

|                                                        |                                             |
|--------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| Τεχνολογία Συγκολλήσεων                                | Εξεταστική Περίοδος:<br>Ιαν – Φεβ 2025 - 26 |
| Τμήμα Μηχανολόγων Μηχανικών Πανεπιστημίου Πελοποννήσου | Ημερομηνία 26/1/2026                        |

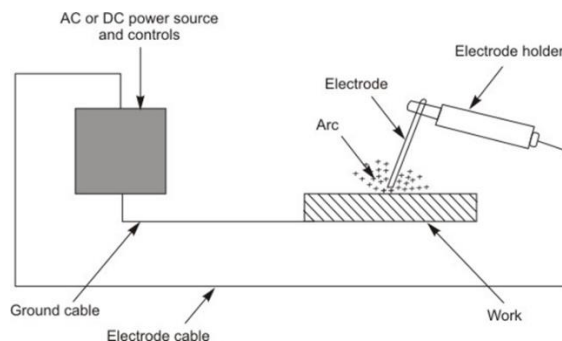
## ΛΥΣΕΙΣ

- 1α Αναφέρετε τα στοιχεία από τα οποία αποτελείται το ηλεκτρικό τόξο συγκόλλησης ΣΡΗΑ.**  
**. Δώστε μια σύντομη περιγραφή αυτών, καθώς και σχηματική απεικόνιση της συνδεσμολογίας.**

Το ηλεκτρικό τόξο συγκόλλησης ΣΡΗΑ αποτελείται:

- α) Από τη μηχανή(γεννήτρια) συνεχούς ρεύματος
- β) Το ηλεκτρόδιο της συγκόλλησης
- γ) Το μητρικό υλικό
- δ) Το πλάσμα του ηλεκτρικού τόξου

Το ηλεκτρόδιο της συγκόλλησης, παίζει το ρόλο της καθόδου, συνδέεται με τον αρνητικό πόλο της πηγής DC, και εκπέμπει ηλεκτρόνια (καθοδικό στίγμα). Το μητρικό υλικό, παίζει το ρόλο της ανόδου, συνδέεται με τον θετικό πόλο της πηγής DC και απορροφά ηλεκτρόνια (ανοδικό στίγμα). Λόγω της ηλεκτρικής εκκένωσης, με πολύ υψηλές τιμές πυκνότητας ρεύματος ο όγκος του αερίου μεταξύ της ανόδου και της καθόδου χαρακτηρίζεται ως πλάσμα



Σχήμα 1. Σχηματική απεικόνιση ηλεκτρικού τόξου συγκόλλησης ΣΡΗΑ

**1β. Περιγράψτε εν συντομία τα παρακάτω φαινόμενα που επιδρούν στις συγκολλήσεις ηλεκτρικού τόξου:**

- i) **Ιονισμός ατόμου**
- ii) **Ηλεκτρική εκκένωση**
- iii) **Πλάσμα**

Σε κανονικές συνθήκες τα αέρια έχουν κάποια ποσότητα ενέργειας, που σχετίζεται με την γραμμική τους ταχύτητα. Με την αύξηση της θερμοκρασίας απορροφούν αυτή την ενέργεια πρώτα σε περιστροφική κίνηση και μετά σε ταλάντωση. Όταν η ενέργεια ταλάντωσης γίνει πολύ μεγάλη προκαλείται ρήξη των δεσμών που συγκρατούν τα άτομα μεταξύ τους. Σε υψηλότερες θερμοκρασίες, γίνεται απορρόφηση τμήματος της ενέργειας από την εξωτερική στοιβάδα, οδηγώντας σε απόσταση ενός από τα ηλεκτρόνια αυτής. Τότε λέμε ότι έχουμε **ιονισμό** του ατόμου.

Η **ηλεκτρική εκκένωση** τόξου χαρακτηρίζεται ως η διόδος ηλεκτρικού ρεύματος μέσα από ιονισμένο όγκο αερίου που βρίσκεται υπό την επίδραση ηλεκτρικής τάσης, η οποία δημιουργείται από την κίνηση θετικών ιόντων στην κάθοδο και αρνητικών στην άνοδο.

Το **πλάσμα** είναι ένα σχεδόν ουδέτερο αέριο φορτισμένων και ουδέτερων σωματιδίων που εμφανίζει συλλογική συμπεριφορά. Λόγω αυτής της συλλογικής συμπεριφοράς δεν τείνει να συμμορφώνεται στις εξωτερικές επιρροές, αλλά δρα σα να έχει τη δική του βούληση. Δεν χαρακτηρίζεται κάθε ιονισμένο αέριο ως πλάσμα. Οι συνθήκες χαρακτηρισμού ενός ιονισμένου αερίου ως πλάσμα είναι οι παρακάτω:

α) Το μήκος Debye να είναι πολύ μικρό σε σχέση με το συνολικό μήκος του πλάσματος  $\lambda_d \ll L$

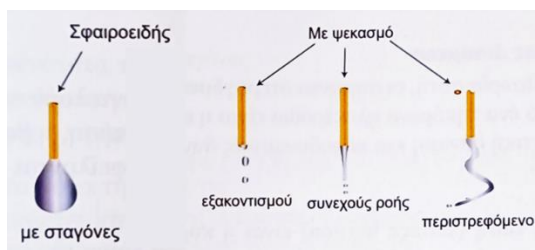
β) Να υπάρχει μεγάλος αριθμός σωματιδίων στο stealth  $Nd \gg 1$

γ) Να μη συμπεριφέρεται σαν ουδέτερο αέριο  $\omega\tau \gg 1$

**2α. Αναφέρετε τις δυνάμεις που επιδρούν στην απόσπαση της σταγόνας τήγματος ηλεκτροδίου συγκόλλησης ηλεκτρικού τόξου.**

Οι δυνάμεις που επιδρούν στην απόσπαση της σταγόνας από το ηλεκτρόδιο είναι η επιφανειακή τάση, η δύναμη λόγω της ταχείας ατμοποίησης, η δύναμη Lorentz, η βαρύτητα, η δύναμη λόγω της κρούσης των ιόντων και η αντίσταση του πλάσματος.

**2β. Αναφέρετε τις μορφές μεταφοράς υλικού σε συγκολλήσεις ηλεκτρικού τόξου με ανάστροφη πολικότητα, και περιγράψτε την επίδραση των δυνάμεων Lorentz και επιφανειακής τάσης στην μεταφορά υλικού σε συγκολλήσεις ηλεκτρικού τόξου με ανάστροφη πολικότητα.**



Σε χαμηλές τιμές της έντασης του ρεύματος η μεταφορά υλικού γίνεται με σταγόνες. Η σταγόνα συγκρατείται στο ηλεκτρόδιο κατά κύριο λόγο από την επιφανειακή τάση. Αν και το pinch effect είναι μικρό, προκαλείται μικρή εκλέπτυνση της σταγόνας. Η οποία τελικά αποσπάται λόγω εσωτερικής ηλεκτρομαγνητικής παραμόρφωσης η οποία οφείλεται στην δύναμη Lorentz. Με την αύξηση της έντασης του ρεύματος, όταν αυτή ξεπεράσει το ρεύμα μετάβασης το pinch effect

μεγαλώνει και προκαλείται μεγάλη εκλέπτυνση της σταγόνας και αυτή αποκόπτεται εύκολα. Έτσι η μεταφορά υλικού γίνεται με εξακοντισμό. Περαιτέρω αύξηση της έντασης του ρεύματος οδηγεί σε συνεχή ροή υλικού. Ενώ σε εξαιρετικά μεγάλες τιμές έχουμε περιστρεφόμενη ροή, η οποία μπορεί να προκύψει και λόγω ασυμμετρίας του μαγνητικού πεδίου.

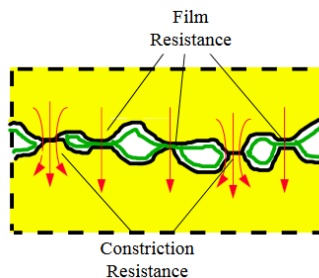
**3α Περιγράψτε που οφείλεται η ηλεκτρική αντίστασης επαφής. Δώστε τον ορισμό των παρακάτω**

- i) **Ηλεκτρική αντίσταση συστολής της ροής**
- ii) **Ηλεκτρική αντίσταση υμενίου**

Η ηλεκτρική αντίσταση επαφής οφείλεται σε άθροισμα δύο παραγόντων. Της ηλεκτρικής αντίστασης συστολής της ροής (flow constriction resistance) καθώς και της ηλεκτρικής αντίστασης υμενίου (film resistance).

Το ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει από το ένα τεμάχιο στο άλλο μέσω εξογκωμάτων που βρίσκονται σε επαφή. Εκεί το ηλεκτρικό ρεύμα διογκώνεται και έτσι προκαλείται συστολή της ηλεκτρικής ροής με ταυτόχρονη αύξηση της ηλεκτρικής αντίστασης που ονομάζεται **ηλεκτρική αντίσταση συστολής της ροής**. Η ηλεκτρική αντίσταση συστολής της ροής είναι αντιστρόφως ανάλογη της ακτίνας α του σημείου επαφής.

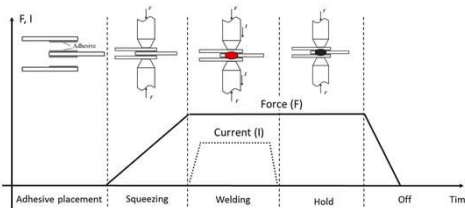
Το ηλεκτρικό ρεύμα διαρρέει από το ένα τεμάχιο στο άλλο μέσω εξογκωμάτων που βρίσκονται σε επαφή. Συχνά στην επιφάνεια των εξογκωμάτων υπάρχουν είτε οξείδια προστατευτικές επιστρώσεις που είτε είναι μη αγώγιμα ή ημι-αγώγιμα. Δηλαδή έχουν μια πολύ μεγαλύτερη ηλεκτρική αντίσταση. Η ηλεκτρική αντίσταση αυτή ονομάζεται **ηλεκτρική αντίσταση υμενίου**.



Σχήμα 2. Σχηματική απεικόνιση αντίστασης επαφής

**3β. Περιγράψτε εν συντομία την διαδικασία συγκολλήσεων ηλεκτρικής αντίστασης. Δώστε ποιοτικό διάγραμμα επιβαλλόμενης πίεσης (F), και ηλεκτρικού ρεύματος (I) συναρτήσει του χρόνου (t).**

Κατά την περίοδο της σύνδεσης ασκείται πίεση μέχρι να διαρραγούν επιφανειακά στρώματα οξειδίων. Έπειτα εφαρμόζεται ηλεκτρικό ρεύμα για να παραχθεί η συγκόλληση. Ενώ η ασκούμενη πίεση παραμένει σταθερή ή μειώνεται προοδευτικά. Η σύνδεση των ελασμάτων προκύπτει από την στερεοποίηση της λίμνης συγκόλλησης.



Σχήμα 3. Διάγραμμα επιβαλλόμενης πίεσης και ηλεκτρικού ρεύματος συναρτήσει του χρόνου

**4a Δώστε την μαθηματική διατύπωση της μετάδοσης θερμότητας σε ημιάπειρη πλάκα, με άπειρο πάχος, κατά τη συγκόλληση ηλεκτρικού τόξου.**

Θεωρούμε μετάδοση θερμότητας με αγωγή. Για την μαθηματική της διατύπωση, χωρίζουμε τη διαδικασία της συγκόλλησης τόξου σε 3 διακριτές φάσεις

- Έναυση του τόξου
- Μετακίνηση του τόξου κατά μήκους των τεμαχίων
- Σβήσιμο του τόξου

Στις φάσεις έναυσης και σβήσιματος του τόξου επικρατούν ισχυρά μη-μόνιμες συνθήκες και το πρόβλημα μετάδοσης θερμότητας είναι ιδιαίτερα πολύπλοκο, και εκτός του σκοπού της ερώτησης. Στην φάση της μετακίνησης του τόξου κατά μήκους των τεμαχίων θεωρούμε μόνιμες συνθήκες (steady state) σε κάθε θέση που βρίσκεται το τόξο ξεχωριστά. Έτσι η εξίσωση μεταφοράς θερμότητας είναι

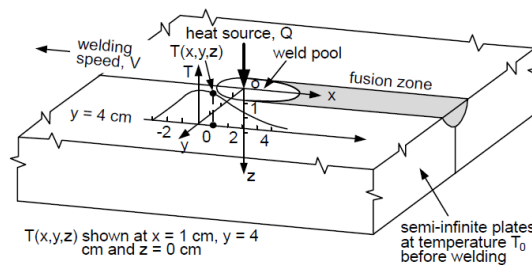
$$\frac{\partial T}{\partial t} = a \nabla^2 T = a \left( \frac{\partial^2 T}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right),$$

$$a = \frac{k}{\rho c_p}$$

Όπου  $k$  θερμική αγωγιμότητα του του βασικού μετάλλου,  $\rho$  η πυκνότητα του βασικού μετάλλου, και  $c_p$  η ειδική θερμοχωρητικότητα υπό σταθερή πίεση του βασικού μετάλλου,  $T$  η θερμοκρασία.

Θεωρούμε μετακινούμενο (κινητό) σύστημα συντεταγμένων (Σ.Σ.) με κέντρο του τη θέση της θερμικής πηγής σε κάθε χρονική στιγμή μέσω του παρακάτω μετασχηματισμού

$$w = x - ut$$



Σχήμα 4. Σχηματική απεικόνιση μετακινούμενου συστήματος συντεταγμένων

Δηλαδή θεωρούμε μονοδιάστατη μετακίνηση της θερμικής πηγής (του τόξου) στην διεύθυνση  $x$ , με σταθερή ταχύτητα  $u$ , επομένως η ταχύτητα είναι βαθμωτό μέγεθος. Στην ουσία η σχέση αυτή εκφράζει τη μετατόπιση από κάθε σημείο  $x$ , συναρτήσεως του χρόνου (αφού η ταχύτητα είναι σταθερή). Έτσι

$$\frac{\partial w}{\partial x} = 1 \quad \text{και} \quad \frac{\partial w}{\partial t} = -u$$

$$\frac{\partial T}{\partial x} = \frac{\partial T}{\partial w} \frac{\partial w}{\partial x} = \frac{\partial T}{\partial w}$$

$$\frac{\partial^2 T}{\partial x^2} = \frac{\partial^2 T}{\partial w^2}$$

και

$$\left( \frac{\partial T}{\partial t} \right)_{\text{Σταθερού Σ.Σ.}} = \left( \frac{\partial T}{\partial t} \right)_{\text{Μετακινούμενο Σ.Σ.}} + \frac{\partial T}{\partial w} \frac{\partial w}{\partial t}$$

Σε κάθε χρονική στιγμή (διακριτά), κατά τη μετακίνηση του τόξου θεωρούμε μόνιμες συνθήκες άρα

$$\left( \frac{\partial T}{\partial t} \right)_{\text{Μετακινούμενο Σ.Σ.}} = 0$$

Έτσι

$$\left( \frac{\partial T}{\partial t} \right)_{\text{Σταθερού Σ.Σ.}} = \frac{\partial T}{\partial w} \frac{\partial w}{\partial t} = -u \frac{\partial T}{\partial w}$$

Έτσι με αντικατάσταση βρίσκουμε

$$\underbrace{-u \frac{\partial T}{\partial w}}_{\text{Όρος μεταφοράς}} = a \underbrace{\left( \frac{\partial^2 T}{\partial w^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial y^2} + \frac{\partial^2 T}{\partial z^2} \right)}_{\text{όρος διάχυσης (αγωγή)}}$$

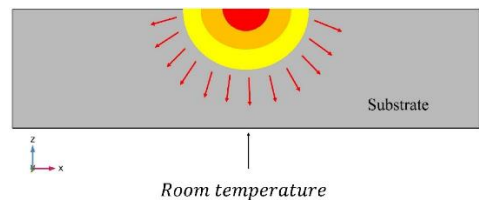
Σε επίπεδη ημιάπειρη πλάκα, απείρου πάχους, οι συνοριακές συνθήκες είναι

$$T = T_0, R \rightarrow \infty$$

$$\frac{\partial T}{\partial z} = 0, z = 0$$

$$Q = \lim_{R \rightarrow \infty} -2\pi R^2 k \frac{\partial T}{\partial R}$$

Όπου R η απόσταση από την σημειακή πηγή, η οποία βρίσκεται στην συμβολή των αξόνων συμμετρίας της επιφάνειας της πλάκας.



Σχήμα 5. Σχηματική απεικόνιση επίπεδης ημιάπειρης πλάκας απείρου πάχους

**4β. Αναφέρετε τις κύριες πηγές απωλειών θερμικής ενέργειας των συγκολλήσεων τήξης.**

Οι κύριες πηγές απώλειας θερμότητας είναι

- Ροή θερμότητας προς τα ελάσματα με αγωγή
- Προς το περιβάλλον με συναγωγή και ακτινοβολία είτε κατευθείαν απ' το τόξο ή απ' το μέταλλο
- Προς το ηλεκτρόδιο σε συγκόλληση τόξου με ΣΡΗΘ

**5. Αναφέρετε τρία (3) μηχανικά χαρακτηριστικά των συγκολλήσεων στα οποία επιδρά το θερμοκρασιακό πεδίο.**

Το θερμοκρασιακό πεδίο στις συγκολλήσεις επηρεάζει σημαντικά τα μηχανικά χαρακτηριστικά της συγκόλλησης όπως

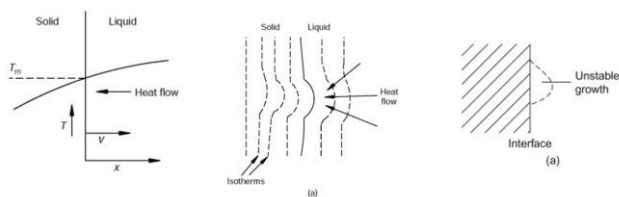
- Το εύρος και τη δομή του μετάλλου συγκόλλησης
- Το εύρος και τη δομή της ΘΕΖ
- Τις παραμένουσες τάσεις και παραμορφώσεις

**6α. Αναφέρετε τις διάφορες μορφολογίες ανάπτυξης πυρήνων. Δώστε σύντομη περιγραφή αυτών.**

Οι μορφολογίες ανάπτυξης πυρήνων είναι:

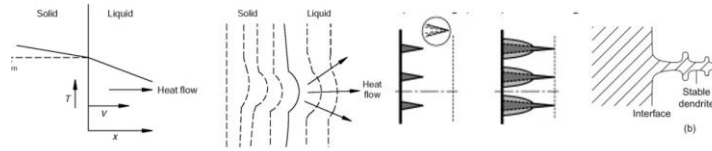
- Επίπεδη ανάπτυξη
- Δενδριτική ανάπτυξη
- Κυψελοειδής ανάπτυξη

Κατά την **επίπεδη ανάπτυξη** η διεπιφάνεια S/L παραμένει επίπεδη μετά τη στερεοποίηση. Προϋποθέτει θετική κλίση της χωρικής παραγωγού της θερμοκρασίας. Το στερεό αναπτύσσεται σε υπέρθερμο υγρό.



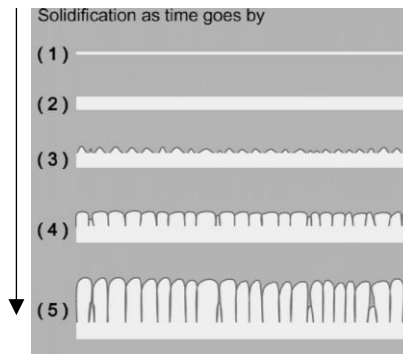
Σχήμα 6. Σχηματική απεικόνιση επίπεδης ανάπτυξης

Κατά τη **δενδριτική ανάπτυξη** το στερεό αναπτύσσεται σε υγρή φάση με υπέρψηση σε θερμοκρασία μικρότερη της θερμοκρασίας τήξης. Προϋποθέτει αρνητική κλίση της χωρικής παραγωγού της θερμοκρασίας. Η διεπιφάνεια S/L είναι ασταθής και παράγονται πρωτογενείς, δευτερογενείς ακόμη και τριτογενείς κλάδοι.



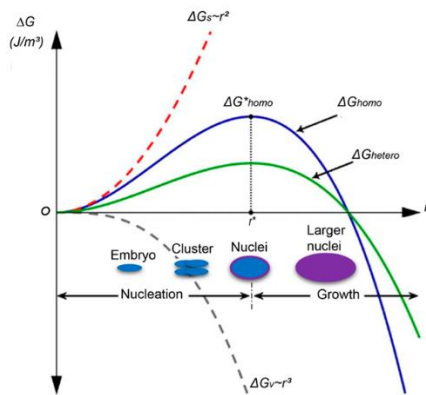
Σχήμα 7. Σχηματική απεικόνιση δένδριτικής ανάπτυξης

Η **κυψελοειδής ανάπτυξη** προκύπτει όταν η υγρή φάση, που βρίσκεται σε κατάσταση υπόψηξης, μπροστά από την διεπιφάνεια S/L έχει μικρό πλάτος. Έτσι δεν είναι δυνατή η ανάπτυξη δένδριτών. Συνεπώς η διεπιφάνεια διασπάται σε κυψέλες οι οποίες επιμηκύνονται στη διεύθυνση της στερεοποίησης.



Σχήμα 8. Σχηματική απεικόνιση κυψελοειδούς ανάπτυξης

6β. Δώστε γραφικά την μαθηματική διατύπωση της πυρηνοποίησης σε υγρή φάση (Διάγραμμα  $\Delta G(r)$ ). Σχολιάστε ποιοι παράγοντες επιδρούν θετικά, και ποιοι αρνητικά στην μεταβολή της ελεύθερης ενέργειας.



Σχήμα 9. Γραφική απεικόνιση της μαθηματικής διατύπωσης πυρηνοποίησης σε υγρή φάση

$$\Delta G = \underbrace{\frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_v}_{\text{Αρνητικός}} + \underbrace{4\pi r^2 \gamma_{S/L}}_{\text{Θετικός}} + \underbrace{\frac{4}{3}\pi r^3 \Delta G_e}_{\text{Θετικός}}$$

Μείωση  $\Delta G$  λόγω σχηματισμού στερεού      «κόστος» δημιουργίας επιφάνειας      Ανάπτυξη ελαστικών παραμορφώσεων στο κρυσταλλικό πλέγμα

$$\Delta G_v = \frac{L\Delta T}{T_m}, \text{ η κινητήριος δύναμη και } L \text{ η λανθάνουσα θερμότητα}$$

$$\gamma_{S/L} = \left( \frac{\partial G}{\partial A} \right)_{T,P} \text{ η επιφανειακή δύναμη}$$

$$\Delta G_e = \frac{1}{2} E \varepsilon^2, \text{ η ελαστική ενέργεια παραμόρφωσης}$$

Επιθυμητό αποτέλεσμα η ελαχιστοποίηση της ελεύθερης ενέργειας  $\Delta G$ .

**6γ. Διατυπώστε τον ορισμό των παρακάτω**

- i) Ενέργεια ενεργοποίησης**
- ii) Κρίσιμη ακτίνα πυρηνοποίησης**

Η ελάχιστη ενέργεια που θα πρέπει να διαθέτουν τα άτομα ή μόρια για να ξεκινήσει μια διεργασία (π.χ. χημικές αντιδράσεις, διάχυση, ανακρυστάλλωση, αλλαγή φάσης κλπ.) ονομάζεται **ενέργεια ενεργοποίησης**.

Η ακτίνα πυρηνοποίησης που η ελεύθερη ενέργεια παρουσιάζει μέγιστο, δηλαδή η ακτίνα που αντιστοιχεί στην ενέργεια ενεργοποίησης, ονομάζεται **κρίσιμη ακτίνα πυρηνοποίησης**.

**7α. Αναφέρετε τις περιοχές που ορίζονται από την μακρογραφική παρατήρηση της ραφής συγκόλλησης συγκολλήσεων τήξης**

Σε συγκολλήσεις τήξης παρατηρούνται 4 Ζώνες:

- Μέταλλο συγκόλλησης (ΜΣ)
- Ζώνη μερικής τήξης (ZMT)
- Θερμικά επηρεασμένη ζώνη (ΘΕΖ)
- Βασικό μέταλλο (ΒΣ)

**7β. Αναφέρετε τις ζώνες που χωρίζεται η ΘΕΖ χάλυβα. Δώστε σύντομη περιγραφή αυτών.**

A: Ζώνη υπερθέρμανσης  $T \gg AC3$

B: Ζώνη ολικής ανόπτησης  $T > AC3$

Γ: Ζώνη μερικής ανόπτησης  $AC1 < T < AC3$

Δ: Υποκριτική ΘΕΖ  $T < AC1$

AC3 η θερμοκρασία που σχηματίζεται 100% ωστενίτης. AC1 η θερμοκρασία που αρχίζει να σχηματίζεται ωστενίτης. Ενδιάμεσα μίγμα ωστενίτη και φερρίτη.

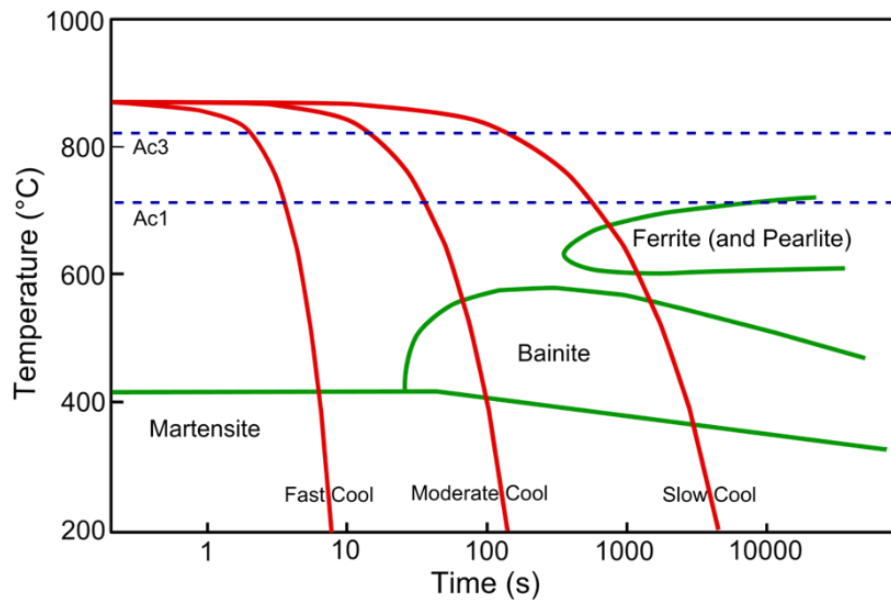
Στην **ζώνη υπερθέρμανσης** παρατηρούνται φαινόμενα μεγέθυνσης κόκκων ( $T \gg 1100\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), τα οποία απαιτούν αρκετό χρόνο για να ολοκληρωθούν. Ανάλογα με το ρυθμό ψύξης ο ωστενίτης μετασχηματίζεται σε περικρυσταλλικό φερρίτη, πλακοειδή φερρίτη (φερρίτης Widmanstätten) ή βελονοειδή φερρίτη. Συνήθως σχηματίζεται μίγμα των προηγούμενων φάσεων με μεγαλύτερη αναλογία της φάσης που σχηματίζεται για μεγαλύτερο χρονικό διάστημα στο διάγραμμα CCT.

Στη **ζώνη πλήρους ανόπτησης** (FGHAZ) αναπτύσσονται λεπτόκοκκες και ομοιόμορφες δομές με καλές μηχανικές ιδιότητες.

Στην **ζώνη μερικής ανόπτησης** (ICHAZ) αναπτύσσονται δομές που αποτελούνται από λεπτούς κόκκους ωστενίτη και νησίδες με χονδρούς κόκκους άλλων φάσεων (κυρίως φερρίτη).

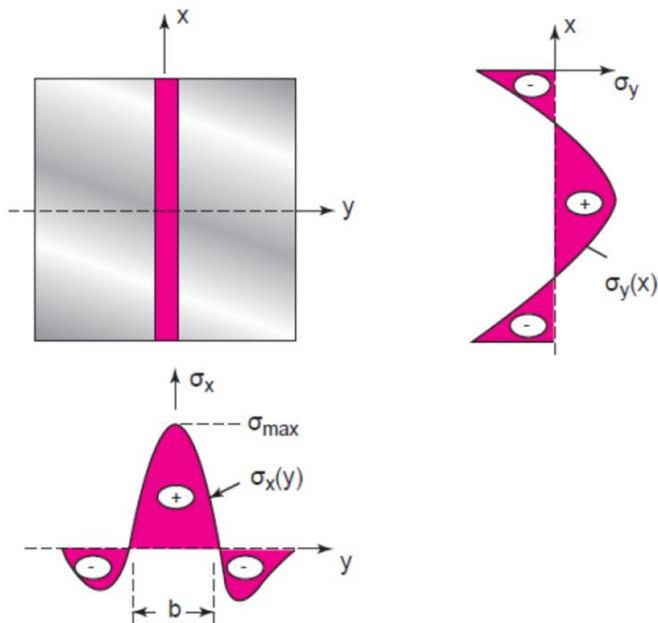
Στην **υποκριτική ζώνη** λαμβάνουν χώρα φαινόμενα αποκατάστασης (recovery) και θερμικής επαναφοράς (tempering), λόγω του θερμικού κύκλου.

- 7γ. Δώστε ποιοτικό διάγραμμα CCT χάλυβα για τρεις (3) διαφορετικές τιμές της ταχύτητας ψύξης, συγκεκριμένα για γρήγορη, μεσαία και αργή ψύξη.



Σχήμα 10. Ποιοτικό διάγραμμα CCT

8. Δώστε ποιοτικό διάγραμμα παραμενουσών τάσεων σε μετωπική συγκόλληση επίπεδων ελασμάτων. Σχολιάστε που οφείλεται η κατανομή τους.



IS

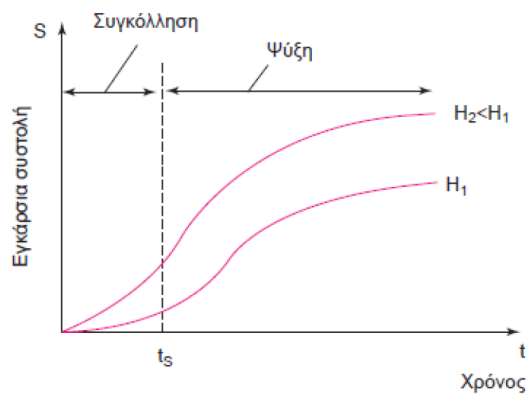
Σχήμα 11. Ποιοτικό διάγραμμα παραμενουσών τάσεων σε μετωπική συγκόλληση επίπεδων ελασμάτων

Συμπερασματικά δημιουργείται, λόγω τοπικά ισχυρά ανομοιομόρφης θέρμανσης με μεγάλες θερμοκρασιακές κλίσεις, μια ανομοιομόρφη κατανομή θερμικών παραμορφώσεων, οι οποίες είναι πλαστικές.

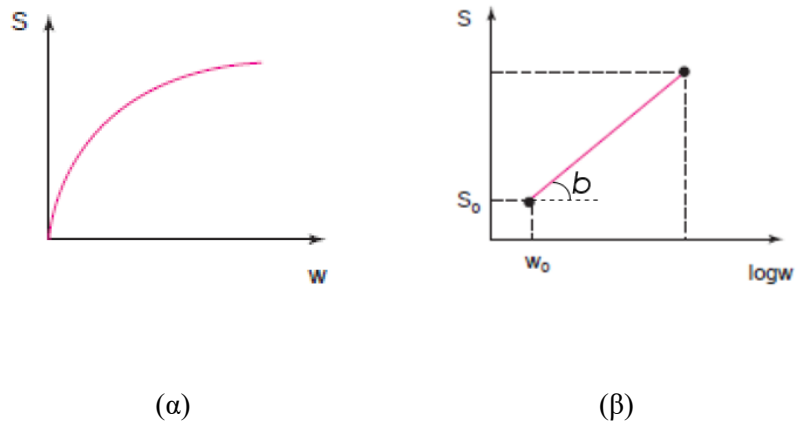
9. Περιγράψτε την μεταβολή της εγκάρσιας συστολής συναρτήσει της διαδικασίας συγκόλλησης. Σχολιάστε που οφείλεται η παραπάνω μεταβολή. Δώστε τα παρακάτω ποιοτικά διαγράμματα, για μετωπικές συγκολλήσεις:

- i) Εγκάρσιας συστολής (S) συναρτήσει του χρόνου(t)
- ii) Γραμμικό διάγραμμα Εγκάρσιας συστολής (S) συναρτήσει του βάρους εναποθετημένου μετάλλου(w)
- iii) Ημιλογαριθμικό διάγραμμα Εγκάρσιας συστολής (S) συναρτήσει του βάρους εναποθετημένου μετάλλου(w)

Η εγκάρσια συστολή μειώνεται όταν πραγματοποιείται σε τμήματα καθώς έτσι προκαλεί ηπιότερες θερμοκρασιακές κλίσεις ( $\nabla T$ ) σε σχέση με τη συνεχή συγκόλληση.



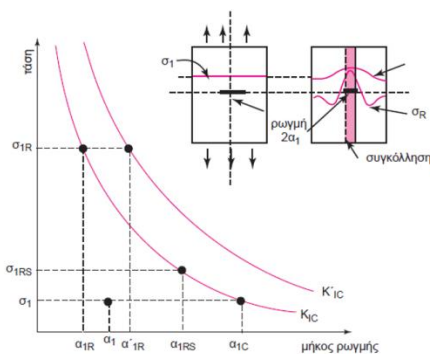
Σχήμα 12. Ποιοτικό διάγραμμα εγκάρσιας συστολής (S) συναρτήσει του χρόνου(t)



Σχήμα 13. Ποιοτικό διάγραμμα εγκάρσιας συστολής (S) συναρτήσει του βάρους εναποθετημένου μετάλλου(w), (α) γραμμικό και (β) ημιλογαριθμικό

10. Δώστε ποιοτικό διάγραμμα τάσης ( $\sigma$ ) συναρτήσει του μήκους ρωγμής ( $a$ ) για δύο υλικά με διαφορετική δυσθραυστότητα  $K_{IC}$  και  $K'_{IC}$ , με  $K'_{IC} > K_{IC}$ . Σχολιάστε

- Πως επιδρούν οι παραμένουσες τάσεις
- Ποια η σημασία του υλικού με μεγαλύτερη δυσθραυστότητα

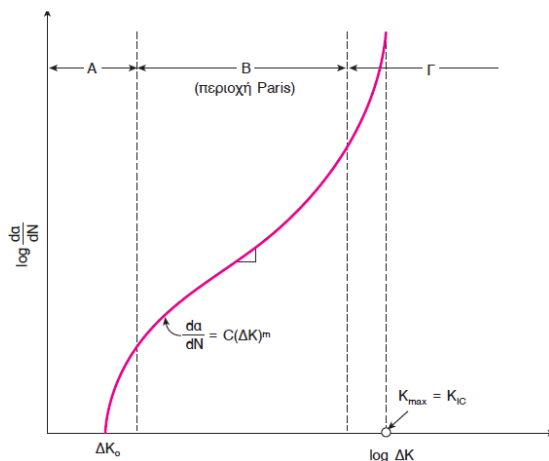


Σχήμα 14. Ποιοτικό διάγραμμα τάσης ( $\sigma$ ) συναρτήσει του μήκους ρωγμής ( $a$ )

Οι παραμένουσες τάσεις αθροίζονται διανυσματικά στην εντατική κατάσταση ( $\sigma_1$ ). Έτσι μπορούν να καταστήσουν μια ρωγμή υπερκρίσιμη ( $\sigma_{1R}$ ,  $a_{1R}$ ) για μικρότερο μήκος ρωγμής από το κρίσιμο καθώς  $a_{1R} < a_{1C}$ . Με τη χρήση αποτατικής ανόπτησης όμως μπορεί να καταστήσουν μια ρωγμή υποκρίσιμη ( $\sigma_{1RS}$ ,  $\sigma_{1R}$ ), καθώς απαιτείται μεγαλύτερο μήκος ρωγμής για την διάδοση της ρωγμής ( $\sigma_{1RS}$ ,  $\sigma_{1RS}$ ). Γενικότερα είναι σημαντικές σε κατασκευές με χαμηλά επιβαλλόμενα φορτία και όταν οι ρωγμές βρίσκονται σε περιοχές με υψηλές παραμένουσες εφελκυστικές τάσεις.

Η χρήση υλικού με μεγαλύτερη δυσθραυστότητα θα καθυστερούσε την αστοχία. Δηλαδή θα οδηγούσε σε μεγαλύτερη διάρκεια ζωής της κατασκευής. Καθώς για παράδειγμα με την επίδραση των παραμένουσων τάσεων απαιτείται μεγαλύτερο μήκος ρωγμής για την διάδοση της ρωγμής ( $\sigma_{1R}$ ,  $a'_{1R}$ ).

11. Δώστε ποιοτικό λογαριθμικό διάγραμμα του ρυθμού αύξησης του μήκους της ρωγμής ( $da/dN$ ) συναρτήσει του εύρους του συντελεστή έντασης τάσεων ( $\Delta K$ ). Σχολιάστε τις χαρακτηριστικές περιοχές που ορίζονται στο παραπάνω διάγραμμα.



Σχήμα 15. Ποιοτικό λογαριθμικό διάγραμμα του ρυθμού αύξησης του μήκους της ρωγμής ( $da/dN$ ) συναρτήσει του εύρους του συντελεστή έντασης τάσεων ( $\Delta K$ ).

Ορίζονται 3 χαρακτηριστικές περιοχές A, B και Γ.

Στην περιοχή A παρατηρούνται μικρές τιμές  $\Delta K$ , και άρα εξαιρετικά αργή ανάπτυξη της ρωγμής, ουσιαστικά δεν αναπτύσσεται.

Στην περιοχή B ή περιοχή Parish, παρατηρείται σταθερός ρυθμός ανάπτυξης ρωγμής υπό την επενέργεια του  $\Delta K$ .

$$\frac{da}{dN} = C(\Delta K)^m, \text{ εξίσωση Parish}$$

Η σταθερά C εξαρτάται από την μικροδομή, τη θερμοκρασία, το περιβάλλον και τον λόγο τάσεων

Στην περιοχή Γ παρατηρούνται πολύ μεγάλες τιμές του  $\Delta K$ , ταχύτατη ανάπτυξη της ρωγμής και γρήγορη θραύση.

**12. Περιγράψτε πως επιδρούν οι ασυνέχειες των συγκολλήσεων στην κόπωση των συγκολλητών τεμαχίων.**

Οι ασυνέχειες των συγκολλήσεων προκαλούν συγκέντρωση τάσεων και έτσι μειώνουν την αντοχή σε κόπωση. Σημαντικό ρόλο παίζουν η θέση τους στην συγκόλληση καθώς και η γεωμετρία τους. Πόροι και εγκλείσματα μακριά από τον πόδα ή τη ρίζα δεν έχουν σημαντική επίδραση στην κόπωση. Αντίθετα στον πόδα προκαλούν πρόωρη εκκίνηση της ρωγμής κόπωσης. Ασυνέχειες όπως ρωγμές και ατελής τήξη προκαλούν μείωση της αντοχής σε κόπωση.