

ΠΑΝΕΛΛΗΝΙΟΣ      ΣΥΛΛΟΓΟΣ      ΔΙΠΛΩΜΑΤΟΥΧΩΝ  
ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΩΝ - ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΩΝ  
Τ. Μ. Ν. ΜΑΓΝΗΣΙΑΣ

ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ: "ΗΛΕΚΤΡΟΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΕΣ ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ"

ΕΙΣΗΓΗΣΗ

"ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ      ΚΟΠΗΣ      ΚΑΙ      ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ  
ΣΤΙΣ      ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ      ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ"

ΕΚΕΙΝΗΤΗΣ

ΤΖΟΓΙΟΣ ΑΝΔΡΕΑΣ

ΟΚΤΩΒΡΙΟΣ-ΝΟΕΜΒΡΙΟΣ '91

## ΣΕΜΙΝΑΡΙΟ ΕΡΕ

### ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑ ΚΟΠΗΣ ΚΑΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ ΕΙΣ ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΕΓΚΑΤΑΣΤΑΣΕΙΣ, ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ

#### ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ ΣΕΜΙΝΑΡΙΟΥ

1. Εισαγωγή στις μεθόδους σύνδεσης των υλικών. Συγκολλήσεις, ταξινόμηση των μεθόδων συγκόλλησης και των συγγενικών μεθόδων.
2. Μεταλλουργία και συγκόλληση - Συγκολλητότητα των μετάλλων.
3. Βασικές αρχές λειτουργίας των σύγχρονων μεθόδων συγκόλλησης.
4. Ετοιχεία επιλογής των μεθόδων συγκόλλησης. Μεθοδολογίες συγκόλλησης.
5. Εξοπλισμός, μηχανοποίηση και αυτοματοποίηση εκτέλεσης των συγκολλήσεων.
6. Προσωπικό, πιστοποίηση των συγκολλητών.
7. Ασπίδες των μετάλλων, αρχές, εξοπλισμός - Φλογοκοπή - Κοπή με πλάσμα.
8. Επτάγματα των συγκολλήσεων, επικινδυνότητα αυτών.
9. Ποιοτικός έλεγχος των συγκολλήσεων. Καταστροφικοί και μη καταστροφικοί μέθοδοι ελέγχων.
10. Ετοιχεία κόστους των συγκολλήσεων.
11. Επίδραση της σχεδίασης των ενώσεων στο κόστος των κατασκευών.
12. Ετοιχεία συγκόλλησης των ανοξείδωτων χαλύβων.
13. Ετοιχεία συγκόλλησης του αλουμινίου και των κραμάτων αυτού.
14. Ετοιχεία συγκόλλησης των σωληνώσεων.
15. Υγιεινή και ασφάλεια κατά τη συγκόλληση και κοπή των μετάλλων.

Συνολική διάρκεια του σεμιναρίου : 10 ώρες.

Παρουσίαση του σεμιναρίου με σύγχρονα οπτικοακουστικά μέσα (VIDEO, SLIDES).  
Κατά τη διάρκεια του σεμιναρίου θα διανεμηθούν γραπτές σημειώσεις.  
Κατά τη διάρκεια του σεμιναρίου θα διανεμηθούν Ελληνική καθώς και  
εξοδόγηση βιβλιογραφία.

Η παρουσίαση του σεμιναρίου θα γίνει από τον Ανδρέα Τζόγιο, Μηχανολόγο  
Μηχανικό - Μηχανικό Συγκολλήσεων, BSc, MSc, SEN BELING, Πρόεδρο του Ελληνικού  
Ινστιτούτου Τεχνολογίας των Συγκολλήσεων (EΛΙΤΣ).

ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ ΣΤΟΝ ΤΟΜΕΑ ΤΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ (ΣΑΛΙΝΙΣ)

- Καν. Δ. Νολιδότης                      Συγκολλήσεις σιδηρών κατασκευών  
Έκδοση Β, Θεσ/κη 1975
- ΝΙΜΑΝ    Στοιχεία Μηχανών
- Αυγερινός                                        Στοιχεία Μηχανών
- Β. Παπάζογλου                                Επιστήμη και τεχνική των συγκολλήσεων  
Αθήνα 1989
- Α. Καρρίρη                                      Μεταλλοτεχνία - Συγκολλήσεις  
Έκδόσεις Ιδρύματος Ευγενίδου
- Γεωρ. Α. Καπελλάς                            Σημειώσεις μεταλλογραφίας εφαρμοσμένης στις  
συγκολλήσεις. Θεσ/κη 1978
- Σεμινάριο ΤΕΕ                                 Πρακτικά - Συγκολλήσεις μετάλλων και κραυάτων  
Ανασκόπηση των μεθόδων συγκόλλησης  
Αθήνα Μάρτιος 1978
- Α. Ρζόγιος &                                    Συγκόλληση με την μέθοδο MIG / MAG  
Β. Παπάζογλου  
( Υπό έκδοση )

ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

Επιστημονικά Περιοδικά

A. ΒΙΒΛΙΟΘΗΚΗ ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΟΥ ΝΑΥΠΗΓΙΚΗΣ ΤΕΧΝΟΛΟΓΙΑΣ

1. Joining and Materials (Vol. 1, No. 1, 1988 - Vol. 2, No. 8, 1989)  
Έκδοση του Βρετανικού Welding Institute, η οποία συνεχίζει τον τίτλο Metal Construction που διεκόπη τον Ιούνιο του 1988. Η έκδοση αυτή διεκόπη τον Αύγουστο του 1990, και συνεχίζεται στο περιοδικό Welding and Metal Fabrication.
2. Metal Construction (Vol. 10, No. 3, 1978 - Vol. 20, No. 6, 1988)  
Έκδοση του Βρετανικού Welding Institute, η οποία διεκόπη τον Ιούνιο του 1988 και συνεχίζεται με τον τίτλο Joining and Materials.
3. Schweißen und Schneiden (Vol. , No. 1, 1988 - )  
Έκδοση του Γερμανικού Deutsche Verlag für Schweißtechnik, η οποία συνοδεύεται από μετάφραση των τεχνικών άρθρων στην Αγγλική γλώσσα.
4. Transactions of the Japan Welding Research Institute (Vol. 13, No. 2, 1984 - )  
Έκδοση του ομώνυμου Ινστιτούτου Συγκολλήσεων του Πανεπιστημίου της Osaka Ιαπωνίας στην Αγγλική γλώσσα.
5. Transactions of the Japan Welding Society (Vol. 16, No. 1, 1985 - )  
Έκδοση του Ιαπωνικού Επιμελητηρίου Συγκολλήσεων στην Αγγλική γλώσσα.
6. Welding in the World (Vol. 14, No. 1/2, 1976 - )  
Έκδοση του Διεθνούς Ινστιτούτου Συγκολλήσεων, με όλα τα τεχνικά άρθρα στην Αγγλική και την Γαλλική γλώσσα. Σημειώνεται ότι λείπουν τα τεύχη των ετών 1980 - 1982 (Vol. 18 - 20).
7. Welding Journal (Vol. 56, No. 8, 1977 - )  
Έκδοση του Αμερικανικού Επιμελητηρίου Συγκολλήσεων.
8. Welding and Metal Fabrication (Vol. 56, No. 3, 1988 - )  
Ιδιωματική έκδοση.

B. ΆΛΛΑ ΠΕΡΙΟΔΙΚΑ

1. Automatic Welding  
Αγγλική μετάφραση του Ρώσικου Avtomaticheskaya Svarka.
2. Revue de la Soudure  
Έκδοση του Βελγικού Ινστιτούτου Συγκολλήσεων.
3. Schweißtechnik  
Έκδοση του Ελβετικού Ινστιτούτου Συγκολλήσεων.
4. Soudage et Techniques Connexes  
Έκδοση του Γαλλικού Ινστιτούτου Συγκολλήσεων.
5. Welding Production  
Αγγλική μετάφραση του Ρώσικου Svartchne Proizvodstvo.

# ΕΠΙΣΤΗΜΗ ΚΑΙ ΤΕΧΝΙΚΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

## Βιβλία Εργαστηρίου Ναυπηγικής Τεχνολογίας

### A. ΓΕΝΙΚΑ ΒΙΒΛΙΑ

Anon., Welding Technology and Economics, A Japan-German Colloquium, Japan Welding Society, Tokyo, 1983

Arata, Y. and Kobayashi, T., Welding Research in the 1980's, Proc. of an International Conference, Osaka, Japan, 27-29 October, 1980

ASM, Metals Handbook, Vol. 6: Welding, Brazing and Soldering, 5th edition, American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1983

ASM, Welding and Brazing of Carbon Steels (2 volumes), American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1976

AWS, The Welding Environment, American Welding Society, Miami, Florida, 1973

AWS, Welding Handbook (five volumes), 7th edition, American Welding Society, Miami, Florida, 1976, 1978, 1980, 1982, 1984

AWS, Welding Handbook (Vol. 1: Welding Technology), 8th edition, American Welding Society, Miami, Florida, 1987

Brumbaugh, J.E., Welders Guide (2nd edition), Theodore Audel & Co., Indianapolis, Indiana, 1978

Cary, H.B., Modern Welding Technology, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1979

David, S.A. (ed.), Trends in Welding Research in the United States, Proceedings of a Conference, New Orleans, Louisiana, 16-18 November 1981, American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1982

Davies, A.C., The Science and Practice of Welding (Vol. 1: Welding Science and Technology; Vol. 2: The Practice of Welding), 8th edition, Cambridge University Press, Cambridge, 1984; also, 7th edition, 1977

Gourd, L.M., Principles of Welding Technology, Edward Arnold (Publishers) Ltd., London, 1980

Houldcroft, P.T., Welding Process Technology, Cambridge University Press, Cambridge, 1977

Khanapetov, M., Welding and Cutting of Metals, MIR Publishers, Moscow, 1979

Leake, K. and Henthorne, N.J., Electric Arc Welding (Questions and Answers), 3rd edition, Newnes Technical Books, London, 1981

Little, R.L., Welding and Welding Technology, McGraw-Hill Book Company, New York, 1973

Manz, A.F., Welding Power Handbook, Union Carbide Corporation, Tarrytown, New

York, 1973

Nippes, E.F. and Ball, D.J. (eds.), Welding Research. The State of the Art, Proc. of the JDC University Research Symposium, Toronto, Canada, 15-17 Oct. 1985, American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1986

Oyler, G.W. and Arata, Y. (eds.), Welding Research in the World and the Challenges for the 80s, Proc. of an International Congress on Welding Research, Boston, MA, July 13-14, 1984

Parkin, N. and Flood, C.R., Welding Craft Practice (2 volumes), 2nd ed., Pergamon Press, Oxford, 1979 and 1980

Phillips, A.L. (ed.), Current Welding Processes, American Welding Society, Miami, Florida, 1973

Romans, D. and Simons, E.N., Welding Processes and Technology, Sir Isaac Pitman and Sons Ltd., London, 1968

Salter, G.R. (ed.), Developments in Mechanized, Automated and Robotic Welding, Proc. of an International Conference, London, U.K., 18-20 Nov. 1980, The Welding Institute, Abington, England, 1981

Salter, G.R. (ed.), Developments and Innovations for Improved Welding Production, Proc. of the 1st International Conference, Birmingham, U.K., 13-15 Sept. 1983, The Welding Institute, Abington, England, 1984

Schwartz, M.M., Metals Joining Manual, McGraw-Hill Publishing Company, New York, 1979

Simonson, R.D., The History of Welding, Monticello Bks., Jefferson Publ., 1969

Smith, D., Welding Skills and Technology, McGraw-Hill International Editions, 1986

The Procedure Handbook of Arc Welding (12th edition), The Lincoln Electric Company, Cleveland, Ohio, 1973

W.I., Welding Technology Japan, The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1984

## B. ΒΙΒΛΙΑ ΕΙΔΙΚΩΝ ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

A.W.S., Recommended Practices for Plasma Arc Welding, American Welding Society, Miami, Florida, 1973

A.W.S., Recommended Practices for Plasma Arc Cutting, American Welding Society, Miami, Florida, 1983

Fletcher, M.J., Electron Beam Welding, Mills & Boon Ltd., London, 1971

Fletcher, M.J., Friction Welding, Mills & Boon Ltd., London, 1972

Griffin, I.H., Roden, E.M. and Briggs, C.W., Pipe Welding Techniques, Delmar Publishers, Albany, New York, 1972

- I.I.W., Welding of Tubular Structures, Proc. of the 2nd International Conference, Boston, Mass., 16-17 July 1984, Pergamon Press, Oxford, 1984
- Kosteas, D., Geschweisste Aluminium Konstruktionen, Vieweg, Braunschweig, 1978
- Lashko, N. and Lashko S., Brazing and Soldering of Metals, MIR Publishers, Moscow, 1979
- Manko, H.H., Solders and Soldering (2nd edition), McGraw-Hill Book Company, New York, 1979
- Paton, B.E. (editor), Electroslag Welding (2nd edition), American Welding Society, Miami, Florida, 1962
- Phillip, L.D., Shipyard Welding Processes for Hull Construction, Maritime Technology Monograph No. 7, The Royal Institute of Naval Architects, London, 1980
- Rampaul, H., Pipe Welding Procedures, Industrial Press Inc., New York, New York, 1973
- Rykalin, N., Uglov, A. and Kokora, A., Laser Machining and Welding, MIR Publishers, Moscow, 1978
- Schwartz, M.M. (editor), Source Book on Electron Beam and Laser Welding, American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1981
- Vill, V.I., Friction Welding of Metals, American Welding Society, Miami, Florida, 1962
- W.I., Exploiting MIG-Welding Developments, The Welding Institute, Abington Cambridge, 1983

## Γ. ΦΥΣΙΚΗ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

- Lancaster, J.F. (editor), The Physics of Welding, International Institute of Welding, Pergamon Press, Oxford, 1984
- Lucas, W. (ed.), Arc Physics and Weld Pool Behaviour, Proceedings of an International Conference, May 1979, London, The Welding Institute, Abington Cambridge, 1980
- W.I., Physics of Arc Welding, Proceedings of an International Conference, The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1969

## Δ. ΜΕΤΑΛΛΟΥΡΓΙΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

- A.W.S., Introductory Welding Metallurgy, American Welding Society, Miami, Florida, 1968
- Burdekin, F.M., Heat Treatment of Welded Structures, 2nd ed., The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1969

Easterling, K., Introduction to the Physical Metallurgy of Welding, Butterworths & Co. (Publishers) Ltd., London, 1983

Folkhard, E., Welding Metallurgy of Stainless Steels, Springer Verlag, Wien, 1988

Jefferson, T.B. and Woods, G., Metals and How to Weld Them (2nd edition), The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, Cleveland, Ohio, 1962

Lancaster, J.F., Metallurgy of Welding, George Allen & Unwin, London, 1980

Linnert, G.E., Welding Metallurgy (2 volumes), 3rd edition, American Welding Society, Miami, Florida, 1965

Sekiguchi, H., Theory and Proposal on Steel Fusion Welding and Their Applications (revised edition), The Nikkan Kogyo Shimbun, Ltd., Tokyo, 1972

W.I., Weld Thermal Simulators for Research and Problem Solving, Seminar Handbook, London, 27 April 1972, The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1972

## Ε. ΑΝΑΛΥΣΗ ΚΑΙ ΣΧΕΔΙΑΣΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Blodgett, O.W., Design for Welding, American Welding Society, Miami, Florida, 1968

Blodgett, O.W., Design of Weldments, The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, Cleveland, Ohio, 1963

Blodgett, O.W., Design of Welded Structures, The James F. Lincoln Arc Welding Foundation, Cleveland, Ohio, 1966

Chavan, V.K., Structural Welding, Dhanpat Rai & Sons, New Delhi, 1976

Falstus, F., Joints with Fillet Welds, Elsevier, Amsterdam, 1986

Gray, I.G.F., Spence, J. and North, T.H., Rational Welding Design, Newnes - Butterworths, London, 1975

Masubuchi, K., Design and Fabrication of Welded Ships, Lecture Notes, M.I.T. Department of Naval Architecture and Marine Engineering, Cambridge, Mass., April 1968

Μωλιώτου, Π.Δ., Συγκολλήσεις Σιδηρών Κατασκευών, Β' έκδοση, Θεσσαλονίκη, 1975

Pender, J. and Masson, F., Welding Projects : A Design Approach, McGraw-Hill Ryerson Ltd., Toronto, 1976

## ΣΤ. ΘΕΩΡΗΤΙΚΗ ΚΑΙ ΠΕΙΡΑΜΑΤΙΚΗ ΜΗΧΑΝΙΚΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

anon., Nondestructive Evaluation of Residual Stresses, Proceedings of a Workshop held in San Antonio, Texas, August 13-14, 1975, Nondestructive Testing Information



- Brody, H.D. and Apelian, D. (eds.), Modeling of Casting and Welding Processes, Proc. of a Conference, Rindge, New Hampshire, 3-8 August 1980, The Metallurgical Society of AIME, New York, 1981
- Dantzig, J.A. and Berry, J.T. (eds.), Modeling of Casting and Welding Processes II, Proc. of a Conference, Henniker, New Hampshire, July 31 - August 5, 1983, The Metallurgical Society of AIME, New York, 1984
- Fairar, J.C.M. and Dolby, R.E., Lamellar Tearing in Welded Steel Fabrication, The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1972
- Gurney, T.R., Fatigue of Welded Steel Structures (2nd edition), Cambridge University Press, Cambridge, 1979
- Hall, W.J., Kihara, H., Soete, W. and Wells, A.A., Brittle Fracture of Welded Plate, Prentice-Hall, Inc., Englewood Cliffs, N.J., 1967
- I.I.W., Applications of Numerical Techniques in Welding, An I.I.W. Colloquium, International Institute of Welding Annual Assembly, Dublin, Ireland, 1978
- Jones, R.F., Armen, H. and Fong, J.T. (eds.), Numerical Modeling of Manufacturing Processes, ASME Winter Annual Meeting, Atlanta, Georgia, Nov. 27 - Dec. 2, 1977, The American Society of Mechanical Engineers, New York, 1977
- Kihara, H., Watanabe, M., Masubuchi, K. and Satoh, K., Researches of Welding Stress and Shrinkage Distortion in Japan, The Society of Naval Architects of Japan, 60th Anniversary Series, Vol. 4, Tokyo, 1959
- Kula, E. and Weiss, V. (eds.), Residual Stress and Stress Relaxation, 28th Sagamore Army Materials Research Conference, Lake Placid, New York, 13-17 July, 1981, Plenum Press, New York, 1982
- Lucas, W. (ed.), 1st International Conference on Computer Technology in Welding, Proc., London, 3-5 June, 1986, The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1987
- Lucas, W. (ed.), 2nd International Conference on Computer Technology in Welding, Proc., Cambridge, 8-9 June, 1988, The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1988
- Macherauch, E. and Hauk, V. (eds.), Residual Stresses in Science and Technology (2 volumes), DGM Informationsgesellschaft Verlag, 1987
- Masubuchi, K., Analysis of Welded Structures, Pergamon Press, 1980
- Nichols, R.W. (ed.), Residual Stresses in Welded Construction and Their Effects, Proc. of an International Conference, London, 15-17 November, 1977, The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1978
- Osgood, W.R. (ed.), Residual Stresses in Metals and Metal Construction, Reinhold Publishing Co., New York, 1954
- Pellini, W.S., Guidelines for Fracture - Safe and Fatigue - Reliable Design of Steel Structures, The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1986
- Radaj, D., Festigkeitsnachweise (zwei Teilen), Deutscher Verlag für Schweißtechnik, Düsseldorf, 1974
- Richards, K.G., Brittle Fracture of Welded Structures, The Welding Institute,

Abington, Cambridge, 1971

S.A.E., Residual Stress Measurement by X-Ray Diffraction - SAE J784a, 2nd ed., Society of Automotive Engineers Inc., Warrendale, PA, 1971

Salter, G.R. (ed.), Structural Design and Fabrication in Shipbuilding, Proceedings of an International Conference (2 volumes), London, 18-20 November 1975, The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1976

Saperstein, Z.P. (ed.), Control of Distortion and Residual Stress in Weldments, Proc. of an International Conference, Chicago, Illinois, 16-17 November, 1976, American Society for Metals, Metals Park, Ohio, 1977

W.I., Residual Stresses and Their Effect, The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1981

W.I., Control of Distortion in Welded Fabrications, 2nd edition, The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1968

W.I., Improving the Fatigue Performance of Welded Joints, The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1983

Young, W.B. (ed.), Residual Stress in Design, Process and Materials Selection, Proc. of an ASM Conference, Cincinnati, Ohio, 27-29 April, 1987, American Society for Materials International, Metals Park, Ohio, 1987

## 2. ΠΟΙΟΤΗΤΑ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ ΚΑΙ ΕΛΕΓΧΟΣ ΑΥΤΗΣ

Anon., NDT Radiography : Manual, U.S. Government Printing Office, Washington, 1968

A.W.S., Welding Inspection, 2nd edition, The American Welding Society, Miami, Florida, 1980

Burgess, N.T. (ed.), Quality Assurance of Welded Construction, Elsevier Applied Science Publishers, London, 1983

I.I.W., Handbook on the Ultrasonic Examination of Welds, The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1982

Kanezawa, T. and Kobayashi, A.S., Significance of Defects in Welded Structures, Proc. of the Japan - U.S. Seminar, 1973, Tokyo University Press, Tokyo, 1974

Krautkrämer, J. and Krautkrämer, H., Ultrasonic Testing of Materials, 2nd edition, Springer Verlag, Berlin, 1977

Nichols, R.W. (ed.), Fitness for Purpose Validation of Welded Constructions (2 volumes), Proc. of an International Conference, London, 17-19 November 1981, The Welding Institute, Abington, Cambridge, 1982

Idelsch, H., The Sense and Nonsense of Weld Defects, Monticello Books, Lake Zurich, Illinois, 1967

## H. KANONISMΟΙ - ΚΩΔΙΚΕΣ

A.B.S., Requirements for Radiographic Inspection of Hull Welds, American Bureau of Shipping, New York, 1971

A.B.S., Rules for Nondestructive Inspection of Hull Welds, American Bureau of Shipping, Paramus, New Jersey, 1986

A.W.S., Guide for the Nondestructive Inspection of Welds, ANSI/AWS B1.10-86, American Welding Society, Miami, Florida, 1985

A.W.S., Structural Welding Code : Steel, ANSI/AWS D1.1-86, American Welding Society, Miami, Florida, 1986

A.W.S., Guide for Steel Hull Welding, ANSI/AWS D3.5-85, American Welding Society, Miami, Florida, 1985

A.W.S., Structural Welding Code : Aluminum, ANSI/AWS D1.2-83, American Welding Society, Miami, Florida, 1983

A.W.S., Guide for Aluminum Hull Welding, ANSI/AWS D3.7-83, American Welding Society, Miami, Florida, 1983

A.W.S., Specification for Welding of Industrial and Mill Cranes and Other Material Handling Equipment, ANSI/AWS D14.1-85, American Welding Society, Miami, Florida, 1987

B.S. 709:1971, Methods of Testing Fusion Welded Joints and Weld Metal in Steel, British Standards Institution, London, 1971

# ΕΚΠΑΙΔΕΥΣΗ

ΘΕΜΑ: ΠΟΙΟΤΙΚΗ ΕΞΑΣΦΑΛΙΣΗ (ΟΡΙΣΜΟΣ)

Η Ποιοτική Εξασφάλιση περιέχει όλες εκείνες τις ενέργειες οι οποίες πρέπει να γίνουν για να διασφαλιστεί η Ποιότητα ενός προϊόντος.

Η Ποιότητα δεν μπορεί να ρυθμίζεται μέσα από το ίδιο το προϊόν, η Ποιότητα πρέπει να προκαθορίζεται από τα αρχικά στάδια στάδια σχεδιασμού του προϊόντος.

Η Ποιοτική Εξασφάλιση δεν είναι μόνο μία σαφής δραστηριότητα ελέγχου και δεν είναι μόνο μία δραστηριότητα ενός Ελεγκτικού Οργανισμού, ή Τμήματος Επιθεώρησης. Σχεδόν κάθε τμήμα μίας εταιρείας (πχ. παραγωγή, έρευνα, ανάπτυξη προϊόντος, προμήθειες, κοινοτικός έλεγχος), πρέπει να εμπλέκεται με την Ποιοτική Εξασφάλιση. Η διοίκηση κάθε εταιρείας θα πρέπει διά μέσου ενός συστήματος Ποιοτικής Εξασφάλισης, να προσδιορίζει ακριβώς την πολιτική της σχετικά με την ποιότητα του προϊόντος το οποίο πρόκειται να κατασκευάσει.

Όλες οι δραστηριότητες οι οποίες επιρεάζουν την ποιότητα θα πρέπει να είναι σύμφωνες με τις γραπτές οδηγίες, οι οποίες μαζί με τις άλλες δραστηριότητες της Ποιοτικής Εξασφάλισης διατυπώνονται στο βγχειρίδιο Ποιοτικής Εξασφάλισης.

Ένα σύστημα Ποιοτικής Εξασφάλισης θα πρέπει να αποτελείται από τον σχεδιασμό της Ποιότητας και τον Ποιοτικό Έλεγχο.

Ο ΣΧΕΔΙΑΣΜΟΣ ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ είναι η μετά από μελέτη, προδιαγραφή όλων εκείνων των ενεργειών οι οποίες πρέπει να γίνουν πριν την έναρξη της παραγωγής και οι οποίες προκαθορίζουν όλες εκείνες τις απαιτήσεις τις σχετικές με την ποιότητα του προϊόντος.

Τέτοιες ενέργειες πχ. είναι :

- Οργάνωση (πχ. ευκωνυμότητα, εξουσία)
- Προσωπικό (δικλωματούχοι) για επίβλεψη και επιθεώρηση
- Χρήση οργάνων και συσκευών για την κατασκευή, δοκιμή, μέτρηση και επιθεώρηση, καθώς και οι απαιτήσεις ελέγχων κατά τακτά χρονικά διαστήματα, αυτών των οργάνων.

**A.T**

**A. ΤΖΟΓΙΟΣ**

ΤΕΧΝΙΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ - ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ - ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΙΕΣ

ΕΜΜΑΝΟΥΗΛΙΔΟΥ Β - 175 64 ΑΘΗΝΑ

ΤΗΛ. 93 23 722

- Γρακτός καθορισμός όλων εκείνων των μεταβλητών οι οποίες επηρεάζουν την ποιότητα
- Καθορισμός των συνθηκών επιθεώρησης και απαιτήσεων δοκιμών
- Καθορισμός των μεθόδων, καθώς και των πρακτικών τα οποία θα πρέπει να τηρούνται σε όλες τις φάσεις εργασίας.

Ο ΠΟΙΟΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ σαν πρωταρχική δραστηριότητα του τμήματος Ποιοτικού Ελέγχου είναι όλες εκείνες οι ελεγχτικές ενέργειες, οι οποίες είναι αναγκαίες βάσει των προδιαγραφομένων στον Σχεδιασμό της Ποιότητας απαιτήσεων.

Τέτοιες ενέργειες πχ. είναι :

- Έλεγχος των εισερχομένων
- Έλεγχος και χημική ανάλυση των πρώτων υλών
- Μη καταστρεπτικοί έλεγχοι
- Έλεγχος θερμικών καταργασιών
- Έλεγχος παραγωγικών διαδικασιών
- Εξέταση του προσωπικού επιθεώρησης
- Μηχανολογικές και τεχνολογικές δοκιμές
- Μικτοί έλεγχοι
- Έλεγχος αναγνώρισης
- Έλεγχος εγγράφων

Θε πρέπει να αναφαιρθεί ότι, όλα τα αποτελέσματα των ελεγχτικών ενεργειών πρέπει να καταγράφονται και να αρχειοθετούνται.

ΑΠΑΓΟΡΕΥΕΤΑΙ Η ΑΝΑΤΥΠΩΣΗ ΤΟΥ ΠΑΡΟΝΤΟΣ ΧΩΡΙΣ ΓΡΑΠΤΗ ΑΔΕΙΑ

## Η Συγκόλληση των Ανοξειδωτων Χαλύβων

### Εισαγωγή

Ανοξειδωτοι χάλυβες είναι κράματα χαλύβων τα οποία περιέχουν το λιγότερο 12% χρώμιο (Cr), το οποίο προσφέρει στο κράμα αντοχή σε διάβρωση καθώς και αντοχή σε μεγάλες θερμοκρασίες. Οι ανοξειδωτοι χάλυβες περιέχουν επίσης και Νικέλιο (Ni) σε ποσοστό μεγαλύτερο του 6%. Το νικέλιο βελτώνει την αντοχή του χάλυβα σε διάβρωση σε μεγάλες θερμοκρασίες λειτουργίας και τον κάνει πιο ευκολόχρηστο (πιο συγκολλησιμο) για κατασκευές. Για αντοχή σε πολύ μεγάλες θερμοκρασίες το Νικέλιο θα πρέπει να είναι περισσότερο από 15%. Κραματικά στοιχεία όπως είναι το Μολυβδαίνιο (Mo), Τιτάνιο (Ti), Νιόβιο (Nb), Χαλκός (Cu) και Κοβάλτιο (Co), πολλές φορές προστίθενται σε μικρές ποσότητες για να βελιωθούν ακόμη περισσότερο η διαβρωτική αντοχή των ανοξειδωτων χαλύβων καθώς και οι μηχανικές ιδιότητες σε μεγάλες θερμοκρασίες και ειδικές συνθήκες.

Το Χρώμιο προσφέρει στους ανοξειδωτους χάλυβες οξειδωτική προστασία. Γιατί ότι το χρώμιο είναι πολύ αντιδραστικό στοιχείο δημιουργεί ένα πολύ λεπτό στρώμα οξειδίου το οποίο εμποδίζει την εξάπλωση της διάβρωσης. Εάν η επιφάνεια του οξειδίου αυτού τραυματισθεί αμέσως δημιουργείται νέο στρώμα οξειδίου το οποίο συνεχίζει να προσφέρει οξειδωτική προστασία. Όσο πιο λεία είναι η επιφάνεια του μετάλλου τόσο πιο πολύ αυξάνεται το πάχος του οξειδίου αυτού.

Το Νικέλιο προσφέρει στους ανοξειδωτους χάλυβες οξειδωτική προστασία σε χημική διάβρωση, ιδιότητα την οποία δεν μπορεί να προσφέρει μόνο του το χρώμιο. Το Νικέλιο επίσης βελτώνει την συγκολλητικότητα των ανοξειδωτων χαλύβων καθώς και μερικές μηχανικές ιδιότητες όπως είναι αντοχή σε κόπωση, κρούση και ολκιμότητα.

Οι χρωμιοκελαιούχοι ανοξειδωτοι χάλυβες από μεταλλουργικής πλευράς είναι γνωστοί από την ωστενιτική τους δομή. Αυτή η δομή τους καθιστά αντιμαγνητικούς.

Η πιο γνωστή τυποποίηση των ανοξειδωτων χαλύβων είναι αυτή του οργανισμού AISI. Οι πιο γνωστοί ανοξειδωτοι χάλυβες (χρωμιοκελαιούχοι) είναι:

1. Βασικοί τύποι 18/8 (18 Χρώμιο / 8 Νικέλιο) (AISI 301, 302, 304, 305, 308)
2. Μαγγανιούχοι (Κατά AISI η σειρά 200).
3. Χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα (AISI 304 L, 308 L).
4. Εξισορροπημένοι χάλυβες (AISI 321, 347, 348)
5. Μολυβδαίνιοχοι ανοξειδωτοι χάλυβες (AISI 316, 316 L, 317L, D319)
6. Ανοξειδωτοι χάλυβες με αντοχή σε μεγάλες θερμοκρασίες (AISI 302B, 309, 309S, 310, 310S)
7. Ελεύθερα κατεργάσιμοι ανοξειδωτοι χάλυβες (AISI 303, 303 Se).

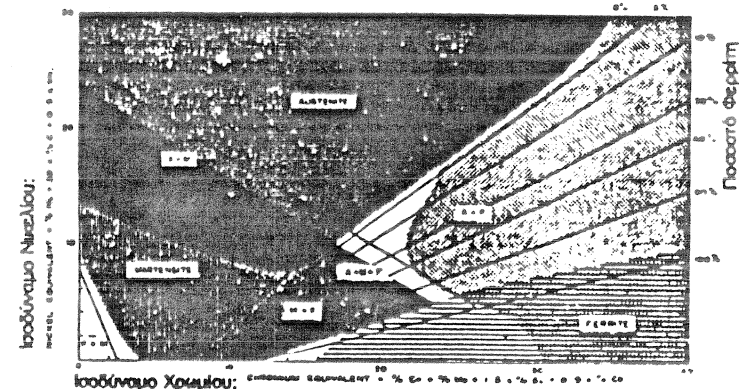
## Είδη ανοξειδωτων χαλύβων - Συγκολλητικότητα

### Διάγραμμα Schaeffler

Το διάγραμμα Schaeffler είναι μία πολύ χρήσιμη μέθοδος για την αξιολόγηση των γενικών μεταλλουργικών χαρακτηριστικών κάθε ανοξειδωτου χάλυβα. Τα διάφορα κραματικά στοιχεία των χαλύβων αυτών εκφράζονται σε ισοπμιές Νικελίου και Χρωμίου. Με την σχεδίαση των ισοπμιών αυτών πάνω σε ένα διάγραμμα Schaeffler προσδιορίζεται ένα σημείο το οποίο κάνει γνωστές όλες τις κύριες φάσεις οι οποίες παρουσιάζονται σε αυτόν τον συγκεκριμένο χάλυβα και οι οποίες καθορίζουν και προσφέρουν χρήσιμες πληροφορίες για την συμπεριφορά του υλικού αυτού κατά την συγκόλληση. Το διάγραμμα του Schaeffler (Σχήμα Νο. 1) είναι χωρισμένο σε διάφορες περιοχές όπως είναι του Μαρτενοίτη (Martensite), του Φερριτίτη (Ferrite), του Ωστενίτη (Austenite) καθώς και ενδιάμεσες ή επικαλυπτόμενες των κυρίων φάσεων περιοχές, όπως είναι A+F (ωστενίτη/φερριτή), A+M (ωστενίτη/μαρτενοίτη), M+F (μαρτενοίτη/φερριτή) και A+M+F (ωστενίτη-μαρτενοίτη-φερριτή).

$$\text{Ισοδύναμο Χρωμίου} = \% \text{Cr} + \% \text{Mo} + 1.5 \times \% \text{Si} + \% 0.5 \times \% \text{Cb}$$

$$\text{Ισοδύναμο Νικελίου} = \% \text{Ni} + 30 \times \% \text{C} + 0.5 \times \% \text{Mn}$$



- Πηγματώσεις Μαρτενοίτη κάτω από τους 400°C
- Διμεταστοιχία σηματοδότησεων πάνω από τους 1250 °C
- Ψαθυρή δομή μετά από ανάπτυξη στους 500-900°C
- Ψαθυρότητα σε μεγάλες θερμοκρασίες

Σχήμα Νο. 1. Διάγραμμα Schaeffler με γραμμικοκλασμένες τις περιοχές όπου παρατηρούνται αλλαγές στις ιδιότητες των ανοξειδωτων χαλύβων.

13.

## Η μαρτενιτική περιοχή

Η μαρτενιτική περιοχή περιλαμβάνει ανοξείδωτα κράματα τα οποία έχουν χαμηλή περιεκτικότητα κραμάτωσης και τα οποία μπορούν να σκληρυνθούν με βαφή με κύριο γνώρισμα τους τη σκληρή και εύθραυστη δομή τους. Η δομή αυτή δημιουργείται λόγω της γρήγορης ψύξης τους από υψηλές θερμοκρασίες. Ηλεκτρόδια με 13% περιεκτικότητα σε χρώμιο βρίσκονται σε αυτήν την περιοχή.

Για την μείωση των προαναφερθέντων μη επιθυμητών ιδιοτήτων οι οποίες δημιουργούνται από την απότομη ψύξη καθώς και για την μείωση των πιθανοτήτων δημιουργίας μαρτενιτικών ρηγματώσεων που παρουσιάζονται κατά την συγκόλληση στην θερμοεπιρεαζόμενη ζώνη, συνιστάται η προθέρμανση των χαλύβων αυτών έτσι ώστε η ψύξη της συγκόλλησης να γίνει με αργό ρυθμό. Ανόπτιση επίσης συνιστάται για την δημιουργία πιο μαλακής δομής στην θερμοεπιρεαζόμενη ζώνη της συγκόλλησης.

## Η ωστενιτική περιοχή

Η καθαρά ωστενιτική ζώνη περιέχει κράματα τέτοια όπως είναι το 18 Cr/13Ni και το 20 Cr/20Ni. Η πλήρης ωστενιτική δομή προσφέρει ορισμένα πλεονεκτήματα όπως είναι αντοχή σε διάβρωση και ερπισμό, αλλά παρουσιάζει τάσεις δημιουργίας ρηγματώσεων ιδίως κατά την στερεοποίηση της συγκόλλησης καθώς και μικρορηγματώσεις κατά την διάρκεια της συγκόλλησης κάτω από συνθήκες αυξημένων τάσεων. Όπως φαίνεται και στο διάγραμμα Schaeffler η δημιουργία ρηγματώσεων εν θερμώ παρατηρείται σε θερμοκρασίες πάνω από τους 1250°C.

## Η περιοχή ωστενίτη - φερρίτη (A+F)

Αυτή η περιοχή η οποία ονομάζεται και «Διπλή» (Dublex), περιλαμβάνει τους πιο διαδεδομένους ωστενιτικούς ανοξείδωτους χάλυβες όπως είναι ο 18Cr/8Ni, 19 Cr/10Ni και ο 25Cr/12 Ni με ή χωρίς Μολυβδαίνιο, Νιόβιο, Τιτάνιο ή Βολφράμιο. Στην περιοχή αυτή ευρίσκονται επίσης οι περισσότεροι ανοξείδωτοι χάλυβες. Οι χάλυβες αυτοί περιέχουν λίγο φερρίτη και αντέχουν στις εν θερμώ ρηγματώσεις. Οι ποιότητες ανοξείδωτων χαλύβων οι οποίες περιέχουν μενάλο ποσοστό σε φερρίτη μπορούν να χάσουν σταδιακά την ολκιμότητα και την αντοχή τους σε κρούση λόγω του μετασχηματισμού του φερρίτη στην εύθραυστη φάση «Σίγμα». Ευτυχές γεγονός είναι ότι για τους περισσότερους ανοξείδωτους χάλυβες δεν ισχύει ο παραπάνω μετασχηματισμός.

## Η φερριτική περιοχή

Σε αυτή την περιοχή βρίσκονται χάλυβες όπως 18% Cr. Η καλή αντοχή αυτού του τύπου ανοξείδωτων χαλύβων σε διάβρωση, ιδίως σε περιβάλλον που υπάρχει θείο, κάνει τους χάλυβες αυτούς να είναι χρήσιμα στην βιομηχανία σε εφαρμογές όπως είναι π.χ. εξοπλισμοί

φούρνων.

Οι συγκολλήσεις οι οποίες γίνονται σε φερριτικούς ανοξείδωτους χάλυβες όμοιας σύνθεσης με το υλικό της βάσης είναι ευαίσθητες σε ψαθυρότητα λόγω της αύξησης του μεγέθους των κρυστάλλων όταν αναθερμαίνονται σε θερμοκρασίες κάτω από τους 1050°C. Επιπλέον η αντοχή σε κρούση είναι πολύ μικρή λόγω της ψαθυρότητας που έχει το υλικό αυτό σε μεγάλες θερμοκρασίες. Εάν το μέγεθος των κρυστάλλων του υλικού αυτού αυξηθεί, αυξάνεται και η ευαισθησία τους σε ψαθυρή θραύση.

## Μηχανικές Ιδιότητες

Γενικά οι μηχανικές ιδιότητες των συγκολλήσεων ωστενιτικών ανοξείδωτων χαλύβων είναι παρόμοιες με αυτές του υλικού της βάσης όμοιας κραμάτωσης. Οι συγκολλήσεις γενικά είναι σχεπικά ανεπιρρέαστες από οποιαδήποτε θερμική κατεργασία. Μικρές διαφορές στην αντοχή και την ολκιμότητα παρατηρούνται λόγω της περιεκτικότητας σε άνθρακα καθώς και κραματικών στοιχείων όπως είναι το Μολυβδαίνιο, Νιόβιο, Βολφράμιο.

Οι μηχανικές ιδιότητες των μαρτενιτικών ανοξείδωτων συγκολλήσεων καθώς και αυτών που είναι καθαρά φερριτικοί - χρωμιούχοι εξαρτώνται κυρίως από την θερμική τους κατεργασία. Μετά την συγκόλληση έχουν επιμήκυνση περίπου 5% αλλά μετά από την σχεπική ανόπτιση η ολκιμότητα τους αυξάνεται αισθητά. Σε χαμηλές θερμοκρασίες οι ωστενιτικές ανοξείδωτες συγκολλήσεις έχουν καλή αντοχή σε κρούση η οποία επιρροιάζεται μόνο κατά πολύ λίγο σε θερμοκρασίες -196°C. Γενικά οι καλύτερες ιδιότητες κρούσεις σε χαμηλές θερμοκρασίες επιτυγχάνονται από τα κράματα τα οποία έχουν πάρα πολύ λίγο άνθρακα.

## Η συγκόλληση των ανοξείδωτων χαλύβων

Το πρόβλημα της επιλογής του κατάλληλου ηλεκτροδίου για την συγκεκριμένη ποιότητα ανοξείδωτου χάλυβα είναι μερικές φορές περίπλοκο, κυρίως λόγω της ποικιλίας και των τύπων των υλικών τα οποία χρησιμοποιούνται στην βιομηχανία. Για την ευκολία στην επιλογή των ηλεκτροδίων παραθέτουμε τον πίνακα I όπου φαίνονται οι δύοφορες ποιότητες ανοξείδωτου χάλυβα και τα κατάλληλα για την συγκόλληση τους ηλεκτρόδια. Για την συγκόλληση τους οι ανοξείδωτοι χάλυβες έχουν ταξινομηθεί στις παρακάτω κατηγορίες.

## Η συγκόλληση των ανοξείδωτων χαλύβων

Το πρόβλημα της επιλογής του κατάλληλου ηλεκτροδίου για την συγκεκριμένη ποιότητα ανοξείδωτου χάλυβα είναι μερικές φορές πολύπλοκο, κυρίως λόγω της ποικιλίας και των τύπων των υλικών τα

### I. Χρωμιούχοι χάλυβες

#### A. Μαρτενιτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες 12-16% Cr.

Σαν κύρια κραμάτωση αυτοί οι χάλυβες έχουν από 12 έως 16%

χρώμιο με μέγιστο ποσοστό σε άνθρακα 0.3%. Σε μερικές περιπτώσεις αυτής της κατηγορίας των χαλύβων ο άνθρακας μπορεί να υπερβεί το 0.3%. Αυτά τα υλικά μπορούν να σκληρυνθούν και ως εκ τούτου η συγκόλλησή τους δεν είναι εύκολη εάν δεν ληφθούν ειδικές προφυλάξεις.

## Προφυλάξεις

Για να μειωθεί η σκληρότητα στην θερμοεπιρεαζόμενη ζώνη και για να αποφευχθεί ο κίνδυνος ρηγματώσεως, είναι αναγκαίο να γίνει προθέρμανση στους 200-400° C ακολουθούμενη από χαμηλούς ρυθμούς ψύξης μετά την συγκόλληση. Πιθανότατα μπορεί να γίνει ανόπτιση στους 650-700°C.

## Ηλεκτρόδια

Για όλκιμες ενώσεις χωρίς ρηγματώσεις συνήθως χρησιμοποιείται ένα ωστενικό ανοξείδωτο ηλεκτρόδιο. Ηλεκτρόδιο το οποίο έχει όμοια χημική σύνθεση με το υλικό της βάσης συνήθως χρησιμοποιείται σε περιορισμένη κλίμακα και σε εφαρμογές αναγομώσεων ή συγκόλλησης μικρών προσαρτημάτων, ή όπου είναι αναγκαία απαίτηση η ομοιότητα του συγκολλητικού υλικού με το υλικό της βάσης σε μηχανικές ιδιότητες ή αντοχής σε διάβρωση.

## II. Φερριτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες 16-30 % Χρώμιο

Χρησιμοποιούνται εκεί όπου μεγάλες θερμοκρασίες και αντοχή σε κτυπήματα είναι αναγκαία όπως π.χ. σε μέρη φούρνων ή καυστήρων ντήζελ κ.λπ. Οι χάλυβες αυτού του τύπου δεν σκληραίνουν με την θερμική κατεργασία αλλά είναι ευαίσθητοι σε ευθραυστότητα όταν γίνεται μεγάλη αύξηση του μεγέθους των κρυστάλλων σε μεγάλες θερμοκρασίες. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την δημιουργία συγκόλλησης η οποία είναι ψαθυρή μορφής σε συνηθισμένες θερμοκρασίες παρ' ότι μπορεί να διαθέτει καλή σκληρότητα σε θερμοκρασίες ερυθροπύρωσης.

## Προφυλάξεις

Χάλυβες αυτού του είδους δεν σκληραίνουν όταν συγκολλούνται αλλά έχουν την τάση της αύξησης του μεγέθους των κρυστάλλων τους όταν αναθερμαίνονται πάνω από 1.150°C. Αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων και την ευθραυστότητα των σε θερμοκρασία του περιβάλλοντος. Προθέρμανση στους 200° συνιστάται για την αποφυγή σφαλμάτων ενώ ανόπτιση στους 750°C τους βοηθά να ξανααποκτήσουν την ολκιμότητά τους λόγω ανακρυστάλλωσης της συγκόλλησης.

## Ηλεκτρόδια

Για εφαρμογές όπου η διάβρωση είναι μεσαίας τάξης και όπου

η ύπαρξη του Νικελίου στην συγκόλληση δεν δημιουργεί πρόβλημα, συνιστάται για την συγκόλληση ένα ωστενικό ανοξείδωτο ηλεκτρόδιο (συγκόλληση τέτοιας μορφής δημιουργεί ένωση η οποία έχει αρκετή ολκιμότητα). Σε διαφορετικές εφαρμογές θα πρέπει να χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια όμοιας σύστασης με το υλικό της βάσης.

## III. Ωστενικοί Χρωμονικελιούχοι χάλυβες

Αυτοί είναι οι πιο ενδιαφέροντες χάλυβες και οι πιο χρησιμοποιήσιμοι απ' όλους τους τύπους των ανοξείδωτων χαλύβων. Περιέχουν σε ελάχιστο ποσοστό 18% σε Χρώμιο και 8% σε Νικέλιο, υπάρχουν επίσης ειδικά κράματα με μεγαλύτερο ποσοστό περιεκτικότητας και σε Χρώμιο και σε Νικέλιο όπως είναι οι τύποι 25/20, 18/12 κ.λπ. και με μικρότερα ποσοστά επιπροσθέτων στοιχείων για την δημιουργία κραμάτων τα οποία προσφέρουν μεγαλύτερη προστασία σε διάβρωση κάτω από ειδικές συνθήκες. Για παράδειγμα, η ύπαρξη 2-3% Μολυβδαίνιου στο κράμα αυξάνει την διαβρωτική αντοχή του χάλυβα σε συνθήκες όπου το διαβρωτικό υλικό είναι θειικό οξύ. Η ονομασία «ωστενικοί» από την πρακτική σκοπιά σημαίνει ότι αυτά οι ανοξείδωτοι χάλυβες δεν μπορούν να σκληρυνθούν με θερμικές κατεργασίες, απότομη όμως ψύξη αυτών από υψηλές θερμοκρασίες έχει σαν αποτέλεσμα να γίνουν πιο μαλακοί. Στις περισσότερες φορές είναι μη μαγνητικοί και μπορούν να σκληρυνθούν πολύ γρήγορα όταν κατεργάζονται εν ψυχρώ. Οι ωστενικοί ανοξείδωτοι χάλυβες χρησιμοποιούνται σε πλήθος εφαρμογών, π.χ. στην χημική βιομηχανία και την βιομηχανία τροφίμων, φούρνους, ατμοτουρμπίνες κ.ά.

## Τεχνικές οδηγίες

Η τεχνική συγκόλλησης των ωστενικών ανοξείδωτων χαλύβων δεν διαφέρει πολύ από αυτήν που χρησιμοποιείται κατά την συγκόλληση των μαλακών χαλύβων, αλλά λόγω του ότι το υλικό είναι πολύ ακριβό και επειδή χρησιμοποιείται σε ειδικές κατασκευές, ειδικές προφυλάξεις πρέπει να λαμβάνονται σε όλα τα στάδια επεξεργασίας του έτσι ώστε η κατασκευή να ανταποκρίνεται στις προδιαγραφές. Προθέρμανση και ανόπτιση συνήθως δεν είναι απαιτείται αλλά θα πρέπει να ακολουθηθούν οι παρακάτω προτεινόμενες οδηγίες.

α) Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην καθαριότητα στην περιοχή της συγκόλλησης καθώς επίσης και στο μοντάρισμα. Τυπικές οδηγίες για την δημιουργία των φρεζών δίνονται στον παρακάτω πίνακα.

15



β) Η τάση για θερμική παραμόρφωση είναι μεγαλύτερη από αυτή των μαλακών χαλύβων και ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί για πάχη μικρότερα των 3 mm. Η απόσταση των πονταριστών θα πρέπει να είναι μικρή, μικρότερη απ' όπ εφαρμόζεται κατά το μοντάρισμα των μαλακών χαλύβων. Ειδική προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην σειρά

Πάχος ελάσματος mm	Μορφή Φρέζας	Αδιαμόρφωτο Πάχ. Ελάσι Απόσταση ριζας mm	Διάμετρο ηλεκτρ mm
1.2-1.6	Άκρο ελάσι χωρίς ιδιαίτερη προετοιμασία	0-1.6	1.6
2.0	Άκρο ελάσι χωρίς ιδιαίτερη προετοιμασία	0-1.6	2.0
2.5	Άκρο ελάσι χωρίς ιδιαίτερη προετοιμασία	0-1.6	2.5
3.25	Φρέζα μορφής V 60°	1.6-3.2	3.25 και 4.0 3.25, 4.0 και 5.0 3.25, 4.0 και 5.0
5.0	Φρέζα μορφής V 60°	1.6-3.2	
6.3	Φρέζα μορφής V 60°	1.6-3.2	
10 ~ 20	Φρέζα μορφής V 60° ή X 60°	1.6-3.2	
> 20	Φρέζα μορφής X 60° ή U	1.6-3.2	

εκτέλεσης των συγκολλήσεων, κατ' αυτόν τον τρόπο εξισορροπούνται οι τάσεις και επιτυγχάνεται μείωση των παραμορφώσεων. Χρησιμοποιήστε την χαμηλότερη δυνατή ένταση του ρεύματος συγκόλλησης και αποφυγείτε η συγκόλληση να γίνεται με ταλάντωση του ηλεκτροδίου. Σε περίπτωση ταλάντωσης του ηλεκτροδίου το πλάτος της ταλάντωσης δεν πρέπει να είναι μεγαλύτερο από την διάμετρο του ηλεκτροδίου.

γ) **Τεχνική συγκόλλησης.** Για την συγκόλληση λεπτού πάχους ελάσματος συνιστάται η μεγάλη ταχύτητα συγκόλλησης, με διεύθυνση συγκόλλησης από πάνω προς τα κάτω και θέση του ελάσματος με μικρή κλίση. Αυτή η τεχνική έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της εισροής θερμότητας, εμποδίζει το κάψιμο (σε τρύπημα) κατά την συγκόλληση, εμποδίζει την στρέβλωση και δημιουργεί συγκόλληση με πολύ καλή εμφάνιση. Άναμα του ηλεκτροδίου πρέπει να γίνεται μόνο στην περιοχή της συγκόλλησης. Πρέπει να αποφεύγεται η δημιουργία τόξου πάνω στο έλασμα.

δ) Διατηρήστε τόξο συγκόλλησης μικρού μήκους για την αποφυγή διαρροής (πήξης) κραματικών στοιχείων δια μέσου του τόξου.

ε) Δώστε ιδιαίτερη προσοχή στους κρατήρες οι οποίοι δημιουργούνται στην αρχή και το τέλος της συγκόλλησης και βεβαιωθείτε ότι η πάστα απομακρύνεται εντελώς ιδίως όταν είναι εγκλωβισμένη σε γωνίες και σε κοιλότητες. Για τον καθαρισμό της επιφανείας χρησιμοποιείστε ανοξειδωτες βούρτσες ή κατάλληλους τροχούς

στ) Το φινιρίσμα των συγκολλήσεων πρέπει να γίνεται με προσεκτικό τρόχισμα καθώς και γυάλισμα της συγκόλλησης (με ειδικές πάστες).

**Ηλεκτρόδια:** Κατά την συγκόλληση των ανοξειδωτων ωστενιτικών χαλύβων πρέπει να χρησιμοποιούνται ηλεκτρόδια τα οποία έχουν όμοια χημική σύνθεση με το υλικό της βάσης. (Συμβουλευτείτε τον Πίνακα Νο 1).

## Η συγκόλληση των ανοξειδωτων χαλύβων με μαλακούς χάλυβες.

Είναι σιμνησιμένο γεγονός η συγκόλληση ανοξειδωτων χαλύβων με μαλακούς χάλυβες. Για την επιλογή του τύπου του ηλεκτροδίου ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στην αραιώση πρόσμιξης του συγκολλητικού υλικού με το υλικό της βάσης. Η αραιώση πρόσμιξης του συγκολλητικού υλικού με το υλικό της βάσης πρέπει να είναι της τάξης 20-50% και εξαρτάται από την τεχνική συγκόλλησης η οποία ακολουθείται (π.χ. μικρή αραιώση επιτυγχάνεται κυρίως με: στενά τραβηχτά πάσα, μεγάλη διάμετρος ηλεκτροδίου, μικρή ένταση ρεύματος συγκόλλησης, μεγάλη ταχύτητα συγκόλλησης). Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί κατά την συγκόλληση της ριζας.

Εάν κατά την συγκόλληση μαλακών χαλύβων με ανοξειδωτους χάλυβες χρησιμοποιηθούν ηλεκτρόδια από μαλακό χάλυβα, τότε λόγω απορρόφησης χρωμίου και νικελίου από τον ανοξειδωτο χάλυβα δημιουργείται μια πολύ ευαίσθητη σε ρηγματώσεις συγκόλληση. Γι' αυτό τον λόγο, για την συγκόλληση μαλακών χαλύβων με ανοξειδωτους χρησιμοποιούνται ωστενιτικά ανοξειδωτα ηλεκτρόδια. Ιδιαίτερα ευεργετική είναι η χρήση ηλεκτροδίου τύπου 20/9/3 ή 23/12. Ηλεκτρόδια του τύπου 25/20 μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε πολλές εφαρμογές εκτός από εκείνες όπου στην περιοχή της συγκόλλησης υπάρχουν μεγάλες τάσεις.

Πίνακας 1

Πίνακας Επιλογής Ηλεκτροδίων για την συγκόλληση των ανοξειδωτων χαλύβων

ΤΥΠΟΙ ΑΝΟΞΙΔΩΤΩΝ ΧΑΛΥΒΩΝ						ΓΥΝΗΤΟΜΕΝΑ ΗΛΕΚΤΡΩΔΙΑ					ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ		
Τύπος Χαλύβου	BS 570 1970 Part 4	BS 570 1985	AISI 304 321	BS 1801 304 321	Όμοιοτα Ηλεκτροδίου	Υπερσάτιο BS 2529	20/9/3	23/12	25/20	Τεχνική Σύνθεση C Cr Ni Mo			
0 16	16/8	C 0.12	304 321	304	Νίκελ PB47 η Νίκελ NDL	10 9/8 R 10 9/8 B	347-16 R 347-15 B	R B	AC/DC DC	0.04/0.08 0.05/0.08	10 0 0 0 10 7 0 0	10 = C 10 = C	Όμοιοτα σκευασίας * για όμοιοτα σκευασίας Όμοιοτα σκευασίας * Για ομοιοτα σκευασίας Όμοιοτα σκευασίας σκευασίας
0 16	16/8	C 0.02	304 321	304	Νίκελ E20R, 10 9 8 L R	10 9 8 L R	3087-16 R	R	AC/DC	0.05 0.05	10 5 10 0		
0 16	16/8	C 0.08	304 321	304	Νίκελ PB47	10 9/8 R	347-16 R	R	AC/DC	0.04/0.08	10 0 0 0	10 = C	Όμοιοτα σκευασίας * για όμοιοτα σκευασίας
0 16	16/8 T1	C 0.08	321 312	321 321	321 321	10 9/8 B	347-15 B	B	DC	0.05/0.08	10 7 0 0	10 = C	Όμοιοτα σκευασίας * Για ομοιοτα σκευασίας Όμοιοτα σκευασίας σκευασίας
0 16	16/8 T1	C 0.12	321 321	321 321	321 321	10 9/8 B	347-16 R	R	AC/DC	0.3	10 0 0 0	10 = C	
0 16	16/8 168	C 0.08	347 317	347 321	347 321	10 9/8 B	347-16 R	R	AC/DC	0.04/0.08	10 3 10 0 0.2	10 = C	Όμοιοτα σκευασίας - Φασματικό έλεγχος 5 Ομοιοτατα σκευασίας σκευασίας - Αυστηρότητα σκευασίας
0 16 168	17/11/2X	C 0.07	316 316	316 316	316 316	10 12 20 R	316-16 R	R	AC/DC	0.05/0.08	17.0 11.0 2.1	10 = C	Όμοιοτα σκευασίας - Φασματικό έλεγχος 5 Ομοιοτατα σκευασίας σκευασίας - Αυστηρότητα σκευασίας
0 16 168	17/10/1X	C 0.07	316 316	316 316	316 316	10 12 20 B	316-16 B	B	AC/DC	0.05/0.08	17.0 11.0 2.1	10 = C	Όμοιοτα σκευασίας - Φασματικό έλεγχος 5 Ομοιοτατα σκευασίας σκευασίας - Αυστηρότητα σκευασίας
0 16 168	17/10/1X	C 0.07	316 316	316 316	316 316	10 12 20 B	316-16 B	B	DC	0.05/0.08	17.0 11.0 2.1	10 = C	

## Μερικοί βασικοί κανόνες των συγκολλήσεων

Η συγκόλληση είναι μία από τις πιο βασικές εργασίες η οποία είναι αναγκαία για την ολοκλήρωση βιομηχανικών ή άλλων κατασκευών. Από την ποιότητα των συγκολλήσεων εξαρτάται όχι μόνο η ασφάλεια της λειτουργίας πολυδάπανων εγκαταστάσεων γεγονός το οποίο μπορεί να έχει επίπτωση στην βιομηχανία και την οικονομία ενός κράτους γενικότερα, αλλά επίσης από την ποιότητα και αντοχή των συγκολλήσεων εξαρτάται η ασφάλεια της υγείας πάρα πολλών ατόμων τα οποία χρησιμοποιούν συγκολλητές κατασκευές ή εργάζονται κοντά σε αυτές.

Οι συγκολλήσεις επομένως λόγω της σημασίας τους πρέπει πάντοτε να εκτελούνται σωστά με βάση τις απαιτήσεις της τεχνολογίας και της τεχνικής. Το βάρος αυτής της ευθύνης το έχει επωμισθεί όλος ο τεχνικός κόσμος ο οποίος ασχολείται με τις συγκολλήσεις και κυρίως οι ηλεκτροσυγκολλητές, των οποίων η τεχνική γνώση και η ικανότητα είναι βασικός παράγοντας επιτυχίας των συγκολλήσεων. Οι πιο βασικοί κανόνες τους οποίους θα πρέπει να έχουν υπ' όψη τους οι ηλεκτροσυγκολλητές για την σωστή εκτέλεση των συγκολλήσεων είναι:

### Α. Πριν την συγκόλληση

1. Πρέπει πάντοτε να γίνεται χρήση εξοπλισμού, βοηθητικών εργαλείων καθώς και ηλεκτροδίων αποδεδειγμένης καλής ποιότητας.
2. Πρέπει πάντοτε να εξασφαλίζονται πριν την συγκόλληση όλοι οι κανόνες ασφαλείας των ηλεκτροσυγκολλητών καθώς και αυτών που εργάζονται γύρω τους.
3. Πρέπει η συγκόλληση να γίνεται, όσο αυτό βέβαιο είναι δυνατό, σε άνετη θέση εργασίας. Η ευκολότερη θέση εργασίας είναι η συγκόλληση σε θέση πλάκα. Κάθε απόκλιση από αυτή την θέση εργασίας μόνο προβλήματα μπορεί να δημιουργήσει (π.χ. σφάλματα στην συγκόλληση, μείωση των μηχανικών ιδιοτήτων κ.ά.) Αυτό σφίλεται κυρίως στο ότι η βαρύτητα δεν βοηθά πλέον την εύκολη εναπόθεση του συγκολλητικού υλικού στην επιθυμητή περιοχή.
4. Πριν την συγκόλληση θα πρέπει να γίνεται καλός καθαρισμός της επιφάνειας των μετάλλων προς συγκόλληση για την απομάκρυνση οξειδίων ή σκουριάς, υγρασίας ή υδρογονανθράκων (λάδια, χρώματα) καθώς και ακαθαρσιών γενικότερα, τα οποία είναι κύριοι συντελεστές δημιουργίας σφαλμάτων στην συγκόλληση, όπως είναι πόροι, ρηγματώσεις κ.λπ.
5. Πρέπει να γίνεται σωστή επιλογή της ποιότητας ή του τύπου του ηλεκτροδίου, εφ' όσον αυτό δεν προδιαγράφεται από τις τεχνικές προδιαγραφές. Η επιλογή της ποιότητας ή του τύπου του ηλεκτροδίου κυρίως πρέπει να γίνεται με γνώμονα το μέταλλο ή τα μέταλλα προς συγκόλληση. Γιαυτό η γνώση της ποιότητας του μετάλλου προς συγκόλληση, ιδίως κατά τις εργασίες επισκευών με συγκόλληση είναι αναγκαία προϋπόθεση επιτυχίας της συγκόλλησης.

6. Πριν την έναρξη της συγκόλλησης ο ηλεκτροσυγκολλητής θα πρέπει να γνωρίζει και να ακολουθεί πιστά τις οδηγίες του κατασκευαστή των ηλεκτροδίων, σχετικές με την τεχνική η οποία απαιτείται κατά την χρήση αυτών. Οι οδηγίες αυτές συνήθως είναι γραμμένες επάνω στο πακέτο των ηλεκτροδίων, βασικότερες των οποίων είναι: α) Τα όρια ρύθμισης της έντασης ρεύματος συγκόλλησης για την συγκεκριμένη διάμετρο ηλεκτροδίου. β) Το είδος ρεύματος συγκόλλησης το οποίο απαιτείται (π.χ. συνεχές ή εναλαστούμενο). γ) Η πολικότητα του ηλεκτροδίου, σε περίπτωση που η πηγή συγκόλλησης πρέπει να είναι συνεχούς ρεύματος συγκόλλησης. δ) Η θέση ή οι θέσεις συγκόλλησης για την οποία το ηλεκτρόδιο είναι κατάλληλο. ε) Η προθέρμανση του ηλεκτροδίου ή άλλες οδηγίες σχετικές με την αποθήκευση και ξήρανσή του.
7. Πρέπει να ακολουθούνται πιστά οι οδηγίες θερμικών κατεργασιών οι οποίες προδιαγράφονται από τις τεχνικές προδιαγραφές ήτοι: προθέρμανση, απόψυξη. Συγκόλληση δεν πρέπει να εκτελείται χωρίς πρώτα να γίνει προθέρμανση, εφ' όσον το έλασμα προς συγκόλληση είναι υγρό ή βρίσκεται σε θερμοκρασία χαμηλότερη των 5°C.
8. Πριν την συγκόλληση πρέπει να ελέγχεται η περιοχή ή της ρίζας έτσι ώστε η ισαπόσταση αυτής να είναι ομοιογενής σε όλο το μήκος της ένωσης. Επίσης πρέπει να αφαιρούνται πανταριστές συγκόλλησης οι οποίες δεν έχουν σωστά εκτελεστεί ή έχουν εμφανή σφάλματα όπως πόροι, ρηγματώσεις κ.λπ.

### Β. Κατά την διάρκεια της συγκόλλησης

1. Πρέπει να εφαρμόζεται η πρόπουσα τεχνική συγκόλλησης και η οποία βασικά εξαρτάται από τον τύπο του ηλεκτροδίου το οποίο χρησιμοποιείται (π.χ. ρουπλίου - κυταρρίνης - βασική). Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δίνεται στο άναμα του τόξου, στην γωνία συγκράτησης του ηλεκτροδίου, στην απόσταση ή το μήκος του τόξου, στην ταχύτητα προώθησης του ηλεκτροδίου, καθώς και στην ταλάντωσή του.
2. Η πάστα η οποία καλύπτει την συγκόλληση πρέπει πάντοτε να αφαιρείται εφ' όσον πρόκειται να εναποτεθεί επ' αυτής επόμενο πάσο συγκολλητικού υλικού.
3. Δεν πρέπει να γίνεται συγκόλληση πάνω σε εμφανή σφάλματα όπως είναι ρηγματώσεις, πόροι κ.λπ. Πριν την συγκόλληση το προηγούμενο πάσο πρέπει να ελεγχθεί και τα τυχόν υπάρχοντα σφάλματα πρέπει να αφαιρούνται και να επιδιορθώνονται.

### Γ. Μετά το τέλος της συγκόλλησης

1. Μετά το τέλος της συγκόλλησης πρέπει να καθαριστεί η πάστα που την καλύπτει και να γίνει ένας οπτικός έλεγχος αυτής. Κατά τον έλεγχο αυτό, ο οποίος όπως ήδη αναφέρθηκε γίνεται και κατά την διάρκεια των ενδόμεσων πάσων, πρέπει να δοθεί ιδιαίτερη προσοχή σε επικρασιακά σφάλματα όπως είναι κάμψιμο του ελάσματος, ανομοιομορφία της συγκόλλησης, υπερβολική υπερύψωση αυτής, ή αναδίπλωση της, καθώς και στο υπερβολικό πηταλισμα από σταγόνες συγκολλητικού υλικού. Τα σφάλματα αυτά επισκευάζονται με τρύχιση ή και ακόμη με επανασυγκόλληση.
2. Μετά το τέλος όλων των εργασιών της συγκόλλησης πρέπει η μηχανή παροχής ρεύματος συγκόλλησης να σβήνει, τα καλώδια και τα βοηθητικά εργαλεία πρέπει να τακτοποιούνται, καθώς επίσης τα μη χρησιμοποιηθέντα ηλεκτρόδια πρέπει να επιστρέφονται στην αποθήκη.

## Χρήσιμες Οδηγίες για την Προστασία της Υγείας κατά την ηλεκτροσυγκόλληση

### I. Το Ηλεκτρικό ρεύμα μπορεί να σκοτώσει

Προφυλάξτε τον εαυτό σας και τους άλλους από πιθανό κίνδυνο ηλεκτροπληξίας.

1. Ποτέ μην αγγίζετε με το ένα χέρι το ηλεκτρόδιο και με το άλλο το μέταλλο όπου έχει συνδεθεί η γείωση.
2. Μην εργάζεστε σε περιοχές όπου υπάρχουν νερά χωρίς να έχετε λάβει τα κατάλληλα μέτρα. Φορέστε στεγνά αδιάβροχα υποδήματα (γαλότσες) καθώς και στεγνά γάντια και ενδυμασία.
3. Διατηρείστε πάντοτε σε καλή κατάσταση τα εργαλεία που χρησιμοποιείτε.
4. Μην αγγίζετε γυμνά καλώδια ή ενώσεις, μην τραβάτε τα καλώδια και μην αλλάζετε την πολικότητα των καλωδίων όταν η μηχανή σας βρίσκεται στη λειτουργία.
5. Προστατεύστε τα καλώδια συγκόλλησης όταν αυτά διέρχονται μέσα από διαδρόμους.
6. Όταν εργάζεστε προσπαθήστε να πατάτε σε μονωμένη ξύλινη επιφάνεια (όπου αυτό είναι δυνατό).
7. Μην τυλίγετε τα καλώδια συγκόλλησης γύρω από το σώμα σας.
8. Μη χρησιμοποιείτε καλώδια μικρότερης διαμέτρου απ' ό,τι απαιτείται, τραυματισμένα, ή κακώς συνδεδεμένα.
9. Φορέστε πάντοτε στεγνά ρούχα και δερμάτινα γάντια (χωρίς φθορές).
10. Μη κάνετε επιπόλαιες συνδέσεις επέκτασης των καλωδίων, μη χρησιμοποιείτε για την προέκταση της γείωσης μεπετόβερρες και ποτέ μην συνδέετε την γείωση στον σιδηρό οπλισμό κτιρίων. Βεβαιωθείτε ότι η γείωση είναι συνδεδεμένη κοντά στην περιοχή της συγκόλλησης.
11. Βεβαιωθείτε ότι οι ηλεκτρικές συσκευές και τα μηχανήματα που χρησιμοποιείτε είναι κατάλληλα για την εργασία σας, έχουν σωστά συνδεθεί, έχουν επισκευασθεί και έχουν συντηρηθεί από εκπαιδευμένο και εξειδικευμένο προσωπικό (ηλεκτρολόγους).
12. Ποτέ μη βουτάτε την λαβίδα συγκόλλησης σε νερό για να κρυώσει.
13. Βεβαιωθείτε όταν δεν εργάζεστε ότι η μηχανή σας είναι σβησμένη.
14. Όταν η μηχανή σας έχει κάποιο πρόβλημα δώστε την αμέσως στους ειδικούς για επισκευή και διόρθωση.

### II. Καπνός & Αέρια μπορούν να βλάψουν την Υγεία

Κατά την συγκόλληση δημιουργούνται καπνοί και αέρια τα οποία μπορεί να είναι επικίνδυνα και δεν πρέπει να τα εισπνέετε.

1. Κρατήστε το κεφάλι σας σε απόσταση από τους καπνούς.
2. Μη πλησιάζετε πολύ κοντά στην περιοχή συγκόλλησης.
3. Φορέστε μάσκες κεφαλής οι οποίες εκτός από το ότι περιορίζουν περισσότερο την είσοδο καπνών και αερίων στην αναπνευστική σας ζώνη, επίσης δημιουργούν πιο άνετες συνθήκες εργασίας γιατί το ένα σας χέρι είναι πλέον ελεύθερο.
4. Διαβάστε και εφαρμόστε τις οδηγίες που είναι γραμμένες πάνω στα κουτιά συσκευασίας των ηλεκτροδίων.
5. Χρησιμοποιήστε φυσικά ή μηχανικά συστήματα απομάκρυνσης και απορρόφησης του καπνού και των αερίων τα οποία δημιουργούνται κατά την συγκόλληση.
6. Μην εργάζεστε σε κλειστούς χώρους όπου δεν υπάρχει σύστημα απομάκρυνσης των καπνών.
7. Ειδικά όταν συγκολλάτε γαλβανισμένους επικασπερομένους χάλυβες ή χάλυβες που έχουν επένδυση καδμίου καθώς και άλλους ειδικούς χάλυβες οι οποίοι κατά την συγκόλληση δημιουργούν τοξικά αέρια, λάβετε επιπρόσθετα μέτρα ασφαλείας. Το ίδιο ισχύει όταν συγκολλείτε σε περιοχή όπου υπάρχουν κατάλοιπα από χρώματα και υδρογονάνθρακες γενικότερα.
8. Εφ' όσον χρησιμοποιείτε νηζελομηχανές για την παροχή ρεύματος συγκόλλησης αυτές θα πρέπει να βρίσκονται σε απομακρυσμένη από την συγκόλληση περιοχή.
9. Σε περιοχές εργασίας όπου υπάρχει αιωρούμενη μεταλλική σκόνη και σκόνη γενικότερα, τότε φορέστε επιπλέον ειδικές μάσκες (φίλτρα) προστασίας του αναπνευστικού συστήματος.

### III. Η υπεριώδης ακτινοβολία μπορεί να τραυματίσει τα μάτια σας και να δημιουργήσει εγκαύματα στο δέρμα σας.

Το βολταϊκό τόξο το οποίο δημιουργείται κατά την συγκόλληση εκπέμπει υπεριώδη ακτινοβολία η οποία είναι πολύ βλαβερή λόγω του ότι μπορεί να δημιουργήσει επικίνδυνα εγκαύματα.

1. Χρησιμοποιήστε πάντα κατά την συγκόλληση προστατευτική μάσκα η οποία να έχει καλής ποιότητας φίλτρα απορρόφησης της υπεριώδους ακτινοβολίας. Η μάσκα πρέπει να διατηρείται πάντα σε καλή κατάσταση.
2. Χρησιμοποιήστε για την προστασία του σώματός σας όχι μόνο από την υπεριώδη ακτινοβολία αλλά και από τις εκτινάξεις λειωμένου μετάλλου ενδυμασία ανθεκτική. Επίσης φορέστε δερμάτινα άρβυλα, δερμάτινες γκέτες, δερμάτινη ποδιά και βέβαια δερμάτινα γάντια. Η ενδυμασία εργασίας θα πρέπει να είναι κουμπωμένη καλά, έτσι ώστε να μην υπάρχει δυνατότητα ερεθισμού από εγκαύματα του σώματός σας από το βολταϊκό τόξο συγκόλλησης.
3. Προστατεύστε τους άλλους που εργάζονται κοντά σας γύρω σας από την υπεριώδη ακτινοβολία την οποία δημιουργεί το τόξο συγκόλλησης.

Χρησιμοποιήστε κατάλληλα διαχωριστικά και κουρτίνες.

### IV. Φωτιά ή έκρηξη μπορεί να δημιουργήσει τραυματισμό, θάνατο και απώλεια περιουσίας.

1. Απομακρύνετε όλους τους πιθανούς κινδύνους πυρκαϊάς από την περιοχή της συγκόλλησης. Ελέγξτε τον χώρο που εργάζεστε και περριουρήστε τον από πιθανές αιτίες έναρξης πυρκαϊάς ή και έκρηξης. Μη ξεχνάτε ποτέ ότι πιστολιόματα συγκόλλησης και λυωμένα σωματίδια μετάλλου μπορούν εύκολα να διεισδύσουν από μικρά ανοίγματα και ρωγμές, οι οποίες ευρίσκονται κοντά.
2. Πρέπει να έχετε ένα πυροσβεστήρα κοντά σας, να είσαστε ενήμεροι που βρίσκονται άλλα πυροσβεστικά μέσα και να ξέρετε να τα χειρίζεστε.
3. Προφυλάξτε όλες τις φιάλες πεπιεσμένων αερίων από υπερβολική θέρμανση, απότομες μηχανικές δοκιμασίες (κρούσεις), καθώς και επαφή με ηλεκτρικό τόξο. Δέστε στέραρα τις φιάλες σε σημεία μακριά από τις περιοχές συγκόλλησης και κοπής. Σιγουρευθείτε ότι στις φιάλες αερίων δεν ακουμπούν καλώδια.
4. Μη συγκολλείτε, κόβετε ή θερμαίνετε δοχεία τα οποία περιέχουν ή περιείχαν εύφλεκτα υλικά. Ειδικά μέτρα πρέπει να ληφθούν πριν αρχίσει η εργασία εφ' όσον αυτή είναι αναγκαία.
5. Μη συγκολλείτε ή κόβετε με φλόγα χάλυβες οι οποίοι καλύπτονται από βαφή χωρίς να λάβετε ειδικά μέτρα.

### V. Άλλες Γενικές Οδηγίες

1. Κατά την εργασία του τροχιάματος, ματσκοκιάματος ή απομάκρυνσης της πάστας συγκόλλησης, φορέστε προστατευτικά γυαλιά για την αποφυγή εκτίναξης ρινισμάτων στα μάτια σας και επικίνδυνου τραυματισμού των.
2. Φορέστε κράνος για την προστασία της κεφαλής σας από πιθανούς κινδύνους πρόσκρουσης σε υπερυψωμένα ή εξέχοντα αντικείμενα.
3. Κατά την εκτέλεση εργασιών όπου ο υπερβολικός θόρυβος εργασίας είναι ανάποφευκτος π.χ. κατά την αφαίρεση υλικού με την μέθοδο του βολταϊκού τόξου και πεπιεσμένου αέρα (arc-air), χρησιμοποιήστε ωτοασπίδες.
4. Κατά την συγκόλληση και κοπή, σταγόνες λειωμένου μετάλλου εκτοξεύονται στις γύρω περιοχές. Προστατεύστε τον εαυτό σας και τους άλλους από πιθανούς κινδύνους τραυματισμού, περριουρήστε τους χώρους όπου εργάζονται ή διέρχονται άλλα άτομα.

- Κίνδυνοι υπάρχουν παντού και σε κάθε εργασία.
- Μόνο με την πλήρη γνώση των κινδύνων μπορούν να ληφθούν τα πιο κατάλληλα μέτρα προστασίας της υγείας σας και των συναδέλφων σας.

## ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΚΑΙ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΣΤΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ

### ΚΑΙ ΚΟΠΗ ΜΕ ΟΞΥΑΚΕΤΥΛΕΝΙΚΗ ΦΛΟΓΑ

#### 7. ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Η συγκόλληση και η κοπή των μετάλλων με χρήση οξυακετυλενικής φλόγας είναι πολύ διαδεδομένη και δεν υπάρχει εργοτάξιο που να μην άγνοεί.

Αν οι τεχνικές του ηλεκτρικού τόξου διεκδικούν ευρύτατο και συχνά οδίαφιλονίκητο πεδίο εφαρμογών, η τεχνική της φλόγας καλύπτει επίσης ένα χαρακτηριστικό φάσμα τους. Ιδιαίτερα στις λεπτές συνδέσεις όμοειδών ή διαφορετικών μετάλλων.

Στη κοπή των σιδηρούχων μη άνοξειδωτών κραμάτων, η φλογόκοπή καλύπτει σχεδόν το σύνολο των εφαρμογών με ελάχιστες εξαιρέσεις. Βασικό πλεονέκτημα της είναι η απλότητα του εξοπλισμού και των χειρισμών της.

Τα εργατικά ατυχήματα είναι, όμως, σοβαρότερα στην περίπτωση της οξυακετυλενικής φλόγας. Οι εκρήξεις, όταν συμβαίνουν, δεν θίγουν απλώς τον χειριστή, αλλά κι όσους εργάζονται στο άμεσο περιβάλλον του. Έτσι δεν είναι άτομικά αλλά ομαδικά και συχνά παίρνουν τραγικές διαστάσεις.

Η αντιμετώπιση των ατυχημάτων εξαρτάται από την τήρηση μιάς σειράς κανόνων ασφαλείας που αφορούν:

- 1) Τήν σχεδίαση του εξοπλισμού και την καλή του συντήρηση
- 2) Τήν σωστή και ένσυνειδητη εργασία του χειριστή
- 3) Τό περιβάλλον εργασίας, τεχνολογικό, φυσικό και έμφυχο.

Έπειδή οι παραπάνω παράγοντες παίζουν ρόλο στην αντιμετώπιση πρόκληση ή την άποψη

ατυχημάτων, θα τους εξετάσουμε στη συνέχεια μαζί και σε συνάρτηση με την σημερινή τεχνολογία. Το πρόβλημα είναι, πράγματι, πώς ο τεχνικός θα χρησιμοποιήσει τον υπάρχοντα εξοπλισμό, θα οργανώσει την εργασία, και θα διαμορφώσει τό περιβάλλον της, ώστε να αποτρέψει τά ατυχήματα.

Η σχεδίαση του εξοπλισμού σχετίζεται άμεσα με την τεχνολογική πρόοδο. Μπορούμε να πούμε ότι, χρόνο με τό χρόνο, οι εγκαταστάσεις συγκολλήσεως και κοπής γίνονται ασφαλέστερες, με την έννοια ότι τά ανθρώπινα σφάλματα, τά όποια κανένας χειριστής δεν μπορεί ν' αποφύγει απόλυτα, μπορούν έν μέρος να εξουδετερωθούν από μιά τεχνολογική τελειοποίηση, έναν μηχανισμό ασφαλείας.

Βέβαια, ένας εξοπλισμός που παρέχει φυσιολογικά έναν ώρισμένο βαθμό ασφαλείας, μπορεί να γίνει επικίνδυνος από κακομεταχείριση ή από έλλειψη συντηρήσεως.

Η περιοδική επιθεώρηση τή καταστάσεως του εξοπλισμού και ή άμεση αντικατάσταση των έφθαρμένων μερών δεν είναι απλώς θέμα επαγγελματικής ένσυνειδησίας. Είναι ήθική και νομική ύποχρέωση.

Ο χειριστής πρέπει να είναι εκπαιδευμένος και να γνωρίζει τίς ένδεχόμενες συνέπειες ένός χειρισμού, αλλά έπίσης πρέπει να ακολουθεί σχολαστικά τίς οδηγίες χρησιμοποίησεως και εργασίας που συνιστά ό κατασκευαστής του εξοπλισμού.

Στό σημείο αυτό, παίζει έξίσου σημαντικό ρόλο ή τεχνολογία των συσκευών οξυγόνου - άστυλίνης. Μιά συσκευή πρέπει να χαρακτηρίζεται

από απλότητα και να μην απαιτεί πολύπλοκες προφυλάξεις. Οι οδηγίες που την συνοδεύουν πρέπει να είναι απλές, κατανοητές, σαφείς και εύκολοεφαρμοστές.

Η τεχνική ενημέρωση των χειριστών πάνω σε νέες μηχανές είναι υποχρέωση των υπεύθυνων μηχανικών του εργοστασίου.

Από την πλευρά τους οι χειριστές πρέπει να τηρούν με σχολαστικότητα τους κανόνες ασφαλείας. Πολλά ατυχήματα οφείλονται στη μεγάλη «εξοικείωση» των χειριστών με τα μηχανήματα και στην υπερβολική εμπιστοσύνη που αποκτούν προς τον εαυτό τους και προς την «μεγάλη πείρα» τους.

Τό περιφ' άλλων εργασιών, στο σύνολό του, παίζει σπουδαίο ρόλο, αλλά δύσκολο να τον περιγράψουμε. Θ' άρκεσθούμε σε μερικά παραδείγματα.

Οι δυσμενείς συνθήκες εργασίας δεν επιτρέπουν στον χειριστή να συγκεντρωθεί στο έργο του. Π.χ. η υψηλή στάθμη θορύβου, τα ρεύματα, η υπερβολική ζέση, η άκαταστασία είναι μόνιμες όχλησεις που έκνευρίζουν και κουράζουν τον χειριστή. Η υπερκόπωση και η ένταση γίνονται αιτίες ατυχημάτων.

Επίσης ένας εξοπλισμός που δεν είναι προσαρμοσμένος στη συγκεκριμένη παραγωγική διαδικασία, δεν είναι μόνο αντισυμβαλλόμενος, αλλά γίνεται ίσως επικίνδυνος. Ο αυτοματισμός και η συγκέντρωση όλων των χειρισμών και ελέγχων σε ώριμη θέση, κοντά στο σημείο εργασίας, καθώς και η απλοποίησή τους, διευκολύνουν τον χειριστή κι αποτρέπουν άσκοπες διακοπές της εργασίας και μετακινήσεις.

Τέλος η έσωτερική οργάνωση της εργασίας και οι σχέσεις μεταξύ του προσωπικού πρέπει να είναι τέτοιες, ώστε το εργοστάσιο στο σύνολό του να λειτουργεί άβιαστα και όμοια.

Ο εξοπλισμός συγκολλήσεως και κοπής με όξυακετυλενική φλόγα είναι πρακτικά ο ίδιος αν εξαιρέσουμε τον καυστήρα με τα άκροφύσια που διαφέρουν ανάλογα με την εφαρμογή. Ο ίδιος βασικός εξοπλισμός μπορεί ακόμα να χρησιμοποιηθεί και για άλλες εργασίες, όπως η επιμετάλλωση με σκόνη, ο καθαρισμός μεταλλικών επιφανειών, η θερμική κατεργασία των μετάλλων.

Τά μέτρα ασφαλείας που θ' αναπτύξουμε ισχύουν, χωρίς περιορισμό, σ' όλες αυτές τις περιπτώσεις.

## 2. Ο ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ

Μία συσκευή συγκολλήσεως και κοπής με όξυακετυλενική φλόγα περιλαμβάνει τρία εξής μέρη, όπως φαίνεται και από το Σχ. 1.

1) Τίς πηγές παροχής όξυγόνου και άστυλίνης. Στην συνηθέστερη περίπτωση πρόκειται για δύο μεταλλικές φιάλες, σε μονιμότερες δυνάμεις εγκαταστάσεις μπορεί να είναι και κεντρικό δίκτυο διανομής.

2) Τους ρυθμιστές (ή έκτοντες ή μειωτήρες) πίεσεως. Αυτοί φέρουν τα όργανα ρυθμίσεως της πίεσεως έξόδου των αερίων, τα όργανα μετρήσεως και ώρισμένες διατάξεις ασφαλείας.

3) Τους εύκαμπτους ελαστικούς άγωγούς με ώρισμένες διατάξεις ασφαλείας στα άκρά τους, και με τους κατάλληλους συνδέσμους (ρακκόρ).

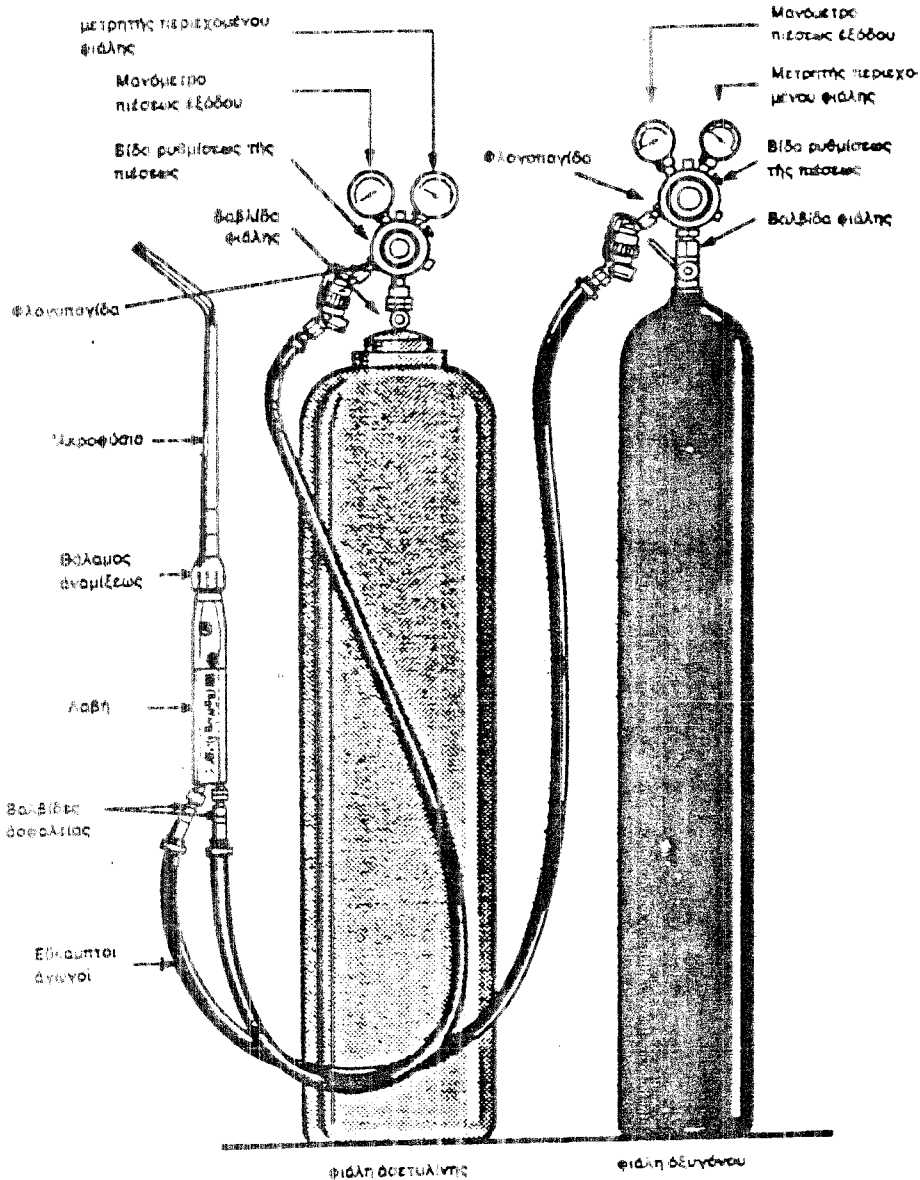
4) Τόν καυστήρα, που αποτελείται από τη λαβή με τίς στρόφιγγες ρυθμίσεως της παροχής, τόν θάλαμο άναμίξεως και τόν σιλό με τόν άκροφύσιο.

Θά εξετάσουμε στη συνέχεια λεπτομερέστερα τά μέρη αυτά.

### 2.1. ΟΙ ΚΥΛΙΝΔΡΟΙ (Η ΦΙΑΛΕΣ Η ΜΠΟΥΚΑΛΕΣ) ΑΕΡΙΟΥ (Cylinders)

Οι φιάλες του όξυγόνου και της άστυλίνης έχουν σώμα κυλινδρικό, που καταλήγει στο κάτω μέρος σε κατάλληλο πέλαμα, για να είναι δυνατή η τοποθέτηση της φιάλης σε κατακόρυφη θέση. Η φιάλη καταλήγει στο άνω μέρος σε λαιμό με σπείρωμα, όπου βιδώνεται ένα προστατευτικό κάλυμμα για την μεταφορά και αποθήκευση. Τό κάλυμμα αυτό άφαιρείται κατά τη λειτουργία, κι άφήνει ελεύθερη τή βαλβίδα της φιάλης με τή στρόφιγγα. Με τή βαλβίδα αυτή άπιτυγχάνουμε κατά βούληση τό άνοιγμα ή κλείσιμο της φιάλης.

Οι φιάλες όξυγόνου είναι χαλύβδινες. Τό άέριο άποθηκεύεται μέσα σ' αυτές υπό πίεση 150-200 άτμοσφαιρών, για οικονομία όγκου.



Σχ. 1: Έξοπλισμός συγκολλήσεως ή κοπής με όξυακετυλενική φλόγα.

Γιά την εύκολη αναγνώρισή τους βάφονται στο άνω μέρος με μπλέ χρώμα. Ή βαλβίδα φέρει στην έξοδο έσωτερικό δεξιόστροφο σπείρωμα, γιά την προσαρμογή του ρυθμιστή της πίεσεως.

Οι φιάλες άκετυλίνης κατασκευάζονται από χαλύβδινο έλασμα με συγκόλληση. Στο έσωτερικό τους είναι γεμισμένες με κατάλληλη πορώδη ούσια, έμποτισμένη με άκετόνη, πού συγκρατεί σέ διάλυση τό άκετυλένιο. Με τόν τρόπο αυτό περιορίζεται ό κίνδυνος έκρήξεως.

άκετόνη, συγκρατεί υπό πίεση 15 άτμοσφαιρών καί στή θερμοκρασία τών 15° C 133 λίτρα άερίου άκετυλενίου. Έτσι σέ μιά γεμάτη φιάλη, Όγκος άκετυλενίου = όγκος φιάλης X 133

Ή ώριαία παροχή πού μπορεί νά έξασφαλίσει μία φιάλη δέν πρέπει νά ξεπερνά τό 1/8 - 1/6 τής χωρητικότητας της σέ λίτρα.

Ή βαλβίδα τών φιαλών άκετυλίνης είναι χαλύβδινη καί φέρει άριστερόστροφο σπείρωμα γιά την προσαρμογή του ρυθμιστή πίεσεως.

Οι φιάλες οξυγόνου διακρίνονται από τις φιάλες άκετυλίνης από τόν μπλέ χρωματισμό τού άνω μέρους τής φιάλης.

ασετυλίνης βάζονται στο επάνω μέρος με κόκκινο χρώμα.

Οι φιάλες οξυγόνου δοκιμάζονται σε πίεση 1.5 φορά την πίεση λειτουργίας και οι φιάλες άσετυλίνης σε πίεση 60 ατμοσφαιρών. Οι δοκιμές αυτές, καθώς και ώρισμένες άλλες που αφορούν ειδικά την αποθηκευτική ικανότητα των φιαλών άσετυλίνης, πρέπει να διενεργούνται σε κανονικά χρονικά διαστήματα από τον παραγωγό των αερίων. Κατά την αποθήκευση και την χρησιμοποίηση των φιαλών πρέπει να παίρνουμε ώρισμένα μέτρα ασφαλείας.

— Δεν πρέπει ποτέ να τοποθετούμε τις πλήρεις φιάλες κοντά σε πηγές θερμότητας, ούτε να πλυσιάζουμε σ' αυτές φλόγα ή καυστήρα.

— Οι φιάλες πρέπει να μετακινούνται με προσοχή. Πρέπει ν' αποφεύγουμε τις κρούσεις, και να μην χρησιμοποιούμε ποτέ τις δειξες φιάλες σαν κύλιστρο για την μετακίνηση αντικειμένων του έργουταξίου.

— Κατά την εργασία πρέπει να δένονται σ' ένα τοίχο, σε κατακόρυφη θέση, με τη βοήθεια μιας αλυσσίδας. Οι φιάλες οξυγόνου μπορούν, κατ' εξαίρεση, να λειτουργήσουν και ξαπλωμένες, ποτέ όμως οι φιάλες άσετυλίνης, που πρέπει να είναι τελείως ή σχεδόν κατακόρυφες.

— Όταν οι φιάλες μετακινούνται, συχνά κατά τη χρησιμοποίησή τους πρέπει να τοποθετούνται πάνω σε μικρό τροχοφόρο φορείο.

— Οι φιάλες οξυγόνου, όπως κι όλα τα εξαρτήματα που έχουν σχέση με οξυγόνο, πρέπει να είναι απαλλαγμένα και καθαρά από λίπη, γράσα κ.λ.π., για την αποφυγή κινδύνου αναφλέξεως και έκρηξεως των ουσιών αυτών.

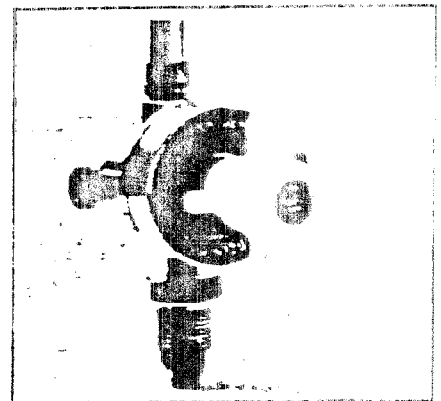
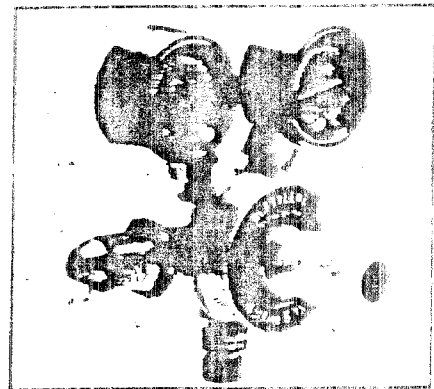
— Όταν μία φιάλη αδειάσει, κλείνουμε τη στρόφιγγα σφιχτά και βιδώνουμε το κάλυμμα. Έτσι αποφεύγουμε την είσοδο ακαθαρσιών μέσα στη φιάλη και προστατεύουμε το στόμιο από μηχανικές κακώσεις.

— Κάθε φορά που μετακινούμε τη φιάλη πρέπει, όποσδήποτε, να κλείνουμε την στρόφιγγα.

— Εάν ένας κύλινδρος «χάνει» από τη βαλβίδα του, αυτό μπορούμε να το διαπιστώσουμε είτε από τη μείωση της πίεσης είτε από το ήχο που ακούγεται από τη βαλβίδα.

νης. Σφίγγουμε το περικόχλιο με το κατάλληλο κλειδί και δοκιμάζουμε για ένδεχομενη απώλεια με σαπουνόδα, ποτέ με φλόγα. Αν η φιάλη εξακολουθεί να χάνει, την επιστρέφουμε στον παραγωγό του αερίου.

— Δεν χρησιμοποιούμε ποτέ το οξυγόνο για πίνσνες, για αερισμό κλειστών χώρων ή αντί για πεπιεσμένο αέρα.



Σχ. 2 Ρυθμιστές πίεσεως

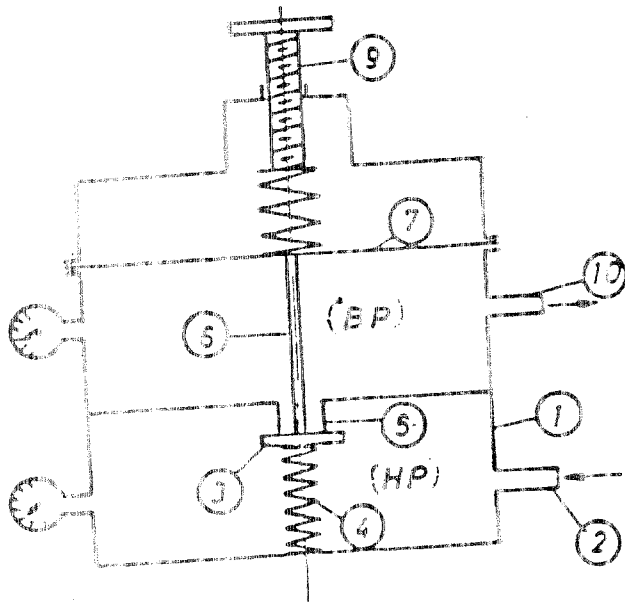
(α) Με μανόμετρο υψηλής και χαμηλής πίεσεως.  
 (β) Με δείκτη περιεχομένου φιαλής και βαθμολογημένο στρόφιγγα, για υπαίθρια ή μετακινούμενα εργοταξία.

## 2.2. Οι ρυθμιστές πίεσεως (Regulators)

Οι ρυθμιστές ή μανωεκτονωτές ή μειωτήρες πίεσεως είναι τα όργανα που επιτρέπουν να εκτονώσουμε ένα αέριο από την υψηλή πίεση της φιάλης, όπου είναι αποθηκευμένο, στη χαμηλή πίεση που απαιτεί η λειτουργία του καυστήρα. Η τελευταία είναι συνήθως από μερικά γραμμάρια μέχρι μερικά χιλιάγραμμα ανά τετραγ. εκατοστό.

Οι μανωεκτονωτές του Σχ. 2 δίνουν δύο από τους

Οι ρυθμιστές πίεσης βιδώνονται κατ' ευθείαν στη βαλβίδα της φιάλης. Η ρύθμιση της πίεσης εξόδου γίνεται κατά βούληση με τη βοήθεια κοχλιωτής στρόφιγγας, που ενεργεί έμμεσα πάνω σ' ένα στραγγαλιστή πίεσης με διάφραγμα. Η λειτουργία του ρυθμιστή φαίνεται σχηματικά στο Σχ. 3.



Σχ. 3: Ρυθμιστής πίεσης

- 1 = περιβλήμα ρυθμιστή
- 2 = ρακόρ εισαγωγής
- 3 = διάφραγμα από ελαστικό
- 4 = ελατήριο επαναφοράς διαφρ.
- 5 = έδρα στραγγαλιστή
- 6 = διωστήρας
- 7 = εύκαμπτη μεμβράνη
- 9 = κοχλιωτή στρόφιγγα
- 10 = ρακόρ εξαγωγής

Διακρίνουμε τον θάλαμο ύψλης πίεσης (HP), όπου εισέρχεται τό αέριο από την φιάλη, μέσω του ρακόρ εισαγωγής (2). Ο θάλαμος αυτός επικοινωνεί με τό μανόμετρο ύψηλης πίεσης, που μετράει την πίεση, καί συνεπώς τό περιεχόμενο, της φιάλης. Ο θάλαμος χαμηλής πίεσης (BP) επικοινωνεί επίσης με μανόμετρο που δίνει την πίεση στην έξοδο (10), δηλ. την πίεση έργασίας.

Η έκτόνωση του αερίου από τόν ένα θάλαμο στον άλλο γίνεται γιά μέσου του στραγγαλιστή (5), του οποίου τό διάφραγμα ισορροπεί υπό την επίδραση τών πιέσεων στους δύο θαλάμους, της τάσεως του ελατηρίου (4) καί της δύναμης που άσκει ή κοχλιωτή στρόφιγγα (9) πάνω στην εύκαμπτη μεμβράνη (7), καί σέ συνέχεια μέσω του διωστήρα (6) πάνω στό ίδιο τό

Είναι φανερό πως όσο ή κοχλιωτή στρόφιγγα του ρυθμιστή είναι σφιγμένη, τόσο ή πίεση έργασίας είναι ύψηλότερη. Όταν ξεβιδώσουμε τελείως τόν διακόπτη ή ροή διακόπτεται τελείως.

Άπαραίτητο εξάρτημα ενός ρυθμιστή είναι ή άνακουφιστική βαλβίδα (Relief valve) που άνοίγει όταν ή πίεση ύπερβεί ένα άρισμένο επίπεδο, ώστε τό αέριο νά έκτονωθεί στην άτμόσφαιρα. Τόν ίδιο σκοπό έξυπηρετούν καί μικρές άπές πάνω στό κέλυφος του ρυθμιστή, γιά τήν περίπτωση που επέλθει θραύση του διαφράγματος ή της μεμβράνης.

Οι ρυθμιστές φέρουν στην είσοδο (2) ένα δίσκο από πορώδες κεραμικό μέταλλο (π.χ. cerponic-kel), που ενεργεί συγχρόνως σαν φίλτρο γιά τήν προστασία του ρυθμιστή καί σαν φλογοπαγίδα γιά τήν προστασία του κυλίνδρου από έκρηξη.

Όταν ή έργασία μας άπαιτεί μεγάλη σταθερότητα πίεσης στον καυστήρα, χρησιμοποιούνται ρυθμιστές με δύο στάδια έκτονώσεως αντί του ενός, που περιγράψαμε.

Δύο άνωμαλίες που μπορούν νά άδηγήσουν σέ δυσκολίες κατά την έργασία ή καί σέ άτυχήματα σχετίζονται άμεσα με τή λειτουργία του ρυθμιστή. Είναι τό πάγωμα καί ή έσωτερική άνάφλεξη.

Τό πάγωμα όφείλεται στην κατάψυξη της ύγρασίας που περιέχεται μέσα στό αέριο, από την ψύξη που προκαλεί ή άδιαβατική έκτόνωση του αερίου, σέ συνδυασμό με τή χαμηλή θερμοκρασία του περιβάλλοντος, τόν χειμώνα. Ο πάγος προκαλεί τήν άπόφραξη του ρυθμιστή καί έμποδίζει τήν άμαλή διέλευση του αερίου. Θερμαίνουμε τότε τόν ρυθμιστή με ένα κομμάτι ύφασμα βρεγμένο σέ ζεστό νερό, αλλά ποτέ με φλόγα. Εάν οι συνθήκες του έργουταξίου προκαλούν συχνά παγώματα, προμηθευθήσατε από τό έμπόριο ειδικούς προθερμαντήρες.

Η έσωτερική άνάφλεξη άφορά μόνο τόν ρυθμιστή έξευγόνου καί γίνεται αυτόματα, χωρίς νά έχει προηγηθεί άναστροφή της φλόγας από τόν καυστήρα. Μπορεί νά όφείλεται σέ συνδυασμό πολλών αίτιων όπως: τήν παρουσία λιπαρών ούσιών στα σπειρώματα του ρυθμιστή, τήν κακή ποιότητα καί τήν άναφλεξιμότητα του έβονίτη, άπ' τόν όποϊον είναι κατασκευασμένο τό διάφραγμα καί τέλος τήν παραγωγή στατικού ήλεκτρισμού καί θερμότητας που προκα-



λείται αν ο ρυθμιστής είναι κλειστός κι ανοίξουμε απότομα τη βαλβίδα της φιάλης.

Οι ρυθμιστές πίεσεως είναι πολύ ευαίσθητα όργανα. Η επιλογή τους, ή τοποθέτησή τους στη φιάλη και η χρησιμοποίησή τους απαιτούν προφυλάξεις.

— Πρώτα βεβαιωνόμαστε ότι ο ρυθμιστής είναι κατάλληλος για το αέριο που θα χρησιμοποιήσουμε και για την πίεση της φιάλης. Ποτέ δεν χρησιμοποιούμε έναν ρυθμιστή πίεσεως όξι γόνου σε μία φιάλη άκετυλίνης και τό αντίστροφο. Έξ άλλου τα προτυποποιημένα σπειρώματα διαφέρουν, ώστε η έναλλαγή δεν είναι πιά δυνατή.

— Πριν τοποθετήσουμε τον ρυθμιστή πίεσεως στη φιάλη, ανοιγοκλείνουμε για λίγο την στρόφιγγα της βαλβίδας της φιάλης, ώστε να απομακρυνθούν οι σκόνης. Προσέχουμε επίσης τα σπειρώματα να είναι καθαρά από λίποι, στην περίπτωση όξι γόνου.

— Αφού βιδώσουμε τον ρυθμιστή, ελέγχουμε τη στεγανότητα, ως εξής: Ξεφίγγουμε την κοχλιωτή στρόφιγγα του ρυθμιστή (ρυθμιστής κλειστός), κι ανοίγουμε τελείως, αλλά όχι απότομα, τη βαλβίδα του κυλίνδρου. Ελέγχουμε τότε τη στεγανότητα στο ρακόρ εισόδου, στο ρακόρ εξόδου και στο μανόμετρο ύψλης πίεσεως. Ο έλεγχος γίνεται με σαπουνάδα, ποτέ με φλόγα. Αν διαπιστωθεί απώλεια, είτε σφίγγουμε καλύτερα την κοχλιώση με το κατάλληλο κλειδί, είτε, αν αυτό δεν είναι αποτελεσματικό, αντικαθιστούμε το παρέμβυσμα (τσιμούχα).

Αν παρατηρηθεί απώλεια στην έξοδο του ρυθμιστή, όταν αυτός είναι κλειστός, ο ρυθμιστής χρειάζεται επίσκεψη ή αντικατάσταση.

— Αποφεύγουμε τις απότομες μεταβολές πίεσεως μέσα στο ρυθμιστή, που προκαλούνται από απότομα ανοίγματα ή κλεισίματα της βαλβίδας ή της στρόφιγγας. Ανοίγουμε τη βαλβίδα της φιάλης, αφού διαπιστώσουμε προηγουμένως ότι ο ρυθμιστής είναι κλειστός.

Κατά την έτοιμασία ή την λειτουργία, μπορεί να συμβεί ανάφλεξη του αερίου που βγαίνει από μία διαφυγή της φιάλης ή του ρυθμιστή της πίεσεως. Τότε:

— Αν η διαφυγή είναι μικρή, κλείνουμε την αν-

τιληφθούμε άμέσως, σβήνουμε τη φλόγα με ένα κομμάτι βρεγμένο ύφασμα, με νερό ή με πυροσβεστήρα. Κλείνουμε επίσης την βαλβίδα της φιάλης, όσο γίνεται γρηγορώτερα.

— Αν αντίθετα η διαφυγή είναι σοβαρή και υποπτευόμαστε ότι η φιάλη έχει θερμανθεί από τη φλόγα, απομακρυνόμαστε, κι από μακριά έκτοξεύουμε πάνω της νερό, τουλάχιστο για δύο ώρες. Μπορούμε να πλησιάσουμε στη φιάλη, μόνο μετά δεξη ώρες. Αν η φιάλη είναι ακόμα ζεστή, απομακρυνόμαστε εκ νέου.

### 2.3. ΟΙ ΕΛΑΣΤΙΚΟΙ ΑΓΩΓΟΙ

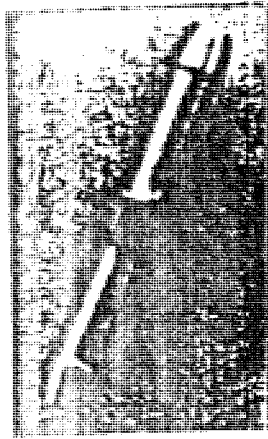
Οι εύκαμπτοι άγωγοί που φέρουν το αέριο από τον ρυθμιστή στη λαβίδα, έχουν χρώμα μπλέ ή γκρι για το όξι γόνου και κόκκινο για το άκετυλένιο. Πρέπει να έχουν μήκος τουλάχιστον 5 μέτρων.

— Οι άγωγοί πρέπει να είναι σε καλή κατάσταση, χωρίς αναδιπλώσεις και εκδορές, χωρίς επιφανειακά καψίματα και το υλικό τους να μην έχει υποστεί γήρανση, που εκδηλώνεται με μικρορωγμές (σκαρμάτα) στην επιφάνεια.

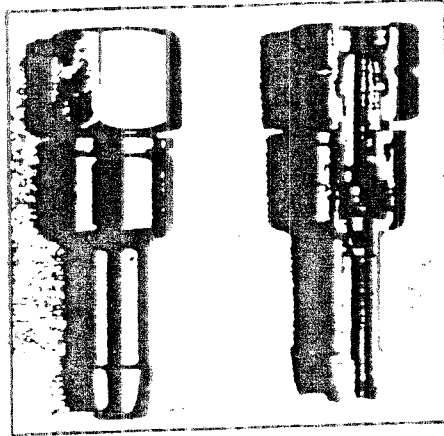
— Αποφεύγουμε να τους εκθέτουμε σε θερμότητα, σε σπίθες και σε έκτινξες. Προσέχουμε να μην είναι ξαπλωμένοι σε μέρος όπου περνούν επάνω τους όχηματα, να μην τους πατάμε, να μην τους υποβάλλουμε σε σταθερή βλωση ή στρέψη και γενικά σε κακώσεις. Τους διατηρούμε καθαρούς, ιδίως από γρασίδιο που εκρήγνυται με το όξι γόνου.

— Την στεγανότητα των άνωγών ελέγχουμε βυθίζοντάς τους στο νερό. Αν διαπιστώσουμε ρωγμή, κόβουμε αυτό το τμήμα και συνδέουμε με κατάλληλο σύνδεσμο τα δύο κομμάτια. Παρόμοιες επισκευές μπορούν να γίνουν και στα άκρα των άνωγών. Δεν χρησιμοποιούμε ποτέ συνδέσμους από χαλκό με το άκετυλένιο, γιατί σχηματίζεται το άκετυλίο του χαλκού, ισχυρά έκρηκτική ένωση. Το άκετυλένιο σχηματίζει επίσης έκρηκτική ένωση και με το μόλυβδο.

— Οι σύνδεσμοι, σφικτήρες και άλλα εξαρτήματα των άνωγών είναι ειδικά κατασκευασμένοι και δεν επιτρέπεται να τους αντικαθίστούμε με αντίστοιχα εξαρτήματα κοινών εφαρμογών. Το Σχ. 4 δίνει μία σειρά από τέτοια εξαρτήματα.



Συνδισμός δύο πλαστικών άγωγών (α)



Ευθείας με βολίδα άν εισπνοής (β)



Δακτύλιος σφίγιέως (Ο-chip) (γ)

Σχ. 4: Έξορτήματα άγωγών

### 2.4. Ο καυστήρας (Blowpipe)

Ο καυστήρας είναι τό όργανο πού δέχεται, σέ ώρισμένη πίεση, ένα καύσιμο άέριο καί τό όξυγόνο, τό άναμειγνύει καλά στήν κατάλληλη έπιθυμητή άναλογία καί όδηγεί τό μίγμα μέσω ένός άύλου μέ ταχύτητα περίπου 1ση μέ την ταχύτητα διαδόσεως της φλόγας, ώστε στο άκρο του άκροφύσιου νά πάρουμε μιά φλόγα σταθερή, όμοια, καί μέ τά χαρακτηριστικά πού έπιθυμούμε.

Τό Σχ. 5 δίνει ένα καυστήρα συγκολλησεως καί τό Σχ. 6 ένα καυστήρα κοπής.



Σχ. 5: Καυστήρας συγκολλησεως

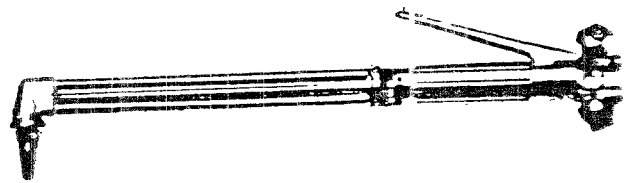
Καί στούς δύο διακρίνουμε τή λαβή μέ τους συνδέσμους προσαγωγής του άερίου καί τις στρόβιγγες ρυθμίσεως της παροχής, τόν θάλαμο άναμίξεως των άερίων καί τέλος τό άκροφύσιο.

Ο καυστήρας πρέπει νά εκλεγεί σέ συνάρτηση μέ την έργασία πού θέλουμε νά κάνουμε. Ίδιαίτερα, τό μέγεθος του άκροφύσιου πρέπει νά είναι τέτοιο, ώστε νά ταιριάζει στην παροχή του καυστικού υλικού. Άν τό άκροφύσιο δέν έ-

δου, ή φλόγα προχωρεί στο έσωτερικό του καυστήρα. Πρόκειται για την άναστροφή της φλόγας, πού θά μάς άπασχολήσει λεπτομερέστερα στην επόμενη παράγραφο.

Κάθε καυστήρας δέχεται μία σειρά από άκροφύσια διαφόρου σχήματος καί μεγέθους, ώστε νά καλύπτει μία περιοχή έφαρμογών.

Μεγάλη σημασία έχει ή σχεδίαση του καυστή-



Σχ. 6: Καυστήρας κοπής

ρα από τόν κατασκευαστή. Πρέπει νά είναι εύχρηστος καί άσφαλής. Ή ίδιο ή κατασκευή του καυστήρα, χωρίς νά λάβουμε ύπ' όψη τις προσθετες διατάξεις άσφαλείας, πρέπει νά έμποδίζει την άναστροφή της φλόγας.

Ο χειριστής, άπ' την πλευρά του, πρέπει νά χρησιμοποιεί αυτό τό όργανο μέ προσοχή.

— Οι άπώλειες στον καυστήρα διαπιστώνονται είτε άπό τό σφύριγμα, είτε άπό την όσμη

νεται με σαπουνάδα. Εάν διαπιστωθεί απώλεια σ' ένα σύνδεσμο, σφίγγουμε ελαφρά το περικόχλιο.

Εάν η απώλεια είναι στη σύνδεση του αύλου καθαρίζουμε καλά τη σύνδεση μ' ένα μαλακό πανί.

— Κατά τον καθαρισμό του ακροφυσίου πρέπει να προσέχουμε να μην το παραμορφώσουμε. Για τó σκοπό αυτό πρέπει να χρησιμοποιούμε αποκλειστικά τον καθαριστή του κατασκευαστού.

— Η επίσκευή των καυστήρων μπορεί να γίνει με γνήσια ανταλλακτικά κι από ειδικευμένο τεχνικό.

— Πρίν από την έναυση του καυστήρα καθαρίζουμε χωριστά κάθε άγωγό, αφήνοντας άεριο να τρέξει για λίγα δευτερόλεπτα.

### 3. ΟΙ ΕΚΡΗΞΕΙΣ ΚΑΙ Η ΑΝΑΣΤΡΟΦΗ ΤΗΣ ΦΛΟΓΑΣ

#### 3.1. Τó φαινόμενο και οι αίτιές του.

Τó χειρότερο άτύχημα πού μπορεί να συμβεί σε μία έγκατάσταση όξυγόνου - άστυλίνης είναι ή έκρηξη της φιάλης. Η έκρηξη μπορεί να προκληθεί από διάφορες αίτιες, όπως από υπερβολική θέρμανση ή να ξεκινήσει από την ανάφλεξη μιας διαφυγής αερίου. Η κυριώτερη, όμως, αίτία είναι ή **άναστροφή της φλόγας**, όταν δηλαδή φλόγα ύποχωρήσει από τó ακροφύσιο του αύλου στό έσωτερικό του και διά μέσου των ελαστικών άγωγών και των ρυθμιστών πίεσεως φθάσει και εισχωρήσει μέσα στη φιάλη.

Τó πρώτο στάδιο ενός τέτοιου άτυχήματος είναι ή ανάμιξη καυσίμου αερίου και όξυγόνου μέσα στον ίδιο άγωγό, πού έπέρχεται με την εισχώρηση π.χ. του όξυγόνου μέσα στον άγωγό της άστυλίνης από τόν καυστήρα (Backfeeding). Έπακολουθεί ή άναστροφή της φλόγας πρós τó έσωτερικό της έγκαταστάσεως (Backfiring) και ή μετατροπή της καύσεως σε έκρηξη (Flashback). Αυτά μπορούν να συμβούν διαδοχικά και με κάπως άργό ρυθμό ή ταχύτητα, ανάλογα πρós τις συνθήκες, και να όδηγήσουν σε ισχυρά κύματα πίεσεως μέσα στό σύστημα, όποτε προκαλείται διάρρηξη του συστήματος και έκρηξη (Detonation).

Οι αίτιες πού προκαλούν την άναστροφή της

φλόγας είναι συνήθως οι έξής:

1. **Ελαττωματικός έξοπλισμός:** έλλειψη στεγανότητας του καυστήρα ή στροβιλισμός του άερίου πού όδηγεί σε τοπική ύποπίεση και άναστροφή του άλλου άερίου.

2. **Λανθασμένος χειρισμός:** Κακή ρύθμιση πιέσεων στους δύο ρυθμιστές πίεσεως, πολύ ύψηλές πιέσεις για τόν καυστήρα πού χρησιμοποιούμε, παράλειψη καθαρισμού των εύκαμπτων άγωγών από τόν άερα πού περιέχουν έρχικά, άναδίπλωση και στραγγαλισμός των άγωγών πού όδηγούν σε άπóτομη μεταβολή της πίεσεως.

3. **Συνθήκες λειτουργίας:** Ύπερθέρμανση του αύλου όταν λειτουργεί μέσα σε στενό χώρο πού άκτινοβολεί η άπόσφαζή του.

Η άναστροφή της φλόγας άρχίζει από τόν καυστήρα, όπου μπορεί να παρουσιάσει διαλείψεις και να συνοδεύεται από θόρυβο «πολυβόλου». Κλείνουμε τότε άμέσως τó όξυγόνο και σε συνέχεια τήν άστυλίνη, κι άφίνομε τόν καυστήρα να κρυώσει.

Έλεγχουμε τήν κατάσταση του ακροφυσίου και τή στεγανότητα, ρυθμίζουμε τις πιέσεις, καθαρίζουμε διαδοχικά τούς άνωγούς με σύντομη ροή αερίου κι άνάβουμε έκ νέου. Αν ή άναστροφή της φλόγας επαναληφθεί, αλλόζουμε τόν καυστήρα.

Αν ή φλόγα καταφέρει να έλασχίσει τόν καυστήρα, σκάζουν συνήθως οι άγωγοί. Κλείνουμε τότε γρήγορα τις βαλβίδες των φιαλών. Θέτουμε ξανά τήν έγκατάσταση σε λειτουργία, μόνον άφóυ έλέγξουμε προηγουμένως σχολαστικά τó κάθε τι.

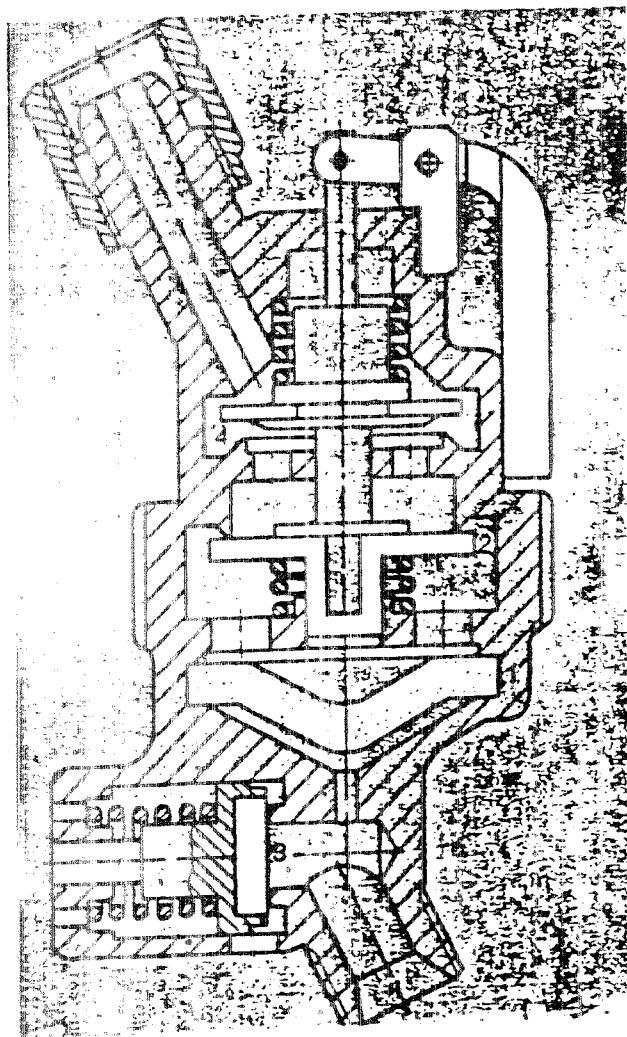
#### 3.2. Διατάξεις άσφαλείας

Μία συσκευή όξυγόνου και άστυλίνης φέρει άπαραίτητα ώρισμένα όργανα άσφαλείας, πού έχουν σκοπό να άνακόπτουν τή διαδοση της φλόγας, αν αυτή άναστραφεί, και να σταματούν τήν παροχή αερίου στη συσκευή. Οι διατάξεις αυτές τοποθετούνται σε διάφορα έπίκαιρα σημεία της συσκευής.

**Βαλβίδες άσφαλείας (Check valves).** Ανό μία βαλβίδα άσφαλείας τοποθετούνται συνήθως άνάμεσα σε κάθε καυστήρα και στον αντίστοιχο έλαστικό άνωπό, όπως φαίνεται στο Σχ. 1. Μία

τέτοια βαλβίδα είδαμε στο Σχ. 4β. Είναι στην ουσία μία βαλβίδα άντεπιστροφής, που κλείνει αν μέσα στον καυστήρα δημιουργηθεί υπερπίεση σε σχέση με τον άγωγό. Έτσι εμποδίζεται ή αναστροφή της ροής του μίγματος από τον καυστήρα προς τον άγωγό (Backfeeding). Η βαλβίδα ανοίγει αυτόματα, μόλις αποκατασταθούν οι σωστές συνθήκες πίεσης.

Φλογοπαγίδα με βαλβίδα άποκοπής (flashback arrester with cut-off valve). Η φλογοπαγίδα είναι μία παστίλια από πορώδες κεραμικό μέταλλο (χαλκός, άνοξειδωτος χάλυβας) με καλή θερμική αγωγιμότητα. Η φλόγα δεν μπορεί να περάσει μέσα από ένα τέτοιο φίλτρο, γιατί μόλις έρθει σε έπαφή μ' αυτό ψύχεται κάτω από τη θερμοκρασία άναφλέξεως του μίγματος και σβήνει. Η φλογοπαγίδα συνδυάζεται με μία σειρά βαλβίδων, όπως φαίνεται στο Σχ. 7. Η



Σχ. 7. Φλογοπαγίδα μεγάλης ασφάλειας, με πολυάριθμες βαλβίδες ασφαλείας.

1. Φλογοπαγίδα (κεραμικό μέταλλο)
2. Βαλβίδα άντεπιστροφής
3. Βαλβίδα ασφαλείας.

βαλβίδα άποκοπής διακόπτει έριστικά την ροή όταν η φλόγα φθάσει μέχρι τη βαλβίδα. Η έκ νέου έέση της σε λειτουργία γίνεται, όταν τό θελήσουμε έμεις, με τό μοχλό 5.

Η φλογοπαγίδα τοποθετείται στην έξοδο του ρυθμιστή πίεσης, τόσο στη φιάλη άσετυλίνης όσο και στη φιάλη άξυγόνου.

Πρέπει νά τονίσουμε ότι οι διατάξεις άσφαλείας που περιγράψαμε δέν παρέχουν άπερίοριστη άσφάλεια ούτε ύποκαθιστούν την ύποχρέωση του χειριστή νά τηρεί σχολαστικά όλες τις άπαραίτητες προφυλάξεις και νά έκτελεί τούς σωστούς χειρισμούς.

#### 4. ΆΛΛΑ ΜΕΤΡΑ ΑΣΦΑΛΕΙΑΣ ΚΑΙ ΥΓΙΕΙΝΗΣ

Άλλα μέτρα άσφαλείας, άνεξάρτητα άπ' τόν έξοπλισμό που χρησιμοποιούμε, περιγράφονται στη συνέχεια.

##### 4.1. Είδος έργασίας

Υπάρχει κίνδυνος έκρήξεως όταν έργαζόμαστε με δοχεία ή βαρέλια, που χρησίμευσαν για την άποθήκευση εύφλέκτων ούσιων, άκόμα κι αν δέν φαίνεται νά φέρουν ύπολείμματα άπ' αυτά.

Όταν έργαζόμαστε με κλειστά δοχεία πρέπει ν' ανοίγουμε μιά άπή, ώστε νά μήν έμποδίζεται ή διαστολή του άέρα στο έσωτερικό του δοχείου.

##### 4.2. Χώρος έργασίας

— Σε κλειστούς χώρους πρέπει νά προβλέπεται άερισμός. Ο άερισμός πρέπει νά γίνεται με άναρρόφηση και όχι με έμφύσηση. Η καλύτερη μέθοδος είναι ή κατασκευή άπαγωγού στο σημείο όπου γίνονται οι συγκολλήσεις.

— Η συγκόλληση ή κοπή όρειχάλκου (Cu - Zn) ή γαλβανισμένων ύλικών πρέπει νά γίνεται κάτω άπό συνθήκες καλού άερισμού. Άν γίνεται για μεγάλο χρονικό διάστημα πρέπει νά χρησιμοποιείται κατάλληλη άναπνευστική συσκευή.

— Δέν πρέπει νά ύπάρχουν εύφλεκτες ύλες

φευκτο, αυτές πρέπει να προστατεύονται πίσω από διάτρητα σιδηρόφυλλα ή παραπετάσματα από άμιαντο. Νά υπάρχει πάντα πρόχειρος ένας πυροσβεστήρας.

### 4.3. Προστασία συγκολλητή.

Ο συγκολλητής πρέπει να φέρει τα κατάλληλα προστατευτικά γυαλιά. Τα γυαλιά προστατεύουν τόσο απ' τη φωτεινή ακτινοβολία όσο κι από τις έκτινάξεις.

Η ένδυμασία του πρέπει να είναι απαλλαγμένη από συνθετικά υφάσματα που αναφλέγονται εύκολα.

Ανάλογα με την εργασία πρέπει να φοράει προστατευτικά γάντια, ποδιά ή ελόκληρη στολή από δέρμα.

Πρέπει να είναι πάντα εφοδιασμένος μ' ένα πλήρες σέτ κλειδιών για άμεση επέμβαση στην εγκατάσταση καθώς και μ' ένα καθαριστήρα του άκρυσίου.

### 5. ΣΥΜΠΕΡΑΣΜΑ

Η ασφάλεια κατά την χρησιμοποίηση όξυαιε-

τυλενικής φλόγας δέν είναι μικρότερη απ' αυτή που προσφέρουν άλλες μέθοδοι συγκολλήσεως ή κοπής των μετάλλων, υπό τις εξής προϋποθέσεις:

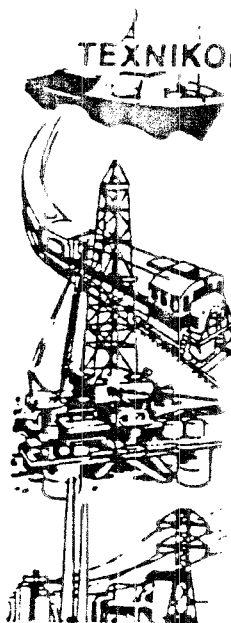
1) Έχει γίνει η σωστή επιλογή του εξοπλισμού, με τις διατάξεις ασφαλείας.

2) Ο χειριστής είναι σωστά διαπαιδευμένος κι ακολουθεί εύσυνείδητα όλες τις οδηγίες εγκαταστάσεως, λειτουργίας και συντηρήσεως του εξοπλισμού του.

3) Ο υπεύθυνος μηχανικός φροντίζει για την οργάνωση του περιβάλλοντος εργασίας και την εκπαίδευση του προσωπικού του.

### 6. ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

1. E. Sellier: Cours De Soudage et de Decoupage au Chalumeau. Institut Belge de la Soudure.
2. Handbook of Operating Instructions for Gas Welding and Cutting. Boc England
3. Safety in the Use of Gas Welding and Cutting Equipment. Boc England.



### ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΤΩΝ ΚΑΤΑΣΚΕΥΩΝ

Το αντικείμενο των εργασιών μας είναι:

- \* Προδιαγραφές μεθόδων συγκολλήσεων (νέων κατασκευών, επισκευών, ειδικών κατασκευών κ.ά.).
- \* Επιστάσις και επιθεώρηση συγκολλητών κατασκευών
- \* Εκπαίδευση ηλεκτροσυγκολλητών και μονταδόρων
- \* Εξασφάλισης της ποιότητας και ελέγχου των κατασκευών (Υπερήχοι, Ραδιογραφίες, Διεισδυτικά κ.λπ.).
- \* Οικονομοτεχνικές μελέτες και σχεδιασμός κατασκευών
- \* Εφαρμογή Διεθνών Προτύπων κατασκευών (DIN, ASME, API, BS, AFNOR).

**ΣΥΜΒΟΥΛΕΥΤΕΙΤΕ ΜΑΣ ΠΡΙΝ ΠΑΡΕΤΕ ΑΠΟΦΑΣΕΙΣ**

### ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ

Α. ΤΖΟΓΙΟΣ Μηχ. Μηχανικός - Μηχ. Συγκολλήσεων BSc, MSc  
ΕΜΜΑΝΟΥΗΛΙΔΟΥ 6 - 175 04 ΑΘΗΝΑ ΤΗΛ. 93.23.722

# Η επιθεώρηση και οι δοκιμές ελέγχου των συγκολλήσεων

Οποιαδήποτε και εάν είναι η προδιαγραφή της ποιότητας, οι συγκολλήσεις θα πρέπει πάντοτε να επιθεωρούνται ακόμη και εάν η επιθεώρηση δεν είναι παρά μόνο ένας απλός οπτικός έλεγχος από τον συγκολλητή που τις εκτέλεσε. Δοκιμές ελέγχου των συγκολλήσεων μπορεί επίσης να απαιτούνται ακόμη και σε πολλές συγκολλητές κατασκευές, όπως είναι π.χ. η δοκιμή διαρροής ενός δοχείου ή μιας δεξαμενής, που πρόκειται να περιέχει νερό.

Η επιθεώρηση πιστοποιεί ότι η προκαθοριζόμενη ποιότητα, που περιγράφεται στις προδιαγραφές έχει επιτευχθεί. Η επιθεώρηση των συγκολλήσεων μπορεί να γίνει από τον επιθλέποντα τις συγκολλήσεις ή τον εργοδηγό, από τους συγκολλητές καθώς και από τον εντεταλμένο αντιπρόσωπο του πελάτη. Συνήθως ο επιθεωρητής των συγκολλήσεων έχει ποικιλία αρμοδιοτήτων. Αυτές αρχίζουν με την σύγκριση προδιαγραφών σχεδίων και τις ίδιες της κατασκευής και ακολουθείται από την ανάλυση των αποτελεσμάτων των δοκιμών ελέγχου. Τα καθήκοντα της επιθεώρησης μπορούν να θεωρηθούν και παραγωγικά και μη παραγωγικά, ανάλογα με το που εφαρμόζονται.

Ο έλεγχος τελειωμένων κατασκευών ή προϊόντων, δηλαδή έλεγχος κατασκευής που έχει πλήρως ολοκληρωθεί, είναι μία εργασία μη παραγωγική, το κόστος της οποίας θαρραίνει όμως το κόστος της παραγωγής. Κατά τον έλεγχο αυτό, η ποιότητα της συγκόλλησης δεν μπορεί να καλυτερευτεί, γιατί με αυτό τον τρόπο μπορεί να πιστοποιηθεί μόνο εάν μία συγκόλληση π.χ. είναι αποδεκτής ποιότητας, θα πρέπει να επισκευασθεί, ή θα πρέπει να απορριφθεί πλήρως.

Όταν η επιθεώρηση γίνεται κατά την διάρκεια της κατασκευής η επίδρασή της στο κόστος κατασκευής, είναι εντελώς διαφορετική. Εντοπίζονται έγκαιρα σφάλματα των συγκολλήσεων και της μεθοδολογίας εκτέλεσής τους, με αποτέλεσμα η επιδιόρθωσή τους, να είναι δυνατή. Επίσης προλαμβάνεται η συγκέντρωση μικρών σφαλμάτων, τα οποία συσσωρευόμενα θα μπορούσαν να δημιουργήσουν σφάλμα αρκετά μεγάλου μεγέθους, που θα μπορούσε να οδηγήσει στην αχρηστία του αντικειμένου. Ως εκ τούτου όταν η επιθεώρηση γίνεται κατά την διάρκεια κατασκευής, μπορεί να θεωρηθεί ως παραγωγική εργασία και όχι ως εργασία που επιβαρύνει το κόστος της.

Σε κάθε πρόγραμμα ποιοτικής εξασφάλισης, θα πρέπει να δίνεται ιδιαίτερη έμφαση έτσι ώστε η επιθεώρηση να γίνεται κατά το μεγαλύτερο δυνατό ποσοστό κατά την διάρκεια της κατασκευής παρά στο τέλος αυτής. Αυτή η φιλοσοφία θα πρέπει να ακολουθείται όπου είναι δυνατό. Στις περισσότερες περιπτώσεις τέτοια φιλοσοφία μπορεί να σημαίνει, ότι ο ποιοτικός έλεγχος

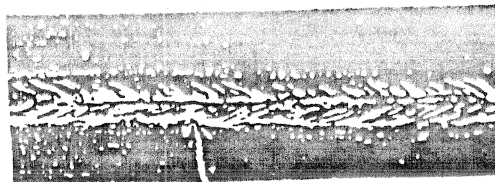
να πρέπει να είναι η βασική μεθόδος ελέγχου εξασφάλισης της ποιότητας. Για και αυτός ο έλεγχος μπορεί να γίνει δουλειά ρουτίνας κατά την διάρκεια τρόδου της εργασίας.

## Οπτικός έλεγχος κατά την διάρκεια της κατασκευής

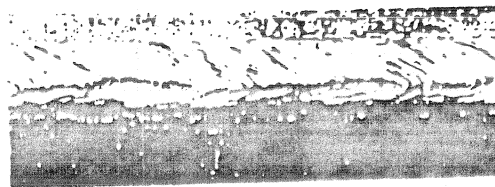
Κάθε άτομο που εργάζεται σε μια κατασκευή, καθώς και ο επιθεωρητής, κάνει οπτικό έλεγχο. Ένας ευσυνείδητος ηλεκτροσυγκολλητής δεν πρέπει να παραδίδει την εργασία του, αν αναγνωρίζει σφάλματα τα οποία εκείνος έκανε. Παρόλα αυτά συνήθως απαιτείται ο έλεγχος των συγκολλήσεων κατά την διάρκεια εκτέλεσής του, να γίνεται από κάποιο άλλο εξειδικευμένο άτομο. Τα εργαλεία που απαιτούνται για την εκτέλεση του ποιοτικού ελέγχου είναι απλά, όπως είναι π.χ. ένα μικρό μέτρο, ένα εργαλείο μέτρησης των διαστάσεων της συγκόλλησης, ένας μεγενθυτικός φακός, καθώς επίσης και ένας χάρακας και γωνιά με τα οποία μπορεί να υπολογισθεί η επιπεδότητα, ευθύτητα και η καθετότητα των κομματιών. Ο οπτικός έλεγχος πρέπει να αρχίζει πριν την δημιουργία του ηλεκτρικού τόξου. Στην αρχή ελέγχονται τα υλικά (πρώτες ύλες) για να διαπιστωθεί ότι αυτά είναι σύμφωνα με τις προδιαγραφόμενες απαιτήσεις ποιότητας, τύπου, μεγέθους, καθαρότητας και ότι αυτά δεν έχουν κάποιο σφάλμα. Ξένα υλικά όπως είναι π.χ. γράσα, μπογιές, λάδια, καμένα λάδια, οξειδωση, κ.λπ. που θα μπορούσαν να επιδράσουν βλαβερά στην συγκόλληση, θα πρέπει να απομακρύνονται με μηχανικά ή χημικά μέσα. Τα κομμάτια που πρόκειται να ενωθούν με συγκόλληση θα πρέπει να ελεγχθούν ως προς τις διαστάσεις τους, καθώς και την ευθύτητα των πλευρών τους και την επιπεδότητα των επιφανειών τους. Κομμάτια που δεν έχουν κοπέλι καλά ή έχουν καμφθεί, έχουν στραβώσει και γενικά έχουν τραυματισθεί κατά την μεταφορά τους, ή από άλλες αιτίες, πρέπει να επισκευασθούν πριν χρησιμοποιηθούν. Εάν αυτό δεν είναι δυνατό τότε μπορεί ακόμη και να κριθούν ακατάλληλα προς χρήση. Επίσης σε αυτό το στάδιο ελέγχου ελέγχονται οι διαστάσεις της φρέζας των ελασμάτων, καθώς και η ποιότητα κατασκευής αυτής, το σωστό μοντάρισμα και η επιπεδότητα των συγκολλημένων άκρων. Εκτός από τις πρώτες ύλες ελέγχονται επίσης και τα βοηθητικά υλικά, όπως είναι τα ηλεκτρόδια, εάν είναι σύμφωνα με τα προδιαγραφόμενα (ποιότητα και μέγεθος), καθώς και εάν δεν έχουν υποστεί καμία σοβαρή μεταβολή π.χ. εάν είναι υγρά, εάν η πάστα της επένδυσής τους είναι τραυματισμένη κ.λπ.).

Η επιθεώρηση πριν την συγκόλληση περιλαμβάνει επίσης τον έλεγχο χρήσης της απαιτούμενης μεθόδου συγκόλλησης καθώς και εάν εφαρμόζεται πιστά η προδιαγεγραμμένη μεθοδολογία συγκόλλησης π.χ. ότι ο τύπος και το μέγεθος του ηλεκτροδίου καθώς και εάν η ρύθμιση των παραμέτρων συγκόλλησης (ένταση, τάση κ.λπ.) είναι μέσα στα προδιαγραφόμενα όρια. Επίσης ελέγχεται κατά πόσο έχει γίνει σωστά η απαιτούμενη προθέρμανση.

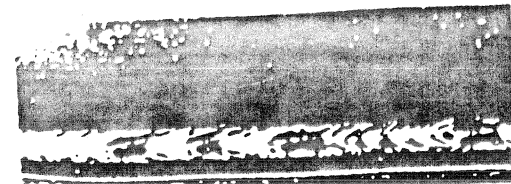
Συνήθως κατά τον αρχικό οπτικό έλεγχο δεν απαιτείται παρά μόνο ο έλεγχος να είναι μια λήψη της παραναίσεως σημεία ελέγχου είναι μεγάλης σημασίας επειδή



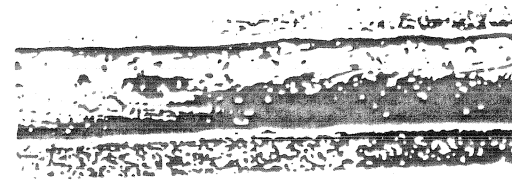
**Η ρηγμάτωση**, μπορεί εύκολα να εντοπιστεί με οπτικό έλεγχο, εάν αυτή είναι επιφανειακή και δεν είναι πάρα πολύ λεπτής μορφής. Συνήθως ρηγματώσεις δημιουργούνται λόγω χρήσης υπερβολικής έντασης ρεύματος συγκόλλησης, ανεπαρκούς προθέρμανσης, ανεπαρκούς γωνίας, διαμόρφωσης της ρίζας καθώς δε ακόμα λόγω μεγάλης συγκέντρωσης των τάσεων σε αυτή την περιοχή.



**Αποκοπή** συνήθως δημιουργείται εξαιτίας μη σωστής επιλογής των παραμέτρων συγκόλλησης όπως είναι πολύ μεγάλη ταχύτητα, καθώς και μεγάλη ένταση και τάση ρεύματος συγκόλλησης. Αποκοπή επίσης μπορεί να δημιουργηθεί λόγω λανθασμένης τεχνικής όπως π.χ. ταλάντωσης κ.λπ.



**Οι επιφανειακοί πόροι** συνήθως δημιουργούνται από υπερβολική ταχύτητα συγκόλλησης, από οξειδωμένα ή βρώμικα ελάσματα, βρεγμένα ηλεκτρόδια ή συλλιπόμενα με αρκετή επιφανειακή προστασία της συγκόλλησης από την πάστα που πρέπει να την καλύπτει, καθώς ακόμη και εξαιτίας του μεγάλου μήκους τόξου συγκόλλησης.



**Επιφανειακός εγκλωβισμός πάστας** δημιουργείται συνήθως λόγω κακής τεχνικής. Οι πιο βασικές αιτίες δημιουργίας αυτού του σφάλματος είναι μη σωστή χρήση του ηλεκτροδίου, με σωστή διάμετρο, καθώς και μη σωστή γωνία συγκράτησής του.

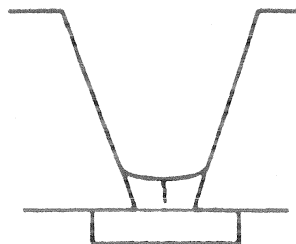
Σχήμα Νο 1. Διάφοροι τύποι σφαλμάτων που μπορούν να εντοπιστούν με οπτικό έλεγχο.

κατ' αυτόν τον τρόπο μπορεί να εφαρμοστεί κατά πάρα πολύ μεγάλο μέρος η ποιότητα των συγκολλήσεων.

Υποθέτοντας ότι τα αποτελέσματα του αρχικού ελέγχου είναι θετικά, τότε ο πιάδω πραγωγικός έλεγχος αρχίζει με το ξεκίνημα της εργασίας της συγκόλλησης. Κατά το στάδιο αυτό ελέγχεται η αρχή και το τέλος κάθε συγκόλλησης. Έτσι ώστε να εξασφαλίζεται ότι δεν δημιουργούνται κρατήρες, ρηγματώσεις, ότι η διείδυση είναι η απαιτούμενη και ότι δεν έχουν δημιουργηθεί άλλα σφάλματα όπως είναι πόροι, εγκλωβισμός πάστας, υποκοπή κ.λπ. Στο σχήμα Νο 1 φαίνονται αρκετοί τύποι σφαλμάτων, που μπορούν να εντοπισθούν με οπτικό έλεγχο.

Κατά την εκτέλεση απλής μορφής συγκολλήσεων με ένα πάσο, ο οπτικός έλεγχος γίνεται στην αρχή της εργασίας, καθώς και κατά τακτά χρονικά διαστήματα, καθώς προχωρά η εργασία της συγκόλλησης. Όταν εκτελούνται συγκολλήσεις με περισσότερα του ενός πάσα, απαιτείται ο οπτικός έλεγχος κάθε πάσου πριν την εναπόθεση του επομένου.

Το πιο κρίσιμο πάσο συγκόλλησης είναι αυτό της ρίζας, όπου και δεν θα πρέπει να υπάρχει κανένα σβαρό σφάλμα. Όπως φαίνεται στο σχήμα Νο 2 το πάσο της ρίζας είναι ευαίσθητο σε ρωγματώσεις, επειδή ότι το μέταλλο συγκόλλησης ψύχεται πολύ γρήγορα, με αποτέλεσμα να εγκλωβίζονται εκεί πάστα καθώς και αέρια.

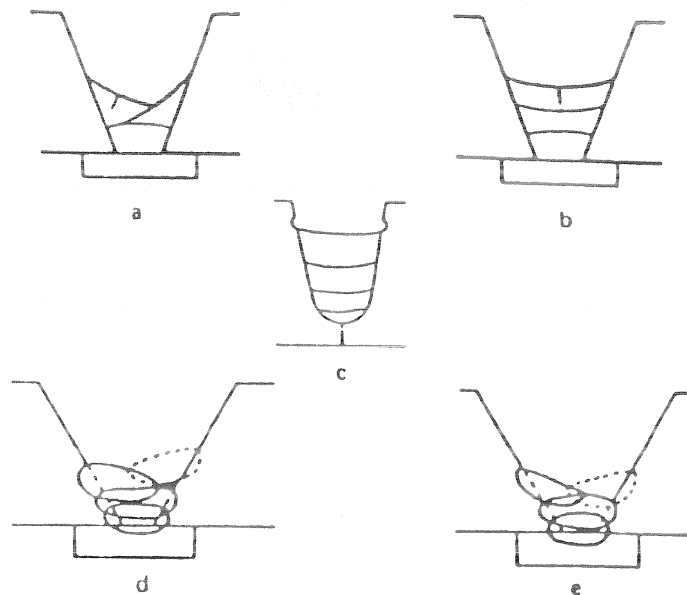


**Σχήμα Νο 2.** Το πάσο της ρίζας είναι πολύ ευαίσθητο σε ρηγματώσεις εξαιτίας των μεγάλων τάσεων συρρίκνωσης που αναπτύσσονται σε αυτή την περιοχή.

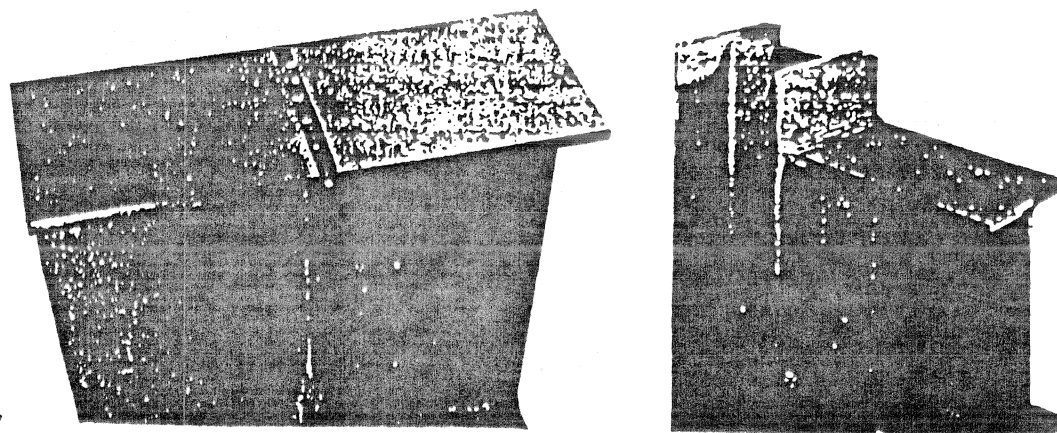
Τα ενδιάμεσα πάσα μπορούν να έχουν διάφορα σφάλματα που μπορεί να δημιουργούνται κυρίως εξαιτίας μη σωστής εναπόθεσης του συγκολλητικού υλικού, όπως φαίνεται στο σχήμα Νο 3. Τα σφάλματα αυτά μπορούν να εντοπιστούν εύκολα από τον συγκολλητή και το κόστος επισκευής τους μπορεί να είναι πολύ χαμηλό, εφόσον επιδιορθωθούν πριν την εναπόθεση των άλλων πάσων.

Η κοίλη εμφάνιση της συγκόλλησης (a) και (b), έχει μερική επίδραση στην δημιουργία ρηγματώσεων. Οι μετωπικές συγκολλήσεις με λοξοτομή είναι ευαίσθητες στην δημιουργία σφαλμάτων υποκοπής (c), όπου μπορεί να

πολύ κυρτή, ενώ ταυτόχρονα το διάκενο που δημιουργείται με την πλευρά της φρέζας είναι πολύ μικρό (d). Η σωστή εμφάνιση της συγκόλλησης και ο σωστός τρόπος εναπόθεσης των πάσων φαίνεται στο σχήμα Νο e. Πριν την συνέχιση της συγκόλλησης τα σφάλματα a, b, c, και d πρέπει να διορθωθούν



Σχήμα Νο 3. Σφάλματα συγκόλλησης κατά την εκτέλεση ενδιάμεσων πάσων.



Σχήμα Νο 4. Βοηθητικά πρότυπα δοκίμια συγκολλήσεων





## Άλλες μέθοδοι ελέγχου

Επειδή με τον οπτικό έλεγχο είναι δυνατόν να εντοπιστούν μόνον επιφανειακά σφάλματα, οι τεχνικές προδιαγραφές και οι εφαρμοζόμενοι τεχνικοί κώδικες κατασκευών απαιτούν συνήθως και άλλους ελέγχους, με μεθόδους που έχουν την ικανότητα εντοπισμού σφαλμάτων εσωτερικά της συγκόλλησης, καθώς και της θερμοεπηρεαζόμενης ζώνης (ΘΕΖ), η οποία βρίσκεται στα άκρα της ένωσης της συγκόλλησης με το μέταλλο της θάσης. Επιπλέον μπορεί δε να απαιτείται έλεγχος διαπίστωσης ότι η χημική σύνθεση καθώς και οι άλλες μηχανικές ιδιότητες (εκφελκυσμός, κρούση, σκληρότητα, κ.λπ.) του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού, δεν έχουν υποστεί αλλαγές και ότι βρίσκονται εντός των προδιαγεγραμμένων ορίων. Ως εκ τούτου για τον πλήρη έλεγχο των συγκολλήσεων απαιτείται η χρήση άλλων μεθόδων ελέγχου, οι οποίες έχουν την δυνατότητα να προσφέρουν τέτοιες πληροφορίες.

Οι μέθοδοι ελέγχου των συγκολλήσεων κατατάσσονται στους καταστρεπτικούς και μη καταστρεπτικούς. Οι καταστρεπτικές μέθοδοι ελέγχου όπως είναι φυσικό δεν μπορούν να χρησιμοποιηθούν κατά την διαδικασία της παραγωγής, εκτός από τον καταστρεπτικό έλεγχο πρωτοτύπων των τύπων (πρώτων μονάδων παραγωγής) ή ειδικά επιλεγόμενων δειγμάτων. Σε μεγάλες κατασκευές όπως είναι π.χ. μεταλλικά κτίρια, γέφυρες κ.λπ. οι καταστρεπτικοί μέθοδοι ελέγχου δεν χρησιμοποιούνται στο στάδιο κατασκευής παρά μόνο στα αρχικά στάδια προετοιμασίας της κατασκευής, όπου η πιστοποίηση των μεθόδων συγκόλλησης γίνεται με καταστρεπτικά μέσα. Σε κατασκευές όπως είναι κύρια πλαίσια αεροπλάνων, οι καταστρεπτικοί έλεγχοι όμως θεωρούνται αναγκαίοι για την πιστοποίηση της ποιότητας αυτών των κατασκευών.

Οι πιο συνήθως χρησιμοποιούμενοι **Μη Καταστρεπτικοί Μέθοδοι Ελέγχου** των συγκολλήσεων είναι ο ραδιογραφικός έλεγχος, ο έλεγχος με υπερήχους, ο έλεγχος με μαγνητικά πεδία καθώς και ο έλεγχος με διεισδυτικά υγρά. Η δοκιμή αντοχής δοχείων (υδραυλική δοκιμή) είναι μία μηχανική μέθοδος ελέγχου, που πιστοποιεί ότι οι συγκολλήσεις καθώς και άλλα κατασκευαστικά μέρη του δοχείου αντέχουν σε ένα ορισμένο όριο τάσεων, για το οποίο έχει κατασκευαστεί για να λειτουργεί το δοχείο.

Ο χημικός καθώς και ο μεταλλογραφικός έλεγχος των συγκολλήσεων, μπορεί να είναι καταστρεπτικός ή μη καταστρεπτικός. Εάν ένα δοκίμιο συγκόλλησης μεταλλογραφικού ελέγχου λαμβάνεται από περιοχή συνέχειας της συγκόλλησης δηλ. από πλεονάζον μήκος απαιτούμενης ένωσης, τότε δεν δημιουργείται καμία φθορά στην κατασκευή. Εάν όμως δοκίμιο μεταλλογραφικού ελέγχου αφαιρεθεί από μέρος κύριας συγκόλλησης της κατασκευής, τότε ο έλεγχος αυτός είναι καταστρεπτικός και το σημείο αφαίρεσης του δοκιμίου πρέπει να επισκευασθεί με συγκόλληση.

Στον πίνακα Νο 1 φαίνονται πρακτικές οδηγίες της χρήσης των βοηθητι-

Πίνακας Νο 2. Μέθοδοι ελέγχου για τον εντοπισμό διαφόρων σφαλμάτων σε αυχενικές και μετωπικές συγκολλήσεις

ΕΙΔΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ	ΑΥΧΕΝΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΛ.	ΜΕΤΩΠΙΚΕΣ ΣΥΓΚΟΛ.
Μειωμένο μέγεθος	Οπτικός έλεγχος	Οπτικός έλεγχος
Επιφανειακοί πόροι	Οπτικός έλεγχος	Οπτικός έλεγχος
Εσωτερικοί πόροι	Καταστρεπτικός έλεγχος	Ραδιογραφικός έλεγχος
Υποκοπή	Οπτικός έλεγχος	Οπτικός έλεγχος
Ρηγματώσεις επιφαν.	Μαγνητικά πεδία Διεισδυτικά υγρά Οπτικός έλεγχος	Μαγνητικά πεδία Διεισδυτικά υγρά Οπτικός έλεγχος Υπέρηχοι
Ρηγματώσεις εσωτερικές	(Υπέρηχοι)	Υπέρηχοι Ραδιογραφικός έλεγχος
Ατελής διεισδυση	Καταστρεπτικός έλεγχος Υπέρηχοι	Ραδιογραφικός έλεγχος Υπέρηχοι
Ατελής συντηξη	Καταστρεπτικός έλεγχος Υπέρηχοι	Ραδιογραφικός έλεγχος Υπέρηχοι
Εγκλωβισμός πάστας	Καταστρεπτικός έλεγχος Υπέρηχοι	Ραδιογραφικός έλεγχος Υπέρηχοι

61  
62

ΜΕΘΟΔΟΣ ΕΛΕΓΧΟΥ	ΕΞΟΠΛΙΣΜΟΣ ΠΟΥ ΑΠΑΙΤΕΙΤΑΙ	ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΠΟΥ ΕΝΤΟΠΙΖΟΝΤΑΙ
<b>ΟΠΤΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ</b>	Μεγενθυτικός φακός. Μικρό μέτρο. Εργαλείο μέτρησης διαστάσεων των συγκολλήσεων Ευθύγραμμος μεταλλικός χάρακας Πρότυπα δοκίμια συγκόλλησης	Επιφανειακά σφάλματα όπως πόροι, ρηγματώσεις κρατῆρες συγκόλλησης, εγκλωβισμένα πάσα, υποκοπή, Υποσυγκόλληση, υπεραυγκόλληση, παραμορφώσεις, ανόμοια επιπεδότητα μη σωστή φρέζα και μη σωστό μοντάρισμα.
<b>ΡΑΔΙΟΓΡΑΦΙΚΟΣ ΕΛΕΓΧΟΣ</b>	Βιομηχανικές συσκευές ακτίνων Χ ή συσκευές ισοτόπων ακτίνων Γ, κατάλληλες για τον έλεγχο των συγκολλήσεων, χυτών και σφυρηλάτων, Φίλμ και συστήματα εμφάνισης αυτών. Συσκευή οπτικής ανάγνωσης των φίλμ, η φθορίζουσα οθόνη ελέγχου.	Εσωτερικά σφάλματα μικρού μεγέθους όπως είναι ρηγματώσεις φυσαλίδες, πόροι, μη μεταλλικές εγκλωβίσεις, ατελής διείσδυση, ατελής σύντηξη διάτρηση στην περιοχή της ρίζας υποκοπή.
<b>ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΜΑΓΝΗΤΙΚΑ ΠΕΔΙΑ</b>	Ειδικές συσκευές δημιουργίας μαγνητικών πεδίων. Μαγνητικά σωματίδια υπό μορφή λεπτής μεταλλικής σκόνης διαλυμένα ή όχι σε πετρέλαιο Σε περίπτωση που χρησιμοποιούνται φθορίζοντα μαγνητικά σωματίδια, απαιτείται λάμπα φωτισμού με υπεριώδη ακτινοβολία.	Είναι πολύ χρήσιμη για τον εντοπισμό μικρού μεγέθους επιφανειακών σφαλμάτων όπως είναι ρηγματώσεις που δεν είναι δυνατόν να εντοπισθούν με οπτικό έλεγχο.
<b>ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΔΙΕΙΣΔΥΤΙΚΑ ΥΓΡΑ</b>	Τριών ειδών υλικά. α) Διεισδυτικό β) Καθαριστικά γ) Εμφανιστής Σε περίπτωση χρήσης φθορίζοντος διεισδυτικού υγρού απαιτείται φωτισμός με υπεριώδη ακτινοβολία.	Χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό επιφανειακών σφαλμάτων που δεν μπορούν να εντοπισθούν εύκολα με γυμνό οφθαλμό. Χρησιμοποιείται για τον εντοπισμό μη στεγανών συγκολλήσεων σε δοχεία.
<b>ΕΛΕΓΧΟΣ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ</b>	Ειδικές συσκευές. Ειδικά πρότυπα δοκίμια ρύθμισης και σύγκρισης.	Εντοπίζει επιφανειακά καθώς και εσωτερικά σφάλματα πολύ μικρού μεγέθους που είναι αδύνατον να εντοπισθούν με άλλη μέθοδο ελέγχου. Καθορίζει τις πλήρεις διαστάσεις του σφάλματος και εντοπίζει το ακριβές σημείο όπου αυ

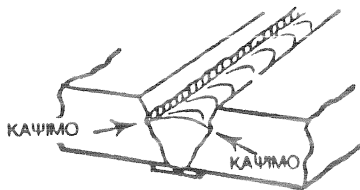
ΠΛΕΟΝΕΚΤΗΜΑΤΑ	ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΟΙ	ΠΑΡΑΤΗΡΗΣΕΙΣ
Χαμηλό κόστος. Μπορεί να εκτελεσθεί κατά την διάρκεια της κατασκευής επιτρέποντας να γίνουν έγκαιρα διορθωτικές ενέργειες. Προσφέρει στοιχεία τα οποία αναλυόμενα οδηγούν στην καλλιτέρευση της μεθοδολογίας της συγκόλλησης.	Χρησιμοποιείται μόνο για τον εντοπισμό επιφανειακών σφαλμάτων. Δεν υπάρχει μόνιμο στοιχείο ελέγχου.	Πρέπει πάντοτε να είναι η αρχική μέθοδος ελέγχου ανεξαρτήτως αν χρησιμοποιούνται και άλλες μέθοδοι ελέγχου. Είναι οι μόνες παραγωγικές μέθοδοι ελέγχου των συγκολλήσεων. Είναι η πιο αναγκαία ενέργεια κάθε ατόμου που με κάθε τρόπο συμμετέχει στην εκτέλεση των
Όταν τα σφάλματα μπορούν να αναγνωρισθούν επί του φίλμ, τότε αυτό αποτελεί μόνιμο αποδεικτικό στοιχείο της ποιότητας. Όταν χρησιμοποιείται φθορίζουσα οθόνη, τότε το κόστος είναι χαμηλότερο.	Απαιτείται εκπαιδευμένο και εξειδικευμένο προσωπικό για την χρήση του εξοπλισμού καθώς και για την αξιολόγηση των ευρημάτων των ραδιογραφιών. Απαιτείται η λήψη προστατευτικών μέτρων ασφαλείας για την αποφυγή ατυχημάτων έκθεσης σε ραδιενέργεια.	Ο ραδιογραφικός έλεγχος απαιτείται από πάρα πολλούς τεχνικούς κώδικες καθώς και τεχνικές προδιαγραφές. Χρησιμοποιείται για την πιστοποίηση των συγκολλήτων.
Είναι πιο ευκόλοχρηστη μέθοδος απ' ό,τι ο ραδιογραφικός έλεγχος. Επιτρέπει ελεγχόμενη ευαισθησία. Είναι σχετικά μικρού κόστους.	Χρησιμοποιείται μόνο στα σιδηρούχα μαγνητιζόμενα υλικά. Απαιτείται εξειδικευμένο προσωπικό για τον εντοπισμό και αξιολόγηση των ευρημάτων. Χρησιμοποιείται δύσκολα σε μη λείες επιφάνειες.	Σφάλματα που βρίσκονται σε παράλληλη διεύθυνση αυτής της μαγνητικής ροής μπορούν να μην εντοπισθούν, γι' αυτό το λόγο τα μαγνητικά πεδία πρέπει να εφαρμόζονται πάντα σε δυο διευθύνσεις μαγνητικής ροής οι οποίες να είναι κάθετες μεταξύ των
Εφαρμόζονται σε μαγνητικά καθώς και μη μαγνητικά υλικά. Χρησιμοποιούνται εύκολα. Έχουν χαμηλό κόστος.	Χρησιμοποιούνται μόνο για τον εντοπισμό επιφανειακών σφαλμάτων.	Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τον εντοπισμό σημείων διαρροών, σε δοχείο υγρών μικρού πάχους τοιχωμάτων που ελέγχονται δύσκολα με άλλες μεθόδους ελέγχων. Πριν την εναπόθεση των διεισδυτικών υγρών απαιτείται καλός καθαρισμός της επιφάνειας, γιατί υπάρχει ο κίνδυνος
Είναι μια πολύ ευαίσθητη μέθοδος ελέγχου. Επιτρέπει τον έλεγχο ενώσεων όπου αυτές είναι αδύνατο να ελεγχθούν με ραδιογραφικό έλεγχο. Είναι δυνατός ο έλεγχος ενώσεων μορφής T πλήρους διείσδυσης.	Απαιτείται μεγάλη γνώση και εξειδίκευση του προσωπικού για τον εντοπισμό και αξιολόγηση των ευρημάτων. Σε μερικούς τύπους συσκευών υπάρχει η δυνατότητα μόνιμου ελέγχου.	Για τον έλεγχο των συγκολλήσεων χρησιμοποιούνται γωνιακές κεφαλές υπερήχων συχνότητας λειτουργίας 4MHz. Ο έλεγχος είναι δυνατόν να γίνει από την μία πλευρά των ελασμάτων.

474

## Τα βασικά σφάλματα των συγκολλήσεων

### Κάψιμο

Το κάψιμο του ελάσματος ελαττώνει το πάχος του υλικού με αποτέλεσμα την ελάττωση της αντοχής του. Επικραειακά μη ομαλά καψίματα είναι εστίες συγκέντρωσης τάσεων και σημεία από τα οποία μπορούν να αρχίσουν ρηγματώσεις. Εσωτερικά καψίματα δημιουργούν σημεία εγκλωβισμού της πάστας.



### Αιτίες δημιουργίας

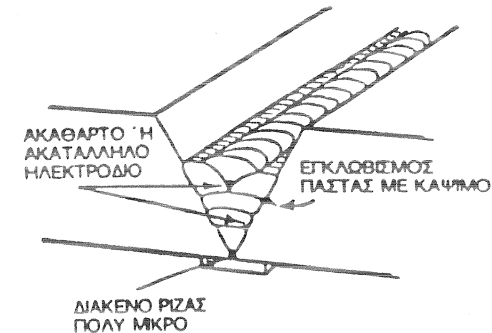
- Μεγάλη ένταση ρεύματος συγκόλ.
- Μήκος τόξου πολύ μακρύ
- Μεγάλη γωνία κλίσης του ηλεκτρ.
- Η διαμόρφωση της φρέζας δεν επιτρέπει σωστή κλίση του ηλεκτρ.
- Χρήση ηλεκτροδίου μεγάλης διαμέτ.
- Πολύ μικρή παραμονή του ηλεκτρ. στα άκρα της φρέζας κατά την ταλάντωση
- Μεγάλη ταχύτητα συγκόλλησης

### Ενέργειες για την αποφυγή

- Μειώστε την ένταση του ρεύμ. συγκ.
- Μειώστε και την απόσταση του ηλεκτρ. από το μέταλλο
- Το ηλεκτρόδιο δεν πρέπει να έχει κλίση κάτω από 45° από το οριζόντιο επίπεδο.
- Μεγαλώστε την γωνία της φρέζας ή μεγαλώστε το διάκενο της φρέζας
- Χρησιμοποιήστε μικρής διαμέτρου ηλεκτρόδιο
- Συγκόλληση με ταλάντωση συνήθως δημιουργεί αυτό το πρόβλημα, γιατί η παραμονή του ηλεκτροδίου στα άκρα της φρέζας κατά την ταλάντωση πρέπει να είναι μεγαλύτερη. Εάν το πρόβλημα συνεχίζεται να δημιουργείται, μη συνκollήτε με ταλαντωτά κορδόνια
- Μειώστε την ταχύτητα συγκόλλησης

## Εγκλωβισμός Πάστας

Εγκλωβισμός πάστας είναι η συγκέντρωση μη μεταλλικών στοιχείων τα οποία δημιουργούνται κατά την πήξη της επένδυσης του ηλεκτροδίου και τα οποία εγκλωβίζονται μέσα στο συγκολλητικό υλικό με αποτέλεσμα να μειώνεται σοβαρά η αντοχή της συγκόλλησης.



### Αιτίες δημιουργίας

- Εγκλωβισμός σε περιοχή καψίματος
- Απόσταση ρίζας πολύ μικρή
- Ανωμαλίες στην επιφάνεια, οξείες γωνίες
- Ατελής διείδουση με εγκλωβισμό πάστας κάτω από την συγκόλληση
- Σκουριά ή καλαμίνα του ελάσματος εμποδίζουν πλήρη σύντηξη
- Λάθος ηλεκτρόδιο, ακατάλληλο για αυτήν την θέση εργασίας
- Λάθος γωνία συγκράτησης του ηλεκτροδίου

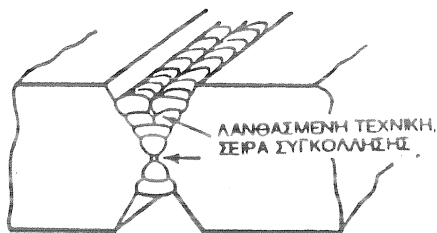
### Ενέργειες για την αποφυγή

- Εάν υπάρχει άσχημο καψίμο, καθαρίστε την πάστα και συγκολλήστε με μικρής διαμέτρου ηλεκτρόδια
- Κατά το μοντάρισμα των ελασμάτων επιτρέψτε αρκετή απόσταση στο διάκενο της ρίζας έτσι ώστε να μπορεί γίνει πλήρης διείδουση
- Τροχίστε, εξομαλύνετε ή αφαιρέστε πριν την συγκόλληση τις ανωμαλίες του μετάλλου.
- Χρησιμοποιήστε μικρότερης διαμέτρου ηλεκτρόδια με αρκετή ένταση ρεύματος συγκόλλησης για την δημιουργία πλήρους διείδουσης
- Καθαρίστε καλά την επιφάνεια του μετάλλου πριν την συγκόλληση
- Χρησιμοποιήστε ηλεκτρόδια για την θέση συγκόλλησης που εργάζεσθε. διαφορετικά σωστός έλεγχος για την αποφυγή εγκλωβισμού της πάστας είναι δύσκολος
- Κρατήστε το ηλεκτρόδιο σε γωνία μεγαλύτερη των 50° από το οριζόντιο επίπεδο

35

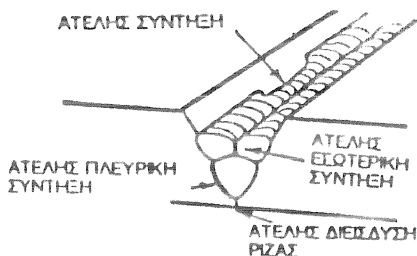
## Ατελής διείσδυση

Ατελή διείσδυση είναι η ύπαρξη κενού λόγω μη καλής σύντηξης στην περιοχή της ρίζας της συγκόλλησης. Το σφάλμα αυτό δεν επιτρέπεται γιατί μειώνεται αισθητά η αντοχή της συγκόλλησης και επίσης λόγω του ότι σε αυτή τη περιοχή συσσωρεύονται τάσεις μπορεί να δημιουργηθούν ρηγματώσεις.



## Ατελή Σύντηξη

Ατελή σύντηξη δημιουργείται όταν το εναποτιθέμενο συγκολλητικό δεν συντήκεται εντελώς με το υλικό βάσης στην περιοχή της φρέζας, ή με άλλο προεναποτιθέμενο πάσο συγκόλλησης.



## Πόροι

Πόροι είναι μικρές φυσαλίδες, σφαιρικής συνήθως εμφάνισης, οι οποίες δημιουργούνται από τον εγκλωβισμό αερίων τα οποία δημιουργούνται κατά την συγκόλληση. Οι πόροι μπορεί να είναι εσωτερικοί ή επιφανειακοί, μεμονωμένοι, συγκεντρωμένοι, ή συνενωμένοι έτσι ώστε να έχουν εμφάνιση σκουλικότρυπας.

### Αιτίες δημιουργίας

- Κυσία πηγή δημιουργίας πόρων, είναι η δημιουργία αερίου υδρογόνου κατά την συγκόλ. Αέριο υδρογόνο μπορεί να δημιουργηθεί από την διάσπαση του νερού, από τον αέρα, καθώς και από την διάσπαση (καύση) υδρογονανθράκων
- Μεγάλη ταχύτητα συγκόλλησης
- Χαμηλή ένταση συγκόλλησης
- Μεγάλο ποσοστό θείου ή άλλων ξένων προσμίξεων
- Ηλεκτρόδια με τραυματισμένη επένδυση

### Ενέργειες για την αποφυγή

- 1) Αφαιρέστε την σκουριά ή την καλαμίνα του ελάσματος
- 2) Αφαιρέστε λάδια, λίπια, βρωμιές και υγρασία από την περιοχή της συγκόλ.
- 3) Χρησιμοποιείστε στεγνά και καλά ξηραμένα ηλεκτρόδια
- 4) Προθερμαίνετε το μέταλλο προς συγκόλληση
  - Μειώστε την ταχύτητα συγκόλλησης
  - Αυξήστε την ένταση του ρεύματος συγκόλλησης
  - Χρησιμοποιείστε βασικά ηλεκτρόδια
  - Χρησιμοποιείστε νέα ηλεκτρόδια

### Αιτίες δημιουργίας

- Ένταση ρεύματος συγκόλλησης μικρή
- Διάμετρος ηλεκτροδίου πολύ μεγάλη
- Μικρό διάκενο ρίζας
- Κλίση ηλεκτροδίου

### Ενέργειες για την αποφυγή

- Αυξήστε την ένταση του ρεύματος συγκόλλησης
- Χρησιμοποιήστε μικρότερης διαμέτρου ηλεκτρόδιο
- Αφήστε μεγαλύτερο διάκενο στην ρίζα
- Πολύ κεκλιμένο ηλεκτρόδιο δεν επιτρέπει την δημιουργία καλής διείσδυσης. Το ηλεκτρόδιο πρέπει να είναι σχεδόν κατακόρυφο.
- Χρησιμοποιείστε σωστή σειρά συγκόλ.
- Ελαττώστε την ταχύτητα συγκόλλησης

### Αιτίες δημιουργίας

- Χρήση μικρής διαμέτρου ηλεκτρ. σε κρύο έλασμα
- Χαμηλή ένταση ρεύματος συγκόλ.
- Αληθινή γωνία κλίσης του ηλεκτροδίου
- Μεγάλη ταχύτητα συγκόλλησης
- Σκουριά ή καλαμίνα εμποδίζουν την πλήρη πήξη του μετάλλου

### Ενέργειες για την αποφυγή

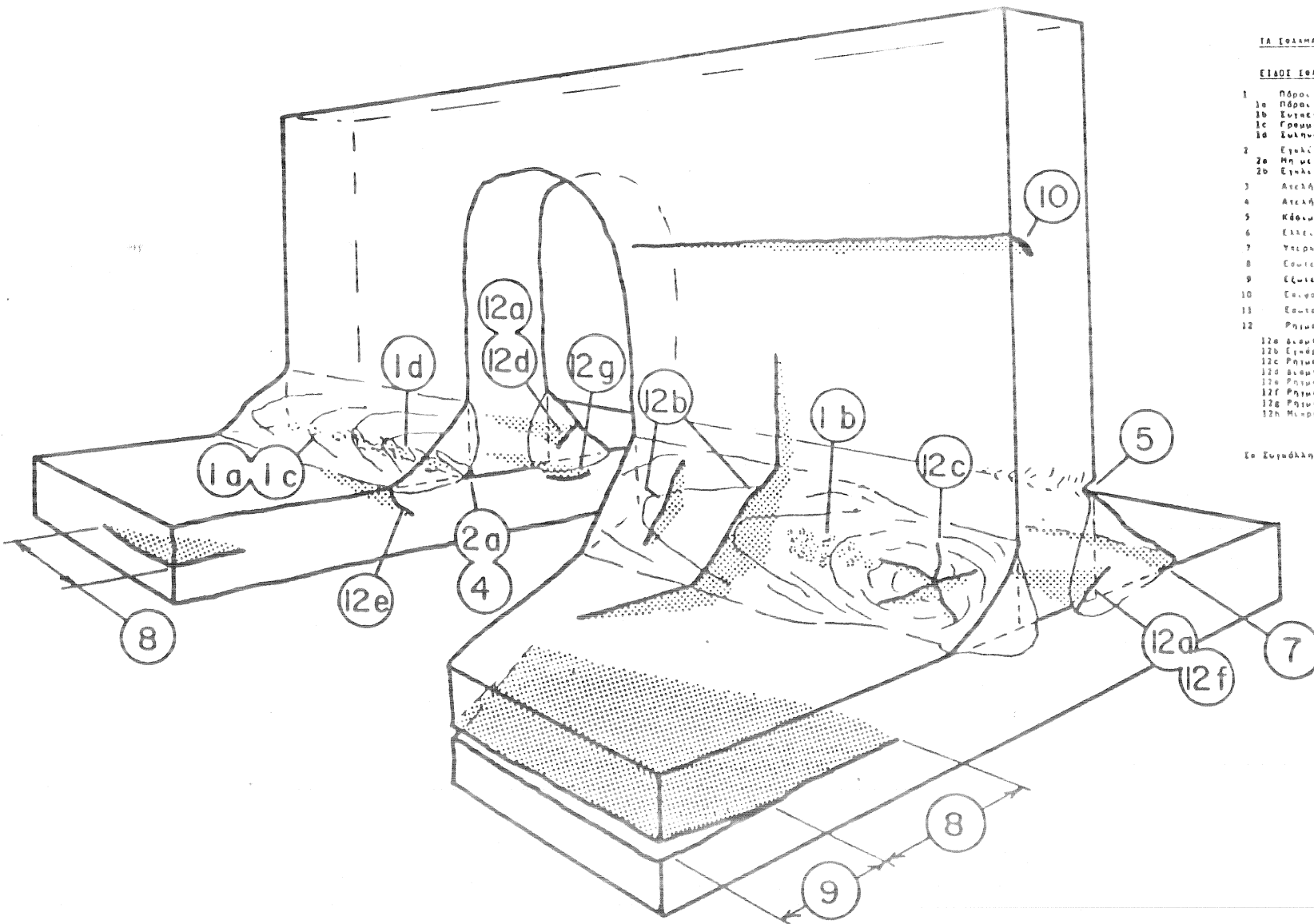
- Προθερμαίνετε το έλασμα πριν την συγκόλληση. Χρησιμοποιήστε μεγαλύτερης διαμέτρου ηλεκτρόδια.
- Αυξήστε την ένταση του ρεύματος συγκόλλησης
- Αυξήστε την γωνία κλίσης του ηλεκτρ.
- Μειώστε την ταχύτητα συγκόλλησης
- Καθαρίστε καλά την επιφάνεια του υλικού



### ΙΑ ΣΦΑΛΜΑΤΑ ΤΩΝ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

<u>ΕΙΔΟΣ ΣΦΑΛΜΑΤΟΣ</u>	<u>ΘΕΣΗ</u>
1 Πόροι	Σ
1α Πόροι	Σ
1β Συγκεντρωμένοι πόροι	Σ
1γ Γραμμικοί πόροι	Σ
1δ Σφληνοειδείς πόροι	Σ
2 Εγκλίσεις	Σ
2α Μη μεταλλικές εγκλίσεις	Σ
2β Εγκλίση βολωραμίου	Σ
3 Ατελή σύντηξη	Σ
4 Ατελή διείδυση	Σ
5 Κόψιμο	ΜΒ
6 Ελλειπές πάχος συγκόλλησης	Σ
7 Υπερκάλυψη συγκόλλησης	Σ
8 Εσωτερική αναδίπλωση	ΜΒ
9 Εξωτερική αναδίπλωση	ΜΒ
10 Επιφανειακή αναδίπλωση	ΜΒ
11 Εσωτερικός διαχωρισμός	ΜΒ
12 Ρηγματώσεις	Σ   ΘΕΖ   ΜΒ
121 Διαμήκειες ρωγμές	Σ   ΘΕΖ
122 Εγκάρσιες ρωγμές	Σ   ΘΕΖ   ΜΒ
123 Ρηγματώσεις κρατήρων	Σ
124 Διαμήκης Ρηγμάτωση μέσου εξωραστή	Σ
125 Ρηγμάτωση άκρου εξωραστή	ΘΕΖ
126 Ρηγμάτωση ρίζας	Σ
127 Ρηγμάτωση στην ΘΕΖ	ΘΕΖ
128 Μικρο-ρηγματώσεις	Σ

Σ= Συγκόλληση, ΜΒ= Μέταλλο βάσεως, ΘΕΖ=Θερμοεπιρεαζόμενη ζώνη



1Α ΣΧΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΠΙΧΩΜΗΣΕΩΝ

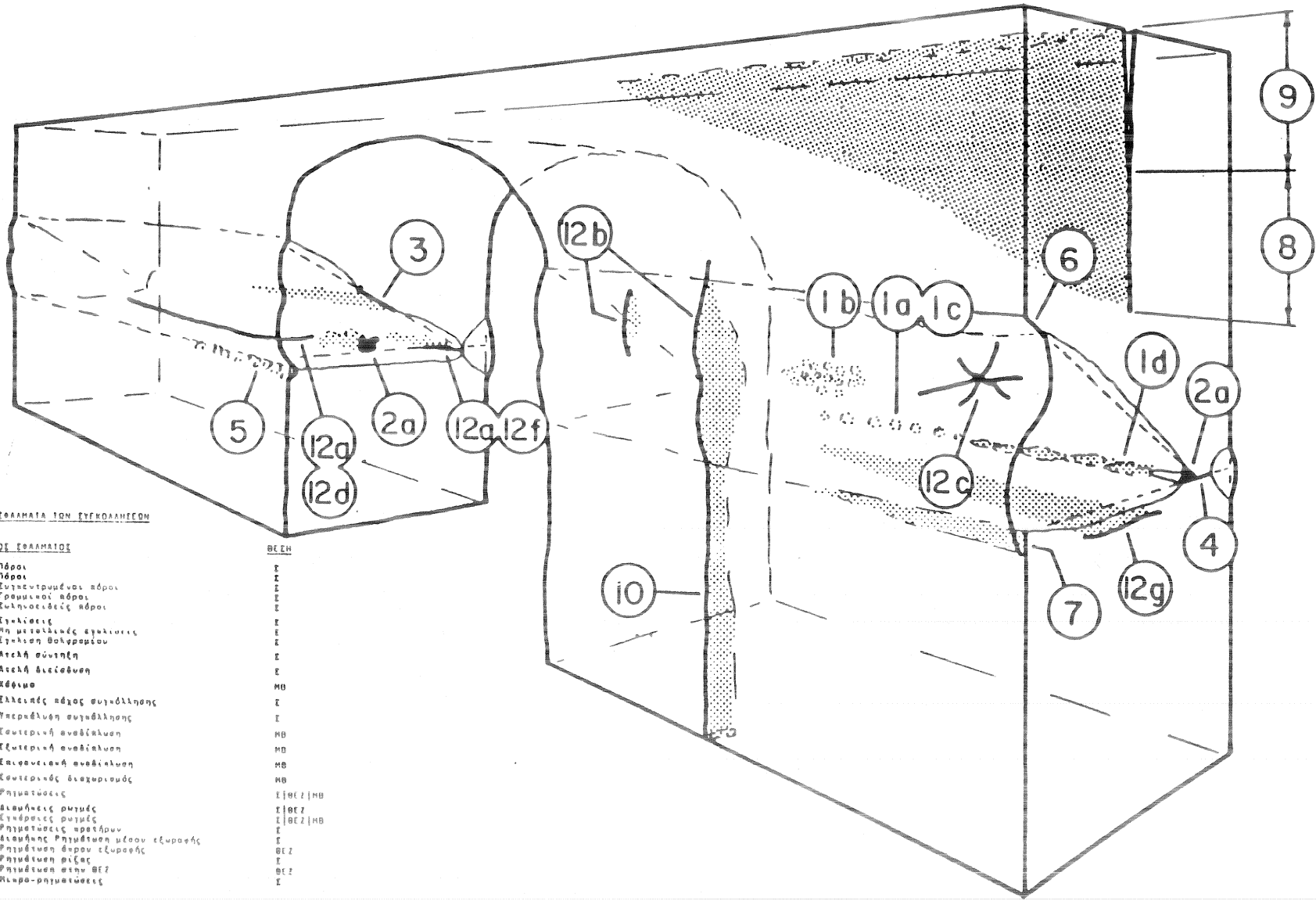
ΕΙΔΟΣ ΙΣΑΧΑΤΙΟΥ

ΘΕΙΜ

1	Πόρος	Ε
1a	Πόρος	Ε
1b	Συνοστρωμένο πόρος	Ε
1c	Γρημυκός πόρος	Ε
1d	Συληνοειδής πόρος	Ε
2	Εγκλισεις	Ε
2a	Μη μεταλλικές εγκλισεις	Ε
2b	Εγκλιση βολορωπιού	Ε
3	Ασκή αμνηση	Ε
4	Ασκή διαμόρφωση	Ε
5	Κόβος	ΜΒ
6	Εκτετατός κόβος συμπίκνωσης	Ε
7	Υπερβολική συμπίκνωση	Ε
8	Εσωτερική αναμόρφωση	ΜΒ
9	Εξωτερική αναμόρφωση	ΜΒ
10	Επιφανειακή αναμόρφωση	ΜΒ
11	Εσωτερικός διαχωριστής	ΜΒ
12	Ρητινώσεις	Ε ΘΕΖ ΜΒ
12a	Διαμόρφωση ρητινής	Ε ΘΕΖ
12b	Επιφάνεια ρητινής	Ε ΘΕΖ ΜΒ
12c	Ρητινώσεις κρημνισμών	Ε
12d	Διαμόρφωση ρητινώσεων κρημνισμών	Ε
12e	Ρητινώσεις διαχωριστή	Ε ΘΕΖ
12f	Ρητινώσεις ο.ζ.α.ς	Ε
12g	Ρητινώσεις ο.ζ.α.ς	Ε ΘΕΖ
12h	Μεσο-ρητινώσεις	Ε

Εο Συμπύκνωση, ΜΒ=Μεταλλικό Βάρος, ΘΕΖ=Θερμοπροστατευτική Σύνθεση

39.

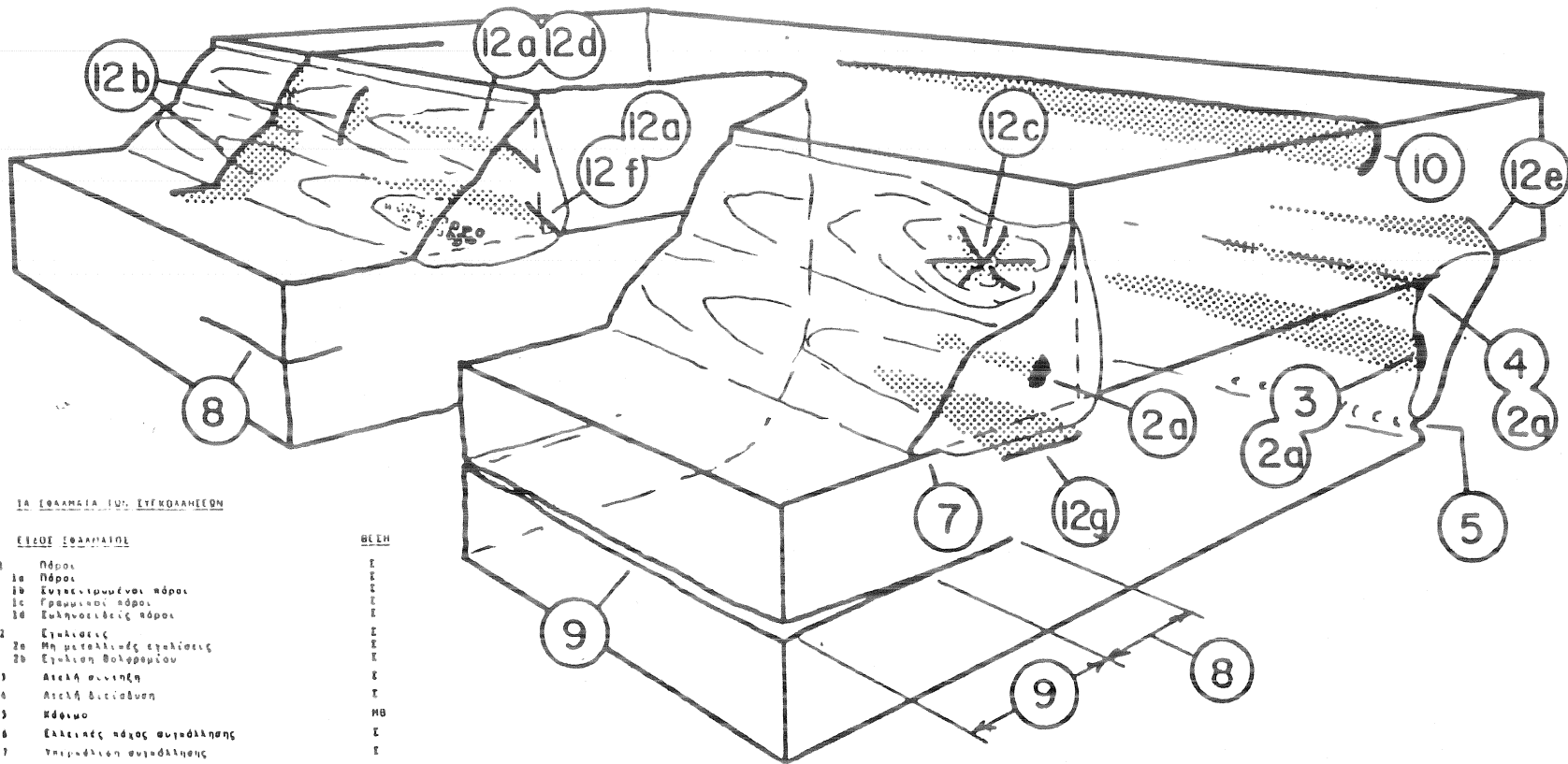


ΤΑ ΣΤΑΘΙΑ ΤΩΝ ΕΥΚΟΛΗΘΕΩΝ

ΕΙΔΟΣ ΣΤΑΘΙΑΣ	ΘΕΣΗ
1 Πόροι	Σ
1a Πόροι	Σ
1b Ευγενετρομενός πόρος	Σ
1c Γραμμικός πόρος	Σ
1d Σεληνολοκίδες πόροι	Σ
2 Εγκλίσεις	Σ
2a Μη μεταλλικές εγκλίσεις	Σ
2b Εγκλίση θολωραρίου	Σ
3 Ατελής σύντηξη	Σ
4 Ατελής διακόσμηση	Σ
5 Κόρυφο	ΜΒ
6 Ελλειπικός αέρας συζύλισης	Σ
7 Υπερεπίλυση συζύλισης	Σ
8 Εσωτερική αναδίπλωση	ΜΒ
9 Εξωτερική αναδίπλωση	ΜΒ
10 Εισαγωγική αναδίπλωση	ΜΒ
11 Εσωτερικός διαχωρισμός	ΜΒ
12 Ρηγματώσεις	Σ ΘΕΖ ΜΒ
12a Διαμήκεις ριγές	Σ ΘΕΖ
12b Εγκάρσιες ριγές	Σ ΘΕΖ ΜΒ
12c Ρηγματώσεις κρητάρων	Σ
12d Διαμήκης ρηγμάτωση μέσω εζυρωτής	Σ
12e Ρηγμάτωση άκρων εζυρωτής	ΘΕΖ
12f Ρηγμάτωση ριζών	Σ
12g Ρηγμάτωση στην ΘΕΖ	ΘΕΖ
12h Κίονα-ρηγματώσεις	Σ

Σ= Συναδίπλωση, ΜΒ= Μέταλλο βάσης, ΘΕΖ=Θερμοηλεκτροφόρα (ώνη)





1Α ΕΞΑΦΑΝΕΙΑ ΙΟΥ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

ΕΙΔΟΣ ΣΥΜΒΟΛΩΝ

ΘΕΣΗ

1	Πόρος	Σ
1a	Πόρος	Σ
1b	Ευκατακρυσταλλίνοι πόροι	Σ
1c	Γραμμικοί πόροι	Σ
1d	Συληνοειδείς πόροι	Σ
2	Επιχάλισις	Σ
2a	Μη μεταλλικές επιχάλισις	Σ
2b	Επιχάλισις θολοσφαιρίου	Σ
3	Ατελής αναδίπλωση	Σ
4	Ατελής διαδίπλωση	Σ
5	Μέταλλο	ΜΒ
6	Ελλειπείς πόροι αναδίπλωσης	Σ
7	Υπερθέλιον αναδίπλωσης	Σ
8	Εσωτερική αναδίπλωση	ΜΒ
9	Εξωτερική αναδίπλωση	ΜΒ
10	Εισαγωγική αναδίπλωση	ΜΒ
11	Εσωτερικός διαχωρισμός	ΜΒ
12	Ρηματοειδής	Σ ΜΕ ΜΒ
12a	Ανακρυσταλλίνοι ρητιδές	Σ ΘΕΖ
12b	Επιχάλισις ρητιδές	Σ ΘΕΖ ΜΒ
12c	Ρηματοειδής κρυστάλλινος	Σ
12d	Διακρυσταλλίνοι ρητιδές μεσοκρυσταλλίνοι	Σ
12e	Ρητιδές μεσοκρυσταλλίνοι	ΘΕΖ
12f	Ρητιδές μεσοκρυσταλλίνοι	Σ
12g	Ρητιδές μεσοκρυσταλλίνοι	ΘΕΖ
12h	Μικρο-ρητιδές	Σ

Σ: Συγκόλληση, ΜΒ: Μέταλλο βάσης, ΘΕΖ: Θερμοκρασία ζέσεως ζώνη

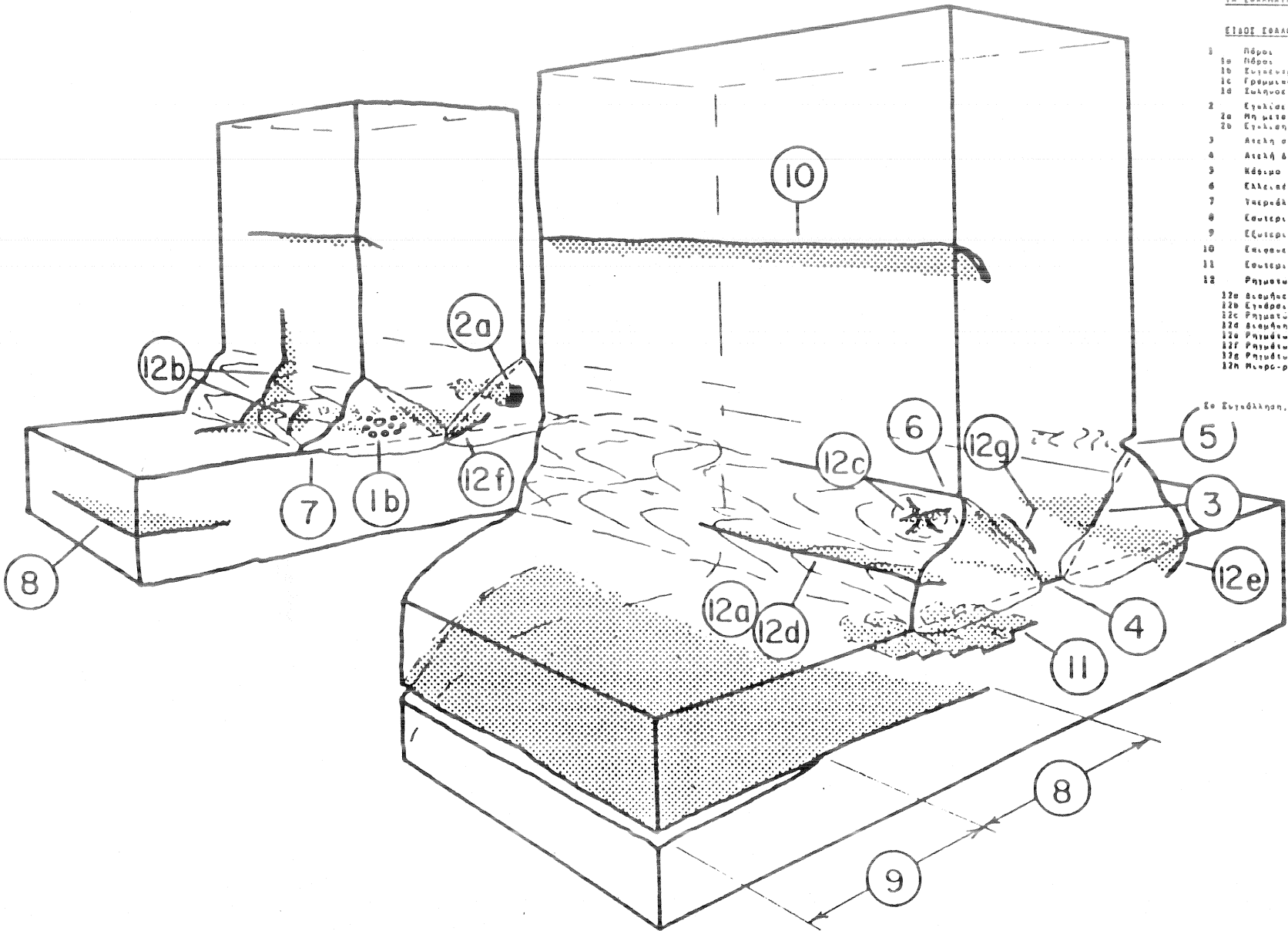
ΤΑ ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ ΤΩΝ ΕΡΓΩΝ

ΕΙΔΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΣ

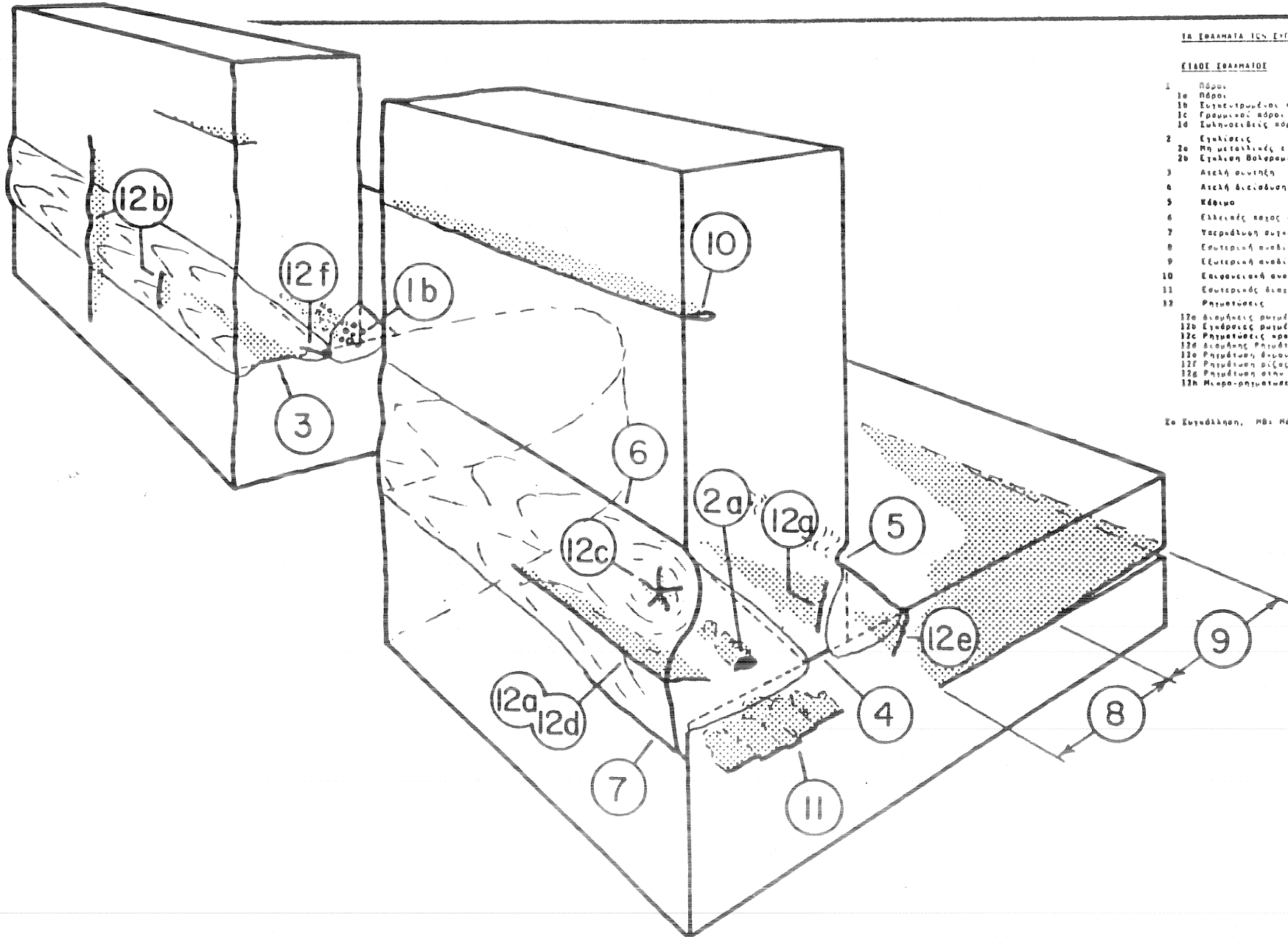
ΘΕΣΗ

1	Πόρος	Σ
1a	Πόρος	Σ
1b	Συμμετασχηματισμός πόρου	Σ
1c	Γραμμικός πόρος	Σ
1d	Συμμετασχηματισμός πόρου	Σ
2	Εγκλίσιος	Σ
2a	Μη μετασχηματισμός εγκλίσιου	Σ
2b	Εγκλίσιος μετασχηματισμού	Σ
3	Αετική αλληλεπίδραση	Σ
4	Αετική διάσπαση	Σ
5	Κόρυφος	ΜΒ
6	Ελλειψικός κώνος συσπίνησης	Σ
7	Υπερβολική συσπίνηση	Σ
8	Εσωτερική αναδιείλιση	ΜΒ
9	Εξωτερική αναδιείλιση	ΜΒ
10	Εσωτερική αναδιείλιση	ΜΒ
11	Εσωτερικός διαχωρισμός	ΜΒ
12	Ρηγματώσεις	Σ ΜΒ ΜΒ
12a	Διαμήκης ρητίδα	Σ ΜΒ Σ
12b	Επιφανειακή ρητίδα	Σ ΜΒ ΜΒ
12c	Ρηγματώσεις κρήνης	Σ
12d	Διαμήκης ρητίδα στον κρητικό	Σ
12e	Ρητίδα στον κρητικό	ΜΒ Σ
12f	Ρητίδα στον κρητικό	Σ
12g	Ρητίδα στον κρητικό	ΜΒ Σ
12h	Μετα-ρηγματώσεις	Σ

Σ: Συσπίνηση, ΜΒ: Μέγιστο βάθος, ΘΕΣ:Θεωρητικό σημείο (όμοιο) Σ-η



41



1Α ΕΡΩΤΗΜΑΤΑ 12Α ΕΥΚΑΘΑΡΜΕΛΩΝ

ΕΙΔΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΣ

ΕΙΔΟΣ ΕΡΩΤΗΜΑΤΟΣ	ΘΕΣΗ
1 Πόρος	Σ
1a Πόρος	Σ
1b Συμμετρικοί πόροι	Σ
1c Γραμμικοί πόροι	Σ
1d Ευθυγράτοι πόροι	Σ
2 Εγκλιτικός	Σ
2a Μη μεταλλικός εγκλιτικός	Σ
2b Εγκλιτική Βολή	Σ
3 Αετική συσκευή	Σ
4 Αετική διατάξη	Σ
5 Κόσμη	ΜΒ
6 Ελαστικός καπός συγκόλλησης	Σ
7 Υαερπίωση συγκόλλησης	Σ
8 Εσωτερική αναδίπλωση	ΜΒ
9 Εξωτερική αναδίπλωση	ΜΒ
10 Ελαστική αναδίπλωση	ΜΒ
11 Εσωτερικός διαχυτικός	ΜΒ
12 Ρηματοστέλες	Σ ΘΕΣ ΜΒ
12a Διαγώνιος ρημάς	Σ ΘΕΣ
12b Οριζόντιος ρημάς	Σ ΘΕΣ ΜΒ
12c Ρηματοστέλες αρσάκου	Σ
12d Διαγώνιος Ρημάς με σφαιρικό	Σ
12e Ρημάς με σφαιρικό	ΘΕΣ
12f Ρημάς με σφαιρικό	Σ
12g Ρημάς με σφαιρικό	ΘΕΣ
12h Μικρο-ρηματοστέλες	Σ

Σο Συγκόλληση, ΜΒ: Μέταλλο βόσας, ΘΕΣ:Θερμοκρασία/όμοια Σοη

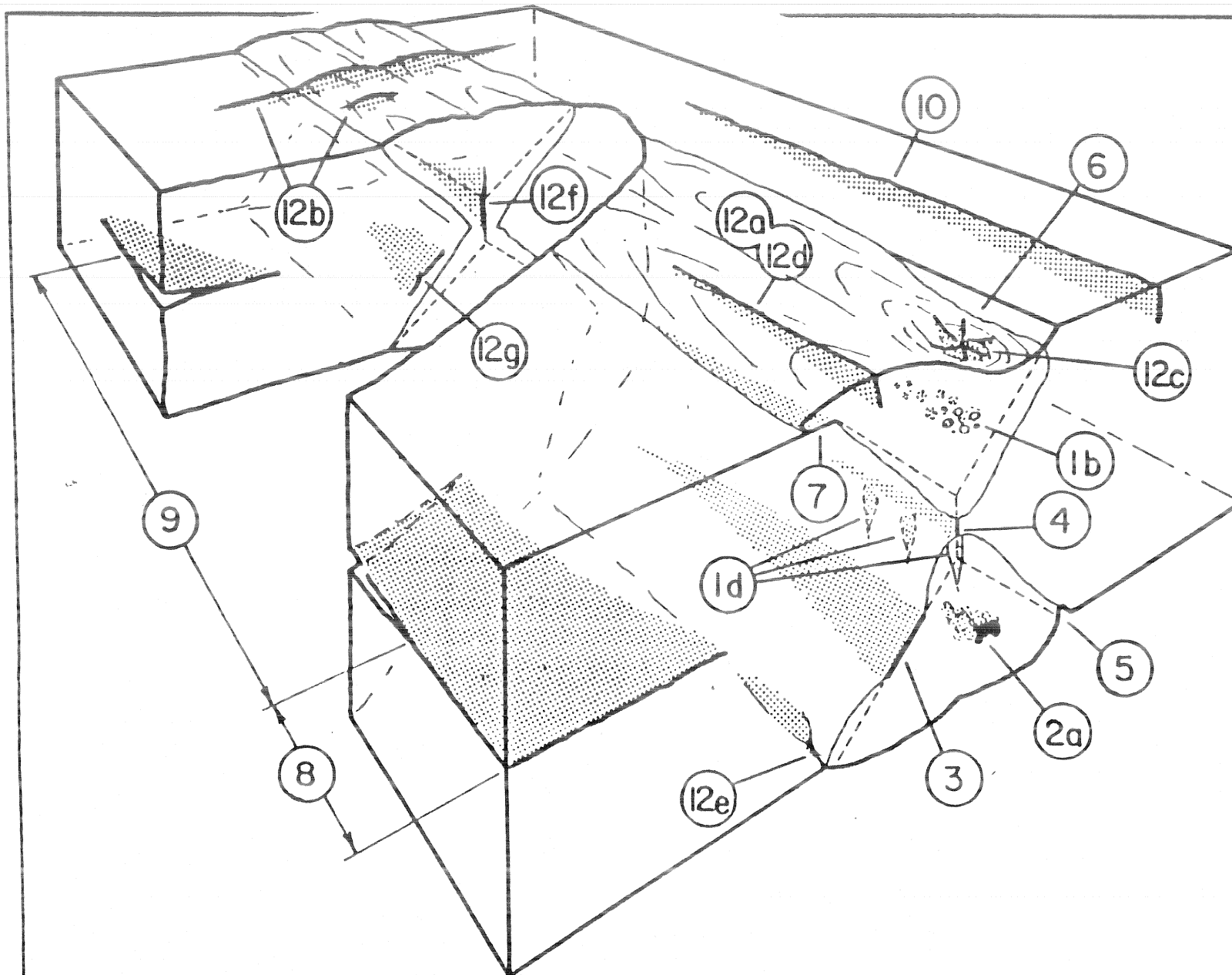
48

A&T

Α. ΤΖΟΓΙΟΣ

ΤΕΧΝΙΚΟ ΓΡΑΦΕΙΟ - ΤΕΧΝΙΚΟΙ ΣΥΜΒΟΥΛΟΙ - ΑΝΤΙΠΡΟΣΩΠΕΙΕΣ

ΕΜΜΕΝΟΥΔΑΙΟΣ / 8 - 75 - ΑΘΗΝΑ - Τ.Κ. 115 27



ΤΑ ΣΥΜΒΟΛΙΑ ΤΩΝ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΩΝ

ΕΙΔΟΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ

ΕΙΔΟΣ ΕΞΑΡΤΗΜΑΤΟΣ	ΜΕΤΡΗ
1 Πόρος	Ε
1a Πόρος	Ε
1b Ευνοη-τροχικός κέλυφος	Ε
1c Γραμμικός πόρος	Ε
1d Ευνοη-τροχικός κέλυφος	Ε
2 Εγκλιτικός	Ε
2a Μη μεταλλικός εγκλιτικός	Ε
2b Εγκλιτική Βελήραμνου	Ε
3 Απεική σύζευξη	Ε
4 Απεική & κλειδαριά	Ε
5 Κόβιστο	ΜΒ
6 Ελλειπικός κέλυφος συζεύξεως	Ε
7 Τετραπλευρή συζεύξεως	Ε
8 Εσωτερική α-αδελείωση	ΜΒ
9 Εξωτερική α-αδελείωση	ΜΒ
10 Εσωτερική Α-αδελείωση	ΜΒ
11 Εσωτερικός διαχωριστής	ΜΒ
12 Ρηγματώσεις	Ε ΟΕ ΜΒ
12a Δορυφικές ρητιές	Ε ΟΕ
12b Γυμνοί ρητιές	Ε ΟΕ ΜΒ
12c Ρηγματώσεις σπρώξιμου	Ε
12d Δορυφής Ρηγματώση υδατο κί-ραφής	Ε
12e Ρηγματώση άκρου κλειδαριάς	ΟΕ
12f Ρηγματώση οπίσθ	Ε
12g Ρηγματώση στην οπί	ΟΕ
12h Μικρο-ρηγματώσεις	Ε

Ε= Στεφάλλη, ΜΒ= Μέταλλο Βασικό, ΟΕ=Ορυφωτική Ορυφωτική (Ορυφωτική)

# ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ & ΣΥΣΤΗΜΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ

(ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗ - ΚΑΤΗΓΟΡΗΣΜΟΣ ΚΑΤΑ ΑΝΣ)

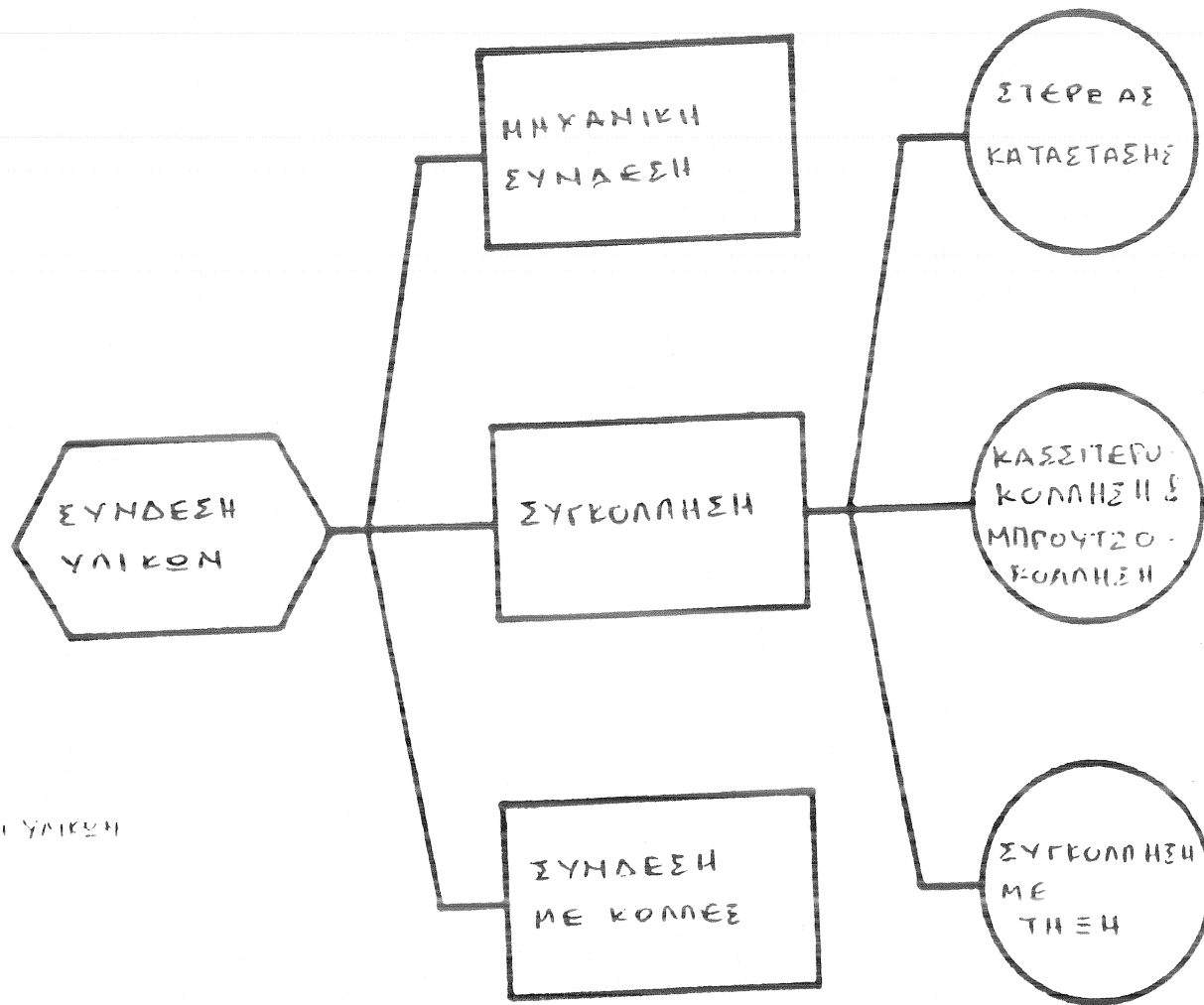
adhesive bonding	• ΣΥΝΔΕΣΗ ΜΕ ΚΟΛΛΗ	ABD
arc welding	• ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΤΟΣΟΥ	AW
atomic hydrogen welding	* ΜΕ ΑΤΟΜΙΚΟ ΥΔΡΟΓΕΝΟ	AHW
bare metal arc welding	* ΜΕ ΓΥΜΝΟ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	BMAW
carbon arc welding	* ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΑ	CAW
gas	- ΜΕ ΑΕΡΙΟ	CAW-G
shielded	- ΜΕ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	CAW-S
twin	- ΔΙΟΔΟ	CAW-T
electrodeless arc welding	ΚΕΥΚΟΛΛΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΔΩΝ	EGW
flux cored arc welding	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΣΩΛΗΝΟΣΩΛΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	FCAW
gas metal arc welding	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΓΑΣ	GMAW
pulsed arc	- ΜΕ ΠΑΛΜΩΔΕΣ	GMAW-P
short circuiting arc	- ΜΕ ΒΡΑΧΥΚΥΚΛΩΣΗ ΤΟΣΟΥ	GMAW-S
gas tungsten arc welding	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΓΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥΡΝΙ	GTAW
pulsed arc	- ΜΕ ΠΑΛΜΩΔΕΣ	GTAW-P
plasma arc welding	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΤΟΣΟ ΠΛΑΣΜΑ	PAW
shielded metal arc welding	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	SMAW
stud arc welding	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΒΙΤΩΝ ΜΕ ΤΟΣΟ	SW
submerged arc welding	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΚΥΒΑΝΑΚΟΥ ΤΟΣΟΥ	SAW
series	- ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΑ ΕΝ ΣΕΙΡΑ	SAW-S
brazing	• ΜΕΡΟΥΤΖΟΚΟΛΛΗΣΗ	B
arc brazing	* ΜΕ ΤΟΣΟ	AB
block brazing	* ΜΕ	BB
carbon arc brazing	* ΜΕ ΤΟΣΟ ΑΝΘΡΑΚΑ	CAB
diffusion brazing	* ΜΕ ΔΙΑΥΞΗ	DFB
dip brazing	* ΜΕ ΕΝΒΑΠΤΙΣΗ	DB
flow brazing	* ΜΕ ΡΟΗ ΜΕΤΑΛΛΟΥ	FLB
furnace brazing	* ΜΕ ΕΝΔΕΙΣΗ	FB
induction brazing	* ΜΕ ΕΚΚΕΝΤΡΟ	IB
infrared brazing	* ΜΕ ΥΠΕΡΚΟΚΚΙΝΟ	IRB
resistance brazing	* ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ	RB
torch brazing	* ΜΕ ΚΑΥΣΤΗΡΑ	TB
other welding processes	• ΆΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ	EW
electron beam welding	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΕΞΙΣΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	EBW
high vacuum	- ΜΕ ΥΨΗΛΟ ΚΕΝΟ	EBW-HV
medium vacuum	- ΜΕ ΜΕΤΡΙΟ ΚΕΝΟ	EBW-MV
nonvacuum	- ΧΩΡΙΣ ΚΕΝΟ	EBW-NV
electroslag welding	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΟΚΛΩΜΜΕΝΗ	ESW
flow welding	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΡΟΗΣ	FLOW
induction welding	* ΕΚΚΕΝΤΡΗ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ	IW
laser beam welding	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΔΕΣΜΗ ΦΩΤΟΣ-LASER	LEW
percussion welding	* ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΟΣΟ ΚΑΙ ΣΥΝΔΡΑΜΗ	PEW
thermit welding	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΘΕΡΜΙΤΗ	TW
oxyfuel gas welding	• ΟΞΥΓΟΝΟ-ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ	OFW
air acetylene welding	* ΜΕ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΑΙΣΙΝΗ (ΑΝΘΡΑΚΟΦΕΡΙΝΗ)	AAW
oxyacetylene welding	* ΜΕ ΑΙΣΙΝΗ	DAW
oxyhydrogen welding	* ΜΕ ΥΔΡΟΓΕΝΟ	OHW
pressure gas welding	* ΜΕ ΠΕΡΙΣΣΟΤΕΡΟ ΑΕΡΙΟ	PGW
resistance welding	• ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ	RW
flash welding	* ΠΡΕΣΩΣΗ ΜΕ ΒΙΑΣΤΟΝ ΜΕ ΤΟΣΟ	PW
projection welding	* ΜΕ ΠΡΟΒΟΛΗ (ΣΥΝΔΡΑΜΗ)	PW
resistance seam welding	* ΣΥΝΕΧΕΣ ΣΑΜΗ ΜΕ ΠΑΡΑΠΟΜΠΗ	RSEW
high frequency	- ΥΨΗΛΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	RSEW-HF

induction	- ΕΚΚΕΝΤΡΟ	RSEW
resistance spot welding	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	RSEW
upset welding	* ΜΕ ΔΙΑΜΕΤΡΟ ΠΑΡΑΠΟΜΠΗΣ	RSEW
high frequency	- ΥΨΗΛΗ ΣΥΧΝΟΤΗΤΑ	RSEW
induction	- ΕΚΚΕΝΤΡΟ	RSEW
soldering	• ΚΑΤΗΓΕΡΟΚΟΛΛΗΣΗ	
dip soldering	* ΜΕ ΕΝΒΑΠΤΙΣΗ	
furnace soldering	* ΜΕ ΕΝΔΕΙΣΗ	
induction soldering	* ΜΕ ΕΚΚΕΝΤΡΟ	
infrared soldering	* ΜΕ ΥΠΕΡΚΟΚΚΙΝΟ	
iron soldering	* ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΑΝΘΡΑΚΑ	
resistance soldering	* ΜΕ ΚΑΤΗΓΕΡΟ	
torch soldering	* ΜΕ ΚΑΥΣΤΗΡΑ	
wave soldering	* ΜΕ ΕΝΒΑΠΤΙΣΗ	
solid-state welding	• ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΣΤΕΡΕΑΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ	
coextrusion welding	* ΜΕ ΣΥΜΜΕΤΡΗ ΔΙΑΜΕΤΡΟ ΚΑΙ ΕΝΔΕΙΣΗ	
cold welding	* ΜΕ ΔΙΑΥΞΗ	
diffusion welding	* ΜΕ ΔΙΑΥΞΗ	
explosion welding	* ΜΕ ΕΚΚΕΝΤΡΟ	
forge welding	* ΜΕ ΤΟΣΟ	
friction welding	* ΜΕ ΔΙΑΥΞΗ ΚΑΙ ΔΕΣΜΗ	
hot pressure welding	* ΜΕ ΤΟΣΟ ΚΑΙ ΠΡΕΣΣΗ	
roll welding	* ΜΕ ΥΠΕΡΚΟΚΚΙΝΟ	
ultrasonic welding	* ΜΕ ΥΠΕΡΚΟΚΚΙΝΟ	
thermal cutting	• ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΕΚΤΑΣΗ	
arc cutting	* ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΟΣΟ	
air carbon arc cutting	- ΜΕ ΑΕΡΑ ΚΑΙ ΑΝΘΡΑΚΑ	
carbon arc cutting	- ΜΕ ΑΝΘΡΑΚΑ	
gas metal arc cutting	- ΜΕ ΓΑΣ ΚΑΙ ΤΟΣΟ	
gas tungsten arc cutting	- ΜΕ ΓΑΣ ΚΑΙ ΤΟΥΡΝΙ	
metal arc cutting	- ΜΕ ΤΟΣΟ	
plasma arc cutting	- ΜΕ ΠΛΑΣΜΑ	
shielded metal arc cutting	- ΜΕ ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ	
electron beam cutting	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΕΞΙΣΤΗ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ	
laser beam cutting	* ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΔΕΣΜΗ ΦΩΤΟΣ-LASER	
air	- ΜΕ ΑΕΡΑ	
evaporative	- ΜΕ ΕΞΑΠΟΡΗΣΗ	
inert gas	- ΜΕ ΑΔΡΑΝΗ ΑΕΡΙΟ	
oxygen	- ΜΕ ΟΞΥΓΕΝΟ	
oxygen cutting	• ΟΞΥΓΕΝΟ ΚΑΤΕΚΤΑΣΗ	
chemical flux cutting	- ΜΕ ΧΗΜΙΚΗ ΕΝΔΕΙΣΗ	
metal powder cutting	- ΜΕ ΜΕΤΑΛΛΙΚΗ ΕΝΔΕΙΣΗ	
oxyfuel gas cutting	- ΜΕ ΟΞΥΓΕΝΟ ΚΑΙ ΑΕΡΙΟ	
oxyacetylene cutting	- ΜΕ ΑΙΣΙΝΗ	
oxyhydrogen cutting	- ΜΕ ΥΔΡΟΓΕΝΟ	
oxynatural gas cutting	- ΜΕ ΑΙΣΙΝΗ	
oxypropane cutting	- ΜΕ ΑΙΣΙΝΗ	
oxygen arc cutting	- ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΟΣΟ ΚΑΙ ΟΞΥΓΕΝΟ	
oxygen lance cutting	- ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΟΣΟ ΚΑΙ ΟΞΥΓΕΝΟ	
thermal spraying	• ΘΕΡΜΙΚΗ ΠΡΟΣΤΡΩΣΗ	
arc spraying	* ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΟ ΤΟΣΟ	
flame spraying	* ΜΕ ΚΑΥΣΤΗΡΑ	
plasma spraying	* ΜΕ ΠΛΑΣΜΑ	

ΠΑΡΑΓΟΓΙΚΗ  
ΔΙΕΡΓΑΣΙΑ

ΜΕΘΟΔΟΙ  
ΣΥΝΔΕΣΗΣ  
ΥΛΙΚΩΝ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ  
ΣΥΓΚΟΛΗΣΗΣ



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ

ΜΕΘΟΔΩΝ ΣΥΝΔΕΣΗΣ ΤΩΝ ΥΛΙΚΩΝ

-ΚΑΤΗΓΟΡΙΕΣ ΣΥΓΚΟΛΗΣΗΣ

ΣΑΤΗΡΟΡΙΟ  
ΣΥΓΓΡΑΜΜΗΣ

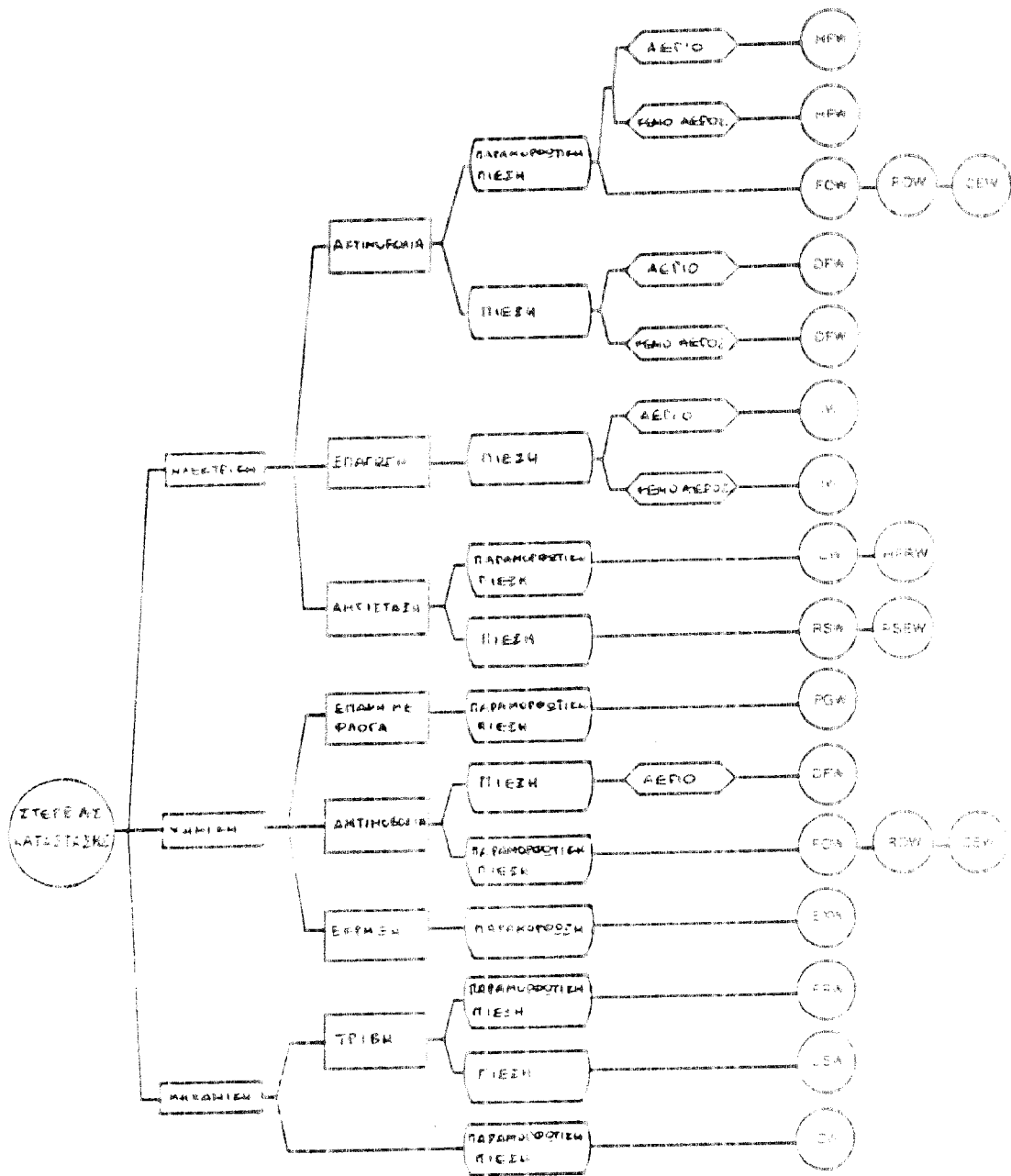
ΜΟΔΟΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΤΡΟΠΟΣ ΜΕΤΑΦΟΡΗΣ  
ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

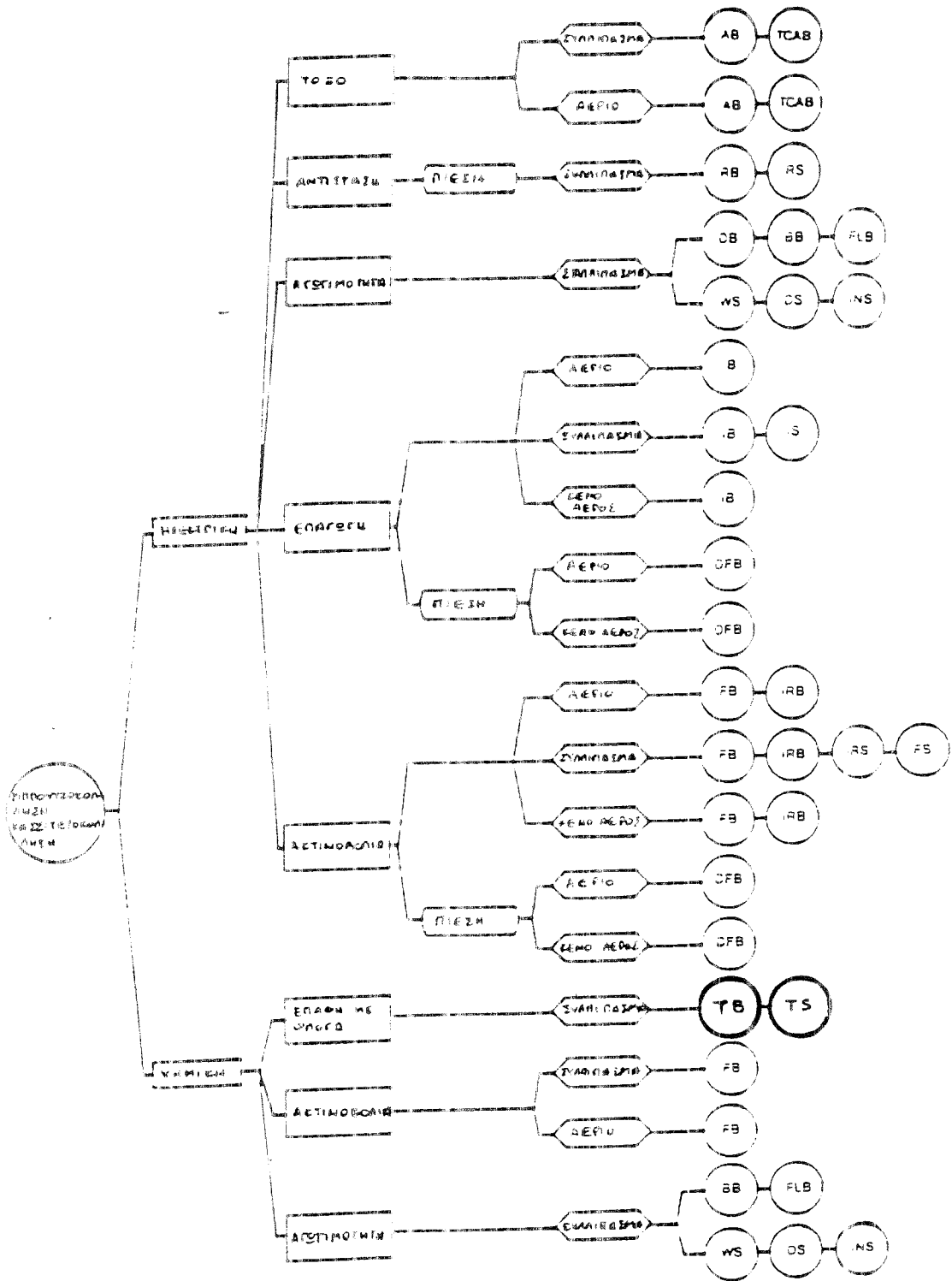
ΠΡΟΣΤΡΟΦΗ  
ΣΥΓΓΡΑΜΜΗΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ  
ΣΥΓΓΡΑΜΜΗΣ



CODE	WELDING PROCESS	CODE	WELDING PROCESS
CEW	Coaxtrusion	IW	Induction
CFW	Cold	PGW	Pressure gas
DFW	Diffusion	RSEW	Resistance seam
EFW	Explosion	RSW	Resistance spot
FCW	Forge	ROW	Roll
FRW	Friction	USW	Ultrasonic
HRW	High-frequency resistance	IW	Joint
HPW	Hot pressure		

ΣΥΝΗΜΑ N2 : ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΜΕΘΩΝ ΣΥΓΓΡΑΜΜΗΣ ΣΤΕΡΕΑΙΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΕΩΣ (ΤΥΠΟΠΟΙΗΜΕΝΑ ΕΛΑΤΑ AWS)



CODE	PROCESS	CODE	PROCESS
AB	Arc brazing	IRB	Infrared brazing
BB	Block brazing	IRS	Infrared soldering
CB	Cup brazing	INS	Iron soldering
DB	Cup soldering	RB	Resistance brazing
DS	Cup soldering	RS	Resistance soldering
DFB	Diffusion brazing	TB	Torch brazing
FB	Furnace brazing	TS	Torch soldering
FS	Furnace soldering	TCAB	Torch-carbon arc brazing
FLB	Flow brazing	WS	Wave soldering
IB	Induction brazing		
IS	Induction soldering		

Σελίδα Νο. 1  
 Διαγρφή συστήματος για καταγραφή μεθόδων και παραμέτρων μεθόδων  
 και της κατασκευαστικής (επισκευαστικής μεθόδου AWS).



ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ  
ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ

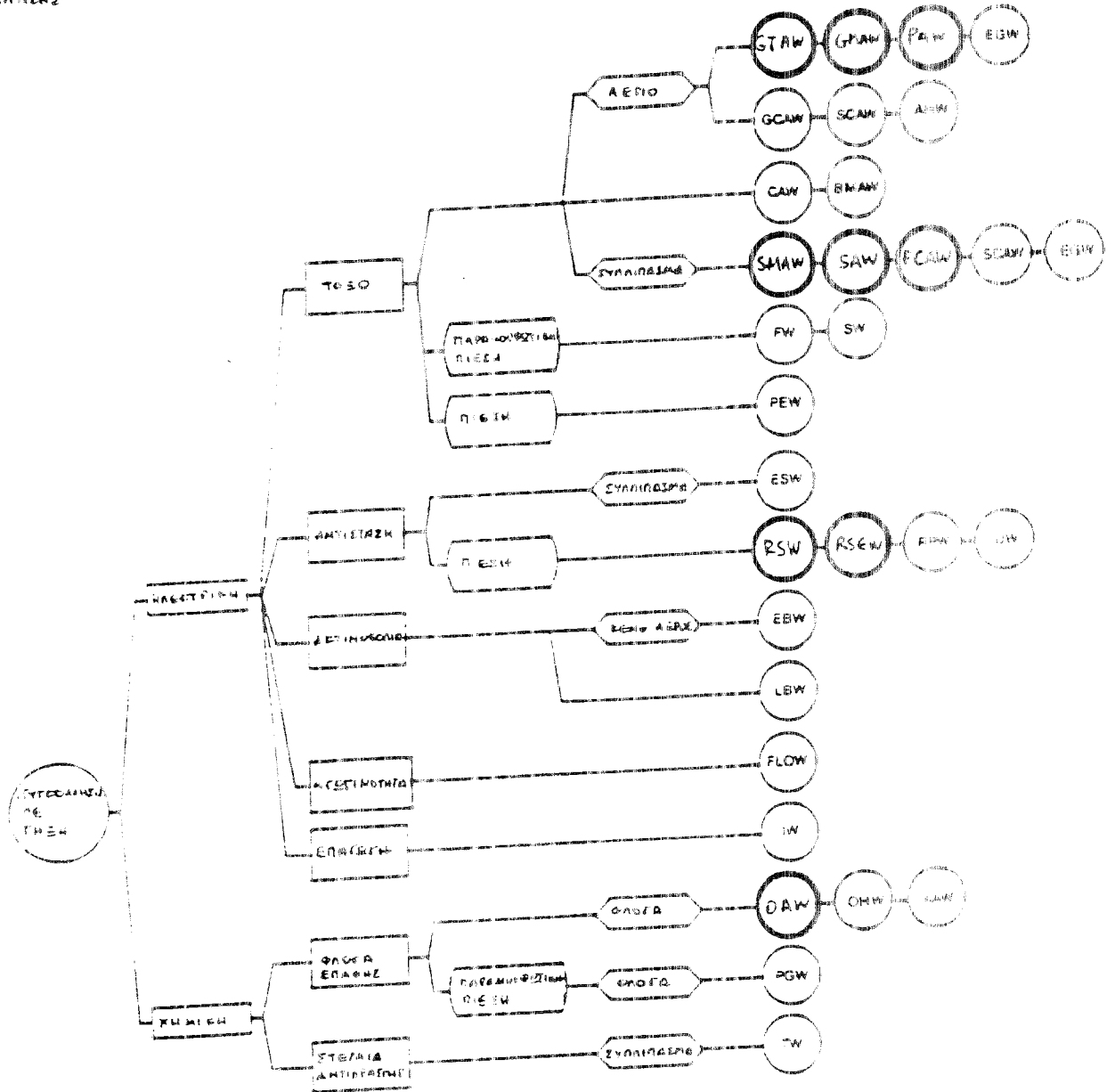
ΜΟΡΦΗ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΤΡΟΠΟΣ ΠΕΡΙΟΧΗΣ  
ΤΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΚΑΤΗΓΟΡΙΑ  
ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

ΠΡΟΣΤΑΣΙΑ  
ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ

ΚΩΔΙΚΟΣ  
ΕΥΡΩΠΑΙΚΗΣ



CODE	WELDING PROCESS	CODE	WELDING PROCESS	CODE	WELDING PROCESS
AAW	Air acetylene	GCAW	Gas carbon arc	FAW	Plasma
AHW	Atomic hydrogen	GMAN	Gas metal arc	RSEW	Resistance shield
AMW	Atomic nitrogen	GTAW	Gas tungsten arc	RSW	Resistance shield
BMAN	Bare metal arc	IW	Induction	SCAW	Shielded carbon arc
CAW	Carbon arc	LBW	Laser beam	SAW	Shielded metal arc
EBW	Electron beam	CAW	Oxyacetylene	SMAW	Shielded metal arc
EGW	Electrodes	CHW	Dry hydrogen	SW	Stud arc
ESW	Electroslag	FAW	Plasma arc	TW	Thermal
FLOW	Flow	PEW	Percussion	LW	Ultrasonic
FCAW	Flux cored arc	PSW	Pressure gas		
FW	Flash				

Σελίδα Νο : Διεύθυνση εκφώνησης των φορέων αγωγών με επιφ. Εξουσιοδότηση...

**2. ΣΥΓΚΡΟΝΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ**

**2.1. Συγκόλληση με Αέριο και Κοπή με Οξυγόνο (Oxyfuel Gas Welding and Cutting)**

2.1.1. Γενικά

Η συγκόλληση με αέριο περιλαμβάνει κάθε μέθοδο συγκόλλησης που χρησιμοποιεί σα μέσο πρόσδοσης θερμότητας κάποιο αέριο καύσιμο σε συνδυασμό με οξυγόνο. Η μέθοδος συνίσταται στην τήξη του βασικού μετάλλου και του προστιθέμενου μετάλλου, αν χρησιμοποιείται, με τη βοήθεια της φλόγας που σχηματίζεται στο άκρο ενός καυστήρα. Το αέριο καύσιμο και το οξυγόνο αναμιγνύονται στην κατάλληλη αναλογία σε ένα δοχείο, που μπορεί να αποτελεί τμήμα του καυστήρα.

Η κοπή με οξυγόνο περιλαμβάνει ομάδα μεθόδων κοπής όπου η απομάκρυνση του μετάλλου επιτυγχάνεται με χημική αντίδραση μεταξύ του μετάλλου και καθαρού οξυγόνου σε υψηλές θερμοκρασίες. Η απαιτούμενη θερμοκρασία διατηρείται από φλόγα αερίου καυσίμου με οξυγόνο. Στην περίπτωση μετάλλων που σχηματίζουν ισχυρά οξειδία, η αντίδραση υποβοηθείται με την προσθήκη χημικής ή μεταλλικής σκόνης στο ρεύμα του οξυγόνου κοπής.

2.1.2. Χαρακτηριστικά των αερίων καυσίμων

Ο ακόλουθος πίνακας δίνει ορισμένα βασικά χαρακτηριστικά συγκεκριμένων αερίων καυσίμων για σύγκριση:

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.1 [2.1]

Αέριο	Ακετυλένιο Προπάνιο Μεθάνιο Υδρογόνο			
	C <sub>2</sub> H <sub>2</sub>	C <sub>3</sub> H <sub>8</sub>	CH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub>
Χημικός τύπος				
Ειδικό βάρος <sup>1</sup> (16°C)	0.906	1.52	0.62	0.07
Όγκος/βάρος, m <sup>3</sup> /kg (16°C)	0.91	0.54	1.44	11.77
Θερμοκρασία φλόγας σε O <sub>2</sub> <sup>2</sup> , °C	3037	2526	2538	2660
Θερμογόνα δύναμη, MJ/m <sup>3</sup>	55	104	37	12
Ταχύτητα καύσης, m/s	7.9	3.9	5.5	11.6
Θερμική ένταση καύσης <sup>3</sup> , J/m <sup>2</sup> ·s	434.5	405.6	203.5	139.2

1. Με ειδικό βάρος αέρα=1. 2. Θερμοκρασία ουδέτερης φλόγας. 3. Η θερμική ένταση καύσης είναι το γινόμενο της θερμογόνας δύναμης επί την ταχύτητα καύσης.

Για την κατανόηση του παραπάνω πίνακα αναφέρονται τα ακόλουθα επεξηγηματικά στοιχεία:

(α) Το ειδικό βάρος σε σχέση με τον αέρα δίνει μια ένδειξη του τρόπου συσώρευσης του καυσίμου αερίου σε περίπτωση διαρροής. (Π.χ. αν ειδικό βάρος  $< 1$ , το αέριο τείνει να πάει προς τα πάνω και να διαλυθεί).

(β) Η θερμοκρασία της φλόγας μπορεί να γίνει μεγαλύτερη από αυτή που αναγράφεται στον πίνακα, αλλά τότε θα είναι οξειδωτική, κάτι που δεν είναι επιθυμητό στη συγκόλληση των περισσότερων μετάλλων.

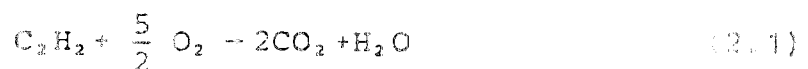
(γ) Πολύ υψηλή θερμογόνα δύναμη δεν είναι επιθυμητή, γιατί τότε αντί για συγκόλληση θα γίνεται κοπή.

(δ) Η ταχύτητα καύσης είναι η ταχύτητα εκείνη με την οποία το μετωπο της φλόγας προχωρεί κάθετα προς την επιφάνειά της διαμέσου του γειτονικού άκαυστου αερίου. Η παράμετρος αυτή επηρεάζει το μέγεθος και τη θερμοκρασία της πρωτογενούς φλόγας, καθώς και την ταχύτητα ροής των αερίων από το ακροφύσιο του καυστήρα για την αποφυγή αναστροφής της φλόγας.

(ε) Η θερμική ένταση καύσης (combustion intensity) αποτελεί το βασικότερο παράμετρο για τη σύγκριση των διαφόρων αερίων καυσίμων. Από τον πίνακα προκύπτει ότι το ακετυλένιο έχει τη μεγαλύτερη τιμή θερμικής έντασης καύσης.

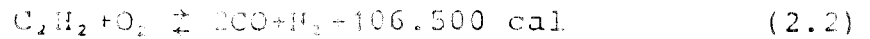
### 2.1.3. Η φλόγα οξυγόνου-ακετυλενίου

Αυτή η φλόγα συγκόλλησης παράγεται με παροχή στον καυστήρα σχεδόν ίσων όγκων οξυγόνου και ακετυλενίου. Η βασική εξίσωση της χημικής αντίδρασης που λαμβάνει χώρα είναι:

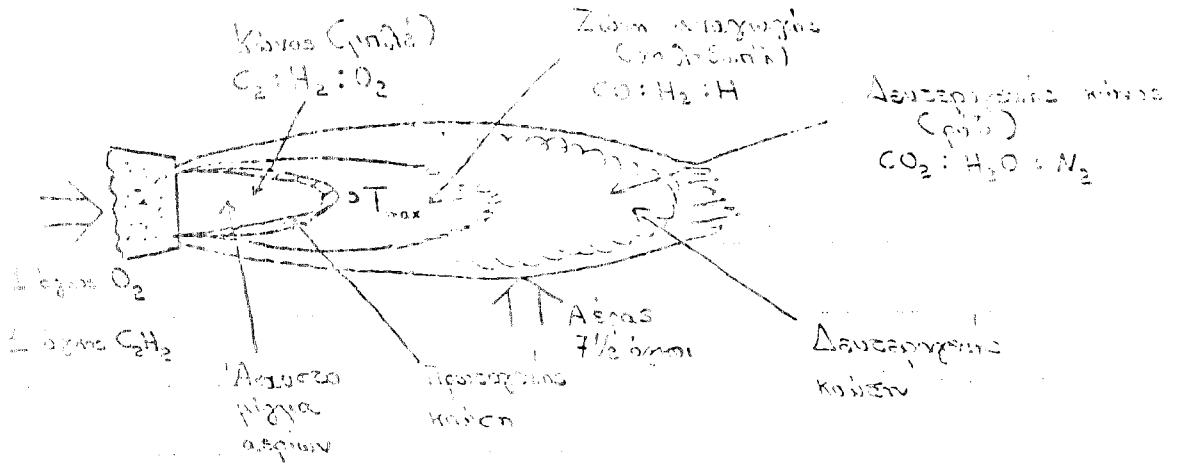


Στην πραγματικότητα, όμως, η καύση συμβαίνει σε δυο στάδια. Το πρώτο στάδιο, καλούμενο πρωτογενής καύση, παριστάνεται από την αντίδραση

- 24 -



και λαμβάνει χώρα στη βάση της φλόγας σε μια λεπτή κελυφοειδή περιοχή που περικλείει τον κώνο (βλ. σχ. 2.1).



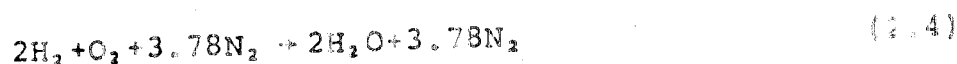
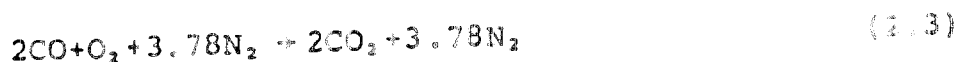
Σχήμα 2.1

Η μέγιστη θερμοκρασία,  $T_{max}$ , συναντάται αμέσως μπροστά από την κορυφή της περιοχής αυτής, όπου ογκομετρική ανάλυση του αερίου μίγματος δίνει κατά προσέγγιση 60% CO, 20%  $H_2$  και 20% H. Τα προϊόντα της πρώτης αυτής χημικής αντίδρασης σχηματίζουν τη γαλαζωπή περιοχή της φλόγας, που καλείται 'ζώνη αναγωγής' (preheating zone). Η περιοχή αυτή, επειδή έρχεται σε κοντινότερη επαφή με τα προς συγκόλληση αντικείμενα, είναι εκείνη που κατά κύριο λόγο προσδιορίζει τα χαρακτηριστικά της φλόγας σαν φλόγας συγκόλλησης.

Καθώς τα καύσιμα αέρια εξέρχονται του καυστήρα, όμως, τείνουν να παγιδεύουν αέρα από το περιβάλλον, κυρίως στα εξωτερικά όρια της φλόγας. Ο αέρας αυτός αναμιγνύεται με τα προϊόντα της πρωτογενούς καύσης και δημιουργεί έτσι τις προϋποθέσεις για δευτερογενή καύση. Σημειώνεται ότι η παγίδευση αυτή του αέρα είναι τόσο μεγαλύτερη όσο περισσότερο απομακρυνόμαστε από το άκρο του καυστήρα, λόγω ατροβιλότητας και διάχυσης. Ο δευτερογενής, χρώματος ροζ, κώνος καύσης είναι, επομένως, οξειδωτικός (oxidizing) και περιέχει υψηλές ποσότητες αζώτου, εφό-

- 27 -

σον κάθε όγκος οξυγόνου στον αέρα συνοδεύεται από 3.78 όγκους αζώτου:



Τα χημικά χαρακτηριστικά της φλόγας μπορούν να μεταβληθούν ανάλογα με τις εκάστοτε απαιτήσεις συγκρόλησης, αλλάζοντας το λόγο ακετυλενίου προς οξυγόνο. Στις περισσότερες εφαρμογές χρησιμοποιείται η λεγόμενη ουδέτερη φλόγα (neutral flame). Πρόκειται βασικά για τη φλόγα που περιγράφηκε παραπάνω, με τη διαφορά ότι επειδή είναι λιγότερο επιθυμητή η ελαφρά οξειδωτική (oxidizing) από την αναγωγική (reducing) φλόγα, συνήθίζεται η χρήση μικρής περίσσειας ακετυλενίου. Ενδειξη σαφούς ούθμισης της φλόγας είναι η παρουσία μικρής λευκής κουκκίδας που τρεμοσβήνει στο άκρο του εσωτερικού κώνου.

Περαιτέρω αύξηση της παροχής ακετυλενίου έχει σαν αποτέλεσμα τη μετατροπή της φλόγας σε ανθρακούχα (carburiizing). Σε αυτή ελεύθερος άνθρακας παράγεται από την πρωτογενή καύση, ο οποίος παρουσιάζεται σε όλη τη ζώνη αναγωγής. Η υψηλή θερμοκρασία που επικρατεί πυρακτώνει τον άνθρακα και τον καθιστά λαμπρό, φαινόμενο που εξηγεί τη λαμπερότητα της ζώνης αναγωγής. Τότε λέγεται ότι η φλόγα εμφανίζει το λεγόμενο "άσπρο φτερό".

Όταν αυξηθεί η αναλογία του οξυγόνου, τότε εμποδίζεται η δημιουργία ανθρακούχας φλόγας, εξαφανίζεται το "άσπρο φτερό" και η ζώνη αναγωγής, και ο εσωτερικός κώνος γίνεται κοντότερος. Τότε, το χρήσιμο τμήμα της φλόγας περιέχει  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$  (που και τα δύο είναι οξειδωτικά), και περίσσεια οξυγόνου.

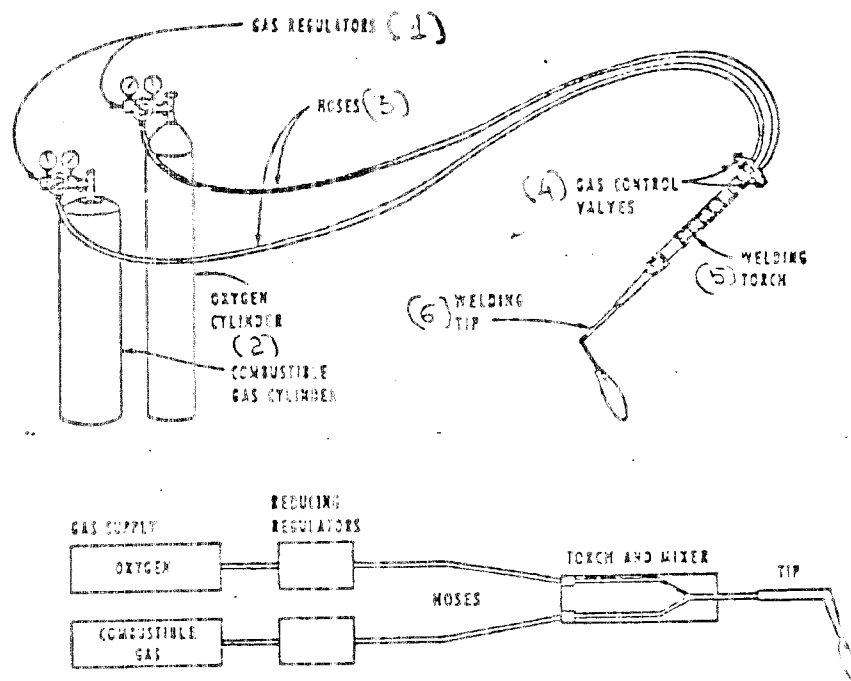
Οι ανθρακούχες φλόγες χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις όπου απαιτείται προσθήκη άνθρακα στο προς συγκρόληση υλικό. Όταν η φλόγα αυτή χρησιμοποιείται σε μαλακό χάλυβα, τα επιφανειακά στρώματά του απορροφούν άνθρακα με αποτέλεσμα τη μείωση του σημείου τήξης τους, οπότε μόνον η επιφάνεια τήκεται. Η τεχνι-

αυτή είναι πολύ χρήσιμη για επιφανειακή σκλήρυνση όπου τρέπει να αποφεύγεται τήξη σε βάθος.

Οι οξειδωτικές φλόγες χρησιμοποιούνται σε κράματα που περιέχουν ψευδάργυρο, π.χ. σε μπρούτζο. Ο ψευδάργυρος οξειδώνεται στην επιφάνεια του τηγμένου μετάλλου, με αποτέλεσμα το δημιουργούμενο οξειδικό επίστρωμα να εμποδίζει περαιτέρω αντίδραση. Με ουδέτερη φλόγα ο ψευδάργυρος εξαερώνεται και διαχέεται συνεχώς στην ατμόσφαιρα, όπου και οξειδώνεται.

2.1.4. Βασικά εξαρτήματα συγκόλλησης με αέριο

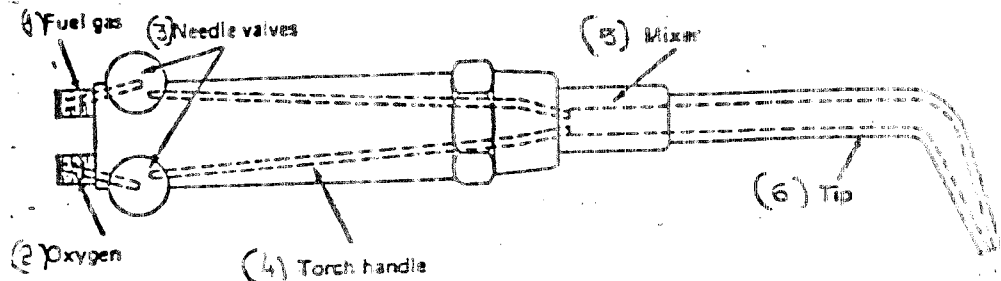
Διαγραμματική παράσταση βασικών εξαρτημάτων και συνδεσμολογίας.



Σχήμα 2.2

(1) Ρυθμιστές πίεσης αερίων και μανόμετρα. (2) Φιάλες αερίων. (3) Εύκαμπτοι σωλήνες. (4) Βαλβίδες ελέγχου ροής αερίων. (5) Κανιστήρας. (6) Ακρορύτιο συγκόλλησης. [2.1].

Βασικά στοιχεία καυστήρα.



Σχήμα 2.3

(1) Είσοδος αερίου καυσίμου. (2) Είσοδος οξυγόνου. (3) Βαλβίδες ακίδας.  
(4) Λαβή καυστήρα. (5) Αναμείκτης. (6) Ακροφύσιο. [2-1].

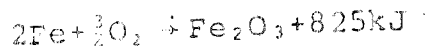
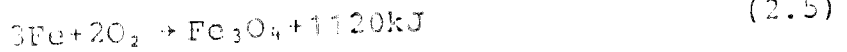
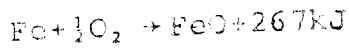
Στην πράξη συναντώνται δυο βασικοί τύποι καυστήρων. Στον ένα, καλούμενο χαμηλής πίεσης ή έγχυσης (low-pressure or injector type), η παροχή του ακετυλενίου στον καυστήρα γίνεται σε πολύ χαμηλή πίεση, μικρότερη των 7kPa, ενώ η παροχή του οξυγόνου γίνεται σε πολύ μεγαλύτερη πίεση, που κυμαίνεται από 70 μέχρι 275kPa. Ο αναμείκτης είναι κατασκευασμένος να λειτουργεί σαν εγχυτής. Το οξυγόνο υψηλής πίεσης, περνώντας από τον αναμείκτη, παρασύρει το σε χαμηλότερη πίεση ευρισκόμενο ακετυλένιο, αναμειγνύεται με αυτό και μετά εξέρχεται το αέριο σε μίγμα πλέον από το ακροφύσιο.

Ο άλλος τύπος είναι γνωστός σαν σύστημα θετικής πίεσης (positive pressure system). Σε αυτόν η παροχή του οξυγόνου και του ακετυλενίου προς τον αναμείκτη γίνεται σε ίδιες περίπου πιέσεις που φτάνουν μέχρι 105kPa, και σπανιότερα μέχρι 175kPa. Και στην περίπτωση αυτή η ανάμειξη γίνεται στον αναμείκτη, από όπου το αέριο διοχετεύεται στο ακροφύσιο.

### 2.1.5. Κοπή με οξυγόνο

Η χρήση του είναι δυνατή μόνο σε φερρομαγνητικά υλικά.

Οι πιθανές αντιδράσεις για την περίπτωση του σιδήρου είναι:



Από αυτές, οι δυο πρώτες είναι οι πιο συνηθισμένες, ενώ η τρίτη παρατηρείται κυρίως σε παχιά ελάσματα.

Σύμφωνα με τη δεύτερη αντίδραση, για μετατροπή 1kg Fe σε Fe<sub>3</sub>O<sub>4</sub> απαιτούνται 0.29m<sup>3</sup> O<sub>2</sub>. Στην πραγματικότητα απαιτείται πολύ μικρότερη ποσότητα O<sub>2</sub> γιατί πάνω από το 30% του Fe δεν προλαβαίνει να οξειδωθεί.

Για την αύξηση της ταχύτητας των αντιδράσεων, απαιτείται προθέρμανση στους 800°-900°C (1470°-1650°F). Αυτό επιτυγχάνεται με τις φλόγες προθέρμανσης (π.χ. οξυγόνου-ακετυλενίου), που συνήθως βρίσκονται γύρω από το jet του οξυγόνου κοπής.

#### 2.1.5.1. Εφαρμογές

Κοπή με οξυγόνο δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε αλουμίνιο, χρώμιο, νικέλιο κλπ. επειδή τα σχηματιζόμενα οξειδία έχουν μεγαλύτερο σημείο τήξης από αυτό των μετάλλων (βλ. Πίνακα 2.2).

Τα μέταλλα αυτά κόβονται συνήθως με τις μεθόδους τόξου (arc cutting) ή πλάσματος (plasma cutting).

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.2: Θερμοκρασίες τήξης

	Μέταλλα		Οξειδία	
Fe	2800°F	FeO		2490°F
Al	1220°F	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		3700°F
Cr	3270°F	Cr <sub>2</sub> O <sub>3</sub>		4100°F
Ni	2850°F	NiO		3540°F

#### 2.1.5.2. Συνθήκες για φλογοκοπή

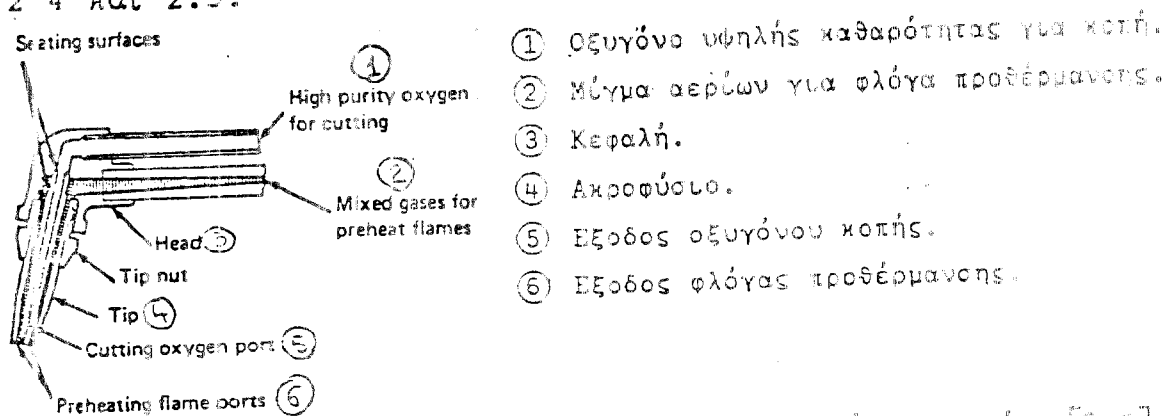
α) Τα μεταλλικά οξειδία πρέπει να έχουν σημείο τήξης μικρότερο εκείνου των βασικών μετάλλων.



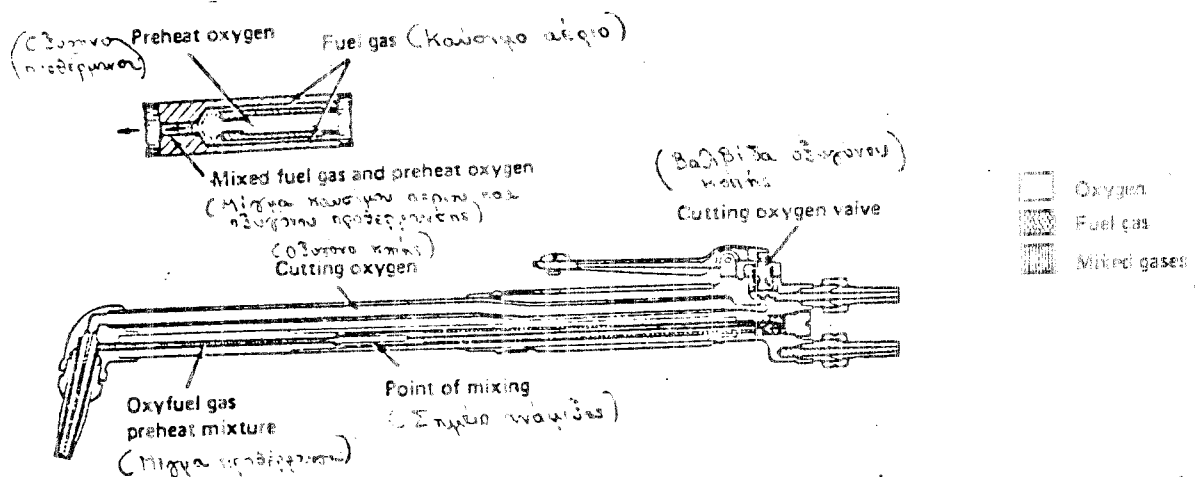
- (β) Τα οξειδία πρέπει να έχουν καλή ρευστότητα και να αποχωρίζονται εύκολα από το βασικό μέταλλο.
- (γ) Η θερμοκρασία καύσης του μετάλλου πρέπει να είναι μικρότερη της θερμοκρασίας τήξης του.
- (δ) Το βασικό μέταλλο δεν πρέπει να περιέχει σημαντικές ποσότητες ακαθαρσιών που είναι δύσκολες να καούν.

### 2.1.5.3. Καυστήρες για φλογοκοπή

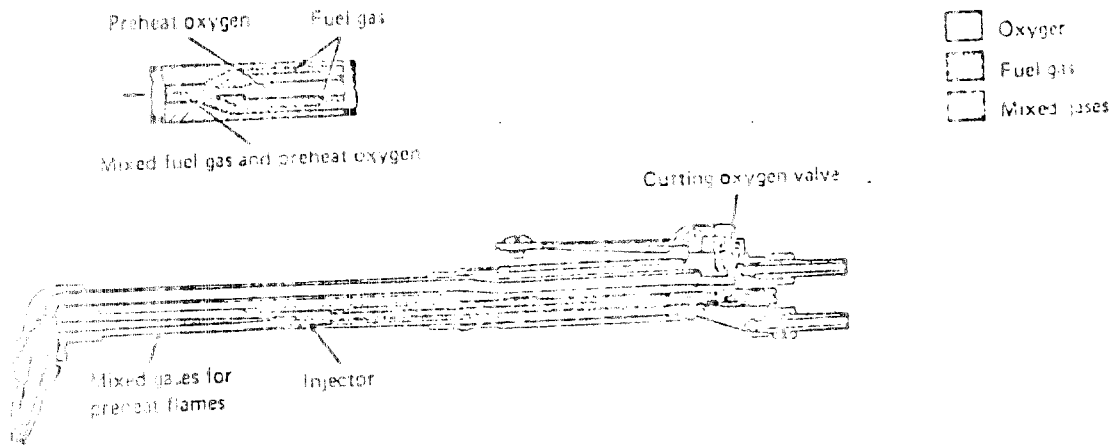
Ο καυστήρας χρησιμεύει, τόσο για τη δημιουργία της φλόγας προθέρμανσης με ανάμειξη του καυσίμου αερίου και του οξυγόνου στις σωστές αναλογίες, όσο και για την παροχή της ομοιόμορφης συγκεντρωμένης ροής του οξυγόνου στην περιοχή κοπής. Τα σημαντικότερα στοιχεία των καυστήρων κοπής φαίνονται στα σχήματα 2.4 και 2.5.



Σχήμα 2.4. Τυπική κεφαλή καυστήρα και ακροφύσιο κοπής. [2.1].



Σχήμα 2.5α. Τυπικός καυστήρας φλογοκοπής με σύστημα θετικής πίεσης.



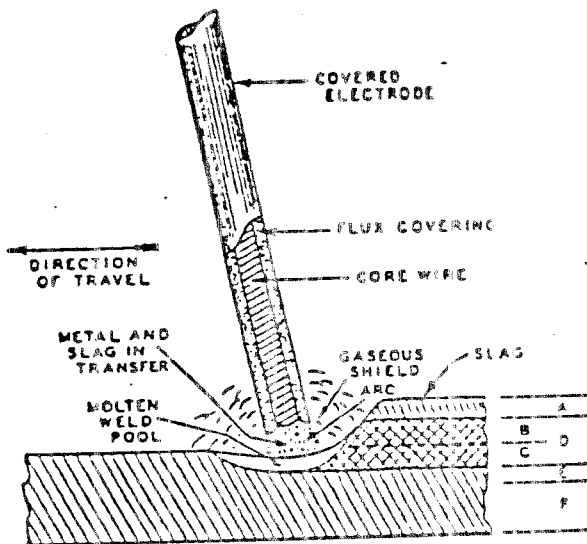
Σχήμα 2.5β. Τυπικός καυστήρας φλογοκοπής με σύστημα έγχυσης.

#### 2.1.5.4. Παρατηρήσεις

- (α) κοπή φτηνότερων αερίων.
- (β) κοπή αερίων με μεγαλύτερες θερμοκρασίες
  - ... τόξο πλάσματος (plasma arc).
  - ... σιδηρόσκονη (iron powder).
- (γ) πολλαπλή κοπή (stack cutting).
- (δ) αυτόματη κοπή (automatic cutting).
- (ε) κοπή με αριθμητικό έλεγχο (NC cutting)
  - ... χρήση διάτρητων ταινιών ή φωτοκυττάρου.

2.2. Συγκόλληση με Επενδεδυμένα Ηλεκτρόδια (Shielded Metal Arc Welding, SMAW)

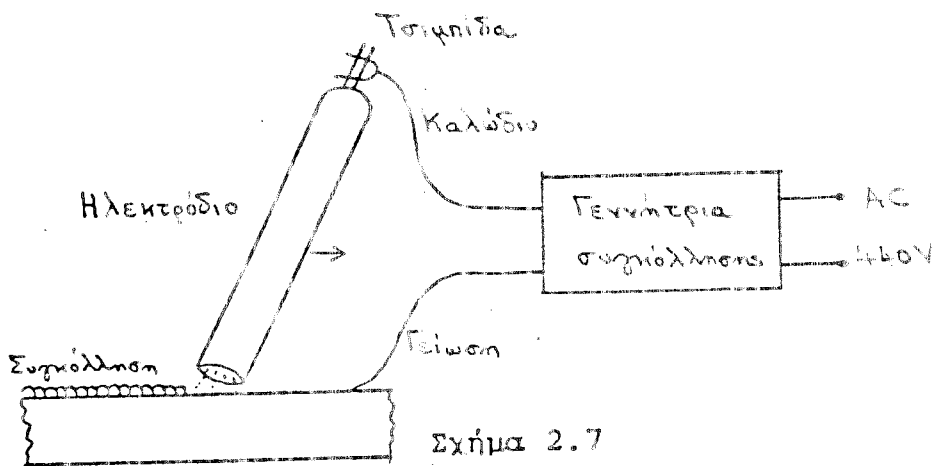
2.2.1. Χαρακτηριστικά της μεθόδου



- A - στρώμα σκουριάς.
- B - ενίσχυση συγκόλλησης.
- C - διελεύση.
- D - μέταλλο συγκόλλησης.
- E - ισχυρά θερμαινόμενη ζώνη, HAZ.
- F - βασικό μέταλλο.

Σχήμα 2.6

Βασικό πρόβλημα ο έλεγχος τριών μεταβλητών: ταχύτητα κίνησης ηλεκτροδίου, ένταση ρεύματος και τάση τόξου.



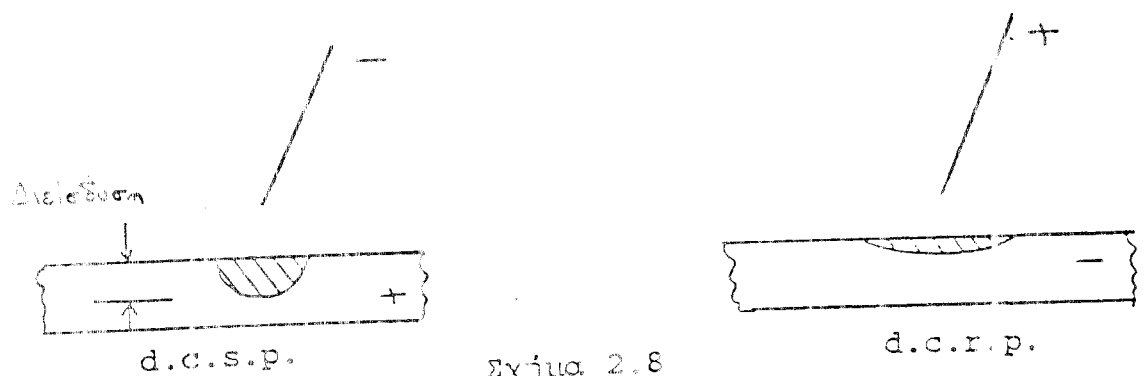
Σχήμα 2.7

Η συγκόλληση γίνεται με εναλλασσόμενο (A.C.) ή συνεχές (D.C.) ρεύμα. Συνηθισμένες εντάσεις ρεύματος 15-500 A με συνηθέστερες μεταξύ 100 και 300 A.

Συνηθέστερες τάσεις τόξου:

14-24 V για γυμνά ή ελαφρά επενδεδυμένα ηλεκτρόδια  
20-40 V για επενδεδυμένα ηλεκτρόδια.

Σε περίπτωση χρήσης D.C. μπορεί να έχουμε ορθή (straight polarity d.c.s.p.) ή ανάστροφη (reverse polarity, d.c.r.p.) πολικότητα.



Σχήμα 2.8

### 2.2.2. Επιλογή ηλεκτροδίου

Τα επενδεδυμένα ηλεκτρόδια ταξινομούνται από τους εθνικούς οργανισμούς τυποποίησης ή τα ινστιτούτα συγκόλλησης ανάλογα με την αντοχή τους, το είδος επένδυσης, τα χαρακτηριστικά εφαρμογής, τα στοιχεία κράματος, κλπ.

Ταν παράδειγμα αναφέρεται ο συμβολισμός της American Welding Society που είναι του τύπου

$$E(x) \kappa \chi \gamma \gamma$$

όπου: E=επενδεδυμένο ηλεκτρόδιο.

(x)  $\kappa \chi = 2$  ή 3 ψηφία που αντιστοιχούν στην αντοχή εφελκυσμού του αποτιθέμενου μετάλλου συγκόλλησης, σε ksi (1ksi=1000lbs/in<sup>2</sup>=6.984 MN/m<sup>2</sup>).

$\gamma \gamma$ =το πρώτο  $\gamma$  αντιστοιχεί στη θέση συγκόλλησης.

- 1 όλες οι θέσεις,
- 2 επίπεδη και μετωπική,
- 3 επίπεδη.

$\gamma \gamma$ =και τα δυο  $\gamma$  μαζί αντιστοιχούν στις συνθήκες τροφοδοσίας του ηλεκτρικού ρεύματος.

Στον επόμενο πίνακα αναφέρονται τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται συνήθως για τη συγκόλληση των μαλακών χαλύβων.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.3

Σύμβολο	Είδος επένδυσης	Είδος ηλ. ρεύματος
E6010	Οργανική	d.c.r.p.
E6011	Οργανική	d.c.r.p., a.c.
E6012	Ρουτιλίου	d.c.s.p., a.c.
E6013	Ρουτιλίου	d.c.s.p., a.c.
E6014	Ρουτιλίου	d.c.s.p., a.c.
E7016	Βασική χαμηλού υδρογόνου	d.c.r.p., a.c.
E7018	Βασική χαμηλού υδρογόνου	d.c.r.p., a.c.
E6020	Οξίνη	d.c.s.p., d.c.r.p., a.c.
E7024	Ρουτιλίου	d.c.s.p., d.c.r.p., a.c.
E6027	Οξίνη	d.c.s.p., d.c.r.p., a.c.

2.2.3. Ο ρόλος της επένδυσης των ηλεκτροδίων

(α) Προστασία από ανεπιθύμητα αέρια, κυρίως  $N_2$ ,  $O_2$ ,  $H_2$  με τη δημιουργία προστατευτικού παραπετάσματος αερίων ( $CO_2$ ,  $H_2O$ , κλπ.) γύρω από το τόξο.

(β) Χημική αντίδραση της τηγμένης σκουριάς με το βασικό μέταλλο για την αφαίρεση των μη επιθυμητών  $O_2$  και  $H_2$  (προσθήκη Si, Mn στην επένδυση για το πρώτο και CaF για το δεύτερο).

(γ) Προστασία του τηγμένου μετάλλου.

Για την επιτυχία του σκοπού αυτών χρησιμοποιούνται διάφορα είδη επενδύσεων (fluxes).

Ελάττωση  $O_2$  στο μέταλλο συγκ., βελτίωση δυσθραυστότητας

$\xrightarrow{\hspace{10em}}$   
 Ρευστότητα σκουριάς βελτιώνεται  
 $\xleftarrow{\hspace{10em}}$

Οξίνη  
 $SiO_2$   
 $(P_2O_5)$

Ουδέτερη  
 $TiO_2$   
 $Al_2O_3$   
 $Fe_2O_3$   
 $Ti_2O_3$   
 $(Cr_2O_3)$

Βασική  
 $MgO$   
 $FeO$   
 $MnO$   
 $CaO$   
 $Na_2O$

Στον παρακάτω πίνακα φαίνεται η μετατροπή της χημικής σύνθεσης της επένδυσης (coating) όταν γίνει σκουριά (slag) σε στερεή κατάσταση, για το ηλεκτρόδιο Ε6012.

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.4

Επένδυση	%	Σκουριά
47.8	TiO <sub>2</sub>	42.5
20.4	SiO <sub>2</sub>	21.4
11.2 CaCO <sub>3</sub>		CaO 5.1
4.1 MgCO <sub>3</sub>		MgO 2.0
2.5	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	2.0
13.0 Fe-Mn		{ FeO 9.5 MnO 11.9

2.2.4. Ταξινόμηση των μηχανών συγκόλλησης

Οι μηχανές συγκόλλησης διακρίνονται σε συνεχούς ρεύματος (D.C) και εναλλασσόμενου ρεύματος (A.C.).

(1) Μηχανές συνεχούς ρεύματος (D.C.)

(α) Με παροχή A.C.

- ... κινητήρας A.C. - γεννήτρια D.C.
- ... ανορθωτής.

(β) Χωρίς παροχή A.C.

- ... γεννήτρια D.C. (ντηζελοκίνητη, κλπ.)

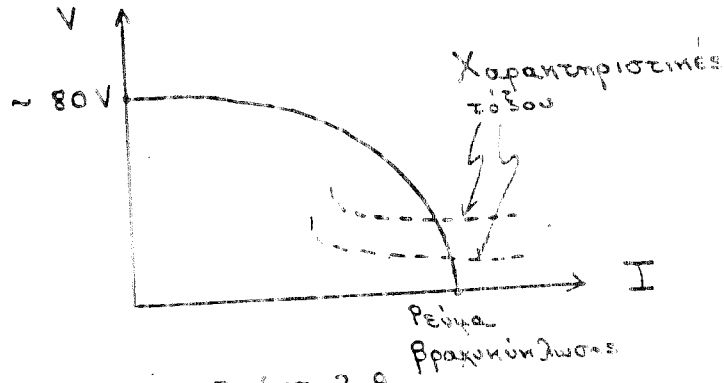
(2) Μηχανές εναλλασσόμενου ρεύματος (A.C.)

- ... χρήση μετασχηματιστών.

2.2.4.1. Στατικές χαρακτηριστικές καμπύλες μηχανών D.C.

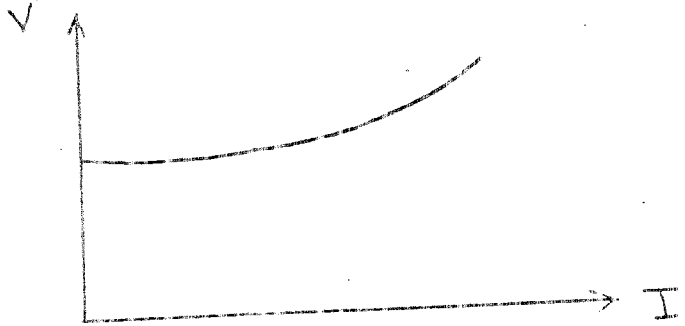
(α) Σταθερού ρεύματος (drooping or constant current)

- ... χρήση κυρίως σε SMAW και GTAW.
- ... η υψηλή τάση των 80 Volts απαιτείται για το άναμα του τόξου.



Σχήμα 2.9

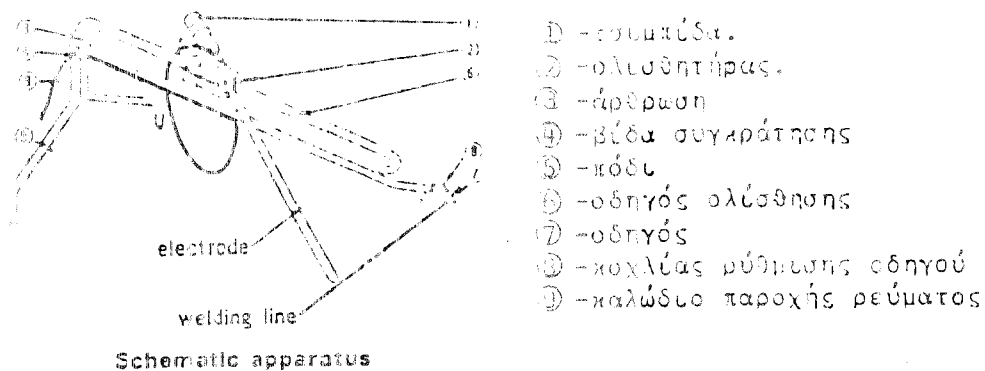
- (B) Σταθερής ή ανερχόμενης τάσης (constant voltage or rising)
- ... χρήση κυρίως σε GMAW ή SAW.
- ... αυτοελεγχόμενη.



Σχήμα 2.10

2.2.5. Ημι-αυτοματοποιημένες μέθοδοι

Η πιο γνωστή και ευρύτατα χρησιμοποιούμενη σήμερα μέθοδος υπερχονοποίησης της συγκόλλησης με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια φέρει το όνομα "συγκόλληση βαρύτητας" (gravity welding). Στον πιο απλό τύπο συσκευής για αυτό το είδος συγκόλλησης, η τσιμπίδα με το ηλεκτρόδιο υποστηρίζεται από τα προς συγκόλληση ελάσματα (βλ. σχ. 2.11). Καθώς το ηλεκτρόδιο αναλίσκεται, η τσιμπίδα ολισθαίνει πάνω σε έναν οδηγό κάτω από την επίδραση της βαρύτητας. Λόγω της κλίσης του οδηγού, η ολίσθηση αυτή συνοδεύεται και από μια συνιστώσα της κίνησης κατά μήκος της γραμμής συγκόλλησης. Για την οικονομικότητα της μεθόδου απαιτούνται ηλεκτρόδια μεγάλου μήκους (0.6-1m).



Schematic apparatus

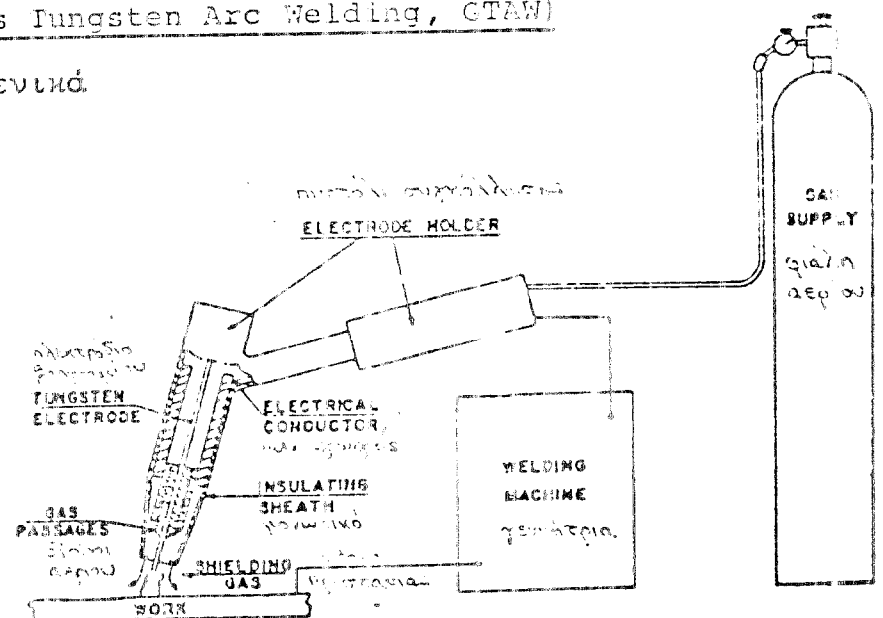
Σχήμα 2.11 [2.6]

Σε εναλλακτικό τύπο συσκευής, η τσιμπίδα είναι στερεωμένη σε άσθραση και σπρώχνει το ηλεκτρόδιο με τη βοήθεια ελατηρίου. Και στην περίπτωση αυτή η προς τα κάτω κίνηση συνοδεύεται από συνιστώσα της κίνησης κατά μήκος της συγκόλλησης.

Η μέθοδος χρησιμοποιείται ευρύτατα στη ναυπηγική για επίπεδες-κυττωπικές αυχενικές συγκολλήσεις, όπου ένας χειριστής μπορεί να λειτουργεί συγχρόνως τέσσερις με έξι τέτοιες συσκευές.

2.3. Συγκόλληση με Ηλεκτρόδιο Βολφραμίου και Προστασία Αερίου (Gas Tungsten Arc Welding, GTAW)

2.3.1. Γενικά



Σχήμα 2.12. Σχηματικό διάγραμμα της μεθόδου GTAW. [2.5]



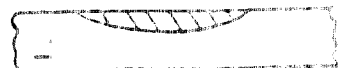
Είναι η μέθοδος συγκόλλησης που χρησιμοποιεί αδρανές αέριο για την προστασία της συγκόλλησης από την ατμόσφαιρα. Το χρησιμοποιούμενο ηλεκτρόδιο είναι από μη τηκόμενο βολφράμιο. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και προστιθέμενο μέταλλο.

### 2.3.2. Συγκόλληση με συνεχές ρεύμα

Ορθή πολικότητα  
d.c.s.p.



Ανάστροφη πολικότητα  
d.c.r.p.



Σχήμα 2.13

Κατανομή της θερμότητας σε ηλεκτρικό τόξο

Ανοδος (+)	80%
Κάθοδος (-)	5%
Μεταφορά από αέριο	15%

Υπομένως, για τα περισσότερα μέταλλα χρησιμοποιείται η ορθή πολικότητα.

Εξαιρέση αποτελεί το αλουμίνιο, όπου χρησιμοποιείται ανάστροφη πολικότητα για να επιτευχθεί καθοδικός καθαρισμός.

### 2.3.3. Πολικότητα

(α) Ορθή πολικότητα (d.c.s.p.)

... χρησιμοποιείται για όλα τα μέταλλα εκτός Αλ και Mg επειδή τα οξειδιά τους είναι δύσκολο να λειώσουν.

(β) Ανάστροφη πολικότητα (d.c.r.p.)

... χρησιμοποιείται πολύ σπάνια (το ηλεκτρόδιο υπερθερμαίνεται)

(γ) Εναλλασσόμενο ρεύμα (a.c.)

... προστίθεται ρεύμα υψηλής συχνότητας και υψηλής τάσης για βελτίωση της ευστάθειας του τόξου.

#### 2.3.4. Λέρια προστασίας

(α) Αργό (Ατομικό βάρος 40)

... το συνηθέστερο λόγω χαμηλής τιμής.

... απαιτείται μικρή σχετικά παροχή, επειδή είναι 1,33 φορές βαρύτερο του αέρα.

(β) Ηλίο (Ατομικό βάρος 4)

... χρήση κυρίως στις Η.Π.Α.

... απαιτεί μεγάλη τάση τόξου και προκαλεί μεγαλύτερη διείσδυση, γι' αυτό χρησιμοποιείται σε παχιά ελάσματα.

#### 2.3.5. Τύποι ηλεκτροδίων

Τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται διακρίνονται σε:

(α) καθαρού βολφραμίου (EWP),

(β) βολφραμίου με 1-2% θόριο (EWTh-1 και EWTh-2),

(γ) βολφραμίου με 0.15-0.40% ζιρκόνιο (EWZr), και

(δ) καθαρού βολφραμίου με εξωτερικό λεπτό κέλυφος από κράμα βολφραμίου και 1-2% θορίου (EWTh-3).

Τα ηλεκτρόδια αυτά διατίθενται συνήθως σε διαμέτρους που κυμαίνονται από 0.25 μέχρι 6.35 mm (0.010 μέχρι 1/4 in) και σε μήκη από 76 μέχρι 610 mm (3 μέχρι 24 in).

Από τους παραπάνω τύπους τα EWP είναι τα φτηνότερα ενώ τα θοριομεμένα είναι τα καλύτερα. Τα τελευταία παρουσιάζουν μεγαλύτερη εικοπή ηλεκτρονίων, μεγαλύτερη διάρκεια ζωής και μεγαλύτερη αντίσταση σε απορρόφηση ακαθαρσιών από το περιβάλλον. Ακόμα, με τα ηλεκτρόδια αυτά είναι πιο εύκολο το άκνιμα του τόξου, ενώ και το ίδιο το τόξο είναι σταθερότερο.

#### 2.3.6. Χαρακτηριστική μηχανής συγκόλλησης

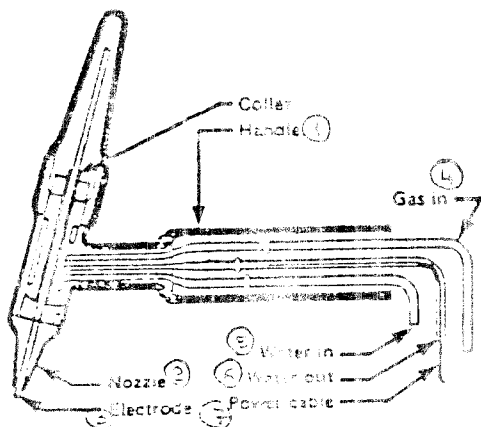
Σε GTAW η μηχανή συγκόλλησης έχει συνήθως χαρακτηριστική σταθερού ρεύματος.

Σε ημιαυτόματες συγκολλήσεις σάληνώσεων με GTAW έχει χρησιμοποιηθεί με επιτυχία συνεχές ρεύμα ορθής πολικότητας (αρνητι-

κό ηλεκτρόδιο) σε παλμούς (pulsed d.c.). Με τον τρόπο αυτό η περιμετρική συγκόλληση μπορεί να γίνει χωρίς τη συνεχή ρύθμιση των παραμέτρων συγκόλλησης που θα απαιτείτο διαφορετικά καθώς το τόξο θα περνούσε κατά την κίνησή του από την οριζόντια στην κατακόρυφη και μετά στην οροφιαία θέση.

### 2.3.7. Πιστόλι συγκόλλησης

Υπάρχουν διάφοροι τύποι πιστολιών, ανάλογα με την επιθυμητή εφαρμογή. Από αυτά άλλα είναι υδρόψυκτα και άλλα αερόψυκτα, ενώ μερικά φέρουν και βαλβίδες για τη ρύθμιση της παροχής του αερίου προστασίας. Στο σχ. 2.14 παρουσιάζεται σε τομή ένα τυπικό υδρόψυκτο πιστόλι για συγκόλληση GTA.



Σχήμα 2.14 [2.1]

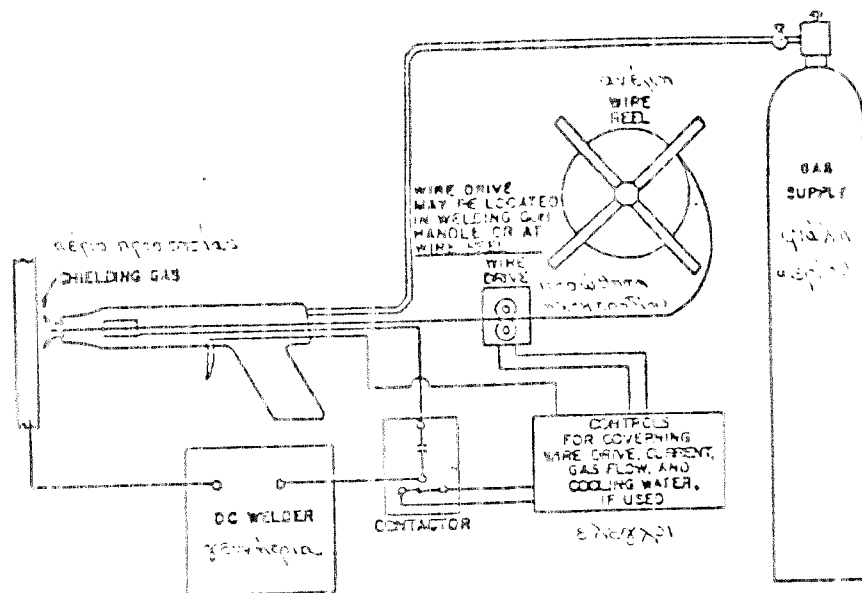
1. Λαβή.
2. Ακροφύσιο.
3. Ηλεκτρόδιο βολφραμίου.
4. Είσοδος αερίου προστασίας.
5. Είσοδος νερού ψύξης.
6. Εξέλιξη νερού ψύξης.
7. Καλώδιο ισχύος.

## 2.4. Συγκόλληση με Τηκόμενο Ηλεκτρόδιο και Προστασία Αερίου (Gas Metal Arc Welding, GMAW)

### 2.4.1. Γενικά

Είναι η μέθοδος συγκόλλησης που χρησιμοποιεί προστασία αερίου και όπου η απαιτούμενη θερμότητα παρέχεται από το ηλεκτρικό τόξο που σχηματίζεται μεταξύ ενός τηκόμενου ηλεκτροδίου και των προς συγκόλληση τεμαχίων.

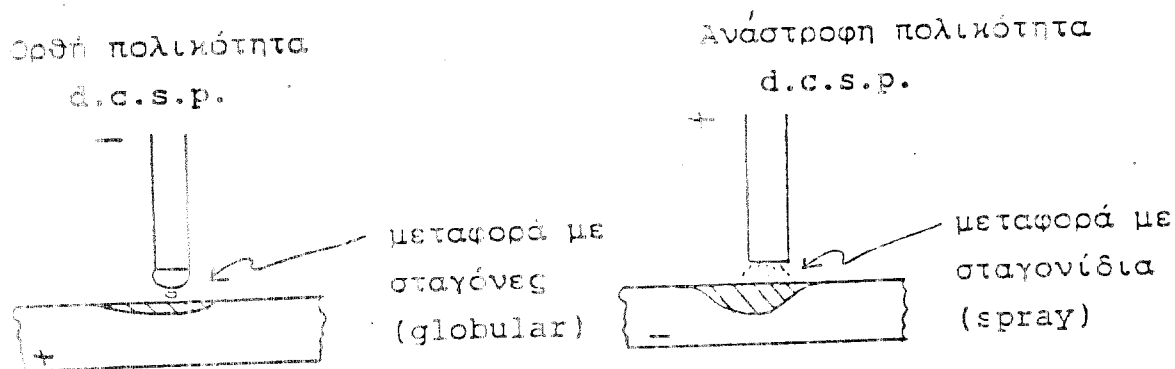
Η μέθοδος αυτή, όταν πρωτοεμφανίστηκε, εθεωρείτο σαν μια μέθοδος υψηλής πυκνότητας ρεύματος, με γυμνά μεταλλικά ηλεκτρόδια μικρής διαμέτρου και με προστασία που δινόταν από παροχή



Σχήμα 2.15 [2.5]

αδρανών αερίων. Βασικός της σκοπός ήταν η συγκόλληση κραμάτων αλουμινίου. Έτσι της δόθηκε η ονομασία MIG (Metal Inert Gas). Μετέπειτα εξελίξεις περιέλαβαν τη λειτουργία με ρεύματα χαμηλής πυκνότητας και με παλλόμενο συνεχές ρεύμα, τη χρήση της και σε συγκολλήσεις άλλων μετάλλων, και την επίτευξη προστασίας του τηγμένου μετάλλου και με ενεργά αέρια (κυρίως CO<sub>2</sub>). Αποτελέσματα αυτών ήταν η μετονομασία της σε GMAW, που είναι ευρύτερος όρος.

#### 2.4.2. Συγκόλληση με συνεχές ρεύμα



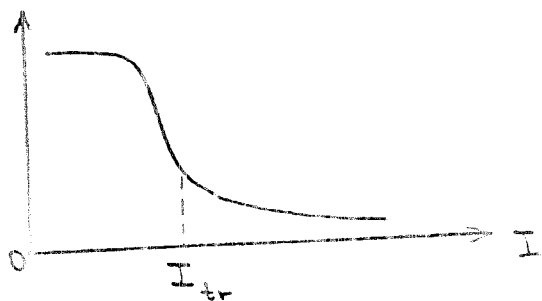
Σχήμα 2.16

Η μετατροπή από μεταφορά με σταγόνες σε μεταφορά με σταγονίδια (spray) συμβαίνει σε συγκεκριμένη τιμή του ρεύματος  $I_{tr}$  καλούμενη τιμή μετάβασης (transition current).

Τυπικές τιμές  $I_{tr}$

Διάμετρος ηλεκτροδίου (in)	$I_{tr}$ (A)
0.030	150
0.035	175
0.045	200
1/16	275
3/32	350

Μέγεθος  
σταγόνων



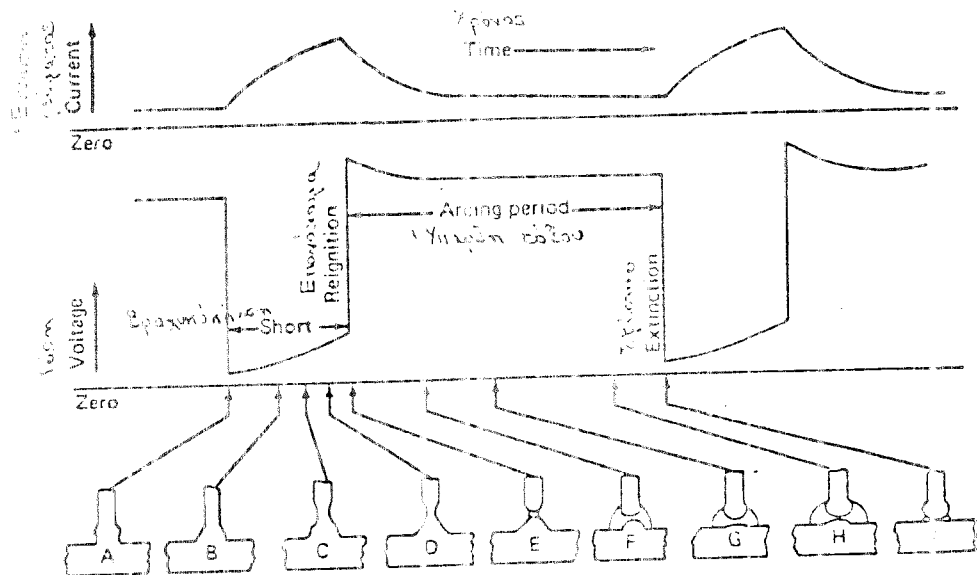
Σχήμα 2.17

Η παραπάνω μετατροπή συμβαίνει για μαλακό χάλυβα μόνο με αναστροφή πολικότητας και με Αργό.

Δεν συμβαίνει αν χρησιμοποιηθεί Ηλιο,  $CO_2$  ή ορθή πολικότητα.

#### 2.4.2.1. Μεταφορά με βύθιση

Η τεχνική μεταφοράς προστιθέμενου μετάλλου με βύθιση ή θριχούκλωση (dip or short-circuiting transfer) αναπτύχθηκε για να γίνει δυνατή η συγκόλληση σε πολύ λεπτά ελάσματα και σε όλες τις θέσεις χωρίς τη χρήση αδρανών αερίων προστασίας. Σε αυτή χρησιμοποιούνται μικρές εντάσεις ρεύματος (50-225 Α) και μικρές τάσεις (12-22 V). Σύμφωνα με την τεχνική αυτή, δεν γίνεται μεταφορά προστιθέμενου μετάλλου ενώ υπάρχει βολταϊκό τόξο μεταξύ του ηλεκτροδίου και των προς συγκόλληση μεταλλών. Μεταφορά γίνεται μόνο κατά τη διάρκεια επαφής του ηλεκτροδίου με το τηγμένο μέταλλο, κάτι που συμβαίνει 20 με 200 φορές το δευτερόλεπτο (βλ. σχ. 2.18)



Σχήμα 2.18. Παλμογραφήματα και σκαιοτήματα της τεχνικής μεταφοράς με βύθιση. [2.1]

### 2.4.3. Αέρια προστασίας

Για συγκόλληση των ακόλουθων μετάλλων και των κραμάτων τους χρησιμοποιούνται τα αέρια προστασίας που αναφέρονται:

#### (1) Αλουμίνιο

- α. Αργό για μικρά πάχη (μέχρι 25 mm)
- β. Μίγμα 75% He+25% Ar για πάχη από 25 μέχρι 76 mm.
- γ. 90% He+10% Ar για πολύ μεγάλα πάχη.

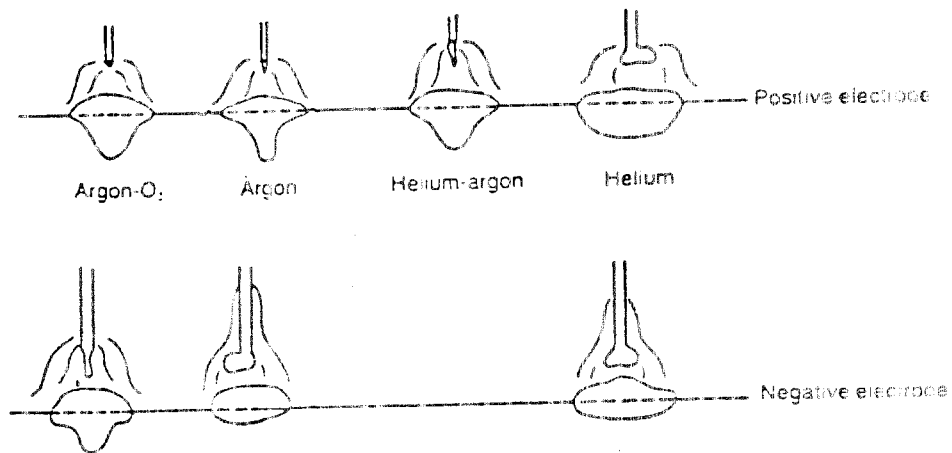
#### (2) Θαλακός χάλυβας

- α. Μίγμα Ar+5% O<sub>2</sub>
- β. Για μεταφορά με βύθιση Ar+25% CO<sub>2</sub> για πάχη μικρότερα από 3,2 mm, Ar+50% CO<sub>2</sub> για μεγαλύτερα πάχη, ή σκέτο CO<sub>2</sub> για μεγαλύτερη διεύρυνση.

#### (3) Ανοξειδωτος χάλυβας

- α. Μίγμα Αργού με 1-2% O<sub>2</sub>
- β. Για μεταφορά με βύθιση μίγμα 90% He+7.5% Ar+2.5% CO<sub>2</sub>.

Στο σχ. 2.19 παρουσιάζεται σκαρισηματικά η επίδραση του αερίου προστασίας στην όψη και τη διείδουση της συγκόλλησης.



Σχήμα 2.19

#### 2.4.4. Τύποι ηλεκτροδίων

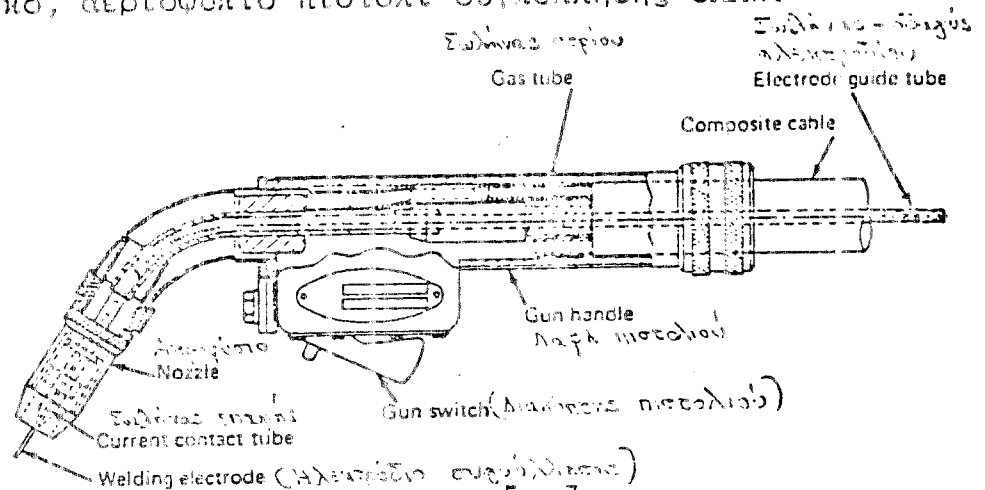
Τα συμπαγή ηλεκτρόδια για συγκόλληση GMAW με προστασία αδρανούς αερίου έχουν συνήθως την ίδια σύνθεση με το προς συγκόλληση βασικό μέταλλο. Όταν, όμως, το χρησιμοποιούμενο αέριο είναι ενεργό (π.χ. μίγμα με  $O_2$  ή  $CO_2$ ), τότε είναι απαραίτητη η προσθήκη αποξειδωτικών, κυρίως Si και Mn, στο κράμα του ηλεκτροδίου.

Οι πιο συνηθισμένες χρησιμοποιούμενες διαμέτροι ηλεκτροδίων κυμαίνονται μεταξύ 1,02 και 1,59 mm (0,045 με 1/16 in), αλλά υπάρχουν και ηλεκτρόδια μικρότερων (μέχρι 0,5 mm) και μεγαλύτερων (μέχρι 3,18 mm) διαμέτρων.

#### 2.4.5. Πιστόλια συγκόλλησης

Υπάρχουν πιστόλια για χειροκίνητη και ημιαυτόματη συγκόλληση GMAW. Επειδή το ηλεκτρόδιο προωθείται συνεχώς κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης, το πιστόλι πρέπει απαραίτητα να διαθέτει μια ολισθαίνουσα ηλεκτρική επαφή (σωλήνα επαφής) για τη διοχέτευση του ρεύματος. Πρέπει επίσης να διαθέτει ακροσώατο για την παροχή του αερίου προστασίας. Η απαιτούμενη ψύξη του πιστολιού γίνεται ή με το αέριο προστασίας ή με κλειστό κύκ-

κλάσμα νερού ή και με τα δυο. Στο σχ. 2.20 φαίνεται σε τομή ένα τυπικό, αεριοψυκτο πιστόλι συγκόλλησης GMAW.



Σχήμα 2.20 [2.1]

#### 2.4.6. Χαρακτηριστική μηχανής συγκόλλησης

Η GMAW είναι μέθοδος συγκόλλησης με πολύ ψηλή πυκνότητα έντασης ρεύματος ( $i=50 \times 10^3 = 300 \times 10^3 \text{ A/in}^2$ ). Για το λόγο αυτό απαιτεί μηχανή συγκόλλησης σταθερής ή ελαφρά ανερχόμενης τάσης (constant voltage or rising).

Ας σημειωθεί ότι κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης με GMAW, το συνεχές ηλεκτρόδιο τροφοδοτείται με σταθερή ταχύτητα.

Μια νεότερη εξέλιξη στον τομέα των μηχανών συγκόλλησης GMAW είναι οι μηχανές παλλόμενου συνεχούς ρεύματος (pulsed d.c. power supply). Οι μηχανές αυτές παρέχουν δυο επίπεδα έντασης ρεύματος: ένα σταθερό ρεύμα χαμηλής έντασης, που δεν είναι σε θέση να προκαλέσει μεταφορά του τηκόμενου υλικού σε σταγονίδια, και ένα ρεύμα υψηλότερης έντασης, υπό μορφή παλμών, που υπερτίθεται στο πρώτο (συχρότητας συνήθως 50 Hz). Η μέγιστη τιμή του συνολικού ρεύματος είναι υψηλότερη της τιμής μετάβασης (transition current), οπότε η μεταφορά γίνεται με ψεκασμό. Το σημαντικό πλεονέκτημα των μηχανών αυτών είναι ότι η επιθυμητή μεταφορά με ψεκασμό γίνεται με αποδοτικότερη χρήση ηλεκτρικής ενέργειας.



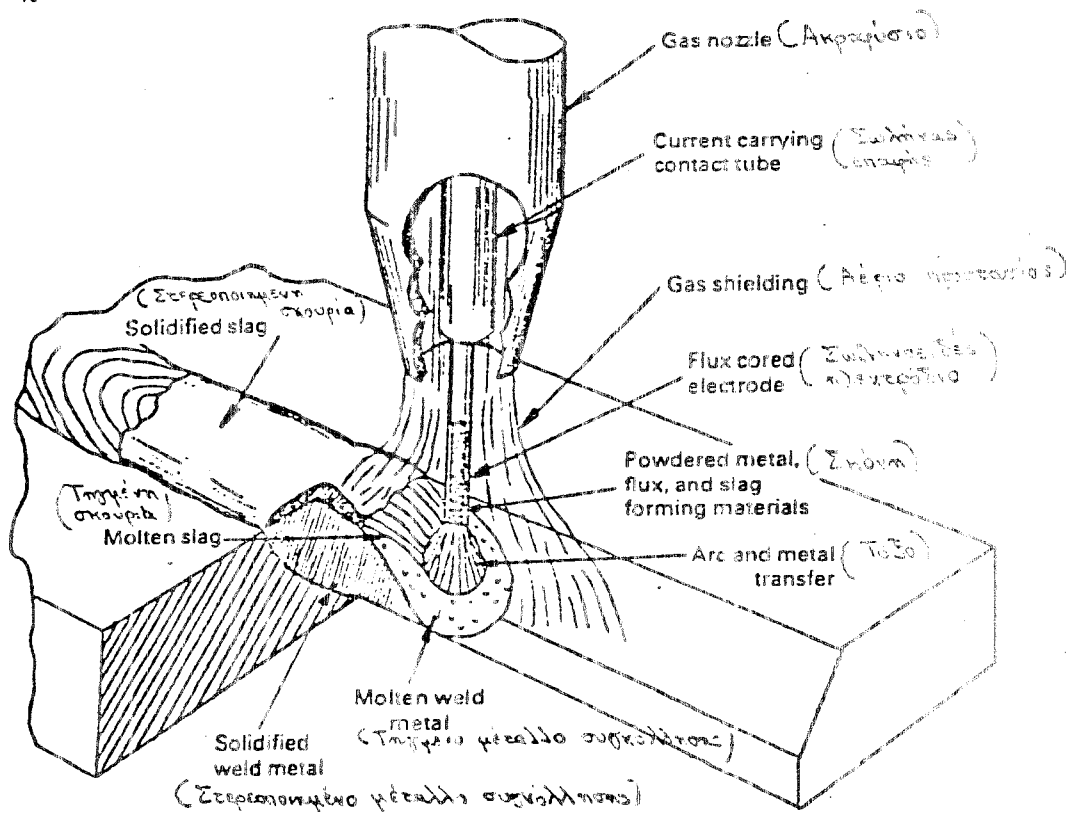
Περαιτέρω ανάπτυξη της ιδέας αυτής έγινε τελευταία στο σύστημα συγκολλήσεων της Αγγλίας με την εισαγωγή των μηχανών συγκόλλησης "synergic pulsed MIG".

#### 2.4.7. Παραλλαγές της μεθόδου GMAW

Δύο είναι οι σημαντικότερες παραλλαγές της μεθόδου GMAW:

(Α) Χρήση σωληνοειδών ηλεκτροδίων.

Η μέθοδος αυτή είναι γνωστή σαν FCAW (Flux Cored Arc Welding - Συγκόλληση Τόξου με χρήση σωληνοειδών ηλεκτροδίων). Το βασικό χαρακτηριστικό της είναι ότι τα ηλεκτρόδια είναι μεταλλικά αλλά σωληνοειδή που στο εσωτερικό τους (πυρήνα) περιέχουν προστατευτική σκόνη, παρόμοια με εκείνη των επενδεδυμένων ηλεκτροδίων. Η συγκόλληση γίνεται με ή χωρίς αέριο προστασίας. Στην τελευταία περίπτωση το αέριο είναι συνήθως CO<sub>2</sub> (βλ. σχ. 2.21).

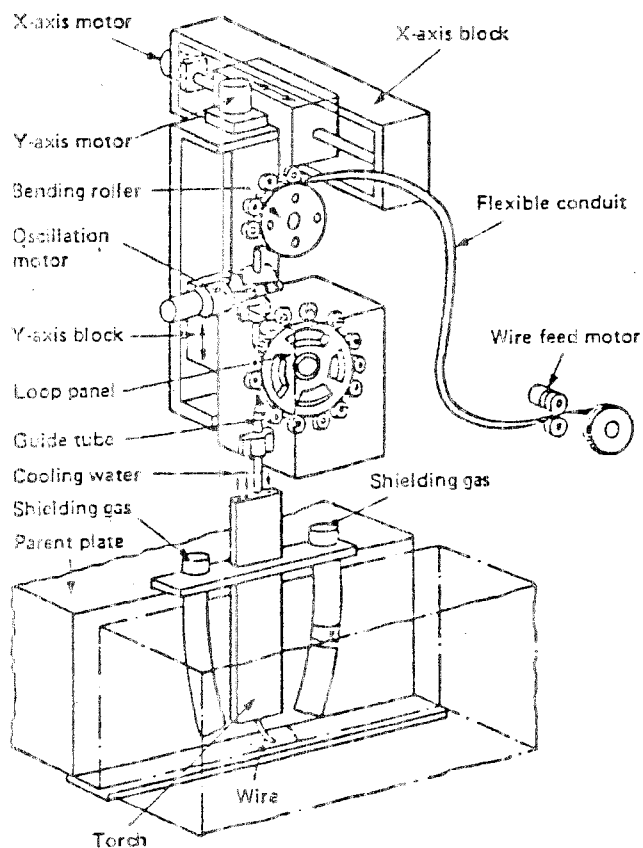


Σχήμα 2.21 [2.1]

Σε σχέση με την κλασσική GMAW, η μέθοδος αυτή παρέχει μεγαλύτερη ταχύτητα συγκόλλησης, μεγαλύτερη διεύθυνση και τη δυνατότητα συγκόλλησης σκουριασμένων υλικών ή κραμάτων με προστασία CO<sub>2</sub>. Παρουσιάζει, όμως, μεγαλύτερη κατανάλωση αερίου, χαμηλότερη απόδοση, και το πρόβλημα της αφαίρεσης της σκουριάς.

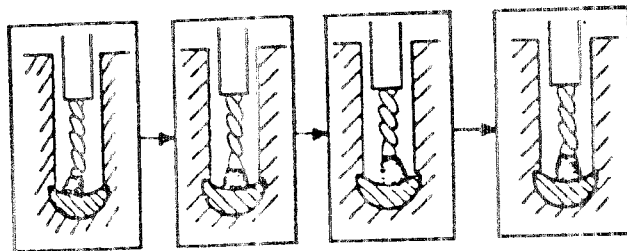
### (β) Συγκόλληση Στενού Διακένου (Narrow Gap Welding)

Σε την παραλλαγή αυτή της GMAW είναι δυνατή η συγκόλληση πολύ παχέων ελασμάτων (μέχρι και 400 mm) φερρομαγνητικών υλικών με ανοικτή συμβολή ή τύπου V πολύ μικρής γωνίας. Τα ελάσματα τοποθετούνται έτσι ώστε το διάκενο στη ρίζα τους να είναι 6 με 10 mm μόνο, ανεξάρτητα του πάχους τους.



Σχήμα 2.22. Σύστημα συγκόλλησης στενού διακένου με μηχανική κάμψη ηλεκτροδίου. [2.7]

Η μέθοδος χρησιμοποιείται ευρύτατα στην Ιαπωνία, όπου έχουν ανεπτυχθεί τουλάχιστον 8 διαφορετικά συστήματα. Κοινό χαρακτηριστικό αυτών είναι ότι το τόξο πάλλεται και κλίνεται



Σχήμα 2.23. Περιστροφική κίνηση τόξου με τη μέθοδο TWIST ARC. [2.7]

προς την κατεύθυνση των τοιχωμάτων των ελασμάτων για την επίτευξη καλύτερης τήξης. Τα σχήματα 2.22 και 2.23 παρουσιάζουν δυο από τα εν χρήσει συστήματα.

Κυριότερα πλεονεκτήματα της μεθόδου είναι η οικονομικότητα, η δημιουργία χαμηλότερων παραμενουσών τάσεων και η βελτιωμένη δυσθραυστότητα της συγκόλλησης. Σημαντικό μειονέκτημα η πιθανότητα δημιουργίας δύσκολων να επιδιορθωθούν σφαλμάτων.

## 2.5. Συγκόλληση Βυθισμένου Τόξου (Submerged Arc Welding, SAW)

### 2.5.1. Γενικά

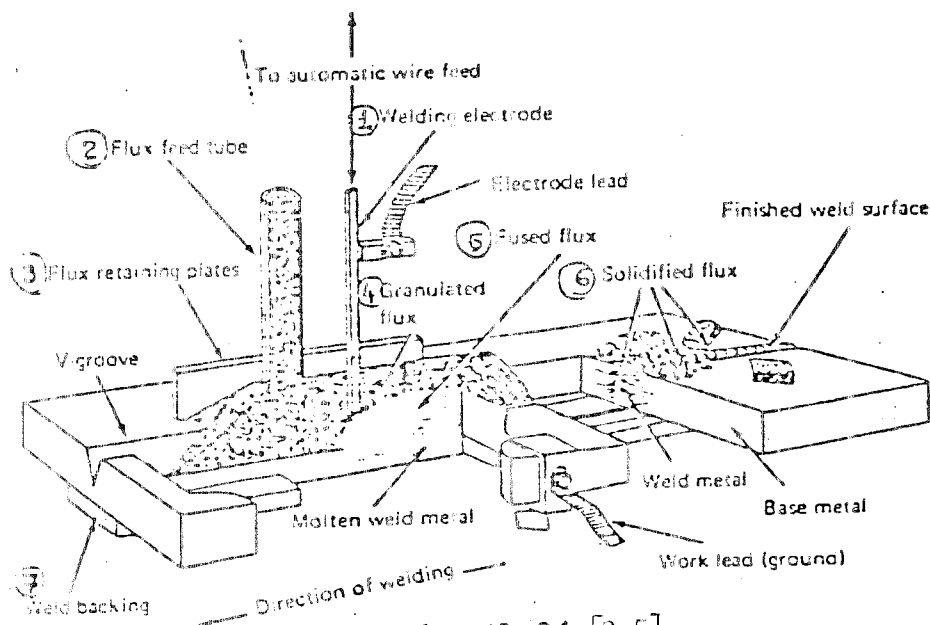
Είναι η μέθοδος συγκόλλησης που προκαλεί σύντηξη των μετάλλων θερμαίνοντάς τα με τη βοήθεια ενός ή περισσότερων ηλεκτρικών τόξων που δημιουργούνται μεταξύ ενός ή περισσότερων μεταλλικών ηλεκτροδίων και του προς συγκόλληση αντικειμένου. Το τόξο προστατεύεται από στρώμα κοκκώδους, εύτηκτου υλικού που τοποθετείται πάνω στην προς συγκόλληση περιοχή. Το προστιθέμενο μέταλλο παρέχεται από το ηλεκτρόδιο.

Η γενική διάταξη της συγκόλλησης βυθισμένου τόξου φαίνεται στο σχήμα 2.24.

Η σκόνη (flux) στη στερεή κατάσταση είναι κακός αγωγός ηλεκτρισμού και θερμότητας, ενώ στην υγρή κατάσταση ιονίζεται

κολό εύκολα και επιτρέπει το πέρασμα μεγάλης έντασης ρεύματος. Μετά τη στερεοποίησή της, η σιόνη αφαιρείται.

Η αγωγή του τόξου γίνεται με αυτόματη στιγμιαία επαφή του ηλεκτροδίου με το έλασμα ή με σπύδα πιλότο υψηλής συχνότητας.



Σχήμα 2.24 [2.5]

1. Ηλεκτρόδιο. 2. Σπύδας τροφοδοσίας σκόνης. 3. Ελάσματα συγκράτησης σκόνης. 4. Κοκκώδης σκόνη. 5. Τηγμένη σκόνη. 6. Στερεοποιημένη σκόνη. 7. Επικάλυπτρα.

### 2.5.2. χαρακτηριστικά συγκόλλησης και εφαρμογές

Το κυριότερο χαρακτηριστικό είναι η μεγάλη πυκνότητα έντασης ρεύματος (μέχρι 200 Α/φ mm), με αποτέλεσμα να επιτυγχάνεται μεγάλη διεύθυνση. Άρα είναι δυνατή η συγκόλληση ελασμάτων μεγάλου πάχους, αλλά χρειάζεται συχνά η εφαρμογή επικαλύπτρων (backing strips).

Έχει ευρύτατο πεδίο εφαρμογής, αλλά μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για επίπεδες συγκολλήσεις.

Συγκολλούνται χάλυβες των ακόλουθων κατηγοριών: μαλακοί (mild), μέσης περιεκτικότητας σε άνθρακα (medium-carbon) και χαμηλής

περιεκτικότητας στοιχείων κράματος (low-alloy). Δεν συνιστάται για συγκόλληση άλλων κραμάτων.

### 2.5.3. Σκόνη (flux)

Η ύπαρξη της σκόνης έχει τους παρακάτω σκοπούς:

- (α) Ηλεκτρικό, όπως αναφέρθηκε στη 2.5.1.
- (β) Προστατευτικό, όπως και στην περίπτωση των επενδεδυμένων ηλεκτροδίων.
- (γ) Λειτουργικό, και
- (δ) Μεταλλουργικό.

Το Διεθνές Ινστιτούτο Συγκολλήσεων ταξινομεί τις σκόνες ανάλογα με τη μεταλλουργική τους ενέργεια. Η ταξινόμηση προβλέπει:

- ένα γράμμα που δίνει τη μέθοδο παραγωγής
  - F: σκόνη παρασκευασμένη σε  $T=1.500\pm 1.700^{\circ}\text{C}$
  - B: σκόνη παρασκευασμένη σε  $T < 1.400^{\circ}\text{C}$
  - M: μηχανική ανάμειξη των F και B
- δύο γράμματα που δηλώνουν τη χημική σύσταση
  - CS (calcium silicate):  $\text{CaO}+\text{MgO}+\text{SiO}_2 > 50\%$
  - MS (manganese silicate):  $\text{MnO}+\text{SiO}_2 > 50\%$
  - AR (aluminate rutile):  $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{TiO}_2 > 45\%$
  - AB (aluminate basic) :  $\text{Al}_2\text{O}_3+\text{CaO}+\text{MgO} > 45\%$  ( $\text{Al}_2\text{O}_3 \geq 20\%$ )
  - BF (basic fluoride) :  $\text{Ca}+\text{MgO}+\text{MnO}+\text{CaF}_2 > 50\%$  ( $\text{SiO}_2 \leq 20\%$ )

### 2.5.4. Ηλεκτρόδια

Τα ηλεκτρόδια που χρησιμοποιούνται στη συγκόλληση βυθισμένου τόξου διατίθενται υπό μορφή ρολλών μεταλλικού σώματος, με σύνθεση ανάλογη με το υλικό που θα συγκολληθεί. Η διάμετρος τους κυμαίνεται από 1.6 μέχρι 6.4 mm.

Τα χαλύβδινα ηλεκτρόδια είναι συνήθως επιχαλκωμένα για καλύτερη ηλεκτρική επαφή με τους κυλίνδρους τροφοδότησης ρεύματος και προφύλαξη από την οξείδωση της ατμόσφαιρας.

### 2.5.5. Χαρακτηριστική μηχανής συγκόλλησης

Οι μηχανές συγκόλλησης βυθισμένου τόξου μπορεί να είναι συνεχούς ρεύματος ( $I < 700 \text{ A}$ ) ή εναλλασσόμενου ρεύματος ( $I > 900 \text{ A}$ ).

Στις μηχανές συνεχούς ρεύματος η χαρακτηριστική σταθερού ρεύματος είναι η πιο συνηθισμένη. Για να επιτευχθεί, όμως, ομαλή λειτουργία με αυτόματους τροφοδότες ηλεκτροδίων, απαιτείται η διατήρηση σχετικά σταθερής τάσης, κάτι που επιτυγχάνεται με σύστημα ελέγχου που αυξάνει ή ελαττώνει την ταχύτητα τροφοδοσίας του ηλεκτροδίου, αν η τάση αυξηθεί ή ελαττωθεί αντίστοιχα σε σχέση με προκαθορισμένες τιμές της.

Εάν η τροφοδοσία του ηλεκτροδίου, όμως, γίνεται με σύστημα σταθερής ταχύτητας, τότε ενδείκνυται η χρήση μηχανής με χαρακτηριστική σταθερής τάσης γιατί έτσι προσφέρεται ταχύτερη απόκριση.

### 2.5.6. Συγκόλληση βυθισμένου τόξου με πολλαπλά ηλεκτρόδια

Με τη συγκόλληση με πολλαπλά ηλεκτρόδια αυξάνεται ο ρυθμός απόθεσης του μετάλλου συγκόλλησης, ενώ συγχρόνως λαμβάνεται καλύτερη ποιότητα ραφής (ελάττωση των ελαττωμάτων μορφής και εγκλεισμάτων) λόγω της μικρότερης ταχύτητας στερεοποίησης του τηγμένου μετάλλου.

Υπάρχουν τρεις τρόποι εφαρμογής της συγκόλλησης με πολλαπλά ηλεκτρόδια:

- (1) Πολλαπλά ηλεκτρόδια "εν παραλλήλω" (Multiple Electrode, Parallel Power).
- (2) Δύο ηλεκτρόδια "εν σειρά" (Two Electrode, Series Power).
- (3) Πολλαπλά ηλεκτρόδια με πολλαπλές γεννήτριες (Multiple Electrode, Multiple Power).

Στις δύο πρώτες περιπτώσεις χρησιμοποιείται η ίδια γεννήτρια (μηχανή παροχής ηλεκτρικής ισχύος), ενώ στην τρίτη κάθε ηλεκτρόδιο τροφοδοτείται από διαφορετική γεννήτρια.

### 2.5.7. Μονόπλευρη συγκόλληση (One-Side Welding)

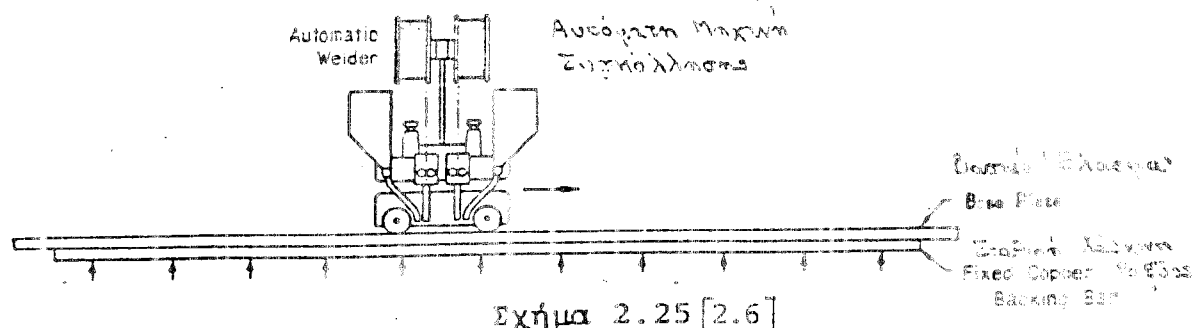
Η μονόπλευρη συγκόλληση βυθισμένου τόξου αποτελεί μια από τις σημαντικότερες μεθόδους συγκόλλησης στη Ναυπηγική. Με αυτή επιτρέπεται η συγκόλληση παχέων ελασμάτων μεγάλων διαστάσεων, χωρίς να απαιτείται το αναποδογύρισμά τους, κάτι που είναι χρονοβόρο (άρα αντιοικονομικό) και επικίνδυνο.

Όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, για την επιτυχία της συγκόλλησης με τη μέθοδο βυθισμένου τόξου είναι συνήθως επιθυμητή η εφαρμογή επικαλύπτρων. Και αυτό γιατί η μέθοδος δημιουργεί σχετικά μεγάλο όγκο τηγμένου μετάλλου συγκόλλησης, το οποίο παραμένει τηγμένο για σημαντικό χρονικό διάστημα, κάτι που απαιτεί κάποιο τρόπο υποστήριξής του μέχρι τη στερεοποίησή του στη ρίζα της συγκόλλησης. Το φαινόμενο αυτό είναι πολύ πιο έντονο στην περίπτωση της μονόπλευρης συγκόλλησης, όπου η ανάγκη συγκόλλησης παχύτερων ελασμάτων οδηγεί στην εφαρμογή ισχυρότερων εντάσεων ρεύματος συγκόλλησης. Έτσι, βρίσκονται σε χρήση σήμερα δύο βασικά συστήματα επικάλυψης, που περιγράφονται παρακάτω:

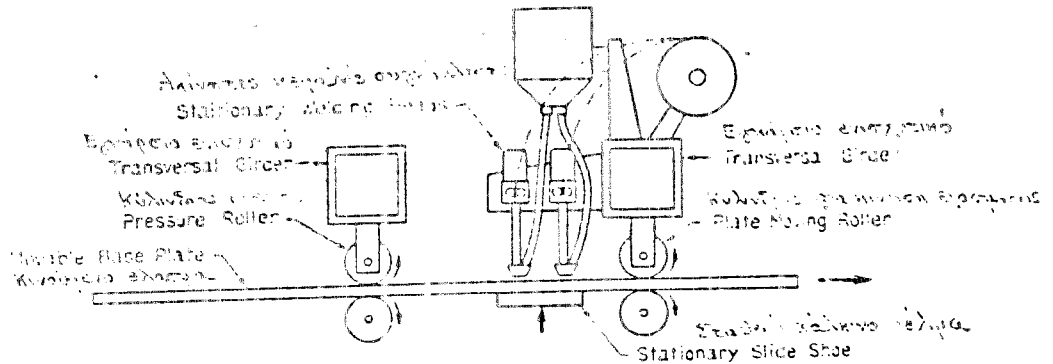
#### A. Συστήματα με χάλκινη επικάλυψη (Copper Backing Systems)

Αυτά είναι δύο τύπων:

(1) Σταθερές μακριές ράβδοι ή φύλλα χαλκού που τοποθετούνται κατά μήκος της κάτω πλευράς της ραφής συγκόλλησης. Το προς συγκόλληση ελάσμα είναι ακίνητο, ενώ στην πάνω πλευρά τους κινείται η μηχανή συγκόλλησης για την εκτέλεση της ραφής, όπως δείχνει το σχ. 2.25.



(2) Ένα σταθερό χάλκινο πέλμα εφαρμόζεται κάτω από το μέταλλο συγκόλλησης. Η μηχανή συγκόλλησης είναι ακίνητη, ενώ τα προς συγκόλληση ελάσματα κινούνται, όπως δείχνει το σχ.2.26.

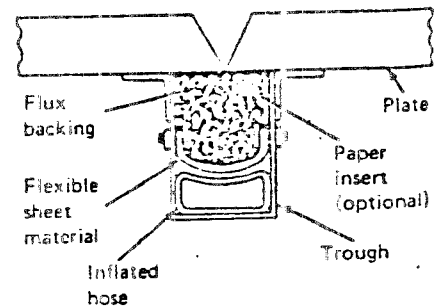


Σχήμα 2.26 [2.6]

Οι χάλκινες επικαλύπτρες δημιουργούν καλή όψη της κάτω πλευράς της ραφής. Βασικό τους μειονέκτημα είναι η επίτευξη καλής συναρμογής μεταξύ αυτών και των προς συγκόλληση ελασμάτων. Για το λόγο αυτό απαιτείται μεγάλη ακρίβεια στην προετοιμασία των ακμών των προς συγκόλληση ελασμάτων, τα οποία συγχρόνως πρέπει να έχουν τη μέγιστη δυνατή συνεπιπεδότητα.

### β. Συστήματα επικάλυψης με σκόνη (Flux Backing Systems)

Στα κλασσικά συστήματα επικάλυψης με σκόνη, μια μεταλλική σκάφη, σχήματος αυλακίου, και γεμισμένη με σκόνη (flux), τοποθετείται στην κάτω πλευρά της γραμμής συγκόλλησης. Η σκόνη πιέζεται επάνω στα προς συγκόλληση ελάσματα φουσκώνοντας ένα πλαστικό ασιό (βλ. σχ. 2.27). Η χρήση της μεθόδου αυτής, όμως, μπορεί να γίνει με επιτυχία μόνο στην περίπτωση σχετικά λεπτών ελασμάτων. Σε συγκολλήσεις παχέων ελασμάτων, όπου η ένταση του ρεύματος ξεπερνάει τα 1000 Α, είναι πολύ δύσκολο να πετύχουμε καλή όψη της κάτω πλευράς της ραφής.



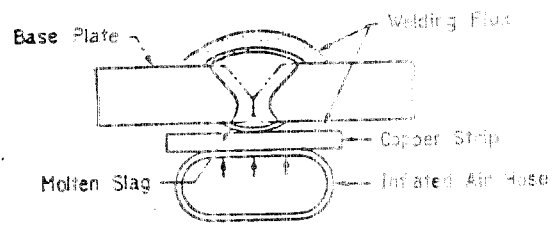
Σχήμα 2.27 [2.1]



Για την επίτευξη του παραπάνω προβλήματος αναπτύχθηκαν οι ακόλουθοι τρεις νέοι τύποι επικάλυψης με σκόνη:

(1) Σύστημα χάλκινης επικάλυψης με σκόνη (Flux-copper backing, FCB, system).

Σε αυτό, μια μακρά χάλκινη επικάλυπτρα σχήματος ράβδου ή σφύλλου, που φέρει ένα λεπτό στρώμα σκόνης στην επιφάνειά του, πιέζεται πάνω στην κάτω πλευρά της συγκόλλησης, όπως δείχνει το σχ. 2.28. Με τον τρόπο αυτό επιτυγχάνεται ομαλή και ομοιόμορφη όψη της κάτω πλευράς της ραφής συγκόλλησης.

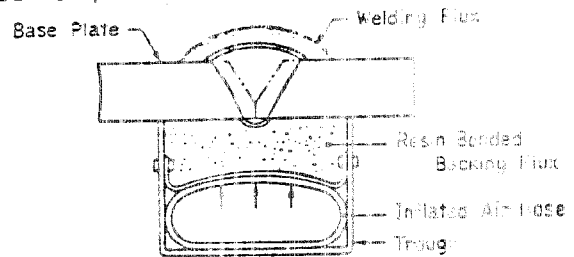


Σχήμα 2.28

Σύστημα χάλκινης επικάλυψης με σκόνη [2.6]

(2) Σύστημα επικάλυψης με σκόνη αναμεμιγμένης με ρητίνη (Resin bonded backing flux process).

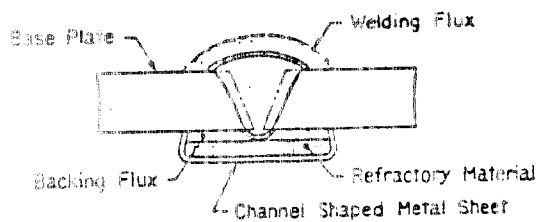
Στο σύστημα αυτό, ειδικό υλικό επικάλυψης, που αποτελείται από σκόνη και ρητίνη, εφαρμόζεται στην κάτω πλευρά των προς συγκόλληση ελασμάτων με τρόπο όμοιο με εκείνο της κλασσικής μεθόδου επικάλυψης με σκόνη. Η αναπτυσσόμενη θερμότητα συγκόλλησης, που μεταδίδεται κατά τη γρηγορότερα από την ταχύτητα προχώρησης της μηχανής συγκόλλησης, προκαλεί στερεοποίηση της ρητίνης, η οποία έτσι υποστηρίζει το τηγμένο μέταλλο συγκόλλησης που βρίσκεται από πάνω της. Λόγω της υψηλής θερμοκρασίας του τηγμένου χάλυβα, κάποια ποσότητα του μίγματος επικάλυψης καίγεται, δημιουργώντας έτσι μια ρηχή κοιλότητα κάτω από τη γραμμή συγκόλλησης. Μέσα στην κοιλότητα αυτή βρέει το τηγμένο μέταλλο, με αποτέλεσμα τη δημιουργία ομοιόμορφης όψης της κάτω πλευράς της συγκόλλησης.



Σχήμα 2.29 [2.6]

(3) Σύστημα επικάλυψης με ράβδο στερεοποιημένης σκόνης (Cemented flux bar process).

Η σκόνη αναμιγνύεται με ειδικό κολλητικό υλικό και αποχύεται πάνω σε μεταλλικό φύλλο σχήματος αυλακιού. Κατόπιν το μίγμα



Σχήμα 2.30. Σύστημα επικάλυψης με ράβδο στερεοποιημένης σκόνης. [2.6]

ψήνεται και στερεοποιείται σε φούρνο. Η ράβδος στερεοποιημένης σκόνης που λαμβάνεται από την προεργασία αυτή εφαρμόζεται με πίεση στην κάτω πλευρά της γραμμής συγκόλλησης, ενώ η συγκόλληση γίνεται από την άλλη πλευρά (βλ. σχ. 2.30).

Από τα παραπάνω τρία συστήματα επικάλυψης με σκόνη, τα δύο πρώτα χρησιμοποιούνται για ευθύγραμμες συγκολλήσεις επίπεδων ελασμάτων, ενώ το τρίτο για συγκολλήσεις καμπύλων ελασμάτων.

Ε πρόσφατη μελέτη των ναυπηγείων της Ιαπωνίας έδειξε ότι από όλα τα αναφερθέντα συστήματα επικάλυψης, εκείνο της χάλκινης επικάλυψης με σκόνη είναι το ευρύτερα χρησιμοποιούμενο (σε 18 από τα 27 ναυπηγεία που μελετήθηκαν).

## 2.6. Αυτόματες Μέθοδοι Κατακόρυφης Συγκόλλησης (Vertical Automatic Welding Processes)

### 2.6.1. Γενικά

Δύο αυτόματες μέθοδοι κατακόρυφης συγκόλλησης χρησιμοποιούνται σήμερα ευρύτατα στη ναυπηγική:

- (α) η μέθοδος electroslag, και
- (β) η μέθοδος electrogas.

Το βασικό πλεονέκτημα των μεθόδων αυτών είναι η δυνατότητα συγκόλλησης σχετικά παχέων ελασμάτων με μια ότρωση, κάτι που έχει ευεργετικά αποτελέσματα τόσο από άποψη κόστους όσο και από άποψη παραμενοουσών τάσεων και παραμορφώσεων.

Οι δύο μέθοδοι έχουν πολλές ομοιότητες μεταξύ τους, όπως το γεγονός ότι και στις δυο η συγκόλληση γίνεται στην κατακόρυφη θέση μεταξύ χάλκινων πελμάτων, ότι λαμβάνονται συγκολλήσεις υψηλής ποιότητας με μεγάλη ταχύτητα εναπόθεσης μετάλλου κλπ. Η βασική τους διαφορά έγκειται στον τρόπο πρόσδοσης της ενέργειας συγκόλλησης, όπως θα δούμε παρακάτω.

#### 2.6.2. Κύρια χαρακτηριστικά της μεθόδου Electroslag (ESW)

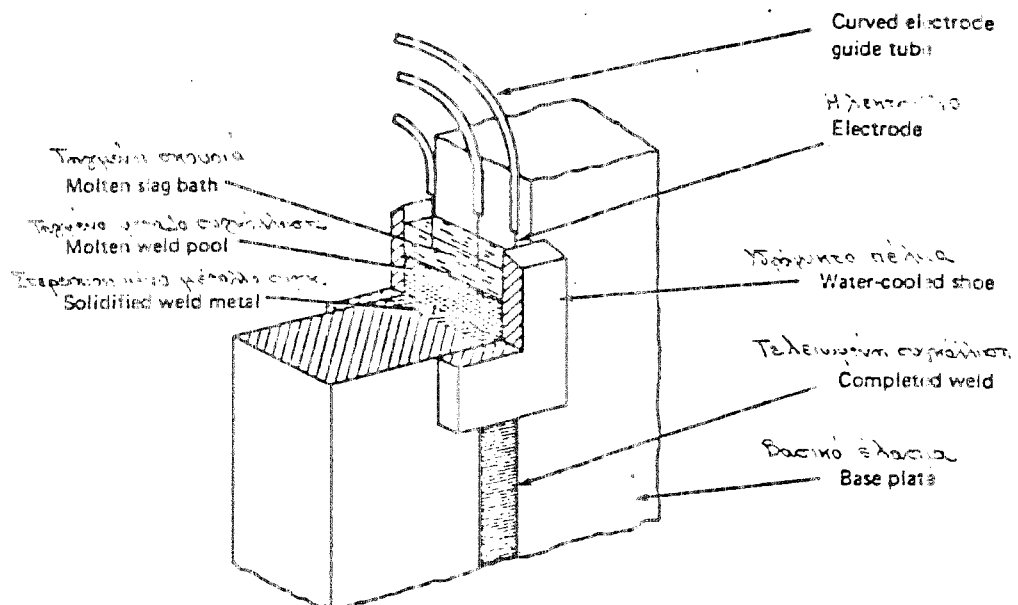
Είναι η μέθοδος συγκόλλησης που προκαλεί σύντηξη των μετάλλων με τη βοήθεια τηγμένης σκουριάς (slag), που τήκει το προστιθέμενο μέταλλο και τις επιφάνειες των προς συγκόλληση ελασμάτων. Η τηγμένη σκουριά, που κινείται κατά μήκος της ένωσης των δυο προς συγκόλληση ελασμάτων καθώς προχωράει η συγκόλληση, προστατεύει το τηγμένο μέταλλο συγκόλλησης από ακαθαρσίες. Η διαδικασία ξεκινάει με τη δημιουργία ηλεκτρικού τόξου που θερμαίνει τη σκόνη (flux) και την τήκει για να τη μετατρέψει σε σκουριά. Κατόπιν το τόξο σβήνει και η αγώγιμη σκουριά παραμένει τηγμένη με τη βοήθεια της ηλεκτρικής της αντίστασης στο ρεύμα που διχετεύεται μεταξύ του ηλεκτροδίου και των ελασμάτων (φαινόμενο Joule).

Η θερμότητα που δημιουργείται από το φαινόμενο Joule πρέπει να είναι αρκετή ώστε να αναπτύσσονται θερμοκρασίες υψηλότερες από το σημείο τήξης του βασικού και του προστιθέμενου μετάλλου. Συνήθεις τιμές των θερμοκρασιών αυτών είναι 1925°C στο εσωτερικό της σκουριάς και 1650°C στο εξωτερικό της.

Το τηγμένο ηλεκτρόδιο και βασικό μέταλλο μαζεύονται κάτω από την τηγμένη σκουριά και σιγά-σιγά στερεοποιούνται για να σχηματίσουν τη συγκόλληση. Η σταδιακή αυτή στερεοποίηση γίνεται από κάτω προς τα επάνω, έτσι ώστε διαρκώς να υπάρχει τηγμένο μέταλλο πάνω από το στερεοποιημένο μέταλλο συγκόλλησης.

Στο σχήμα 2.31 φαίνεται σχηματική παράσταση της κλασσικής μεθόδου συγκόλλησης electroslag (conventional method). Ανάλογα

με το πάχος των προς συγκόλληση ελασμάτων, γίνεται χρήση ενός ή περισσότερων ηλεκτροδίων. Για συγκόλληση πολύ παχέων ελασμάτων είναι δυνατή η οριζόντια ταλάντωση των ηλεκτροδίων.



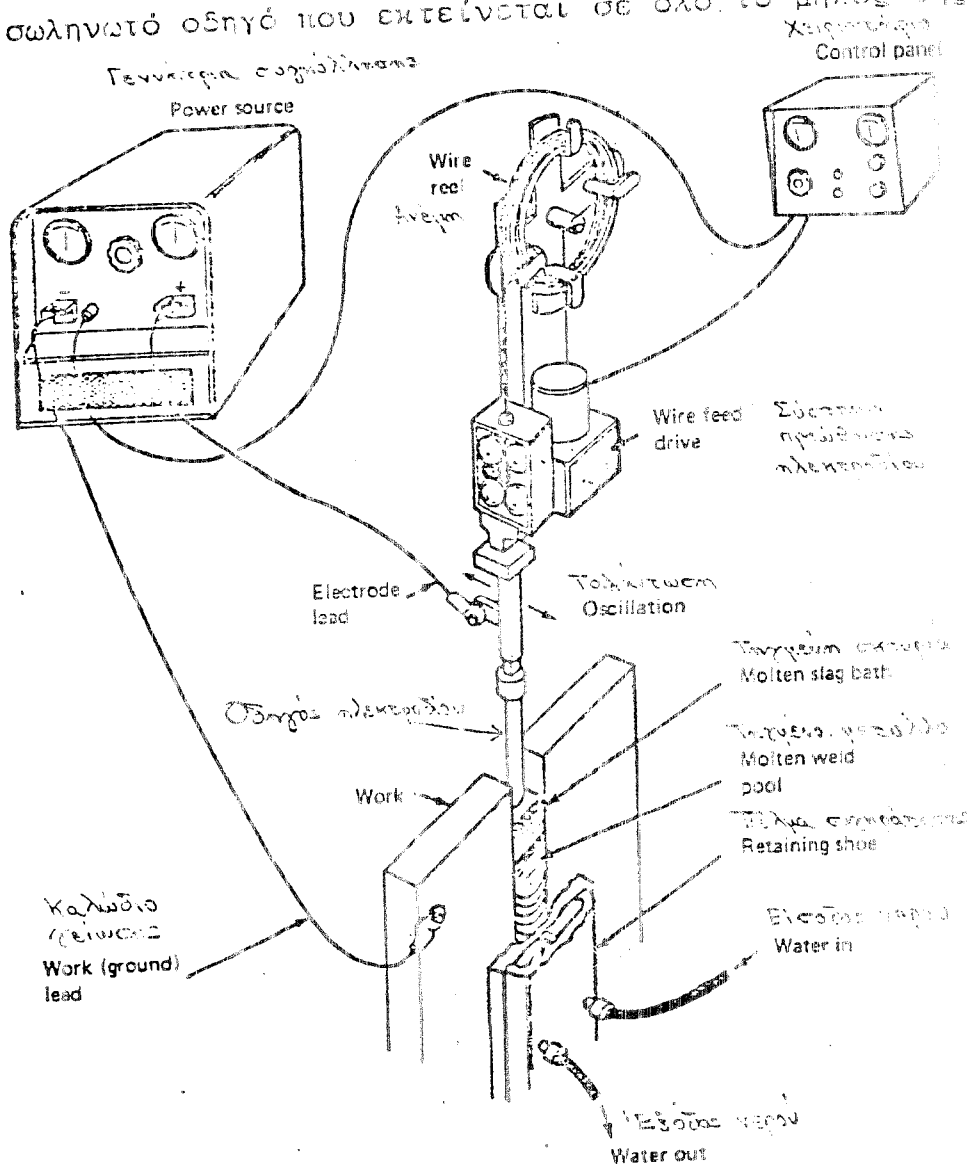
Σχήμα 2.31. Κλασσική διάταξη συγκόλλησης electroslag (χρήση πριόν ηλεκτροδίων). [2.2]

Υδροψυκτα πέλαμα τοποθετούνται συνήθως και στις δυο πλευρές της ένωσης για τη συγκράτηση του τηγμένου μετάλλου και της τηγμένης σκουριάς. Τα πέλαμα αυτά κινούνται κατακόρυφα μαζί με τη μηχανή συγκόλλησης. Η κίνηση αυτή, που εξαρτάται από το ρυθμό τήξης των ηλεκτροδίων, μπορεί να γίνεται αυτόματα ή να ρυθμίζεται από το χειρίστη.

Οι δυο όψεις της τελειωμένης ραφής, που παρουσιάζουν ελαφρά ενόχληση, είναι καλυμμένες με λεπτό στρώμα σκουριάς. Η μικρή αυτή κατανάλωση σκουριάς αναπληρώνεται κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης είτε με προσθήκη σκόνης είτε με χρήση σωληνοειδών ηλεκτροδίων που περιέχουν σκόνη (flux-coated wires).

Μια παραλλαγή της κλασσικής μεθόδου είναι η μέθοδος αναλίσκου-μένου οδηγού ηλεκτροδίου (consumable guide method or consumable electroslag welding) που χρησιμοποιείται για κατακόρυφες

συγκολλήσεις μικρού σχετικά μήκους. Στο σχήμα 2.32 παρουσιάζεται σχηματική διάταξη της μεθόδου αυτής. Σε αυτήν το προ-στιθέμενο μέταλλο παρέχεται και από το ηλεκτρόδιο και από τον οδηγό του. Το ηλεκτρόδιο τοποθετείται στη βάση της ένωσης μέσα σε σωληνωτό οδηγό που εκτείνεται σε όλο το μήκος της ένωσης.



Σχήμα 2.32. Σχηματική διάταξη συγκόλλησης electroslag με ανα-λ. σκόμμενο οδηγό ηλεκτροδίου. [2.1]

στις. Το ρεύμα συγκόλλησης διοχετεύεται μέσω του οδηγού αυτού, ο οποίος τήκεται μέχρι ενός σημείου που βρίσκεται μόλις επά-

νω από την τηγμένη σκουριά. Αποτέλεσμα των παραπάνω είναι ό-  
τι η μηχανή συγκόλλησης δεν κινείται κατακόρυφα, και ότι χρη-  
σιμοποιούνται ακίνητα πέλματα συγκράτησης.

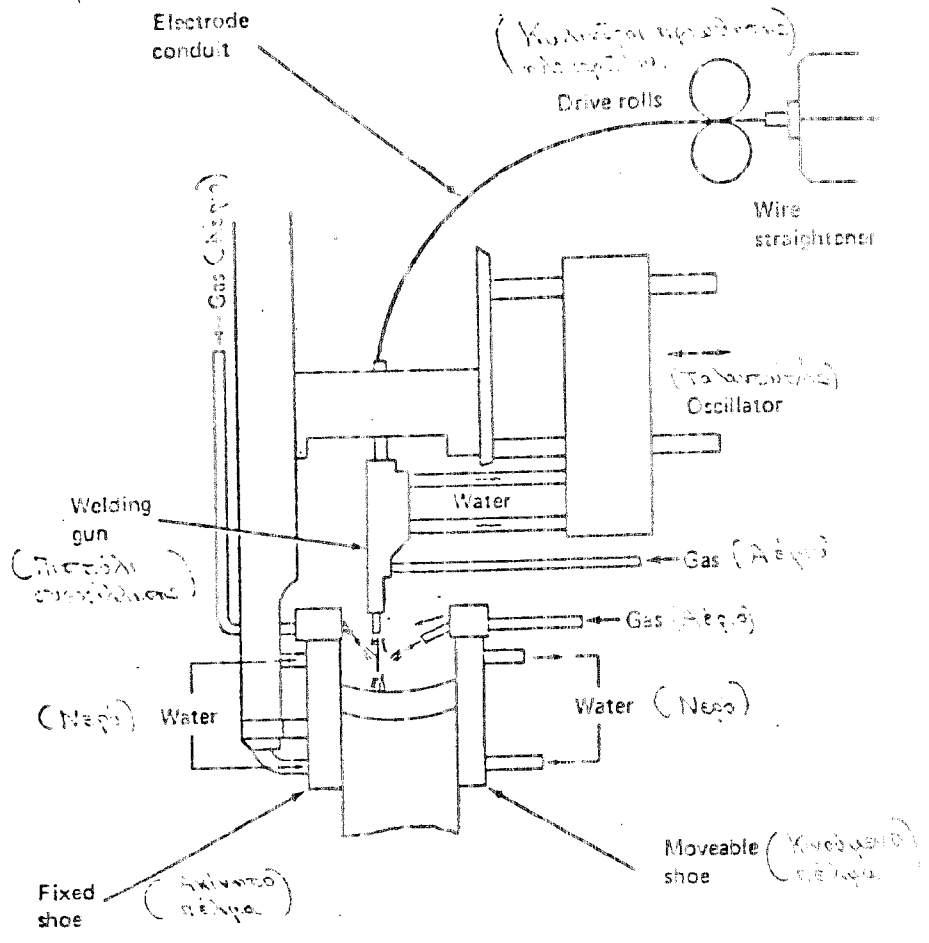
Όπως και στην κλασσική μέθοδο, μπορεί να γίνει χρήση περισ-  
σοτέρων του ενός ηλεκτροδίων, με δυνατότητα ταλάντωσής τους.

### 2.6.3. Κύρια χαρακτηριστικά της μεθόδου Electrogas (EGW)

Η μέθοδος electrogas αποτελεί παραλλαγή των μεθόδων GMAW και  
FCAW, όπου, όμως, χρησιμοποιούνται πέλματα συγκράτησης του  
τηγμένου μετάλλου συγκόλλησης για να καταστεί δυνατή η συ-  
γκόλληση σε κατακόρυφη θέση. Πρόσθετη προστασία μπορεί να δο-  
θεί με εξωτερική παροχή αερίου. Από μηχανική άποψη, η μέθοδος  
είναι παραπλήσια της electroslag, από την οποία και αναπτύ-  
χθηκε σαν παραλλαγή της.

Στη μέθοδο electrogas το ηλεκτρόδιο προωθείται στην κοιλότη-  
τα που σχηματίζεται μεταξύ των προς συγκόλληση ελασμάτων και  
των υδροφυκτικών πελμάτων συγκόλλησης. Η θερμότητα συγκόλλησης  
προσδίδεται από το ηλεκτρικό τόξο που δημιουργείται μεταξύ του  
άκρου του ηλεκτροδίου και του τηγμένου μετάλλου. Το τηγμένο  
ηλεκτρόδιο και βασικό μέταλλο συσσωρεύεται συνεχώς κάτω από  
το τόξο και ακολούθως στερεοποιείται για να σχηματίσει την  
ραφή συγκόλλησης. Υπάρχει η δυνατότητα ταλάντωσης του ηλε-  
κτροδίου για συγκόλληση παχέων ελασμάτων. Καθώς το διάκενο με-  
ταξύ των ελασμάτων γεμίζει, το ένα ή και τα δύο πέλματα υποστή-  
ριξης κινούνται προς τα επάνω μαζί με το πιστόλι συγκόλλησης.  
Σημειώνεται ότι, αν και ο άξονας συγκόλλησης είναι κατακόρυ-  
φος, η θέση συγκόλλησης είναι στην πραγματικότητα επίπεδη με  
κατακόρυφη κίνηση.

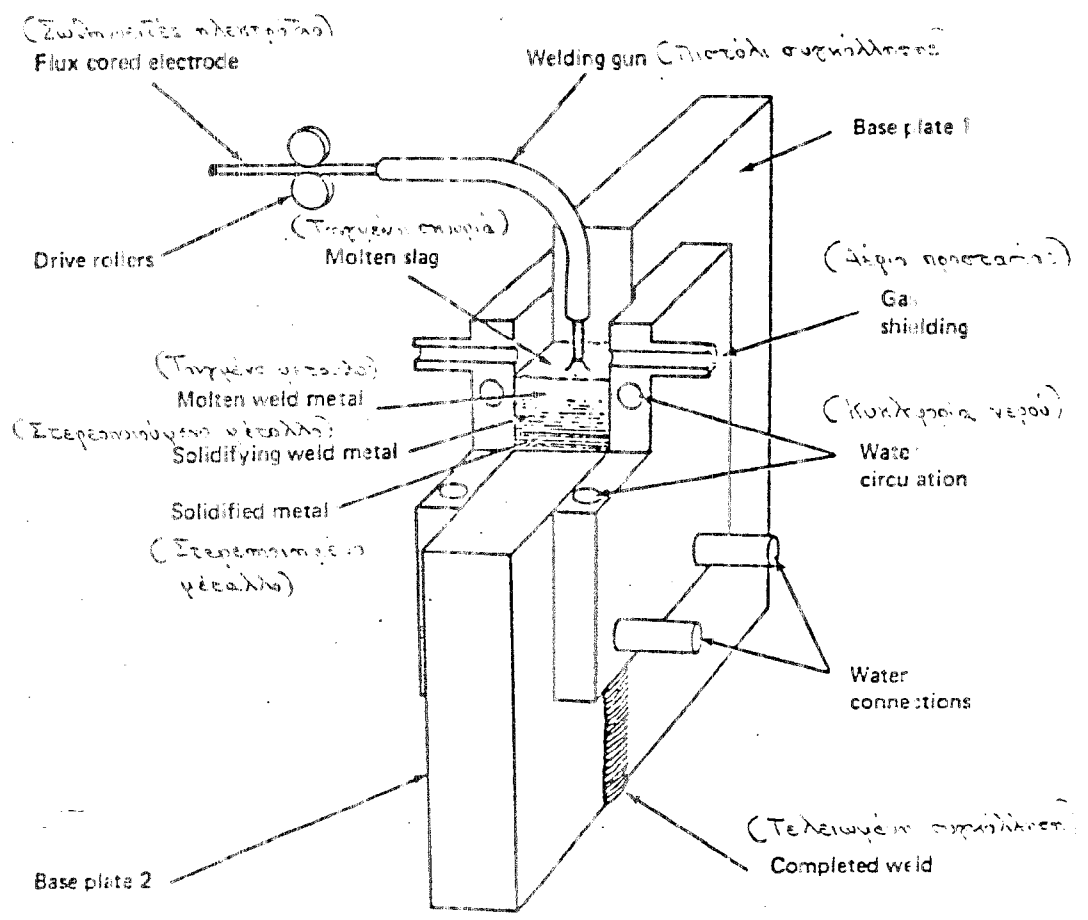
Στο σχήμα 2.23 παρουσιάζεται σχηματικά η μέθοδος συγκόλλησης  
electrogas με χρήση συμπαγούς ηλεκτροδίου. Συνήθως χρησιμο-  
ποιείται ένα ηλεκτρόδιο, αν και για παχύτερα ελάσματα έχουν  
χρησιμοποιηθεί και δυο. Σαν αέριο προστασίας χρησιμοποιεί-



Σχήμα 2.33. Συγκόλληση electrogas με συμπαγές ηλεκτρόδιο. [2.1]

ται κυρίως CO<sub>2</sub> ή μίγμα Αργού και CO<sub>2</sub>. Δεν υπάρχει λειτουργική σκουριά στη μέθοδο αυτή, επειδή δε γίνεται χρήση σκόνης προστασίας.

Η μέθοδος συγκόλλησης electrogas με σωληνοειδές ηλεκτρόδιο (flux-cored wire) παρουσιάζεται σχηματικά στο σχ. 2.34. Η αρχή λειτουργίας της είναι βασικά ίδια με την προηγούμενη, με τη διαφορά ότι εδώ σχηματίζεται ένα λεπτό στρώμα σκουριάς πάνω από το τηγμένο μέταλλο συγκόλλησης. Αέριο προστασίας χρησιμοποιείται μόνο όταν αυτό απαιτείται από τον τύπο ηλεκτροδίου.



Σχήμα 2.34. Συγκόλληση electroslag με σωληνοειδές ηλεκτρόδιο. [2.1]

#### 2.6.4. Χαρακτηριστική μηχανών συγκόλλησης

Στη μέθοδο συγκόλλησης electroslag χρησιμοποιείται μηχανή συγκόλλησης με χαρακτηριστική σταθερής τάσης. Η ένταση ρεύματος κυμαίνεται μεταξύ 750 και 1000 A, ενώ η τάση μεταξύ 30 και 55V. Είναι δυνατή και η χρήση μηχανών εναλλασσόμενου ρεύματος. Χωριστή μηχανή απαιτείται για κάθε χρησιμοποιούμενο ηλεκτρόδιο.

Στη μέθοδο συγκόλλησης electrogas χρησιμοποιείται συνήθως συνεχές ρεύμα ανάστροφης πολικότητας (θετικό ηλεκτρόδιο). Η χαρακτηριστική της μηχανής συγκόλλησης μπορεί να είναι είτε σταθερής τάσης είτε σταθερού ρεύματος. Στην πρώτη περίπτωση η ταχύτητα συγκόλλησης ελέγχεται είτε χειρονακτικά είτε αυτόματα με τη βοήθεια π.χ. φωτοηλεκτρικού κελιού που παρακολουθεί



το ύψος του ανερχόμενου μετάλλου συγκόλλησης. Στην περίπτωση χαρακτηριστικής σταθερού ρεύματος ο έλεγχος γίνεται μέσω των μεταβολών της τάσης του τόξου.

#### 2.6.5. Εφαρμογές

Η μέθοδος *electroslag* χρησιμοποιείται κυρίως για συγκολλήσεις μεγάλων κατασκευών, λόγω μιας σειράς σημαντικών πλεονεκτημάτων που προσφέρει. Μεταξύ αυτών περιλαμβάνεται ο υψηλός ρυθμός εναπόθεσης μετάλλου συγκόλλησης, το μικρό ποσοστό σφαλμάτων συγκόλλησης και το γεγονός ότι η μέθοδος είναι ημιαυτοματοποιημένη. Προσοχή πρέπει να δοθεί, όμως, στη συνέχιση μιας συγκόλλησης που για οποιοδήποτε λόγο έχει διακοπεί, λόγω της πιθανότητας ύπαρξης ανωμαλιών. Στη Ναυπηγική η μέθοδος χρησιμοποιείται κυρίως για την ένωση των ελασμάτων της πλευράς του πλοίου, από το κυρτό της γάστρας μέχρι το κάτω μέρος του ελάσματος του ζωστήρα. Η συγκόλληση αυτή γίνεται συνήθως στη Ναυπηγική κλίνη και η μέθοδος *electroslag* ενδείκνυται λόγω της δυνατότητάς της να ενώνει ελάσματα χωρίς μεγάλους περιορισμούς ανοχών (π.χ. στην εκκεντρότητα και μη συνεπιπεδότητα των ελασμάτων). Με τον τρόπο αυτό μπορούν να συγκολληθούν ελάσματα πάχους 13 μέχρι 51 mm και μήκους 12 μέχρι 21 m.

Παρόμοια πλεονεκτήματα παρέχει και η μέθοδος *electrogas*, της οποίας η οικονομικότητα εφαρμογής της αυξάνει με το πάχος και το μήκος των προς συγκόλληση ελασμάτων. Με τη μέθοδο αυτή μπορούν να συγκολληθούν ελάσματα πάχους 10 μέχρι 102 mm.

### 2.7. Συγκόλληση και Κοπή με Τόξο Πλάσματος (Plasma Arc Welding, PAW, and Cutting, PAC)

#### 2.7.1. Γενικά

Όταν ένα αέριο θερμαίνεται τόσο ώστε να φτάσει σε κατάσταση τουλάχιστον μερικού ιονισμού, τότε γίνεται καλός αγωγός του ηλεκτρισμού. Για να ιονιστούν, ορισμένα αέρια απαιτούν θερμοκρασία μερικών χιλιάδων βαθμών Κελσίου, ενώ άλλα μεγαλύτε-

ρη (το ήλιο, για παράδειγμα, απαιτεί 11.000 με 17.000°C). Το ιονισμένο αέριο καλείται πλάσμα, εάν είναι ηλεκτρικά ουδέτερο, και διατηρείται στις υψηλές αυτές θερμοκρασίες από το ηλεκτρικό ρεύμα που διοχετεύεται.

Ο όρος "τόξο πλάσματος" χρησιμοποιείται για να περιγράψει μια σκογιένεια διαδικασιών επεξεργασίας μετάλλων που βασίζεται στη χρήση ενός στενωμένου τόξου (constricted arc). Η στένωση του τόξου επιτυγχάνεται συνήθως με διοχέτευση του τόξου μέσα από υδροψυκτο χάλκινο στόμιο, και έχει σαν σκοπό τον έλεγχο και την αύξηση της πυκνότητας ενέργειας του τόξου.

Διαδικασίες τόξου πλάσματος χρησιμοποιούνται για τη συγκόλληση, κοπή και επιφανειακή κατεργασία μετάλλων. Στις σημειώσεις αυτές θα αναφερθούμε στις δυο πρώτες μόνο διαδικασίες.

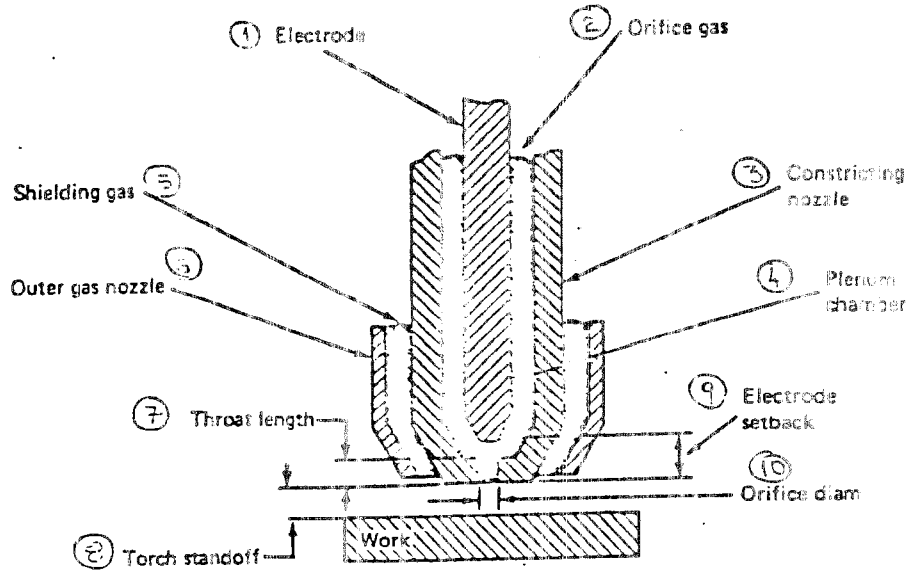
## 2.7.2. Κύρια χαρακτηριστικά της μεθόδου συγκόλλησης με τόξο πλάσματος

Στη συγκόλληση με τόξο πλάσματος η ένωση επιτυγχάνεται με πρόσδοση θερμότητας από ένα στενωμένο τόξο που δημιουργείται μεταξύ ενός ηλεκτροδίου και των προς συγκόλληση ελασμάτων (μεταφερόμενο τόξο) ή μεταξύ του ηλεκτροδίου και του ακροφυσίου (μη μεταφερόμενο τόξο). Προστασία του τηγμένου μετάλλου συγκόλλησης παρέχεται συνήθως από το υπέρθερμο, ιονισμένο αέριο που εξέρχεται από το στόμιο του ακροφυσίου στένωσης. Για περισσότερη προστασία χρησιμοποιείται συνήθως και βοηθητικό αέριο (αδρανές ή μίγμα αερίων). Είναι δυνατή η χρήση προστιθέμενου μετάλλου.

Στο σχήμα 2.35 εξηγείται η ονοματολογία των διαφόρων τμημάτων του πιστολιού συγκόλλησης με τη μέθοδο αυτή.

Η μέθοδος συγκόλλησης με τόξο πλάσματος μοιάζει με την κλασική μέθοδο GTAW, με εξαίρεση το ηλεκτρικό κύκλωμα ανάματος τόξου και το ακροφύσιο στένωσης. Και στις δυο μεθόδους το ηλεκτρόδιο είναι από το ίδιο υλικό, μόνο που στη μέθοδο PAW η

άκρη του βρίσκεται υποχωρημένη μέσα στο ακροφύσιο στένωσης.



Σχήμα 2.35. Ονοματολογία πιστολιού συγκόλλησης με τόξο πλάσματος. [2.1]

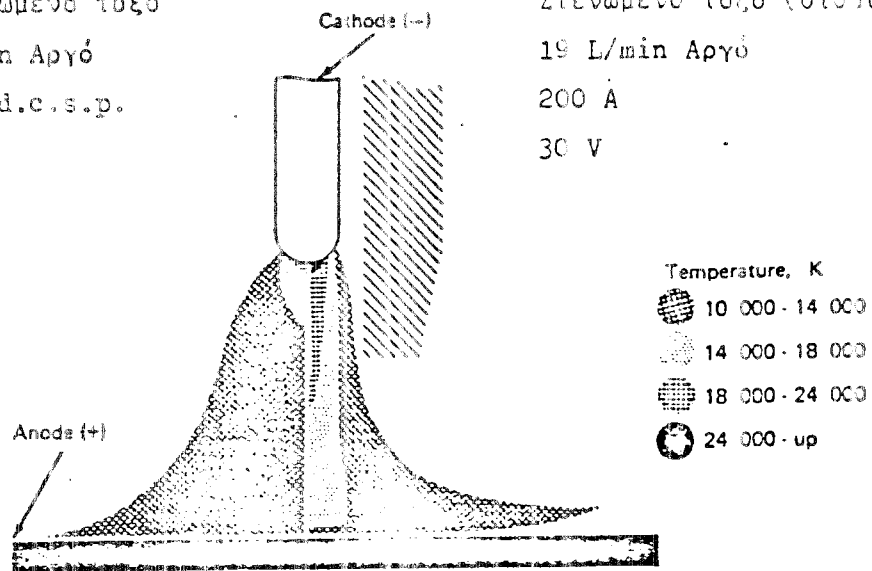
① Ηλεκτρόδιο. ② Αέριο για λουισμό. ③ Ακροφύσιο στένωσης. ④ Δοχείο αερίου. ⑤ Αέριο προστασίας. ⑥ Ακροφύσιο αερίου προστασίας. ⑦. Μήκος λαιμού. ⑧ Απόσταση πιστολιού. ⑨ Υποχώρηση ηλεκτροδίου. ⑩ Διάμετρος στρώλου

Στένωση τόξου. Σημαντικές βελτιώσεις στη συμπεριφορά του τόξου επιτυγχάνονται με στένωσή του. Η πιο σημαντική έγκειται στην ευστάθεια κατεύθυνσης της δέσμης πλάσματος. Συγκεκριμένα, ενώ το κλασσικό τόξο της GTAW έχει την τάση να έλκεται από το κοντινότερο γειωμένο μέταλλο, το στενωμένο, λόγω της σχετικά μεγαλύτερης ακαμψίας του, μπορεί να κατευθυνθεί προς οποιαδήποτε επιθυμητή διεύθυνση και συγχρόνως να μην επηρεάζεται από μαγνητικά πεδία.

Ακόμα, είναι δυνατή η επίτευξη υψηλότερων πυκνοτήτων έντασης ρεύματος και υψηλότερης συγκέντρωσης ενέργειας με τη στένωση, κάτι που έχει σαν αποτέλεσμα την επίτευξη υψηλότερων θερμοκρασιών (βλ. σχ. 2.36).

Μη στενωμένο τόξο  
19 L/min Αργό  
200 A, d.c.s.p.  
15 V

Στενωμένο τόξο (στόμιο 4.8 mm)  
19 L/min Αργό  
200 A  
30 V

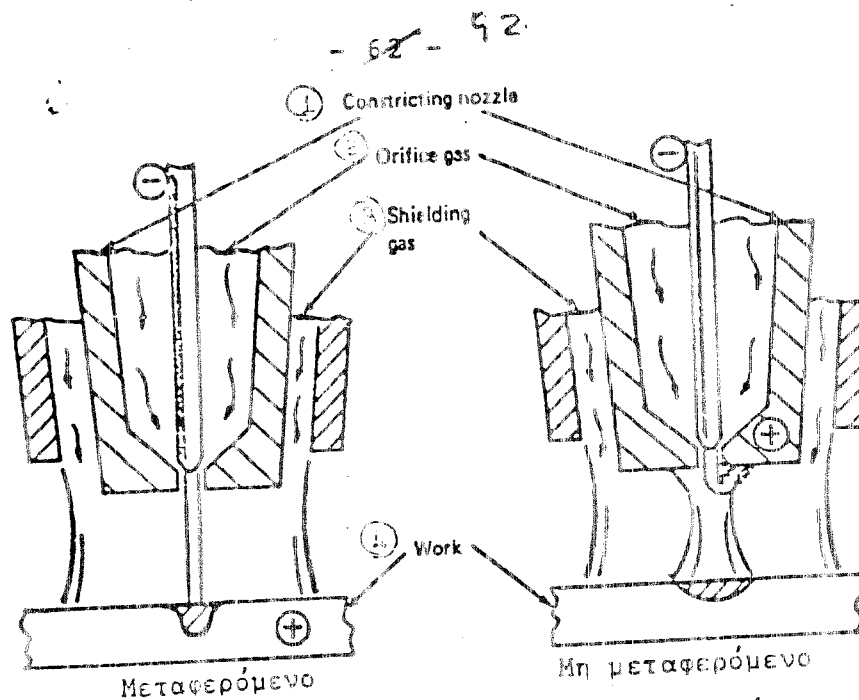


Σχήμα 2.36. Επίδραση στένωσης τόξου στην θερμοκρασία και τάση. [2.2]

Τύποι τόξου. Υπάρχουν δυο τύποι: το μεταφερόμενο και το μη μεταφερόμενο τόξο. Στο μεταφερόμενο τόξο (transferred arc), το κυρίως τόξο σχηματίζεται μεταξύ του ηλεκτροδίου και των προς συγκόλληση ελασμάτων. Στο μη μεταφερόμενο τόξο (nontransferred arc), το τόξο σχηματίζεται μεταξύ του ηλεκτροδίου και του ακροσυσίου στένωσης μέσα στο πιστόλι συγκόλλησης, και μετά παρασύρεται διαμέσου του στομίου από το ιονισμένο αέριο.

Με τον πρώτο τύπο επιτυγχάνεται μεταφορά μεγαλύτερης ποσότητας ενέργειας στα ελάσματα, τα οποία όμως πρέπει να είναι ηλεκτρικά αγώγιμα. Ο δεύτερος τύπος χρησιμοποιείται για συγκόλληση και κοπή μη ηλεκτρικά αγώγιμων ελασμάτων ή σε περιπτώσεις όπου δεν απαιτείται υψηλή πυκνότητα ενέργειας.

Οι δυο τύποι τόξου παρουσιάζονται σχηματικά στο Σχ. 2.37.



Σχήμα 2.37. Μεταφερόμενος και μη μεταφερόμενος τύπος τόξου [2.1]  
 ① Ακροφύσιο στένωσης. ② Ιονιζόμενο αέριο. ③ Αέριο προστασίας. ⊕ Άρος συγκόλληση ελάσματα.

Τρόποι Συγκόλλησης. Με τη μέθοδο PAW μπορεί να γίνει η συγκόλληση με τον κλασικό τρόπο (όπως π.χ. με τη GTAW), εάν χρησιμοποιηθούν χαμηλή ένταση ρεύματος και χαμηλή παροχή ιονιζόμενου αερίου.

Για ορισμένα, όμως, πάχη ελασμάτων και με χρήση ειδικών συνθηκών συγκόλλησης (παροχή αερίου, ένταση ρεύματος και ταχύτητα συγκόλλησης), είναι δυνατή η δημιουργία σχετικά μικρού όγκου τηγμένου μετάλλου συγκόλλησης με ταυτόχρονη παρουσία μιας τρύπας που διαπερνά όλο το βασικό μέταλλο. Ο τρόπος αυτός συγκόλλησης καλείται "συγκόλληση κλειδαρότρυπας" (keyhole welding) και πλεονεκτεί του κλασικού στην ποιότητα και ταχύτητα συγκόλλησης.

### 2.7.3. Χρησιμοποιούμενα αέρια

Το Αργό είναι το περισσότερο χρησιμοποιούμενο αέριο ιονισμού και προστασίας, κυρίως για συγκολλήσεις χαμηλής έντασης ρεύματος, λόγω του χαμηλού δυναμικού ιονισμού του. Προσθήκη χαμηλής ποσότητας υδρογόνου (σε ποσοστό 5 με 10%) σε αργό προ-

καλεί αύξηση της θερμοκρασίας του τόξου πλάσματος, με αποτέλεσμα η μετάδοση θερμότητας στα προς συγκόλληση ελάσματα να γίνεται πιο αποδοτικά. Επειδή, όμως, υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας πόρων και ρωγμών στο μέταλλο συγκόλλησης από το υδρογόνο, το μίγμα αργού-υδρογόνου μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για συγκόλληση κλειδαρότρυπας ανοξειδωτού χάλυβα, και κραμάτων νικελίου και χαλκού-νικελίου.

Μίγματα Αργού-Ηλίου, που περιέχουν 50 με 75% Ηλιο, χρησιμοποιούνται για συγκόλληση κλειδαρότρυπας σε παχιά ελάσματα κραμάτων τιτανίου.

Συνηθισμένες τιμές παροχών των παραπάνω αερίων είναι το πολύ 2 L/min για αέρια ιονισμού και 10-30 L/min για αέρια προστασίας.

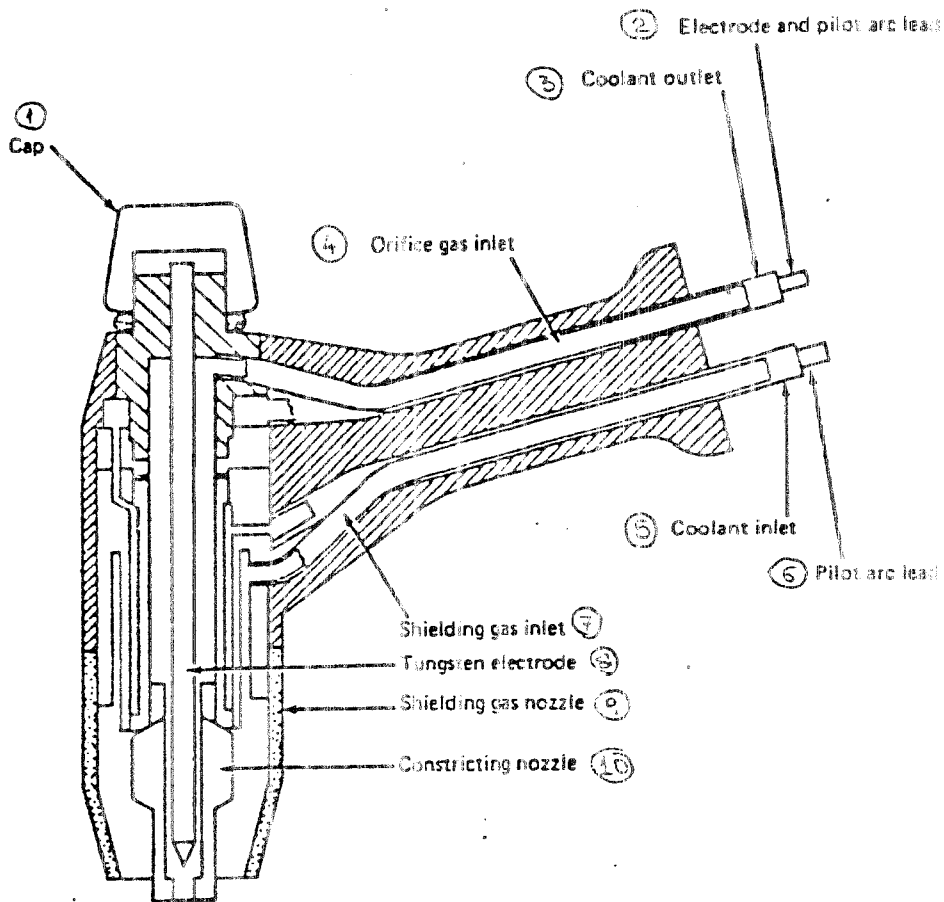
#### 2.2.4. Πιστόλι Συγκόλλησης

Τα πιστόλια συγκόλλησης με τόξο πλάσματος είναι πιο πολύπλοκα εκείνων για συγκόλληση με ηλεκτρόδιο βολφραμίου και προστασία αερίου (GTAW). Απαιτούνται χωριστές δίοδοι για το αέριο ιονισμού και το αέριο προστασίας, καθώς και για την κυκλοφορία του ψυκτικού μέσου (συνήθως νερού).

Στο σχήμα 2.38 φαίνεται σχηματικά η κατασκευή ενός τυπικού πιστολιού συγκόλλησης τόξου πλάσματος με το χέρι.

Σημειώνεται ότι στη συγκόλληση με τόξο πλάσματος χρησιμοποιούνται οι ίδιοι τύποι ηλεκτροδίων όπως και στη μέθοδο GTAW.

- 64 - 94



Σχήμα 2.38. Τυπικό πιστόλι συγκόλλησης με τόξο πλάσματος. [2.1]

- ① Κάλυμμα. ② Καλώδιο ηλεκτροδίου και τόξου-πilotού. ③ Εξόδος ψυκτικού. ④ Είσοδος αερίου ιονισμού. ⑤ Είσοδος ψυκτικού. ⑥ Καλώδιο τόξου-πilotού. ⑦ Είσοδος αερίου προστασίας. ⑧ Ηλεκτρόδιο βολφραμίου. ⑨ Ακροφύσιο αερίου προστασίας. ⑩ Ακροφύσιο στένωσης.

### 2.7.5. Χαρακτηριστική μηχανής συγκόλλησης

Η συγκόλληση με τόξο πλάσματος γίνεται συνήθως με συνεχές ρεύμα ορθής πολικότητας (αρνητικό ηλεκτρόδιο) με μηχανές που έχουν χαρακτηριστική σταθερού ρεύματος.

Επειδή, όπως αναφέρθηκε και παραπάνω, το ηλεκτρόδιο είναι υποχωρημένο μέσα στο ακροφύσιο του πιστολιού συγκόλλησης, η αφή του ηλεκτρικού τόξου γίνεται με τη βοήθεια τόξου-πilotού. Το χαμηλής έντασης ρεύματος αυτό τόξο δημιουργείται μεταξύ

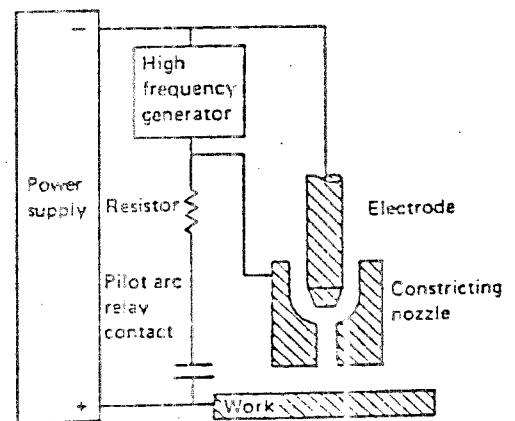
του ηλεκτροδίου και του ακροφυσίου στένωσης. Η αφή του τόξου-πιλότου (pilot arc) μπορεί να γίνει με δυο τρόπους. Εάν χρησιμοποιείται πιστόλι συγκόλλησης χαμηλής έντασης ρεύματος (για συγκόλληση με το χέρι), το ηλεκτρόδιο προωθείται μέχρι να έρθει σε επαφή με το ακροφύσιο και μετά αποσύρεται, οπότε δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο. Στην περίπτωση πιστολιού συγκόλλησης υψηλής έντασης ρεύματος, στο ηλεκτρικό κύκλωμα συγκόλλησης υπερτίθεται υψίσυχο εναλλασσόμενο ρεύμα, ή ένας ή περισσότεροι πολμοί ρεύματος υψηλής τάσης και χαμηλής ισχύος. Με την υψηλή αυτή τάση ιονίζεται το αέριο και έτσι δημιουργείται το τόξο-πιλότος.

#### 2.7.6. Κοπή με τόξο πλάσματος

Στην κοπή με τόξο πλάσματος χρησιμοποιείται βασικά το ίδιο πιστόλι όπως και στη συγκόλληση. Η κοπή επιτυγχάνεται με τη θερμότητα του μετάλλου και απομάκρυνσή του με τη βοήθεια του ιονισμένου αερίου (πλάσματος) που έχει μεγάλη ταχύτητα.

Το σχήμα 2.39 παριστάνει σχηματικά το βασικό ηλεκτρικό κύκλωμα κοπής με τόξο πλάσματος. Η μέθοδος λειτουργεί με χρήση συνεχούς ρεύματος ορθής πολικότητας (αρνητικό ηλεκτρόδιο), και δημιουργία στενωμένου μεταφερόμενου τόξου.

Η μέθοδος αναπτύχθηκε αρχικά για την κοπή μη μαγνητικών υλικών με χρήση αδρανών αερίων. Αργότερα έγινε δυνατή και η κοπή χάλυβα χρησιμοποιώντας αέριο οξυγόνο.

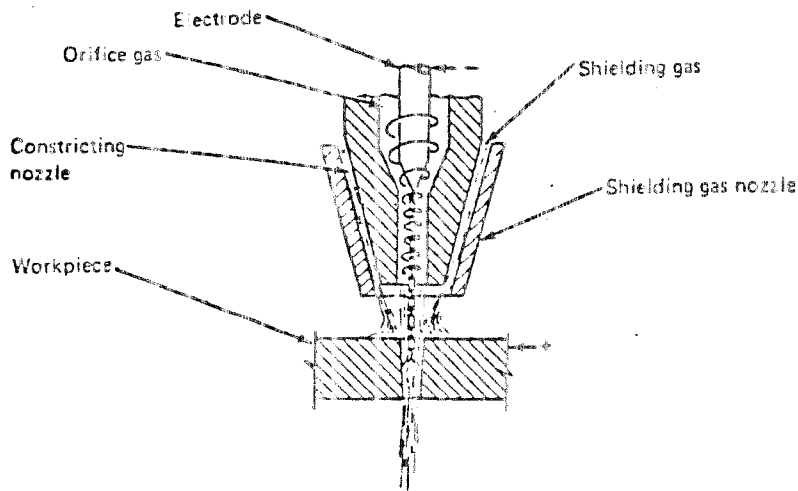


Σχήμα 2.39. Σχηματικό κύκλωμα κοπής με τόξο πλάσματος. [2.1]

Παραλλαγές της μεθόδου. (α) Κοπή διπλής ροής με τόξο πλάσματος (dual flow plasma cutting). Σε αυτή, όπως δείχνει και το σχ. 2.40, υπάρχει και δευτερεύουσα αέρια ατμόσφαιρα γύρω από



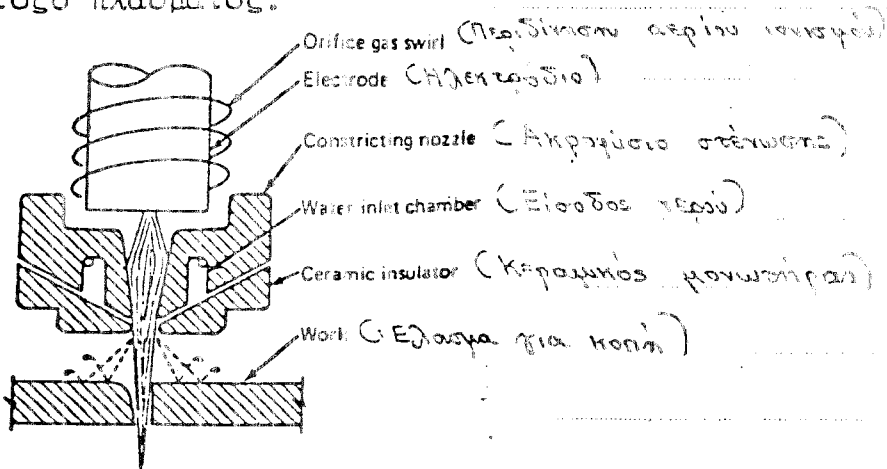
το τόξο πλάσματος. Σαν αέριο ιονισμού χρησιμοποιείται συνήθως άζωτο, ενώ το είδος του αερίου προστασίας εξαρτάται από το προς κοπή μέταλλο. Για παράδειγμα, σε μαλακό χάλυβα χρησιμο-



Σχήμα 2.40. Κοπή διπλής ροής με τόξο πλάσματος. [2.40]

ποιείται CO<sub>2</sub> ή αέρας, σε ανοξείδωτο χάλυβα CO<sub>2</sub> και σε αλουμίνιο μίγμα Ar-H<sub>2</sub>.

(β) Κοπή με τόξο πλάσματος και εκτόξευση νερού (water injection plasma cutting). Στη μέθοδο αυτή γίνεται χρήση δέσμης νερού κοντά στο στόμιο του ακροφυσίου με σκοπή την περαιτέρω στένωση του τόξου (βλ. σχ. 2.41). Ακόμα, η δέση νερού προστατεύει το τόξο πλάσματος από τυρβώδη ανάμιξη με τον περιβάλλοντα αέρα. Ο τρόπος αυτός κοπής είναι ταχύτερος από τον κλασικό με τόξο πλάσματος.



Σχήμα 2.41. Κοπή με τόξο πλάσματος και εκτόξευση νερού.

Εφαρμογές. Κοπή με τόξο πλάσματος μπορεί να γίνει σε κάθε μέταλλο, οι περισσότερες όμως εφαρμογές αφορούν μαλακό χάλυβα, αλουμίνιο και ανοξείδωτο χάλυβα. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για κοπή πολλαπλών επάλληλων ελασμάτων (stack cutting), για διαμόρφωση ακμών ελασμάτων (plate beveling), για κοπή μορφοδοκών (shape cutting), κλπ.

Τα οικονομικά πλεονεκτήματα της μεθόδου, σε σύγκριση με κοπή με οξυγόνο, παρουσιάζονται εντονότερα όταν γίνονται μακρινές, συνεχείς κοπές σε μεγάλο αριθμό όμοιων τεμαχίων (π.χ. στη ναυπηγική, κατασκευή γεφυρών κλπ.).

Η κατάλληλη μετατροπές είναι δυνατή η χρήση της μεθόδου και για υποβρύχιες κοπές.

### 2.5. Επιλογή Μεθόδων Συγκόλλησης

Δεν υπάρχει ακόμα σήμερα κάποιο αναλυτικό σύστημα που να βοηθάει το μηχανικό στην επιλογή της πιο κατάλληλης μεθόδου συγκόλλησης για μια συγκεκριμένη εφαρμογή. Έτσι, στις περισσότερες περιπτώσεις η επιλογή βασίζεται κυρίως στην εμπειρία. Στην παράγραφο αυτή περιγράφονται συνοπτικά ορισμένοι σημαντικοί παράγοντες που πρέπει να λαμβάνονται υπόψη στην επιλογή της κατάλληλης μεθόδου συγκόλλησης.

Ο Πίνακας 2.5 παρουσιάζει στοιχεία σύγκρισης των ακόλουθων μεθόδων συγκόλλησης: με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια, βαρύτητας, βυθισμένου τόξου, electroslag/electrogas, με τηκόμενο ηλεκτρόδιο και προστασία αερίου (GMAW), και με ηλεκτρόδιο βολφραμίου και προστασία αερίου (GTAW). Η σύγκριση γίνεται με βάση την ταχύτητα παραγωγής, το κόστος εγκατάστασης, τη δυσθραυστότητα του μετάλλου συγκόλλησης, και τις θέσεις συγκόλλησης. Ο πίνακας παραθέτει ακόμα μερικά χαρακτηριστικά των μεθόδων αυτών.

Ταχύτητα Παραγωγής. Η σύγκριση ως προς την ταχύτητα παραγωγής γίνεται με αριθμητικούς δείκτες: το 1 σημαίνει την υψηλό-

ΠΙΝΑΚΑΣ 2.5. Σύγκριση διαφόρων μεθόδων συγκόλλησης.

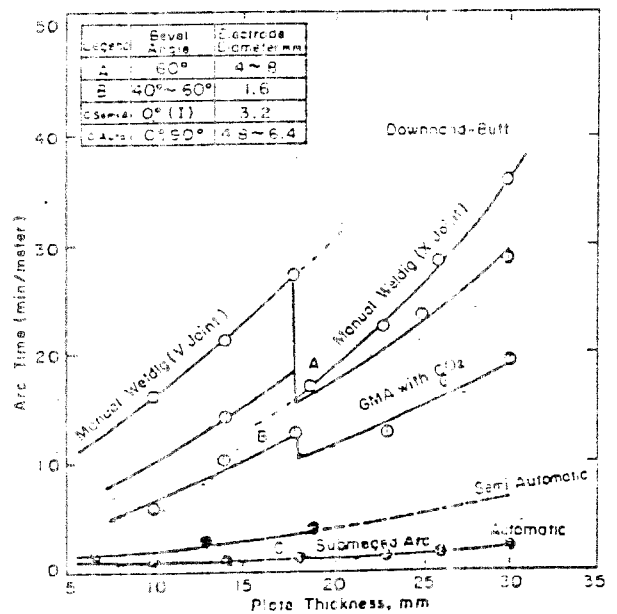
	Με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια	Βαρύτητας	Βυθισμένου τόξου	Electroslag/ Electrogas	GMAW	GTAW
Ταχύτητα παραγωγής	5	3	2	1 (υψηλότερη)	4	6 (χαμηλότερη)
Κόστος Εγκατάστασης	1 (χαμηλότερο)	2	5	6 (υψηλότερο)	4	3
Δυσθραυστότητα Μετάλλου Συγκόλλησης	3 (με ηλεκτρόδια χαμηλού υδρογόνου)	4	5	6 (χειρότερη)	2	1 (καλύτερη)
Θέσεις Συγκόλλησης	όλες	Επίπεδη και επίπεδη μετωπική	Επίπεδη	Κατακόρυφη	όλες	όλες
	Η πιο ευέλικτη μέθοδος	Δεν απαιτεί ικανότητες συγκολλητή	Παρέχει τη μεγαλύτερη παραγωγικότητα	Δεν απαιτούν ακρίβεια στη διαμόρφωση των ακμών	Παρέχουν μεγάλη ευκολία στο άναμμα του τόξου (σχετικά εύκολη η αυτοματοποίησή τους)	
				Επίδραση του ανέμου στη μέθοδο electrogas	Σημαντική επίδραση του ανέμου	

85 - 89

πρη και το 6 τη χαμηλότερη τέτοια ταχύτητα. Από τον πίνακα φαίνεται ότι οι αυτόματες κατακόρυφες μέθοδοι συγκόλλησης (electroslag/electrogas) παρέχουν τη μέγιστη ταχύτητα παραγωγής, είναι επομένως οι πιο αποτελεσματικές για συγκόλληση παχέων ελασμάτων (μόνο στην κατακόρυφη θέση βέβαια). Και η μέθοδος βυθισμένου τόξου, όμως, παρέχει υψηλή ταχύτητα παραγωγής, αλλά αυτή μπορεί να χρησιμοποιηθεί μόνο για συγκόλληση κατά συμβολή στην επίπεδη θέση.

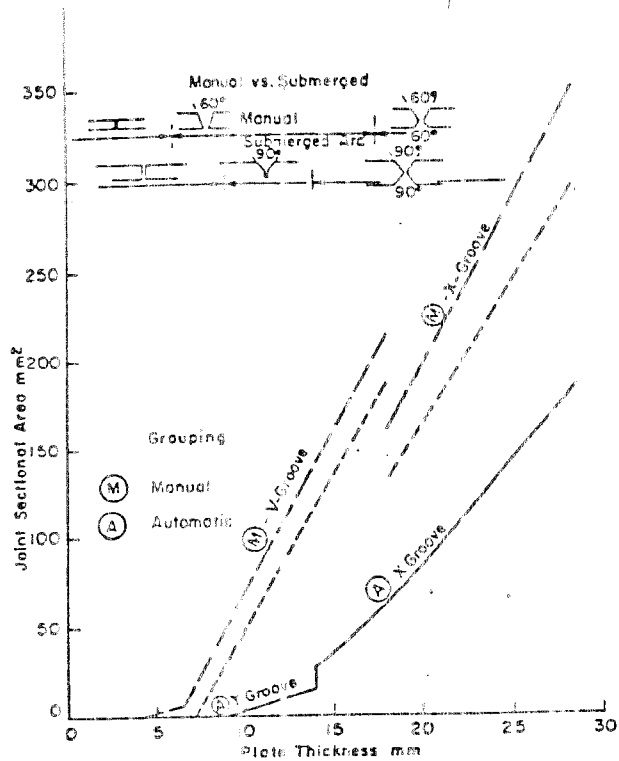
Το σχήμα 2.42 παριστάνει τη σχέση μεταξύ πάχους ελασματος και διάρκειας ηλεκτρικού τόξου (arc time) για διάφορες μεθόδους συγκόλλησης, υποθέτοντας ότι το τόξο λειτουργεί συνεχώς (δηλαδή το 100% του χρόνου). Από το σχήμα φαίνεται ότι η μέθοδος βυθισμένου τόξου είναι πολύ

πιο αποδοτική από τις μεθόδους με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια (manual welding) και GMA με προστασία CO<sub>2</sub>. Η μεγάλη αυτή ταχύτητα παραγωγής της μεθόδου βυθισμένου τόξου οφείλεται κυρίως στη χρήση υψηλής έντασης ρεύματος, που έχει σαν αποτέλεσμα υψηλό ρυθμό απόθεσης μετάλλου συγκόλλησης. Συγχρόνως, επειδή προκαλείται και μεγάλη διεύδυση, είναι δυνατή η μείωση της επιφάνειας της διατομής της ένωσης (joint sectional area), άρα



Σχήμα 2.42. Σχέση πάχους ελασματος και διάρκειας τόξου για διάφορες μεθόδους συγκόλλησης. [2.5]

και της ποσότητας του προστιθέμενου μετάλλου συγκόλλησης. Το τελευταίο φαίνεται χαρακτηριστικά στο σχήμα 2.43 που δείχνει πως μπορεί να μειωθεί η επιφάνεια διατομής της ένωσης με χρή-



Σχήμα 2.43 [2.5]

ση της μεθόδου βυθισμένου τόξου σε σχέση με τη μέθοδο με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια.

Τέλος, σημειώνεται ότι η μέθοδος GTAW είναι τόσο αργή, ώστε σπάνια χρησιμοποιείται σε συγκολλήσεις της μεταλλικής κατασκευής του σκάφους.

**Κόστος Εγκατάστασης.** Η συγκόλληση με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια απαιτεί το χαμηλότερο κόστος εγκατάστασης, ενώ οι μέθοδοι που απαιτούν τη χρήση ημι-αυτοματοποιημένων μηχανών, όπως π.χ. η μέθοδος βυθισμένου τόξου, το μεγαλύτερο.

**Μηχανικές Ιδιότητες.** Θεωρώντας σαν δεδομένο ότι γίνεται χρήση των σωστών συνθηκών συγκόλλησης, όλες οι μέθοδοι συγκόλλησης του Πίνακα 2.5 μπορούν να παράγουν ενώσεις με ικανοποιητικές μηχανικές ιδιότητες (συμπεριλαμβανομένων της τάσης δικω-

ροής, του ορίου εφελκυσμού και της επιμήκυνσης) εάν εφαρμοστούν σε συνηθισμένα κατασκευαστικά υλικά. Η επίτευξη, όμως, επαρκούς δυσθραυστότητας δεν είναι πάντοτε δυνατή, ειδικότερα όταν πρόκειται να συγκολληθούν ελάσματα από χάλυβες υψηλής αντοχής που έχουν υψηλά επίπεδα δυσθραυστότητας που τα απέκτησαν με θερμικές κατεργασίες.

Γενικά, όσο μεγαλύτερος είναι ο ρυθμός απόθεσης μετάλλου σε μια μέθοδο συγκόλλησης, τόσο χαμηλότερη είναι η δυσθραυστότητα του μετάλλου συγκόλλησης. Έτσι, για παράδειγμα, είναι πιθανή η αναγκαστική χρήση της μεθόδου GTAW σε συγκολλήσεις χαλύβων πολύ υψηλής αντοχής.

**Ειδικά Χαρακτηριστικά.** Η μέθοδος συγκόλλησης με επενδεδυμένα ηλεκτρόδια είναι η πιο ευέλικτη, και γι' αυτό χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές.

Η συγκόλληση βαρύτητας απαιτεί ελάχιστες ικανότητες συγκολλητή από το χρήστη τους.

Οι κατακόρυφες μέθοδοι συγκόλλησης (ειδικότερα η electroslag) δεν απαιτούν ιδιαίτερη ακρίβεια στη διαμόρφωση των ακμών των προς συγκόλληση ελασμάτων. Αυτό αποτελεί και ένα από τους σημαντικότερους λόγους, για τους οποίους οι μέθοδοι αυτοί βρίσκουν ευρεία εφαρμογή στη συγκόλληση μεταξύ τους μεγάλων τομέων του σκάφους.

Οι μέθοδοι συγκόλλησης με προστασία αερίου (GMAW και GTAW) δεν παράγουν σκουριά (slag) και παρέχουν μεγάλη ευκολία στο άναμμα του βολταϊκού τόξου. Για το λόγο αυτό είναι σχετικά εύκολο να συμπεριληφθούν σε ένα αυτόματο σύστημα παραγωγής. Ένα εγγενές πρόβλημα, όμως, σε όλες τις μεθόδους με προστασία αερίου (GMAW, GTAW, electrogas) είναι η ευπάθεια τους σε άνεμο. Όταν, επομένως, γίνεται χρήση των μεθόδων αυτών στο ύπαιθρο, πρέπει να λαμβάνεται ιδιαίτερη μέριμνα για την προστασία του ηλεκτρικού τόξου από τον άνεμο.

Συνολική Ανάλυση Κόστους. Το συνολικό κόστος αποτελεί πολύ σημαντικό παράγοντα στην εκλογή της κατάλληλης μεθόδου συγκόλλησης. Πρέπει, επομένως, να λαμβάνονται πάντα υπόψη τα ακόλουθα:

- α. Το κόστος εγκατάστασης και η αποτίμησή του.
- β. Το κόστος των υλικών.
- γ. Η ταχύτητα παραγωγής και το απαιτούμενο εργατικό δυναμικό.
- δ. Η πιθανότητα έμμεσης μείωσης του κόστους με απλοποίηση της διαδικασίας παραγωγής (π.χ. χρήση της μονόπλευρης συγκόλλησης με τη μέθοδο βυθισμένου τόξου).

## 2.9. Χρήση των Διαφόρων Μεθόδων Συγκόλλησης στη Ναυπηγική

2.9.1. Χρήση μεθόδων συγκόλλησης κατά την ανέγερση πλοίων  
Κατά τη διάρκεια των διαφόρων σταδίων ανέγερσης ενός σκάφους, χρησιμοποιούνται διάφοροι μέθοδοι συγκόλλησης για την κατασκευή των υποτομέων και τομέων που η τελική ένωσή τους θα δώσει τη μεταλλική κατασκευή του πλοίου.

Στον Πίνακα 2.6 δίνεται ένα παράδειγμα τυπικής χρήσης μεθόδων συγκόλλησης κατά την ανέγερση πλοίων, όπως αυτές εφαρμόζονται στην Ιαπωνία. Ένα άλλο παράδειγμα παρουσιάζεται στο σχήμα 2.44  
Γενική διαπίστωση από τα παραπάνω και πολλά άλλα παραδείγματα είναι ότι υπάρχει σημαντική τάση τα τελευταία χρόνια για αυτοματοποίηση κατά το δυνατόν των μεθόδων συγκόλλησης που χρησιμοποιούνται στη ναυπηγική.

## 2.9.2. Ανάλυση παραγωγής της συγκόλλησης βαρύτητας

Σε μια πρόσφατη μελέτη έγινε προσπάθεια προσδιορισμού του αριθμού των μονάδων συγκόλλησης βαρύτητας που ένα άτομο μπορεί να χειριστεί ταυτόχρονα. Στο σχήμα 2.45 παρουσιάζονται η χρονική περίοδος συνεχούς λειτουργίας του ηλεκτρικού τόξου

### Συμβολισμός των συγκολλήσεων

1. Βασικά Σύμβολα Συγκόλλησης (ISO 2553-1974/DIN 1912 Μέρος 5 - 1979)

#### Μετωπικές Συγκολλήσεις - Σκόρο

Όνομασία	Προσπτική Σχεδίαση Συγκόλλησης	Σύμβολο	Παρατηρήσεις
Συγκόλληση I			Τα άκρα των ελασμ. δεν έχουν διαμορφωθεί. Χρησιμοποιείται συνήθως για την συγκόλληση μικρού πάχους ελασμάτων.
Συγκόλληση V		∨	Και τα δύο άκρα των προς συγκόλλ. ελασμ. έχουν διαμορφωμένα άκρα (φρέζα V). Χρησιμοποιείται συνήθως για την συγκόλληση μεσαίου πάχους ελασμάτων.
Συγκόλληση 1/2 V		∨	Όπως προηγούμενης με τη διαφορά ότι το ένα από τα δύο ελάσματα έχει διαμορφωμένο άκρο.
Συγκόλληση Y		Y	Και τα δύο άκρα των προς συγκόλληση ελασμάτων έχουν διαμορφωμένα άκρα μορφής Y. (Η διαμόρφωση δεν γίνεται σε όλα τα πάχος των ελασμάτων).
Συγκόλληση 1/2 Y		Y	Όπως προηγούμενης με τη διαφορά ότι το ένα από τα δύο ελάσματα έχει διαμορφωμένο άκρο.
Συγκόλληση U		U	Και τα δύο άκρα των προς συγκόλλ. ελασμ. έχουν διαμορφωμένα άκρα μικρής ταύλης U.
Συγκόλληση 1/2 U		U	Όπως προηγούμενης με τη διαφορά ότι το ένα από τα δύο ελάσματα έχει διαμορφωμένο άκρο.
Συγκόλληση της ρίζας από την πια πλευρά		∪	Συγκόλληση πλήρους διατομής. Εφόσον γίνει η συγκόλληση από την μια πλευρά, κατόπιν η ρίζα καθαρίζεται και συγκολλείται από την πια πλευρά.
Συγκόλληση με φρέζα απόσταση		∨	Και τα δύο άκρα των προς συγκόλληση ελασμάτων έχουν διαμορφωμένα τα άκρα. Χρησιμοποιείται για την συγκόλληση μεγάλου πάχους ελασμάτων από την μια πλευρά - η ρίζα υποστηρίζεται.
Συγκόλληση με φρέζα απόσταση από την μια πλευρά		∨	Όπως προηγούμενης με τη διαφορά ότι το ένα από τα δύο ελάσματα έχει διαμορφωμένο άκρο.

Όνομασία	Προσπτική Σχεδίαση Συγκόλλησης	Σύμβολο	Παρατηρήσεις
Αυθεντική Συγκόλληση Εξωραφή		∇	Συγκόλληση δυο ελασμάτων υπό γωνία.
Συγκόλληση Οπής / Στοιχής		∩	Συγκόλληση επικαλυπτόμενων ελασμάτων. Η συγκόλληση γίνεται δια μέσου οπής ή οπής η οποία δημιουργείται στο άνω ελάσμα. Η συγκόλληση αρχίζει περιφερειακά.

#### Επιπρόσθετα Σύμβολα

Τα σύμβολα αυτά προσδιορίζουν την τελική εμφάνιση την οποία πρέπει να έχει η συγκόλληση.

Όνομασία	Συμβολισμός	Παρατηρήσεις
Καίλη Συγκόλληση	∪	Χρησιμοποιείται συνήθως σε γωνιακές συγκολλήσεις.
Επιπέδη Συγκόλληση	—	Χρησιμοποιείται σε συγκολλήσεις Σκόρο. Η επιπέδότητα της συγκόλλησης επιτυγχάνεται συνήθως με λείανση.
Κυρτή Συγκόλληση	∩	Χρησιμοποιείται συνήθως σε συγκολλήσεις Σκόρο.

#### Συμπληρωματικά Σύμβολα

Όνομασία	Σύμβολο	Παρατηρήσεις
Περιφερειακή Εξωραφή		Εκτελείται αυθεντική συγκόλληση σε όλη την περιφέρεια (πλευρές) του ελάσματος ή ένωσης.
Συγκόλληση Εργαξίου		Το σύμβολο αυτό υποδεικνύει ότι η συγκόλληση αυτή θα πρέπει να εκτελεσθεί στο εργοτάξιο κατά την ανέγερση της κατασκευής.



### Συμβολισμός της θέσης της Συγκόλλησης

Όνομασία θέσης συγκόλλησης	Συμβολισμός		Σχεδιαστική Παρουσίαση		Περιγραφή
	BS 499	DIN	Σόκορο	Εξωραφες	
Πλάκα	F	w			Η συγκόλληση γίνεται σε επίπεδη θέση εργασίας (θέση εδάφους)
Οριζόντια -	H-V	h			Αιχμενική οριζόντια συγκόλληση
Ανεβατό		S			Η συγκόλληση γίνεται σε κατακόρυφο επίπεδο με κατεύθυνση από επάνω προς τα κάτω
Κατεβατό	D	F			Η συγκόλληση γίνεται σε κατακόρυφο επίπεδο με κατεύθυνση από πάνω προς τα επάνω
Οριζόντια - Εγκάρσια	H	a			Το έλασμα βρίσκεται σε κατακόρυφη θέση. Η συγκόλληση ευρίσκεται σε οριζόντια θέση
Ουρανός	O	u			Η συγκόλληση γίνεται στο άνω οριζόντιο επίπεδο, πάνω από το κεφάλι.
Ουρανός - Οριζόντια	H-O	hU			Αιχμενική συγκόλληση, πάνω από το κεφάλι

### Συμβολισμός της θέσης συγκόλλησης κατά ASME/AWS Ελασμάτων και Σωλήνων

Αιχμενικές Συγκολλήσεις	Μετωπικές Συγκολλήσεις

104

2. Συνθετα σύμβολα συγκόλλησης

Τα βασικά σύμβολα συνδυαζόμενα δημιουργούν τα συνθετα σύμβολα.  
Τα πιο χαρακτηριστικά συνθετα σύμβολα φαίνονται παρακάτω

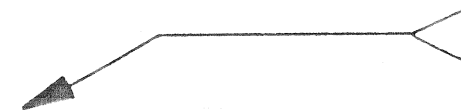
Όνομα	Προοπτική Σχεδίαση Συγκόλλησης	Σύμβολο	Παρατηρήσεις
Μετωπικές Συγκολλήσεις - Στόκοι	Συγκόλληση X		Πλήρης διεπίδυση Και τα δύο ελασμάτα έχουν διαμορφωμένα άκρα μορφής θήκη V Χρησιμοποιείται συνήθως για την συγκόλληση μεγάλου πάχους ελασμάτων
	Συγκόλληση K		Όπως προηγούμενος, με τη διαφορά ότι το ένα από τα δύο ελασμάτα έχει διαμορφωμένα άκρα
	Συγκόλληση X		Ατελής διεπίδυση Και τα δύο άκρα των ελασμάτων έχουν διαμορφωμένα άκρα
	Συγκόλληση K		Όπως προηγούμενος, με τη διαφορά ότι το ένα έλασμα έχει διαμορφωμένα άκρα
	Συγκόλληση θηλή U		Και τα δύο άκρα των ελασμάτων έχουν διαμορφωμένα άκρα μορφής θηλή U Χρησιμοποιείται συνήθως για την συγκόλληση πάρα πολύ μεγάλου πάχους ελασμάτων
	Συγκόλληση 1/2 θηλή U		Όπως προηγούμενος, με τη διαφορά ότι το ένα έλασμα έχει διαμορφωμένα άκρα
	Συγκόλληση Y		Και τα δύο άκρα είναι διαμορφωμένα. Από την μια πλευρά έχουν διαμόρφωση μορφής V και από την άλλη πλευρά διαμόρφωση μορφής U
	Συγκόλληση V με συγκόλληση ρίζας από την πλευρά		Πλήρης διεπίδυση Και τα δύο άκρα των ελασμάτων έχουν διαμορφωμένη μορφή V. Μετά την συγκόλληση της ρίζας από την πίσω πλευρά
	Αυθενική Κατροπική συγκόλληση		Ένωση ελασμάτων υπό γωνία με αυθενική συγκόλληση και από τις δύο πλευρές

Συνδυαζόμενα Σύμβολα

Επεξήγηση	Προοπτική Σχεδίαση Συγκόλλησης	Συμβολαίους
Συγκόλληση V Με επίπεδη επιφάνεια		
Συγκόλληση X Με κυρτές επιφάνειες		
Αυθενική Συγκόλληση με κοίλη επιφάνεια		
Συγκόλληση V πλήρους διεπίδυσης (με συγκόλληση ρίζας από την πίσω πλευρά) και επίπεδες επιφάνειες		
Συγκόλληση I με κυρτή επιφάνεια		

Σχεδιαστική παρουσίαση των συγκολλήσεων

Επί των κατασκευαστικών σχεδίων είναι αναγκαία η παρουσίαση και προδιαγραφή του είδους και της μορφής της συγκόλλησης, το μέγεθός της, καθώς και κάθε επιπρόσθετη αναγκαία απαίτηση. Η γραφική απεικόνιση των προδιαγραφών της συγκόλλησης γίνεται με τη βοήθεια ενός συστήματος αναφοράς, το οποίο όπως φαίνεται στο παρακάτω σκίτσο, αποτελείται από την γραμμή του βέλους, τη γραμμή αναφοράς καθώς και την διχάλα.



505

Η κατεύθυνση της γραμμής του τόξου καθορίζει την πλευρά του ελάσματος η οποία είναι διαμορφωμένη, σε περίπτωση κατά την οποία φρέζα δημιουργείται σε ένα και μόνο από τα δυο προς συγκόλληση ελάσματα όπως φαίνεται σχεδιαστικά παρακάτω.

Όνομασία	Σχεδιαστική τομή	Σχεδιαστική παρουσίαση της συγκόλλησης
Συγκόλληση Μορφής 1/2 V		
Συγκόλληση Μορφής 1/2 U		

## B. Αυχενικές συγκολλήσεις (Εξωραφές)

Εάν το σύμβολο της αυχενικής συγκόλλησης είναι στο επάνω μέρος της γραμμής αναφοράς, τότε η συγκόλληση βρίσκεται από την πλευρά που βρίσκεται το τόξο. Εάν το σύμβολο της εξωραφής είναι στο κάτω μέρος της γραμμής αναφοράς τότε η συγκόλληση βρίσκεται από την άλλη πλευρά (κατροπτικά). Παραδείγματα σωστού και λανθασμένου συμβολισμού φαίνονται παρακάτω.

Προοπτική Σχεδίαση	Σωστή Σχεδίαση	Λανθασμένη Σχεδίαση
	α) Προτιμάτε	γ)
	β)	δ)

Η γραμμή του βέλους καθορίζει το ακριβές σημείο της περιοχής εκτέλεσης της συγκόλλησης. Επί της γραμμής αναφοράς τοποθετούνται τα σύμβολα και τα μεγέθη της συγκόλλησης και στο δεξιό μέρος της διχάλας τοποθετούνται επιπρόσθετες πληροφορίες σχετικές με την συγκόλληση, όπως είναι η μέθοδος συγκόλλησης, θέση συγκόλλησης, τύπος ηλεκτροδίου κ.ά.

## Τοποθέτηση των συμβόλων

### A. Μετωπικές συγκολλήσεις

Η τοποθέτηση του συμβόλου συγκόλλησης στη γραμμή αναφοράς είναι κάθετη επί αυτής. Η θέση του συμβόλου στο επάνω μέρος ή κάτω μέρος της γραμμής αναφοράς καθορίζει τη θέση της συγκόλλησης όπως φαίνεται στο παρακάτω παράδειγμα.

Προοπτική Σχεδίαση	Συμβολική Παράσταση	Παρατηρήσεις
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Το σύμβολο συγκόλλησης V είναι στο επάνω μέρος της γραμμής αναφοράς</li> <li>Η συγκόλληση βρίσκεται από την πλευρά που δείχνει το τόξο</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Το σύμβολο συγκόλλησης V είναι στο κάτω μέρος της γραμμής αναφοράς</li> <li>Η συγκόλληση βρίσκεται στη πίσω πλευρά από αυτήν που δείχνει το τόξο</li> </ul>
		<ul style="list-style-type: none"> <li>Το σύμβολο συγκόλλησης X βρίσκεται στη μέση της γραμμής αναφοράς</li> <li>Η συγκόλληση βρίσκεται και στις δύο πλευρές του ελάσματος</li> </ul>

Στον παρακάτω πίνακα δίνονται παραδείγματα σχεδιαστικής παρουσίασης των συγκολλήσεων.

Όνομασία	Σχεδιαστική παρουσίαση της συγκόλλησης		
	Προοπτική	Επεξηγηματική	Συμβολική
Συγκόλληση Μορφής V			

Παραδείγματα σχεδιαστικής παρουσίασης αυχενικών συγκολλήσεων

Όνομασία	Σχεδιαστική παρουσίαση των συγκολλήσεων		
	Προοπτική	Επεξηγηματική	Συμβολική
Αυχενική Συγκόλληση			

Άλλοι τρόποι σχεδιασμού των συγκολλήσεων (λεπτομερής σχεδίαση)

Προοπτική Σχεδίαση	Συμβολική παρουσίαση των Συγ/σεων	Σχεδίαση Λεπτομερειών Συγκολλήσεων

Παραδείγματα σχεδιαστικής παρουσίασης συγκολλήσεων πλήρους διείσδυσης

Όνομασία	Σχεδιαστική Παρουσίαση των συγκολλήσεων		
	Προοπτική	Επεξηγηματική	Συμβολική
Συγκόλληση Μορφής I			
Συγκόλληση Μορφής V Με συγκολλησιμότητες			
Συγκόλληση μορφής X			
Συγκόλληση μορφής K			

107

### Η παρουσίαση των διαστάσεων της συγκόλλησης

Οι διαστάσεις της συγκόλλησης, δηλαδή το πάχος και το μήκος τους, καθώς η διαμόρφωση των άκρων των προς συγκόλληση ελασιμάτων, καθορίζουν μία συγκόλληση και γι'αυτό αυτή η πληροφόρηση πρέπει να δίνεται στα κατασκευαστικά σχέδια.

#### A. Μετωπικές συγκολλήσεις (Σόκορο)

Το πάχος και το μήκος της συγκόλλησης τοποθετούνται επί της γραμμής αναφοράς. Όπως φαίνεται στα παρακάτω παραδείγματα, το πάχος τοποθετείται πριν το σύμβολο συγκόλλησης, το δε μήκος της μετά από αυτό.

Προοπτική σχεδίαση	Συμβολική σχεδίαση

108.

### B. Αυχενικές Συγκολλήσεις (Εξωραφές)

Το πάχος της εξωραφής όπως φαίνεται στα παρακάτω παραδείγματα τοποθετείται πριν το σύμβολο της γωνιακής συγκόλλησης, το δε μήκος μετά από αυτό.

Όνομασία	Παρουσίαση	Συμβολική Παρουσίαση	
		Εγκάρσια Τομή	Κάτοψη
Αμφίπλευρη Ανόμοια Αυχενική Συγκόλληση (Συνεχόμενη)			
Διακοπτόμενη Μονόπλευρη Αυχενική συγκόλληση			
Διακοπτόμενη Κατροπτική αμφίπλευρη Αυχενική συγκόλληση			
Διακοπτόμενη Αμφίπλευρη μη κατροπτική Αυχενική συγκόλληση (Ζικ-Ζακ)			

## Χρήσιμες Οδηγίες για τον προϋπολογισμό της προμήθειας των ηλεκτροδίων

Οδηγίες για τον υπολογισμό του βάρους του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού καθώς και ανάλυση των παραγόντων οι οποίοι επιδρούν στην αύξηση ή μείωση του όγκου του εναποτιθέμενου υλικού.

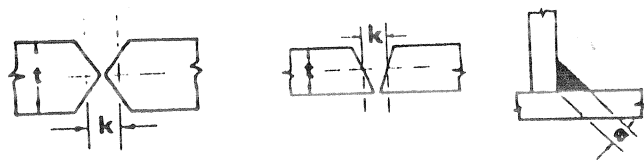
Ο προϋπολογισμός του βάρους του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού είναι αναγκαία εργασία γιατί διευκολύνει:

- I. Τον προϋπολογισμό του κόστους των αναλωσίμων υλικών της συγκόλλησης ήτοι των ηλεκτροδίων.
- II. Τον προϋπολογισμό των εργατοωρών και κατ' επέκταση του κόστους εκτέλεσης των συγκολλήσεων.
- III. Την παραγγελία και προμήθεια των ηλεκτροδίων.
- IV. Τον σωστό προγραμματισμό της παραγωγικής διαδικασίας και τήρηση του χρόνου παράδοσης των κατασκευών.

Για τον υπολογισμό του βάρους της συγκόλλησης είναι αναγκαίος ο υπολογισμός του θεωρητικού όγκου του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού που απαιτείται σε κάθε κατασκευή. Αυτό μπορεί να γίνει πολύ εύκολα με την χρήση της απλής γεωμετρίας λαμβάνοντας υπ' όψιν τις διαστάσεις της επιφάνειας τομής της συγκόλλησης ή των διαφόρων μορφών συγκόλλησης.

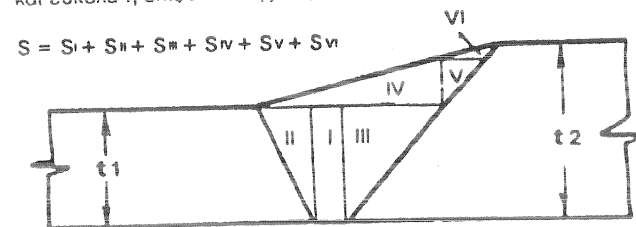
Θεωρητικός όγκος εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού (mm<sup>3</sup>) =  
Επιφάνεια τομής της συγκόλλησης (mm<sup>2</sup>) × Μήκος της συγκόλλησης (mm).

Η επιφάνεια τομής της συγκόλλησης S (mm<sup>2</sup>) για μετωπικές συγκολλήσεις (σκόρο) απλής μορφής υπολογίζεται κατά προσέγγιση πολλαπλασιάζοντας την μέση απόσταση των φρεζών της συγκόλλησης K (mm) επί το πάχος της συγκόλλησης (ή του ελάσματος) l (mm), όπως φαίνεται στο σχήμα 1α & 1β. Η επιφάνεια τομής αυχενικών συγκολλήσεων (εξωραφών) υπολογίζεται από το επιθυμητό μέγεθος της συγκόλλησης όπως φαίνεται στο σχήμα 1γ. Το εμβαδόν αυτής της επιφάνειας είναι S=a' (mm<sup>2</sup>).



Σχήμα Νο 1. Μέθοδος υπολογισμού κατά προσέγγιση της επιφάνειας των συγκολλήσεων

Σε περίπτωση όπου είναι δύσκολο να υπολογισθεί η μέση απόσταση των φρεζών της συγκόλλησης όπως είναι στο σχήμα Νο 2, λόγω μη ομοιομορφίας ή λόγω μεγαλύτερης ακρίβειας του υπολογισμού, τότε η επιφάνεια τομής της συγκόλλησης μπορεί να χωριστεί σε μικρά γεωμετρικά σχήματα όπως φαίνεται στο σχήμα Νο 2 και κατόπιν με απλούς γεωμετρικούς υπολογισμούς μπορεί να υπολογισθεί γρήγορα και εύκολα η επιφάνεια της συγκόλλησης



$$S = S_I + S_{II} + S_{III} + S_{IV} + S_V + S_{VI}$$

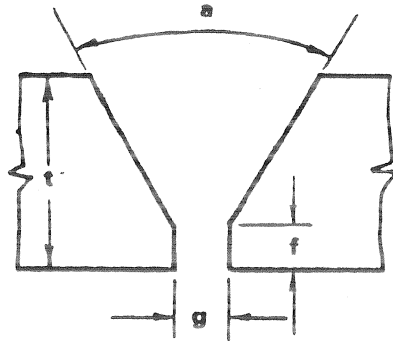
Σχήμα Νο 2. Μεθοδολογία υπολογισμού της επιφάνειας τομής συγκόλλησης ελασμάτων διαφορετικού πάχους

Εφ' όσον έχει υπολογισθεί ο όγκος της συγκόλλησης το βάρος αυτής βρίσκεται πολλαπλασιάζοντας τον όγκο με το ειδικό βάρος του χάλυβα, ο οποίος είναι 8 g/cm<sup>3</sup> (7.87 g/cm<sup>3</sup>). Για τον υπολογισμό του βάρους των ηλεκτροδίων, τα οποία είναι αναγκαία για την συγκόλληση, θα πρέπει να ληφθούν υπ' όψη τα παρακάτω:

Οι συγκολλήσεις είναι δύσκολο να κατασκευασθούν όπως έχουν σχεδιασθεί. Υπάρχει πάντα μία μικρή απόκλιση στην γεωμετρία της συγκόλλησης η οποία εξαρτάται από την τεχνική και τον έλεγχο που εφαρμόζεται στις παραγωγικές διαδικασίες που ακολουθούνται σε κάθε εργοστάσιο, εργοτάξιο ή αλλού. Οι βασικές αιτίες απόκλισης στην γεωμετρία της συγκόλλησης και οι οποίες επιρραζούν αισθητά τον όγκο του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού είναι η διαμόρφωση των φρεζών, το μοντάρισμα των ελασμάτων και η εκτέλεση των συγκολλήσεων.

### 1. Η διαμόρφωση των φρεζών

Όπως φαίνεται στον πίνακα I η παρέκκλιση της γωνίας της φρέζας παίζει μεγάλο ρόλο. Παραδείγματος χάριν για έλασμα πάχους 8 mm και φρέζα α = 50° το θεωρητικό εναποτιθέμενο βάρος της συγκόλλησης είναι 480 g/m, ενώ με φρέζα γωνίας α = 60° το βάρος είναι 420 g/m, ήτοι παρατηρούμε αύξηση του όγκου του εναποτιθέμενου υλικού της τάξης 14.3%. Στο σχήμα Νο 3 επίσης παρατηρούμε ότι αύξηση της γωνίας της φρέζας από α = 60° σε α = 70° δημιουργεί αύξηση του σχετικού όγκου της συγκόλλησης κατά 21%.



l	g	a	Σχετικός όγκος %
0.25l	0	60°	100
0.125l	0	60°	117
0.25l	0	70°	121
0.25l	0.25l	60°	158

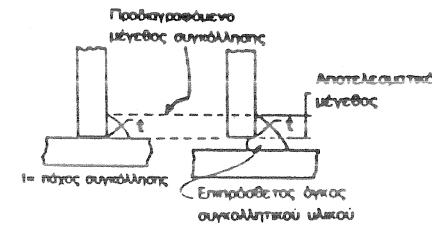
- a: Γωνία της φρέζας
- l: Πάχος του ελάσματος
- g: Διάκενο της ρίζας
- f: Ύψος του αδιαμόρφωτου πάχους της φρέζας

Σχήμα Νο 3. Η επίδραση των μεταβλητών διαστάσεων της διαμόρφωσης των άκρων των ελασμάτων (φρέζας) στο εναποτιθέμενο σχετικό όγκο της συγκόλλησης

Κατά την συγκόλληση με ηλεκτρόδια η γωνία διαμόρφωσης της φρέζας πρέπει να είναι 60°. Όταν η φρέζα είναι μεγαλύτερη των 60° δημιουργείται άσκητη αύξηση του όγκου της συγκόλλησης. Όταν η γωνία της φρέζας είναι μικρότερη των 60° τότε το ηλεκτρόδιο αφ' ενός δεν μπορεί να πλησιάσει εύκολα στην περιοχή της ρίζας και αφ' ετέρου δεν μπορεί να τοποθετηθεί σωστά με αποτέλεσμα εκτός της δημιουργίας σφαλμάτων στην περιοχή της ρίζας να δημιουργούνται και σφάλματα ατελούς σύντηξης στις πλευρές της φρέζας. Το ύψος του αδιαμόρφωτου πάχους της φρέζας l κατασκευάζεται σε συνάρτηση με το πάχος του ελάσματος καθώς και του διακένου της ρίζας, συνήθως είναι τόσο όσο είναι και το άνοιγμα του διακένου της ρίζας g (σχήμα Νο. 3). Μείωση του ύψους l από 0.25l σε 0.125l δημιουργεί αύξηση κατά 17% του εναποτιθέμενου σχετικού όγκου.

## 2. Το μοντάρισμα

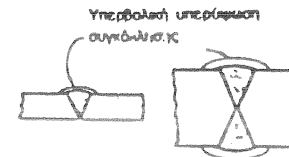
Το μοντάρισμα των ελασμάτων πρέπει να γίνεται σωστά έτσι ώστε όχι μόνο τα άκρα των ελασμάτων να ευρίσκονται στο ίδιο επίπεδο αλλά και να δημιουργείται ομοιόμορφο διάκενο της ρίζας και διατήρησης αυτού σε όλο το μήκος της συγκόλλησης. Όπως φαίνεται στο σχήμα Νο. 3 αύξηση του διακένου της ρίζας δημιουργεί δραματική αύξηση του όγκου του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού. Διάκενο στην περιοχή της ρίζας πρέπει πάντα να υπάρχει για να γίνεται δυνατή η δημιουργία συγκόλλησης πλήρους διείδυσης. Αύξηση του όγκου της συγκόλλησης δεν δημιουργείται μόνο λόγω μη σωστού μονταρίσματος στις μετωπικές συγκολλήσεις αλλά και στις αυχενικές συγκολλήσεις όπως φαίνεται στο σχήμα Νο. 4. Η αύξηση του όγκου του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού σε αυτή την περίπτωση είναι πολύ μεγάλη και πολλές φορές ξεπερνάει το 100% του θεωρητικού όγκου του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού.



Σχήμα Νο 4. Η επίδραση λανθασμένου μονταρίσματος στον όγκο του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού κατά την εκτέλεση αυχενικών συγκολλήσεων.

## 3. Η εκτέλεση των συγκολλήσεων

Κατά την εκτέλεση των συγκολλήσεων ένα από τα πιο συνηθισμένα σφάλματα τα οποία γίνονται και τα οποία έχουν σαν αποτέλεσμα την αύξηση αδικαιολόγητα του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού, είναι η υπερβολική υπερύψωση της συγκόλλησης σχήμα Νο. 5.



Σχήμα Νο. 5. Υπερβολική υπερύψωση της συγκόλλησης

Η υπερβολική υπερύψωση της συγκόλλησης δεν αυξάνει μόνο τον όγκο του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού αλλά ελαττώνει την ανταχή της συγκόλλησης σε εναλλασσόμενα φορτία (καταπόνηση). Όπως φαίνεται στους πίνακες Νο. I, Νο. II και Νο. III η υπερύψωση των μετωπικών συγκολλήσεων μπορεί να αυξήσει μέχρι και 60% τον όγκο του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού για μικρού πάχους ελάσματα και μέχρι 20% για μεγάλου πάχους ελάσματα, γιαυτόν τον λόγο η υπερύψωση της συγκόλλησης θα πρέπει να ελέγχεται. Το ίδιο ισχύει και για τις συνεχικές συγκολλήσεις όπου όπως φαίνεται στον πίνακα Νο. IV υπερύψωση ενός και μόνο χιλιοστού συγκόλλησης, για μεν τις μικρού πάχους συγκολλήσεις δημιουργεί αύξηση του όγκου του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού κατά 70%, για δε τις μεγάλου πάχους συγκολλήσεις το ποσοστό αύξησης του όγκου είναι της τάξης του 15%.

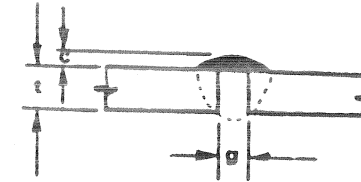
Εφ' όσον ο τεχνικός έχει υπολογίσει τον θεωρητικό όγκο του αναγκαίου συγκολλητικού υλικού, τότε θα πρέπει να τον προσαυξήσει ανάλογα με τις συνθήκες εργασίας και το πάχος των προς συγκόλληση ελασμάτων που έχει, κατά 20-40% για να επιτύχει κατ' αυτόν τον τρόπο μία καλή προσέγγιση στον πραγματικό εναποτιθέμενο όγκο του συγκολλητικού υλικού που απαιτείται για την κατασκευή. Εκτός του αναλυτικού υπολογισμού, ο οποίος αρχικά αναφέρθηκε, το πραγματικό βάρος της συγκόλλησης μπορεί να υπολογισθεί με την βοήθεια των επισυναπτόμενων πινάκων Νο. I, Νο. II, Νο. III, και Νο. IV.

Για την παραγγελία και προκοστολόγηση των ηλεκτροδίων που είναι αναγκαία για την συγκόλληση, ο τεχνικός εκτός από την γνώση του βάρους του εναποτιθέμενου αναγκαίου συγκολλητικού υλικού θα πρέπει να γνωρίζει και τα εξής:

α. Τα ηλεκτρόδια αποτελούνται από τον μεταλλικό τους πυρήνα και την επένδυσή τους. Με την δημιουργία του τόξου της συγκόλλησης συγκολλητικό υλικό εναποτίθεται από την τήξη του πυρήνα καθώς και της επένδυσης, εάν αυτή περιέχει σκόνη σιδήρου ή άλλα μεταλλικά στοιχεία. Ηλεκτρόδια απόδοσης ως 120% εναποθέτουν με την τήξη της επένδυσης τους περίπου επιπλέον 20% συγκολλητικό υλικό. Η τήξη της επένδυσης δημιουργεί αέρια και πάστα η οποία επικαλύπτει και προστατεύει την συγκόλληση, επομένως ένα μέρος του αρχικού βάρους του ηλεκτροδίου το οποίο μπορεί να είναι της τάξης 5-10% δεν είναι εναποτιθέμενο συγκολλητικό υλικό. Το ποσοστό του βάρους του ηλεκτροδίου το οποίο δεν είναι εναποτιθέμενο συγκολλητικό υλικό εξαρτάται από τον τύπο και το είδος της επένδυσης του ηλεκτροδίου, ήτοι εάν είναι ελαφριάς ή βαριάς επένδυσης, ή Ρουτίλιου, Κυτταρίνης, βασική ή άλλου τύπου.

β. Κατά την συγκόλληση οι ηλεκτροσυγκολλητές δεν είναι δυνατόν να καταναλώσουν όλο το μήκος του ηλεκτροδίου. Συνήθως ένα τμήμα

του ηλεκτροδίου μήκους περίπου 4-7 cm πετιέται και δεν εναποτίθεται. Αυτό σημαίνει για ηλεκτρόδια μήκους 25 cm δημιουργείται απώλεια, λόγω αυτής της αιτίας, της τάξης του 16%, για ηλεκτρόδια μήκους 35 cm δημιουργείται απώλεια συγκολλητικού υλικού της τάξης 11.5% και για ηλεκτρόδια μήκους 45 cm δημιουργείται η μικρότερη απώλεια της τάξης 9%. Κατόπιν των παραπάνω το βάρος των ηλεκτροδίων τα οποία απαιτούνται για μία κατασκευή εξαρτάται από το πραγματικό βάρος του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού προσαυξημένο περίπου κατά 14 έως 20%.

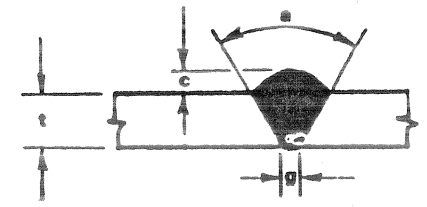
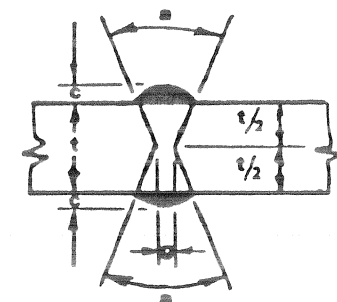


Πάχος Ελάσματος t (mm)	Διάκενο Ριζας g (mm)	Βάρος συγκόλλησης (g/m)	
		c = Υπερύψωση συγκόλλησης c = 0,5 mm	c = 1,0 mm
1,0	0,3	17	25
1,5	0,5	30	35
2,0	2,0	44	50
3,0	2,0	54	90
4,0	2,5	91	97

Πίνακας I. Πίνακας βάρους μετωπικών συγκολλήσεων μήκους ενός μέτρου, ελασμάτων μικρού πάχους, χωρίς διαμόρφωση των άκρων



Γίδας (Ελάσματος)	Διάκενο Ρίζας g (mm)	$\alpha=60^\circ$						$\alpha=50^\circ$						$\alpha=40^\circ$					
		Θεωρητ. Βάρος συγκόλλησης w (g/m)	Βάρος συγκόλλησης (g/m)			Θεωρητ. Βάρος συγκόλλησης w (g/m)	Βάρος συγκόλλησης (g/m)			Θεωρητ. Βάρος συγκόλλησης w (g/m)	Βάρος συγκόλλησης (g/m)								
			c = 0 mm	1.5 mm	2.0 mm		c = 0 mm	1.5 mm	2.0 mm		c = 0 mm	1.5 mm	2.0 mm						
t (mm)			με υπερμωση c				με υπερμωση c				με υπερμωση c								
4	3.0	135	170	180	210	120	180	170	180	110	140	140	170						
6	3.0	160	240	260	300	170	210	230	250	150	180	210	230						
8	3.0	200	310	330	380	230	270	290	320	200	240	260	290						
10	3.0	250	400	420	480	300	350	370	400	270	310	330	360						
12	3.0	300	500	520	580	380	430	450	480	350	390	410	440						
14	3.0	350	600	620	680	460	510	530	560	430	470	490	520						
16	3.0	400	700	720	780	540	590	610	640	510	550	570	600						
18	3.0	450	800	820	880	620	670	690	720	590	630	650	680						
20	3.0	500	900	920	980	700	750	770	800	670	710	730	760						
22	3.0	550	1000	1020	1080	780	830	850	880	750	790	810	840						
24	3.0	600	1100	1120	1180	860	910	930	960	830	870	890	920						
26	3.0	650	1200	1220	1280	940	990	1010	1040	910	950	970	1000						
28	3.0	700	1300	1320	1380	1020	1070	1090	1120	990	1030	1050	1080						
30	3.0	750	1400	1420	1480	1100	1150	1170	1200	1070	1110	1130	1160						
32	3.0	800	1500	1520	1580	1180	1230	1250	1280	1150	1190	1210	1240						
34	3.0	850	1600	1620	1680	1260	1310	1330	1360	1230	1270	1290	1320						
36	3.0	900	1700	1720	1780	1340	1390	1410	1440	1310	1350	1370	1400						
38	3.0	950	1800	1820	1880	1420	1470	1490	1520	1390	1430	1450	1480						
40	3.0	1000	1900	1920	1980	1500	1550	1570	1600	1470	1510	1530	1560						



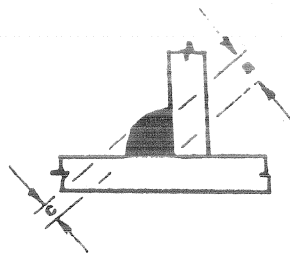
Πίνακας II. Πίνακας βάρους μετωπικών συγκολλήσεων μήκους ενός μέτρου, ελασμάτων μεσαίου πάχους με διαμόρφωση φρέζα μορφής V

112

Πάχος Ελάσματος t (mm)	Διάκενο Ρίζας g (mm)	Βάρος συγκόλλησης (g/m)			
		c = Υπερμωση συγκόλλησης			
		c = 0 mm	c = 1 mm	c = 1.5 mm	c = 2.0 mm
14	3	607	700	750	800
15	3	671	770	820	860
16	3	739	840	890	930
18	3	882	990	1050	1100
20	3	1042	1150	1210	1270
22	3	1202	1320	1380	1440
24	3	1379	1500	1560	1620
26	3	1567	1690	1760	1830
28	3	1767	1910	1990	2060
30	3	1978	2130	2200	2280
32	3	2201	2370	2440	2530
34	3	2434	2600	2690	2770
36	3	2679	2860	2940	3030
38	3	2935	3120	3210	3300
40	3	3202	3390	3490	3590

Πίνακας III. Πίνακας βάρους μετωπικών συγκολλήσεων μήκους ενός μέτρου, μεσαίου και μεγάλου πάχους με διαμόρφωση φρέζας μορφής X

112



Παχος Συγκόλ a (mm)	Βαρος συγκόλλησης (g/m) c = Υπερωώσης συγκολ		
	c = 0 (mm)	c = 0.5 mm	c = 1.0 mm
2.0	31.4	41.6	52.6
2.5	49.5	62.8	75.4
3.0	70.6	86.4	102
3.5	96.5	115	133
4.0	126	147	167
4.5	160	183	206
5.0	196	222	249
5.5	238	264	295
6.0	283	312	346
7.0	385	422	458
8.0	502	544	586
10.0	785	838	889

Πίνακας IV. Πίνακας βάρους συχενικών συγκολλήσεων μήκους ενός μέτρου

113.

## Η ΑΠΟΘΗΚΕΥΣΗ ΚΑΙ ΤΟ ΣΤΕΓΝΩΜΑ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ

Η επιτυχία της συγκόλλησης με ηλεκτρόδιο εξαρτάται κυρίως από την ποιότητα της επένδυσης του ηλεκτροδίου. Επειδή η επένδυση παίζει πάρα πολύ σοβαρό ρόλο στην ποιότητα της συγκόλλησης, δεν πρέπει ποτέ να γίνεται προσπάθεια συγκόλλησης εφ' όσον παρατηρηθεί ότι αυτή έχει κτυπηθεί, με αποτέλεσμα να έχει αποκολληθεί σε ένα ή περισσότερα σημεία.

Εάν η επένδυση των ηλεκτροδίων είναι υγρή ή περιέχει υγρασία, αυτό έχει σαν αποτέλεσμα την μείωση της απόδοσης αυτού (μείωση της παραγωγικότητας και της ποιότητας συγκόλλησης).

Η υπερβολική παρουσία υγρασίας στην επένδυση των ηλεκτροδίων μπορεί να γίνει γνωστή στον ηλεκτροσυγκολλητή από:

- Το άγριο βολταϊκό τόξο
- Το υπερβολικό πτασίωμα (εκτόξευση σταγονιδίων μετάλλου συγκόλλησης)
- Την δημιουργία επιφανειακών πόρων.
- Την ρηγιμάτωση του άκρου της επένδυσης του ηλεκτροδίου, φούσκωμα καθώς και αποσύνθεση της επένδυσης.
- Την μεγάλη τάση του τόξου.
- Την δημιουργία μεμονωμένων ή συνεχόμενων εσωτερικών πόρων καθώς οχημάτων στην θερμοεπιρραζόμενη ζώνη.

Είναι αναγκαίο επομένως τα ηλεκτρόδια να διατηρούνται σε ένα στεγνό, καλά αεριζόμενο αποθηκευτικό χώρο, κατά προτίμηση θερμαινόμενο και ελεγχόμενο, έτσι ώστε η υγρασία του χώρου αυτού να είναι μικρότερη του περιβάλλοντος.

Όταν τα ηλεκτρόδια απομακρυνθούν από την αποθήκη, όπως είναι φυσικό, απορροφούν υγρασία από τον ατμοσφαιρικό αέρα, για αυτό θεωρείται πολύ καλή πρακτική η επιστροφή των ηλεκτροδίων τα οποία δεν χρησιμοποιήθηκαν στην αποθήκη, έτσι ώστε να μειωθεί στο ελάχιστο η απορρόφηση υγρασίας και να διατηρηθεί κατ' αυτόν τον τρόπο η καλή τους ποιότητα.

### Τα ηλεκτρόδια Ρουτιλίου

Τα ηλεκτρόδια με επένδυση Ρουτιλίου, τα οποία είναι κατάλληλα για την συγκόλληση των μαλακών χαλύβων, αναγνωρίζονται κατά την τυποποίησή τους από τους οργανισμούς ISO, DIN, BS κ.ά. από το χαρακτηριστικό γράμμα R (Rutile). Τα ηλεκτρόδια αυτά συνήθως αποδέχονται ένα περιορισμένο ποσοστό υγρασίας στην επένδυση τους και μπορούν να υποστούν μία πολύ μικρή ελάττωση των ιδιοτήτων τους εάν ξηραθούν πέραν του κανονικού.

### Τα ηλεκτρόδια Κυτταρίνης

Τα ηλεκτρόδια με επένδυση Κυτταρίνης έχουν ανάγκη να συγκρατούν στην επένδυσή τους ένα περιορισμένο ποσοστό υγρασίας για να μπορούν να δώσουν ικανοποιητικά αποτελέσματα κατά την συγκόλληση. Εάν τα ηλεκτρόδια αυτά υπερξηραθούν τα οργανικά στοιχεία τα οποία ευρίσκονται στην επένδυση καταστρέφονται με αποτέλεσμα να χάνουν βασικές από τις ιδιότητές τους, όπως είναι, η μείωση της τάσης του τόξου, καθώς και η μείωση της ταχυτητας συγκόλλησης.

### Τα βασικά ηλεκτρόδια

Τα βασικά ηλεκτρόδια, τα οποία επίσης ονομάζονται ηλεκτρόδια χαμηλής περιεκτικότητας σε Υδρογόνο, πρέπει ιδιαίτερα να ψήνονται σε φούρνους κατά την κατασκευή τους καθώς και πριν από την χρήση τους, έτσι ώστε να εξασφαλίζεται η χαμηλή περιεκτικότητα υγρασίας στην επένδυσή τους. Με την έκθεσή τους στον ατμοσφαιρικό αέρα τα βασικά ηλεκτρόδια, απορροφούν πολύ γρήγορα υγρασία και γιαυτό τον λόγο τα ηλεκτρόδια αυτού του τύπου πρέπει να αποθηκεύονται σε ξηρούς αποθηκευτικούς χώρους, να ξηραίνονται και να διατηρούνται πριν την χρήση τους σε πολύ καλή κατάσταση.

### Τα ανοξειδωτά και τα μη σιδηρούχα ηλεκτρόδια

Τα ηλεκτρόδια αυτού του τύπου απαιτείται να ξηραίνονται πολύ καλά, ιδίως όταν είναι αναγκαία πολύ καλή ποιότητα ραδιογράφισης. Ηλεκτρόδια με υγρασία αυτού του τύπου συνήθως δημιουργούν συγκολλήσεις οι οποίες έχουν πόρους, το τόξο συγκόλλησης είναι άγριο και παρατηρείται μεγάλη εκτόξευση σταγονιδίων υλικού.

### Ηλεκτρόδια αλουμινίου και κραματώσεων αλουμινίου

Η επένδυση αυτού του τύπου των ηλεκτροδίων είναι υγροσκοπική και σε περίπτωση κατά την οποία υγραθούν υπάρχει η πιθανότητα να προβληθεί χημικά ο πυρήνας του ηλεκτροδίου. Επομένως είναι αναγκαίο τα ηλεκτρόδια αυτά να αποθηκεύονται κάτω από συνθήκες ελεγχόμενου ξηρού περιβάλλοντος.

Για την αποξήρανση τους θα πρέπει να ακολουθηθεί η διαδικασία αποξήρανσης η οποία ακολουθείται για τα ανοξειδωτά και τα μη σιδηρούχα ηλεκτρόδια.

### Αποθήκευση

Τα ηλεκτρόδια πρέπει να αποθηκεύονται σε ένα ξηρό, καλά αεριζόμενο και θερμαινόμενο αποθηκευτικό χώρο, όπου η υγρασία είναι χαμηλότερη του περιβάλλοντος. Προτιμητέα είναι η αποθήκευση των ηλεκτροδίων επάνω σε παλέτες ή ράφια. Καλή πρακτική είναι επίσης η επιστροφή στην αποθήκη όλων αυτών των ηλεκτροδίων τα οποία δεν χρησιμοποιήθηκαν, έτσι ώστε να μην παραμείνουν στον

εργοστασιακό ή άλλο χώρο έκθετο στο περιβάλλον από το οποίο μπορούν πολύ εύκολα να απορροφήσουν υγρασία. Οι ιδανικές συνθήκες αποθήκευσης είναι ένας αποθηκευτικός χώρος του οποίου η θερμοκρασία είναι κατά 2°C πάνω από την εξωτερική θερμοκρασία του περιβάλλοντος και η υγρασία να είναι στα όρια μεταξύ 0 έως +60%. Με την προϋπόθεση ότι τα ηλεκτρόδια είναι αποθηκευμένα κάτω από αυτές τις συνθήκες, τότε υπάρχει η βεβαιότητα ότι αυτά δεν πρόκειται να υποστούν καμία απολύτως αλλοίωση στην επένδυση τους και κατ' επέκταση στις ιδιότητές τους καθ' όλο το διάστημα πριν από την χρήση τους.

### Επαναξήρανση των ηλεκτροδίων.

Οι ιδανικότερες συνθήκες επαναξήρανσης των ηλεκτροδίων είναι ηλεκτρικοί φούρνοι όπου τα ηλεκτρόδια μπορούν να τοποθετηθούν αραδιά έτσι ώστε ο ζεστός αέρας να μπορεί να κυκλοφορεί ελεύθερα γύρω τους.

Τα ηλεκτρόδια βεβαίως πριν τοποθετηθούν στον φούρνο θα πρέπει να αφαιρεθούν μέσα από τα πακέτα στα οποία αρχικά βρίσκονται. Εάν αυτό δεν γίνει η υγρασία την οποία τυχόν έχουν απορροφήσει δεν μπορεί να απομακρυνθεί εντελώς και ξανααπορροφάται όταν τα ηλεκτρόδια κρυώσουν. Οι χρόνοι ξήρανσης μπορούν να αυξηθούν από τους προδιαγεγραμμένους σε περίπτωση κατά την οποία δεν είναι δυνατή η εύκολη κυκλοφορία του ζεστού αέρα μέσα στους φούρνους, είτε λόγω του ότι ο φούρνος περιέχει πολλά ηλεκτρόδια, είτε λόγω του ότι τα ηλεκτρόδια είναι πάρα πολύ κοντά σπιβαγμένα. Εάν τα ηλεκτρόδια έχουν βραχεί και είναι αναγκαία η πολύ καλή ξήρασή τους πριν την χρήση τους, οι χρόνοι ξήρανσης μπορούν να επεκταθούν όσο αυτό θεωρηθεί ότι είναι αναγκαίο. Οι χρόνοι ξήρανσης επίσης αλλάζουν σε μικρό ποσοστό επηρεαζόμενοι από την διάμετρο του ηλεκτροδίου, π.χ. μικρής διαμέτρου ηλεκτρόδια χρειάζονται μικρότερους χρόνους ξήρανσης απ' ότι ηλεκτρόδια μεγάλης διαμέτρου.

Ένας πρακτικός τρόπος για να βρίσκει κανείς πότε ένα ηλεκτρόδιο είναι υγρό και κατ' επέκταση εάν χρειάζεται στεγνώμα (επαναξήρανση) ή όχι είναι η αναταραχή μερικών ηλεκτροδίων ανάμεσα στα χέρια του. Τα στεγνά ηλεκτρόδια κατά το ανατάραγμα δημιουργούν ένα σκληρό μεταλλικό ήχο, ενώ τα υγρά δημιουργούν ένα βαρύτερο βαθύ ήχο. Αυτό είναι και μόνο ένας οδηγός, πέρα από αυτό εάν υπάρχει και η πιο μικρή υποψία η επαναξήρανση τότε πρέπει να γίνει οπωσδήποτε. Ηλεκτρόδια των οποίων η επένδυση έχει θρυμματισθεί λόγω κακής μεταχείρισης ή άλλων αιτιών θα πρέπει να αχρηστευθούν και να μη χρησιμοποιηθούν.

### Προτεινόμενοι χρόνοι επαναξήρανσης των ηλεκτροδίων.

Τύποι ηλεκτροδίου	Από την αποθήκη	Εάν έχουν υγρασία	Εάν είναι υγρά
Κυτταρίνης	Δεν χρειάζεται επαναξήρανση	Δεν χρειάζεται επαναξήρανση	110°C/10-20 min
Ρουτίλιου	Δεν χρειάζεται επαναξήρανση	110°C/1/2 - 1 hr	110°C/1-3 hr
Σκόνης σιδήρου	150°C/1/2 - 1 hr*	150°C/1/2 - 1 hr	150°C/1-3 hr
Ανοξειδωτά	250°C/1/2 - 1 hr*	250°C/1/2 - 1 hr	250°C/1-3 hr
Βασικά - Τύπου Β Ø	150°C/1 hr	150°C/1 hr	150°C/2 hr
Βασικά - Τύπου C Ø	250°C/1 hr	250°C/1 hr	250°C/2 hr
Βασικά - Τύπου D Ø	450°C/1 hr	450°C/1 hr	450°C/2 hr

\* Χρησιμοποιείστε τα ηλεκτρόδια χωρίς επαναξήρανση εάν είναι δυνατό. Σε περίπτωση που είναι επιθυμητή πολύ καλή ποιότητα και αποφυγή δημιουργίας πόρων, συνιστάται επαναξήρανση + Μερικά ηλεκτρόδια του τύπου D μπορούν να επαναξηραθούν στους 350°C.

Ø BS 5135 τύπος Β = 10 έως 15 ml H<sub>2</sub>/100 g συγκολλητικού υλικού  
 BS 5135 τύπος C = 5 έως 10 ml H<sub>2</sub>/100 g συγκολλητικού υλικού  
 BS 5135 τύπος D = 5 ml H<sub>2</sub>/100 g συγκολλητικού υλικού

### Σημείωση:

Μεγαλύτεροι χρόνοι καθώς και επανάληψη πολλές φορές της ξήρανσης των ηλεκτροδίων σε μεγάλες θερμοκρασίες μπορούν να βλάψουν την επένδυση των ηλεκτροδίων. Μην αφήνεται τα ηλεκτρόδια στους φούρνους για χρονικά διαστήματα μεγαλύτερα απ' ό,τι χρειάζεται. Μην επαναξηράνετε ηλεκτρόδια πάνω από τρεις φορές.



### Η ταξινόμηση των ηλεκτροδίων

Σε κάθε χώρα η τυποποίηση των ηλεκτροδίων είναι αναγκαία γιατί κατ' αυτόν τον τρόπο δίνεται η δυνατότητα στους μηχανικούς να τα επιλέγουν ανάλογα με τα μέταλλα που πρόκειται να συγκολληθούν. Οι διεθνείς τυποποιήσεις, δια μέσου των οποίων ταξινομούνται τα αναλώσιμα επενδεδυμένα ηλεκτρόδια κατάλληλα για την συγκόλληση των χαλύβων με ηλεκτροκόπτο τόξο, μπορούν να χωριστούν σε τρία συστήματα:

- I. Το σύστημα τυποποίησης, το οποίο έχει υιοθετηθεί κυρίως στην Ευρώπη, το οποίο είναι παρόμοιο αυτό του ISO και χρησιμοποιείται σε προδιαγραφές στην Γαλλία, Γερμανία και Αγγλία
- II. Το σύστημα τυποποίησης το οποίο χρησιμοποιείται στην Αμερική (AWS/ASTM) και
- III. Το σύστημα τυποποίησης το οποίο χρησιμοποιείται στην Ιαπωνία.

Στην χώρα μας τα πιο γνωστά χρησιμοποιούμενα συστήματα τυποποίησης των ηλεκτροδίων είναι το Εγγλέζικο και το Γερμανικό τα οποία είναι όμοια σε γενικές γραμμές και το Αμερικάνικο σύστημα της AWS/ASME.

Σε όλα τα προαναφερθέντα συστήματα οι Μηχανικές Ιδιότητες οι οποίες καθορίζονται, αναφέρονται στις μηχανικές ιδιότητες του εναποτιθέμενου υλικού συγκόλλησης και μόνον σε θέση εργασίας πλάκα. Ιδιαίτερη προσοχή θα πρέπει να δοθεί στο ότι αυτές οι ιδιότητες μπορεί να έχουν μικρή σχέση με εκείνες τις οποίες έχει μία συγκόλληση στην πράξη. Αυτό κυρίως οφείλεται στο ότι οι μηχανικές ιδιότητες επηρεάζονται από τις ιδιότητες του μετάλλου της βάσης και του ποσοστού πρόσμιξης με το συγκολλητικό υλικό, καθώς και από άλλους παράγοντες όπως είναι η θέση συγκόλλησης, ο αριθμός των πάσων, της τεχνικής συγκόλλησης (ήτοι: τραβηχτά κορδόνια ή κορδόνια με ταλάντωση)

καθώς και την θερμική εισαγωγή κατά την συγκόλληση (ήτοι: προθέρμανση, ένταση και τάση ρεύματος συγκόλλησης κ.λπ.). Εκτός από την χρήση των μηχανικών ιδιοτήτων του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού για την εξακρίβωση της ποιότητας των ηλεκτροδίων, οι ιδιότητες και η τοποποίηση των ηλεκτροδίων χρησιμεύει και αποτελεί βοήθημα σε:

- Μελετητές, οι οποίοι εργάζονται σε τεχνικά γραφεία και δημιουργούν μελέτες έργων τα οποία θα κατασκευαστούν στη χώρα τους ή σε άλλες χώρες.
- Κατασκευαστές, οι οποίοι εργάζονται για την κατασκευή έργων, τα οποία μελετήθηκαν στη δικιά τους ή σε άλλες χώρες.
- Μηχανικούς συγκολλήσεων, οι οποίοι πρέπει να προδιαγράψουν εναλλακτικά προϊόντα, με κύριο στόχο την ελάττωση του κόστους.
- Αγοραστές ή τμήματα προμηθευτών, οι οποίοι πρέπει να αγοράσουν προϊόντα για την εκτέλεση κατασκευών, οι οποίες δεν μελετήθηκαν στη χώρα τους.
- Μηχανικούς, οι οποίοι ασχολούνται με την εφαρμογή ή ανάπτυξη νέων μεθόδων συγκόλλησης.

### A. Ταξινόμηση των ηλεκτροδίων βάση του Εγγλέζικου Οργανισμού Τυποποίησης BS (British Standards). BS 639: 1986

Βάσει αυτής της προδιαγραφής η ταξινόμηση των ηλεκτροδίων χωρίζεται σε δύο μέρη:

- I. Τα υποχρεωτικά στοιχεία ήτοι: Αντοχή σε εφελκυσμό & διαρροή. Αντοχή σε κρούση. Τυπο επένδυσης του ηλεκτροδίου και
- II. Τα επιπρόσθετα στοιχεία ήτοι: Απόδοση, θέση συγκόλλησης, χαρακτηριστικά του ρεύματος συγκόλλησης & ελεγχόμενη διαχύση υδρογόνου στην συγκόλληση.

Για την πλήρη επεξήγηση και κατανόηση παραθέτουμε το παρακάτω παράδειγμα Ηλεκτρόδιο Ferronox ταξινόμησης κατά BS 639: 1986 E 5144 BS 13031 H

II Υποχρεωτικά στοιχεία: Το γράμμα E (Electrode) συμβολίζει ότι πρόκειται για αναλώσιμο επενδεδυμένο ηλεκτρόδιο κατάλληλο για την συγκόλληση με ηλεκτροκόπτο τόξο. Ο αριθμός 51 προσδιορίζει τα όρια αντοχής (εφελκυσμού και ορίου διαρροής) ήτοι:

Προσδιορισμός 1ου & 2ου αριθμού	Αντοχή σε εφελκυσμό N/mm <sup>2</sup>	Ελάχιστα όρια διαρροής N/mm <sup>2</sup>
E 43XXX	430-550	330
E 51XXX	510-650	360

Ο αριθμός 44 καθορίζει την αντοχή σε κρούση

Προσδιορισμός 3ου αριθμ.	Θερμ. °C για 28J CVN
EXX0XX	Δεν προδιαγράφεται
EXX1XX	+20
EXX2XX	0
EXX3XX	-20
EXX4XX	-30
EXX5XX	-40

116.

Προσδιορισμός 4ου αριθ.	Θερμ. °C για 47J CVN
EKXX0X	Δεν προδιαγράφεται
EKXX1X	+20
EKXX2X	0
EKXX3X	-20
EKXX4X	-30
EKXX5X	-40
EKXX6X	-50
EKXX7X	-60
EKXX8X	-70

## Χαρακτηριστικά του ρεύματος συγκόλλησης 1

Αριθμός	Πολικότητα για DC (=)	Τάση Αναχτού Κυκλώματος για AC (~)
0	Δεν προδιαγράφεται	Δεν προδιαγράφεται
1	+ ή -	50
2	-	50
3	+	50
4	+ ή -	70
5	-	70
6	+	70
7	+ ή -	80
8	-	80
9	+	80

### Επένδυση - BB

EKXXXB	Βασική επένδυση
EKXXBB	Βασική επένδυση μεγάλης απόδοσης
EKXXC	Επένδυση κυτταρίνης
EKXXR	Επένδυση Ρουτίλιου
EKXXRR	Επένδυση Ρουτίλιου μεγάλης απόδοσης
EKXXS	Άλλοι τύποι επένδυσης

## Ελεγχόμενη διάχυση υδρογόνου στην συγκόλληση H

Το γράμμα H όταν αυτό εμφανίζεται στην ταξινόμηση του ηλεκτροδίου, προσδιορίζει ότι δεν διαχύεται περισσότερο από 15 ml υδρογόνου στα 100 g εναποτιθέμενου υλικού.

## II. Επιπρόσθετα στοιχεία

### Απόδοση 130

Η ονομαστική απόδοση του ηλεκτροδίου είναι ο λόγος του όγκου του εναποτιθέμενου συγκολλητικού υλικού προς τον όγκο του πυρήνα του ηλεκτροδίου που καταναλώθηκε για ένα συγκεκριμένο τύπο ηλεκτροδίου πολλαπλασιαζόμενο επί 100. Αυτό κυρίως σημαίνει ότι η επένδυση του ηλεκτροδίου περιέχει σκόνη σιδήρου ή άλλα κραματικά στοιχεία τα οποία εναποτίθενται σαν συγκολλητικό υλικό κατά την συγκόλληση.

### Θέση συγκόλλησης 3

- 1 Όλες θέσεις συγκόλλησης
- 2 Όλες θέσεις συγκόλλησης εκτός από κατεβατό
- 3 Πλάκα (επίπεδη) και συχνηκή οριζόντια
- 4 Πλάκα
- 5 Πλάκα, κατεβατό και συχνηκή οριζόντια
- 6 Κάθε άλλη θέση ή συνδυασμός θέσεων ο οποίος δεν περιλαμβάνεται παραπάνω

**B. Η ταξινόμηση του ηλεκτροδίου για την συγκόλληση των μη κραματωμένων καθώς και των ελαφρά κραματωμένων χαλύβων βάση του Γερμανικού Οργάνισμού τυποποίησης DIN**

**DIN 1913/Part 1 - 1976**

Η ταξινόμηση των ηλεκτροδίων κατά DIN 1913 βασίζεται στις προδιαγραφές ISO 2560/1973. Για την επεξήγηση των χαρακτηριστικών αριθμών και γραμμάτων, τα οποία χρησιμοποιούνται για την σήμανση και τυποποίηση του ηλεκτροδίου κατά DIN 1913, λαμβάνουμε σαν χαρακτηριστικό παράδειγμα ένα ηλεκτρόδιο π.χ. το E 51 32 RR11 160.

**1) E**

Το γράμμα E συμβολίζει ότι πρόκειται για επενδεδυμένο αναλώσιμο ηλεκτρόδιο (Electrode) συγκόλλησης με ηλεκτρικό τόξο.

2) Ο αριθμός 51 ήτοι οι δύο πρώτοι αριθμοί, προσδιορίζουν τα όρια αντοχής εφελκυσμού και ορίου διαρροής, ήτοι:

Προσδιορισμός του και 2ου αριθμ.	Αντοχή σε εφελκυσμό N/mm <sup>2</sup>	Ελάχιστο όριο διαρροής σε εφελκυσμό N/mm <sup>2</sup>
E 43XX	430-550	360
E 51XX	510-650	380

3) Ο αριθμός 3, ήτοι ο τρίτος, προσδιορίζει την επιμήκυνση και τις συνθήκες συνθήκες της ελάχιστης απορρόφησης σε κρούση ίση με 28 J. Ο χαρακτηριστικός αυτός αριθμός προσδιορίζεται ως εξής:

Προσδιορισμός 3ου αριθμού	Ελάχιστη επιμήκυνση % Lo=5d0 σε θερμοκρ. δωματ	Θερμοκρασία κατά την οποία επιτυγχ. ελάχιστη απορρόφηση σε κρούση ίση με 28J (Δοκιμιο ISO μορφή V) °C
0	Καμία απαίτηση	Καμία απαίτηση
1	22	0
3	24	-20
4	24	-30
5	24	-40

4) Ο αριθμός 2 ήτοι ο τέταρτος αριθμός προσδιορίζει τις συνθήκες της μεγαλύτερης απορρόφησης ενέργειας σε κρούση ίση με 47J.

Προσδιορισμός 4ου αριθμού	Θερμοκρασία κατά την οποία επιτυγχάνεται η μεγαλύτερη απορρόφηση ενέργειας 47J (Δοκιμιο ISO μορφή V) - °C
0	Καμία απαίτηση
1	+20
2	0
3	-20
4	-30
5	-40

5) Τα γράμματα RR καθώς και ο ένας ή οι δύο αριθμοί που ακολουθούν αυτά καθορίζουν το είδος της επένδυσης του ηλεκτροδίου καθώς και τη θέση συγκόλλησης, τον τύπο του ρεύματος που μπορεί να χρησιμοποιηθεί, καθώς και την πολικότητα του ηλεκτροδίου. Στον παρακάτω πίνακα I φαίνονται όλοι οι πιθανοί συνδυασμοί περιγραφόμενων χαρακτηριστικών ιδιοτήτων ενός ηλεκτροδίου.

**ΠΙΝΑΚΑΣ Νο 1**  
Ταξινόμηση ηλεκτροδίων (με βάση την επένδυση, την θέση συγκόλλησης και τον τύπο ρεύματος βάσει του DIN 1913 part 1-1976.

Αριθμός Ταξινόμησης	Είδος ηλεκτρ.	Θέση συγκόλ. Ανάλυση στον πίνακα 2	Τύπος του ρευμ. Ανάλυση στον πίνακα 3	Επένδυση ηλεκτροδίου
1	A1	1	5	Όξνη λεπτή
2	A2	1	5	Όξνη λεπτή
2	A2	1	5	Ρουτίλιου λεπτή
3	R3	2(1)	2	Ρουτίλιου μεσαία
3	R(c)3	1	2	Ρουτίλιου / Κυτταρίνης μεσαία
4	C4	1	0+(6)	Κυτταρίνης μεσαία
5	A5	2	5	Όξνη παχιά
6	RR6	2	2	Ρουτίλιου παχιά
6	RR(c)6	1	2	Ρουτίλιου παχιά/Κυτταρίνης
7	AR7	2	5	Ρουτίλιου / Όξνη παχιά
7	RR(B)7	2	2	Ρουτίλιου βασικά
8	RR(B)8	2	5	Ρουτίλιου βασικά + βασική
9	B9	1	0+(6)	Βασική βασικά
10	B(r)10	2	66	Βασική βασικά + Μη βασικά πρόσθετα
11	RR11	4(3)	5	Ρουτίλιου με ενισχύση ≥ 105%
11	AR11	4(3)	5	Ρουτίλιου / Όξνη με ενισχύση ≥ 120%
12	B12	4(3)	0+(6)	Βασική με ενισχύση ≥ 120%
12	B(r)12	4(3)	0+(6)	Βασική με βασικά ενισχύση ≥ 120%

118

Πίνακας Νο II: Σχετικός αριθμός προσδιορισμού της θέσης συγκόλλησης (Αναφέρεται στον πίνακα Νο. I)

Σχετικός αριθμός	Θέση συγκόλλησης	Χαρακτηρισμός της θέσης συγκόλ. κατά DIN 1912
1	Όλες οι θέσεις	w h s f a U
2	Όλες οι θέσεις εκτός από κατεβατό	w h s a U
3	Πλάκα (επίπεδη) & Οριζόντια εξωραφή	w
4	Πλάκα (επίπεδη)	h W

- 8) Μπορεί να συγκολληθεί με συνεχές ρεύμα και πολικότητα ηλεκτροδίου αρνητική, καθώς και με εναλλασσόμενο ρεύμα πηγής η οποία έχει ελάχιστη τάση ανοικτού κυκλώματος 70V
- 9) Είναι ηλεκτρόδιο μεγάλης απόδοσης και προσφέρει εναπόθεση υλικού 160%.

ΠΙΝΑΚΑΣ Νο III  
Σχετικός αριθμός προσδιορισμού τύπου και πολικότητας ρευματος συγκόλλησης. (Ο πίνακας αυτός αναφέρεται στον πίνακα I)

Συνεχές ή εναλλασσόμενο ρεύμα συγκόλλησης			Συνεχές ρεύμα συγκόλλησης	
Για εναλλασσόμενο ρεύμα - Ελάχιστη τάση ανοικτού κυκλώματος				
50 V	70 V	90 V		Πολικότητα ηλεκτρ.
1	4	7	0	Οποιαδ. πολικότητα
2	5	8	0 -	Αρνητική
3	6	9	0 +	Θετική

6) Ο αριθμός 160 αναφέρεται στο ποσοστό επί τοις εκατό (%) της απόδοσης του ηλεκτροδίου. Ο αριθμός αυτός είναι τριψήφιος και χρησιμοποιείται μόνο για μεγάλης απόδοσης ηλεκτρόδια.

Βάσει των παραπάνω το ηλεκτρόδιο με ταξινόμηση E 5132 RR11 160 κατά DIN 1913/1976 το οποίο έχουμε πάρει σαν παράδειγμα έχει τα παρακάτω χαρακτηριστικά:

- 1) Είναι ηλεκτρόδιο επενδεδυμένο κατάλληλο για την συγκόλληση με ηλεκτρικό τόξο
- 2) Έχει αντοχή σε εφελκυσμό 510 - 650 N/mm<sup>2</sup>
- 3) Έχει ελάχιστο όριο διαρροής 380 N/mm<sup>2</sup>
- 4) Έχει ελάχιστη επιμήκυνση 24% και αντοχή 28 J σε κρούση στους -20°C
- 5) Έχει αντοχή σε κρούση 47 J στους 0°C
- 6) Είναι ηλεκτρόδιο με παχέα επένδυση Ρουτίλιου
- 7) Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για συγκόλληση σε θέση πλάκα και ίσως και για την εκτέλεση αυχενικών συγκολλήσεων σε θέση οριζόντια/πλάκα.



## Γ. Η ταξινόμηση των ηλεκτροδίων συγκόλλησης ανθρακούχων χάλυβων

Ταξινόμηση των ηλεκτροδίων βάση των προδιαγραφών ΗΠΑ AWS A5.1 και ASTM A-233

Η μέθοδος ταξινόμησης των ηλεκτροδίων συγκόλλησης των ανθρακούχων χάλυβων βασίζεται στην χρήση ενός τετραψήφιου αριθμού του οποίου προηγείται το γράμμα Ε. (Electrode). Οι δύο πρώτοι αριθμοί εκφράζουν την ελάχιστη αντοχή σε εφελκυσμό του συγκολλητικού υλικού σε 1000 psi (λίμπρες ανά τετραγωνική ίντσα). Ο τρίτος αριθμός εκφράζει την θέση συγκόλλησης στην οποία το ηλεκτρόδιο είναι κατάλληλο για την δημιουργία ικανοποιητικής συγκόλλησης και ο τέταρτος αριθμός εκφράζει το είδος του ρεύματος συγκόλλησης που απαιτείται καθώς και τον τύπο της επένδυσης του ηλεκτροδίου. Παραδείγματος χάριν το ηλεκτρόδιο με ταξινόμηση Ε 7018 εκφράζει τα παρακάτω

ΕΧΧΧΧ: Επενδεδυμένο αναλώσιμο ηλεκτρόδιο συγκόλλησης με ηλεκτρικό τόξο

Ε70ΧΧ: Αντοχή του συγκολλητικού υλικού με εφελκυσμό 80.000 psi

Ε701Χ: Κατάλληλο για συγκόλληση σε όλες τις θέσεις εργασίας

Ε7018: Βασικού τύπου επένδυσης, με σκόνη σιδήρου - Είδος ρεύματος που απαιτείται: AC (-) ή DC (=) +/-

Η επεξήγηση των συνδυασμών των δύο τελευταίων αριθμών φαίνεται στον πίνακα Ι.

ΠΙΝΑΚΑΣ ΕΠΕΞΗΓΗΣΗΣ ΤΩΝ ΔΥΟ ΤΕΛΕΥΤΑΙΩΝ ΧΑΡΑΚΤΗΡΙΣΤΙΚΩΝ ΑΡΙΘΜΩΝ ΤΑΞΙΝΟΜΗΣΗΣ ΤΩΝ ΗΛΕΚΤΡΟΔΙΩΝ ΚΑΤΑ AWS/ASTM A-233

Ταξινόμηση AWS-ASTM	Τύπος επένδυσης	Θέση Συγκόλλησης	Είδος ρεύματος Πολικότητα	Χαρακτηριστικά
E XX 10	Κυτταρινής	Όλες	DC (=) +	Βαθια διείσδυση - Δυνατό τόξο - Λεπτή εύκολη αποκόλληση της πάστας
E XX 11	Κυτταρινής	Όλες	AC (-) ή DC (=) +	Παλύ όμοιο του E XX 10
E XX 12	Ρουτίλιου	Όλες	AC (-) ή DC (=) +	Μαυρο τόξο / - Καλή διείσδυση
E XX 13	Ρουτίλιου	Όλες	AC (-) ή DC (=) -	Σταθερό τόξο - Χυμνή τήση λειτουργίας - Λεπτόρευση εύκολα αποκόλλουσα πάστα
E XX 14	Ρουτίλιου	Όλες	AC (-) ή DC (=) +/-	Όμοια πιν E XX 12 & E XX 13 αλλά μεγαλύτερης αποδόσης
E XX 15	Βασικό	Όλες	DC (=) +	Κατάλληλο για την συγκόλληση χάλυβων μεγάλης αντοχής
E XX 16	Βασικό	Όλες	AC (-) ή DC (=) +	Όμοια του E XX 15
E XX 18	Βασικό + Σκόνη σιδήρου	Όλες	AC (-) ή DC (=) +/-	Όμοια του E XX 15 & E XX 16
E XX 20	Οξειδια σιδήρου	Π/Γ Ο	AC (-) ή DC (=) +/-	Καλής ποιότητας ακτινογραφικής
E XX 24	Ρουτίλιου + Σκόνη σιδήρου	Π/Γ Ο:	AC (-) ή DC (=) +/-	Μεγάλη εναπόθεση υλικού
E XX 27	Οξειδια σιδήρου + Σκόνη σιδήρου	Π/Γ Ο.	AC (-) ή DC (=) +/-	Καλής ποιότητας συγκόλληση - Μεγάλη εναπόθεση υλικού
E XX 28	Βασικό + Σκόνη σιδήρου	Π/Γ Ο	AC (-) ή DC (=) +/-	Όμοια του E XX 18 - Μεγάλη εναπόθεση υλικού
E XX 30	Οξειδια σιδήρου +	Π	AC (-) ή DC (=) +/-	Όμοια του E XX 20 αλλά λιγότερο λεπτόρευση πάστα - Καλή ποιότητα ακτινογραφικής

Επεξήγηση:

Π. Συγκόλληση σε θέση πλάκα (επιπέδη)

Γ.Ο. Συγκόλληση σε θέση γωνιακή οριζόντια