

# ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1<sup>ο</sup>

## ΜΕΤΑΛΛΑ - ΧΑΛΥΒΕΣ

- Φυσικές ιδιότητες των μετάλλων
- Δομή των μετάλλων
- Ανθρακούχοι χάλυβες
- Κραματούχοι χάλυβες
- Χυτοσίδηρος
- Μη σιδηρούχα κράματα
- Τυποποίηση και ονομασία

## 1. ΜΕΤΑΛΛΑ - ΚΡΑΜΑΤΑ

### Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να αναφέρουν οι μαθητές τις φυσικές ιδιότητες των μετάλλων.
- Να κατανοήσουν πώς είναι κατασκευασμένα τα μέταλλα και να μπορούν να περιγράψουν τη δομή τους.
- Να αναγνωρίζουν τα είδη των χαλύβων και να είναι σε θέση να περιγράψουν τα βασικά χαρακτηριστικά τους.
- Να διαβάζουν τους συμβολισμούς των κυριότερων μετάλλων και κραμάτων και από το συμβολισμό τους να περιγράψουν τα πλέον βασικά χαρακτηριστικά τους.

### 1-1. Φυσικές ιδιότητες των μετάλλων

Τα μέταλλα παρουσιάζουν χαρακτηριστικές φυσικές ιδιότητες. Αυτές είναι:

- Η μεταλλική λάμψη
- Η στερεά κατάσταση στις συνθήκες περιβάλλοντος πλην του υδραργύρου
- Το μεγάλο ειδικό βάρος
- Η υψηλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα
- Η καλή μηχανική αντοχή

Επίσης:

- Μπορούν να πάρουν τη μορφή σύρματος ή ράβδου, δηλαδή είναι **όλκιμα** υλικά.
- Μπορούν να πάρουν τη μορφή ελασμάτων, δηλαδή είναι **ελατά** υλικά.
- Επηρεάζουν το μαγνητικό πεδίο. Η επιρροή στο μαγνητικό πεδίο είναι πολύ έντονη στο **σίδηρο**, στο **νικέλιο** και στο **κοβάλτιο**.

Οι παραπάνω ιδιότητες, μεμονωμένες, δεν αρκούν για να χαρακτηρίσουμε κάποιο υλικό ότι είναι μέταλλο. Π.χ.:

- Μεταλλική λάμψη παρουσιάζουν και αρκετά αμέταλλα (π.χ. αντιμόνιο).
- Καλή ηλεκτρική αγωγιμότητα μπορούμε να συναντήσουμε και σε πολλά ακόμη υλικά (π.χ. άνθρακας).

Κατά συνέπεια, για να χαρακτηρίσουμε κάποιο υλικό ως μέταλλο, θα πρέπει να δούμε αν έχει **όλες μαζί** τις ιδιότητες που προαναφέραμε.

Ο βαθμός που παρουσιάζει ένα μέταλλο την κάθε ιδιότητά του ποικίλλει. Π.χ.:

- Το αλουμίνιο μπορεί να λάβει μορφή λεπτών αλλά ανθεκτικών ελασμάτων, όπως είναι το γνωστό σε όλους αλουμινόχαρτο. Τα περισσότερα από τα άλλα μέταλλα δε διαμορφώνονται σε ελάσματα πάχους μικρότερου από 0,1 mm.
- Ο χαλκός παρουσιάζει 6,5 φορές μεγαλύτερη θερμική αγωγιμότητα και 6 φορές μεγαλύτερη ηλεκτρική αγωγιμότητα από το σίδηρο.
- Το τιτάνιο παρουσιάζει τριπλάσια μηχανική αντοχή από το σίδηρο.

## 1-2. Η δομή των μετάλλων

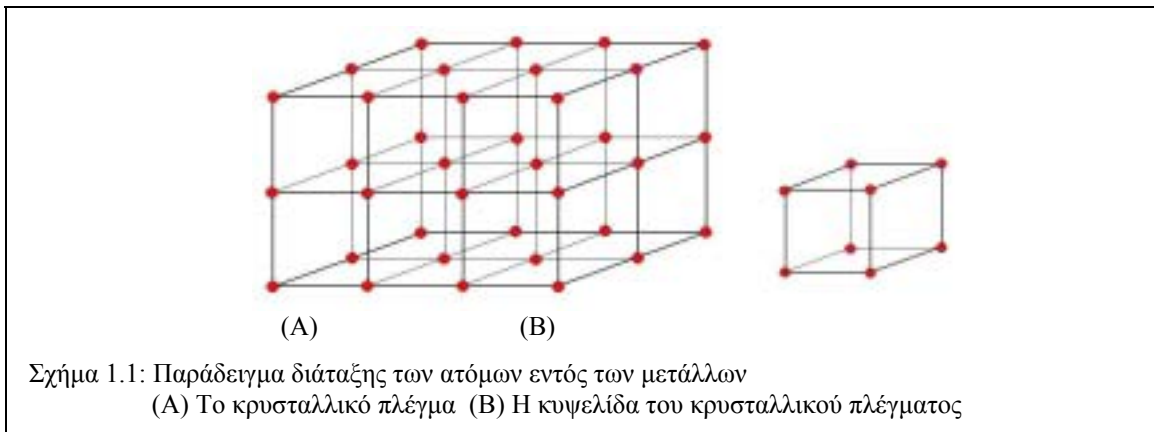
Η δομή των μετάλλων παρουσιάζει τις εξής δύο χαρακτηριστικές ιδιότητες:

- Το μεταλλικό δεσμό
- Η μάζα τους αποτελείται από κόκκους κρυστάλλων

Στη συνέχεια αναπτύσσονται αυτά τα δύο χαρακτηριστικά της δομής των μετάλλων.

## 1-3. Ο μεταλλικός δεσμός

Στα μέταλλα, οι πυρήνες των ατόμων είναι διατεταγμένοι σε κανονικές πολυεδρικές μορφές, που ονομάζονται «κρυσταλλικά πλέγματα». Στο σχήμα (1.1) βλέπουμε μία απλή περίπτωση τέτοιας διάταξης. Οι μορφές αυτές ποικίλλουν ανάλογα με το είδος του κάθε μετάλλου και τη θερμοκρασία του.

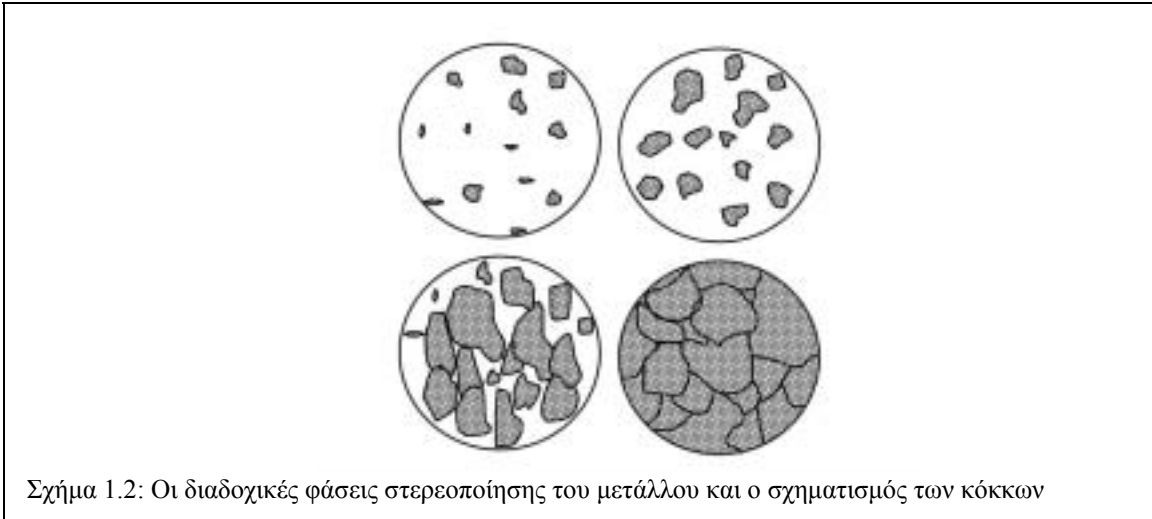


Το ερώτημα που τίθεται είναι «πού βρίσκονται τα ηλεκτρόνια;». Η απάντηση βρίσκεται σ' αυτό που αποκαλείται **μεταλλικός δεσμός**. Τα ηλεκτρόνια μπορούμε να τα φανταστούμε ως περιπλανώμενα ελεύθερα μέσα στη μάζα του μετάλλου και όχι γύρω από συγκεκριμένους πυρήνες, όπως γίνεται στους χημικούς δεσμούς. Υπάρχει δηλαδή ένα «νέφος ηλεκτρονίων» που μετακινείται εύκολα κάτω από την επίδραση ενός ηλεκτρικού πεδίου. Για το λόγο αυτό τα μέταλλα είναι καλοί αγωγοί του ηλεκτρισμού.

## 1-4. Η κοκκώδης δομή των μετάλλων

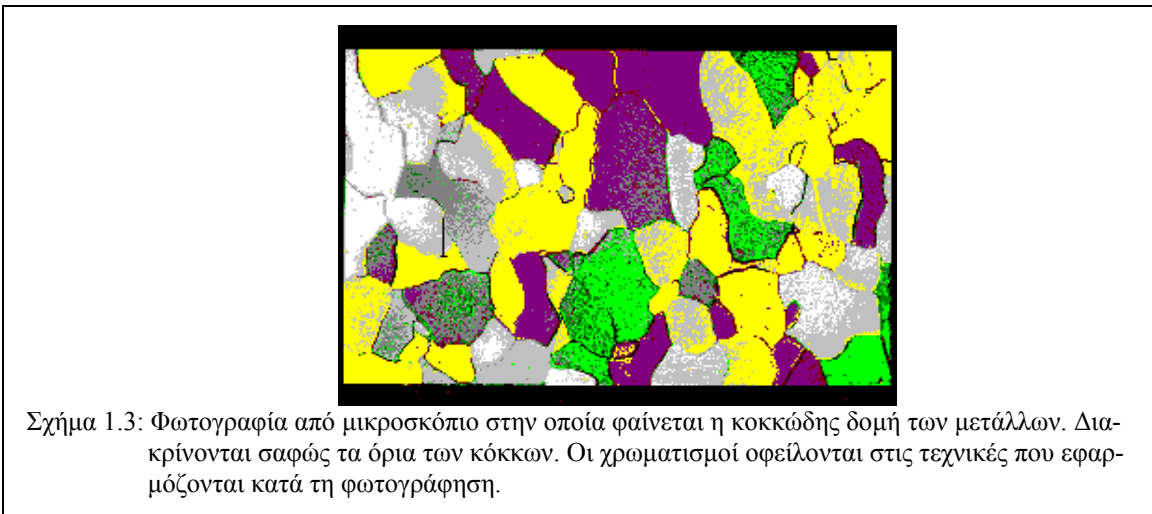
Η μάζα ενός μεταλλικού τεμαχίου αποτελείται από πολλούς κρυστάλλους που τους ονομάζουμε «κόκκους» και που στον κάθε ένα από αυτούς τα άτομα είναι διατεταγμένα με μία γεωμετρική μορφή, όπως αυτή που είδαμε στο σχήμα (1.1). Ο σχηματισμός των κόκκων οφείλεται στον τρόπο που παράγονται τα μέταλλα. Η διαδικασία αυτή φαίνεται στις διαδοχικές φάσεις του σχήματος (1.2).

Στην αρχή το μέταλλο βρίσκεται σε υγρή μορφή, κάτω από υψηλή θερμοκρασία. Ενώ η θερμοκρασία αρχίζει να ελαττώνεται, αρχίζει η στερεοποίηση. Τα φαινόμενα που λαμβάνουν χώρα φαίνονται στο σχήμα (1.2) και μπορούν να περιγραφούν ως εξής:



Σχήμα 1.2: Οι διαδοχικές φάσεις στερεοποίησης του μετάλλου και ο σχηματισμός των κόκκων

- Σε διάφορα σημεία της μάζας του ρευστού μετάλλου αρχίζει η στερεοποίηση. Εμφανίζονται οι πρώτοι μικροί κρύσταλλοι.
- Πάνω στους πρώτους κρυστάλλους προσκολλώνται συνεχώς νέα άτομα. Συγχρόνως εμφανίζονται και νέοι κρύσταλλοι.
- Όταν το μεγαλύτερο μέρος της μάζας του μετάλλου έχει ενσωματωθεί στους κρυστάλλους, αυτοί θα αρχίσουν να έρχονται σε επαφή μεταξύ τους.
- Όταν η θερμοκρασία ελαττωθεί κάτω από το σημείο πήξης, τότε όλη η μάζα του μετάλλου έχει στερεοποιηθεί και οι κόκκοι έχουν ενωθεί μεταξύ τους.



Σχήμα 1.3: Φωτογραφία από μικροσκόπιο στην οποία φαίνεται η κοκκώδης δομή των μετάλλων. Διακρίνονται σαφώς τα όρια των κόκκων. Οι χρωματισμοί οφείλονται στις τεχνικές που εφαρμόζονται κατά τη φωτογράφιση.

Στα σημεία επαφής των κόκκων, η πολυεδρική διάταξη του σχήματος (1.1) έχει διαταραχτεί. Τα άτομα βρίσκουν τις θέσεις ισορροπίας τους αλλά με ακανόνιστες μορφές.

Η παραπάνω διαδικασία στερεοποίησης του μετάλλου καταλήγει σε μία δομή στην οποία έχουμε:

- Τους κόκκους του μετάλλου με την κανονική κρυσταλλική δομή τους
- Τις επιφάνειες που ενώνονται οι κόκκοι μεταξύ τους, οι οποίες αποτελούν περιοχές ακαταστασίας της κρυσταλλικής δομής.

Τους κόκκους μπορούμε να τους δούμε κάτω από μικροσκόπιο, αφού γίνει η κατάλληλη επεξεργασία στην επιφάνεια του μετάλλου. Στο σχήμα (1.3) φαίνεται μία φωτογραφία της κοκκώδους δομής ενός μετάλλου.

Η πρώτη εντύπωση, που ίσως σχηματίζεται στον αναγνώστη, είναι ότι η ανομοιομορφία στα όρια των κόκκων είναι ανεπιθύμητη. Αυτό όμως δεν είναι αληθές. Επιδιώκουμε ακριβώς το αντίθετο, όπως θα δούμε στη συνέχεια.

### 1-5. Η επίδραση της κοκκώδους δομής στις μηχανικές ιδιότητες των μετάλλων

Ένα μέταλλο, που θα αποτελείτο από ένα και μοναδικό κρύσταλλο, θα έσπαγε πολύ εύκολα. Οι καλές μηχανικές ιδιότητες (αντοχή, ελαστικότητα) οφείλονται στην αντοχή που παρουσιάζουν τα σημεία που ενώνονται οι κόκκοι μεταξύ τους. Ο κανόνας που πρέπει να γνωρίζουμε είναι:

**Όσο μικρότεροι είναι οι κόκκοι ενός μεταλλικού τεμαχίου,  
τόσο καλύτερες είναι οι μηχανικές του ιδιότητες.**

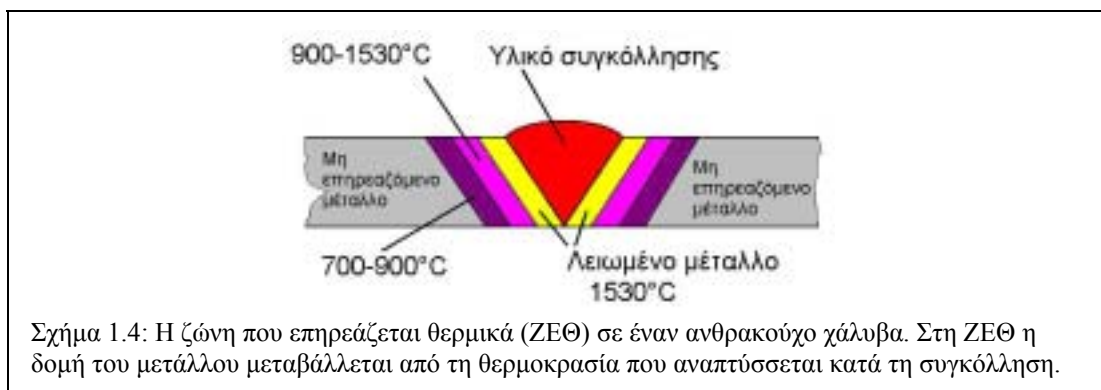
Το μέγεθος των κόκκων ποικίλλει. Για να δοθεί μία ιδέα για το μέγεθός τους, αναφέρουμε ότι η μέση διάμετρος στους χάλυβες κυμαίνεται **από 0,022 mm μέχρι 0,25 mm**. Οι χάλυβες με μέσο μέγεθος κόκκου μικρότερο **από 0,088 mm** ονομάζονται **λεπτόκοκκοι**, ενώ πάνω από αυτό το όριο ονομάζονται **χοντρόκοκκοι**.

### 1-6. Η επίδραση της συγκόλλησης στην κοκκώδη δομή των μετάλλων και στην αλλαγή των μηχανικών ιδιοτήτων τους

Αν ένα μέταλλο θερμανθεί πάνω από μία ορισμένη θερμοκρασία, αρχίζει η ανακρυστάλλωσή του. Αυτή μπορεί, μετά την ψύξη, να οδηγήσει σε άλλη κρυσταλλική δομή και να αλλάξει τις ιδιότητες του μετάλλου. Η αλλαγή αυτή μπορεί να είναι προς το καλύτερο, όταν γίνεται κάτω από αυστηρά ελεγχόμενες συνθήκες. Όταν όμως γίνεται τυχαία, συνήθως, το αποτέλεσμα είναι η μείωση της αντοχής.

#### (α) Η ζώνη που επηρεάζεται θερμικά (ΖΕΘ)

Η συγκόλληση των μετάλλων γίνεται σε **υψηλές θερμοκρασίες**. Κατά την ψύξη γίνεται ανακρυστάλλωση γύρω από την περιοχή της συγκόλλησης. Η ζώνη επιρροής επεκτείνεται μέχρι το σημείο που η θερμοκρασία μειώνεται κάτω από ένα όριο που αποτελεί προϋπόθεση για την εμφάνιση της ανακρυστάλλωσης, όπως φαίνεται στο σχήμα (1.4). Η περιοχή αυτή ονομάζεται **Ζώνη Επηρεαζόμενη Θερμικά** και συμβολίζεται ως **ΖΕΘ**.



Το αποτέλεσμα είναι, σχεδόν πάντοτε, να έχουμε μείωση της αντοχής γύρω από την περιοχή της συγκόλλησης. Ο κανόνας είναι:

**Η αντοχή του μετάλλου στην ΖΕΘ συνήθως μειώνεται λόγω της υψηλής θερμοκρασίας η οποία προκαλεί την αλλαγή της κρυσταλλικής δομής του.**

### **(β) Ανόπτηση – Βαφή – Επαναφορά**

Δύο βασικές έννοιες που έχουν σχέση με τη δημιουργία της κοκκώδους μορφής ενός μετάλλου είναι η **ανόπτηση** και η **βαφή**. Πρόκειται για δύο θερμικές κατεργασίες που συνήθως γίνονται κάτω από ελεγχόμενες συνθήκες. Αλλά, κατά τη συγκόλληση, αυτές γίνονται άθελά μας και επηρεάζουν άμεσα τις μηχανικές ιδιότητες.

**Ανόπτηση** είναι η θέρμανση ενός μετάλλου σε μία θερμοκρασία τέτοια που να αρχίζει η ανακρυστάλλωσή του. Με την εφαρμογή ενός ελεγχόμενου ρυθμού ψύξης μπορούμε να έχουμε μέταλλο με την επιθυμητή κρυσταλλική δομή και το επιδιωκόμενο μέγεθος κόκκου.

**Βαφή** είναι η απότομη ψύξη του μετάλλου, η οποία, συνήθως, γίνεται όταν ρίχνουμε το μέταλλο σε νερό. Το αποτέλεσμα είναι να μην υπάρχει χρόνος για την ομαλή ανακρυστάλλωση και να προκύπτει μέταλλο **σκληρό**, αλλά συγχρόνως **εύθραυστο**. Όταν ο ηλεκτροσυγκολλητής, μετά τη συγκόλληση, ρίχνει το καυτό τεμάχιο στο νερό, για να το ψύξει ταχύτερα, του προκαλεί βαφή, δηλαδή το κάνει σκληρό και εύθραυστο.

Ένα μεταλλικό τεμάχιο που υπεβλήθη σε βαφή, αν υποστεί ανόπτηση, θα γίνει πάλι ελαστικό, αλλά θα χάσει τη σκληρότητά του. Η διαδικασία αυτή ονομάζεται **επαναφορά**.

### **1-7. Η σημασία των προσμίξεων**

Η κρυσταλλική μορφή μέσα στον κάθε κόκκο διαταράσσεται εξ αιτίας ξένων προσμίξεων. Δεν υπάρχει τρόπος παραγωγής απόλυτα καθαρού μετάλλου. Τα άτομα των προσμίξεων εισέρχονται στην κρυσταλλική δομή των κόκκων και την ανατρέπουν. Συχνά, επίσης, δημιουργούν χημικές ενώσεις οι οποίες διασπείρονται μέσα στη μάζα του μετάλλου.

***Σημαντική επισήμανση:** Εδώ θα μπορούσε να δημιουργηθεί η εσφαλμένη εντύπωση ότι η παρουσία των προσμίξεων είναι ανεπιθύμητη. Αυτό όμως δεν είναι αληθές. Αν και υπάρχουν επιβλαβείς προσμίξεις, υπάρχουν και άλλες που είναι χρήσιμες και βελτιώνουν τις ιδιότητες των μετάλλων, όπως θα δούμε στη συνέχεια.*

Με τη χρήση των κατάλληλων προσμίξεων, βελτιώνονται οι ιδιότητες των μετάλλων και προκύπτουν κράματα διαφορετικών μηχανικών και χημικών ιδιοτήτων π.χ. παράγονται κράματα με μεγάλη μηχανική αντοχή ή με μεγάλη ελαστικότητα ή με αντοχή στην οξείδωση κτλ. Ο κανόνας είναι:

**Οι ιδιότητες των μετάλλων και των κραμάτων εξαρτώνται σε μεγάλο βαθμό από τις προσμίξεις τους.**

Υπάρχουν όμως και ανεπιθύμητες προσμίξεις, οι οποίες ονομάζονται **ακαθαρσίες** και μειώνουν τη μηχανική αντοχή του μετάλλου.

## 1-8. Τα μέταλλα

Τα περισσότερα από τα 92 στοιχεία που συναντάμε στη φύση, μπορούν να χαρακτηριστούν μέταλλα. Ελάχιστα όμως από αυτά χρησιμοποιούνται σε κατασκευές. Τα μέταλλα τα οποία έχουν ενδιαφέρον στις συγκολλήσεις, κατά σειρά σπουδαιότητας, κυρίως είναι τα εξής:

- Ο σίδηρος
- Το αλουμίνιο
- Ο χαλκός

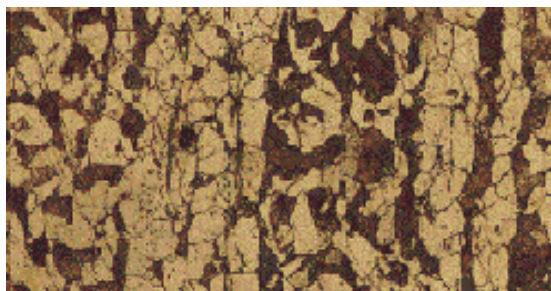
Αρκετά, ακόμη, μέταλλα, αλλά και ορισμένα αμέταλλα, συμμετέχουν υπό μορφή προσμίξεων, σε μικρά κυρίως ποσοστά, για τη διαμόρφωση κραμάτων με βελτιωμένες ιδιότητες (π.χ. με μεγάλη μηχανική αντοχή). Οι κυριότερες προσμίξεις που υπάρχουν στα κράματα είναι οι εξής:

- Στα κράματα σιδήρου: ο άνθρακας (C) και το πυρίτιο (Si) που είναι αμέταλλα, καθώς και τα μέταλλα χρώμιο (Cr) και νικέλιο (Ni).
- Στα κράματα αλουμινίου: Το πυρίτιο (Si), το μαγνήσιο (Mg) και ο χαλκός (Cu).
- Στα κράματα χαλκού: Ο ψευδάργυρος (Zn) και ο κασσίτερος (Sn).

Η περιεκτικότητα ενός στοιχείου συμβολίζεται για συντομία με το π. Π.χ.  $\pi(C)=0,12\%$ ,  $\pi(Si)=0,5\%$  κτλ.

## 1-9. Ο σίδηρος και οι χάλυβες

Τη μεγαλύτερη σημασία από όλα τα μέταλλα για τις τεχνικές κατασκευές την έχει ο σίδηρος. Ποτέ ο σίδηρος δε συναντάται αποκλειστικά μόνος, επειδή είναι δύσκολο να απομονωθεί πλήρως από τις προσμίξεις του και, ιδίως, από τον άνθρακα. Επίσης, χωρίς τον άνθρακα, ο σίδηρος έχει πολύ χαμηλή μηχανική αντοχή. Πάντοτε, το λιγότερο που θα συναντήσουμε, είναι μία, έστω και μικρή, προσθήκη άνθρακα, η οποία μεταβάλλει εντυπωσιακά τις ιδιότητες του μετάλλου, παρ' όλο που ως ποσοστό ακούγεται να είναι τελείως ασήμαντη, π.χ. 0,2%.



Σχήμα 1.5: Φωτογραφία από μικροσκόπιο στην οποία φαίνονται οι κόκκοι ανθρακούχου χάλυβα.

Ανάλογα με το είδος των βασικών προσμίξεων διακρίνουμε τις εξής ομάδες υλικών που έχουν ως βάση το σίδηρο:

- **Ανθρακούχοι χάλυβες:** Τα μέταλλα που αποτελούνται κυρίως από σίδηρο και άνθρακα με  $\pi(C)\leq 2\%$ , ονομάζονται **χάλυβες**. Συνήθως όμως  $\pi(C)<0,80\%$ .

- **Κραματούχοι χάλυβες:** Στους χάλυβες μπορεί να έχουμε και μη σιδηρούχες προσμίξεις, κυρίως νικέλιο (Ni) και χρώμιο (Cr), οπότε έχουμε τους **κραματούχους ή κραματικούς χάλυβες**. Στην κατηγορία αυτή ανήκουν και οι ανοξείδωτοι χάλυβες.
- **Χυτοσίδηροι:** Έχουν μεγάλη περιεκτικότητα άνθρακα και συγκεκριμένα  $\pi(C)=3-4\%$ .

Ως «σίδηρο» χαρακτηρίζεται το υλικό που έχει  $\pi(C)\leq 0,008\%$ , που ουσιαστικά σημαίνει σχεδόν πλήρης απουσία άνθρακα («σίδηρος» είναι το χημικό στοιχείο).

**Με βάση τα παραπάνω, είναι σαφές ότι ο τεχνικός όρος «σίδηρο» δε θα έπρεπε να υπάρχει στην αγορά των υλικών. Θα έπρεπε να υπάρχει μόνο ο όρος χάλυβας. Όμως ο όρος «σίδηρο» συνυπάρχει με τον όρο «χάλυβας» και χρησιμοποιείται ευρέως μεταξύ των τεχνικών.**

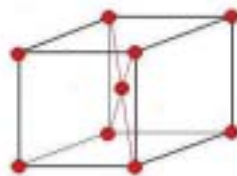
**Ερώτηση:** Τι υλικό είναι αυτό που στις τεχνικές κατασκευές έχει καθιερωθεί να ονομάζεται σίδηρος;

**Απάντηση:** Πρόκειται για χάλυβες με χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα (συνήθως  $\pi(C)<0,05\%$ ). Αυτοί έχουν **πολύ καλή συμπεριφορά κατά τη συγκόλλησή τους.**

### 1-10. Οι ανθρακούχοι χάλυβες

Οι ανθρακούχοι χάλυβες με  $\pi(C) < 0,4\%$ , είναι το πλέον σημαντικό υλικό στην τεχνολογία των συγκολλήσεων. Εκτός από τον άνθρακα περιέχουν και άλλες προσμίξεις που κυρίως είναι οι εξής:

- Οι **ακαθαρσίες**, όπως είναι το **θειό (S)**, ο **φώσφορος (P)**, το **άζωτο (N)**, το **υδρογόνο (H)** και το **οξυγόνο (O)**. Αυτές επιδρούν αρνητικά στην ποιότητα των συγκολλήσεων. Οι ακαθαρσίες είναι υπεύθυνες για τη ρηγμάτωση των χαλύβων και ιδίως των συγκολλήσεων.
- Το **πυρίτιο (Si)**: Σε ποσοστά 0,03-0,35% βελτιώνει τη συγκόλληση. Σε ποσοστά άνω του 1% τη δυσχεραίνει.
- Το **μαγγάνιο (Mn)**: Συνήθως δεν υπερβαίνει το 1% και βελτιώνει τη συγκόλληση, επειδή **δεσμεύει το S**.



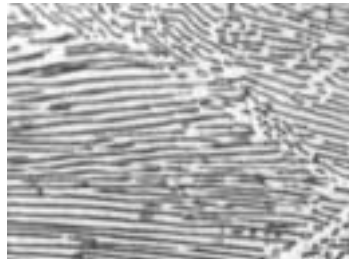
Σχήμα 1.6: Η κυψελίδα της κρυσταλλικής δομής του σιδήρου «α»

Στη θερμοκρασία του περιβάλλοντος, η κρυσταλλική δομή των ανθρακούχων χαλύβων είναι όπως του σχήματος (1.6), δηλαδή έχουμε ένα άτομο στο κέντρο ενός κύβου και από ένα σε κάθε ακμή. Η μορφή αυτή ονομάζεται σίδηρος «α». Στους 20°C, η περιεκτικότητα του σιδήρου «α» σε άνθρακα δεν υπερβαίνει το 0,006%. Το συνδυασμό αυτό του σιδήρου «α» με τον άνθρακα τον ονομάζουμε **φερρίτη**.



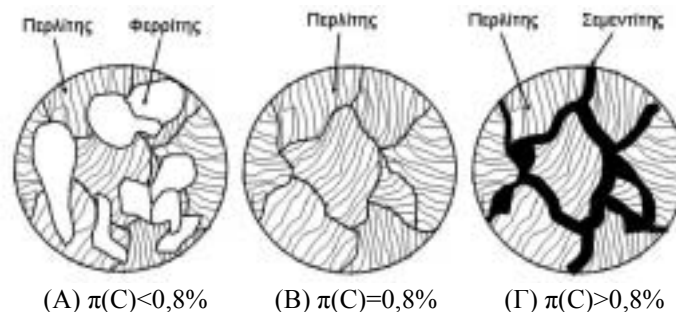
Η υπόλοιπη ποσότητα του άνθρακα είναι σε μορφή χημικής ένωσης με το σίδηρο ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ) η οποία ονομάζεται **σεμεντίτης**. Οι χημικές ενώσεις των μετάλλων με τον άνθρακα, όπως είναι ο σεμεντίτης, ονομάζονται **καρβίδια**. Ο σεμεντίτης είναι πολύ σκληρό και εύθραυστο υλικό.

Ο φερρίτης και ο σεμεντίτης βρίσκονται ανακατεμένοι μεταξύ τους. Ο συνδυασμός αυτός ονομάζεται **περλίτης**. Η μορφή του περλίτη, κάτω από μικροσκόπιο, είναι όπως στο σχήμα (1.7). Διακρίνουμε ταινίες από φερρίτη και ταινίες από σεμεντίτη. Οι ταινίες του φερρίτη είναι παχύτερες από του σεμεντίτη. Η περιεκτικότητα του περλίτη σε άνθρακα είναι 0,8%.



Σχήμα 1.7: Η μορφή των κόκκων του περλίτη.  
Οι μαύρες ταινίες είναι ο σεμεντίτης και οι λευκές ο φερρίτης.

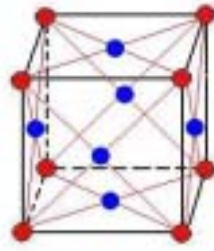
Οι ανθρακούχοι χάλυβες περιέχουν άνθρακα σε ποσοστό πολύ μικρότερο του 0,8%. Κατά συνέπεια, αποτελούνται από δύο ειδών κόκκους: του **φερρίτη** και του **περλίτη**. Τη μορφή αυτή τη βλέπουμε στο σχήμα (1.8), περίπτωση (Α). Όταν η περιεκτικότητα είναι ακριβώς 0,8% σε άνθρακα, τότε θα έχουμε αποκλειστικά κόκκους **περλίτη** και η μορφή θα είναι όπως η περίπτωση (Β). Όταν υπερβεί και το 0,8%, θα έχουμε κόκκους περλίτη που θα περιβάλλονται από σεμεντίτη, όπως φαίνεται στην περίπτωση (Γ). Τότε έχουμε μία εύθραυστη αλλά σκληρή μορφή χάλυβα.



Σχήμα 1.8: Η μορφή των κόκκων των ανθρακούχων χάλυβων, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε άνθρακα

### 1-11. Η συγκόλληση των ανθρακούχων χάλυβων

Μία κρίσιμη θερμοκρασία για όλους τους ανθρακούχους χάλυβες είναι οι **900°C**. Στη θερμοκρασία αυτή ο φερρίτης λαμβάνει μία άλλη κρυσταλλική μορφή που ονομάζεται **ωστενίτης**, η οποία διατηρείται μέχρι τους **1530°C**, όπου αρχίζει η τήξη. Η κρυσταλλική δομή ονομάζεται σίδηρος «γ» και φαίνεται στο σχήμα (1.9). Έχουμε ένα άτομο στο κέντρο κάθε πλευράς ενός κύβου και από ένα σε κάθε ακμή.



Σχήμα 1.9: Η μορφή των κόκκων σιδήρου -“γ”

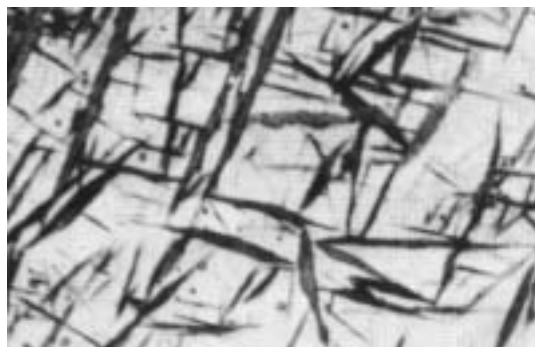
Σε υψηλή θερμοκρασία διασπάται ο σεμεντίτης και απελευθερώνεται άνθρακας, ο οποίος ενσωματώνεται στον ωστενίτη. Ο ωστενίτης διαλύει μέχρι και 0,9% άνθρακα. Η μεγάλη αυτή διαλυτότητα οφείλεται στο γεγονός ότι τα άτομα του άνθρακα εισδύουν στον κενό χώρο, στο κέντρο του κύβου.

Στην περιοχή των θερμοκρασιών **700-900°C** έχουμε συνύπαρξη φερρίτη και ωστενίτη, δηλαδή κόκκους φερρίτη και κόκκους ωστενίτη. Η ζώνη που επηρεάζεται θερμικά (ΖΕΘ), προφανώς είναι στην περιοχή **700-1530°C**<sup>1</sup>.

Κατά την ψύξη του χάλυβα στον αέρα, η κρυσταλλική δομή στη ΖΕΘ αρχίζει σταδιακά να αποκαθίσταται. Όσον αφορά τις μηχανικές ιδιότητες της ΖΕΘ, μετά την ολοκλήρωση της ψύξης, ο κανόνας είναι:

**Η αποκατάσταση των μηχανικών ιδιοτήτων στη ΖΕΘ, είναι σχεδόν πλήρης, όταν η περιεκτικότητα του χάλυβα σε άνθρακα δεν υπερβαίνει το 0,2% και ο ρυθμός της ψύξης είναι αργός.**

Όταν όμως η ταχύτητα ψύξης είναι μεγάλη, π.χ. όταν εμβαπτίζουμε το χάλυβα σε νερό για να κρυσταλλώσει γρήγορα, τότε προκαλείται βαφή. Ακόμη και αν ο χάλυβας έχει  $\pi(C) < 0,2\%$ , θα έχουμε αλλοίωση των ιδιοτήτων στη ΖΕΘ. Ο ωστενίτης δεν προλαβαίνει να μετασχηματιστεί σε κόκκους φερρίτη και κόκκους περλίτη και δημιουργείται μία δομή που ονομάζεται **μαρτενσίτης**. Οι κόκκοι του μαρτενσίτη είναι σκληροί και εύθραυστοι. Κάτω από μικροσκόπιο παρουσιάζονται σαν βελόνες, όπως φαίνεται στο σχήμα (1.10).



Σχήμα 1.10: Η μορφή των κόκκων του μαρτενσίτη

<sup>1</sup> Οι παραπάνω θερμοκρασίες των 700°C, 900°C και 1530°C είναι κατά προσέγγιση. Διαφέρουν λίγο από χάλυβα σε χάλυβα, ανάλογα με την περιεκτικότητα σε άνθρακα.

Όταν η περιεκτικότητα του χάλυβα σε άνθρακα υπερβαίνει το 0,2%, τότε η αποκατάσταση των ιδιοτήτων της ΖΕΘ δεν είναι πλήρης. Όταν όμως έχουμε χάλυβα με  $\pi(C) > 0,4\%$ , τότε πρέπει να έχουμε υπόψη μας ότι:

**Όταν η περιεκτικότητα του χάλυβα σε άνθρακα υπερβαίνει το 0,4%, η συγκόλληση θεωρείται ανασφαλής.**

Όμως και σ' αυτή την περίπτωση, οι μηχανικές ιδιότητες της ΖΕΘ, μετά τη συγκόλληση, μπορούν να αποκατασταθούν με κατάλληλες θερμικές επεξεργασίες.

### 1-12. Η δημιουργία φυσαλίδων κατά τη συγκόλληση

Μεταξύ των ακαθαρσιών του χάλυβα είναι το οξυγόνο και το άζωτο. Το οξυγόνο υπάρχει κυρίως υπό τη μορφή οξειδίου του σιδήρου.

Το οξυγόνο αντιδρά με τον άνθρακα και σχηματίζει  $CO_2$  το οποίο συγκεντρώνεται με τη μορφή φυσαλίδων. Οι φυσαλίδες δημιουργούν αδύνατα σημεία στην κατασκευή και μπορεί από αυτές να αρχίσει η θραύση. Το οξυγόνο απομακρύνεται, κατά την παραγωγή του χάλυβα, με την προσθήκη πυριτίου (Si) και μαγγάνιου (Mn). Ο χάλυβας, στον οποίο έχει γίνει πλήρης απομάκρυνση του  $O_2$ , ονομάζεται **καθησυχασμένος**, ενώ, αν έχει γίνει μερική απομάκρυνση, ονομάζεται **ημικαθησυχασμένος**. Οι χάλυβες με  $\pi(C) > 0,15\%$  παράγονται, συνήθως, καθησυχασμένοι ή ημικαθησυχασμένοι.

Προβλήματα δημιουργίας φυσαλίδων δημιουργεί και το άζωτο που εξουδετερώνεται με την προσθήκη μικρής ποσότητας αλουμινίου (Al) σε ποσοστό 0,02-0,1%. Το άζωτο σχηματίζει σταθερές χημικές ενώσεις με το αλουμίνιο και, έτσι, δεσμεύεται και δεν προκαλεί προβλήματα. Οι χάλυβες, στους οποίους, εκτός από το οξυγόνο, έχει εξουδετερωθεί και το άζωτο, ονομάζονται **πλήρως καθησυχασμένοι**.

### 1-13. Η γήρανση των ανθρακούχων χαλύβων

Ένα άλλο φαινόμενο το οποίο παρατηρείται κατά τη συγκόλληση είναι η **γήρανση** που επηρεάζει τους χάλυβες με  $\pi(C) < 0,15\%$ . Οι χάλυβες αυτοί παρουσιάζουν μεγάλη ελαστικότητα. Κατά τη γήρανση, χάνουν την ελαστικότητά τους και γίνονται εύθραυστοι. Αυτό οφείλεται στο ότι ο σίδηρος αντιδρά με τον άνθρακα που βρίσκεται μέσα στο φερρίτη και δημιουργεί σεμεντίτη.

Το φαινόμενο συμβαίνει και σε χάλυβες με μεγαλύτερες περιεκτικότητες άνθρακα, δηλαδή σε χάλυβες που έχουν μικρότερη ελαστικότητα. Επειδή όμως οι χάλυβες με  $\pi(C) > 0,15\%$  προορίζονται για εφαρμογές, που η ελαστικότητα έχει δευτερεύουσα σημασία, η γήρανση περνάει απαρατήρητη.

Η γήρανση λαμβάνει χώρα και κάτω από κανονικές συνθήκες, αλλά στις υψηλές θερμοκρασίες επιταχύνεται. Έτσι, κατά τη συγκόλληση χαλύβων με  $\pi(C) < 0,15\%$ , παρ' όλον ότι αυτοί, όπως αναφέρθηκε, συγκολλούνται εύκολα, υπάρχει ο κίνδυνος να προκληθεί γήρανση του χάλυβα.

Η γήρανση οφείλεται κυρίως στην περιεκτικότητα του χάλυβα σε άζωτο (N), η οποία πρέπει να είναι, κατά το δυνατόν, μικρότερη. Η εξουδετέρωση του αζώτου γίνεται με προσθήκη αλουμινίου (Al), όπως αναφέρθηκε.

Η παρουσία Al για την εξουδετέρωση του αζώτου, με αποκλειστικό σκοπό την αποφυγή της γήρανσης, δε σημαίνει ότι ο χάλυβας είναι καθησυχασμένος. Για να θεωρείται καθησυχασμένος, θα πρέπει να έχει εξουδετερωθεί το οξυγόνο. Συνήθως, οι χάλυβες με περιεκτικότητα C μέχρι 0,15% δεν κατασκευάζονται καθησυχασμένοι.

#### 1-14. Οι κραματούχοι χάλυβες

Ο λόγος ύπαρξης των κραματούχων χαλύβων βρίσκεται στο ότι βελτιώνουν σημαντικά τις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα, δηλαδή τη σκληρότητα, τη μηχανική αντοχή και την ελαστικότητα. Οι κραματούχοι χάλυβες διακρίνονται σε δύο κύριες κατηγορίες:

- Στους **ελαφρά κεκραμένους**, όταν το ποσοστό της βασικής πρόσμιξης είναι **κάτω του 5%**.
- Στους **ισχυρά κεκραμένους**, όταν το ποσοστό της βασικής πρόσμιξης είναι **τουλάχιστον 5%**.

Ορισμένες προσμίξεις, όπως το Ni και το Mn, όταν είναι σε μεγάλες περιεκτικότητες, γίνονται αιτία να διατηρείται η ωστενιτική δομή στη θερμοκρασία περιβάλλοντος. Ο ωστενίτης, σε αντίθεση με το φερρίτη, **δεν** παρουσιάζει μαγνητικές ιδιότητες. Γι' αυτό και οι περισσότεροι ανοξείδωτοι χάλυβες, επειδή περιέχουν μεγάλες ποσότητες Ni, αναγνωρίζονται με τη χρήση ενός μαγνήτη.

Ανάλογα με τον τρόπο που επενεργούν οι προσμίξεις, τις διακρίνουμε σε δύο βασικές κατηγορίες:

- Στις προσμίξεις που **δεν** ενώνονται με τον άνθρακα, δηλαδή δε δημιουργούν καρβίδια. Αυτές βελτιώνουν την αντοχή και την ελαστικότητα του χάλυβα.
- Στις προσμίξεις που μπορούν να σχηματίσουν καρβίδια, με συνέπεια να αυξάνουν τη σκληρότητα του χάλυβα, **χωρίς όμως να αυξάνεται σημαντικά και η ευθραυστότητα**<sup>2</sup>. Όταν δε σχηματίζουν καρβίδια, βελτιώνουν την αντοχή, όπως οι προηγούμενες.

Η πλέον γνωστή πρόσμιξη που δημιουργεί καρβίδια είναι το χρώμιο (Cr). Η προσθήκη χρωμίου αυξάνει τη σκληρότητα και την αντοχή. Η πλέον διαδεδομένη πρόσμιξη που δε δημιουργεί καρβίδια, είναι το Νικέλιο (Ni), το οποίο γίνεται αιτία να δημιουργείται μικρό μέγεθος κόκκου, οπότε προκύπτει μία ανθεκτική και ελαστική δομή.

Το Cr και το Ni, σε μεγάλες περιεκτικότητες, βελτιώνουν πολύ την ανθεκτικότητα του χάλυβα στην οξείδωση. Ο συνδυασμός Cr και Ni χρησιμοποιείται στους χάλυβες του τύπου **18/8** ή **18/10**, δηλαδή με  $\pi(\text{Cr})=18\%$  Cr και  $\pi(\text{Ni})=8-10\%$ . Συγχρόνως, αυτοί οι χάλυβες παρουσιάζουν μεγάλη μηχανική αντοχή και σκληρότητα.

Σημαντικό τεχνικό ενδιαφέρον παρουσιάζει ο χάλυβας με μεγάλη περιεκτικότητα Μαγγανίου (Mn). Το Mn δημιουργεί και αυτό καρβίδια όπως το χρώμιο. Όταν  $\pi(\text{Mn})=12-14\%$ , τότε ο χάλυβας διαθέτει μία πολύ σημαντική ιδιότητα: τη **μεγάλη**

<sup>2</sup> Η σκληρότητα αυξάνεται και με τη δημιουργία του καρβιδίου του σιδήρου ( $\text{Fe}_3\text{C}$ ), δηλαδή του σεμεντίτη, αλλά τότε αυξάνεται πολύ και η ευθραυστότητα.

**αντοχή στην κρούση.** Όσο πιο πολύ χτυπάμε αυτόν το χάλυβα, τόσο πιο σκληρός και ανθεκτικός γίνεται.

Εκτός από το Cr, το Ni και το Mn, υπάρχουν πολλά ακόμη χημικά στοιχεία που χρησιμοποιούνται ως προσμίξεις στους κραματούχους χάλυβες. Τα συνήθεστερα είναι:

- Από αυτές που σχηματίζουν καρβίδια: το μολυβδαίνιο (Mo) και το βανάδιο (V).
- Από αυτές που δε σχηματίζουν καρβίδια: το πυρίτιο (Si) και το κοβάλτιο (Co).

### 1-15. Η συγκόλληση των κραματούχων χάλυβων

Η συγκόλληση των ισχυρά κεκραμένων χάλυβων είναι δύσκολη και απαιτεί ιδιαίτερη προσοχή. Συνήθως η ΖΕΘ, μετά την ψύξη του μετάλλου, έχει κατώτερες μηχανικές ιδιότητες σε σχέση με την υπόλοιπη μάζα του μετάλλου.

Ο βαθμός δυσκολίας στη συγκόλληση των ελαφρά κεκραμένων χάλυβων εξαρτάται από την περιεκτικότητα των προσμίξεων. Προς τούτο, υπολογίζεται ο **ισοδύναμος άνθρακας  $C_i$** , από τον τύπο:

$$C_i = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Cu + Ni}{15}$$

Στην παραπάνω σχέση, ο συμβολισμός του κάθε στοιχείου υποδηλώνει την % περιεκτικότητα του στοιχείου. Για τις συνήθειες εφαρμογές, ισχύει:

**Αν  $C_i < 0,4\%$ , τότε η συγκόλληση δεν παρουσιάζει ιδιαίτερα προβλήματα και η αποκατάσταση των ιδιοτήτων της ΖΕΘ είναι σχεδόν πλήρης.**

Όταν ο ισοδύναμος άνθρακας εμφανίζει μεγαλύτερες τιμές, η συγκόλληση αρχίζει να γίνεται δυσχερής. Μέχρι και την τιμή  $0,6\%$ , η συγκόλληση μπορεί να θεωρείται σχετικά ασφαλής. Από εκεί και πέρα ενδέχεται να χρειάζονται ιδιαίτερες τεχνικές, ή, ακόμη, μπορεί και να μην υπάρχει ικανοποιητική τεχνική λύση. Ο κανόνας είναι:

**Αν  $C_i > 0,6\%$ , τότε η συγκόλληση θεωρείται ανασφαλής.**

**Σημείωση:** Για να θυμόμαστε τα παραπάνω ποσοστά, αρκεί να προσέξουμε ότι είναι κατά  $0,2\%$  μεγαλύτερα από τα αντίστοιχα ποσοστά των ανθρακούχων χάλυβων.

**Παράδειγμα:** Έχουμε έναν ελαφρά κεκραμένο χάλυβα με περιεκτικότητες C:  $0,15\%$ , Mn:  $0,3\%$ , Cr:  $0,5\%$  και Ni:  $1,2\%$ . Να εξεταστεί αν αυτός ο χάλυβας παρουσιάζει προβλήματα στην αποκατάσταση των ιδιοτήτων της ΖΕΘ.

**Απάντηση:** Από την εφαρμογή του τύπου έχουμε:

$$C_i = 0,15 + \frac{0,3}{6} + \frac{0,5}{5} + \frac{1,2}{15} = 0,38 < 0,4\%$$

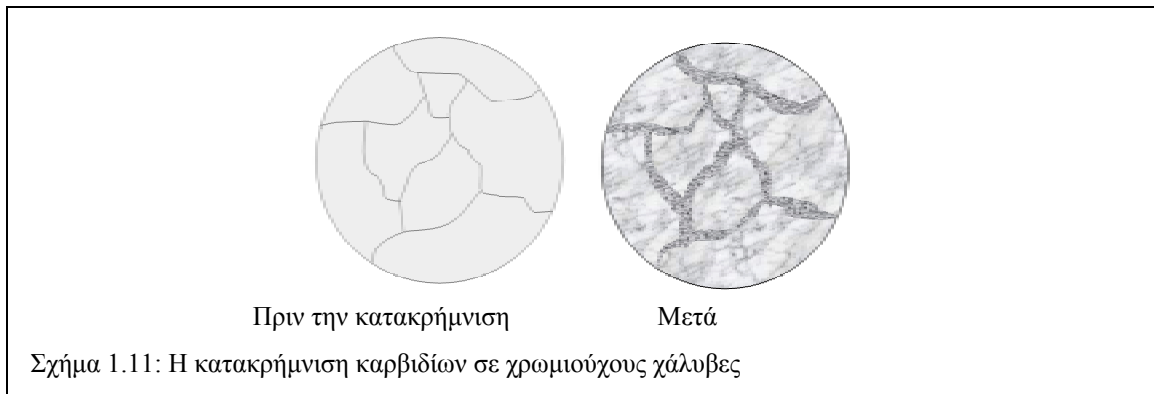
Άρα, η συγκόλληση αυτού του χάλυβα δεν παρουσιάζει προβλήματα.

Κατά τη συγκόλληση των κραματούχων χάλυβων, υπάρχει, επίσης, ο κίνδυνος της εμφάνισης του φαινομένου της γήρανσης, κατά τον ίδιο ακριβώς τρόπο που συμβαίνει και με τους ανθρακούχους χάλυβες.

Η συγκόλληση χαλύβων με **μεγάλη περιεκτικότητα σε Ni** παρουσιάζει τον κίνδυνο δημιουργίας **ρηγματώσεων**.

Η συγκόλληση των χαλύβων που περιέχουν **μεγάλες ποσότητες σε Cr** παρουσιάζει πολύ σοβαρά προβλήματα, εξ αιτίας του φαινομένου της **κατακρήμισης των καρβιδίων**. Όταν η θερμοκρασία του χάλυβα ανέλθει σημαντικά (περί τους 600°C), τότε το χρώμιο σχηματίζει καρβίδια που συγκεντρώνονται στα όρια των κόκκων, όπως φαίνεται στο σχήμα (1.11). Οι συνέπειες του φαινομένου είναι οι εξής:

- Μειώνεται η αντοχή στη ΖΕΘ και ο χάλυβας γίνεται εύθραυστος.
- Ο χάλυβας παύει να είναι ανοξειδωτός στη ΖΕΘ, επειδή αφαιρείται χρώμιο από τους κόκκους.



Το φαινόμενο της κατακρήμισης των καρβιδίων του χρωμίου περιορίζεται με την προσθήκη κυρίως Nb (νιόβιου) ή Ta (ταντάλιου), σε συνολικό ποσοστό που δεν υπερβαίνει το 0,5%. Οι ανοξειδωτοί χάλυβες που έχουν τέτοιες προσθήκες ονομάζονται **σταθεροποιημένοι**.

### 1-16. Οι χυτοσίδηροι

Η θεωρητικά μέγιστη δυνατή περιεκτικότητα του σιδήρου σε άνθρακα είναι 6,67%. Όμως δεν υπάρχει κανένα τεχνικό ενδιαφέρον, όταν  $\pi(C) > 4\%$ . Επίσης, τεχνικό ενδιαφέρον δεν υπάρχει, όταν  $\pi(C) = 2-3\%$ .

Όταν  $\pi(C) = 3-4\%$ , τότε έχουμε το **χυτοσίδηρο** ή **μαντέμι**. Το ενδιαφέρον που παρουσιάζει αυτή η περιοχή οφείλεται στις πολύ καλές χυτευτικές ιδιότητες του χυτοσιδήρου. Υπάρχουν δύο είδη χυτοσιδήρου:

- Ο **φαιός χυτοσίδηρος**, ο οποίος εμπεριέχει τον άνθρακα υπό μορφή **γραφίτη**. Είναι μαλακός και κατεργάζεται εύκολα. Χρησιμοποιείται πολύ για την κατασκευή του κυρίου σώματος μηχανημάτων. Παρουσιάζει μεγάλη ευθραυστότητα και εμφανίζει το φαινόμενο της δημιουργίας εγχοπών.
- Ο **λευκός χυτοσίδηρος**, που περιέχει τον άνθρακα υπό μορφή σεμεντίτη. Είναι εξαιρετικά σκληρός και η κατεργασία του πολύ δύσκολη. Χρησιμοποιείται, όταν απαιτείται μεγάλη αντοχή στην τριβή.

Από τους παραπάνω χυτοσιδήρους παράγονται οι εξής χυτοσίδηροι:

- Ο **μαλακτός χυτοσίδηρος**, που προέρχεται από κατάλληλη θερμική κατεργασία του **λευκού χυτοσιδήρου**, το αποτέλεσμα της οποίας είναι η διάσπαση

του σεμεντίτη και η δημιουργία γραφίτη. Προκύπτουν αντικείμενα μεγάλης αντοχής τα οποία όμως είναι δυνατόν να κατεργαστούν.

- Οι **χυτοσίδηροι σφαιροειδούς γραφίτη**, οι οποίοι δημιουργούνται από το φαιό χυτοσίδηρο. Δεν παρουσιάζουν τα προβλήματα των φαιών χυτοσιδήρων, δηλαδή δεν είναι εύθραυστοι και δεν αντιμετωπίζουν το πρόβλημα της δημιουργίας εγκοπών.

### 1-17. Η συγκόλληση των χυτοσιδήρων

**Ο λευκός χυτοσίδηρος δε μπορεί να συγκολληθεί.** Όσον αφορά τη δυνατότητα συγκόλλησης των άλλων χυτοσιδήρων, οι απόψεις δίστανται. Υπάρχουν πολλοί τεχνικοί οι οποίοι δηλώνουν ευθέως «*το μαντέμι, όταν σπάσει δεν κολλάει*».

Στην αγορά υπάρχουν υλικά συγκόλλησης του φαιού χυτοσιδήρου, του μαλακού και του χυτοσιδήρου σφαιροειδούς γραφίτη. Ο κανόνας όμως που πρέπει να γνωρίζουμε είναι:

**Η συγκόλληση του χυτοσιδήρου, ουδέποτε θεωρείται ασφαλής, ως προς τη μηχανική αντοχή της.**

Σε περιπτώσεις που δεν εφαρμόζονται ισχυρές δυνάμεις στο τεμάχιο, μπορεί να γίνει συγκόλληση, η οποία όμως χρειάζεται ιδιαίτερη προσοχή. Θα ήταν αδιανόητο όμως, αν δοκίμαζε κάποιος να κολλήσει, π.χ., το σώμα μιας σπασμένης πρέσας.

### 1-18. Μη σιδηρούχα κράματα

#### (α) Τα κράματα χαλκού (Cu)

Το ενδιαφέρον του χαλκού (Cu) στην κατασκευή των αμαξωμάτων είναι περιορισμένο. Χρησιμοποιείται καθαρός σχεδόν μόνο στην κατασκευή χαλκοσωλήνων. Τα πλέον χρησιμοποιούμενα κράματά του είναι ο μπρούντζος και ο ορείχαλκος.



Σχήμα 1.12: Η μορφή των κόκκων κράματος χαλκού, όπως φαίνονται σε μικροσκόπιο

Ο **μπρούντζος** είναι κράμα Cu και κασσίτερου (Sn) σε ποσοστό 5-20%. Στον μπρούντζο συναντάμε και άλλα μέταλλα, όπως τον ψευδάργυρο (Zn) και το μόλυβδο (Pb). Χρησιμοποιείται κυρίως στην κατασκευή αντιτριβικών εξαρτημάτων (π.χ. εδράνων) και στην κατασκευή χυτών αντικειμένων, καθ' όσον έχει πολύ καλές χυτευτικές ιδιότητες.

Ο **ορείχαλκος** είναι κράμα Cu και Zn σε ποσοστό 20-50%. Παρουσιάζει καλή μηχανική αντοχή και χρησιμοποιείται για άξονες, σύρματα κτλ.

## (β) Τα κράματα του αλουμινίου (Al)

Το τεχνικό ενδιαφέρον του αλουμινίου (Al) είναι ακόμη σχετικά περιορισμένο στο χώρο της αυτοκινητοβιομηχανίας, αλλά αναμένεται ότι θα αυξηθεί, επειδή η κατασκευή ελαφρών αμαξωμάτων οδηγεί στη χρήση του αλουμινίου. Επίσης, παρουσιάζει πολύ μεγαλύτερη αντοχή στη διάβρωση.

Αν και η μηχανική αντοχή του καθαρού αλουμινίου είναι σχετικά μικρή, η αντοχή των κραμάτων του είναι μεγάλη και μπορεί, ακόμη, και να υπερβαίνει την αντοχή των ανθρακούχων χαλύβων. Η μεγάλη αντοχή των κραμάτων του, σε συνδυασμό με το μικρό τους βάρος, είναι η αιτία που τα ελάσματα αλουμινίου εκτοπίζουν συνεχώς τα χαλυβδοελάσματα, ιδίως στα μικρά πάχη. Υπάρχουν και κράματα με άριστες χυτευτικές ιδιότητες και το σώμα των περισσότερων κινητήρων των αυτοκινήτων είναι από κατάλληλο κράμα αλουμινίου.

Το μειονέκτημα του αλουμινίου και των κραμάτων του είναι, κυρίως, στη συγκόλλησή του. Η συγκόλληση του αλουμινίου είναι σχετικά εύκολη, όταν γίνεται σε βιομηχανική παραγωγή και είναι ακόμη ευκολότερη, όταν χρησιμοποιούνται αυτόματες μηχανές. Αλλά είναι πιο δύσκολη, όταν πρόκειται να γίνουν επισκευές ή μετατροπές σε ένα μικρό συνεργείο. **Η συγκόλληση του αλουμινίου απαιτεί πολύ μεγαλύτερη τεχνογνωσία από αυτήν που απαιτείται για τη συγκόλληση του χάλυβα.**

Οι κυριότερες προσμίξεις στα κράματα αλουμινίου είναι το πυρίτιο, το μαγνήσιο και ο ψευδάργυρος. Οι θερμοκρασίες τήξης τους είναι στην περιοχή 530-650°C και το ειδικό τους βάρος, συνήθως, 2,7-2,9 g/cm<sup>3</sup>. Είναι πολύ ελαφρύτερα από τους χάλυβες (ειδικό βάρος περίπου 7,8 g/cm<sup>3</sup>).

### 1-19. Οι ονομασίες και η τυποποίηση των χαλύβων

Υπάρχουν διάφορα συστήματα τυποποίησης, αλλά εδώ θα αναφερθούμε στο επικρατέστερο. Όλοι οι κατάλογοι χαλύβων αναφέρουν και την ονομασία με το σύστημα τυποποίησης που αναπτύσσεται στη συνέχεια.

#### (α) Οι ανθρακούχοι χάλυβες

Οι ανθρακούχοι χάλυβες χαρακτηρίζονται με τα γράμματα **St** και ακολουθεί ένας διψήφιος αριθμός ο οποίος, όταν πολλαπλασιαστεί με το 10, υποδηλώνει την αντοχή του χάλυβα σε MPa<sup>3</sup>. Π.χ. ο συμβολισμός **St42**, υποδηλώνει ανθρακούχο χάλυβα με ελάχιστο όριο θραύσης 420 MPa.

Συχνά, τον παραπάνω συμβολισμό ακολουθεί ένας αριθμός που υποδηλώνει την ποιότητα, ανάλογα με το ποσοστό των ακαθαρσιών (ιδίως S και P). Υπάρχουν τρεις ποιότητες από 1 (η κατώτερη) μέχρι 3. Συνήθως η ποιότητα 1 δεν αναγράφεται. Χάλυβας St42, ποιότητας 2 συμβολίζεται ως St42-2 και η συγκόλλησή του είναι ασφαλέστερη σε σχέση με την ποιότητα 1, που συμβολίζεται ως St42 ή St42-1.

Ο συμβολισμός St δε δίνει την π(C). Υπάρχει όμως και ένας άλλος συμβολισμός που αρχίζει από C. Ονομασία χάλυβα του τύπου C40, υποδηλώνει π(C)=0,40%. Όταν έχει μειωμένη περιεκτικότητα σε S και P, συμβολίζεται ως CK, π.χ. CK40.

<sup>3</sup> Το 1 MPa = 1 N/mm<sup>2</sup>. Όταν λέμε ότι το όριο θραύσης είναι 420 MPa, αυτό σημαίνει ότι ένα σύρμα διατομής 1 mm<sup>2</sup> θα σπάσει, αν το τραβήξουμε με δύναμη 420 N. Ο St42 αντέχει τουλάχιστον 420 N.

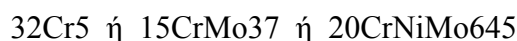


Ο πιο συνηθισμένος συμβολισμός είναι ο St. Στην περίπτωση αυτή, είναι βασικό για τη συγκόλληση να γνωρίζουμε την  $\pi(C)$ , η οποία δίδεται στον πίνακα (1-1).

Πίνακας 1-1: Περιεκτικότητες σε άνθρακα των πλέον συνηθισμένων τύπων ανθρακούχων χάλυβων με συμβολισμό St.		
$\pi(C) < 0,2\%$	$0,2\% < \pi(C) < 0,4\%$	$\pi(C) > 0,4\%$
St33-1, St33-2 St34-1, St34-2 St37-1, St37-2, St37-3 St46-2, St46-3 St52-3	St42-1, St42-2, St42-3 St46-1 St52-1, St52-2 St60-1, St60-2	Όλοι οι χάλυβες άνω του St-60.

### (β) Ελαφρά κεκραμένοι χάλυβες

Η κύρια πρόσμιξή τους είναι **κάτω του 5%**. Η ονομασία τους είναι της μορφής:



Στους παραπάνω συμβολισμούς τα δύο πρώτα ψηφία σημαίνουν την περιεκτικότητα σε άνθρακα %. Π.χ. στον πρώτο  $\pi(C)=0,32\%$ . Μετά ακολουθούν τα χημικά σύμβολα των προσμίξεων και, τέλος, οι αριθμοί που δείχνουν την % περιεκτικότητα του κάθε στοιχείου, όταν διαιρεθούν με:

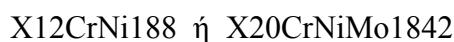
- Το 4 για Cr, Ni, Mn, Si, Co, W
- Το 100 για κάθε άλλη πρόσμιξη

Έτσι έχουμε:

- Στο χάλυβα 32Cr5:  $\pi(Cr)=5/4=1,25\%$  και  $\pi(C)=0,32\%$ .
- Στο 15CrMo37:  $\pi(Cr)=3/4=0,75\%$ ,  $\pi(Mo)=7/100=0,07\%$  και  $\pi(C)=0,15\%$ .
- Στο 20CrNiMo645:  $\pi(Cr)=6/4=1,5\%$ ,  $\pi(Ni)=4/4=1\%$ ,  $\pi(Mo)=5/100=0,05\%$  και  $\pi(C)=0,20\%$ .

### (γ) Ισχυρά κεκραμένοι χάλυβες

Η κύρια πρόσμιξή τους είναι **άνω του 5%**. Στην ονομασία τους προηγείται ο αριθμός X και είναι της μορφής:



Η περιεκτικότητα του άνθρακα είναι όπως και στους μη κεκραμένους χάλυβες. Οι περιεκτικότητες των άλλων στοιχείων είναι όπως οι αριθμοί χωρίς διαίρεση. Έτσι έχουμε:

- Στο X12CrNi188,  $\pi(C)=0,12\%$ ,  $\pi(Cr)=18\%$ ,  $\pi(Ni)=8\%$ .
- Στο X20CrNiMo1842,  $\pi(C)=0,2\%$ ,  $\pi(Cr)=18\%$ ,  $\pi(Ni)=4\%$ ,  $\pi(Mo)=2\%$ .

Όταν σε ισχυρά κεκραμένους χάλυβες έχουμε και κάποια προσθήκη με πολύ μικρή περιεκτικότητα (κάτω του 1%), δεν αναγράφεται γι' αυτήν αριθμός. Π.χ. αν είχαμε το συμβολισμό X10CrAl7, σημαίνει ότι έχουμε  $\pi(C)=0,1\%$ ,  $\pi(Cr)=7\%$  και ίσχυη Al (κάτω του 1%).

## 1-20. Οι ονομασίες των κραμάτων αλουμινίου και χαλκού

### (α) Κράματα χαλκού

Τα κράματα χαλκού συμβολίζονται με έναν τριψήφιο αριθμό, π.χ. «127», «211». Ο πρώτος αριθμός δείχνει το είδος του κράματος και οι δύο επόμενοι καθορίζουν τις άλλες ιδιότητες. Για να βρούμε τις ιδιότητες από τους δύο επόμενους αριθμούς, πρέπει να ανατρέξουμε σε σχετικούς πίνακες. Έτσι, ανάλογα με το είδος του κράματος, έχουμε την ονομασία που αναφέρεται στον πίνακα (1-2).

Πίνακας 1-2: Η σημασία του πρώτου αριθμού στο τριψήφιο σύστημα συμβολισμού των κραμάτων του χαλκού.	
Συμβολισμός	Περιγραφή
1xx	Χαλκοί χωρίς προσμίξεις
2xx	Ορείχαλκοι (Cu+Zn)
3xx	Ορείχαλκοι μολύβδου (Cu+Zn+Pb)
4xx	Ορείχαλκοι κασσίτερου (Cu+Zn+Pb)
5xx	Μπρούντζοι φωσφόρου (Cu+Sn+P)
6xx	Διάφορα κράματα χαλκού (με Al ή Si ή Zn)
7xx	Κράματα χαλκού - νικελίου
8xx	Διάφοροι άλλοι μπρούντζοι και ορείχαλκοι
9xx	Διάφοροι άλλοι μπρούντζοι και κράματα Cu-Ni

### (β) Κράματα αλουμινίου

Τα κράματα αλουμινίου συμβολίζονται με ένα τετραψήφιο αριθμό, π.χ. «1060», «6061». Ο πρώτος αριθμός δείχνει τη βασική πρόσμιξη του κράματος, όπως φαίνεται στον πίνακα (1-3). Οι τρεις επόμενοι καθορίζουν τις άλλες ιδιότητες τις οποίες, για να βρούμε πρέπει να ανατρέξουμε σε πίνακες.

Πίνακας 1-3: Η σημασία του πρώτου αριθμού στο τετραψήφιο σύστημα συμβολισμού των κραμάτων του αλουμινίου.	
Συμβολισμός	Περιγραφή της κύριας πρόσμιξης
1xxx	Σχεδόν καθαρό αλουμίνιο (άνω του 99%)
2xxx	Κράματα αλουμινίου-χαλκού (Al+Cu)
3xxx	Κράματα αλουμινίου-μαγγανίου (Al+Mn)
4xxx	Κράματα αλουμινίου-πυριτίου (Al+Si)
5xxx	Κράματα αλουμινίου-μαγνησίου (Al+Mg)
6xxx	Κράματα αλουμινίου-μαγνησίου-πυριτίου (Al+Mg+Si)
7xxx	Κράματα αλουμινίου-ψευδαργύρου (Al+Zn)
8xxx	Άλλα στοιχεία

Τα κράματα αλουμινίου που προορίζονται για χύτευση συμβολίζονται με μία τελεία πριν από το τελευταίο ψηφίο, π.χ. 1xx.x.

Τα κράματα των σειρών 2xxx και 7xxx δεν είναι συγκολλησιμα (πλην ελαχίστων εξαιρέσεων). Εύκολη είναι η συγκόλληση των κραμάτων 1xxx και 6xxx. Τα κράματα της σειράς 6xxx επιδέχονται θερμικές κατεργασίες όπως οι χάλυβες.

## ΠΕΡΙΛΗΨΗ-ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ

- Τα μέταλλα αποτελούνται από μικροσκοπικούς κόκκους. Όσο μικρότεροι είναι οι κόκκοι, τόσο μεγαλύτερη είναι η μηχανική αντοχή και η ελαστικότητα.
- Η συγκόλληση μεταβάλλει τις ιδιότητες του μετάλλου σε μία περιοχή που ονομάζεται **Ζώνη Επηρεαζόμενη Θερμικά** και συμβολίζεται ως **ΖΕΘ**.
- Υπάρχουν δύο είδη χαλύβων: Οι **ανθρακούχοι** που περιέχουν πρόσμιξη σχεδόν μόνο άνθρακα και οι **κραματούχοι** που περιέχουν και άλλα στοιχεία, κυρίως Cr, Ni, Si και Mn.
- Οι ανθρακούχοι χάλυβες με  $\pi(C) \leq 0,2\%$  είναι το σημαντικότερο υλικό στην τεχνολογία των συγκολλήσεων. Μετά τη συγκόλληση ανακτούν στη ΖΕΘ τις αρχικές τους ιδιότητες.
- Στους χάλυβες υπάρχουν ανεπιθύμητες προσμίξεις που ονομάζονται ακαθαρσίες. Οι κυριότερες ακαθαρσίες είναι τα στοιχεία S, P, O, N και H.
- Οι ανθρακούχοι χάλυβες αποτελούνται από κόκκους **φερρίτη**, που έχει μαγνητικές ιδιότητες, και από κόκκους **περλίτη**, που είναι συνδυασμός σεμεντίτη ( $Fe_3C$ ) και φερρίτη.
- Η ΖΕΘ στους ανθρακούχους χάλυβες εκτείνεται στην περιοχή 700-1530°C, όπου ο φερρίτης μετατρέπεται σε **ωστενίτη**, ο οποίος δεν έχει μαγνητικές ιδιότητες.
- Οι κραματούχοι χάλυβες διακρίνονται στους ελαφρά κεκραμένους, όταν η κυρία πρόσμιξη είναι  $< 5\%$ , και στους ισχυρά κεκραμένους, όταν είναι  $> 5\%$ .
- Οι ανοξείδωτοι χάλυβες Cr-Ni, του τύπου 18/8 ή 18/10, διατηρούν την ωστενιτική δομή στη θερμοκρασία περιβάλλοντος και γι' αυτό δεν έλκονται από μαγνήτες.
- Οι προσμίξεις διακρίνονται σε αυτές που δημιουργούν καρβίδια, όπως είναι το Cr και σε αυτές που δε δημιουργούν καρβίδια, όπως το Ni. Οι πρώτες προσδίδουν κυρίως σκληρότητα και οι δεύτερες αντοχή και ελαστικότητα.
- Η συγκόλληση των χαλύβων παρουσιάζει τα προβλήματα της **δημιουργίας φυσαλίδων** και της **γήρανσης**.
- Η συγκόλληση των **νικελιούχων** χαλύβων παρουσιάζει, επιπλέον, το πρόβλημα της **ρηγμάτωσης**.
- Η συγκόλληση των **χρωμιούχων** χαλύβων παρουσιάζει, επιπλέον, το πρόβλημα της **κατακρήμνισης των καρβιδίων του χρωμίου**. Περιορίζεται με την προσθήκη Nb ή Ta (Νιόβιο, Ταντάλιο).
- Ο χυτοσίδηρος έχει  $\pi(C) = 3-4\%$ . Διακρίνουμε τους χυτοσιδήρους σε φαιούς, λευκούς, μαλακτούς και σφαιροποιημένου γραφίτη.
- Ο λευκός χυτοσίδηρος δε μπορεί να συγκολληθεί. Η συγκόλληση των υπολοίπων είναι εφικτή, αλλά είναι δύσκολη και δε μπορεί ποτέ να θεωρείται σίγουρη.
- Οι ανθρακούχοι χάλυβες έχουν τυποποιηθεί ανάλογα με την αντοχή τους και οι κεκραμένοι ανάλογα με τη χημική τους σύσταση.
- Τα κράματα χαλκού έχουν τυποποιηθεί με ένα τριψήφιο κωδικό αριθμό.
- Τα κράματα του αλουμινίου έχουν τυποποιηθεί με ένα τετραψήφιο αριθμό.

**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΕΠΑΝΑΛΗΨΗΣ ΤΗΣ ΘΕΩΡΙΑΣ**

1. Πώς είναι διαμορφωμένη η δομή των μετάλλων σε κρυστάλλους και κόκκους και πού οφείλεται αυτή η δομή;
2. Τι ονομάζεται Ζώνη Επηρεαζόμενη Θερμικά (ΖΕΘ) κατά τη συγκόλληση;
3. Τι είναι αυτό που προκαλεί τη μείωση της αντοχής των προς συγκόλληση τεμαχίων στη ΖΕΘ;
4. Ποια είναι η σημασία των προσμίξεων στις μηχανικές ιδιότητες των μετάλλων;
5. Ποιοι χάλυβες ονομάζονται ανθρακούχοι και ποιοι κραματούχοι;
6. Ποιο υλικό χαρακτηρίζεται ως «σίδηρος»; Τι ισχύει στην πράξη για το χαρακτηρισμό αυτό;
7. Πότε η συγκόλληση των ανθρακούχων χαλύβων θεωρείται ασφαλής, πότε εν μέρει ασφαλής και πότε ανασφαλής;
8. Πού οφείλεται η δημιουργία φυσαλίδων στη ΖΕΘ κατά τη συγκόλληση και πώς αντιμετωπίζεται το πρόβλημα;
9. Τι είναι οι καθησυχασμένοι χάλυβες και σε ποιες κατηγορίες τους διακρίνουμε;
10. Τι είναι η γήρανση των ανθρακούχων χαλύβων και πώς αντιμετωπίζεται το πρόβλημα;
11. Ποιες είναι οι δύο κύριες κατηγορίες των κραματούχων χαλύβων και πώς διαχωρίζονται μεταξύ τους;
12. Ποια είναι τα δύο είδη των προσμίξεων των κραματούχων χαλύβων και ποιες οι ιδιότητές τους;
13. Τι είναι η κατακρήμνιση των καρβιδίων του χρωμίου και πώς αυτή περιορίζεται;
14. Ποια είναι τα βασικά είδη των χυτοσιδήρων;
15. Είναι δυνατή η συγκόλληση των χυτοσιδήρων και πότε;
16. Ποια είναι τα βασικά κράματα του χαλκού και ποιες οι κυριότερες προσμίξεις τους;
17. Ποια είναι τα πλεονεκτήματα και ποια τα μειονεκτήματα του αλουμινίου σε σχέση με το σίδηρο;
18. Με ποιους τρόπους έχουν τυποποιηθεί οι ανθρακούχοι χάλυβες; Αναπτύξτε τους με συντομία.
19. Πώς έχουν τυποποιηθεί οι κραματούχοι χάλυβες;
20. Αποφανθείτε για τη συγκολλησιμότητα των εξής χαλύβων: (α) 32Cr5, (β) 15CrMo37, (γ) 20CrNiMo645.
21. Πώς συμβολίζονται τα κράματα του χαλκού;
22. Πώς συμβολίζονται τα κράματα του αλουμινίου;
23. Είναι δυνατή η συγκόλληση των κραμάτων αλουμινίου και πότε;

**ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΡΙΣΕΩΣ**

1. Ένα υλικό παρουσιάζει μεταλλική λάμψη και καλή θερμική και ηλεκτρική αγωγιμότητα. Είναι μέταλλο;
2. Είναι σωστό να ρίχνει ο ηλεκτροσυγκολλητής το τεμάχιο, που μόλις συγκόλλησε, σε νερό, για να κρυώσει;
3. Είναι όλες οι προσμίξεις επωφελείς για τις ιδιότητες του μετάλλου;
4. Είναι σωστός ο χαρακτηρισμός «σίδηρο» κατά τον τρόπο που χρησιμοποιείται στην πράξη;
5. Σας λένε ότι ένα τεμάχιο χάλυβα είναι ανοξειδωτο 18/8. Πώς θα διαπιστώσετε αν σας λένε την αλήθεια;
6. Χρειάζεστε ένα κράμα με μεγάλη αντοχή σε κρούσεις. Τι θα πρέπει να προσέξετε στη χημική του σύσταση;
7. Πώς αποφαίνεστε αν ένας ανθρακούχος χάλυβας ή ένας ελαφρά κεκραμένος χάλυβας είναι κατάλληλος για ηλεκτροσυγκόλληση;
8. Ποια είναι η γνώμη σας όσον αφορά τη συγκολλησιμότητα των ισχυρά κεκραμένων χαλύβων; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.
9. Σας έσπασε στο συνεργείο σας ο μαντεμένιος σκελετός ενός μεγάλου και ακριβού δραπάνου. Σας πλησιάζουν κάποιοι τεχνίτες που σας δηλώνουν ότι αναλαμβάνουν να το συγκολλήσουν με εγγύηση. Τι πρέπει να κάνετε;
10. Ποια ονομασία των ανθρακούχων χαλύβων είναι προτιμότερη για κάποιον που ασχολείται με τις συγκολλήσεις;

## ΟΜΑΔΙΚΕΣ ΕΡΓΑΣΙΕΣ

### Εργασία 1.1

#### Επίσκεψη σε χυτήριο μετάλλων

Θα γίνει επίσκεψη σε χυτήριο μετάλλων και θα συνταχθεί τεχνική έκθεση. Επίσης, θα συγκεντρωθούν δείγματα από διάφορα χυτά μέταλλα που θα καρφωθούν ή θα κολληθούν πάνω σε ξύλινη πινακίδα. Κάτω από το καθένα θα κολληθεί ετικέτα που θα αναφέρει το είδος του μετάλλου, τη σύστασή του κτλ. Τέλος, θα εμπλουτιστεί το εργαστήριο με δείγματα μετάλλων που θα προσκομίσουν οι μαθητές.

### Εργασία 1.2

#### Επίσκεψη σε ελασματοουργείο παραγωγής λαμαρινών

Θα γίνει επίσκεψη σε εργοστάσιο που παράγονται λαμαρίνες από πρώτη ύλη που έρχεται από το χυτήριο. Η διαμόρφωση γίνεται σε μηχανήματα που ονομάζονται έλαστρα. Οι παραγόμενες λαμαρίνες μπορεί να είναι σιδήρου ή αλουμινίου. Θα συνταχθεί τεχνική έκθεση που θα περιγράφει την όλη παραγωγική διαδικασία και θα προσκομιστούν δείγματα λαμαρινών σε διάφορα πάχη.

### Εργασία 1.3

#### Επίσκεψη σε χώρο που παράγονται προφίλ μορφοσιδήρου ή αλουμινίου

Θα γίνει επίσκεψη σε εργοστάσιο παραγωγής προφίλ, είτε από αλουμίνιο είτε από μορφοσίδηρο. Η παραγωγή γίνεται με τα εξτρουόντερς (extruders). Θα συνταχθεί τεχνική έκθεση που θα περιγράφει όλη την παραγωγική διαδικασία και θα προσκομιστούν δείγματα προφίλ σε διάφορα μεγέθη και είδη.

### Εργασία 1.4

#### Επίσκεψη σε εμπορική επιχείρηση – αποθήκη μετάλλων ημιτελών προϊόντων

Κατά την επίσκεψη θα συγκεντρωθούν προσπέκτους και φωτογραφίες και θα γίνει συλλογή τεμαχίων διαφόρων υλικών, καθώς και ο χαρακτηρισμός τους ως προς τη σύσταση και τη συγκολλησιμότητα τους.

## ΕΡΓΑΣΤΗΡΙΑΚΕΣ ΔΡΑΣΤΗΡΙΟΤΗΤΕΣ

### Άσκηση 1-1

#### Αναγνώριση διαφόρων μετάλλων και χρήση των καταλόγων

##### Επιδιωκόμενοι στόχοι

- Να αναγνωρίζουν οι μαθητές τα είδη των μετάλλων.
- Να χρησιμοποιούν τους καταλόγους των μετάλλων, για να βρίσκουν από αυτούς τις βασικές ιδιότητες των μετάλλων και, ιδίως, κατά πόσο αυτά είναι εύκολο να συκολληθούν.

#### 1. Απαιτούμενος εξοπλισμός

Το εργαστήριο θα πρέπει να διαθέτει τον παρακάτω εξοπλισμό:

- Τεμάχια καθαρού χαλκού, ορείχαλκου και μπρούντζου
- Τεμάχια καθαρού αλουμινίου και διαφόρων κραμάτων του αλουμινίου
- Τεμάχια ανθρακούχων χαλύβων
- Ένα τεμάχιο γαλβανισμένου χάλυβα
- Τεμάχια κραματούχων χαλύβων διαφόρων ειδών μεταξύ των οποίων και χάλυβες του τύπου 18/8 ή 18/10
- Τεμάχια χυτοσιδήρων, τουλάχιστον φαιού και λευκού. Είναι επιθυμητό να είναι σπασμένα, για να φαίνεται η χαρακτηριστική μορφή στην επιφάνεια θραύσης.
- Τουλάχιστον ένα μαγνήτη
- Κατάλογο χαλύβων
- Κατάλογο αλουμινίων
- Επιθυμητό, αλλά όχι αναγκαίο, είναι να υπάρχει κατάλογος κραμάτων χαλκού.

Όλα τα τεμάχια μετάλλου θα είναι αριθμημένα από το 1 μέχρι ..., προκειμένου να μπορέσουν να συμπληρώσουν οι μαθητές το φύλλο της άσκησης.

#### 2. Διαδικασία της άσκησης της αναγνώρισης των μετάλλων

1. Σε πρώτη φάση επιδεικνύονται στους μαθητές τα μεταλλικά τεμάχια και **αναγνωρίζεται** το είδος του μετάλλου του κάθε τεμαχίου. Τα τεμάχια περιφέρονται από μαθητή σε μαθητή και μετά επιστρέφονται στην έδρα.
2. Ο κάθε μαθητής παίρνει ένα φωτοαντίγραφο του φύλλου της άσκησης, που είναι ανάλογο με το υπόδειγμα άσκησης 1/1. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί και το ίδιο το υπόδειγμα, αν ικανοποιεί τον εξοπλισμό του εργαστηρίου.
3. Τα τεμάχια περιφέρονται στους μαθητές ένα-ένα, έτσι ώστε να περάσουν όλα από όλους τους μαθητές. Ο κάθε μαθητής **αναγνωρίζει** τα τεμάχια και συμπληρώνει το φύλλο της άσκησης. Μετά, τα φύλλα μαζεύονται, διορθώνονται και, αν απαιτείται, επαναλαμβάνεται η άσκηση.

### 3. Διαδικασία της άσκησης μελέτης των καταλόγων

1. Επιδεικνύονται στους μαθητές οι κατάλογοι υλικών που διαθέτει το εργαστήριο. Η προσοχή επικεντρώνεται στο πώς μελετούνται οι εν λόγω κατάλογοι, πώς αναφέρεται η αντοχή του μετάλλου και τι προσέχουμε στη χημική σύστασή τους που έχει σχέση με τη συγκόλληση.
2. Στη συνέχεια, υπενθυμίζονται τα προβλήματα που μπορεί να αντιμετωπιστούν κατά τη συγκόλληση των μετάλλων, με βάση τη χημική ανάλυση που αναφέρεται.
3. Μετά μοιράζει στους μαθητές φωτοτυπία του φύλλου 2 της άσκησης και δύο φωτοτυπίες από δύο είδη χάλυβα, από τους καταλόγους που διαθέτει το εργαστήριο. Η μία φωτοτυπία θα αφορά ανθρακούχο χάλυβα και η άλλη ελαφρά κεκραμένο χάλυβα.
4. Οι μαθητές θα συμπληρώσουν τα στοιχεία που τους χρειάζονται, από τον κατάλογο και στο τέλος θα αποφανθούν για τη συγκολλησιμότητα του χάλυβα. Επίσης, θα αποφανθούν κατά πόσο αντιμετωπίζει ο χάλυβας στη ΖΕΘ φαινόμενα, όπως ο σχηματισμός φυσαλίδων, η γήρανση, η κατακρήμνιση του χρωμίου, αν υπάρχουν ακαθαρσίες που καθιστούν ευπαθή τη συγκόλληση κτλ.
5. Τέλος, θα αποφανθούν αν πρόκειται για χάλυβα του οποίου η συγκόλληση δημιουργεί εμπιστοσύνη ως προς την ποιότητά της.



**ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1****Υπόδειγμα άσκησης 1/1**

Συμπληρώστε τον παρακάτω πίνακα με βάση τα αριθμημένα τεμάχια μετάλλων που έχετε στη διάθεσή σας. Στη δεξιά στήλη θα γράψετε το αντίστοιχο γράμμα, ως εξής:

A : Ανθρακούχος χάλυβας	B : Ελαφρά κεκραμένος χάλυβας
Γ : Ισχυρά κεκραμένος χάλυβας	Δ : Ανοξειδωτος χάλυβας
E : Φαίος χυτοσίδηρος	Z : Λευκός χυτοσίδηρος
H : Χαλκός	Θ : Μπρούντζος
I : Ορείχαλκος	K : Καθαρό αλουμίνιο
Λ : Κράμα αλουμινίου	M : Γαλβανισμένος χάλυβας
N :	E :
O :	Π :

Σε μερικές περιπτώσεις δε μπορεί να γίνει σίγουρη αναγνώριση. Θα γράψετε, στην περίπτωση αυτή, όλα τα γράμματα που πιθανόν να αντιστοιχούν. Π.χ. αν πρόκειται για ανθρακούχο ή ελαφρά κεκραμένο χάλυβα, μπορείτε να συμπληρώσετε στη δεξιά στήλη A ή B.

<b>A/A μεταλλικού τεμαχίου</b>	<b>Είδος μετάλλου</b>
1	
2	
3	
4	
5	
6	
7	
8	
9	
10	
11	
12	
13	
14	
15	
16	
17	
18	
19	
20	
21	
22	

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1	Υπόδειγμα άσκησης 1/2	
Μελετήστε το φύλλο του καταλόγου και συμπληρώστε τα παρακάτω στοιχεία		
(1) Αντοχή του χάλυβα σε θραύση ( $N/mm^2$ ):		
(2) Χρήσιμες προσμίξεις για τις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα και τα ποσοστά τους:		
(3) Ακαθαρσίες και τα ποσοστά τους:		
(4) Προσμίξεις που δυσχεραίνουν την καλή ποιότητα της συγκόλλησης και τα ποσοστά τους, ανεξάρτητα από το ρόλο που έχουν στις μηχανικές ιδιότητες του χάλυβα:		
(5) Υπάρχει κίνδυνος δημιουργίας φουσαλίδων;	ΝΑΙ-ΟΧΙ	
(6) Υπάρχει κίνδυνος γήρανσης;	ΝΑΙ-ΟΧΙ	
(7) Υπάρχει κίνδυνος ρηγμάτωσης λόγω Νικελίου;	ΝΑΙ-ΟΧΙ	
(8) Υπάρχει κίνδυνος κατακρήμνισης καρβιδίων του χρωμίου;	ΝΑΙ-ΟΧΙ	
(9) Υπάρχουν ακαθαρσίες που μπορούν, λόγω της περιεκτικότητάς τους, να δημιουργήσουν άλλα προβλήματα; Αν ναι, να τις αναφέρετε καθώς και τα αντίστοιχα ποσοστά τους:		
(10) Πώς κρίνετε τη συγκόλληση όσον αφορά την αποκατάσταση των ιδιοτήτων της ΖΕΘ και με βάση ποιο στοιχείο καταλήγετε σ' αυτό το συμπέρασμα; Αν χρειάζεται, χρησιμοποιήστε τον κατάλληλο τύπο.		
ΑΣΦΑΛΗΣ	ΣΧΕΤΙΚΑ ΑΣΦΑΛΗΣ	ΑΝΑΣΦΑΛΗΣ
(11) Συνοψίζοντας όλα τα παραπάνω, πώς χαρακτηρίζετε το χάλυβα από την άποψη της συγκολλησιμότητάς του; Αιτιολογήστε την απάντησή σας.		