

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 10^ο

ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ

ΆΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

- Ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης κατά σημεία
- Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης ραφής
- Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης κατά άκρα
- Καμινοσυγκολλήσεις
- Συγκολλήσεις με δέσμη ηλεκτρονίων (E.B.W.)
- Συγκολλήσεις με ακτίνες Laser (L.B.W.)
- Συγκολλήσεις με υπερήχους

10. ΗΛΕΚΤΡΟΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗΣ – ΑΛΛΕΣ ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗΣ

Επιδιωκόμενοι στόχοι:

Μετά την ολοκλήρωση αυτού του κεφαλαίου οι μαθητές θα πρέπει :

- Να γνωρίζουν τη λειτουργία, τη χρήση και τις εφαρμογές των μηχανών συγκόλλησης αντίστασης **κατά σημεία**.
- Να γνωρίζουν τη λειτουργία, τη χρήση και τις εφαρμογές των μηχανών συγκόλλησης **αντίστασης ραφής** και όλων των άλλων ειδών ηλεκτροσυγκόλλησης αντίστασης.
- Να μπορούν να κατανοούν και να περιγράφουν την αρχή λειτουργίας των μεθόδων συγκόλλησης με **καμινοσυγκόλληση, δέσμη ηλεκτρονίων, ακτίνες Laser και με υπερήχους**.

10-1. Αρχές λειτουργίας

Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης βασίζονται στους γνωστούς νόμους του **Ωμ** και του **Τζάουλ**, που διδάχτηκαν στο μάθημα της ηλεκτροτεχνίας. **Ο νόμος του Ωμ** μας λέει ότι η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος που διαρρέει ένα ηλεκτρικό κύκλωμα, είναι ανάλογη της τάσης και αντιστρόφως ανάλογη της αντίστασης του κυκλώματος. Η παραπάνω πρόταση εκφράζεται με τη σχέση :

$$I = V / R \quad (10-1)$$

Όπου I = Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος σε Αμπέρ (A)

V = Η εφαρμοζόμενη τάση στα άκρα του κυκλώματος σε Βολτ (V)

R = Η ηλεκτρική αντίσταση του κυκλώματος σε Ωμ (Ω)

Κατά τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος από έναν αγωγό δημιουργούνται διάφορα φαινόμενα. Μεταξύ των φαινομένων αυτών είναι και **η θέρμανση** του αγωγού (αύξηση της θερμοκρασίας του). Για τη θέρμανση του αγωγού ή μιας ωμικής αντίστασης προσδίδεται κάποια ενέργεια. Το μέγεθος της προσδιδόμενης ηλεκτρικής ενέργειας (Q) δίνεται από το νόμο του **Jaoul** (Τζάουλ), ο οποίος εκφράζεται από τον ακόλουθο μαθηματικό τύπο :

$$Q = I^2 R T \quad (10-2)$$

Όπου:

Q = Η θερμική ενέργεια που προσδίδεται στο κύκλωμα σε (Ws) ή (Wh)

I = Η ένταση του ηλεκτρικού ρεύματος σε (A)

R = Η αντίσταση του κυκλώματος σε (Ω)

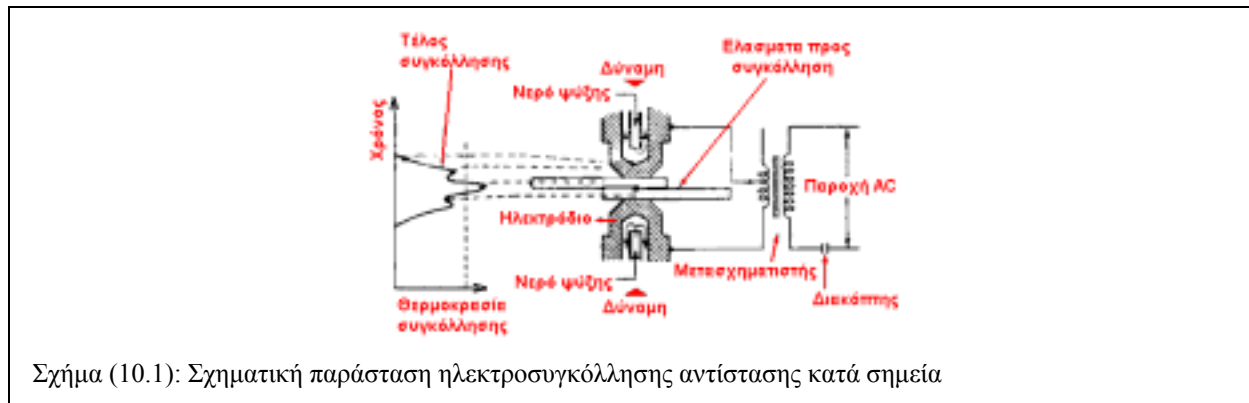
t = Ο χρόνος λειτουργίας του κυκλώματος σε δευτερόλεπτα (s) ή ώρες (h)

Παράδειγμα: Να υπολογιστεί το ποσό της ηλεκτρικής ενέργειας που θα προσδοθεί στο μάτι μιας ηλεκτρικής κουζίνας ωμικής αντίστασης 40 Ω, αν στα άκρα της εφαρμοστεί τάση 220V, για μισή ώρα (1800s).

Απάντηση: Εφαρμόζοντας το νόμο του Ohm και τη σχέση (10-2) έχουμε:

$$I = V / R = 220 / 40 = 5,5 \text{ A και } Q = I^2 \cdot R \cdot T = 5,5^2 \cdot 40 \cdot 0,5 = 605 \text{ Wh ή } 0,605 \text{ kWh}$$

Όμως, όταν προσθέτουμε θερμότητα σ' ένα σώμα, η θερμοκρασία του αυξάνεται. Όσο πιο μεγάλο είναι το προσφερόμενο ποσό της θερμότητας στη μονάδα του χρόνου, τόσο πιο γρήγορα αυξάνεται η θερμοκρασία του σώματος. Στις παραπάνω αρχές βασίζεται η λειτουργία των **ηλεκτροσυγκολλήσεων αντίστασης**. Δηλαδή διαβιβάζουμε μέσα από τα προς συγκόλληση μεταλλικά τεμάχια, που αποτελούν την αντίσταση του ηλεκτρικού κυκλώματος, μεγάλη ένταση ηλεκτρικού ρεύματος (της τάξης των 5000 έως 25000 A), με αποτέλεσμα τα τεμάχια να θερμαίνονται στα σημεία συγκόλλησης μέχρι τη θερμοκρασία σύντηξής τους. Ταυτόχρονα, ασκείται στα μεταλλικά τεμάχια μεγάλη πίεση, που διευκολύνει τη συγκόλλησή τους. Δημιουργείται έτσι μια αυτογενής συγκόλληση, χωρίς προσθήκη συγκολλητικού υλικού (κόλλησης).



Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης διακρίνονται σε :

- Ηλεκτροσυγκολλήσεις **κατά σημεία**
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις **ραφής** (συνεχής συγκόλληση)
- Ηλεκτροσυγκολλήσεις **κατά άκρα** (κατά μέτωπο)

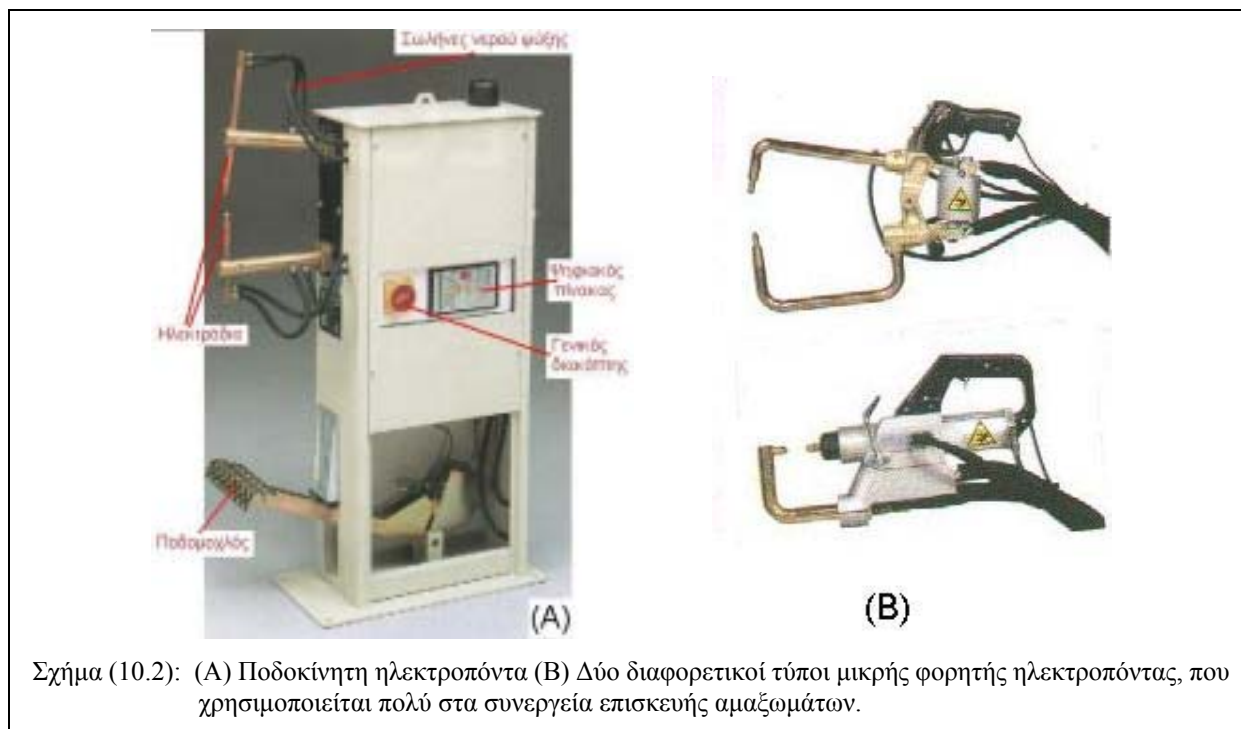
Κάθε ένα από τα παραπάνω είδη ηλεκτροσυγκόλλησης έχει τα δικά του τεχνικά χαρακτηριστικά και γι' αυτό χρησιμοποιείται σε διαφορετικούς τομείς εφαρμογών.

10-2. Ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης κατά σημεία

Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης κατά σημεία εφαρμόζονται ευρύτατα σε κατασκευές αντικειμένων από χαλυβδόφυλλα αντί των ηλώσεων (περτσινωτές συνδέσεις). Τέτοιες κατασκευές είναι τα μεταλλικά έπιπλα, οι οικιακές συσκευές κτλ. Κυρίως όμως χρησιμοποιούνται στις κατασκευές **των αμαξωμάτων αυτοκινήτων**, με αυτόματες προγραμματιζόμενες μηχανές συγκόλλησης (ρομποτικής τεχνολογίας), γιατί οι συνδέσεις αυτές γίνονται γρήγορα, είναι καλύτερης ποιότητας και πιο οικονομικές.

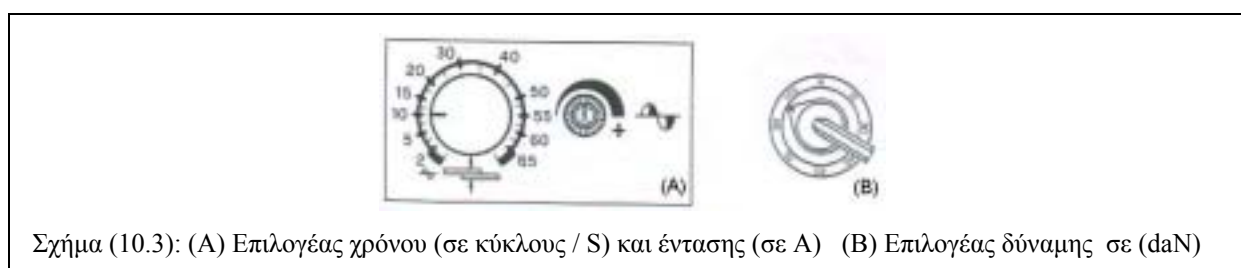
Στα συνεργεία επισκευής αμαξωμάτων (φανοποιίας), χρησιμοποιούνται κυρίως μικρές φορητές (χειροκίνητες) ηλεκτροπόντες, που κυκλοφορούν στο εμπόριο σε μεγάλη ποικιλία. Στο σχήμα (10.2.A) φαίνεται ένας συνηθισμένος τύπος **ποδοκίνητης ηλεκτροπόντας**, στην οποία διακρίνονται και οι σωλήνες του νερού για την ψύξη των ηλεκτροδίων.

Το βασικό ηλεκτρικό κύκλωμα των μηχανών ηλεκτροσυγκόλλησης κατά σημεία, είναι απλό και αποτελείται από ένα **μετασχηματιστή**, το πρωτεύον πηνίο του οποίου τροφοδοτείται με τάση από το δίκτυο. Με έναν επιλογή που τοποθετείται στο δευτερεύον του μετασχηματιστή, μπορούμε να αλλάξουμε τον αριθμό των σπειρών του δευτερεύοντος πηνίου του μετασχηματιστή και, κατά συνέπεια, την τάση **τροφοδότησης** των ηλεκτροδίων της ηλεκτροπόντας. Τα άκρα του δευτερεύοντος πηνίου του μετασχηματιστή συνδέονται στους βραχίονες των ηλεκτροδίων, όπως στο σχήμα (10-1).



Σχήμα (10.2): (A) Ποδοκίνητη ηλεκτροπύνα (B) Δύο διαφορετικοί τύποι μικρής φορητής ηλεκτροπύνας, που χρησιμοποιείται πολύ στα συνεργεία επισκευής αμαξωμάτων.

Τα προς συγκόλληση τεμάχια τοποθετούνται το ένα πάνω στο άλλο (σε επικάλυψη) και αποτελούν την **ωμική αντίσταση** (κατανάλωση) του ηλεκτρικού κυκλώματος. Για να συγκολληθούν τα δυο τεμάχια, διοχετεύουμε στα σημεία συγκόλλησής τους ρεύμα μεγάλης έντασης. Για να γίνει αυτό, αφού τοποθετήσουμε τα δύο τεμάχια στο **κάτω ηλεκτρόδιο** (σταθερό), κατεβάζουμε το πάνω ηλεκτρόδιο με τη βοήθεια του **ποδομοχλού**, ώστε τα δυο ηλεκτρόδια να πιέζουν τα προς συγκόλληση τεμάχια με την απαιτούμενη δύναμη. Η παραγόμενη θερμότητα στα σημεία επαφής των ηλεκτροδίων με τα προς συγκόλληση τεμάχια είναι ανάλογη του I^2 και ανάλογη, επίσης, με την αντίσταση και το χρόνο επαφής των ηλεκτροδίων με τα προς συγκόλληση ελάσματα. Έτσι, ανάλογα με **το πάχος** των ελασμάτων, **ρυθμίζουμε την ένταση του ρεύματος (A)** και **το χρόνο** (περιόδους) που απαιτούνται για να πετύχουμε τη σύντηξη και τη συγκόλλησή τους.



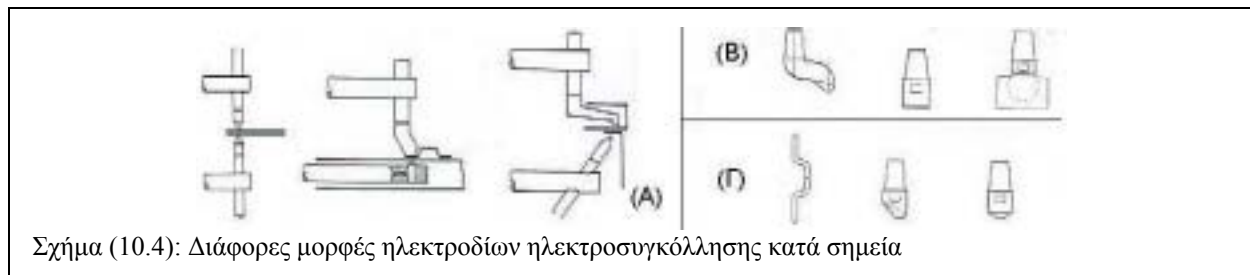
Σχήμα (10.3): (A) Επιλογέας χρόνου (σε κύκλους / S) και έντασης (σε A) (B) Επιλογέας δύναμης σε (daN)

Ένας άλλος παράγοντας που συντελεί στην εκτέλεση μιας καλής ηλεκτροσυγκόλλησης κατά σημεία, είναι η **εφαρμοζόμενη δύναμη** κατά το χρόνο της σύντηξης των ελασμάτων στα σημεία συγκόλλησής τους. Ως γενικό κανόνα μπορούμε να πούμε ότι η πίεση που πρέπει να εφαρμόζεται κατά τη συγκόλληση των ελασμάτων θα πρέπει να είναι τόση, ώστε, όταν το ρεύμα περνά από το ηλεκτρόδιο στα ελάσματα και στη συνέχεια από τα ελάσματα στο άλλο ηλεκτρόδιο, **να μη δημιουργείται ηλεκτρικό τόξο**.

Θα πρέπει εδώ να αναφερθεί ότι το στρώμα του αέρα που παρεμβάλλεται μεταξύ των προς συγκόλληση ελασμάτων, αποτελεί μια **πρόσθετη αντίσταση** στη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος, που βοηθά στην αύξηση της θερμοκρασίας στη θέση της συγκόλλησης. Έτσι, αν η **πίεση**

είναι πολύ μεγάλη, το πάχος του στρώματος του αέρα ελαχιστοποιείται, με αποτέλεσμα τη μείωση της ηλεκτρικής αντίστασης και, κατά συνέπεια, της θερμότητας που προσφέρεται στα σημεία συγκόλλησης. Εξ άλλου, αν η πίεση είναι μικρή, δε θα έχουμε ικανοποιητική διείσδυση των μορίων του ενός ελάσματος στα μόρια του άλλου και, επομένως, η συγκόλληση που θα προκύψει θα είναι προβληματική.

Επειδή οι θερμοκρασίες που αναπτύσσονται κατά τη συγκόλληση είναι πολύ μεγάλες, τα ηλεκτρόδια κατασκευάζονται από ειδικά κράματα χαλκού, που έχουν αφ' ενός μεγάλο συντελεστή αγωγιμότητας και αφ' ετέρου αντέχουν στις υψηλές θερμοκρασίες. Για να αποφεύγεται η υπερθέρμανση των ηλεκτροδίων, χρησιμοποιείται ειδικό κύκλωμα νερού, που περνάει από το εσωτερικό των ηλεκτροδίων και τα ψύχει.



Σχήμα (10.4): Διάφορες μορφές ηλεκτροδίων ηλεκτροσυγκόλλησης κατά σημεία

Τα ηλεκτρόδια των ηλεκτροσυγκολλήσεων κατά σημεία κατασκευάζονται σε διάφορες μορφές, ανάλογα με το σκοπό που εξυπηρετούν. Στο σχήμα (10.4) φαίνονται διάφορες μορφές τέτοιων ηλεκτροδίων. Πριν αρχίσουμε μια ηλεκτροσυγκόλληση πίεσης κατά σημεία, θα πρέπει να καθορίσουμε τα στοιχεία που έχουν σχέση με τη συγκόλληση. Τα στοιχεία αυτά είναι :

1. Το υλικό από το οποίο έχουν κατασκευαστεί τα προς συγκόλληση ελάσματα και το πάχος τους.
2. Η απαιτούμενη ένταση ρεύματος συγκόλλησης (A)
3. Η δύναμη που πρέπει να ασκείται στα σημεία συγκόλλησης (σε N ή Kg).
4. Ο χρόνος που θα διαρκεί η φάση της συγκόλλησης σε περιόδους (όχι σε s).
5. Η διάμετρος των ηλεκτροδίων (mm)

Παρατήρηση: Μερικοί κατασκευαστές μηχανών ηλεκτροσυγκολλήσεων αντί για δύναμη (N ή daN), δίνουν πίεση σε kPa ή bar. Τα παραπάνω στοιχεία δίνονται από πίνακες που συνοδεύουν τις μηχανές συγκόλλησης.

Οι πίνακες που ακολουθούν μας δίνουν ενδεικτικές τιμές των παραπάνω στοιχείων για χάλυβες και αλουμίνιο. Τα στοιχεία των πινάκων θα πρέπει να δοκιμάζονται και να προσαρμόζονται σε κάθε ειδική περίπτωση συγκόλλησης κατά σημεία. Έτσι, αν πρόκειται να συγκολλήσουμε δύο χαλυβδοελάσματα πάχους 1,5 mm το καθένα, τα στοιχεία στα οποία θα πρέπει να ρυθμίσουμε τη μηχανή μας θα είναι :

- Ένταση ρεύματος.....11000-21500 A
- Δύναμη συγκόλλησης 3350 έως 7850 N
- Χρόνος συγκόλλησης.....12 περίοδοι (μετριέται σε περιόδους ρεύματος και όχι σε s).
- Διάμετρος ηλεκτροδίου.....6,5-11 mm.

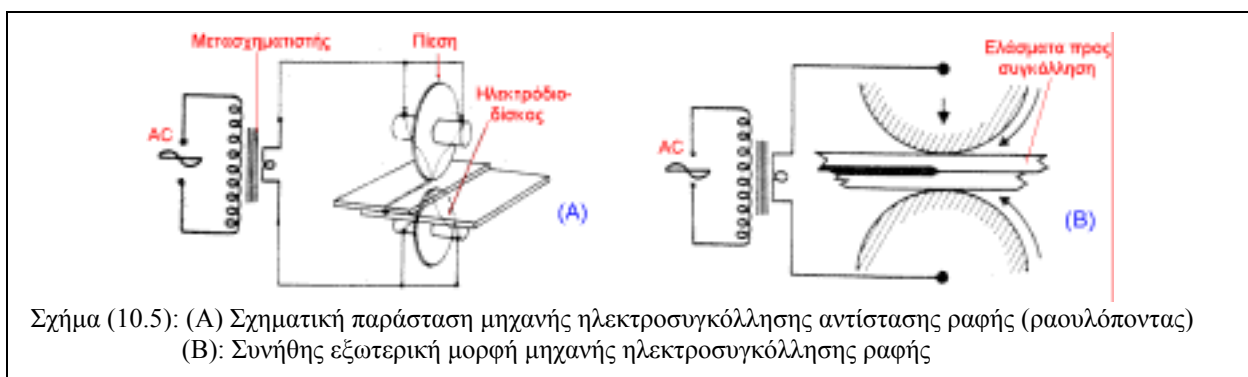
Οι συγκολλήσεις κατά σημεία χρησιμοποιούνται κυρίως στις περιπτώσεις κατασκευών από ελάσματα πάχους μέχρι 3 mm, στις οποίες δεν απαιτείται στεγανότητα.

Πίνακας (10-1): Στοιχεία ηλεκτροσυγκολλήσεων αντίστασης κατά σημεία, για χάλυβες με $\pi(C) < 0,3\%$				
Πάχος ελάσματος (mm)	Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος (A)	Απαιτούμενη δύναμη (N)	Διάρκεια συγκόλλησης (περίοδοι)	Διάμετρος ηλεκτροδίου (mm)
0,5	6500-12000	900-3000	4	3,5-5
0,75	8500-16000	1700-5000	6	4,5-6,5
1,0	9500-19000	2200-6500	8	5,5-8
1,5	11000-21500	3400-8000	12	6,5-11
2,0	13000-26000	4500-13000	16	8-14

Πίνακας (10-2): Στοιχεία ηλεκτροσυγκολλήσεων αντίστασης κατά σημεία, για το αλουμίνιο και τα κράματά του				
Πάχος ελάσματος (mm)	Ένταση ηλεκτρικού ρεύματος (A)	Απαιτούμενη δύναμη (N)	Διάρκεια συγκόλλησης (περίοδοι)	Διάμετρος ηλεκτροδίου (mm)
0,5	20000	1800	4	9
0,75	24000	2100	6	10
1,0	28000	2500	7	12
1,5	33000	2900	8	13
2,0	40000	3500	9	15
2,5	50000	4500	11	17
3,0	65000	6000	12	19

10-3. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης ραφής

Η αρχή λειτουργίας των μηχανών ηλεκτροσυγκόλλησης αντίστασης ραφής (ραουλόποντας) είναι ίδια με εκείνη της μηχανής συγκόλλησης κατά σημεία. Όμως στις μηχανές συγκόλλησης ραφής τα ηλεκτρόδια έχουν τη μορφή δίσκων που περιστρέφονται με σταθερή ταχύτητα. Τα προς συγκόλληση ελάσματα τοποθετούνται με τα άκρα τους **σε επικάλυψη** (το ένα πάνω στο άλλο) και κινούνται ανάμεσα στους δύο δίσκους-ηλεκτρόδια.



Σχήμα (10.5): (A) Σχηματική παράσταση μηχανής ηλεκτροσυγκόλλησης αντίστασης ραφής (ραουλόποντας)
(B): Συνήθης εξωτερική μορφή μηχανής ηλεκτροσυγκόλλησης ραφής

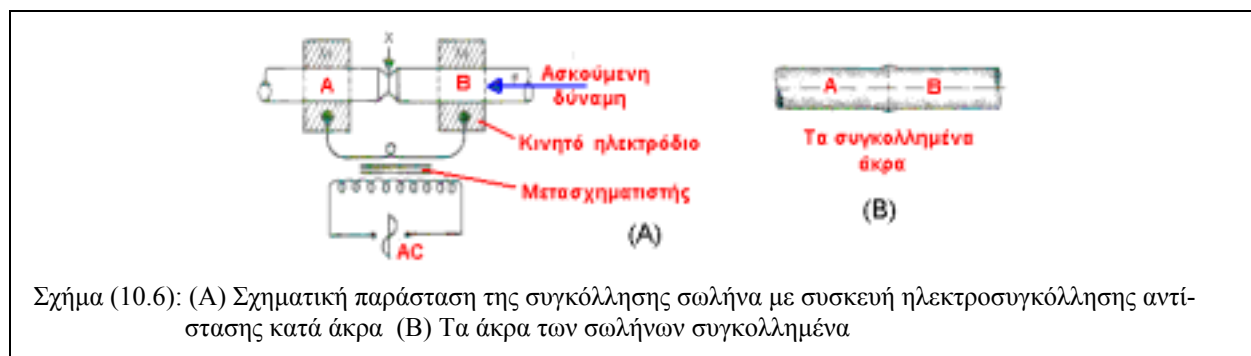
Οι δίσκοι-ηλεκτρόδια, όταν έλθουν σ' επαφή με τα ελάσματα, διοχετεύουν ηλεκτρικό ρεύμα στα σημεία ραφής των προς συγκόλληση ελασμάτων και ταυτόχρονα ασκούν δύναμη (πίεση). Η απαιτούμενη **ένταση** του ηλεκτρικού ρεύματος, η **πίεση**, η **ταχύτητα ραφής** (πρόωση) κτλ. στοιχεία της συγκόλλησης, εξαρτώνται από το πάχος των ελασμάτων που θα συγκολληθούν και από το είδος της ραφής (στεγανή, αντοχής ή συγκράτησης).

Η ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης ραφής **εφαρμόζεται** κυρίως στις περιπτώσεις που απαιτείται **στεγανότητα** στις συνδέσεις ελασμάτων και **μεγάλος ρυθμός παραγωγής**. Όμως, όταν δεν απαιτείται στεγανότητα στη ραφή, αλλά απλή συγκράτηση των ελασμάτων, η μηχανή συγκόλλησης ραφής μπορεί να ρυθμιστεί έτσι, ώστε να συγκολλάει **κατά σημεία**. Σ' αυτή την περίπτωση η μηχανή συγκόλλησης ρυθμίζεται έτσι, ώστε να τροφοδοτεί τα ηλεκτρόδια (δίσκους) με ρεύμα σε συγκεκριμένα χρονικά διαστήματα, αφήνοντας τμήματα των προς συγκόλλ-

ληση ελασμάτων χωρίς ραφή. Μ' αυτόν τον τρόπο μειώνεται ο χρόνος της συγκόλλησης των ελασμάτων και περιορίζεται το κόστος. Το είδος αυτό της συγκόλλησης βρίσκει συνήθως εφαρμογή σε κατασκευές που η σύνδεση των ελασμάτων γίνεται **με επικάλυψη**.

10-4. Ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης κατά άκρα

Το είδος αυτό της συγκόλλησης αντίστασης χρησιμοποιείται σε μονάδες παραγωγής, για τη σύνδεση άκρων σωλήνων, μορφοδοκών ή άκρων ράβδων από χάλυβα ή μη σιδηρούχων μετάλλων. **Η συγκόλληση κατά άκρα** πραγματοποιείται σε ειδικές μηχανές οι οποίες φέρουν **σιαγόνες συγκράτησης** των δύο τεμαχίων που θα συγκολληθούν. Η μια σιαγόνα είναι σταθερή, ενώ η άλλη είναι κινητή. Τα άκρα των τεμαχίων που πρόκειται να συγκολληθούν τοποθετούνται στις σιαγόνες της μηχανής συγκόλλησης αντικριστά. Όταν δοθεί η εντολή να αρχίσει η διαδικασία συγκόλλησης των άκρων (π.χ. σωλήνων ή ράβδων από χάλυβα), η κινητή σιαγόνα αρχίζει να κινείται προς τη σταθερή, μέχρι να συναντηθούν τα δύο άκρα που θα συγκολληθούν. Στη συνέχεια, εφαρμόζεται **ισχυρή πίεση** στα δύο άκρα, πριν ακόμη αρχίσει η διοχέτευση ηλεκτρικού ρεύματος. Κατόπιν διοχετεύεται μέσω των συμπιεσμένων άκρων **ηλεκτρικό ρεύμα μεγάλης έντασης**, το οποίο πυρακτώνει τα δύο άκρα και τα αναγκάζει να συγκολληθούν. Για να έχουμε άριστα αποτελέσματα συγκόλλησης, οι επιφάνειες των άκρων που θα συγκολληθούν θα πρέπει να είναι **καθαρές και καλά κεντραρισμένες**.

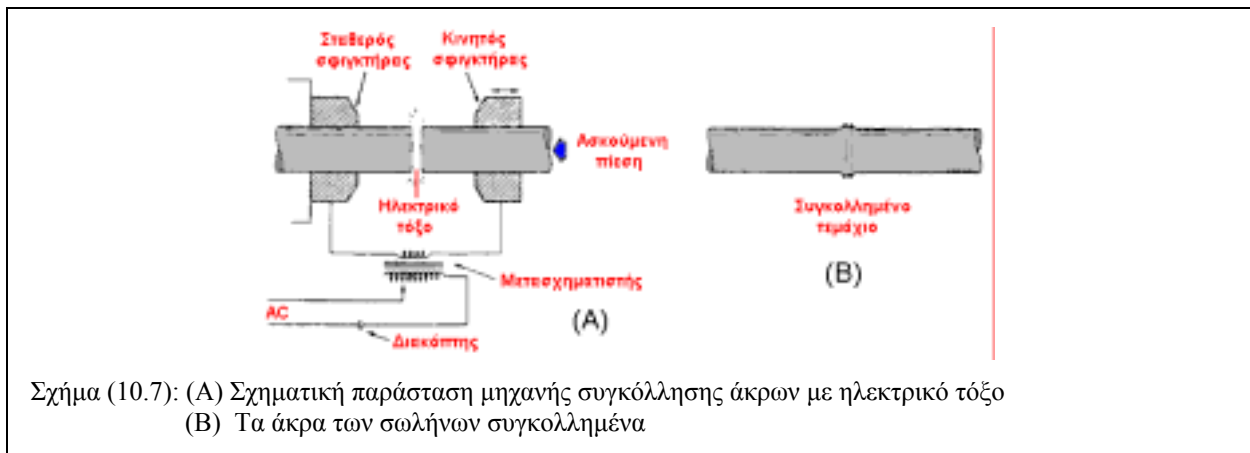


Πριν αρχίσει η διαδικασία μιας συγκόλλησης αντίστασης κατά άκρα, θα πρέπει να καθοριστούν τα στοιχεία της, που είναι ανάλογα με τη μορφή και τη διατομή των προς συγκόλληση άκρων. Τα στοιχεία αυτά είναι :

- Η **ένταση** του ρεύματος (A)
- Η απαιτούμενη **δύναμη** σε N ή η πίεση σε kPa ή bar (1 bar = 100 kPa)
- Ο **χρόνος** παροχής ρεύματος (περίοδοι)
- Το **μήκος διεϊσόδουσης** του ενός άκρου μέσα στο άλλο (mm)

Τα παραπάνω στοιχεία δίνονται συνήθως από πίνακες που συνοδεύουν τις μηχανές ηλεκτροσυγκόλλησης αντίστασης κατά άκρα.

Εκτός από την **απλή** μέθοδο ηλεκτροσυγκόλλησης αντίστασης άκρων, που περιγράψαμε πιο πάνω, υπάρχει και η ηλεκτροσυγκόλληση άκρων **με τόξο**. Η διαφορά των δύο μεθόδων συγκόλλησης είναι ότι τα άκρα των προς συγκόλληση τεμαχίων τοποθετούνται στη μηχανή σε μια μικρή απόσταση μεταξύ τους, ώστε, όταν εφαρμοστεί στα άκρα τους τάση, να δημιουργηθεί ηλεκτρικό τόξο το οποίο αναπτύσσει την κατάλληλη θερμοκρασία για τη συγκόλλησή τους. Τα προς συγκόλληση τεμάχια πλησιάζουν προοδευτικά το ένα το άλλο, μέχρι να έλθουν σε επαφή. Όταν συμβεί αυτό, τα τεμάχια έχουν θερμανθεί (πυρακτωθεί) σε ικανοποιητικό επίπεδο και με τη βοήθεια της εφαρμοζόμενης δύναμης συγκολλώνται.



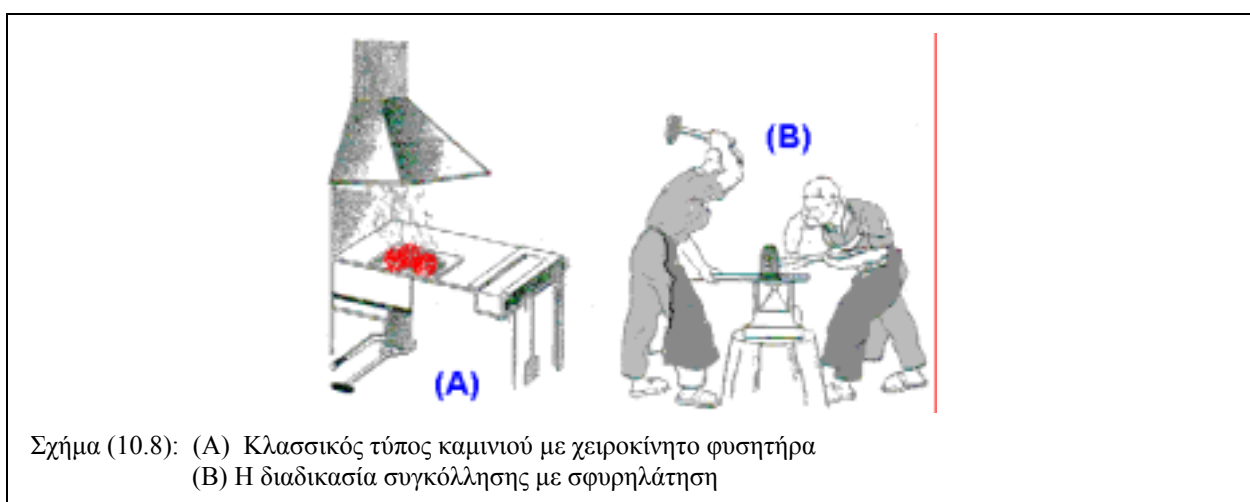
10-5. Άλλες μέθοδοι συγκόλλησης

Εκτός από τις μεθόδους συγκόλλησης που περιγράψαμε στα προηγούμενα κεφάλαια, υπάρχουν και άλλες μέθοδοι που χρησιμοποιούνται σε ειδικές περιπτώσεις ή δε χρησιμοποιούνται καθόλου στις κατασκευές των αμαξωμάτων. Τέτοιες μέθοδοι είναι :

- Οι καμινοσυγκολλήσεις
- Οι συγκολλήσεις με δέσμη ηλεκτρονίων (E.B.W.)
- Οι συγκολλήσεις με ακτίνες Laser (L.B.W.).
- Οι συγκολλήσεις με βυθισμένο τόξο
- Οι συγκολλήσεις με υπερήχους

(α) Η Καμινοσυγκόλληση

Η καμινοσυγκόλληση είναι η πιο παλιά μέθοδος συγκόλλησης μετάλλων. Η χρήση της σήμερα έχει περιοριστεί σε ειδικές μόνο περιπτώσεις, λόγω των πολλών μειονεκτημάτων που παρουσιάζει έναντι άλλων σύγχρονων μεθόδων συγκόλλησης.



Κατά την καμινοσυγκόλληση τα προς συγκόλληση μεταλλικά τεμάχια θερμαίνονται σε καμίνι, **μέχρι να πυρακτωθούν**. Κατόπιν τοποθετούνται πάνω στο **αμόνι** στη θέση που πρόκειται να συγκολληθούν (συνήθως με επικάλυψη των άκρων τους) και σφυρηλατούνται με τα ειδι-

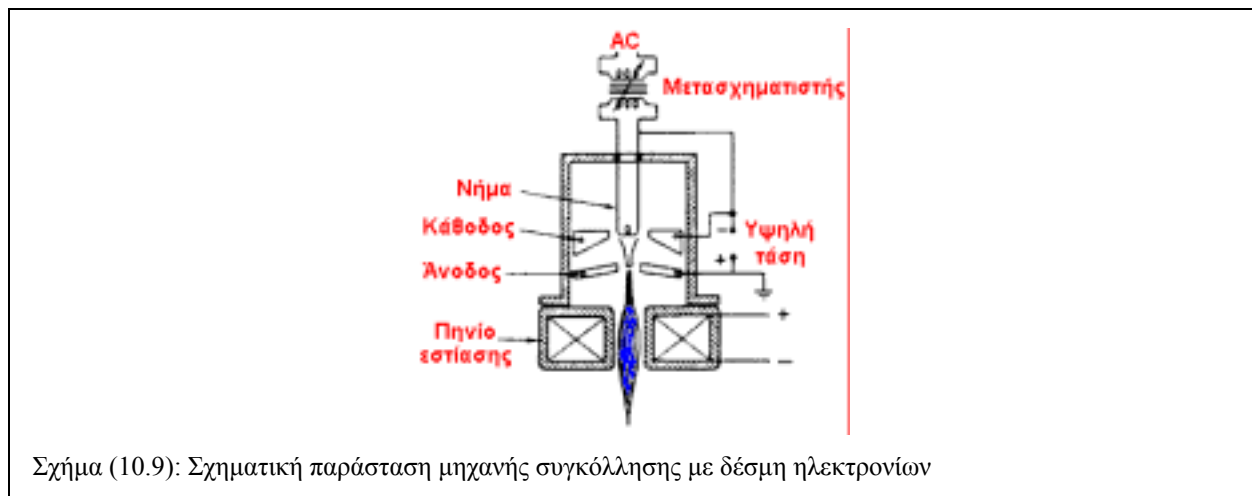
κά **σφυριά του καμινευτή**. Τα σφυριά αυτά μπορεί να είναι του **ενός χεριού** με βάρος 1Kg έως 2 Kg ή **βαριές** που χειρίζονται από το βοηθό του καμινευτή με τα δύο χέρια. Οι βαριές έχουν συνήθως βάρος 5 έως 10 Kg.

Με τη σφυρηλάτηση, τα μέρια του ενός άκρου εισχωρούν στα μέρια του άλλου και πραγματοποιείται η συγκόλλησή τους. Σε ειδικές περιπτώσεις τα άκρα των προς συγκόλληση τεμαχίων λοξοτομούνται σε αρσενική και θηλυκή διαμόρφωση, ώστε κατά τη σφυρηλάτησή τους να «δέσουν» ευκολότερα και καλύτερα.

Για να πραγματοποιηθεί μια καλής ποιότητας καμινοσυγκόλληση, θα πρέπει τα προς συγκόλληση άκρα να μην έχουν σκουριές. Γι' αυτό, όταν τα τεμάχια βρίσκονται στο καμίνι και αρχίζουν να πυρακτώνονται, ο καμινευτής τα ραντίζει **με βόρακα**, ώστε να απαλλαγούν από τις οξειδώσεις και να συγκολληθούν χωρίς προβλήματα.

(β) Η συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίων (E.B.W.)

Οι συγκολλήσεις **με δέσμη ηλεκτρονίων**, βασίζονται στο βομβαρδισμό των προς συγκόλληση επιφανειών των μετάλλων με **δέσμη ηλεκτρονίων μεγάλης ταχύτητας**. Η διαδικασία της συγκόλλησης πραγματοποιείται με ειδικές μηχανές, οι οποίες έχουν την ικανότητα να εκπέμπουν και να συγκεντρώνουν μεγάλο αριθμό ηλεκτρονίων (από την κάθοδο), να τα επιταχύνουν μέσα από μια μικρή τρύπα της **ανόδου**, ώστε να αποκτούν μεγάλη ταχύτητα και να τα επικεντρώνουν (με ηλεκτρομαγνήτες) στα σημεία συγκόλλησης. Όλες οι πιο πάνω φάσεις συντελούνται σε ειδικό χώρο της μηχανής **υπό κενό**. Έτσι όλη η **κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων μετατρέπεται σε θερμότητα**, η οποία θερμαίνει τα προς συγκόλληση μέταλλα, μέχρι του σημείου σύντηξής τους, με συνέπεια τη συγκόλλησή τους, σχήμα (10.9).

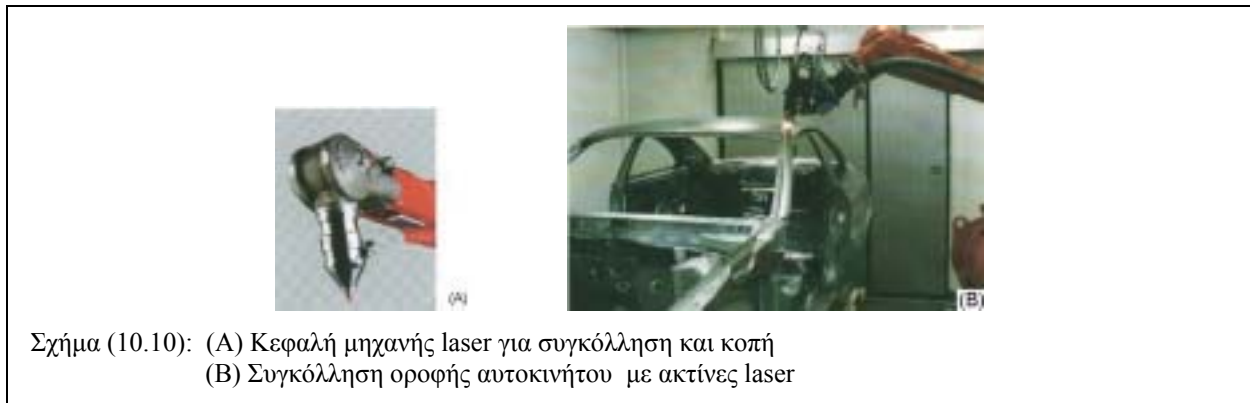


Για την επιτάχυνση της δέσμης των ηλεκτρονίων χρησιμοποιείται ρυθμιζόμενη τάση, η τιμή της οποίας κυμαίνεται μεταξύ 30 και 100 kV, ανάλογα με την απαιτούμενη για κάθε συγκόλληση επιτάχυνση. Η ηλεκτρική **τάση** επηρεάζει το μέγεθος της επιτάχυνσης, η οποία με τη σειρά της καθορίζει την ανάπτυξη της **θερμότητας**, ενώ η **ένταση** του ρεύματος έχει σχέση με τη **διείσδυση** της συγκόλλησης. Το μεγάλο **πλεονέκτημα** των συγκολλήσεων με δέσμη ηλεκτρονίων είναι η **εξαιρετικά μεγάλη διείσδυση** της δέσμης ηλεκτρονίων στα προς συγκόλληση μέταλλα, αλλά σε πάρα πολύ μικρή έκταση (μικρή διάμετρος των σημείων συγκόλλησης). Έτσι η **ζώνη που επηρεάζεται θερμικά (ΖΕΘ)** περιορίζεται σημαντικά, με όλα τα θετικά αποτελέσματα που προκύπτουν στην κρυσταλλική δομή των γειτονικών περιοχών της συγκόλλησης.

Με τη μέθοδο της δέσμης ηλεκτρονίων μπορούν να συγκολληθούν σχεδόν όλα τα μέταλλα, από τα πιο δύσπηκτα όπως οι ανοξείδωτοι χάλυβες κτλ., μέχρι και ανόμοια μεταλλικά τεμάχια. Όμως η χρήση των συσκευών συγκόλλησης με δέσμη ηλεκτρονίων είναι πολύ περιορισμένη, γιατί το κόστος αγοράς τους είναι μεγάλο και η χρήση τους απαιτεί πολύ καλή εκπαίδευση.

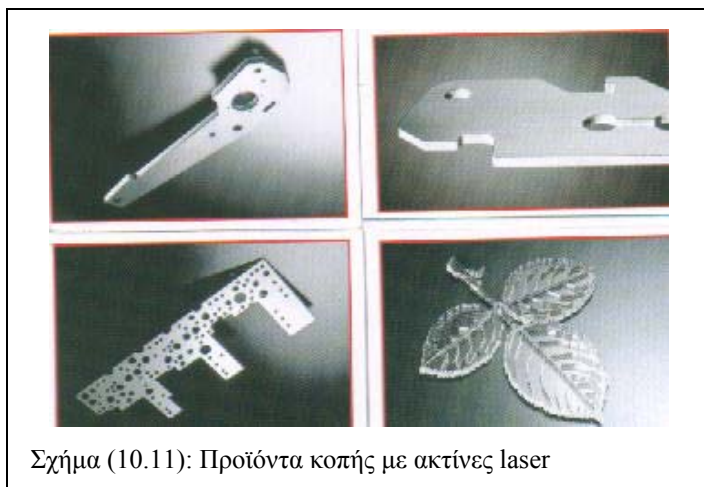
(γ) Η συγκόλληση με ακτίνες Laser

Η **συγκόλληση με ακτίνες Laser** (λείζερ) είναι μια διαδικασία κατά την οποία τα προς συγκόλληση μεταλλικά τεμάχια βομβαρδίζονται στα σημεία συγκόλλησής τους από ισχυρή **δέσμη ακτίνων φωτός** (γνωστές ως ακτίνες λείζερ), με αποτέλεσμα να αναπτύσσεται σ' αυτά τα σημεία υψηλή θερμοκρασία. Η θερμοκρασία αυτή φτάνει μέχρι του **σημείου σύντηξης** των μετάλλων στα σημεία συγκόλλησης. Έτσι προκύπτει μια ισχυρή συγκόλληση των δύο μεταλλικών τεμαχίων που μοιάζει με τη συγκόλληση της ηλεκτροπόντας.



Σχήμα (10.10): (A) Κεφαλή μηχανής laser για συγκόλληση και κοπή
(B) Συγκόλληση οροφής αυτοκινήτου με ακτίνες laser

Οι μηχανές συγκόλλησης με laser μπορούν να πραγματοποιήσουν συγκολλήσεις πολύ μικρών διαστάσεων της τάξης των 0,076 mm (διάμετρος). Επίσης, οι ίδιες μηχανές μπορούν να πραγματοποιήσουν και **κοπή μετάλλων** με πολύ μεγάλη ακρίβεια. Λόγω όμως του μεγάλου κόστους αγοράς των μηχανών συγκόλλησης laser, η χρήση τους περιορίζεται σε μεγάλα και καλά οργανωμένα μηχανουργεία ή μεγάλες βιομηχανίες. **Στην αυτοκινητοβιομηχανία** χρησιμοποιούνται συσκευές laser ισχύος μέχρι 6 kW, ενώ μεγαλύτερες συσκευές της τάξης των 10 kW, κατασκευάζονται μόνο για ερευνητικούς σκοπούς.



Σχήμα (10.11): Προϊόντα κοπής με ακτίνες laser

Οι συσκευές laser μπορούν να συγκολλήσουν ελάσματα από χάλυβα (κοινό και ανοξείδωτο), αλουμίνιο, τιτάνιο κτλ. Όπως και στις συγκολλήσεις με δέσμη ηλεκτρονίων, έτσι και στην περίπτωση των συγκολλήσεων με ακτίνες laser, **η διείσδυση είναι εξαιρετικά μεγάλη**, ενώ η κυκλική έκταση της συγκόλλησης πολύ μικρή. Επίσης, με συσκευές laser μπορούμε να κάνουμε και κοπή ελασμάτων με μεγάλη ακρίβεια, με εξαιρετική εμφάνιση κοπής και με πολύ καλή ταχύτητα.

(δ) Συγκόλληση με υπερήχους

Η μέθοδος συγκόλλησης με υπερήχους είναι γνωστή από τη δεκαετία του 50 και βασίζεται στη χρήση υπερήχων με **συχνότητα παλμών πάνω από 4000 / s**. Όμως χρησιμοποιείται και σήμερα σε ειδικές περιπτώσεις συγκολλήσεων χαλκού, νικελίου, αλουμινίου ή ακόμη και ανόμοιων μετάλλων, που η συγκόλλησή τους με άλλες μεθόδους θα απαιτούσε υψηλές θερμοκρασίες, με συνέπεια πιθανές παραμορφώσεις των μεταλλικών τεμαχίων. Στη συγκόλληση με υπερήχους, τα άκρα των προς συγκόλληση μεταλλικών τεμαχίων τοποθετούνται σε θέση επικάλυψης και στερεώνονται στη μηχανή συγκόλλησης. Σ' αυτή τη θέση τα προς συγκόλληση άκρα **συμπιέζονται** και ταυτόχρονα τροφοδοτούνται με **ρεύμα υψηλής συχνότητας** (υπερήχους). Η θερμοκρασία που αναπτύσσεται στα σημεία επαφής των ηλεκτροδίων με τα προς συγκόλληση τεμάχια είναι επιφανειακή και σαφώς μικρότερη από τη θερμοκρασία τήξης των μετάλλων. Όμως σε συνδυασμό με την εφαρμοζόμενη πίεση επιτυγχάνεται η συγκόλληση των τεμαχίων, χωρίς παραμορφώσεις ή άλλες αρνητικές επιπτώσεις.

ΠΕΡΙΛΗΨΗ - ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης βασίζονται στην ανάπτυξη υψηλής θερμοκρασίας στα προς συγκόλληση τεμάχια, κατά τη διέλευση του ηλεκτρικού ρεύματος. Το ποσό της θερμότητας (θερμικής ενέργειας) που προσδίδεται σε ηλεκτρική αντίσταση ηλεκτρικού κυκλώματος, εξαρτάται από την τιμή της ηλεκτρικής αντίστασης (R), από το τετράγωνο της έντασης που διαρρέει την αντίσταση (I^2) και από το χρόνο (t) που εφαρμόζεται η τάση στα άκρα της αντίστασης. Το ποσό της θερμότητας που αναπτύσσεται σε μια αντίσταση (στην περίπτωση μας στα προς συγκόλληση τεμάχια), δίνεται από την ακόλουθη σχέση :

$$Q = I^2 R t$$

- Όταν προστίθεται θερμότητα σ' ένα σώμα, αυξάνεται η θερμοκρασία του, η οποία μπορεί να φτάσει στη θερμοκρασία σύντηξης των μετάλλων στα σημεία συγκόλλησής τους. Έτσι, με την ταυτόχρονη εφαρμογή ισχυρής πίεσης, τα μεταλλικά τεμάχια συγκολλούνται.
- Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης διακρίνονται σε συγκολλήσεις **κατά σημεία**, **ραφής** και **κατά άκρα**.
- **Οι ηλεκτροπόντες** είναι συσκευές συγκόλλησης με τις οποίες εκτελούνται συγκολλήσεις **κατά σημεία**. Το πάχος των προς συγκόλληση ελασμάτων καθορίζει την **ένταση** του ρεύματος που θα επιλέξουμε, **την πίεση** που πρέπει να εφαρμοστεί και **το χρόνο** εφαρμογής τάσης στα άκρα των ηλεκτροδίων.
- Για την ψύξη των ηλεκτροδίων των μηχανών συγκόλλησης αντίστασης χρησιμοποιείται **κύκλωμα νερού ψύξης**.
- Οι συγκολλήσεις κατά σημεία χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις κατασκευών από ελάσματα πάχους μέχρι **3mm**, όταν δεν απαιτείται στεγανότητα.
- Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις **αντίστασης ραφής** βασίζονται στην ίδια αρχή λειτουργίας με εκείνη των συγκολλήσεων αντίστασης κατά σημεία, αλλά χρησιμοποιούνται σε κατασκευές που, εκτός της ραφής, θέλουμε και στεγανότητα.
- Οι ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης **κατά άκρα** χρησιμοποιούνται στις περιπτώσεις σύνδεσης άκρων **σωλήνων, μορφοδοκών, ράβδων** κτλ., από χάλυβα ή από μη σιδηρούχα μέταλλα.
- Άλλες μέθοδοι συγκόλλησης, που όμως χρησιμοποιούνται σπάνια ή σε ειδικές περιπτώσεις, είναι: η **καμινοσυγκόλληση**, η **συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίων**, με **laser**, με **βυθισμένο τόξο** και με **υπερήχους**.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ

1. Από ποιους παράγοντες εξαρτάται το ποσό θερμότητας, που αποδίδεται σε αντίσταση ηλεκτρικού κυκλώματος, όταν εφαρμοστεί στα άκρα της ηλεκτρική τάση;
2. Ποια είδη συγκολλήσεων αντίστασης γνωρίζετε και ποιο είδος χρησιμοποιείται περισσότερο στα αμαξώματα;
3. Εξηγήστε τη διαδικασία συγκόλλησης με ηλεκτροπόντα.
4. Πώς αντιμετωπίζεται η ανάπτυξη υψηλών θερμοκρασιών στα ηλεκτρόδια των συσκευών συγκόλλησης κατά σημεία;
5. Από τι υλικό κατασκευάζονται τα ηλεκτρόδια των συσκευών συγκόλλησης αντίστασης και γιατί;
6. Σε ποιες περιπτώσεις ενδείκνυται η εφαρμογή συγκόλλησης κατά σημεία και σε ποιες η συγκόλληση αντίστασης ραφής;
7. Ποια στοιχεία πρέπει να λάβουμε υπόψη μας, πριν αρχίσουμε τη συγκόλληση ελασμάτων με συγκόλληση αντίστασης κατά σημεία;
8. Σε ποιες περιπτώσεις χρησιμοποιείται η ηλεκτροσυγκόλληση αντίστασης **κατά άκρα** και σε ποια είδη μετάλλων μπορεί να εφαρμοστεί;
9. Αναπτύξτε την αρχή λειτουργίας των μηχανών συγκόλλησης με δέσμη ηλεκτρονίων και με ακτίνες laser. Αναφέρατε τα πλεονεκτήματα που παρουσιάζουν έναντι των κλασσικών μεθόδων συγκόλλησης.
10. Περιγράψτε την αρχή λειτουργίας των μηχανών συγκόλλησης με υπερήχους και αναφέρατε τις περιπτώσεις που χρησιμοποιούνται.

ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ

1. Σ' ένα εργαστήριο συγκόλλησης αντικειμένων στα οποία δεν απαιτείται στεγανότητα, χρησιμοποιείται **ηλεκτροπόντα** (συγκόλληση κατά σημεία). Σε περίπτωση που η ηλεκτροπόντα χαλάσει, ποιο είδος ηλεκτροσυγκόλλησης **αντίστασης** θα μπορούσε να χρησιμοποιηθεί αντ' αυτής και με ποια ρύθμιση;
2. Όταν κατά τη συγκόλληση ελασμάτων η θέρμανση πρέπει να είναι **άκρως περιορισμένη στα σημεία συγκόλλησης**, ποια μέθοδο συγκόλλησης θα προτιμούσατε και γιατί;
3. Υποθέστε ότι εκτελείτε συγκόλληση **με δέσμη ηλεκτρονίων** και η τάση του δικτύου πέφτει κάτω από τα επιτρεπόμενα όρια. Εκτιμήστε τις επιπτώσεις που μπορεί να προκύψουν στην ποιότητα της συγκόλλησης.

ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

Εργασία 1

Οι μαθητές χωρίζονται σε ομάδες και κάθε ομάδα αναλαμβάνει να συλλέξει πληροφοριακό υλικό (προσπέκτους, φωτογραφίες, πίνακες κτλ.) για ένα είδος συγκόλλησης. Το υλικό παρουσιάζεται στην τάξη και ο καθηγητής εξηγεί στους μαθητές πιθανές περιπτώσεις που δεν αναφέρονται στο βιβλίο τους.

Εργασία 2

Ο καθηγητής της τάξης μπορεί να δώσει ηλεκτρονικές διευθύνσεις στο διαδίκτυο που αφορούν συσκευές συγκόλλησης και οι μαθητές να «κατεβάσουν» χρήσιμα στοιχεία για τα είδη των συγκολλήσεων που αναφέρονται σ' αυτό το κεφάλαιο.

ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

ΑΣΚΗΣΗ 10-1

Συγκόλληση ελασμάτων με μηχανή αντίστασης κατά σημεία (ηλεκτροπόντα)

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την εκτέλεση αυτής της άσκησης οι μαθητές θα είναι σε θέση :

- Να επιλέγουν με τη βοήθεια πινάκων την ένταση και το χρόνο συγκόλλησης ελασμάτων συγκεκριμένου πάχους.
- Να θέτουν σε λειτουργία τη μηχανή συγκόλλησης (ηλεκτροπόντα).
- Να πραγματοποιούν συγκολλήσεις αντίστασης κατά σημεία, με ηλεκτροπόντα.

Απαιτούμενα υλικά, εργαλεία και συσκευές

- Σταθερή μηχανή συγκόλλησης αντίστασης κατά σημεία (ηλεκτροπόντα), 15 kVA, 380V
- Χάλκινα ηλεκτρόδια ανάλογης διαμέτρου με τα προς συγκόλληση ελάσματα
- Μεταλλικά τεμάχια (παλιά ή καινούργια), διαφόρων παχών
- Σμυριδοτροχός, σφινγκήρες στερέωσης των ελασμάτων

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Χρησιμοποιήστε τα προβλεπόμενα μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας (προστατευτικά γυαλιά, γάντια, φόρμα κτλ.).
- Ο χειριστής πρέπει να είναι ηλεκτρικά μονωμένος (κατάλληλα γάντια, παπούτσια κτλ.).
- Μην αγγίζετε με γυμνά χέρια τα ηλεκτρόδια.

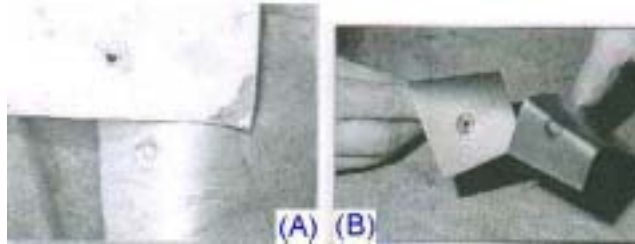
Πορεία εργασίας

1. Καθαρίστε κάθε ένα από τα ελάσματα που θα συγκολληθούν και από τις δύο πλευρές.
2. Στερεώστε με σφινγκήρα τα δύο ελάσματα στη θέση που θα συγκολληθούν.
3. Ελέγξτε την κατάσταση των καλωδίων παροχής ρεύματος της συσκευής και τις συνδέσεις τους με τη συσκευή.
4. Με βάση το πάχος των ελασμάτων, επιλέξτε την ένταση, το χρόνο, τη δύναμη (ή πίεση) της συγκόλλησης και τη διάμετρο των ηλεκτροδίων.
5. Γυρίστε το γενικό διακόπτη σε θέση «ON».
6. Τοποθετήστε τα προς συγκόλληση ελάσματα ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια και κατεβάστε το κινητό ηλεκτρόδιο με τη δύναμη που προβλέπεται για το πάχος των ελασμάτων. Όταν ο

χρόνος που έχετε επιλέξει (περίοδοι) έχει τελειώσει, η παροχή ρεύματος σταματά και η συγκόλληση έχει ολοκληρωθεί.

Παρατήρηση : Αν κατά τη συγκόλληση παρατηρήσετε **πυράκτωση** στα σημεία συγκόλλησης και **ελαφρό καπνό**, ελαττώστε την ένταση του ρεύματος και ξαναδοκιμάστε.

7. Πραγματοποιήστε και άλλες συγκολλήσεις κατά σημεία στα ίδια μεταλλικά τεμάχια και σε άλλα με διαφορετικό πάχος, ώστε να εξοικειωθείτε με τη χρήση της ηλεκτροπόντας.



Σχήμα (10.12): Όταν η συγκόλληση είναι καλής ποιότητας και τα πονταρισμένα ελάσματα αποχωριστούν, θα πρέπει στο ένα από τα δύο να δημιουργηθεί τρύπα.

8. Αφού κρυώσουν τα σημεία συγκόλλησης (πονταρισιές), προσπαθήστε να αποκολλήσετε τα δύο τεμάχια για να ελέγξετε την ποιότητα της συγκόλλησης.
9. **Αν η συγκόλληση είναι καλής ποιότητας, όταν τα δύο τεμάχια αποχωριστούν, στο ένα μένει το τήγμα (κάτι σαν πρετσίνι) και στο άλλο σχηματίζεται αντίστοιχη τρύπα (Σχήμα 10.12.).** Αν δε σχηματιστεί τρύπα στο ένα από τα δύο, σημαίνει ότι η συγκόλληση είναι αδύναμη, που μπορεί να οφείλεται στην επιλογή μικρής έντασης ή μικρού χρόνου συγκόλλησης.
10. **Γυρίστε το γενικό διακόπτη της ηλεκτροπόντας στη θέση «off»** και παραδώστε την στον υπεύθυνο του εργαστηρίου, μαζί με όλα τα εργαλεία και τα μέσα ατομικής προστασίας σας.
11. Συζητήστε με τον καθηγητή σας τις απορίες σας και ζητήστε να σχολιάσει το αποτέλεσμα της εργασίας σας.

ΑΣΚΗΣΗ 10-2

Συγκόλληση ελασμάτων αμαξώματος αυτοκινήτου με ηλεκτροπόντα

Επιδιωκόμενοι στόχοι

Μετά την ολοκλήρωση αυτής της άσκησης οι μαθητές θα είναι ικανοί :

- Να επιλέγουν τον κατάλληλο τύπο ηλεκτροπόντας για το είδος της εργασίας που θα επιτελέσουν.
- Να επιλέγουν τα κατάλληλα ηλεκτρόδια, να ρυθμίζουν την ένταση και την πίεση εργασίας για το πάχος των ελασμάτων που θα συγκολλήσουν.
- Να εκτελούν ηλεκτροσυγκολλήσεις αντίστασης κατά σημεία για τη σύνδεση τμημάτων του αμαξώματος αυτοκινήτου.

Απαιτούμενα υλικά εργαλεία και συσκευές

- Ηλεκτροπόντα φορητή, αερόψυκτη, 10 kVA, 380V, 3Φ
- Χάλκινα ηλεκτρόδια Φ 4mm
- Τμήματα αυτοκινήτου ή παλιά αυτοκίνητα με συγκολλητά εξαρτήματα (π.χ. το πορτ-μπαγκάζ ενός αυτοκινήτου)
- Τρυπάνι ξεπονταρίσματος (Φ8mm), κοπίδι, σφυριά κτλ. εργαλεία χειρός
- Σμυριδοτροχός, σφικτήρες ελασμάτων
- Ελάσματα πάχους ίδιο με εκείνο του αμαξώματος που θα αντικατασταθεί (π.χ. 0,7mm)
- Σπρέι ψευδαργύρου (αστάρι)
- Προστατευτικά γυαλιά, γάντια κτλ. εξαρτήματα ατομικής προστασίας

Μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας

- Χρησιμοποιήστε τα προβλεπόμενα μέτρα ασφαλείας και μέσα ατομικής προστασίας (προστατευτικά γυαλιά, γάντια, φόρμα κτλ.).
- Ο χειριστής πρέπει να είναι ηλεκτρικά μονωμένος (κατάλληλα γάντια, παπούτσια κτλ.).
- Μην αγγίζετε με γυμνά χέρια τα ηλεκτρόδια.
- Ελέγχουμε την κατάσταση των καλωδίων σύνδεσης της ηλεκτροπόντας στο ηλεκτρικό ρεύμα.

Πορεία εργασίας

1. Αφαιρέστε το παλιό κολλητό τμήμα του αμαξώματος, χρησιμοποιώντας το τρυπάνι ξεπονταρίσματος (ξεπονταριστή) ή άλλα κατάλληλα για την περίπτωση εργαλεία (κοπίδια, σφυριά κτλ.).

2. Λειάνετε με λειαντικό τροχό τις επιφάνειες των ελασμάτων που θα συγκολληθούν και καθαρίστε τες από τα υπολείμματα της λείανσης με ηλεκτρική σκούπα.
3. Ψεκάστε τις επιφάνειες των ελασμάτων που θα συγκολληθούν με σπρέι ψευδαργύρου.
4. Δοκιμάστε το νέο μεταλλικό κομμάτι, (έτοιμο ή κατασκευασμένο στο εργαστήριο του σχολείου), αν ταιριάζει καλά στη θέση του παλιού και στερεώστε το στη σωστή θέση με σφιγκτήρες.

Προσοχή: Ελέγξτε την κατάσταση των καλωδίων παροχής της ηλεκτροπόντας για φθορές στη μόνωση ή χαλαρές συνδέσεις στους ακροδέκτες.

5. Με βάση το πάχος των ελασμάτων που θα συγκολλήσετε, ρυθμίστε από τον επιλογέα της ηλεκτροπόντας την **ένταση (A)**, τη **δύναμη (daN)** και το **χρόνο** (περίοδους).
6. Κάνετε έναν έλεγχο της διαμέτρου των ηλεκτροδίων της ηλεκτροπόντας και διαπιστώστε αν είναι η σωστή για την εργασία που θα εκτελέσετε (για το πάχος των ελασμάτων).
7. Βάλτε σε λειτουργία την ηλεκτροπόντα και τοποθετήστε τις προς συγκόλληση επιφάνειες ανάμεσα στα δύο ηλεκτρόδια.
8. Πιέστε το μοχλό έναρξης της συγκόλλησης, ώστε να αρχίσει η συγκόλληση (πονταρισιά). Η διαδικασία της συγκόλλησης τελειώνει, όταν τελειώσει ο χρόνος (περίοδοι) που έχουμε επιλέξει στον επιλογέα χρόνου.



Σχήμα (10.13): Η συγκόλληση με ηλεκτροπόντα χειρός κατά την επισκευή αμαξώματος αυτοκινήτου

9. Μετακινήστε την ηλεκτροπόντα στο επόμενο σημείο συγκόλλησης, ακολουθώντας τις ίδιες ενέργειες που αναφέρθηκαν πιο πάνω.
10. Συνεχίστε τις πονταρισιές στα προς συγκόλληση τεμάχια, μέχρι να συγκολληθεί κατά σημεία όλο το μήκος των δύο μεταλλικών τεμαχίων.
11. Όταν η διαδικασία της συγκόλλησης τελειώσει, κλείστε το διακόπτη της ηλεκτροπόντας, τυλίξτε τα καλώδια στην ειδική υποδοχή της και παραδώστε την στον υπεύθυνο του εργαστηρίου καθαρή και έτοιμη να ξαναχρησιμοποιηθεί.
12. Καλέστε τον καθηγητή σας για έλεγχο και σχολιασμό της εργασίας σας.