

# Εισαγωγή στην τεχνολογία των συγκολλήσεων

ΔΙΑΛΕΞΗ 1

# ΜΕΡΟΣ Α

## ΚΑΝΟΝΕΣ ΜΑΘΗΜΑΤΟΣ

# Τεχνολογία Συγκολλήσεων

- ✓ Διαλέξεις Θεωρίας
  - Διάρκεια: 3 ώρα
  - Κάθε Τετάρτη στις 14:00
  - Αίθουσα: Z7

# ΕΠΙΚΟΙΝΩΝΙΑ ΜΕ ΤΟ ΔΙΔΑΣΚΟΝΤΑ

- ❑ Μέσω μηνύματος ηλεκτρονικού ταχυδρομείου  
[d.kalovelonis@ac.upatras.gr](mailto:d.kalovelonis@ac.upatras.gr)
- ❑ Ώρες γραφείου  
Κάθε Τετάρτη 11:30 – 12:30, Κτήριο Ε, 2<sup>ος</sup> όροφος

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ Ι – Εργαλεία, πηγές, συγγράμματα

## ✓ Eclass

- ❑ Εκπαιδευτικό υλικό
- ❑ Ανακοινώσεις

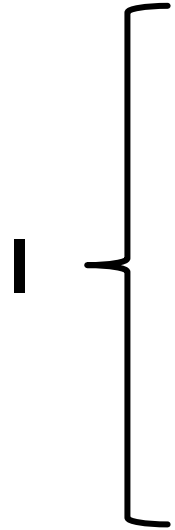
## ✓ Συγγράμματα

- ❑ **Επιστήμη και Τεχνολογία Συγκολλήσεων (1η έκδοση), 2017, Παντελής Δ.Ι., Παπάζογλου Β.Ι., Χαϊδεμενόπουλος Γ.Ν., Εκδόσεις Τζιόλα,**
- ❑ [Welding Metallurgy \(2nd edition\), 2003, S. Kou, Wiley](#)
- ❑ [Principles of Welding, 2004, R.W. Messler, Wiley VCH](#)
- ❑ [Welding engineering: An introduction, 2016, D H. Phillips, Wiley](#)
- ❑ Analysis of Welded Structures, 1980, K. Masubuchi, Pergamon Press

# ΜΗΧΑΝΟΛΟΓΙΚΟ ΣΧΕΔΙΟ Ι - ΑΞΙΟΛΟΓΗΣΗ

- ✓ Τελική εξέταση 70%
- ✓ Ατομική Εργασία 30%
  - ❑ Παρουσίαση στην τάξη
  - ❑ Διάρκεια παρουσίασης 15 λεπτά

# Περιεχόμενο μαθήματος – Ενότητα 1



| Εβδομάδα       | Περιεχόμενο μαθήματος                                                                                                                      |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1 <sup>η</sup> | Εισαγωγή – Κανόνες μαθήματος - Πλεονεκτήματα και μειονεκτήματα συγκολλήσεων – Μέθοδοι σύνδεσης – Συμβολισμοί και ταξινομήσεις συγκολλήσεων |
| 2 <sup>η</sup> | Τεχνικές συγκόλλησης - Συγκολλήσεις τήξης: θερμοχημικές συγκολλήσεις, Συγκολλήσεις ηλεκτρικού τόξου I                                      |
| 3 <sup>η</sup> | Συγκολλήσεις τήξης: – Συγκολλήσεις ηλεκτρικού τόξου II                                                                                     |
| 4 <sup>η</sup> | Συγκολλήσεις τήξης:, συγκολλήσεις ηλεκτρικής αντίστασης, συγκολλήσεις με δέσμες υψηλής πυκνότητας ενέργειας                                |
| 5 <sup>η</sup> | Συγκολλήσεις με συνδετικό μέσο και συγκολλήσεις στερεάς κατάστασης                                                                         |

# Περιεχόμενο μαθήματος – Ενότητες 2 και 3

|     |                 |                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|-----|-----------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| II  | 6 <sup>η</sup>  | Μετάδοση θερμότητας στις συγκολλήσεις                                                                                                                                                                                                                                               |
|     | 7 <sup>η</sup>  | Μεταλλουργικά φαινόμενα: θερμικά επηρεασμένη ζώνη και λίμνη συγκόλλησης                                                                                                                                                                                                             |
|     | 8 <sup>η</sup>  | Παραμένουσες τάσεις και παραμορφώσεις στις συγκολλήσεις                                                                                                                                                                                                                             |
|     | 9 <sup>η</sup>  | Μηχανική συμπεριφορά: θραύση και κόπωση συγκολλήσεων                                                                                                                                                                                                                                |
|     | 10 <sup>η</sup> | Μηχανική συμπεριφορά – Επίδραση της διάβρωσης στη θραύση και κόπωση συγκολλήσεων - γαλβανική διάβρωση, διάβρωση βελονισμού, διάβρωση χαραγής, διάβρωση κόπωσης, ρωγμάτωση λόγω διάβρωσης ρωγμάτωση από υδρογόνο, ρωγμάτωση υπό τάση και παρουσία υδροθείου, μικροβιολογική διάβρωση |
| III | 11 <sup>η</sup> | Ασυνέχειες συγκολλήσεων και μη-καταστρεπτικός έλεγχος.                                                                                                                                                                                                                              |
|     | 12 <sup>η</sup> | Απαιτήσεις συγκολλήσεων σε μεταλλικές κατασκευές και ειδικές κατασκευές – Συγκολλήσεις χάλυβα – Συγκολλήσεις αλουμινίου και κραμάτων του                                                                                                                                            |
|     | 13 <sup>η</sup> | Διαδικασίες εφαρμογής και αναφοράς συγκολλήσεων σύμφωνα με τα Πρότυπα EN, ASME.                                                                                                                                                                                                     |

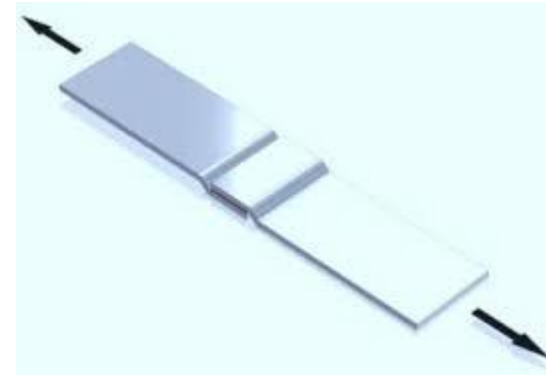
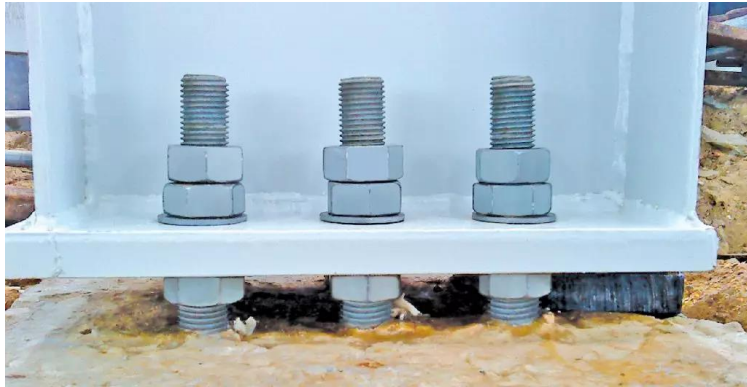
# ΜΕΡΟΣ Β

ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΙΣ ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ

# Μέθοδοι σύνδεσης εξαρτημάτων

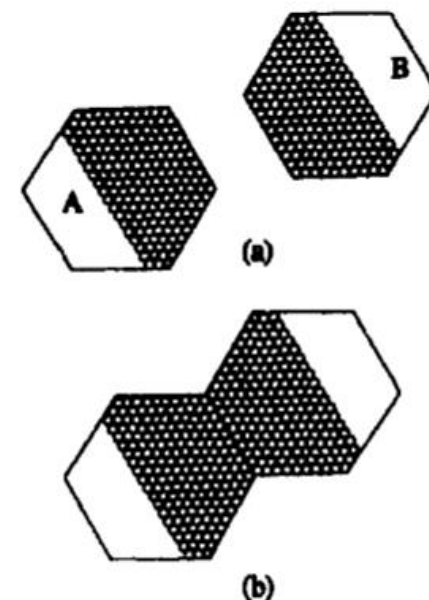
- Μηχανική σύνδεση (κοχλιώσεις, ηλώσεις κλπ.)
- Με κολλητική ουσία
- Μεταλλουργική σύνδεση

# Μέθοδοι σύνδεσης εξαρτημάτων

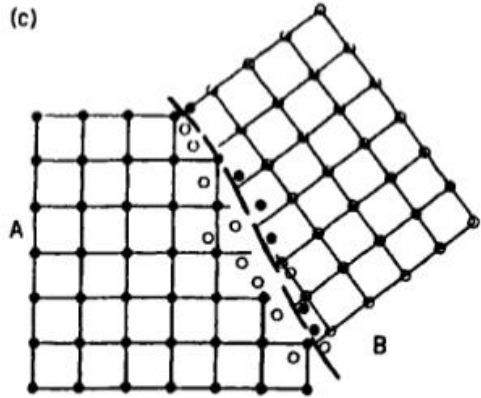


# Μεταλλουργική σύνδεση

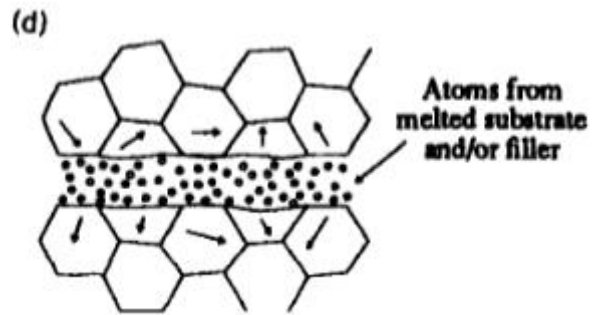
- Η **μεταλλουργική σύνδεση** είναι η **συνεκτική** ένωση δύο ή περισσότερων μεταλλικών τεμαχίων μέσω φυσικοχημικών μηχανισμών (π.χ. διάχυση ατόμων, ανακρυστάλλωση, δημιουργία νέων φάσεων, σχηματισμός κοινού μεταλλικού δεσμού κ.α.)
- Οι κυριότερες μέθοδοι υλοποίησης μεταλλουργικών συνδέσεων αποτελούν οι διαφόρων ειδών **συγκολλήσεις** ( π.χ. συγκόλληση τήξης, συγκόλληση στερεάς κατάστασης κ.α.)



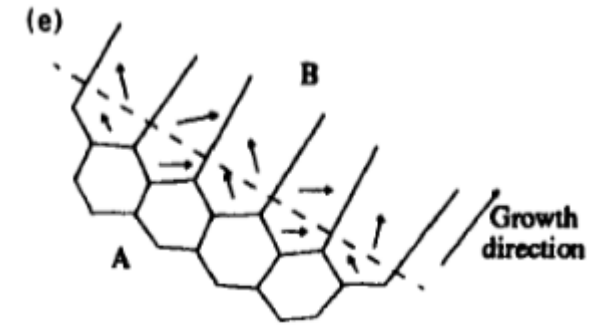
# Φυσικοχημικοί μηχανισμοί



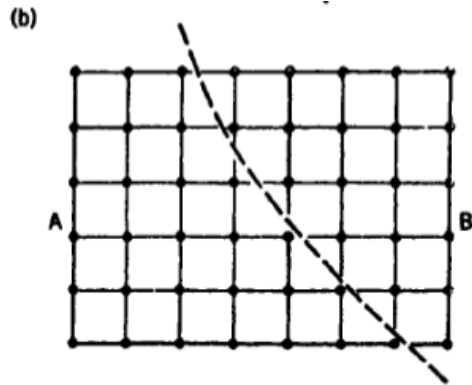
Διάχυση σε στερεή κατάσταση



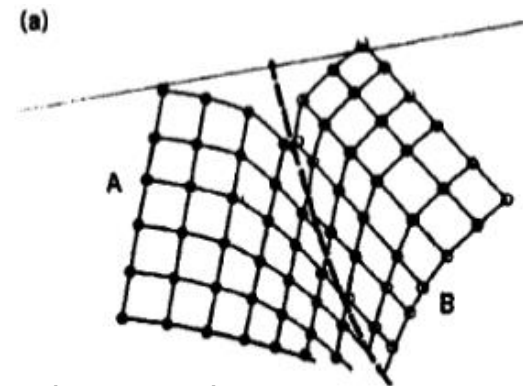
Διάχυση σε διεπαφή υγρού/στερού



Δημιουργία νέας φάσης



Θερμή παραμόρφωση και ανακρυστάλλωση



Ψυχρή παραμόρφωση – δημιουργία μεταλλικού δεσμού

# Ιστορική αναδρομή

| Χρονολογία | Γεγονός                                                                                      | Εφευρέτης - Εταιρία                          | Χώρα     |
|------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|----------|
| 1801       | Παραγωγή του πρώτου ηλεκτρικού τόξου μεταξύ δύο ηλεκτροδίων άνθρακα με τη χρήση DC μπαταρίας | Sir Humphry Davy                             | Αγγλία   |
| 1838       | Συγκόλληση τήξης – Δίπλωμα Ευρεσιτεχνίας                                                     | Eugene Panon Desbassayns, comte de Richemont | Γαλλία   |
| 1881       | Πρώτη συγκόλληση με τόξο, πλακών μολύβδου χρησιμοποιώντας ηλεκτρόδια άνθρακα                 | August De Meriten                            | Γαλλία   |
| 1886       | Ανακάλυψη συγκόλλησης ηλεκτρικής αντίστασης                                                  | Thompson Welding Co.                         | ΗΠΑ      |
| 1892       | Πειράματα συγκόλλησης τόξου με χρήση μεταλλικών ηλεκτροδίων                                  | N.G. Slavianoff                              | Ρωσία    |
| 1895       | Ανακάλυψη καυστήρα οξυγόνου - ασετυλίνης                                                     | Henry Le Chatelier                           | Γαλλία   |
| 1895       | Συγκόλληση με θερμότητα - Δίπλωμα Ευρεσιτεχνίας                                              | Johann Wilhelm Goldschmidt                   | Γερμανία |
| 1946       | Ανακάλυψη συγκόλλησης πίεσης εν ψυχρώ                                                        | General Electric Co. Ltd.                    | Αγγλία   |

|      |                                                           |                 |              |
|------|-----------------------------------------------------------|-----------------|--------------|
| 1956 | Συγκόλληση δια τριβής - Δίπλωμα Ευρεσιτεχνίας             | A. I. Chudikov  | Ρωσία        |
| 1957 | Ανάπτυξη της μεθόδου συγκόλλησης με δέσμη ηλεκτρονίων     | J.A. Stohr      | Γαλλία       |
| 1957 | Συγκόλληση με τόξο πλάσματος                              | Robert M. Gage  | ΗΠΑ          |
| 1970 | Συγκόλληση με δέσμη Laser                                 | Martin Adams    | Αγγλία       |
| 2011 | Συγκόλληση Τόξου χαλύβδινου ελάσματος με προστασία αερίου | Toshikazu Kamei | Ιαπωνία /ΗΠΑ |

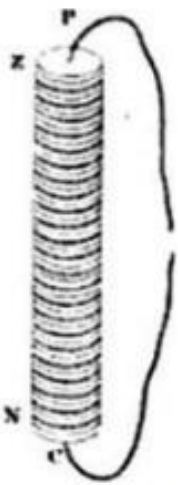


Fig. 2. DC battery comprising a stack of zinc and silver discs, with zinc-silver cells separated by cloth moistened with "a compound of sulphur of potassa" [15].

- 3) as the frequency tends to infinity, the hysteresis loop degenerates to a straight line or a single-valued curve through the origin, whose slope depends on the amplitude and shape of the forcing signal [13].

## II. CARBON DISCHARGE DRIVING CIRCUIT AND EXPERIMENTAL SETUP

### A1. Original Setup Driven by a DC Voltage Source

Humphrey Davy was curious of the direct current (dc) batteries developed by Alessandro Volta and the Galvanic experiments. He set up battery systems to conduct tests which are now called electrolysis [2]. DC batteries were set up by stacking up many cells of zinc and silver plates or zinc and copper plates. Fig. 2 shows one example in which cloth moistened with "sulphret of potassa" was used to separate individual cells. An alternative approach to develop large dc battery was to immerse a group of large zinc and copper plates into a container of chemical solution such

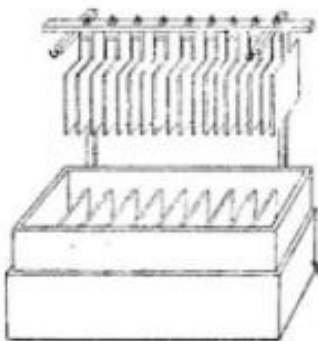


Fig. 3. Construction of dc battery by immersing series-connected zinc and copper plates in a container of chemical solution [15].

as acidic or alkaline solutions (Fig. 3).

Referring to the charcoal rods (being used as the electrodes in the Galvanic experiments), Humphrey Davy wrote that "I have found that this substance possesses the same properties as metallic bodies in producing the shock and spark, when made a medium of communication between the ends of the galvanic pile of Signor Volta" [14], pp. 150-151. Such spark

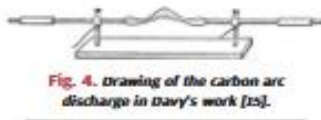


Fig. 4. Drawing of the carbon arc discharge in Davy's work [15].

was the arc discharge (Fig. 4) between the tips of the carbon rods. Based on this principle, Humphrey Davy used a large battery bank to generate a continuous dc arc discharge in the electric light experiment at the Royal Institution in 1813 (Fig. 5).

### A2. Modern Setup Driven by AC Voltage Source

The schematic of our carbon rod discharge driving circuit is shown in Fig. 6. Two carbon rods with 4-mm diameter are used as electrodes. A bipolar power supply is used to generate sinusoidal voltage of about 28 V root mean square (rms; from +40 to -40 V peak to peak) at frequency from 5 to 12 kHz. The current capacity is 14 A rms (from +20 to -20 A peak to peak). Eight air-cored inductors of 130  $\mu$ H each are connected in various combinations of series and parallel connections in order to form a

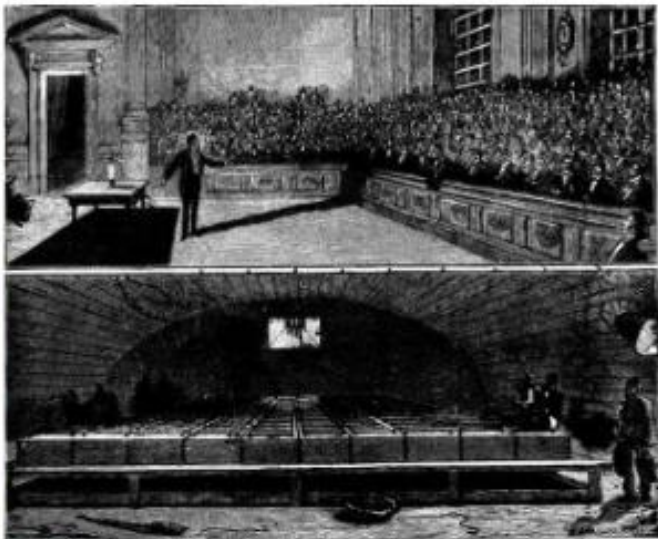


Fig. 5. Picture of Humphrey Davy demonstrating the electric light for the members of the Royal Institution in London in 1813 and a picture of the large battery bank [16].

# Ιστορική αναδρομή



Fig. 1. Portrait of Humphrey Davy by Thomas Phillips.

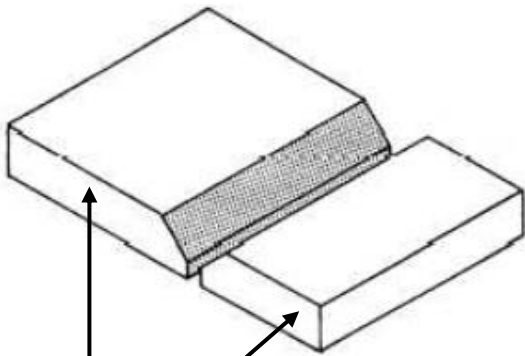
# Ορισμός της συγκόλλησης

Συγκόλληση κατά ECCC είναι

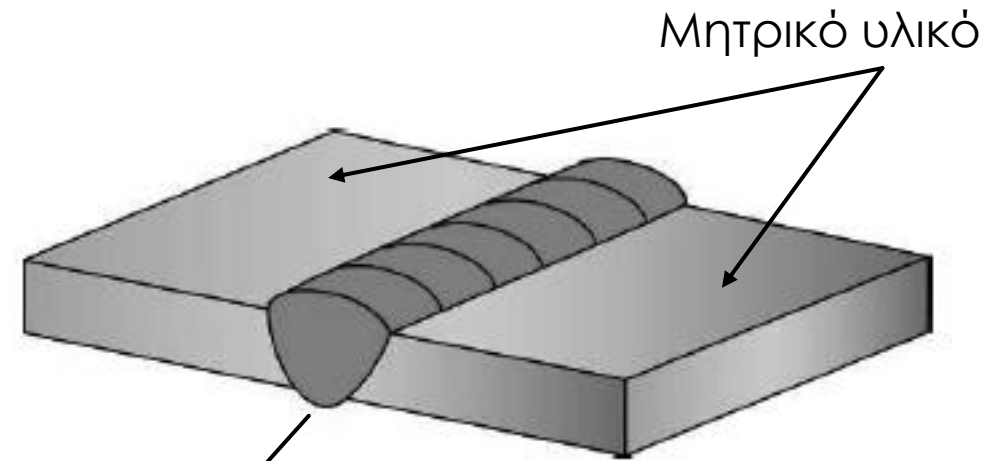
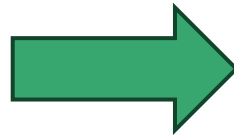
Η ένωση δύο ή περισσότερων τεμαχίων με θερμότητα ή πίεση ή συνδυασμό των δύο, έτσι ώστε τα υλικά να σχηματίσουν μια συνέχεια. Ένα **πληρωτικό** υλικό με σημείο τήξης παραπλήσιο του **μητρικού** μπορεί να χρησιμοποιηθεί.

# Συγκόλληση

Θερμότητα και/ή πίεση  
και/ή πληρωτικό υλικό

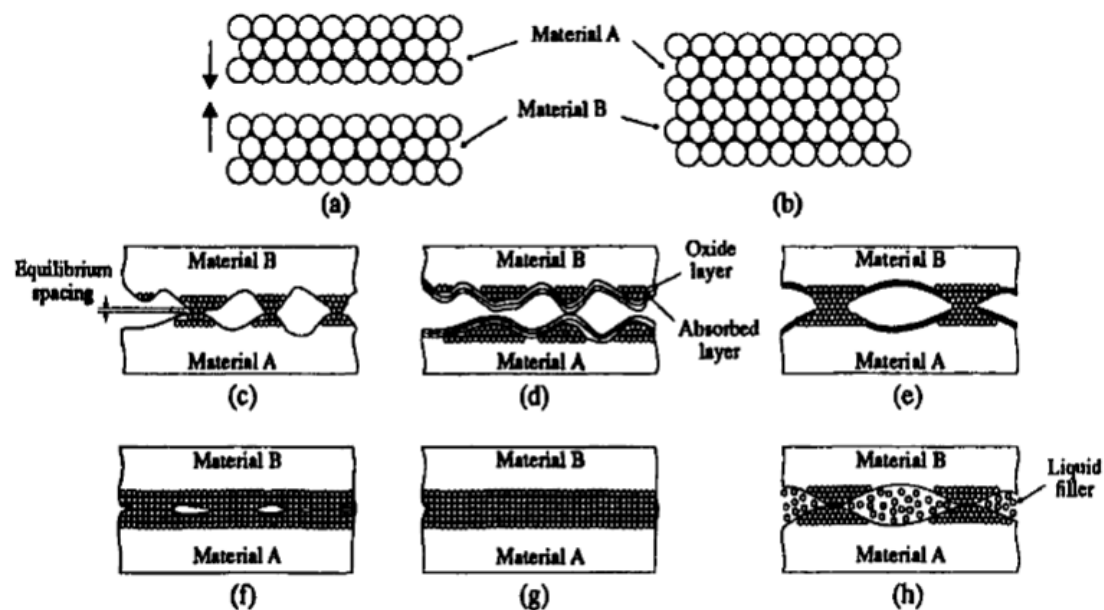


Μητρικό υλικό



Μέταλλο συγκόλλησης =  
κράμα πληρωτικού υλικού  
και τήγμα μητρικού υλικού

# Συγκόλληση



**Figure 1.4** Two perfectly smooth and clean versus two real materials being brought together to attempt to form a weld. An ideal surface (a) to produce an ideal or perfect weld (b). Various real surfaces (c and d) being progressively forced together by pressure (e and f) to form a near-perfect weld (g). Melting to provide a supply of atoms (h) to form a near-perfect weld (g). (Modified but from *Joining of Advanced Materials* by R. W. Messler, Jr., published in 1993 by and used with permission of Butterworth-Heinemann, Woburn, MA.)

# Χρησιμότητα πληρωτικού υλικού

- ▶ Πρόσθετο υλικό που χρησιμοποιείται για τον έλεγχο της χημικής σύστασης της ραφής ώστε να εξασφαλιστούν οι κατάλληλες ιδιότητες του μετάλλου συγκόλλησης (μηχανικές, χημικές κ.α.)
- ▶ Δε χρησιμοποιείται όταν
  - a) Απαιτείται η υψηλή καθαρότητα της ραφής
  - b) Τα τεμάχια είναι πολύ λεπτά
  - c) Εφαρμόζονται μέθοδοι τοπικής τήξης

# Παραδείγματα

- ▶ Μητρικό υλικό : ανθρακούχος χάλυβας
- ▶ Πληρωτικό υλικό : επιχαλκωμένο σύρμα ER70S-6

Το σύρμα περιέχει Mn και Si, τα οποία συμβάλουν στην αποξείδωση και στην σταθεροποίηση της μικροδομής του μετάλλου συγκόλλησης, βελτιώνοντας παράλληλα την αντοχή και την ολκιμότητα του.

# Παραδείγματα

- ▶ Μητρικό υλικό : αουστενιτικός ανοξείδωτος χάλυβας AISI 316
- ▶ Πληρωτικό υλικό : σύρμα ER316L ( $C < 0.03\%$ )
- ▶ Αποτέλεσμα : βελτιωμένη αντοχή σε διάβρωση

- ▶ Μηχανισμός

Οι αουστενιτικοί ανοξείδωτοι χάλυβες παρουσιάζουν υψηλή αντοχή στη διάβρωση, λόγω της παρουσίας χρωμίου στο διάλυμα του αουστενίτη, το οποίο αντιδρά και σχηματίζεται παθητικό στρώμα χρωμικού οξειδίου.

Όταν όμως θερμανθούν στους 500-800 °C, ο άνθρακας αντιδρά με το χρώμιο, σχηματίζοντας καρβίδια χρωμίου στα όρια των κόκκων

# Παραδείγματα

- ▶ Μητρικό υλικό : αουστενιτικός ανοξείδωτος χάλυβας AISI 316
- ▶ Πληρωτικό υλικό : σύρμα ER316L ( $C < 0.03\%$ )
- ▶ Αποτέλεσμα : βελτιωμένη αντοχή σε διάβρωση

- ▶ Μηχανισμός

Αυτό προκαλεί τοπική αποχρωμίωση γύρω από τα όρια των κόκκων και το παθητικό φιλμ διαλύεται, οδηγώντας σε περικρυσταλλική διάβρωση, που διαδίδεται κατά μήκος των ορίων των κόκκων.

- ▶ Λύση: Πληρωτικό υλικό φτωχό σε άνθρακα, με αποτέλεσμα το σχηματισμό λιγότερων καρβιδίων, αποτροπή της τοπικής αποχρωμίωσης, και σχηματισμό του παθητικού στρώματος χρωμικού οξειδίου

# Πλεονεκτήματα συγκολλήσεων

- ▶ Υψηλή αντοχή της σύνδεσης, έως ακόμη και την αντοχή του μητρικού μετάλλου
- ▶ Απλούστευση των κατασκευών (π.χ. στις ηλώσεις απαιτούνται πολύπλοκες διαμορφώσεις)
- ▶ Οικονομία υλικού – πιο ελαφρές κατασκευές (π.χ. έως 10-20 % ελάττωση του βάρους των πλοίων)
- ▶ Μείωση χρόνου και κόστους

# Πλεονεκτήματα συγκολλήσεων

- ▶ Μείωση ηχορύπανσης (απουσία ηλώσεων, κοχλιώσεων)
- ▶ Πλήρης στεγανότητα
- ▶ Κανένας περιορισμός πάχους ελασμάτων και συνεπώς μεγάλη ποικιλία γεωμετριών

# Μειονεκτήματα συγκολλήσεων

- ▶ Μη αντιστρέψιμες συνδέσεις
- ▶ Δυσκολία συγκόλλησης ορισμένων κραμάτων ( π.χ. χάλυβες υψηλής αντοχής, τιτάνιο)
- ▶ Απαιτούν χειριστές με ιδιαίτερη εξειδίκευση
- ▶ Πιθανότητα δημιουργίας ατελειών (ρωγμές, πόροι, εγκλεισμοί)

# Μειονεκτήματα συγκολλήσεων

- ▶ Δημιουργία παραμενουσών τάσεων και παραμορφώσεων, που επιδρούν στη θραύση, στο λυγισμό κτλ.
- ▶ Η υλοποίηση τους μπορεί να προϋποθέτει προθέρμανση ή μεταθέρμανση
- ▶ Οι μέθοδοι μη καταστροφικού ελέγχου δεν είναι πλήρως αξιόπιστες σε συγκολλήσεις
- ▶ Δυσκολία σύλληψης ρωγμών

# Ταξινόμηση συγκολλήσεων

Η ταξινόμηση των συγκολλήσεων γίνεται με πολλούς μεθόδους. Οι τρεις βασικές ταξινομήσεις είναι

1. Με κριτήριο το εύρος θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στην ραφή
2. Με κριτήριο την πηγή ενέργειας
3. Με κριτήριο το είδος της διεπιφάνειας

# Ταξινόμηση συγκολλήσεων με κριτήριο το εύρος θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στην ραφή

## 1. Συγκολλήσεις τήξης

- ▶ Θερμοχημικές (με καύσιμο αέριο οξυγόνου, με θερμότητα)
- ▶ Ηλεκτρικού τόξου (π.χ. πλάσματος, με ηλεκτρόδιο βολφραμίου και προστασία αερίου, με σωληνωτά ηλεκτρόδια, με επενδυμένα ηλεκτρόδια)
- ▶ Ηλεκτρικής αντίστασης (σημειακές, με σπινθηρισμούς, με προεξοχή κτλ.)
- ▶ Με δέσμες υψηλής ενέργειας (π.χ. με δέση laser, με δέσμη ηλεκτρονίων, με μικροκύματα)

# Ταξινόμηση συγκολλήσεων με κριτήριο το εύρος θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στην ραφή

## 2. Συγκολλήσεις με χρήση συνδετικού μέσου

- ▶ Μέσης θερμοκρασίας ή σκληρές ετερογενής (π.χ. με φλόγα, σε φούρνο, με επαγωγή, με εμβάπτιση κτλ.)
- ▶ Χαμηλής θερμοκρασίας ή μαλακές ετερογενής (π.χ. με φλόγα, σε φούρνο, με επαγωγή, με εμβάπτιση κτλ.)

# Ταξινόμηση συγκολλήσεων με κριτήριο το εύρος θερμοκρασιών που αναπτύσσονται στην ραφή

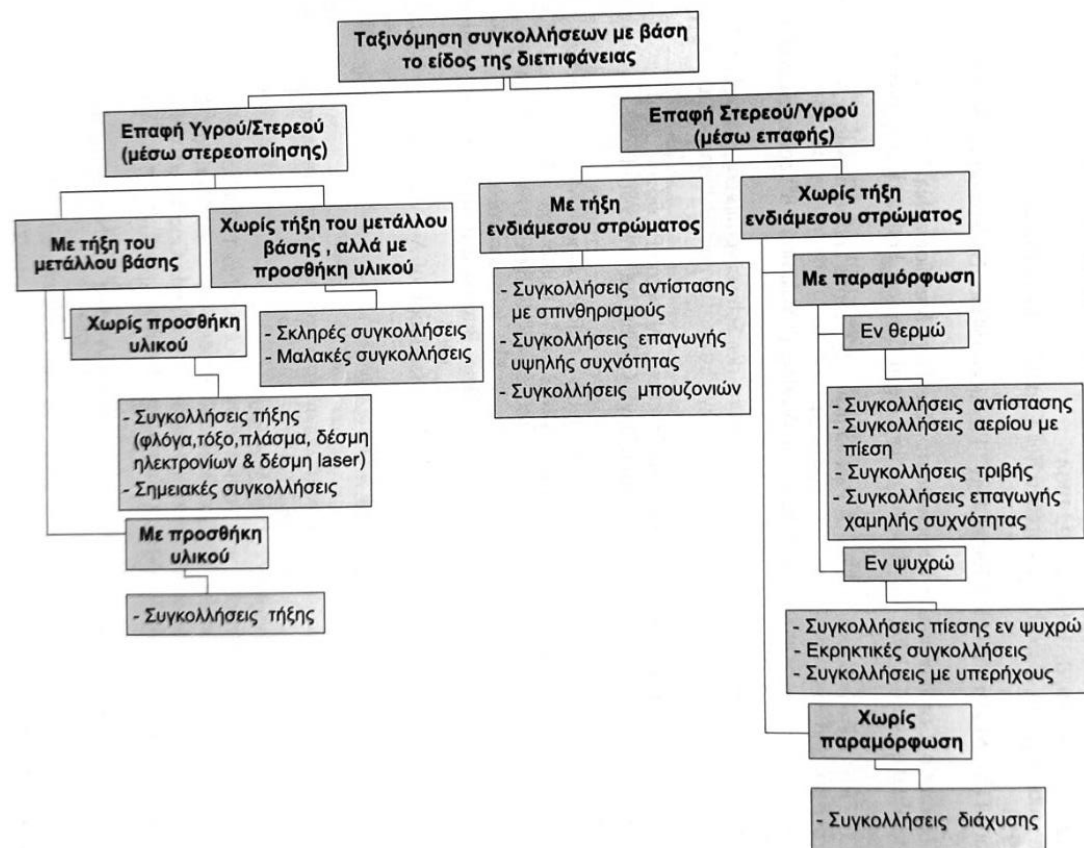
## 3. Συγκολλήσεις στερεάς κατάστασης

- ▶ Εν ψυχρώ με πλαστική παραμόρφωση (π.χ. πίεσης, με έλαση κτλ.)
- ▶ Εν θερμώ με πλαστική παραμόρφωση (π.χ. πίεσης, με θερμή σφυρηλασία, διατριβής κτλ.)
- ▶ Εν θερμώ χωρίς πλαστική παραμόρφωση (π.χ. επαγωγής)

# Ταξινόμηση συγκολλήσεων με κριτήριο την πηγή ενέργειας

1. Θερμοχημική ενέργεια (π.χ. αερίου με καύσιμο οξυγόνου, με θερμότητα, μέσης θερμοκρασίας με φλόγα, μέσης θερμοκρασίας με αντίδραση)
2. Ηλεκτροθερμική ενέργεια (π.χ. Ηλεκτρικού τόξου, ηλεκτρικής αντίστασης, επαγωγής, με δέσμη laser, με δέσμη ηλεκτρονίων κτλ.)
3. Μηχανική ενέργεια (π.χ. με συνδιέλαση, σφυρηλάτησης, δια τριβής κτλ.)
4. Άλλες πηγές θερμικής ενέργειας (Διάχυσης)

# Ταξινόμηση συγκολλήσεων με κριτήριο το είδος της διεπιφάνειας



Σχήμα 1.17  
Συγκολλήσεις με βάση τον τρόπο διασφάλισης της μεταλλικής συνέχειας

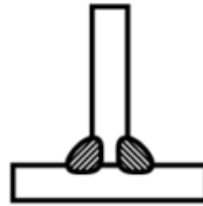
# ΜΕΡΟΣ Γ

ΜΕΘΟΔΟΙ ΣΥΝΔΕΣΗΣ,  
ΔΙΑΜΟΡΦΩΣΕΙΣ ΚΑΙ  
ΣΥΜΒΟΛΙΣΜΟΣ  
ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΩΝ

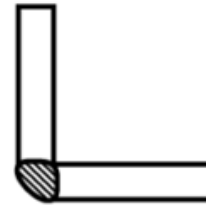
# Μέθοδοι σύνδεσης



Μετωπική ή κατά συμβολή  
(Butt joint)



Αυχενική ή Τύπου Ταυ  
(Tee joint)



Γωνιακή  
(Corner joint)



Με επικάλυψη  
(Lap joint)



Κατ' ακμή  
(Edge joint)

# Διαμορφώσεις

Ανοικτού τύπου



Τύπου  $\frac{1}{2}V$



Τύπου διπλού  $\frac{1}{2}V$



Τύπου V



Τύπου διπλού V



Τύπου J



Τύπου διπλού J



Τύπου U



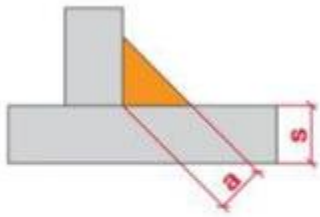
Τύπου διπλού U



# Διαμορφώσεις

- Η προετοιμασία των ελασμάτων για συγκόλληση έχει σα σκοπό να ισχυροποιεί τη συγκόλληση οδηγώντας την προς το εσωτερικό των ελασμάτων.
- Τα βασικά γεωμετρικά χαρακτηριστικά κάθε είδους προδιαμόρφωσης είναι
  - το βάθος μέχρι το οποίο πραγματοποιείται,
  - η γωνία της διαμόρφωσης και
  - το διάκενο που αφήνεται ανάμεσα στα ελάσματα που θα συγκολληθούν.

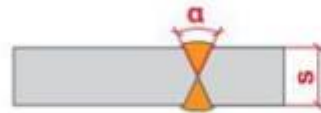
# Εξώραφες και εσώραφες συγκολλήσεις



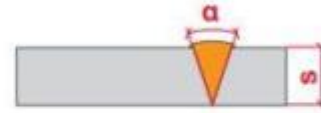
εξώραφη



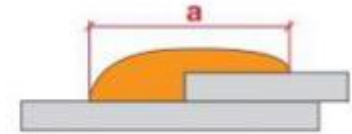
εξώραφη



εσώραφη



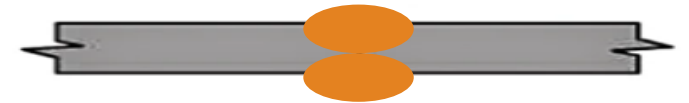
εσώραφη



εξώραφη

# Μετωπική σύνδεση ανοικτού και κλειστού τύπου

- ▶ Τεμάχια χωρίς διαμόρφωση
- ▶ Διάκενο
  - ▶  $t/2$  , ανοικτού τύπου
  - ▶ σε επαφή, κλειστού τύπου
- ▶ Μέγιστο πάχος ελασμάτων
  - ▶ 3mm για συγκόλληση από τη μία πλευρά
  - ▶ 6mm για συγκόλληση και από τις δύο πλευρές

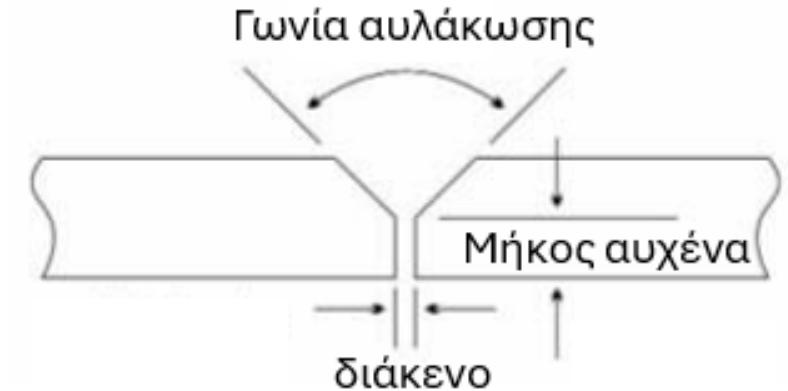


# Μετωπική σύνδεση ανοικτού τύπου με επικαλύπτρα

- ▶ Συγκόλληση πλήρους διείσδυσης μόνο από τη μία πλευρά
- ▶ Μέγιστο πάχος ελασμάτων έως 16mm
- ▶ Διάκενο 6-10mm
- ▶ Είδη επικαλυπτρών
  - ▶ Ταινία ίδιου ή συμβατού υλικού, που παραμένει στη θέση της μετά το πέρας της συγκόλλησης, πάχους 3-4mm
  - ▶ Μεταλλική διαμορφωμένη ράβδος, με υψηλή θερμική αγωγιμότητα
  - ▶ Κεραμική ταινία ή ράβδος (χρήση για λεπτές εργασίες, ομαλό εσωτερικό προφίλ)

# Μετωπική σύνδεση τύπου V

- ▶ Κατάλληλη για μεγαλύτερα πάχη
- ▶ Η δημιουργία του αυχένα εξυπηρετεί την ανάγκη για αποφυγή δημιουργίας ελασμάτων με λεπτές ακμές
- ▶ Εάν το διάκενο είναι μεγάλο τότε απαιτείται επικαλύπτρα
- ▶ Τα γεωμετρικά χαρακτηριστικά της αυλάκωσης εξαρτώνται από το πάχος του ελάσματος



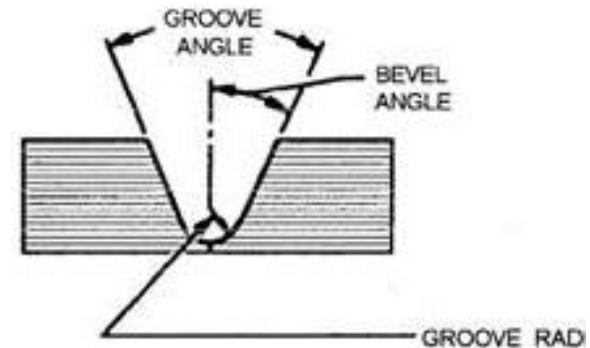
# Μετωπική σύνδεση τύπου διπλού V

- ▶ Κατάλληλη για οποιοδήποτε πάχος ελασμάτων
- ▶ Χρησιμοποιείται όταν η τύπου V οδηγεί σε πολύ μεγάλες ποσότητες μετάλλου συγκόλλησης,
- ▶ Ενώ συγχρόνως δημιουργεί μη αποδεκτές παραμορφώσεις
- ▶ Δεν είναι απαραίτητα συμμετρικές



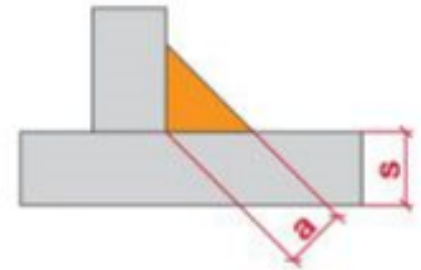
# Μετωπική σύνδεση τύπου U

- ▶ Χρησιμοποιείται κυρίως σε ελάσματα με πάχος  $>20\text{mm}$ , που οι ακμές του αυχένα έρχονται σε τέλεια επαφή
- ▶ Για την αποφυγή μεγάλων παραμορφώσεων χρησιμοποιείται αμφίπλευρη σύνδεση τύπου U



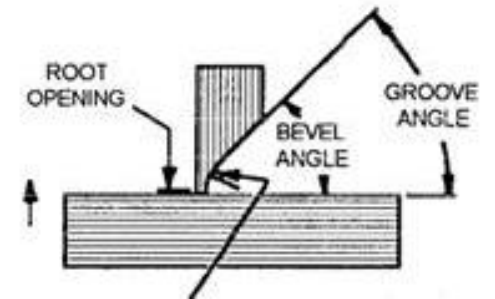
# Αυχενική σύνδεση ή τύπου Ταυ

- ▶ Η ραφή σχηματίζει γωνία  $45^\circ$  με κάθε έλασμα
- ▶ Δεν απαιτεί κάποια διαμόρφωση για εξώραφες συγκολλήσεις
- ▶ Δεν απαιτείται διάκενο
- ▶ Η αντοχή της εξαρτάται από το πάχος της ραφής, με την προϋπόθεση επαρκούς διείσδυσης
- ▶ Ο συνηθέστερος τύπος σύνδεσης στη ναυπηγική

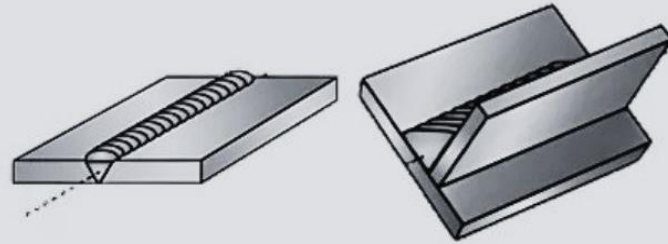


# Σύνδεση τύπου J

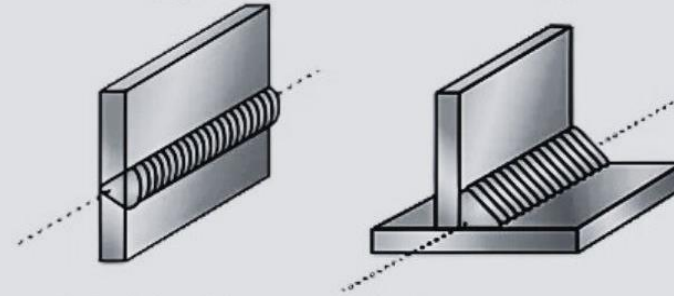
- ▶ Κατάλληλη για οποιοδήποτε πάχος ελασμάτων
- ▶ Μονού και διπλού τύπου
- ▶ Δυσκολία διαμόρφωσης των ακμών (συνήθως με πλάνη)



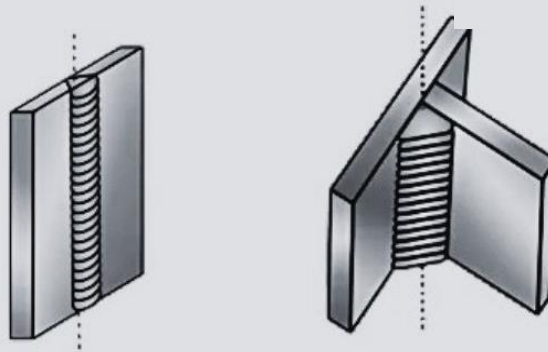
# Τύποι σύνδεσης ανάλογα με τη θέση του συγκολλητή



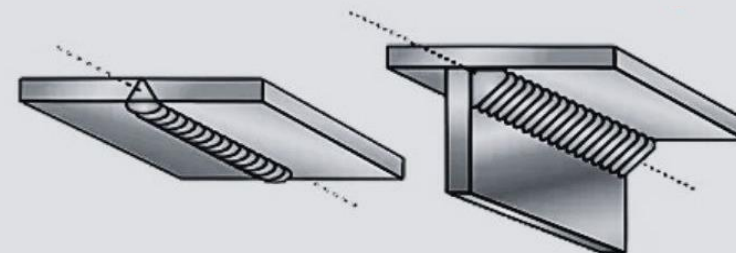
Επίπεδη (Flat)



Μετωπική (Horizontal)

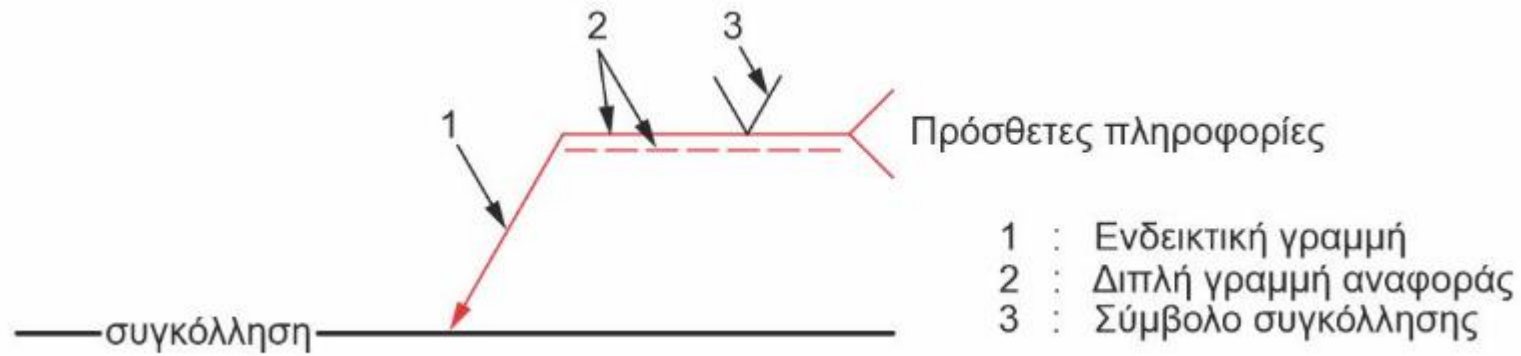


Κατακόρυφη (Vertical)



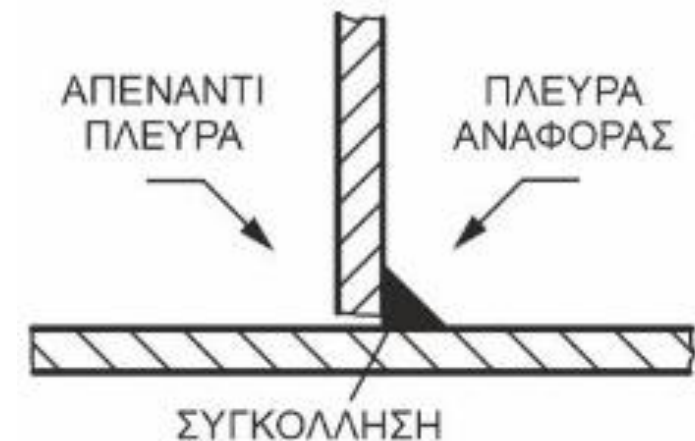
Οροφιαία (Overhead)

# Συμβολισμός συγκολλήσεων

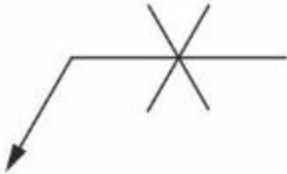
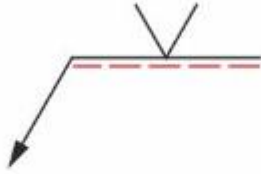
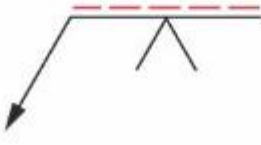
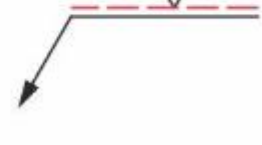


# Συμβολισμός συγκολλήσεων

- ▶ Στις ραφές της συγκόλλησης χαρακτηρίζονται δύο πλευρές.
- ▶ Η πλευρά αναφοράς στην οποία βρίσκεται το υλικό της συγκόλλησης και η απέναντι πλευρά της συγκόλλησης



# Συμβολισμός συγκολλήσεων

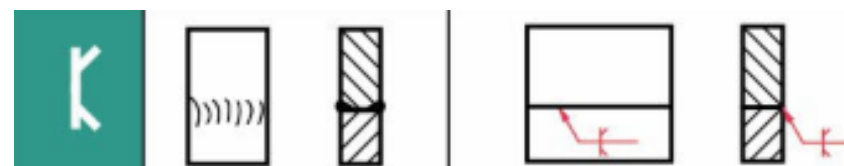
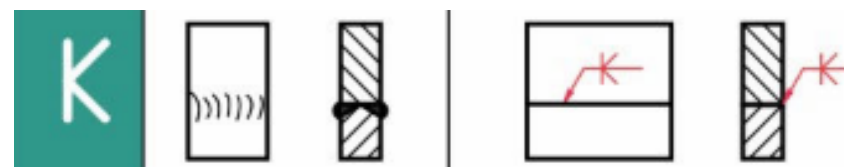
| Συμμετρικές συγκολλήσεις                                                                                                                                   | Συγκόλληση στην πλευρά αναφοράς                                                                                                                                          | Συγκόλληση στην απέναντι πλευρά                                                                                                                                          |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  <p>Στις συμμετρικές συγκολλήσεις δε χρειάζεται η διακεκομμένη γραμμή</p> |   |   |

# Συμβολισμός συγκολλήσεων

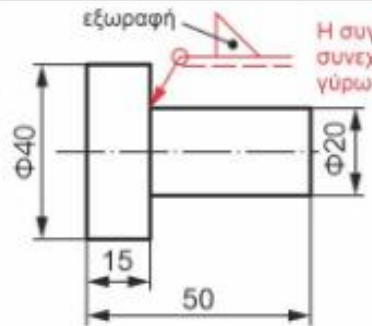
|                     |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|---------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
| ΕΞΩΡΑΦΗ             |    |    |    |    |    |
| ΡΑΦΗ ΧΩΡΙΣ ΛΟΞΟΤΟΜΗ |    |    |    |    |    |
| ΡΑΦΗ ΑΠΛΟΥ V        |    |    |    |    |    |
| ΡΑΦΗ ΑΠΛΟΥ U        |    |    |    |    |    |
| ΡΑΦΗ ΑΠΛΟΥ J        |   |   |   |   |   |
| ΡΑΦΗ ΑΠΛΟΥ $1^2V$   |  |  |  |  |  |
| ΡΑΦΗ ΔΠΛΟΥ U        |  |  |  |  |  |
| ΡΑΦΗ ΔΠΛΟΥ V        |  |  |  |  |  |

# Συμβολισμός συγκολλήσεων

|                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |                                                                                     |
|---------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------|
| ΕΞΩΡΑΦΗ             |    |    |    |    |    |
| ΡΑΦΗ ΧΩΡΙΣ ΛΟΞΟΤΟΜΗ |    |    |    |    |    |
| ΡΑΦΗ ΑΠΛΟΥ V        |    |    |    |    |    |
| ΡΑΦΗ ΑΠΛΟΥ U        |    |    |    |    |    |
| ΡΑΦΗ ΑΠΛΟΥ J        |    |    |    |    |    |
| ΡΑΦΗ ΑΠΛΟΥ 1/2V     |  |  |  |  |  |
| ΡΑΦΗ ΑΠΛΟΥ O        |  |  |  |  |  |
| ΡΑΦΗ ΑΠΛΟΥ V        |  |  |  |  |  |



# Συμβολισμός συγκολλήσεων

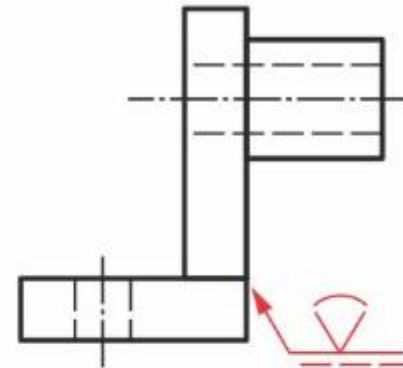
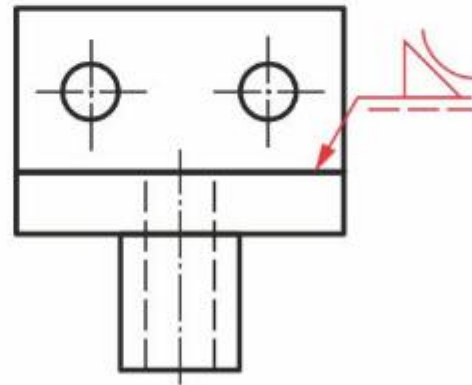
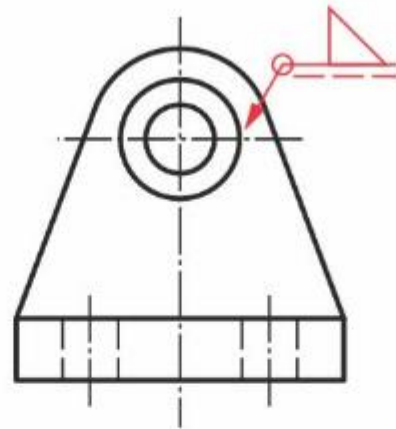
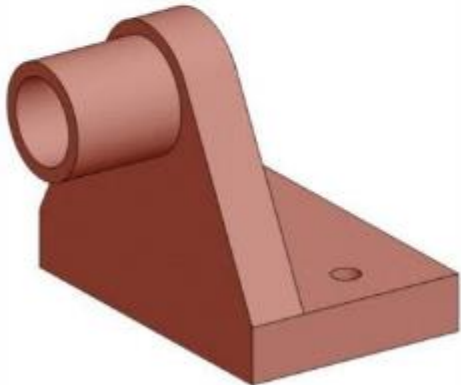
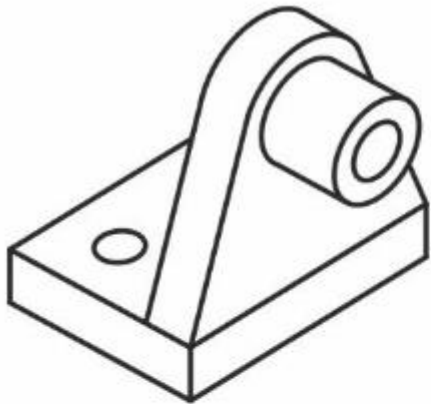
| Σύμβολο                                                                           | Ονομασία            | Εφαρμογή                                                                                                                                                                          |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|  | Ραφή συναρμολόγησης | Η συγκόλληση πραγματοποιείται στη φάση της συναρμολόγησης                                                                                                                         |
|  | Περιφερειακή ραφή   | <p>εξωραφή</p>  <p>Η συγκόλληση είναι συνεχής και περιφερειακά γύρω-γύρω από τον κύλινδρο</p> |

# Συμβολισμός συγκολλήσεων

- ❑ Εκτός από τα βασικά σύμβολα συγκόλλησης υπάρχουν και συμπληρωματικά σύμβολα
- ❑ Αυτά χαρακτηρίζουν την μορφή της επιφάνεια της ραφής συγκόλλησης ραφής.
- ❑ η απουσία τους σημαίνει ότι η μορφή της επιφάνειας συγκόλλησης δε χρειάζεται να χαρακτηριστεί ιδιαίτερα

| Σύμβολο                                                                               | Ονομασία     | Παράδειγμα     |                                                                                       |                                                                                       |                                                                                       |
|---------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------|
|    | Κοίλη ραφή   | Κοίλη Εξωραφή  |    |    |    |
|    | Επίπεδη ραφή | Επίπεδη Ραφή V |    |    |    |
|    | Κυρτή ραφή   | Κυρτή Ραφή V   |    |    |    |
|  | Ομαλή ραφή   | Ομαλή Εξωραφή  |  |  |  |

# Συμβολισμός συγκολλήσεων



# Απορίες - Ερωτήσεις

# Επόμενο μάθημα

2<sup>η</sup>

Τεχνικές συγκόλλησης - Συγκολλήσεις τήξης: θερμοχημικές συγκολλήσεις, Συγκολλήσεις ηλεκτρικού τόξου Ι