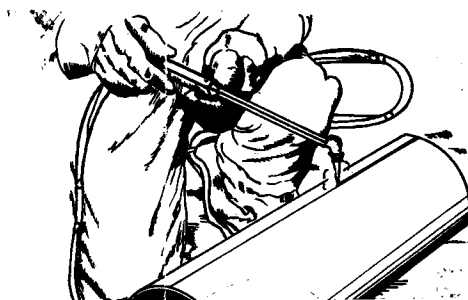
Ανάλογα με το πάχος του ελάσματος που θα κόψουμε, εκλέγουμε το μέγεθος του ακροφυσίου θερμάνσεως και του ακροφυσίου κοπής. Όσο παχύτερο είναι το έλασμα, τόσο μεγαλύτερο ακροφύσιο απαιτείται.

Η πίεση του οξυγόνου κατά την κοπή είναι 3-12 ατμόσφαιρες (atü).

Η πίεση της ασετυλίνης κυμαίνεται από 0,2-0,5 ατμόσφαιρες, ανάλογα με το πάχος του ελάσματος. Η μεγαλύτερη τιμή αντιστοιχεί σε παχύτερα ελάσματα.

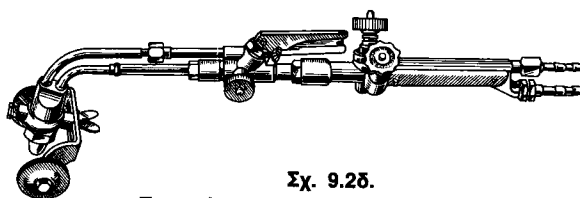
Η απόσταση των ακροφυσίων από το αντικείμενο πρέπει να μένει σταθερή. Για έλασμα πάχους 3-50 mm πρέπει να είναι 3-5 mm και για έλασμα πάχους 50-150 mm, 5-8 mm. Για παχύτερα ελάσματα η απόσταση των ακροφυσίων από το αντικείμενο είναι ακόμη μεγαλύτερη, χωρίς όμως να υπερβαίνει τα 10 mm.

Η κοπή γίνεται είτε με ελεύθερη συγκράτηση του πυροκόπτη (σχ. 9.2γ), είτε με τη βοήθεια του πυροκόπτη με τροχούς (σχ. 9.2δ). Με τους τροχούς διευκολύνεται η οδήγηση του πυροκόπτη προς την επιθυμητή κατεύθυνση κοπής και κρατείται σταθερή η απόσταση του ακροφυσίου από το έλασμα.



Σχ. 9.2γ.

Κοπή με ελεύθερη συγκράτηση του πυροκόπτη.

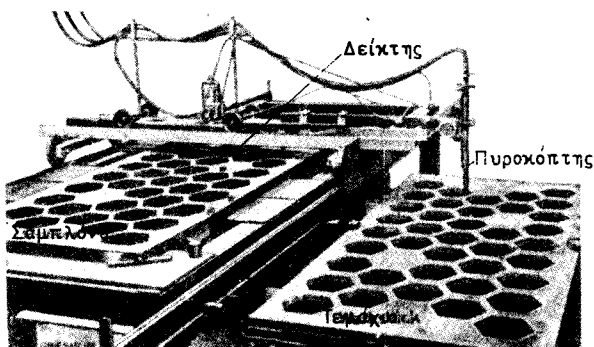


Σχ. 9.2δ.

Πυροκόπτης με τροχούς οδήγησης.

Για την κοπή χρησιμοποιούνται επίσης μηχανήματα με ειδικές διατάξεις για την ακριβή οδήγηση του πυροκόπτη. Η ακριβής οδήγηση δίνει καθαρή επιφάνεια κοπής. Μειώνεται έτσι ο χρόνος της εργασίας που ακολουθεί πάνω στην επιφάνεια κοπής. Με τη χρησιμοποίηση μηχανημάτων αυξάνεται επίσης η ταχύτητα κοπής. Στα μηχανήματα αυτά ο πυροκόπτης οδηγείται και παίρνει διάφορες θέσεις, ανάλογα με τις θέσεις που παίρνει ένα άλλο τεμάχιο, ο

δείκτης. Για την οδήγηση του δείκτη σχεδιάζουμε το περίγραμμα κοπής επάνω στο τραπέζι του μηχανήματος και σύμφωνα με το περίγραμμα αυτό, που συνήθως λέγεται **σαμπλόνα**, οδηγούμε το δείκτη (σχ. 9.2ε).



Σχ. 9.2ε.

Μηχάνημα κοπής με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης.

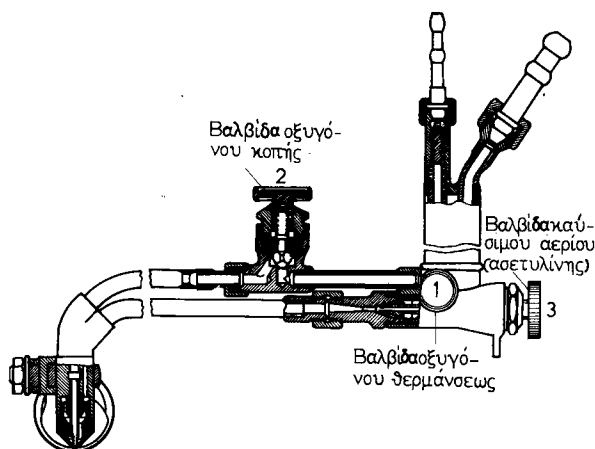
Στο σχήμα 9.2στ βλέπομε σε τομή τον πυροκόπτη του μηχανήματος κοπής του σχήματος 9.2ε. Στον πυροκόπτη αυτό το οξυγόμο θερμάνσεως ρυθμίζεται από τη βαλβίδα 1, το οξυγόνο κοπής από τη βαλβίδα 2 και η ασετυλίνη από τη βαλβίδα 3.

Ο πίνακας 9.3.1 δίνει τα κατάλληλα ακροφύσια θερμάνσεως και κοπής που πρέπει να τοποθετηθούν στον πυροκόπτη αυτού του μηχανήματος (σχ. 9.2στ) ανάλογα με το πάχος τους ελάσματος που θα κοπεί. Επίσης δίνει την απόδοση ανά ώρα σε μέτρα και την απαιτούμενη πίεση οξυγόνου. Τα στοιχεία του πίνακα δίνονται από την εταιρία κατασκευής του πυροκόπτη.

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.3.1

Στοιχεία κοπής πυροκόπτη-μηχανήματος

Ακροφύσιο θερμάνσεως	1		2		3	
	1	2	3	4	5	6
Ακροφύσιο κοπής	1	2	3	4	5	6
Πάχος ελάσματος mm	3...20	20...50	50...100	100...150	150...220	220...300
Ταχύτητα κοπής m/h	18...14	14...10	10...8	8...6	6...4	4...2
Πίεση οξυγόνου atu	3...5	4...6	5...7	6...8	7...10	8...12



Σχ. 9.2στ.
Πυροκόπτης μηχανήματος κοπής.

Για να κόβεται με την φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης ένα μέταλλο, πρέπει η θερμοκρασία που καίγεται το μέταλλο να είναι μικρότερη από τη θερμοκρασία τήξεώς του. Καύση μετάλλου ονομάζεται η ταχεία οξειδωσή του, δηλαδή η ταχεία ένωσή του με το οξυγόνο. Κατά την καύση δημιουργούνται οξειδία, που απομακρύνονται εύκολα και έτσι επιτυγχάνεται η κοπή του μετάλλου.

Οι συνηθισμένοι χάλυβες, καθώς και ο χυτοχάλυβας, έχουν αυτή την ιδιότητα και γι' αυτό κόβονται. Αντίθετα το αλουμίνιο, ο χαλκός και τα κράματά του δεν κόβονται με τη μέθοδο αυτή γιατί το σημείο τήξεώς τους είναι χαμηλότερο από το σημείο καύσεώς τους.

Οι ανθρακοχάλυβες, όταν κόβονται κατά τη μέθοδο αυτή, σκληραίνουν στη θέση κοπής και γι' αυτό μετά την κοπή απαιτείται ανόπτηση.

Η κοπή με φλόγα χρησιμοποιείται πολύ στις σιδηροκατασκευές για την κοπή δοκών, αξόνων, διαμόρφωση σιδηρελασμάτων (λαμαρινών), καθώς και στη μηχανοποιία για την κατασκευή πολυμόρφων τεμαχίων, όπως π.χ. φλάντζας συνδέσεως σωλήνων.

Η κοπή με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης χρησιμοποιείται επίσης για τη διαμόρφωση των άκρων ελασμάτων που θα συγκολληθούν κατά V ή κατά X.

Η κοπή των ευγενών χαλύβων με φλόγα πρέπει να αποφεύγεται, γιατί δημιουργούνται ρωγμές. Οι ρωγμές περιορίζονται αν προθερμάνομε το αντικείμενο σε 400°C .

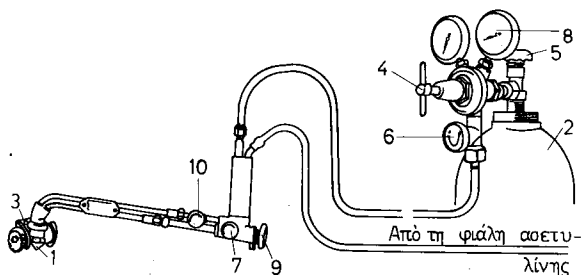
Ο χυτοσίδηρος και μερικοί ειδικοί χάλυβες με μεγάλη περιεκτικότητα σε χρώμιο και νικέλιο δεν κόβονται με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης και με τα συνηθισμένα μέσα. Για τα μέταλλα αυτά χρησιμοποιούνται, όπως θα δούμε πιο κάτω (§ 9.5), άλλες μέθοδοι. Ο μόλυβδος κόβεται εύκολα με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης με τη βοήθεια ειδικού πυροκόπτη.

9.3 Εργασίες και ρυθμίσεις για κοπή με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης.

Για την κοπή ενός τεμαχίου με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης πρέπει κατά σειρά να γίνουν οι εξής εργασίες:

α) Πριν από την κοπή (σχ. 9.3).

- 1) Να τοποθετήσεις στον πυροκόπτη το κατάλληλο ακροφύσιο 1 ανάλογα με το πάχος του υλικού που πρέπει να κοπεί. Στο ακροφύσιο αναγράφονται συνήθως τα πάχη ελασμάτων για τα οποία είναι κατάλληλο.



Σχ. 9.3.

Διάταξη οργάνων κοπής με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης.

- 1) Ακροφύσιο. 2) Φιάλη οξυγόνου. 3) Τροχοί οδηγήσεως. 4) Εκτονωτής πιέσεως οξυγόνου. 5) Κλείστρο φιάλης οξυγόνου. 6) Βαλβίδα μειωτή οξυγόνου. 7) Βαλβίδα οξυγόνου θερμάνσεως. 8) Μανόμετρο πιέσεως οξυγόνου εργασίας. 9) Βαλβίδα ασετυλίνης πυροκόπτη. 10) Βαλβίδα οξυγόνου κοπής.

- 2) Να ρυθμίσεις τη σωστή απόσταση του πυροκόπτη από το αντικείμενο με μετακίνηση των μικρών τροχών ως προς τον πυροκόπτη 3.
- 3) Να αποκοχλιώσεις τον κοχλία του εκτονωτή πιέσεως 4 προς τα αριστερά μέχρις ότου το ελατήριο του μειωτή βρεθεί εκτός τάσεως.
- 4) Να ανοίξεις προσεκτικά το κλείστρο της φιάλης οξυγόνου 5.
- 5) Να ανοίξεις τη βαλβίδα οξυγόνου 6, η οποία βρίσκεται μετά τον εκτονωτή.

- 6) Να ανοίξεις τη βαλβίδα του οξυγόνου θερμάνσεως του πυροκόπτη 7.
- 7) Να ρυθμίσεις, στρέφοντας προς τα δεξιά τον κοχλία του εκτονωτή 4, την πίεση οξυγόνου που χρειάζεται για την κοπή σύμφωνα με το πάχος του ελάσματος. Η πίεση αυτή είναι ανάλογη με το πάχος του ελάσματος και μετριέται στο μανόμετρο 8.
- 8) Να ανοίξεις το κλείστρο στη φιάλη ασετυλίνης και να ρυθμίσεις την πίεση της ασετυλίνης.
- 9) Να ανοίξεις τη βαλβίδα ασετυλίνης του πυροκόπτη.
- 10) Να ανάψεις τη θερμαντική φλόγα και να ρυθμίσεις τη φλόγα σου, όπως όταν πραγματοποιείς συγκόλληση.
- 11) Αφού ανοίξεις τη βαλβίδα 10, να παρατηρήσεις αν η πίεση εργασίας, η οποία δείχνεται στο μανόμετρο 8, είναι αυτή που απαιτείται για την κοπή. Αν όχι, να ρυθμίσεις τον κοχλία του μειωτή κατάλληλα.
- 12) Να φέρεις τον πυροκόπτη με κλειστή τη βαλβίδα οξυγόνου κοπής 10 στην επιθυμητή θέση κοπής. Να περιμένεις έως ότου πυρακτωθεί το τεμάχιο.
- 13) Να ανοίξεις απότομα και τελείως τη βαλβίδα του οξυγόνου κοπής 10.
- 14) Να μετακινήσεις τον πυροκόπτη όταν αρχίσουν να διαχωρίζονται τα τεμάχια. Ρύθμισε τη μετακίνηση του πυροκόπτη. Αν η μετακίνηση του πυροκόπτη γίνεται πολύ σιγά, τότε η τομή δεν είναι καθαρή. Αν η μετακίνηση γίνεται γρήγορα, είναι δυνατό να παρατηρηθούν ανασχέσεις του διαχωρισμού.

6) Μετά την κοπή (σχ. 9.3).

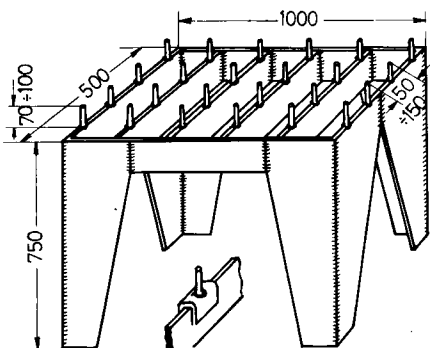
- 1) Να κλείσεις τη βαλβίδα 10 του οξυγόνου κοπής.
- 2) Να κλείσεις τη βαλβίδα 9 του καύσιμου αερίου καθώς και τη βαλβίδα 7 του οξυγόνου θερμάνσεως.
- 3) Να κλείσεις το κλείστρο του καύσιμου αερίου στη φιάλη της ασετυλίνης και να αποκοχλιώσεις τον κοχλία του εκτονωτή ασετυλίνης.
- 4) Να κλείσεις τη βαλβίδα 6 του μειωτή της φιάλης οξυγόνου.
- 5) Να αποκοχλιώσεις τον κοχλία 4, έως ότου το ελατήριο του εκτονωτή παύσει να πιέζεται από τον κοχλία.
- 6) Να κλείσεις το κλείστρο 5 της φιάλης του οξυγόνου.

9.4 Πρακτικές οδηγίες για κοπή με φλόγα οξυγόνου-ασετυλίνης.

- 1) Να καθαρίσεις τη θέση όπου θα γίνει η οξυγονοκοπή, από υλικά

και χρώματα, που τυχόν υπάρχουν, με τη συρμάτινη βούρτσα. Κατά την οξυγονοκοπή τα υλικά αυτά καίγονται και επιδρούν στην καθαρότητα της τομής. Εκτός από αυτό προκαλούν κατά τη καύση τους ανεπιθύμητους ατμούς.

- 2) Η οξυγονοκοπή να πραγματοποιείται αν είναι δυνατό σε ανοικτό χώρο. Να πάρεις θέση κατάλληλη, ώστε οι ατμοί και τα αέρια που δημιουργούνται κατά τη διάρκεια της κοπής να απομακρύνονται με την πνοή του ανέμου. Αν η οξυγονοκοπή πραγματοποιείται σε κλειστό χώρο, τότε ο χώρος πρέπει να αερίζεται αρκετά. Κατά την κοπή μετάλλων με επιμετάλλωση μολύβδου ή ψευδαργύρου (επιψευδαργυρωμένα υλικά), ή μετάλλων, που έχουν βαφεί με χρώματα ενώσεων του μολύβδου ή του ψευδαργύρου, δημιουργούνται δηλητηριώδεις ατμοί και αέρια. Επικαλύψεις με οξείδια του μολύβδου όπως το μίνιο, δημιουργούν κινδύνους δηλητηριάσεως.
- 3) Να τοποθετήσεις τα σιδηρελάσματα (λαμαρίνες) που πρόκειται να κοπούν έτσι, ώστε κάτω από τη θέση που θα γίνει η τομή να είναι ο χώρος ελεύθερος. Κατά την οξυγονοκοπή πρέπει η φλόγα να περνά το τεμάχιο ελεύθερα και να μην επιστρέφει σ' αυτό. Αν κάτω από το τεμάχιο είναι άλλο σώμα, τότε η φλόγα ανακλάται και η τομή δεν γίνεται καθαρή, γι' αυτό οι οξυγονοκοπές γίνονται σε ειδικά τραπέζια, όπως αυτό του σχήματος 9.4α.



Σχ. 9.4α.

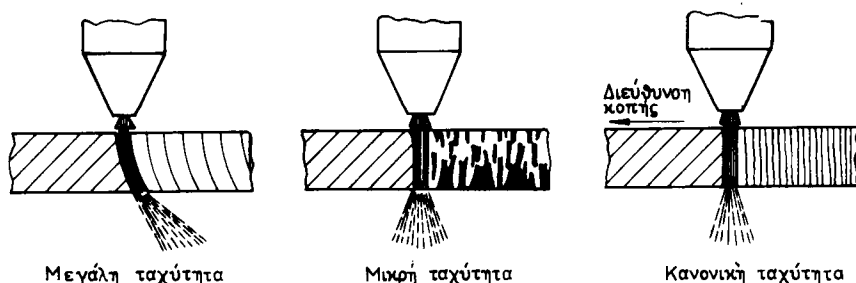
Ειδικό τραπέζι εργασίας για την οξυγονοκοπή.
Διαστάσεις σε mm.

Τα τραπέζια αυτά έχουν πείρους, πάνω στους οποίους τοποθετείται το τεμάχιο που πρόκειται να κοπεί. Μερικές φορές ορισμένοι πείροι είναι κινητοί, όπως αυτός που φαίνεται με

λεπτομέρεια κάτω από το τραπέζι (σχ. 9.4α). Με τη μετακίνηση των κινητών πείρων του τραπεζιού επιτυγχάνεται, ώστε η περίμετρος τομής του αντικειμένου να μην εφάπτεται με κανένα πείρο. Έτσι οι πείροι δεν καταστρέφονται κατά την κοπή.

- 4) Αν είναι δυνατό, άρχισε την οξυγονοκοπή από μια άκρη. Η τομή αρχίζει τότε ευκολότερα.
- 5) Αν πρέπει να κοπεί από επιφάνεια μια κλειστή τομή, όπως π.χ. ένας κύκλος στο κέντρο λαμαρίνας, τότε είναι προτιμότερο να γίνει μια τρύπα με το τρυπάνι σε ένα σημείο του περιγράμματος της τομής, οπότε η τομή αρχίζει ευκολότερα από το σημείο αυτό. Αν τρυπήσεις το τεμάχιο με τη φλόγα, η τομή στο σημείο αυτό δεν θα είναι καθαρή.
- 6) Η κοπή σε ένα άξονα διευκολύνεται, όταν σε όλη τη θέση της κοπής υπάρχει εγκοπή. Η εγκοπή αυτή χαράζεται με σταυροκοπίδι.
- 7) Όταν η διεύθυνση της τομής είναι ευθεία και εκτείνεται σε μεγάλο μήκος, να τοποθετήσεις χάρακα κατά μήκος της τομής και να οδηγήσεις έτσι τον πυροκόπτη, ώστε ο ένας τροχός του να εφάπτεται πάντοτε με το χάρακα.
- 8) Η φλόγα και η πίεση του οξυγόνου πρέπει να ρυθμιστούν σύμφωνα με τις οδηγίες του εργοστασίου, που κατασκεύασε τον πυροκόπτη που χρησιμοποιείς. Έτσι επιτυγχάνεται η πιο καθαρή τομή.
- 9) Να ρυθμίσεις πρώτα τη φλόγα προθερμάνσεως, όπως ρυθμίζεις τη φλόγα της οξυγονοκολλήσεως. Να ανοίξεις κατόπιν τη βαλβίδα του οξυγόνου κοπής και να ρυθμίσεις το μήκος του κώνου. Έπειτα να κλείσεις πάλι το οξυγόνο. Τώρα ο πυροκόπτης είναι έτοιμος για εργασία. Όταν η ρύθμιση του οξυγόνου γίνει με την έναρξη της εργασίας, τότε η τομή δεν είναι καθαρή στο σημείο που αντιστοιχεί στη ρύθμιση.
- 10) Η προθέρμανση δεν πρέπει να διαρκεί πολύ. Η προθέρμανση πρέπει να σταματά όταν το υλικό στο οποίο πρόκειται να γίνει η τομή πάρει χρώμα ανοικτό κόκκινο προς το κίτρινο. Δεν επιτρέπεται να αρχίσει να τήκεται το υλικό, γιατί τότε σχηματίζεται διεύρυνση στην αρχή της τομής.
- 11) Κατά την έναρξη της τομής κράτησε τον πυροκόπτη στην αρχική θέση, μέχρις ότου διαπεράσει η φλόγα το αντικείμενο. Πρέπει δηλαδή να γίνει η κοπή στο αρχικό σημείο για να προχωρήσεις.
- 12) Να ρυθμίσεις την ταχύτητα μετακινήσεως του πυροκόπτη έτσι, ώστε οι σπινθήρες να κατευθύνονται προς την διεύθυνση της φλόγας του τότε οι σκουριές πέφτουν ομοιόμορφα (σχ. 9.4β).

Όταν η ταχύτητα της κοπής είναι μεγάλη, οι επιφάνειες της τομής δεν είναι ομαλές (σχ. 9.46). Όταν η ταχύτητα κοπής είναι μικρή, η τομή διευρύνεται, οι επιφάνειες δεν είναι καθαρές και τα άκρα των τεμαχίων που αποκόπτονται έχουν μειωμένη περιεκτικότητα σε άνθρακα, γιατί ο άνθρακας που βρίσκεται στην επιφάνειά τους καίγεται. Η κατανάλωση αερίου και ο χρόνος εργασίας ανά μέτρο τομής στην περίπτωση αυτή είναι αυξημένα.



Σχ. 9.46.

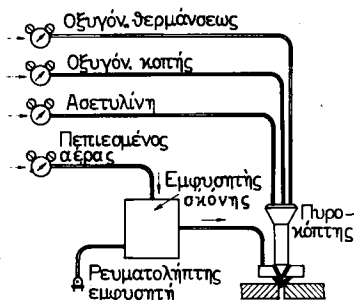
- 13) Προσοχή στο θόρυβο κατά την οξυγονοκοπή. Όταν η ρύθμιση είναι σωστή, ακούγεται ένα ομοιόμορφο σφύριγμα χωρίς κοχλασμούς.
- 14) Αν χρειαστεί να γίνει διακοπή της εργασίας, να σταματήσει απότομα την παροχή του οξυγόνου. Για να αρχίσει πάλι η τομή, απαιτείται καινούργια προθέρμανση.
- 15) Όταν πρόκειται να κοπεί χυτοσίδηρος, πρέπει να χρησιμοποιηθεί το ειδικό ακροφύσιο για το χυτοσίδηρο. Κατά την οξυγονοκοπή του χυτοσιδήρου να καις και σύρμα ή ταινία σιδερένια, την οποία θα έχεις τοποθετήσει στο σημείο όπου θα γίνει η τομή. Το σημείο τήξεως του χυτοσιδήρου είναι μικρότερο από το σημείο καύσεώς του. Γι' αυτό κατά την τομή ο χυτοσίδηρος δεν καίγεται αλλά τήκεται. Το σιδερένιο σύρμα ή η σιδερένια ταινία οξειδώνονται στη θέση της τομής και έτσι συμπληρώνουν το απαραίτητο μεγάλο ποσό θερμότητας για την τήξη του τεμαχίου στη θέση τομής.
- 16) Να προσέξεις ιδιαίτερα τις εξής πρακτικές οδηγίες (§ 4.6):
 - Αρ. 1. Κατά τον καθαρισμό του πυροκόπτη.
 - Αρ. 2. Για την επισκευή του πυροκόπτη.
 - Αρ. 6 και 8. Πώς να μη συμπαρασύρεται η ακετόνη της φιάλης ασετυλίνης.

9.5 Οξυγονοκοπή με εμφύσηση σκόνης σιδήρου.

Όπως αναφέραμε (§ 9.2) τα μη σιδηρούχα μέταλλα δεν κόβονται με τη συνηθισμένη μέθοδο της οξυγονοκοπής. Αυτό συμβαίνει γιατί τα μέταλλα αυτά έχουν σημείο τήξεως κατώτερο από το σημείο καύσεώς τους. Συνεπώς η κοπή τους δεν γίνεται με καύση του μετάλλου στη θέση της τομής αλλά με τήξη του.

Όπως είδαμε, η καύση όχι μόνο διευκολύνει την κοπή, όταν εκτελείται σε μικρότερη θερμοκρασία από την τήξη, αλλά προσδίνει και σημαντικό ποσό θερμότητας, γιατί η αντίδραση είναι εξώθερμη. Την θερμότητα αυτή αναπληρώνουμε στην οξυγονοκοπή χυτοσιδήρου, όπως είδαμε στην § 9.4(15), με την παράλληλη καύση σύρματος ή λάμας σιδήρου.

Στην οξυγονοκοπή με εμφύσηση σκόνης σιδήρου, για να διευκολύνουμε την τήξη του μετάλλου εκσφενδονίζουμε στη θέση κοπής, με τη βοήθεια πεπιεσμένου αέρα, σκόνη που το κύριο συστατικό της είναι ο σίδηρος. Η σκόνη καίγεται στο σημείο κοπής και από τη θερμότητα που αναπτύσσεται διευκολύνεται η τήξη του μετάλλου. Κατά τα άλλα η μέθοδος είναι ίδια με τη συνηθισμένη οξυγονοκοπή.



Σχ. 9.5.

Σχηματική παράσταση οξυγονοκοπής με εμφύσηση σκόνης σιδήρου.

Στο σχήμα 9.5 παριστάνεται η μέθοδος οξυγονοκοπής με εμφύσηση σκόνης.

Κατά τη μέθοδο αυτή η τομή δεν έχει τόσο καθαρά άκρα, όσο έχει κατά την οξυγονοκοπή με καύση. Χρησιμοποιείται όμως η μέθοδος με εμφύσηση γιατί με αυτή είναι δυνατός ο γρήγορος διαχωρισμός των μετάλλων στα οποία δεν εφαρμόζεται η οξυγονοκοπή με καύση.

9.6 Κοπή μετάλλων με ηλεκτρικό τόξο.

Η τήξη στη θέση της τομής, δηλαδή η κοπή των μετάλλων, μπορεί να γίνει και με τη θερμότητα που δημιουργείται από το ηλεκτρικό τόξο.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ιδιαίτερα όταν το μέταλλο δεν κόβεται με καύση αλλά με τήξη, όπως ο χαλκός, ο χυτοσίδηρος κ.ά.

Επειδή η κοπή γίνεται με τήξη, η επιφάνεια των άκρων της τομής είναι ανώμαλη και όχι καθαρή.

Εδώ χρησιμοποιείται ρεύμα μεγάλης εντάσεως (200 A και πάνω). Ανάλογα και με το πάχος του ελάσματος, απαιτείται κατάλληλη μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως ή πολλές μηχανές συνδεδεμένες παράλληλα, οι οποίες να παρέχουν ρεύμα της εντάσεως που απαιτείται. Για την κοπή προτιμούνται οι μηχανές ηλεκτροσυγκολλήσεως συνεχούς ρεύματος και το ηλεκτρόδιο συνδέεται στον αρνητικό πόλο, ώστε η θέρμανση του αντικειμένου να είναι μεγαλύτερη (§ 5.2).

Η κοπή μπορεί να γίνει με ηλεκτρόδιο άνθρακα ή με μεταλλικό ηλεκτρόδιο γυμνό ή επενδυμένο. Όταν χρησιμοποιείται ηλεκτρόδιο άνθρακα η τομή είναι πλατύτερη.

Επειδή κατά την κοπή διέρχεται από το ηλεκτρόδιο ρεύμα μεγάλης εντάσεως, αυτό φθείρεται γρήγορα. Για να μειωθεί το ποσοστό φθοράς ψύχομε το ηλεκτρόδιο κατά διαστήματα με νερό.

Η κοπή με ηλεκτρόδιο εφαρμόζεται ιδιαίτερα σε εργασίες κάτω από το νερό. Για το σκοπό αυτό έχουν κατασκευαστεί ειδικές συσκευές, που εργάζονται με ειδικά επενδυμένα ηλεκτρόδια.

Με τη μέθοδο κοπής με ηλεκτρικό τόξο κόβονται ελάσματα πάχους έως 60 mm. Η κοπή ενός μέτρου ελάσματος πάχους 50 mm διαρκεί περίπου 50 min.

9.7 Ηλεκτρική οξυγονοκοπή.

Κατά την οξυγονοκοπή η απαιτούμενη θερμότητα δίνεται, όπως είναι γνωστό, αρχικά μεν ολοκληρωτικά και κατόπιν κατά ένα μέρος από τη θερμαντική φλόγα που δημιουργείται από την καύση του οξυγόνου και της ασετυλίνης.

Κατά την ηλεκτρική οξυγονοκοπή η απαιτούμενη για τη θέρμανση θερμότητα παίρνεται από το ηλεκτρικό τόξο. Η τρύπα γίνεται με καύση των τεμαχίων από το καθαρό οξυγόνο που εμψυσάται. Χρησιμοποιούνται κοίλα ηλεκτρόδια εξωτερικής διαμέτρου 5-7 mm και εσωτερικής 1-3,5 mm. Τα ηλεκτρόδια αυτά συνδέονται με τη μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως καθώς και με το οξυγόνο, ώστε να

εμφυσάται αυτό από την εσωτερική τους τρύπα. Προτιμούνται και εδώ μηχανές συνεχούς ρεύματος και το ηλεκτρόδιο συνδέεται στον αρνητικό πόλο, ώστε η θέρμανση των αντικειμένων να είναι μεγαλύτερη (§ 5.2).

Η ταχύτητα κοπής με τη μέθοδο αυτή είναι περίπου διπλάσια από ότι κατά τη συνηθισμένη οξυγονοκοπή, ενώ η κατανάλωση οξυγόνου $1/2 - 3/4$ από ότι απαιτείται στη συνηθισμένη οξυγονοκοπή.

Η τομή είναι καλύτερη από την τομή με ηλεκτρικό τόξο, δηλαδή δίνει καθαρότερα άκρα. Δεν είναι όμως τόσο ομαλή, όπως στη συνηθισμένη οξυγονοκοπή.

Η μέθοδος αυτή χρησιμοποιείται ιδιαίτερα για την κοπή παλαιοσιδήρων ως οικονομικότερη από τη μέθοδο με ηλεκτρικό τόξο.

Με τη μέθοδο αυτή κόβονται και μη σιδηρούχα μέταλλα, όπως χαλκός, ορείχαλκος, μπρούντζος, αλουμίνιο κ.ά.

9.8 Στοιχεία κόστους οξυγονοκοπής.

Για να υπολογιστεί το κόστος της οξυγονοκολλήσεως ενός τεμαχίου ορισμένου πάχους, πρέπει να καθορισθούν η ταχύτητα κοπής και η κατανάλωση των αερίων οξυγόνου και ασετυλίνης. Στην οξυγονοκοπή, όπως είναι γνωστό, το οξυγόνο χρησιμοποιείται εκτός από τα άλλα και για την οξείδωση του τεμαχίου. Γι' αυτό η κατανάλωση οξυγόνου είναι πολύ μεγαλύτερη από την κατανάλωση ασετυλίνης.

Από μετρήσεις έχουν προκύψει τα στοιχεία του πίνακα 9.8.1.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του πίνακα, για ελάσματα πάχους 10 mm απαιτείται πίεση οξυγόνου 2,5 atü, η κατανάλωση των αερίων είναι 1,66 m²/h για το οξυγόνο και 0,33 m²/h για την ασετυλίνη και η ταχύτητα κοπής 400-600 mm/min.

Συνήθως όμως για τον υπολογισμό του κόστους εργασίας δεν δίνεται ο χρόνος της εργασίας, αλλά το μήκος κοπής. Για να χρησιμοποιήσουμε λοιπόν τα στοιχεία καταναλώσεως αερίων του πίνακα 9.8.1 πρέπει από το επιθυμητό μήκος και την ταχύτητα κοπής που μας δίνει ο πίνακας, να υπολογίσουμε το χρόνο εργασίας και από αυτόν την κατανάλωση των αερίων.

Στο διάγραμμα του σχήματος 9.8 δίνεται η κατανάλωση σε λίτρα (l), η πίεση του οξυγόνου σε ατμόσφαιρες (atü) και ο χρόνος κοπής σε πρώτα λεπτά (min) για οξυγονοκοπή ελάσματος μήκους 1 m.

Σύμφωνα με τα στοιχεία του διαγράμματος για την οξυγονοκοπή ελάσματος μήκους 1 m και πάχους 80 mm απαιτούνται:

Χρόνος εργασίας 4,8 πρώτα λεπτά (min)

ΠΙΝΑΚΑΣ 9.8.1

**Πίεση οξυγόνου, κατανάλωση αερίων και ταχύτητα κοπής
για την οξυγονοκοπή μαλακών χαλύβων**

Πάχος ελάσματος mm	Πίεση οξυγόνου atü	Κατανάλωση οξυγόνου m ³ /h	Κατανάλωση ασετυλίνης m ³ /h	Ταχύτητα κοπής mm/min
3 5 8 10	2 2 2 2,5	1,22 1,29 1,4 1,66	0,08 0,15 0,26 0,33	400-600
15 20 30	2,5 3 4	2,53 2,88 3,49	0,39 0,41 0,43	300-500
40 50	4 4,5	4,46 4,48	0,46 0,49	250-400
60 80	5 5,25	8,66 9,09	0,56 0,64	180-300
100 150	5,5 6,0	12,97 14,03	0,67 0,73	120-200
200 250 300	6,5 7,0 7,5	19,41 20,87 22,38	0,81 0,87 0,98	150-200

Ασετυλίνη 55 λίτρα (l)

Οξυγόνο 700 λίτρα (l)

Πίεση οξυγόνου κοπής 5,25 ατμόσφαιρες (atü)

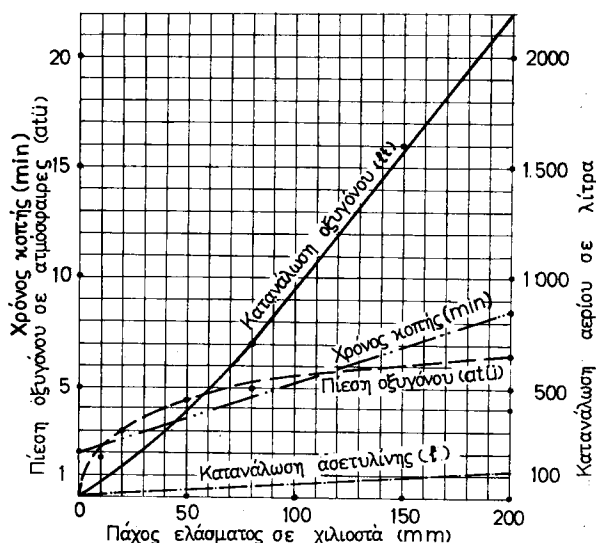
Επίσης για κοπή ελάσματος μήκους 1 μέτρου και πάχους 150 mm απαιτούνται:

Χρόνος εργασίας 6,9 πρώτα λεπτά (min)

Ασετυλίνη 85 λίτρα (l)

Οξυγόνο 1600 λίτρα (l)

Πίεση οξυγόνου κοπής 6 ατμόσφαιρες (atü).



Σχ. 9.8.

Διάγραμμα υπολογισμού στοιχείων κόστους οξυγονοκοπής για τεμάχιο μήκους 1 μέτρου.

9.9 Ερωτήσεις.

- 1) Σε ποια αρχή στηρίζεται η οξυγονοκοπή;
- 2) Γιατί στην οξυγονοκοπή κόβεται εύκολα ο χάλυβας σε αντίθεση προς τον χυτοσίδηρο;
- 3) Ποιο είναι το έργο του ακροφυσίου θερμάνσεως κατά την οξυγονοκοπή;
- 4) Αναφέρετε ορισμένες εργασίες που είναι δυνατό να γίνουν με οξυγονοκοπή.
- 5) Πώς κόβονται ο χυτοσίδηρος και τα μη σιδηρούχα μέταλλα με την οξυγονοκοπή;
- 6) Σε ποια αρχή στηρίζεται η κοπή των μετάλλων με το ηλεκτρικό τόξο; Να συγκρίνεις τη μέθοδο αυτή με την οξυγονοκοπή.
- 7) Τι είναι ηλεκτρική οξυγονοκοπή;
- 8) Να περιγράψεις τις διαδοχικές εργασίες που πρέπει να γίνουν κατά το άναμμα και το σθήςιμο του πυροκόπτη.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10

ΕΛΕΓΧΟΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

10.1 Γενικά.

Όπως είναι γνωστό, η συγκόλληση είναι μέθοδος συνδέσεως μετάλλων που έχει μεγάλη χρήση. Στη διάδοση των συγκολλήσεων, εκτός των άλλων, συνετέλεσαν η ανάπτυξη και η απλοποίηση των μεθόδων και των μέσων ελέγχου τους. Ο έλεγχος είναι αναγκαίος γιατί η ραφή συγκολλήσεως μεταφέρει τις περισσότερες φορές δυνάμεις από το ένα τεμάχιο στο άλλο (ατμολέβητες, γέφυρες κλπ.). Αυτή ακριβώς η ικανότητα της ραφής πρέπει να ελέγχεται.

Με τον έλεγχο επιθυμούμε πρώτο να προσδιορίσουμε την ποιότητα της συγκολλήσεως και δεύτερο να προσδιορίσουμε το είδος και τη θέση των τυχών σφαλμάτων, ώστε να τα διορθώσουμε. Η ποιότητα της συγκολλήσεως, εφόσον ακολουθείται η σωστή μέθοδος, εξαρτάται κυρίως από την ποιότητα και την καταλληλότητα της μηχανής, την ικανότητα του τεχνίτη και τέλος από την ποιότητα του υλικού των προς συγκόλληση τεμαχίων και την καταλληλότητα του ηλεκτροδίου ή της κολλήσεως. Η καλή συγκόλληση δεν έχει ρωγμές και πόρους αέρα ή σκουριές στη ραφή. Γενικά το υλικό στη θέση συνδέσεως παρουσιάζει τις ίδιες ιδιότητες με οποιαδήποτε άλλη θέση των συνδεομένων τεμαχίων.

Για τον έλεγχο των συγκολλήσεων, ιδίως όταν από τη στερεότητά τους προκύπτουν θέματα ασφάλειας, υπάρχουν ειδικοί κανονισμοί. Με αυτούς καθορίζεται το είδος του ελέγχου, που πρέπει να γίνει πριν χρησιμοποιηθούν τα τεμάχια. Π.χ. οι κανονισμοί κατασκευής ηλεκτροσυγκολλητών λεβήτων καθορίζουν πώς θα ελεγχθούν σημείο προς σημείο οι ραφές ηλεκτροσυγκολλήσεως. Τα αποτελέσματα των ελέγχων διαφυλάσσονται σε σχετικά αρχεία από τα εργοστάσια κατασκευής των συγκολλητών κατασκευών.

Οι μέθοδοι ελέγχου των συγκολλήσεων διακρίνονται σε δύο κατηγορίες: Στην πρώτη για τον έλεγχο απαιτείται η καταστροφή της ραφής συγκολλήσεως ενώ στη δεύτερη δεν απαιτείται.

10.2 Έλεγχος με καταστροφή της ραφής συγκολλήσεως.

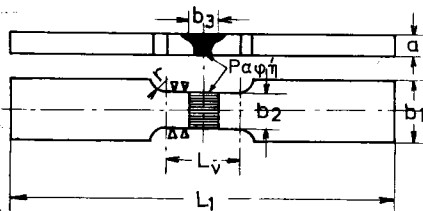
Διακρίνεται επιμέρους σε έλεγχο αντοχής και σε μεταλλουργικό έλεγχο. Ο έλεγχος αντοχής περιλαμβάνει τις γνωστές δοκιμασίες της αντοχής των υλικών, δηλαδή κυρίως δοκιμές εφελκυσμού, κάμψεως και κρούσεως. Οι μεταλλουργικοί έλεγχοι βασίζονται στις μεθόδους της μεταλλογνωσίας.

α) Δοκιμή εφελκυσμού.

Κατά τη δοκιμή εφελκυσμού προσδιορίζεται η αντοχή της συγκολλήσεως σε εφελκυσμό. Γι' αυτό κόβονται δοκίμια, όπως ακριβώς κατά τη δοκιμή των μετάλλων σε εφελκυσμό, τα οποία να έχουν στο μέσο τη ραφή συγκολλήσεως.

Στο σχήμα 10.2α φαίνεται ο τύπος των δοκιμών κατά τους γερμανικούς κανονισμούς δοκιμής. Οι διαστάσεις των δοκιμών είναι ανάλογες με το πάχος του ελάσματος και δίνονται στον πίνακα 10.2.1.

- a = Πάχος ελάσματος
- b_1 = Πλάτος κεφαλής δοκιμίου
- b_2 = Πλάτος δοκιμίου
- b_3 = Πλάτος ραφής στο πλατύτερο σημείο
- L_1 = Συνολικό μήκος δοκιμίου
- L_v = Μήκος δοκιμής
- r = Ακτίνα καμπυλώσεως



Σχ. 10.2α.

Δοκίμιο ραφής συγκολλήσεως σε εφελκυσμό.

Τα δοκίμια αυτά εφελκύνονται έως ότου σπάσουν σε μηχανή δοκιμής σε εφελκυσμό. Αφού σπάσουν, μετρούνται η τάση θραύσεως και οι σχετικές επιμηκύνσεις.

Αν P_σ είναι η τάση θραύσεως του δοκιμίου και $F_0 = a \cdot b_2$ (σχ. 10.2α) η διατομή της ραφής συγκολλήσεως, τότε η τάση θραύσεως της συγκολλήσεως σε εφελκυσμό ρ υπολογίζεται από τη σχέση:

$$\rho = \frac{P_\sigma}{F_0}$$

Αν η P_σ εκφράζεται σε χιλιόγραμμα (kg) και η διατομή σε τετραγωνικά χιλιοστά (mm^2), η τάση θραύσεως δίνεται σε χιλιόγραμμα ανά τετραγωνικό χιλιοστό (kgfmm^2).

ΠΙΝΑΚΑΣ 10.2.1
Διαστάσεις δοκιμών εφελκυσμού (mm)

Πάχος ελάσματος	a	έως 10	Από 10-20	Από 20-35	Πάνω από 35
Συνολικό μήκος δοκιμών	L_1	250	250	300	350
Μήκος δοκιμής	L_v	$b_2 + (0-5) a$			
Πάχος κεφαλής δοκιμών	b_1	30	30	35	40
Πλάτος δοκιμίου	b_2	15	20	25	30
Ακτίνα καμπυλώσεως	r	10	15	20	20

Η τάση θραύσεως είναι χαρακτηριστικό της συγκολλήσεως. Όσο μεγαλύτερη τιμή έχει η τάση θραύσεως, τόσο μεγαλύτερη αντοχή σε εφελκυσμό έχει η ραφή συγκολλήσεως.

Ένα άλλο μέγεθος που μετρά την αντοχή της συγκολλήσεως σε εφελκυσμό είναι ο **συντελεστής εξασθενήσεως**. Ως γνωστό με τη συγκόλληση επιτυγχάνεται η σύνδεση δύο τεμαχίων. Η σύνδεση αυτή είναι τόσο ισχυρότερη, όσο καλύτερη είναι η ραφή (κατάλληλο υλικό ηλεκτροδίου ή κολλήσεως, ραφή χωρίς οξειδία και πόρους κλπ.). Το πόσο ισχυρή είναι η σύνδεση των τεμαχίων μετρείται από το **συντελεστή εξασθενήσεως**. Συντελεστής εξασθενήσεως u είναι ο λόγος της δυνάμεως θραύσεως του συγκολλημένου τεμαχίου P_σ προς τη δύναμη θραύσεως ενός όμοιου πλήρους τεμαχίου από το ίδιο υλικό χωρίς ραφή P_μ :

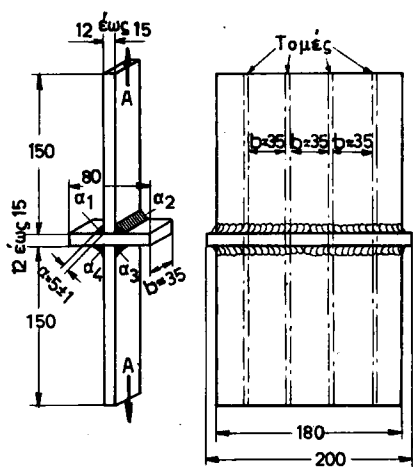
$$u = \frac{P_\sigma}{P_\mu}$$

Ο συντελεστής u είναι μικρότερος από τη μονάδα και κυμαίνεται μεταξύ 0,6 και 0,9.

Η πιο πάνω δοκιμή εφελκυσμού χρησιμεύει για τον έλεγχο εσωραφών ή βυθισμένων ραφών.

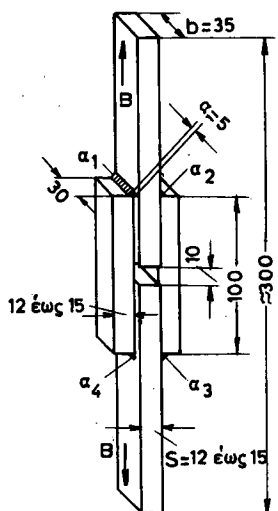
Για τις εξωραφές ή ραφές σε γωνία χρησιμοποιούνται δοκίμια μορφής σταυρού (σχ. 10.26) ή δοκίμια με ελάσματα σε επικάλυψη (σχ. 10.2γ)

Τα δοκίμια σταυρού κατασκευάζονται ως εξής: Λαμβάνομε δύο



Σχ. 10.26.

Δοκίμια μορφής σταυρού
για τον έλεγχο εξωραφών.



Σχ. 10.2γ.

Δοκίμιο με ελάσματα
σε επικάλυψη για τον
έλεγχο εξωραφών.

ελάσματα πλάτους 18 mm και μήκους 150 mm και ένα έλασμα πλάτους 200 mm και μήκους 80 mm και τα συγκολλούμε, όπως δείχνει το σχήμα 10.26. Κατόπιν με πριόνι αποκόπτομε από αυτά τρία δοκίμια πλάτους 35 mm το καθένα. Αυτά δοκιμάζονται σε μηχανή εφελκυσμού κατά τη διεύθυνση Α-Α.

Και τα δοκίμια με ελάσματα σε επικάλυψη (σχ. 10.2γ) κατασκευάζονται από ταινίες κι έχουν πλάτος 35 mm όπως και τα δοκίμια σταυρού. Δοκιμάζονται και αυτά σε μηχανές εφελκυσμού κατά τη διεύθυνση Β-Β (σχ. 10.2γ).

Στα σχήματα 10.26 και 10.2γ φαίνεται επίσης πώς μετριέται το πάχος των εξωραφών ως το ύψος του ορθογωνίου ισοσκελούς τριγώνου της διατομής της ραφής.

Η τάση θραύσεως ρ υπολογίζεται πάλι από τη σχέση:

$$\rho = \frac{P_{\sigma}}{F_0}$$

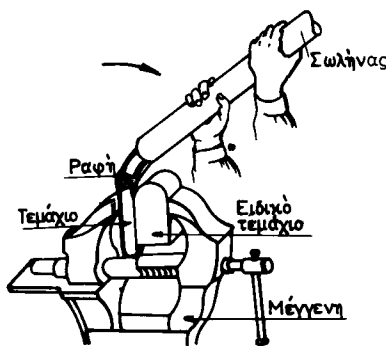
όπου: P_{σ} η δύναμη με την οποία θα θραυσθεί το δοκίμιο
 F_0 η διατομή της συγκολλήσεως ($F_0 = a \times L$)
 L το συνολικό μήκος της συγκολλήσεως και

α το πάχος της ραφής.

Από τη μορφή των δοκιμών και της διευθύνσεως που επιδρούν οι δυνάμεις θραύσεώς τους, προκύπτει ότι η καταπόνηση των εξωραφών είναι μία μικτή καταπόνηση εφελκυσμού και διατμήσεως.

β) Δοκιμή αντοχής σε κάμψη.

Εδώ προσδιορίζεται η αντοχή της συγκολλήσεως σε κάμψη. Η αντοχή σε κάμψη δοκιμάζεται πρόχειρα στη μέγγενη (συνδήτητορα) (σχ. 10.25). Το τεμάχιο προσδένεται στη μέγγενη μαζί με ειδικό τεμάχιο, ώστε η κάμψη να είναι ομαλή. Η θέση προσδέσεως καθορίζεται έτσι, ώστε η καταπόνηση να εφαρμόζεται στη ραφή. Για την επιβολή της δυνάμεως χρησιμοποιείται σωλήνας. Με αυτόν αυξάνεται ο βραχίονας του μοχλού και διευκολύνεται η εφαρμογή της δυνάμεως.



Σχ. 10.25.
Πρόχειρη δοκιμή κάμψεως.

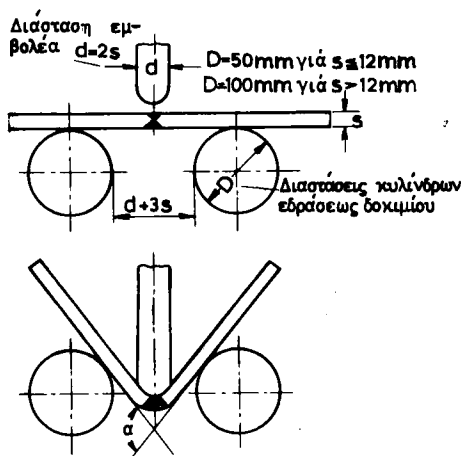
Στο εργαστήριο γίνεται συνήθως η δοκιμή αναδιπλώσεως. Κατ' αυτήν το δοκίμιο τοποθετείται πάνω σε δύο κυλίνδρους και παραμορφώνεται με εμβολέα που κινείται με το μηχανισμό της μηχανής (σχ. 10.2ε).

Η γωνία α κατά την οποία θα εμφανισθούν ρωγμές (σχ. 10.2ε), είναι μέτρο της αντοχής της συγκολλήσεως σε κάμψη. Η διάσταση του εμβολέα d , η διάσταση των κυλίνδρων D και η απόσταση των κυλίνδρων καθορίζεται ανάλογα με το πάχος του ελάσματος. Κατά τη δοκιμή σε αναδίπλωση το πλατύτερο μέρος της ραφής πρέπει να είναι προς τα κάτω όπως φαίνεται στο σχήμα 10.2ε.

γ) Δοκιμή κρούσεως.

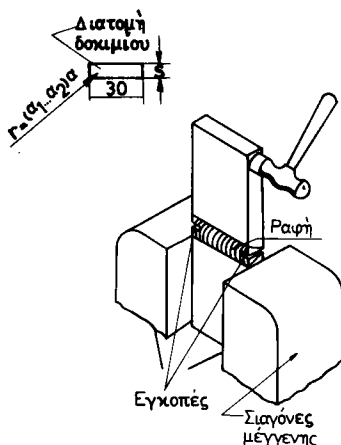
Η δοκιμή κρούσεως γίνεται πρόχειρα στη μέγγενη (συνδήτητορα)

(σχ. 10.2στ). Εδώ το δοκίμιο έχει μεγαλύτερες διαστάσεις από ό,τι κατά τη δοκιμή σε μηχανή δοκιμής σε κρούση και έχει εγχοπές και από τις δύο πλευρές. Ως μέσο επιβολής της κρουστικής δύναμews χρησιμοποιείται βαρύ σφυρί. Στη συνέχεια εκτιμάται η αντίσταση του τεμαχίου σε θραύση.



Σχ. 10.2ε.

Σχηματική παράσταση δοκιμής αναδιπλώσεως.



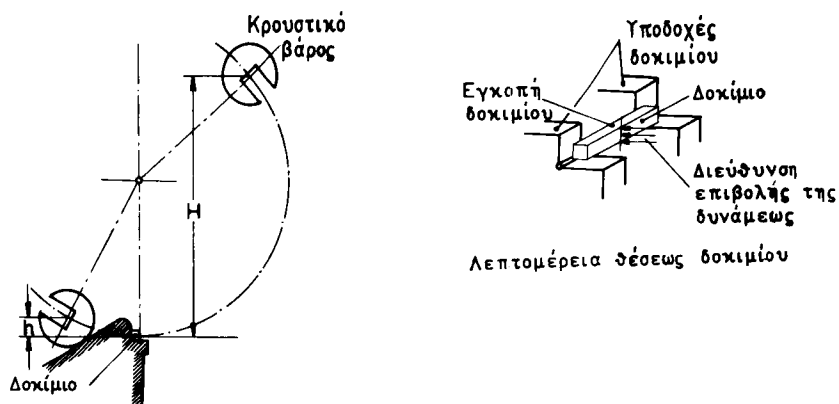
Σχ. 10.2στ.

Πρόχειρη δοκιμή κρούσεως σε συνδῆκτορα.

Για τη δοκιμή κρούσεως σε μηχανή δοκιμής αποκóπτονται από το τεμάχιο δοκίμια μήκους 55 mm και τετράγωνης διατομής 10 × 10 mm. Τα δοκίμια αυτά λαμβάνονται από διάφορες θέσεις, ώστε να προσδιορισθεί η αντοχή της ραφής σε διαφορετικά σημεία μέσα στη ραφή, καθώς και στις θέσεις που συνδέεται η ραφή με τα τεμάχια. Κατόπιν χαράσσεται εγκοπή βάθους 3 mm στη θέση ελέγχου, που βρίσκεται στο μέσο του δοκιμίου. Οι μορφές των εγκοπών των δοκιμίων φαίνονται στο σχήμα 10.2η. Στο σχήμα 10.2θ φαίνεται ο τρόπος με τον οποίο λαμβάνονται τα δοκίμια.

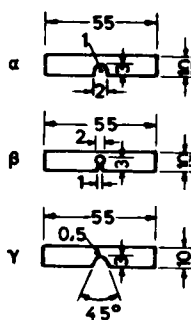
Αφού χαραχθεί η εγκοπή, το δοκίμιο τοποθετείται σε ειδική μηχανή δοκιμής σε κρούση. Στη μηχανή το δοκίμιο τοποθετείται, ώστε να δέχεται την κρουστική δύναμη όχι από την πλευρά που έχει την εγκοπή, αλλά από την απέναντί της (σχ. 10.2ζ). Κατόπιν το κρουστικό βάρος Β της μηχανής αφήνεται από ύψος Η και κατερχόμενο με ταχύτητα σπάει το δοκίμιο. Αφού σπάσει, το βάρος ανέρχεται κατά ύψος h.

Εφόσον τώρα το ύψος Η διατηρείται σταθερό κατά τις διάφορες



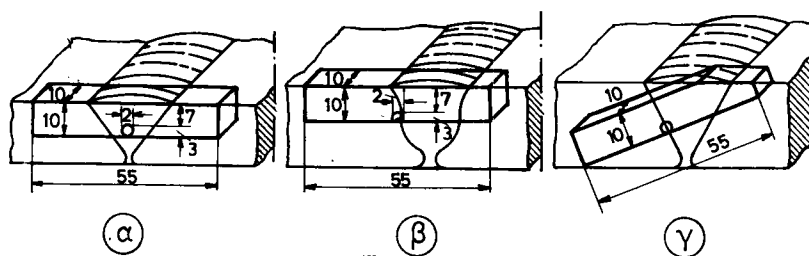
Σχ. 10.2ζ.

Σχηματική παράσταση μηχανής δοκιμής σε κρούση.



Σχ. 10.2η.

Διάφορες μορφές εγκοπών
σε δοκίμια δοκιμής σε κρούση.



Σχ. 10.2θ.

Διάφοροι τρόποι λήψεως δοκιμίων για τη δοκιμή σε κρούση.

δοκιμές, το ύψος ή μετρά την αντοχή σε κρούση του δοκιμίου στη θέση της εγκοπής.

δ) Μεταλλουργικοί έλεγχοι.

Οι συνδέσεις των μετάλλων με συγκολλήσεις ελέγχονται επίσης σε ειδικά εργαστήρια με τις μεθόδους που διδάσκει η επιστήμη της μεταλλογνωσίας. Για τον έλεγχο αυτό λαμβάνονται δοκίμια, τα οποία περιέχουν σε τομή τη συγκόλληση.

Αυτά κατεργάζονται στην επιφάνειά τους με διαδοχικές λειάνσεις και κατόπιν τίθενται σε μικροσκόπιο, όπου παρατηρούνται, η υφή 'του μετάλλου στη ραφή, στις θέσεις συνδέσεως της ραφής και του τεμαχίου, καθώς και σε θέσεις του τεμαχίου κοντά στη ραφή.

Οι μεταλλουργικές μέθοδοι δοκιμών απαιτούν ειδικές γνώσεις και στο βιβλίο αυτό δεν θα μας απασχολήσουν περισσότερο.

10.3 Έλεγχος χωρίς καταστροφή της ραφής συγκολλήσεως.

Για τον έλεγχο των ραφών συγκολλήσεως χρησιμοποιούνται επίσης μέθοδοι κατά τις οποίες δεν καταστρέφεται η ραφή. Οι μέθοδοι αυτές έχουν μεγάλη σημασία για τις εφαρμογές γιατί με αυτές ελέγχεται η ραφή, η οποία θα δεχθεί την καταπόνηση και όχι δείγμα όμοιας ραφής, όπως γίνεται στις δοκιμές καταστροφής δοκιμών που αναφέραμε.

Οι πιο γνωστές μέθοδοι ελέγχου των συγκολλήσεων χωρίς καταστροφή της ραφής περιγράφονται πιο κάτω.

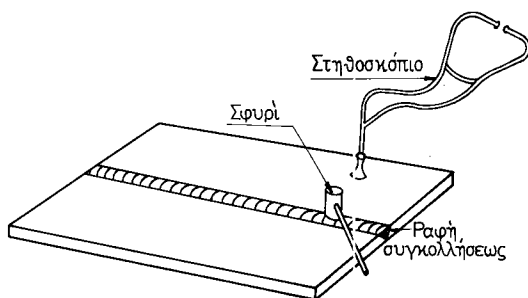
α) Οπτικός έλεγχος.

Κατ' αυτόν ελέγχεται η ραφή συγκολλήσεως οπτικά στην εξωτερική μορφή της και εξαγονται συμπεράσματα για την ποιότητα της συγκολλήσεως. Η μέθοδος αυτή απαιτεί πεπειραμένο ελεγκτή και δεν παρέχει πάντοτε ασφαλή αποτελέσματα. Πολλές φορές όμως ο οπτικός έλεγχος είναι αρκετός.

Για πιο ακριβή παρατήρηση χρησιμοποιούν μεγεθυντικούς φακούς, οπότε διακρίνονται καλύτερα τυχόν επιφανειακά σφάλματα ή ατέλειες, τα οποία πιθανόν αντιστοιχούν σε εσωτερικά σφάλματα της ραφής συγκολλήσεως.

β) Έλεγχος με ηχητικά κύματα.

Κατ' αυτόν κτυπούμε με μικρό σφυρί σε διάφορα σημεία της ραφής, ενώ ταυτόχρονα με στηθοσκόπιο, του οποίου το ακουστικό εφάπτεται στο έλασμα, ακούμε τα ηχητικά κύματα που δημιουργούνται (σχ. 10.3α). Το είδος του ήχου χαρακτηρίζει την ποιότητα της



Σχ. 10.3α.

Έλεγχος συγκολλήσεως με ηχητικά κύματα.

ραφής. Δηλαδή άλλος ήχος ακούγεται όταν η ραφή είναι καλή και πλήρης, και άλλος, όταν στη μάζα της υπάρχουν πόροι, ρωγμές ή ξένα αντικείμενα.

Η δοκιμασία απαιτεί πεπειραμένο ελεγκτή και δεν παρέχει αντικειμενικά αποτελέσματα. Γι' αυτό δεν συμπεριλαμβάνεται συνήθως σε προδιαγραφές ελέγχου συγκολλήσεων.

γ) Έλεγχος στεγανότητας.

Κατ' αυτόν ελέγχεται η στεγανότητα δοχείων διαφόρων ειδών για υγρά και αέρια, π.χ. φιάλες υδραερίων, τα οποία κατασκευάζονται με συγκόλληση.

Ο έλεγχος γίνεται ως εξής: Γεμίζουμε το δοχείο με λεπτόρρευστο υγρό (συνήθως πετρέλαιο) και ελέγχουμε αν το υγρό αυτό διέρχεται από τη ραφή συγκολλήσεως. Στην εξωτερική πλευρά του δοχείου χρωματίζουμε τη ραφή με κιμωλία, ώστε να φανούν καλύτερα τα τυχόν σημεία διαρροής.

Αντί για λεπτόρρευστο υγρό είναι δυνατόν να χρησιμοποιήσουμε με πίεση αέρα ή και άλλα υγρά. Η δοκιμή με πίεση εφαρμόζεται μόνο σε δοχεία που κλείνουν αεροστεγώς. Εφόσον αυτό είναι δυνατό προτιμάται η δοκιμή με πίεση παρά η συνηθισμένη με λεπτόρρευστο υγρό, γιατί έτσι βρίσκονται ευκολότερα τα τυχόν σημεία διαρροής.

Η δοκιμή στεγανότητας με πίεση εφαρμόζεται στις περιπτώσεις που τα δοχεία προορίζονται για την αποθήκευση συμπιεσμένων υγρών ή αερίων, π.χ. πιεστικά δοχεία νερού, φιάλες υγραερίων, λέβητες κλπ. Στις περιπτώσεις αυτές η πίεση δοκιμής είναι πολύ μεγαλύτερη από την πίεση κανονικής λειτουργίας και αναγράφεται συνήθως πάνω στο δοκιμαζόμενο δοχείο.

δ) Έλεγχος σκληρότητας.

Με αυτόν μετρούμε τη σκληρότητα της ραφής με τις γνωστές

μεθόδους σκληρομετρήσεως Brinell, Rockwell κ.ά. Ο έλεγχος με σκληρομέτρηση εφαρμόζεται στις περιπτώσεις όπου επιθυμούμε συγκόλληση αντοχής, γιατί όπως γνωρίζουμε από την Αντοχή Υλικών, η σκληρότητα είναι αντίστοιχη προς την αντοχή ενός μετάλλου. Σε ορισμένες μάλιστα περιπτώσεις η σκληρότητα κατά Brinell είναι ανάλογη με την αντοχή της ραφής σε εφελκυσμό.

Έτσι για ανθρακοχάλυβα αντοχής 30-100 kg/mm²:

$$\sigma_{\Theta} = 0,34 H_{\Theta}$$

για χρωμοχάλυβες αντοχής 65-100 kg/mm²:

$$\sigma_{\Theta} = 0,36 H_{\Theta}$$

όπου: σ_{Θ} η τάση θραύσεως της ραφής σε εφελκυσμό σε kg/mm² και H_{Θ} η σκληρότητα της ραφής κατά Brinell kg/mm².

Για τον προσδιορισμό της σκληρότητας κατά τη μέθοδο Brinell μετριέται η διείσδυση μικρής σκληρής σφαίρας μέσα στη ραφή, όταν πιέζεται αυτή με ορισμένη δύναμη. Κατά τη μέθοδο Rockwell μετριέται η σκληρότητα της ραφής από το πόσο διεισδύει μέσα σ' αυτή ειδικός μικρός κώνος κάτω από την ενέργεια πίεσεως.

Η μέτρηση της σκληρότητας σε μικρά αντικείμενα είναι εύκολη, γιατί αυτά μπορεί να τοποθετηθούν στο όργανο σκληρομετρήσεως. Η μέτρηση όμως της σκληρότητας μεγάλων αντικειμένων είναι γενικά δύσκολη.

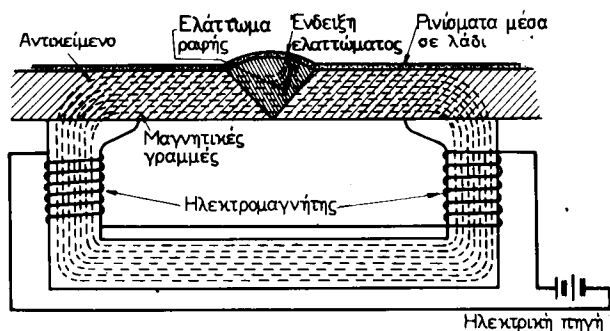
ε) Έλεγχος με ηλεκτρομαγνητικά κύματα.

Εδώ δημιουργούμε μαγνητικό πεδίο στη ραφή συγκολλησεως με τη βοήθεια φυσικού ή ηλεκτρικού μαγνήτη. Ο μαγνήτης αυτός αποτελεί το κύριο εξάρτημα συσκευής που κατασκευάζεται για να γίνονται έλεγχοι αυτού του είδους. Αν δεν υπάρχουν ελαττώματα μέσα στη ραφή, τότε το μαγνητικό πεδίο θα είναι ομοιόμορφο σε όλο το μήκος της ραφής που εξετάζουμε. Όταν όμως υπάρχουν ελαττώματα, όπως πόροι, ρωγμές, σκουριές, τότε οι μαγνητικές γραμμές δεν διέρχονται μέσω των ελαττωμάτων, αλλά τις παρακάμπτουν και το πεδίο καθίσταται ισχυρότερο στο σημείο όπου υπάρχουν ελαττώματα.

Για να εξακριβώσουμε σε ποιο ακριβώς σημείο έχουμε ενίσχυση του μαγνητικού πεδίου και συνεπώς ελαττώματα μέσα στη ραφή, στρώνουμε πάνω στη ραφή ρινίσματα σιδήρου. Αυτά με την επίδραση του μαγνητικού πεδίου συγκεντρώνονται στα σημεία που αυτό είναι ισχυρότερο. Στα σημεία αυτά η ραφή παρουσιάζει ελαττώματα. Όσο

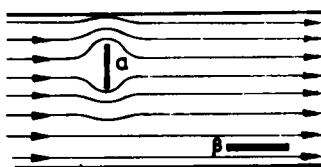
μάλιστα μεγαλύτερη είναι η έκταση των ελαττωμάτων σε ένα σημείο της ραφής, τόσο μεγαλύτερη ποσότητα ρινισμάτων συγκεντρώνεται εκεί.

Σε πολλές συσκευές ελέγχου με ηλεκτρομαγνητικά κύματα τα σιδηρομαγνητικά ρινίσματα βρίσκονται μέσα σε λάδι. Η ραφή τίθεται κάτω από την ενέργεια του μαγνητικού πεδίου και κατόπιν περιλούεται με το λάδι, που περιέχει τα ρινίσματα του σιδήρου (σχ. 10.36). Όπου το μαγνητικό πεδίο είναι ισχυρό, εκεί συγκεντρώνονται τα ρινίσματα και έτσι προσδιορίζεται το σημείο που υπάρχουν ελαττώματα.



Σχ. 10.36.

Έλεγχος με ηλεκτρομαγνητικά κύματα.



Σχ. 10.3γ.

Ροή μαγνητικών γραμμών από αντικείμενο.

Στο σχήμα 10.3γ φαίνεται η ροή των μαγνητικών γραμμών σε αντικείμενο που έχει δύο ελαττώματα στη ραφή συγκολλησεως, το α και το β. Το μαγνητικό πεδίο του σχήματος θα ενισχυθεί μόνο κοντά στο ελάττωμα α, γιατί αυτό έχει διεύθυνση κάθετη προς τις μαγνητικές γραμμές και όχι κοντά στο ελάττωμα β, το οποίο έχει διεύθυνση παράλληλη προς τις μαγνητικές γραμμές. Αν λοιπόν ο έλεγχος γίνει μόνο κατά τη διεύθυνση αυτή, θα προσδιορισθεί μόνο

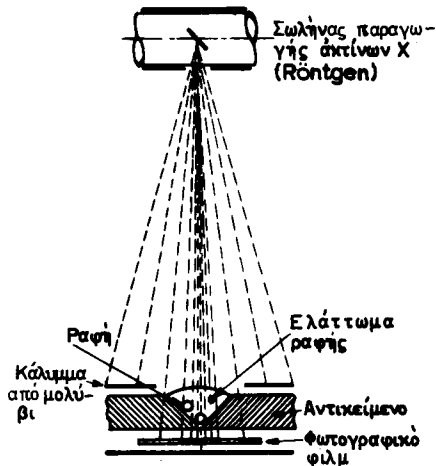
το ελάττωμα α και όχι το β. Το ελάττωμα β θα προσδιορισθεί όταν το μαγνητικό πεδίο δημιουργηθεί κατά μία άλλη (διαφορετική) διεύθυνση, καλύτερα μάλιστα κατά διεύθυνση κάθετη προς αυτό το ελάττωμα β. Είναι λοιπόν απαραίτητο για να προσδιορισθούν όλα τα ελαττώματα, ο έλεγχος με ηλεκτρομαγνητικά κύματα να γίνεται κατά δύο διαφορετικές διευθύνσεις αν είναι δυνατό κάθετες μεταξύ τους.

Πολλές φορές όμως ο έλεγχος κατά μια διεύθυνση μόνο, είναι αρκετός, γιατί τυχόν υπάρχοντα ελαττώματα παράλληλα προς την διεύθυνση των μαγνητικών γραμμών δεν επηρεάζουν την ποιότητα της ραφής. Αυτό συμβαίνει π.χ. όταν η ραφή καταπονείται σε εφελκυσμό κατά μια μόνο διεύθυνση, οπότε η δοκιμή κατά τη διεύθυνση αυτή είναι αρκετή.

στ) Έλεγχος με ακτίνες X (Röntgen).

Με αυτή τη μέθοδο εκμεταλλευόμαστε την ιδιότητα που έχουν οι ακτίνες X να διαπερνούν τα μέταλλα (εκτός από το μόλυβδο) και να προσβάλλουν τη φωτογραφική πλάκα.

Ο τρόπος λειτουργίας φαίνεται στο σχήμα 10.35. Οι ακτίνες X ξεκινούν από το σωλήνα παραγωγής, διαπερνούν τη ραφή και



Σχ. 10.35.

Έλεγχος ραφής συγκολλήσεως με ακτίνες X.

προσβάλλουν το φωτογραφικό φιλμ που βρίσκεται κάτω από τη ραφή. Πάνω στο μέταλλο τοποθετούμε κάλυμμα από μόλυβδο που αφήνει ακάλυπτη μόνο τη θέση ραφής. Επειδή ο μόλυβδος δεν

διαπερνάται από τις ακτίνες, αυτές προσβάλλουν μόνο τη ραφή. Αν στη ραφή συγκολλησέως υπάρχουν ελαττώματα, π.χ. πόροι, σκουριές, ρωγμές κ.ά., τότε οι ακτίνες, που διαπερνούν τα ελαττώματα αυτά, **αδυνατίζουν** και συνεπώς προσβάλλουν το φωτογραφικό φιλμ λιγότερο στην αντίστοιχη θέση. Έτσι, κατά την εμφάνιση του φιλμ, τα υπάρχοντα ελαττώματα είναι ορατά σαν λευκές κηλίδες. Ανάλογα με το πάχος της ραφής και το είδος του μετάλλου απαιτείται ακτινοβολία διαφορετικής εντάσεως.

Οι ακτίνες X χρησιμοποιούνται για πάχη σιδηρών ελασμάτων έως 110 mm. Εφόσον εξετάζονται ραφές με μεγαλύτερο πάχος, χρησιμοποιούνται άλλες ισχυρότερες ακτινοβολίες, όπως θα δούμε πιο κάτω.

ζ) Έλεγχος με ακτίνες γάμμα (γ).

Η μέθοδος αυτή είναι όμοια προς τη μέθοδο ελέγχου με ακτίνες X. Αντί όμως της ακτινοβολίας X, που παράγεται από σωλήνα Röntgen, χρησιμοποιείται κυψέλη, η οποία δίνει ακτίνες γ.

Οι ακτίνες γ έχουν μεγαλύτερη διαπερατότητα από τις ακτίνες X. Γι' αυτό χρησιμοποιούνται για πολύ παχιά ελάσματα (έως 200 mm).

Κατά τον έλεγχο με ακτίνες γ δεν χρειαζόμαστε ηλεκτρικό ρεύμα για την παραγωγή της ακτινοβολίας, όπως στις ακτίνες X, γιατί οι ακτίνες γ παράγονται από ραδιενεργή ουσία που βρίσκεται μέσα στην ειδικά ενισχυμένη κυψέλη.

Ο έλεγχος με τις ακτίνες X και γ δίνει αντικειμενικά και ασφαλή αποτελέσματα. Τα φιλμ που παίρνομε είναι δυνατό να εξετασθούν από πολλούς ανθρώπους και φυλάγονται σε αρχεία. Έτσι είναι δυνατό να ελεγχθεί η ποιότητα των ραφών διαφόρων παλιών κατασκευών οι οποίες μπορεί να μην βρίσκονται στη διάθεσή μας.

Οι ραφές συγκολλησέως ελέγχονται σε όλο το μήκος τους. Συνεπώς απαιτείται φωτογραφικό φιλμ ίσου τουλάχιστον μήκους προς το μήκος των ελεγχόμενων ραφών. Γι' αυτό οι μέθοδοι ελέγχου με ακτίνες X και γ είναι αρκετά δαπανηρές.

η) Έλεγχος με υπερηχητικά κύματα.

Κατά τη μέθοδο αυτή ηχητικό κύμα μεγάλου μήκους διασπείρεται στο μεταλλικό αντικείμενο, του οποίου θέλομε να ελέγξομε τη ραφή συγκολλησέως. Το κύμα ανακλάται σε κάθε πόρο ή ακαθαροσία που υπάρχει μέσα στη ραφή. Παρατηρώντας τον καθοδικό παλμογράφο του ανακλώμενου κύματος προσδιορίζεται ο αριθμός και οι θέσεις των τυχών ανωμαλιών.

10.4 Ερωτήσεις.

- 1) Γιατί επιβάλλεται ο έλεγχος των συγκολλήσεων;
 - 2) Ποιες κατηγορίες ελέγχου των συγκολλήσεων υπάρχουν;
 - 3) Πώς γίνεται η δοκιμή εφελκυσμού;
 - 4) Πώς γίνεται πρόχειρα η δοκιμή κάμψεως;
 - 5) Πώς γίνεται η δοκιμή κρούσεως;
 - 6) Πώς γίνεται ο έλεγχος με ηχητικά κύματα;
 - 7) Πώς γίνεται συνήθως ο έλεγχος στεγανότητας;
 - 8) Σε ποια αρχή βασίζεται ο έλεγχος των συγκολλήσεων με ηλεκτρομαγνητικά κύματα;
 - 9) Σε ποια αρχή βασίζονται οι έλεγχοι με ακτίνες Χ και ακτίνες γ;
-

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 11

ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΥΠΟΛΟΓΙΣΜΟΥ ΣΤΗΝ ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

11.1 Γενικά.

Όπως είπαμε στα προηγούμενα κεφάλαια, οι συνδέσεις τεμαχίων με συγκόλληση χρησιμοποιούνται και για να μεταφέρονται δυνάμεις από το ένα τεμάχιο στο άλλο. Απαιτείται λοιπόν στις περιπτώσεις αυτές να υπολογισθεί η αντοχή της συγκολλήσεως, δηλαδή να βρεθεί πόση δύναμη είναι δυνατό να μεταφέρει η ραφή της συγκολλήσεως ως αναπόσπαστο μέρος μιας μεγαλύτερης κατασκευής.

Ο υπολογισμός της αντοχής των συγκολλήσεων βασίζεται στη μελέτη της αντοχής των υλικών. Όπως δηλαδή κατά τον υπολογισμό σε αντοχή των μη συγκολλουμένων ολοκλήρων τεμαχίων, έτσι και στα συγκολλούμενα απαιτείται ο καθορισμός του είδους της καταπονήσεως. Κατόπιν υπολογίζεται η τάση που αναπτύσσεται και τέλος συγκρίνεται αυτή με τη τάση φορτίσεως που επιτρέπεται.

Δυσκολότερα προσδιορίζεται στις συγκολλήσεις το είδος της καταπονήσεως (εφελκυσμός, κάμψη κλπ.). Αυτό συμβαίνει γιατί τα διάφορα τεμάχια συνδέονται μεταξύ τους με σύνθετους τρόπους. Έτσι εμφανίζονται ταυτόχρονα περισσότερα από ένα είδη καταπονήσεως.

Εδώ θα εξετασθούν μερικές απλές περιπτώσεις υπολογισμού της αντοχής των συγκολλήσεων. Οι γνώσεις που παρέχονται εδώ συμπληρώνονται και από τις γνώσεις της αντοχής των υλικών και επαρκούν για τον υπολογισμό σε αντοχή των συνηθισμένων περιπτώσεων συγκολλήσεων.

11.2 Υπολογισμός της διατομής συγκολλήσεως.

Για τον υπολογισμό της τάσεως που αναπτύσσεται είναι απαραίτητος ο υπολογισμός της διατομής συγκολλήσεως. Η διατομή συγκολλήσεως F υπολογίζεται από τη σχέση:

$$F = a \cdot l$$

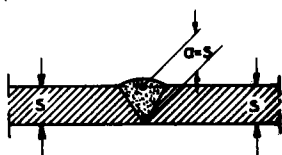
όπου: a το πάχος της ραφής και
 θ το μήκος της ραφής συγκολλήσεως.

Στις εσωραφές ή βυθισμένες ραφές (σχ. 11.2α) το πάχος της ραφής συγκολλήσεως a ισούται συνήθως με το πάχος s των συγκολλουμένων ελασμάτων. Στις εξωραφές ή ραφές σε γωνία το πάχος της ραφής a είναι το ύψος του εγγεγραμμένου στη διατομή συγκολλήσεως ισοσκελούς ορθογωνίου (σχ. 11.2β).

Για τον προσδιορισμό του μήκους της ραφής l δεχόμαστε ότι στα δύο άκρα και σε μήκος a ίσο προς το πάχος δεν μεταφέρονται δυνάμεις. Έτσι υπολογίζουμε το μήκος της ραφής συγκολλήσεως l από τη σχέση:

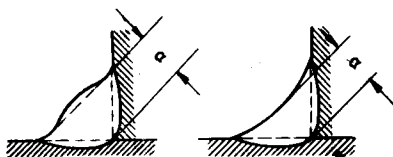
$$l = L - 2a$$

όπου L το πραγματικό μήκος της ραφής (σχ. 11.2γ).



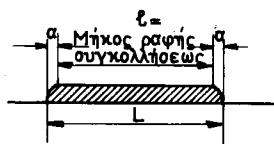
Σχ. 11.2α.

Πάχος ραφής συγκολλήσεως σε εσωραφή.



Σχ. 11.2β.

Πάχος ραφής συγκολλήσεως
σε εξωραφή.



Σχ. 11.2γ.

Μήκος ραφής συγκολλήσεως.

11.3 Επιτρεπόμενη τάση της ραφής συγκολλήσεως.

Η επιτρεπόμενη τάση της ραφής $\rho_{\text{επ}}$ εξαρτάται από το είδος της και το είδος της καταπονήσεως και είναι ανάλογη με την αντοχή των συγκολλουμένων τεμαχίων. Υποτίθεται βέβαια ότι το υλικό της ραφής δεν διαφέρει από το υλικό των τεμαχίων, δηλαδή ότι το ηλεκτρόδιο ή η κόλληση και τα τεμάχια είναι από το ίδιο υλικό (αυτογενής συγκόλληση).

Στον πίνακα 11.3.1 δίνεται η σχέση μεταξύ της επιτρεπόμενης τάσεως της ραφής $\rho_{\text{επ}}$ και της επιτρεπόμενης τάσεως των συγκολλημένων τεμαχίων $\sigma_{\text{επ}}$. Έτσι, για εσωραφή που καταπονείται σε διάτμηση η επιτρεπόμενη τάση $\rho_{\text{επ}}$ ισούται προς $0,65 \sigma_{\text{επ}}$.

ΠΙΝΑΚΑΣ 11.3.1

Είδος ραφής	Είδος καταπονήσεως	Επιτρεπόμενη τάση $\rho_{\text{επ}}$	$\rho_{\text{επ}}$ σε kg/cm ² για $\sigma_{\text{επ}}$	
			1200 kg/cm ²	1400 kg/cm ²
Εσωραφές ή βυθισμένες ραφές	Εφελκυσμός	$0,75 \sigma_{\text{επ}}$	900	1050
	Θλίψη	$0,85 \sigma_{\text{επ}}$	1020	1190
	Κάμψη	$0,80 \sigma_{\text{επ}}$	960	1120
	Διάτμηση, στρέψη	$0,65 \sigma_{\text{επ}}$	780	930
Εξωραφές ή ραφές σε γωνία	Για όλες τις καταπονήσεις	$0,65 \sigma_{\text{επ}}$	780	910

Στον πίνακα έχουν υπολογισθεί επίσης οι τάσεις $\rho_{\text{επ}}$ για τις τιμές $\sigma_{\text{επ}} = 1200 \text{ kg/cm}^2$ και $\sigma_{\text{επ}} = 1400 \text{ kg/cm}^2$ για τα διάφορα είδη ραφών και τις διάφορες καταπονήσεις.

Όταν στην ίδια διατομή έχουμε περισσότερα από ένα είδος καταπονήσεως, τότε δημιουργούνται και διάφορα είδη τάσεων με διαφορετικές διευθύνσεις. Στην περίπτωση αυτή αθροίζουμε γεωμετρικά τις τάσεις, όπως αθροίζουμε τις δυνάμεις.

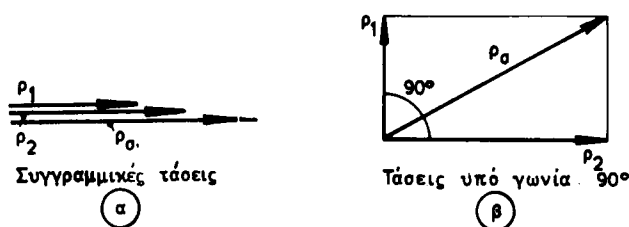
Στην πράξη οι τάσεις που θα πρέπει να αθροισθούν είναι συνήθως ή συγγραμμικές, δηλαδή έχουν την ίδια κατεύθυνση ή σχηματίζουν γωνία 90° .

Στην περίπτωση των συγγραμμικών τάσεων βρίσκουμε τη συνολική τάση ρ_σ , αφού αθροίσουμε αριθμητικά όλες τις επιμέρους τάσεις $\rho_\sigma = \rho_1 + \rho_2$ [σχ. 11.3α(α)].

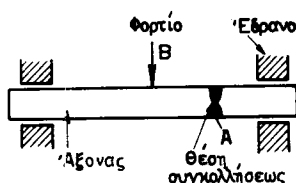
Αν οι τάσεις σχηματίζουν γωνία 90° , τότε η συνολική τάση ρ_σ βρίσκεται από τη σχέση [σχ. 11.3α(β)], που εύκολα αποδεικνύεται:

$$\rho_\sigma = \sqrt{\rho_1^2 + \rho_2^2}$$

Εδώ αναφέρουμε στατικές φορτίσεις των συγκολλήσεων. Υπάρχουν όμως, και ιδίως στις μηχανές, και άλλες περιπτώσεις καταπονήσεως, όπως η εναλλασσόμενη φόρτιση, η κρουστική φόρτιση κ.ά., οι οποίες ονομάζονται **δυναμικές φορτίσεις**.



Σχ. 11.3α.
Άθροισμα τάσεων.



Σχ. 11.3β.
Σχηματική παράσταση συγκολλημένου άξονα
με φορτίο στο μέσο.

Εναλλασσόμενη π.χ. είναι η φόρτιση της ραφής συγκολλήσεως άξονα που έχει συγκολληθεί, στο μέσο του οποίου στερεώνεται μια τροχαλία θάρους B (σχ. 11.3β).

Πράγματι η τάση σε κάθε σημείο της ραφής συγκολλήσεως του άξονα αλλάζει με συχνότητα ίση προς τις στροφές του άξονα. Το σημείο A της ραφής το οποίο βρίσκεται αυτή τη στιγμή στο κάτω μέρος, εφελκύεται. Μετά από μισή στροφή του άξονα το σημείο A θα μετατεθεί στο πάνω μέρος και η καταπόνηση στη θέση αυτή θα μετατραπεί σε θλίψη κ.ο.κ.

Κρουστική είναι η φόρτιση που υφίσταται π.χ. η κύρια δοκός γερανογέφυρας, όταν απότομα ανυψώσει ένα θάρος.

Στις περιπτώσεις εναλλασσόμενης και κρουστικής καταπόνησεως απαιτείται για τον υπολογισμό της αντοχής πλήρης γνώση της συμπεριφοράς των υλικών στις καταπονήσεις αυτές. Οποσδήποτε κατά τον υπολογισμό αυτών λαμβάνονται μεγαλύτεροι συντελεστές ασφάλειας.

11.4 Μεθοδολογία υπολογισμού των συγκολλήσεων σε αντοχή.

Για τον υπολογισμό της αντοχής της συγκολλήσεως πρέπει:

- 1) Να καθορισθεί το είδος της καταπόνησεως, την οποία αυτή

υφίσταται (εφελκυσμός, θλίψη, διάτμηση, στρέψη, κάμψη).

- 2) Να υπολογισθεί με τις μεθόδους της αντοχής των υλικών η τάση στη διατομή της συγκολλήσεως. Η διατομή υπολογίζεται όπως ήδη αναφέραμε (§ 11.2). Για τον υπολογισμό της τάσεως στα διάφορα είδη καταπονήσεως θα μιλήσουμε στα επόμενα.
- 3) Να προσδιορισθεί η επιτρεπόμενη τάση στη συγκόλληση. Εφόσον πρόκειται για στατική φόρτιση θα χρησιμοποιηθεί ο πίνακας 11.3.1. Για δυναμική φόρτιση θα πρέπει να ληφθούν υπόψη και άλλοι παράγοντες, όπως π.χ. η συχνότητα εναλλαγών του φορτίου κ.ά.
- 4) Να συγκριθεί η τάση φορτίσεως που προκύπτει από τους υπολογισμούς, με την επιτρεπόμενη τάση. Αν είναι μικρότερη από την επιτρεπόμενη μπορούμε να φορτίσουμε κατά τον τρόπο αυτό την συγκόλληση. Στην αντίθετη περίπτωση, αν δηλαδή η τάση φορτίσεως είναι μεγαλύτερη από την επιτρεπόμενη τάση, η συγκόλληση δεν μπορεί να αντέξει στο φορτίο.

11.5 Στοιχεία υπολογισμού σε εφελκυσμό και σε θλίψη.

Κατά τον υπολογισμό της ραφής συγκολλήσεως σε εφελκυσμό ή σε θλίψη υπολογίζουμε την τάση της ραφής ρ από τη γνωστή σχέση:

$$\rho = \frac{P}{F}$$

όπου P η δύναμη που εφελκύει ή θλίβει τη ραφή διατομής συγκολλήσεως F .

Αν η δύναμη P μεταφέρεται από το ένα τεμάχιο στο άλλο από περισσότερες ραφές, τότε πρέπει να υπολογισθούν όλες οι επιφάνειες συγκολλήσεως και να τοποθετήσουμε στον παρονομαστή το άθροισμα όλων αυτών των επιφανειών.

Παράδειγμα 1 (υπολογισμού σε εφελκυσμό).

Δύο ελάσματα (λάμες) πάχους 12 mm και πλάτους 130 mm πρόκειται να ηλεκτροσυγκολληθούν κατά εσωραφή V. Το υλικό των ελασμάτων έχει επιτρεπόμενη τάση $\sigma_{\text{επ}} = 1200 \text{ kg/cm}^2$ (σχ. 11.5α).

Επιτρέπεται να φορτίσουμε με τη σύνδεση σε εφελκυσμό, όπως δείχνουν τα βέλη με δύναμη $P = 11$ τόννων (t);

Λύση.

Καταρχήν υπολογίζουμε τη διατομή της συγκολλήσεως. Εφόσον έχουμε εσωραφή, το πάχος της ραφής συγκολλήσεως a ισούται προς το πάχος των ελασμάτων S :

$$a = S = 12 \text{ mm}$$

Το μήκος της ραφής l υπολογίζεται από τη γνωστή σχέση (§ 11.2):

$$l = L - 2a$$

όπου: $L = 130 \text{ mm}$ και

$$a = 12 \text{ mm}$$

$$l = 130 - 2 \times 12 = 106 \text{ mm}$$

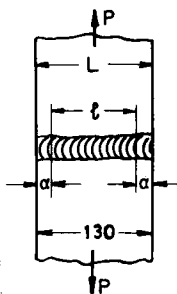
Η διατομή της ραφής συγκολλήσεως είναι:

$$F = l \cdot a$$

$$F = 106 \times 12 = 1272 \text{ mm}^2 = 12,72 \text{ cm}^2$$

Η τάση στη ραφή της συγκολλήσεως, εφόσον έχουμε καταπόνηση εφελκυσμού, υπολογίζεται για φόρτιση 11000 kg:

$$\rho = \frac{P}{F} = \frac{11000}{12,72} = 865 \text{ kg/cm}^2$$



Σχ. 11.5α.

Συγκόλληση καταπονούμενη σε εφελκυσμό.

Η επιτρεπόμενη τάση της ραφής σε εφελκυσμό κατά τον πίνακα 11.3.1 είναι:

$$\rho_{\text{επ}} = 0,75 \cdot \sigma_{\text{ετ}} = 0,75 \times 1200 = 900 \text{ kg/cm}^2$$

Η τάση που εφαρμόζεται είναι μικρότερη από την επιτρεπόμενη στη ραφή συγκολλήσεως:

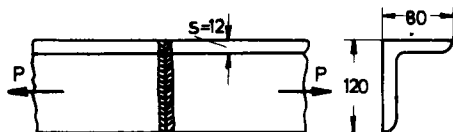
$$\rho = 865 \text{ kg/cm}^2 < \rho_{\text{επ}} = 900 \text{ kg/cm}^2$$

και συνεπώς επιτρέπεται να φορτίσουμε τη σύνδεση σε εφελκυσμό με δύναμη $P = 11$ τόννων (t).

Παράδειγμα 2 (υπολογισμού σε εφελκυσμό).

Δύο γωνίες L 120 × 80 × 12 πρόκειται να ηλεκτροσυγκολληθούν κατά εσωραφή V, όπως φαίνεται στο σχήμα 11.58. Η επιτρεπόμενη τάση του υλικού είναι $\sigma_{\text{επ}} = 1200 \text{ kg/cm}^2$.

Είναι επιτρεπτό να φορτίσουμε τη σύνδεση, όπως δείχνουν τα βέλη με δύναμη $P = 16 \text{ t}$;

**Σχ. 11.58.**

Συγκόλληση σιδηρογωνίας καταπονούμενης σε εφελκυσμό.

Λύση.

Υπολογίζουμε τη διατομή της ραφής συγκολλήσεως.

Για εσωραφή το πάχος της συγκολλήσεως a ισούται προς το πάχος των γωνιακών ελασμάτων:

$$a = S = 12 \text{ mm}$$

Το μήκος της ραφής l είναι:

$$l = 120 - 12 + 80 - 12 - 12 = 164 \text{ mm}$$

Δεχόμαστε ότι και στα δύο τα άκρα κατά μήκος a ίσο προς το πάχος της ραφής δεν μεταφέρονται δυνάμεις (§ 11.2).

Η διατομή της ραφής συγκολλήσεως F είναι:

$$F = l \cdot a = 164 \times 12 = 19,68 \text{ mm}^2 = 19,68 \text{ cm}^2$$

Η τάση εφελκυσμού στη ραφή συγκολλήσεως ρ είναι συνεπώς για φόρτιση 16000 kg:

$$\rho = \frac{P}{F} = \frac{16000}{19,6} = 813 \text{ kg/cm}^2$$

Η επιτρεπόμενη τάση κατά τον πίνακα 11.3.1 είναι:

$$\rho_{\text{επ}} = 0,75 \times 1200 = 900 \text{ kg/cm}^2$$

Η εφαρμοζόμενη δύναμη δημιουργεί στη ραφή συγκολλήσεως τάση μικρότερη από την επιτρεπόμενη:

$$\rho = 813 \text{ kg/cm}^2 < \rho_{\text{επ}} = 900 \text{ kg/cm}^2$$

συνεπώς επιτρέπεται να φορτισθεί η συγκόλληση με δύναμη 16 τόννων (t).

11.6 Στοιχεία υπολογισμού σε διάτμηση.

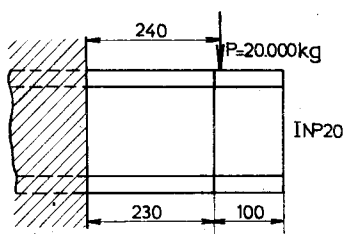
Κατά τον υπολογισμό της ραφής συγκολλήσεως σε διάτμηση βρίσκεται η διατμητική τάση της ραφής (ρ_{δ}) από τη σχέση:

$$\rho_{\delta} = \frac{P_{\delta}}{F}$$

όπου P_{δ} η διατμητική δύναμη της ραφής και
 F η διατομή της ραφής συγκολλήσεως.

Παράδειγμα υπολογισμού σε διάτμηση.

Πρόβολος από διπλό ταυ (INP 20) μήκους 230 mm προσαυξάνεται κατά 100 mm για να δεχτεί τη δύναμη $P = 20000$ kg σε απόσταση 240 mm από το σημείο πακτώσεώς του (σχ. 11.6).



Σχ. 11.6.

Επέκταση πρόβολου διπλού ταυ (I) με συγκόλληση.

Η συγκόλληση γίνεται με εσωραφή σε όλη τη διατομή. Ζητείται να υπολογισθεί αν θα αντέξει η συγκόλληση στο σχετικό φορτίο.

$$(\sigma_{\varepsilon\pi} = 1200 \text{ kg/cm}^2)$$

Λύση.

Η διατομή της ραφής συγκολλήσεως ισούται με τη διατομή του διπλού ταυ (INP 20), που δίνεται στον πίνακα 6 του παραρτήματος:

$$F = 33,5 \text{ cm}^2$$

Η αναπτυσσόμενη διατμητική τάση είναι:

$$\rho_{\delta} = \frac{P}{F} = \frac{20000}{33,5} = 600 \text{ kg/cm}^2$$

Η επιτρεπόμενη τάση κατά τον πίνακα 11.3.1 είναι:

$$\rho_{\varepsilon\pi} = 0,65 \cdot \sigma_{\varepsilon\pi} = 0,65 \times 1200 = 780 \text{ kg/cm}^2$$

Αν συγκρίνομε την εφαρμοζόμενη τάση με την επιτρεπόμενη:

$$\rho_{\delta} = 600 \text{ kg/cm}^2 < \rho_{\varepsilon\pi} = 780 \text{ kg/cm}^2$$

βλέπομε ότι από πλευρά αντοχής της συγκολλήσεως είναι επιτρεπτή η φόρτιση με τη δύναμη των 20000 kg σε απόσταση 240 mm από τη στήριξη του πρόβολου.

Παρατήρηση: Επειδή η δύναμη P εφαρμόζεται πολύ κοντά στη διατομή, η καταπόνηση είναι σχεδόν καθαρή διάτμηση.

11.7 Στοιχεία υπολογισμού σε στρέψη.

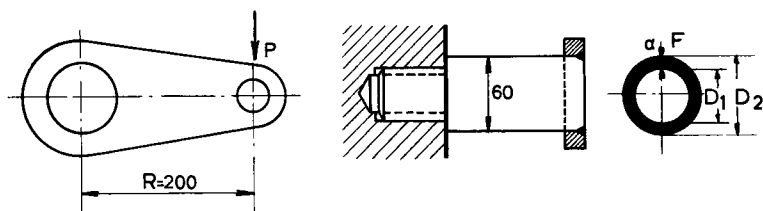
Κατά τον υπολογισμό της ραφής συγκολλήσεως σε στρέψη η τάση $\rho_{\sigma\tau}$ βρίσκεται από τη σχέση:

$$\rho_{\sigma\tau} = \frac{M_{\sigma\tau}}{W_{\pi}}$$

όπου $M_{\sigma\tau}$ η στρεπτική ροπή που καταπονεί τη συγκόλληση και W_{π} η πολική ροπή αντιστάσεως της επιφάνειας συγκολλήσεως ως προς το κέντρο βάρους της.

Παράδειγμα υπολογισμού σε στρέψη.

Ζητείται να ελεγχθεί σε στρέψη η συγκόλληση του βραχίονα του σχήματος 11.7.



Σχ. 11.7.

Βραχίονας που κατασκευάστηκε με ηλεκτροσυγκόλληση.

Δίνονται: Δύναμη φορτίσεως $P = 1100 \text{ kg}$
 Πάχος συγκολλήσεως $a = 5 \text{ mm}$
 Υλικό τεμαχίων χάλυβα με $\sigma_{\varepsilon\pi} = 1400 \text{ kg/cm}^2$

Λύση.

Η συγκόλληση καταπονείται σε στρέψη. Πρέπει να βρούμε λοιπόν

την πολική ροπή αντιστάσεως και τη στρεπτική ροπή κι από αυτές να υπολογίσουμε την τάση στρέψεως στη ραφή συγκολλήσεως.

Η διατομή συγκολλήσεως είναι σχηματικά δακτύλιος που έχει εξωτερική διάμετρο $D_1 = d + a = 60 + 5 = 65 \text{ mm}$ και εσωτερική διάμετρο $D_2 = d - a = 60 - 5 = 55 \text{ mm}$.

Η πολική τάση αντιστάσεως δακτυλίου δίνεται από τη σχέση:

$$W_{\pi} = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{D_1^4 - D_2^4}{D_1}$$

όπου D_1 η εξωτερική διάμετρος του δακτυλίου και
 D_2 η εσωτερική διάμετρος του δακτυλίου.

Είναι συνεπώς:
$$W_{\pi} = \frac{\pi}{16} \cdot \frac{6,4^4 - 5,5^4}{6,5} = 26,2 \text{ cm}^3$$

Η στρεπτική ροπή είναι:

$$M_{\sigma\tau} = P \cdot R = 1100 \times 20 = 22000 \text{ kgcm}$$

άρα η εφαρμοζόμενη τάση στη συγκόλληση είναι:

$$\rho_{\sigma\tau} = \frac{M_{\sigma\tau}}{W_{\pi}} = \frac{22000}{26,2} = 840 \text{ kg/cm}^2$$

Η επιτρεπόμενη τάση κατά τον πίνακα 11.3.1 είναι:

$$\rho_{\varepsilon\pi} = 0,65 \cdot \sigma_{\varepsilon\pi} = 0,65 \times 1400 = 930 \text{ kg/cm}^2$$

Αν συγκρίνομε την εφαρμοζόμενη τάση με την επιτρεπόμενη:

$$\rho_{\sigma\tau} = 840 \text{ kg/cm}^2 < \rho_{\varepsilon\pi} = 930 \text{ kg/cm}^2$$

βλέπομε ότι είναι επιτρεπτή η φόρτιση του θραχίονα με δύναμη $P = 1100 \text{ kg}$, όπως δείχνει το σχήμα 11.7.

11.8 Στοιχεία υπολογισμού σε κάμψη.

Κατά τον υπολογισμό της ραφής συγκολλήσεως σε κάμψη η τάση ρ_k υπολογίζεται από τη γνωστή σχέση της αντοχής των υλικών:

$$\rho_k = \frac{M_k}{W_k}$$

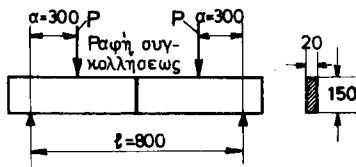
όπου M_k η καμπτική ροπή, που καταπονεί τη συγκόλληση και
 W_k η ροπή αντιστάσεως σε κάμψη της διατομής της συγκολλήσεως για την εφαρμοζόμενη διεύθυνση φορτίσεως.

Η καμπτική ροπή στη θέση της ραφής συγκολλήσεως υπολογίζεται για κάθε περίπτωση σε συνάρτηση με τις εφαρμοζόμενες δυνάμεις και ροπές, καθώς και με τη σχετική θέση αυτών.

Η ροπή αντιστάσεως για τις διάφορες διατομές δίνεται σε πίνακες ή υπολογίζεται με βάση τις σχέσεις της αντοχής των υλικών.

Παράδειγμα υπολογισμού σε κάμψη.

Έλασμα σε ορθογωνική διατομή 150×20 mm μήκους 900 mm φορτίζεται σε κάμψη (σχ. 11.8) με δύο δυνάμεις $P = 2000$ kg, που κάθε μία βρίσκεται σε απόσταση 300 mm από τις θέσεις στηρίξεως. Απόσταση σημείων στηρίξεως 800 mm.



Σχ. 11.8.

Έλασμα φορτιζόμενο σε κάμψη.

Το έλασμα είναι στο μέσο του ηλεκτροσυγκολλημένο. Ζητείται να ελεγχθεί η αντοχή της ηλεκτροσυγκολλήσεως, όταν το υλικό της σιδερένιας λάμας έχει $\sigma_{\text{επ}} = 1200$ kg/cm².

Λύση.

Η καμπτική ροπή που καταπονεί τη συγκόλληση είναι:

$$M_k = P \cdot a = 2000 \times 30 = 60000 \text{ kgcm}$$

Η ροπή αντιστάσεως της διατομής της λάμας που ισούται με τη ροπή αντιστάσεως της διατομής της συγκολλήσεως είναι:

$$W_k = \frac{6 \cdot h^2}{6} = \frac{2 \times 15^2}{6} = 75 \text{ cm}^3$$

Η μεγαλύτερη τάση στη συγκόλληση είναι:

$$\rho_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{60000}{75} = 800 \text{ kg/cm}^2$$

Η επιτρεπόμενη τάση κατά τον πίνακα 11.3.1 είναι:

$$\rho_{\text{επ}} = 0,8 \cdot \sigma_{\text{επ}} = 0,8 \times 1200 = 960 \text{ kg/cm}^2$$

Αν συγκρίνομε την εφαρμοζόμενη τάση με την επιτρεπόμενη:

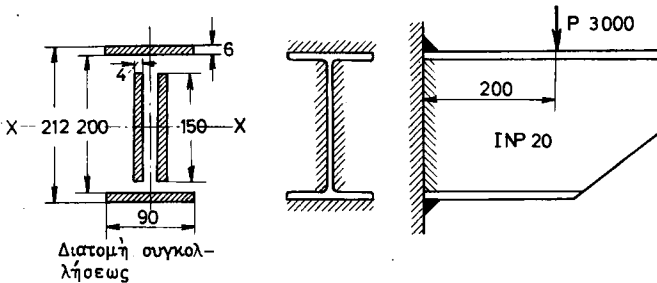
$$\rho_K = 800 \text{ kg/cm}^2 < \rho_{\text{επ}} = 960 \text{ kg/cm}^2$$

βλέπομε ότι είναι δυνατή η φόρτιση της λάμας με δύο δυνάμεις $P = 2000 \text{ kg}$, όπως φαίνεται στο σχήμα 11.8.

11.9 Παραδείγματα υπολογισμού συγκολλήσεων.

Παράδειγμα 1ο.

Πρόβολος από διπλό ταυ (I NP 20), που είναι συγκολλημένος στο άκρο του πάνω σε σιδερένιο στύλο, φορτίζεται με δύναμη $P = 3000 \text{ kg}$ (σχ. 11.9α). Ζητείται να ελεγχθεί η συγκόλληση (υλικό χάλυβας $\sigma_{\text{επ}} = 1200 \text{ kg/cm}^2$).



Σχ. 11.9α.

Πρόβολος από διπλό ταυ συγκολλημένος σε επιφάνεια χάλυβα.

Λύση.

Η καταπόνηση στη θέση συγκολλήσεως είναι σύνθετη από διάτμηση και κάμψη. Οι τάσεις από τις καταπονήσεις αυτές υπολογίζονται χωριστά ως εξής:

Υπολογισμός διατμητικής τάσεως.

Τέμνουσα δύναμη $P = 3000 \text{ kg}$

Η διατομή της συγκολλήσεως είναι:

$$F = 2 \times 0,4 \times 15 + 2 \times 0,6 \times 9 = 22,8 \text{ cm}^2$$

συνεπώς η διατμητική τάση είναι:

$$\rho_{\delta} = \frac{P}{F} = \frac{3000}{22,8} \times 131 \text{ kg/cm}^2$$

Υπολογισμός της τάσεως κάμψεως.

Η καμπτική ροπή είναι:

$$M_{\kappa} = P \times l = 3000 \times 20 = 60000 \text{ kgcm}$$

Η ροπή αντιστάσεως υπολογίζεται από τη ροπή αδράνειας ως προς τον άξονα X-X (σχ. 11.9α) από τη σχέση:

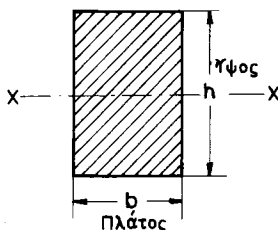
$$W_{\kappa} = \frac{J_{\kappa}}{e}$$

όπου (J_{κ}) η ροπή αδράνειας ως προς τον άξονα X-X και e η μεγαλύτερη απόσταση σημείου της διατομής από αυτόν τον άξονα.

Για ορθογωνικές διατομές, η ροπή αδράνειας ως προς τον άξονα X-X (σχ. 11.9β) υπολογίζεται από τη σχέση:

$$J = \frac{bh^3}{12}$$

όπου b το πλάτος της διατομής και
 h το ύψος της διατομής (σχ. 11.9β).



Σχ. 11.9β.

Ροπή αδράνειας ορθογωνικής διατομής.

Εδώ η ροπή αδράνειας της διατομής συγκολλησεως υπολογίζεται από τη ροπή αδράνειας των δύο ορθογωνίων με πλάτος 0,4 cm και ύψος 15 cm, καθώς και από τη ροπή αδράνειας ενός ορθογωνίου πλάτους 9 cm και ύψους 21,2 cm, αφού αφαιρέσουμε τη ροπή αδράνειας του ορθογωνίου με πλάτος 9 cm και ύψος 20 cm όπως:

$$J_{\kappa} = \frac{2 \times 0,4 \times 15^3}{12} + \frac{9 \times 21,2^3}{12} - \frac{9 \times 20^3}{12} = 1375 \text{ cm}^4$$

Η μεγαλύτερη απόσταση: $e = \frac{21,2}{2} = 10,6 \text{ cm}$

συνεπώς η ροπή αντιστάσεως σε κάμψη της διατομής συγκολλήσεως είναι:

$$W_k = \frac{J_k}{e} = \frac{1375}{10,6} = 129 \text{ cm}^3$$

και η τάση από κάμψη είναι:

$$\rho_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{60000}{129} = 465 \text{ kg/cm}^2$$

Υπολογισμός της σύνθετης τάσεως.

Οι τάσεις ρ_δ και ρ_k σχηματίζουν γωνία 90° . Αθροίζουμε λοιπόν γεωμετρικά τις τάσεις και βρίσκουμε την εφαρμοζόμενη μεγαλύτερη τάση από τη σχέση:

$$\rho_\sigma = \sqrt{\rho_\delta^2 + \rho_k^2} = \sqrt{131^2 + 465^2} = 483 \text{ kg/cm}^2$$

Προσδιορισμός της επιτρεπόμενης τάσεως.

Η επιτρεπόμενη τάση στις εξωραφές δίνεται για όλα τα είδη των φορτίσεων από τον πίνακα 11.3.1 ως 0,65 της επιτρεπόμενης τάσεως του υλικού:

$$\rho_{\text{επ}} = 0,65 \sigma_{\text{επ}} = 0,65 \times 1200 = 780 \text{ kg/cm}^2$$

Σύγκριση εφαρμοζόμενης και επιτρεπόμενης τάσεως.

Από τη σύγκριση αυτή προκύπτει ότι:

$$\rho_\sigma = 483 \text{ kg/cm}^2 < \rho_{\text{επ}} = 780 \text{ kg/cm}^2$$

και συνεπώς η συγκόλληση αντέχει στη φόρτιση της δυνάμεως $P = 3000 \text{ cm}$, όπως στο σχήμα 11.9α.

Παράδειγμα 2ο.

Ζητείται να ελεγχθεί η σύνδεση του κομβοελάσματος και της γωνιάς του σχήματος 11.9γ σε δύναμη $P = 21000 \text{ kg}$.

Δίνονται:

$$a_1 = 7 \text{ mm}$$

$$a_2 = 5 \text{ mm}$$

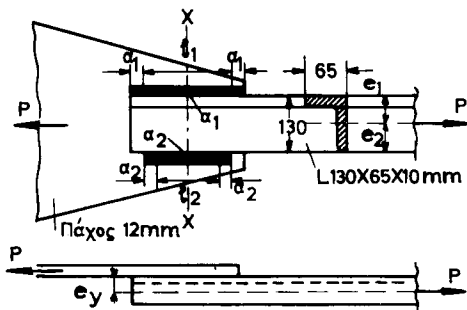
$$I_1 = 230 \text{ mm}^4$$

$$I_2 = 180 \text{ mm}^4$$

$$e_y = 14,5 \text{ mm}$$

$$e_1 = 46,5 \text{ mm}$$

$$\text{Υλικό χάλυβας } \sigma_{\text{επ}} = 1400 \text{ kg/cm}^2$$



Σχ. 11.9γ.

Σύνδεση κομβοελάσματος με συγκόλληση.

Λύση.

Εδώ έχουμε στη συγκόλληση μια τέμνουσα δύναμη P και μια καμπτική ροπή M_K .

Η τέμνουσα δύναμη είναι: $P = 21000 \text{ kg}$
και η καμπτική ροπή:

$$M_K = P \times e_y = 21000 \times 1,45 = 30450 \text{ kgcm}$$

όπου e_y είναι η απόσταση του άξονα της γωνίας από το άκρο αυτής. Η απόσταση e_y δίνεται στους πίνακες των χαρακτηριστικών των διαφόρων μορφών σιδήρου (πίνακας 4 παραρτήματος).

Υπολογισμός διατμητικής τάσεως.

Τέμνουσα δύναμη $P = 21000 \text{ kg}$.

Η διατομή συγκολλήσεως είναι:

$$F = 0,7 \times 23 + 0,5 \times 18 = 25,1 \text{ cm}^2$$

Υπολογισμός της τάσεως από κάμψη.

Η ροπή αντιστάσεως της διατομής συγκολλήσεως ισούται με τη

ροπή αδράνειας της διατομής J των δύο ορθογωνίων με πλάτος $a_1 = 0,7 \text{ cm}$, $a_2 = 0,5 \text{ cm}$ και ύψος $l_1 = 23 \text{ cm}$, $l_2 = 18 \text{ cm}$ αντίστοιχα ως προς τον άξονα $X-X$, διαιρούμενης της ροπής αδράνειας προς την μεγαλύτερη απόσταση e σημείου της διατομής συγκολλήσεως:

$$e = \frac{l_1}{2} = \frac{23}{2} = 11,5 \text{ cm}$$

$$J = \frac{0,7 \times 23^3}{12} + \frac{0,5 \times 18^3}{12} = 950 \text{ cm}^4$$

και
$$W_K = \frac{J}{e} = \frac{950}{11,5} = 82,5 \text{ cm}^3$$

Η τάση από κάμψη είναι:
$$\rho_K = \frac{M_K}{W_K} = \frac{30450}{82,5} = 370 \text{ kg/cm}^2$$

Υπολογισμός της σύνθετης τάσεως καταπόνησεως.

Αν αθροίσουμε τις κάθετες μεταξύ τους τάσεις, έχουμε συνολικά εφαρμοζόμενη μεγαλύτερη τάση:

$$\rho_\sigma = \sqrt{\rho_\sigma^2 + \rho_K^2} = \sqrt{840^2 + 370^2} = 910 \text{ kg/cm}^2$$

Προσδιορισμός επιτρεπόμενης τάσεως.

Η επιτρεπόμενη τάση με εξωραφές είναι:

$$\rho_{\varepsilon\pi} = 0,65 \cdot \sigma_{\varepsilon\pi} = 0,65 \times 1400 = 910 \text{ kg/cm}^2$$

Σύγκριση εφαρμοζόμενης και επιτρεπόμενης τάσεως:

$$\rho_\sigma = 910 \text{ kg/cm}^2 = \rho_{\varepsilon\pi} = 910 \text{ kg/cm}^2$$

Η εφαρμοζόμενη τάση ισούται με την επιτρεπόμενη και συνεπώς η συγκόλληση του κομβοελάσματος και της γωνίας είναι δυνατό να δεχθεί δύναμη $P = 21000 \text{ kg}$ κατά το σχήμα 11.9γ.

Πρόσθετος έλεγχος κατά τη συγκόλληση γωνιακών ελασμάτων σε κομβοελάσματα.

Στις περιπτώσεις συνδέσεως γωνιακών ελασμάτων για να γίνεται ομοιομερής κατανομή των δυνάμεων σε δύο ραφές πρέπει να ισχύει η σχέση:

$$\frac{a_1 \cdot l_1}{a_2 \cdot l_2} = \frac{e_2}{e_1}$$

όπου e_2 και e_1 οι αποστάσεις του άξονα της γωνίας από τα άκρα αυτής.

Στα δεδομένα του παραδείγματος είναι:

$$\frac{a_1 \cdot l_1}{a_2 \cdot l_2} = \frac{0,7 \times 23}{0,5 \times 18} \approx 1,78$$

και
$$\frac{e_2}{e_1} = \frac{8,35}{4,65} = 1,78$$

άρα ισχύει και η συνθήκη αυτή.

11.10 Ερωτήσεις.

- 1) Οι αρχές και οι μέθοδοι της αντοχής των υλικών εφαρμόζονται κατά τον υπολογισμό σε αντοχή των συγκολλήσεων;
- 2) Πώς υπολογίζεται η διατομή συγκολλήσεως;
- 3) Πώς υπολογίζεται το πάχος της ραφής σε εξωραφή;
- 4) Πώς υπολογίζεται το πάχος της ραφής σε εσωραφή;
- 5) Πώς προσδιορίζεται γενικά η επιτρεπόμενη τάση φορτίσεως για τις διάφορες καταπονήσεις και τα διάφορα είδη ραφών;
- 6) Περιγράψτε τα διαδοχικά στάδια κατά τον υπολογισμό των συγκολλήσεων σε αντοχή.
- 7) Πώς υπολογίζεται η τάση σε εφελκυσμό ραφής συγκολλήσεως;
- 8) Πώς υπολογίζεται η τάση σε διάτμηση ραφής συγκολλήσεως;
- 9) Πώς υπολογίζεται η τάση σε στρέψη ραφής συγκολλήσεως;
- 10) Πώς υπολογίζεται η τάση σε κάμψη ραφής συγκολλήσεως;

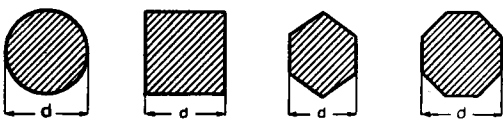
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ Ι

ΠΙΝΑΚΕΣ

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

Βάρος ράβδων σιδήρου

Διατομής στρογγυλής - τετράγωνης - εξαγωνής - οκτάγωνης
Σε χιλιόγραμμα ανά τρέχον μέτρο (kg/m)

									
d - mm	Στρογ- γυλή	Τετρά- γωνη	Εξά- γωνη	Οκτά- γωνη	d - mm	Στρογ- γυλή	Τετρά- γωνη	Εξά- γωνη	Οκτά- γωνη
5	0,154	0,196	0,170	0,163	47	13,619	17,341	15,017	14,366
6	0,222	0,283	0,245	0,234	48	14,205	18,086	15,663	14,983
7	0,302	0,385	0,333	0,319	49	14,803	18,848	16,323	15,614
8	0,395	0,502	0,435	0,416	50	15,414	19,625	16,996	16,258
9	0,499	0,636	0,551	0,527	51	16,036	20,418	17,682	16,915
10	0,617	0,785	0,680	0,650	52	16,617	21,226	18,383	17,585
11	0,746	0,950	0,823	0,787	53	17,319	22,051	19,096	18,267
12	0,888	1,130	0,979	0,936	54	17,978	22,891	19,824	18,963
13	1,042	1,327	1,149	1,099	55	18,650	23,746	20,565	19,672
14	1,208	1,539	1,330	1,275	56	19,335	24,618	21,319	20,394
15	1,387	1,766	1,530	1,463	57	20,031	25,505	22,088	21,129
16	1,578	2,010	1,740	1,665	58	20,740	26,407	22,869	21,877
17	1,782	2,269	1,965	1,879	59	21,462	27,326	23,665	22,638
18	1,998	2,543	2,203	2,107	60	22,195	28,260	24,474	23,412
19	2,226	2,834	2,454	2,348	61	22,941	29,210	25,296	24,198
20	2,466	3,140	2,719	2,601	62	23,700	30,175	26,133	24,998
21	2,719	3,462	2,998	2,868	63	24,470	31,157	26,982	25,811
22	2,984	3,799	3,290	3,148	64	25,253	32,154	27,846	26,637
23	3,261	4,153	3,596	3,440	65	26,05	33,17	28,72	27,48
24	3,551	4,522	3,916	3,746	66	26,86	34,20	29,61	28,33
25	3,853	4,906	4,249	4,065	67	27,68	35,24	30,52	29,19
26	4,168	5,307	4,596	4,396	68	28,51	36,30	31,44	30,07
27	4,495	5,723	4,956	4,741	69	29,35	37,37	32,37	30,96
28	4,834	6,154	5,330	5,099	70	30,21	38,46	33,31	31,87
29	5,185	6,602	5,717	5,469	71	31,08	39,57	34,27	32,78
30	5,549	7,065	6,118	5,853	72	31,96	40,69	35,24	33,71
31	5,925	7,544	6,533	6,250	73	32,86	41,83	36,23	34,66
32	6,313	8,038	6,961	6,659	74	33,76	42,99	37,23	35,61
33	6,714	8,549	7,403	7,082	75	34,68	44,16	38,24	36,58
34	7,127	9,075	7,859	7,518	76	35,61	45,34	39,27	37,56
35	7,553	9,616	8,328	7,966	77	36,56	46,54	40,31	38,56
36	7,990	10,200	8,811	8,428	78	37,51	47,76	41,36	39,56
37	8,440	10,747	9,307	8,903	79	38,48	48,99	42,43	40,59
38	8,903	11,335	9,817	9,391	80	39,46	50,24	43,51	41,62
39	9,378	11,940	10,340	9,891	81	40,45	51,50	44,60	42,67
40	9,865	12,560	10,877	10,405	82	41,46	52,78	45,71	43,73
41	10,364	13,196	11,428	10,932	83	42,47	54,08	46,83	44,80
42	10,876	13,847	11,992	11,472	84	43,50	55,39	47,97	45,89
43	11,400	14,515	12,570	12,024	85	44,55	56,72	49,12	46,99
44	11,936	15,198	13,162	12,590	86	45,60	58,06	50,28	48,10
45	12,485	15,896	13,767	13,169	87	46,67	59,42	51,46	49,22
46	13,046	16,611	14,385	13,761	88	47,75	60,79	52,65	50,36

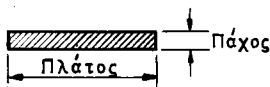
συνεχίζεται

ΠΙΝΑΚΑΣ 1

(συνέχεια)

Βάρος ράβδων σιδήρου									
d - mm	Στρογ- γυλή	Τετρά- γωνη	Εξά- γωνη	Οκτά- γωνη	d - mm	Στρογ- γυλή	Τετρά- γωνη	Εξά- γωνη	Οκτά- γωνη
89	48,84	62,18	53,85	51,51	174	186,7	237,7	205,8	196,9
90	49,94	63,58	55,07	52,68	176	191,0	243,2	210,6	201,4
91	51,06	65,01	56,30	53,85	178	195,3	248,7	215,4	206,0
92	52,18	66,44	57,54	55,04	180	199,8	254,3	220,3	210,7
93	53,32	67,90	58,80	56,25	182	204,2	260,0	225,2	215,4
94	54,48	69,36	60,07	57,46	184	208,7	265,8	230,2	220,2
95	55,64	70,85	61,36	58,69	186	213,3	271,6	235,2	225,0
96	56,82	72,35	62,65	59,93	188	217,9	277,4	240,3	229,8
97	58,01	73,86	63,96	61,19	190	222,6	283,4	245,4	234,8
98	59,21	75,39	65,29	62,46	192	227,3	289,4	250,6	239,7
99	60,43	76,94	66,63	63,74	194	232,0	295,4	255,9	244,8
100	61,65	78,50	67,98	65,03	196	236,0	301,6	261,2	249,8
102	64,15	81,67	70,73	67,06	198	241,7	307,8	266,5	255,0
104	66,68	84,91	73,53	70,34	200	246,6	314,0	271,9	260,1
106	69,27	88,20	76,39	73,07	205	259,1	329,9	285,7	273,3
108	71,91	91,56	79,30	75,85	210	271,9	346,2	299,8	286,8
110	74,60	94,98	82,26	78,69	215	285,0	362,9	314,3	300,6
112	77,34	98,47	85,28	81,58	220	298,4	379,9	329,0	314,8
114	80,13	102,02	88,35	84,52	225	312,1	400,9	344,2	329,2
116	82,96	105,63	91,48	87,51	230	326,2	415,3	359,6	344,0
118	85,85	109,30	94,66	90,55	235	340,5	433,5	375,4	359,2
120	88,78	113,04	97,90	93,65	240	355,1	452,2	391,6	374,6
122	91,77	116,84	101,19	96,79	245	370,1	471,2	408,1	390,4
124	94,80	120,70	104,53	99,99	250	385,3	490,6	424,9	406,5
126	97,88	124,63	107,93	103,25	255	400,9	510,4	442,1	422,9
128	101,01	128,61	111,38	106,55	260	416,8	530,7	459,6	439,6
130	104,00	132,66	114,89	109,90	265	433,0	551,3	477,4	456,7
132	107,43	136,78	118,45	113,31	270	449,5	572,3	495,6	474,1
134	110,71	140,96	122,07	116,77	275	466,3	593,7	514,1	491,8
136	114,04	145,19	125,74	120,28	280	483,4	615,4	533,0	509,9
138	117,41	149,50	129,47	123,85	285	500,8	637,6	552,2	528,2
140	121,00	153,86	133,25	127,46	290	518,5	660,2	571,7	546,9
142	124,32	158,29	137,08	131,13	295	536,5	683,1	591,6	565,9
144	127,85	162,78	140,97	134,85	300	554,9	706,5	611,8	585,3
146	131,42	167,33	144,91	138,62	305	573,5	730,2	632,4	605,0
148	135,05	171,95	148,91	140,53	310	592,5	754,4	653,3	625,0
150	138,7	176,6	153,0	146,3	315	611,8	778,9	674,6	645,3
152	142,4	181,4	157,1	150,2	320	631,3	803,8	696,1	665,9
154	146,2	186,2	161,2	154,2	325	651,2	829,2	718,1	686,9
156	150,0	191,0	165,4	158,3	330	671,4	854,9	740,3	708,2
158	153,9	196,0	169,7	162,3	335	681,9	881,0	762,9	729,8
160	157,8	201,0	174,0	166,5	340	712,7	907,5	785,9	751,8
162	161,8	206,0	178,4	170,7	345	733,8	934,3	809,2	774,0
164	165,8	211,1	182,8	174,9	350	755,3	961,6	832,8	796,6
166	169,9	216,3	187,3	179,2	400	986,5	1256,0	1087,7	1040,5
168	174,0	221,6	191,9	188,5	450	1248,5	1589,6	1376,7	1316,9
170	178,0	226,9	196,5	187,9	500	1541,4	1962,5	1699,6	1625,8
172	182,4	232,2	201,1	192,4	1000	6165,4	7850,0	6798,3	6503,2

ΠΙΝΑΚΑΣ 2
Βάρος λαμών σιδήρου
Σε χιλιόγραμμα ανά τρέχον μέτρο (kg/m)



Πλά- τος mm	Πάχος mm									
	5	6	8	10	12	13	15	16	18	20
10	0.39	0.47	0.63	0.78	0.94	1.02	1.17	1.25	1.43	1.57
12	0.47	0.57	0.75	0.94	1.13	1.22	1.41	1.50	1.69	1.88
13	0.51	0.61	0.82	1.02	1.23	-	-	-	-	-
14	0.55	0.66	0.88	1.10	1.32	1.43	1.64	1.75	1.97	2.19
15	0.59	0.71	0.94	1.18	1.41	1.53	1.76	1.88	2.12	2.35
16	0.63	0.75	1.01	1.26	1.51	1.63	1.88	2.01	2.26	2.51
17	0.67	0.80	1.07	1.34	1.60	1.74	2.00	2.14	-	-
18	0.71	0.85	1.13	1.41	1.70	1.84	2.12	2.26	2.54	2.82
19	0.75	0.90	1.19	1.49	1.79	1.94	2.24	2.39	2.69	-
20	0.79	0.94	1.26	1.57	1.88	2.04	2.36	2.51	2.83	3.14
21	0.82	0.99	1.32	1.65	1.98	2.14	2.47	2.64	2.97	3.30
22	0.86	1.04	1.38	1.73	2.07	2.25	2.59	2.76	3.11	3.45
23	0.90	1.08	1.44	1.81	2.17	2.35	2.71	2.89	3.25	3.61
24	0.94	1.13	1.51	1.88	2.26	2.45	2.83	3.01	3.39	3.77
25	0.98	1.18	1.57	1.96	2.36	2.55	2.94	3.14	3.53	3.93
26	1.02	1.23	1.63	2.04	2.45	2.65	3.06	3.27	3.67	4.08
27	1.06	1.27	1.70	2.12	2.54	2.76	3.18	3.39	3.82	4.24
28	1.10	1.32	1.76	2.20	2.64	2.86	3.30	3.52	3.96	4.40
29	1.14	1.37	1.82	2.28	2.73	2.96	3.42	3.64	4.10	4.55
30	1.18	1.41	1.88	2.36	2.83	3.06	3.53	3.77	4.24	4.71
31	1.22	1.46	1.95	2.43	2.92	3.16	3.65	3.89	4.38	4.87
32	1.26	1.51	2.01	2.51	3.01	3.27	3.77	4.02	4.52	5.02
33	1.30	1.55	2.07	2.59	3.11	3.37	3.89	4.15	4.66	5.18
34	1.34	1.60	2.14	2.67	3.20	3.47	4.00	4.27	4.80	5.34
35	1.37	1.65	2.20	2.75	3.30	3.57	4.12	4.40	4.95	5.50
36	1.41	1.70	2.26	2.83	3.39	3.67	4.24	4.52	5.09	5.65
37	1.45	1.74	2.32	2.91	3.49	3.78	4.36	4.65	5.23	5.81
38	1.49	1.79	2.39	2.98	3.58	3.88	4.47	4.77	5.37	5.97
39	1.53	1.84	2.45	3.06	3.67	3.98	4.59	4.90	5.51	6.12
40	1.57	1.88	2.51	3.14	3.77	4.08	4.71	5.02	5.65	6.28
41	1.61	1.93	2.58	3.22	3.86	4.18	4.83	5.15	5.79	6.44
42	1.65	1.98	2.64	3.30	3.96	4.29	4.95	5.28	5.94	6.59
43	1.69	2.03	2.70	3.38	4.05	4.39	5.06	5.40	6.08	6.75
44	1.73	2.07	2.76	3.45	4.15	4.49	5.18	5.53	6.22	6.91
45	1.77	2.12	2.83	3.53	4.24	4.59	5.30	5.65	6.36	7.07
46	1.81	2.17	2.89	3.61	4.33	4.69	5.42	5.78	6.50	7.22
47	1.85	2.21	2.95	3.69	4.43	4.80	5.53	5.90	6.64	7.38
48	1.88	2.26	3.01	3.77	4.52	4.90	5.65	6.03	6.78	7.54
49	1.92	2.31	3.08	3.85	4.62	5.00	5.77	6.15	6.92	7.69
50	1.96	2.36	3.14	3.93	4.71	5.10	5.89	6.28	7.07	7.85
51	2.00	2.40	3.20	4.00	4.80	5.21	6.01	6.41	7.21	8.01
52	2.04	2.45	3.27	4.08	4.90	5.31	6.12	6.53	7.35	8.16
54	2.12	2.54	3.39	4.24	5.09	5.51	6.36	6.78	7.63	8.48
55	2.16	2.59	3.45	4.32	5.18	5.61	6.48	6.91	7.77	8.64
56	2.20	2.64	3.52	4.40	5.28	5.72	6.59	7.03	7.91	8.79

συνεχίζεται

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

(συνέχεια)

Βάρος λαμών σιδήρου Σε χιλιόγραμμα ανά τρέχον μέτρο (kg/m)										
Πλά- τος mm	Πάχος mm.									
	5	6	8	10	12	13	15	16	18	20
57	2.24	2.69	3.58	4.48	5.37	5.82	6.71	7.16	8.05	8.95
58	2.28	2.73	3.64	4.55	5.46	5.92	6.83	7.29	8.20	9.11
59	2.32	2.78	3.71	4.63	5.56	6.02	6.95	7.41	8.34	9.26
60	2.36	2.83	3.77	4.71	5.65	6.12	7.07	7.54	8.48	9.42
62	2.43	2.92	3.89	4.87	5.84	6.33	7.30	7.79	8.76	9.73
63	2.47	2.97	3.96	4.95	5.94	6.43	7.42	7.91	8.90	9.89
64	2.51	3.01	4.02	5.02	6.03	6.53	7.54	8.04	9.04	10.05
65	2.55	3.06	4.08	5.10	6.12	6.63	7.65	8.16	9.19	10.21
66	2.59	3.11	4.15	5.18	6.22	6.74	7.77	8.29	9.33	10.36
67	2.63	3.16	4.21	5.26	6.31	6.84	7.89	8.42	9.47	10.52
68	2.67	3.20	4.27	5.34	6.41	6.94	8.01	8.54	9.61	10.68
70	2.75	3.30	4.40	5.50	6.59	7.14	8.24	8.79	9.89	10.99
72	2.83	3.39	4.52	5.65	6.78	7.35	8.48	9.04	10.17	11.30
74	2.91	3.49	4.65	5.81	6.97	7.55	8.71	9.29	10.46	11.62
75	2.94	3.53	4.71	5.89	7.07	7.65	8.83	9.42	10.60	11.78
76	2.98	3.58	4.77	5.97	7.16	7.76	8.95	9.55	10.74	11.93
78	3.06	3.67	4.90	6.12	7.35	7.96	9.19	9.80	11.02	12.25
80	3.14	3.77	5.02	6.28	7.54	8.16	9.42	10.05	11.30	12.56
82	3.22	3.86	5.15	6.44	7.72	8.37	9.66	10.30	11.59	12.87
84	3.30	3.96	5.28	6.59	7.91	8.57	9.89	10.55	11.87	13.19
85	3.34	4.00	5.34	6.67	8.01	8.67	10.01	10.68	12.01	13.35
86	3.38	4.05	5.40	6.75	8.10	8.78	10.13	10.80	12.15	13.50
88	3.45	4.15	5.53	6.91	8.29	8.98	10.36	11.05	12.43	13.82
89	3.49	4.19	5.59	6.99	8.38	9.08	10.48	11.18	12.58	13.97
90	3.53	4.24	5.65	7.07	8.48	9.18	10.60	11.30	12.72	14.13
92	3.61	4.33	5.78	7.22	8.67	9.39	10.83	11.56	13.00	14.44
93	3.65	4.38	5.84	7.30	8.76	9.49	10.95	11.68	13.14	14.60
95	3.73	4.48	5.97	7.46	8.95	9.70	11.19	11.93	13.42	14.92
96	3.77	4.52	6.03	7.54	9.04	9.80	11.30	12.06	13.57	15.07
98	3.85	4.62	6.15	7.69	9.23	10.00	11.54	12.31	13.85	15.39
100	3.93	4.71	6.28	7.85	9.42	10.21	11.78	12.56	14.13	15.70
102	4.00	4.80	6.41	8.01	9.61	10.41	12.01	12.81	14.41	16.01
104	4.08	4.90	6.53	8.16	9.80	10.61	12.25	13.06	14.70	16.33
105	4.12	4.95	6.59	8.24	9.89	10.72	12.36	13.19	14.84	16.49
110	4.32	5.18	6.91	8.64	10.36	11.23	12.95	13.82	15.54	17.27
115	4.51	5.52	7.22	9.03	10.83	11.74	13.54	14.44	16.25	18.06
120	4.71	5.65	7.54	9.42	11.30	12.25	14.13	15.07	16.96	18.84
125	4.91	5.89	7.85	9.81	11.78	12.76	14.72	15.70	17.66	19.63
130	5.10	6.12	8.16	10.21	12.25	13.27	15.31	16.33	18.37	20.41
135	5.30	6.36	8.48	10.60	12.72	13.78	15.90	16.96	19.08	21.20
140	5.50	6.59	8.79	10.99	13.19	14.29	16.49	17.58	19.78	21.98
145	5.69	6.83	9.11	11.38	13.66	14.80	17.07	18.21	20.49	22.77
150	5.89	7.07	9.42	11.78	14.13	15.31	17.66	18.84	21.20	23.55
155	6.08	7.30	9.73	12.17	14.60	15.82	18.25	19.47	21.90	24.34
160	6.28	7.54	10.05	12.56	15.07	16.33	18.84	20.10	22.61	25.12
165	6.48	7.77	10.36	12.95	15.54	16.84	19.43	20.72	23.32	25.91
170	6.67	8.01	10.68	13.35	16.01	17.35	20.02	21.35	24.02	26.69
175	6.87	8.24	10.99	13.74	16.49	17.86	20.61	21.98	24.73	27.48

συνεχίζεται

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

(συνέχεια)

Βάρος λαμών σιδήρου Σε χιλιόγραμμα ανά τρέχον μέτρο (kg/m)										
Πλά- τος mm	Πάχος mm.									
	5	6	8	10	12	13	15	16	18	20
180	7.07	8.48	11.30	14.13	16.96	18.37	21.20	22.61	25.43	28.26
185	7.26	8.71	11.62	14.52	17.43	18.88	21.78	23.24	26.14	29.05
190	7.46	8.95	11.93	14.92	17.90	19.39	22.37	23.86	26.85	29.83
195	7.65	9.19	12.25	15.31	18.37	19.90	22.96	24.49	27.55	30.62
200	7.85	9.42	12.56	15.70	18.84	20.41	23.55	25.12	28.26	31.40
205	8.05	9.66	12.87	16.09	19.31	20.92	24.14	25.75	28.97	32.19
210	8.24	9.89	13.19	16.49	19.78	21.43	24.73	26.38	29.67	32.97
215	8.44	10.13	13.50	16.88	20.25	21.94	25.32	27.00	30.38	33.76
220	8.64	10.36	13.82	17.27	20.72	22.45	25.91	27.63	31.09	34.54
225	8.83	10.60	14.13	17.66	21.20	22.96	26.49	28.26	31.79	35.33
230	9.03	10.83	14.44	18.06	21.67	23.47	27.08	28.89	32.50	36.11
235	9.22	11.07	14.76	18.45	22.14	23.98	27.67	29.52	33.21	36.90
240	9.42	11.30	15.07	18.84	22.61	24.49	28.26	30.14	33.91	37.68
245	9.62	11.54	15.39	19.23	23.08	25.00	28.85	30.77	34.62	38.47
250	9.81	11.78	15.70	19.63	23.55	25.51	29.44	31.40	35.33	39.25
255	10.01	12.01	16.01	20.02	24.02	26.02	30.03	32.03	36.03	40.04
260	10.21	12.25	16.33	20.41	24.49	26.53	30.62	32.66	36.74	40.82
265	10.40	12.48	16.64	20.80	24.96	27.04	31.20	33.28	37.45	41.61
270	10.60	12.72	16.96	21.20	25.43	27.55	31.79	33.91	38.15	42.39
275	10.79	12.95	17.27	21.59	25.91	28.06	32.38	34.54	38.86	43.18
280	10.99	13.19	17.58	21.98	26.38	28.57	32.97	35.17	39.56	43.96
285	11.19	13.42	17.90	22.37	26.85	29.08	33.56	35.80	40.27	44.75
290	11.38	13.66	18.21	22.77	27.32	29.60	34.15	36.42	40.98	45.53
295	11.58	13.90	18.53	23.16	27.79	30.11	34.74	37.05	41.68	46.32
300	11.78	14.13	18.84	23.55	28.26	30.62	35.33	37.68	42.39	47.10
305	11.97	14.37	19.15	23.94	28.73	31.13	35.91	38.31	43.10	47.89
310	12.17	14.60	19.47	24.34	29.20	31.64	36.50	38.94	43.80	48.67
315	12.36	14.84	19.78	24.73	29.67	32.15	37.09	39.56	44.51	49.46
320	12.56	15.07	20.10	25.12	30.14	32.66	37.68	40.19	45.22	50.24
325	12.76	15.31	20.41	25.51	30.62	33.17	38.27	40.82	45.92	51.03
330	12.95	15.54	20.72	25.91	31.09	33.68	38.86	41.45	46.63	51.81
335	13.15	15.78	21.04	26.30	31.56	34.19	39.45	42.08	47.34	52.60
340	13.34	16.01	21.35	26.69	32.03	34.70	40.04	42.70	48.04	53.38
350	13.74	16.49	21.98	27.48	32.97	35.72	41.21	43.96	49.46	54.95
360	14.13	16.96	22.61	28.26	33.91	36.74	42.39	45.22	50.87	56.52
370	14.52	17.43	23.24	29.05	34.85	37.76	43.57	46.47	52.38	58.09
380	14.92	17.90	23.86	29.83	35.80	38.78	44.75	47.73	53.69	59.66
390	15.31	18.37	24.49	30.62	36.74	39.80	45.92	48.98	55.11	61.23
400	15.70	18.84	25.12	31.40	37.68	40.82	47.10	50.24	56.52	62.80
410	16.09	19.31	25.75	32.19	38.62	41.84	48.28	51.50	57.93	64.37
420	16.49	19.78	26.38	32.97	39.56	42.86	49.46	52.75	59.35	65.94
430	16.88	20.25	27.00	33.76	40.51	43.88	50.63	54.01	60.76	67.51
440	17.27	20.72	27.63	34.54	41.45	44.90	51.81	55.26	62.17	69.08
450	17.66	21.20	28.26	35.33	42.39	45.92	52.99	56.52	63.59	70.65
460	18.06	21.67	28.89	36.11	43.33	46.94	54.17	57.78	65.00	72.22
470	18.45	22.14	29.52	36.90	44.27	47.96	55.34	59.03	66.41	73.79
480	18.84	22.61	30.14	37.68	45.22	48.98	56.52	60.29	67.82	75.36
490	19.23	23.08	30.77	38.47	46.16	50.00	57.70	61.54	69.24	76.93

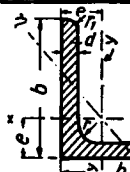
συνεχίζεται

ΠΙΝΑΚΑΣ 2

(συνέχεια)

Βάρος λαμών σιδήρου Σε χιλιόγραμμα ανά τρέχον μέτρο (kg/m)										
Πλά- τος mm	Πάχος mm.									
	5	6	8	10	12	13	15	16	18	20
500	19.63	23.55	31.40	39.25	47.10	51.03	58.88	62.80	70.65	78.50
510	20.02	24.02	32.03	40.04	48.04	52.05	60.05	64.06	72.06	80.07
520	20.41	24.49	32.66	40.82	48.98	53.07	61.23	65.31	73.48	81.64
530	20.80	24.96	33.28	41.61	49.93	54.09	62.41	66.57	74.89	83.21
540	21.20	25.43	33.91	42.39	50.87	55.11	63.59	67.82	76.30	84.78
550	21.59	25.91	34.54	43.18	51.81	56.13	64.76	69.08	77.72	86.35
560	21.98	26.38	35.17	43.96	52.75	57.15	65.94	70.34	79.13	87.97
570	22.37	26.85	35.80	44.75	53.69	58.17	67.12	71.59	80.54	89.49
580	22.77	27.32	36.42	45.53	54.64	59.19	68.30	72.85	81.95	91.06
590	23.16	27.79	37.05	46.32	55.58	60.21	69.47	74.10	83.37	92.63
600	23.55	28.26	37.68	47.10	56.52	61.23	70.66	75.36	84.78	94.20
610	23.94	28.73	38.31	47.89	57.46	62.25	71.83	76.62	86.19	95.77
620	24.34	29.20	38.94	48.67	58.40	63.27	73.00	77.87	87.61	97.34
630	24.73	29.67	39.56	49.46	59.35	64.29	74.18	79.13	89.02	98.91
640	25.12	30.14	40.19	50.24	60.29	65.31	75.36	80.38	90.43	100.48
650	25.51	30.62	40.82	51.03	61.23	66.33	76.54	81.64	91.69	102.05
660	25.91	31.09	41.45	51.81	62.17	67.35	77.72	82.90	93.26	103.62
670	26.30	31.56	42.08	52.60	63.11	68.37	78.89	84.15	94.67	105.19
680	26.69	32.03	42.70	53.38	64.06	69.39	80.07	85.41	96.08	106.76
690	27.08	32.50	43.33	54.17	65.00	70.42	81.25	86.66	97.50	108.33
700	27.48	32.97	43.96	54.95	65.94	71.44	82.43	87.92	98.91	109.90
710	27.87	33.44	44.59	55.74	66.88	72.46	83.60	89.18	100.32	111.47
720	28.26	33.91	45.22	56.52	67.82	73.48	84.78	90.43	101.74	113.04
730	28.65	34.38	45.84	57.31	68.77	74.50	85.96	91.69	103.15	114.61
740	29.05	34.85	46.47	58.09	69.71	75.52	87.14	92.94	104.56	116.18
750	29.44	35.33	47.10	58.88	70.65	76.54	88.31	94.20	105.98	117.75
760	29.83	35.80	47.93	59.66	71.59	77.56	89.49	95.46	107.39	119.32
770	30.22	36.27	48.36	60.45	72.58	78.58	90.67	96.71	108.80	120.89
780	30.62	36.74	48.98	61.23	73.48	79.66	91.85	97.97	110.21	122.46
790	31.01	37.21	49.61	62.02	74.42	80.62	93.02	99.22	111.63	124.03
800	31.40	37.68	50.24	62.80	75.36	81.64	94.20	100.48	113.04	125.60
810	31.79	38.15	50.87	63.59	76.30	82.66	95.38	101.74	114.45	127.17
820	32.19	38.62	51.50	64.37	77.24	83.68	96.56	102.99	115.87	128.74
830	32.58	39.09	52.12	65.16	78.19	84.70	97.73	104.25	117.28	130.31
840	32.97	39.56	52.75	65.94	79.13	85.72	98.91	105.50	118.69	131.88
850	33.36	40.04	53.38	66.73	80.07	86.74	100.09	106.76	120.11	133.45
860	33.76	40.51	54.01	67.51	81.01	87.76	101.27	108.02	121.52	135.02
870	34.15	40.98	54.64	68.30	81.95	88.78	102.44	109.27	122.93	136.59
880	34.54	41.45	55.26	69.08	82.90	89.80	103.62	110.63	124.34	138.16
890	34.93	41.92	55.89	69.87	83.84	90.83	104.80	111.78	125.76	139.73
900	35.33	42.39	56.52	70.65	84.78	91.85	105.98	113.04	127.17	141.30
920	36.11	43.33	57.78	72.22	86.66	93.89	108.33	115.55	130.00	144.44
940	36.90	44.27	59.03	73.79	88.55	95.93	110.69	118.06	132.82	147.58
960	37.68	45.22	60.29	75.36	90.43	97.97	113.04	120.58	135.65	150.72
980	38.47	46.16	61.54	76.93	92.32	100.01	115.40	123.09	138.47	153.86
1000	39.25	47.10	62.80	78.50	94.20	102.05	117.75	125.60	141.30	157.00

ΠΙΝΑΚΑΣ 4
Ανισοσκελείς σιδηρογωνίες

 $J = \text{Ροπή αδράνειας}, W = \text{Ροπή αντίστασης}$ $i = \text{Ακτίνα αδράνειας}, e = \text{Απόσταση κέντρου βάρους}$										
Τυποποιημένα μήκη 3 έως 12 m										
Συμβολισμός $b \cdot b \cdot d$	r, r_1 mm	Διατομή F cm ²	Βάρος G kg/m	J_x cm ⁴	W_x cm ³	i_x cm	J_y cm ⁴	W_y cm ³	i_y cm	e cm
15 · 15 · 3	3,5-2	0,82	0,64	0,15	0,15	0,43	0,06	0,09	0,27	0,48
15 · 15 · 4	3,5-2	1,05	0,82	0,19	0,19	0,42	0,08	0,11	0,28	0,51
20 · 20 · 3	3,5-2	1,12	0,88	0,39	0,28	0,59	0,15	0,18	0,37	0,60
20 · 20 · 4	3,5-2	1,45	1,14	0,48	0,35	0,58	0,19	0,21	0,36	0,64
25 · 25 · 3	3,5-2	1,42	1,12	0,79	0,45	0,75	0,31	0,30	0,47	0,73
25 · 25 · 4	3,5-2	1,85	1,45	1,01	0,58	0,74	0,40	0,37	0,47	0,76
25 · 25 · 5	3,5-2	2,26	1,77	1,18	0,69	0,72	0,50	0,44	0,47	0,80
30 · 30 · 3	5-2,5	1,74	1,36	1,41	0,65	0,90	0,57	0,48	0,57	0,84
30 · 30 · 4	5-2,5	2,27	1,78	1,81	0,86	0,89	0,76	0,61	0,58	0,89
30 · 30 · 5	5-2,5	2,78	2,18	2,16	1,04	0,88	0,91	0,70	0,57	0,92
35 · 35 · 4	5-2,5	2,67	2,10	2,96	1,18	1,05	1,24	0,88	0,68	1,00
35 · 35 · 5	5-2,5	3,28	2,57	3,56	1,45	1,04	1,49	1,10	0,67	1,04
35 · 35 · 6	5-2,5	3,37	3,04	4,14	1,71	1,04	1,77	1,16	0,68	1,08
40 · 40 · 4	6-3	3,08	2,42	4,48	1,56	1,21	1,86	1,18	0,78	1,12
40 · 40 · 5	6-3	3,79	2,97	5,43	1,91	1,20	2,22	1,35	0,77	1,16
40 · 40 · 6	6-3	4,48	3,52	6,23	2,26	1,19	2,67	1,57	0,77	1,20
45 · 45 · 5	7-3,5	4,30	3,38	7,83	2,43	1,35	3,25	1,80	0,87	1,28
45 · 45 · 7	7-3,5	5,86	4,60	10,40	3,31	1,33	4,39	2,29	0,87	1,36
50 · 50 · 5	7-3,5	4,80	3,77	11,00	3,05	1,51	4,59	2,32	0,98	1,40
50 · 50 · 6	7-3,5	5,69	4,47	12,28	3,61	1,50	5,24	2,57	0,96	1,45
50 · 50 · 7	7-3,5	6,56	5,15	14,60	4,15	1,49	6,02	2,85	0,96	1,49
50 · 50 · 9	7-3,5	8,24	6,47	17,90	5,20	1,47	7,67	3,47	0,97	1,56
55 · 55 · 6	8-4	6,31	4,95	17,30	4,40	1,66	7,24	3,28	1,07	1,56
55 · 55 · 8	8-4	8,23	6,46	22,10	5,72	1,64	9,35	4,03	1,07	1,64
55 · 55 · 10	8-4	10,10	7,90	26,30	6,97	1,62	11,30	4,65	1,06	1,72
60 · 60 · 6	8-4	6,91	5,42	22,80	5,29	1,82	9,43	3,95	1,17	1,69
60 · 60 · 8	8-4	9,03	7,09	29,10	6,88	1,80	12,10	4,84	1,16	1,77
60 · 60 · 10	8-4	11,10	8,69	34,90	8,41	1,78	14,60	5,57	1,15	1,85
65 · 65 · 7	9-4,5	8,70	6,83	33,40	7,18	1,96	13,80	5,27	1,26	1,85
65 · 65 · 9	9-4,5	11,00	8,62	41,30	9,04	1,94	17,20	6,30	1,25	1,93
65 · 65 · 11	9-4,5	13,20	10,30	48,80	10,80	1,91	20,70	7,31	1,25	2,00
70 · 70 · 7	9-4,5	9,40	7,38	42,40	8,43	2,12	17,60	6,31	1,37	1,97
70 · 70 · 9	9-4,5	11,90	9,34	52,60	10,60	2,10	22,00	7,59	1,36	2,05
70 · 70 · 11	9-4,5	14,30	11,20	61,80	12,70	2,08	26,00	8,64	1,35	2,13
75 · 75 · 8	10-5	11,50	9,03	58,90	11,00	2,26	24,40	8,11	1,46	2,13
75 · 75 · 10	10-5	14,10	11,10	71,40	13,50	2,25	29,80	9,55	1,45	2,21
75 · 75 · 12	10-5	16,70	13,10	82,40	15,80	2,22	34,70	10,70	1,44	2,29

συνεχίζεται

ΠΙΝΑΚΑΣ 3
Ισοσκληρείς σιδηρογωνίες

(συνέχεια)

J = Ροπή αδράνειας, W = Ροπή αντιστάσεως
 i = Ακτίνα αδράνειας, e = Απόσταση κέντρου βάρους

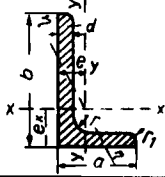
Τυποποιημένα μήκη 3 έως 12 m.

Συμβολισμός $b \cdot b \cdot d$	t , mm	Δια- τομή F cm ²	Βάρος G kg/m	J_x cm ⁴	W_x cm ³	i_x cm	J_y cm ⁴	W_y cm ³	i_y cm	e cm
80 · 80 · 8	10-5	12,3	9,66	72,3	12,6	2,42	29,6	9,25	1,55	2,26
80 · 80 · 10	10-5	15,1	11,9	87,5	15,5	2,41	35,9	10,9	1,54	2,34
80 · 80 · 12	10-5	17,9	14,1	102	18,2	2,39	43,0	12,6	1,53	2,41
80 · 80 · 14	10-5	20,6	16,1	115	20,8	2,36	48,6	13,9	1,54	2,48
90 · 90 · 9	11-5,5	15,5	12,2	116	18,0	2,74	47,8	13,3	1,76	2,54
90 · 90 · 11	11-5,5	18,7	14,7	138	21,6	2,72	57,1	15,4	1,75	2,62
90 · 90 · 13	11-5,5	21,8	17,1	158	25,1	2,69	65,9	17,3	1,74	2,70
90 · 90 · 16	11-5,5	26,4	20,7	186	30,1	2,66	79,1	19,9	1,73	2,81
100 · 100 · 10	12-6	19,2	15,1	177	24,7	3,04	73,3	18,4	1,95	2,82
100 · 100 · 12	12-6	22,7	17,8	207	29,2	3,02	86,02	21,0	1,95	2,90
100 · 100 · 14	12-6	26,2	20,6	235	33,5	3,00	98,3	23,4	1,94	2,98
100 · 100 · 16	12-6	29,6	23,2	262	37,7	2,97	111	25,6	1,93	3,06
110 · 110 · 10	12-6	21,2	16,6	239	30,1	3,36	98,6	22,7	2,16	3,07
110 · 110 · 12	12-6	25,1	19,7	280	35,7	3,34	116	26,1	2,15	3,15
110 · 110 · 14	12-6	29,0	22,8	319	41,0	3,32	133	29,3	2,14	3,21
120 · 120 · 11	13-6,5	25,4	19,9	341	39,5	3,66	140	29,5	2,35	3,36
120 · 120 · 13	13-6,5	29,7	23,3	394	46,0	3,64	162	33,3	2,34	3,44
120 · 120 · 15	13-6,5	33,9	26,6	446	52,5	3,63	186	37,5	2,34	3,51
130 · 130 · 12	14-7	30,0	23,6	472	50,4	3,97	194	37,7	2,54	3,64
130 · 130 · 14	14-7	34,7	27,2	540	58,2	3,94	223	42,4	2,53	3,72
130 · 130 · 16	14-7	39,3	30,9	605	65,8	3,92	251	46,7	2,52	3,80
140 · 140 · 13	15-7,5	35,0	27,5	638	63,3	4,27	262	47,3	2,74	3,92
140 · 140 · 15	15-7,5	40,0	31,4	723	72,3	4,25	298	52,7	2,73	4,00
140 · 140 · 17	15-7,5	45,0	35,3	805	81,2	4,23	334	57,9	2,72	4,08
150 · 150 · 14	16-8	40,3	31,6	845	78,2	4,58	347	58,3	2,94	4,21
150 · 150 · 16	16-8	45,7	35,9	949	88,7	4,56	391	64,4	2,93	4,29
150 · 150 · 18	16-8	51,0	40,1	1050	99,3	4,54	438	71,0	2,93	4,36
160 · 160 · 15	17-8,5	46,1	36,2	1100	95,6	4,88	453	71,3	3,14	4,49
160 · 160 · 17	17-8,5	51,8	40,7	1230	108,0	4,86	506	78,3	3,13	4,57
160 · 160 · 19	17-8,5	57,5	45,1	1350	118,0	4,84	558	84,8	3,12	4,65
180 · 180 · 16	18-9	55,4	43,5	1680	130	5,51	679	95,5	3,50	5,02
180 · 180 · 18	18-9	61,9	48,6	1870	145	5,49	757	105	3,49	5,10
180 · 180 · 20	18-9	68,4	53,7	2040	160	5,47	830	113	3,49	5,18
200 · 200 · 16	18-9	61,8	48,5	2340	162	6,15	943	121	3,91	5,52
200 · 200 · 18	18-9	69,1	54,3	2600	181	6,13	1050	133	3,90	5,60
200 · 200 · 20	18-9	76,4	59,9	2850	199	6,21	1160	144	3,89	5,68

ΠΙΝΑΚΑΣ 4
Ανισοσκελείς σιδηρογωνίες

$J = \text{Ροπή αδράνειας}, W = \text{Ροπή αντιστάσεως}$
 $i = \text{Ακτίνα αδράνειας}, e = \text{Απόσταση κέντρου βάρους}$

Τυποποιημένα μήκη 3 έως 12 m



Συμβολισμός a · b · d	Διατομή F cm ²	Βάρος G kg/m	e _x cm	e _y cm	J _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	J _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	J _z cm ⁴	i _z cm
20 · 30 · 3	1,42	1,11	0,99	0,50	1,25	0,62	0,94	0,44	0,29	0,56	0,25	0,42
20 · 30 · 4	1,85	1,45	1,03	0,54	1,59	0,81	0,93	0,55	0,35	0,55	0,33	0,42
30 · 40 · 3	1,72	1,35	1,43	0,44	2,79	1,08	1,27	0,47	0,30	0,52	0,30	0,42
20 · 40 · 4	2,25	1,77	1,47	0,48	3,59	1,42	1,26	0,60	0,39	0,52	0,39	0,42
30 · 45 · 4	2,87	2,25	1,48	0,74	5,78	1,91	1,42	2,05	0,91	0,85	1,18	0,64
30 · 45 · 5	3,53	2,77	1,52	0,78	6,99	2,35	1,41	2,47	1,11	0,84	1,44	0,64
30 · 60 · 5	4,29	3,37	2,15	0,68	15,6	4,04	1,90	2,60	1,12	0,78	1,69	0,63
30 · 60 · 7	5,85	4,59	2,24	0,76	20,7	5,50	1,88	3,41	1,52	0,76	2,28	0,62
40 · 50 · 3	2,63	2,06	1,48	0,99	6,58	1,87	1,58	3,76	1,25	1,20	1,89	0,85
40 · 50 · 4	3,46	2,71	1,52	1,03	8,54	2,47	1,57	4,86	1,64	1,19	2,46	0,84
40 · 50 · 5	4,27	3,35	1,56	1,07	10,04	3,02	1,56	5,89	2,01	1,18	3,02	0,84
40 · 60 · 5	4,79	3,76	1,96	0,97	17,02	4,25	1,89	6,11	2,02	1,13	3,50	0,86
40 · 60 · 6	5,68	4,46	2,00	1,01	20,1	5,03	1,88	7,12	2,38	1,12	4,12	0,85
40 · 60 · 7	6,55	5,14	2,04	1,05	23,0	5,79	1,87	8,07	2,74	1,11	4,73	0,85
40 · 80 · 6	6,89	5,41	2,85	0,88	44,9	8,73	2,55	7,59	2,44	1,05	4,90	0,84
40 · 80 · 8	9,01	7,07	2,94	0,95	57,6	11,4	2,53	9,68	3,18	1,04	6,41	0,84
50 · 65 · 5	5,54	4,35	1,99	1,25	23,1	5,11	2,04	11,9	3,18	1,47	6,21	1,06
50 · 65 · 7	7,60	5,97	2,07	1,33	31,0	6,99	2,02	15,8	4,31	1,44	8,37	1,05
50 · 65 · 9	9,58	7,52	2,15	1,41	38,2	8,77	2,00	19,4	5,39	1,42	10,5	1,05
50 · 100 · 6	8,73	6,85	3,49	1,04	89,7	13,8	3,20	15,3	3,86	1,32	9,78	1,06
50 · 100 · 8	11,50	8,99	3,59	1,13	116,0	18,0	3,18	19,5	5,04	1,31	12,6	1,05
50 · 100 · 10	14,10	11,10	3,67	1,20	141,0	22,2	3,16	23,4	6,17	1,29	15,5	1,04
55 · 75 · 5	6,30	4,95	2,31	1,33	35,5	6,84	2,37	16,2	3,89	1,60	8,68	1,17
55 · 75 · 7	8,66	6,80	2,40	1,41	47,9	9,39	2,35	21,8	5,32	1,59	11,8	1,17
55 · 75 · 9	10,90	8,59	2,47	1,48	59,4	11,80	2,33	26,8	6,66	1,57	14,8	1,16
60 · 90 · 6	8,69	6,82	2,89	1,41	71,7	11,7	2,87	25,8	5,61	1,72	14,6	1,30
60 · 90 · 8	11,40	8,96	2,97	1,49	92,5	15,4	2,85	33,0	7,31	1,70	19,0	1,29
60 · 90 · 10	14,10	11,0	3,05	1,56	112,0	18,8	2,82	39,6	8,92	1,68	23,1	1,28
65 · 75 · 6	8,11	6,37	2,19	1,70	44,0	8,3	2,33	30,7	6,39	1,94	14,4	1,34
65 · 75 · 8	10,60	8,34	2,28	1,78	56,7	10,9	2,31	39,4	8,34	1,92	18,8	1,33
65 · 75 · 10	13,10	10,30	2,35	1,86	68,4	13,3	2,29	47,3	10,20	1,90	23,0	1,33
65 · 80 · 6	8,41	6,60	2,39	1,65	52,8	9,41	2,51	31,2	6,44	1,93	15,6	1,36
65 · 80 · 8	11,00	8,66	2,47	1,73	68,1	12,3	2,49	40,1	8,41	1,91	20,3	1,36
65 · 80 · 10	13,60	10,7	2,55	1,81	82,2	15,1	2,46	48,3	10,3	1,89	24,8	1,35
65 · 80 · 12	16,00	12,6	2,63	1,88	95,4	17,8	2,44	55,8	12,1	1,87	29,2	1,35

συνεχίζεται

ΠΙΝΑΚΑΣ 3
Ισοσκελείς σιδηρογωνίες

(συνέχεια)

$J = \text{Ροπή αδράνειας}, W = \text{Ροπή αντιστάσεως}$
 $i = \text{Ακτίνα αδράνειας}, e = \text{Απόσταση κέντρου βάρους}$

L
Τυποποιημένα μήκη 3 έως 12 m.

Συμβολισμός a · b · d	Διατομή F cm ²	Βάρος G kg/m	e _x cm	e _y cm	J _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	J _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm	J _z cm ⁴	i _z cm
65 · 100 · 7	11,2	8,77	3,23	1,51	113	16,6	3,17	37,6	7,54	1,84	21,6	1,39
65 · 100 · 9	14,2	11,1	3,32	1,59	141	21,0	3,15	46,7	9,52	1,82	27,2	1,39
65 · 100 · 11	17,1	13,4	3,40	1,67	167	25,3	3,13	55,1	11,4	1,80	32,6	1,38
65 · 115 · 8	13,8	10,9	3,94	1,46	188	24,8	3,69	44,2	8,78	1,79	27,4	1,41
65 · 115 · 10	17,1	13,4	4,02	1,54	229	30,6	3,66	53,2	10,80	1,77	33,2	1,40
65 · 130 · 8	15,1	11,9	4,56	1,37	263	31,1	4,17	44,8	8,72	1,72	28,6	1,38
65 · 130 · 10	18,6	14,6	4,65	1,45	321	38,4	4,15	54,2	10,7	1,71	35,0	1,37
65 · 130 · 12	22,1	17,3	4,74	1,53	376	45,5	4,12	63,0	12,7	1,69	41,2	1,37
75 · 90 · 7	11,1	8,74	2,67	1,93	88,1	13,9	2,81	55,5	9,98	2,23	27,1	1,56
75 · 90 · 9	14,1	11,1	2,76	2,01	110	17,6	2,79	69,1	12,6	2,21	34,1	1,56
75 · 90 · 11	17,0	13,4	2,83	2,09	130	21,1	2,77	81,7	18,5	2,19	40,9	1,55
75 · 100 · 7	11,9	9,32	3,06	1,83	118	17,0	3,15	56,9	10,0	2,19	30,1	1,59
75 · 100 · 9	15,1	11,8	3,15	1,91	148	21,5	3,13	71,0	12,7	2,17	37,8	1,59
75 · 100 · 11	18,2	14,3	3,23	1,99	176	25,9	3,11	84,0	15,3	2,15	45,4	1,58
75 · 130 · 8	15,9	12,5	4,36	1,65	276	31,9	4,17	68,3	11,7	2,08	41,3	1,61
75 · 130 · 10	19,6	15,4	4,45	1,73	337	39,4	4,14	82,9	14,4	2,06	50,6	1,61
75 · 130 · 12	23,3	18,3	4,53	1,81	395	46,6	4,12	96,5	17,0	2,04	59,6	1,60
75 · 150 · 9	19,5	15,3	5,28	1,57	455	46,8	4,83	78,3	13,2	2,00	50,0	1,60
75 · 150 · 11	23,6	18,6	5,37	1,65	545	56,6	4,80	93,0	15,9	1,98	59,8	1,59
75 · 150 · 13	27,7	21,7	5,45	1,73	631	66,1	4,78	107,0	18,5	1,96	69,4	1,58
80 · 120 · 8	15,5	12,2	3,83	1,87	226	27,6	3,82	80,8	13,2	2,29	45,8	1,72
80 · 120 · 10	19,1	15,0	3,92	1,95	276	34,1	3,80	98,1	16,2	2,27	56,1	1,71
80 · 120 · 12	22,7	17,8	4,00	2,03	323	40,4	3,77	114	19,1	2,25	66,1	1,71
80 · 120 · 14	26,2	20,5	4,08	2,10	368	46,4	3,75	130	22,0	2,23	75,8	1,70
80 · 160 · 11	25,2	19,8	5,75	1,73	670	65,5	5,16	117	18,6	2,15	-	-
80 · 160 · 12	27,4	21,5	5,78	1,80	715	70,0	5,11	125	20,2	2,15	-	-
80 · 160 · 14	31,7	24,9	5,87	1,87	828	81,5	5,11	142	23,1	2,12	-	-
90 · 130 · 10	21,2	16,6	4,15	2,18	358	40,5	4,11	141	20,6	2,58	78,5	1,93
90 · 130 · 12	25,1	19,7	4,24	2,26	420	48,0	4,09	165	24,4	2,56	92,6	1,92
90 · 130 · 14	29,0	22,8	4,32	2,34	480	55,3	4,07	187	28,1	2,54	106	1,91
100 · 150 · 10	24,2	19,0	4,80	2,34	552	54,1	4,78	198	25,8	2,86	112	2,15
100 · 150 · 12	28,7	22,6	4,89	2,42	650	64,2	4,76	232	30,6	2,84	132	2,15
100 · 150 · 14	33,2	26,1	4,97	2,50	744	74,1	4,73	264	35,2	2,82	152	2,14
100 · 200 · 10	29,2	23,0	6,93	2,01	1220	93,2	6,46	210	26,3	2,68	158	2,13
100 · 200 · 12	34,8	27,3	7,03	2,10	1440	111	6,43	247	31,3	2,67	158	2,13
100 · 200 · 14	40,3	31,6	7,12	2,18	1650	128	6,41	282	36,1	2,65	181	2,12
100 · 200 · 16	45,7	35,9	7,20	2,26	1860	145	6,38	316	40,8	2,63	204	2,11
100 · 200 · 18	51,0	40,0	7,29	2,34	2060	162	6,36	347	45,3	2,61	227	2,11

ΠΙΝΑΚΑΣ 5
Μορφοσίδηρος
Κανονική μορφή

Για $\square 3$ έως και $\square 30$

$b = 0,25 h + 25 \text{ mm}$

$r = t$

$r_1 = \frac{t}{2}$

J - Ροπή αδράνειας
 W - Ροπή αντιστάσεως

i = Ακτίνα αδράνειας

Τυποποιημένα μήκη 4 έως 14 m.

Συμβολισμός	Διαστάσεις mm					Διατομή F cm ²	Βάρος G kg/m	Στατικά στοιχεία διατομής					
	h	b	d	t-r	r ₁			J _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	J _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm
$\square 8$	80	45	6	8	4	11,0	8,9	106	26,5	3,10	19,4	6,36	1,33
$\square 10$	100	50	6	8,5	4,5	13,5	10,9	206	41,2	3,91	29,3	8,49	1,47
$\square 12$	120	55	7	9	4,5	17,0	13,7	364	60,7	4,62	43,2	11,1	1,59
$\square 14$	140	60	7	10	5	20,4	16,4	605	86,4	5,45	62,7	14,8	1,75
$\square 16$	160	65	7,5	10,5	5,5	24,0	19,3	925	116	6,21	85,3	18,3	1,89
$\square 18$	180	70	8	11	5,5	28,0	22,5	1350	150	6,95	114	22,4	2,02
$\square 20$	200	75	8,5	11,5	6	32,2	26,0	1910	191	7,70	148	27,0	2,14
$\square 22$	220	80	9	12,5	6,5	37,4	30,0	2690	245	8,48	197	33,6	2,30
$\square 24$	240	85	9,5	13	6,5	42,3	34,0	3600	300	9,22	248	39,6	2,42
$\square 26$	260	90	10	14	7	48,3	39,0	4820	371	9,99	317	47,7	2,56
$\square 28$	280	95	10	15	7,5	53,3	43,0	6280	448	10,9	399	57,2	2,74
$\square 30$	300	100	10	16	8	58,8	48,0	8030	535	11,7	495	67,8	2,90
$\square 32$	320	100	14	17,5	8,75	75,8	61,0	10870	679	12,1	597	80,6	2,81
$\square 35$	350	100	14	16	8	77,3	62,0	12840	734	12,9	570	75,0	2,72
$\square 38$	381	102	13,34	16	11,2	79,7	64,0	15730	826	14,1	613	78,4	2,78
$\square 40$	400	110	14	18	9	91,5	74,0	20350	1020	14,9	846	102	3,04
$\square W$	ΓΙΑ ΟΧΗΜΑΤΑ												
105 - 65	105	65	8	8	4	17,3	13,6	287	54,7	4,07	61,2	13,2	1,88
145 - 60	145	60	8	8	4	19,8	15,6	585	80,7	5,43	53,6	11,9	1,65
235 - 90	235	90	10	12	6	42,4	33,3	3430	292	9,00	272	40,5	2,53
300 - 75	300	75	10	10	5	42,8	33,6	4930	328	10,7	145	24,2	1,84
300 - 78	300	78	10	13	6,5	47,6	37,4	5860	393	11,1	209	34,7	2,10

ΠΙΝΑΚΑΣ 6
Μορφοσίδηρος δπλού ΤΑΥ
Κανονική μορφή

$h \leq 240 \text{ mm}$	$h \geq 260 \text{ mm}$
$b = 0,4 h + 10 \text{ mm}$	$b = 0,300 h + 35 \text{ mm}$
$d = 0,03 h + 1,5 \text{ mm}$	$d = 0,036 h$
$r = d$; $r_1 \approx 0,6 d$	
Εξαιρείται για τα d, r και r_1 το I 55	

J - Ροπή Αδράνειας
 W - Ροπή αντίστασης
 i - Ακτίνα αδράνειας

Τυποποιημένα μήκη 4 έως 14 m.

Συμβολισμός	Διαστάσεις mm					Διατομή F cm ²	Βάρος G kg/m	Στατικά στοιχεία διατομής					
	h	b	d-r	t	r ₁			J _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	J _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm
I 8	80	42	3,9	5,9	2,3	7,58	6,1	77,8	19,5	3,20	6,29	3,00	0,91
I 10	100	50	4,5	6,8	2,7	10,6	8,5	171	34,2	4,01	12,2	4,88	1,07
I 12	120	58	5,1	7,7	3,1	14,2	11,5	328	54,7	4,81	21,5	7,41	1,23
I 14	140	66	5,7	8,6	3,4	18,3	14,7	573	81,9	5,61	35,2	10,7	1,40
I 16	160	74	6,3	9,5	3,8	22,8	18,5	935	117	6,40	54,7	14,8	1,55
I 18	180	82	6,9	10,4	4,1	27,9	22,5	1450	161	7,20	81,3	19,8	1,71
I 20	200	90	7,5	11,3	4,5	33,5	27	2140	214	8,00	117	26,0	1,87
I 22	220	98	8,1	12,2	4,9	39,6	32	3060	278	8,80	162	33,1	2,02
I 24	240	106	8,7	13,1	5,2	46,1	37	4250	354	9,59	221	41,7	2,20
I 26	260	113	9,4	14,1	5,6	53,4	43	5740	442	10,4	288	51,0	2,32
I 28	280	119	10,1	15,2	6,1	61,1	49	7590	542	11,1	364	61,2	2,45
I 30	300	125	10,8	16,2	6,5	69,1	56	9800	653	11,9	451	72,2	2,56
I 32	320	131	11,5	17,3	6,9	77,8	63	12510	782	12,7	555	84,7	2,67
I 34	340	137	12,2	18,3	7,3	86,8	70	15700	923	13,5	674	98,4	2,80
I 36	360	143	13,0	19,5	7,8	97,1	78	19610	1090	14,2	818	114	2,90
I 38	380	149	13,7	20,5	8,2	107	86	24010	1260	15,0	975	131	3,02
I 40	400	155	14,4	21,6	8,6	118	95	29210	1460	15,7	1160	149	3,13
I 42 1/2	425	163	15,3	23,0	9,2	132	106	36970	1740	16,7	1440	176	3,30
I 45	450	170	16,2	24,3	9,7	147	118	45850	2040	17,7	1730	203	3,43
I 47 1/2	475	178	17,1	25,6	10,3	163	131	56480	2380	18,6	2090	235	3,60
I 50	500	185	18,0	27,0	10,8	180	145	68740	2750	19,6	2480	268	3,72
I 55	550	200	19,0	30,0	11,9	213	171	99180	3610	21,6	3490	349	4,02
I 60	600	215	21,6	32,4	13,0	254	203	139000	4630	23,4	4670	434	4,30

ΠΙΝΑΚΑΣ 7
Μορφοσίδηρος ΤΑΥ
Κανονική μορφή και πλατύπελμο

Κανονική μορφή

Πλατύπελμο

Τυποποιημένα μήκη 3 έως 12 m.

Συμβολισμός	Διαστάσεις mm						Διατομή F cm ²	Βάρος G kg/m	e cm	J _x cm ⁴	W _x cm ³	i _x cm	J _y cm ⁴	W _y cm ³	i _y cm
	b	h	d-t	r	r ₁	r ₂									

Τ

Κανονική μορφή

1 1/2	15	15	2,5	3	1,5	1	0,82	0,65	0,46	0,15	0,14	0,43	0,08	0,11	0,32
2	20	20	3	3	1,5	1	1,12	0,88	0,58	0,38	0,27	0,58	0,20	0,20	0,42
2 1/2	25	25	3,5	3,5	2	1	1,64	1,29	0,73	0,87	0,49	0,73	0,43	0,34	0,51
3	30	30	4	4	2	1	2,26	1,77	0,85	1,72	0,80	0,87	0,87	0,58	0,62
3 1/2	35	35	4,5	4,5	2,5	1	2,97	2,33	0,99	3,10	1,23	1,04	1,57	0,90	0,73
4	40	40	5	5	2,5	1	3,77	2,96	1,12	5,28	1,84	1,18	2,58	1,29	0,83
4 1/2	45	45	5,5	5,5	3	1,5	4,67	3,67	1,26	8,13	2,51	1,32	4,01	1,78	0,93
5	50	50	6	6	3	1,5	5,66	4,44	1,39	12,1	3,36	1,46	6,06	2,42	1,03
6	60	60	7	7	3,5	2	7,94	6,23	1,66	23,8	5,48	1,73	12,2	4,07	1,24
7	70	70	8	8	4	2	10,6	8,32	1,94	44,5	8,79	2,05	22,1	6,32	1,44
8	80	80	9	9	4,5	2	13,6	10,7	2,22	73,7	12,8	2,33	37,0	9,25	1,65
9	90	90	10	10	5	2,5	17,1	13,4	2,48	119	18,2	2,64	58,5	13,0	1,85
10	100	100	11	11	5,5	3	20,9	16,4	2,74	179	24,6	2,92	88,3	17,7	2,05
12	120	120	13	13	6,5	3	29,6	23,2	3,28	366	42,0	3,51	178	29,7	2,45
14	140	140	15	15	7,5	4	39,9	31,3	3,80	660	64,7	4,07	330	47,2	2,88

Τ

Πλατύπελμο

6 - 3	60	30	5,5	5,5	3	1,5	4,64	3,64	0,67	2,58	1,11	0,75	8,62	2,87	1,36
7 - 3 1/2	70	35	6	6	3	1,5	5,94	4,66	0,77	4,49	1,65	0,87	15,1	4,31	1,59
8 - 4	80	40	7	7	3,5	2	7,91	6,21	0,88	7,81	2,50	0,99	28,5	7,13	1,90
9 - 4 1/2	90	45	8	8	4	2	10,2	8,01	1,00	12,7	3,63	1,11	46,1	10,2	2,12
10 - 5	100	50	8,5	8,5	4,5	2	12,0	9,42	1,08	18,7	4,78	1,25	67,7	13,5	2,38
10 - 6	100	60	9	9	4,5	2	13,7	10,7	1,38	34,5	7,50	1,58	75,0	15,0	2,33
10 - 9	100	90	10	10	5	2,5	18,0	14,1	2,50	133,0	20,0	2,72	84,1	16,8	2,46
12 - 6	120	60	10	10	5	2,5	17,0	13,4	1,30	38,0	8,09	1,49	137	22,8	2,84
12 - 8	120	80	10	10	5	2,5	19,0	14,9	1,97	100	16,6	2,29	145	24,0	2,75
16 - 8	160	80	13	13	6,5	3,5	29,5	23,2	1,72	117	18,6	1,99	422	52,8	3,78
18 - 9	180	90	14,5	14,5	7,5	3,5	37,0	29,1	1,93	185	26,2	2,24	670	74,4	4,25

ΠΙΝΑΚΑΣ 8
Σιδηροσωλήνες μορφής τετράγωνης

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΒΑΡΗ

Συμβολισμός	Βάρος, 100 m σωλήνα	Συμβολισμός	Βάρος, 100 m σωλήνα
20 x 20 x 1 mm	87 kg	35 x 35 x 2,5 mm	255 kg
20 x 20 x 1,5 mm	60 kg	40 x 40 x 1,5 mm	181 kg
20 x 20 x 2 mm	113 kg	40 x 40 x 2 mm	239 kg
25 x 25 x 1,5 mm	111 kg	40 x 40 x 2,5 mm	294 kg
25 x 25 x 2 mm	44 kg	40 x 40 x 3 mm	349 kg
25 x 25 x 3 mm	207 kg	45 x 45 x 2,5 mm	334 kg
30 x 30 x 1,5 mm	134 kg	50 x 50 x 2 mm	301 kg
30 x 30 x 2 mm	176 kg	50 x 50 x 2,5 mm	373 kg
30 x 30 x 3 mm	254 kg	50 x 50 x 3 mm	443 kg
35 x 35 x 2 mm	207 kg		

Σχέση υπολογισμού του βάρους ανά τρέχον μέτρο		$\text{kg/m} = \frac{7,85 \times 4 \times (D - S) \times S}{1000}$
---	---	--

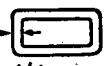
ΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

Μήκος Πλευράς	Πάχος τοιχώματος s	Διατομή F cm ²	Βάρος G kg/m ³	Ροπή Αδράνειας J _x = J _y cm ⁴	Ροπή Αντιστάσεως W _x = W _y cm ³
20	1	0,76	0,58	0,46	0,46
	2	1,44	1,13	0,79	0,79
25	1	0,96	0,76	0,92	0,74
	2	1,84	1,44	1,64	1,31
30	1,5	1,12	0,88	1,63	1,09
	2,5	2,24	1,90	2,94	1,97
40	1,5	2,28	1,79	5,75	2,88
	2,5	3,75	2,95	8,80	4,40
50	1,5	2,82	2,22	11,40	4,57
	2,5	4,75	3,74	17,90	7,16
60	1,5	3,42	2,69	20,00	6,67
	2,5	5,80	4,56	31,70	10,60
70	2	5,44	4,27	42,00	12,00
	3	8,04	6,32	60,30	17,20
80	2	6,24	4,90	63,40	15,90
	3	9,24	7,26	90,20	22,50
90	2	7,04	5,54	91,00	20,20
	3	10,40	8,20	132,00	29,40
100	2,5	9,75	7,66	155,00	30,90
	3,5	13,50	10,60	210,00	42,00

ΠΙΝΑΚΑΣ 9
Σιδηροσωλήνες μορφής ορθογωνικής

ΔΙΑΣΤΑΣΕΙΣ ΚΑΙ ΒΑΡΗ

Συμβολισμός	Βάρος, 100 m σωλήνα	Συμβολισμός	Βάρος, 100 m σωλήνα
30 x 15 x 1,5 mm	99 kg	60 x 30 x 1,8 mm	244 kg
40 x 20 x 2 mm	176 kg	60 x 30 x 2 mm	270 kg
40 x 30 x 2 mm	207 kg	60 x 30 x 2,5 mm	334 kg
50 x 30 x 1,5 mm	181 kg	60 x 30 x 1,5 mm	205 kg
50 x 30 x 1,8 mm	216 kg	60 x 40 x 2 mm	301 kg
50 x 30 x 2 mm	239 kg	60 x 40 x 2,5 mm	373 kg
50 x 30 x 2,5 mm	294 kg	67 x 35 x 2 mm	308 kg
50 x 30 x 3 mm	349 kg	67 x 35 x 2,5 mm	381 kg
50 x 35 x 2 mm	254 kg	67 x 35 x 3 mm	452 kg
50 x 25 x 1,8 mm	202 kg	80 x 40 x 2 mm	364 kg
50 x 25 x 2 mm	223 kg	80 x 40 x 2,5 mm	452 kg

Σχέση υπολογισμού του βάρους ανά τρέχον μέτρο	 $D = 1/4 \text{ του αθροίσματος των 4 πλευρών}$	$\text{kg/m} = \frac{7,85 \times 4 \times (D-S) \times S}{1000}$
---	---	--

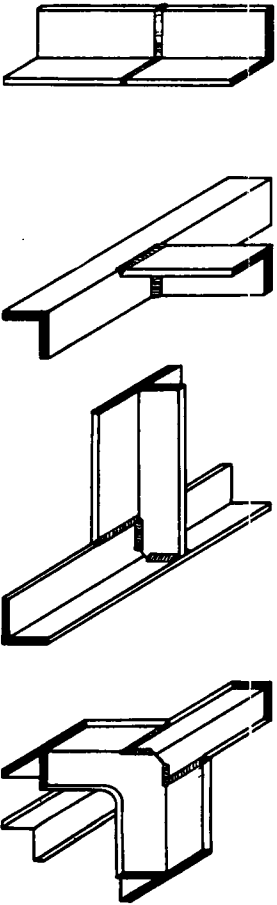
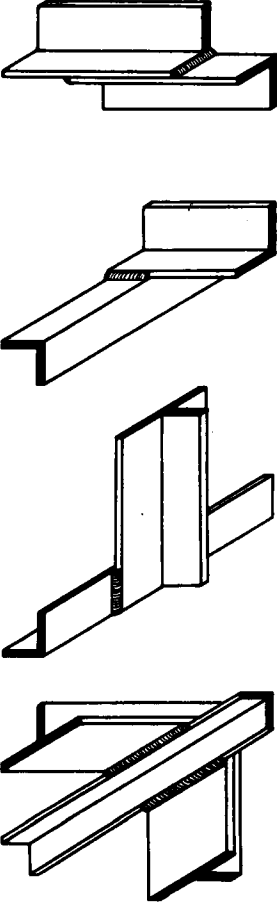
ΣΤΑΤΙΚΑ ΣΤΟΙΧΕΙΑ ΔΙΑΤΟΜΗΣ

Υψος h	Πλάτος b	Πάχος τοιχώματος s	Διατομή F cm ²	Βάρος G kg/m ³	Ροπή Αδράνειας J _x cm ⁴	Ροπή Αντίστασης W _x cm ³	Ροπή Αδράνειας J _y cm ⁴	Ροπή Αντίστασης W _y cm ³
30	15	1	0,86	0,68	1,08	0,72	0,33	0,44
		2	1,64	1,29	1,76	1,18	0,65	0,86
40	20	1	1,16	0,91	2,44	1,22	0,82	0,82
		2	2,24	1,76	4,44	2,22	1,45	1,45
50	25	1,5	2,16	1,91	7,00	2,80	2,34	1,87
		2,5	3,50	2,75	10,90	4,34	3,35	2,68
60	30	1,5	2,61	2,05	12,30	4,11	4,14	2,76
		2,5	4,25	3,34	19,20	6,39	6,35	4,23
70	35	2	4,04	3,18	22,00	7,33	8,64	4,93
		3	5,94	4,67	36,70	10,50	12,00	6,85
80	40	2	4,64	3,64	39,00	9,75	13,10	6,56
		3	6,84	5,38	53,80	13,90	18,50	9,23
90	45	2	5,24	4,11	56,20	12,50	18,90	8,42
		3	7,74	6,09	80,80	17,90	26,90	12,00
100	50	2,5	7,25	5,69	95,20	19,00	32,00	12,80
		3,5	10,00	7,86	129,00	25,70	42,50	17,00
120	60	2,5	8,75	6,87	167,00	27,80	57,60	18,90
		3,5	12,10	9,51	226,00	37,60	85,80	28,60
140	70	2,5	10,30	8,05	268,00	38,30	91,40	26,10
		3,5	14,20	11,20	369,00	52,70	123,00	35,20

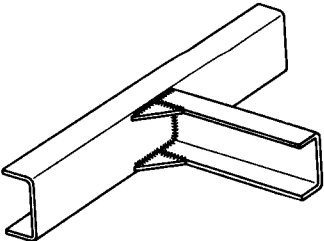
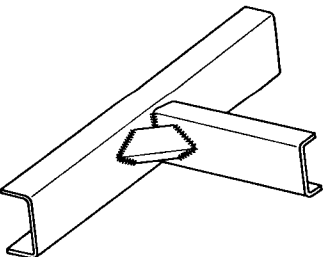
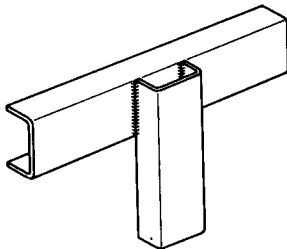
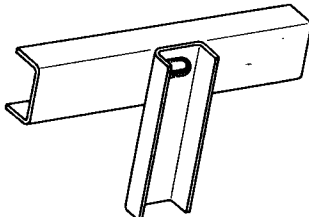
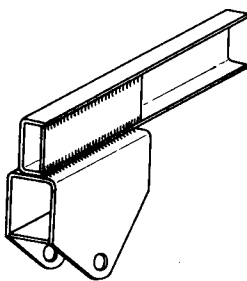
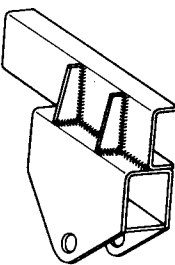
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ ΙΙ

ΥΠΟΔΕΙΞΕΙΣ ΣΥΝΔΕΣΕΩΝ
ΚΑΙ
ΕΝΔΕΙΚΤΙΚΕΣ ΠΕΡΙΠΤΩΣΕΙΣ ΕΦΑΡΜΟΓΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

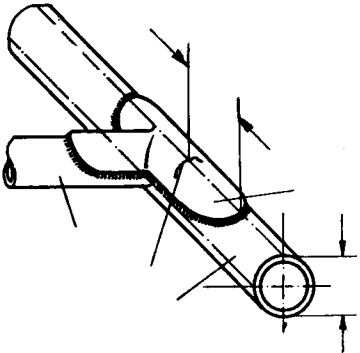
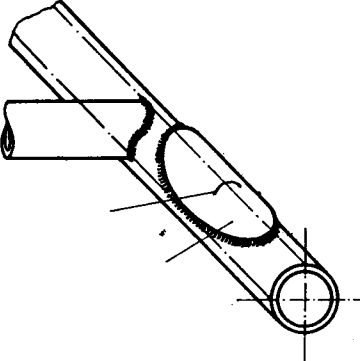
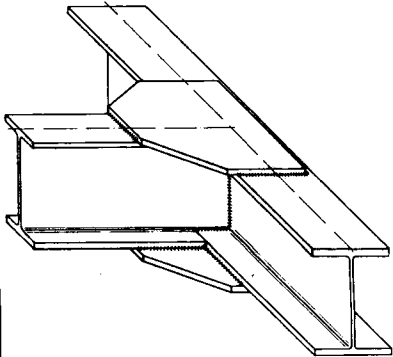
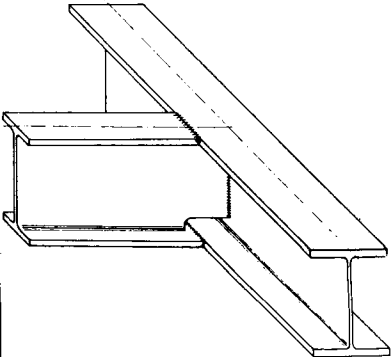
Συνδέσεις μορφοσιδήρων διαφόρων μορφών

Συνιστώμενη	Μη συνιστώμενη
	

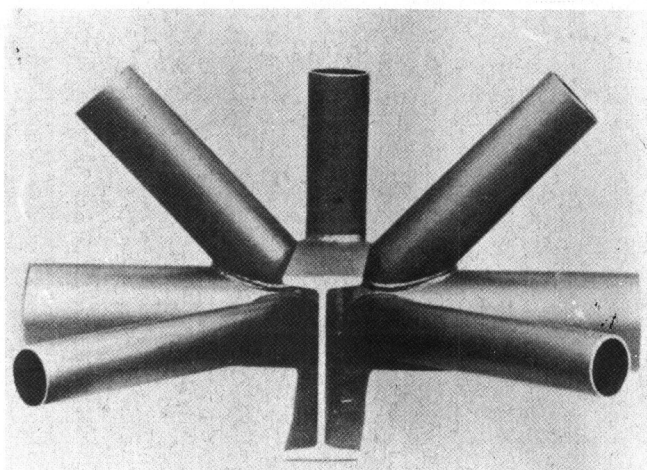
Συγκολλήσεις κόμβων κατά την κατασκευή αμαξωμάτων

Λάθος σύνδεση	Σωστή σύνδεση
	
	
	

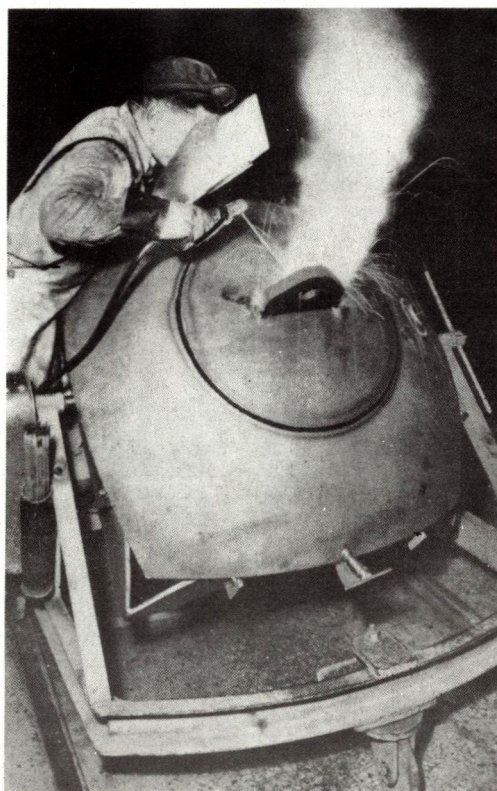
Τοποθέτηση ενισχύσεως κοντά σε σύνδεσμο σωλήνων

Σωστή	Λάθος
	
Διαμόρφωση κόμβου σιδερένιας κατασκευής	
	

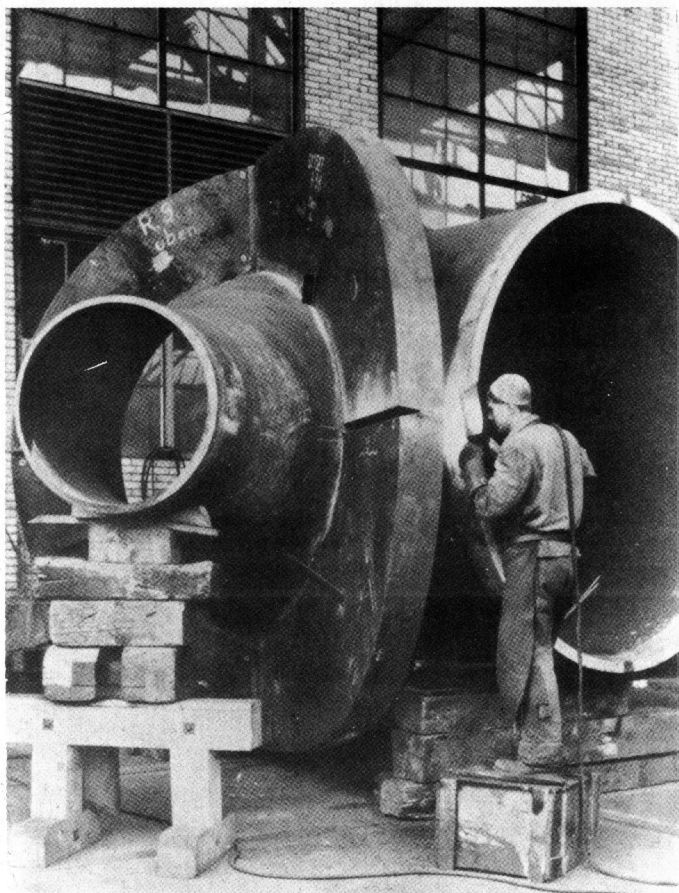
**Διαμόρφωση κόμβου σύνθετης σιδερένιας κατασκευής
από σιδηροσωλήνες και μορφοσίδηρο**



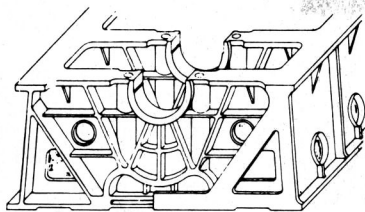
**Εκτέλεση ηλεκτροσυγκολλήσεως μεγάλου τεμαχίου
επάνω σε ιδιοσυσκευή**



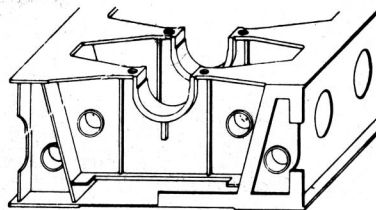
Ηλεκτροσυγκόλληση σωλήνα μεγάλης διαμέτρου



Βάσεις πετρελαιομηχανής



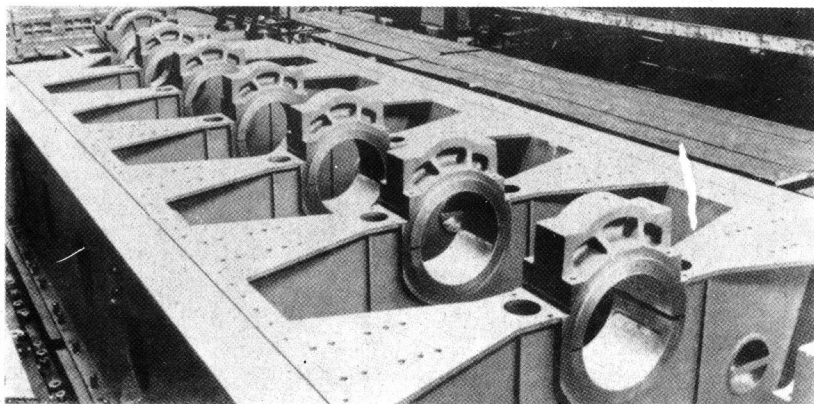
α



β

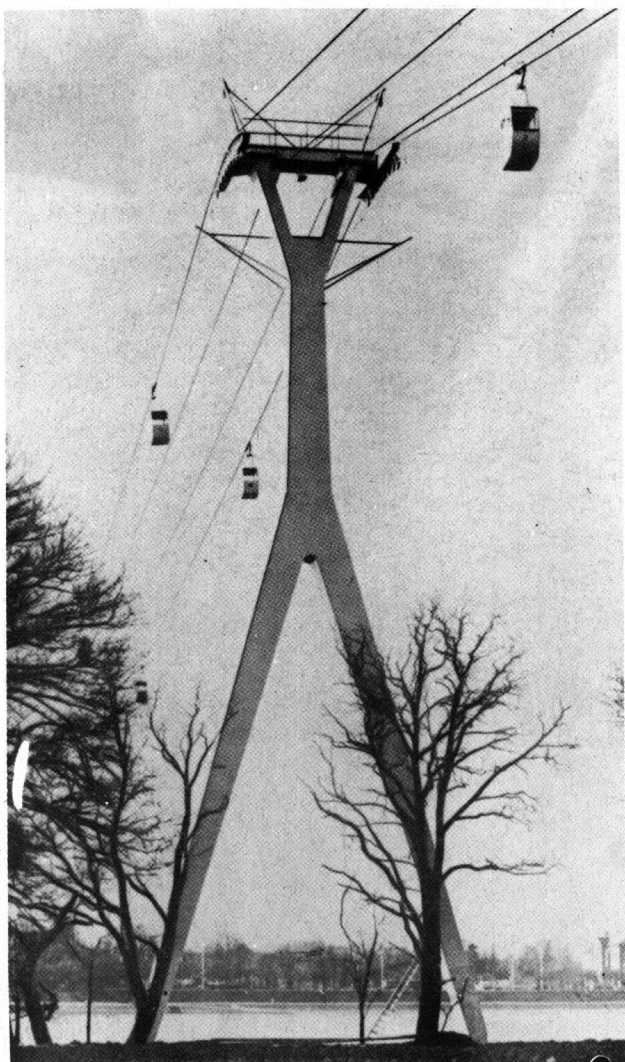
α) Χυτοσιδερένια β) Ηλεκτροσυγκολλητή

Η ηλεκτροσυγκολλητή κατασκευή είναι πιο απλή και ελαφρότερη

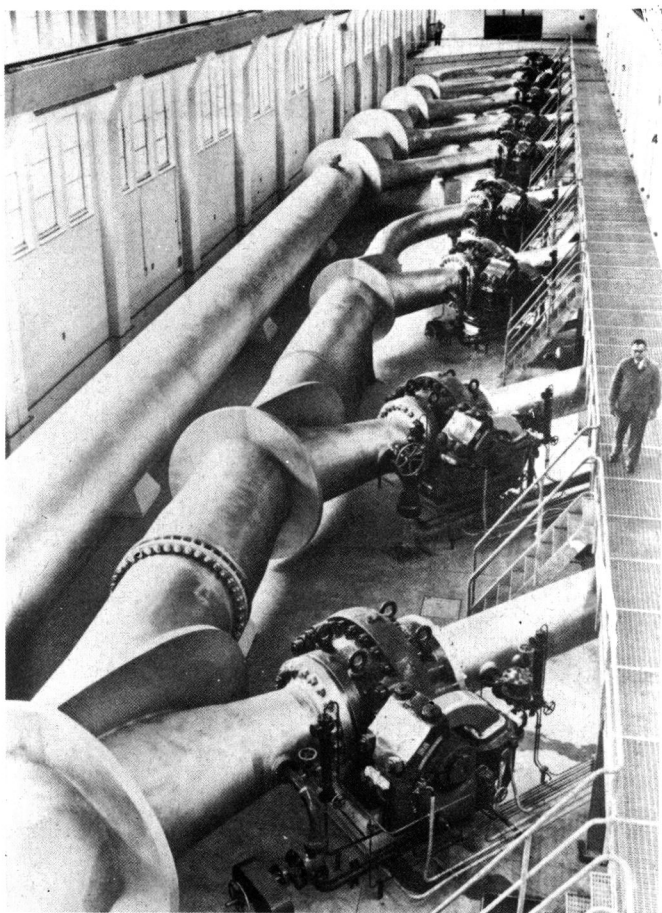


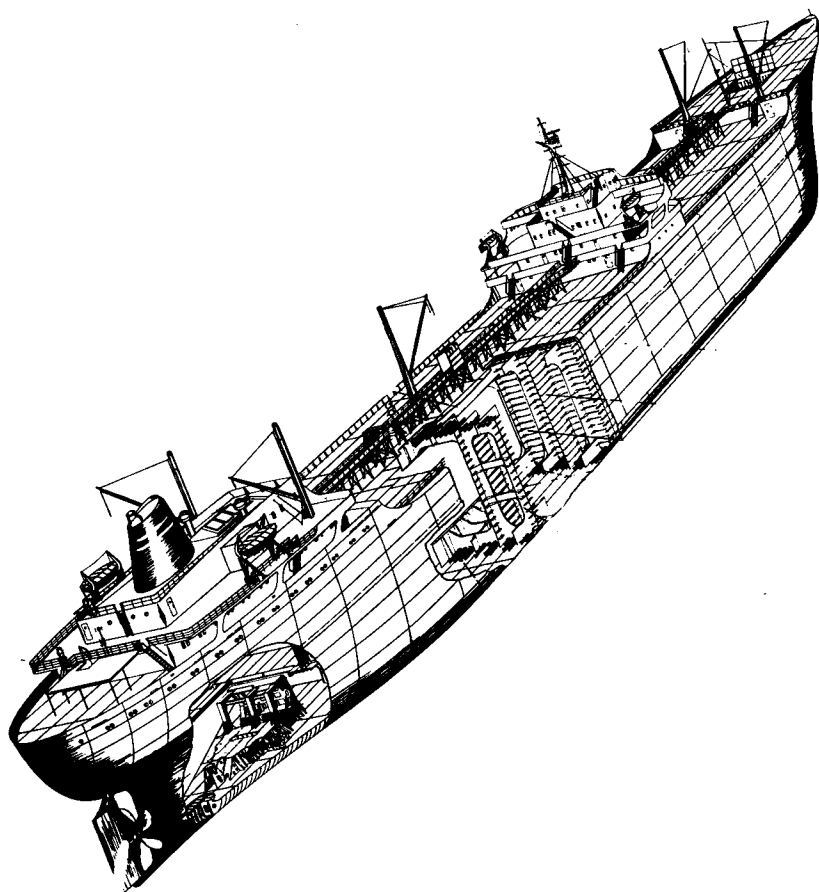
Φωτογραφία της ηλεκτροσυγκολλητής κατασκευής

**Πύργος αναρτήσεως καλωδίων εναερίων θαγονέπτων
κατασκευασμένος με ηλεκτροσυγκόλληση**



**Αγωγοί νερού υδροηλεκτρικού σταθμού κατασκευασμένοι
με ηλεκτροσυγκόλληση**



Δεξαμενόπλοιο 45500 τόννων κατασκευασμένο με ηλεκτροσυγκόλληση

Βάρος χάλυβα 10400 t.
Μήκος του πλοίου 226 m.

Πλεονεκτήματα πλοίου κατασκευασμένου με ηλεκτροσυγκόλληση σε σύγκριση με τα παλαιότερα, κατασκευασμένα με ηλώσεις

- 1) Μικρότερο βάρος
- 2) Καλύτερη στεγανότητα
- 3) Μικρότερος χρόνος κατασκευής
- 4) Μικρότερη αντίσταση πλεύσεως

Μεταλλικά έπιπλα που ο σιδερένιος σκελετός τους
έχει κατασκευασθεί με συγκόλληση



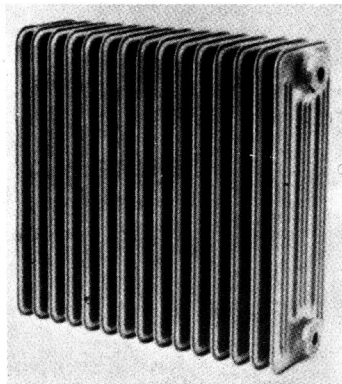
Σκελετός από στρογγυλό χαλυβδοσωλήνα ραφής



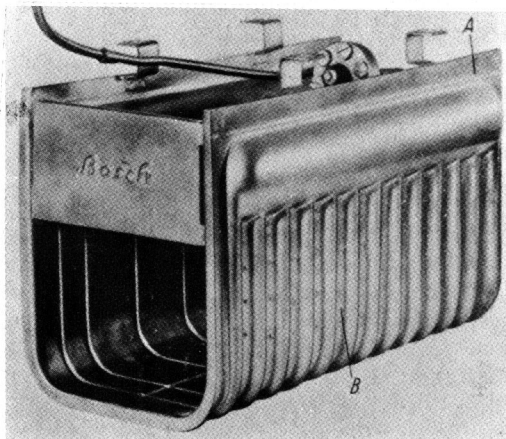
Σκελετός από λαμαρίνα και χαλυβδοσωλήνα ραφής

Ο χαλυβδοσωλήνας ραφής κατασκευάζεται από έλασμα, το οποίο διαμορφώνεται κατάλληλα και συγκολλάται με ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως ραφής (§ 6.3, σχ. 6.38) ή με ηλεκτροσυγκόλληση με επαγωγικό ρεύμα (§ 7.7, σχ. 7.76)

Παραδείγματα εφαρμογής ηλεκτροσυγκολλήσεων αντιστάσεως



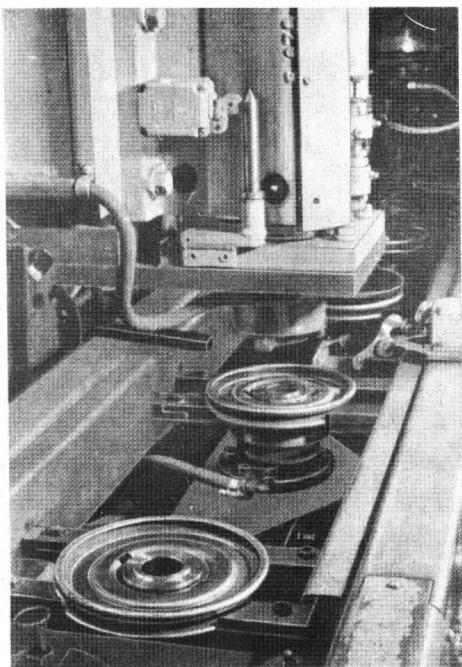
Θερμοπομπός εγκαταστάσεως κεντρικής θερμάνσεως
(Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως ραφής)



Καταψύκτης ηλεκτρικού ψυγείου
(Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστροφης ραφής)

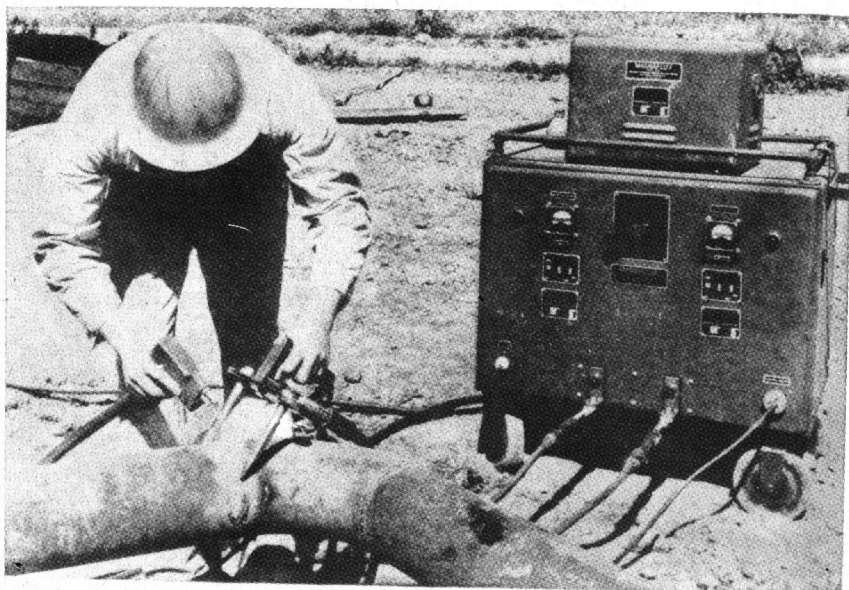
συνεχίζεται

Μηχανή ηλεκτροσυγκολλήσεως με αντίσταση ζαντών (στεφανών) αυτοκινήτων



(Ηλεκτροσυγκόλληση αντιστάσεως με προεκβολές (§ 6.1)

Έλεγχος ηλεκτροσυγκολλήσεως σε υπαίθριο εργοτάξιο,
με στεγνή μαγνητική σκόνη



Διακρίνονται τα άκρα εφαρμογής του μαγνητικού πεδίου και το ακροφύσιο εκτοξεύσεώς της).

COPYRIGHT ΙΔΡΥΜΑΤΟΣ ΕΥΓΕΝΙΔΟΥ

