



ΗΛΕΚΤΡΟΛΟΓΙΚΑ ΥΛΙΚΑ

Ενότητα 5: ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ ΚΡΑΜΑΤΑ

ΛΙΤΣΑΡΔΑΚΗΣ ΓΕΩΡΓΙΟΣ
ΤΗΜΜΥ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Άδειες Χρήσης

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό υπόκειται σε άδειες χρήσης Creative Commons.
- Για εκπαιδευτικό υλικό, όπως εικόνες, που υπόκειται σε άλλου τύπου άδειας χρήσης, η άδεια χρήσης αναφέρεται ρητώς.



Χρηματοδότηση

- Το παρόν εκπαιδευτικό υλικό έχει αναπτυχθεί στα πλαίσια του εκπαιδευτικού έργου του διδάσκοντα.
- Το έργο «Ανοικτά Ακαδημαϊκά Μαθήματα στο Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης» έχει χρηματοδοτήσει μόνο τη αναδιαμόρφωση του εκπαιδευτικού υλικού.
- Το έργο υλοποιείται στο πλαίσιο του Επιχειρησιακού Προγράμματος «Εκπαίδευση και Δια Βίου Μάθηση» και συγχρηματοδοτείται από την Ευρωπαϊκή Ένωση (Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο) και από εθνικούς πόρους.





ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

ΑΝΟΙΚΤΑ
ΑΚΑΔΗΜΑΪΚΑ
ΜΑΘΗΜΑΤΑ



ΜΕΤΑΛΛΑ ΚΑΙ ΚΡΑΜΑΤΑ



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΣΠΑ
2007-2013
πρόγραμμα για την ανάπτυξη
ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ

Περιεχόμενα ενότητας

1. Μέταλλα και Κράματα

- i. Ορισμοί
- ii. Διαλυτότητα
- iii. Διάγραμμα φάσεων
- iv. Μικροδομή
- v. Χάλυβες
- vi. Χυτοσίδηρος
- vii. Κράματα χαλκού και κράματα αλουμινίου



Σκοποί ενότητας

- Να μπορούν οι φοιτητές να ορίζουν την έννοια της φάσης και την έννοια του στερεού διαλύματος.
- Να μπορούν οι φοιτητές να διατυπώνουν τους κανόνες Hume – Rothery.
- Να μπορούν οι φοιτητές να εξαγουν πληροφορίες από ένα διάγραμμα φάσης.



ΟΡΙΣΜΟΙ (1)

- Φάσεις (1): διαφορετικές καταστάσεις της ύλης
 - π.χ. - πάγος-νερό-υδρατμός
 - στερεό & τήγμα μετάλλου
- Φάσεις (2): διαφορετικές κρυσταλλικές δομές («αλλοτροπικές»)
 - π.χ. α -Fe («φερίτης») bcc $T < 910^{\circ}\text{C}$
 - γ -Fe (ωστενίτης) fcc $910^{\circ}\text{C} < T < 1400^{\circ}\text{C}$
 - 5 φάσεις Fe (στερεό: α -, γ -, δ -Fe / υγρό $T > 1535^{\circ}\text{C}$ / αέριο)

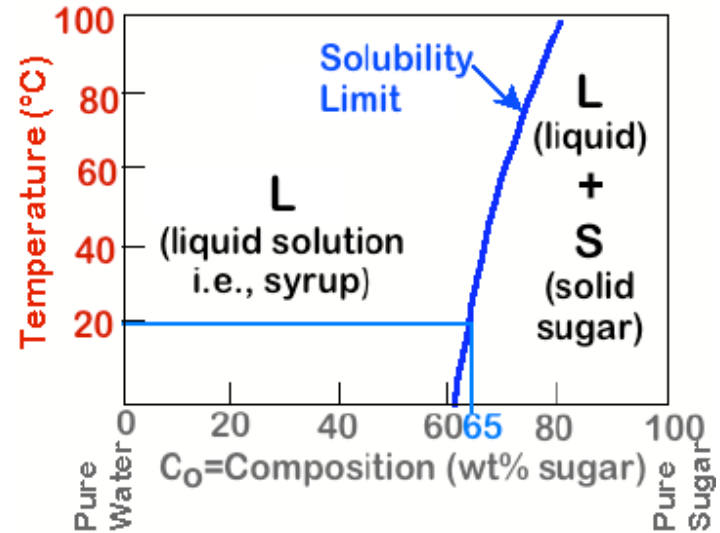


ΟΡΙΣΜΟΙ (2)

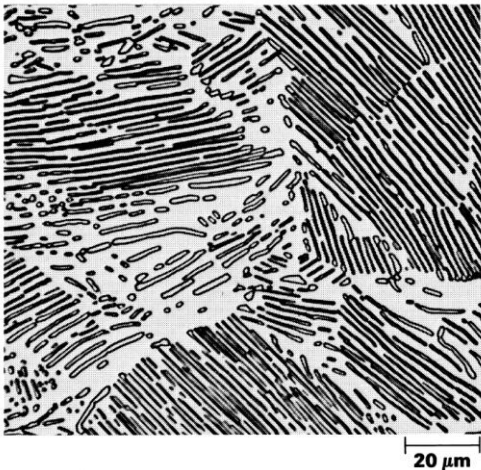
- *Ετερογενές μίγμα*: δύο ή περισσότερες αδιάλυτες φάσεις (διακρίνονται μακροσκοπικά) – φυσική ή χημική ανομοιογένεια.
- *Διάλυμα*: Ομογενές μίγμα (ανάμιξη μορίων / ιόντων).



ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ

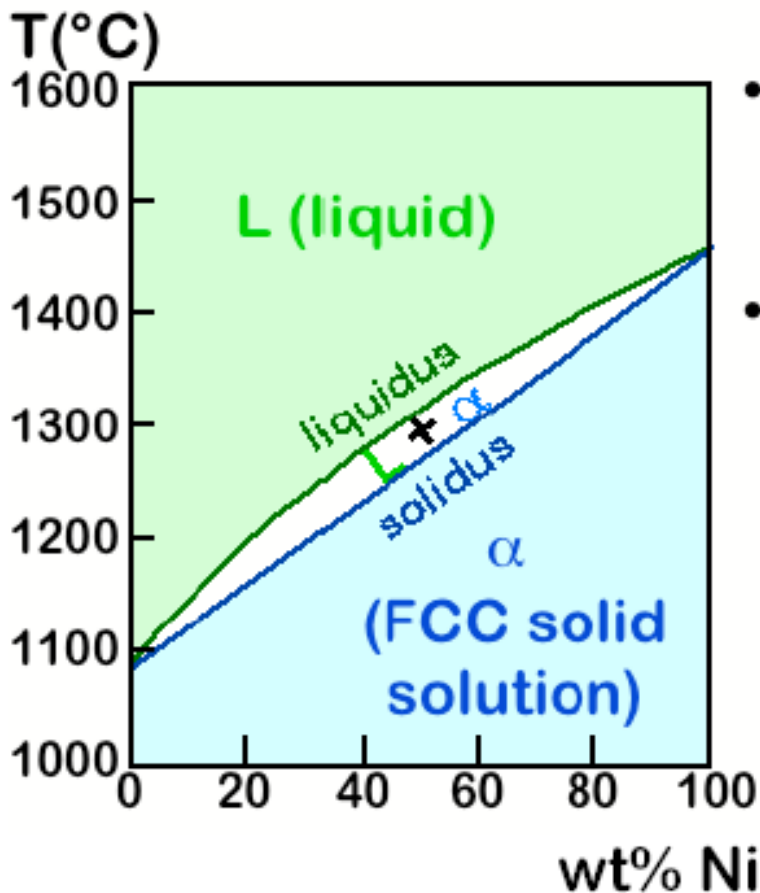


- Η διαλυτότητα εξαρτάται από τη θερμοκρασία.
- Μετά το όριο διαλυτότητας (υπέρκορο διάλυμα): ↓ ίζημα .
- υπάρχει «στερεό διάλυμα»; ΝΑΙ.
- Κράμα: είτε μίγμα (ετερογενές) είτε διάλυμα (ομογενές) στερεών.



π.χ. (εικόνα δεξιά) α-Fe (φερίτης) & Fe₃C (σεμεντίτης) σε μικροδομή τύπου περλίτη

ΣΤΕΡΕΟ ΔΙΑΛΥΜΑ



Ατέλεια πρόσμιξης \rightarrow Στερεό διάλυμα

- Σε μέταλλα & κεραμικά με παρόμοια κρυστ. δομή και μέγεθος ατόμων (ιόντων) – διατηρείται η κρυσταλλική δομή.
- Τήξη (& πήξη) σε μια περιοχή θερμοκρασιών (δύο φάσεις: $\alpha+L$).



ΠΛΗΡΗΣ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ

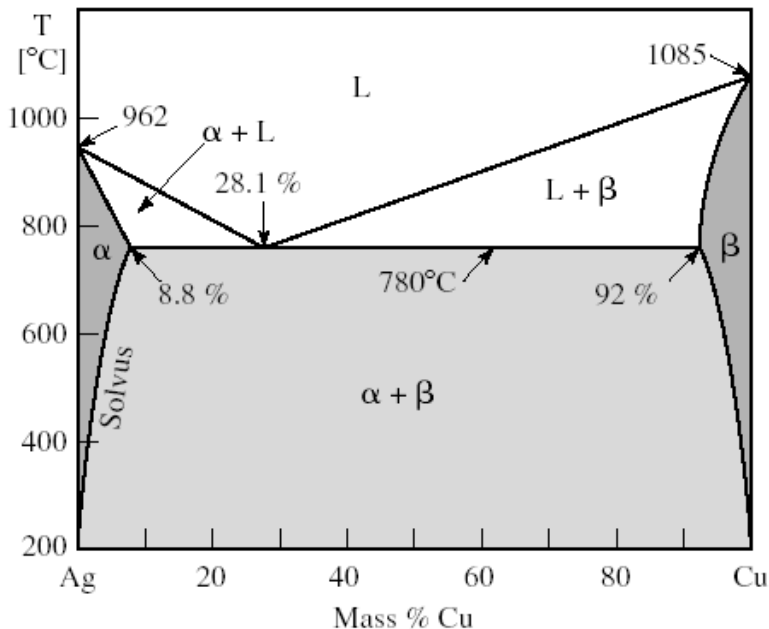
- Ανάμιξη σε κάθε αναλογία π.χ. Ni-Cu.
- Προϋποθέσεις (κανόνες Hume – Rothery):
 - Παρόμοιο μέγεθος ατόμων (+/-15%)
 - Ίδια κρυσταλλική δομή
 - Παρόμοια ηλεκτραρνητικότητα
 - Ίδιο σθένος



ΠΕΡΙΟΡΙΣΜΕΝΗ ΔΙΑΛΥΤΟΤΗΤΑ

Ατέλεια πρόσμιξης, ... Στερεό διάλυμα ... και μετά

- Νέα ένωση (διαφορετική κρυσταλλική δομή)
- ή «ίζημα» / διφασικό κράμα (μίγμα)



π.χ. Ag-Cu: 2 φάσεις

α (Ag με λίγο Cu) και β (Cu με λίγο Ag)

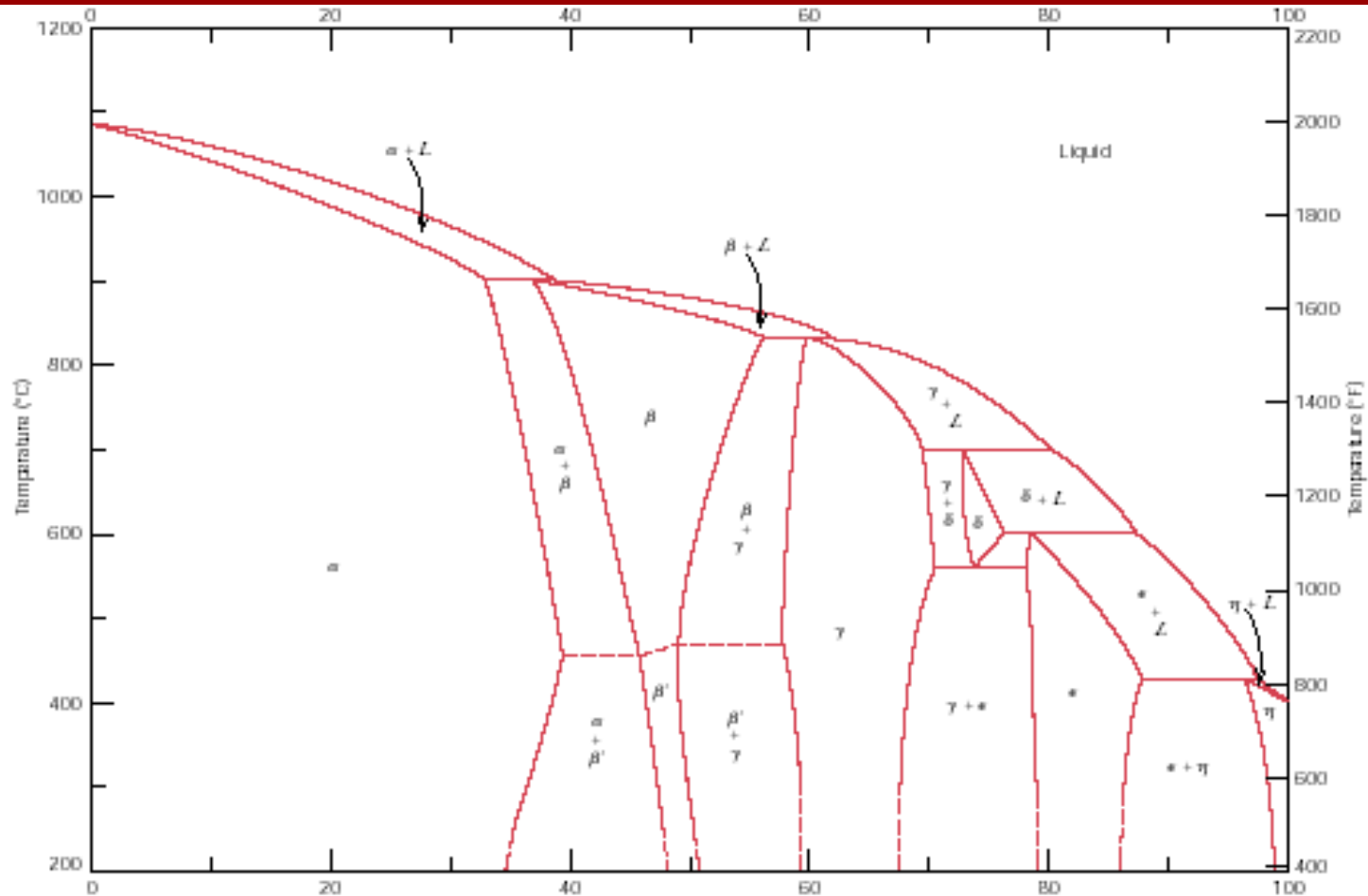
και μια ευρεία περιοχή σύστασης με ετερογενές κράμα α+β

ασημί 925: Ag 92,5% - Cu 7,5% @770 °C (φάση α)

Απότομη ψύξη : υπέρκορο διάλυμα @ RT → σκλήρυνση



ΣΥΝΘΕΤΟ ΔΙΦΑΣΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ

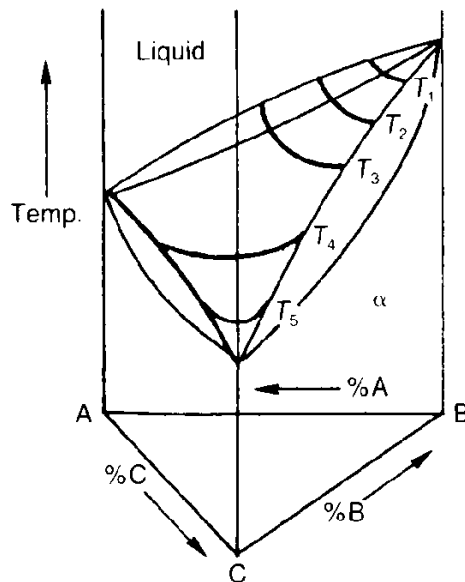
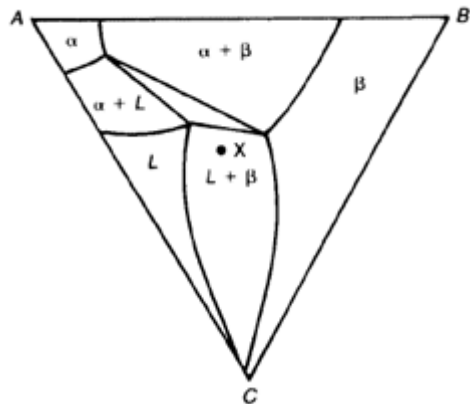


Ορείχαλκος (Cu – Zn)

Ηλεκτρολογικά Υλικά

Τμήμα Ηλεκτρολόγων Μηχανικών & Μηχανικών Ηλεκτρονικών Υπολογιστών

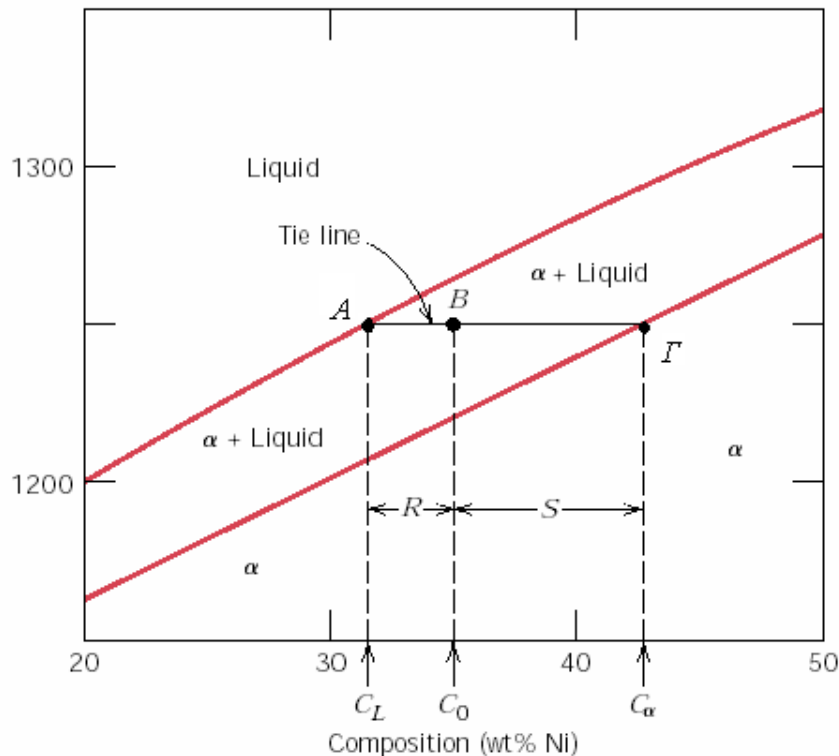
ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΦΑΣΕΩΝ



- Διάγραμμα φάσεων (P, T, C_1, C_2, \dots)
 - Κανόνας των φάσεων του Gibbs: $P+F=C+2$
- Τι πληροφορίες δίνει:
 - + liquidus/solidus/solvus.
 - + Αριθμός φάσεων.
 - + Είδος φάσης, σύσταση.
 - + Ποσοστό φάσεων.
 - Όχι μικροδομή.
 - μόνο σε (θερμοδυναμική) ισορροπία.



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ



- Σε μονοφασική περιοχή (L ή στερεό διάλυμα α), η σύσταση είναι C_0 .
- Σε διφασική περιοχή η σύσταση κάθε φάσης είναι διαφορετική, C_L και $C_α$.
- π.χ. σε θερμοκρασία $T_0=1250^\circ\text{C}$ και σύσταση C_0 : Cu - 35%Ni, έχουμε 2 φάσεις, L+α.

Σύσταση L: $C_L = \text{Cu} - 31,5\% \text{Ni}$

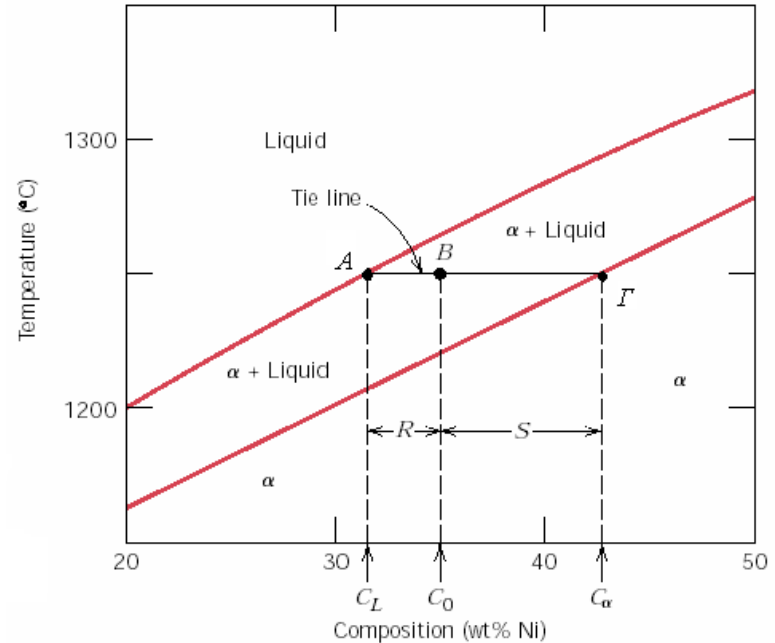
Σύσταση α: $C_α = \text{Cu} - 42,5\% \text{Ni}$



ΠΡΟΣΔΙΟΡΙΣΜΟΣ ΠΟΣΟΣΤΟΥ ΦΑΣΕΩΝ

Σε θερμοκρασία $T_0=1250^{\circ}\text{C}$ και σύσταση C_0 : Cu-35%Ni, έχουμε 2 φάσεις, **L+α**.

- Σύσταση **L**: $C_L = \text{Cu-31,5\%Ni}$
- Σύσταση **α**: $C_\alpha = \text{Cu-42,5\%Ni}$



Κανόνας του μοχλού: επειδή $C_\alpha m_\alpha + C_L m_L = C_0 m = C_0 (m_\alpha + m_L)$

- Ποσοστό w% του L: $W_L = (C_\alpha - C_0) / (C_\alpha - C_L)$
 $= (42,5 - 35) / (42,5 - 31,5) = 0,68$ ή 68%
- Ποσοστό w% του α: $W_\alpha = 1 - W_L = 0,32$ ή 32%



ΜΕΤΑΒΟΛΗ ΣΥΣΤΑΣΗΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΣΤΕΡΕΟΠΟΙΗΣΗ

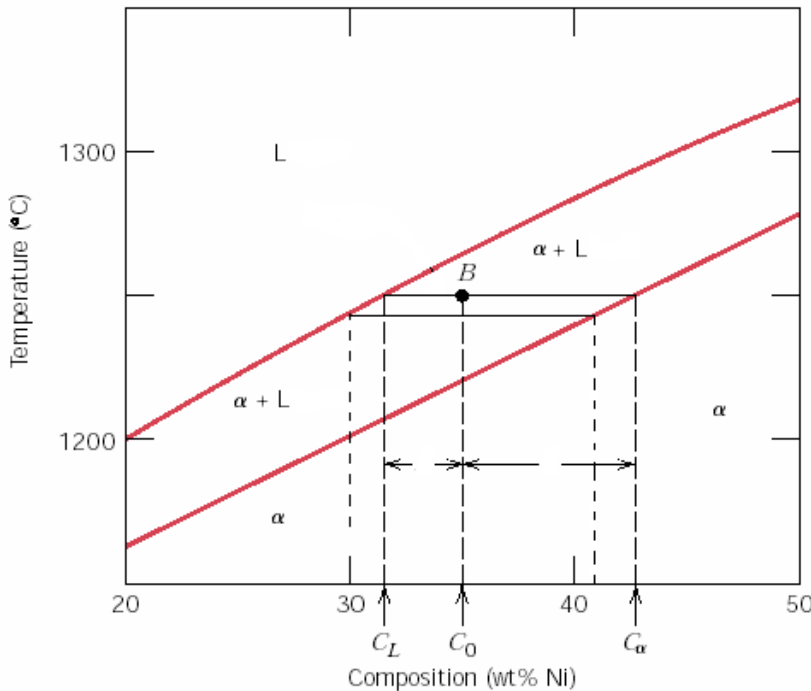
Στη διφασική περιοχή

Ποσοστό $w\%$ του L:

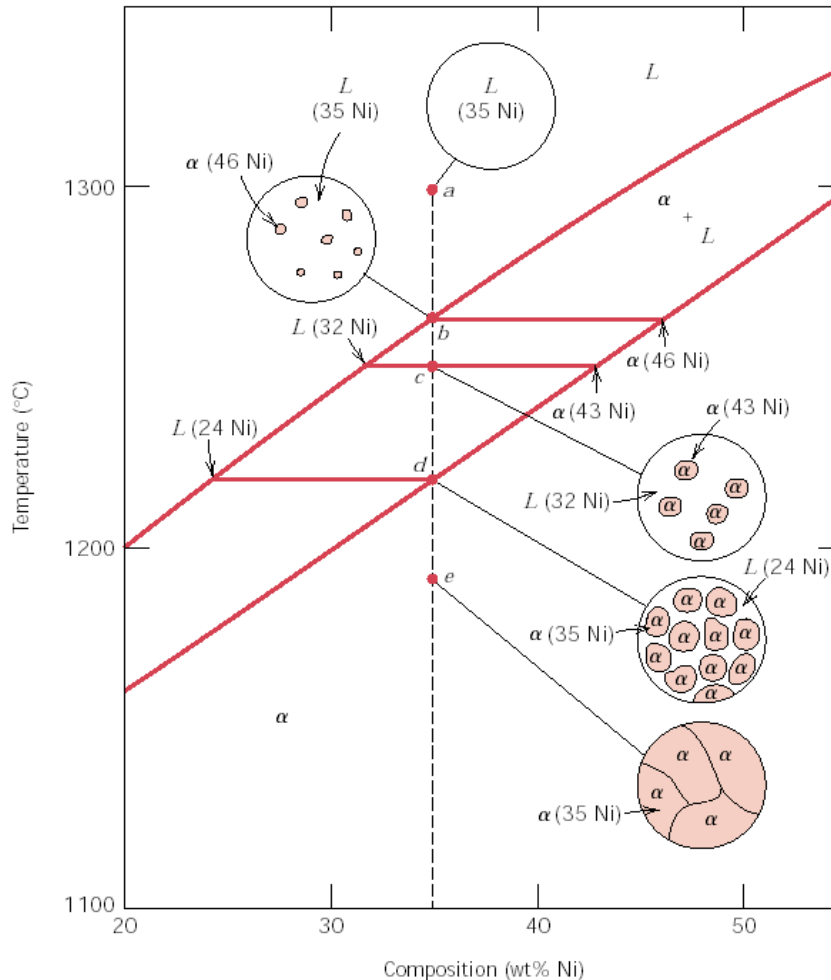
$$W_L = (C_\alpha - C_0) / (C_\alpha - C_L)$$

Όταν μειώνεται η θερμοκρασία (από liquidus σε solidus):

1. Αυξάνεται (\uparrow) το ποσοστό W_α της στερεάς φάσης α .
2. Μειώνεται (\downarrow) το ποσοστό W_L της υγρής φάσης L.
3. Η σύσταση για το σύνολο της στερεάς φάσης πλησιάζει την αναλογία του κράματος C_0 .



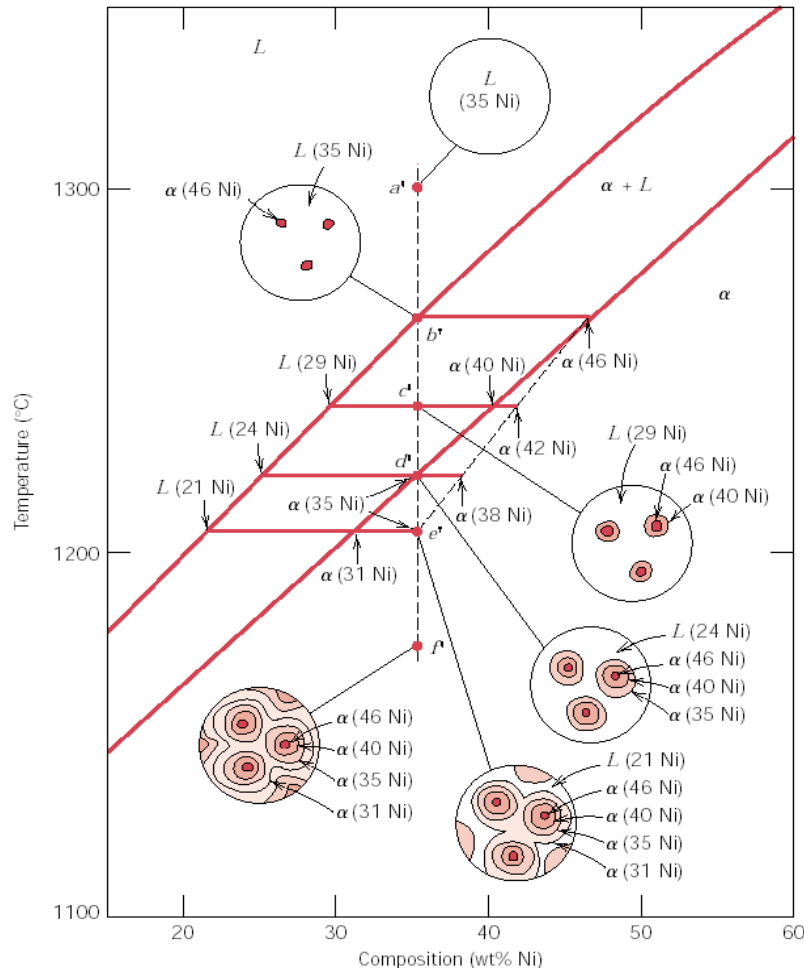
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΙΚΡΟΔΟΜΗΣ ΣΤΕΡΕΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ (1)



A. Με αργή ψύξη (επαρκής χρόνος για διάχυση), σχηματίζονται κόκκοι του στερεού διαλύματος με ομοιογενή σύσταση.



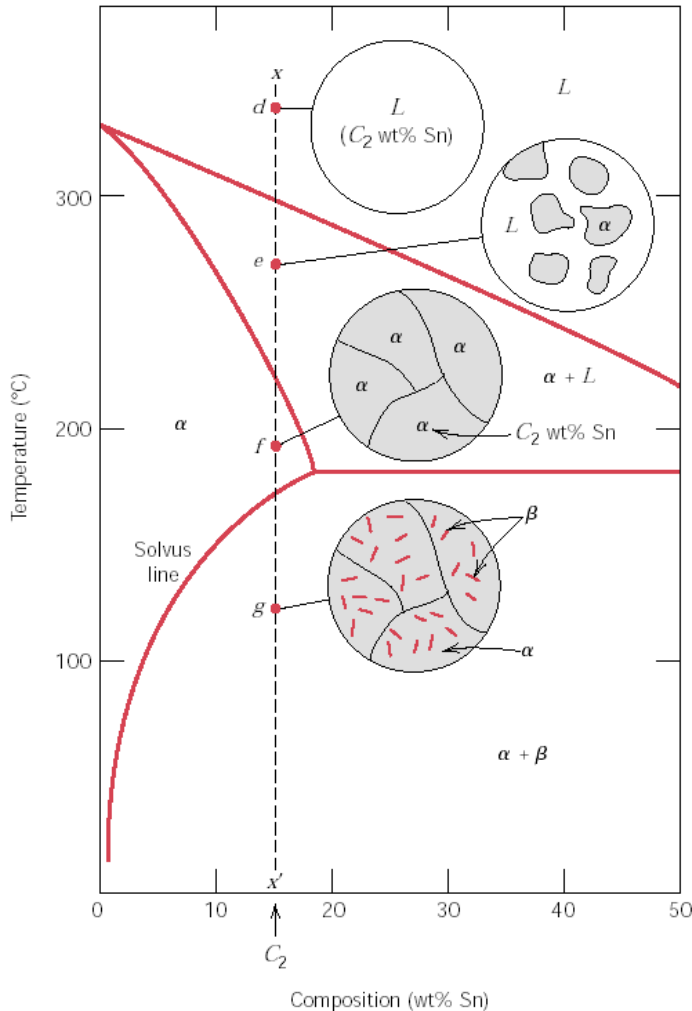
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΙΚΡΟΔΟΜΗΣ ΣΤΕΡΕΟΥ ΔΙΑΛΥΜΑΤΟΣ (2)



B. Με γρήγορη ψύξη σχηματίζονται κόκκοι του στερεού διαλύματος με ανομοιογενή σύσταση (μικροδομή “κρεμμυδιού”).



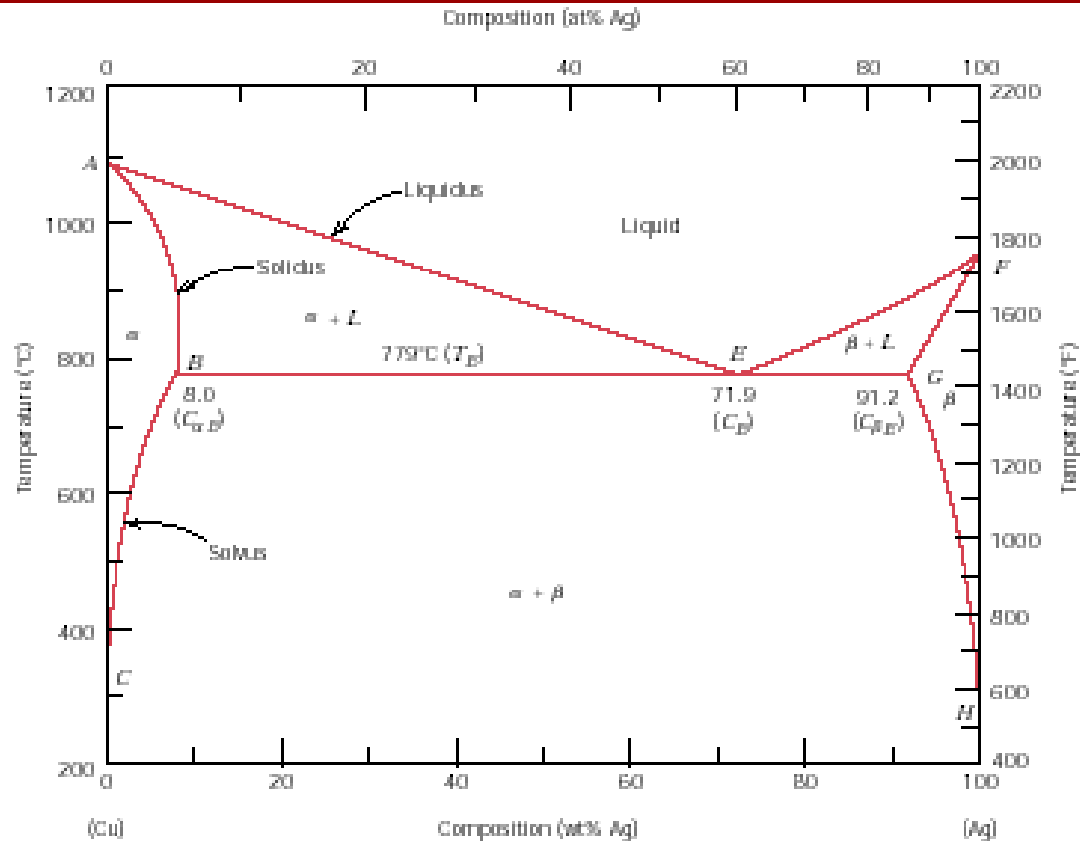
ΔΗΜΙΟΥΡΓΙΑ ΜΙΚΡΟΔΟΜΗΣ ΣΕ ΕΤΕΡΟΓΕΝΕΣ ΚΡΑΜΑ



Όταν μειώνεται η θερμοκρασία (από το f στο g), περνώντας τη γραμμή solvus, το στερεό διάλυμα α καθίσταται «υπέρκορο» και η φάση β «κατακρημνίζεται ως ίζημα» στους κόκκους της φάσης α , η οποία αλλάζει σύσταση.



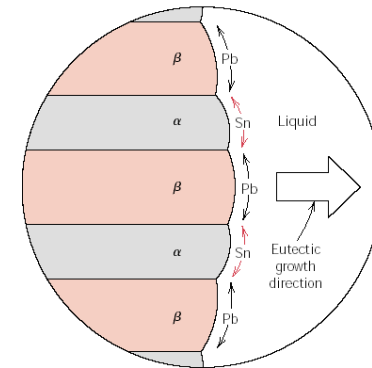
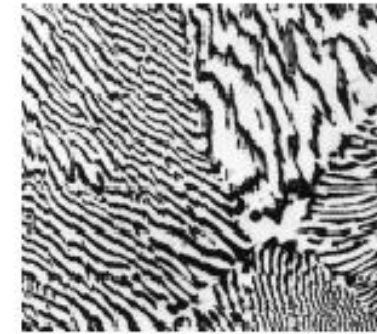
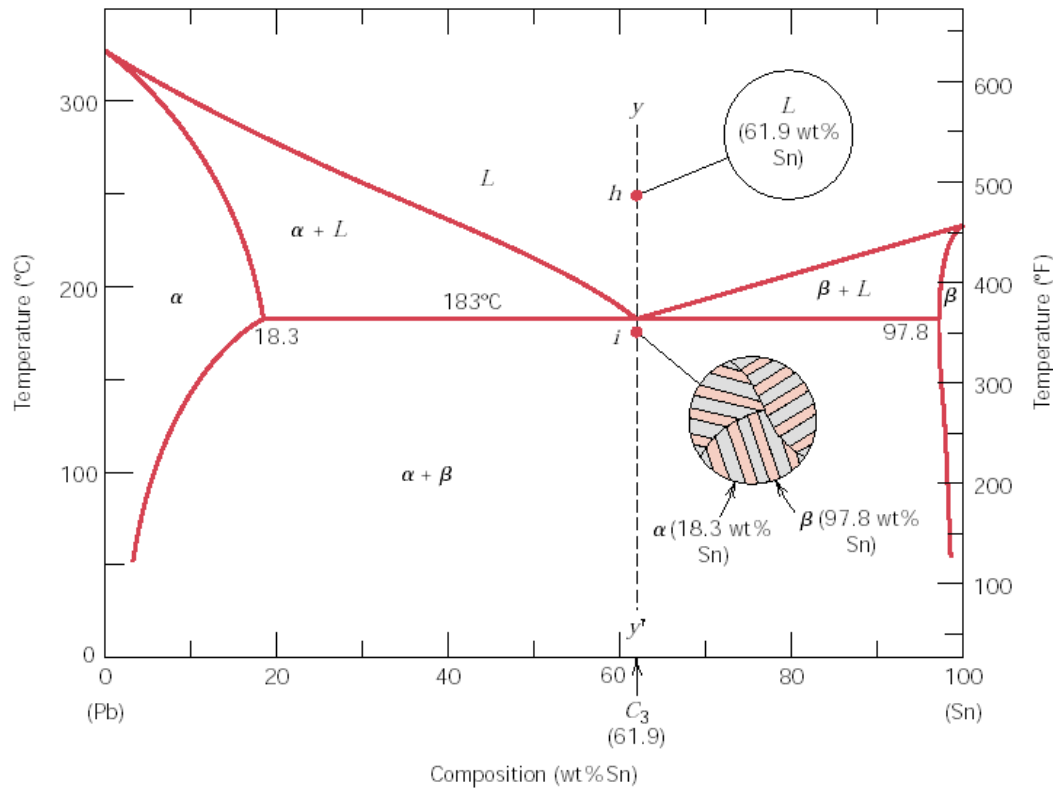
ΕΥΤΗΚΤΙΚΟ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΦΑΣΗΣ



→ Σε ορισμένη σύσταση (ευτηκτική) απευθείας μετασχηματισμός από υγρό σε στερεό.



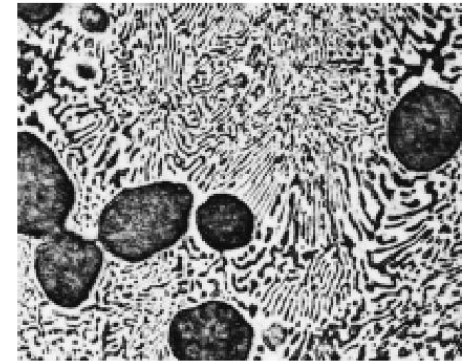
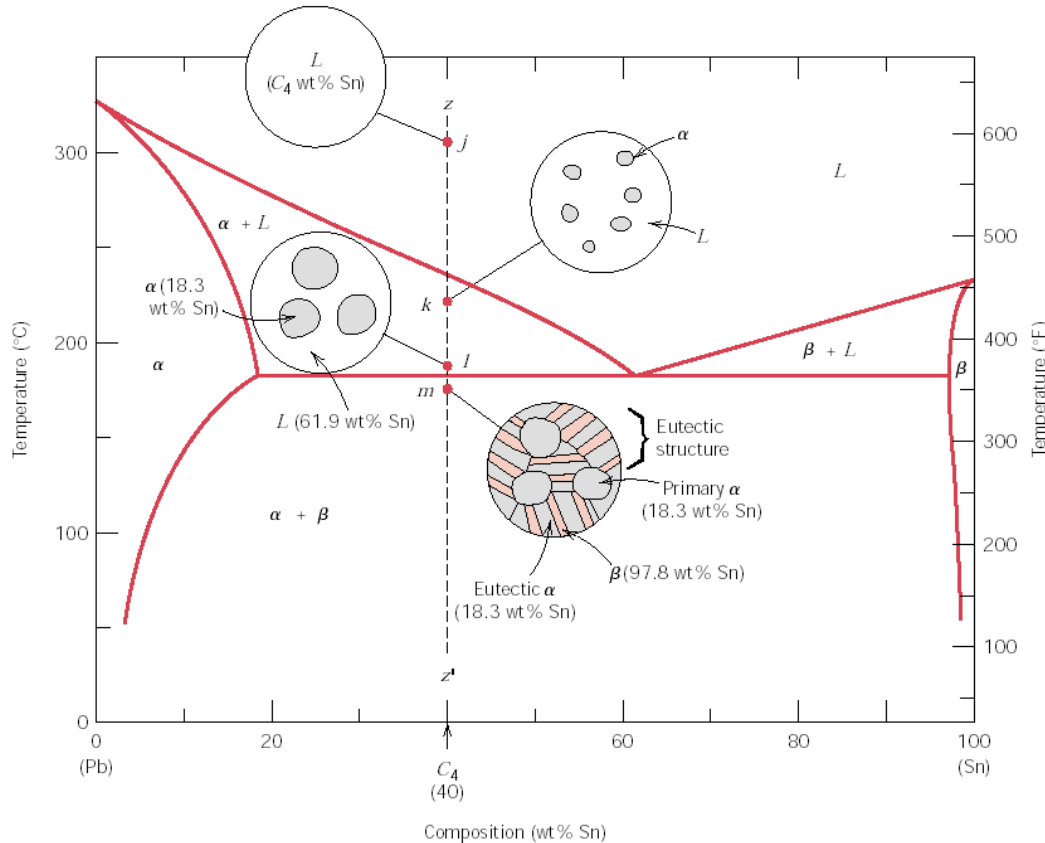
ΜΙΚΡΟΔΟΜΗ ΕΥΤΗΚΤΙΚΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ



Σχηματίζονται διαδοχικές λεπτές στρώσεις των δύο φάσεων (φυλλώδης δομή – lamellar).

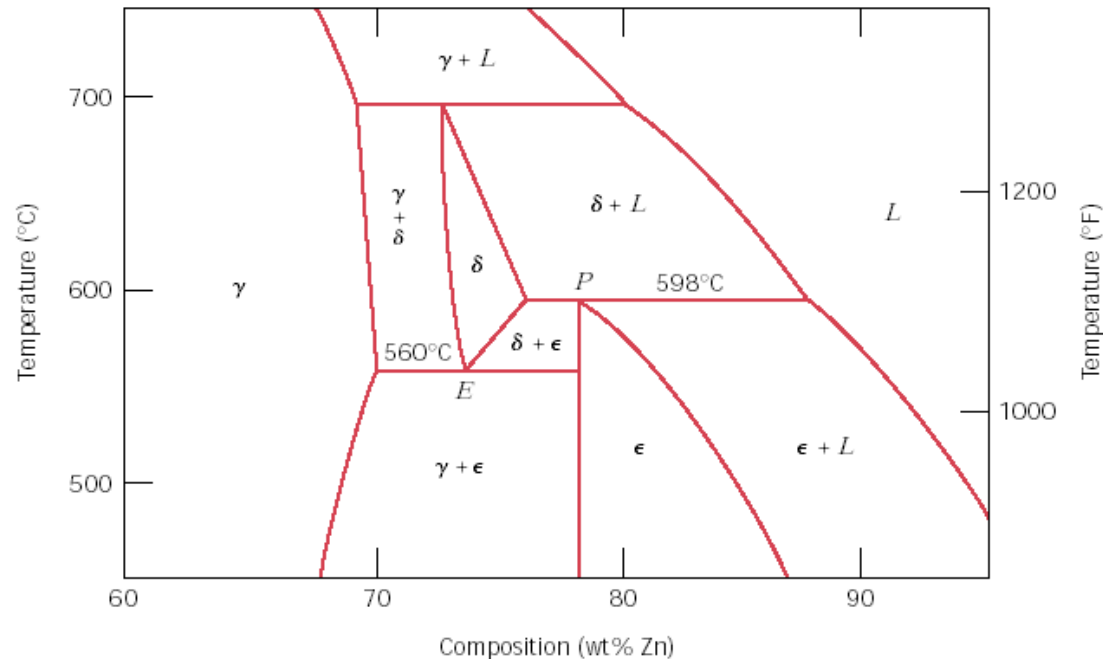


ΜΙΚΡΟΔΟΜΗ ΥΠΟ - ΕΥΤΗΚΤΙΚΗΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ



Σχηματίζονται κόκκοι της φάσης α και κόκκοι ευτηκτικής σύστασης και μικροδομής.

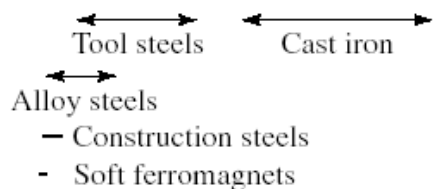
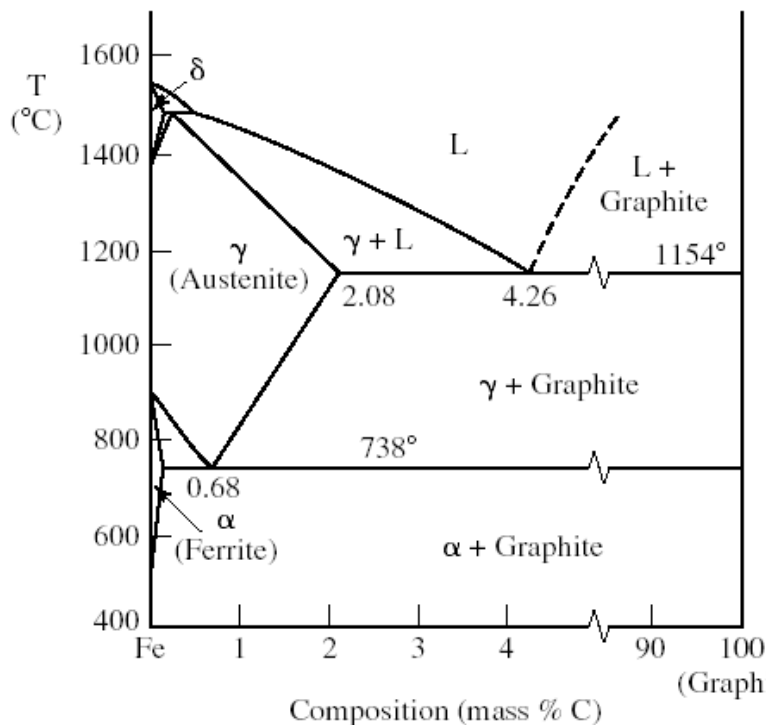
ΕΥΤΗΚΤΟΕΙΔΕΣ ΣΗΜΕΙΟ, ΠΕΡΙΤΗΚΤΙΚΟ ΣΗΜΕΙΟ



- Ευτηκτικό σημείο: $L \rightarrow (\psiύξη) \alpha + \beta$
- Ευτηκτοειδές σημείο: $\delta \rightarrow (\psiύξη) \gamma + \epsilon$
- Περιτηκτικό σημείο: $\delta + L \rightarrow (\psiύξη) \epsilon$



ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ Fe – C



- Φερίτης (α -Fe δομής bcc). Διαλύει ελάχιστο ενδόθετο C, (0,02%)
- Ωστενίτης (γ -Fe δομής fcc) Διαλύει ενδόθετο C έως 0,2%
- Σεμεντίτης (Καρβίδιο Fe_3C , μετασταθής ορθορομβική δομή, σκληρός & εύθραυστος)
- *Περλίτης: ευτηκτοειδής μικροδομή φερίτη-σεμεντίτη
- *δεν είναι φάση – είναι τύπος μικροδομής



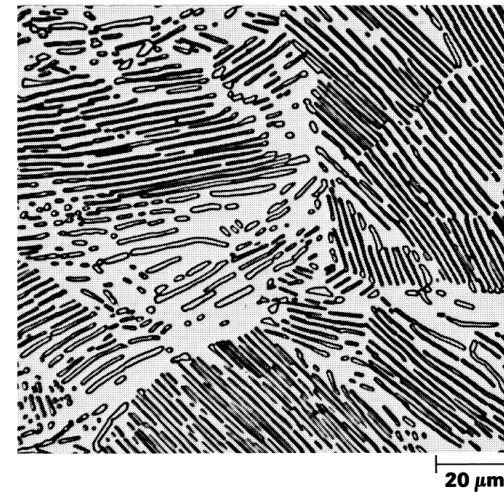
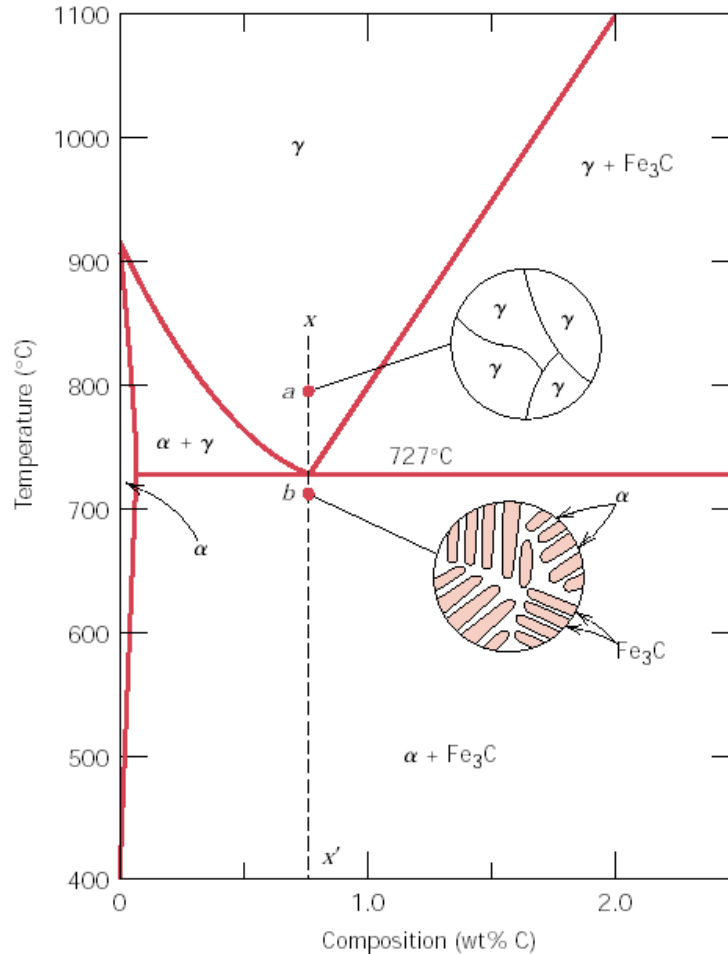
ΧΑΛΥΒΕΣ

- Κοινοί (ανθρακούχοι, μέχρι 2% C)
 - χαμηλής (<0.3% C),
 - μέσης (0.3–0.7% C)
 - υψηλής περιεκτικότητας (0.7–1.7% C)
 - Με C > 2% είναι χυτοσίδηροι (“cast iron”)
- Κραματωμένοι (με Mn, Cr, Ni, Cu, Co, V, Si, Mo) ελαφρά (<5%), υψηλά (>5%)
- Ανοξειδωτοι (Cr, Ni, >12%)
- “Ηλεκτρικοί” χάλυβες Si 0,3%



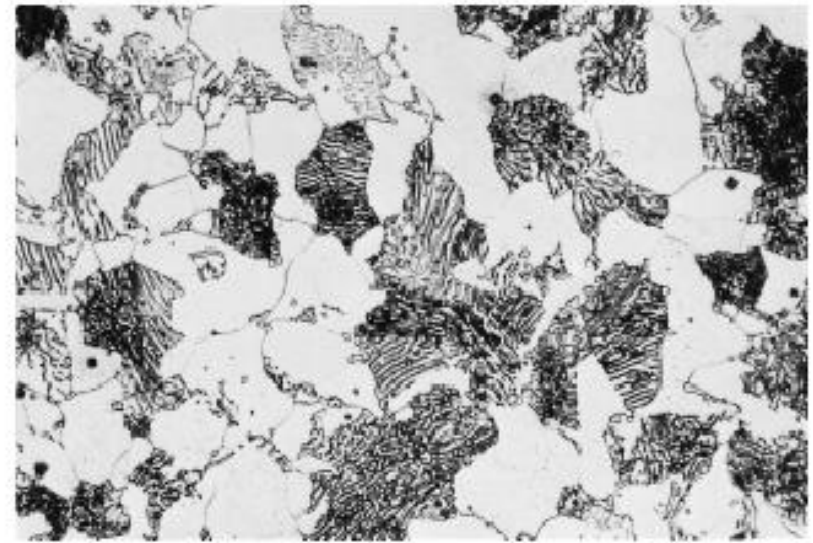
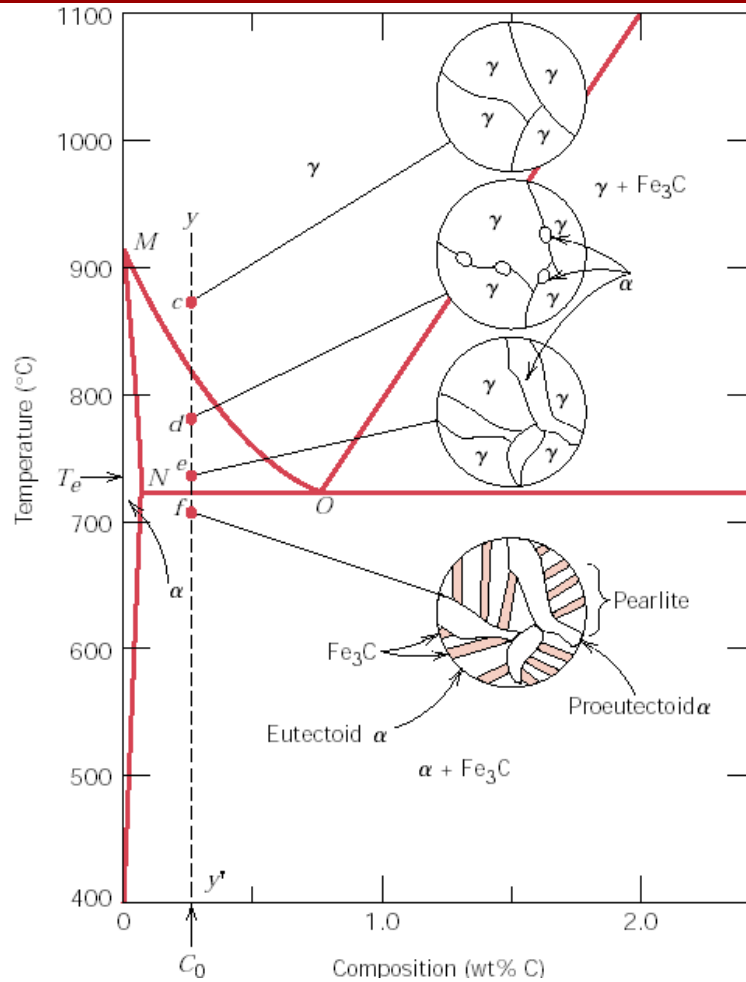
ΑΝΘΡΑΚΟΧΑΛΥΒΑΣ

ΕΥΤΗΚΤΟΕΙΔΟΥΣ ΣΥΣΤΑΣΗΣ (C = 0,77%)



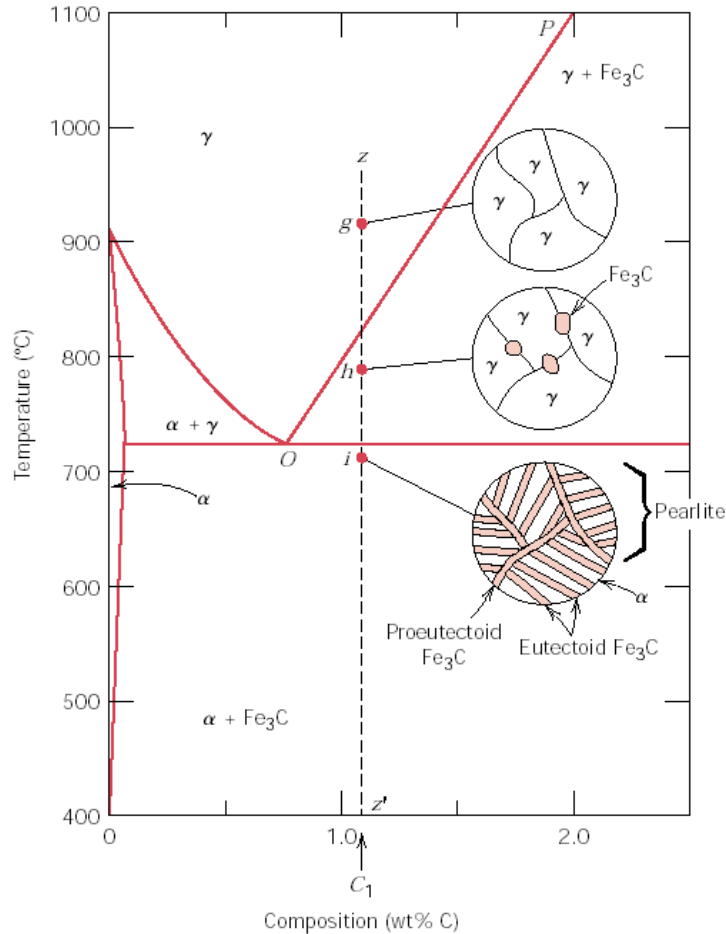
Μικροδομή περλίτη (φερίτης + σεμεντίτης).

ΥΠΟΕΥΤΗΚΤΟΕΙΔΗΣ ΑΝΘΡΑΚΟΧΑΛΥΒΑΣ (C < 0,77%)



Προευτηκτοειδής φερίτης + περλίτης.

ΥΠΕΡΕΥΤΗΚΤΟΕΙΔΗΣ ΑΝΘΡΑΚΟΧΑΛΥΒΑΣ ($C > 0,77\%$)



Προευτηκτοειδής σεμεντίτης + περλίτης.

ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΦΑΣΕΩΝ

Επίδραση:

- ✓ Σύστασης.
- ✓ Θερμοκρασίας.
- ✓ Ρυθμού μεταβολής.
- ✓ Διάρκειας.



ΠΕΡΛΙΤΗΣ

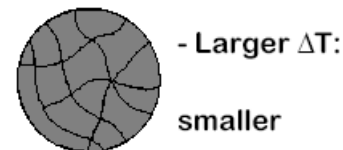
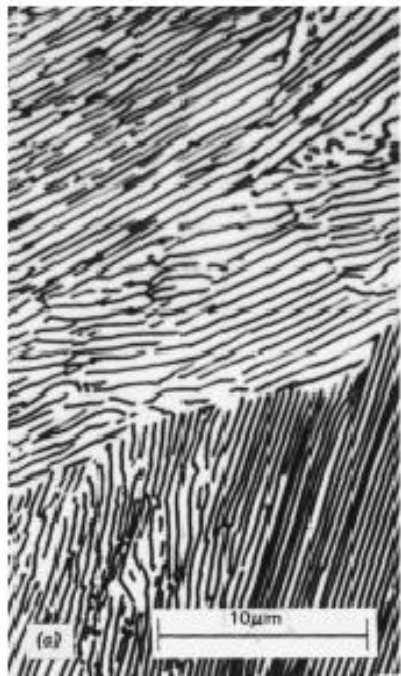


FIGURE 11.6 Photomicrographs of (a) coarse pearlite and (b) fine pearlite. 3000 \times . (From K. M. Ralls, et al., *An Introduction to Materials Science and Engineering*, p. 361. Copyright \copyright 1976 by John Wiley & Sons, New York. Reprinted by permission of John Wiley & Sons, Inc.)

- Χονδρόκοκκος, φυλλοειδής (κοντά στην ευτηκτική θερμοκρασία, ταχεία διάχυση)
- Λεπτόκοκκος ($T \sim 540$ $^{\circ}\text{C}$, αργή διάχυση)

ΜΠΕΝΙΤΗΣ

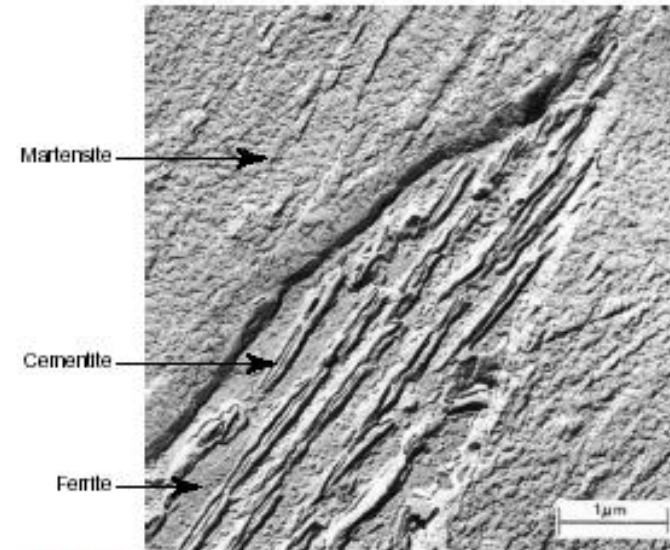
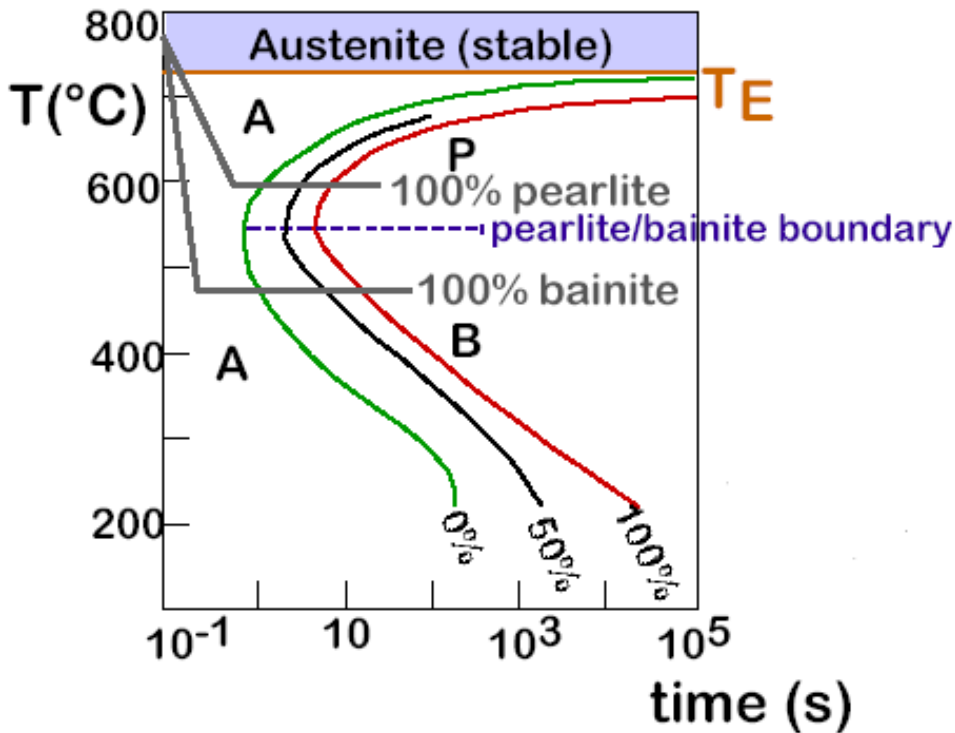
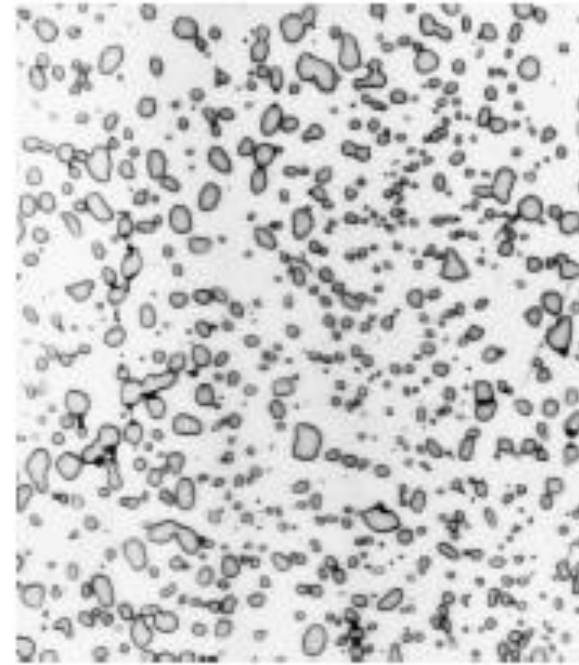
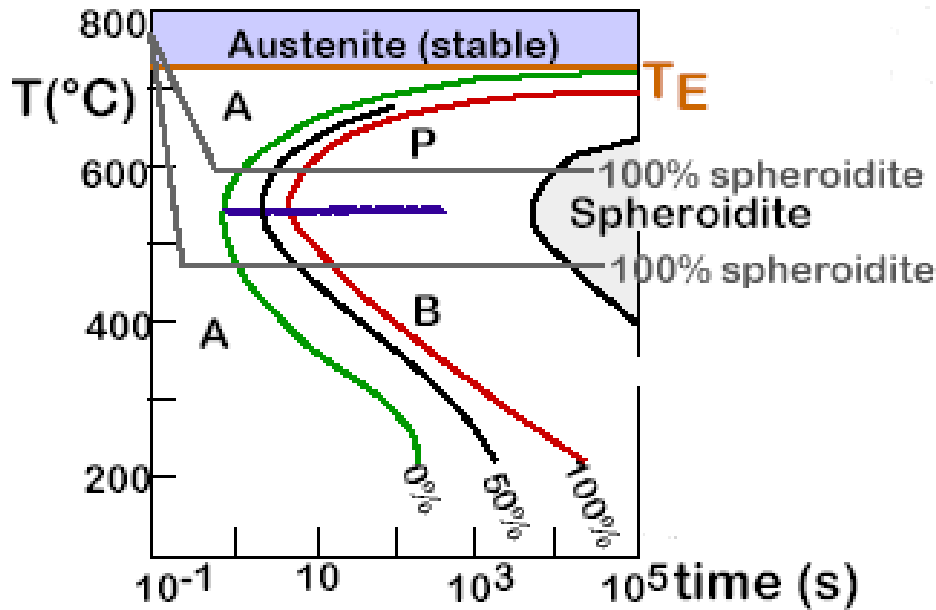


FIGURE 11.8 Replica transmission electron micrograph showing the structure of bainite. A grain of bainite passes from lower left to upper right-hand corners, which consists of elongated and needle-shaped particles of Fe_3C within a ferrite matrix. The phase surrounding the bainite is martensite. (Reproduced with permission from *Metals Handbook*, Vol. 8, 8th edition, *Metallography, Structures and Phase Diagrams*, American Society for Metals, Materials Park, OH, 1973.)

- Βελονοειδείς κόκκοι σεμεντίτη σε μήτρα φερίτη.
- Με ταχεία ψύξη σε θερμοκρασία $< 540 \text{ }^\circ\text{C}$.

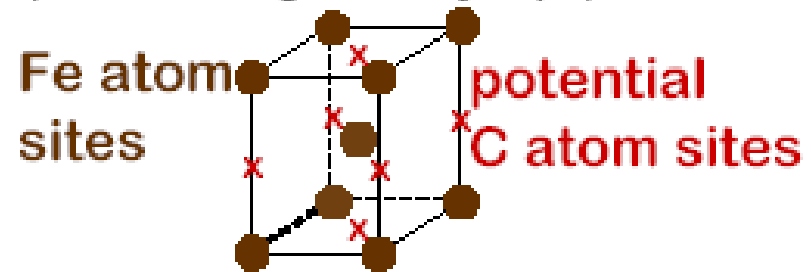
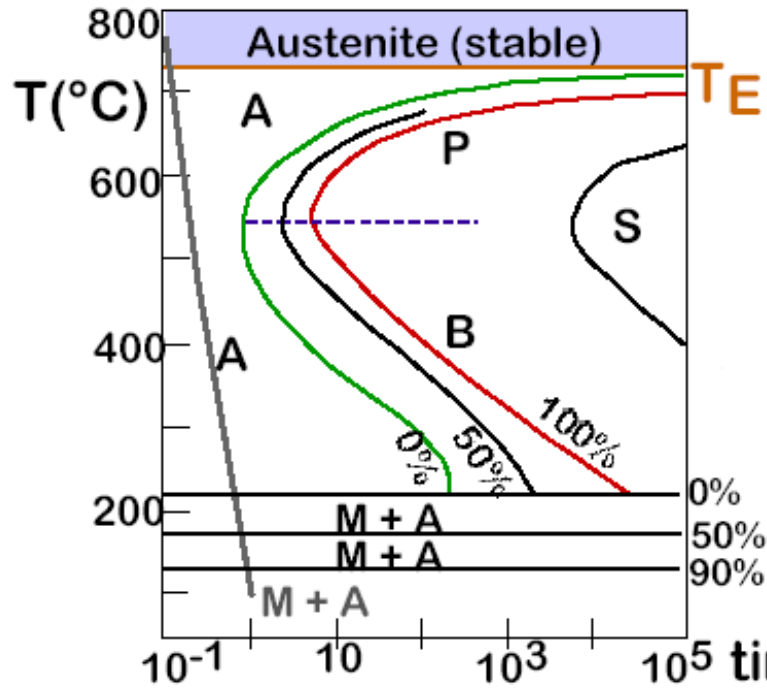
ΣΦΑΙΡΟΥΛΙΤΗΣ



- Σφαιροειδείς κόκκοι σεμεντίτη σε φερίτη.
- Μετατροπή μπενίτη ή περλίτη, μετά από μακρά θέρμανση (π.χ. 20h @ 700 °C).



ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΗΣ



- Δημιουργείται με απότομη ψύξη («βαφή»).
- Αλλαγή κρυσταλλικής δομής: από ωστενίτη (γ -Fe, fcc) \rightarrow σε bct τετραγωνικό, χωρίς διάχυση C.
- Η τετραγωνική δομή διαλύει περισσότερο C.
- Αύξηση όγκου (για $C > 0,5\%$) \rightarrow εσωτερικές τάσεις \rightarrow ρωγμές.
- Με ανόπτηση σχηματίζεται φερίτης+σεμεντίτης (βελτίωση ολκιμότητας).

ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΧΑΛΥΒΩΝ

- Σεμεντίτης: πιο σκληρός, πιο ψαθυρός.
- Λεπτότερος περλίτης: πιο σκληρός, λιγότερο όλκιμος.
- Σφαιρουλίτης: πιο μαλακός, πιο όλκιμος.
- Μπενίτης: πιο λεπτόκοκκος από περλίτη.
- Μαρτενσίτης: πιο σκληρός, πιο ανθεκτικός.



ΤΥΠΟΠΟΙΗΣΗ

- **AISI / SAE** (American Iron & Steel Institute / Society of Automotive Engineers)
- **UNS** (Unified Numbering System)
- **ASME** (American Society of Mechanical Engineers)
- **ASTM**
- **EN**
- **DIN**
- **JIS** (Japanese Industrial Standards Committee)



ΕΦΑΡΜΟΓΕΣ

- Κοινοί χάλυβες (Low carbon)
 - πλαίσια οχημάτων, αγωγοί, βυτία, γέφυρες, κτίρια
 - Απλοί 10xx / G10xx0
(1010-1020 με 0,10-0,20% C και 0,45% Mn)
 - 1040 / G61040 (με κραματωση για δομική αντοχή)
- Κραματωμένοι χάλυβες
 - S316 ωστενιτικός (C 0,08 – Mn 0,02 – Si 1,00 – Cr 16-18, Ni 10-14, Mo 2-3)
 - για κατασκευές με συγκολλήσεις
 - S410 μαρτενσιτικός χωρίς Ni
 - μαχαίρια, κάνες
 - S440
 - ρουλεμάν, χειρουργικά εργαλεία



ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΣ

- Για $C > 2\%$, με Si έως 3% για έλεγχο της κινητικής.
- Με αργή ψύξη κατακρημνίζεται γραφίτης (C).
- Χαμηλό σημείο τήξης ($< 1200^\circ\text{C}$), μορφοποιείται με χύτευση (ανομοιογενής μικροδομή, πορώδες).
- Λευκός (με σεμεντίτη, Fe_3C) σκληρός και ψαθυρός, με θέρμανση δίνει «όλκιμο».
- Γκρίζος (με γραφίτη) – «μαντέμι», με Mg γίνεται «ελατός».



ΧΑΛΚΟΣ

- Δομή **fcc**, μαλακός και όλκιμος.
- Αντίσταση σε διάβρωση.
- Υψηλή ηλεκτρική αγωγιμότητα.
- Παράγεται κυρίως ως «ηλεκτρολυτικός» (99,5% + Cu_2O).

<http://www.copperinfo.co.uk/alloys/homepage.shtml>



ΟΡΕΙΧΑΛΚΟΙ

- Κράματα με χαλκού με ψευδάργυρο (Zn).
- Στην περιοχή 55-62% Cu συνδυάζουν την ευπλαστικότητα της φάσης α με τη σκληρότητα της β .



ΜΠΡΟΥΝΤΖΟΙ

- Κράματα με χαλκού με κασσίτερο (Sn) και άλλα στοιχεία όπως P, Zn, Si, AL.
- Ισχυρότεροι, ανθεκτικότεροι σε διάβρωση.



ΑΛΟΥΜΙΝΙΟ ΚΑΙ ΚΡΑΜΑΤΑ

- Χαμηλή πυκνότητα, υψηλή αγωγιμότητα και αντίσταση σε διάβρωση (επιφανειακό στρώμα οξειδίου).
- Χαμηλό σημείο τήξης και μηχανική αντοχή (βελτίωση με κραμάτωση Cu, Mn, Si, Mg, Zn, Ti, Li κ.α.).
- Θερμικές κατεργασίες.
- Al – 4%Cu – 0,5%Mg ντουραλουμίνιο (*Duralumin*).



ΜΑΓΝΗΣΙΟ

- Πυκνότητα $1,74 \text{ g/cm}^3$.
- Χαμηλό σημείο τήξης.
- Εύθραυστο (δομή **hcp**).



TITANIO

- Πυκνότητα $4,5 \text{ g/cm}^3$.
- Υψηλό σημείο τήξης.
- Ισχυρές μηχανικές ιδιότητες, αντοχή στη διάβρωση → εφαρμογές στην ιατρική.



ΠΥΡΙΜΑΧΑ

- Ισχυροί δεσμοί → υψηλό σημείο τήξης .
- Αντιδρούν με το οξυγόνο.
- Mo – μολυβδαίνιο.
- Nb – νιόβιο.
- Rh – ρόδιο.
- Ta – ταντάλιο .
- W – βολφράμιο (σημείο τήξης 3410 °C).



Σημείωμα Αναφοράς

Copyright Αριστοτέλειο Πανεπιστήμιο Θεσσαλονίκης, Λιτσαρδάκης Γεώργιος.
«Ηλεκτρολογικά Υλικά. Μέταλλα και Κράματα». Έκδοση: 1.0. Θεσσαλονίκη
2014. Διαθέσιμο από τη δικτυακή διεύθυνση:
<https://opencourses.auth.gr/courses/OCRS492/>.



Σημείωμα Αδειοδότησης

Το παρόν υλικό διατίθεται με τους όρους της άδειας χρήσης Creative Commons Αναφορά - Παρόμοια Διανομή [1] ή μεταγενέστερη, Διεθνής Έκδοση. Εξαιρούνται τα αυτοτελή έργα τρίτων π.χ. φωτογραφίες, διαγράμματα κ.λ.π., τα οποία εμπεριέχονται σε αυτό και τα οποία αναφέρονται μαζί με τους όρους χρήσης τους στο «Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων».



Ο δικαιούχος μπορεί να παρέχει στον αδειοδόχο ξεχωριστή άδεια να χρησιμοποιεί το έργο για εμπορική χρήση, εφόσον αυτό του ζητηθεί.

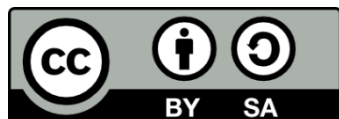
[1] <http://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>





Τέλος ενότητας

Επεξεργασία: Τονοζλής Γεώργιος
Θεσσαλονίκη, 03/06/2015



Ευρωπαϊκή Ένωση
Ευρωπαϊκό Κοινωνικό Ταμείο



ΥΠΟΥΡΓΕΙΟ ΠΑΙΔΕΙΑΣ ΚΑΙ ΘΡΗΣΚΕΥΜΑΤΩΝ
ΕΙΔΙΚΗ ΥΠΗΡΕΣΙΑ ΔΙΑΧΕΙΡΙΣΗΣ

Με τη συγχρηματοδότηση της Ελλάδας και της Ευρωπαϊκής Ένωσης



ΕΥΡΩΠΑΪΚΟ ΚΟΙΝΩΝΙΚΟ ΤΑΜΕΙΟ



ΑΡΙΣΤΟΤΕΛΕΙΟ
ΠΑΝΕΠΙΣΤΗΜΙΟ
ΘΕΣΣΑΛΟΝΙΚΗΣ

Σημειώματα

Διατήρηση Σημειωμάτων

Οποιαδήποτε αναπαραγωγή ή διασκευή του υλικού θα πρέπει να συμπεριλαμβάνει:

- το Σημείωμα Αναφοράς
- το Σημείωμα Αδειοδότησης
- τη δήλωση Διατήρησης Σημειωμάτων
- το Σημείωμα Χρήσης Έργων Τρίτων (εφόσον υπάρχει)

μαζί με τους συνοδευόμενους υπερσυνδέσμους.

