

ΠΕΡΙΕΧΟΜΕΝΑ

Σελίδα

ΜΕΡΟΣ Α – ΔΙΜΕΡΗ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ

| | | |
|-----------|---|----|
| 1. | ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ | |
| 1.1 | ΕΙΣΑΓΩΓΗ | 3 |
| 1.1.1 | Βασικές έννοιες στα κράματα | 3 |
| 1.1.2 | Τεχνικές κραμάτωσης | 5 |
| 1.2 | ΦΑΣΗ | 7 |
| 1.3 | ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΕΝΟΣ ΚΡΑΜΑΤΟΣ | 8 |
| 1.4 | ΚΑΤΑΣΤΑΣΗ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ | 10 |
| 1.5 | ΜΕΤΑΒΛΗΤΕΣ ΚΑΤΑΣΤΑΣΗΣ | 11 |
| 1.6 | ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ | 12 |
| 1.7 | ΜΟΝΟΜΕΡΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ | 14 |
| 1.8 | ΔΙΜΕΡΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ | 17 |
| 1.9 | ΠΟΣΟΣΤΟ ΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΜΕΡΗ ΚΡΑΜΑΤΑ | 23 |
| 1.10 | ΚΑΝΟΝΑΣ ΤΟΥ GIBBS (ΚΑΝΟΝΑΣ ΤΩΝ ΦΑΣΕΩΝ) | 25 |
| 1.11 | ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ | 27 |
| 1.12 | ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΕΙΣ | 28 |
| <hr/> | | |
| 2. | ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΗΣ ΙΣΟΜΟΡΦΩΝ ΔΙΜΕΡΩΝ ΣΥΣΤΗΜΑΤΩΝ | |
| 2.1 | Διάγραμμα Cu-Ni | 33 |
| 2.2 | Σκλήρυνση με σχηματισμό στερεού διαλύματος λόγω αντικατάστασης | 39 |
| 2.3 | Πορεία στερεοποίησης σε ισόμορφο σύστημα | 42 |
| 2.4 | ΑΣΚΗΣΕΙΣ | 46 |
| <hr/> | | |
| 3. | ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΦΑΣΕΩΝ ΕΥΤΗΚΤΙΚΟΥ ΣΗΜΕΙΟΥ ΣΕ ΔΙΜΕΡΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ | |
| 3.1. | ΔΙΜΕΡΕΣ ΚΡΑΜΑ Cu-Ag | 51 |
| 3.2. | ΜΙΚΡΟΔΟΜΕΣ ΣΤΑ ΕΥΤΗΚΤΙΚΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ | 53 |

| | | |
|-------|--|-----|
| 3.2.1 | Κράμα ευτηκτικής σύστασης | 54 |
| 3.2.2 | Μηχανισμός σχηματισμού ευτηκτικής δομής | 57 |
| 3.2.3 | Κράματα που στη θερμοκρασία περιβάλλοντος αποτελούνται από μία φάση. | 59 |
| 3.2.4 | Στερεά διαλύματα με ενίσχυση διασποράς | 60 |
| 3.2.5 | Υποευτηκτικά κράματα | 65 |
| 3.2.6 | Υπερευτηκτικά κράματα | 70 |
| 3.3 | ΑΝΤΟΧΗ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΖΟΥΝ ΕΥΤΗΚΤΙΚΗ ΔΟΜΗ | 72 |
| 3.3.1 | Ενίσχυση κραμάτων με διασπορά δεύτερης φάσης | 72 |
| 3.4 | ΚΑΜΠΥΛΕΣ ΨΥΞΗΣ ΚΡΑΜΑΤΩΝ ΠΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΖΟΥΝ ΕΥΤΗΚΤΙΚΗ ΔΟΜΗ | 79 |
| 3.5 | ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ | 82 |
| 3.6 | ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΕΙΣ | 91 |
| <hr/> | | |
| 4. | ΑΛΛΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ | |
| 4.1 | ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΙΣ ΤΡΙΩΝ ΦΑΣΕΩΝ | 97 |
| 4.2 | ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ ΜΕ ΠΕΡΙΤΗΚΤΙΚΟ ΣΗΜΕΙΟ | 99 |
| 4.3 | ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ ΜΕ ΜΟΝΟΤΗΚΤΙΚΟ ΣΗΜΕΙΟ | 101 |
| 4.4 | ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ ΜΕ ΕΥΤΗΚΤΟΕΙΔΕΣ ΣΗΜΕΙΟ | 102 |
| 4.5 | ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ ΜΕ ΠΕΡΙΤΗΚΤΟΕΙΔΕΣ ΣΗΜΕΙΟ | 103 |
| 4.6 | ΠΟΛΥΠΛΟΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΔΙΜΕΡΗ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ | 104 |
| 4.7 | ΜΕΘΟΔΟΛΟΓΙΑ ΕΥΡΕΣΗΣ ΑΝΤΙΔΡΑΣΕΩΝ ΤΡΙΩΝ ΦΑΣΕΩΝ ΣΕ ΠΟΛΥΠΛΟΚΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ | 112 |
| 4.8 | ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΦΑΣΕΩΝ | 117 |
| 4.9 | ΑΣΚΗΣΕΙΣ | 119 |
| <hr/> | | |

| | | |
|-----------|--|----------|
| 5. | ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΙΣΟΡΡΟΠΙΑΣ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ Fe-C | |
| 5.1. | ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΦΑΣΕΩΝ ΤΟΥ Fe-Fe ₃ C |123 |
| 5.2 | ΑΝΑΠΤΥΞΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΔΟΜΩΝ ΠΟΥ ΣΧΗΜΑΤΙΖΟΝΤΑΙ ΣΤΑ ΚΡΑΜΑΤΑ Fe-C ΚΑΤΑ ΤΗ ΒΡΑΔΕΙΑ ΑΠΟΨΥΞΗ |127 |
| 5.2.1 | Ευτηκτοειδής χάλυβας |127 |
| 5.2.2 | Υποευτηκτοειδής χάλυβας |131 |
| 5.2.3 | Υπερευτηκτοειδής χάλυβας |138 |
| 5.3 | ΔΙΑΦΟΡΕΣ ΕΥΤΗΚΤΙΚΟΥ ΚΑΙ ΕΥΤΗΚΤΟΕΙΔΟΥΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ |145 |
| 5.4 | ΟΙ ΧΑΛΥΒΕΣ ΓΕΝΙΚΑ |145 |
| 5.4.1 | Ιδιότητες και εφαρμογές |145 |
| 5.4.2 | Ο ρόλος των κραματικών στοιχείων στους χάλυβες |150 |
| 5.5 | ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ |152 |
| 5.6 | ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ |157 |
| 5.7 | ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΕΙΣ |166 |

ΜΕΡΟΣ Β – ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΦΑΣΕΩΝ ΣΤΟΥΣ ΧΑΛΥΒΕΣ

| | | |
|-----------|--|----------|
| 6. | ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΟΥΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥΣ ΦΑΣΕΩΝ | |
| 6.1 | ΕΙΔΗ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΦΑΣΕΩΝ |171 |
| 6.1.1 | Μετασχηματισμοί με απλή διάχυση |171 |
| 6.1.2 | Μετασχηματισμοί με διάχυση |172 |
| 6.1.3 | Μετασχηματισμοί χωρίς διάχυση |172 |
| 6.2 | ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΦΑΣΕΩΝ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΣ |173 |
| 6.2.1 | Μετασχηματισμοί με διάχυση |173 |
| 6.2.2 | Μετασχηματισμοί χωρίς διάχυση |180 |
| 6.3 | ΣΤΑΔΙΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΩΝ ΜΕ ΔΙΑΧΥΣΗ – ΤΑΧΥΤΗΤΑ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ |181 |
| 6.3.1 | Το στάδιο της πυρηνοποίησης |182 |
| 6.3.2 | Το στάδιο της ανάπτυξης |190 |

| | | |
|-----------|--|----------|
| 7. | ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΣΟΘΕΡΜΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ή ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΤΤ | |
| 7.1 | ΟΙ ΚΥΡΙΕΣ ΠΑΡΑΜΕΤΡΟΙ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΦΑΣΕΩΝ ΜΕ ΔΙΑΧΥΣΗ ΚΑΤΑ ΤΙΣ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ |195 |
| 7.2 | ΕΙΣΑΓΩΓΗ ΣΤΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΣΟΘΕΡΜΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ (ΤΤΤ) |197 |
| 7.3 | ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΜΕ ΔΙΑΧΥΣΗ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ Fe-C |199 |
| 7.3.1 | Μία πρώτη ματιά σε διάγραμμα ΤΤΤ |199 |
| 7.3.1.1 | Μηχανισμός διάχυσης στο σύστημα Fe-C |199 |
| 7.3.1.2 | Διάγραμμα ΤΤΤ στο σύστημα Fe-C |200 |
| 7.4 | ΤΑΧΥΤΗΤΕΣ ΑΠΟΨΥΞΗΣ |205 |
| 7.5 | ΠΕΙΡΑΜΑΤΑ ΙΣΟΘΕΡΜΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ |207 |
| 7.6 | ΠΩΣ ΠΡΟΚΥΠΤΕΙ ΕΝΑ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΙΣΟΘΕΡΜΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ; |209 |

| | | |
|-----------|--|----------|
| 8. | ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΜΕ ΔΙΑΧΥΣΗ ΣΤΟΥΣ ΧΑΛΥΒΕΣ | |
| 8.1 | Ο ΠΕΡΛΙΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ |213 |
| 8.1.1 | Μηχανισμός περλιτικού μετασχηματισμού |217 |
| 8.1.2 | Επίδραση της θερμοκρασίας στη μικροδομή και στις μηχανικές ιδιότητες του περλίτη |218 |
| 8.1.3 | Επίδραση του κοκκομετρικού μεγέθους του ωστενίτη στη μικροδομή του περλίτη |220 |
| 8.2 | Ο ΜΠΑΙΝΙΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ |221 |
| 8.2.1 | Χρόνος μετασχηματισμού σε σχέση με τη θερμοκρασία |226 |
| 8.2.2 | Επίδραση της θερμοκρασίας στη μικροδομή και στις μηχανικές ιδιότητες του μπαινίτη |228 |
| 8.2.2.1 | Μορφολογία ανώτερου μπαινίτη |229 |

| | | |
|------------|---|----------|
| 8.2.2.2 | Μορφολογία κατώτερου μπαινίτη |230 |
| 8.2.2.3 | Θερμοκρασία μετασχηματισμού και αντοχή μικροδομών |231 |
| <hr/> | | |
| 9. | ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΙ ΧΩΡΙΣ ΔΙΑΧΥΣΗ – Ο ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ | |
| 9.1 | ΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΗ ΚΑΙ ΔΙΑΓΡΑΜΜΑ ΤΤΤ |235 |
| 9.2 | ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΙΚΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΣΤΟ ΧΑΛΥΒΑ |241 |
| 9.3 | ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΗ ΛΟΓΩ ΤΗΣ ΚΡΥΣΤΑΛΛΙΚΗΣ ΔΟΜΗΣ ΤΟΥ |244 |
| 9.4 | Η ΜΙΚΡΟΔΟΜΗ ΤΟΥ ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΗ |246 |
| 9.5 | ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΙ ΕΝΙΣΧΥΣΗΣ ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΗ ΛΟΓΩ ΜΙΚΡΟΔΟΜΗΣ |256 |
| 9.6 | ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΙΚΟΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΣ ΣΕ ΑΛΛΑ ΣΥΣΤΗΜΑΤΑ |257 |
| 9.6.1 | Γενικά χαρακτηριστικά μαρτενσιτικών μετασχηματισμών |257 |
| 9.6.2 | Συστήματα που παρουσιάζουν μαρτενσιτικούς μετασχηματισμούς |261 |
| 9.6.3 | Το φαινόμενο της μνήμης σχήματος |266 |
| <hr/> | | |
| 10. | ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΗ | |
| 10.1 | ΣΚΟΠΟΣ ΚΑΙ ΔΙΑΔΙΚΑΣΙΑ |269 |
| 10.2 | ΜΗΧΑΝΙΣΜΟΣ ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΙΚΗΣ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ |271 |
| 10.3 | ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΗ ΑΠΟ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ |278 |
| 10.4 | ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΘΕΡΜΟΚΡΑΣΙΑΣ ΚΑΙ ΧΡΟΝΟΥ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑΣ ΣΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ ΤΟΥ ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΗ ΑΠΟ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ |281 |
| 10.5 | ΥΠΟΛΕΙΠΟΜΕΝΟΣ Ή ΠΑΡΑΜΕΝΩΝ ΩΣΤΕΝΙΤΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ |283 |
| 10.6 | Η ΒΙΟΜΗΧΑΝΙΚΗ ΑΞΙΑ ΤΗΣ ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΙΚΗΣ ΒΑΦΗΣ ΚΑΙ ΕΠΑΝΑΦΟΡΑ |287 |
| <hr/> | | |

| | | |
|------------|--|----------|
| 11. | ΚΛΙΜΑΚΩΤΕΣ ΒΑΦΕΣ | |
| 11.1 | ΕΣΩΤΕΡΙΚΕΣ ΤΑΣΕΙΣ ΚΑΤΑ ΤΗ ΒΑΦΗ |289 |
| 11.1.1 | Θερμικές τάσεις κατά τη μαρτενσιτική βαφή |291 |
| 11.1.2 | Τάσεις μετασχηματισμού κατά τη μαρτενσιτική βαφή |293 |
| 11.2 | ΚΛΙΜΑΚΩΤΗ ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΙΚΗ ΒΑΦΗ |293 |
| 11.3 | ΚΛΙΜΑΚΩΤΗ ΜΠΑΙΝΙΤΙΚΗ ΒΑΦΗ |294 |
| <hr/> | | |
| 12. | ΟΙ ΜΙΚΡΟΔΟΜΕΣ ΣΤΟΥΣ ΧΑΛΥΒΕΣ ΚΑΙ ΟΙ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ | |
| 12.1 | Η ΜΙΚΡΟΔΟΜΗ ΤΟΥ ΣΦΑΙΡΟΪΔΙΤΗ |299 |
| 12.2 | ΠΑΡΑΓΟΝΤΕΣ ΣΤΟΥΣ ΟΠΟΙΟΥΣ ΟΦΕΙΛΕΤΑΙ Η ΑΝΤΟΧΗ ΤΩΝ ΜΙΚΡΟΔΟΜΩΝ ΣΤΟ ΣΥΣΤΗΜΑ FE-C |300 |
| 12.3 | ΣΥΓΚΡΙΣΗ ΜΙΚΡΟΔΟΜΩΝ ΩΣ ΠΡΟΣ ΤΙΣ ΜΗΧΑΝΙΚΕΣ ΙΔΙΟΤΗΤΕΣ |304 |
| <hr/> | | |
| 13. | ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΣΤΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ 6-12 ΚΑΙ ΑΣΚΗΣΕΙΣ | |
| 13.1 | ΑΝΑΚΕΦΑΛΑΙΩΣΗ ΣΤΟΥΣ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥΣ ΦΑΣΕΩΝ ΣΤΟΥΣ ΧΑΛΥΒΕΣ |307 |
| 13.2 | ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΣΤΑ ΚΕΦΑΛΑΙΑ 6-12 |317 |
| 13.3 | ΑΣΚΗΣΕΙΣ ΚΑΙ ΕΡΩΤΗΣΕΙΣ |333 |
| <hr/> | | |
| 14. | ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΙΣΟΘΕΡΜΟΥ ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟΥ ΓΙΑ ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟΥΣ ΜΗ ΕΥΤΗΚΤΟΕΙΔΕΙΣ ΧΑΛΥΒΕΣ | |
| 14.1 | ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΠΤ ΓΙΑ ΥΠΟΕΥΤΗΚΤΟΕΙΔΕΙΣ ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟΥΣ ΧΑΛΥΒΕΣ |342 |
| 14.2 | ΔΙΑΓΡΑΜΜΑΤΑ ΤΠΤ ΓΙΑ ΥΠΕΡΕΥΤΗΚΤΟΕΙΔΕΙΣ ΑΝΘΡΑΚΟΥΧΟΥΣ ΧΑΛΥΒΕΣ |349 |
| 14.3 | ΕΠΙΔΡΑΣΗ ΤΗΣ ΠΕΡΙΕΚΤΙΚΟΤΗΤΑΣ ΣΕ ΑΝΘΡΑΚΑ ΣΤΟ ΜΑΡΤΕΝΣΙΤΙΚΟ |355 |

| | | |
|------------|---|-----------------|
| 14.4 | ΜΕΤΑΣΧΗΜΑΤΙΣΜΟ ΛΥΜΕΝΕΣ ΑΣΚΗΣΕΙΣ |361 |
| 15. | ΒΙΒΛΙΟΓΡΑΦΙΑ |375 |
| 16. | ΠΑΡΑΡΤΗΜΑ |379 |
| 16.1 | ΠΙΝΑΚΕΣ ΔΕΔΟΜΕΝΩΝ |380 |
| | Πίνακας 16.1: Φυσικές ιδιότητες επιλεγμένων υλικών |380 |
| | Πίνακας 16.2: Διεθνές σύστημα μονάδων |381 |
| | Πίνακας 16.3: Δεκαδικά πολλαπλάσια και υποπολλαπλάσια μονάδων |382 |
| | Πίνακας 16.4: Βασικές φυσικές σταθερές |382 |
| | Πίνακας 16.5: Συντελεστές μετατροπής μονάδων πίεσης |383 |
| | Πίνακας 16.6: Ο Περιοδικός Πίνακας των στοιχείων |384 |
| 16.2 | ΕΙΚΟΝΕΣ ΜΙΚΡΟΔΟΜΩΝ ΥΠΟΕΥΤΗΚΤΟΕΙΔΩΝ ΧΑΛΥΒΩΝ |386 |
| 16.3 | ΕΙΚΟΝΕΣ ΜΙΚΡΟΔΟΜΩΝ ΛΕΥΚΟΥ ΧΥΤΟΣΙΔΗΡΟΥ ΜΕΤΑ ΑΠΟ ΘΕΡΜΙΚΕΣ ΚΑΤΕΡΓΑΣΙΕΣ |391 |