

# Συγκολλήσεις Μετάλλων

Μέρος Β

Νίκος Τσουρβελούδης  
Σχολή Μηχανικών Παραγωγής  
και Διοίκησης

ΠΟΛΥΤΕΧΝΕΙΟ ΚΡΗΤΗΣ

# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΕΙΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Χαρακτηρίζονται οι μέθοδοι με τις οποίες η θερμότητα που απαιτείται για την σύνδεση των συγκολλούμενων εξαρτημάτων επιτυγχάνεται ως συνέπεια της αντίστασης που συναντά το ηλεκτρικό ρεύμα που διέρχεται από την επαφή των συγκολλούμενων τμημάτων. Η θερμότητα  $H$  που αναπτύσσεται κατά τη συγκόλληση με ηλεκτρική αντίσταση, εν γένει, ορίζεται ως:

$$H=I^2Rt \text{ ή}$$

$$H=I^2RtK,$$

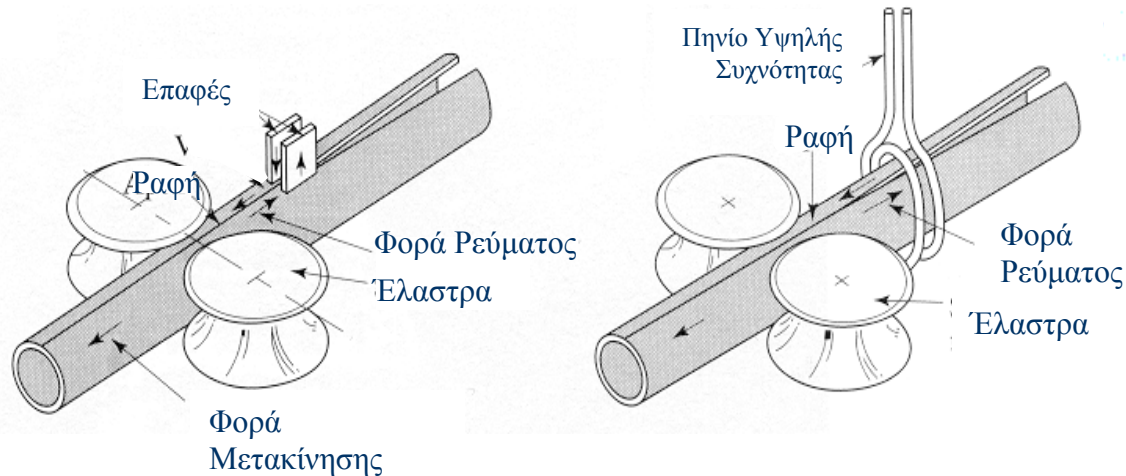
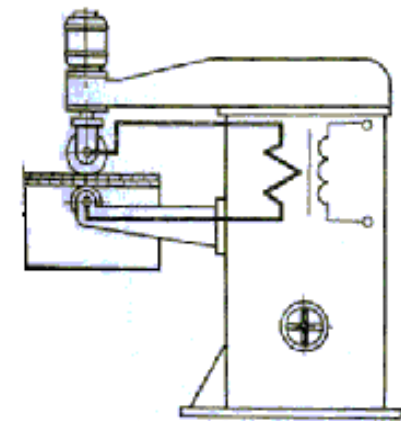
όπου  $K$  ο συντελεστής ενεργειακών απωλειών,  $K<1$



# ΣΥΓΚΟΛΗΣΕΙΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

## Γραμμική Συγκόλληση

Συνίσταται στη σύνδεση εξαρτημάτων κατά μήκος της γραμμής κύλισης των ηλεκτροδίων που έχουν τη μορφή ράουλων.



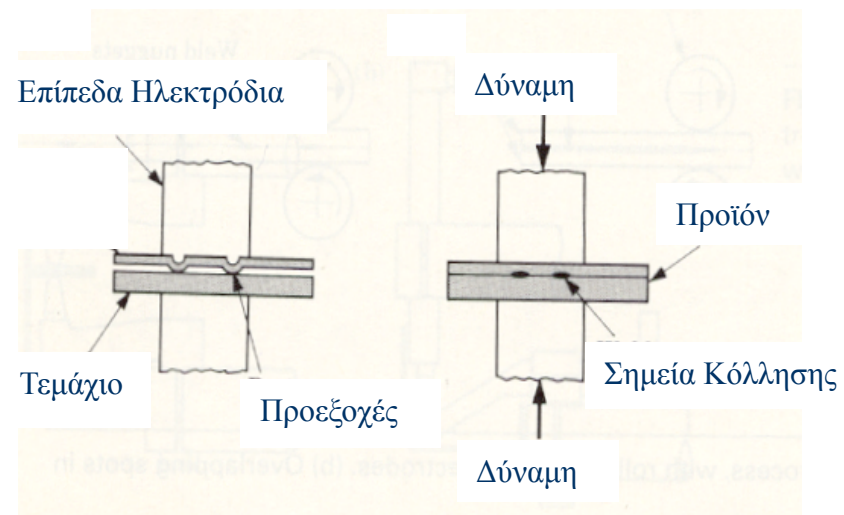
# ΣΥΓΚΟΛΗΣΕΙΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

Συνίσταται στη σύνδεση εξαρτημάτων σε ένα ή περισσότερα σημεία επαφής συγχρόνως.

Η συγκόλληση προεξοχών χρησιμοποιείται:

- για τη σύνδεση εξαρτημάτων από ανθρακοχάλυβα με μικρή περιεκτικότητα σε άνθρακα
- σε μη σιδηρούχα μέταλλα
- σε συνδέσεις ελασμάτων με επικαλύψεις νικελίου, ψευδαργύρου, χαλκού κλπ.

## Συγκόλληση Προεξοχών

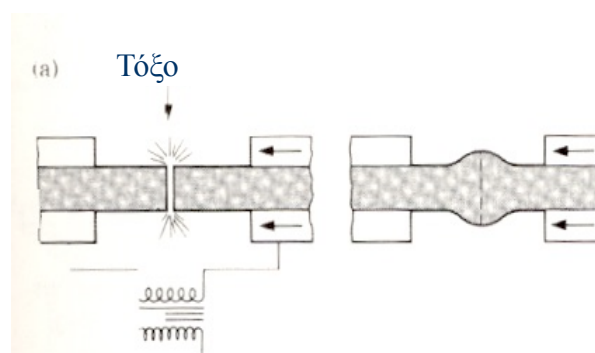


# ΣΥΓΚΟΛΗΣΕΙΣ ΜΕ ΗΛΕΚΤΡΙΚΗ ΑΝΤΙΣΤΑΣΗ

## Μετωπική Συγκόλληση

Η κόλληση γίνεται μετωπικά σε όλη την επιφάνεια επαφής. Η θερμότητα που απαιτείται προέρχεται από το ηλεκτρικό τόξο που δημιουργείται στην περιοχή της επαφής.

Η μετωπική συγκόλληση διακρίνεται στη συγκόλληση βραχυκύκλωσης και σπινθήρα. Χαρακτηριστική είναι η διόγκωση που προκαλείται και με τις δύο μεθόδους στη θέση της σύνδεσης. Η μετωπική συγκόλληση χρησιμοποιείται ως επί το πλείστον για τη σύνδεση σωλήνων και κυλινδρικών τεμαχίων.



# Χρήσιμα

<https://www.youtube.com/watch?v=66-RK0DPXfU>

<https://www.youtube.com/watch?v=AwL1CAg43PU>

<https://www.youtube.com/watch?v=cOAdEIQKZDs>

<https://www.youtube.com/watch?v=YhWpub7NDss>

<https://www.youtube.com/watch?v=0x1uRR9Jb34>

<https://www.youtube.com/watch?v=BIYIhr2mEKY>

# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΔΕΣΜΗ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πλάσμα, Laser και δέσμη ηλεκτρονίων. Η βασική διαφορά με τις συνήθεις μεθόδους συγκόλλησης τόξου είναι το μέγεθος του λουτρού συγκόλλησης.

Το λιωμένο μέταλλο ωθείτε από τη δέσμη ενέργειας και δημιουργείται κρατήρας στο σημείο που πέφτει η δέσμη (τεχνική keyhole). Η μετατόπιση της δέσμης κατά μήκος της σύνδεσης σχηματίζει ζώνη ρευστού μετάλλου σε όλο το βάθος της σύνδεσης. Οι συγκολλήσεις με δέσμη υψηλής ενέργειας (όπως και πλάσματος) έχουν μεγάλο λόγο βάθους προς πλάτος συγκόλλησης (έως 20:1), εξαιρετική ποιότητα συγκόλλησης με ελάχιστες παραμορφώσεις.

# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΔΕΣΜΗ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

## Α. Συγκόλληση με πλάσμα

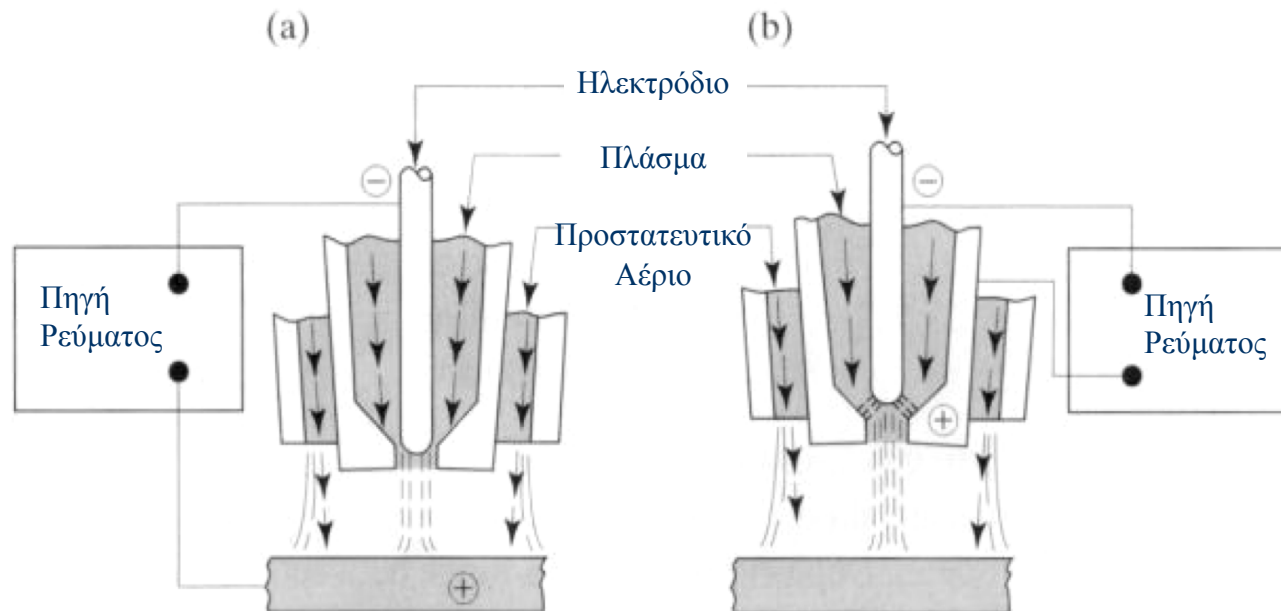
Ως **πλάσμα** νοείται ιονισμένο αέριο σε υψηλή θερμοκρασία που περιέχει τον ίδιο περίπου αριθμό ηλεκτρονίων και θετικών ιόντων.

Τα κύρια πλεονεκτήματα της συγκόλλησης με πλάσμα είναι:

- α) η υψηλή θερμοκρασία
- β) η σταθερότητα του εστιασμένου τόξου ανεξάρτητα από την απόσταση του ηλεκτροδίου από το συγκολλούμενο αντικείμενο
- γ) οι υψηλές ταχύτητες συγκόλλησης (από 120 έως 1000mm/min).

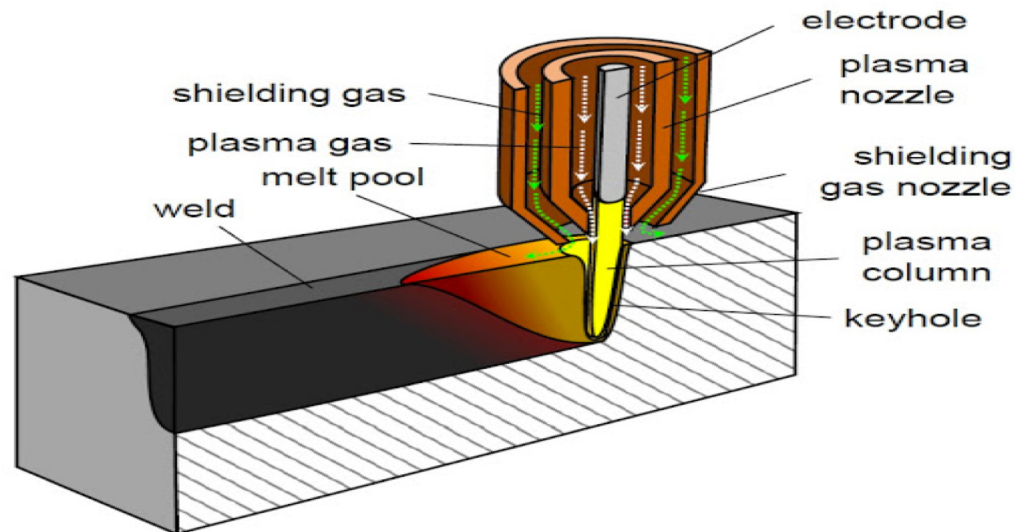
# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΔΕΣΜΗ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Οι δύο μορφές της πλασμικής συγκόλλησης, η μέθοδος μεταφερόμενου και η μέθοδος μη μεταφερόμενου τόξου πλάσματος.



# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΔΕΣΜΗ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Χρησιμοποιείται στη συγκόλληση τεμαχίων με πάχος μικρότερο των 6mm, ενώ η διατρητική ικανότητα του πλάσματος μπορεί να φτάσει και τα 20mm για μερικά κράματα τιτανίου και αλουμινίου.



# Χρήσιμα

<https://www.youtube.com/watch?v=588EJInHLsc>



# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΔΕΣΜΗ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

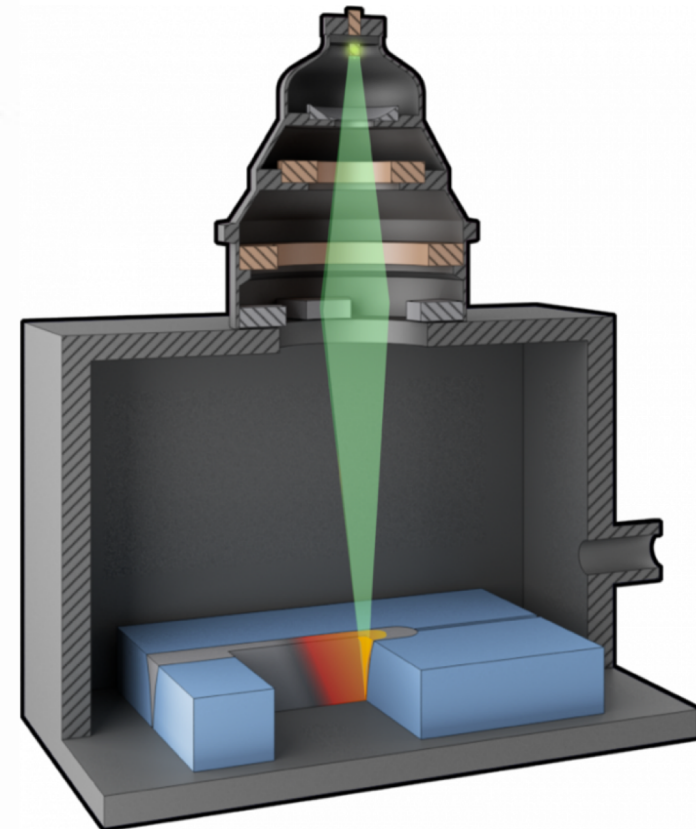
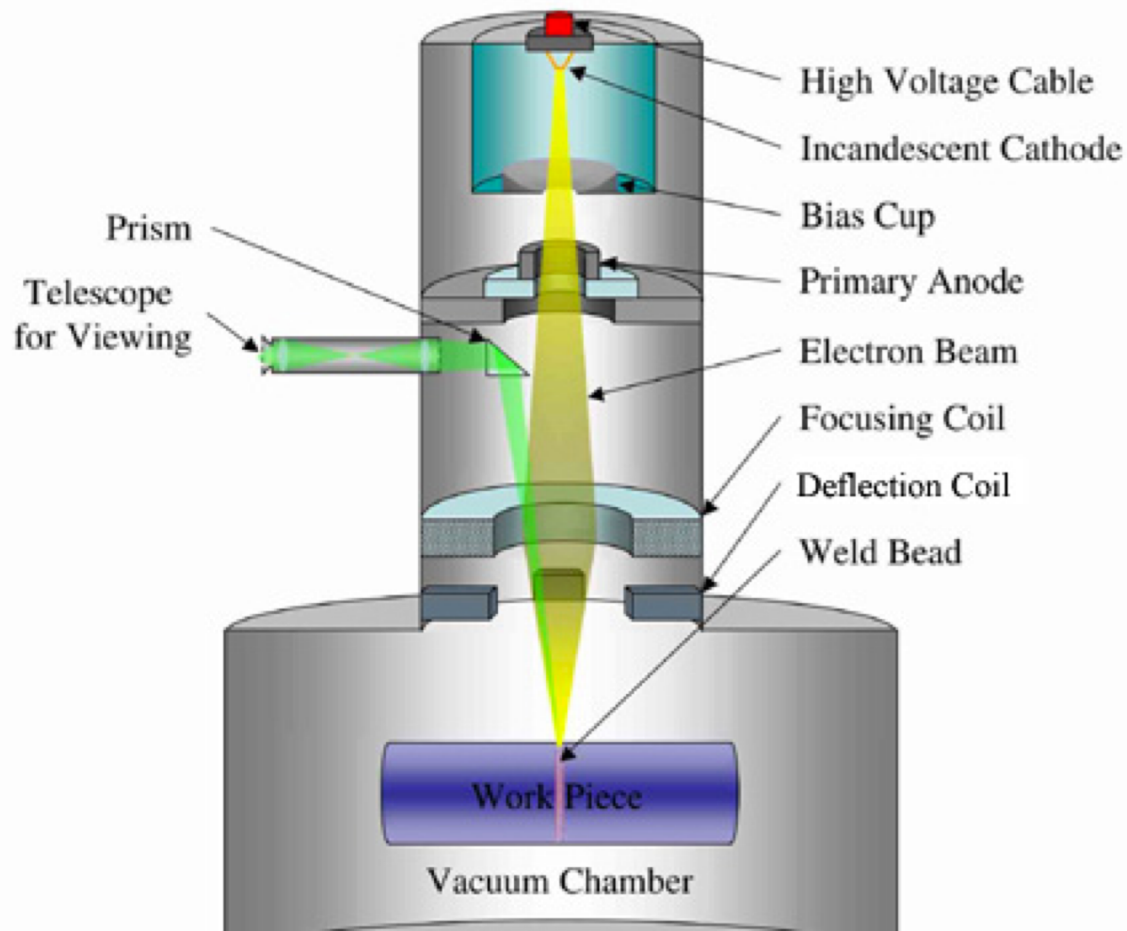
## *B. Συγκόλληση με δέσμη ηλεκτρονίων*

Η θερμότητα που απαιτείται για την κόλληση προέρχεται απ' την κινητική ενέργεια των ηλεκτρονίων που προσπίπτουν στην επιφάνεια του προς συγκόλληση τεμαχίου.

Χρησιμοποιείται για πάχος μετάλλου μέχρι 150mm με ταχύτητα συγκόλλησης που δύναται να φτάσει, ανάλογα με τον εξοπλισμό, τα 12m/min.

Πλεονεκτήματα: καθαρότητα των κολλήσεων, μικρές παραμορφώσεις των μετάλλων γύρω απ' την κόλληση, δυνατότητα πρόσβασης σε εξαναγκασμένες θέσεις συγκόλλησης και η εύκολη αλλαγή των παραμέτρων κατά των εξέλιξη της διαδικασίας.

# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΔΕΣΜΗ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



# Χρήσιμα



<https://www.youtube.com/watch?v=grzbTs69wuw>

# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΔΕΣΜΗ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

## Γ. Συγκόλληση με Laser

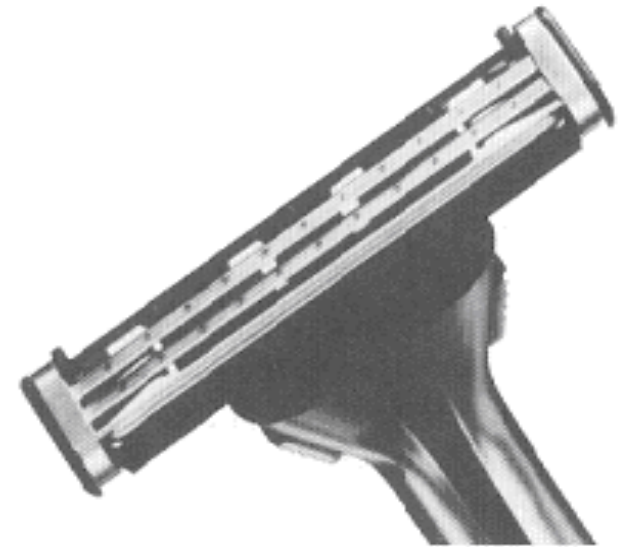
Αξιοποιεί τη ροή φωτονίων υψηλής ισχύος ως πηγή θερμότητας για την τήξη της περιοχής επαφής των προς συγκόλληση εξαρτημάτων. Η τήξη πραγματοποιείται με ένα ή περισσότερα περάσματα, με ή χωρίς πρόσθετο υλικό. Η μέθοδος είναι κατάλληλη για βαθιές και λεπτές συνδέσεις με λόγο βάθους προς πλάτος από 4 έως 10.

Το νικέλιο, το τιτάνιο, ο λευκόχρυσος, σιδηρούχα μέταλλα και κράματα είναι τυπικά υλικά για τη συγκόλληση των οποίων χρησιμοποιείται Laser. Η ταχύτητα συγκόλλησης κυμαίνεται μεταξύ 2.5 και 80m/min για λεπτά ελάσματα.

# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΔΕΣΜΗ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ

Πλεονεκτήματα της συγκόλλησης LASER έναντι της ΣΔΗ:

- Δεν απαιτείται η δημιουργία περιβάλλοντος κενού.
- Δεν δημιουργούνται επικίνδυνες ακτίνες Χ.
- Καλύτερη ποιότητα συγκόλλησης, με λιγότερες παραμορφώσεις και πόρους.
- Οι ακτίνες Laser είναι ευκολότερες στον χειρισμό και έλεγχο τους.



# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΔΕΣΜΗ ΥΨΗΛΗΣ ΕΝΕΡΓΕΙΑΣ



# Χρήσιμα

<https://www.youtube.com/watch?v=Ef-WxGmrsLc>

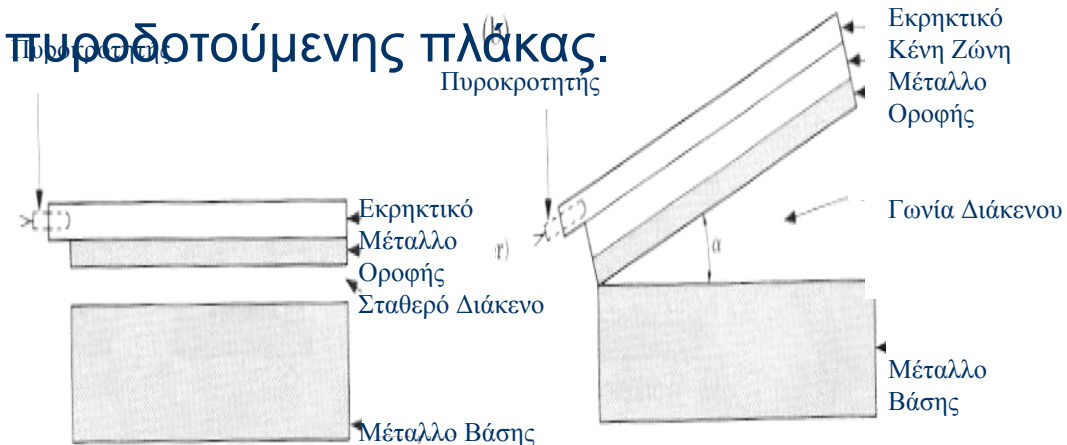
<https://www.youtube.com/watch?v=BKdaBRkz8Vo>

# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΕΚΡΗΞΗ

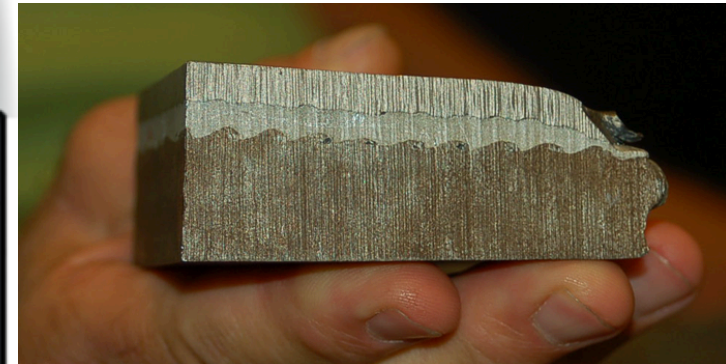
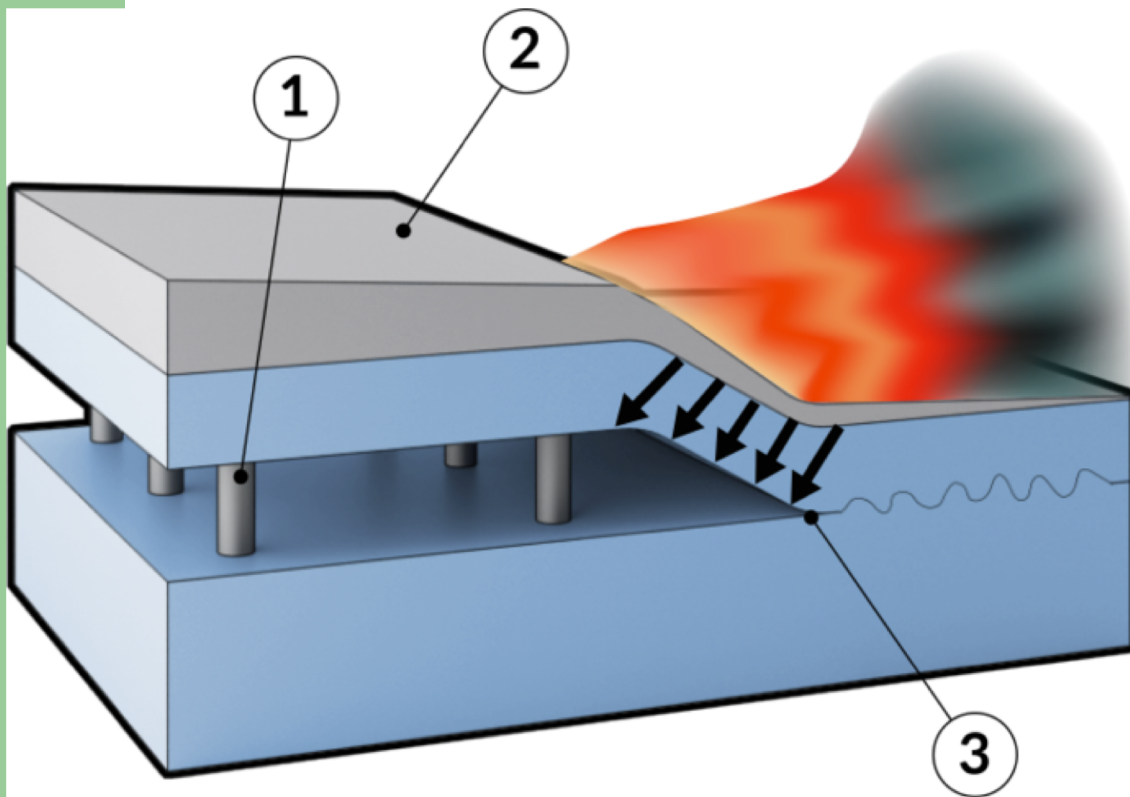
Η πίεση που απαιτείται για τη συγκόλληση προέρχεται από την πυροδότηση ζώνης εκρηκτικού που τοποθετείται πάνω από το ένα αντικείμενο.

Η μέθοδος είναι ιδιαίτερα κατάλληλη για συγκόλληση πλακών από διαφορετικά υλικά.

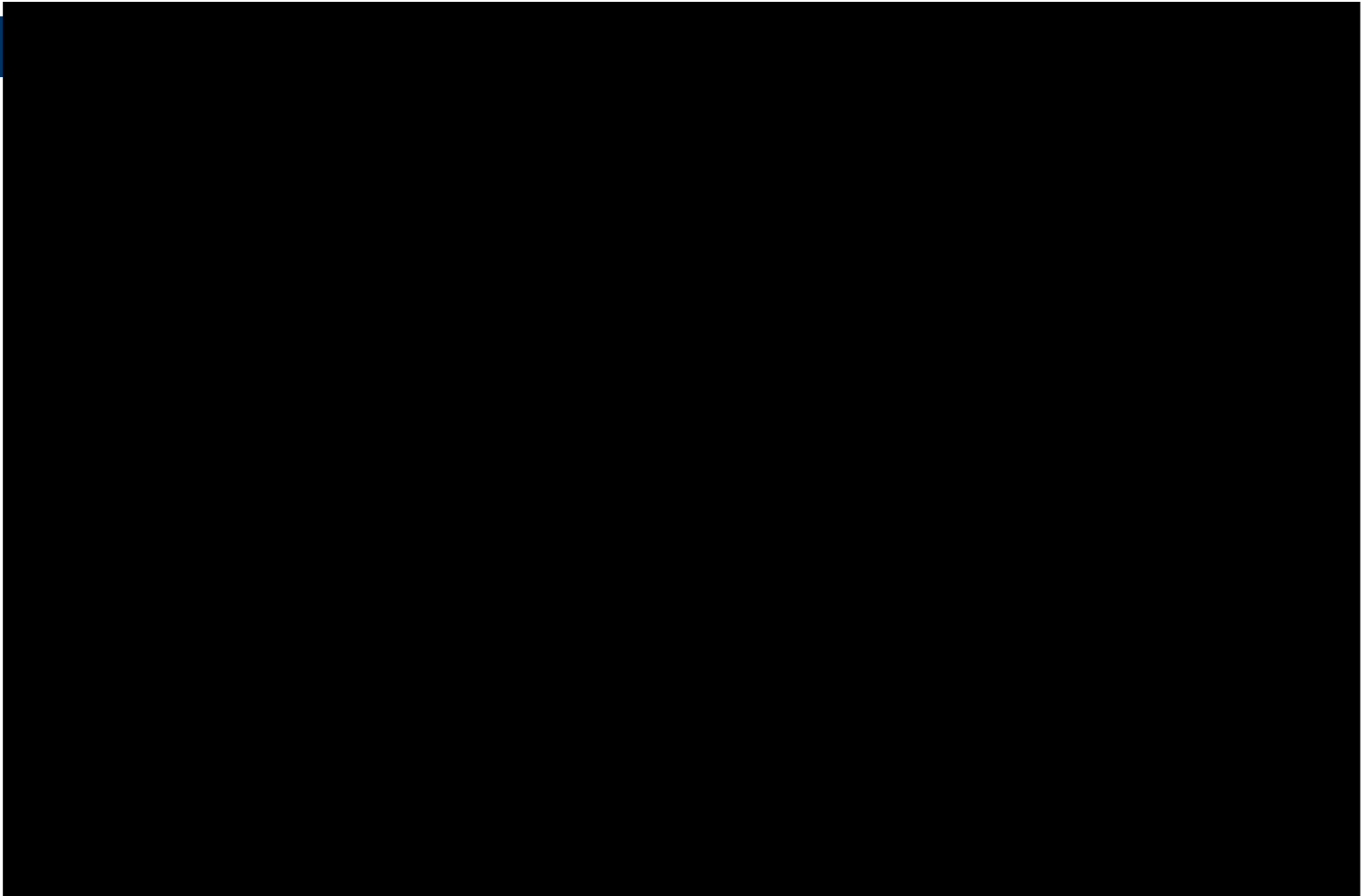
Άλλες κρίσιμες παράμετροι για την εφαρμογή της μεθόδου είναι η κινητική ενέργεια έκρηξης, η πυκνότητα του εκρηκτικού υλικού, το πάχος και η πυκνότητα της πυροδοτούμενης πλάκας.



# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΕΚΡΗΞΗ

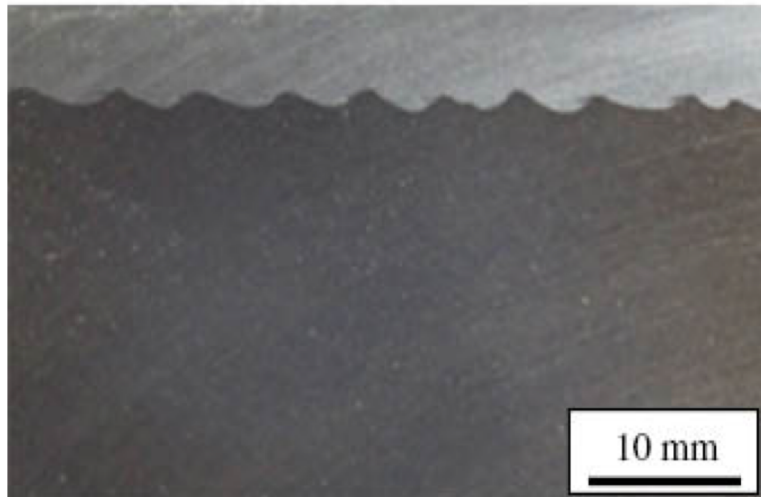


# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΕΚΡΗΞΗ

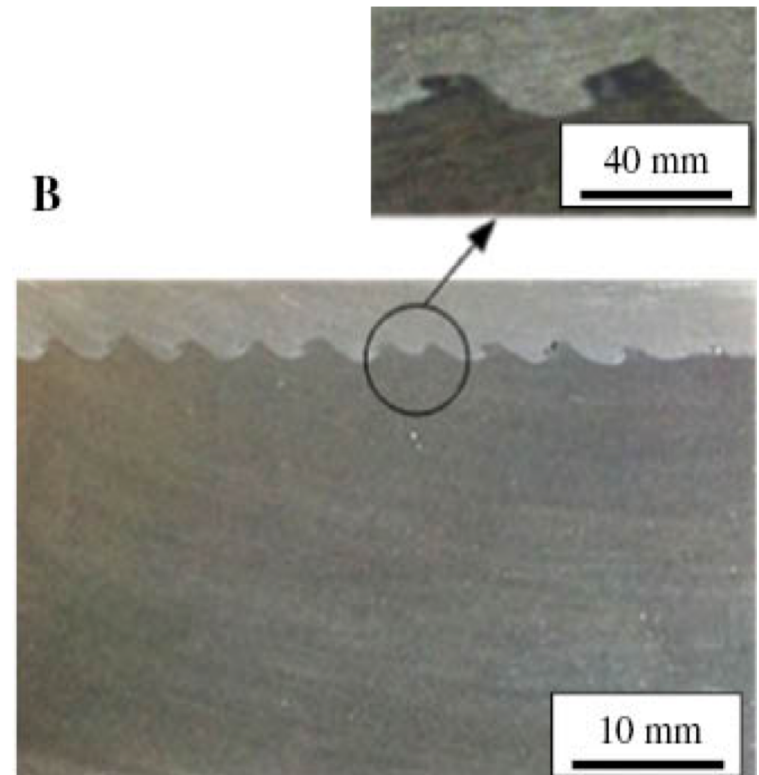


# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΕΚΡΗΞΗ

A

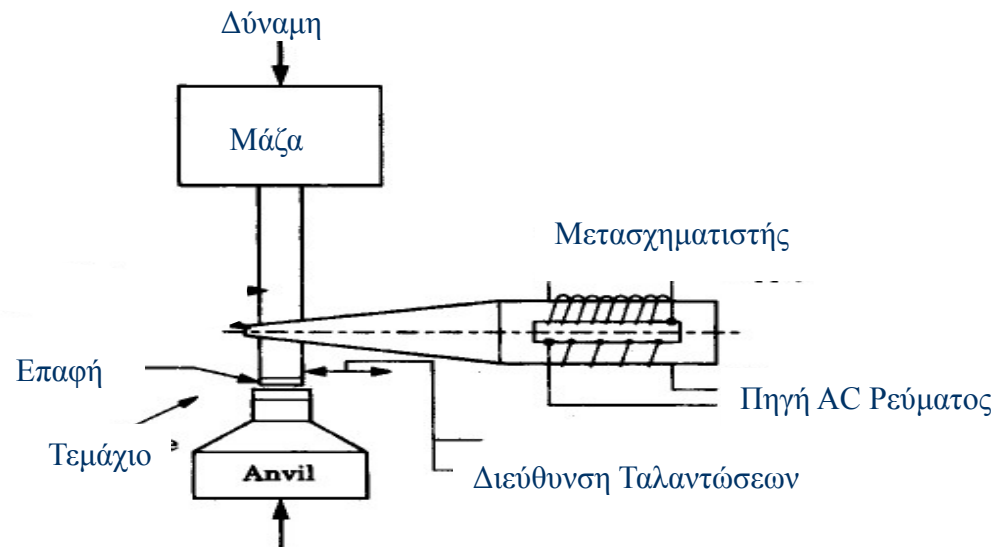


B

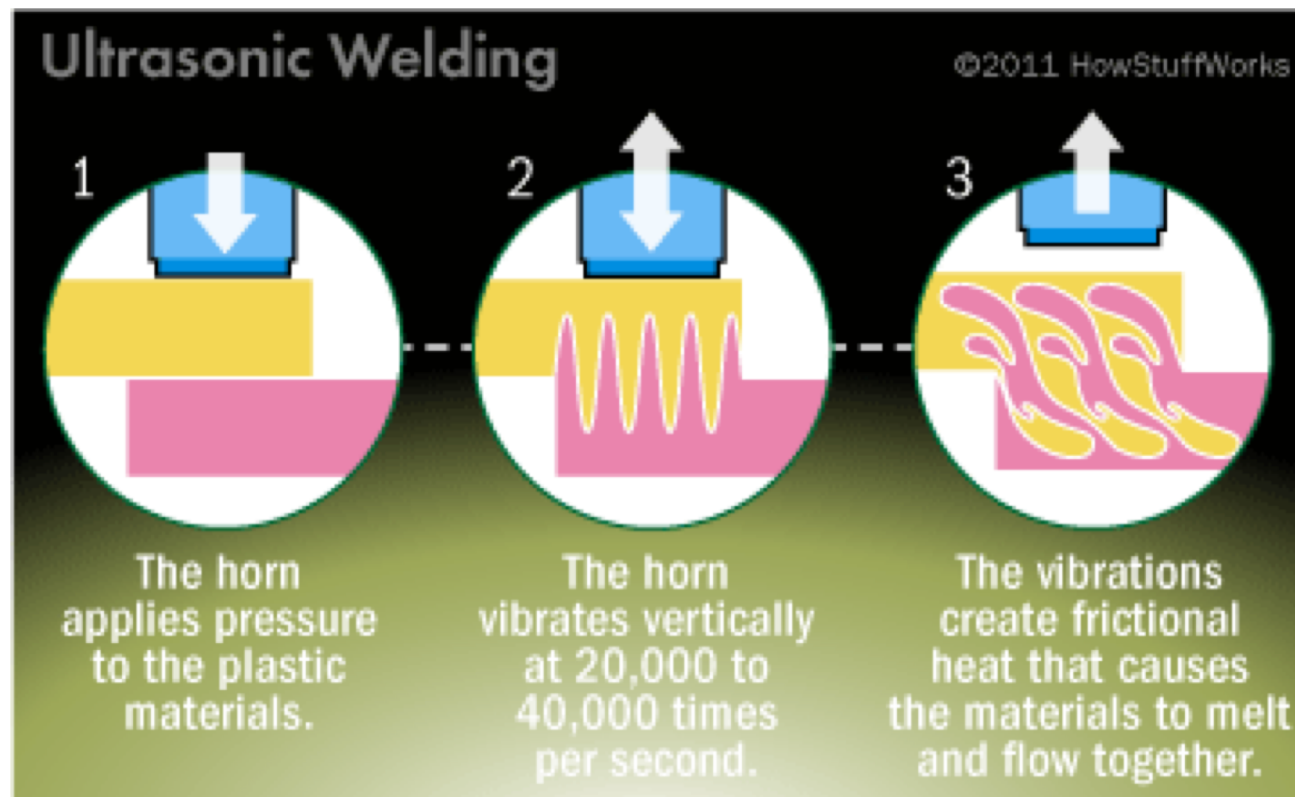


# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ

Βασίζεται στη δημιουργία μηχανικών ταλαντώσεων, στην περιοχή της συγκόλλησης. Χρησιμοποιείται και για τη σύνδεση διαφορετικών υλικών (όχι κατ' ανάγκη μεταλλικών).



# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ



# ΣΥΓΚΟΛΛΗΣΗ ΜΕ ΥΠΕΡΗΧΟΥΣ

Πλεονεκτήματα:

- ελάχιστες μεταβολές του υλικού στην περιοχή της σύνδεσης και υψηλή αντοχή σύνδεσης
- δυνατότητα σύνδεσης υλικών με μικρή ηλεκτρική αντίσταση (χαλκός, αλουμίνιο, χρυσός) και υψηλή πλαστικότητα
- χαμηλή απαιτούμενη ενεργειακή κατανάλωση

Εφαρμόζεται ευρύτατα στη βιομηχανία ηλεκτρονικών εξαρτημάτων, για ποικιλία σημειακών και γραμμικών συνδέσεων.

# Χρήσιμα

[https://www.youtube.com/watch?v=u9\\_bqafUJfA](https://www.youtube.com/watch?v=u9_bqafUJfA)

[https://www.youtube.com/watch?v=46YvT\\_9\\_YDM](https://www.youtube.com/watch?v=46YvT_9_YDM)

<https://www.youtube.com/watch?v=yx-RRrGtTmw>

[https://www.youtube.com/watch?v=Mi\\_QvgFaMVM](https://www.youtube.com/watch?v=Mi_QvgFaMVM)

<https://www.youtube.com/watch?v=m4Pj5fd-AK4>