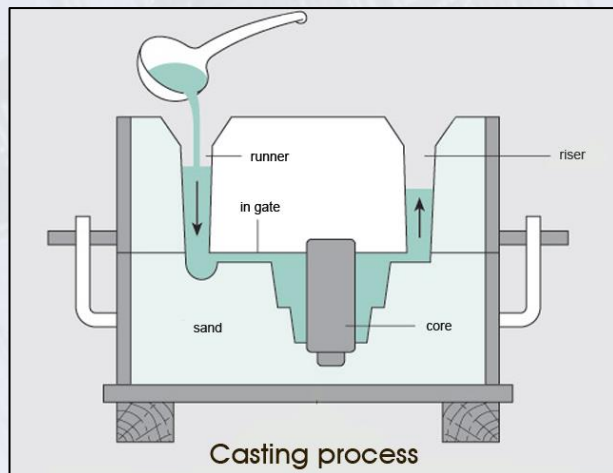


Κεφάλαιο 10

Χύτευση μετάλλων: βασικές έννοιες και αρχές

(με βάση Κεφ. 10, Μηχανουργική επιστήμη και τεχνολογία, Serore Kalpakjian & Steven R. Schmid, επιστημονική επιμέλεια Δ. Μανωλάκος & Α. Μαρκόπουλος, εκδ. Τζιόλα)

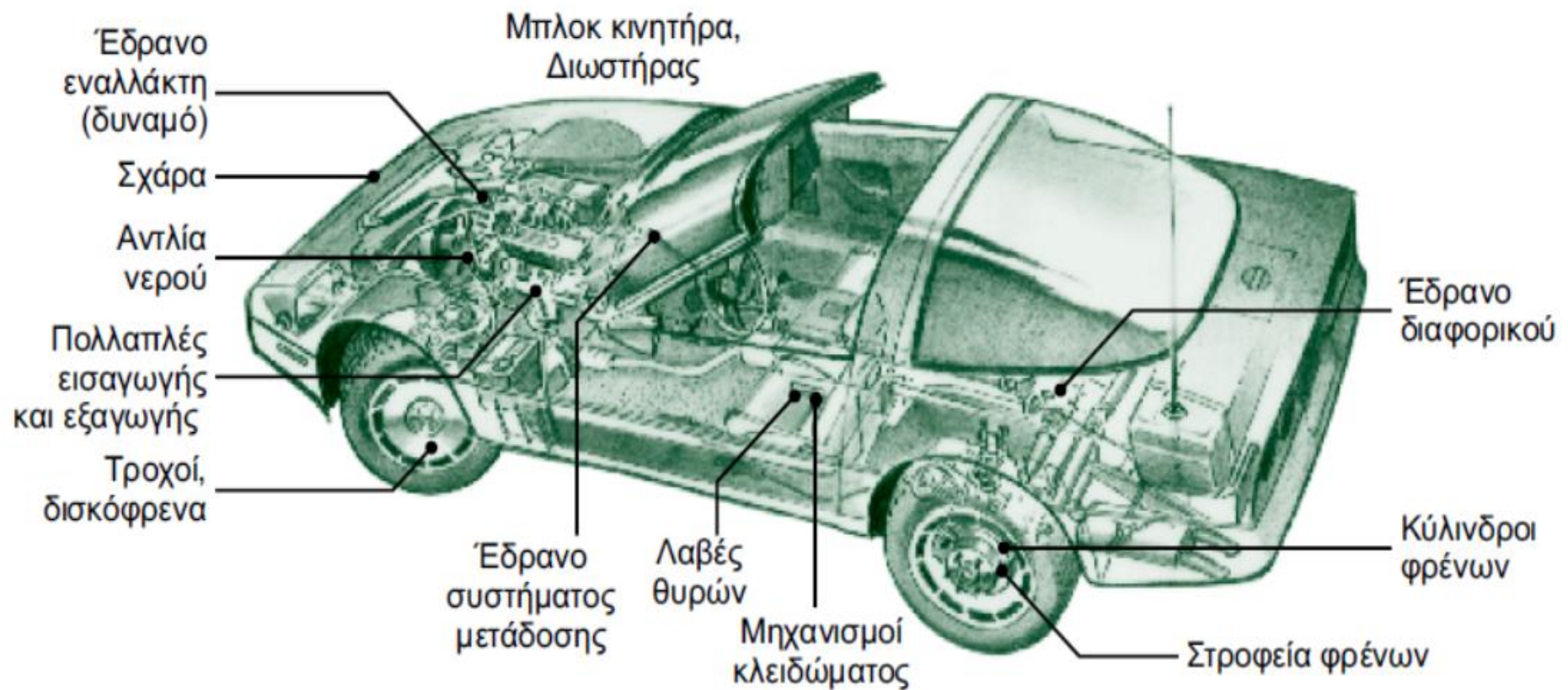


Δρ. Ι. Παπαντωνίου

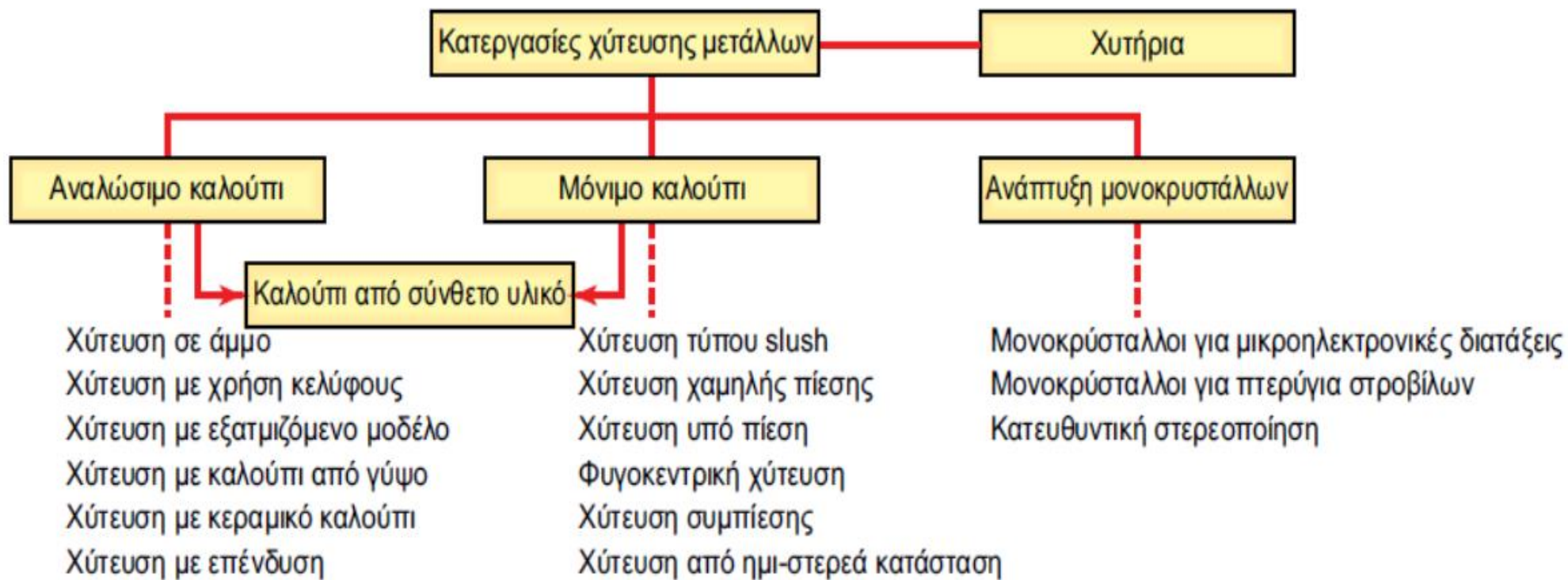
(με βάση Κεφ. 10, Μηχανουργική επιστήμη και τεχνολογία, Serore Kalpakjian & Steven R. Schmid, επιστημονική επιμέλεια Δ. Μανωλάκος & Α. Μαρκόπουλος, εκδ. Τζιόλα)

Κατά κανόνα, η χύτευση προτιμάται έναντι άλλων μεθόδων παραγωγής για τους ακόλουθους λόγους:

- Μέσω χύτευσης μπορούν να παραχθούν αντικείμενα πολύπλοκης γεωμετρίας, τα οποία μπορούν να ενσωματώνουν εσωτερικές κοιλότητες ή κοίλα τμήματα
- Μέσω χύτευσης μπορούν να παραχθούν "μονοκόμματα" αντικείμενα πολύ μεγάλου μεγέθους
- Στη χύτευση μπορούν να χρησιμοποιούνται υλικά τα οποία είναι δύσκολο, ή οικονομικά ασύμφορο, να διαμορφωθούν με άλλες κατεργασίες – παραδείγματος χάριν, σκληρά μέταλλα τα οποία είναι δύσκολο να υποστούν κατεργασίες κοπής ή πλαστικής παραμόρφωσης
- Η κατεργασία της χύτευσης μπορεί να είναι εφάμιλλη με άλλες κατεργασίες (ως προς το κόστος ή άλλους παράγοντες)



ΣΧΗΜΑ II.2 Χυτά εξαρτήματα και δομικά στοιχεία σε ένα τυπικό αυτοκίνητο.



Οι ακόλουθοι παράγοντες είναι ιδιαίτερα σημαντικοί για το τελικό αποτέλεσμα της χύτευσης:

- Η ροή του τηγμένου μετάλλου, η οποία πρέπει να διασφαλίζει την απρόσκοπτη τροφοδοσία και την τέλεια πλήρωση της κοιλότητας του καλουπιού, μέσω ενός κατάλληλα σχεδιασμένου δικτύου αγωγών ροής.
- Οι μηχανισμοί στερεοποίησης και ψύξης του μετάλλου που λαμβάνουν χώρα εντός του καλουπιού.
- Η επίδραση του υλικού κατασκευής του καλουπιού στο αποτέλεσμα της χύτευσης.

Στερεοποίηση μετάλλων

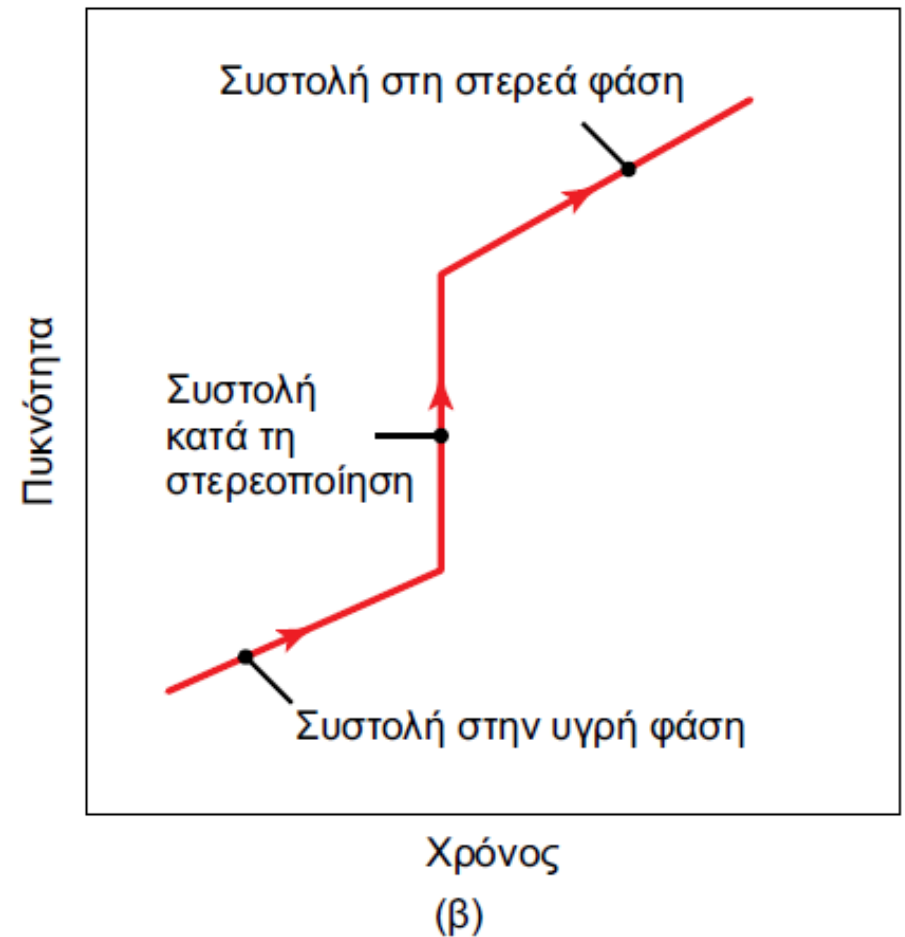
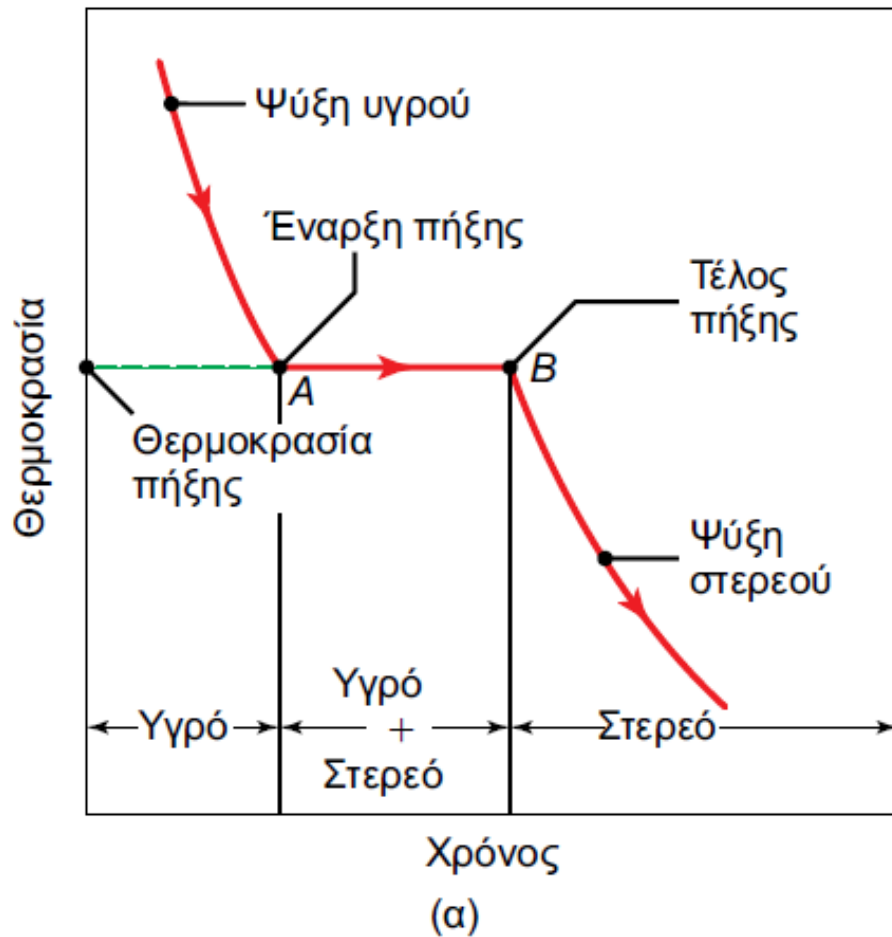


Figure: Στερεοποίηση καθαρών μετάλλων: (α) Η θερμοκρασία ως συνάρτηση του χρόνου· παρατηρήστε ότι η πήξη λαμβάνει χώρα σε σταθερή θερμοκρασία. (β) Η πυκνότητα ως συνάρτηση του χρόνου.



(με βάση Κεφ. 10, Μηχανουργική επιστήμη και τεχνολογία, Serop Kalpakjian & Steven R. Schmid, επιστημονική επιμέλεια Δ. Μανωλάκος & Α. Μαρκόπουλος, εκδ. Τζιόλα)

Στερεοποίηση μετάλλων

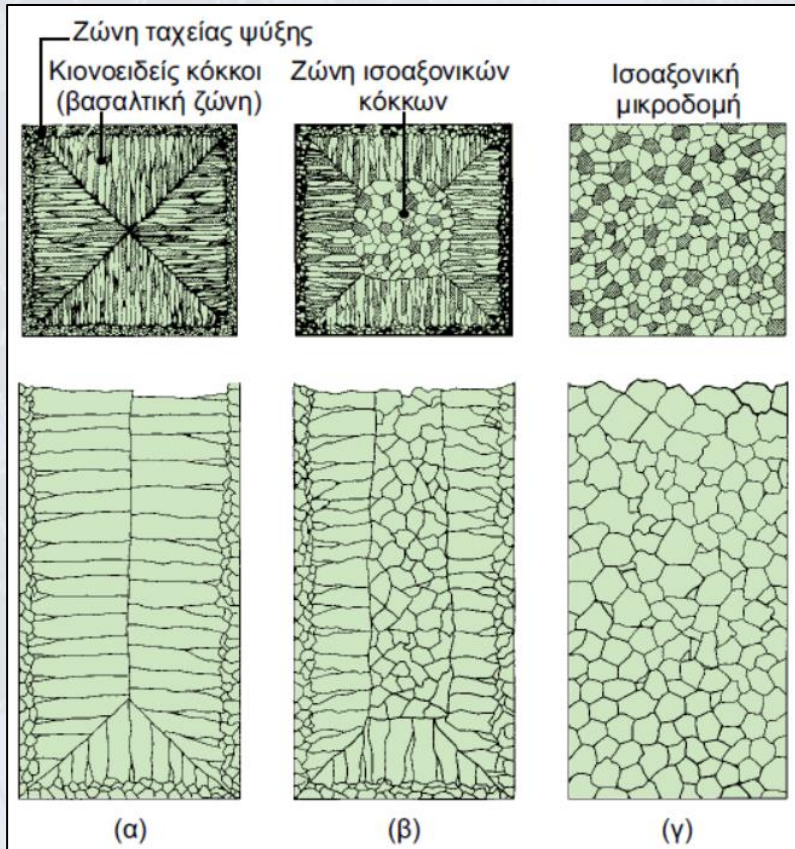


Figure: Σχηματική αναπαράσταση δομών που αναπτύσσονται κατά τη στερεοποίηση, για τρεις περιπτώσεις χύτευσης σε τετράγωνο καλούπι: (α) καθαρά μέταλλα· (β) κράματα υπό μορφή στερεού διαλύματος· (γ) η δομή που λαμβάνεται όταν χρησιμοποιούνται παράγοντες πυρηνοποίησης. Πηγή: G.W. Form, J.F. Wallace, J.L. Walker, A. Cibula.

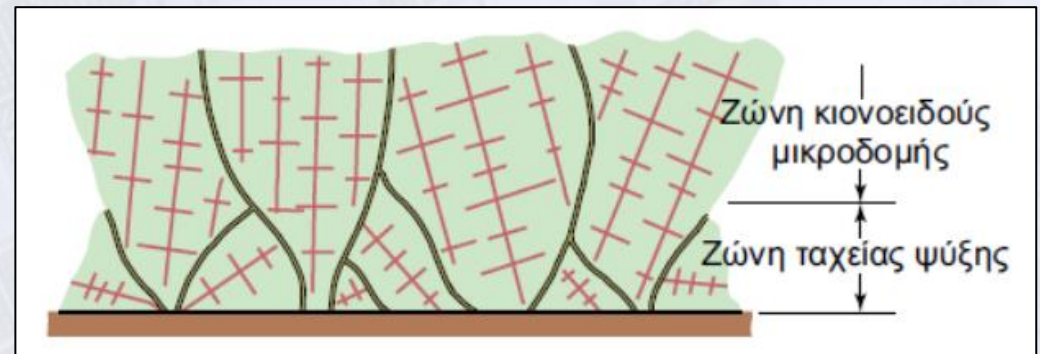


Figure: Επιλεκτική ανάπτυξη κρυσταλλικής μικροδομής: μόνο οι κόκκοι με προνομιακό (ως προς την κατεύθυνση ανάπτυξης) προσανατολισμό συνεχίζουν να αναπτύσσονται καθώς αυξάνεται η απόσταση από το ψυχρό τοίχωμα του καλούπιού.

Στερεοποίηση μετάλλων

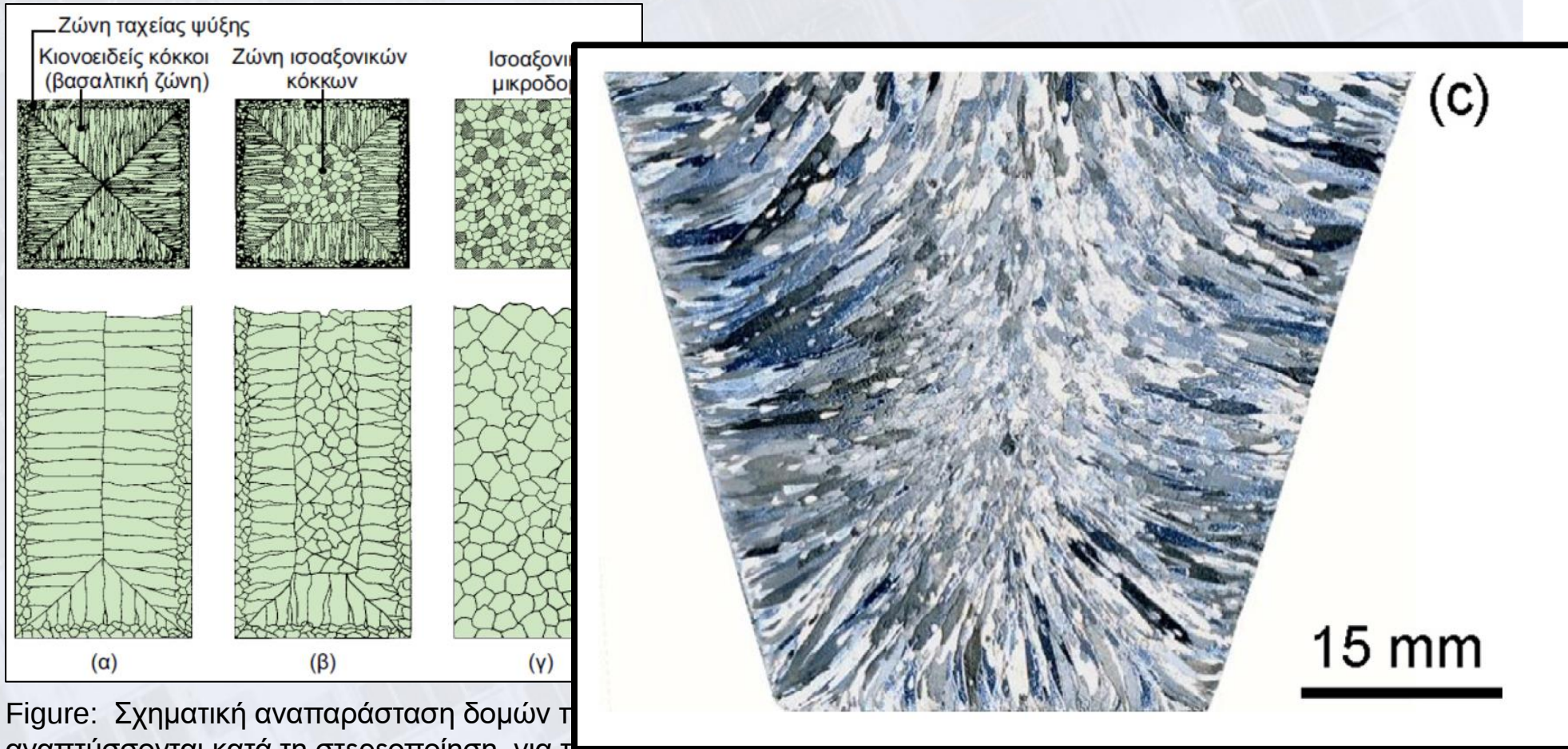
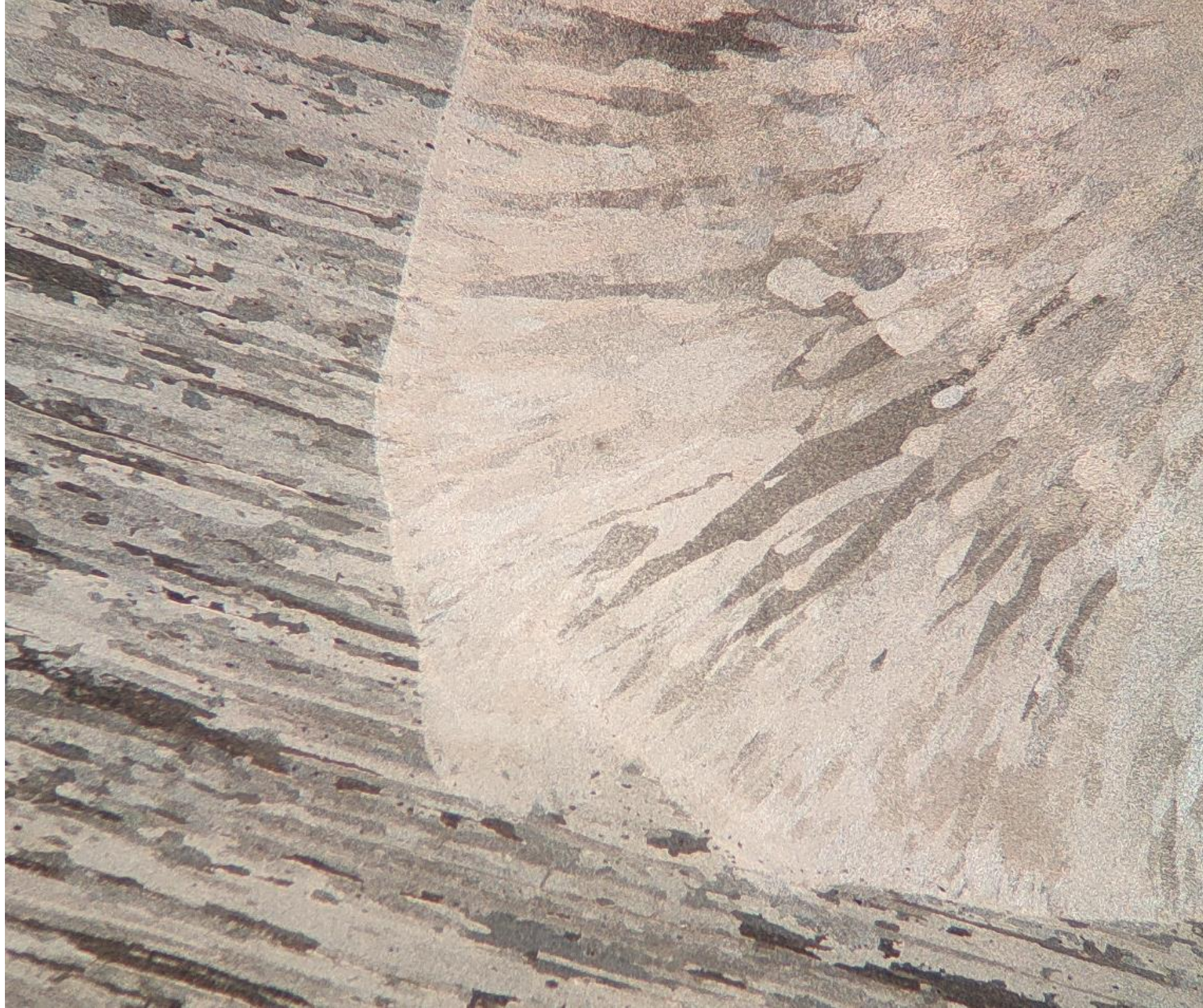


Figure: Σχηματική αναπαράσταση δομών που αναπτύσσονται κατά τη στερεοποίηση, για τρεις περιπτώσεις χύτευσης σε τετράγωνο καλούπι: (α) καθαρά μέταλλα· (β) κράματα υπό μορφή στερεού διαλύματος· (γ) η δομή που λαμβάνεται όταν χρησιμοποιούνται παράγοντες πυρηνοποίησης.
Πηγή: G.W. Form, J.F. Wallace, J.L. Walker, A. Cibula.



Στερεοποίηση κραμάτων

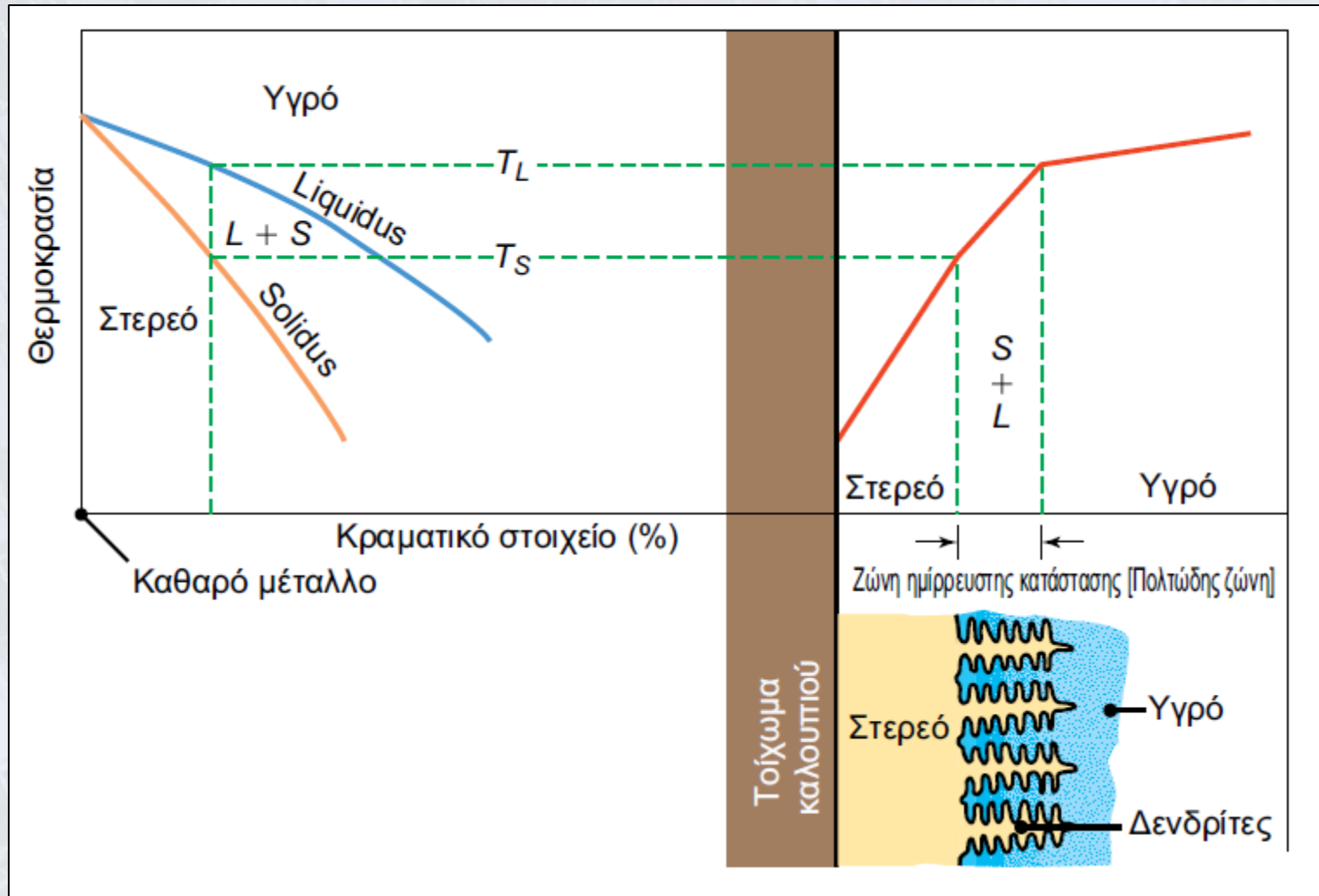


Figure: Αριστερά: Στερεοποίηση κράματος ως συνάρτηση της θερμοκρασίας. Δεξιά, επάνω: Προφίλ κατανομής θερμοκρασιών στο στερεοποιούμενο μέταλλο. Δεξιά, κάτω: Σχηματική αναπαράσταση ανάπτυξης δενδριτών στη πολτώδη ζώνη.

Στερεοποίηση κραμάτων

Στερεοποίηση κραμάτων - Επίδραση του Ρυθμού Ψύξης

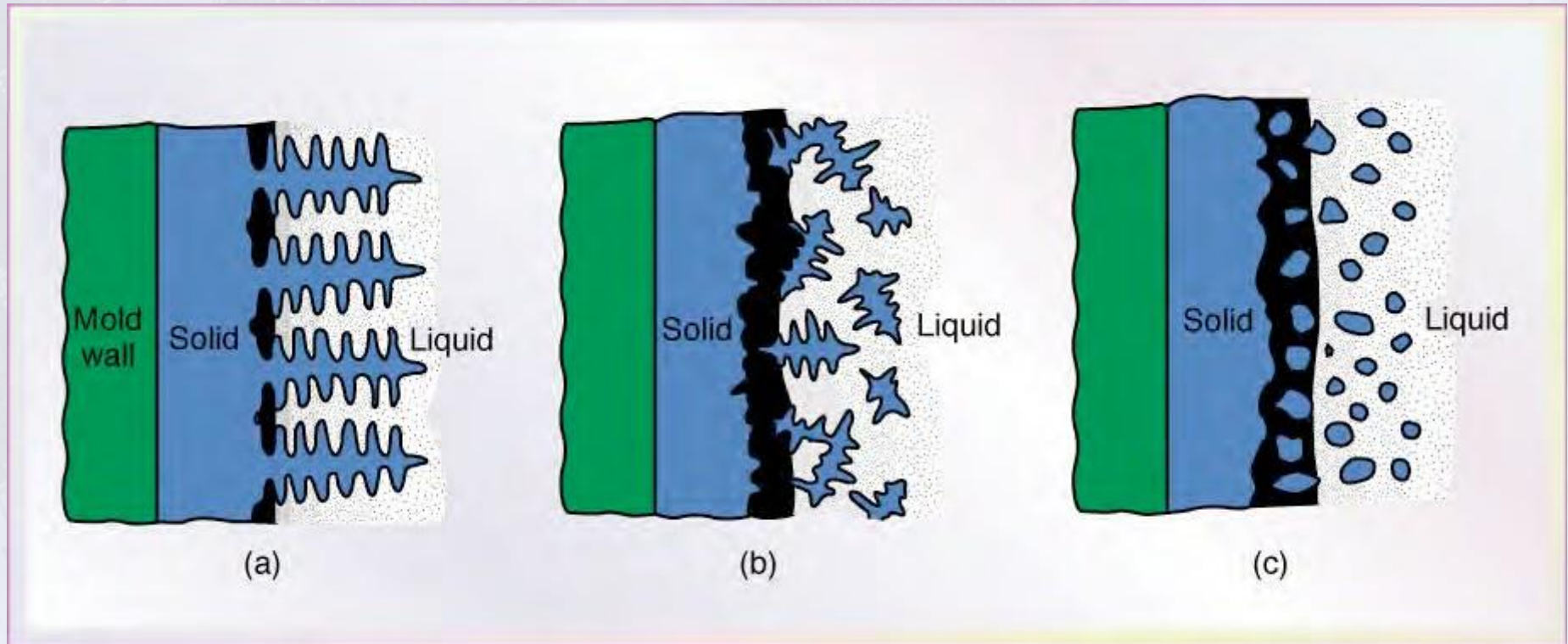
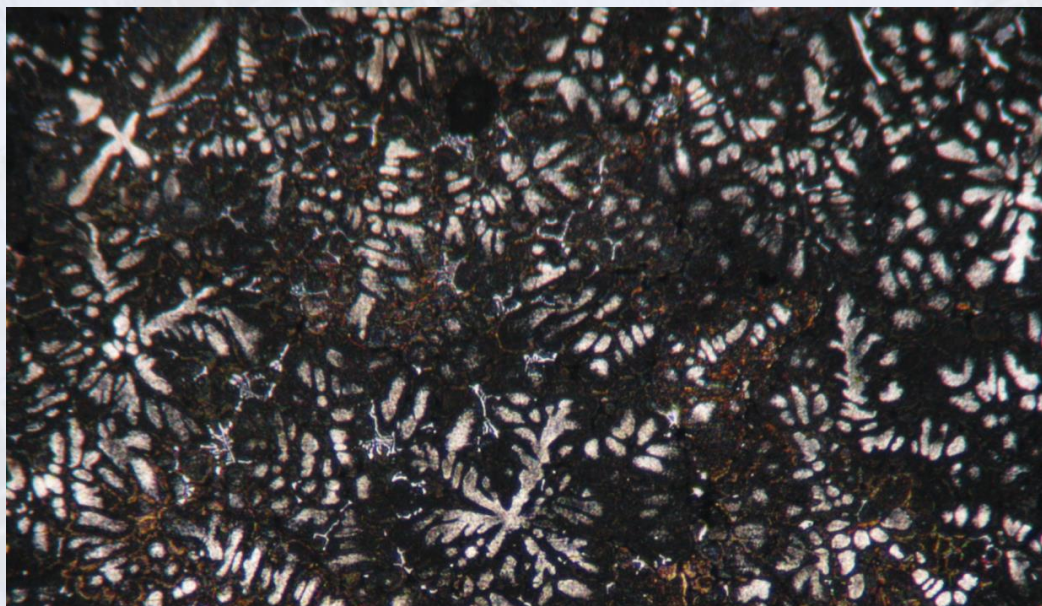


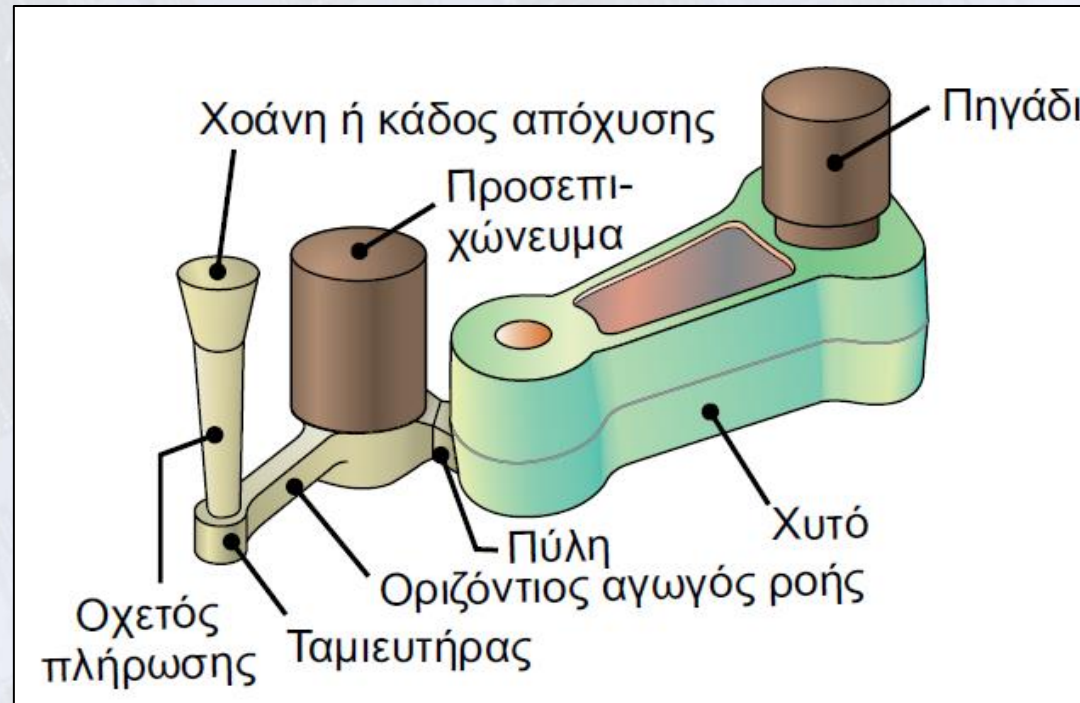
Figure: Σχηματική αναπαράσταση τριών βασικών δομών που αναπτύσσονται κατά τη στερεοποίηση χυτευόμενων κραμάτων: (α) δένδριτική, κιονοειδής· (β) δένδριτική, ισοαξονική· (γ) μη-δένδριτική, ισοαξονική. Πηγή: Αναπαράγεται με την άδεια του D. Apelian.

Στερεοποίηση κραμάτων



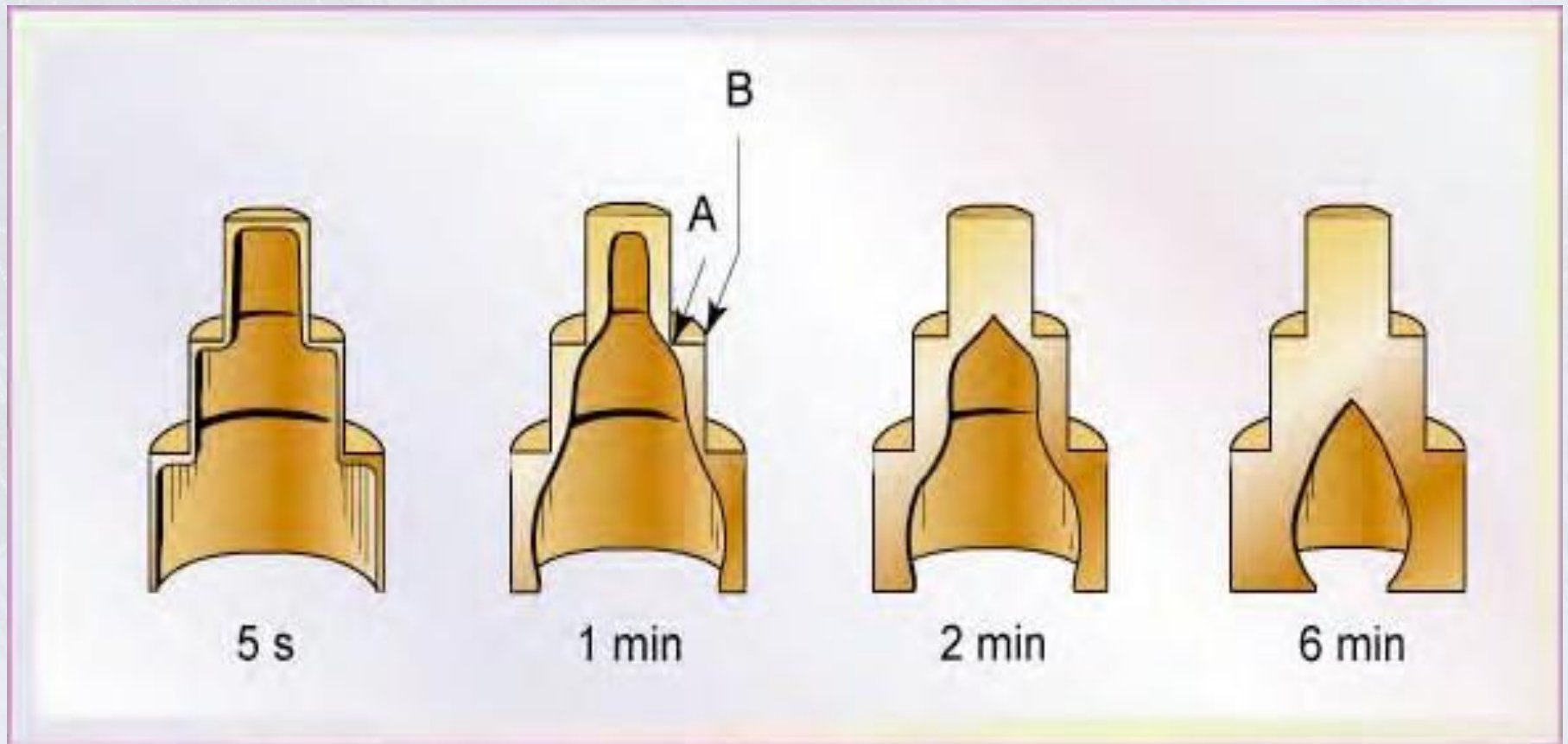
(με βάση Κεφ. 10, Μηχανουργική επιστήμη και τεχνολογία, Serop Kalpakjian & Steven R. Schmid, επιστημονική επιμέλεια Δ. Μανωλάκος & Α. Μαρκόπουλος, εκδ. Τζιόλα)

Ανάλυση ροής τήγματος



Σχηματική αναπαράσταση τυπικού συστήματος χύτευσης με ελεγχόμενη τροφοδοσία τήγματος. Τα προσεπιχωνεύματα εξυπηρετούν ως ταμιευτήρες τήγματος, το οποίο διοχετεύουν στο σύστημα καθώς το χυτό συρρικνώνεται κατά τη διάρκεια της στερεοποίησής του.

Χρόνος στερεοποίησης Κανόνας του Chvorinov



Chvorinov's Rule Solidification time = $C \left(\frac{\text{Volume}}{\text{Surface Area}} \right)^n$

Στερεοποίηση μετάλλων

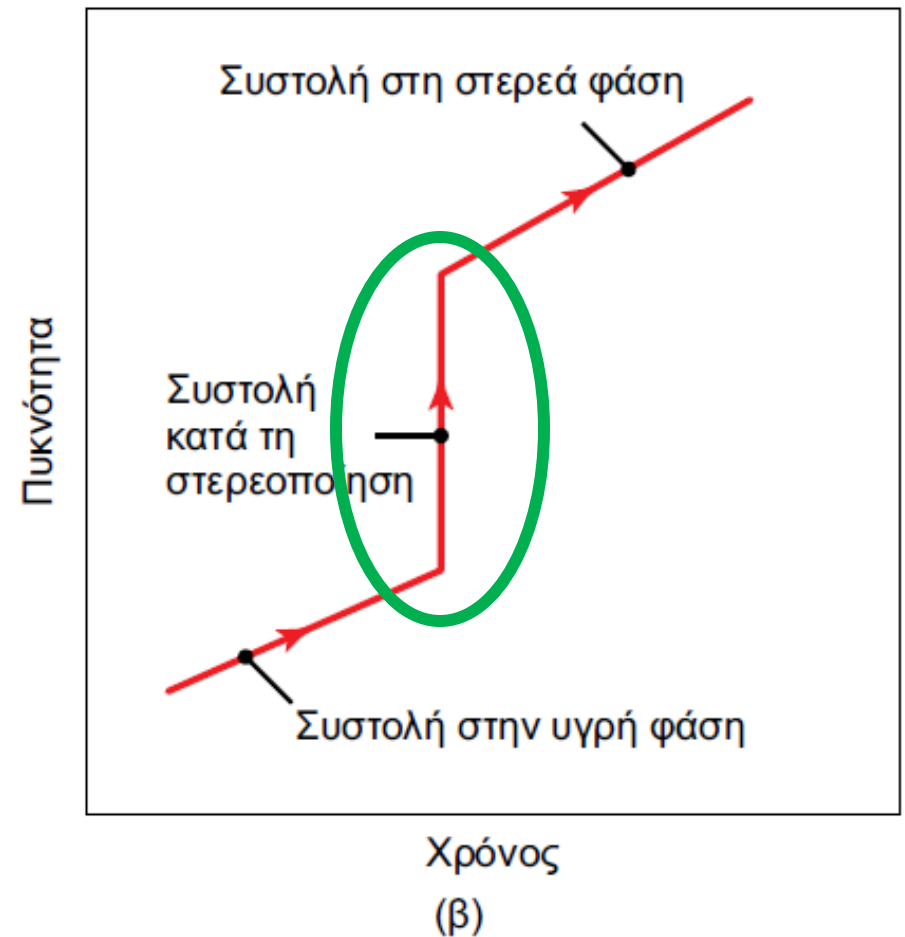
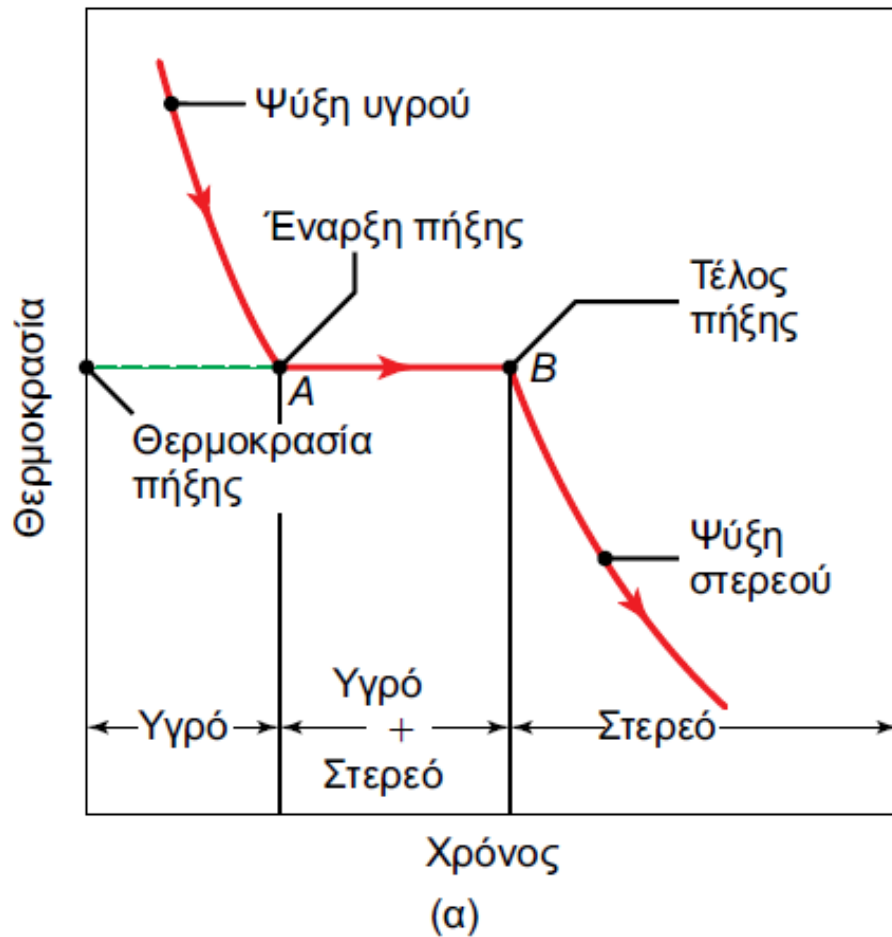


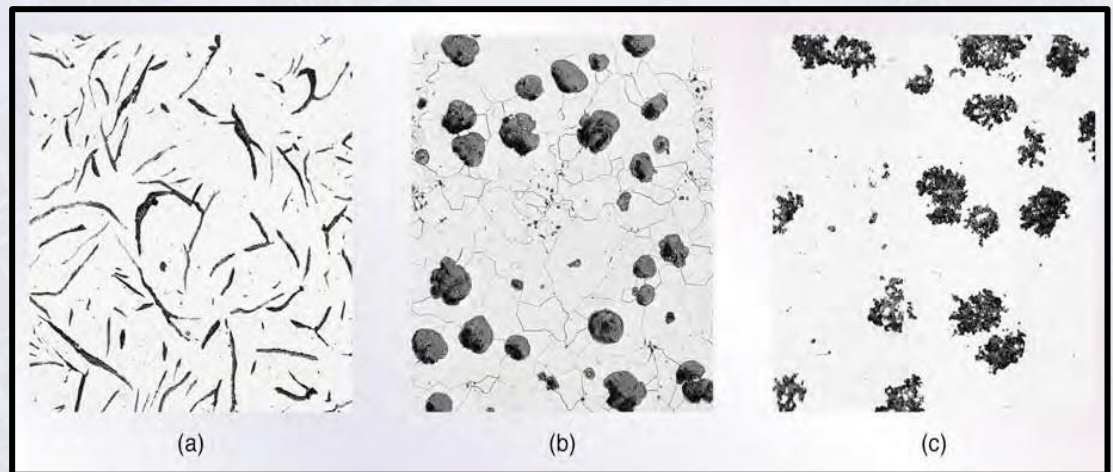
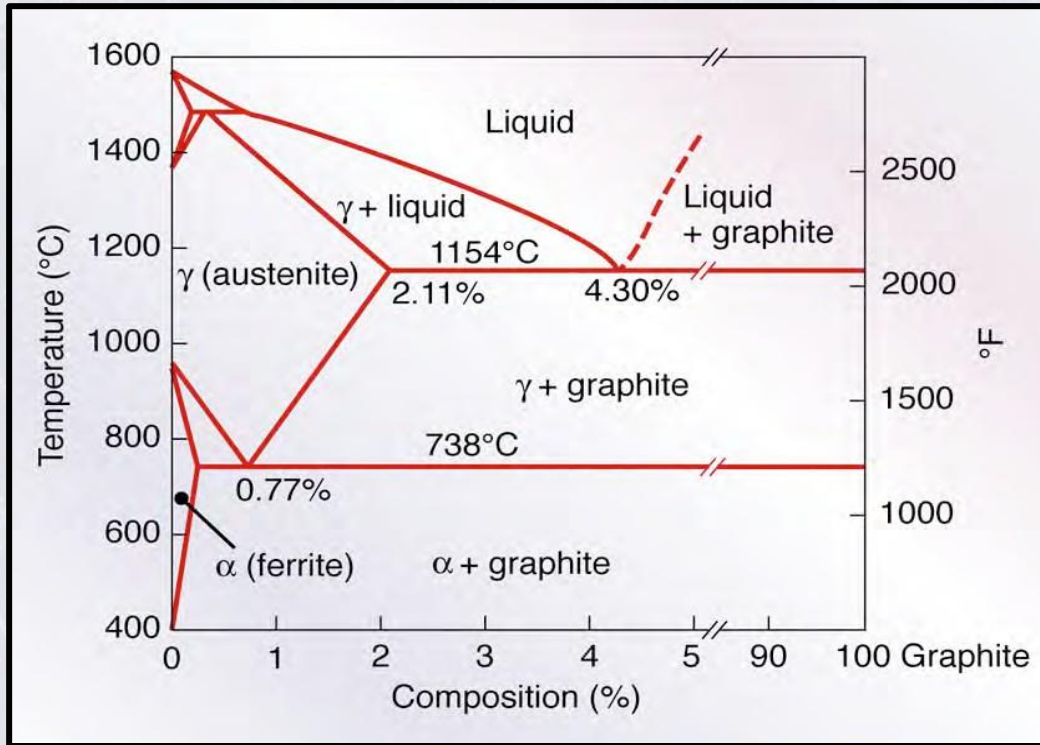
Figure: Στερεοποίηση καθαρών μετάλλων: (α) Η θερμοκρασία ως συνάρτηση του χρόνου· παρατηρήστε ότι η πήξη λαμβάνει χώρα σε σταθερή θερμοκρασία. (β) Η πυκνότητα ως συνάρτηση του χρόνου.

Ογκομετρική συστολή ή διαστολή

Ογκομετρική συστολή ή διαστολή κατά τη στερεοποίηση για διάφορα χυτεύσιμα μέταλλα και κράματα

Συστολή (%)		Διαστολή (%)	
Αλουμίνιο	7.1	Βισμούθιο	3.3
Ψευδάργυρος	6.5	Πυρίτιο	2.9
Κράμα Al-4.5% Cu	6.3	Φαιός σίδηρος	2.5
Χρυσός	5.5		
Λευκοσίδηρος	4-5.5		
Χαλκός	4.9		
Ορείχαλκος (70-30)	4.5		
Μαγνήσιο	4.2		
Κράμα 90% Cu-10% Al	4		
Ανθρακούχοι χάλυβες	2.5-4		
Κράμα Al-12% Si	3.8		
Μόλυβδος	3.2		

Ογκομετρική συστολή ή διαστολή



Ελαττώματα

- Κατά την παραγωγή αντικειμένων ενδέχεται να αναπτυχθούν σε αυτά διάφορα ελαττώματα, η μορφή και η έκταση των οποίων εξαρτώνται από παράγοντες όπως η ποιότητα των πρώτων υλών, ο σχεδιασμός του συστήματος χύτευσης και ο έλεγχος των παραμέτρων κατεργασίας.

Ελαττώματα

- Σύστημα τυποποίησης και ονοματολογίας, βάσει του οποίου διακρίνονται επτά βασικές κατηγορίες ελαττωμάτων σε χυτά αντικείμενα:
 - A—Προεξοχές μετάλλου (metallic projections)
 - B—Κοιλότητες (cavities)
 - C—Ασυνέχειες (discontinuities)
 - D—Ελαττωματική επιφάνεια
 - E—Ατελής χύτευση (incomplete casting)
 - F—Εσφαλμένες διαστάσεις ή γεωμετρία
 - G—Εγκλείσματα (inclusions)

Ελαττώματα χύτευσης

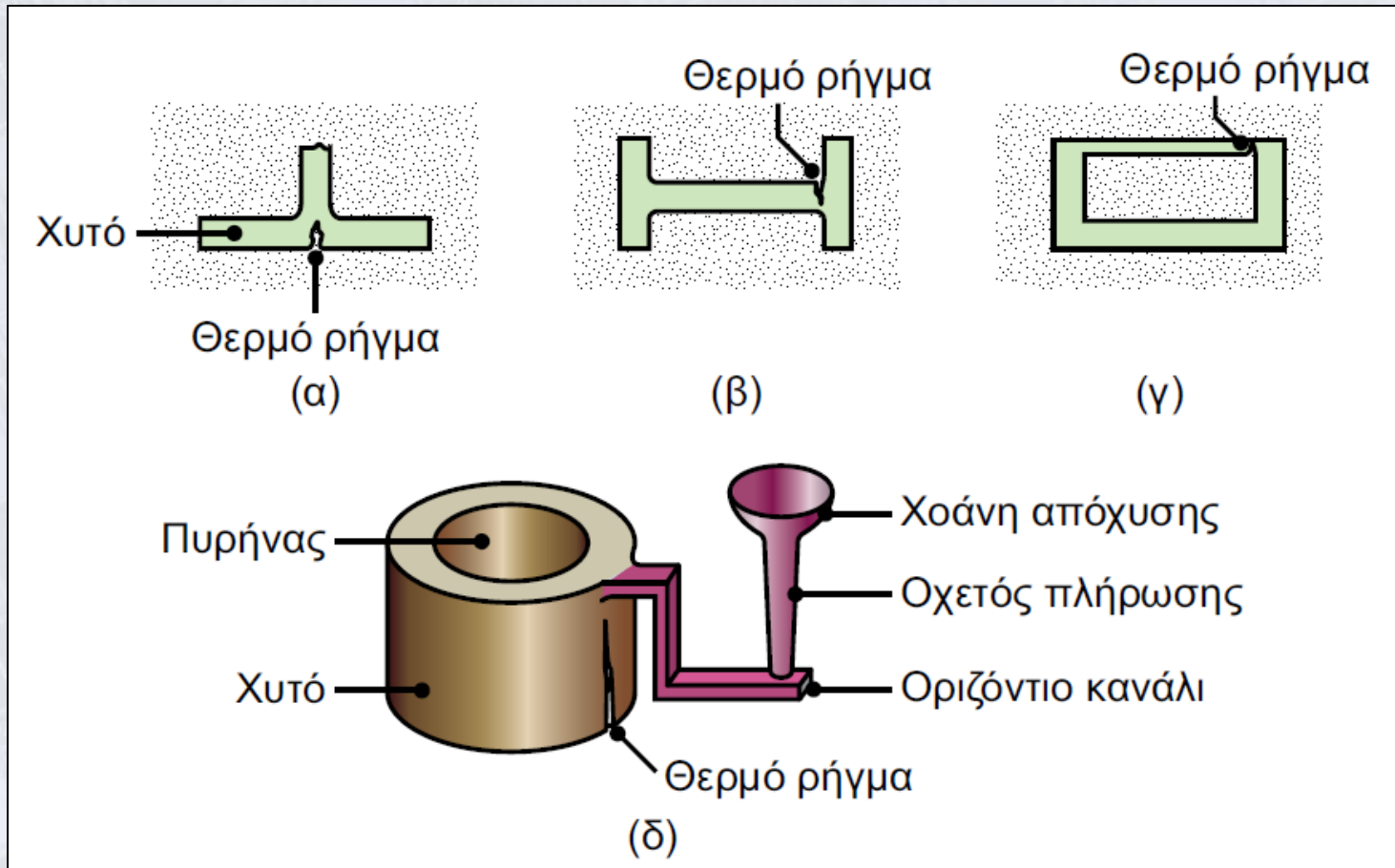


Figure: Παραδείγματα θερμών ρηγμάτων (hot tears) σε χυτά. Ελαττώματα αυτού του τύπου προκαλούνται επειδή τα χυτά δεν έχουν τη δυνατότητα να συστέλλονται ελεύθερα κατά τη διάρκεια της ψύξης. Για την αποφυγή τους μπορούν να χρησιμοποιούνται εξωθερμικά υλικά (π.χ., εξωθερμικά επιθέματα), έτσι ώστε να ελέγχεται η διαδικασία ψύξης σε κρίσιμα σημεία του χυτού.

Ελαττώματα χύτευσης

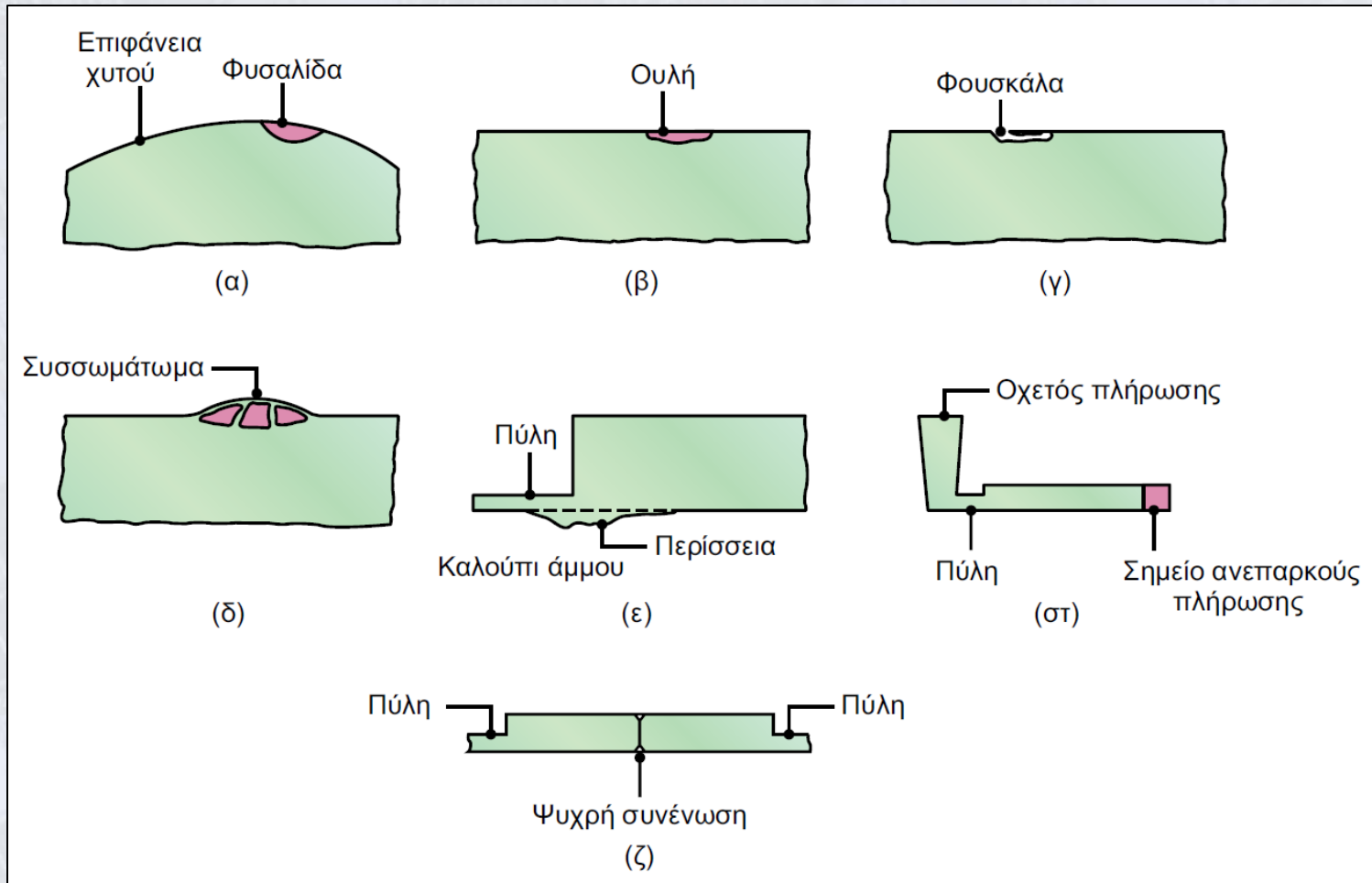


Figure: Παραδείγματα κοινών ελαττωμάτων σε χυτά. Τα συγκεκριμένα ελαττώματα μπορούν να ελαχιστοποιηθούν, ή ακόμα και να εξαλειφθούν, με σωστό σχεδιασμό και προετοιμασία των καλουπιών και κατάλληλο έλεγχο της διαδικασίας απόχυσης. Πηγή: J. Datsko.

Ελαττώματα - Πορώδες

- Το πορώδες (porosity) σε ένα χυτό μπορεί να προκαλείται από συστολή, αέρια παγιδευμένα ή διαλυμένα στο τήγμα, ή και τα δύο.
- Το πορώδες υποβαθμίζει την αντοχή και την ολκιμότητα ενός χυτού, καθώς επίσης και την ποιότητα της επιφάνειάς του. Η ύπαρξη πορώδους ενδέχεται να κάνει το χυτό διαπερατό, επηρεάζοντας έτσι τα χαρακτηριστικά στεγανότητας χυτών όπως π.χ. δοχεία πίεσης.



Ελαττώματα - Πορώδες

- Το πορώδες που προκαλείται από συστολή μπορεί να μειωθεί, ή να εξαλειφθεί με διάφορους τρόπους, συμπεριλαμβανομένων των ακόλουθων:
 - Η παροχή επαρκούς υγρού μετάλλου, μπορεί να αποτρέψει τον σχηματισμό κοιλοτήτων λόγω συστολής.
 - Η χρήση εσωτερικών ή εξωτερικών ψυκτρών.
 - Κατά τη χύτευση κραμάτων, το πορώδες μπορεί να μειωθεί, ή ακόμα και να εξαλειφθεί, μέσω υψηλών θερμοκρασιακών βαθμώσεων – δηλαδή, αυξάνοντας τον ρυθμό ψύξης.
 - Η υποβολή του χυτού αντικειμένου σε θερμή ισοστατική πίεση.

Ελαττώματα – Πορώδες

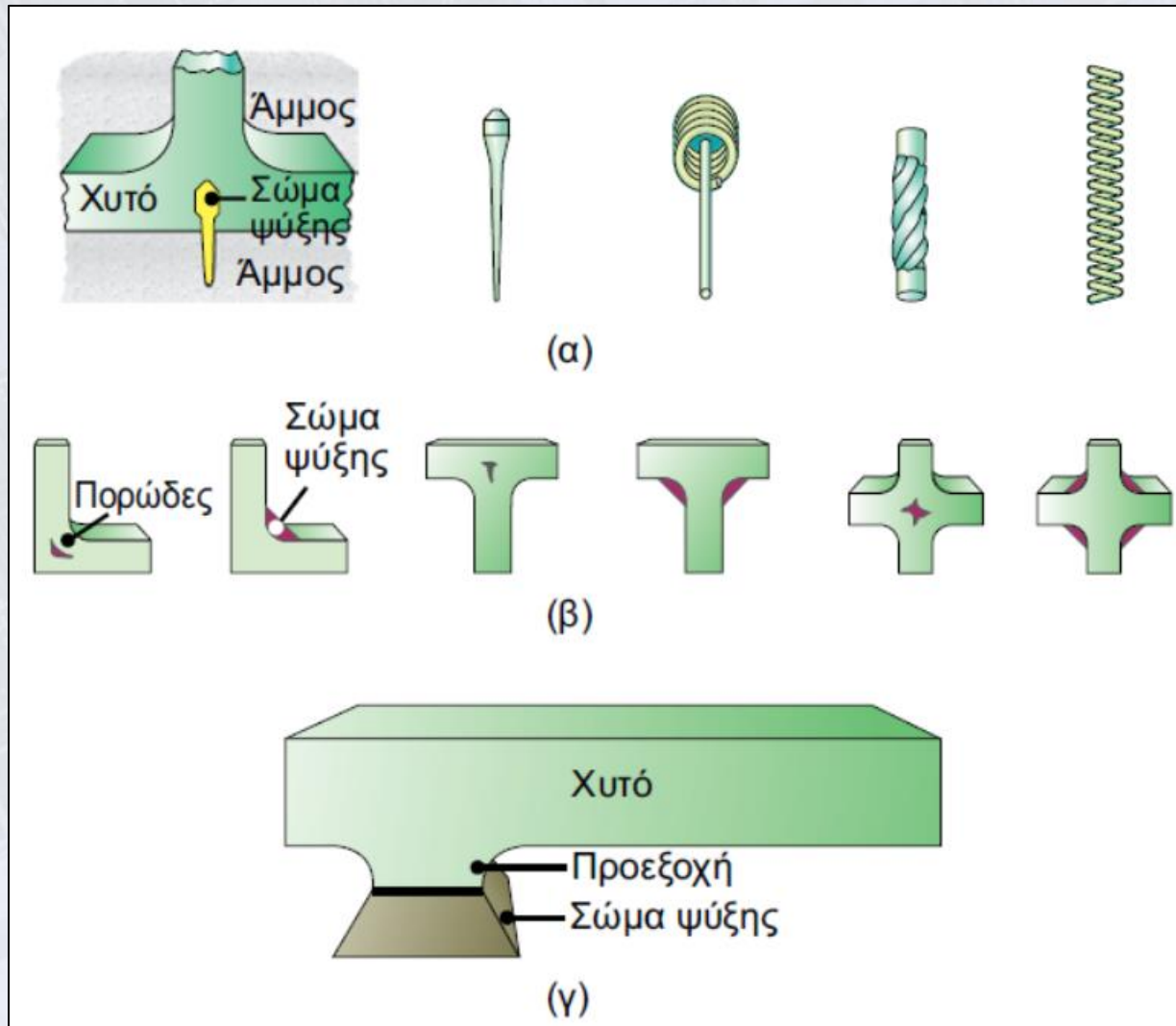


Figure: Διάφοροι τύποι (α) εσωτερικών και (β) εξωτερικών σωματών που χρησιμοποιούνται κατά τη χύτευση για αποφυγή του πορώδους λόγω συστολής. Γενικά, σώματα ψύξης τοποθετούνται σε περιοχές όπου υπάρχει μεγαλύτερος όγκος μετάλλου, όπως φαίνεται στο (γ).

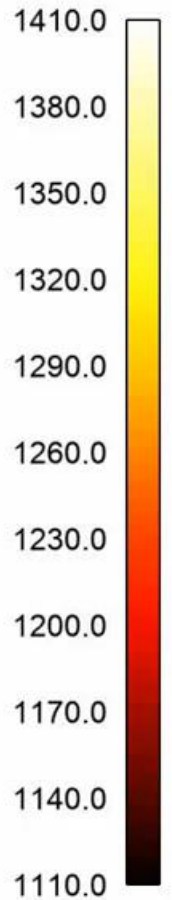
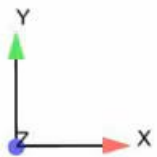
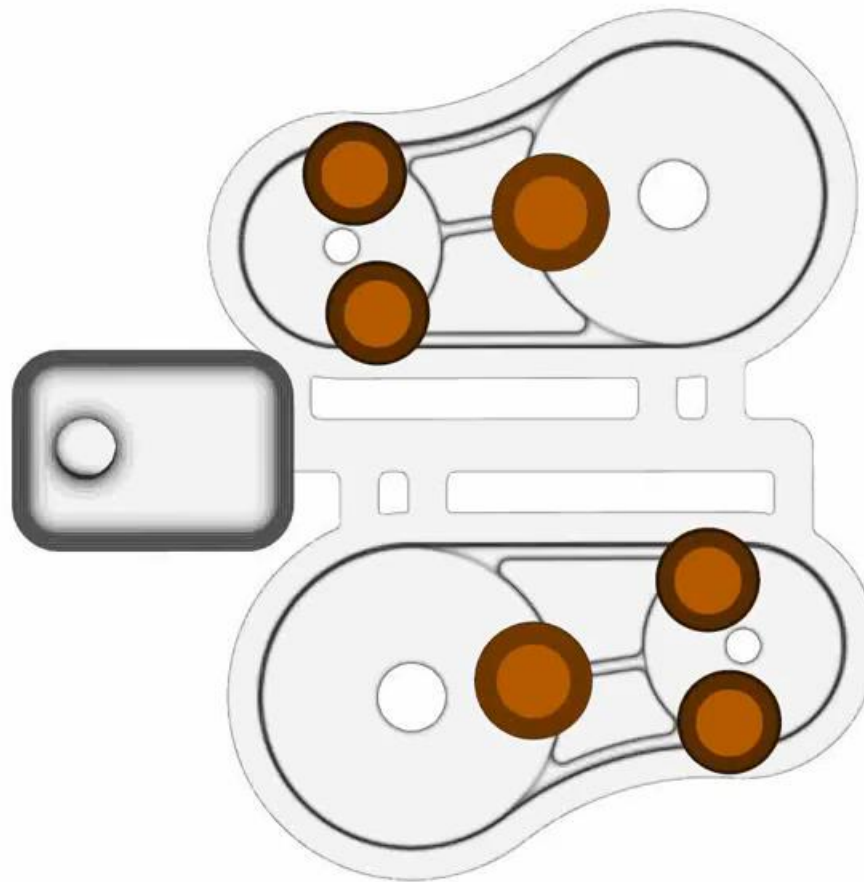
Μοντελοποίηση διαδικασιών χύτευσης

FLOW-3D
CAST

GRAVITY SAND CASTING

Time = 1525.9 s

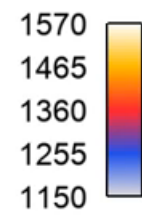
Temperature [°C]



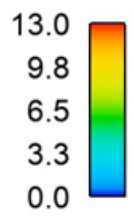
Μοντελοποίηση διαδικασιών χύτευσης

Time = 0.00

Temperature (°C)



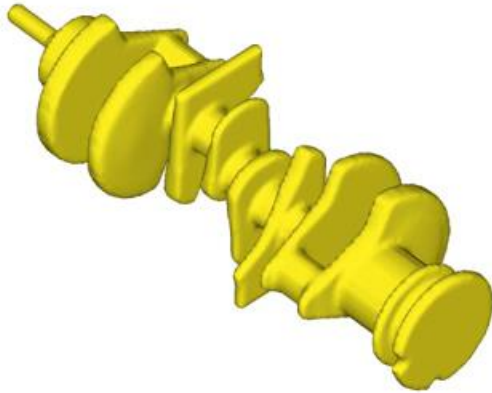
Material Residence Time



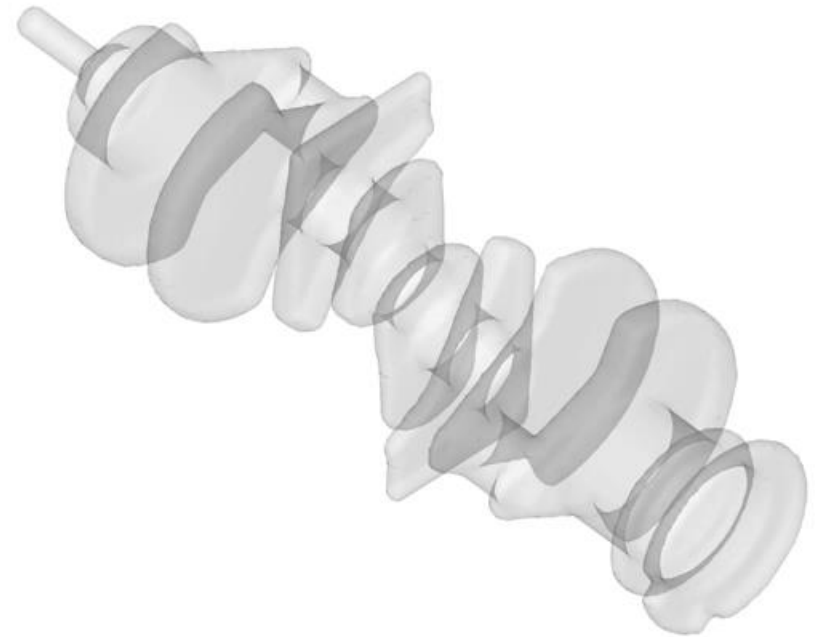
Μοντελοποίηση διαδικασιών χύτευσης

Preliminary Solidification
Time = 0.000

Liquid Fraction



Macroporosity



Temp (C)



Temperature

