

ΧΑΛΥΒΑΣ

ΧΑΛΥΒΑΣ – κράμα σιδήρου & άνθρακα (με πρόσμιξη άλλων στοιχείων)

Beijing National Stadium

- 333μ από βορρά προς νότο
- 294μ από Ανατολή προς Δύση
- ύψος 69,2μ

26km of unwrapped steel



ΣΙΔΗΡΟΣ - ΙΣΤΟΡΙΑ

- Ο σίδηρος ήταν γνωστός πριν από το 3000 π.Χ.
- Η εξόρυξη σιδήρου από μεταλλεύματα φαίνεται να ξεκίνησε στην Εγγύς Ανατολή (Ανατολία & Περσία) γύρω στο 2000 π.Χ.
- Τήξη μεταλλευμάτων σιδήρου - 1000 π.Χ. (Εποχή του Σιδήρου)
- Εξαπλώθηκε στην Ευρώπη μέχρι το 750 π.Χ.

Χημικό στοιχείο σιδήρου με σύμβολο Fe (latin ferrum)

Ατομικός αριθμός 26

Ο καθαρός σίδηρος είναι μαλακός

Το υλικό σκληραίνει και ενισχύεται σημαντικά από

Αφαίρεση ακαθαρσιών. Ο χάλυβας έχει επίσης σταθερή συγκέντρωση άνθρακα

Ένα ορισμένο ποσοστό άνθρακα (μεταξύ 0,2% και 2,1%) παράγει χάλυβα που μπορεί να είναι έως και 1000 φορές σκληρότερος από τον καθαρό σίδηρο

Παραγωγή χάλυβα - Μείωση άνθρακα/προσθήκη άλλων στοιχείων

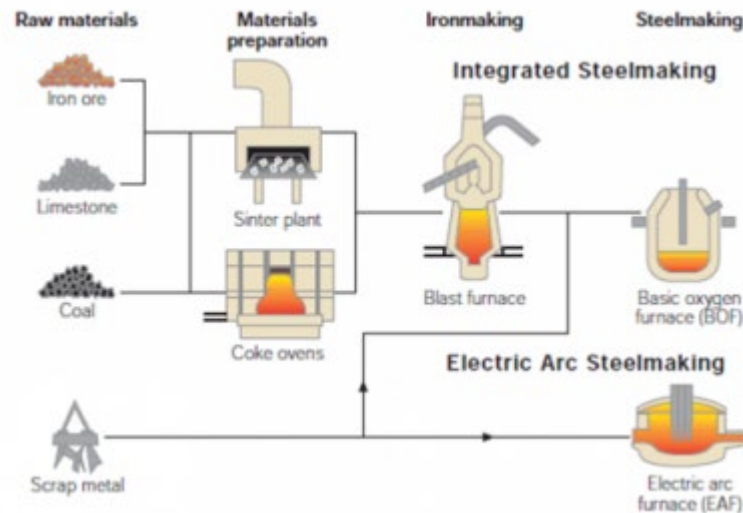
Διαδικασία Bessemer – Η πρώτη φθηνή μέθοδος στα μέσα του 19ου αιώνα, ο χάλυβας ένα φθηνό υλικό μαζικής παραγωγής. Αυτό δεν χρησιμοποιείται πλέον

Ηλεκτρικού τόξου

Ο χάλυβας είναι κατασκευασμένος από θραύσματα χάλυβα

Βασική παραγωγή χάλυβα οξυγόνου (BOS)

Ο χάλυβας κατασκευάζεται από πρώτες ύλες σιδηρομετάλλευμα, ασβεστόλιθος και άνθρακας.



Το καθαρό οξυγόνο διοχετεύεται σε ένα λουτρό λιωμένου σιδήρου υψικάμινου και σκραπ. Το οξυγόνο ξεκινά μια σειρά από έντονα εξώθερμες αντιδράσεις (απελευθέρωσης θερμότητας), συμπεριλαμβανομένης της οξείδωσης ακαθαρσιών όπως ο άνθρακας, το πυρίτιο, ο φώσφορος και το μαγγάνιο.

<https://econ243.academic.wlu.edu/2016/03/07/bof-and-eaf-steels-what-are-the-differences/>

Το μεγαλύτερο μέρος του δομικού χάλυβα κατασκευάζεται σε ολοκληρωμένα εργοστάσια χάλυβα χρησιμοποιώντας τη διαδικασία BOS

ΒΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΑΛΥΒΑ

Τήξη - οι πρώτες ύλες φορτίζονται σε υψικάμινο, όπου αντλείται ζεστός αέρας για να λιώσει ο σίδηρος στο ψύχεται και στερεοποιείται ονομάζεται χυτοσίδηρος



<http://www.sarkuysan.com>

Διύλιση - Οι ακαθαρσίες μειώνονται περαιτέρω σε έναν κλίβανο βασικού οξυγόνου

<http://www.sarkuysan.com>



Χύτευση - Ο υγρός χάλυβας ψύχεται επαρκώς: ημικατεργασμένα προϊόντα, όπως μπιγιέτες, άνθη και πλάκες

ΒΗΜΑΤΑ ΓΙΑ ΤΗΝ ΠΑΡΑΓΩΓΗ ΧΑΛΥΒΑ

Θερμή έλαση

Τα ημικατεργασμένα προϊόντα, όπως μπιγιέτες, άνθη και πλάκες, θερμαίνονται στους 1200°C για να γίνει το μέταλλο ελατό και στη συνέχεια τυλίγονται σε τελικά προϊόντα, όπως πλάκες, δομικά τμήματα, ράβδους και λωρίδες

Η περαιτέρω επεξεργασία του χάλυβα μπορεί να περιλαμβάνει ψυχρή έλαση, αποξήρανση (για την αφαίρεση οξειδίων και αλάτων μύλου από την επιφάνεια του χάλυβα) και επίστρωση

- Οι τελικές μηχανικές ιδιότητες επηρεάζονται έντονα από τη διαδικασία έλασης, τη θερμοκρασία φινιρίσματος, τον ρυθμό ψύξης και επίσης τη θερμική επεξεργασία



Steelmaking Rolling.mp4

Μηχανικές ιδιότητες χάλυβα

Επηρεάζεται από:

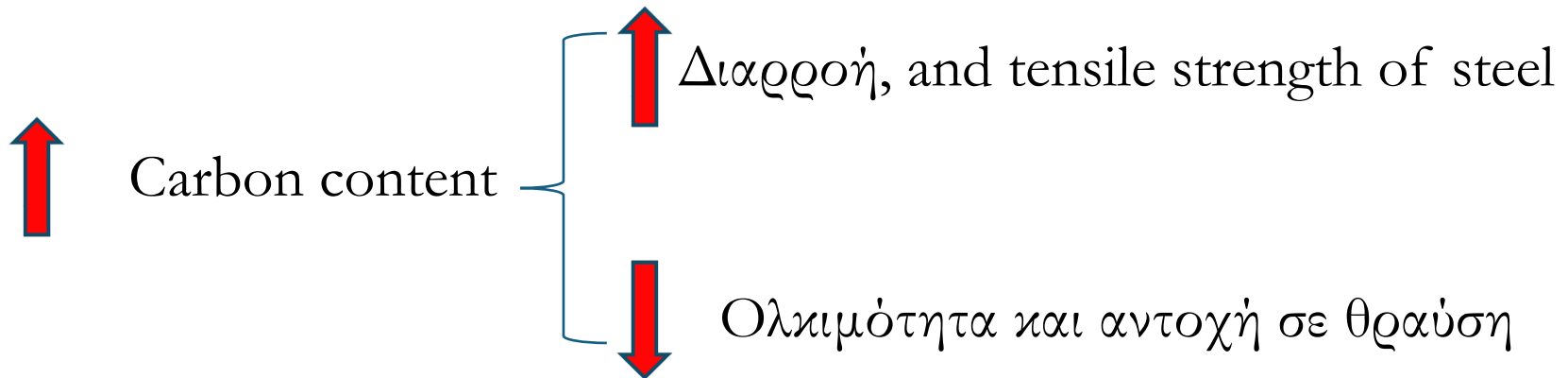
- Περιεκτικότητα σε άνθρακα
- Θερμική επεξεργασία
- Στοιχεία κράματος

Χημική σύνθεση

Περιεκτικότητα σε άνθρακα:

- Χάλυβας χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα (περιεκτικότητα σε άνθρακα 0,10-0,25%)
- Χάλυβας μεσαίου άνθρακα (περιεκτικότητα σε άνθρακα 0,25-0,60%)
- Χάλυβας υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα (περιεκτικότητα σε άνθρακα 0,60-1,10%)

Οι δομικοί χάλυβες έχουν συνήθως περιεκτικότητα σε άνθρακα μικρότερη από 0.25%



Θερμική επεξεργασία

Θέρμανση και ψύξη χάλυβα υπό ελεγχόμενες συνθήκες να αλλάξει τις δομικές και φυσικές του ιδιότητες.

Ανόπτηση:

Η θέρμανση ($600-800\text{ }^{\circ}\text{C}$) και η αργή ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου αλλάζουν την εσωτερική δομή:

Μειώστε τη σκληρότητα (μαλακότερος χάλυβας)

Αυξήστε την ολκιμότητα και τη σκληρότητα

Κανονικοποίηση:

Θέρμανση ($900\text{ }^{\circ}\text{C}$) & αργή ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου, αλλάζετε την εσωτερική δομή – ομοιόμορφη, λεπτόκοκη δομή:

Αυξήστε την ολκιμότητα και τη σκληρότητα

Σκλήρυνση:

Θέρμανση ($900\text{ }^{\circ}\text{C}$) & σβήσιμο (ταχεία ψύξη) σε πετρέλαιο
Αυξήστε τη σκληρότητα και την αντοχή

Βαφή

Μετά τη σκλήρυνση (Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη μείωση της επιπλέον σκληρότητας)-Θέρμανση ($450\text{-}650\text{ }^{\circ}\text{C}$) & ψύξτε αργά σε θερμοκρασία δωματίου

Αυξήστε την ολκιμότητα και τη σκληρότητα

Μειώστε τη σκληρότητα και την αντοχή

➤ Άλλα στοιχεία

Manganese (Mn), silicon (Si), sulphur (S), phosphorus (P), copper (Cu), vanadium (V), nickel (Ni), chromium (Cr), columbium (Nb), molybdenum (Mo), aluminium (Al)

Κραματοποιημένοι χάλυβες: είναι σίδερα στα οποία έχουν προστεθεί άλλα στοιχεία όπως νικέλιο και μολυβδαίνιο μαζί με άνθρακα για τη βελτίωση των ιδιοτήτων του υλικού όπως η αντοχή, η σκληρότητα, η σκληρότητα

χάλυβες χαμηλού κράματος (συνολική περιεκτικότητα σε κράμα $< 0,5\%$), χάλυβες μεσαίου κράματος (συνολική περιεκτικότητα σε κράμα $5-10\%$) και χάλυβες υψηλής κραματοποίησης (συνολική περιεκτικότητα σε κράμα $> 10,0\%$)

Alloying Elements & Their Effects

- Chromium – Αυξάνει τη σκληρότητα και την ανθεκτικότητα
- Manganese – Αυξάνει τη σκληρότητα και την αντοχή
- Molybdenum – Αυξάνει τη δύναμη. Βελτιώνει την αντοχή στη θερμότητα.
- Nickel – Αυξάνει τη δύναμη και τη σκληρότητα. Βελτιώνει την αντοχή στη διάβρωση.
- Vanadium – Αυξάνει την αντοχή, τη σκληρότητα και βελτιώνει την αντοχή στη διάβρωση.
- Chromium-Vanadium – Πολύ βελτιωμένη αντοχή σε εφελκυσμό. Είναι δύσκολο αλλά εύκολο να λυγίσει και να κοπεί.

Μηχανικές ιδιότητες χάλυβα

Επηρεάζεται από:

- Περιεκτικότητα σε άνθρακα
- Θερμική επεξεργασία
- Στοιχεία κράματος

Μηχανικές ιδιότητες χάλυβα

- Απόλυτη δύναμη
- Τάση διαρροής
- Ολκιμότητα
- Σκληρότητα
- Ικανότητα συγκόλλησης
- Αντοχή στη διάβρωση

**ΠΑΡΟΜΟΙΑ ΣΥΜΠΕΡΙΦΟΡΑ ΣΕ
ΘΛΙΨΗ ΚΑΙ ΕΦΕΛΚΙΣΜΟ**

➤ Ultimate strength

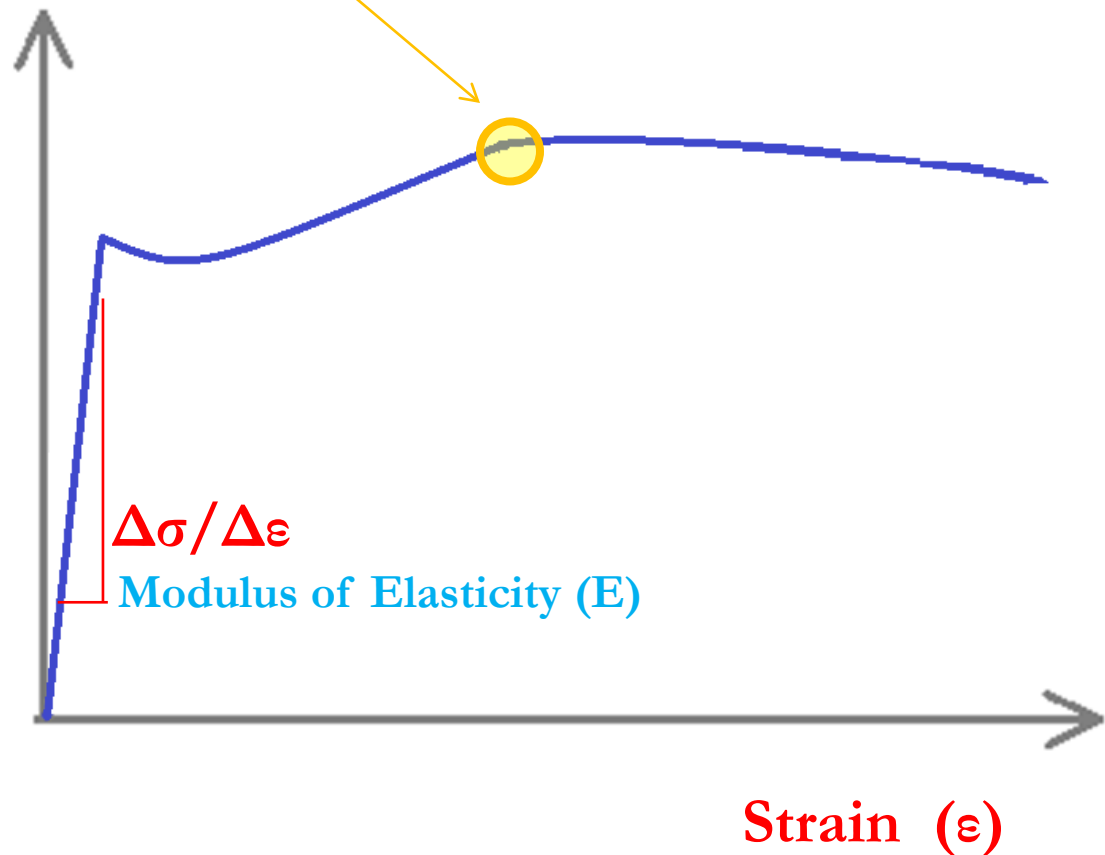
$\sim 400 - 500 \text{ MPa}$

$$(\text{Ultimate strength}) = (\text{Ultimate load}) / (\text{Area})$$

$$\text{Stress} = \text{force/area} = P/A$$

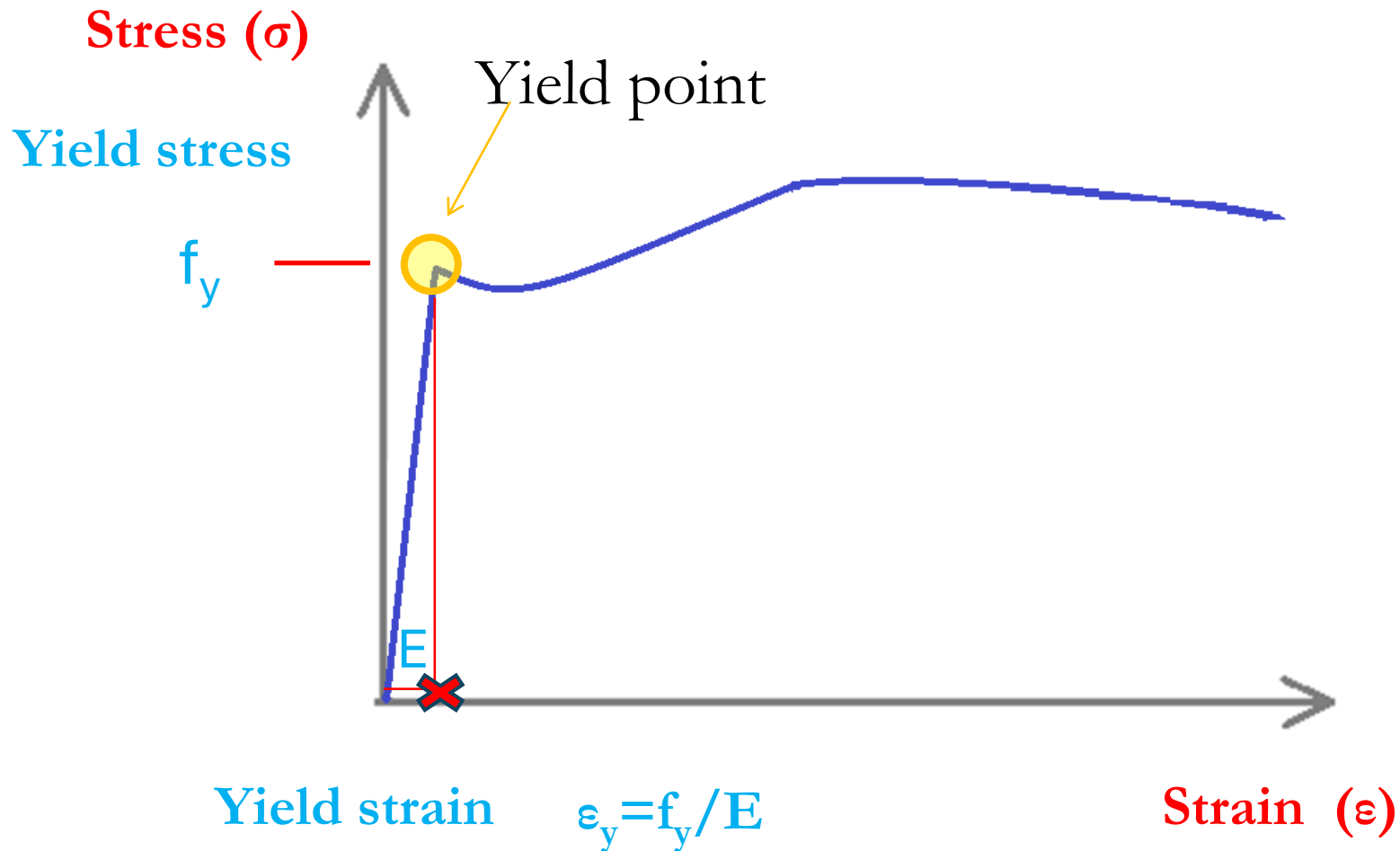
Stress (σ)

High E: High Stiffness



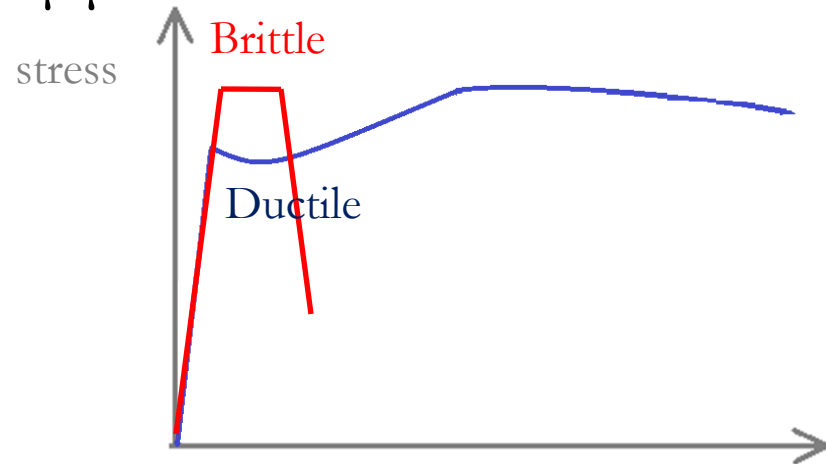
➤ Αντοχή διαρροής **200 – 500 MPa**

Το τέλος της ελαστικής συμπεριφοράς

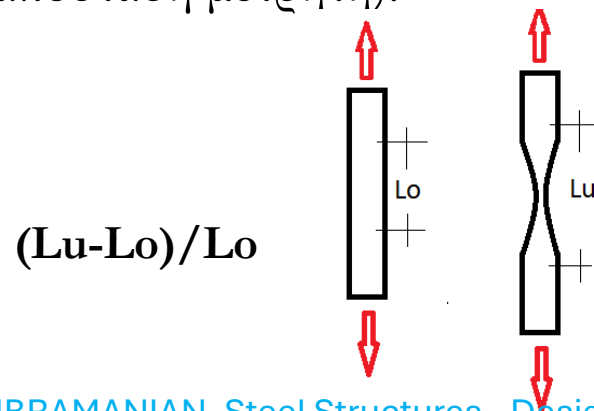


➤ Ολκιμότητα

Η ικανότητα ενός υλικού να αλλάζει το σχήμα του χωρίς θραύση / σημαντική απώλεια αντοχής ή αναμείωση



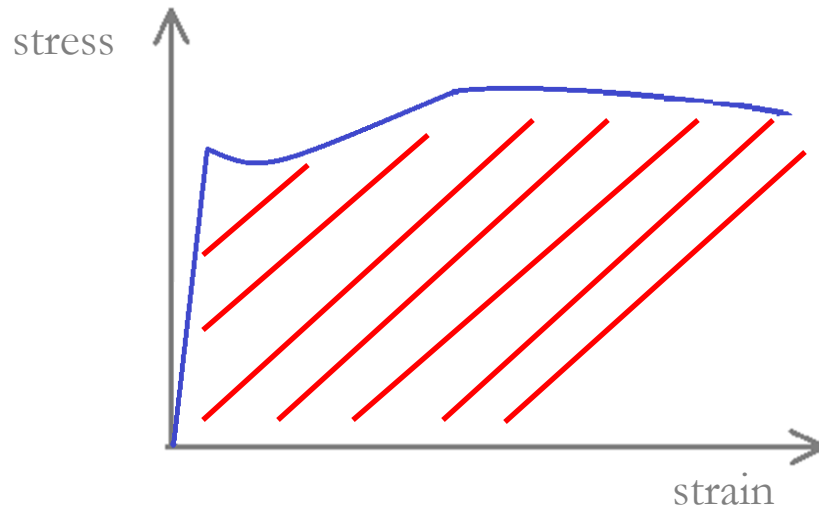
Η ολκιμότητα του δείγματος δοκιμής τάσης μετράται με τον ποσοστιαίο επιμήκυνση κατά την αστοχία (συγκρίνοντας το τελικό και το αρχικό μήκος σε μια καθορισμένη απόσταση μετρητή).



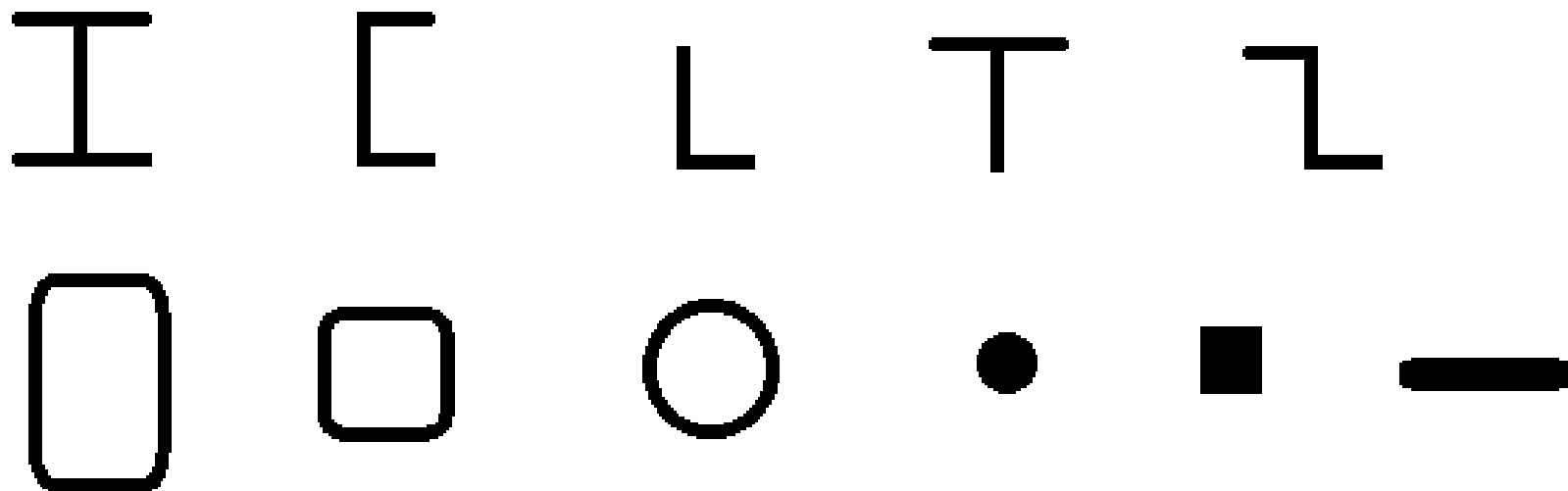
➤ Σκληρότητα

είναι η ικανότητα ενός υλικού να απορροφά ενέργεια και να παραμορφώνεται πλαστικά χωρίς να σπάει

Η απορρόφηση ενέργειας – η περιοχή κάτω από την καμπύλη παραμόρφωσης τάσης



ΤΥΠΙΚΕΣ ΔΙΑΤΟΜΕΣ ΧΑΛΥΒΑ



EUROCODE 3 (BS EN 1993-1-3:2006)

Type of steel	Standard	Grade	f_{yb} N/mm ²	f_u N/mm ²
Hot rolled products of non-alloy structural steels. Part 2: Technical delivery conditions for non alloy structural steels	EN 10025: Part 2	S 235	235	360
		S 275	275	430
		S 355	355	510
Hot-rolled products of structural steels. Part 3: Technical delivery conditions for normalized/normalized rolled weldable fine grain structural steels	EN 10025: Part 3	S 275 N	275	370
		S 355 N	355	470
		S 420 N	420	520
		S 460 N	460	550
		S 275 NL	275	370
		S 355 NL	355	470
		S 420 NL	420	520
		S 460 NL	460	550
Hot-rolled products of structural steels. Part 4: Technical delivery conditions for thermomechanical rolled weldable fine grain structural steels	EN 10025: Part 4	S 275 M	275	360
		S 355 M	355	450
		S 420 M	420	500
		S 460 M	460	530
		S 275 ML	275	360
		S 355 ML	355	450
		S 420 ML	420	500
		S 460 ML	460	530

ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΧΑΛΥΒΑ

Μέτρο ελαστικότητας	200-210 GPa
Poisson ratio	0.3
Πυκνότητα	7850 kg/ m ³
Συντελεστής θερμικής διαστολής (α)	12 x 10 ⁻⁶ / °C

$$1 \text{ GPa} = 10^9 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ MPa} = 10^6 \text{ Pa}$$

$$1 \text{ kPa} = 10^3 \text{ Pa}$$

➤ Ικανότητα συγκόλλησης

Είναι η δυνατότητα συγκόλλησης ενός μετάλλου χωρίς την εισαγωγή ρωγμών ή άλλων επιβλαβών ελαττωμάτων και, ταυτόχρονα, η επίτευξη των ιδιοτήτων που απαιτούνται από την εφαρμογή.

Ο χάλυβας δεν πρέπει να παρουσιάζει υψηλή σκληρότητα στα συγκολλημένα μέρη.

<http://www.atpwelding.com>



Ένας σημαντικός παράγοντας στην ικανότητα συγκόλλησης είναι το ισοδύναμο άνθρακα, C_{eq} :

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

Carbon, Manganese, chromium, molybdenum, vanadium, nickel, copper

↓ C_{eq} → ↑ Weld ability

➤ Διάβρωση

Η σταδιακή φθορά του χάλυβα - αντίδραση με περιβάλλον

Ο χάλυβας διαβρώνεται στον υγρό αέρα

Το θαλασσινό νερό, οι όξινοι ή αλκαλικοί ατμοί επιταχύνουν τη διάβρωση



-Το χαλύβδινο τμήμα μειώνεται λόγω διάβρωσης

Περισσότερα από 0,075 mm του πάχους των χαλύβδινων μελών θα χάνονται κάθε χρόνο.

(βιομηχανικό περιβάλλον στο οποίο υπάρχει διοξείδιο του θείου).

➤ Χρήση βαφής ή μεταλλικής επίστρωσης ή πλαστικής επίστρωσης στην περίπτωση μεταλλικών φύλλων.

Οι χάλυβες με περιεκτικότητα σε χαλκό 0.2-0.5% έχουν βελτιωμένη αντοχή στην ατμοσφαιρική διάβρωση, αλλά πρέπει να προστατεύονται.

Ειδικός χάλυβας υψηλής
αντοχής σε διαβρωση



ποσότητα φωσφόρου και λίγο
χρώμιο και χαλκό

Κόστος 20% περισσότερο από τον κανονικό
χάλυβα

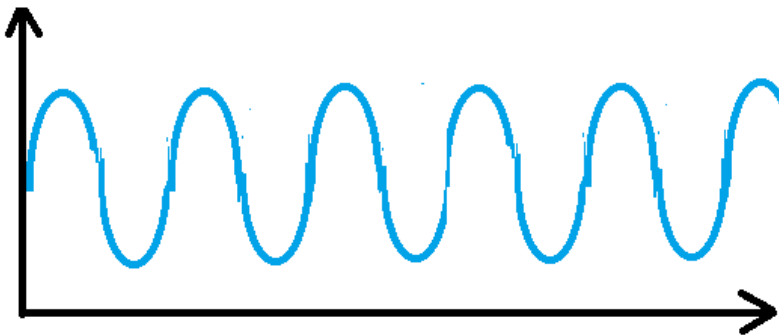
➤ Αντοχή στην κόπωση

Η κόπωση είναι η έναρξη και η διάδοση μικροσκοπικών ρωγμών και η μετατροπή τους σε μακρορωγμές εφαρμογή εναλλασσόμενων τάσεων.



<http://www.marinelink.com>

Η ζημιά και η αστοχία υλικών υπό κυκλικά φορτία
(2×10^6 - 5×10^6 κύκλοι)



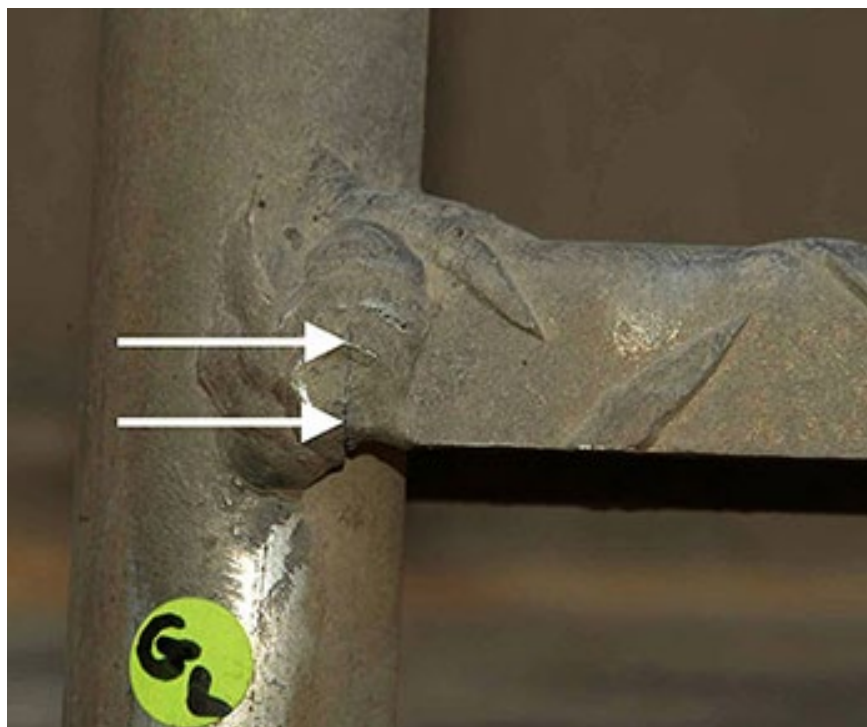
Μπορεί να εμφανιστεί κόπωση:

Υποστήριξη ανυψωτικών ή μετακινούμενων φορτίων,

Ταλαντώσεις που προκαλούνται από τον άνεμο – μεγάλος αριθμός κύκλων,

Επαναλαμβανόμενοι κύκλοι καταπόνησης από δονούμενα μηχανήματα,

Ταλαντώσεις που προκαλούνται από το πλήθος



<http://www.metallurgist.com>

- Συγκολλήσεις: μείωση της αντοχής λόγω κόπωσης
- -μικρές ρωγμές,
- -τοπικές συγκεντρώσεις τάσεων,
- -αλλαγές γεωμετρίας