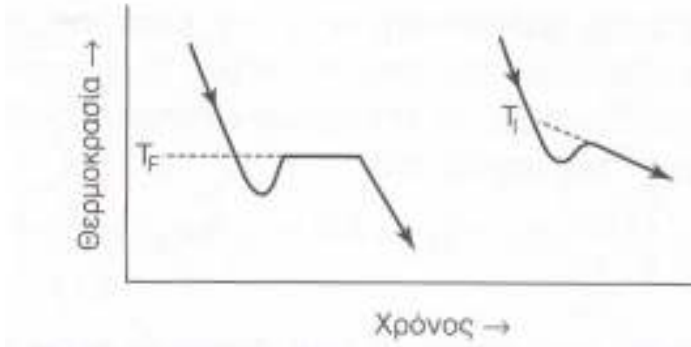
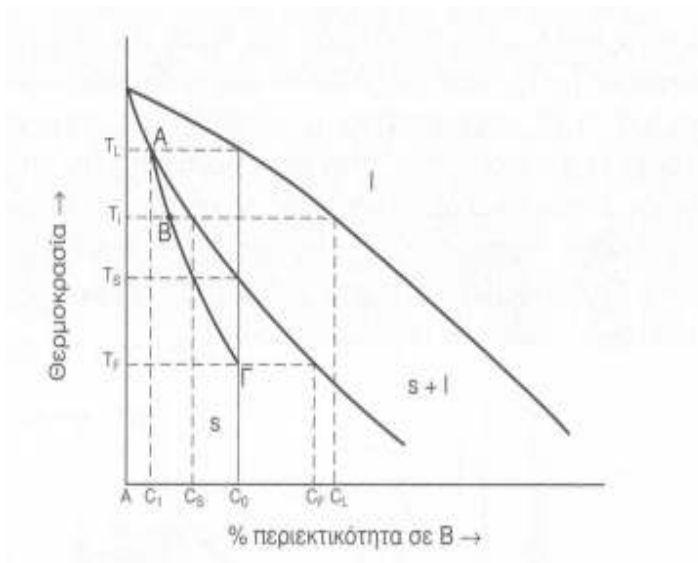


ΥΠΟΨΥΞΗ (supercooling)

- Υπόψυξη: Σε καθαρά μέταλλα οι σχηματιζόμενοι πυρήνες παραμένουν σε μετασταθή κατάσταση και σε θερμοκρασίες χαμηλότερες της Solidus. Σε θερμοκρασίες πολύ χαμηλότερες της Solidus οι πυρήνες αποκτούν την απαιτούμενη σταθερότητα για την έναρξη της στερεοποίησης. Το φαινόμενο οφείλεται στη θερμική επίδραση (λανθάνουσα θερμότητα)

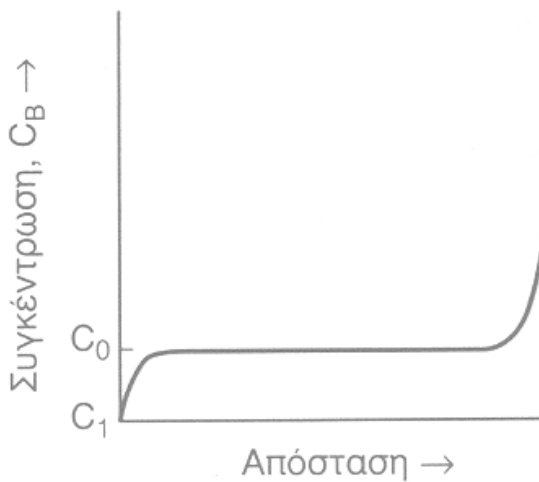
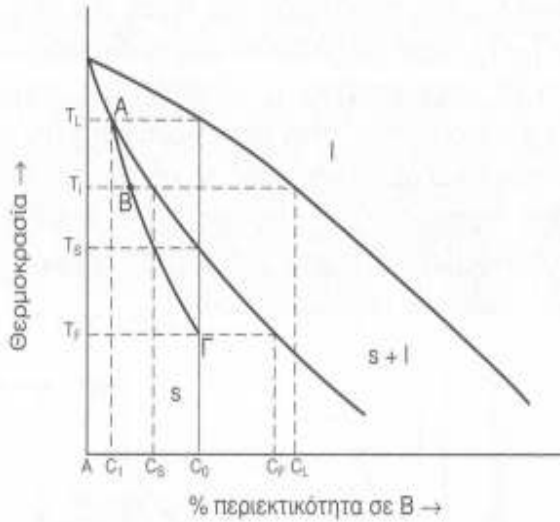


α) Διάχυση και φυσική ανάδευση στο υγρό.



- Θεωρητικά η στερεοποίηση μονοφασικού κράματος διεξάγεται σε καταστάσεις ισορροπίας μεταξύ της T_L και της T_S . Στην πράξη όμως ο χρόνος που απαιτείται για ομογενοποίηση του κράματος (με διάχυση) είναι πολύ μεγάλος. Η διάχυση λοιπόν στη στερεά φάση, κατά τη διάρκεια της στερεοποίησης θεωρείται αμελητέα.
- Κράμα με σύσταση C_0 στερεοποιείται. Οι πυρήνες κρυστάλλωσης έχουν συγκέντρωση C_1 σε θερμοκρασία T_L . Στη θερμοκρασία T_i , η σύσταση του στερεού στην διεπιφάνεια θα είναι C_S . Η μέση τιμή της σύστασης του στερεού θα πρέπει να περιλαμβάνεται μεταξύ της C_1 και της C_S (σημείο B).
- Η στερεοποίηση θα ολοκληρωθεί όταν η μέση σύσταση γίνει C_0 .

β) Διάχυση στο υγρό.

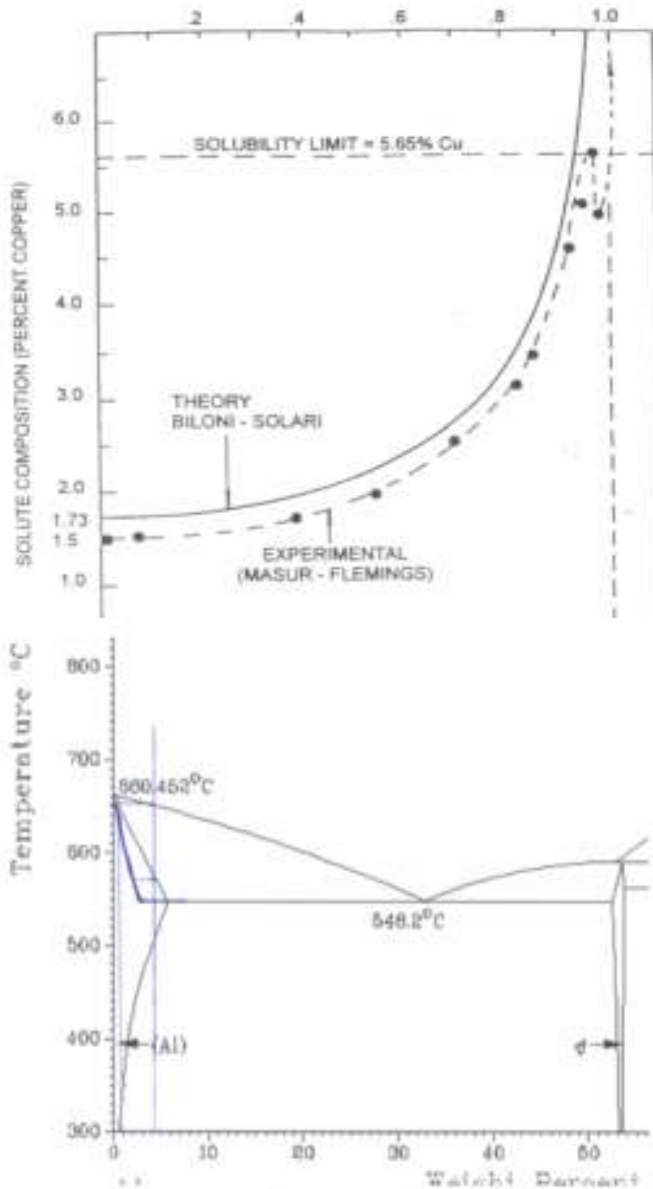


- Η σύσταση των πρώτων πυρήνων ισούται με C_1 . Η μέση σύσταση του υγρού παραμένει C_0 εκτός από ένα μικρό στρώμα στο μέτωπο της στερεοποίησης όπου πραγματοποιείται διάχυση και εντός του οποίου η συγκέντρωση είναι μεγαλύτερη. Όταν η στερεοποίηση πραγματοποιείται με αυτόν τον τρόπο, εμπρός από το μέτωπο στερεοποίησης παράγεται μια δομική ή συστασιακή υπέρτηξη. Εμπρός από το μέτωπο η σύσταση του υγρού μεταβάλλεται από C_L σε C_0 και κατά συνέπεια η θερμοκρασία liquidus από T_S σε T_L μέσα στην ίδια ζώνη. Ωστόσο η πραγματική μεταβολή της θερμοκρασίας του υγρού καθορίζεται από το ποσοστό της απαγόμενης θερμότητας. Σε μικρή απόσταση εμπρός από το μέτωπο στερεοποίησης η

πραγματική θερμοκρασία είναι χαμηλότερη από την θερμοκρασία liquidus. Η περιοχή αυτή λέγεται ζώνη συστασιακής υπέρτηξης

Άσκηση

Θεωρούμε το κράμα Al-4,5Cu. Αν και το 4,5% είναι μικρότερο της μέγιστης διαλυτότητας του Cu στο Al, κατά τη στερεοποίηση του σχηματίζεται ευτηκτική δομή στα όρια των κόκκων. Η παρουσία της δεν είναι επιθυμητή διότι δεσμεύει Cu που είναι απαραίτητος για την καθίζηση κατά την γήρανση. Έτσι παρατηρείται μειωμένη σκληρότητα και ολκιμότητα λόγω της παρουσίας της φάσης θ στα όρια των κόκκων. Να εξηγηθεί το φαινόμενο και να εξηγηθεί πως με την ομογενοποίηση επαναφέρεται η σκληρότητα και η ολκιμότητα



Διάγραμμα που δείχνει πως μεταβάλλεται η περιεκτικότητα σε Cu κόκκου κράματος Al-4,5% Cu, συναρτήσει της απόστασης από το κέντρο. Η στερεοποίηση έγινε με ρυθμό που υπολογίσθηκε σε περίπου 0,6 m/sec

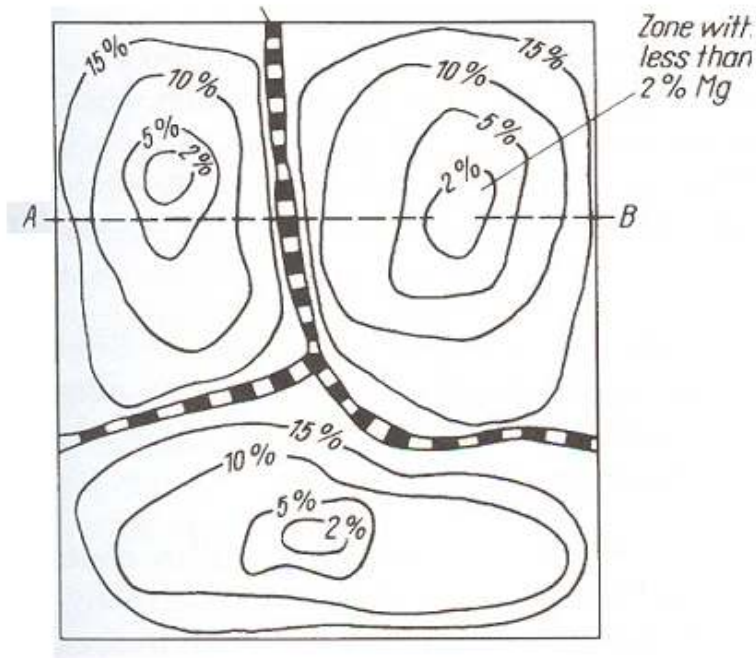
Καθώς αρχίζει η στερεοποίηση η σύσταση του πρώτου πυρήνα θα είναι περίπου 1,5%. Με τη πρόοδο της στερεοποίησης η σύσταση του φλοιού θα αυξάνεται.

Τι συμβαίνει με την σύσταση του υγρού; Η σύσταση του υγρού θα αυξάνει συνεχώς και πριν ολοκληρωθεί η στερεοποίηση θα έχει γίνει μεγαλύτερη από το 5,8% (μέγιστη διαλυτότητα Cu στο Al) οπότε θα στερεοποιηθεί ευτηκτική φάση στα όρια των κόκκων.

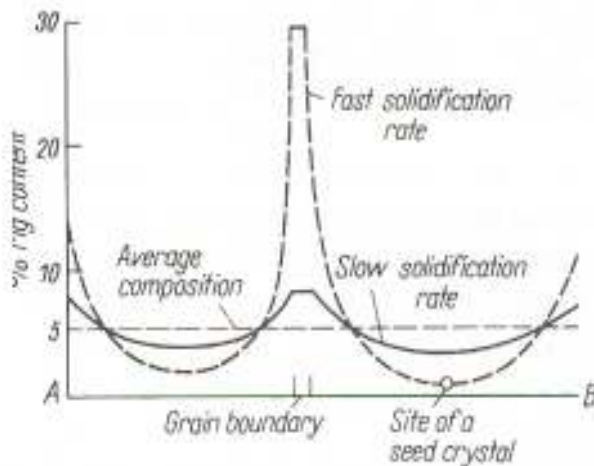
Με την ανόπτηση ($T=520^{\circ}\text{C}$) θα γίνει ανακατανομή του Cu από την φάση θ στη φάση α και θα γίνει ομογενοποίηση οπότε ο Cu

θα είναι διαθέσιμος για την θερμική κατεργασία της γήρανσης

Μικροδιαφορισμός



Σκαρίφημα από εικόνα μικροσκοπίου όπου με τις μεγαλύτερου πάχους γραμμές απεικονίζονται όρια κόκκων, ενώ με τις λεπτότερες γραμμές απεικονίζονται καμπύλες σημείων ίσης περιεκτικότητας σε Mg.



Μικροδιαφορισμός: Χημική ανομοιογένεια σε κλίμακα κόκκου (δενδριτών) Οφείλεται στη ταχεία στερεοποίηση Εμφανίζονται φάσεις που δεν προβλέπονται από τα διαγράμματα φάσεων. Οι δενδρίτες παρουσιάζουν διαφορετική σύσταση στο κέντρο απ'ότι στα άκρα. Το υγρό που στερεοποιείται τελευταίο είναι πλουσιότερο σε κραματικά στοιχεία Στην περίπτωση δενδριτικής στερεοποίησης λέγεται Ενδοδενδριτικός διαφορισμός Εξαλείφεται με ανόπτηση για ομογενοποίηση Μεγαλύτερος ρυθμός στερεοποίησης προκαλεί πιο έντονα φαινόμενα μικροδιαφορισμού. Ο χρόνος που υπάρχει για διάχυση είναι ακόμη μικρότερος και το φαινόμενο του μικροδιαφορισμού πιο έντονο (Μεγαλύτερη διαφορά σε περιεκτικότητα κραματικού στοιχείου μεταξύ κέντρου κόκκου και ορίων)