

ΣΥΣΤΗΜΑΤΙΚΗ ΔΙΑΚΡΙΣΗ
ΤΗΣ ΠΟΙΟΤΗΤΑΣ
ΧΑΛΥΒΔΙΝΩΝ ΠΡΟΪΟΝΤΩΝ



ΑΜΑΛΙΑ ΠΑΠΑΔΑΚΗ

ΕΠΒΛΕΠΩΝ:
ΦΡ. ΜΑΥΡΟΘΑΝΑΣΗΣ

ΠΑΤΡΑ
9/2005

ΑΡΙΘΜΟΣ	7120
ΕΙΣΑΓΩΓΗΣ	

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

	Σελ.
➤ Εισαγωγή	1
➤ Κεφάλαιο 1 Διάγραμμα Fe-C Κραμικά στοιχεία και ιδιότητες που δίνουν στο χάλυβα	6
➤ Κεφάλαιο 2 Χαρακτηρισμός χαλύβων κατά SAE	9
➤ Κεφάλαιο 3 Ονοματολογία όρων και μηχανικών ιδιοτήτων που αφορούν τον χάλυβα	24
➤ Κεφάλαιο 4 Χρήση και χημική σύσταση χαλύβων (Ταξινόμηση κατά SAE)	28
➤ Κεφάλαιο 5 Θερμικές κατεργασίες χαλύβων (Ταξινόμηση κατά SAE)	35
➤ Κεφάλαιο 6 Τυποποιημένες δοκιμές για προσδιορισμό μηχανικών ιδιοτήτων	54
➤ ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1 Μετατροπή σκληρομετρήσεων	65
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2 Μηχανικές και Φυσικές Ιδιότητες χαλύβων	72
Πίνακας 1 – Ανθρακοχάλυβες	
Πίνακες 2-9 – Χάλυβες χαμηλής περιεκτικότητας	
Πίνακες 10- 11 – Χάλυβες Αεροσκαφών	
Πίνακες 12-13 - Χάλυβες μέσης περιεκτικότητας	
Πίνακες 14-17 - Χάλυβες υψηλής περιεκτικότητας\	
Πίνακες 18-34 – Ανοξείδωτοι	
Πίνακας 35 – AISI 301 & Βελτιωμένοι ανοξείδωτοι	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3 Προδιαγραφές θερμικών κατεργασιών	107
Μορφή παραγωγής χαλύβων	
ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4 Σύμβολα και Συντομογραφίες	112
➤ Βιβλιογραφία	114

ΕΙΣΑΓΩΓΗ

Στη βιομηχανία του σιδήρου και του χάλυβα, η τεχνολογία σχετίζεται με την παραγωγή του σιδήρου και των κραμάτων του, ιδιαίτερας αυτών που περιέχουν ένα μικρό ποσοστό άνθρακα.

Οι διαφορές μεταξύ διαφόρων τύπων σιδήρου και χάλυβα, μερικές φορές επιφέρουν σύγχυση, εξαιτίας της ονοματολογίας που χρησιμοποιείται.

Γενικά ο χάλυβας είναι ένα κράμα σιδήρου και άνθρακα, που συχνά περιέχει προσμίξεις κι άλλων στοιχείων.

Μερικά κράματα, τα οποία εμπορικώς ονομάζονται “Σίδηροι”, περιέχουν περισσότερο άνθρακα από τους χάλυβες του εμπορίου. Ο ακατέργαστος σίδηρος περιέχει μόνο μερικά εκατοστά % άνθρακα. Οι διάφοροι τύποι χαλύβων περιέχουν από 0.04% έως 2.25% άνθρακα. Ο χυτοσίδηρος, ο μαλακός χυτοσίδηρος και ο σίδηρος σε “χελώνες” περιέχουν ποσοστά άνθρακα που ποικίλουν από 2-4 %.

Ένας τύπος μαλακού χυτοσίδηρου, που δεν περιέχει στην πραγματικότητα άνθρακα, είναι γνωστός σαν μαλακός σίδηρος σε θερμοκρασία λευκοπύρωσης (1500-1600°C).

Μια ιδιαίτερη κατηγορία κραμάτων σιδήρου, γνωστή σαν “σιδηροκράματα”, που χρησιμοποιείται στη βιομηχανία του σιδήρου και των κραμάτων χάλυβα, περιέχουν πάνω από 20-80% κάποιου στοιχείου, όπως μαγγάνιο, πυρίτιο ή χρώμιο. Περισσότεροι από 90% των χαλύβων είναι **ανθρακοχάλυβες**. Οι αναλογίες σε άνθρακα που περιέχουν ποικίλουν, ενώ δεν περιέχουν περισσότερο από 1.65% μαγγάνιο, 0.60% πυρίτιο και 0.60% χαλκό.

Οι ανθρακοχάλυβες χρησιμοποιούνται για την κατασκευή μηχανών, για πλαίσια αυτοκινήτων, κελύφη σκαφών, κτίρια, σούστες κρεβατιών, καρφίτσες.

Τα **χαλυβοκράματα** έχουν καθορισμένη σύσταση, περιέχουν ορισμένη αναλογία βανάδιου, μολυβδένιου ή άλλων στοιχείων, καθώς και μεγάλες ποσότητες μαγγανίου, πυριτίου και χαλκού, σε σχέση με τους συνήθεις ανθρακοχάλυβες. Κιβώτια ταχυτήτων και άξονες, πατίνια και εργαλεία για χάραξη ή σκάλισμα, είναι μερικά από τα πράγματα που φτιάχνονται από χαλυβοκράματα.

Χάλυβες υψηλής αντοχής με χαμηλή περιεκτικότητα σε κράματα ονομάζονται HSLA (High-Strength Low-Alloy), είναι η νεότερη από τις 5 κύριες κατηγορίες χαλύβων. Κοστίζουν λιγότερο από τα συνήθη χαλυβοκράματα, διότι περιέχουν μικρά ποσοστά ακριβών κραμικών στοιχείων. Έχουν ειδικά επεξεργαστεί έτσι ώστε να αντέχουν πολύ περισσότερο από τους ανθρακοχάλυβες του ίδιου βάρους. Χρησιμοποιούνται στην κατασκευή φορτηγών οχημάτων, για τη δυνατότητα μεταφοράς μεγαλύτερου φορτίου. Αλλά και σε πολλά κτίρια που κατασκευάζονται στις μέρες μας, ο σκελετός είναι από HSLA. Οι κύριες δοκοί μπορούν να κατασκευάζονται λεπτότερες, με την ίδια όμως αντοχή, αφήνοντας παράλληλα εκμεταλλεύσιμο χώρο για γραφεία και διαμερίσματα.

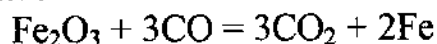
Οι **ανοξειδωτοι χάλυβες** περιέχουν χρώμιο και νικέλιο που δεν τους επιτρέπουν να σκουριάσουν. Μερικοί είναι πολύ σκληροί, άλλοι έχουν ασυνήθιστη αντοχή

και τη διατηρούν για μεγάλες περιόδους, σε πολύ υψηλές ή χαμηλές θερμοκρασίες. Εξαιτίας της γυαλάδας τους χρησιμοποιούνται και για διακοσμητικούς σκοπούς. Κατασκευές : σωλήνες, δεξαμενές διύλισης πετρελαίου και χημικών, αεροπλάνα (τζετ), διαστημικοί θάλαμοι, χειρουργικά εργαλεία και εξοπλισμός. Χρησιμοποιούνται ακόμα για να επιδιορθώνουν πρόχειρα ή να αντικαθιστούν σπασμένα οστά. Ως οικιακά σκεύη, στην προετοιμασία φαγητού χρησιμοποιούνται συχνά, γιατί δεν μολύνουν τα τρόφιμα και πλένονται εύκολα.

Τέλος, υπάρχουν και οι χάλυβες με τους οποίους κατασκευάζονται κοπτικά εργαλεία και εργαλεία μορφοποίησης. Αυτοί περιέχουν βολφράμιο κι άλλα στοιχεία που τους δίνουν πρόσθετη αντοχή, σκληρότητα κι αντίσταση στη φθορά.

Παραγωγή σιδήρου σε "χελώνες" (Πρωτογενής σίδηρος)

Τα βασικά υλικά στην κατασκευή του πρωτογενούς σιδήρου είναι το μέταλλο του σιδήρου, ο οπτάνθρακας (κάρβουνο) και ο ασβεστόλιθος. Το κάρβουνο καίγεται σαν καύσιμο για τη θέρμανση του κλίβανου και καθώς καίγεται παράγει μονοξείδιο, το οποίο ενώνεται με τα οξείδια του σιδήρου στο μέταλλο, μετατρέποντάς τα σε σίδηρο. Αυτή είναι η βασική χημική αντίδραση στην υψικάμνο.



Ο ασβεστόλιθος στην υψικάμνο χρησιμοποιείται σαν πρόσθετη πηγή μονοξειδίου του άνθρακα και σαν ένα σύντηκτο για να συνδυαστεί με το διοξείδιο του πυριτίου στο μέταλλο, για να σχηματίσει εύτηκτο ασβέστιο πυριτικού οξέως. Χωρίς τον ασβεστόλιθο, θα σχηματιζόταν σίδηρος πυριτικού οξέως, με αποτέλεσμα την απώλεια του μεταλλικού σιδήρου. Το ασβέστιο πυριτικού οξέως μαζί με άλλες ακαθαρσίες σχηματίζουν σκουριά, η οποία επιπλέει στην επιφάνεια του λιωμένου μετάλλου, στον πάτο της υψικάμνου. Ο συνηθισμένος πρωτογενής σίδηρος, που παράγεται από υψικάμνο περιέχει σίδηρο, περίπου 92%, άνθρακα 3-4%, πυρίτιο 0.5-3%, μαγγάνιο 0.25-2.5%, φώσφορο 0.04-2% και ίχνη θείου. Ο πρωτογενής σίδηρος με υψηλό ποσοστό πυριτίου στερεοποιούμενος δίδει τον φαιό πρωτογενή σίδηρο, ο οποίος είναι πρώτη ύλη για την παραγωγή χυτοσιδήρου. Ο πρωτογενής σίδηρος με μεγάλο ποσοστό μαγγανίου λέγεται λευκός πρωτογενής σίδηρος και είναι η αφετηρία για την παραγωγή χάλυβα.

Παραγωγή χάλυβα

Ο πρωτογενής σίδηρος της υψικάμνου ή ο πορώδης σίδηρος από την απ'ευθείας αναγωγή, καθώς και ο παλαιοσίδηρος είναι η πρώτη ύλη για την αμέσως κατόπιν μετατροπή της σε χάλυβα.

Στην πλέον συνηθισμένη μέθοδο παραγωγής χάλυβα, τη μέθοδο με *εμφύσηση οξυγόνου*, προωθείται στην άνω επιφάνεια του τήγματος, που βρίσκεται μέσα στον μετατροπέα (χοάνη), καθαρό οξυγόνο. Αναπτύσσεται έτσι μια ισχυρή αντίδραση των παρακολουθημάτων του σιδήρου, τα οποία βρίσκονται στο τήγμα, με το οξυγόνο. Τα προϊόντα αυτής της αντιδράσεως απομακρύνονται ή ως αέρια από το τήγμα ή απορροφώνται από την επιπέδουσα επάνω στο τήγμα σκωρία. Αυτή η διαδικασία λέγεται *κάθαρση*. Μετά την εμφύσηση του οξυγόνου, το τήγμα περιέχει λιγότερο από 2 % άνθρακα και κατάλοιπα φωσφόρου και θείου. Έτσι παράγεται από τον πρωτογενή σίδηρο χάλυβας.

Στη μέθοδο παραγωγής χάλυβα με *ηλεκτρικό τόξο* τοποθετούνται στον κλίβανο πρωτογενής σίδηρος, σπογγώδης σίδηρος, παλαιοσιδηρικά, συστατικά κραμάτων και παράγωγα σκόρας. Όλα αυτά τήκονται με τη βοήθεια ηλεκτρικού τόξου. Λόγω της ισχυρής αναταράξεως του τήγματος αντιδρούν τα παρακολουθήματα του σιδήρου με τα συστατικά της σκωρίας και απομακρύνονται ως αέριες ενώσεις ή κατακρατούνται από τη σκωρία. Έτσι ο πρωτογενής σίδηρος μετατρέπεται σε χάλυβα. Η μέθοδος του ηλεκτρικού τόξου χρησιμοποιείται για την τήξη κραματοχαλύβων ή και για μαζική παραγωγή χάλυβα.

Εξευγενισμός του χάλυβα

Οι χάλυβες με ιδιαίτερες απαιτήσεις σχετικά με την ποιότητά τους υπόκεινται και σε πρόσθετες επεξεργασίες αμέσως μετά.

Η προσθήκη πυριτίου και αλουμινίου, προκαλεί ένωση του οξυγόνου, που βρίσκεται μέσα στον χάλυβα (αποξείδωση) και δημιουργεί ομοιόμορφη κρυσταλλική δομή του χάλυβα. Η αφαίρεση του θείου γίνεται με πρόσθεση υλικών, τα οποία κατακρατούν το θείο και παραλαμβάνονται από τη σκωρία. Με την έκπλυση του τήγματος με αέριο Αργόν, παραμερίζονται οι ακαθαρσίες. Με την απαέρωση με κενό, απομακρύνονται τα αέρια (H_2 , O_2) τα οποία παραμένουν διαλυμένα μέσα στον χάλυβα κατά τη διαδικασία παραγωγής του. Έτσι οι χάλυβες γίνονται ανθεκτικότεροι στην παλαιώση. Η ανάτηξη στον ηλεκτρικό κλίβανο, λόγω του καθαρισμού της σκωρίας, δίδει πρόσθετη κάθαρση στον χάλυβα κι έτσι γίνεται εφικτή η τήξη των κραματοχαλύβων.

Χύτευση του χάλυβα

Μετά τον εξευγενισμό του χάλυβα, αυτός χύνεται (σε υγρή μορφή ακόμα) σε πλινθώματα ή υπό συνεχή ροή μετατρέπεται σε ημικατεργασμένα προϊόντα ελάσεως, καθώς και στο χυτήριο χυτεύεται σε χαλύβδινα διαμορφωμένα πλέον χυτά.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 1^ο

Διάγραμμα Fe-C

Κραμικά στοιχεία και ιδιότητες που προσδίδουν στον χάλυβα

Οι συνηθέστερες μορφές κραμάτων του χάλυβα είναι: φύλλα, ελάσματα, ράβδοι, εξάγωνα, σωλήνες, αλλά και διαμορφωμένες διατομές (δοκοί, γωνίες, διατομές Π, Τ, Ζ, τετραγωνικές και ορθογώνιοι σωλήνες).

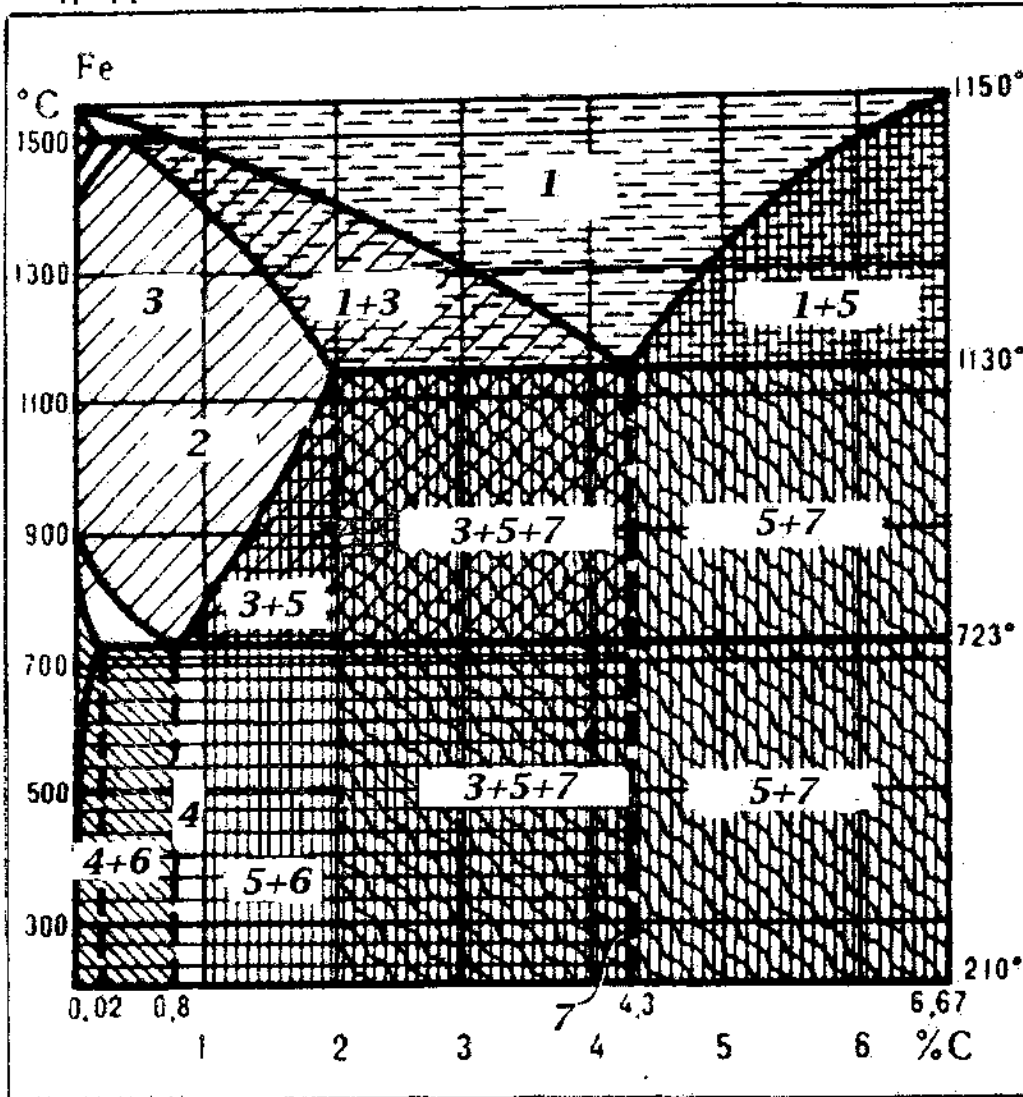
Όταν ο άνθρακας προστίθεται στο σίδηρο σε μικρές ποσότητες παράγεται ο ανθρακοχάλυβας. Εκτός από τον άνθρακα, μπορούμε να προσθέσουμε κι άλλα μεταλλικά στοιχεία στον σίδηρο για να δώσουν τα “έμφυτα” χαρακτηριστικά σε διάφορους τύπους χάλυβων.

Τα πιο συνηθισμένα κραμικά στοιχεία είναι:

- Αλουμίνιο (Al): ελέγχει το μέγεθος του κόκκου στον χάλυβα
- Βόριο (B): βελτιώνει τη σκληρότητα
- Χρώμιο (Cr): αυξάνει την αντοχή σε θερμική κατεργασία και την ανθεκτικότητα. (Χρησιμοποιείται στους ανοξείδωτους χάλυβες με ή χωρίς νικέλιο).
- Κολόμβιο (Nb): χρησιμοποιείται στους ανοξείδωτους χάλυβες 18-8 και σε ηλεκτρόδια συγκόλλησης.
- Χαλκός (Cu): ελέγχει την ατμοσφαιρική διάβρωση και τα όρια διαρροής.
- Μόλυβδος (Pb): βελτιώνει κατά πολύ την κατεργασιμότητα.
- Μαγγάνιο (Mn): μεταδίδει δύναμη και ανταποκρίνεται στις θερμικές κατεργασίες.
- Μολυβδένιο (Mo): αυξάνει το βάθος σκληρότητας και την ανθεκτικότητα.
- Νικέλιο (Ni): αυξάνει την αντοχή, αλλά δεν είναι αποτελεσματικό στη βελτίωση της σκληρότητας.
- Φώσφορος (P): υπάρχει σε όλους τους χάλυβες και βελτιώνει τα όρια διαρροής.
- Πυρίτιο (Si): βελτιώνει την αντοχή και αυξάνει τη σκληρότητα.
- Θείο (S): βελτιώνει την κατεργασιμότητα, αλλά είναι επιβλαβής στις ιδιότητες που αποκτώνται μέσω κατεργασίας εν θερμώ.
- Τελλούριο (Te): βελτιώνει την κατεργασιμότητα στους μολυβδούχους χάλυβες.
- Τιτάνιο (Ti): προστίθεται στους χάλυβες 18-8 για να εμποδίσει την καθίζηση των καρβιδίων.
- Βολφράμιο (W): χρησιμοποιείται στην κατασκευή καλών εργαλείων από χάλυβα, δημιουργώντας μια καλή δομή όταν χρησιμοποιείται σε μικρές ποσότητες. (όταν χρησιμοποιείται σε μικρές ποσότητες 17-20%, παράγει ταχυχάλυβα, ο οποίος διατηρεί τη σκληρότητά του σε υψηλές θερμοκρασίες)

- Βανάδιο (V): χρησιμοποιείται για να βελτιώσει την αντοχή σε κρούση των χαλύβων και επιβραδύνει την ανάπτυξη κόκκων ακόμα και μετά από σκλήρυνση σε υψηλές θερμοκρασίες.

Διάγραμμα Fe-C



1. Ρευστό διάλυμα άνθρακα στον σίδηρο
2. Στερεό διάλυμα άνθρακα στον σίδηρο
3. Ωστενίτης
4. Φερρίτης
5. Σεμεντίτης
6. Περίτης
7. Λεδευουρίτης

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 2°

Χαρακτηρισμός καλύβων κατά SAE

Για την ταχύτερη και καλύτερη συνεννόηση, χρησιμοποιούνται για τα υλικά συμβολικοί χαρακτηρισμοί. Η πλέον χρησιμοποιούμενη μέχρι σήμερα συντομογραφία είναι η κατά DIN 17006, αν και έχει αποσυρθεί. Ομοίως, σε ισχύ, αλλά δεν έτυχε ευρείας κυκλοφορίας, είναι η συντομογραφία κατά EURONORM 27-74. Εκτός αυτών υπάρχει και ένας χαρακτηρισμός των υλικών με αριθμούς κατά DIN 17007.

Ο πλήρης χαρακτηρισμός κατά DIN 17006 αποτελείται από τρία μέρη:

Μέρος κατασκευής	Μέρος συνθέσεως	Μέρος επεξεργασίας
Μπορεί να περιέχει τον τρόπο τήξεως, χαρακτηριστικές ιδιότητες, συμβολισμό χυτεύσεως.	Μπορεί να περιέχει δεδομένα συνθέσεως, ελάχιστο όριο αντοχής σε εφελκυσμό, ομάδα ποιότητας.	Μπορεί να περιέχει θερμική κατεργασία, είδος παραμορφώσεως, έκταση εγγυημένης συμπεριφοράς.

Το μέρος συνθέσεως έχει διαφορετική σύνταξη, ανάλογα με τα διάφορα είδη υλικών σιδήρου/ χάλυβα και μάλιστα σε ποια ομάδα υλικών ανήκουν αυτά.

Υποδιαίρεση των υλικών σιδήρου/ χάλυβα για τον χαρακτηρισμό κατά DIN 17006

Καθαροί χάλυβες	Κραματοχάλυβες με μικρό βαθμό προσμίξεων	Κραματοχάλυβες με μεγάλο βαθμό προσμίξεων	Ταχυχάλυβες εργαλείων	Χυτοσιδηρά υλικά
Μέγιστες τιμές των παρακολουθημάτων του σιδήρου: Mn 0.8%, Si 0.5%, Cu 0.25%, Al & Ti 0.1% επίσης και άνθρακα.	Το άθροισμα όλων των προσμίξεων στο κράμα να μην υπερβαίνει το 5%.	Περιέχουν προσμίξεις του κράματος σε ποσοστό μεγαλύτερο του 5%.	Ταχυχάλυβες εργαλείων με μεγάλο βαθμό προσμίξεων στο κράμα: Περιέχουν βολφράμιο, μολυβδαίνιο, βανάδιο και ενδεχόμενα κοβάλτιο.	Καθαροί ή κραματοχάλυβες σιδηρούχων υλικών τα οποία διαμορφώνονται με χύτευση.

Καθαροί χάλυβες

Στους καθαρούς χάλυβες ανήκουν όλοι οι χάλυβες στους οποίους τα παρακολουθήματα του σιδήρου δεν υπερβαίνουν τα καθορισμένα ελάχιστα όρια. Ο άνθρακας δεν συμπεριλαμβάνεται στα συστατικά των κραμάτων. Ανάλογα με τον βαθμό καθαρότητας, υποδιαιρούνται σε : χάλυβες γενικών κατασκευών, χάλυβες ποιότητας και εξευγενισμένους χάλυβες .

Οι χάλυβες γενικών κατασκευών έχουν μια συντομογραφία, η οποία αποτελείται από τα γράμματα St ή StE και έναν ενδεικτικό αριθμό της αντοχής τους. Ο αριθμός αυτός πολλαπλασιάζεται με 9.81N/mm^2 , μας δίνει το ελάχιστο όριο αντοχής σε εφελκυσμό. Ένας πρόσθετος αριθμός (-2 ή -3) δίδει την ομάδα ποιότητας.

Οι χάλυβες ποιότητας είναι καθαροί χάλυβες, οι οποίοι ορίζονται για θερμική κατεργασία. Για αυτό δίδεται στη συντομογραφία τους και το ποσοστό του άνθρακα. Ο συμβολισμός τους αποτελείται από το γράμμα C και ένα ενδεικτικό αριθμό άνθρακα, ο οποίος δίδει το εκατονταπλάσιο της περιεκτικότητας σε άνθρακα (ποσοστό %).

Οι εξευγενισμένοι χάλυβες είναι καθαροί χάλυβες υψηλού βαθμού καθαρότητας, οι οποίοι διακρίνονται για τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά τους. Ο συμβολισμός τους αποτελείται από ένα C και ακολουθεί ένα μικρό γράμμα. Κατόπιν γράφεται ο χαρακτηριστικός αριθμός του άνθρακα. Το μικρό γράμμα, π.χ. f, k, ή m δηλώνει τα ιδιαίτερα χαρακτηριστικά της ποιότητας.

Μέρος κατασκευής	Μέρος συνθέσεως	Μέρος επεξεργασίας
Τρόπος επένδυσης	Αρχικό χαρακτηριστικό για ομάδες χάλυβων	Κατάσταση επεξεργασίας
Y χάλυβας επικάλυψη με αλουμίνο	St χάλυβας γενικών κατασκευών	A Επανασφαλή
E ηλεκτροκαθίζουvas (καθίζουvas E)	C χάλυβας ποιότητας	B Βέλτιστη κατεργασιμότητα
M χάλυβας Siemens-Martin	Ck, Cst, ... Εξευγενισμένους αχάλυβες	BF Θερμική κατεργασία για βελτίωση αντοχής
Τρόπος χυτεύσεως	12, 24, ... Κραματοκοιλίους με μικρό βαθμό προσμίξεων	E Παμμένο με ανανθρώπινη
U χυτευμένος με φασφίτες	C Χαρακτηριστικός σιδήρος	G Ανόληση ολκιμότητας
R χυτευμένος με φρένι	K Χρματοαχάλυβας με μεγάλο βαθμό προσμίξεων	H Σαμμένο
RR χυτευμένος σε ιδιαίτερα φρένι	S Τρυκαχάλυβας	K Διατεταγμένο εν ψυχρώ
Ιδιαιτέρως ιδιότητες	Μικρά γράμματα για εξευγενισμένους χάλυβες	K3K Με ελκυσμό
A Ανθεκτικός στη γήρανση	f Κατάλληλος για βάση ως οδόστρωμα ή και επαναγωγό	N Ανάληψη κανονική
Q Διαμετασχηματισ εν ψυχρώ	k Ελάχιστο ποσοστό P και S υποί ανόληση από 0,025 %	NT Εναζώωση
IT Ψυχρή αντοχή	m Εγγυημένο ποσοστό S στον καθυπό χάλυβα	S Απαιστική ανόληση
W Θερμοαθεκτικός	q Κατάλληλος για διαμετασχηματισ εν ψυχρώ	U Χωρίς επεξεργασία
WT Ανθεκτικός στις κοίρες συνθλάκας		V Βελτίωση
Z Σκληρός	Σύμβολα των στοιχείων του κράματος με χαρακτηριστικούς αριθμητικούς ποσοστιαίους	Ομάδες ποιότητας
Είδος χυτού	Al Αλουμίνιο 10 Nb Νιόβιο 10	W1, W2
G Χυτό γενικό	B Βόριο 10 Ni Νικέλιο 4	W3, W5 Για χάλυβες εργαλείων
GG Χυτοσίδηρος	Be Βηρύλλιο 10 P Φωσφορος 100	2, 3 Για χάλυβες γενικών κατασκευών
GH Σκληρός χυτοσίδηρος	C Άνθρακας 100 Pb Μόλυβδος 10	Χαρακτηριστικός αριθμός για την έκταση της εγγυήσεως
CS Χυτοαχάλυβας	Ca Καλσίτιο 100 S Θείο 100	1 Όριο ροής
GT Ελατός χυτοσίδηρος	Co Κοβάλτιο 4 Si Σιρίλιο 4	2 Δοκιμή σε αναδίπλωση ή συμπίεση
GT5 Μορφοσ ελατός χυτοσίδηρος	Cr Χρώμιο 4 Sn Χασαίτερος -	3 Συνεπτικότητα στην κοούση
GTW Λευκός ελατός χυτοσίδηρος	Cu Χαλκός 10 Ta Ταντάλιο 10	4 .1+.2
GGI Χυτοσίδηρος με γραφίτη σε φύλλα	Fe Σίδηρος - Ti Τιτάνιο 10	5 .2+.3
GGG Χυτοσίδηρος με σφαιροειδή γραφίτη	Mg Μαγνήσιο - V Βανάδιο 10	6 .1+.3
CK Χυτό σε κοιλία	Mn Μαγγάνιο 4 W Βολφράμιο 4	7 .1+.2+.3
GG Χυτό με φασφωκετασιμό	Mo Μολυβδάνιο 10 Zn Ψευδάργυρος -	8 Αντοχή στη θερμότητα
	N Αζώτο 100 Zr Ζιρκόνιο 10	9 Ηλεκτρικές ή μαγνητικές ιδιότητες

Κραματοχάλυβες με μικρό βαθμό προσμίξεων

Έτσι χαρακτηρίζει κανείς τους χάλυβες, στους οποίους το άθροισμα των προσμίξεων είναι μικρότερο του 5%. Ο συμβολισμός τους αποτελείται από τον χαρακτηριστικό αριθμό του άνθρακα, τα χημικά σύμβολα των σπουδαιότερων συστατικών τους και τους χαρακτηριστικούς αριθμούς των χημικών στοιχείων στο κράμα. Το ποσοστό των στοιχείων μπορεί να

υπολογιστεί με διαίρεση του χαρακτηριστικού αριθμού του στοιχείου με έναν παράγοντα.

Υπάρχουν τρεις τέτοιοι παράγοντες χαρακτηριστικών αριθμών:

Παράγοντας χαρακτηριστικού αριθμού	4	ισχύει για	Χρómιο Cr	Κοβάλτιο Co	Μαγγάνιο Mn	Νικέλιο Ni	Πυρίτιο Si	Βολφράμιο W
Παράγοντας χαρακτηριστικού αριθμού	10	ισχύει για	Άλουμίνιο Al	Χαλκός Cu	Μολυβδαίνιο Mo	Ταντάλιο Ta	Τιτάνιο Ti	Βανάδιο V
Παράγοντας χαρακτηριστικού αριθμού		ισχύει για	Άνθρακας C	Φώσφορος P	Θείο S	Άζωτο N		

Κραματοχάλυβες με μεγάλο βαθμό προσμίξεων

Στους κραματοχάλυβες αυτούς το άθροισμα των στοιχείων στο κράμα είναι μεγαλύτερο του 5%. Ο χαρακτηρισμός τους αποτελείται από το γράμμα X, τον χαρακτηριστικό αριθμό του άνθρακα, τα χημικά σύμβολα των σπουδαιότερων στοιχείων του κράματος και με την ίδια σειρά κατόπιν τα ποσοστά των στοιχείων αυτών.

Ταχυχάλυβες

Μια ειδική ποιότητα των χαλύβων με μεγάλο βαθμό προσμίξεων είναι οι ταχυχάλυβες. Αυτοί έχουν ειδικό συμβολισμό. Αποτελείται από το γράμμα S και τρεις ή τέσσερις αριθμούς, οι οποίοι δηλώνουν τα ποσοστά των στοιχείων του κράματος με τη σειρά Βολφράμιο, Μολυβδαίνιο, Βανάδιο, Κοβάλτιο.

Χυτά σιδηρούχα υλικά

Η συντομογραφία των χυτών σιδηρούχων υλικών αποτελείται από ένα ως τρία γράμματα χαρακτηριστικά του χυτού και ύστερα από μία παύλα, ακολουθούν αριθμοί ή γράμματα. Αυτά έχουν ανάλογα με το είδος διαφορετική σημασία.

Στον χυτοσίδηρο, ελατό χυτοσίδηρο και καθαρό χυτοχάλυβα πίσω από το σημείο του χυτού υπάρχει ένας ενδεικτικός αριθμός της αντοχής. Με πολλαπλασιασμό του με 9.81 N/mm^2 προκύπτει το ελάχιστο όριο αντοχής του χυτού υλικού.

Ο χυτοχάλυβας κράματος έχει ύστερα από το γράμμα G (συμβολισμός χυτού), μια συντομογραφία σύμφωνα με τη σύνθεσή του, όπως και στους χάλυβες.

UNS	SAE	ΤΥΠΟΣ ΣΤΟΙΧΕΙΟΥ
		Ανθρακούχοι χάλυβες
G10XX0	10XX	Μη θειούχοι χάλυβες, μαγγάνιο 1% (max)
G11XX0	11XX	Θειούχοι χάλυβες
G12XX0	12XX	Φωσφορούχοι, θειούχοι χάλυβες
		Κράματα χαλύβων
G13XX0	13XX	Μαγγανιούχοι χάλυβες
G23XX0	23XX	Νικελιούχοι χάλυβες
G25XX0	25XX	Νικελιούχοι χάλυβες
G31XX0	31XX	Νικελο-χρωμιούχοι χάλυβες
G32XX0	32XX	Νικελο-χρωμιούχοι χάλυβες
G33XX0	33XX	Νικελο-χρωμιούχοι χάλυβες
G34XX0	34XX	Νικελο-χρωμιούχοι χάλυβες
G40XX0	40XX	Μολυβδενιούχοι χάλυβες
G41XX0	41XX	Χρωμιο-μολυβδενιούχοι χάλυβες
G43XX0	43XX	Νικελο-χρωμιο-μολυβδενιούχοι χάλυβες
G44XX0	44XX	Μολυβδενιούχοι χάλυβες
G46XX0	46XX	Νικελο-μολυβδενιούχοι χάλυβες
G47XX0	47XX	Νικελο-χρωμιο-μολυβδενιούχοι χάλυβες
G48XX0	48XX	Νικελο-μολυβδενιούχοι χάλυβες
G50XX0	50XX	Χρωμιούχοι χάλυβες
G51XX0	51XX	Χρωμιούχοι χάλυβες
G50XX6	50XXX	Χρωμιούχοι χάλυβες
G51XX6	51XXX	Χρωμιούχοι χάλυβες
G52XX6	52XXX	Χρωμιούχοι χάλυβες
G61XX0	61XX	Χρωμιο-βαναδιούχοι χάλυβες
G71XX0	71XXX	Βολφραμιο-χρωμιούχοι χάλυβες
G72XX0	72XX	Βολφραμιο-χρωμιούχοι χάλυβες
G81XX0	81XX	Νικελο-χρωμιο-μολυβδενιούχοι χάλυβες
G86XX0	86XX	Νικελο-χρωμιο-μολυβδενιούχοι χάλυβες
G87XX0	87XX	Νικελο-χρωμιο-μολυβδενιούχοι χάλυβες
G88XX0	88XX	Νικελο-χρωμιο-μολυβδενιούχοι χάλυβες
G92XX0	92XX	Πυριτιο-μαγγανιούχοι χάλυβες
G93XX0	93XX	Νικελο-χρωμιο-μολυβδενιούχοι χάλυβες
G94XX0	94XX	Νικελο-χρωμιο-μολυβδενιούχοι χάλυβες
G97XX0	97XX	Νικελο-χρωμιο-μολυβδενιούχοι χάλυβες
G98XX0	98XX	Νικελο-χρωμιο-μολυβδενιούχοι χάλυβες

<i>Ανθρακοχάλυβες & κράματα</i>		
GXXXX1	XXBXX	B σημαίνει Βοριούχοι χάλυβες
GXXXX4	XXLXX	L σημαίνει Μολυβδούχοι χάλυβες
<i>Ανοξείδωτοι χάλυβες</i>		
S2XXXX	302XX	Χρωμιο-νικελιούχοι χάλυβες
S3XXXX	303XX	Χρωμιο-νικελιούχοι χάλυβες
S4XXXX	514XX	Χρωμιούχοι χάλυβες
S5XXXX	515XX	Χρωμιούχοι χάλυβες
<i>Πειραματικοί χάλυβες</i>		
-	EX-	Πειραματικοί χάλυβες SAE

Χάλυβες κατασκευών για σιδηρές κατασκευές και οικοδομικές

Χάλυβες γενικών κατασκευών

Καθαροί χάλυβες, σχετικά φθηνοί, που χρησιμοποιούνται όταν προ πάντων μας ενδιαφέρει η αντοχή του χάλυβα. Δεν είναι κατάλληλοι για θερμικές κατεργασίες. Οι πλέον χρησιμοποιούμενοι φαίνονται στον πίνακα:

Πίνακας: Χάλυβες γενικών κατασκευών

Συντομογραφία κατά DIN 17100	Συντομογραφία κατά DIN 17006	Αριθμός υψικού	Τρόπος αποείσθωσης	Ποσοστό άνθρακα %	Αντοχή εφείκτουσμού σε N/mm ²	Όριο ροής σε N/mm ²	Επιμήκυνση %
St 310	St 33-2	1.0035 [*]	μη καθορισμένο	μη καθορισμένο	310-510	175	18
St 360-2	St 37-2	1.0037	μη καθορισμένο	0,17	360-470	235	26
USt 360-2	USt 37-2	1.0036	U	0,17	360-470	235	26
RSt 360-2	RSt 37-2	1.0038	R	0,17	360-470	235	26
St 360-3	St 37-3	1.0116	RR	0,17	360-470	235	26
St 430-2	-	1.0044	R	0,21	430-540	275	22
St 430-3	-	1.0144	RR	0,20	430-540	275	22
St 510-3	St 52-3	1.0570	RR	0,20	510-630	355	22
St 490-2	St 50-2	1.0050	R	0,30	490-610	295	20
St 590-2	St 60-2	1.0060	R	0,40	590-710	335	16
St 690-2	St 70-2	1.0070	R	0,50	690-830	365	11

Ο χάλυβας γενικών κατασκευών

Προς αποφυγή των μειονεκτημάτων που έχει το υψηλό ποσοστό άνθρακα, αλλά και διατήρηση της μεγάλης αντοχής, αναπτύχθηκε ο χάλυβας γενικών κατασκευών υψηλής αντοχής St 510-3. Έχει

περιεκτικότητα σε άνθρακα μόνον 0.2% και εξ αυτού είναι κατάλληλος για συγκόλληση και έχει ανθεκτικότητα στη θραύση λόγω ψαθυρότητας. Τη μεγάλη του αντοχή και το υψηλό όριο ροής οφείλει στο Μαγγάνιο (περ. 1.5%), στην προσθήκη Αλουμινίου και στους λεπτούς κόκκους της δομής του, οι οποίοι επιτυγχάνονται με ρύθμιση της θερμοκρασίας κατά την έλασή του. Λόγω της λεπτόκοκκης δομής του χαρακτηρίζεται ως λεπτόκοκκος χάλυβας κατασκευών. Είναι το πρότυπο μιας χωριστής ομάδας χαλύβων, της ομάδας χαλύβων κατασκευών για συγκόλληση λεπτόκοκκων υψηλής αντοχής.

Χάλυβες ανθεκτικοί στις καιρικές συνθήκες

Χάλυβες των γενικών κατασκευών, οι οποίοι με ελάχιστη προσθήκη χρωμίου, χαλκού, νικελίου αποκτούν μια πυκνή και ανθεκτική επιφανειακή στοιβάδα, η οποία προστατεύει τον χάλυβα από περαιτέρω διάβρωση από τον αέρα του περιβάλλοντος. Με μια πρόσθετη προστατευτική βαφή μπορούν αυτά τα εξαρτήματα να προστατευτούν για πολλά χρόνια από τη διάβρωση. Ο χαρακτηρισμός αυτών των χαλύβων γίνεται με πρόταξη των γραμμάτων WT. Στο εμπόριο χρησιμοποιούνται προ πάντων οι χάλυβες: WT St 360-2, WT St 360-3 και WT St 510-3.

Καταλληλότητα συγκολλήσεως

Επειδή η συγκόλληση είναι η πλέον κατάλληλη μορφή για συναρμολογήσεις στις σιδηρές κατασκευές, έπεται ότι η καταλληλότητα των χαλύβων για συγκόλληση έχει ιδιαίτερη σημασία. Ανεπιφύλακτα, κατάλληλοι για συγκόλληση είναι οι χάλυβες γενικών κατασκευών με περιεκτικότητα μικρότερη από 0,25%, όπου η καταλληλότητα στη συγκόλληση είναι καλύτερη στους χυτευμένους σε ηρεμία χάλυβες. Πολύ κατάλληλοι για συγκόλληση είναι οι σε ιδιαίτερη ηρεμία χυτευμένοι χάλυβες St 360-3 και St 510-3. Η αντοχή της ραφής αντιστοιχεί σχεδόν προς εκείνη της αντοχής του λοιπού υλικού.

Προϊόντα από χάλυβες γενικών κατασκευών

Από χάλυβες γενικών κατασκευών κατασκευάζεται ένα πλήθος από ημικατεργασμένα και έτοιμα προϊόντα.

- Μορφοσίδηρος θερμής ελάσεως, ράβδοι, σύρματα, λάμες, ταινίες, λαμαρίνες, σιδηροτροχιές, σωλήνες.
- Διάφορα προφίλ από λαμαρίνες, λάμες, ταινίες κατασκευασμένα με διαμόρφωση εν ψυχρώ.
- Χαλυβδοσωλήνες και κοιλοδοκοί (στραντζαριστά) με τετραγωνική ή ορθογώνια διατομή.
- Προφίλ ψυχράς διαμορφώσεως για παράθυρα, πόρτες και εσωτερικές διαμορφώσεις.
- Διάτρητα προφίλ, διάτρητες λαμαρίνες.

- Σύρματα, συρματοσχοίνα, συρματοπλέγματα, υλικό (σύρμα) συγκολλήσεων.
- Λαμαρίνες κυματοειδούς ή τραπεζοειδούς διαμορφώσεως.
- Διάφορα πλέγματα και λαμαρίνες με ανάγλυφα.
- Διακοσμητικές ράβδοι, διακοσμητικά στοιχεία, εξαρτήματα κλιμάκων και κιγκλιδωμάτων.

Πίνακας: Λεπτόκοκκοι χάλυβες κατασκευής υψηλής αντοχής				
Συντομο- γραφία	Αριθμός υλικού	Όριο ροής σε N/mm ²	Αντοχή εφελκυσμού Rm σε N/mm ²	Επιμήκυνση θραύσης A %
Λεπτόκοκκοι χάλυβες κατασκευών σύμφωνα με τους κανονισμούς για χάλυβα/σίδηρο του SEW 089 και 094				
Χάλυβες ποιότητας				
StE 26	1.0461	255	360-480	25
StE 29	1.0486	285	390-510	24
StE 32	1.0846	315	440-560	23
StE 36	1.0854	355	490-630	22
ΕΞευγενισμένοι χάλυβες				
StE 39	1.8900	380	500-650	20
StE 43	1.8902	420	530-680	19
StE 47	1.8905	460	560-730	17
StE 51	1.8907	500	610-780	16
Λεπτόκοκκοι χάλυβες κατασκευών κατά DIN 17102				
StE 460	1.8905	450	560-730	17
StE 690	1.8928	690	790-940	16

Χαλυβδόφυλλα

Η διάκριση των χαλυβδόφυλλων γίνεται σύμφωνα με το πάχος τους. Κατασκευάζονται από διάφορα είδη χαλύβων. Τα πολύ λεπτά φύλλα (εως 0,5mm) και τα λεπτά φύλλα (0,5 έως 3mm) κατασκευάζονται από μαλακό καθαρό χάλυβα.

Τα φύλλα μέσου πάχους (3-4mm) και τα παχέα φύλλα (μεγαλύτερα των 4,75mm) κατασκευάζονται κυρίως από χάλυβες κατασκευών, αλλά και από βελτιωμένους χάλυβες (DIN 1543).

Οι λαμαρίνες λεβητοποιίας χρησιμοποιούνται για την κατασκευή λεβήτων πίεσεως, πιεστικών θερμαινόμενων δοχείων και συσκευών καθώς και σωληνώσεων.

Οι καθαροί χάλυβες για λαμαρίνες λεβητοποιίας έχουν χαρακτηριστική για την ομάδα τους συντομογραφία από H I έως H IV. Με αυξανόμενο λατινικό αριθμό αυξάνεται και το ποσοστό σε άνθρακα και μαγγάνιο και συνεπώς αυξάνεται και η αντοχή τους.

Οι κραματοχάλυβες για λαμαρίνες λεβητοποιίας χαρακτηρίζονται με μια συντομογραφία κατά DIN 17006.

Όλες οι λαμαρίνες λεβητοποιίας είναι ασφαλείς έναντι θραύσεως λόγω ψαθυρότητας και συγκολλούνται με τήξη. Μερικά είδη, χρειάζονται κατά την συγκόλληση προθέρμανση.

Πίνακας: Τυποποιημένες λαμαρίνες λεβητοποιίας κατά DIN 17155 (απόσπασμα)

Συντομο- γραφία σε DIN 17155	Αριθμός υλικού	Αντοχή εφελκυσμού	Όριο ροής σε N/mm ²	Επιμήκυνση θραύσεως %	Σύνθεση			
					C %	Si %	Mn %	Λοιπά %
H I	1.0345	340...440	210...230	25	0,16	0,35	0,4	-
H III	1.0435	430...520	260...280	21	0,22	0,35	0,35	-
17 Mn 4	1.0844	460...550	280...290	20	0,17	0,30	1,0	-
13 CrMo44	1.7335	430...550	300...310	20	0,13	0,25	0,6	1Cr, 0,4 Mo

Μαλακός καθαρός χάλυβας

Έχει την εξής σύνθεση: Άνθρακα $\leq 0,12\%$, Πυρίτιο $\leq 0,2\%$, Μαγγάνιο $\leq 0,45\%$ και ελάχιστο ποσοστό σε S και P.

Η αντοχή του είναι 270 έως 410 N/mm², το όριο ροής 220 έως 280 N/mm² και η επιμήκυνση θραύσεως 28 έως 36 %. Η μεγάλη επιμήκυνση θραύσεως επιτρέπει εξαιρετική διαμόρφωση εν ψυχρώ, ακόμη και με απλά εργαλεία στο εργοτάξιο. Λόγω της μικρής περιεκτικότητας σε άνθρακα, ο χάλυβας αυτός συγκολλάται εύκολα. Η καταλληλότητα για ψυχρή διαμόρφωση βελτιώνεται με ελάττωση της περιεκτικότητας σε C, Si, P και S.

Πίνακας: Μαλακός, καθαρός χάλυβας κατά DIN 1623 (απόσπασμα)

Συντομο- γραφία σε DIN 1623	Αριθμός υλικού	C %	Si %	Mn %	P %	S %	Κατηγορία ποιότητας
St 0	1.0022	0,12	-	0,2-0,45	0,08	0,06	Βασική ποιότητα
St 1	1.0226	0,12	0,03-0,20	0,2-0,45	0,07	0,06	Ποιότητα ανασιδηώσεως
St 2	1.0330	0,10	0,03-0,20	0,2-0,45	0,06	0,05	Ποιότητα κοιλάνσεως
St 3	1.0333	0,10	0,03-0,15	0,2-0,45	0,04	0,04	Ποιότητα βαθείας κοιλάνσεως
St 4	1.0336	0,10	0,03-0,10	0,2-0,45	0,03	0,03	Ιδιαίτερη ποιότητα βαθείας κοιλάνσεως

Βελτιωμένοι χάλυβες

Καθαροί χάλυβες ποιότητας με 0,22 % έως 0,6 % C και εξευγενισμένοι χάλυβες μικρού βαθμού προσμίξεων με 0,3 % έως 0,5 % C και μικροποσοστά στο κράμα από Μαγγάνιο, Χρώμιο, Νικέλιο, Μολυβδαίνιο ή Βανάδιο. Η περιεκτικότητα σε άνθρακα στους βελτιωμένους χάλυβες βρίσκεται σημαντικά υψηλότερα από ότι στους περισσότερους χάλυβες γενικών κατασκευών. Με τη βελτίωση, δηλαδή με βαφή και επαναφορά

βελτιώσεως, παίρνουν τις εξής ιδιότητες χρήσεως: Μεγάλη αντοχή σε εφελκυσμό και συνεκτικότητα.

Από βελτιωμένους χάλυβες κατασκευάζονται εξαρτήματα, τα οποία είναι εκτεθειμένα σε υψηλές καταπονήσεις κρουστικών και ωστικών φορτίων, π.χ. στροφαλοφόροι άξονες, άξονες οχημάτων, άξονες εκκέντρων, πείροι, οδοντοτροχοί, κοχλίες, περικόχλια.

Πίνακας: Βελτιωμένοι χάλυβες κατά DIN 17200 (απόσπασμα)

Συντομογραφία	Αριθμός υλικού	Όριο ροής N/mm ²	Αντοχή εφελκυσμού σε N/mm ²	Επιμήκυνση θραύσεως %
C 35	1.0501	355	530...730	19
Ck 45	1.1191	410	560...810	16
40 Mn4	1.5033	540	780...930	14
34 Cr4	1.7033	590	780...930	14
42 CrMo4	1.7225	755	980...1180	11
34 CrNiMo5	1.6582	835	1080...1230	10

Ανοξειδωτοι χάλυβες

Καλούνται και 'εξευγενισμένοι ανοξειδωτοι', είναι εξευγενισμένοι χάλυβες με περίπου 0,1 % C, 1% Si, 2 % Mn, τουλάχιστον 12 % Cr και κατά περίπτωση στοιχεία στο κράμα, όπως Ni, Ti, Mo.

Οι πλέον χρησιμοποιούμενοι ανοξειδωτοι χάλυβες στην οικοδομή και μεταλλικές κατασκευές φαίνονται στον πίνακα.

Έχουν λεία στιλπνή επιφάνεια, συνήθως χωρίς επικάλυψη, ανθεκτική στη διάβρωση. Υψηλότερα ποσοστά χρωμίου και πρόσθετα στοιχεία στο κράμα όπως Ni, Mo, Ti, Nb βελτιώνουν κι άλλο την αντοχή στη διάβρωση, τις μηχανικές ιδιότητες και τη θερμική συμπεριφορά.

Πίνακας: Ανοξειδωτοι χάλυβες κατά DIN 17440 (απόσπασμα)

Συντομογραφία	Αριθμός υλικού	Όριο ροής N/mm ²	Αντοχή εφελκυσμού σε N/mm ²	Χρήσεις
X 8 Cr 17	1.4015	270	450...600	πλήθια επίπλων ράφια, εξωτερικοί χώροι: σκατάπηλα
X 5 Cr Ni 189	1.4301	185	500...700	εσωτερικοί χώροι: κιγκλιδώματα, έπιπλα, πόρτες, θύρες
X 10 Cr Ni Ti 189	1.4544	205	500...750	εξωτερικοί χώροι: παραβρέσιμα στεγών, κιγκλιδώματα, αυτιά
X5 CrNiMo1810	1.4401	205	500...700	εσωτερικοί χώροι: εγκαταστάσεις υγιεινής
X10CrNiMoTi18	1.4571	225	50...750	εξωτερικοί χώροι: προσώψεις, παράθυρα, πόρτες

Χάλυβας X 8 Cr 17: Φερριτικός με μεγάλο όριο ροής. Σε εσωτερικούς χώρους είναι ανοξειδωτός, ενώ σε εξωτερικούς οξειδώνεται.

Οι χάλυβες με 18 % χρώμιο και τουλάχιστον 8 % νικέλιο είναι ωστενιτικοί. Στους εξωτερικούς χώρους παραμένουν ανοξειδωτοι γι' αυτό είναι κατάλληλοι για χρήση στην ύπαιθρο.

Οι χάλυβες X 5 Cr Ni 18 9 και X 10 Cr Ni Ti 18 9 αντέχουν στην ατμόσφαιρα της πόλεως και των χωριών, ενώ για ατμόσφαιρα βιομηχανικών περιοχών ή θάλασσα είναι αναγκαία η χρήση X 5 Cr Ni Mo 1810 και X 10 Cr Ni Mo Ti 1810.

Χάλυβας για μπετόν και χάλυβας προεντεταμένου σκυροδέματος

Ο χάλυβας για μπετόν χρησιμοποιείται για την ενίσχυση κατασκευών από μπετόν. Το μπετόν είναι ανθεκτικό στη θλίψη αλλά ψαθυρό και μπορεί να παραλάβει πολύ μικρές εφελκυστικές τάσεις, αλλιώς θραύεται. Με τον οπλισμό του μπετόν με χάλυβα λαμβάνει κανείς ένα σύνθετο υλικό, το οπλισμένο σκυρόδεμα (μπετόν αρμέ), το οποίο μπορεί να παραλάβει σημαντικές εφελκυστικές τάσεις. Ο χάλυβας για μπετόν είναι χάλυβας γενικών κατασκευών με περίπου 0.2 % C, 0.6 % Si, 0.06 % Mn, 0.05 % S και 0.01 % N.

Ο χάλυβας προεντεταμένου σκυροδέματος προεντείνεται μέσα στον ξυλότοπο και κατόπιν χύνεται το μπετόν. Μετά την στερεοποίηση του μπετόν απομακρύνονται οι διατάξεις προεντάσεως.

Οι χάλυβας προεντεταμένου σκυροδέματος είναι ή καθαροί χάλυβες ή κραματοχάλυβες χαμηλού βαθμού προσμίξεων με Si, Mn και Cr.

Πίνακας: Χάλυβες μπετόν κατά DIN 488 (απόσπασμα)

Συντομογραφία κατά DIN	Όριο ροής σε N/mm ²	Αντοχή εφελκυσμού σε N/mm ²	Επιμήκυνση θραύσεως %
BSt 22/34	220	340	18
BSt 42/50	420	500	10
BSt 50/55	500	550	8

Πίνακας: Χάλυβες προεντεταμένου σκυροδέματος κατά DIN 4227 (απόσπασμα)

Συντομογραφία κατά DIN	Όριο ροής σε N/mm ²	Αντοχή εφελκυσμού σε N/mm ²	Κατασκευή Επεξεργασία
St 100/125 (καθαρός)	980	1230	Εθασμένος εν θερμώ, προεντεταμένος
St 135/150 (κραματοχάλυβας)	1325	1470	Βελτιωμένος
St 160/180 (κραματοχάλυβας)	1570	1770	Με εθκυσμό εν ψυχρώ

Χάλυβες εργαλείων

Οι χάλυβες εργαλείων είναι χάλυβες, από τους οποίους κατασκευάζονται εργαλεία για την κατεργασία των υλικών. Σε κατάσταση έτοιμου εργαλείου έχουν, ανάλογα με το σκοπό χρήσεως, μεγάλη σκληρότητα και αντοχή με ικανοποιητική συνεκτικότητα. Ακόμη είναι ανθεκτικοί στη φθορά και κατά ένα μέρος ανθεκτικοί στη θερμότητα. Κοινό χαρακτηριστικό των χάλυβων εργαλείων είναι η μεγάλη περιεκτικότητα σε άνθρακα, τουλάχιστον 0,35 %, συνήθως όμως 0,5 % και περισσότερο. Αυτό το ποσοστό άνθρακα είναι η προϋπόθεση για καταλληλότητα βαφής με σκλήρυνση αποψύξεως. Η σκληρότητα και η αντοχή αποκτώνται με θερμική κατεργασία, η οποία αποτελείται από βαφή και αμέσως μετά επαναφορά. Μετά από αυτό είναι τόσο σκληροί που μπορούν να κατεργαστούν μόνο με λειαντικό τροχό.

Πίνακας: Χάλυβες εργαλείων κατά DIN 17350 (επιλογή)						
Συντομογραφία	Αριθμός υλικού	Θερμοκρασία βαφής σε °C	Μέσο αποψύξεως	Θερμοκρασία επαναφοράς σε °C	Σκληρότητα κατά HRC	Χρήση
Καθαροί χάλυβες εργαλείων						
C 70 W1	1.1520	790...840	Νερό (λάδι)	100...300	63	Άξονες κεντρώσεως
C 110 W2	1.1650	760...820	Νερό (λάδι)	100...300	65	Τρυπάνια πέτρας
Κραματοχάλυβες εργαλείων						
145 Cr5	1.2060	820...850	Λάδι	200...300	61	Τραχίσκος πιέσεως
45 WCrV 7	1.2542	890...920	Λάδι	240...280	54	Κοπίδια καμπρεσσέρ
Κραματοχάλυβες εργαλείων μεγάλων προσμίξεων						
X 100 CrMo V 51	1.2363	950...980	Λάδι (αέρας)	100...300	61	Εργαλεία σφαιρικής γρεζιών
X 210 Cr 12	1.2030	930...980	Λάδι (αέρας)	100...300	62	Μαχαίρια ψαλιδιών
Ταχυχάλυβες						
S 12-1-2-5	1.3251	1260...1290	Αέρας (λάδι)	560...580	-	Εργαλεία τόννου, φρέζες
S 2-9-1	1.3346	1200...1230	Αέρας (λάδι)	540...560	-	Τρυπάνια, φρέζες

Οι ιδιότητες των καθαρών χάλυβων εργαλείων καθορίζονται κυρίως από την περιεκτικότητά τους σε άνθρακα (μεταξύ 0,35-1,5 %). Η σκληρότητα των χάλυβων αυξάνεται, ως 1 % με την περιεκτικότητα του άνθρακα. Τότε έχει επιτευχθεί η μέγιστη σκληρότητα. Μια μεγαλύτερη περιεκτικότητα σε άνθρακα ανυψώνει επί πλέον την αντίσταση στη φθορά.

Οι κραματοχάλυβες εργαλείων με μικρό βαθμό προσμίξεων περιέχουν εκτός από άνθρακα (0,35-1,5 %) και μικρά ποσοστά σε Cr, Ni, W, Mo, Mn, και V. Οι αποψύξεις γίνονται στο λάδι (χάλυβες λαδιού), σε ρεύμα αέρα (χάλυβες αέρα) ή σε λουτρά άλατος (τήγμα άλατος). Όσο

μεγαλύτερα τα ποσοστά προσμίξεων, τόσο μεγαλύτερη και η θερμοκρασία βαφής.

Οι ταχυχάλυβες εργαλείων είναι ειδική ομάδα των κραματοχαλύβων εργαλείων με μεγάλο βαθμό προσμίξεων, οι οποίοι είναι γνωστοί με το όνομα High Speed Steel (HSS). Έχουν 0.7 % ως 1.6 % C καθώς και W, Mo, V, και Co.

Η σκληρότητα των κραματοχαλύβων εργαλείων με μεγάλο βαθμό προσμίξεων έχει περίπου την ίδια τιμή με εκείνων των καθαρών χάλυβων εργαλείων. Οι πρώτοι, όμως, έχουν βελτιωμένη αντοχή στη θερμότητα, ώστε να μπορούν να αντέξουν σε αυξημένες θερμοκρασίες κατεργασίας. Έτσι επιτυγχάνονται μεγάλες διάρκειες ζωής των εργαλείων και μεγαλύτερες ποσότητες αφαιρούμενου υλικού από τα τεμάχια σε σύγκριση με τους καθαρούς χάλυβες.

Κατάταξη των χάλυβων εργαλείων

Ανάλογα με το σκοπό χρήσεως, οι χάλυβες εργαλείων υποδιαιρούνται σε χάλυβες ψυχρών κατεργασιών, θερμών κατεργασιών και ταχυχάλυβες.

Χάλυβες ψυχρών κατεργασιών

Καθαροί ή κραματοχάλυβες εργαλείων για χρήση, κατά την οποία η θερμοκρασία στην επιφάνεια του εργαλείου κατά τη χρησιμοποίησή του είναι μικρότερη των 200° C.

Υπάρχουν τέσσερις ομάδες ποιτήτων για τους καθαρούς χάλυβες ψυχρών κατεργασιών: W1, W2, W3, WS, όπου W1 η καλύτερη ποιότητα. Οι κραματοχάλυβες ψυχρών κατεργασιών αποκτούν με τις προσμίξεις στο κράμα αυξημένη αντοχή, συνεκτικότητα και αντοχή στη φθορά.

Χάλυβες θερμών κατεργασιών

Κραματοχάλυβες εργαλείων για χρήση, κατά την οποία η θερμοκρασία στην επιφάνεια του εργαλείου κατά τη χρησιμοποίησή του είναι μεγαλύτερη των 200°C. Η περιεκτικότητά τους σε C είναι ως 2,2 %, εκτός αυτού περιέχουν στο κράμα Cr, W, Si, Ni, Mo, Mn, V, Co. Τα στοιχεία στο κράμα είναι έτσι εναρμονισμένα μεταξύ τους, ώστε αυτοί οι χάλυβες να έχουν εκτός από μεγάλη σκληρότητα και αντοχή και μεγάλη ικανότητα διατηρήσεως των ιδιοτήτων αυτών και στις υψηλές θερμοκρασίες.

Ταχυχάλυβες εργαλείων

Κραματοχάλυβες εργαλείων μεγάλου βαθμού προσμίξεων, για χρήσεις, κατά τις οποίες η θερμοκρασία στην επιφάνεια του εργαλείου κατά τη χρήση τους φθάνει περίπου στους 600°C.

Περιέχουν ως 1.6 % C καθώς και τα στοιχεία W, Mo, V, Co και Cr. Αυτά σχηματίζουν στο κράμα καρβίδια. Γι' αυτό οι ταχυχάλυβες διατηρούν τη σκληρότητά τους, σε υψηλό βαθμό, στις θερμοκρασίες κατεργασίας καθώς και την αντοχή τους, τη συνεκτικότητά τους και την αντοχή τους στην επαναφορά.

Χρησιμοποιούνται κυρίως για εργαλεία κοπής και διαμορφώσεων υψηλών απαιτήσεων, εργαλεία τόνων, ξεχονδρίσματος και αποπερατώσεως, φρέζες, εργαλεία πλάνης, τρυπάνια κλπ.

Οι ταχυχάλυβες εργαλείων έχουν ειδική συντομογραφία, η οποία αποτελείται από το σύμβολο S και τα ποσοστά κράματος με τη σειρά W, Mo, V, Co.

Χαρακτηριστικά μερικών Ανοξειδωτων χαλύβων της σειράς AISI 300

AISI	Χαρακτηριστικά
301	Υψηλός ρυθμός σκλήρυνσης, οι εφαρμογές απαιτούν υψηλή αντοχή και ελατότητα.
302	Υψηλότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα, τροποποίηση του τύπου 304 για υψηλότερη αντοχή σε κατεργασία εν ψυχρώ.
303	Τροποποίηση του τύπου 302, ελεύθερης κατεργασίας του θείου.
303Se	Τροποποίηση του τύπου 302, ελεύθερης κατεργασίας του σεληνίου.
304	Γενικής χρήσης ωστενιτικός για αυξημένη αντίσταση στη διάβρωση
304L	Τροποποίηση του τύπου 304, χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα για εφαρμογές συγκόλλησης
305	Χαμηλός ρυθμός σκλήρυνσης, μορφοποίηση με περιστροφή.
309	Υψηλής αντοχής στη θερμοκρασία και αντίσταση στην οξείδωση
309S	Χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, τροποποίηση του τύπου 309 για συγκολλήσεις.
310	Υψηλής αντοχής στη θερμοκρασία και αντίσταση στην οξείδωση μεγαλύτερη από τον τύπο 309.
310S	Χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, τροποποίηση του τύπου 310 για συγκολλήσεις.
314	Αυξημένη αντίσταση στην οξείδωση, πάνω από τον τύπο 310.
316	Με προσθήκη μολυβδου για βελτίωση της αντίστασης σε διάβρωση και της μετατροπής σχήματος, πάνω από τον τύπο 302.
316L	Χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, τροποποίηση του τύπου 316 για συγκολλήσεις.
317	Αυξημένη προσθήκη μολυβδου για βελτίωση της αντίστασης σε διάβρωση, πάνω από τον τύπο 316.
321	Σταθεροποίηση με τιτάνιο για λειτουργία στους 800-1600° F και ελαχιστοποίηση της καθίζησης των καρβιδίων στη συγκόλληση, για αντίσταση στην εσωτερική διάβρωση.
347	Σταθεροποίηση με κολόμβιο για λειτουργία στους 800-1600° F και ελαχιστοποίηση της καθίζησης των καρβιδίων στη συγκόλληση, για αντίσταση στην εσωτερική διάβρωση.

Αναγνώριση ανοξειδωτων χαλύβων

Παρακάτω περιγράφεται μια μέθοδος για να προσδιοριστεί αν ένας χάλυβας είναι ανοξειδωτος ή ανθρακοχάλυβας.

1. Φτιάχνουμε ένα υδατινο διάλυμα 7% - 8% θεικού χαλκού (CuSO_4). Χρησιμοποιούμε αναλογία 86g θεικού χαλκού ανά λίτρο νερού. Ειδικό βάρος: 1.08 g/ml, ή 11°Be'.
2. Καθαρίζουμε μια μικρή επιφάνεια του μετάλλου που θα δοκιμαστεί. Κάθε υπόλειμμα ή λιπαρή ουσία πρέπει να απομακρυνθούν. Λειαίνουμε ελαφρά την επιφάνεια, αν είναι απαραίτητο.
3. Ρίχνουμε μερικές σταγόνες διαλύματος θεικού χαλκού στην καθαρισμένη επιφάνεια του μετάλλου.
4. Αν το υλικό είναι συνηθισμένος ανθρακοχάλυβας ή σίδηρος, θα σχηματιστεί μια μεταλλική χάλκινη λεπτή επιφάνεια, στο σημείο όπου το διάλυμα έρχεται σε επαφή με το μέταλλο. Αντίθετα, αν είναι ανοξειδωτος χάλυβας, δεν θα εμφανιστεί κενένα ίχνος χαλκού.
5. Τοποθετώντας έναν μικρό μαγνήτη στο δείγμα, διάπιστώνουμε αν ο ανοξειδωτος χάλυβας είναι ωστενιτικός ή σιδηρίτης. Αν είναι σιδηρίτης μαγνητίζεται, διότι ο μαγνήτης έλκει σιδηρούχα υλικά. Οι ωστενιτικοί δεν είναι μαγνητικοί, αν και οι εν ψυχρώ κατεργασμένοι ωστενιτικοί, παρουσιάζουν αδύναμες μαγνητικές ιδιότητες. Επίσης, οι χρωμιούχοι ανοξειδωτοι χάλυβες, που έχουν υποστεί σκλήρυνση, είναι μαγνητικοί.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 3^ο

***Ονοματολογία όρων και μηχανικών ιδιοτήτων
που αφορούν τον χάλυβα***

Σκλήρυνση με (τεχνητή) γήρανση

Διαδικασία γήρανσης, η οποία αυξάνει τη σκληρότητα και την αντοχή. Η γήρανση ακολουθείται συνήθως από γρήγορη ψύξη ή κατεργασία εν ψυχρώ.

Ανόπτηση

Διαδικασία που περιλαμβάνει θέρμανση και ψύξη και εφαρμόζεται συνήθως για να επιφέρει ευκαμψία (το υλικό γίνεται πιο μαλακό).

Ωστενίτης

Όρος που καθορίζει μια μεταλλουργική φάση του χάλυβα, π.χ. ωστενιτικός ανοξείδωτος χάλυβας.

Ενανθράκωση

Για την εισαγωγή του άνθρακα, ενώ ο χάλυβας είναι λιωμένος, ή ενώ βρίσκεται σε στέρεη κατάσταση, με θέρμανση σε επαφή με ανθρακικά υλικά, κάτω από το σημείο τήξης του.

Επιφανειακή σκλήρυνση (βαφή)

Διαδικασία σκλήρυνσης ενός σιδηρούχου κράματος, έτσι ώστε το επιφανειακό στρώμα να είναι πολύ σκληρότερο από το εσωτερικό του κομματιού. Οι τυπικές διαδικασίες για επιφανειακή σκλήρυνση είναι ενανθράκωση και εμβάπτιση, κυάνωση, ενδοκυάνωση, εναζώτωση, επαγωγή και σκλήρυνση με υποβολή σε υψηλές θερμοκρασίες. Επιφανειακή σκλήρυνση κατά Rockwell 55-60, αποκτάται εύκολα σε μεσαίους – υψηλούς ανθρακοχάλυβες.

Ελατότητα

Η ιδιότητα ενός υλικού, που του επιτρέπει να αλλάξει σχήμα πριν επέλθει θραύση υπό πίεση.

Όριο ελαστικότητας

Η μέγιστη τάση, που είναι ικανό να δεχτεί ένα υλικό, χωρίς να υποστεί μόνιμη παραμόρφωση.

Κόπωση

Η τάση ενός μετάλλου να σπάσει, ύστερα από επαναλαμβανόμενες ή κυκλικές φορτίσεις, οι οποίες βρίσκονται κάτω από τη μέγιστη-εφελκυστική τάση. Γνωστό και σαν όριο κοπώσεως.

Σκλήρυνση (βαφή) με υψηλή θερμοκρασία

Διαδικασία σκλήρυνσης ενός σιδηρούχου κράματος θερμαίνοντάς το πάνω από την περιοχή (ζώνη) μετασχηματισμού του, με τη βοήθεια υψηλής θερμοκρασίας για συγκεκριμένο χρονικό διάστημα και τέλος ψύξης όπως απαιτείται.

Σκληρότητα

Η αντίσταση ενός υλικού στη χάραξή του από σκληρότερο προδιαγεγραμμένο υλικό. Κατά τον καθορισμό της ιδιότητας αυτής ενός σιδηρούχου κράματος, δίδεται και η κατανομή της σκληρότητας προς το βάθος του υλικού.

Σκλήρυνση με επαγωγή

Διαδικασία σκλήρυνσης ενός σιδηρούχου κράματος θερμαίνοντάς το πάνω από την περιοχή (ζώνη) μετασχηματισμού του, μέσω ηλεκτρικής επαγωγής και ψύξης όπως απαιτείται.

Εφησυχασμένος χάλυβας

Χάλυβας, ο οποίος έχει διοξειδωθεί με πυρίτιο ή αλουμίνιο, για να μειωθεί το οξυγόνο που περιέχεται, έτσι ώστε να μη συμβεί αντίδραση μεταξύ του άνθρακα και του οξυγόνου, κατά τη διάρκεια της στερεοποίησης.

Μαρτενσίτης

Ένα ασταθές συστατικό σε εμβαπτισμένο χάλυβα που έχει σχηματιστεί, χωρίς διάχυση, κατά τη διάρκεια ψύξης υπό ορισμένη θερμοκρασία. Ο μαρτενσίτης είναι το σκληρότερο από τα μετασχηματιζόμενα προϊόντα του ωστενίτη.

Εναζώτωση

Διαδικασία επιφανειακής σκλήρυνσης, κατά την οποία ένα σιδηρούχο κράμα, συνήθως ειδικής σύστασης, θερμαίνεται σε ατμόσφαιρα αμμωνίας ή σε απ' ευθείας επαφή με ένα αζωτογενές υλικό, για την παραγωγή σκληρής επιφάνειας απορροφώντας άζωτο και χωρίς εμβάπτιση.

Εξομάλυνση

Θέρμανση ενός κομματιού χάλυβα μεγάλης αντοχής, σε θερμοκρασία 100°F πάνω από το κρίσιμο σημείο και ψύξη σε αέρα χωρίς ροή.

Pickling

Χημική ή ηλεκτροχημική αφαίρεση επιφανειακών στρωμάτων και οξειδίων.

Σκλήρυνση με εμβάπτιση

Θέρμανση του χάλυβα μέσα ή πάνω από την περιοχή μετασχηματισμού του και ψύξη σε ρυθμό γρηγορότερο από τον κρίσιμο ρυθμό, για να αυξηθεί σημαντικά η σκληρότητα. Συνήθως συνεπάγεται και σχηματισμός του μαρτενσίτη.

Θερμική κατεργασία

Διαδικασία κατά την οποία ένα κράμα θερμαίνεται σε κατάλληλη θερμοκρασία, διατηρείται σ' αυτήν αρκετά, ώστε να εισέλθουν συγκεκριμένα συστατικά σε στέρεο διάλυμα και ψύχεται γρήγορα, για να διατηρήσει τα συστατικά στο

διάλυμα. Το μέταλλο αφήνεται σε υπερκορεσμένη κατάσταση, η οποία είναι ασταθής και μπορεί να επιφέρει σκλήρυνση, με τεχνητή γήρανση.

Σφαιροποίηση

Κάθε διαδικασία θέρμανσης και ψύξης, η οποία παράγει στρογγυλεμένη ή σφαιρική μορφή των καρβιδίων στους χάλυβες.

Σκλήρυνση με φόρτιση

Βελτίωση της σκληρότητας και της αντοχής, εξαιτίας πλαστικής παραμόρφωσης, σε θερμοκρασίες χαμηλότερες από την περιοχή επανακρυσταλλοποίησης.

Αποτακτική ανόπτηση

Διαδικασία μείωσης της παραμένουσας τάσης σε μεταλλικό κομμάτι, θερμαίνοντάς το σε κατάλληλη θερμοκρασία και διατηρώντας τη για αρκετή ώρα. Αυτή η διαδικασία εφαρμόζεται για αποφόρτιση τάσεων που έχουν εισαχθεί με χύτευση, ψύξη, εξομάλυνση, μορφοποίηση με αφαίρεση υλικού, κατεργασία εν ψυχρώ ή συγκόλληση.

Επαναφορά

Κατάσταση που δημιουργείται σε ένα μέταλλο ή κράμα, με μηχανική ή θερμική κατεργασία και έχει χαρακτηριστική δομή και μηχανικές ιδιότητες. Εκτός από μη ομαλές επαναφορές, οι καταστάσεις που δημιουργούνται με θερμική κατεργασία είναι η επαναφορά θερμικής κατεργασίας και η βαφή θερμικής κατεργασίας και τεχνητής γήρανσης.

Όριο διαρροής

Η τάση στην οποία ένα υλικό παρουσιάζει μια ορισμένη απόκλιση από την αναλογία τάσης-παραμόρφωσης. Στους περισσότερους χάλυβες, υπάρχει μια αναλογία μεταξύ της τάσης, η οποία παράγει συγκεκριμένη παραμόρφωση. Το φαινόμενο είναι γνωστό σαν νόμος του Hooke. Όταν ένα υλικό περάσει το όριο διαρροής του, τότε μικρότερη ονομαστική τάση δημιουργεί μεγαλύτερη παραμόρφωση.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 4^ο

Χρήση & Χημική σύσταση χαλύβων Ταξινόμηση κατά SAE

Ανθρακοχάλυβες και κράματα χαλύβων

- SAE/AISI 1006 – 1015: Χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Χρησιμοποιείται για συγκολλήσεις μεταλλικών φύλλων, λωρίδων, καλωδίων. Άριστη ποιότητα σφυρηλάτησης. Μειωμένη αντοχή σε εφαρμογές.
- SAE/AISI 1016 – 1030: Αυξημένης αντοχής, πάνω από την κατηγορία χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Γνωστοί και σαν ‘επιφανειακής σκλήρυνσης’ ή κατηγορίες ενανθράκωσης. Οι υψηλής περιεκτικότητας σε μαγγάνιο κατηγορίες, μορφοποιούνται εξίσου καλά. Οι υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα χρησιμοποιούνται για παχύτερα κομμάτια, όπου επιθυμείται καλύτερος πυρήνας. Ο τύπος 1018 χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές, μπορεί να βαφεί εύκολα και είναι άμεσα διαθέσιμος. Οι κατηγορίες 1020 και 1025 (πίνακας 1/παράρτημα 2) χρησιμοποιούνται για κοχλίες χαμηλής αντοχής. Όλοι αυτοί οι χάλυβες μπορούν να χρησιμοποιηθούν άμεσα για συγκόλληση.
- SAE/AISI 1030 – 1052: Μέσης περιεκτικότητας σε άνθρακα (πιν.12-13/Παρ.2). Όλοι αυτοί οι χάλυβες χρησιμοποιούνται για σφυρηλασία. Εργαλεία, όπως τσεκούρια, φτιάχνονται από τις κατηγορίες 1038-1045. Ευρέως χρησιμοποιούμενοι για κατεργασμένα κομμάτια, που έχουν υποστεί ή όχι, θερμική κατεργασία. Η συγκόλληση είναι δυνατή, με ιδιαίτερη προσοχή κατά τη διαδικασία της ψύξης.
- SAE/AISI 1055 – 1095: Υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα (πιν.14-17/παρ.2). Χρησιμοποιούνται για ελατήρια, καλώδια, σύρματα, κοπτικά εργαλεία και πολλές εφαρμογές που χρειάζονται υψηλές αντοχές. Αυτοί οι χάλυβες συνήθως κατεργάζονται θερμικά για κάθε συγκεκριμένη εφαρμογή και παρέχουν ανθεκτικότητα στη φθορά από τριβή. Δεν συνίστανται για συγκολλήσεις.

Ειδικές εφαρμογές

- SAE/AISI 1018: Χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, μέσης περιεκτικότητας σε μαγγάνιο. Ποιότητα για ενανθρακωμένα κομμάτια, όπως οδοντωτούς τροχούς, κοχλίες, πείρους, άτρακτους, κ.α.
- SAE/AISI 1035: Ειδική ποιότητα χάλυβα, μέσης περιεκτικότητας σε άνθρακα. Χρησιμοποιείται για κοχλίες, περικόχλια, ατράκτους, πείρους κ.α. Μπορεί να κατεργαστεί θερμικά.

- SAE/AISI 1045: Ειδική ποιότητα χάλυβα, μέσης περιεκτικότητας σε άνθρακα. Χρησιμοποιείται για ατράκτους, άξονες, οδοντωτούς τροχούς, πολύσφηνα, κ.α. Μπορεί να κατεργαστεί θερμικά.
- SAE/AISI 12L14: Χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, θειούχος, φωσφορούχος και μολυβδούχος χάλυβας, που χρησιμοποιείται για βιδωτά κομμάτια, όπως περικόχλια και διάφορες συνδέσεις. Μπορεί να υποστεί επιφανειακή σκλήρυνση (βαφή).
- SAE/AISI 1215: Παρόμοιο με το 12L14 και χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Χρησιμοποιείται για περικόχλια και συνδέσεις. Μπορεί να υποστεί επιφανειακή σκλήρυνση (βαφή).
- SAE/AISI 12L15: Μολυβδούχα έκδοση του 1215, που χρησιμοποιείται για βιδωτά κομμάτια. Μπορεί να υποστεί επιφανειακή σκλήρυνση (βαφή).
- SAE/AISI 1117: Χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, θειούχος, ελευθέρως κοπής, που χρησιμοποιείται για ατράκτους, οδοντωτούς τροχούς, πείρους, περικόχλια, κ.α. Μπορεί να ενανθρακωθεί.
- SAE/AISI 11L17: Μολυβδούχα έκδοση του 1117, που χρησιμοποιείται για βιδωτά κομμάτια. Μπορεί να ενανθρακωθεί.
- SAE/AISI 1141: Μέσης περιεκτικότητας σε άνθρακα, θειούχος, ελευθέρως κοπής, που χρησιμοποιείται για ατράκτους, κοχλίες, περικόχλια, κ.α. Μπορεί να σκληρυνθεί μέσω θερμικής κατεργασίας.
- SAE/AISI 4140: Μέσης περιεκτικότητας σε άνθρακα, χρωμιο-μολυβδενιούχο κράμα, που χρησιμοποιείται για περικόχλια, κοχλίες, οδοντωτούς τροχούς, ατράκτους, κλειδιά (αποκοχλίωσης), κ.α. Μπορεί να κατεργαστεί θερμικά.
- SAE/AISI 41L40: Μολυβδούχα έκδοση του 4140, ελευθέρως κατεργασίας. Μπορεί να κατεργαστεί θερμικά.
- SAE/AISI 4145: Μέσης περιεκτικότητας σε άνθρακα, χρωμιο-μολυβδενιούχος χάλυβας, που χρησιμοποιείται για περικόχλια, κοχλίες, ατράκτους, οδοντωτούς τροχούς, κλειδιά (αποκοχλίωσης), κ.α. Μπορεί να κατεργαστεί θερμικά.
- SAE/AISI 41L45: Μολυβδούχα έκδοση του 4145, ελευθέρως κατεργασίας. Μπορεί να κατεργαστεί θερμικά.
- SAE/AISI 4620: Χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, νικελοχρωμιούχος χάλυβας, που χρησιμοποιείται για οδοντωτούς τροχούς, έκκεντρα, οδοντωτούς τροχίσκους (πινιόν) και ατράκτους. Άριστη ενανθράκωση.
- SAE/AISI 46L20: Μολυβδούχα έκδοση του 4620, ελευθέρως κατεργασίας. Μπορεί να ενανθρακωθεί.
- SAE/AISI 8620: Χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, νικελο-χρωμιο-μολυβδενιούχος χάλυβας, που χρησιμοποιείται για οδοντωτούς

τροχούς, έκκεντρα, οδοντωτούς τροχίσκους (πινιόν) και ατράκτους. Άριστη ενανθράκωση.

- SAE/AISI 86L20: Μολυβδούχα έκδοση του 8620, ελευθέρως κατεργασίας. Μπορεί να ενανθρακωθεί.
- SAE/AISI 4340: Μέσης περιεκτικότητας σε άνθρακα, νικελοχρωμιο-μολυβδενιούχο κράμα, που χρησιμοποιείται για οδοντωτούς τροχούς και ατράκτους. Έχει υψηλή σκληρότητα.
- EF 4130: Κράμα για αεροσκάφη και υψηλής ποιότητας κατασκευές.
- EF 4330: Κράμα για αεροσκάφη και υψηλής ποιότητας κατασκευές.
- E 4340, EF 4620, EF 8740 & E 9310: Κράμα για αεροσκάφη και υψηλής ποιότητας κατασκευές.

Χρωμιο-νικελιούχοι ανοξειδωτοί χάλυβες (ωστενίτες)

- 201: Χαμηλής περιεκτικότητας σε νικέλιο, καλή αντίσταση στη διάβρωση. Υψηλός ρυθμός σκλήρυνσης. Άριστη ικανότητα συγκόλλησης.
- 202: Τύπος γενικής χρήσης αντίστοιχος με τον 302.
- 203 EZ: Καλύτερης κατεργασιμότητας. Καλή αντίσταση στη διάβρωση.
- 216: Καλύτερη αντίσταση στη διάβρωση από κάθε άλλο χρωμιο-νικελιο-μαγγανιούχο ανοξειδωτο χάλυβα.
- 301: Υψηλός ρυθμός σκλήρυνσης. Χρησιμοποιείται σε δομικές εφαρμογές, όπου απαιτείται υψηλή αντοχή και αντίσταση σε ατμοσφαιρική διάβρωση.
- 302: Ανοξειδωτος χάλυβας γενικής χρήσης, με καλές αντοχές. Αντίσταση σε συνθήκες που μπορούν να προκαλέσουν διάβρωση.
- 303: Τύπος ελευθέρως κατεργασίας που χρησιμοποιείται σε διαβρωτικές ατμόσφαιρες, σε δυνατά χημικά διαλύματα, σε οργανικές χημικές ενώσεις, στις περισσότερες βαφές, νιτρικά οξέα και τροφές.
- 303 Pb: Μολυβδούχα έκδοση του τύπου 303 που χρησιμοποιείται σε αυτόματες λειτουργίες κατεργασίας αφαίρεσης υλικού, μεγάλου όγκου.
- 304: Παραλλαγή του τύπου 302 χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Χρειάζεται προσοχή κατά τη συγκόλληση. Άριστη αντίσταση σε μεγάλο αριθμό διαβρωτικών συνθηκών και χημικών.
- 304L: Παραλλαγή του τύπου 304, εξαιρετικά χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Η χαμηλή περιεκτικότητα σε άνθρακα εμποδίζει την καθίζηση καρβιδίων κατά τη διάρκεια της συγκόλλησης, η οποία μπορεί να προκαλέσει ραγίσματα στα σημεία συγκόλλησης. Άριστη ικανότητα συγκόλλησης.

- 305: Καλή ανοξειδωτή κατασκευή για χρήση με περιστροφική κίνηση και ψυχρές κατεργασίες.
- 309: Χρήση σε εφαρμογές υψηλής θερμοκρασίας. Αντίσταση στα περισσότερα οξείδια.
- 310: Υψηλότερη περιεκτικότητα σε κράμα βελτιώνει τα βασικά χαρακτηριστικά. Βελτιωμένο περισσότερο από τους τύπους 304 και 309, για καλύτερη αντίσταση σε διαβρωτικό και υψηλής θερμοκρασίας περιβάλλον.
- 316: Πιο καλή αντίσταση στη διάβρωση, από όλους τους ανοξειδωτούς χάλυβες. Αντέχει στις κοιλότητες και στα περισσότερα χημικά. Χρησιμοποιείται για κομμάτια μηχανής χαρτιού, κομμάτια στη βιομηχανία της φωτογραφίας και κλωβούς / δοχεία. Αντοχή σε υψηλές θερμοκρασίες.
- 316 L: Παραλλαγή του τύπου 316, χαμηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα, που μπορεί να συγκολληθεί εύκολα, χωρίς καθίζηση καρβιδίων.
- 317: Υψηλότερης περιεκτικότητας σε κράμα από τον τύπο 316, που παρέχει καλύτερη αντίσταση στη διάβρωση.
- 321: Αυτό το κράμα έχει σταθεροποιηθεί με τιτάριο, για συγκολλήσεις που είναι επιρρεπείς σε διάβρωση υψηλού βαθμού. Άριστη αντίσταση στη διάβρωση, σε ευρύ φάσμα οργανικών και ανόργανων ουσιών.
- 347: Σταθεροποιημένο με ταντάλιο (Ta) και κολόμβιο (Cb), για χρήση στην καρβιδική καθίζηση της τάξης 800-1500°F, χωρίς επίδραση στην αντίσταση σε διάβρωση.

Χρωμιούχοι ανοξειδωτοί χάλυβες (φερίτες)

- 407: Χρησιμοποιείται στους σιγαστήρες εξατμίσεων (αυτοκινήτων, μηχανών...) και σε μη 'επικίνδυνα' εξωτερικά κομμάτια. Οικονομικό και εύκολα κατασκευαζόμενο.
- 430: Χρησιμοποιείται περισσότερο για τους τύπους του χρωμιούχου ανοξειδωτού χάλυβα, που δεν μπορούν να υποστούν σκλήρυνση. Καλές μηχανικές ιδιότητες και αντοχή στη θερμοκρασία. Αντίσταση στα νιτρικά οξέα, αέρια του θείου και σε πολλές οργανικές ενώσεις, συμπεριλαμβανομένων και των τροφών.
- 430 F: Έκδοση ελευθέρως κατεργασίας του τύπου 430, με παρόμοιες ιδιότητες.
- 446: Υψηλή αντίσταση σε διάβρωση και αύξηση σε υψηλές θερμοκρασίες. Άριστη συμπεριφορά σε θεϊκές ατμόσφαιρες.

Χρωμιούχοι ανοξείδωτοι χάλυβες (μαρτενσίτες)

- 403: Άριστη ποιότητα που χρησιμοποιείται σε κομμάτια που δέχονται μεγάλες καταπονήσεις, όπως πτερύγια στροβιλοφόρων κινητήρων. Καλή αντίσταση στην ατμοσφαιρική διάβρωση και διάβρωση εξαιτίας του νερού.
- 405: Παραλλαγή του τύπου 410, για βελτιωμένη ικανότητα συγκόλλησης. Ίδια αντίσταση στη διάβρωση με τον τύπο 403.
- 410: Χαμηλού κόστους, γενικής χρήσης ανοξείδωτος χάλυβας, ο οποίος μπορεί να υποστεί θεμική κατεργασία. Χρησιμοποιείται όπου η διάβρωση είναι περιορισμένη.
- 410 S: Ίδιου τύπου με τον 410, εκτός από τη χαμηλότερη περιεκτικότητα σε άνθρακα, για καλύτερη ικανότητα συγκόλλησης.
- 414: Τροποποίηση του 410 με περισσότερο νικέλιο, για βελτίωση της αντίστασης σε διάβρωση. Μπορεί να κατεργαστεί θερμικά σε Rockwell C25 μέχρι C43.
- 416: Έκδοση ελευθέρως κατεργασίας του τύπου 410, με αντίσταση στη διάβρωση από οξέα τροφών, βασικά άλατα, νερό και τα περισσότερα προϊόντα που προκαλούν ατμοσφαιρική διάβρωση.
- 440 A, B, C & F: Σειρά υψηλής περιεκτικότητας σε άνθρακα. Όλα έχουν την ίδια βασική σύνθεση, εκτός από την περιεκτικότητα σε άνθρακα. Μπορούν να κατεργαστούν θερμικά για υψηλές αντοχές και υψηλή σκληρότητα. Αυτοί οι χάλυβες αντιστέκονται στη διάβρωση, μόνο στην κατάσταση σκλήρυνσής τους. Ο τύπος 440 F είναι ελευθέρως κατεργασίας και χρησιμοποιείται σε πολλές εφαρμογές.

Ανοξείδωτοι χάλυβες χαμηλής περιεκτικότητας σε χρώμιο

- PH 13-8 Mo
- 15-5 PH
- PH 15-7 Mo
- 17-4 PH
- 17-7 PH

Όλοι οι τύποι αυτής της κατηγορίας παρέχουν άριστη αντίσταση σε διάβρωση, παρόμοια με των ωστενιτικών ανοξείδωτων χαλύβων και μπορούν να κατεργαστούν θερμικά σε διάφορες καταστάσεις υψηλής φόρτισης, με την ελάχιστη διαστρέβλωση (παραμόρφωση). Προμηθεύονται σε κατάσταση ανόπτησης για ευκολότερη μορφοποίηση. Αποκτούν τις ιδιότητές τους μέσω

γήρανσης σε επιλεγμένες θερμοκρασίες. Μπορούν να προμηθευτούν σαν χάλυβες για πιο απαιτητικές εφαρμογές. Χρησιμοποιούνται σε πολλές, υψηλής αντοχής, αντιδιαβρωτικές εφαρμογές.

(για ανοξείδωτους χάλυβες, παρ.2/ πιν.18-34)

Χάλυβες υψηλής αντοχής και χαμηλής περιεκτικότητας σε κράμα (HSLA: High-Strength, Low-Alloy)

Παρόλο που αυτοί οι χάλυβες έχουν χαμηλή περιεκτικότητα σε κράμα, είναι πολύ ανθεκτικοί και έχουν πολύ καλές ιδιότητες, που τους κάνουν πολύτιμους σε πολλές εφαρμογές.

Οι χάλυβες HSLA έχουν κάνει την εμφάνισή τους εδώ και 75 χρόνια. Μερικοί από τους περισσότερους γερμανικούς χάλυβες, που χρησιμοποιήθηκαν σε πολεμικά όπλα, θα μπορούσαν να καταταχθούν σαν σύγχρονοι HSLA χάλυβες, οι οποίοι είναι επιχαλωμένοι, για βελτίωση της αντίστασης στην ατμοσφαιρική διάβρωση.

Πολλοί από τους HSLA χάλυβες βασίζονται στην περιεκτικότητα σε άνθρακα, μαγγάνιο και πυρίτιο, για να επιτύχουν τις αντοχές που σχετίζονται με αυτά τα ιδιαίτερα υλικά. Άλλα κραμικά στοιχεία όπως νικέλιο, χρώμιο και χαλκός εμπεριέχονται σε μερικούς από αυτούς τους χάλυβες.

Χάλυβες πολύ υψηλής αντοχής

Δομικοί χάλυβες με πολύ υψηλά όρια αντοχής, αναφέρονται σαν “πολύ υψηλής αντοχής χάλυβες”. Σαν ελάχιστο όριο διαρροής, για αυτή την κατηγορία χαλύβων, έχει καθιερωθεί 200 ksi.

Ο τύπος AISI 4340 χρησιμοποιείται σε κρίσιμες εφαρμογές, όπως διαστημικά αεροσκάφη και αεροσκάφη των ενόπλων δυνάμεων.

Σύγχρονοι χάλυβες στην πολεμική βιομηχανία

Οι πιο συνηθισμένοι χάλυβες που χρησιμοποιούνται σε πολεμικά υλικά είναι οι: 4130, 4140, 4340, 8620, 8640 και 416 ανοξείδωτος.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 5^ο

Θερμικές κατεργασίες χαλύβων

Ταξινόμηση κατά SAE

Επίδραση της θερμοκρασίας

Γενικά, οι χαμηλές θερμοκρασίες (χαμηλότερες από τη θερμοκρασία δωματίου) αυξάνουν τις αντοχές των μετάλλων, ενώ η ελατότητα συνήθως μειώνεται.

Αντίθετα, οι θερμοκρασίες οι οποίες ξεπερνούν τη θερμοκρασία δωματίου, μειώνουν τις αντοχές των μετάλλων. Η μείωση αυτή εξαρτάται από πολλούς παράγοντες, όπως η θερμοκρασία, ο χρόνος έκθεσης και τα χαρακτηριστικά του υλικού. Η ελατότητα μπορεί να αυξηθεί ή να μειωθεί με την αύξηση της θερμοκρασίας, εξαρτώμενη από τις ίδιες μεταβλητές.

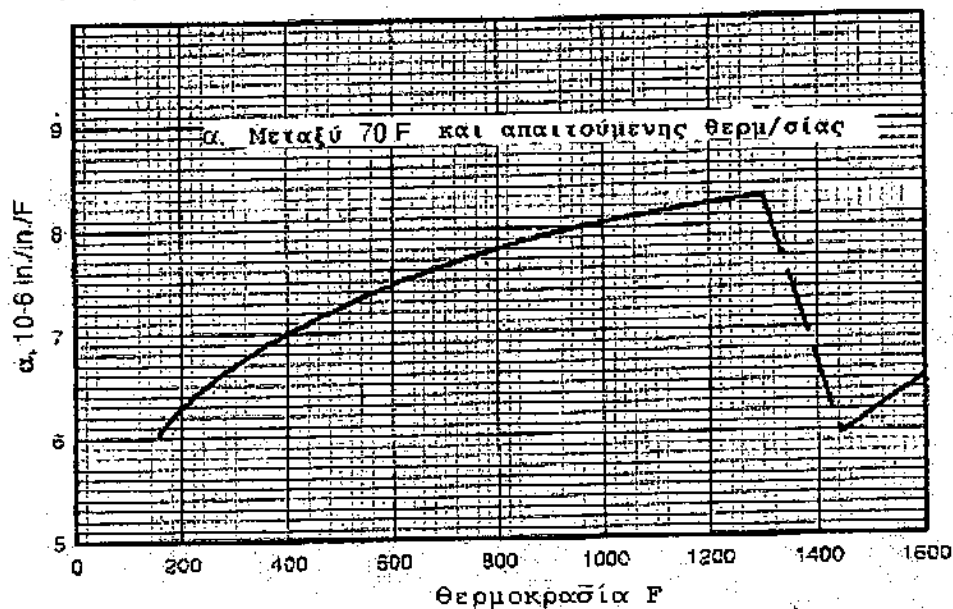
Θερμική κατεργασία είναι η κύρια μέθοδος για την αύξηση της αντοχής του χάλυβα (οι χάλυβες χαμηλής περιεκτικότητας σε κράμα και οι ωστενιτικοί χάλυβες δεν επιδέχονται θερμική κατεργασία). Υπάρχουν τρεις τύποι θερμικής κατεργασίας του χάλυβα: α) μαρτενσιτική σκλήρυνση, β) σκλήρυνση με τεχνητή γήρανση και γ) μπαινιτική βαφή. Οι ανθρακοχάλυβες και τα κράματα χαλύβων κατεργάζονται με μαρτενσίτη, με θέρμανση σε υψηλή θερμοκρασία και ψύξη με εμφύσηση, συνήθως σε λάδι ή νερό. Ακολουθείται επαναφορά, η οποία συνίσταται από αναθέρμανση σε μέση θερμοκρασία, για αποφόρτιση των εσωτερικών τάσεων και βελτίωση της ανθεκτικότητας.

1. Ανθρακοχάλυβες

Εξαιτίας της μικρής αντίστασης των ανθρακοχαλύβων σε οξείδωση, κατά τη θερμική κατεργασία πρέπει να δημιουργηθεί προστατευτική ατμόσφαιρα, αν δεν είναι δυνατό να δημιουργηθεί ένα επιπλέον στρώμα στην επιφάνεια. Επίσης, αυτοί οι χάλυβες, είναι ευάλωτοι στην απανθράκωση σε υψηλές θερμοκρασίες και όπου η επιφανειακή αναλογία άνθρακα είναι κρίσιμη, πρέπει να θερμαίνονται σε μειωμένες ατμόσφαιρες. (παρ.2/ πιν.1/ σελ.72)

Διάγραμμα 1

Επίδραση της θερμοκρασίας στη θερμική διαστολή του χάλυβα 1025.



2. Χάλυβες χαμηλής περιεκτικότητας σε κράμα

Γενικότερα, οι χάλυβες χαμηλής περιεκτικότητας σε κράμα, κατεργάζονται θερμικά πριν χρησιμοποιηθούν, για να παρουσιάσουν τις επιθυμητές ιδιότητες. Μερικοί χάλυβες, σ' αυτή την κατηγορία, ενανθρακώνονται και μετά κατεργάζονται θερμικά, για να δημιουργηθεί ένας συνδυασμός υψηλής επιφανειακής σκληρότητας και αγωγιμότητας.

Για τους χάλυβες χαμηλής περιεκτικότητας σε κράμα, υπάρχουν διάφορες διαδικασίες θερμικής κατεργασίας, που μπορούν να εφαρμοστούν σε συγκεκριμένο κράμα, για να επιτευχθεί ένας αριθμός ειδικών μηχανικών ιδιοτήτων. (παρ.2/ πιν.2-9/ σελ.73-80)

Γενικώς, η κατάσταση ανόπτησης, επιτυγχάνεται θερμαίνοντας σε κατάλληλη θερμοκρασία και διατηρώντας τη για ορισμένο χρόνο. Η ανόπτηση μαλακώνει το υλικό, παράγοντας τις ελάχιστες μηχανικές ιδιότητες.

Η κατάσταση εξομάλυνσης, επιτυγχάνεται διατηρώντας μια θερμοκρασία λίγο υψηλότερη της ανόπτησης, για μικρότερο χρονικό διάστημα. Ο σκοπός της εξομάλυνσης ποικίλει και εξαρτάται από τις επιθυμητές ιδιότητες. Μπορεί να χρησιμοποιηθεί για τη βελτίωση ή μείωση μηχανικών ιδιοτήτων.

Η καταστάσεις εμβάπτισης και αναθέρμανσης, χρησιμοποιούνται για την παραγωγή των υψηλότερων μηχανικών ιδιοτήτων, καθώς εξασφαλίζουν μεγάλη ανθεκτικότητα.

Οι μηχανικές ιδιότητες όλων των κραμάτων, στην κατάσταση θερμικής κατεργασίας, επηρεάζονται από παρατεταμένη έκθεση, κοντά ή πάνω από τη θερμοκρασία στην οποία είχαν επανέλθει.

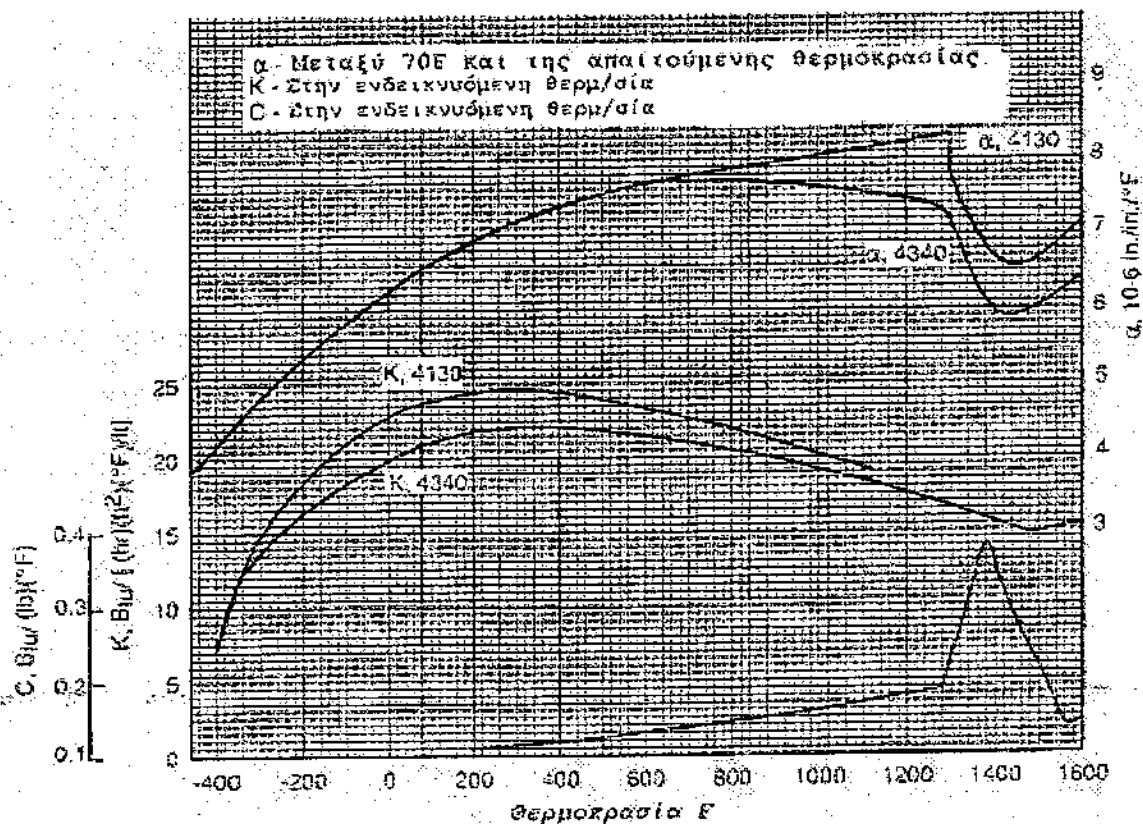
Οι οριακές θερμοκρασίες, στις οποίες κάθε κράμα μπορεί να εκτεθεί για, όχι περισσότερο από, μία περίπου ώρα ανά ίντσα πάχους, βρίσκονται στον πίνακα του παραρτήματος 3. (σελ. 107)

Οι χάλυβες χαμηλής περιεκτικότητας σε κράμα, μερικές φορές, υφίστανται μετάπτωση από όλκιμη σε ψαθυρή συμπεριφορά, σε χαμηλές θερμοκρασίες. Οι θερμοκρασίες αυτές ποικίλουν ανάλογα με το κράμα. Ιδιαίτερη προσοχή πρέπει να δοθεί στην εφαρμογή θερμοκρασιών χαμηλότερων των -100°F .

Τα θερμικά κατεργασμένα κράματα των χάλυβων έχουν καλύτερη ανθεκτικότητα στην εγκοπή, από τους ανθρακοχάλυβες. Η μείωση της ανθεκτικότητας της εγκοπής, δεν είναι ιδιαίτερα σημαντική και εμφανίζεται σε χαμηλότερες θερμοκρασίες. Θερμικά κατεργασμένα κράματα χάλυβων, είναι χρήσιμα σε εφαρμογές με θερμοκρασία υπό το μηδέν, που βασίζονται στη θερμική κατεργασία τους και το περιεχόμενο του κράματός τους.

Διάγραμμα 2

Επίδραση της θερμοκρασίας στις φυσικές ιδιότητες των κραμάτων 4130 και 4340 του χάλυβα.



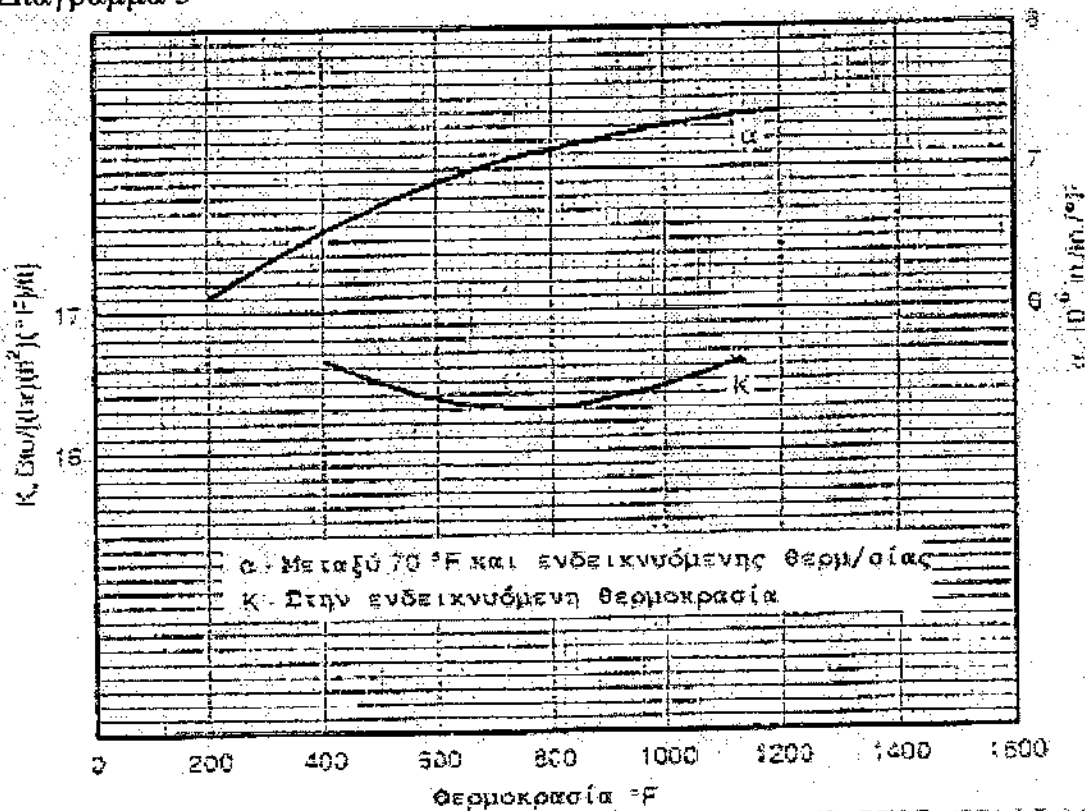
3. Χάλυβες μέσης περιεκτικότητας σε κράμα

Τυπικά κράματα αυτής της κατηγορίας είναι ο χάλυβας αεροσκαφών 5Cr-Mo-V και η σειρά χαλύβων 9Ni-4Co.

α) 5Cr-Mo-V (παρ.2/ πιν.10-11/ σελ.81-82)

Η θερμική κατεργασία που προτείνεται για αυτόν τον χάλυβα περιλαμβάνει θέρμανση στους $1850^{\circ}\text{F} \pm 50$, διατήρηση της θερμοκρασίας για 15-25 λεπτά, αν είναι σε μορφή φύλλου, ενώ 30-60 λεπτά, αναλόγως τη διατομή, αν έχουν τη μορφή ράβδου. Στη συνέχεια ακολουθείται ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου, τρεις φορές αναθέρμανση, στη θερμοκρασία που αναφέρεται σε πίνακα του παραρτήματος 3 (σελ.107), για το επιθυμητό επίπεδο αντοχής, διατήρηση της θερμοκρασίας για 2-3 ώρες και τέλος ψύξη στον αέρα.

Διάγραμμα 3

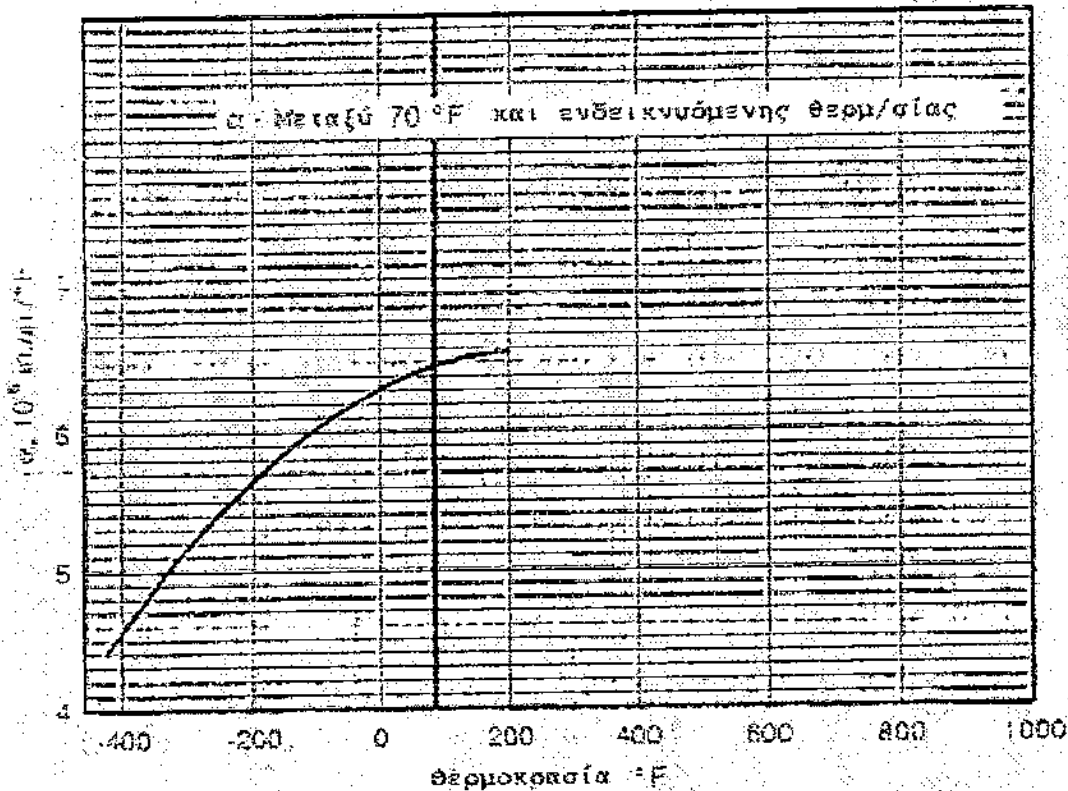


Επίδραση της θερμοκρασίας στις φυσικές ιδιότητες του χάλυβα αεροσκαφών 5Cr-Mo-V.

β) 9Ni-4Co-0.20C (παρ.2/ πιν.12/ σελ.83)

Η θερμική κατεργασία για αυτό το κράμα περιλαμβάνει εξομάλυνση στους $1650 \pm 25^\circ\text{F}$ για μία ώρα ανά ίντσα διατομής, ψύξη στον αέρα σε θερμοκρασία δωματίου, θέρμανση στους $1525 \pm 25^\circ\text{F}$, για μία ώρα ανά ίντσα διατομής, εμβάπτιση σε λάδι ή νερό, διατήρηση στους $-100 \pm 20^\circ\text{F}$, για 2 ώρες μετά την εμβάπτιση και διπλή επαναφορά στους $1035 \pm 10^\circ\text{F}$, για 2 ώρες.

Διάγραμμα 4

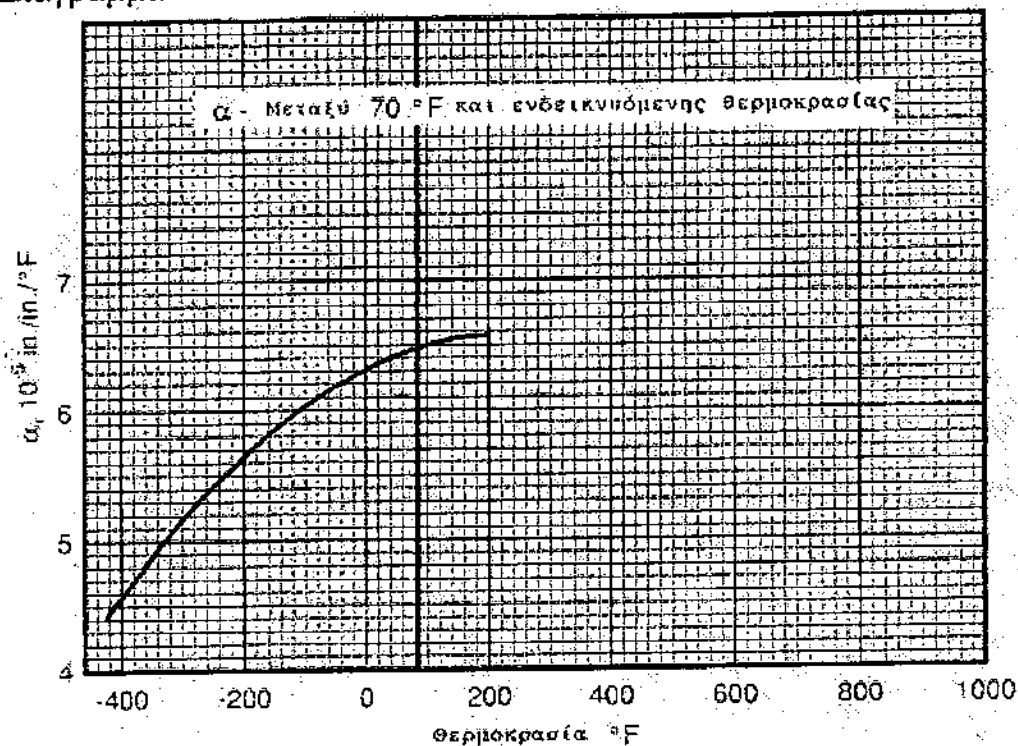


Επίδραση της θερμοκρασίας στη θερμική διαστολή του χάλυβα 9Ni-4Co-0.20C

γ) 9Ni-4Co-0.30C (παρ.2/ πιν.13/ σελ.84)

Η θερμική κατεργασία για αυτό το κράμα περιλαμβάνει εξομάλυνση στους $1650 \pm 25^\circ\text{F}$ για μία ώρα ανά ίντσα διατομής, ψύξη στον αέρα σε θερμοκρασία δωματίου, θέρμανση στους $1550 \pm 25^\circ\text{F}$, για μία ώρα ανά ίντσα διατομής, αλλά όχι λιγότερο από μία ώρα, εμβάπτιση σε λάδι ή νερό, κατεργασία υπό το μηδέν στους -100°F για μία με δύο ώρες και διπλή επαναφορά στους $975 \pm 10^\circ\text{F}$ για 2 ώρες. (Προδιαγραφές αναφέρονται στο παρ.3/ σελ.108)

Διάγραμμα 5



Επίδραση της θερμοκρασίας στη θερμική διαστολή του χάλυβα 9Ni-4Co-0.30C

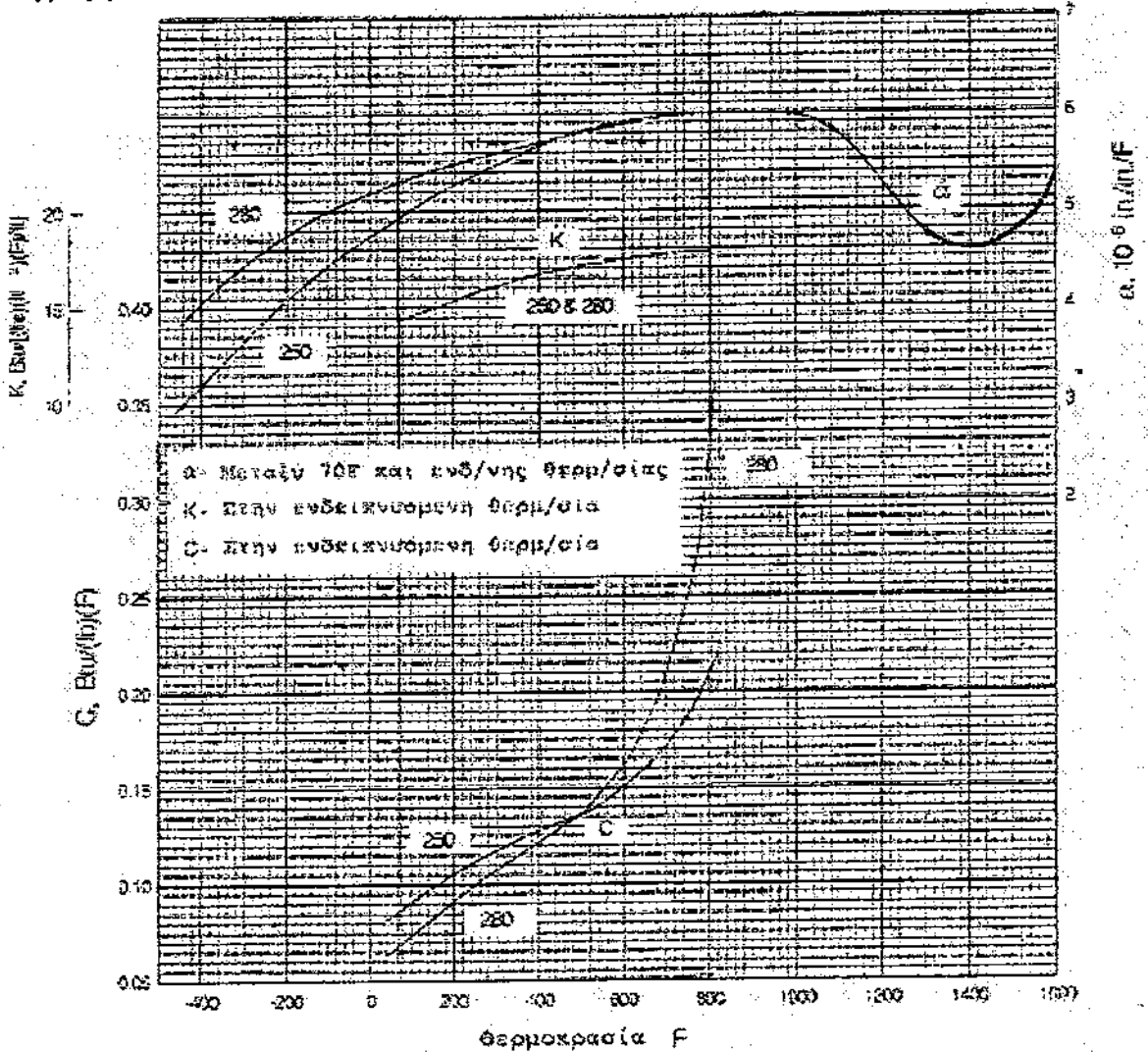
4. Χάλυβες υψηλής περιεκτικότητας σε κράμα

Σε αυτή την κατηγορία περιλαμβάνονται οι χάλυβες, οι οποίοι στην πραγματικότητα περιέχουν περισσότερο κράμα από αυτό της προηγούμενης κατηγορίας, αλλά δεν είναι ανοξειδωτοι. Επίσης οι χάλυβες μαρτενγήρασης 18 Ni και AF1410.

α) Μαρτενγήρασης 18Ni

Οι χάλυβες μαρτενγήρασης 250 και 280 (300) (παρ.2/ πιν.14-15/ σελ.85-86) προμηθεύονται σε κατάσταση ανόπτησης και κατεργάζονται θερμικά σε υψηλές αντοχές, χωρίς εμβάπτιση, αλλά με τεχνητή γήρανση στους 900°F.

Διάγραμμα 6



Επίδραση της θερμοκρασίας στις φυσικές ιδιότητες των χαλύβων μαρτενγγήρασης 250 και 280.

β) AF1410 (παρ.2/ πιν.16/ σελ.87)

Η θερμική κατεργασία για αυτό το κράμα περιλαμβάνει θέρμανση στους $1650 \pm 25^\circ\text{F}$ για μία ώρα, ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου με εξαναγκασμένο αέρα, θέρμανση ξανά στους $1525 \pm 25^\circ\text{F}$, για μία ώρα, ψύξη σε θερμοκρασία δωματίου με εξαναγκασμένο αέρα, ψύξη στους $-100 \pm 15^\circ\text{F}$, διατήρηση της θερμοκρασίας για μία ώρα, ζέσταμα σε θερμοκρασία δωματίου και γήρανση στους $950 \pm 10^\circ\text{F}$ για πέντε ώρες και τέλος, ψύξη στον αέρα. Για κομμάτια πάχους μέχρι 2 ίντσες, πρέπει να χρησιμοποιείται εξαναγκασμένος αέρας για ψύξη. Για κομμάτια μεγαλύτερου πάχους πρέπει να γίνεται εμβάπτιση σε λάδι. Μία απλή ωστενιτική διεργασία ($1525 \pm 25^\circ\text{F}$), μπορεί να χρησιμοποιηθεί για να ελαχιστοποιήσει τη διαστρέβλωση της θερμικής κατεργασίας, με αποτέλεσμα μία μικρή μείωση στην αντοχή σε θραύση.

γ) AerMet 100 (παρ.2/ πιν.17/ σελ.88)

Η θερμική κατεργασία για αυτό το κράμα περιλαμβάνει θέρμανση στους $1625 \pm 25^\circ\text{F}$, διατήρηση για 60 ± 15 , -0 λεπτά, ψύξη στους $-100 \pm 15^\circ\text{F}$, διατήρηση για 60 ± 5 λεπτά και ζέσταμα σε θερμοκρασία δωματίου. Κομμάτια πάχους μεγαλύτερου από 1.25 ίντσες πρέπει να εμβαπτίζονται σε λάδι από 1625°F . Κομμάτια πάχους ≤ 1.25 ίντσες, μπορούν να ψύχονται στον αέρα από τους 1625°F . Για να επιτευχθεί αντοχή 280-300 ksi, διεξάγεται γήρανση στους $900 \pm 10^\circ\text{F}$, για 5-8 ώρες και διαδοχική ψύξη στον αέρα. Για να επιτευχθεί αντοχή 290-310 ksi, διεξάγεται γήρανση στους $875 \pm 10^\circ\text{F}$, για 5-8 ώρες και διαδοχική ψύξη στον αέρα.

5. Ανοξειδωτοι χάλυβες

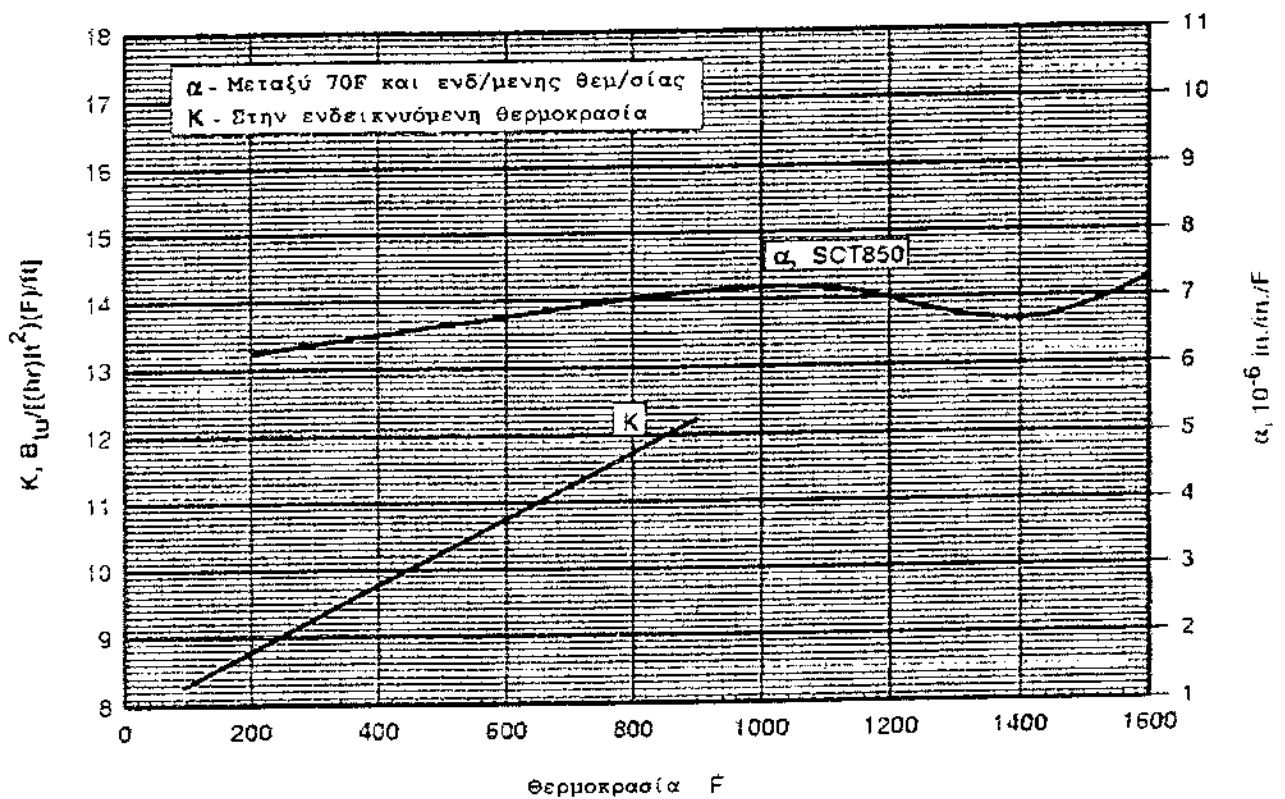
Οι θερμικές κατεργασίες για αυτούς τους χάλυβες είναι συμβατές με τους κύκλους που χρησιμοποιούνται για συγκόλληση εξασθενημένων μετάλλων. Μετά το τέλος της θερμικής κατεργασίας προτείνεται ψεκασμός των κομματιών που συγκολλούνται, εξαιτίας των επικίνδυνων κενών ανάμεσα στους κόκκους, λόγω διάβρωσης.

α) AM-350 (παρ.2/ πιν.18/ σελ.89)

Η σκληρότητα του κράματος μπορεί να αυξηθεί ψύχοντάς το σε θερμοκρασία υπό το μηδέν και επαναφέροντάς το (κατάσταση SCT). Έκθεση σε θερμοκρασίες $600-800^\circ\text{F}$, για 1000 ώρες σε επίπεδα φόρτισης χαμηλότερα του ορίου διαρροής, τείνουν να αυξήσουν το όριο διαρροής σε θερμοκρασία δωματίου, καθώς και το όριο ελαστικότητας. Η έκθεση στους 800°F έχει ως αποτέλεσμα μείωση στην επιμήκυνση.

(βλ. πίνακα παρ.3/ σελ. 108)

Διάγραμμα 7



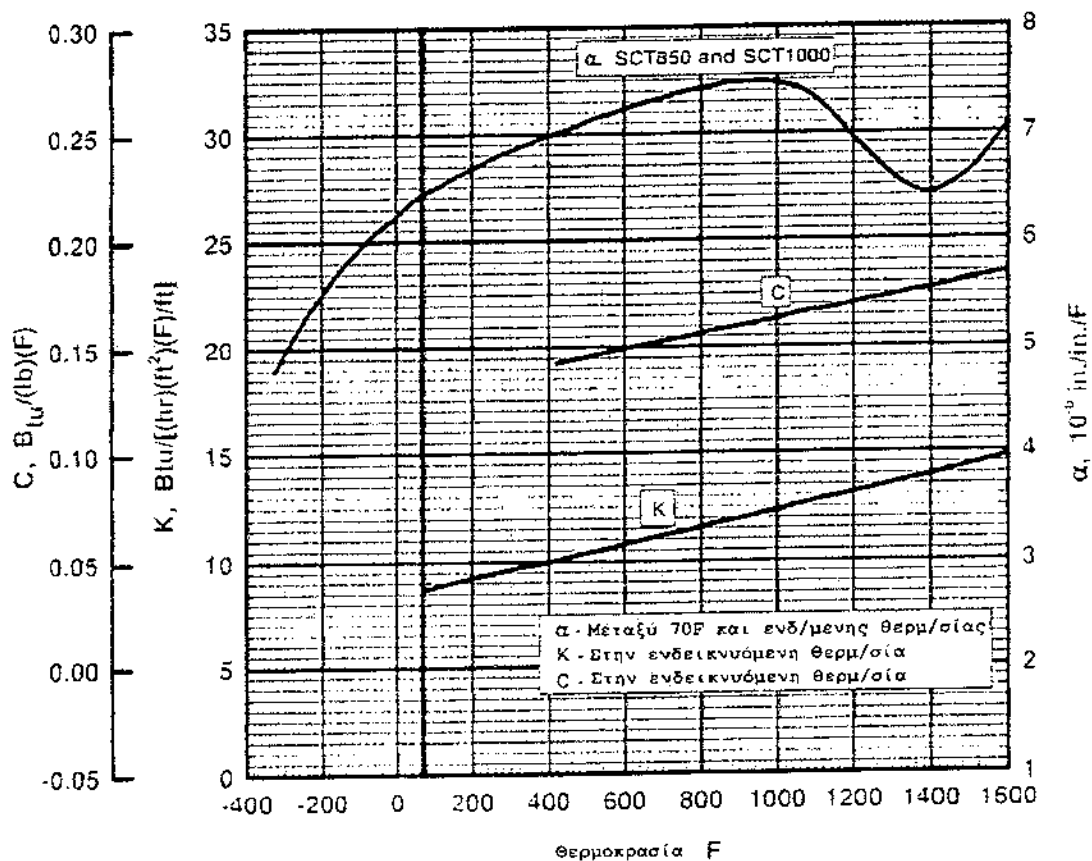
Επίδραση της θερμοκρασίας στις φυσικές ιδιότητες του ανοξείδωτου χάλυβα AM-350. (παρ.3/ σελ.108)

β) AM-355 (παρ.2/ πιν.19-20/ σελ.90-91)

Γενικά, η σκληρότητα του κράματος, όπως και του προηγούμενου, μπορεί να αυξηθεί ψύχοντάς το σε θερμοκρασία υπό το μηδέν και επαναφέροντάς το (κατάσταση SCT).

(προδιαγραφές παρ.3/ σελ.109)

Διάγραμμα 8



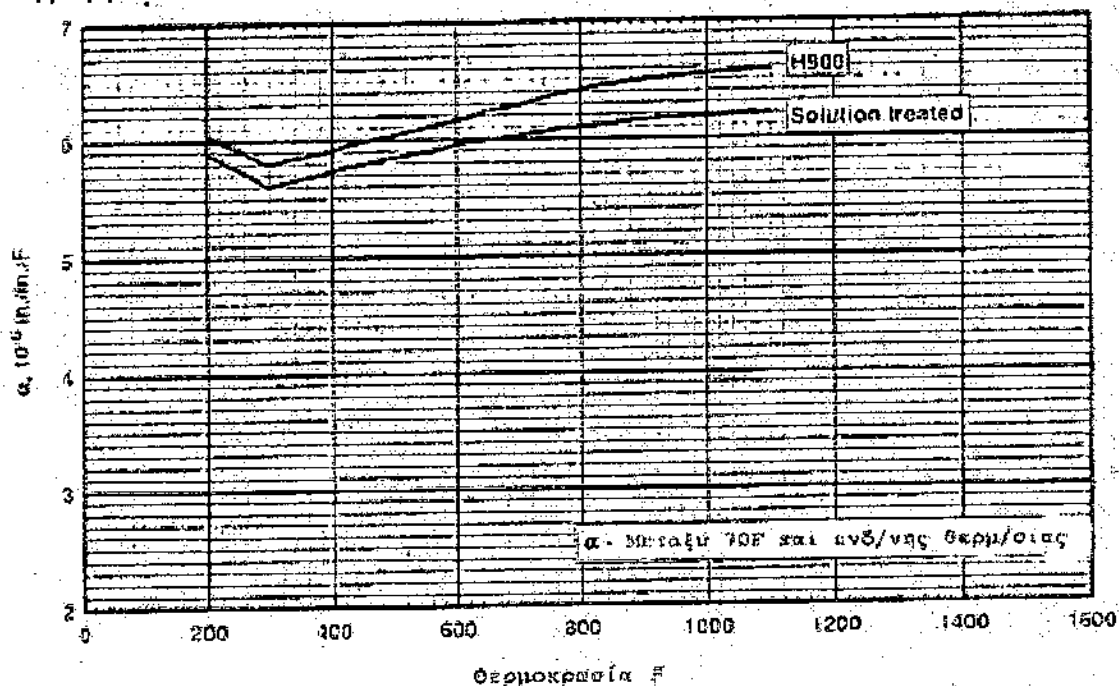
Επίδραση της θερμοκρασίας στις φυσικές ιδιότητες του ανοξείδωτου χάλυβα AM-355. (παρ.3/ σελ.109)

γ) CUSTOM 450 (παρ.2/ πιν.21-22/ σελ.92-93)

Μεταξύ των κραμάτων αυτού του τύπου, το Custom 450 είναι το μόνο που συνιστάται για χρήση σε κατάσταση κατεργασμένου διαλύματος σε θερμοκρασίες μέχρι 500°F. Το κράμα μπορεί επίσης να κατεργαστεί θερμικά σε διάφορα επίπεδα αντοχής, έχοντας ευρεία κλίμακα ιδιοτήτων.

Σε όλες τις καταστάσεις θερμικής διεργασίας, το Custom 450 έχει άριστη ελατότητα και αντοχή. Οι κρυογονικές ιδιότητες είναι βέλτιστες στην κατάσταση H1150. Η μέγιστη δύναμη επιτυγχάνεται μέσω διαδικασίας γήρανσης στους 900°F, καθώς η μέγιστη διάρκεια ζωής παρουσιάζεται με γήρανση στους 1050°F. (προδιαγραφές παρ.3/ σελ.109)

Διάγραμμα 9



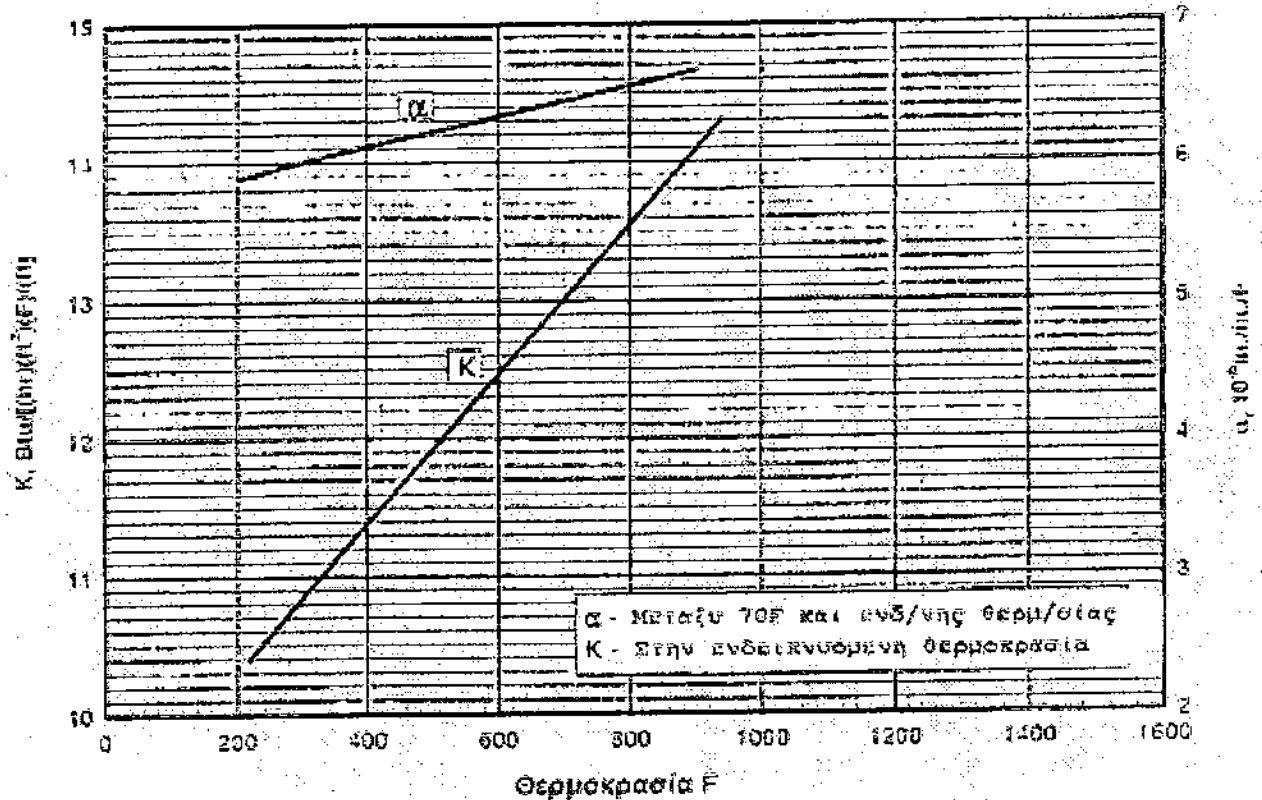
Επίδραση της θερμοκρασίας στις φυσικές ιδιότητες του ανοξειδωτού χάλυβα Custom 450.

δ) CUSTOM 455 (παρ.2/ πιν.23/ σελ.94)

Το κράμα μπορεί να κατεργαστεί θερμικά σε διάφορα επίπεδα αντοχής. Η ελάχιστη προτεινόμενη θερμοκρασία σκλήρυνσης για την παραγωγή του βέλτιστου συνδυασμού δύναμης, αντοχής σε θραύση και αντίστασης σε διάβρωση είναι 950°F. Μεγαλύτερη δύναμη επιτυγχάνεται με κατεργασία γήρανσης στους 900°F, 'θυσιάζοντας' όμως την αντοχή σε θραύση και την αντίσταση σε διάβρωση. Όπως οι ανοξειδωτοί χάλυβες που σκληραίνουν μέσω καθίζησης, η αντοχή σε θραύση και η τάση, υπό την οποία η διάβρωση δε λαμβάνει χώρα, βελτιώνονται με την αύξηση της θερμοκρασίας κατά τη γήρανση, από 900-1000°F. Σαν πιο εφαρμόσιμη λύση, τα κομμάτια υφίστανται γήρανση κατ'ευθείαν από την κατάσταση ανόπτησης. Όταν αυτή η κατάσταση διαφοροποιείται κατά την επεξεργασία εν θερμώ, εν ψυχρώ ή κατά τη συγκόλληση, πρέπει να προηγηθεί ανόπτηση. Μετά την κατεργασία γήρανσης στους 950°F, αναμένεται συστολή 0.0009 ίντσες ανά ίντσα.

(προδιαγραφές παρ.3/ σελ.109)

Διάγραμμα 10

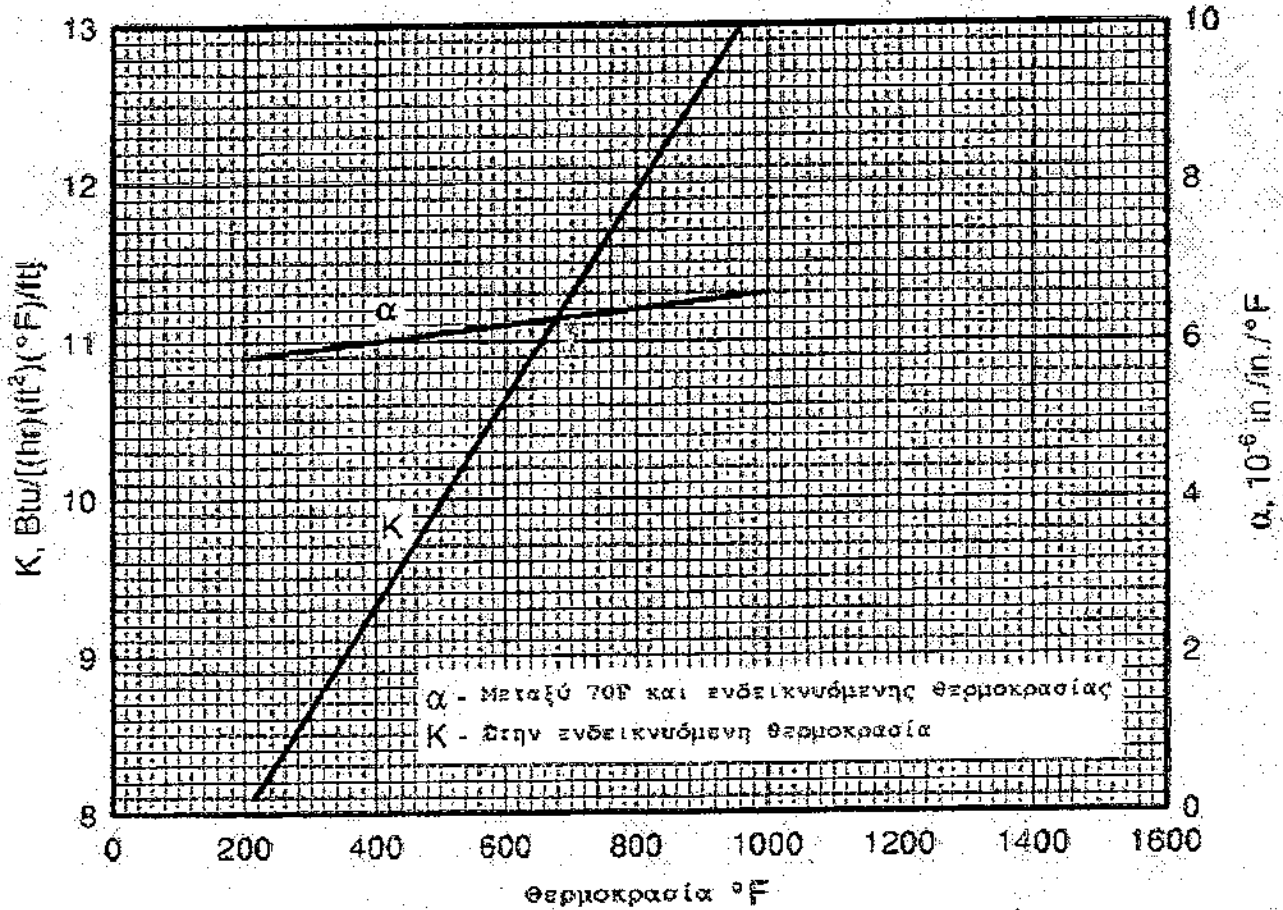


Επίδραση της θερμοκρασίας στις φυσικές ιδιότητες του ανοξείδωτου χάλυβα Custom 455.

ε) PH13-8Mo (παρ.2/ πιν.24-25/ σελ.95-96)

Αυτό το κράμα πρέπει να χρησιμοποιείται στην κατάσταση θερμικής κατεργασίας και όταν βρίσκεται στην κατάσταση A, δεν πρέπει να τίθεται σε λειτουργία. Το κράμα μπορεί επίσης να κατεργαστεί θερμικά σε διάφορα επίπεδα αντοχής, έχοντας ευρεία κλίμακα ιδιοτήτων.
(προδιαγραφές παρ.3/ σελ.110)

Διάγραμμα 11



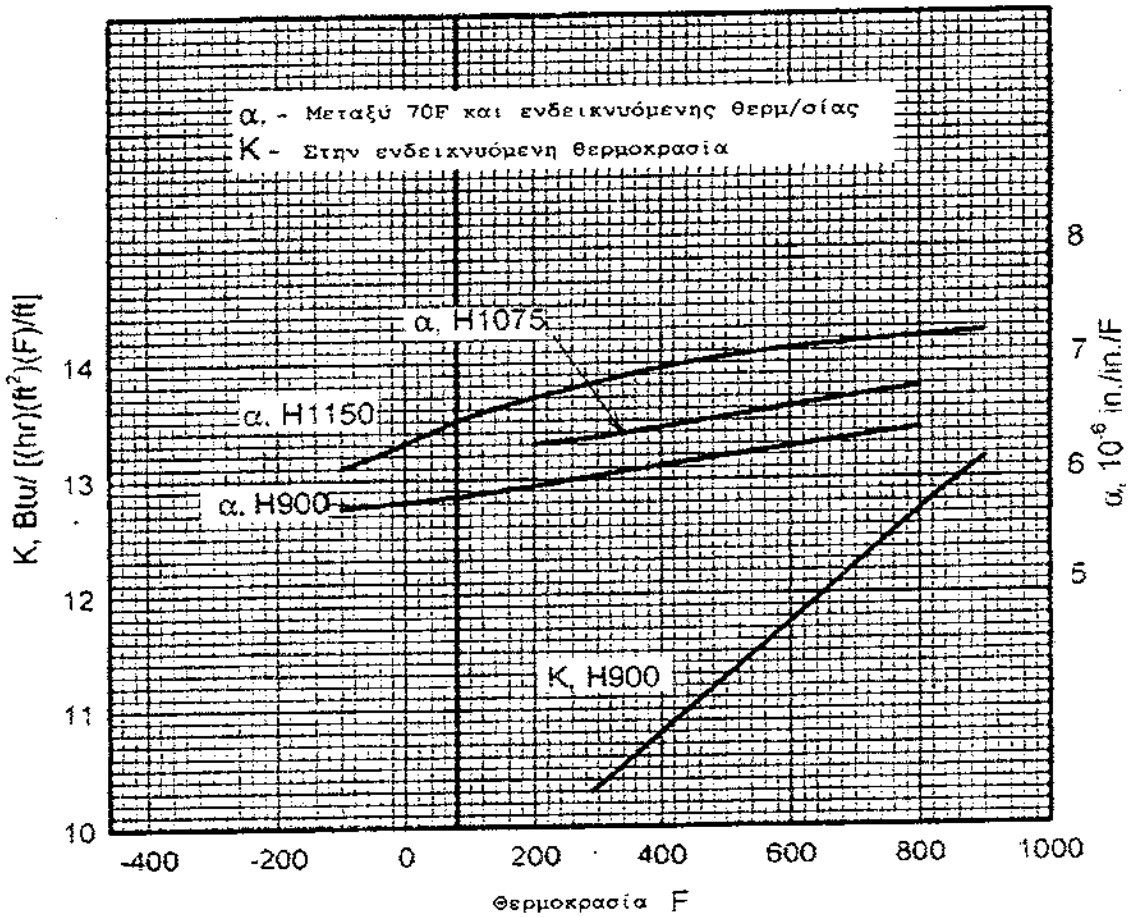
Επίδραση της θερμοκρασίας στις φυσικές ιδιότητες του ανοξείδωτου χάλυβα PH13-8Mo.

στ) 15-5PH (παρ.2/ πιν.26-28/ σελ.97-99)

Αυτό το κράμα πρέπει να χρησιμοποιείται στην κατάσταση θερμικής κατεργασίας και όταν βρίσκεται στην κατάσταση A, δεν πρέπει να τίθεται σε λειτουργία. Το κράμα μπορεί επίσης να κατεργαστεί θερμικά σε διάφορα επίπεδα αντοχής, έχοντας ευρεία κλίμακα ιδιοτήτων.

(προδιαγραφές παρ.3/ σελ.110)

Διάγραμμα 12



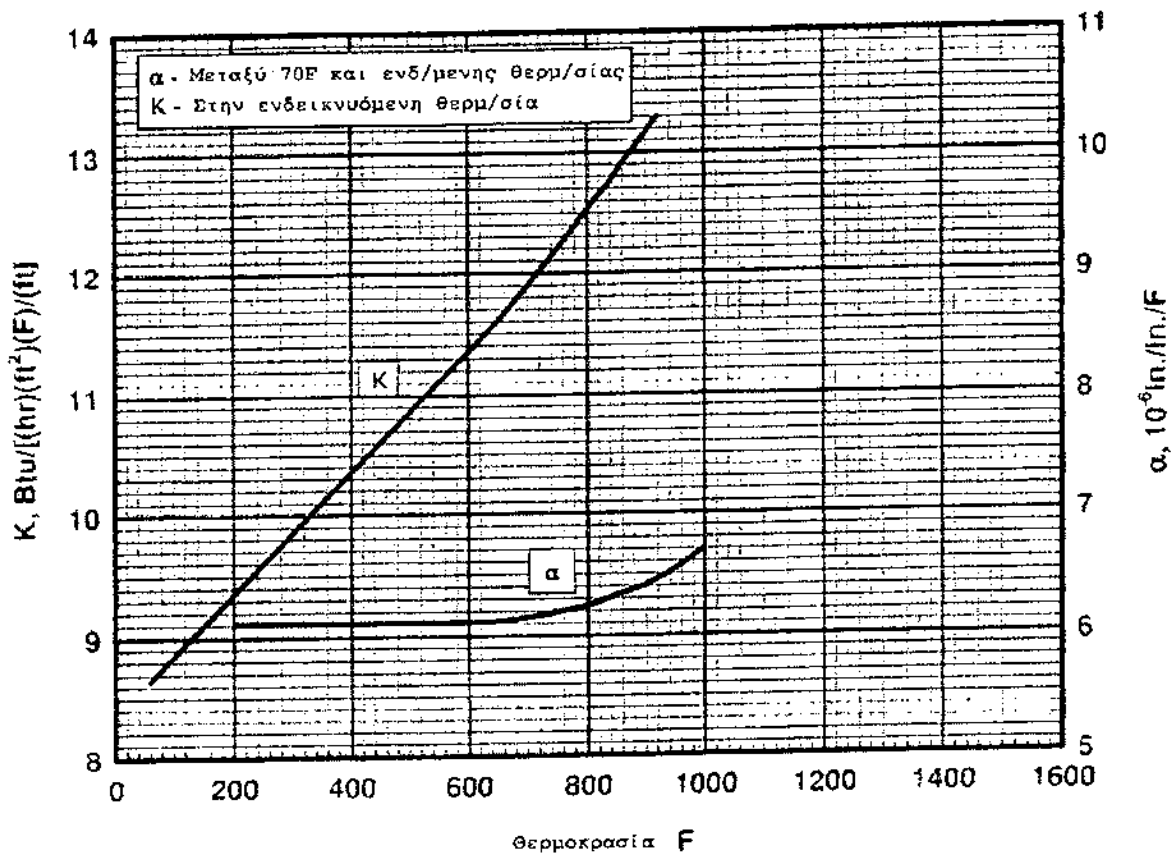
Επίδραση της θερμοκρασίας στις φυσικές ιδιότητες του ανοξειδωτου χάλυβα 15-5PH.

ζ) PH 15-7Mo (παρ.2/ πιν.29/ σελ.100)

Οι θερμικές κατεργασίες για αυτόν τον χάλυβα είναι συμβατές με τους κύκλους που χρησιμοποιούνται για συγκόλληση εξασθενημένων μετάλλων. Μετά το τέλος της θερμικής κατεργασίας προτείνεται ψεκασμός των κομματιών που συγκολλούνται, εξαιτίας των επικίνδυνων κενών ανάμεσα στους κόκκους, λόγω διάβρωσης.

(προδιαγραφές παρ.3/ σελ.110)

Διάγραμμα 13



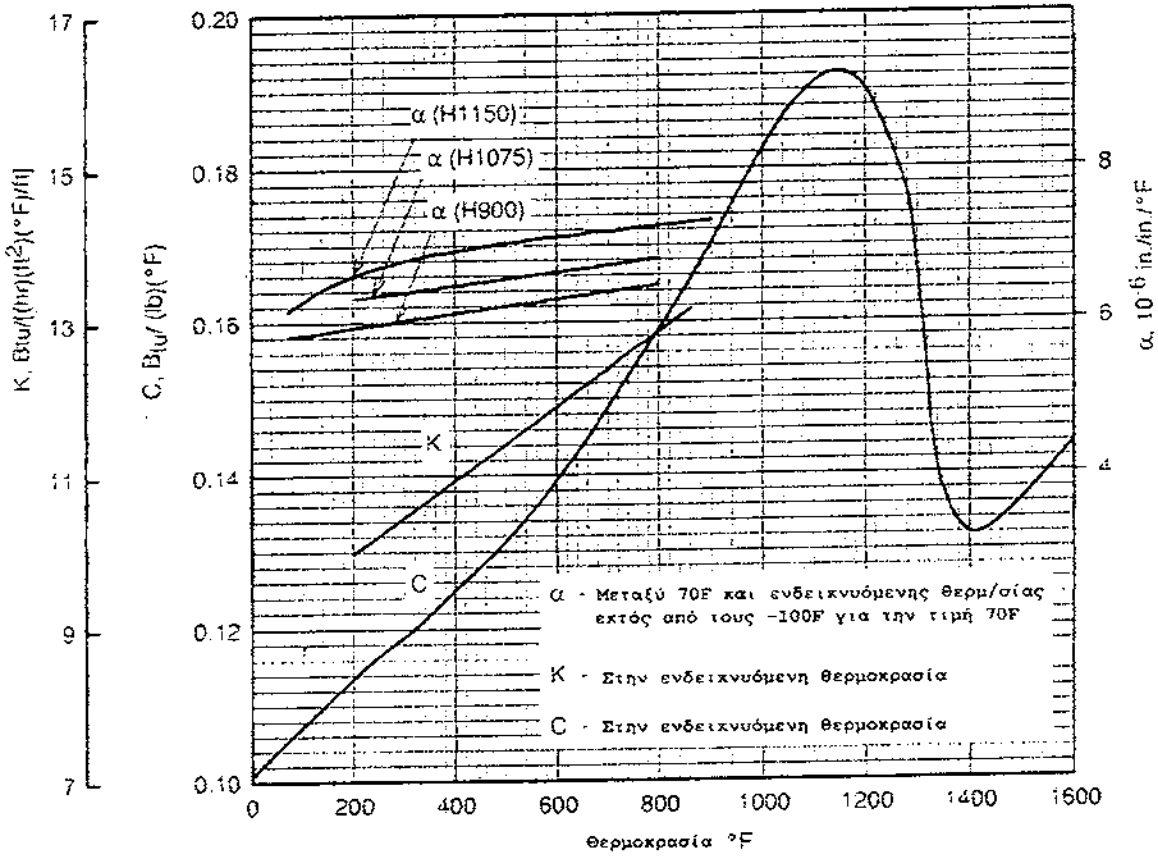
Επίδραση της θερμοκρασίας στις φυσικές ιδιότητες του ανοξειδωτου χάλυβα PH15-7Mo.

η) 17-4PH (παρ.2/ πιν.30-33/ σελ.101-104)

Κατά τη θερμική κατεργασία, πρέπει να δοθεί προσοχή, για να αποφευχθεί η μόλυνση του άνθρακα ή του αζώτου από τις ατμόσφαιρες του κλιβάνου. Καμένος υδρογονάνθρακας και διαχωρισμένες ατμόσφαιρες αμμωνίας είναι πηγές μόλυνσης. Τα οξειδία που δημιουργούνται κατά τη διεργασία διαλύματος στον αέρα μπορούν να απομακρυνθούν εκτοξεύοντας χαλίκι ή με λείανση. Το κράμα 17-4PH μπορεί να κατεργαστεί θερμικά για να παρουσιάσει ευρεία κλίμακα ιδιοτήτων.

(προδιαγραφές παρ.3/ σελ.110)

Διάγραμμα 14



Επίδραση της θερμοκρασίας στις φυσικές ιδιότητες του ανοξειδωτου χάλυβα 17-4PH.

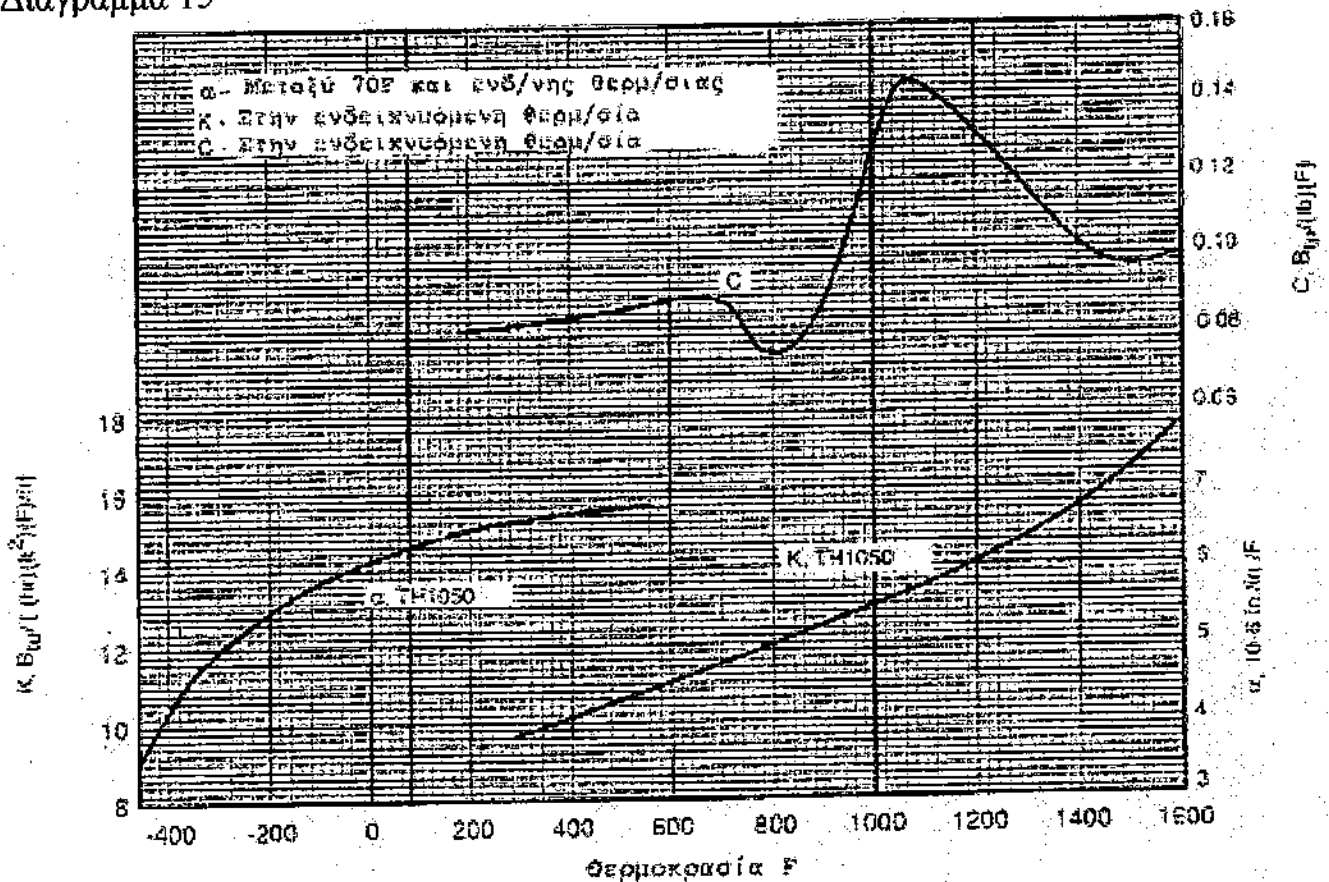
θ) 17-7PH (παρ.2/ πιν.34/ σελ.105)

Το κράμα πρέπει να χρησιμοποιείται στην κατάσταση θερμικής κατεργασίας και όταν βρίσκεται στην κατάσταση A ή T, δεν πρέπει να τίθεται σε λειτουργία. Οι διαδικασίες θερμικής κατεργασίας για αυτόν τον χάλυβα είναι συμβατές με τους κύκλους που χρησιμοποιούνται για συγκόλληση εξασθενημένων μετάλλων. Στη σκλήρυνση από την κατάσταση A στην TH1050, θα παρουσιαστεί ένα δικτύωμα στις διαστάσεις, της τάξης 0.0045 ίντσες ανά ίντσα.

- Η θερμική κατεργασία για ανόπτηση:
1950 ± 25°F και ψύξη στον αέρα - Κατάσταση A
- Η μετατροπή από την κατάσταση A:
1400 ± 25°F για 90 λεπτά και ψύξη στους 55 ± 5°F για 30 λεπτά - Κατάσταση C
- Η κατεργασία γήρανσης:
1050 ± 10°F για 90 λεπτά και ψύξη στον αέρα - Κατάσταση TH1050

(προδιαγραφές παρ.3/ σελ.111)

Διάγραμμα 15



Επίδραση της θερμοκρασίας στις φυσικές ιδιότητες του ανοξειδωτου χάλυβα 17-7PH.

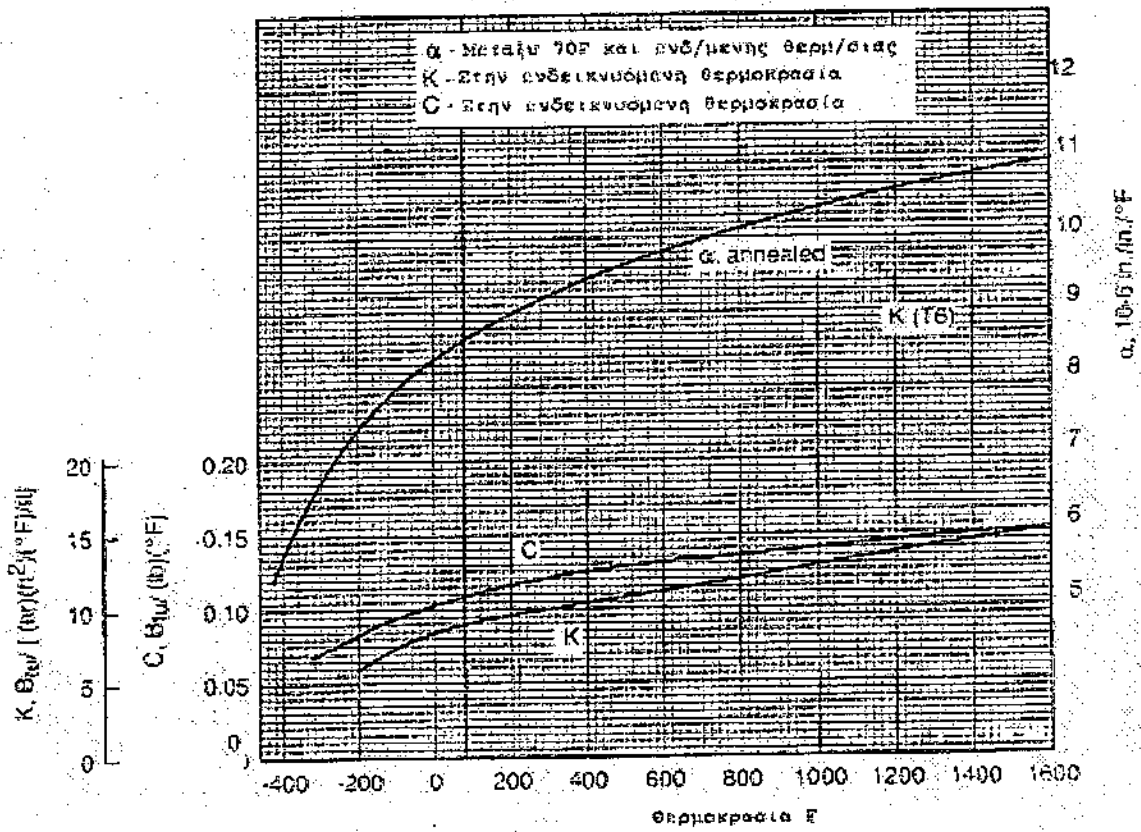
6. Ωστενιτικοί ανοξειδωτοι χάλυβες

Αυτά τα κράματα δεν σκληραίνουν μέσω θερμικής κατεργασίας, αλλά επιτυγχάνονται υψηλά επίπεδα αντοχής με κατεργασία εν ψυχρώ. Η αντοχή που αποκτάται με κατεργασία εν ψυχρώ, μειώνεται με την έκθεση σε θερμοκρασίες πάνω από 900°F.

AISI 301 (παρ.2/ πιν.35/ σελ.106)

Η αντοχή του τύπου 301 αυξάνεται με κατεργασία εν ψυχρώ. Αν εκτεθεί σε θερμοκρασίες πάνω από 900°F, μειώνεται η αντοχή του σε θερμοκρασία δωματίου. Ακόμη, δεν πρέπει να χρησιμοποιείται για μεγάλες περιόδους σε θερμοκρασίες 750-1650°F και δεν πρέπει να ψύχεται αργά, από υψηλές θερμοκρασίες. (προδιαγραφές παρ.3/ σελ.111)

Διάγραμμα 16



Επίδραση της θερμοκρασίας στις φυσικές ιδιότητες του ανοξειδωτου χάλυβα AISI 301.

ΚΕΦΑΛΑΙΟ 6^ο
***Τυποποιημένες δοκιμές για προσδιορισμό
μηχανικών ιδιοτήτων***

Δοκιμή εφελκυσμού

Η δοκιμή σε εφελκυσμό χαλύβδινων προϊόντων υποβάλλει ένα, κατεργασμένο ή μη, δείγμα του υλικού σε φόρτιση, η οποία είναι ικανή να προκαλέσει θραύση του υλικού.

Συνήθως, στα κατεργασμένα προϊόντα του χάλυβα, η δοκιμή γίνεται κατά μήκος του δείγματος. Σε μερικές περιπτώσεις, όπου το μέγεθος το επιτρέπει, η δοκιμή γίνεται εγκάρσια, ακτινικά ή εφαπτομενικά.

Οι μηχανικές ιδιότητες που προσδιορίζονται από το πείραμα του εφελκυσμού είναι:

Μέτρο ελαστικότητας E

Ο λόγος της τάσης προς την παραμόρφωση πριν το όριο αναλογίας, όπως ορίζει ο νόμος του Hooke, $\sigma = E \cdot \epsilon$. Μπορούμε να πούμε ότι το μέτρο ελαστικότητας αντιπροσωπεύει την εφελκυστική τάση, η οποία θα διπλασίαζε το αρχικό μήκος του δοκιμίου. $E = \sigma / \epsilon$

Όριο ελαστικότητας σ_E

Η μέγιστη τάση στην οποία μπορεί να φτάσει ένα υλικό, χωρίς να δημιουργηθεί μετά την αφαίρεση του φορτίου μόνιμη παραμόρφωση.

Όριο αναλογίας σ_A

Η πρώτη τάση σε ένα υλικό, μικρότερη από τη μέγιστη, στην οποία παρατηρείται αύξηση της παραμόρφωσης χωρίς να αυξάνεται η τάση. Στο διάγραμμα εφελκυσμού χαρακτηρίζεται από μια ασυνέχεια ή ένα 'γόνατο'.

Όριο διαρροής σ_D

Η πρώτη τάση σε ένα υλικό, μικρότερη από τη μέγιστη, στην οποία παρουσιάζεται απόκλιση από την αναλογία τάσης-παραμόρφωσης.

Αντοχή σε εφελκυσμό

Ο λόγος του μέγιστου φορτίου που δέχεται το δοκίμιο προς το εμβαδόν την αρχικής του διατομής. $\sigma_{\theta p} = P_{\max} / F$

Επιμήκυνση

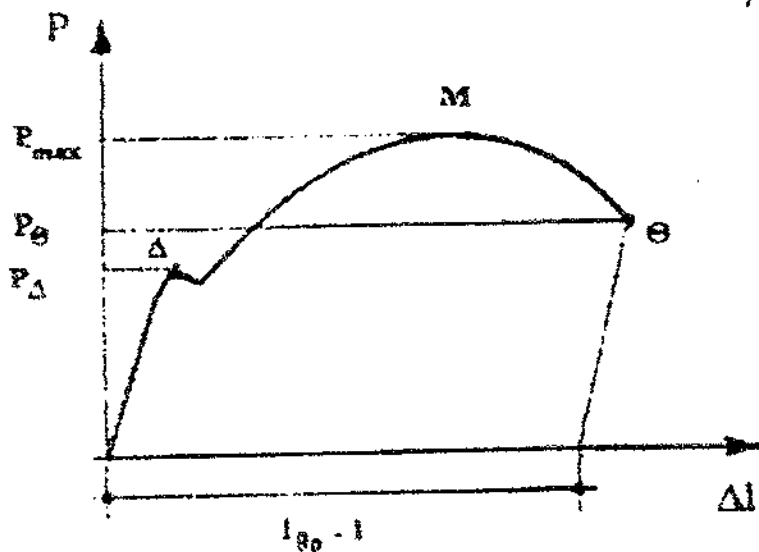
Ενώνουμε προσεκτικά τα άκρα του σπασμένου δοκιμίου και μετράμε την απόσταση μεταξύ των σημείων αναφοράς, με ακρίβεια 0,01 της ίντσας (0,25 mm), για μήκος αναφοράς 2 ίντσες. Η επιμήκυνση είναι η αύξηση σε μήκος, του μήκους αναφοράς και εκφράζεται σαν ποσοστό του αρχικού μήκους αναφοράς.

Λόγος Poisson ή Συντελεστής εγκάρσιας συστολής μ

Ο λόγος της εγκάρσιας παραμόρφωσης προς την αντίστοιχη αξονική. $\mu = -\epsilon_q / \epsilon$

Μείωση της διατομής

Ενώνουμε τα άκρα του σπασμένου δοκιμίου και μετράμε τη διάμετρο στη μέση του δοκιμίου, ή το πλάτος και το πάχος στη μικρότερη διατομή, με την ίδια ακρίβεια που μετρήσαμε τις αρχικές διαστάσεις. Η διαφορά μεταξύ της διατομής που υπολογίσαμε και της αρχικής, εκφράζεται σαν ποσοστό επί της αρχικής και είναι η μείωση της διατομής.



Διάγραμμα δοκιμής εφελκυσμού (τάσης-παραμόρφωσης)

Δοκιμή κάμψης

Η δοκιμή σε κάμψη είναι μια μέθοδος για τον υπολογισμό της ελατότητας, αλλά δεν μπορεί να θεωρηθεί σαν ποσοτικό μέσο, πρόβλεψης της απόδοσης, σε εφαρμογές κάμψης. Ο βαθμός της κάμψης εξαρτάται από τη γωνία κάμψης, την εσωτερική διάμετρο του δοκιμίου και τη διατομή του. Οι παράμετροι ποικίλουν ανάλογα με τη γεωμετρία, τον προσανατολισμό και τη χημική σύσταση του υλικού του δοκιμίου. Ακόμα, από τις ελαστικές του ιδιότητες, τη σκληρότητά του, τον τύπο του και την ποιότητα του χάλυβα.

Το δοκίμιο, στηριζόμενο συνήθως αμφιέριστα, υποβάλλεται σε κάμψη, σε θερμοκρασία δωματίου, της εσωτερικής του διαμέτρου, όπως αναφέρεται στις κατάλληλες προδιαγραφές του υλικού, σε βαθμό που έχει καθοριστεί, χωρίς να προκληθούν σημαντικές ρωγμές στο εξωτερικό του κομματιού. Η ταχύτητα κάμψης συνήθως δεν είναι σημαντικός παράγοντας.

Με το πείραμα της κάμψης προσδιορίζουμε:

-την αντοχή σε κάμψη κυρίως ψαθυρών υλικών, η οποία ορίζεται ως ο λόγος της ροπής κάμψης τη στιγμή της θραύσης προς τη ροπή αντίστασης της διατομής

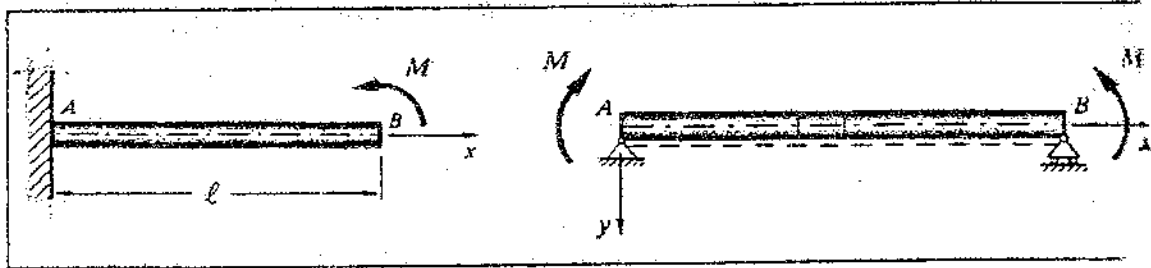
$$\sigma_b^{\theta p} = M_b^{\theta p} / W_z$$

-το μέγιστο βέλος κάμψης κατά τη στιγμή της θραύσης

-το όριο διαρροής σε κάμψη $\sigma_b^{\Delta} = M_b^{\Delta} / W_z$

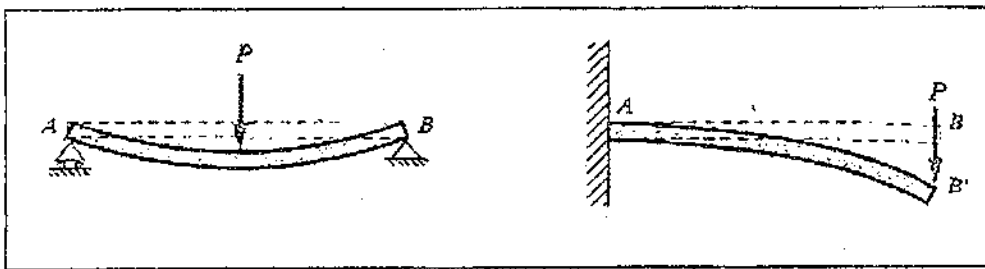
Διακρίνουμε δύο είδη κάμψης:

α) Την **καθαρή κάμψη** όπου στη δοκιμαζόμενη δοκό ή σε κάποιο τμήμα της εμφανίζεται μόνο καμπτική ροπή.



Απλές περιπτώσεις καθαρής κάμψης

β) Τη **γενική κάμψη** όπου εκτός της καμπτικής ροπής εμφανίζεται και τέμνουσα δύναμη.

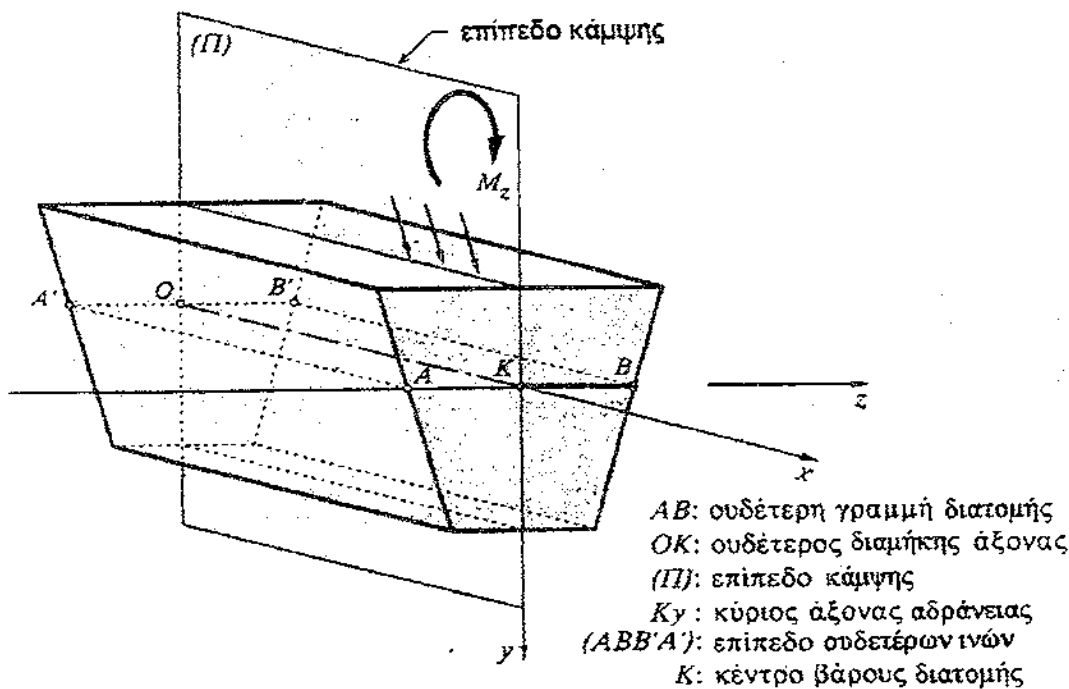


Απλές περιπτώσεις γενικής κάμψης

Προϋποθέσεις και παραδοχές για τη μελέτη της κάμψης:

- α. Ο διαμήκης άξονας της δοκού να είναι ευθύγραμμος
- β. Οι διαστάσεις της διατομής να είναι μικρές σε σχέση με το μήκος της δοκού
- γ. Οι εγκάρσιες διατομές να διατηρούν την επιπεδότητά τους και μετά τη φόρτιση
- δ. Η δοκός αποτελείται από ανεξάρτητες διαμήκεις ίνες που παραμορφώνονται σαν να μην υπήρχαν οι υπόλοιπες
- ε. Ισχύει ο νόμος του Hooke, δηλαδή οι αναπτυσσόμενες τάσεις είναι μικρότερες από το όριο αναλογίας του υλικού
- στ. Όλα τα φορτία που ενεργούν κάθετα στον άξονα της δοκού βρίσκονται στο ίδιο επίπεδο, το επίπεδο κάμψης

ζ. Το επίπεδο κάμψης περιέχει τον διαμήκη κεντροβαρικό άξονα της δοκού και τον άξονα συμμετρίας της διατομής ή έναν από τους κύριους άξονες αδράνειας της διατομής.



Σκληρομέτρηση

Η δοκιμή σκληρομέτρησης καθορίζει την αντίσταση ενός υλικού στη διείσδυση ενός σκληρότερου (υλικού) και ενίοτε, 'καλείται' να μας δώσει μια γρήγορη προσέγγιση της αντοχής σε εφελκυσμό.

Αν οι προδιαγραφές του προϊόντος επιτρέπουν εναλλακτική δοκιμή σκληρομέτρησης, μπορούν να χρησιμοποιηθούν οι πίνακες 2α, 2β, 2γ, 2δ, 3 (παρ.1/σελ.65-70), οι οποίοι μετατρέπουν τις μετρήσεις, ανάλογα με τις απαιτήσεις κάθε σκληρομέτρησης.

Δοκιμή σκληρομέτρησης κατά Brinell

Καθορισμένο φορτίο εφαρμόζεται σε δοκίμιο επίπεδης επιφάνειας, μέσω σκληρής σφαίρας ορισμένης διαμέτρου. Ο μέσος όρος της διαμέτρου της κοιλότητας, χρησιμοποιείται σαν βάση για τον υπολογισμό του αριθμού σκληρομέτρησης κατά Brinell. Το πηλίκο του φορτίου, που εφαρμόστηκε, δια της περιοχής της επιφάνειας της κοιλότητας, η οποία είναι σφαιρική, εκφράζει τον αριθμό σκληρομέτρησης κατά Brinell, σύμφωνα με την παρακάτω ισότητα:

$$HB = P / [(\pi D/2)(D - \sqrt{D^2 - d^2})]$$

Όπου: HB = αριθμός σκληρομέτρησης κατά Brinell
 P = φορτίο που εφαρμόζεται (kgf)
 D = διάμετρος της χαλύβδινης σφαίρας (mm)
 d = μέση διάμετρος της κοιλότητας (mm)

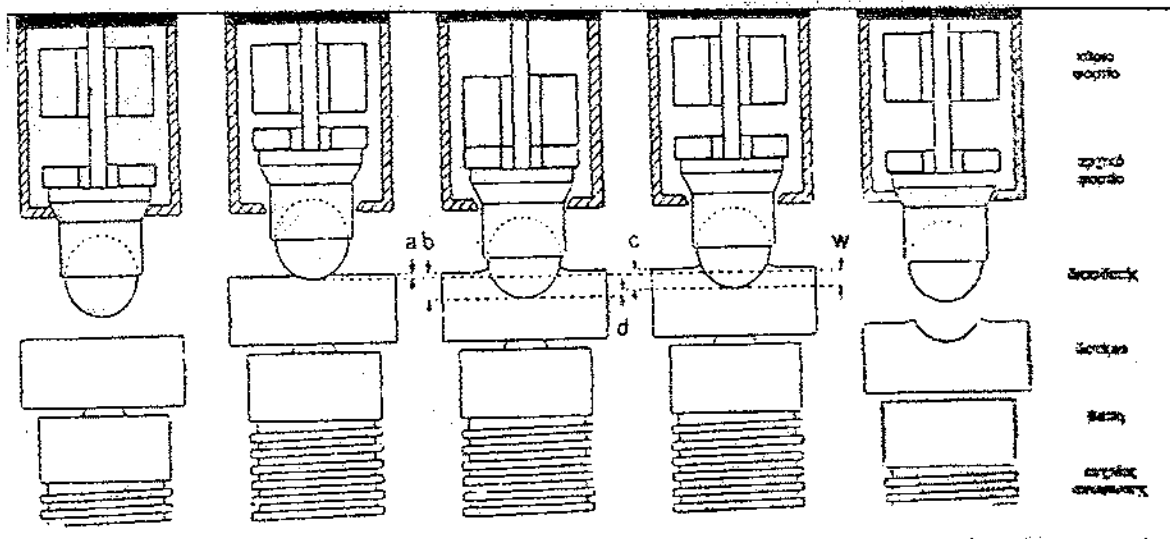
Για την καλή εκτέλεση των μετρήσεων πρέπει να τηρούνται οι εξής κανόνες:

1. Η σκληρομετρούμενη επιφάνεια να είναι κάθετη προς το φορτίο και να έχει λειανθεί καλά.
2. Το φορτίο να επιβάλλεται ομαλά κατά συνεχή τρόπο και χωρίς κρούσεις.
3. Ο χρόνος να είναι αρκετός ώστε να ολοκληρώνεται η δημιουργούμενη παραμόρφωση.

Δοκιμή σκληρομέτρησης κατά Rockwell

Με αυτή τη μέθοδο, η τιμή λαμβάνεται προσδιορίζοντας το βάθος διείσδυσης της κοιλότητας, που δημιουργήθηκε από μια διαμαντένια ακίδα ή μία ατσάλινη σφαίρα, στο δοκίμιο, υπό σταθερές συνθήκες.

Οι μηχανές επιφανειακής σκληρομέτρησης κατά Rockwell χρησιμοποιούνται για δοκιμές πολύ λεπτού χάλυβα ή πολύ λεπτών επιφανειών.



Εκτέλεση δοκιμής σκληρομέτρησης κατά Rockwell στα διάφορα στάδιά της

Κλίμακα	Διεισδυτής	Μέγιστο φορτίο, kgf	Ελάχιστο φορτίο, kgf
15T	1/16 in. Ατσάλινη σφαίρα	15	3
30T	1/16 in. Ατσάλινη σφαίρα	30	3
45T	1/16 in. Ατσάλινη σφαίρα	45	3
15N	Διαμάντι	15	3
30N	Διαμάντι	30	3
45N	Διαμάντι	45	3

Η μέθοδος Rockwell πλεονεκτεί έναντι της Brinell στο ότι δεν απαιτεί λειασμένα δοκίμια και στο ότι δίνει εύκολα και γρήγορα την τιμή της σκληρότητας ακόμη και για πολύ σκληρά υλικά, λόγω του αδαμάντινου διεισδυτή, χωρίς να δημιουργεί καταστρεπτικά αποτυπώματα.

Δοκιμή κρούσης (Charpy)

Η δοκιμή κρούσης Charpy είναι μια δυναμική δοκιμή, κατά την οποία ένα δοκίμιο με εγκοπή, σε σχήμα V, συγκρούεται και σπάει, με ένα μόνο χτύπημα, σε ειδικά σχεδιασμένη μηχανή. Τα μεγέθη που μπορούμε να μετρήσουμε είναι η ενέργεια που απορροφάται, η πιθανότητα διατμητικής θραύσης, η διαστολή από την αντίθετη πλευρά της εγκοπής ή συνδυασμός αυτών.

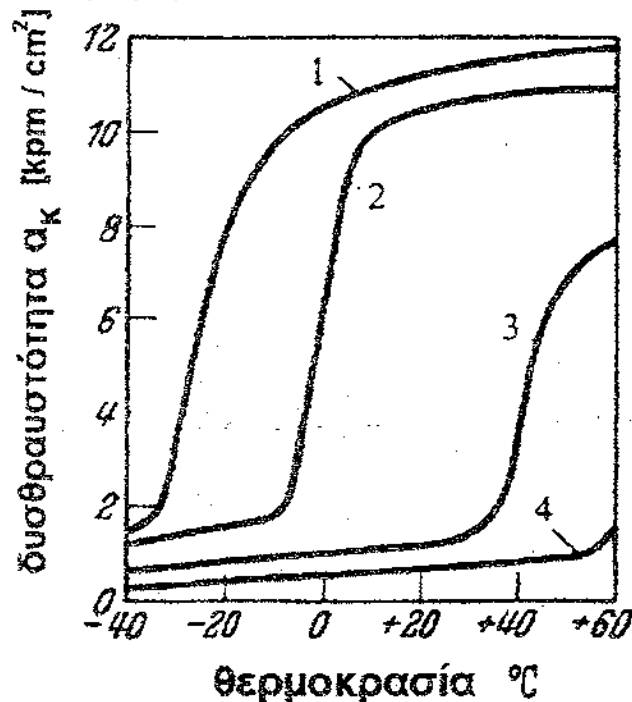
Οι θερμοκρασίες στις οποίες γίνονται οι δοκιμές, εκτός από τη θερμοκρασία δωματίου, συνήθως καθορίζονται στις προδιαγραφές του υλικού.

Η δοκιμή κατά Charpy είναι η πιο διαδεδομένη γιατί επιτρέπει την πιο γρήγορη τοποθέτηση του δοκιμίου στη μηχανή με αποτέλεσμα να εξυπηρετεί σε δοκιμές που γίνονται με δοκίμια σε θερμοκρασίες διαφορετικές από αυτή του περιβάλλοντος.

Η ταχύτητα κρούσεως κυμαίνεται μεταξύ 4,5 – 7 (m/sec). Η ενέργεια κρούσεως είναι κατά κανόνα 30krpm (300joule) για χαλύβδινα υλικά.

Η αντοχή σε κρούση ενός υλικού ονομάζεται **δυσθραυστότητα** του υλικού και δίνεται από το λόγο της ενέργειας που απορροφάται κατά τη θραύση προς το εμβαδόν της διατομής του δοκιμίου στην εγκοπή, δηλαδή: $\alpha_k = E_{\text{απ}} / F$

Όπως φαίνεται στο διάγραμμα, ο συντελεστής δυσθραυστότητας είναι συνάρτηση της θερμοκρασίας.



Διαπιστώνουμε ότι ένα υλικό σε χαμηλή θερμοκρασία συμπεριφέρεται στη δοκιμή σε κρούση σαν ψαθυρό, ενώ το ίδιο υλικό σε υψηλή θερμοκρασία απορροφά μεγάλη ποσότητα ενέργειας μέχρι να θραυσθεί κρουστικά, δηλαδή συμπεριφέρεται σαν όλκιμο. (παρ.1/ πιν.6/ σελ.71)

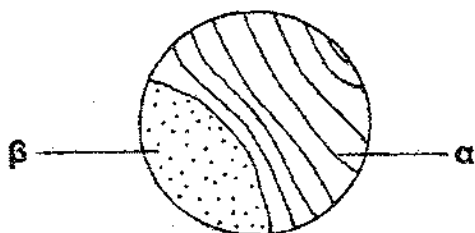
Δοκιμή κόπωσης

Όταν ένα στοιχείο κατασκευής ή ένα υλικό βρίσκεται σε δυναμική καταπόνηση η μηχανική του συμπεριφορά είναι εντελώς διαφορετική από αυτήν της στατικής καταπόνησης. Κάτω από συνθήκες μεταβαλλόμενων φορτίων είναι δυνατόν να επέλθει θραύση του υλικού σε τάση πολύ μικρότερη από την τάση της στατικής αντοχής του.

Με λίγα λόγια, σε δυναμική φόρτιση, ενδέχεται να έχουμε αστοχία ενός υλικού ακόμη και αν η τάση βρίσκεται κάτω από το όριο ελαστικότητάς του. Υπεύθυνη για αυτό είναι η επαναληψιμότητα της φόρτισης. Το φαινόμενο ονομάζεται **κόπωση** του υλικού.

Ορισμός κατά ASTM: «Ονομάζουμε κόπωση τη διαδικασία των προοδευτικών, τοπικών, μόνιμων δομικών μεταβολών, που συμβαίνουν σε ένα υλικό, όταν αυτό υποβάλλεται σε επαναλαμβανόμενες γενικά καταπονήσεις και οι οποίες μπορεί να του δημιουργήσουν μείωση της αντοχής του και τελικά θραύση μετά από έναν επαρκή αριθμό μεταβολών του φορτίου»

Η θραύση από κόπωση γίνεται με ψαθυρό χαρακτήρα, χωρίς αξιόλογες πλαστικές παραμορφώσεις ακόμα και στα όλκιμα υλικά.



Επιφάνεια θραύσης από κόπωση δοκιμίου που υπέστη εφελκυστική ή καμπτική καταπόνηση

Διακρίνουμε δύο περιοχές: α) επιφάνεια λεία, πολύ λεπτόκοκκη και γυαλιστερή, όπου φαίνονται οι γραμμές κόπωσης και β) επιφάνεια που δημιουργείται από την ακαριαία θραύση του υπόλοιπου της διατομής. Η επιφάνεια αυτή είναι τραχεία, χονδρόκοκκη και με σημάδια έντονα μόνιμης παραμόρφωσης.

Κόπωση μπορεί να έχουμε με εφελκυστικά, θλιπτικά, καμπτικά, στρεπτικά, καθώς και με σύνθετα φορτία. Η επαναληπτική φόρτιση μπορεί να είναι περιοδική ή όχι.

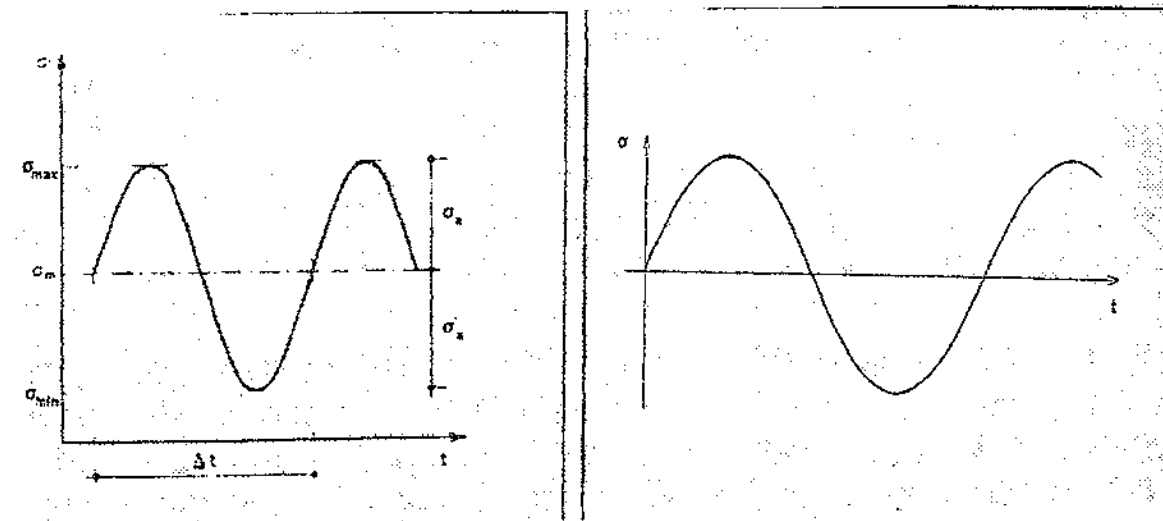
Σε μια δοκιμή κόπωσης με κύκλο φόρτισης όπως του σχήματος, διακρίνουμε δύο ακραίες τιμές των τάσεων σ_{\max} και σ_{\min} , από τις οποίες ορίζεται η μέση τάση με τη σχέση: $\sigma_m = (\sigma_{\max} + \sigma_{\min})/2$. Οι τιμές σ_{\max} και σ_{\min} προκύπτουν από μια μέση

τιμή στην οποία προσθαφαιρούμε μια ταλάντωση με εύρος σ_a , η οποία ονομάζεται εύρος της μεταβολής και δίδεται από τη σχέση: $\sigma_a = (\sigma_{\max} - \sigma_{\min})/2$.

Αν $\sigma_m > \sigma_a$ η φόρτιση ονομάζεται κυμαινόμενη

Αν $\sigma_m = \sigma_a$ η φόρτιση ονομάζεται επαναλαμβανόμενη

Αν $\sigma_m = 0$ η φόρτιση ονομάζεται αντιστρεφόμενη



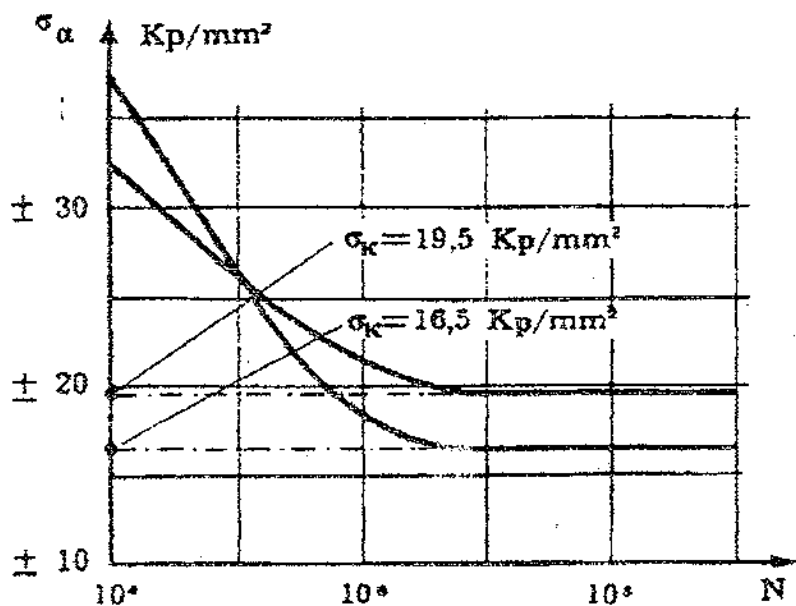
Ο αριθμός των επαναλήψεων N στις οποίες επέρχεται θραύση του δοκιμίου, εξαρτάται από το εύρος της μεταβολής.

Η οριακή τιμή του εύρους της μεταβολής σ_a κάτω από την οποία δεν το δοκίμιο δεν αστοχεί, ονομάζεται όριο κόπωσης.

Η

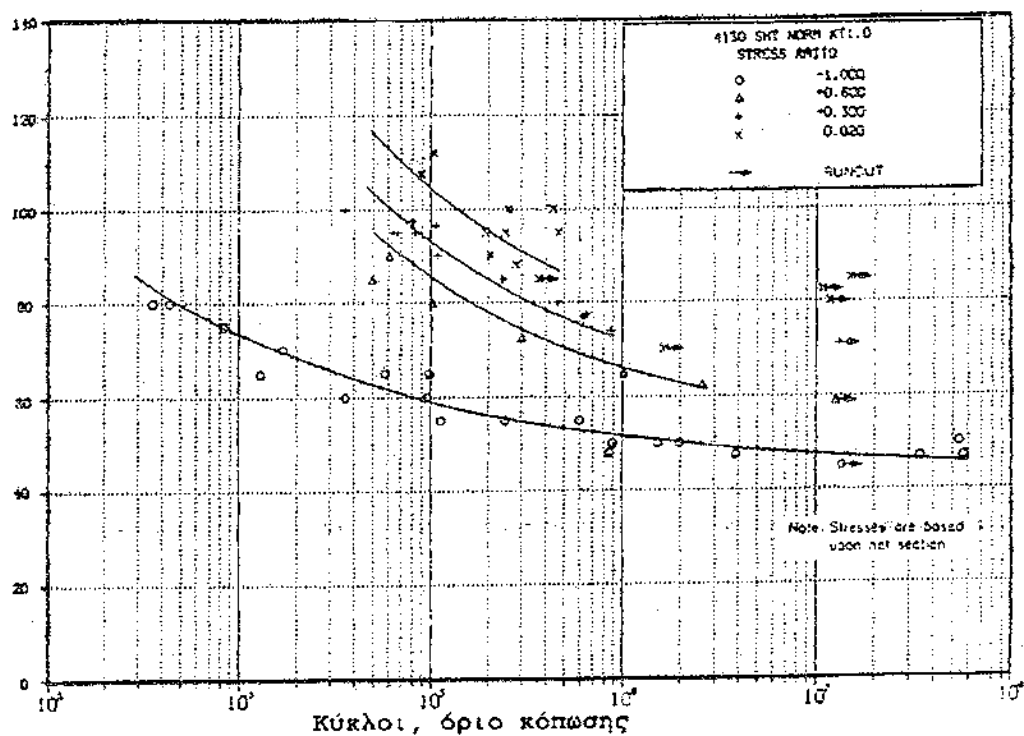
Όριο κόπωσης είναι μια χαρακτηριστική τιμή που πρέπει να υπερβεί το μέγεθος της μεταβαλλόμενης τάσης, για να συμβεί η θραύση.

Για τον προσδιορισμό του ορίου κόπωσης εκτελούμε τουλάχιστον 20 πειράματα σε πανομοιότυπα δοκίμια από το ίδιο υλικό, με σταθερή πάντα την τιμή της μέσης τάσης και με διαρκώς φθίνουσες τιμές κάθε φορά του εύρους της μεταβολής. Έτσι, για κάθε τιμή της σ_a θα προκύψει αστοχία του υλικού σε έναν ορισμένο αριθμό εναλλαγών N , οπότε θα έχουμε 20 τουλάχιστον ζεύγη τιμών (σ_a^L, N^L) , από τα οποία παίρνουμε μια γραφική παράσταση:



Το διάγραμμα ονομάζεται Διάγραμμα αντοχής διάρκειας ή Διάγραμμα Wohler.

Τέλος, όταν για κάποιο υλικό χαράζουμε τα διαγράμματα Wohler για διάφορες τιμές της σ_m , μπορούμε στη συνέχεια να προσδιορίσουμε την περιοχή θραύσεως από κόπωση, που αντιστοιχεί σε μια προκαθορισμένη τιμή του αριθμού κύκλων N .



Διάγραμμα (σ, N) για το κράμα 4130 /Φύλλο

ΠΙΝΑΚΕΣ

ΠΡΟΔΙΑΓΡΑΦΕΣ ΤΩΝ ΚΡΑΜΑΤΩΝ

ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ & ΦΥΣΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ

ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΚΑ ΟΡΙΑ ΕΚΘΕΣΗΣ

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 1

Πίνακας 2α: Προσεγγιστική μετατροπή σκληρότητας για Μη Οστενιτικούς χάλυβες

Rockwell C (κλίμακα) (φορτίο) 150-kgf		Εκληρότητα κατά Brinell 3000-kgf (φορτίο) 10-mm Σφαίρα	Εκληρότητα κατά Knoop 500-gf (φορτίο) και πάνω	Rockwell A (κλίμακα) 60-kgf (φορτίο)	Επιφανειακή Εκληρότητα κατά Rockwell			προσεγγιστική απόδοση σε τετρακλιμαρ
Διεσδυτής από Διαμάντι	Εκληρότητα κατά Vickers			Διεσδυτής από Διαμάντι	15N (κλίμακα) 15-kgf (φορτίο) από Διαμάντι	30N (κλίμακα) 30-kgf (φορτίο) από Διαμάντι	45N (κλίμακα) 45-kgf (φορτίο) από Διαμάντι	Ksi (MPa)
68	940	...	920	65.6	93.2	84.4	75.4	...
67	900	...	895	65.0	92.9	83.8	74.2	...
66	865	...	870	64.5	92.5	82.8	73.3	...
65	832	739	846	63.9	92.2	81.9	72.0	...
64	800	722	822	63.4	91.8	81.1	71.0	...
63	772	706	799	62.8	91.4	80.1	69.9	...
62	745	689	776	62.3	91.1	79.3	68.8	...
61	720	670	754	61.8	90.7	78.4	67.7	...
60	697	654	732	61.2	90.2	77.5	66.6	...
59	674	634	710	60.7	89.8	76.6	65.5	351 (2420)
58	653	615	690	60.1	89.3	75.7	64.3	338 (2330)
57	633	595	670	59.6	88.9	74.8	63.2	325 (2240)
56	613	577	650	59.0	88.3	73.9	62.0	313 (2160)
55	595	560	630	58.5	87.9	73.0	60.9	301 (2070)
54	577	543	612	58.0	87.4	72.0	59.8	292 (2010)
53	560	525	594	57.4	86.9	71.2	58.6	283 (1950)
52	544	512	576	56.8	86.4	70.2	57.4	273 (1890)
51	528	496	558	56.3	85.9	69.4	56.1	264 (1820)
50	513	482	542	55.9	85.5	68.5	55.0	255 (1760)
49	498	468	526	55.2	85.0	67.6	53.9	246 (1700)
48	484	455	510	54.7	84.5	66.7	52.5	238 (1640)
47	471	442	495	54.1	83.9	65.8	51.4	229 (1580)
46	458	432	480	53.6	83.5	64.8	50.3	221 (1520)
45	446	421	466	53.1	83.0	64.0	49.0	215 (1460)
44	434	409	452	52.5	82.5	63.1	47.8	208 (1430)
43	423	400	438	52.0	82.0	62.2	46.7	201 (1390)
42	412	390	426	51.5	81.5	61.3	45.5	194 (1340)
41	402	381	414	51.0	80.9	60.4	44.3	188 (1300)
40	392	371	402	50.4	80.4	59.5	43.1	182 (1250)
39	382	362	391	49.9	79.9	58.6	41.9	177 (1220)
38	372	353	380	49.4	79.4	57.7	40.8	171 (1180)
37	363	344	370	48.9	78.8	56.8	39.6	166 (1140)
36	354	336	360	48.4	78.3	55.9	38.4	161 (1110)
35	345	327	351	47.9	77.7	55.0	37.2	156 (1080)
34	336	319	342	47.4	77.2	54.2	36.1	152 (1050)
33	327	311	334	46.8	76.6	53.3	34.9	149 (1030)
32	318	301	326	46.3	76.1	52.1	33.7	146 (1010)
31	310	294	318	45.8	75.6	51.3	32.5	141 (970)
30	302	286	311	45.3	75.0	50.4	31.2	138 (950)
29	294	279	304	44.6	74.5	49.5	30.1	135 (930)
28	286	271	297	44.3	73.9	48.6	28.9	131 (900)
27	279	264	290	43.8	73.3	47.7	27.8	128 (890)
26	272	258	284	43.3	72.8	46.8	26.7	125 (860)
25	266	253	278	42.8	72.2	45.9	25.5	123 (850)
24	260	247	272	42.4	71.6	45.0	24.3	119 (820)
23	254	243	266	42.0	71.0	44.0	23.1	117 (810)
22	248	237	261	41.5	70.5	43.2	22.0	115 (790)
21	243	231	256	41.0	69.9	42.3	20.7	112 (770)
20	238	226	251	40.5	69.4	41.5	19.6	110 (760)

Πίνακας 2β(ι): Προσγγιστική μετατροπή σκληρότητας για Μη Στενιτικούς χάλυβες

Rockwell B (κλίμακα) (θεορίο) 100-kgf 1/16-in. (1.588-mm) Σφαίρα		Εκκληρότητα κατά Vickers	Εκκληρότητα κατά Brinell 3000-kgf (θεορίο) 10-mm Σφαίρα	Εκκληρότητα κατά Knoop 500-gf (θεορίο) και πάνω	Rockwell A (κλίμακα) 60-kgf (θεορίο) Δικυβόωτης από Διαπρόντι	Rockwell F (κλίμακα) 60-kgf (θεορίο) 1/16-in. (1.588-mm) Σφαίρα	Επιφανειακή σκληρότητα κατά Rockwell			Προσγγιστική αντοχή σε τεσλακωρό ksi (MPa)
							15T (κλίμακα) 15-kgf (θεορίο) 1/16-in. (1.588- mm) Σφαίρα	30T (κλίμακα) 30-kgf (θεορίο) 1/16-in. (1.588- mm) Σφαίρα	45T (κλίμακα) 45-kgf (θεορίο) 1/16-in. (1.588- mm) Σφαίρα	
100	240	240	251	61.5	...	...	93.1	83.1	72.9	116 (800)
99	234	234	246	60.9	...	...	92.8	82.5	71.9	114 (795)
98	228	228	241	60.2	...	...	92.5	81.8	70.9	109 (750)
97	222	222	236	59.5	...	...	92.1	81.1	69.9	104 (715)
96	216	216	231	58.9	...	...	91.8	80.4	68.9	102 (705)
95	210	210	226	58.3	...	...	91.5	79.8	67.9	100 (690)
94	205	205	221	57.6	...	...	91.2	79.1	66.9	98 (675)
93	200	200	216	57.0	...	...	90.9	78.4	65.9	94 (650)
92	195	195	211	56.4	...	...	90.5	77.8	64.8	92 (635)
91	190	190	208	55.8	...	...	90.2	77.1	63.8	90 (620)
90	185	185	201	55.2	...	...	89.9	76.4	62.8	89 (615)
89	180	180	196	54.6	...	...	89.5	75.8	61.8	88 (605)
88	176	176	192	54.0	...	...	89.2	75.1	60.8	88 (590)
87	172	172	188	53.4	...	...	88.9	74.4	59.8	84 (580)
86	169	169	184	52.8	...	...	88.6	73.8	58.8	83 (570)
85	165	165	180	52.3	...	...	88.2	73.1	57.8	82 (565)
84	162	162	176	51.7	...	...	87.9	72.4	56.8	81 (560)
83	159	159	173	51.1	...	...	87.6	71.8	55.8	80 (550)
82	156	156	170	50.6	...	...	87.3	71.1	54.8	77 (530)
81	153	153	167	50.0	...	...	86.9	70.4	53.8	73 (505)
80	150	150	164	49.5	...	...	86.6	69.7	52.8	72 (495)
79	147	147	161	48.9	...	...	86.3	69.1	51.8	70 (485)
78	144	144	158	48.4	...	...	86.0	68.4	50.8	69 (475)
77	141	141	155	47.9	...	...	85.6	67.7	49.8	68 (470)
76	139	139	152	47.3	...	...	85.3	67.1	48.8	67 (460)
75	137	137	150	46.8	...	99.5	85.0	66.4	47.8	66 (455)
74	135	135	147	46.3	...	99.1	84.7	65.7	46.8	65 (450)
73	132	132	145	45.8	...	98.5	84.3	65.1	45.8	64 (440)
72	130	130	143	45.3	...	98.0	84.0	64.4	44.8	63 (435)
71	127	127	141	44.8	...	97.4	83.7	63.7	43.8	62 (425)
70	125	125	139	44.3	...	96.8	83.4	63.1	42.8	61 (420)
69	123	123	137	43.8	...	96.2	83.0	62.4	41.8	60 (415)
68	121	121	135	43.3	...	95.6	82.7	61.7	40.8	59 (405)
67	119	119	133	42.8	...	95.1	82.4	61.0	39.8	58 (400)
66	117	117	131	42.3	...	94.5	82.1	60.4	38.7	57 (395)
65	116	116	129	41.8	...	93.9	81.8	59.7	37.7	56 (385)
64	114	114	127	41.4	...	93.4	81.4	59.0	36.7	...
63	112	112	125	40.9	...	92.8	81.1	58.4	35.7	...
62	110	110	124	40.4	...	92.2	80.8	57.7	34.7	...
61	108	108	122	40.0	...	91.7	80.5	57.0	33.7	...
60	107	107	120	39.5	...	91.1	80.1	56.4	32.7	...
59	106	106	118	39.0	...	90.5	79.8	55.7	31.7	...
68	104	104	117	38.6	...	90.0	79.5	55.0	30.7	...
57	103	103	115	38.1	...	89.4	79.2	54.4	29.7	...
56	101	101	114	37.7	...	88.8	78.8	53.7	28.7	...
55	100	100	112	37.2	...	88.2	78.5	53.0	27.7	...
54	...	...	111	36.8	...	87.7	78.2	52.4	26.7	...
53	...	...	110	36.3	...	87.1	77.9	51.7	25.7	...
52	...	...	109	35.9	...	86.5	77.5	51.0	24.7	...
51	...	...	108	35.5	...	86.0	77.2	50.3	23.7	...
50	...	...	107	35.0	...	85.4	76.9	49.7	22.7	...
49	...	...	106	34.6	...	84.8	76.6	49.0	21.7	...
48	...	...	105	34.1	...	84.3	76.2	48.3	20.7	...
47	...	...	104	33.7	...	83.7	75.9	47.7	19.7	...
46	...	...	103	33.3	...	83.1	75.6	47.0	18.7	...

Πίνακας 2β(ii) (Συνέχεια)

Rockwell B (κλίμακα) 100-kgf 1/16-in. (1.588-mm) Σφαίρα	Σκληρότητα κατά Vickers	Σκληρότητα κατά Bridell 3000-kgf (φορτίο) 10-mm Σφαίρα	Σκληρότητα κατά Knoop 500-gf (φορτίο) και πάνω	Rockwell A (κλίμακα) 60-kgf (φορτίο) Διαστάτης από διαμάντι	Rockwell F (κλίμακα) 60-kgf (φορτίο) 1/16-in. (1.588-mm) Σφαίρα	Επιφανειακή σκληρότητα Rockwell			Προσεγγιστική αντοχή σε εσθκυσμό ksi (MPa)
						15N (κλίμακα) 15-kgf (φορτίο) 1/16-in. (1.588- mm) Σφαίρα	30T (κλίμακα) 30-kgf (φορτίο) 1/16-in. (1.588- mm) Σφαίρα	45T (κλίμακα) 45-kgf (φορτίο) 1/16-in. (1.588- mm) Σφαίρα	
45	102	32.8	82.6	75.3	46.3	17.7	...
44	101	32.4	82.0	74.9	45.7	16.7	...
43	100	32.0	81.4	74.6	45.0	15.7	...
42	99	31.6	80.8	74.3	44.3	14.7	...
41	98	31.2	80.3	74.0	43.7	13.6	...
40	97	30.7	79.7	73.6	43.0	12.6	...
39	96	30.3	79.1	73.3	42.3	11.6	...
38	95	29.9	78.6	73.0	41.6	10.6	...
37	94	29.5	78.0	72.7	41.0	9.6	...
36	93	29.1	77.4	72.3	40.3	8.6	...
35	92	28.7	76.9	72.0	39.6	7.6	...
34	91	28.2	76.3	71.7	39.0	6.6	...
33	90	27.8	75.7	71.4	38.3	5.6	...
32	89	27.4	75.2	71.0	37.6	4.6	...
31	88	27.0	74.6	70.7	37.0	3.6	...
30	87	26.6	74.0	70.4	36.3	2.6	...

Πίνακας 2γ: Προσεγγιστική μετατροπή της σκληρότητας για αστενιτικούς χάλυβες

Rockwell C (κλίμακα) Διαστάτης από διαμάντι	150-kgf (φορτίο)	Rockwell A (κλίμακα) Διαστάτης από διαμάντι	60-kgf (φορτίο)	Επιφανειακή σκληρότητα Rockwell					
				15N (κλίμακα) Διαστάτης από διαμάντι	15-kgf (φορτίο) Διαστάτης από διαμάντι	30N (κλίμακα) Διαστάτης από διαμάντι	30-kgf (φορτίο) Διαστάτης από διαμάντι	45N (κλίμακα) Διαστάτης από διαμάντι	45-kgf (φορτίο) Διαστάτης από διαμάντι
48		74.4		84.1		68.2		52.1	
47		73.9		83.6		65.3		50.9	
46		73.4		83.1		64.5		49.8	
45		72.9		82.6		63.6		48.7	
44		72.4		82.1		62.7		47.5	
43		71.9		81.6		61.8		46.4	
42		71.4		81.0		61.0		45.2	
41		70.9		80.5		60.1		44.1	
40		70.4		80.0		59.2		43.0	
39		69.9		79.5		58.4		41.8	
38		69.3		79.0		57.5		40.7	
37		68.8		78.5		56.6		39.6	
36		68.3		78.0		55.7		38.4	
35		67.8		77.5		54.9		37.3	
34		67.3		77.0		54.0		36.1	
33		66.8		76.5		53.1		35.0	
32		66.3		75.9		52.3		33.9	
31		65.8		75.4		51.4		32.7	
30		65.3		74.9		50.5		31.6	
29		64.8		74.4		49.6		30.4	
28		64.3		73.9		48.8		29.3	
27		63.8		73.4		47.9		28.2	
26		63.3		72.9		47.0		27.0	
25		62.8		72.4		46.2		25.9	
24		62.3		71.9		45.3		24.8	
23		61.8		71.3		44.4		23.6	
22		61.3		70.8		43.5		22.5	
21		60.8		70.3		42.7		21.3	
20		60.3		69.8		41.8		20.2	

Πίνακας 26: Προσεγγιστική μετατροπή της σκληρότητας για Ωστενιτικούς χάλυβες

Rockwell B (κλίμακα) 100- kgf (φορτίο) 1/16- in. (1.588- mm) Σφαίρα	απόσταση κοιλώματος Brimell (mm)	Σκληρότητα κατά Brinell 3000-kgf (φορτίο) 10-mm Σφαίρα	Rockwell A (κλίμακα) 60-kgf (φορτίο) Διαστάτης από Διαμόνη	Επιφανειακή Σκληρότητα κατά Rockwell		
				15T (κλίμακα) 15-kgf (φορτίο) 1/16-in. (1.588- mm) Σφαίρα	30T (κλίμακα) 30-kgf (φορτίο) 1/16-in. (1.588- mm) Σφαίρα	45T (κλίμακα) 45-kgf (φορτίο) 1/16-in. (1.588- mm) Σφαίρα
100	3.79	256	61.5	91.5	80.4	70.2
99	3.85	248	60.9	91.2	79.7	69.2
98	3.91	240	60.3	90.8	79.0	68.2
97	3.96	233	59.7	90.4	78.3	67.2
96	4.02	226	59.1	90.1	77.7	66.1
95	4.08	219	58.5	89.7	77.0	65.1
94	4.14	213	58.0	89.3	76.3	64.1
93	4.20	207	57.4	88.9	75.8	63.1
92	4.24	202	56.8	88.6	74.9	62.1
91	4.30	197	56.2	88.2	74.2	61.1
90	4.35	192	55.6	87.8	73.5	60.1
89	4.40	187	55.0	87.5	72.9	59.0
88	4.45	183	54.5	87.1	72.1	58.0
87	4.51	178	53.9	86.7	71.4	57.0
86	4.55	174	53.3	86.4	70.7	56.0
85	4.60	170	52.7	86.0	70.0	55.0
84	4.65	167	52.1	85.6	69.3	54.0
83	4.70	163	51.5	85.2	68.6	52.9
82	4.74	160	50.9	84.9	67.9	51.9
81	4.79	156	50.4	84.5	67.2	50.9
80	4.84	153	49.8	84.1	66.5	49.9

Πίνακας 3: Εκληρότητα κατά Brinell
(Χαίρα διαμέτρου 10mm, Θορία 500, 1500 & 3000kgf)

Διάμετρος κοιλώματος mm	Εκληρότητα κατά Brinell			Διάμετρος κοιλώματος mm	Εκληρότητα κατά Brinell			Διάμετρος κοιλώματος mm	Εκληρότητα κατά Brinell			Διάμετρος κοιλώματος mm	Εκληρότητα κατά Brinell		
	500- kgf (θορία)	1500- kgf (θορία)	3000- kgf (θορία)		500- kgf (θορία)	1500- kgf (θορία)	3000- kgf (θορία)		500- kgf (θορία)	1500- kgf (θορία)	3000- kgf (θορία)		500- kgf (θορία)	1500- kgf (θορία)	3000- kgf (θορία)
2.00	159	473	945	2.80	92.8	278	555	3.20	60.5	182	363	3.80	42.4	127	255
2.01	156	468	936	2.61	91.8	278	551	3.21	60.1	180	361	3.81	42.2	127	253
2.02	154	463	926	2.62	91.1	273	547	3.22	59.8	179	359	3.82	42.0	126	252
2.03	153	459	917	2.63	90.4	271	543	3.23	59.4	178	356	3.83	41.7	125	250
2.04	151	454	908	2.84	89.7	269	538	3.24	59.0	177	354	3.84	41.5	125	249
2.05	150	450	899	2.65	89.0	267	534	3.25	58.6	176	352	3.85	41.3	124	248
2.06	148	445	890	2.86	88.4	265	530	3.26	58.3	175	350	3.86	41.1	123	246
2.07	147	441	882	2.87	87.7	263	526	3.27	57.9	174	347	3.87	40.9	123	245
2.08	146	437	873	2.66	87.0	261	522	3.28	57.5	173	345	3.88	40.6	122	244
2.09	144	432	865	2.69	86.4	259	518	3.29	57.2	172	343	3.89	40.4	121	242
2.10	143	428	856	2.70	85.7	257	514	3.30	56.8	170	341	3.90	40.2	121	241
2.11	141	424	848	2.71	85.1	255	510	3.31	56.5	169	339	3.91	40.0	120	240
2.12	140	420	840	2.72	84.4	253	507	3.32	56.1	168	337	3.92	39.8	119	239
2.13	139	416	832	2.73	83.8	251	503	3.33	55.8	167	335	3.93	39.6	119	237
2.14	137	412	824	2.74	83.2	250	499	3.34	55.4	166	333	3.94	39.4	118	236
2.15	136	408	817	2.75	82.6	248	496	3.35	55.1	165	331	3.95	39.1	117	235
2.16	135	404	809	2.76	81.9	246	492	3.36	54.8	164	329	3.96	38.9	117	234
2.17	134	401	802	2.77	81.3	244	488	3.37	54.4	163	326	3.97	38.7	116	232
2.18	132	397	794	2.78	80.8	242	485	3.38	54.1	162	325	3.98	38.5	116	231
2.19	131	393	787	2.79	80.2	240	481	3.39	53.8	161	323	3.99	38.3	115	230
2.20	130	390	780	2.80	79.6	239	477	3.40	53.4	160	321	4.00	38.1	114	229
2.21	129	386	772	2.81	79.0	237	474	3.41	53.1	159	319	4.01	37.9	114	228
2.22	128	383	765	2.82	78.4	235	471	3.42	52.8	158	317	4.02	37.7	113	226
2.23	126	379	758	2.83	77.9	234	467	3.43	52.5	157	315	4.03	37.5	113	225
2.24	125	376	752	2.84	77.3	232	464	3.44	52.2	156	313	4.04	37.3	112	224
2.25	124	372	745	2.85	76.8	230	461	3.45	51.8	156	311	4.05	37.1	111	223
2.26	123	369	738	2.86	76.2	229	457	3.46	51.5	155	309	4.06	37.0	111	222
2.27	122	366	732	2.87	75.7	227	454	3.47	51.2	154	307	4.07	36.8	110	221
2.28	121	363	725	2.88	75.1	225	451	3.48	50.9	153	306	4.08	36.6	110	219
2.29	120	359	719	2.89	74.6	224	448	3.49	50.6	152	304	4.09	36.4	109	218
2.30	119	356	712	2.90	74.1	222	444	3.50	50.3	151	302	4.10	36.2	109	217
2.31	118	353	706	2.91	73.6	221	441	3.51	50.0	150	300	4.11	36.0	108	216
2.32	117	350	700	2.92	73.0	219	438	3.52	49.7	149	298	4.12	35.8	108	215
2.33	116	347	694	2.93	72.5	218	435	3.53	49.4	148	297	4.13	35.7	107	214
2.34	115	344	688	2.94	72.0	216	432	3.54	49.2	147	295	4.14	35.5	106	213
2.35	114	341	682	2.95	71.5	215	429	3.55	48.9	147	293	4.15	35.3	106	212
2.36	113	338	676	2.96	71.0	213	426	3.56	48.6	146	292	4.16	35.1	105	211
2.37	112	335	670	2.97	70.5	212	423	3.57	48.3	145	290	4.17	34.9	105	210
2.38	111	332	665	2.98	70.1	210	420	3.58	48.0	144	288	4.18	34.8	104	209
2.39	110	330	659	2.99	69.6	209	417	3.59	47.7	143	285	4.19	34.6	104	208
2.40	109	327	653	3.00	69.1	207	415	3.60	47.5	142	285	4.20	34.4	103	207
2.41	108	324	648	3.01	68.6	206	412	3.61	47.2	142	283	4.21	34.2	103	205
2.42	107	322	643	3.02	68.2	205	409	3.62	46.9	141	282	4.22	34.1	102	204
2.43	106	319	637	3.03	67.7	203	406	3.63	46.7	140	280	4.23	33.9	102	203
2.44	105	316	632	3.04	67.3	202	404	3.64	46.4	139	278	4.24	33.7	101	202
2.45	104	313	627	3.05	66.8	200	401	3.65	46.1	138	277	4.25	33.6	101	201
2.46	104	311	621	3.06	66.4	199	398	3.66	45.9	136	275	4.26	33.4	100	200
2.47	103	308	616	3.07	65.9	198	395	3.67	45.6	137	274	4.27	33.2	99.7	199
2.48	102	306	611	3.08	65.5	196	393	3.68	45.4	136	272	4.28	33.1	99.2	198
2.49	101	303	606	3.09	65.0	195	390	3.69	45.1	135	271	4.29	32.9	98.8	198
2.50	100	301	601	3.10	64.6	194	388	3.70	44.9	135	269	4.30	32.8	98.3	197
2.51	99.4	288	597	3.11	64.2	193	385	3.71	44.6	134	268	4.31	32.6	97.8	196
2.52	98.6	296	592	3.12	63.8	191	383	3.72	44.4	133	266	4.32	32.4	97.3	195
2.53	97.8	294	587	3.13	63.3	190	380	3.73	44.1	132	265	4.33	32.3	98.8	194
2.54	97.1	291	582	3.14	62.9	189	378	3.74	43.9	132	263	4.34	32.1	96.4	193
2.55	96.3	289	578	3.15	62.5	188	375	3.75	43.6	131	262	4.35	32.0	95.9	192
2.56	95.5	287	573	3.16	62.1	186	373	3.76	43.4	130	260	4.36	31.8	95.5	191
2.57	94.8	284	569	3.17	61.7	185	370	3.77	43.1	129	259	4.37	31.7	95.0	190
2.58	94.0	282	564	3.18	61.3	184	368	3.78	42.9	129	257	4.38	31.5	94.5	189
2.59	93.3	280	560	3.19	60.9	183	366	3.79	42.7	128	256	4.39	31.4	94.1	188

Πίνακας 3 (Συνέχεια)

Διάμετρος κοιλώματος mm	Εκληρότητα κατά Brinell			Διάμετρος κοιλώματος mm	Εκληρότητα κατά Brinell			Διάμετρος κοιλώματος mm	Εκληρότητα κατά Brinell			Διάμετρος κοιλώματος mm	Εκληρότητα κατά Brinell		
	500- kgf (σφόνιο)	1500- kgf (σφόνιο)	3000- kgf (σφόνιο)		500- kgf (σφόνιο)	1500- kgf (σφόνιο)	3000- kgf (σφόνιο)		500- kgf (σφόνιο)	1500- kgf (σφόνιο)	3000- kgf (σφόνιο)		500- kgf (σφόνιο)	1500- kgf (σφόνιο)	3000- kgf (σφόνιο)
4.40	31.2	93.6	187	5.05	23.3	69.8	140	5.70	17.8	53.5	107	6.35	14.0	42.0	84.0
4.41	31.1	93.2	186	5.06	23.2	69.5	139	5.71	17.8	53.3	107	6.36	13.9	41.8	83.7
4.42	30.9	92.7	185	5.07	23.1	69.2	138	5.72	17.7	53.1	106	6.37	13.9	41.7	83.4
4.43	30.8	92.3	185	5.08	23.0	68.9	138	5.73	17.6	52.9	106	6.38	13.8	41.5	83.1
4.44	30.6	91.8	184	5.09	22.9	68.6	137	5.74	17.6	52.7	105	6.39	13.8	41.4	82.8
4.45	30.5	91.4	183	5.10	22.8	68.3	137	5.75	17.5	52.5	105	6.40	13.7	41.2	82.5
4.46	30.3	91.0	182	5.11	22.7	68.0	136	5.76	17.4	52.3	105	6.41	13.7	41.1	82.2
4.47	30.2	90.5	181	5.12	22.6	67.7	135	5.77	17.4	52.1	104	6.42	13.6	40.9	81.9
4.48	30.0	90.1	180	5.13	22.5	67.4	135	5.78	17.3	51.9	104	6.43	13.6	40.8	81.6
4.49	29.9	89.7	179	5.14	22.4	67.1	134	5.79	17.2	51.7	103	6.44	13.5	40.6	81.3
4.50	29.8	89.3	179	5.15	22.3	66.9	134	5.80	17.2	51.5	103	6.45	13.5	40.5	81.0
4.51	29.6	88.8	178	5.16	22.2	66.6	133	5.81	17.1	51.3	103	6.46	13.4	40.4	80.7
4.52	29.5	88.4	177	5.17	22.1	66.3	133	5.82	17.0	51.1	102	6.47	13.4	40.2	80.4
4.53	29.3	88.0	176	5.18	22.0	66.0	132	5.83	17.0	50.9	102	6.48	13.4	40.1	80.1
4.54	29.2	87.6	175	5.19	21.9	65.8	132	5.84	16.9	50.7	101	6.49	13.3	39.9	79.8
4.55	29.1	87.2	174	5.20	21.8	65.5	131	5.85	16.8	50.5	101	6.50	13.3	39.8	79.6
4.56	28.9	86.8	174	5.21	21.7	65.2	130	5.86	16.8	50.3	101	6.51	13.2	39.6	79.3
4.57	28.8	86.4	173	5.22	21.6	64.9	130	5.87	16.7	50.2	100	6.52	13.2	39.5	79.0
4.58	28.7	86.0	172	5.23	21.6	64.7	129	5.88	16.7	50.0	99.9	6.53	13.1	39.4	78.7
4.59	28.5	85.6	171	5.24	21.5	64.4	129	5.89	16.6	49.8	99.5	6.54	13.1	39.2	78.4
4.60	28.4	85.4	170	5.25	21.4	64.1	128	5.90	16.5	49.6	99.2	6.55	13.0	39.1	78.2
4.61	28.3	84.8	170	5.26	21.3	63.9	128	5.91	16.5	49.4	98.8	6.56	13.0	38.9	78.0
4.62	28.1	84.4	169	5.27	21.2	63.6	127	5.92	16.4	49.2	98.4	6.57	12.9	38.8	77.8
4.63	28.0	84.0	168	5.28	21.1	63.3	127	5.93	16.3	49.0	98.0	6.58	12.9	38.7	77.3
4.64	27.9	83.6	167	5.29	21.0	63.1	126	5.94	16.3	48.8	97.7	6.59	12.8	38.5	77.1
4.65	27.8	83.3	167	5.30	20.9	62.8	126	5.95	16.2	48.7	97.3	6.60	12.8	38.4	76.8
4.66	27.8	82.9	166	5.31	20.9	62.6	125	5.96	16.2	48.5	96.9	6.61	12.8	38.3	76.5
4.67	27.5	82.5	165	5.32	20.8	62.3	125	5.97	16.1	48.3	96.6	6.62	12.7	38.1	76.2
4.68	27.4	82.1	164	5.33	20.7	62.1	124	5.98	16.0	48.1	96.2	6.63	12.7	38.0	76.0
4.69	27.3	81.8	164	5.34	20.6	61.8	124	5.99	16.0	47.9	95.9	6.64	12.6	37.9	75.7
4.70	27.1	81.4	163	5.35	20.5	61.5	123	6.00	15.9	47.7	95.5	6.65	12.6	37.7	75.4
4.71	27.0	81.0	162	5.36	20.4	61.3	123	6.01	15.9	47.6	95.1	6.66	12.5	37.6	75.2
4.72	26.9	80.7	161	5.37	20.3	61.0	122	6.02	15.8	47.4	94.8	6.67	12.5	37.5	74.9
4.73	26.8	80.3	161	5.38	20.3	60.8	122	6.03	15.7	47.2	94.4	6.68	12.4	37.3	74.7
4.74	26.6	79.9	160	5.39	20.2	60.6	121	6.04	15.7	47.0	94.1	6.69	12.4	37.2	74.4
4.75	26.5	79.6	159	5.40	20.1	60.3	121	6.05	15.6	46.8	93.7	6.70	12.4	37.1	74.1
4.76	26.4	79.2	158	5.41	20.0	60.1	120	6.06	15.6	46.7	93.4	6.71	12.3	36.9	73.9
4.77	26.3	78.9	158	5.42	19.9	59.8	120	6.07	15.5	46.5	93.0	6.72	12.3	36.8	73.6
4.78	26.2	78.5	157	5.43	19.9	59.6	119	6.08	15.4	46.3	92.7	6.73	12.2	36.7	73.4
4.79	26.1	78.2	156	5.44	19.8	59.3	119	6.09	15.4	46.2	92.3	6.74	12.2	36.6	73.1
4.80	25.9	77.8	156	5.45	19.7	59.1	118	6.10	15.3	46.0	92.0	6.75	12.1	36.4	72.8
4.81	25.8	77.5	155	5.46	19.6	58.9	118	6.11	15.3	45.8	91.7	6.76	12.1	36.3	72.6
4.82	25.7	77.1	154	5.47	19.5	58.6	117	6.12	15.2	45.7	91.3	6.77	12.1	36.2	72.3
4.83	25.6	76.8	154	5.48	19.5	58.4	117	6.13	15.2	45.5	91.0	6.78	12.0	36.0	72.1
4.84	25.5	76.4	153	5.49	19.4	58.2	116	6.14	15.1	45.3	90.6	6.79	12.0	35.9	71.8
4.85	25.4	76.1	152	5.50	19.3	57.9	116	6.15	15.1	45.2	90.3	6.80	11.9	35.8	71.6
4.86	25.3	75.8	152	5.51	19.2	57.7	115	6.16	15.0	45.0	90.0	6.81	11.9	35.7	71.3
4.87	25.1	75.4	151	5.52	19.2	57.5	115	6.17	14.9	44.8	89.6	6.82	11.8	35.5	71.1
4.88	25.0	75.1	150	5.53	19.1	57.2	114	6.18	14.9	44.7	89.3	6.83	11.8	35.4	70.8
4.89	24.9	74.8	150	5.54	19.0	57.0	114	6.19	14.8	44.5	89.0	6.84	11.8	35.3	70.6
4.90	24.8	74.4	149	5.55	18.9	56.8	114	6.20	14.7	44.3	88.7	6.86	11.7	35.2	70.4
4.91	24.7	74.1	148	5.56	18.9	56.6	113	6.21	14.7	44.2	88.3	6.86	11.7	35.1	70.1
4.92	24.6	73.8	148	5.57	18.8	56.3	113	6.22	14.7	44.0	88.0	6.87	11.6	34.9	69.9
4.93	24.5	73.5	147	5.58	18.7	56.1	112	6.23	14.6	43.8	87.7	6.88	11.6	34.8	69.6
4.94	24.4	73.2	146	5.59	18.6	55.9	112	6.24	14.6	43.7	87.4	6.89	11.6	34.7	69.4
4.95	24.3	72.8	146	5.60	18.6	55.7	111	6.25	14.5	43.5	87.1	6.90	11.5	34.6	69.2
4.96	24.2	72.5	145	5.61	18.5	55.5	111	6.26	14.5	43.4	86.7	6.91	11.5	34.5	68.9
4.97	24.1	72.2	144	5.62	18.4	55.2	110	6.27	14.4	43.2	86.4	6.92	11.4	34.3	68.7
4.98	24.0	71.9	144	5.63	18.3	55.0	110	6.28	14.4	43.1	86.1	6.93	11.4	34.2	68.4
4.99	23.9	71.6	143	5.64	18.3	54.8	110	6.29	14.3	42.9	85.8	6.94	11.4	34.1	68.2
5.00	23.8	71.3	143	5.65	18.2	54.6	109	6.30	14.2	42.7	85.5	6.95	11.3	34.0	68.0
5.01	23.7	71.0	142	5.66	18.1	54.4	109	6.31	14.2	42.6	85.2	6.96	11.3	33.9	67.7
5.02	23.6	70.7	141	5.67	18.1	54.2	108	6.32	14.1	42.4	84.9	6.97	11.3	33.8	67.5
5.03	23.5	70.4	141	5.68	18.0	54.0	108	6.33	14.1	42.3	84.6	6.98	11.2	33.6	67.3
5.04	23.4	70.1	140	5.69	17.9	53.7	107	6.34	14.0	42.1	84.3	6.99	11.2	33.5	67.0

Πίνακας 4: Ποσοτά διάτμησης για μετρήσεις σε ίντσες

Διάσταση B, in.	Διάσταση A, in.																
	0.05	0.10	0.12	0.14	0.16	0.18	0.20	0.22	0.24	0.26	0.28	0.30	0.32	0.34	0.36	0.38	0.40
0.05	98	96	95	94	94	93	92	91	90	90	89	88	87	86	85	85	84
0.10	96	92	90	89	87	85	84	82	81	79	77	76	74	73	71	69	68
0.12	95	90	88	86	85	83	81	79	77	75	73	71	69	67	65	63	61
0.14	94	89	86	84	82	80	77	75	73	71	68	66	64	62	59	57	55
0.16	94	87	85	82	79	77	74	72	69	67	64	61	58	56	53	51	48
0.18	93	85	83	80	77	74	72	68	65	62	59	56	54	51	48	45	42
0.20	92	84	81	77	74	72	68	65	61	57	54	50	47	43	40	36	33
0.22	91	82	79	75	72	68	65	61	57	54	50	46	42	38	34	30	27
0.24	90	81	77	73	69	65	61	57	54	50	46	42	38	34	30	27	23
0.26	90	79	75	71	67	62	58	54	50	46	41	37	33	29	25	20	16
0.28	89	77	73	68	64	59	55	50	46	41	37	32	28	23	18	14	10
0.30	88	76	71	66	61	56	52	47	42	37	32	27	23	18	13	9	3
0.31	88	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	18	10	5	0

Πίνακας 5: Ποσοτά διάτμησης για μετρήσεις σε χιλιοστά

Διάσταση B, mm	Διάσταση A, mm																		
	1.0	1.5	2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	5.0	5.5	6.0	6.5	7.0	7.5	8.0	8.5	9.0	9.5	10
1.0	99	96	95	97	96	96	95	94	94	93	92	92	91	91	90	89	89	88	88
1.5	98	97	96	95	94	93	92	92	91	90	89	88	87	86	85	84	83	82	81
2.0	98	96	95	94	92	91	90	89	88	86	85	84	82	81	80	79	77	76	75
2.5	97	95	94	92	91	89	88	86	84	83	81	79	77	76	74	72	70	68	69
3.0	96	94	92	91	89	87	85	83	81	79	77	76	74	72	69	67	65	64	62
3.5	96	93	91	89	87	85	82	80	78	76	74	72	69	67	65	63	61	58	56
4.0	95	92	90	88	85	82	80	77	75	72	70	67	65	62	60	57	55	52	50
4.5	94	92	89	86	83	80	77	75	72	69	66	63	61	58	55	52	49	46	44
5.0	94	91	89	85	81	78	75	72	69	66	62	59	56	53	50	47	44	41	37
5.5	93	90	86	83	79	76	72	69	66	62	59	55	52	48	45	42	38	35	31
6.0	92	89	85	81	77	74	70	66	62	59	55	51	47	44	40	36	33	29	25
6.5	92	88	84	80	76	72	67	63	59	55	51	47	43	39	35	31	27	23	19
7.0	91	87	82	78	74	69	65	61	56	52	47	43	39	34	30	26	21	17	12
7.5	91	86	81	77	72	67	62	58	53	48	44	39	34	30	25	20	16	11	6
8.0	90	85	80	75	70	65	60	55	50	45	40	35	30	25	20	15	10	5	0

Πίνακας 6: Αποδεκτά κριτήρια για δοκιμές κατά Charpy (με εγκοπή) για διάφορα υπο-μεγέθη δοκιμών

10 by 10 mm		¼ μεγέθους 10 by 7.5 mm		½ μεγέθους 10 by 6.7 mm		¾ μεγέθους 10 by 5 mm		1/5 μεγέθους 10 by 3.3 mm		1/10 10 by 2.5 mm	
n-βελ	[J]	n-βελ	[J]	n-βελ	[J]	n-βελ	[J]	n-βελ	[J]	n-βελ	[J]
40	[54]	30	[41]	27	[37]	20	[27]	13	[18]	10	[14]
35	[48]	26	[35]	23	[31]	18	[24]	12	[16]	9	[12]
30	[41]	22	[30]	20	[27]	15	[20]	10	[14]	6	[9]
25	[34]	19	[26]	17	[23]	12	[16]	8	[11]	6	[8]
20	[27]	15	[20]	13	[18]	10	[14]	7	[10]	5	[7]
16	[22]	12	[16]	11	[15]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
15	[20]	11	[15]	10	[14]	8	[11]	5	[7]	4	[5]
13	[18]	10	[14]	9	[12]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
12	[16]	9	[12]	8	[11]	6	[8]	4	[5]	3	[4]
10	[14]	8	[11]	7	[10]	5	[7]	3	[4]	2	[3]
7	[10]	5	[7]	5	[7]	4	[5]	2	[3]	2	[3]

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 2

Πίνακας 1

Μηχανικές και φυσικές ιδιότητες του ανθρακοχάλυβα AISI 1025

Προδιαγραφές	AMS 5046, Type 2, και MIL-S-7952, 1025	AMS 5075, AMS 5077, και MIL-T-5066	MIL-S-7097, Comp. 3
Τύπος	Φύλλο, λαρίδες, επίπεδο	Σωλήνες	Ράβδος
Κατάσταση	Ανόπτηση	Εξομάλυνση	Όλες
Πάχος (ίντσες)	...	...	...
Βάση	S	S	S
Μηχανικές ιδιότητες			
F_u , ksi:			
L	55	55	55
LT	55	55	55
ST	...	...	55
F_y , ksi:			
L	36	36	36
LT	36	36	36
ST	...	...	36
F_{cy} , ksi:			
L	36	36	36
LT	36	36	36
ST	...	...	36
F_{tu} , ksi	35	35	35
F_{br} , ksi:			
(e/D = 1.5)	...	...	...
(e/D = 2.0)	90	90	90
F_{brg} , ksi:			
(e/D = 1.5)	...	...	...
(e/D = 2.0)	...	...	...
e, ποσοστό			
L	...	a	a
LT	a	...	...
E, 10^3 ksi	29.0		
E_p , 10^3 ksi	29.0		
G, 10^3 ksi	11.0		
μ	0.32		
Φυσικές ιδιότητες			
ω , lb/in. ³	0.284		
C, Btu/(lb)(°F)	0.116 (122 to 212°F)		
K, Btu/[(hr)(ft ²)(°F)/ft]	30.0 (at 32°F)		
α , 10^{-6} in./in./°F	Βλέπε διάγραμμα 1		

a Βλέπε προδιαγραφές για την ελάχιστη επιμήκυνση με τη μέγιστη φόρτιση

Πίνακας 2

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες του χάλυβα χαμηλής περιεκτικότητας Αέριας Τήξης

Κράμα	AISI 4130		AISI 4135		AISI 8630	
Προδιαγραφές	AMS 6360 AMS 6373 AMS 6374 MIL-T-6736 MIL-S-18729		AMS 6365 MIL-T-6735		MIL-S-18728	
Μορφή	Φύλλο, λαρίδα, έλασμα και σωλήνας		Σωληνώσεις		Φύλλο, λαρίδα & έλασμα	
Κατάσταση	Εξομάλυνση, επαναφορά & αποτατική ανόπτηση					
Πάχος ή διάμετρος (ιντσες)	≤0.187	>0.187	≤0.187	≤0.187	≤0.187	≤0.187
Βάση	S	S	S	S	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες						
F_u , ksi	95	90	100	95	95	90
F_y , ksi	75	70	85	80	75	70
F_{cy} , ksi	75	70	89	84	75	70
F_{ux} , ksi	57	54	60	57	57	54
F_{bry} , ksi:						
(e/D = 1.5)	...	...	...	...	...	...
(e/D = 2.0)	200	190	190	180	200	190
F_{br} , ksi:						
(e/D = 1.5)	...	...	...	...	...	...
(e/D = 2.0)	129	120	146	137	129	120
e						
E , 10^3 ksi	29.0					
E_c , 10^3 ksi	29.0					
G , 10^3 ksi	11.0					
μ	0.32					
Φυσικές ιδιότητες						
ω , lb/in. ³	0.283					
C , K , and α	βλ. διάγραμμα 2					

Πίνακας 3

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες του χάλυβα χαμηλής περιεκτικότητας Αέριας Τήξης

Κράμα	AISI 4130		
	AMS 6361 MIL-T-6736	AMS 6362 MIL-T-6736	MIL-T-6736
Προδιαγραφές			
Μορφή	Σωλήνα		
Κατάσταση	Εμβάπτιση & επαναφορά		
Πάχος ή Διάμετρος (ίντσες)	≤0.188	≤0.188	Όλο το τοίχωμα
Βάση	S	S	S
Μηχανικές ιδιότητες			
F_u , ksi	125	150	180
F_y , ksi	100	135	165
$F_{0.2}$, ksi	109	141	173
$F_{0.01}$, ksi	75	90	108
$F_{0.005}$, ksi:			
($e/D = 1.5$)	194	231	277
($e/D = 2.0$)	251	285	342
$F_{0.002}$, ksi:			
($e/D = 1.5$)	146	210	257
($e/D = 2.0$)	175	232	284
e , (ποσοστό)			
E , 10^3 ksi		29.0	
E_c , 10^3 ksi		29.0	
G , 10^3 ksi		11.0	
μ		0.32	
Φυσικές Ιδιότητες			
ω , lb/in. ³		0.283	
C , K , and α	βλ. διάγραμμα 2		

Πίνακας 4

Μηχανικές & φυσικές ιδιότητες του χάλυβα χαμηλής περιεκτικότητας Αέριας Τήξης			
Κράμα	AISI 8630	AISI 8740	
	MIL-S-6050	MIL-S-6049	AMS 6327
Μορφή	Ράβδοι & σφυρήλατα		
Κατάσταση	Εμβάπτιση & επαναφορά		
Πάχος ή διάμετρος (ιντσες)	≤1.500	≤1.750	
Βάση	S	S	
Μηχανικές Ιδιότητες			
F_{tu} , ksi	125	125	125
F_{ty} , ksi	100	103	100
F_{cy} , ksi	109	108	109
F_{su} , ksi	75	75	75
F_{tsy} , ksi:			
(e/D = 1.5)	194	192	194
(e/D = 2.0)	251	137	251
F_{tcy} , ksi:			
(e/D = 1.5)	146	160	146
(e/D = 2.0)	175	177	175
ϵ , (ποσοστό)			
E , 10^3 ksi		29.0	
E_c , 10^3 ksi		29.0	
G , 10^3 ksi		11.0	
μ		0.32	
Φυσικές Ιδιότητες			
ω , lb/in. ³		0.283	
C , K , and α		βλ. διάγραμμα 2	

Πίνακας 5

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες του χάλυβα χαμηλής περιεκτικότητας Αέριος Τήξης

Κράμα	AISI 4135			
Προδιαγραφές	MIL-T-6753			
Μορφή	Σωλήνα			
Κατάσταση	Ερβαπτιση & επαναφορά			
Πάχος ή διάμετρος (in)	βλ. Πίνακα 2.3.0.2			
Βάση	S	S	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες				
F_{tu} , ksi	125	150	180	200
F_{yt} , ksi	100	135	165	176 ^a
F_{cy} , ksi	109	141	173	181
F_{tu} , ksi	75	90	108	120
F_{bra} , ksi:				
($e/D = 1.5$)	194	231	277	272
($e/D = 2.0$)	251	285	342	355
F_{byp} , ksi:				
($e/D = 1.5$)	146	210	257	255
($e/D = 2.0$)	175	232	284	280
e , (ποσοστό)				
E , 10^3 ksi			29.0	
E_s , 10^3 ksi			29.0	
G , 10^3 ksi			11.0	
μ			0.32	
φυσικές Ιδιότητες				
ω , lb/in. ³			0.283	
C , K , and α	βλ. Διάγραμμα 2			

Πίνακας 6

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες των χαλύβων χαμηλής περιεκτικότητας

Κράμα	Hy-Tuf	4330V	4335V	4335V	D6AC	AISI 4340a	0.40C 300M	0.42C 300M
Προδιαγραφές	AMS 6418 AMS 6425	AMS 6411	AMS 6430	AMS 6429	AMS 6431	AMS 6414	AMS 6417	AMS 6257 AMS 6419
Μορφή	Ράβδοι, σφυρήλατα, σωλήνες							
Κατάσταση	Εμβάπτιση & επαναφορά							
Πάχος ή διάμετρος (in)								
Βάση	S	S	S	S	S	S	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες								
F_u , ksi	220	220	205	240	220	260	270	280
F_y , ksi	185	185	190	210	190	217	220	230
$F_{0.2}$, ksi	193	193	199	220	198	235	236	247
$F_{0.01}$, ksi	132	132	123	144	132	156	162	168
$F_{0.005}$, ksi:								
(e/D = 1.5)	297	297	315	369	297	347	414 ^c	430 ^c
(e/D = 2.0)	385	385	389	465	385	440	506 ^c	525 ^c
$F_{0.002}$, ksi:								
(e/D = 1.5)	267	267	296	327	274	312	344 ^c	360 ^c
(e/D = 2.0)	294	294	327	361	302	346	379 ^c	396 ^c
ϵ , (ποσοστό)								
L	10	10	10	10	4	10	8	7
LT	5 ^a	5 ^a	7	7	4	...	...	...
E , 10^4 ksi					29.0			
E_c , 10^3 ksi					29.0			
G , 10^3 ksi					11.0			
μ					0.32			
Φυσικές Ιδιότητες								
ω , lb/in. ³					0.283			
C, K, and α	βλ. Διάγραμμα 2							

Πίνακας 7

Μηχανικές & Φυσικές Ιδιότητες των χαλύβων χαμηλής περιεκτικότητας

Χρόμα	4335V	D6AC
Προδιαγραφές	AMS 6435	MIL-S-8949
Μορφή	Φύλλο, λωρίδα & έλασμα	
Κατάσταση	Εμβάπτιση & επαναφορά	
Πάχος ή διάμετρος (in)		
Βάση	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες		
F_u , ksi	220	220
F_y , ksi	190	190
F_{cy} , ksi	198	198
F_{m1} , ksi	132	132
F_{5m} , ksi: ²		
(e/D = 1.5)	297	297
(e/D = 2.0)	385	385
F_{5m} , ksi: ²		
(e/D = 1.5)	274	274
(e/D = 2.0)	302	302
ϵ , (ποσοστό)		
L	10	"
LT	7	"
E , 10^3 ksi	29.0	
E_c , 10^3 ksi	29.0	
G , 10^3 ksi	11.0	
μ	0.32	
Φυσικές Ιδιότητες		
ω , lb/in. ³	0.283	
C, K, and α	Διάγραμμα 2	

Πίνακας 8

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες των χαλύβων χαμηλής περιεκτικότητας

Κράμα	AISI 4130		AISI 4135		AISI 8630		AISI 8735	
	AMS 6350 AMS 6528 MIL-S-6758		AMS 6352 AMS 6372		AMS 6281		AMS 6357	
Προδιαγραφές	Φύλλο, λαρίδα, έλασμα, ράβδοι & σφυρήλατα		Φύλλο, λαρίδα, έλασμα & σωλήνα		Σωλήνα		Φύλλο, λαρίδα & έλασμα	
Μορφή	Εξομάλυνση, επαναφορά & αποτατική ανόπτηση							
Κατάσταση	≤0.187		>0.187		≤0.187		>0.187	
Πάχος ή Διάμετρος (in)	≤0.187		>0.187		≤0.187		>0.187	
Βάση	b							
Μηχανικές Ιδιότητες								
F_u , ksi	95	90	95	90	95	90	95	90
$F_{0.2}$, ksi	75	70	75	70	75	70	75	70
$F_{0.01}$, ksi	75	70	75	70	75	70	75	70
$F_{0.005}$, ksi	57	54	57	54	57	54	57	54
$F_{0.002}$, ksi:								
($c/D = 1.5$)	...	...	...	...	...	...	...	...
($c/D = 2.0$)	200	190	200	190	200	190	200	190
$F_{0.001}$, ksi:								
($c/D = 1.5$)	...	...	...	...	...	...	...	...
($c/D = 2.0$)	129	120	129	120	129	120	129	120
e , (ποσοστό)								
E , 10^3 ksi					29.0			
E_s , 10^3 ksi					29.0			
G , 10^3 ksi					11.0			
μ					0.32			
Φυσικές Ιδιότητες								
ω , lb/in. ³					0.283			
C, K, and α	βλ. Διάγραμμα 2							

Πίνακας 9

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες των χαλύβων χαμηλής περιεκτικότητας

Κράμα	4330V	Πίνακας 2.3.0.2. για τα όρια αντοχής του					
Προδιαγραφές	AMS 6427	βλ. Πίνακες 2.3.1.0(a) and (b)					
Μορφή	Όλες οι ακατέργαστες μορφές						
Κατάσταση	Εμβάπτιση & επαναφορά						
Πάχος ή διάμετρος (in)							
Βάση							
Μηχανικές Ιδιότητες							
F_u , ksi	220	125	140	150	160	180	200
F_y , ksi	185	100	120	132	142	163	176
F_{uT} , ksi	193	109	131	145	154	173	181
F_{yT} , ksi	132	75	84	90	96	108	120
F_{uR} , ksi:							
(e/D = 1.5)	297	209	209	219	230	250	272
(e/D = 2.0)	385	251	273	287	300	326	355
F_{yR} , ksi:							
(e/D = 1.5)	267	146	173	189	202	230	255
(e/D = 2.0)	294	175	203	218	231	256	280
e. (ποσοστό)		βλ. Πίνακα 2.3.1.0(e)					
L	10						
LT	5 ^a						
E, 10 ³ ksi				29.0			
E _c , 10 ³ ksi				29.0			
G, 10 ³ ksi				11.0			
μ				0.32			
Φυσικές Ιδιότητες							
ω, lb/in. ³				0.283			
C, K, and α	βλ. Διάγραμμα 2						

Πίνακας 10

Μηχανικές & Φυσικές Ιδιότητες του χάλυβα Αεροσκαφών 5Cr-Mo-V Ράβδοι & Σφυρήλατα

Προδιαγραφές	AMS 6487 and AMS 6488		
	Ράβδοι & σφυρήλατα		
	Εμβάπτιση & επαναφορά		
Μορφή			
Κατάσταση			
Διατομή			
Βάση	S ¹	S ²	S ³
Μηχανικές Ιδιότητες			
F_u , ksi:			
L .....	...	260 ^o	...
T	240	260 ^o	280
$F_{0.2}$, ksi:			
L .....	...	215 ^o	...
T	200	215 ^o	240
$F_{0.1}$, ksi:			
L .....	...	...	...
T	220	234	280
$F_{0.01}$, ksi:	144	156	168
$F_{1.0}$, ksi:			
($r/D = 1.5$) .....	...	...	...
($r/D = 2.0$)	400	435	465
$F_{2.0}$, ksi:			
($r/D = 1.5$) .....	...	...	...
($r/D = 2.0$)	315	338	355
ϵ , % (ποσοστό)			
L	9	5 ^o	7
T .....	...	...	...
RA, %			
L .....	...	30 ^o	...
T .....	...	6 ^o	...
E , 10 ³ ksi	30.0		
E_L , 10 ³ ksi	30.0		
G , 10 ³ ksi	11.0		
ν	0.36		
Φυσικές Ιδιότητες			
α , 10 ⁻⁶ in. ³	0.281		
C , Swt/(hr ^{0.5} F)	0.11 (32 ^o F)		
K and α	βλ. Διάγραμμα 3		

Πίνακας 11

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες του χάλυβα Αεροσκαφών 5Cr-Mo-V
*Φύλλο, Λαρίδα & Έλασμα

Προδιαγραφές	AMS 6437		
	Φύλλο, λαρίδα & έλασμα		
Μορφή	Εμβάπτιση & επαναφορά		
Κατάσταση	...		
Πάχος (ίντσες)	...		
Βάση	S ²	S ³	S ⁴
Μηχανικές Ιδιότητες			
F_u , ksi:			
L	...	...	...
LT	240	260	280
F_y , ksi:			
L	...	...	...
LT	200	220	240
$F_{0.2}$, ksi:			
L	...	...	...
LT	220	240	260
$F_{0.01}$, ksi:			
L	144	156	168
$F_{0.005}$, ksi:			
(e/D = 1.5)	...	...	...
(e/D = 2.0)	400	435	465
$F_{0.002}$, ksi:			
(e/D = 1.5)	...	...	...
(e/D = 2.0)	315	340	365
ϵ , % (ποσοστό)			
L	...	...	...
LT, in 2 inches ²	6	5	4
LT, in 1 inch	8	7	6
E , 10 ³ ksi	30.0		
E , 10 ³ ksi	30.0		
G , 10 ³ ks	11.0		
ν	0.36		
Φυσικές Ιδιότητες			
α , 10 ⁻⁶ /in. ²	0.281		
ν , Brinell (°F)	0.11° (32°F)		
H , and α	βλ. Διάγραμμα 3		

Πίνακας 12

Μηχανικές & Φυσικές Ιδιότητες του χάλυβα 9Ni-4Co-0.20C
*Ελασμα

Προδιαγραφές	AMS 6523	
Μορφή	Ελασμα	
Κατάσταση	Εμβάπτιση & επαναφορά	
Πάχος (ίντσες)	<0.250	≥0.250
Βάση	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες		
F_u , ksi:		
L	186	186
LT	190	190
$F_{0.2}$, ksi:		
L	173	173
LT	175	175
$F_{0.01}$, ksi:		
L	188	188
LT	187	187
$F_{0.005}$, ksi:		
L	114	114
$F_{0.002}$, ksi:		
$t_0/D = 1.5$	...	...
$t_0/D = 2.0$	...	...
$F_{0.001}$, ksi:		
$t_0/D = 1.5$	...	...
$t_0/D = 2.0$	...	...
ϵ (ποσοστό)		
LT	5	10
RA, %		
LT	45	45
E , 10^4 ksi		28.5
E , 10^4 ksi		28.5
ν , 10^3 ksi		11.1
α , 10^{-6} in/in/°F		0.30
Φυσικές Ιδιότητες		
ρ , lb/in ³		0.283
μ , Btu/in ² ·°F·in		1.0
λ , Btu·in/(hr·ft ² ·°F)		14.2 (75°F)
α , 10^{-6} in/in/°F		βλ. Διάγραμμα 4

Πίνακας 13

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες του χάλυβα 9Ni-4Co-0.30C

Προδιαγραφές.....	AMS 6524		AMS 6526
	φύλλο, λαρίδα & έλασμα		Ράβδοι, σφυρήλατα & σωλήνες
Μορφή.....	Εμβάπτιση & επαναφορά		Εμβάπτιση & επαναφορά
Κατάσταση.....	≤0.249	≥0.250	≤4.000
Πάχος (in).....	S'	S'	S'
Βάση.....	S'	S'	S'
Μηχανικές Ιδιότητες			
F_m , ksi:			220
L.....	...	...	...
LT.....	220	220	...
F_u , ksi:			190
L.....	...	...	...
LT.....	185	190	...
F_{cy} , ksi:			209
L.....	...	...	...
LT.....	...	209	...
F_m , ksi.....	...	137	137
F_{em}^a , ksi:			346
(c/D = 1.5).....	...	346	346
(c/D = 2.0).....	...	440	440
F_{em}^b , ksi:			291
(c/D = 1.5).....	...	291	291
(c/D = 2.0).....	...	322	322
ϵ , (ποσοστό)			10
L.....	...	...	...
LT.....	6	10	...
RA.....			40
L.....	...	...	...
LT.....	...	35	...
E , 10^3 ksi.....		28.5	
E_c , 10^3 ksi.....		29.8	
G , 10^3 ksi.....		...	
μ.....		...
Φυσικές Ιδιότητες			
ω , lb/in. ³		0.28	
C, Btu/(lb)(°F).....		...	
K, Btu/[(hr)(ft ²)(°F)/ft].....		13.3 (75°F)	
α , 10^{-6} in./in./°F.....		βλ. Διάγραμμα 5	

Πίνακας 14

Μηχανικές & Φυσικές Ιδιότητες του χάλυβα μαρτενγήρασης 250

Προδιαγραφές	AMS 6520			AMS 6512	
	Φύλλο	Ελασμα		Ράβδος	
	900°F			900°F	
	≤0.187	0.187-0.250	>0.250	<4.000	4.000-10.000
Βάση	S	S	S	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες					
F_u , ksi:					
L	247	252	...	255	245
T	255	255	255	255	245
F_{cy} , ksi:					
L	238	242	...	250	240
T	245	245	245	250	240
F_{cy} , ksi:					
L	221	...	...	260	...
T	225	255	...	...	...
F_{ms} , ksi	148	155	...	148	...
F_{bms} , ksi:					
(e/D = 1.5)	327	352	...	...	...
(e/D = 2.0)	444	448	...	...	...
F_{bcy} , ksi:					
(e/D = 1.5)	278	324	...	...	...
(e/D = 2.0)	353	354	...	...	...
e, (ποσοστό)					
L .....	...	...	...	6	5
T .....	...	...	...	4	3
RA,					
L .....	...	...	...	45	30
T .....	...	...	...	35	20
$E, 10^3$ ksi				26.5	
$E_s, 10^3$ ksi:					
L				28.2	
T				29.4	
$G, 10^3$ ksi .....				...
μ				0.31	
Φυσικές Ιδιότητες					
$\omega, \text{lb/in.}^3$				0.286	
C, K, and α	βλ. Διάγραμμα 6				

Πίνακας 15

Μηχανικές & Φυσικές Ιδιότητες του χάλυβα μαρτενγήρανσης 280

Προδιαγραφές	AMS 6521			AMS 6514	
	Φύλλο	Ελασμα		Ράβδος	
		900°F			900°F
Κατάσταση	≤0.187	0.188-0.250	>0.250	<4.000	4.000-10.000
Πάχος ή διάμετρος (in)	S	S	S	S	S
Επίπεδο	S	S	S	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες					
F_u ksi:					
L	271	276	...	280	275
T	280	280	280	280	275
F_y ksi:					
L	262	267	...	270	270
T	270	270	270	270	270
F_{cy} ksi:					
L	244	...	...	281	...
T	248	281	...	...	...
F_{tu} ksi	163	170	...	162	...
F_{tmin} ksi:					
(e/D = 1.5)	359	386	...	...	...
(e/D = 2.0)	487	492	...	...	...
F_{ty} ksi:					
(e/D = 1.5)	306	357	...	...	...
(e/D = 2.0)	389	390	...	...	...
e , (ποσοστό)					
L	...	...	...	5	4
T	...	...	...	4	2
RA, %					
L	...	...	...	30	25
T	...	...	...	25	20
E , 10^3 ksi				26.5	
E_L , 10^3 ksi:					
L				28.6	
T				29.6	
G , 10^3 ksi				...	
μ				0.31	
Φυσικές Ιδιότητες					
ω , lb/in. ³				0.286	
C, K, and α	βλ. Διάγραμμα 6				

3 Οι ιδιότητες επιμήκυνσης ποικίλουν ανάλογα με το πάχος

≤0.090	2.5%
0.091-0.125	3.0%
0.126-0.250	4.0%
0.251-0.375	5.0%
≥0.376	6.0%

Πίνακας 16

Μηχανικές & Φυσικές Ιδιότητες του χάλυβα A1410 σε ράβδους

Προδιαγραφές	AMS 6527
Μορφή	Ράβδος
Κατάσταση	
Διατομή	$\leq 100^b$
Πάχος ή διάμετρος (in)	$\leq 4.25^b$
Βάση	S
Μηχανικές Ιδιότητες	
F_m , ksi:	
L	235
LT ^c	235
ST ^c	235
F_u , ksi:	
L	215
LT ^c	215
ST ^c	215
F_{cy} , ksi:	
L	223
ST ^c	225
F_{su} , ksi	141
$F_{b,m}$, ksi:	
(e/D = 1.5)	334
(e/D = 2.0)	435
$F_{b,u}$, ksi:	
(e/D = 1.5)	269
(e/D = 2.0)	300
ϵ , (ποσοστό)	
L	12
LT ^c	12
ST ^c	12
RA, (ποσοστό)	
L	60
LT ^c	55
ST ^c	55
E , 10^3 ksi	29.4
E_r , 10^3 ksi	30.9
G , 10^3 ksi	...
μ	...
Φυσικές Ιδιότητες	
ω , lb/in. ³	0.283
C, K, and α	...

Πίνακας 17

Μηχανικές & Φυσικές Ιδιότητες του χάλυβα AerMet 100 σε ράβδους

Προδιαγραφές	AMS 6532	AMS 6478
	Ράβδοι & σφυρήλατα	
Μορφή		
Κατάσταση		
Διατομή	≤ 100	
Πάχος ή διάμετρος (in)	≤ 10.000	
Βάση	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες		
F_u , ksi:		
L	280	290
LT ^a	280	290
ST ^a	280	290
F_y , ksi:		
L	235	245
LT ^a	235	245
ST ^a	235	245
F_{yT} , ksi:		
L	262	281
ST ^a	263	279
F_{yS} , ksi	175	182
F_{UT}^b , ksi:		
(c/D = 1.5)	433	448
(c/D = 2.0)	571	581
F_{UT}^c , ksi:		
(c/D = 1.5)	361	378
(c/D = 2.0)	411	442
e , (ποσοστό)		
L	10	10
LT ^a	8	8
ST ^a	8	8
RA, (ποσοστό)		
L	55	50
LT ^a	45	35
ST ^a	45	35
E , 10 ³ ksi	28.0	
E_s , 10 ³ ksi	28.1	
G , 10 ³ ksi	...	
μ	...	
Φυσικές Ιδιότητες		
ω , lb/in. ³	0.285	
C, K, and α	...	

Πίνακας 18

Μηχανικές & Φυσικές Ιδιότητες του Ανοξειδωτού χάλυβα AM-350
Φύλλο & Λαρίδα

Προδιαγραφές	AMS 3548
Μορφή	Φύλλο & Λαρίδα
Κατάσταση	SCT 850
Πάχος (in)	≤ 0.187
Βάση	S
Μηχανικές Ιδιότητες	
F_{m} , ksi:	
L	183
LT	185
F_{n} , ksi:	
L	147
LT	150
F_{o} , ksi:	
L	163
LT .....	...
F_{su} , ksi	121
F_{tm} , ksi:	
(e/D = 1.5) .....	...
(e/D = 2.0)	373
F_{tm} , ksi:	
(e/D = 1.5) .....	...
(e/D = 2.0)	352
ν , (ποσοστό)	
LT	10 ³
E , 10 ³ ksi	29.0
E_c , 10 ³ ksi	30.0
G , 10 ³ ksi	11.0
μ	0.32
Φυσικές Ιδιότητες	
ω , lb/in. ³	0.282
C, Btu/(lb)(°F)	0.12 (32 to 212°F)
K and α	βλ. διάγραμμα 7

Πίνακας 19

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες του Ανοξείδωτου χάλυβα AM-355

Προδιαγραφές	AMS 5547		AMS 5743	
	Φύλλο & λωρίδα		Ράβδοι & σφυρήλατα	
	SCT850°	SCT1000	SCT850°	SCT1000
Μορφή				
Κατάσταση	0.005-0.187	0.010-0.187	...	...
Πάχος ή διάμετρος (in)	S	S	S	S
Βάση				
Μηχανικές ιδιότητες				
F_u , ksi:				
L	188	...	200	170
LT	190	165	...	...
F_y , ksi:				
L	162	...	165	155
LT	165	140	...	...
$F_{0.2}$, ksi:				
L	180	...	...	...
LT	...	...	...	...
$F_{0.01}$, ksi:				
L	124	...	...	...
LT	...	...	...	...
$F_{0.005}$, ksi:				
(e/D = 1.5)	...	...	...	...
(e/D = 2.0)	383	...	...	...
$F_{0.002}$, ksi:				
(e/D = 1.5)	...	...	...	...
(e/D = 2.0)	278	...	...	...
ϵ , (ποσοστό)				
L	...	...	10	12
LT	...	10	...	...
RA, (ποσοστό)				
L	...	...	20	25
E , 10^3 ksi	29.0			
E_L , 10^3 ksi	29.0			
G , 10^3 ksi	11.0			
ν	0.32			
Φυσικές ιδιότητες				
ω , lb/in. ³	0.282			
C, K, and α	βλ. Διάγραμμα 8			

Πίνακας 20

Μηχανικές & Φυσικές Ιδιότητες του Ανοξειδωτού χάλυβα AM-355 - Ελασμα

Προδιαγραφές	AMS 5549			
	Ελασμα			
	SCT850 ^b			SCT 1000
	<0.375	0.375-1.000	>1.000	<0.187
Μορφή	S	S	S	S
Κατάσταση				
Πάχος (in)				
Βάση				
Μηχανικές Ιδιότητες				
F_{m} , ksi:				
L	188	...	...	...
LT	190	190	190	165
F_{m} , ksi:				
L	162	...	...	...
LT	165	150	...	140
F_{m} , ksi:				
L	180	...	...	...
LT	...	...	...	...
F_{m} , ksi	124	...	...	...
F_{bm} , ksi:				
(e/D = 1.5)	...	...	...	...
(e/D = 2.0)	383	...	...	...
F_{bm} , ksi:				
(e/D = 1.5)	...	...	...	...
(e/D = 2.0)	278	...	...	...
e , (ποσοστό)				
LT	10	10	10	12
E , 10^3 ksi	29.0			
E_c , 10^3 ksi	29.0			
G , 10^3 ksi	11.0			
μ	0.32			
Φυσικές Ιδιότητες				
ω , lb/in. ³	0.282			
C, K, and α	βλ. διάγραμμα 8			

Πίνακας 21

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες του Ανοξειδωτου χάλυβα Custom 450 -Ράβδος

Προδιαγραφές	AMS 5763		
	Ράβδος		
		H900	H1050
Μορφή			
Κατάσταση			
Πάχος ή διάμετρος (in)	≤8.000	≤8.000	≤8.000
Βάση	S	S	S*
Μηχανικές Ιδιότητες			
F_{U} , ksi:			
L	125	180	145
ST .....	...	179	144
$F_{0.2}$, ksi:			
L	95	170	135
ST .....	...	168	133
$F_{0.5}$, ksi:			
L .....	...	175	143
ST .....	...	173	141
$F_{0.1}$, ksi:			
L .....	...	114	93
$F_{U, \text{min}}$, ksi:			
(e/D = 1.5) .....	...	298	239
(e/D = 2.0) .....	...	381	307
$F_{U, \text{max}}$, ksi:			
(e/D = 1.5) .....	...	265	204
(e/D = 2.0) .....	...	326	257
ϵ , (ποσοστό)			
L	10	10	12
RA, (ποσοστό)			
L	40	40	45
E , 10^3 ksi	28.0		29.0
E , 10^3 ksi .....	...		31.0
G , 10^3 ksi .....	...		11.2
ν .....	...		0.29
Φυσικές Ιδιότητες			
ω , lb/in. ³		0.28	
C, Btu/(lb)(°F) .....		...
K, Btu/(in)(hr)(ft ²)(°F)(ft) .....		...
α , 10^{-6} in./in./°F		βλ. διάγραμμα 9	

Πίνακας 22

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες του Ανοξειδωτου χάλυβα Custom 450 - Ράβδος

Προδιαγραφές	AMS 5773						
	Ράβδος						
	H900	H950	H1000	H1050	H1100	H1150	
Μορφή	≤12.000						
Κατάσταση	S	S	S	S	S	S	S
Πάχος ή διάμετρος (in)							
Βάση	S	S	S	S	S	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες							
F_u , ksi:							
L	125	180	170	160	145	130	125
T	...	180	170	160	145	130	125
F_y , ksi:							
L	95	170	160	150	135	105	75
T	...	170	160	150	135	105	75
$F_{0.2}$, ksi:							
L	...	175	...	...	143	...	...
T	...	173	...	...	141	...	...
$F_{0.01}$, ksi:							
L	...	114	...	...	93	...	...
$F_{0.005}$, ksi:							
(e/D = 1.5)	...	298	...	...	239	...	...
(e/D = 2.0)	...	381	...	...	307	...	...
$F_{0.002}$, ksi:							
(e/D = 1.5)	...	265	...	...	204	...	...
(e/D = 2.0)	...	326	...	...	257	...	...
ϵ , (ποσοστό)							
L	10	10	10	12	12	16	18
T	...	6	7	8	9	11	12
R , (ποσοστό)							
L	40	40	40	45	45	50	55
T	...	20	22	27	30	30	35
E , 10^3 ksi	28.0	29.0					
E , 10^5 ksi	...	31.0					
G , 10^3 ksi	...	11.2					
μ	...	0.29					
Φυσικές Ιδιότητες							
ω , lb/in. ³	0.28						
C, Btu/(lb)(°F)	...						
K, Btu/(hr)(ft ²)(°F/ft)	...						
α , 10^{-6} in./in./°F	βλ. διάγραμμα 9						

Πίνακας 23

Μηχανικές & Φυσικές Ιδιότητες του Ανοξειδωτού χάλυβα Custom 455

Προδιαγραφές	AMS 5578		AMS 5617		
	Σωλήνες (συγκόλλησης)		Ράβδος		
	H950		H950		H1000
Μορφή			24.000	4.001-6.000	8.000
Κατάσταση					
Πάχος ή διάμετρος (in)	0.020-0.062	>0.062			
Βάση	S	S	S	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες					
F_u , ksi					
L	220	220	225	220	200
LT	...	...	225 ²	220 ²	...
ST	...	...	225 ²	220 ²	...
F_y , ksi					
L	205	205	210	205	185
LT	...	...	210 ²	205 ²	...
ST	...	...	210 ²	205 ²	...
$F_{0.2}$, ksi					
L	...	...	219	214	193
LT	...	...	219	214	193
ST	...	...	219	214	193
$F_{0.01}$, ksi					
L	...	...	133	130	124
$F_{0.005}$, ksi					
(e'D = 1.5)	...	...	355	357	324
(e'D = 2.0)	...	...	450	450	419
$F_{0.002}$, ksi					
(e'D = 1.5)	...	...	311	303	283
(e'D = 2.0)	...	...	366	358	333
ϵ (ποσοστό)					
L	3	4	10	10	10
LT	...	...	5 ²	5 ²	...
ST	...	...	5 ²	5 ²	...
R _t (ποσοστό)					
L	...	...	40	40	40
LT	...	...	20 ²	20 ²	...
ST	...	...	20 ²	20 ²	...
E , 10 ⁶ ksi			28.5		28.9
σ_{UTS} , ksi			30.0		30.0
$\sigma_{0.2}$, ksi			11.3		11
$\sigma_{0.01}$, ksi			0.27		0.2
Φυσικές Ιδιότητες					
α , in/in/°F			0.25		
β , in/in/°F			...		
γ , in/in/°F			βλ. διάγραμμα 10		
δ , in/in/°F			βλ. διάγραμμα 10		

Πίνακας 24

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες του Ανοξειδωτού χάλυβα PH13-8Mo

Προδιαγραφές	AMS 5629							
	Ετρογγυλό, εξαγωνο, τετράγωνο & επίπεδη ράβδος							
	H950		H1000		H1025	H1050	H1100	H1150
	<9.0		<8.0		≤12.0			
Μορφή	A		B		S	S	S	S
Κατάσταση	A		B		S	S	S	S
Πάχος ή διάμετρος (in) ..	A		B		S	S	S	S
Βάση	A		B		S	S	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες								
F_{ts} , ksi:								
L	217	221	201	208	185	175	150	135
T	217	221	201	208	185	175	150	135
F_{ty} , ksi:								
L	198	205	190 ^a	200	175	165	135	90
T	198	205	190 ^a	200	175	165	135	90
F_{cy} , ksi:								
L .....	...	...	200	211	...	...	...	...
T .....	...	...	200	211	...	...	...	...
F_{tu} , ksi .....	...	...	117	122	...	...	...	...
F_{tms} , ksi:								
($c/D = 1.5$) .....	...	...	302	313	...	...	...	...
($e/D = 2.0$) .....	...	...	402	416	...	...	...	...
F_{tms} , ksi:								
($c/D = 1.5$) .....	...	...	263	277	...	...	...	...
($e/D = 2.0$) .....	...	...	338	356	...	...	...	...
ϵ , ποσοστό (S-basis):								
L	10	...	10	...	11	12	14	14
T	10	...	10	...	11	12	14	14
RA, ποσοστό (S-basis):								
L	45	...	50	...	50	50	50	50
T	35	...	40	...	45	45	50	50
E , 10^3 ksi					28.3			
E_c , 10^3 ksi					29.4			
G , 10^3 ksi					11.0			
μ					0.28			
Φυσικές Ιδιότητες								
ω , lb/in. ³					0.279			
C, Btu/(lb)(°F)					0.11 (32 to 212°F) (Est.)			
K and α					βλ. διάγραμμα 11			

Πίνακας 25

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες Ανοξειδωτου χάλυβα RH13-8Mo

Προδιαγραφές	AMS 5629					
Μορφή	Σφυρήλατα, προεξοχή, δαχτυλίδια					
Κατάσταση	H950	H1000	H1025	H1050	H1100	H1150
Πάχος & διάμετρος (in)	≤ 12					
Βάση	S	S	S	S	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες						
F_u , ksi:						
L	220	205	185	175	150	135
T	220	205	185	175	150	135
$F_{0.2}$, ksi:						
L	205	190	175	165	135	90
T	205	190	175	165	135	90
$F_{0.01}$, ksi:						
L	...	...	...	...	...	...
T	...	...	...	...	...	...
$F_{0.005}$, ksi:						
L	...	...	...	...	...	...
T	...	...	...	...	...	...
$F_{0.002}$, ksi:						
(e/D = 1.5)	...	...	...	...	...	...
(e/D = 2.0)	...	...	...	...	...	...
$F_{0.001}$, ksi:						
(e/D = 1.5)	...	...	...	...	...	...
(e/D = 2.0)	...	...	...	...	...	...
e_1 (ποσοστό)						
L	10	10	11	12	14	14
T	10	10	11	12	14	14
R_A (ποσοστό)						
L	45	50	50	50	50	50
T	35	40	45	45	50	50
E , 10^3 ksi	28.3					
E_c , 10^3 ksi	29.4					
G , 10^3 ksi	11.0					
μ	0.28					
Φυσικές Ιδιότητες						
ω , lb/in. ³	0.279					
C, Btu/(lb)(°F)	0.11 (32 to 212°F) (Est.)					
K and α	βλ. διάγραμμα 11					

Πίνακας 26

Μηχανικές & Φυσικές Ιδιότητες του Ανοξειδωτού χάλυβα 15-5PH
Ράβδοι & σφυρήλατα

Προδιαγραφές.....	AMS 5659						
	Ράβδος & σφυρήλατα						
Μορφή							
Κατάσταση	H900	H925	H1025	H1075	H1100	H1150	H1150M ^a
Πάχος ή διάμετρος (in)	≤12	≤12	≤12	≤12	≤12	≤12	≤12
Βάση	S	S	S	S	S	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες							
F_u , ksi:							
L	190	170	155	145	140	135	115
T	190	170	155	145	140	135	115
F_y , ksi:							
L	170	155	145	125	115	105	75
T	170	155	145	125	115	105	75
$F_{0.2}$, ksi:							
L .....	...	...	143	...	...	99	...
T .....	...	...	143	...	...	99	...
F_u , ksi .....	...	...	97	...	...	85	...
F_{br}^b , ksi:							
(e/D = 1.5) .....	...	...	263	...	...	230	...
(e/D = 2.0) .....	...	...	332	...	...	293	...
F_{br}^c , ksi:							
(e/D = 1.5) .....	...	...	211	...	...	166	...
(e/D = 2.0) .....	...	...	250	...	...	201	...
e_1 (ποσοστό)							
L	10	10	12	13	14	16	18
T	6	7	8	9	10	11	14
RA (ποσοστό)							
L	35	38	45	45	45	50	55
T	20	25	32	33	34	35	35
E , 10 ³ ksi				28.5			
$E_{0.2}$, 10 ³ ksi				29.2			
G , 10 ³ ksi				11.2			
μ				0.27			
Φυσικές Ιδιότητες							
ω , lb/in. ³				0.283			
C, Btu/(lb)(°F) .....	...					
K and α	βλ. διάγραμμα 12						

Πίνακας 27

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες Ανοξείδωτου χάλυβα 15-5PH -Ελασμα

Προδιαγραφές..... Μορφή..... Κατάσταση..... Πάχος (in)..... Βάση.....	AMS 5862			
	Ελασμα			
	H1025 ³			
	0.187-0.625	0.626-2.000	2.001-3.000	3.001-4.000
	S	S	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες				
F_{m} , ksi:				
L.....	154	154	154	...
LT.....	155	155	155	155
F_{m} , ksi:				
L.....	143	143	143	...
LT.....	145	145	145	145
F_{m} , ksi:				
L.....	150	150	150	...
LT.....	152	149	146	...
F_{m} , ksi.....	97	97	96	...
F_{bm}^b , ksi:				
(e/D = 1.5).....	257	257	257	...
(e/D = 2.0).....	331	331	331	...
F_{tw}^b , ksi:				
(e/D = 1.5).....	211	211	211	...
(c/D = 2.0).....	246	246	246	...
e, (ποσοστό)				
LT.....	8	12	12	12
RA, (ποσοστό)				
LT.....	35	40	40	40
E, 10 ³ ksi.....	28.5			
E_p , 10 ³ ksi.....	29.2			
G, 10 ³ ksi.....	11.2			
μ	0.27			
Φυσικές Ιδιότητες				
ω , lb/in. ³	0.283			
C, Btu/(lb)(°F).....	...			
K and α	βλ. διάγραμμα 12			

Πίνακας 28

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες Ανοξείδωτου χάλυβα 15-5PH - Για ρίξιμο σε καλούπι

Προδιαγραφές	AMS 5400
Μορφή	Για ρίξιμο σε καλούπι
Κατάσταση	H935
Θέση ριξίματος	Οποιαδήποτε
Βάση	S
Μηχανικές Ιδιότητες	
F_{σ} , ksi	170
$F_{\sigma y}$, ksi	150
$F_{\sigma y}$, ksi	155
F_{su} , ksi	107
$F_{\sigma u}^b$, ksi:	
($c/D = 1.5$)	269
($c/D = 2.0$)	349
$F_{\sigma z}^b$, ksi:	
($c/D = 1.5$)	209
($c/D = 2.0$)	240
ϵ , (ποσοστό)	6
RA , (ποσοστό)	14
E , 10^3 ksi	28.5
E_{σ} , 10^3 ksi	29.2
G , 10^3 ksi	11.2
μ	0.27
Φυσικές Ιδιότητες	
ω , lb/in. ³	0.283
C , Βαυ/(lb)(°F) .....	...
K , and α	βλ. διάγραμμα 12

Πίνακας 29

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες του Ανοξειδωτού χάλυβα RH15-7Mo
Φύλλο, λωρίδα & έλασμα

Προδιαγραφές	AMS 5520
Μορφή	Φύλλο, λωρίδα & έλασμα
Κατάσταση	TH1050
Πάχος (in)	0.0015-0.500
Βάση	S
Μηχανικές Ιδιότητες	
F_u , ksi:	
L	185
LT	190
F_y , ksi:	
L	165
LT	170
F_{cy} , ksi:	
L	182
LT	188
F_{tu} , ksi	120
F_{brv} , ksi:	
(e/D = 1.5)	327
(e/D = 2.0)	377
F_{brv} , ksi:	
(e/D = 1.5)	259
(e/D = 2.0)	272
ϵ , (ποσοστό)	
LT	29.0
E , 10^3 ksi	30.0
E_r , 10^3 ksi	11.4
G , 10^3 ksi	0.28
μ	
Φυσικές Ιδιότητες	
ω , lb/in. ³	0.277
C, Btu(lb)(°F) .....	...
K and α	βλ. διάγραμμα 13

Πίνακας 30

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες για τον Ανοξείδωτο χάλυβα 17-4PH
φύλλο, λωρίδα & έλασμα

Προδιαγράφες.....	AMS 5604					
	Φύλλο, λωρίδα & έλασμα					
	H900	H925	H1025	H1075	H1100	H1150
Μορφή	≤ 4.000					
Κατάσταση	S	S	S	S	S	S
Πάχος (in)						
Βάση						
Μηχανικές Ιδιότητες						
F_{uL} , ksi:						
L	190	170	155	145	140	135
LT						
F_{yL} , ksi:						
L	170	155	145	125	115	105
LT						
F_{cy} , ksi:						
L						
LT						
F_{tu} , ksi:						
F_{bmin} , ksi:						
(e/D = 1.5)						
(e/D = 2.0)						
F_{bmin} , ksi:						
(e/D = 1.5)						
(e/D = 2.0)						
e. (ποσοστό)	b	b	b	b	b	b
LT						
E, 10 ³ ksi	28.5					
E_c , 10 ³ ksi	30.0					
G, 10 ³ ksi	11.2					
μ	0.27					
Φυσικές Ιδιότητες						
ω , lb/in. ³	0.282 (H900), 0.283 (H1075), 0.284 (H1150)					
C, K, and α	βλ. Διάγραμμα 14					

Πίνακας 31

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες Ανοξείδωτου χάλυβα 17-4PH
Σφυρήλατα, Σωλήνες & Δαχτυλίδια

Προδιαγραφές.....	AMS 5643						
	Σφυρήλατα, Σωλήνες & Δαχτυλίδια						
	H900	H925	H1025	H1075	H1100	H1150	H1150M ^p
Μορφή							
Κατάσταση	<8.000						
Πάχος (in)							
Βάση	S	S	S	S	S	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες							
F_{uL} ksi:							
L	190	170	155	145	140	135	115
T .....	...	...	...	...	...	...	...
F_{uT} ksi:							
L	170	155	145	125	115	105	75
T .....	...	...	...	...	...	...	...
F_{uT} ksi:							
L .....	...	...	...	...	...	...	...
T .....	...	...	...	...	...	...	...
F_{uT} ksi:							
L .....	...	...	...	...	...	...	...
T .....	...	...	...	...	...	...	...
F_{uT} ksi:							
(e/D = 1.5) .....	...	...	...	...	...	...	...
(e/D = 2.0) .....	...	...	...	...	...	...	...
F_{uT} ksi:							
(e/D = 1.5) .....	...	...	...	...	...	...	...
(e/D = 2.0) .....	...	...	...	...	...	...	...
e. (ποσοστό)							
L	10	10	12	13	14	16	18
E, 10 ³ ksi				28.5			
E_c , 10 ³ ksi				30.0			
G, 10 ³ ksi				11.2			
μ				0.27			
Φυσικές Ιδιότητες							
ω , lb/in. ³	0.282 (H900), 0.283 (H1075), 0.284 (H1150)						
C, K, and α	βλ. Διάγραμμα 14						

Πίνακας 32

Μηχανικές & Φυσικές Ιδιότητες Ανοξειδωτού χάλυβα 17-4PH -Ράβδος

Προδιαγραφές	AMS 5643										
	Ράβδος										
	H900	H925	H1025	H1075	H1100	H1150	H1150M ^a				
Μορφή	<8.000										
Κατάσταση											
Πάχος ή διάμετρος (in)											
Βάση	A	B	A	B	S	A	B	S	A	B	S ^a
Μηχανικές Ιδιότητες											
F_u , ksi:											
L	190	195	170	178	155	143	150	140	125	134	115
T	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$F_{0.2}$, ksi:											
L	170	175	155 ^b	167	145	125 ^c	143	115	100	115	75
T	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$F_{0.01}$, ksi:											
L	170	175	...	...	139	...	...	...	90	104	...
T	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...	...
$F_{0.005}$, ksi	123	126	...	...	95	...	...	...	79	85	...
$F_{0.002}$, ksi:											
(e/D = 1.5)	313	322	...	...	263 ^d	...	...	...	213 ^d	228 ^d	...
(e/D = 2.0)	380	390	...	...	332 ^d	...	...	...	270 ^d	289 ^d	...
$F_{0.001}$, ksi:											
(e/D = 1.5)	255	262	...	...	211 ^e	...	...	...	152 ^d	175 ^d	...
(e/D = 2.0)	280	288	...	...	250 ^e	...	...	...	181 ^d	208 ^d	...
e, ποσοστό (S-basis):											
L	10	...	10	...	12	13	...	14	16	...	18
E, 10 ³ ksi	28.5										
E _c , 10 ³ ksi	30.0										
G, 10 ³ ksi	11.2										
μ	0.27										
Φυσικές Ιδιότητες											
ω, lb/in. ³	0.282 (H900), 0.283 (H1075), 0.284 (H1150)										
C, K, and α	βλ. διάγραμμα 14										

Πίνακας 33

Μηχανικές & Φυσικές Ιδιότητες Ανοξειδωτου χάλυβα 17-4PH
Για ρίξιμο σε καλούπι

Προδιαγραφές	AMS 5344	AMS 5343	AMS 5342
Μορφή	Για ρίξιμο σε καλούπι		
Κατάσταση		H1000 ^o	H1100 ^o
Περιοχή που θα χυθεί το μέταλλο	Οπουδήποτε		
Βάση	S	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες			
F_u , ksi	180	150	130
F_y , ksi	160	130	120
$F_{0.2}$, ksi	...	132	...
F_m , ksi	...	98	...
F_{UTS} , ksi:			
(e/D = 1.5)	...	254	...
(e/D = 2.0)	...	329	...
F_{UTS} , ksi:			
(e/D = 1.5)	...	189	...
(e/D = 2.0)	...	222	...
e. (ποσοστό)	4	4	6
RA ₁	12	12	15
E, 10 ³ ksi	28.5		
E _c , 10 ³ ksi	30.0		
G, 10 ³ ksi	12.7		
μ	0.27		
Φυσικές Ιδιότητες	0.282 (H900)		
ω, lb/in. ³	βλ. διάγραμμα 14		
C, K, and α			

Πίνακας 34

Μηχανικές & φυσικές Ιδιότητες Ανοξείδωτου χάλυβα 17-7PH
Φύλλο & Έλασμα

Προδιαγραφές	AMS 5528 and MIL-S-25043			AMS 5528
	Φύλλο		Έλασμα	
Μορφή	TH1050			
Κατάσταση	TH1050			
Πάχος (in)	0.015-0.187		0.188-0.500	0.501-1.000
Βάση	A	B	S	S
Μηχανικές Ιδιότητες				
F_{tu} , ksi:				
L	177	183	...	...
LT	177	184	180	180
F_{ty} , ksi:				
L	150 ^b	167	...	...
LT	150 ^c	167	150	150
F_{cy} , ksi:				
L	160	179	160	...
LT	166	185	166	...
F_{cu} , ksi	112	117	114	...
F_{tun} , ksi:				
(e/D = 1.5)	305	317	310	...
(e/D = 2.0)	351	365	357	...
F_{tyn} , ksi:				
(e/D = 1.5)	228	254	228	...
(e/D = 2.0)	240	267	240	...
e_s (S-basis):				
LT	∞	...	6 ^c	6
E , 10 ³ ksi	29.0			
E_s , 10 ³ ksi	30.0			
G , 10 ³ ksi	11.5			
μ	0.28			
Φυσικές Ιδιότητες				
ω , lb/in. ³	0.276			
C, K, and α	βλ. διάγραμμα 15			

Πίνακας 35

Μηχανικές & Φυσικές Ιδιότητες του AISI 301
& άλλων βελτιωμένων ανοξείδωτων χαλύβων

Προδιαγραφές	MIL-S-5059	AMS 5517 & MIL-S-5059	AMS 5518 & MIL-S-5059	MIL-S-5059	AMS 5519 & MIL-S-5059				
	Φύλλο & Λωρίδα								
Μορφή									
Κατάσταση	Βελτιωμένη	¼ Εκλήρυση		½ Εκλήρυση		¾ Εκλήρυση		Πλήρης Εκλήρυση	
Πάχος (in)	≤0.187	...		...		...		...
Βάση	S	A	B	A	B	A	B	A	B
Μηχανικές Ιδιότητες									
F_{σ} , ksi:									
L	73	124	129	141	151	157	168	174	185
LT	75	122	127	142	152	163	173	175	186
F_{σ} , ksi:									
L	26	69	83	93	110	118	135	137	153
LT	30	67	82	92	105	113	133	125	142
F_{σ} , ksi:									
L	23	44	54	61	69	75	88	83	94
LT	29	71	88	100	116	127	152	142	164
F_{σ} , ksi:	50	66	69	77	82	88	93	95	100
F_{σ} , ksi:									
(e/D = 1.5)	...	...	...	...	...	...	...	...	...
(e/D = 2.0)	162	262	273	292	310	327	342	346	361
F_{σ} , ksi:									
(e/D = 1.5)	...	...	...	...	...	...	...	...	...
(e/D = 2.0)	55	123	149	167	189	202	234	222	249
e_s (S basis):									
LT	40	25	...	...	...	...	...	...	...
E , 10 ³ ksi:									
L	29.0	27.0		26.0		26.0		26.0	
LT	29.0	28.0		28.0		28.0		28.0	
E_s , 10 ³ ksi:									
L	28.0	26.0		26.0		26.0		26.0	
LT	28.0	27.0		27.0		27.0		27.0	
G , 10 ³ ksi	11.2	10.6		10.5		10.5		10.5	
μ	0.27	0.27		0.27		0.27		0.27	
Φυσικές Ιδιότητες									
ω , lb/in. ³	0.286								
C, K, and α	βλ. διάγραμμα 16								

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 3

Θερμοκρασιακά όρια χαλύβων χαμηλής περιεκτικότητας

F _u , ksi	Όριο έκθεσης °F						
	125	150	180	200	220	260	270 & 280
Κράμα							
AISI 4130 και 8630	925	775	575	...	...	...	...
AISI 4140 και 8740	1025	875	725	625	...	...	...
AISI 4340	1100	950	800	700	...	350	...
AISI 4135 και 8735	975	825	675	...	...	...	...
D6AC	1150	1075	1000	950	900	500	...
Hy-Tuf	875	750	650	550	450	...	...
4330V	925	850	775	700	500	...	...
4335V	975	875	775	700	500	...	...
300M	...	...	...	...	...	...	475

Θερμοκρασίες επαναφοράς για τον χάλυβα Αεροσκαφών 5Cr-Mo-V

F _u , ksi	Θερμοκρασία °F	Σκληρότητα R _c
280	1000 ± 10	54-56
260	1030 ± 10	52-54
240	1050 ± 10	49-52
220	1080 ± 10	46-49

Προδιαγραφές για τον χάλυβα Αεροσκαφών 5Cr-Mo-V

Προδιαγραφές	Μορφή
AMS 6437 AMS 6488 AMS 6487	Φύλλο, λωρίδα & έλασμα (αέριος τήξης) Βαβδος & σφυρήλατα (αέριος τήξης, άριστης ποιότητας) Βαβδος & σφυρήλατα

Προδιαγραφές για τον χάλυβα 9Mn-4Co-0.30C

Προδιαγραφές	Μορφή
AMS 6524	Φύλλο, λωρίδα & έλασμα
AMS 6526	Ράβδοι, σφυρήλατα, σωλήνες

Επίδραση της ανηφομένης θερμότητας έκθεσης στις συνηθισμένες ιδιότητες του κράματος AM-350

Θερμοκρασία έκθεσης F	Φόρτιση, ksi	Χρόνος έκθεσης, hr	Ιδιότητες θερμότητας δαμάσιου		
			TUS, ksi	TYS, ksi	e, %
RT	...	...	201	158	12.0
600	60	1,000	198	162	14.0
700	60	1,000	204	169	11.0
800	60	1,000	220	190	7.0
600	90	1,000	202	177	13.0
700	90	1,000	206	180	11.0
800	90	1,000	214	192	7.9

Προδιαγραφές ανοξείδωτου χάλυβα AM-350

Προδιαγραφές	Μορφή
AMS 5548	Φύλλο & λωρίδα

Επίδραση της ανυψωμένης θερμοκρασίας στις συνηθισμένες ιδιότητες του κράματος Al-355

Θερμοκρασία έκθεσης °F	Φόρτιση ksi	Χρόνος έκθεσης hr	Ιδιότητες θερμότητας δωματίου		
			TUS, ksi	TYS, ksi	e, %
RT	...	...	211	170	11.5
600	66	1.000	213	172	12.0
700	63	1.000	218	178	10.5
800	62	1.000	227	200	12.5
600	99	1.000	214	180	10.5
700	97	1.000	218	189	11.5
800	93	1.000	224	202	12.5

Προδιαγραφές του ανοξείδωτου χάλυβα Al-355

Προδιαγραφές	Μορφή
AMS 5547	Φύλλο & λωρίδα
AMS 5549	Έλασμα
AMS 5743	Ράβδοι & σφυρήλατα

Προδιαγραφές για τον ανοξείδωτο χάλυβα Custom 450

Προδιαγραφές	Μορφή
AMS 5763	Ράβδοι, σφυρήλατα, σωλήνες, καλωδία, δαχτυλίδι (θερμής τάξης)
AMS 5773	Ράβδοι, σφυρήλατα, σωλήνες, καλωδία, δαχτυλίδι (CEC)

Προδιαγραφές Ανοξείδωτου χάλυβα Custom 455

Προδιαγραφές	Μορφή
AMS 5578	Σωλήνες (συγκόλλησης)
AMS 5517	Ράβδοι & σφυρήλατα

Προδιαγραφές Ανοξειδωτου χάλυβα PH13-8Mo

Προδιαγραφές	Μορφή
AMS 5629	Ράβδος, σφυρήλατα, δαχτυλίδι, προεξοχή

Προδιαγραφές Ανοξειδωτου χάλυβα 15-5PH

Προδιαγραφές	Μορφή
AMS 5659	Ράβδος, σφυρήλατα, δαχτυλίδι, προεξοχή
AMS 5862	Φύλλο, λωρίδα, έλασμα
AMS 5400	Για ρίξιμο σε καλούπι

Προδιαγραφές Ανοξειδωτου χάλυβα PH15-7Mo

Προδιαγραφές	Μορφή
AMS 5520	Έλασμα, φύλλο & λωρίδα

Προδιαγραφές για τον Ανοξειδωτο χάλυβα 17-4PH

Προδιαγραφές	Μορφή
AMS 5604	Φύλλο, λωρίδα & έλασμα
AMS 5643	Ράβδος, σφυρήλατα & δαχτυλίδι
AMS 5342	Για ρίξιμο σε καλούπι (H1100)
AMS 5343	Για ρίξιμο σε καλούπι (H1000)
AMS 5344	Για ρίξιμο σε καλούπι (H900)

Προδιαγραφές Ανοξείδωτου χάλυβα 17-7RH

Προδιαγραφές	Μορφή
AMS 5528	Έλασμα, φύλλο & λωρίδα
MIL-S-25043	Έλασμα, φύλλο & λωρίδα

Προδιαγραφές Ανοξείδωτου χάλυβα AISI 301

Προδιαγραφές	Μορφή
MIL-S-5059	Έλασμα, φύλλο & λωρίδα
AMS 5517	Φύλλο & λωρίδα
AMS 5518	Φύλλο & λωρίδα
AMS 5519	Φύλλο & λωρίδα

ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ 4

ΣΥΜΒΟΛΑ ΚΑΙ ΣΥΝΤΟΜΟΓΡΑΦΙΕΣ

A	Περιοχή διατομής ή Τετραγωνικές ίντσες ή Αξονικός ή A basis για τιμές μηχανικών ιδιοτήτων
AISI	American Iron & Steel Institute
AMS	Aerospace Materials Specification (δημοσιεύεται από τη SAE: Society of Automotive Engineers, Inc.)
AN	Air Force-Navy Aeronautical Standard
ASTM	American Society for Testing & Materials
a	Πλάτος ή Σπάσιμο/ θραύση διάστασης
B	Διαξονικός λόγος ή B basis για τιμές μηχανικών ιδιοτήτων
Btu	British thermal unit(s)
b	Πλάτος/ εύρος κατατομών ή Κάμψη
C	Συγκεκριμένη θερμοκρασία ή Βαθμοί Κελσίου ή Σταθερά
CEM	Consumable electrode melted
D	Διάμετρος
E	Μέτρο ελαστικότητας στον εφελκυσμό ή Μέσος όρος αναλογίας τάσης- παραμόρφωσης για τάσεις κάτω από το όριο αναλογίας
E_c	Μέτρο ελαστικότητας στη συμπίεση (θλίψη) ή Μέσος όρος αναλογίας τάσης-παραμόρφωσης κάτω από το όριο αναλογίας
E_t	Εφαπτομενικό μέτρο ελαστικότητας
e	Επιμήκυνση σε ποσοστό, μέτρο της ελατότητας ενός υλικού που βασίζεται σε δοκιμή εφελκυσμού.
e_e	Ελαστική παραμόρφωση
e_p	Πλαστική παραμόρφωση
F	Τάση/φόρτιση ή Fahrenheit
F_{bru}	Μέγιστη δύναμη παραμόρφωσης
F_{bry}	Όριο διαρροής στην παραμόρφωση
F_{cu}	Μέγιστη θλιπτική φόρτιση
F_{cy}	Όριο διαρροής στη θλιπτική τάση στην οποία η μόνιμη παραμόρφωση ισούται με 0,002.
F_{su}	Μέγιστη τάση στην καθαρή διάτμηση
F_{sy}	Όριο διαρροής στη διάτμηση
F_{tu}	Εφελκυστική φόρτιση
F_{ty}	Όριο διαρροής στην εφελκυστική τάση στην οποία η μόνιμη παραμόρφωση ισούται με 0,002.
G	Μέτρο ακαμψίας (Συντελεστής διάτμησης)
H	Δακτύλιος
L	Μήκος ή Κατά μήκος
LT	Εγκάρσιο μήκος

R	Λόγος τάσης ή Λόγος ελάχιστης προς μέγιστη τάση σε ένα κύκλο κοπώσεως
RA	Μείωση της επιφάνειας
RT	Θερμορασία δωματίου
S	Διατμητική τάση ή Ονομαστική τάση ή Κόπωση ή S basis για τιμές μηχανικών ιδιοτήτων
T	Στιγμή στρέψης
TUS	Χαρακτηριστική ή τυπική μέγιστη εφελκυστική τάση
TYS	Χαρακτηριστικό ή τυπικό όριο διαρροής στον εφελκυσμό
K	Μία σταθερά, γενικότερα εμπειρική ή Θερμική αγωγιμότητα ή Βαθμοί Kelvin ή Συντελεστής διόρθωσης
ksi	Kips (1000 pounds) ανά τετραγωνική ίντσα
α	Συντελεστής θερμικής διαστολής ή Σταθερά
μ	Λόγος του Poisson, σταθερά εγκάρσια παραμόρφωσης
ω	Πυκνότητα



ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ

- Military Handbook – Metallic Materials and Elements For Aerospace Vehicle Structures
- Microsoft Encarta Encyclopedia 2002
- Λεξικό Μηχανολογίας (Μετάφραση & Ορολογία) Εκδόσεις: ΓΛΩΣΣΗΜΑ & ΒΕΡΧΑΪΜ
- Εργαστηριακές Ασκήσεις Αντοχής Υλικών - Γεώργιος Μπαράκος
- Μεταλλικές Κατασκευές