

ΧΥΤΕΥΣΗ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΚΕΛΕΤΩΝ ΜΟ

Απόψυξη του χυτευμένου κράματος (χυτού).

Αυτή η φάση εργασίας του μεταλλικού σκελετού της ΜΟ, καλείται «απόψυξη του κράματος» και αποτελεί ένα σημαντικό παράγοντα για την παραλαβή ενός χυτού ανθεκτικού, ικανού να ανταπεξέλθει στις απαιτήσεις του προορισμού του.

Ειδικά για τα κράματα χρωμίου – κοβαλτίου η απόψυξη όσο και η θερμική κατεργασία έχουν άμεση επίδραση στην μεταλλογραφική δομή του κράματος, δηλαδή στο μέγεθος των κόκκων και στην κατανομή των καρβιδίων μέσα στη μάζα του χυτού. Πειραματικές εργασίες έχουν δείξει ότι ο τύπος της μεταλλογραφικής δομής του κράματος χρωμίου-κοβαλτίου καθορίζει και τις μηχανικές ιδιότητες της χυτευμένης κατασκευής.

Με την σωστή απόψυξη του χυτευμένου κράματος, επιχειρείται η βελτίωση ορισμένων μηχανικών ιδιοτήτων του, η οποία θα έχει σαν αποτέλεσμα την αυξημένη αντοχή του χυτού και στη συγκεκριμένη περίπτωση, του μεταλλικού σκελετού της ΜΟ.

ΧΥΤΕΥΣΗ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΚΕΛΕΤΩΝ ΜΟ

Απόψυξη του χυτευμένου κράματος (χυτού).

Απόψυξη κραμάτων χρυσού

Αμέσως μετά τη χύτευση, όταν η θερμοκρασία του κράματος φθάσει τους 600°C, η περισσεια του λιωμένου υλικού στην υποδοχή του πυροχωμάτινου κυλίνδρου χάνει το διάπυρο φωτεινό της χρώμα. Στη θερμοκρασία αυτή το χυτό πρέπει να υποβληθεί σε ταχεία απόψυξη (quenching, σβήσιμο). Κατά άλλους ο κύλινδρος αφήνεται να κρυώσει στον αέρα, για ένα μικρό χρονικό διάστημα (8–12 λεπτά της ώρας) και στη συνέχεια, βυθίζεται σε δοχείο που περιέχει κρύο νερό. Αν ο κύλινδρος είναι ογκώδης, ο χρόνος των 8-12 πρώτων λεπτών επιμηκώνεται, ανάλογα με τον όγκο του.

Ο κύλινδρος δεν πρέπει να τοποθετείται, αμέσως μετά την χύτευση του χυτού στο νερό, αλλά πρέπει να αφήνεται στον αέρα να κρυώσει κατά τον πιο πάνω χρόνο, για δύο λόγους τους εξής:

- 1) Αν τοποθετηθεί στο νερό, ενώ το κράμα του χρυσού είναι ακόμη πολύ ζεστό τότε, *η απότομη και ανώμαλη αυτή ψύξη του χυτού, μπορεί να το στρεβλώσει.*
- 2) Η παραμονή του χυτού (δακτυλίου), για μια μικρή χρονική περίοδο στον αέρα (περιβάλλον), πριν βυθιστεί στο νερό, δίνει μια *ομοιόμορφη σκλήρυνση του κράματος.*

ΧΥΤΕΥΣΗ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΚΕΛΕΤΩΝ ΜΟ

Απόψυξη του χυτευμένου κράματος (χυτού).

Απόψυξη κραμάτων χρυσού

Μετά μικρή παραμονή του δακτυλίου με το χυτευμένο κράμα χρυσού στο νερό, το πυρόχωμα διαλύεται και απελευθερώνεται το χυτό, το οποίο παραλαμβάνεται για την περαιτέρω επεξεργασία καθαρισμού του.

Η εργασία αυτή γίνεται με αμμοβολή, βούρτσισμα και στην συνέχεια βρασμό του σκελετού μέσα σε διάλυμα θειικού οξέος (50%) με νερό για να απομακρυνθεί κάθε ίχνος πυροχώματος από αυτό όπως επίσης και κάθε επιφανειακή οξειδωση του κράματος του χρυσού.

Η τελευταία αυτή επεξεργασία (με το οξύ) του μεταλλικού σκελετού, καλό είναι να γίνεται πάντοτε με θέρμανση του πιο πάνω διαλύματος του οξέος, στο οποίο να ρίχνεται στην συνέχεια ο σκελετός και όχι να θερμαίνεται ο μεταλλικός σκελετός και να ρίχνεται στο διάλυμα του οξέος (το οποίο θα είναι κρύο), επειδή αυτό μπορεί να προκαλέσει στρέβλωση του σκελετού και επιπρόσθετα θα μειώσει την σκληρυντική επίδραση που είχε σε αυτόν η περίοδος που παρέμεινε στον αέρα ψυχόμενος, πριν να τοποθετηθεί στο νερό ο πυροχωματικός κύλινδρος.

Το διάλυμα αυτό του θειικού οξέος, είναι το καλλίτερο και ασφαλέστερο για όλες αυτές τις χρήσεις, επειδή *δεν βλάπτει κανένα κράμα χρυσού*, κατά την συνήθη χρήση και *οι ατμοί του είναι οι λιγότερο διαβρωτικοί στα εργαστηριακά όργανα*, από κάθε άλλο διάλυμα οξέος.

ΧΥΤΕΥΣΗ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΚΕΛΕΤΩΝ ΜΟ

Απόψυξη κραμάτων χρωμίου-κοβαλτίου

Απόψυξη κραμάτων χρωμίου-κοβαλτίου

Φύτρα-κρύσταλλοι-δενδρίτες

Τόσο ο αριθμός των σχηματιζόμενων κόκκων κατά μονάδα επιφανείας, όσο και το μέγεθος τους, έχει άμεση σχέση με τις μηχανικές ιδιότητες του κράματος και εξαρτάται από τον αριθμό των σχηματιζόμενων αρχικών πυρήνων κρυστάλλωσης. Γενικά είναι γνωστό ότι η μικροκρυσταλλική (λεπτόκοκκο) ή δομή προσδίδει στο κράμα καλύτερες μηχανικές ιδιότητες ενώ η μεγαλοκρυσταλλική (αδρόκοκκο) δομή χειρότερες.

Τα λεπτά τμήματα αποψύχονται γρήγορα, άρα μικροκρυσταλλική δομή. Τα παχιά τμήματα αντίθετα.

Ο τρόπος της απόψυξης του κράματος χρωμίου-κοβαλτίου μπορεί να κυμαίνεται μεταξύ της απότομης απόψυξης (άμεση εμβάπτιση σε νερό) και της αργής απόψυξης σε έναν φούρνο.

ΧΥΤΕΥΣΗ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΚΕΛΕΤΩΝ ΜΟ

Απόψυξη κραμάτων χρωμίου- κοβαλτίου

- ▣ Άμεση εμφύσηση του πυροχωμάτινου κυλίνδρου που περιέχει το χυτό σε νερό.
- ▣ Αργή απόψυξη του πυροχωμάτινου κυλίνδρου στην εργαστηριακή τράπεζα για 15' λεπτά της ώρας και μετά εμφύσηση στο νερό.
- ▣ Αργή απόψυξη του πυροχωμάτινου κυλίνδρου στην εργαστηριακή τράπεζα για 60' λεπτά και εμφύσηση στο νερό.
- ▣ Αργή απόψυξη μέσα σε φούρνο για 24 ώρες.

ΧΥΤΕΥΣΗ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΚΕΛΕΤΩΝ ΜΟ

Απόψυξη κραμάτων χρωμίου-κοβαλτίου

Απόψυξη κραμάτων χρωμίου-κοβαλτίου

Εκεί όπου απαιτείται το μέγιστο της αντοχής σε εφελκυσμό πρέπει να χρησιμοποιείται ο αργός τρόπος απόψυξης. Η γρήγορη απόψυξη του εγκλείστρου οδηγεί σε μία μείωση των τιμών της αντοχής σε εφελκυσμό ενώ προκαλεί μία αξιόλογη αύξηση της επιμήκυνσης.

Η μέθοδος απόψυξης που επιτρέπει την άριστη ισορροπία των ιδιοτήτων του εφελκυσμού και της επιμήκυνσης είναι η αργή απόψυξη για 15' λεπτά της ώρας στον αέρα και μετά εμβάπτιση στο νερό.

ΧΥΤΕΥΣΗ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΚΕΛΕΤΩΝ ΜΟ

Θερμική κατεργασία των χυτευμένων κραμάτων(ανακρυστάλλωση-ανόπτηση)

Κάθε κράμα το οποίο έχει υποβληθεί σε μια ψυχρή κατεργασία, παρουσιάζει μόνιμες εσωτερικές τάσεις, ενώ έχει χάσει ένα μέρος της ελαστικότητας και της ελατότητάς του.

Τα κράματα αυτά μπορούν να επανέλθουν την αρχική τους κατάσταση, με θερμική κατεργασία η οποία είναι γνωστή στην μεταλλουργία σαν «ανακρυστάλλωση ή ανόπτηση» του κράματος. Η εργασία αυτή γίνεται με την υποβολή του κράματος σε μια ορισμένη θερμοκρασία, η οποία καλείται *θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης ή ανόπτησης* του κράματος και επιτυγχάνει τη δημιουργία **υπερλεπτόκοκκης δομής και εξάλειψης εσωτερικών τάσεων**.

Διάχυση ατόμων-νέοι κρύσταλλοι

Αν το κράμα υποβληθεί σε θερμοκρασία ψηλότερη από τη *θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης ή ανόπτησης* ή αν θερμανθεί μεν στην θερμοκρασία θερμικής κατεργασίας του (δηλ. την κανονική) πλην όμως για μακρύτερο χρονικό διάστημα τότε, τα άτομα του θα έλθουν σε στενότερη επαφή μεταξύ τους και θα σχηματίσουν μεγαλύτερους κόκκους (χονδρόκοκκος δομή) με αποτέλεσμα τις περισσότερες φορές, μια σημαντική μεταβολή των μηχανικών ιδιοτήτων του κράματος.

ΘΕΡΜΙΚΗ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΑ ΜΕΤΑΛΛΩΝ-ΚΡΑΜΑΤΩΝ

Εν ψυχρώ πλαστική παραμόρφωση-Ενδοτράχυνση

Παραμόρφωση κόκκων → δημιουργία ατελειών κρυσταλλικής δομής → αύξηση εσωτερικών τάσεων → μείωση αντοχής υπό προϋποθέσεις. Δηλαδή αύξηση μεν της σκληρότητας και της αντοχής στη θραύση με διεύθυνση κάθετα στους παραμορφωμένους κόκκους, αλλά μείωση αντοχής προς άλλες διευθύνσεις, διάβρωση, ψαθυρότητα....

Οι μέθοδοι για αποκατάσταση σε προηγούμενο επίπεδο είναι:

- *ανόπτηση για ανακρυστάλλωση*
- *ανόπτηση για αποκατάσταση*

Ανόπτηση για ανακρυστάλλωση

Οι εσωτερικές τάσεις και οι διαταραχές στην κρυσταλλικότητα εξαφανίζονται με την αύξηση της θερμοκρασίας με τη διαφορά ότι δεν είναι μια ομαλή πορεία, δεν υπάρχει δηλαδή γραμμικότητα αλλά φάσεις που διαχωρίζονται από θερμοκρασιακά διαστήματα. Για παράδειγμα αν πάρουμε ένα μαλακό ατσάλι εν ψυχρώ ελασματοποιημένο και αυξήσουμε τη θερμοκρασία θα δούμε:

- ❖ μέχρι τους 400°C δεν υπάρχει μεταβολή στη σκληρότητα
- ❖ 400°C-580°C συνεχής μείωση της σκληρότητας (μεμονωμένη μετανάστευση-διάχυση ατόμων σε σταθερότερες θέσεις, βελτίωση κρυσταλλικότητας μικρής κλίμακας).
- ❖ 600°C απότομη πτώση της σκληρότητας – θερμοκρασία ανόπτησης για ανακρυστάλλωση-σχηματισμός νέων κρυστάλλων χωρίς ατέλειες και εσωτερικές τάσεις. Συγκεκριμένη θερμοκρασία με περιορισμένο εύρος.
- ❖ με περαιτέρω αύξηση της θερμοκρασίας εξακολουθεί να μειώνεται η σκληρότητα αλλά σε μικρότερο βαθμό. Δευτερογενής ανακρυστάλλωση που οδηγεί σε ευρεία αλλαγή κρυσταλλικής δομής – χονδρόκοκο μέταλλο-κράμα.

Ανόπτηση για ανακρυστάλλωση

Μετά τη θέρμανση σε θερμοκρασία **ανόπτησης για ανακρυστάλλωση** το παραμορφωμένο μέταλλο-κράμα κρατάει μεν το σχήμα του αλλά παρουσιάζει τελείως διαφορετική κρυσταλλική δομή που μοιάζει με αυτή προ παραμόρφωσης με ομαλούς κόκκους.

Η **θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης** είναι τόσο χαμηλότερη όσο περισσότερη ενέργεια έχει αποθηκευτεί στα όρια των κόκκων, άρα και όσο πιο έντονη ήταν η παραμόρφωση που έχει δημιουργηθεί.

Όσο πιο έντονη παραμόρφωση έχει δημιουργηθεί τόσο πιο λεπτόκκοκο μέταλλο-κράμα δημιουργείται με τη συγκεκριμένη θερμική κατεργασία. Άρα θεωρητικά συμφέρει η έντονη παραμόρφωση. Αυτό όμως δεν μπορεί να εφαρμοστεί σε σώματα με πολύπλοκα σχήματα όπως μια Μ.Ο.

Στην περίπτωση της Μ.Ο. η επιλογή είναι: αύξηση της θερμοκρασίας στη **θερμοκρασία ανακρυστάλλωσης** και απότομη ψύξη.

Στην περίπτωση που δημιουργηθεί χονδρόκκοκη δομή, είναι μη αντριστρεπτό.

Ανόπτηση για ανακρυστάλλωση

Κύκλοι θερμικής κατεργασίας για σκελετούς ΜΟ από χρωμιοκοβαλτιούχο κράμα (παραδείγματα) :

A

- 1. Τοποθέτηση στο φούρνο και αύξηση της θερμοκρασίας στους 500°C σε 60min και παραμονή για 45min ακόμη (σύνολο 1.45h)*
- 2. Αύξηση θερμοκρασίας στους 880°C σε 60min και παραμονή για 60min ακόμη (σύνολο 2h)*
- 3. Ψύξη μέχρι τους 600°C οπότε ανοίγει η πόρτα του φούρνου και αφαιρείται σκελετός στους 300.°C*

B

- 1. Τοποθέτηση στο φούρνο και αύξηση της θερμοκρασίας στους 1100°C σε 8°C/min και παραμονή 1100°C για 30min ακόμη*
- 2. Ψύξη μέχρι τους 600°C οπότε ανοίγει η πόρτα του φούρνου και αφαιρείται σκελετός στους 300.°C*

Ανόπτηση για αποκατάσταση

Η διαφορά της **ανόπτησης για αποκατάσταση** είναι ότι το μέταλλο ή το κράμα που έχει υποστεί εν ψυχρώ παραμόρφωση, υποβάλλεται σε θέρμανση σε θερμοκρασία μικρότερη αυτής της ανακρυστάλλωσης. Σε αυτή την περίπτωση τα άτομα αλλάζουν θέσεις κοντά στα όρια των κρυστάλλων και καταλαμβάνουν θέσεις χαμηλότερης ενέργειας. Έτσι «αποκαθίστανται» οι εσωτερικές τάσεις. Η θερμοκρασία είναι χαμηλότερη π.χ. 400°C για μια ώρα. Αν μείνει το μέταλλο για μεγαλύτερο διάστημα οι κόκκοι μεγαλώνουν περισσότερο και τότε το μέταλλο έχει **«υπεραποκατασταθεί»** και γίνεται περισσότερο πλαστικό και λιγότερο σκληρό. Για ασφάλεια μπορούμε να αφήσουμε το μέταλλο-κράμα σε μικρότερη θερμοκρασία από αυτή της αποκατάστασης για μεγαλύτερο χρόνο.

Η διαφορά των δύο μεθόδων είναι μόνο στο χρόνο που χρειάζεται. Τα αποτελέσματα είναι ίδια. Η **ανόπτηση για ανακρυστάλλωση** γίνεται γρηγορότερα.

ΧΥΤΕΥΣΗ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΚΕΛΕΤΩΝ ΜΟ

Θερμική κατεργασία κραμάτων χρυσού

Η παρουσία πλατίνας και παλλαδίου στο κράμα χρυσού, έχει συντελέσει στη δημιουργία πολλαπλών πυρήνων κρυστάλλωσης. *Για την αποκατάσταση της κανονικής, λεπτόκοκκης υφής του κράματος ακολουθεί η ομογενοποίηση του χυτού.*

Στην κατάσταση αυτή, το χυτό τοποθετείται στο εκμαγείο εργασίας και ελέγχεται η εφαρμογή του, επιφέρονται οι αναγκαίες προσαρμογές και στυλβώνεται. Είναι δυνατό να δοκιμαστεί η εφαρμογή του κλινικά στο στόμα του ασθενούς και να γίνουν οι απαραίτητες ρυθμίσεις.

Εφόσον γίνουν προσαρμογές με εργαλεία, η εργασία πρέπει να τοποθετηθεί και πάλι στον κλίβανο για ορισμένο χρόνο (μέχρι 1 ώρα) *σε χαμηλή θερμοκρασία, μικρότερη της θερμοκρασίας ανακρυστάλλωσης του κράματος, για να χαλαρώσουν οι εσωτερικές τάσεις που έχουν αναπτυχθεί μέσα στο κράμα.* Η διαδικασία αυτή αναφέρεται ως **ανόπτηση για αποκατάσταση (stress relief anneal).**

Ακολουθεί η θερμική κατεργασία σκλήρυνσης (**hardening heat treatment**) για να αποδοθεί στο κράμα η τελική του σκληρότητα. Το χυτό τοποθετείται στον κλίβανο και *θερμαίνεται στους 450°C. Αφήνεται να κρυστάλλει μέχρι τους 200°C και στη συνέχεια υποβάλλεται σε ταχεία απόψυξη, "σβήσιμο", σε κρύο νερό.* Η επακριβής διαδικασία της θερμικής αγωγής σκλήρυνσης διαφέρει από ιδιοσκεύασμα σε ιδιοσκεύασμα.

ΧΥΤΕΥΣΗ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΚΕΛΕΤΩΝ ΜΟ

Θερμική κατεργασία κραμάτων χρωμίου- κοβαλτίου

Γενικά στα κράματα χρωμίου – κοβαλτίου κάθε αύξηση της αντοχής εφελκυσμού συνοδεύεται από πτώση της εκατοστιαίας επιμήκυνσης.

Σύμφωνα με μελέτη σχετικά με τη θερμική κατεργασία των κραμάτων χρωμίου - κοβαλτίου, γενικά δείχθηκε ότι οι καλύτερες μηχανικές ιδιότητες επιτυγχάνονται με τη σωστή χύτευση και απόψυξη, χωρίς θερμική κατεργασία.

Το πρακτικό συμπέρασμα είναι ότι σε αυτά τα κράματα θα πρέπει να αποφεύγεται η παρατεταμένη θέρμανση κατά τη διαδικασία συγκόλλησης καθώς και η υπερθέρμανση μέχρι την ερυθροπύρωση κατά τη διαδικασία λείανσης.

ΧΥΤΕΥΣΗ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΓΙΑ ΧΥΤΕΥΣΗ ΣΚΕΛΕΤΩΝ ΜΟ

Θερμική κατεργασία κραμάτων χρωμίου- κοβαλτίου

Τα κράματα Χρωμίου-Κοβαλτίου που χρησιμοποιούνται κυρίως για κατασκευή σκελετών Μ.Ο. διαθέτουν τις απαραίτητες ιδιότητες για τη χρήση τους. Προβλήματα δημιουργούνται κατά τη διαδικασία της χύτευσης, όταν δεν ακολουθούνται οι οδηγίες των κατασκευαστών των σκευασμάτων και κατά την κατεργασία μετά τη χύτευση με παραμόρφωση τμημάτων για εφαρμογή τους ή κατά την υπερθέρμανση.

Σκοπός λοιπόν των θερμικών κατεργασιών είναι η βελτίωση ή επαναφορά των «καλών» ιδιοτήτων των κραμάτων. Με την επιλογή της μεθόδου και των επιμέρους παραμέτρων ο Οδοντικός Τεχνολόγος βάζει την προσωπική σφραγίδα του στο προϊόν που διαθέτει.