



**ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΠΕΛΟΠΟΝΝΗΣΟΥ**
University of the Peloponnese

Επίδραση Της Διάβρωσης Στην Θραύση Συγκολλήσεων Χάλυβα Με Laser

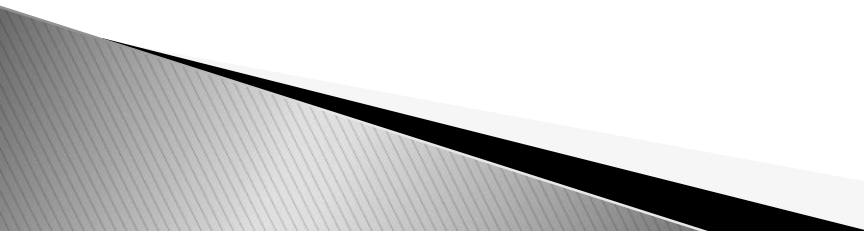
Α.Α.ΚΑΠΕΤΑΝΓΙΩΡΓΗΣ

Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών, Πανεπιστήμιο Πελοποννήσου

Περιεχόμενα

- ▶ Συγκολλήσεις Laser
- ▶ Υλικά πειράματος
- ▶ Μεθοδολογία πειράματος
- ▶ Επίδραση της μικροδομής λόγω διάβρωσης
- ▶ Συμπεριφορά του χάλυβα συγκόλλησης
- ▶ Συμπεριφορά διάβρωσης σε ολόκληρη την συγκόλληση
- ▶ Συμπεράσματα

Συγκολλήσεις Laser

- Υψηλή ενεργειακή πυκνότητα δέσμης
 - Περιορισμένη θερμοεπιρεαζόμενη ζώνη (HAZ)
 - Μεγάλη ακρίβεια
 - Μικρές θερμικές παραμορφώσεις
 - Υψηλή ταχύτητα
 - Καλή ποιότητα ραφής
 - Ταχεία τήξη και στερεοποίηση του μετάλλου συγκόλλησης
 - Βιομηχανία μεταλλικών κατασκευών
 - Αυτοκινητοβιομηχανία
 - Αεροδιαστημική
 - Ναυπηγική
- 

Υλικά πειράματος

- Laser Slab CO₂, 5kW
 - Laser YAG, 4kW
 - Χρήση προστατευτικού αερίου Ar
 - Χρήση προστατευτικού αερίου μίγματος He+Ar
-
- Ανοξείδωτου χάλυβα 316L
 - (200X50X0,6)mm
 - Ηλεκτρική εκκένωση

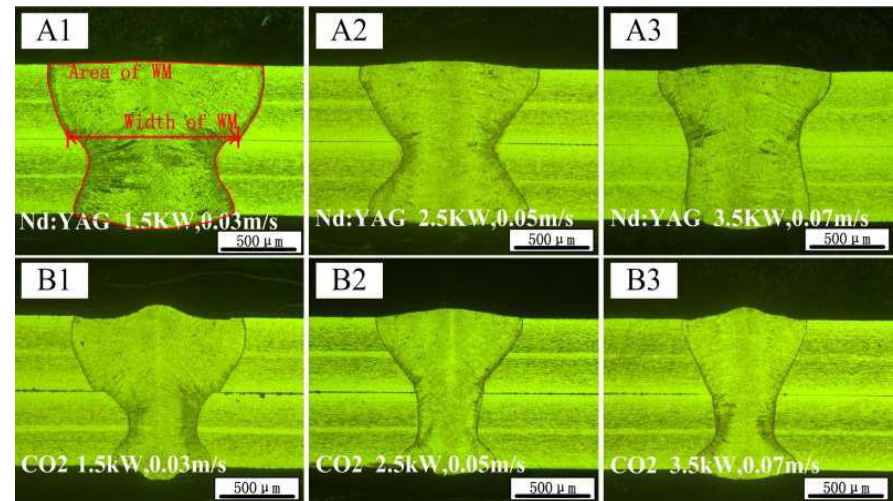
Μεθοδολογία πειράματος

- Ηλεκτροδιάβρωση με σύρμα wire-cut EDM
- Λείανση με υαλόχαρτα SiC έως 2000 grit
- Στίλβωση με πάστα διαμαντιού 2,5μm
- Καθαρισμός με αλκοόλη και απιονισμένο νερό
- Αποκάλυψη της μικροδομής

- Κυψέλη τριών ηλεκτροδίων
- Διάλυμα 3,5% NaCl
- $T = 25^{\circ}\text{C}$
- Ρυθμός σάρωσης 5mV/s
- Εύρος δυναμικού (-3 έως +3)V

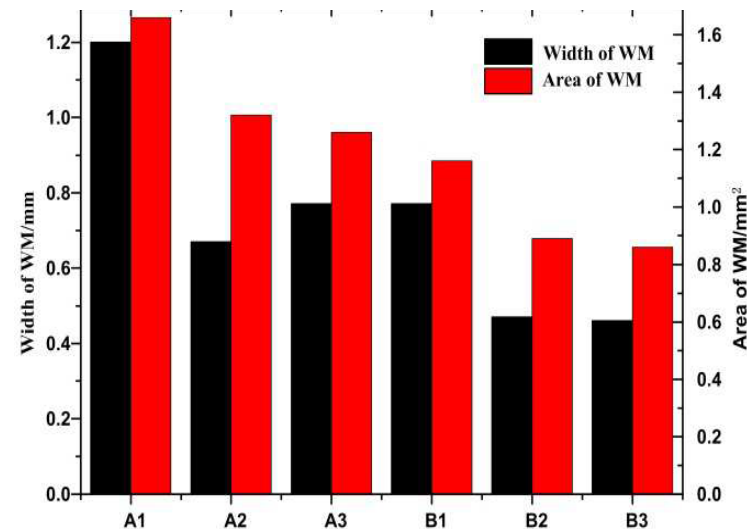
Επιρροή Μικροδομής Λόγω Διάβρωσης

- Ενεργό μέσο συγκόλλησης
 - Θερμικά επηρεαζόμενη ζώνη
 - Βασικό μέταλλο
-
- Ανάπτυξη δενδριτικών δομών
 - Αύξηση κόκκων προς το κέντρο του ενεργού μέσου
-
- Χαμηλό ρυθμό ψύξης
 - Θερμική κλίση

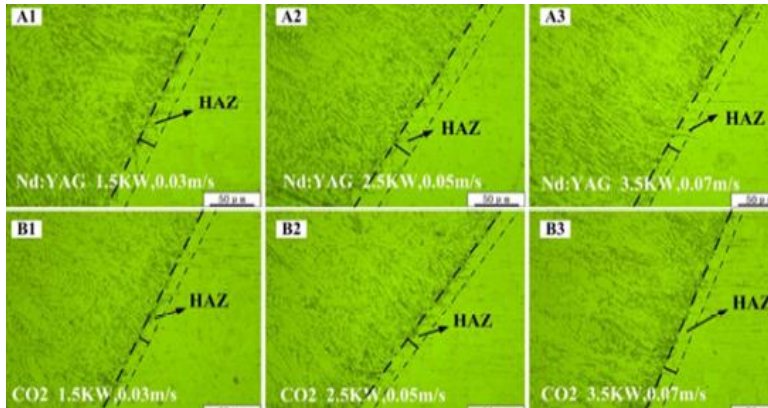


Επιρροή Μικροδομής Λόγω Διάβρωσης

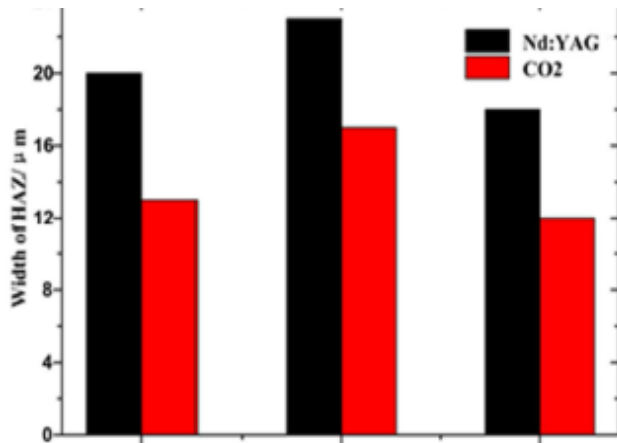
- Για ίδιες συνθήκες θερμικής εισροής EM του laser YAG> EM του Slab CO2
- Επίδραση του πλάσματος
- διαφορετικές ιδιότητες εστίασης δέσμης
- Μεγαλύτερο ενεργό μέσο συνεπάγεται αυξημένη θερμική επίδραση του υλικού



Επιρροή Μικροδομής Λόγω Διάβρωσης

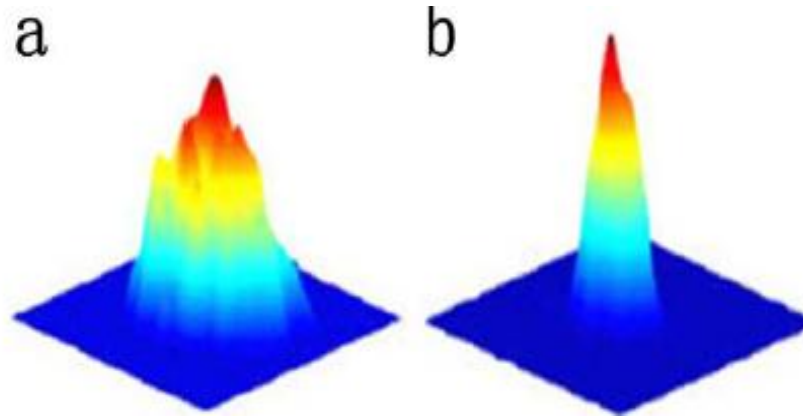


➤ Μορφολογία HAZ



➤ Μέτρηση του πλάτους HAZ

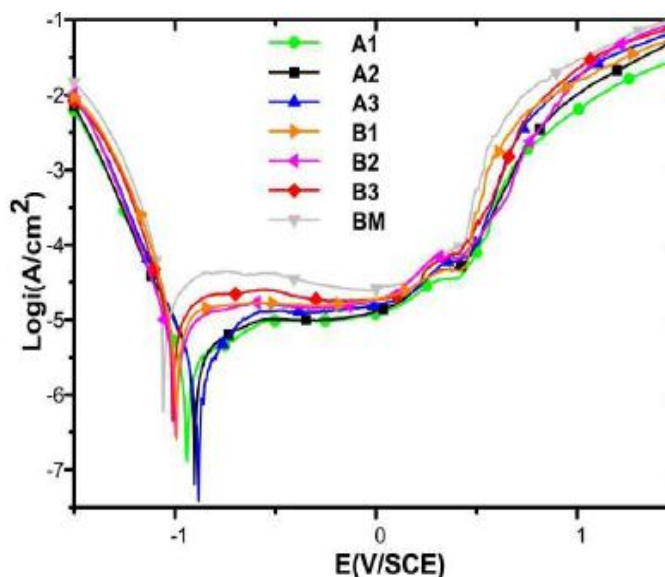
Επιρροή Μικροδομής Λόγω Διάβρωσης



Ανάπτυξη δένδριτικής μικροδομής

Συμπεριφορά Του Χάλυβα Συγκόλλησης

- Καμπύλες δυναμοδυναμικής πόλωσης των συγκολλημένων δοκιμίων
- Σχέση μεταξύ δυναμικού και πυκνότητας ρεύματος
- Επιτρέπουν τον προσδιορισμό της συμπεριφοράς διάβρωσης του υλικού
- Διαφορές τόσο στην πυκνότητα ρεύματος διάβρωσης όσο και στην σταθερότητα της παθητικής περιοχής



Συμπεριφορά Του Χάλυβα Συγκόλλησης

Samples	$i_{\text{corr}}/\mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$	$E_{\text{corr}}/\text{mV}$	E_b/mV	$\Delta E/\text{mV}$
A1	1.29	-938	407	959
A2	1.76	-903	418	975
A3	1.02	-883	413	992
B1	2.82	-1058	417	1236
B2	3.02	-1013	410	1154
B3	3.53	-997	417	1130
BM	12.6	-1058	415	1178

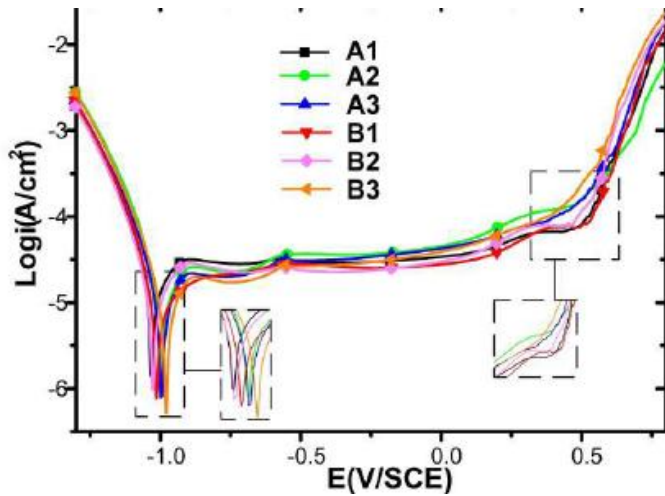
Βασικές παράμετροι διάβρωσης από τις καμπύλες πόλωσης

- Η πυκνότητα ρεύματος διάβρωσης αποτελεί δείκτη της ταχύτητας διάβρωσης
- Όσο μεγαλύτερη η πυκνότητα ρεύματος διάβρωσης τόσο πιο γρήγορα διαβρώνεται το υλικό
- Το βασικό μέταλλο είναι πιο ευαίσθητο στη διάβρωση σε σχέση με το ενεργό μέσο της συγκόλλησης

Συμπεριφορά Του Χάλυβα Συγκόλλησης

- Σχηματισμός καρβιδίων πλούσιων σε Cr οδηγεί σε τοπική εξάντληση του Cr στη γειτονική περιοχή και η μείωση της περιεκτικότητας σε Cr αποσταθεροποιεί την παθητική μεμβράνη και αυξάνει την ευαισθησία σε διάβρωση.
- Η διάβρωση δεν κατανέμεται ομοιόμορφα στην συγκολλημένη ένωση και η συμπεριφορά της επηρεάζεται έντονα από την μικροδομή, το μέγεθος των κόκκων και τη χημική σύσταση.

Συμπεριφορά Της Διάβρωσης Ολόκληρης Της Συγκολλημένης Ένωσης



➤ Καμπύλες δυναμοδυναμικής πόλωσης

- Παρόμοια μορφή καμπυλών
- Παρόμοια χημική σύσταση
- Η Slab CO₂ εμφανίζει μικρότερη πυκνότητα ρεύματος διάβρωσης
- Πιο σταθερή παθητική περιοχή

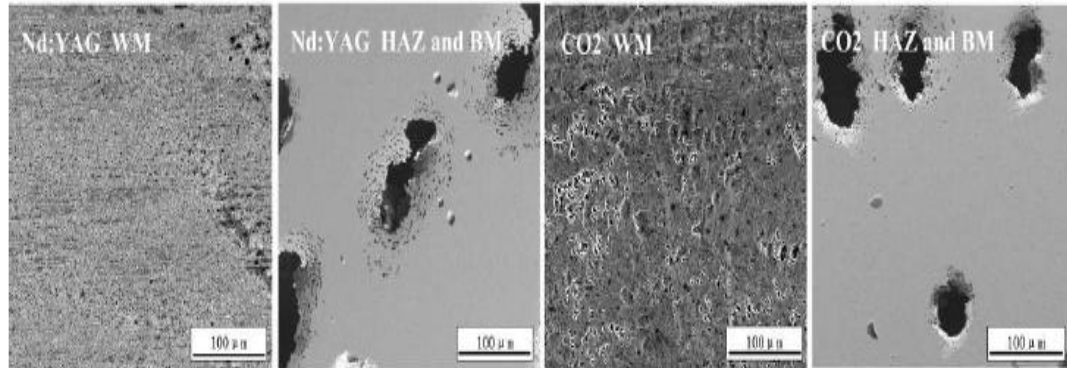
Συμπεριφορά Της Διάβρωσης Ολόκληρης Της Συγκολλημένης Ένωσης

	$i_{\text{corr}}/\mu\text{A} \cdot \text{cm}^{-2}$	$E_{\text{corr}}/\text{mV}$	E_b/mV	$\Delta E/\text{mV}$
A1	11.8	-1029	462	1359
A2	15.2	-997	468	1351
A3	9.1	-999	358	1258
B1	9.1	-1015	483	1308
B2	11.9	-1029	467	1359
B3	7.2	-980	340	1215

Βασικές παράμετροι διάβρωσης για τις συγκολλημένες ενώσεις

- Οι τιμές της πυκνότητας ρεύματος διάβρωσης και του δυναμικού αυτοδιάβρωσης είναι ελαφρώς ευνοϊκότερες για την συγκόλληση με laser Slab CO₂.
- Καλύτερη συνολική αντοχή στη διάβρωση

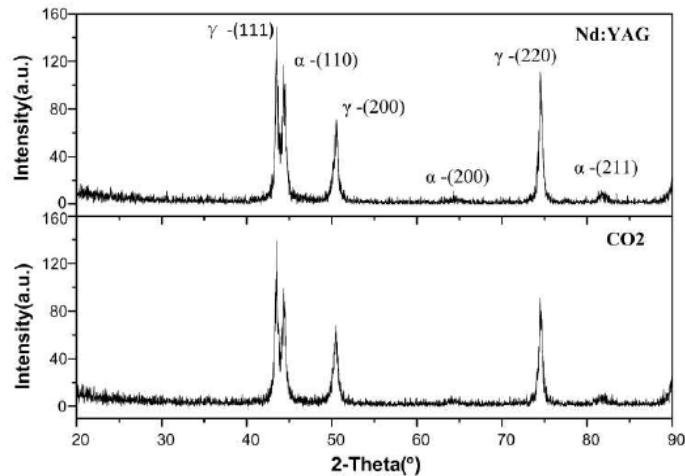
Συμπεριφορά Της Διάβρωσης Ολόκληρης Της Συγκολλημένης Ένωσης



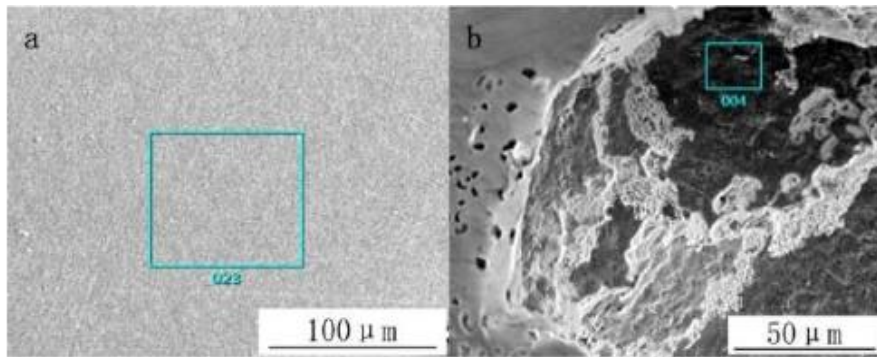
Μορφολογία διάβρωσης των δοκιμίων μετά τη δυναμοδυναμική πόλωση

- Έντονη διάβρωση
- Κυριαρχεί στην HAZ και στο βασικό μέταλλο

Συμπεριφορά Της Διάβρωσης Ολόκληρης Της Συγκολλημένης Ένωσης



➤ Διαγράμματα περίθλασης ακτίνων X



➤ Ανάλυση EDS στο εσωτερικό των οπών διάβρωσης

Συμπεράσματα

- Οι συγκολλήσεις laser προκαλούν σημαντικές μικροδομικές μεταβολές στο E.M. και στη HAZ με ανάπτυξη δενδριτικών δομών και μεταβολή του μεγέθους των κόκκων
- Η HAZ είναι η πιο ευαίσθητη περιοχή της συγκόλλησης
- Η συμπεριφορά διάβρωσης δεν είναι ομοιόμορφη σε όλη την συγκολλημένη ένωση
- Η συγκόλληση Slab CO₂ έχει συνολικά καλύτερη συμπεριφορά ως προς τη διάβρωση

Ευχαριστώ για την
προσοχή σας

Ερωτήσεις