

Κεφάλαιο Τέσσερα

4.10 ΧΑΛΚΟΣ ΚΑΙ ΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ ΤΟΥ

Ο χαλκός είναι το πρώτο μέταλλο που χρησιμοποιήθηκε από τον άνθρωπο, σε καθαρή μορφή ή υπό μορφή κράματος. Οι σπουδαιότερες από τις ιδιότητες εξαιτίας των οποίων έχει μεγάλη βιομηχανική χρήση είναι:

- Πολύ μεγάλη ηλεκτρική αγωγιμότητα
- Σχετικά καλή μηχανική αντοχή
- Σχετικά υψηλή αντίσταση σε ατμοσφαιρική διάβρωση
- Καλή δυνατότητα μηχανικής κατεργασίας
- Σχετικά μεγάλη δυνατότητα συγκολλήσεων

Οι κυριότερες κατηγορίες κραμάτων χαλκού που χρησιμοποιούνται στη βιομηχανία είναι:

- Τα κράματα Cu-Zn, τα οποία ονομάζονται ορείχαλκοι
- Τα κράματα Cu-Sn, τα οποία ονομάζονται μπρούντζοι
- Το κράμα Cu-Al, το οποίο ονομάζεται χαλκοαλουμίνιο
- Το κράμα Cu-Ni, το οποίο ονομάζεται χαλκονικέλιο

Ορείχαλκοι

Οι ορείχαλκοι είναι κράματα χαλκού και ψευδαργύρου (μέχρι 68% Zn). Γενικά διατηρούν τις καλές ιδιότητες του χαλκού και κοστίζουν φθηνότερα, γιατί ο ψευδάργυρος έχει χαμηλότερη εμπορική αξία. Οι ορείχαλκοι με περιεκτικότητα σε ψευδάργυρο από 5% μέχρι 39% έχουν καλή πλαστικότητα εν ψυχρώ, με περιεκτικότητα από 46% μέχρι 51 % έχουν καλή πλαστικότητα εν θερμώ, ενώ ορείχαλκοι με ψευδάργυρο από 51% μέχρι 68% είναι εύθραυστοι.

Οι δυνατότητα μηχανικής κατεργασίας των ορειχάλκων βελτιώνεται σημαντικά όταν τους προστεθεί μια μικρή ποσότητα 3% μολύβδου. Επίσης πρόσμιξη 1% κασσιτέρου αυξάνει την αντίσταση του κράματος σε διάβρωση, ιδιαίτερα σε παραθαλάσσιες ή θαλάσσιες κατασκευές. Τέλος, η προσθήκη μαγγανίου, σιδήρου και αλουμινίου αυξάνει την αντοχή σε εφελκυσμό, ενώ το αλουμίνιο αυξάνει και την αντίσταση σε διάβρωση.

Μπρούντζοι

Οι μπρούντζοι είναι συνήθως κράματα χαλκού κασσιτέρου που περιέχουν από 2% μέχρι 15% κασσίτερο και μερικά, επιπλέον στοιχεία όπως ψευδάργυρο, νικέλιο

και μόλυβδο. Είναι ανθεκτικότερα στη διάβρωση από τα κράματα χαλκού-ψευδαργύρου και ακόμη, ανθεκτικότερα στον εφελκυσμό και τη φθορά. Έχουν όμως μικρότερα δυνατότητα μηχανικής κατεργασίας και μορφοποίησης σε καλούπια.

Οι μπρούντζοι διαμόρφωσης έχουν περιεκτικότητα σε κασσίτερο από 4% μέχρι 9% και οι μπρούντζοι χύτευσης από 9% μέχρι 16%. Οι μπρούντζοι με κασσίτερο πάνω από 10% παρουσιάζουν σκληρότητα και είναι αδύνατο να μορφοποιηθούν με πλαστική παραμόρφωση.

Όπως στους ορείχαλκους, έτσι και στους μπρούντζους αν προστεθεί μόλυβδος μέχρι 2%, βελτιώνει την κατεργασιμότητα τους.

Κράματα χαλκού αλουμίνιου

Η παρουσία του αλουμινίου σχηματίζει ένα επιφανειακό προστατευτικό στρώμα οξειδίου, και έτσι τα κράματα χαλκού αλουμινίου παρουσιάζουν πολύ καλή αντοχή στην ατμοσφαιρική οξείδωση, σε ελαφρά υψηλές θερμοκρασίες, επίσης και στη διάβρωση από θαλασσινό νερό. Δύσκολα χυτεύονται και συγκολλούνται, ακριβώς εξαιτίας του εύκολου σχηματισμού οξειδίων. Μπορεί να περιέχουν μέχρι και 5% νικέλιο, που βελτιώνει ακόμη περισσότερο την αντοχή τους σε διάβρωση. Κράματα χαλκού αλουμινίου με περιεκτικότητα από 9,50% μέχρι 12% αλουμίνιο και με σίδηρο και νικέλιο μέχρι 5% χρησιμοποιούνται πολύ στη ναυπηγική βιομηχανία για έλικες, αντλίες, άξονες αντλιών κλπ.

Κράματα χαλκού Νικελίου.

Τα κράματα χαλκού νικελίου περιέχουν νικέλιο σε ποσοστό 10-30%. Παρουσιάζουν μεγάλη αντοχή στη διάβρωση. Έχουν επίσης καλή πλαστικότητα και μπορούν να διαμορφωθούν εν ψυχρώ και εν θερμώ.

Αύξηση της περιεκτικότητας σε νικέλιο, προκαλεί αύξηση της μηχανικής αντοχής και της αντοχής σε θαλάσσια διάβρωση. Τα κράματα με νικέλιο 30% χρησιμοποιούνται για αυλούς συμπυκνωτών και ψυγείων και όπου χρειάζεται καλή αντοχή στη διάβρωση.

Το Αλουμίνιο και τα Κράματα του

Το αλουμίνιο και τα κράματα του χαρακτηρίζονται από μια χαμηλή πυκνότητα, υψηλή ηλεκτρική και θερμική αγωγιμότητα και αντίσταση στη διάβρωση. Η μηχανική αντοχή του αλουμινίου είναι δυνατό να βελτιωθεί με εν ψυχρώ κατεργασία και με κραματοποίηση. Τα πιο συνηθισμένα στοιχεία που χρησιμοποιούνται για κραματοποίηση, είτε μόνα τους είτε σε συνδυασμούς, είναι ο χαλκός, το μαγνήσιο, το πυρίτιο, το μαγγάνιο, ο ψευδάργυρος, το νικέλιο, το χρώμιο και ο σίδηρος.

Τα προϊόντα κραμάτων του αλουμινίου διακρίνονται σε κράματα διαμόρφωσης

και σε κράματα χύτευσης. Και οι δύο κατηγορίες μπορεί να έχουν ή να μην έχουν υποστεί πρόσθετη θερμική κατεργασία για βελτίωση των μηχανικών τους ιδιοτήτων.

Κατεργασμένα κράματα αλουμίνιου χωρίς θερμική κατεργασία.

Στα κράματα της κατηγορίας αυτής είναι εκείνα που περιέχουν μέχρι 1,5% μαγγάνιο και εκείνα που περιέχουν από 2% μέχρι 5% μαγνήσιο. Γενικά έχουν καλή αντοχή στη διάβρωση και η αύξηση της αντοχής τους επιτυγχάνεται με ισχυροποίηση μέσω στερεού διαλύματος.

Τα κράματα που περιέχουν μαγνήσιο αντέχουν ιδιαίτερα στο θαλασσινό νερό, για αυτό και χρησιμοποιούνται στη ναυπηγική βιομηχανία.

Κατεργασμένα κράματα αλουμίνιου με θερμική κατεργασία

Τα κράματα αυτά αποκτούν καλύτερες μηχανικές κατεργασίες με τη λεγόμενη σκλήρυνση «εκ κατακρημνίσεως δια γηράνσεως».

Θα περιγράψουμε τις διάφορες θερμικές κατεργασίες που εφαρμόζουμε σε κράματα αλουμίνιου παίρνοντας ως παράδειγμα το κράμα αλουμίνιου χαλκού με 3-4% χαλκό και κάτω από 1% μαγνήσιο και μαγγάνιο 4% χαλκό, που αποτελεί και τη βάση των κραμάτων της σειράς του γνωστού *ντουραλουμίνιου*.

Το κράμα αλουμίνιου χαλκού με 4% χαλκό μετά από την ήρεμη απόψυξη του, από την κατάσταση της υγρής φάσης στη θερμοκρασία δωματίου, αποτελείται από στερεό διάλυμα αλουμίνιου χαλκού και από χονδρά τεμαχία της μεσομεταλλικής ένωσης CuAl_2 . Σε αυτή την κατάσταση το κράμα, εξαιτίας ακριβώς των χονδρών τεμαχίων της μεσομεταλλικής ένωσης παρουσιάζει μικρή μηχανική αντοχή και είναι εύθραυστο.

Με θερμική κατεργασία που περιλαμβάνει τη θέρμανση σε καθορισμένη θερμοκρασία π.χ. στους 530 °C και απότομη ψύξη (βαφή) μέχρι την θερμοκρασία του δωματίου εμποδίζεται η κατακρημνιση του χαλκού ως CuAl_2 και γίνεται δυνατός ο σχηματισμός υπερκορεσμένου στερεού διαλύματος αλουμίνιου χαλκού. Σε αυτή την κατάσταση το κράμα είναι κάπως ανθεκτικότερο και σκληρότερο γιατί υπάρχει περισσότερος χαλκός διαλυμένος στο αλουμίνιο. Επίσης είναι και περισσότερο δύσθραυστο, γιατί δεν υπάρχουν τώρα τα εύθραυστα τεμαχίδια του CuAl_2 .

Το ειδικό του βάρος είναι χαμηλό. Χρησιμοποιείται σε θερμικές μηχανές, γιατί δεν επηρεάζεται από τις μεταβολές της θερμοκρασίας. Επίσης χρησιμοποιείται ευρύτατα στην κατασκευή τμημάτων των αεροπλάνων (φτερά, κινητήρες), σιδηροδρομικών βαγονιών, ανελκυστήρων, αυτοκινήτων κ.α., επειδή είναι ελαφρό μέταλλο και έχει αρκετή αντοχή.

Αντιτριβικά Κράματα ή Κράματα Εδράνων Ολίσθησης

Όπως είναι γνωστό τα έδρανα, κύλισης ή ολίσθησης, είναι στοιχεία μηχανής στα οποία στηρίζονται οι άτρακτοι ή οι άξονες και που παραλαμβάνουν τα φορτία που τους καταπονούν.

Τα έδρανα έχουν κατάλληλη επιφανειακή στρώση *αντιτριβικού κράματος* επάνω στην οποία στρέφεται ο στροφέας. Ένα αντιτριβικό κράμα για να ανταποκριθεί στον προορισμό του πρέπει να αποτελείται από στερεά διαλύματα και μεσομεταλλικές ενώσεις. Αυτό συμβαίνει γιατί τα στερεά διαλύματα είναι δύσθραυστα και μαλακά, ενώ οι μεσομεταλλικές ενώσεις είναι σκληρές αλλά εύθραυστες. Επομένως γίνεται κάποιος συγκερασμός των πλεονεκτημάτων της μαλακής και της σκληρής φάσης στο ίδιο κράμα.

Τα αντιτριβικά κράματα διακρίνονται σε:

- Κράματα με βάση το χαλκό
- Κράματα με βάση τον κασσίτερο ή το μόλυβδο (λευκά μέταλλα)

Αντιτριβικά κράματα με βάση τον χαλκό.

Τα κράματα χαλκού κασσιτέρου (μπρούντζοι) με 10% μέχρι 15% κασσίτερο, καθώς και τα φωσφορούχα κράματα χύτευσης χαλκού κασσιτέρου με 10% μέχρι 13% κασσίτερο και 0,3% μέχρι 1% φωσφόρο, είναι κατάλληλα για έδρανα ολίσθησης. Αυτά τα κράματα ανταποκρίνονται στις απαιτήσεις αντιτριβικού κράματος, γιατί περιλαμβάνουν τη σκληρή μεσομεταλλική ένωση χαλκού-κασσιτέρου μέσα σε μαλακό και δύσθραυστο στερεό διάλυμα χαλκού κασσιτέρου. Γενικά χρησιμοποιούνται σε περιπτώσεις που τα φορτία είναι μεγάλα.

Σαν αντιτριβικά επίσης κράματα χρησιμοποιούνται κράματα χαλκού κασσιτέρου με 10% μέχρι 15% μόλυβδο ή και κράματα χαλκού μολύβδου με 25% μέχρι 30% μόλυβδο. Παρουσιάζουν υψηλή αντοχή σε φθορά από τριβή και υψηλή επίσης θερμική αγωγιμότητα. Έχουν εφαρμογή σε έδρανα βάσης στροφαλοφόρων αξόνων μηχανών αυτοκινήτων και πετρελαιομηχανών.

Επίσης, κράμα χαλκού κασσιτέρου με 2,5% Sn, 1,5% Fe και 1,2% Cr είναι κατάλληλο σε περιπτώσεις λειτουργίας σε υψηλές θερμοκρασίες με δυσμενείς συνθήκες φθοράς (π.χ. ως αντιτριβικό μέταλλο για οδηγούς βαλβίδων μηχανών εσωτερικής καύσης, έδρανα οδοντωτού τροχού-ατέρμονα κοχλία, καταπονούμενα με μεγάλες πιέσεις κλπ.).

Εξαιτίας του χαμηλού τους κόστους, μπορούν να χρησιμοποιηθούν σε ορισμένες περιπτώσεις και οι ορείχαλκοι σαν αντιτριβικά μέταλλα ή και σαν χιτώνια. Χρησιμοποιείται συνήθως ο ορείχαλκος με 60% Cu και 40% Zn με προσθήκη μέχρι 1% Al, Fe και Mg.

ΛΕΥΚΑ ΜΕΤΑΛΛΑ

- **Λευκά Μέταλλα με Βάση τον Κασσίτερο**

Γενικά, αυτά τα κράματα ονομάζονται *λευκά μέταλλα* από το χρώμα τους, σε αντίθεση προς τα κράματα με βάση το χαλκό, τα οποία είναι ερυθρωπά. Οι κύριες προσμίξεις είναι το αντιμόνιο από 3% μέχρι 10% και ο χαλκός περίπου 3,5%. Σε αυτά τα κράματα υπάρχουν δυο σκληρές φάσεις, που αποτελούνται από κύβους μεσομεταλλικής ένωσης αντιμονίου-κασσιτέρου και βελόνες επίσης μεσομεταλλικής ένωσης χαλκού-κασσιτέρου. Επειδή είναι μαλακά, χυτεύονται σε χαλύβδινα χιτώνια και ύστερα τριβούνται στην τελική τους διάσταση. Το ίδιο συμβαίνει και για τα λευκά μέταλλα με βάση το μόλυβδο. Παρουσιάζουν καλή πλαστικότητα.

- **Λευκά Μέταλλα με Βάση το Μόλυβδο**

Στα αντιτριβικά αυτά κράματα, μέρος του κασσιτέρου αντικαθίσταται από μόλυβδο, που είναι φθηνότερος. Περιέχουν 10% μέχρι 15% κασσίτερο, 6% μέχρι 65% μόλυβδο και 1,50% μέχρι 3% χαλκό. Χρησιμοποιούνται για πιο ήπιες συνθήκες φόρτισης από ότι τα λευκά μέταλλα με βάση τον κασσίτερο.