

Μορφοποίηση των μεταλλικών υλικών

Διεργασίες Μορφοποίησης

- **Χύτευση(Casting)**
- **Κοπή (Cutting)**
- **Σχηματοποίηση(μηχανική)
(Forming)**
- **Σύνδεση(Συγκολλήσεις-
Μηχανική) (Joining)**

Χύτευση των μετάλλων



Μπρούτζινο άγαλμα του Δια από το Αρτεμίσιο 460 ΠΧ

Βιβλιογραφία

- MIT casting – Διαλέξεις
- Διάλεξεις Kalpakjian
- Διάλεξη Prof. Timothy Gutowski
- Εισαγωγή στην Επιστήμη και τεχνολογία Υλικών W. Gallister Εκδόσεις TZIOLA
- Ashby E.M and Jones R.D “Engineering materials” Pergamon Press

Χύτευση ως μέθοδος από 5000-3000 BC...



Οι αρχαίοι έλληνες
κατασκεύαζαν χάλκινα αγάλματα με
χύτευση 450BC



Iron works in early Europe,
e.g. cast iron cannons from
England circa 1543

Χύτευση : Γενικά στοιχεία

- Πρώτη χύτευση: 5000-3000 π.Χ.
- Εποχή χαλκού
- Εποχή Σιδήρου,
- Εποχή ελαφρών μετάλλων;
- Χύτευση μια μέθοδος απλή και σχετικά εύκολα υλοποιήσιμη
- Εφαρμόζεται σε πολλά μέταλλα
- Γρήγορη παραγωγή
- Ευρύ φάσμα των μορφών και των μεγεθών
- Συγκρότημα με πολλά μέρη που λειτουργούν ως μία ενιαία μονάδα

Χύτευση (Casting)

- ✓ Το προϊόν είναι έτοιμο για τελική κατεργασία μόλις βγει από το καλούπι και τις περισσότερες φορές δεν είναι απαραίτητο.
- ✓ Υψηλής πολυπλοκότητας προϊόντα (εξαρτήματα) με λίγα βήματα (συνήθως)
- ✓ Τα απόβλητα μηχανικής κατεργασίας είναι πολύ περιορισμένα

Γενικά Μειονεκτήματα της χύτευσης:

- ✓ Ακριβά και χρονοβόρα σχέδια / καλούπια / μήτρες
- ✓ προβλήματα στερεοποίησης: συρρίκνωση, πορώδες, χαμηλή αντοχή, ευθραυστότητα (ψαθυρότητα)
- ✓ Μερικές μέθοδοι απαιτούν πολλά βήματα (π.χ. χύτευση με επένδυση)

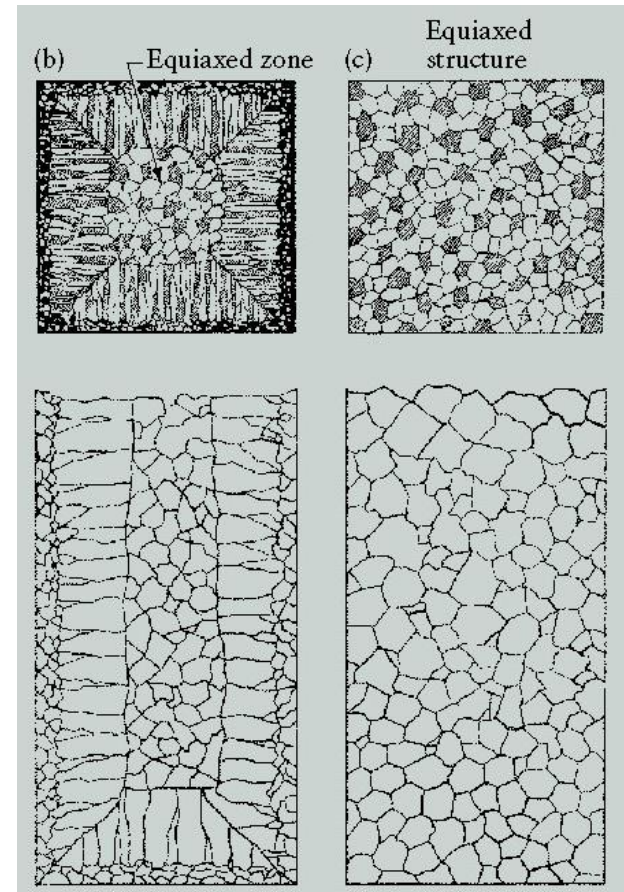
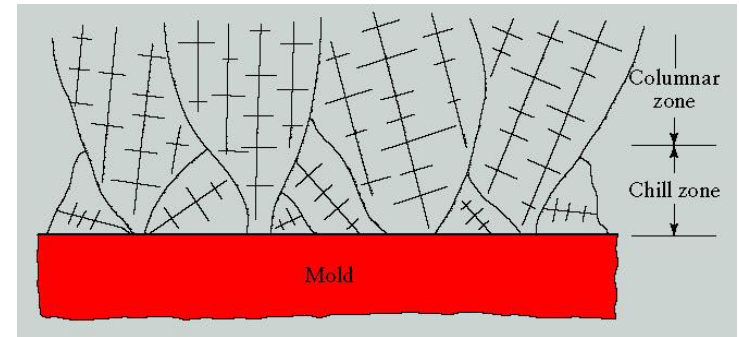
Καλούπια χύτευσης:

Σταθερά (μόνιμα)

Καταστρεφόμενα

Στερεοποίηση χυτεύματος

- Οι κρυσταλλικοί κόκκοι κοντά στο τοίχωμα είναι πολύ μικροί (ζώνη ταχείας ψύξης) και στη συνέχεια έχουν μορφή επιμήκη με τον κύριο άξονα τους κάθετα προς το τοίχωμα του καλουπιού.
- Όρια των κόκκων τείνουν να είναι αδύναμα □ και τα χυτεύματα είναι εύθραυστα (εκτός αν η φόρτιση τους είναι παράλληλη προς τη επιμήκη διεύθυνση του υλικού, όπως συμβαίνει στα πτερύγια στροβίλου
- Για μεγαλύτερη αντοχή συνιστάται δομή με κρυσταλλικούς κόκκους κατά το δυνατόν συμμετρικής δομής και ίδιου μεγέθους και αυτό μπορεί να επιτευχθεί με χύτευση με εμβολιασμό.



Χύτευση: Σχεδιασμός ανυψωτή στάθμης τήγματος (Riser)

Κανόνας Chvorinov

Χρόνος στερεοποίησης = $B * (V / A)^n$

B = καλουπιού

n = 1,5 έως 2,0

V = όγκος της χύτευσης

A = Διατομή επιφάνειας χύτευσης

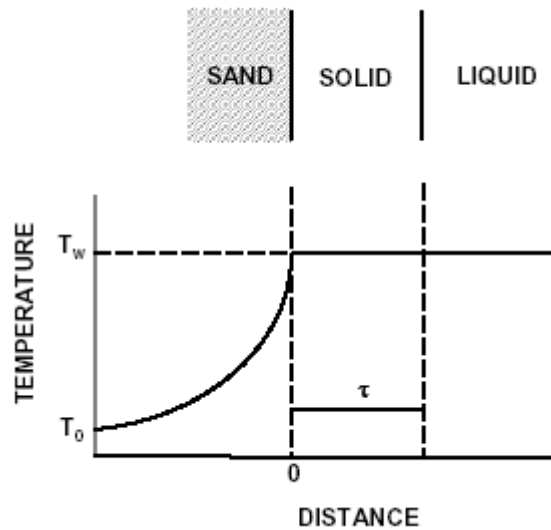
Ανυψωτής και η κοιλότητα του καλουπιού:

Το λειωμένο μέταλλο στον ανυψωτή στάθμης πρέπει να στεριοποιείται με τη στερεοποίηση στην κοιλότητα του καλουπιού

Χρόνος T-riser = $1.25 * T\text{-casting}$

Σύγκριση:

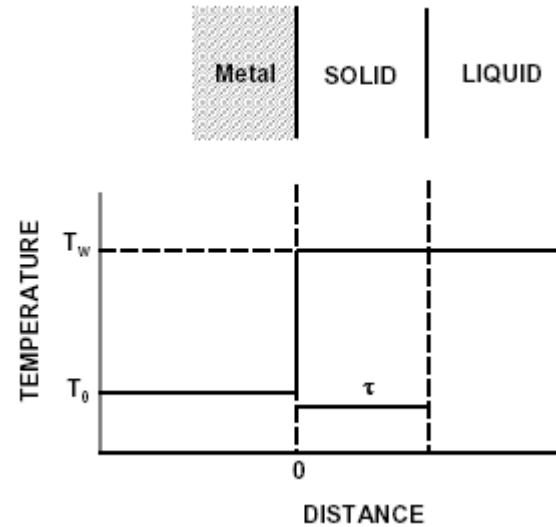
Χύτευση σε καλούπια άμμου – Μεταλλικά καλιούπια



Καλούπια άμμου

Sand casting

$$t_s \sim (V/A)^2$$

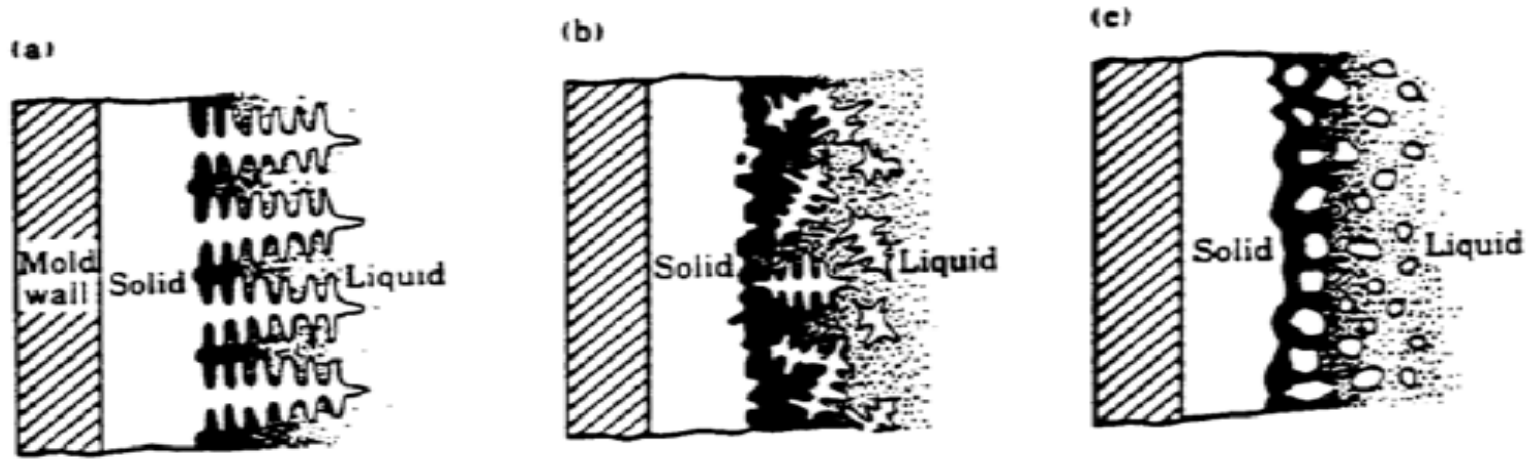


Μεταλλικά καλούπια

Die casting

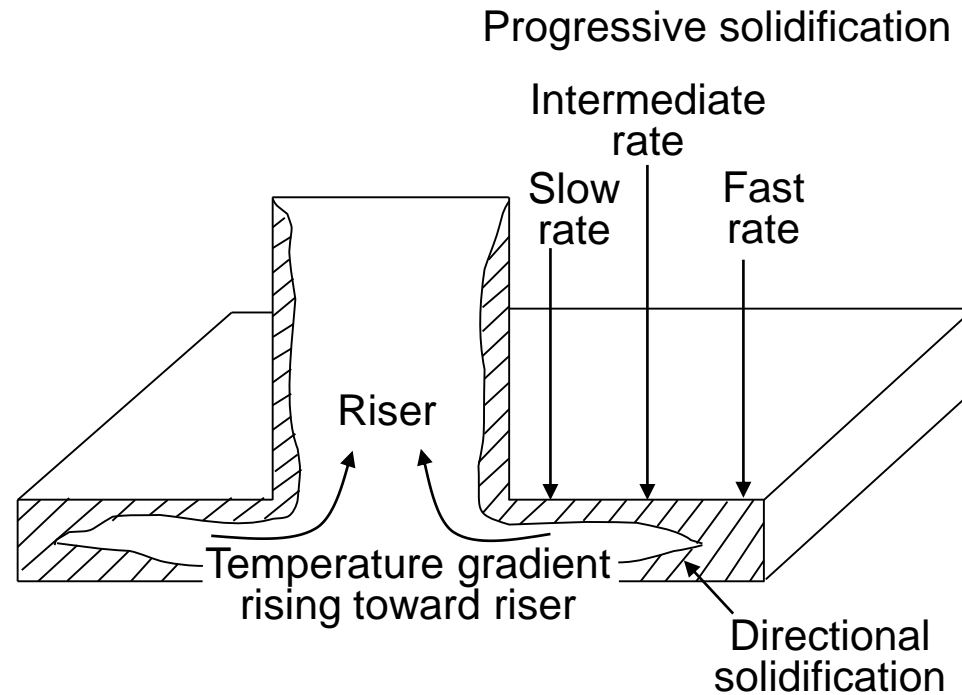
$$t_s \sim (V/A)^1$$

Σχηματισμός μικροκρυσταλλικής δομής



Schematic illustration of three basic types of cast structures
(a) Columnar dendritic (b) equiaxed dendritic (c) equiaxed nondendritic

Εξέλιξη στερεοποίησης στον ανυψωτή στάθμης (Riser) του τήγματος



Προσμίξεις κατά τη χύτευση

➤ Σκουριές :

- Οξείδια μετάλλων είναι προσμίξεις οι οποίες καθιστούν το προϊόν χύτευσης ψαθυρό
- Οι σκουριές επιπλέουν στο λειωμένο μέταλλο και πρέπει να λαμβάνεται πρόνοια ώστε να μην τροφοδοτούνται στο καλούπι

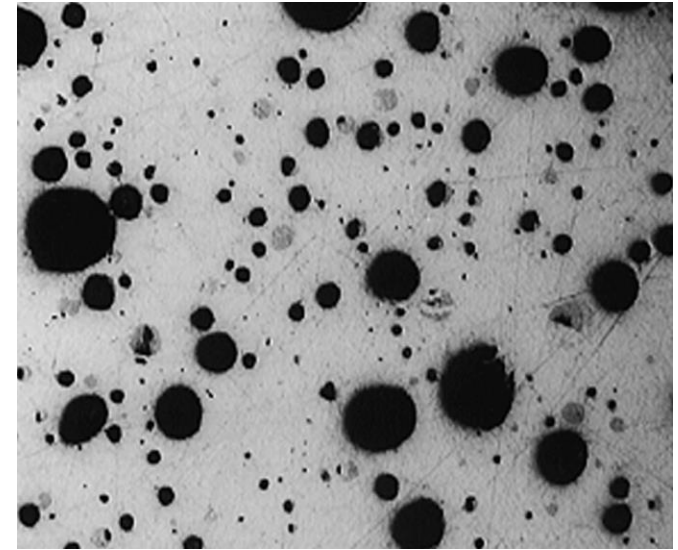
➤ Πορώδες και εγκλείσματα αερίων (παγιδευμένα αέρια.

Ελαχιστοποιούνται ως εξής:

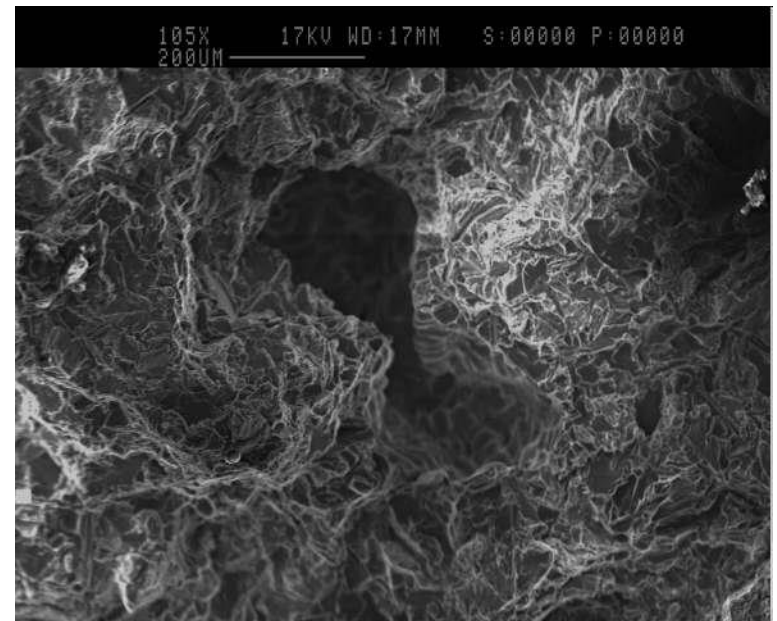
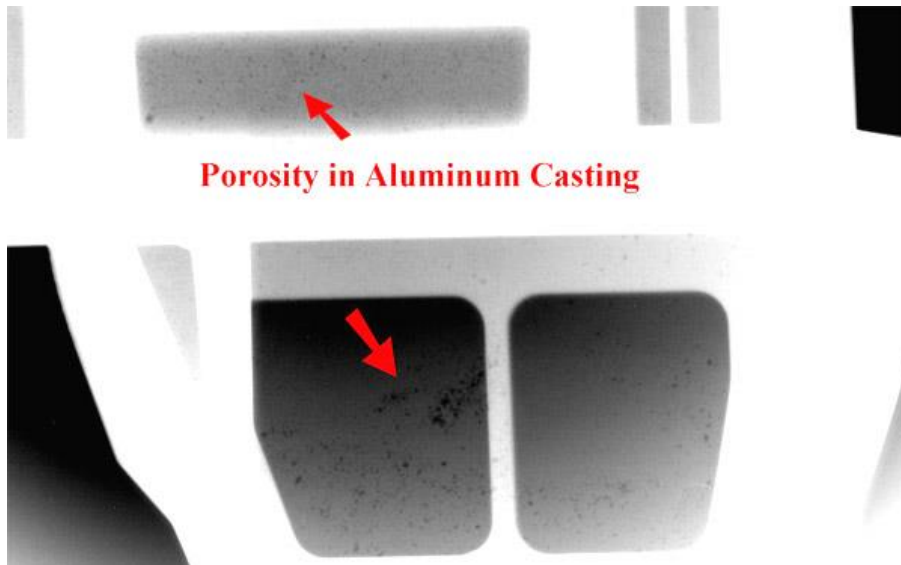
- Κατάλληλος σχεδιασμός του καλουπιού και της εισόδου τροφοδοσίας για να ελαχιστοποιηθεί ο στροβιλισμός τηγμένου μετάλλου καθώς εισέρχεται στο καλούπι.
- Να μην υπερθερμαίνεται το λειωμένο μέταλλο (διαλύει περισσότερο αέριο)
- Λιώσιμο υπό κενό
- Λιώσιμο σε αδρανή ατμόσφαιρα
- Χρησιμοποίηση κατάλληλων αντιδραστηρίων που συλλέγουν τις φυσαλίδες αερίων
- Ομαλή τροφοδοσία του τηγμένου μετάλλου στο καλούπι για μην δημιουργείται στροβιλισμός.
- Χύτευση υπό πίεση

Πορώδες στα προϊόντα χύτευσης

- Η τυρβώδης ροή κατά τη τροφοδοσία του τηγμένου μετάλλου εγκλωβίζει φυσαλίδες
- Υπάρχουν λύσεις αλλά εξακολουθεί να υπάρχει πρόβλημα

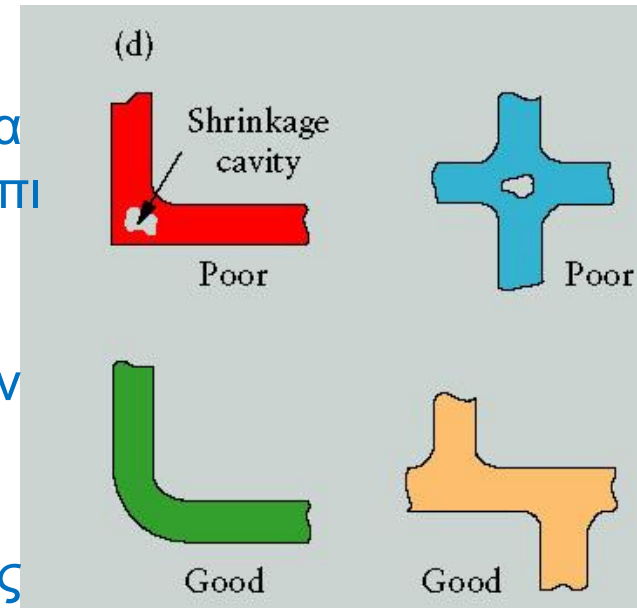


NADCA

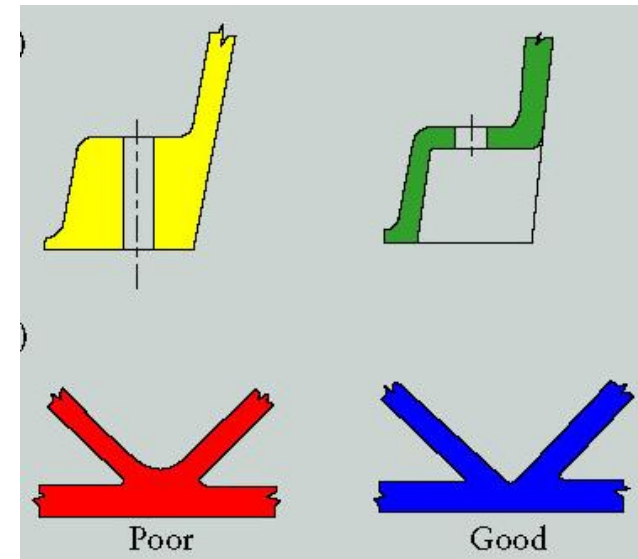
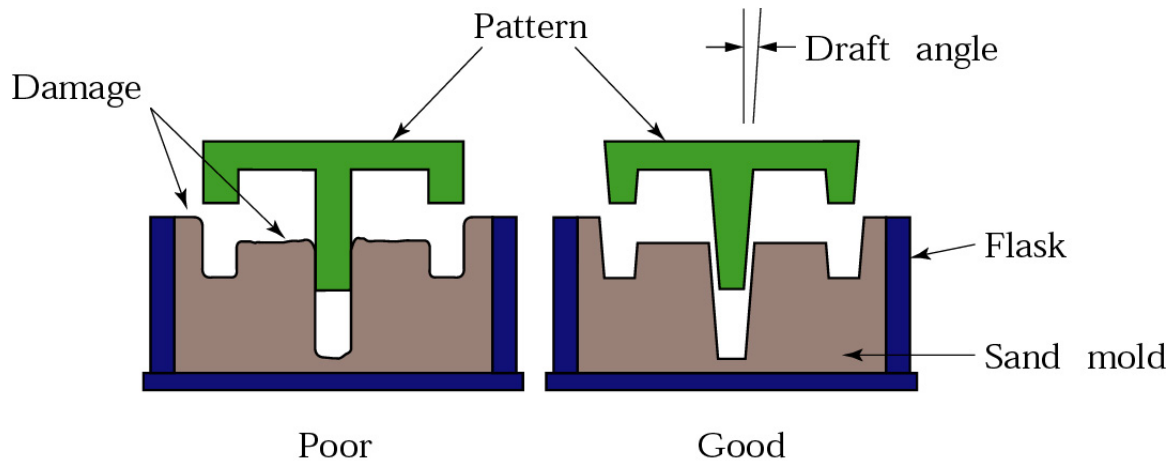


Σχεδιαστικές Πρακτικές

- Πρέπει να αποφεύγονται οι απότομες γωνίες για να είναι ομαλή η αφαίρεση του πρότυπου από το καλούπι (χύτευση άμμου), ή η αφαίρεση του χυτευματος από το καλούπι (π.χ. χύτευση σε μόνιμα καλούπια)
- Κατά την στερεοποίηση, παχύτερα τμήματα τείνουν να σχηματίζουν κοιλότητες στο εσωτερικό, εκτός αν τροφοδοτείται στο σημείο εκείνο με κατάλληλη δίοδο
- Ομοιόμορφο πάχος ή κατάλληλος σχεδιασμός προς αποφυγή προβλημάτων
- Κατάλληλη προσοχή στη μορφολογία των πλευρών του καλουπιού που συμπιέζεται στο τήγμα



Kalpakjian



Χύτευση : Κατευθυνόμενη στερεοποίηση

- Πορώδες και κοιλότητες σχηματίζονται όταν το λειωμένο μέταλλο δεν μπορεί να φθάσει απομακρυσμένες περιοχές
- Με εφαρμογή τοπικής ψύξης επιτυγχάνεται έναρξη στερεοποίησης τοπικά και στη συνέχεια οι κρύσταλλοι αναπτύσσονται κάθετα στην περιοχή αυτή (κατευθυνόμενη στερεοποίηση) μακριά από το σημείο ψύξης μην αφήνοντας κενά..
- Τροφοδοσία ακριβώς απέναντι από την περιοχή μεγάλου βάθους ώστε η περιοχή να γεμίζει από τήγμα και να μην επιτρέπει να δημιουργηθούν κενά.

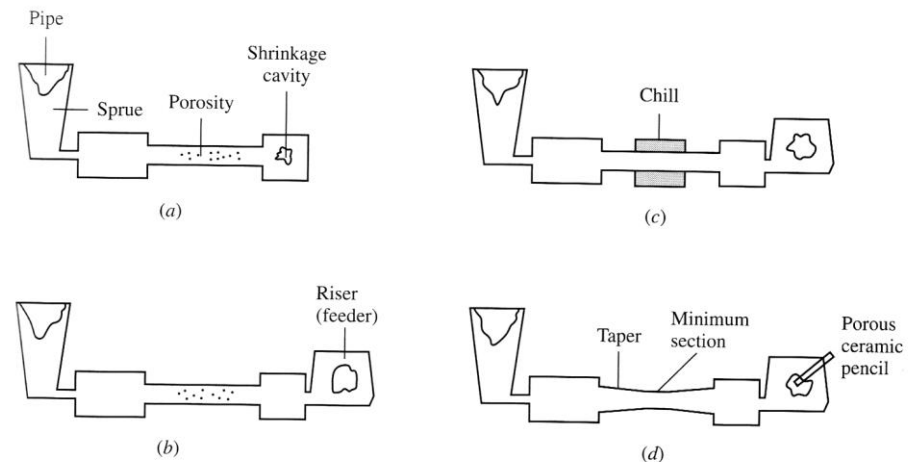
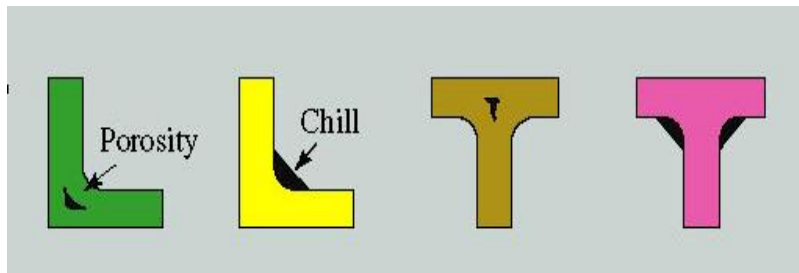
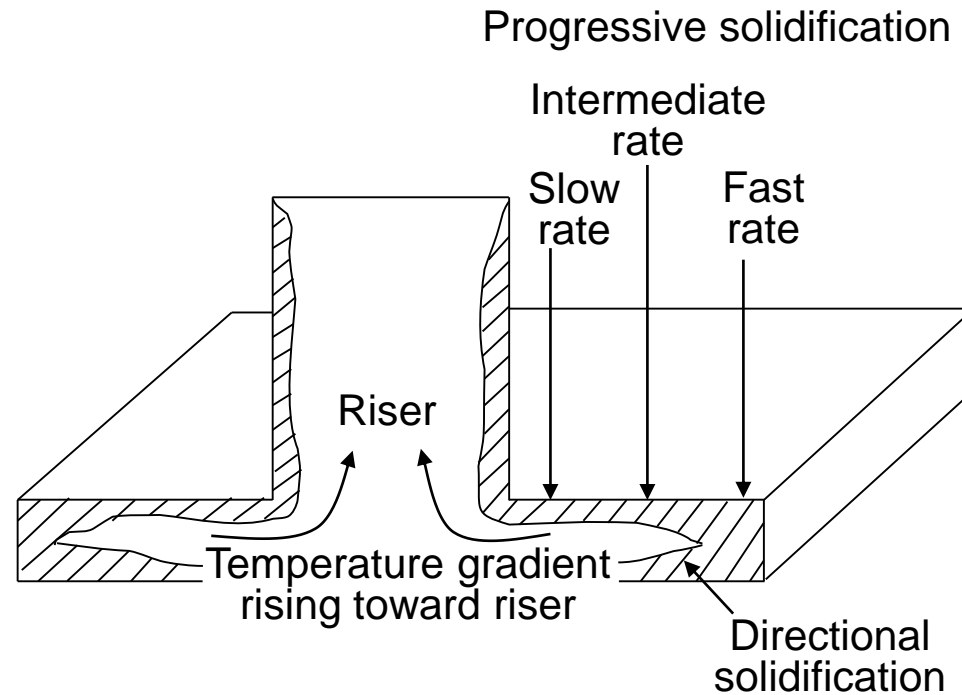


Figure 7-14 A casting may show shrinkage cavities and microporosity (a). Feeder heads or risers, removed after solidification, provide hot metal (b). Microporosity may be eliminated with directional solidification by incorporating a metal chill into the mold (c) or tapering the thinnest section (d).

Εξέλιξη στερεοποίησης στον ανυψωτή στάθμης (Riser) του τήγματος



Διεργασία χύτευσης , Φυσικοί παράμετροι και περιορισμοί

- **Αλλαγή φάσεων**
 - Πυκνότητα
 - Διαλυτότητα
 - Ταχύτητα διάχυσης
- **Υψηλά σημεία τήξεως**
 - Χημική δραστικότητα
 - Υψηλή θερμοχωρητικότητα
 - Διαχείριση τήγματος

Βασικές παράμετροι σχεδιασμού προϊόντος χύτευσης

- Ανοχές συρρίκνωσης
- Ανοχές μηχανικής κατεργασίας
- Ανοχές παραμορφώσεων ή στρεβλώσεων
- Γεωμετρία σχεδιασμού καλουπιών

Τυπικές ανοχές συρρίκνωσης

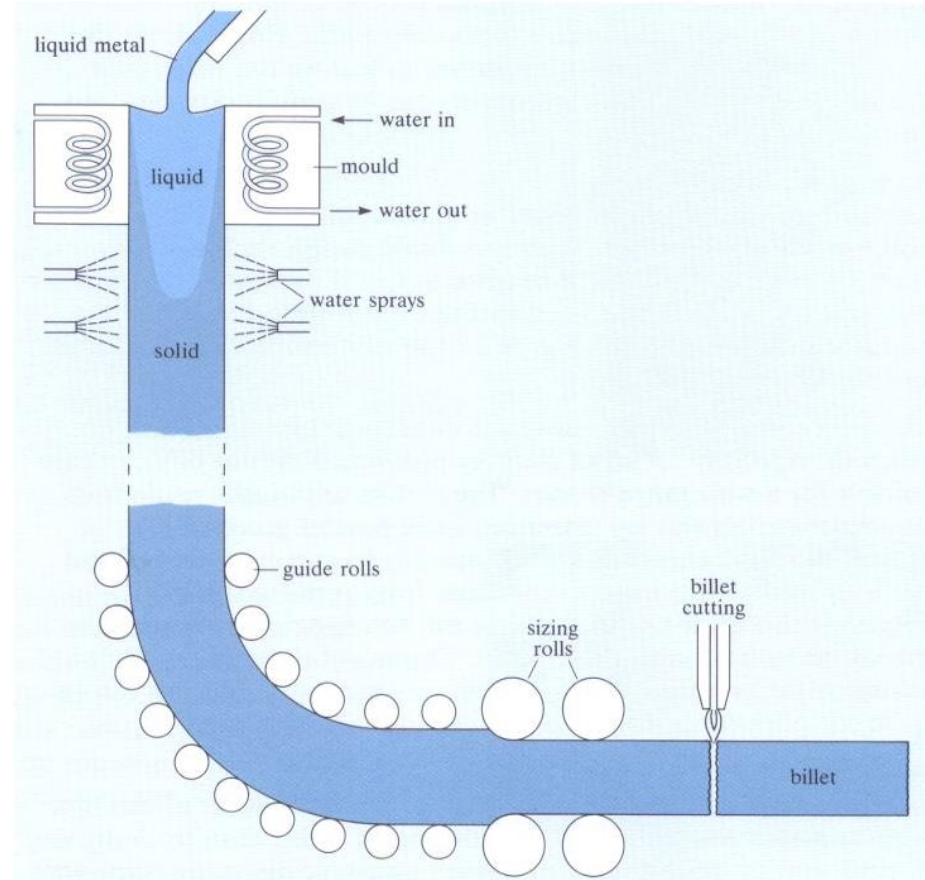
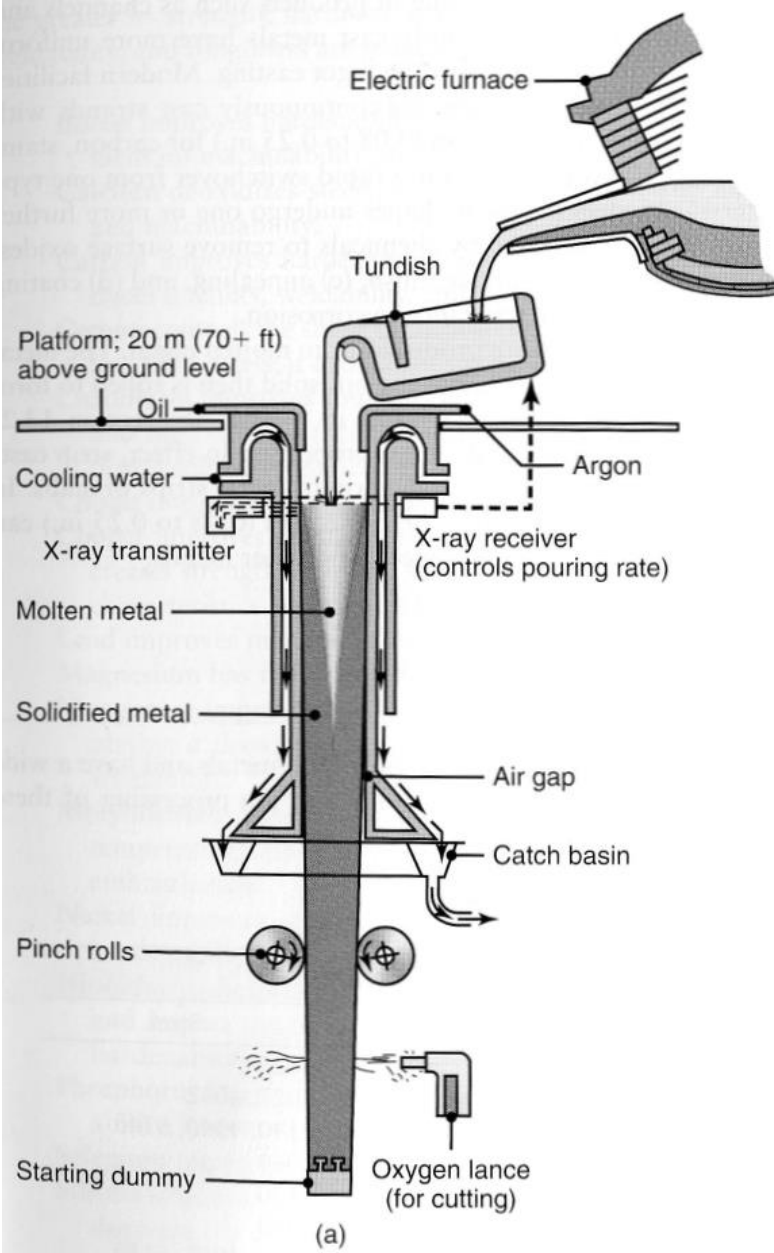
Metal or alloy	Shrinkage allowances mm / m
Aluminum alloy	13
Aluminum bronze	21
Yellow brass (thick sections)	13
Yellow brass (thin sections)	13
Gray cast iron (a)	8 - 13
White cast iron	21
Tin bronze	16
Gun metal	11 - 16
Lead	26
Magnesium	21
Magnesium alloys (25%)	16
Manganese bronze	21
Copper-nickel	21
Nickel	21
Phosphor bronze	11 - 16
Carbon steel	16 - 21
Chromium steel	21
Manganese steel	26
Tin	21
Zinc	26

Τυπικές ανοχές μηχανικής κατεργασίας

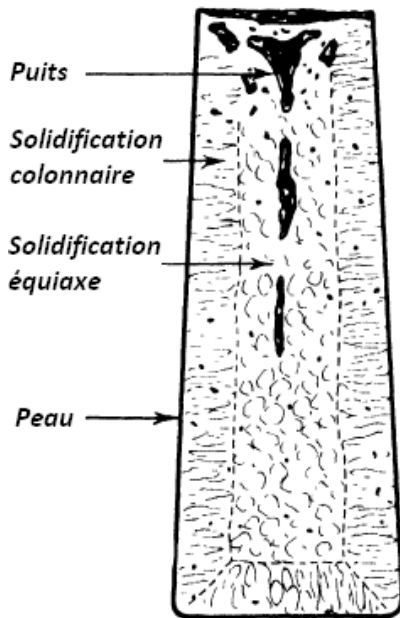
Pattern size, mm	Allowances, mm		
	Bore	Surface	Cope side
For cast irons			
Up to 152.....	3.2	2.4	4.8
152 - 305.....	3.2	3.2	6.4
305 - 510.....	4.8	4.0	6.4
510 - 915.....	6.4	4.8	6.4
915 - 1524.....	7.9	4.8	7.9
For cast steels			
Up to 152.....	3.2	3.2	6.4
152 - 305.....	6.4	4.8	6.4
305 - 510.....	6.4	6.4	7.9
510 - 915.....	7.1	6.4	9.6
915 - 1524.....	7.9	6.4	12.7
For nonferrous alloys			
Up to 76.....	1.6	1.6	1.6
76 - 152.....	2.4	1.6	2.4
152 - 305.....	2.4	1.6	3.2
305 - 510.....	3.2	2.4	3.2
510 - 915.....	3.2	3.2	4.0
915 - 1524.....	4.0	3.2	4.8

Συνεχής χύτευση

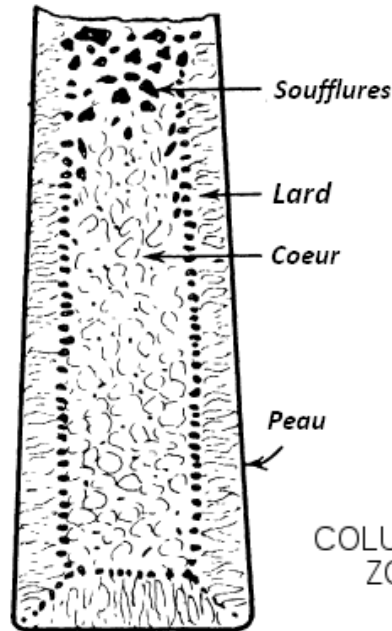
The Continuous Casting Process for STEELS



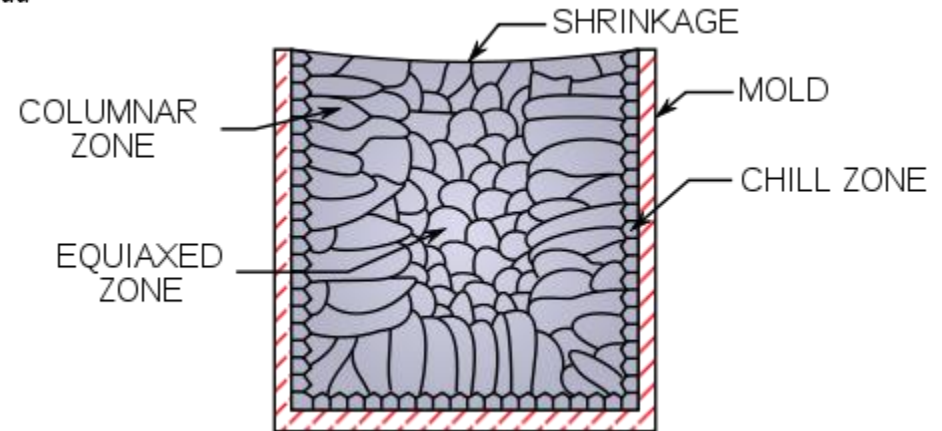
Χύτευση σε χελώνες ή μεγάλους όγκους (Ingot casting)



Acier calmé

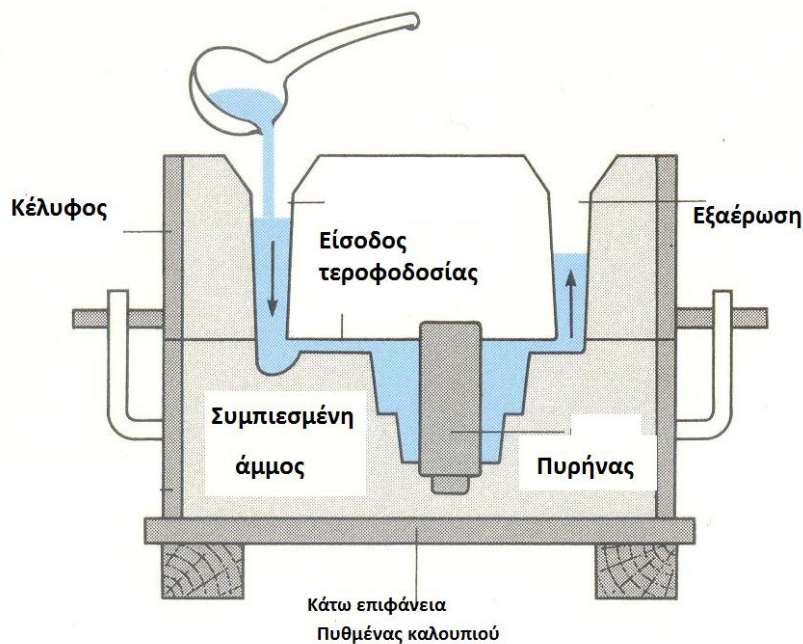


*Acier sauvage
(ou effervescent)*

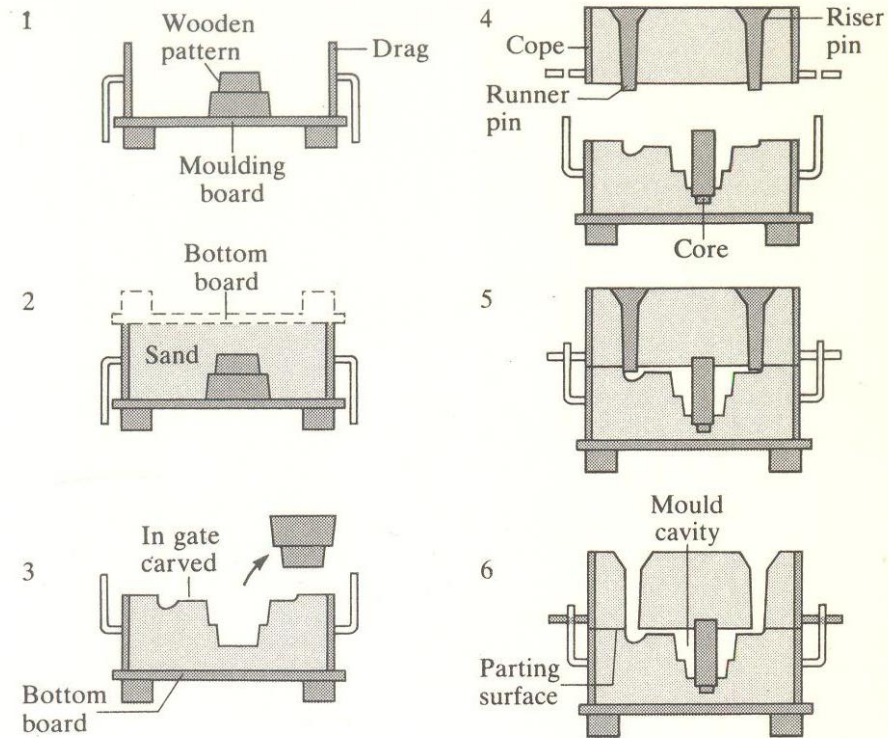


Χύτευση σε καλούπια άμμου (sand casting)

- Μέταλλα εκτός από τα πυρίμαχα πχ Ti



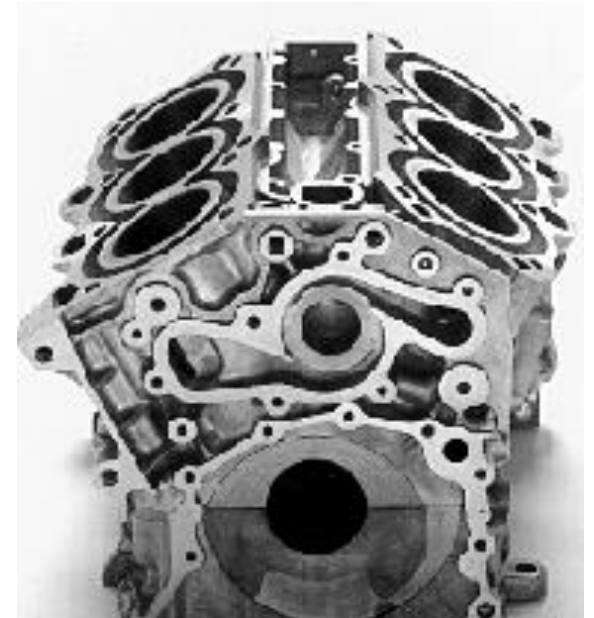
Στάδια προετοιμασίας καλούπιού



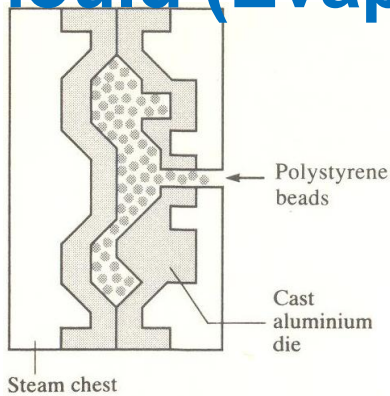
- Ποιότητα επιφάνειας περιορισμένη
- Πορώδες
- Μη μεταλλικές προσμείξεις δύσκολα να ελεγχθεί η κατανομή τους

- Κόστος λειτουργίας χαμηλό
- Το καλούπι φθινό και εύκολα κατασκευάσιμο

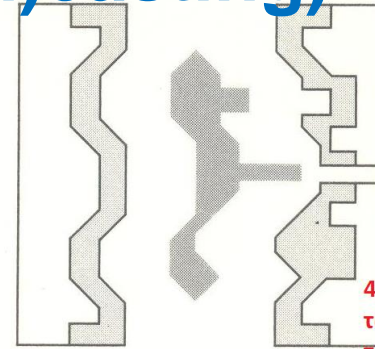
Παραδείγματα χύτευσης σε καλούπια άμμου— Sand Casting



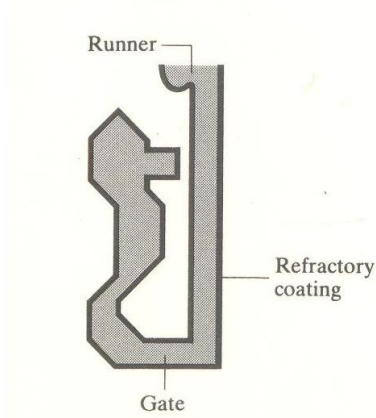
Χύτευση σε καλούπια γεμάτα με εξατμιζόμενο πληρωτικό υλικό (Full mould (Evaporative pattern) casting)



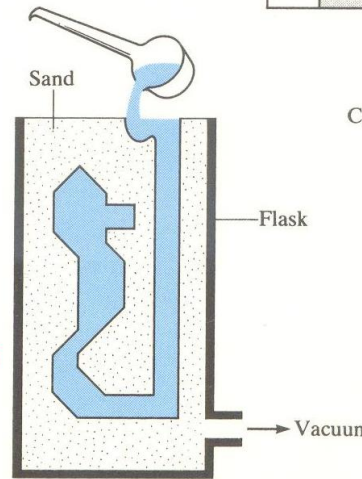
1. Έγχυση κοκκων πολυστυρενίου σε θερμαινόμενο καλούπι αλουμινίου.
Εισαγωγή ατμού μέσα από το καλούπι για τήξη και διόγκωση του πολυστυρενίου



2. Ψύξη του καλούπιού και αφαίρεση του ομοιώματος του αντικειμένου



3. Συγκόλληση των απαραίτητων εξερωτών, και δίοδων τροφοδοσίας καλυψη του ομοιώματος με πολύ κεραμικό και ξήρανση, ώστε να σχηματιστεί κεραμικό επίστρωμα

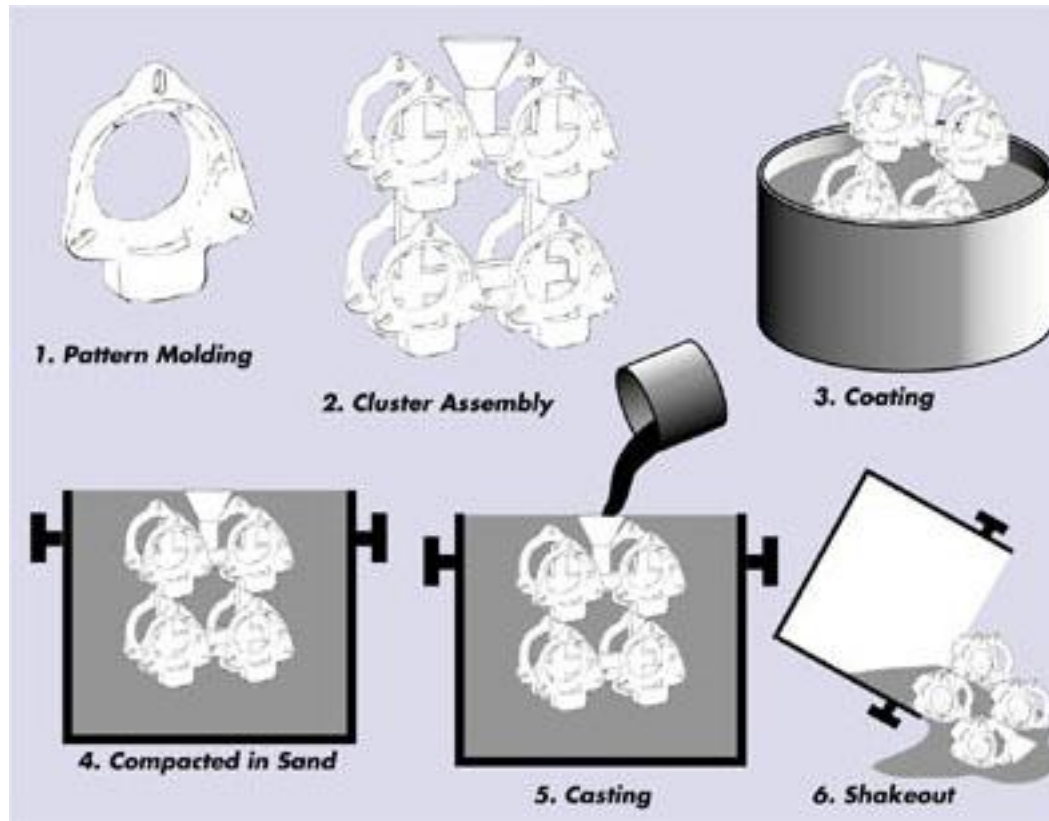


4. Το ομοίωμα τοποθετείται σε δοχείο το οποίο μετά γεμίζεται με άμμο η οποία γίνεται συμπαγής με δόνηση. Το δοχείο τοποθετείται σε σύστημα κενού και το λειωμένο μέταλλο τοποθετείται στο χώρο που καταλαμβάνει το ομοίωμα. Το πολυστυρένιο εξατμίζεται και απομακρύνεται από το σύστημα κενού.

Μετά τη χύτευση , ακολουθεί ψύξη και αποχωρισμός του χυτεύματος. Η άμμος ανακυκλώνεται.

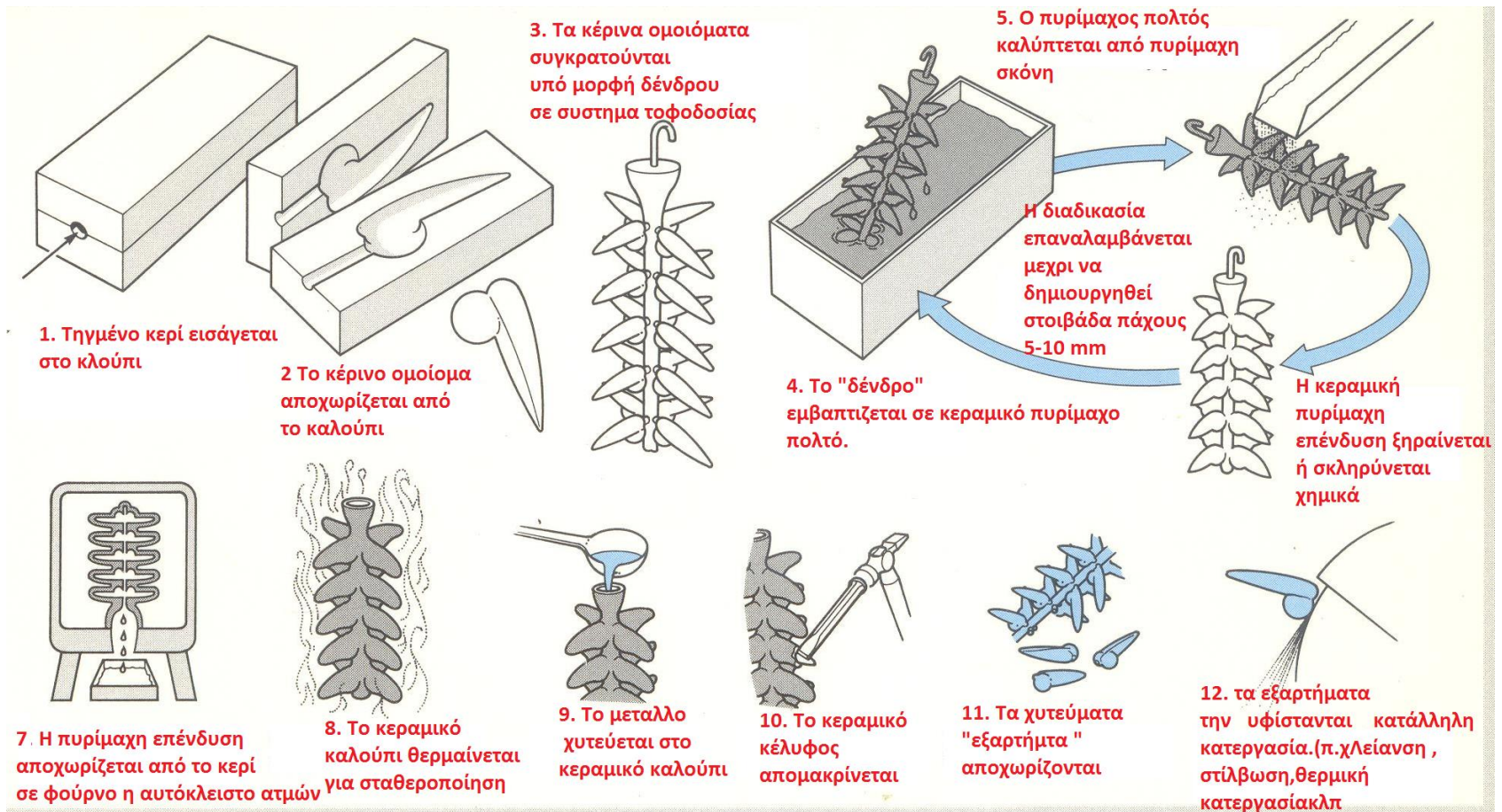
- Μέταλλα – κράματα με θερμοκρασία χύτευσης υψηλότερη της θερμοκρασίας εξάχνωσης του πληρωτικού υλικού
- Παραγωγή πολύπλοκων σχημάτων
- Χαμηλό κόστος

Χύτευση σε καλούπια με εξατμιζόμενο υλικό Lost Foam Casting



Χύτευση σε καλούπια επένδυσης

Investment casting

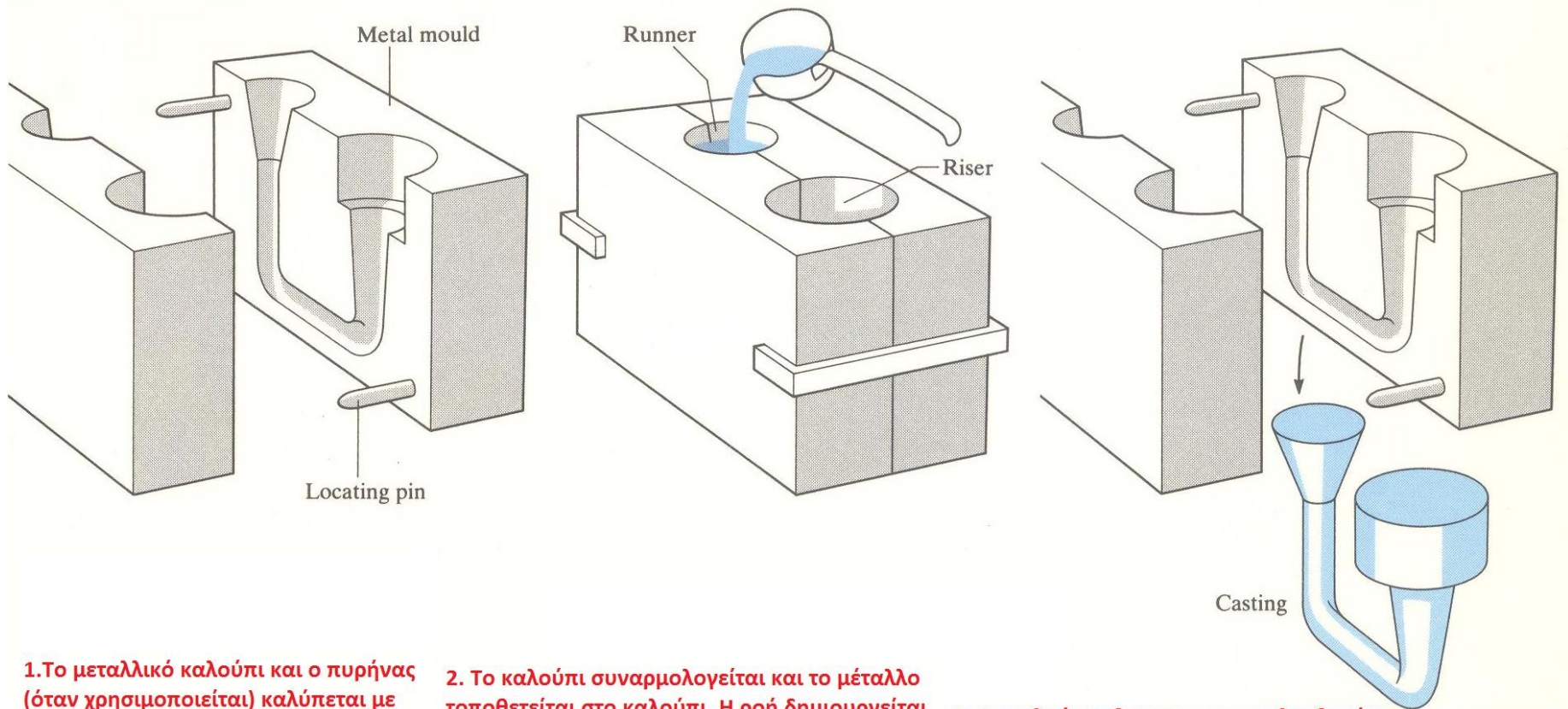


- Μέθοδος κατάλληλη για τα περισσότερα μέταλλα .Τα δραστικά μέταλλα μπορούν να χυτευτούν υπό κενό
- Ποιότητα επιφάνειας καλή
- Κόστος σχετικά υψηλό λόγω των πολλών σταδίων που απαιτεί η μέθοδος

Παράδειγμα χύτευσης επένδυσης



Χύτευση (υπό την επίδραση της βαρύτητας) σε μεταλλικά καλούπια (Gravity die casting)



1. Το μεταλλικό καλούπι και ο πυρήνας (όταν χρησιμοποιείται) καλύπεται με υλικό επικάλυψης. Το καλούπι θερμαίνεται και το υλικό επικάλυψης (λιπαντικό) εφαρμόζεται με σπρέϊ

2. Το καλούπι συναρμολογείται και το μέταλλο τοποθετείται στο καλούπι. Η ροή δημιουργείται υπό την επίδραση της βαρύτητας

3. Το καλούπι αβoιγεται και το ελευθερώνεται το χύτευμα το οποίο υποβάλλεται στις απαιτούμενες κατεργασίες

- Σιδηρούχα μέταλλα (χάλυβες και χυτοσίδηροι είναι δυνατό να χυτευτούν και ελαφρά κράματα
- Κόστος σχετικά χαμηλό
- Κατάσταση επιφάνειας καλή



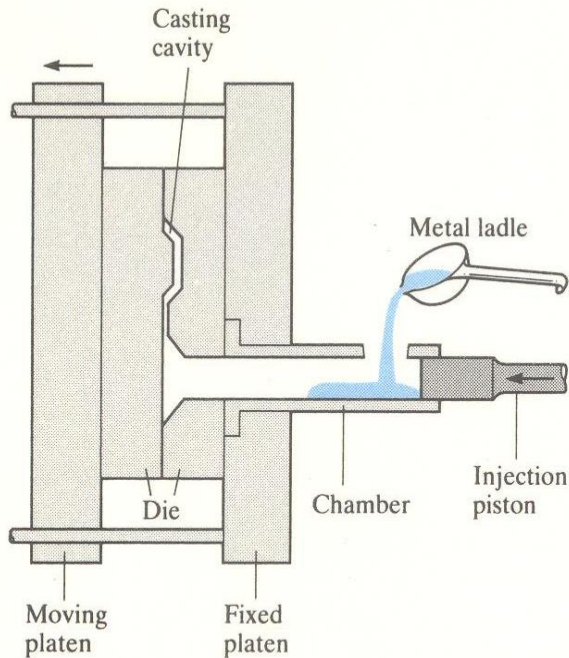
Τα καλούπια διαρκούν για 10000-100000 κομμάτια όταν χυτεύονται μαλακά μέταλλα Al,Zn

Σε ειδικά καλούπια γραφίτη μπορεί να χυτευτούν χάλυβες



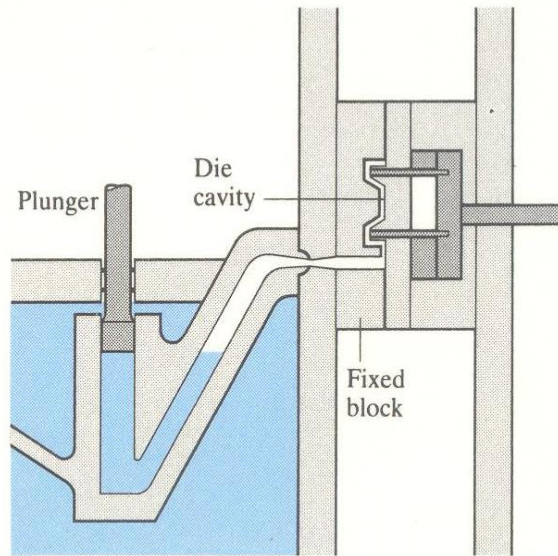
Χύτευση υπό πίεση (Pressure Die casting)

ς



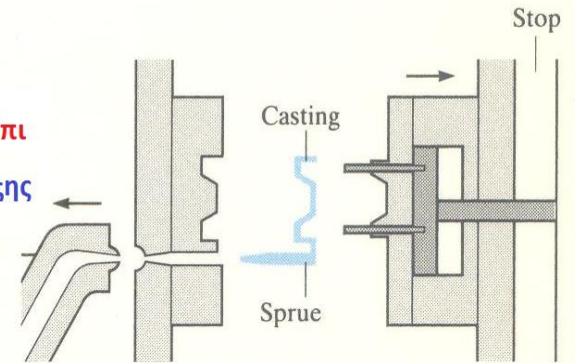
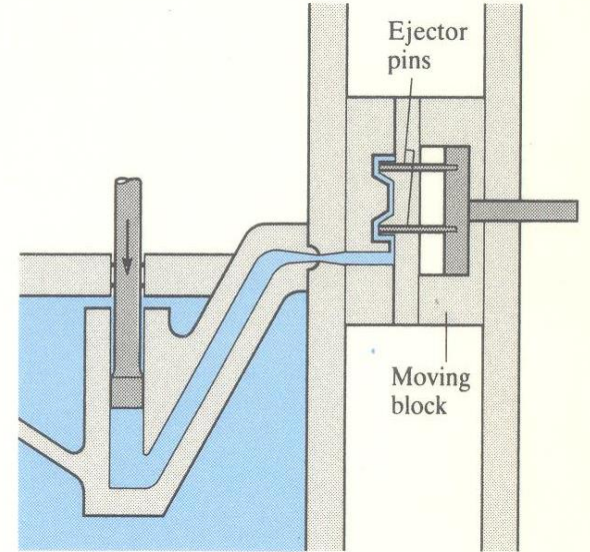
Χύτευση υπό πίεση σε μη θερμαινόμενο(ψυχρό) καλούπι

- Το τηγμένο μέταλλο ωθείται στο μη θερμαινόμενο καλούπι με κατάλληλο έμβολο.
- Το υλικό στεραιοποιείται ταχύτητα <math>< 1s</math>
- Υφή επιφάνειας καλή
- Το κόστος ποικίλει



Χύτευση υπό πίεση σε θερμαινόμενο καλούπι

- Το τηγμένο μέταλλο ωθείται από το χώρο της τήξης με κατάλληλη διάταξη στο θερμαινόμενο καλούπι
- Η μεθοδος ενδεικνυται για μεταλλο με χαμηλό σημείο τήξεως
- Υφή επιφανειας καλή

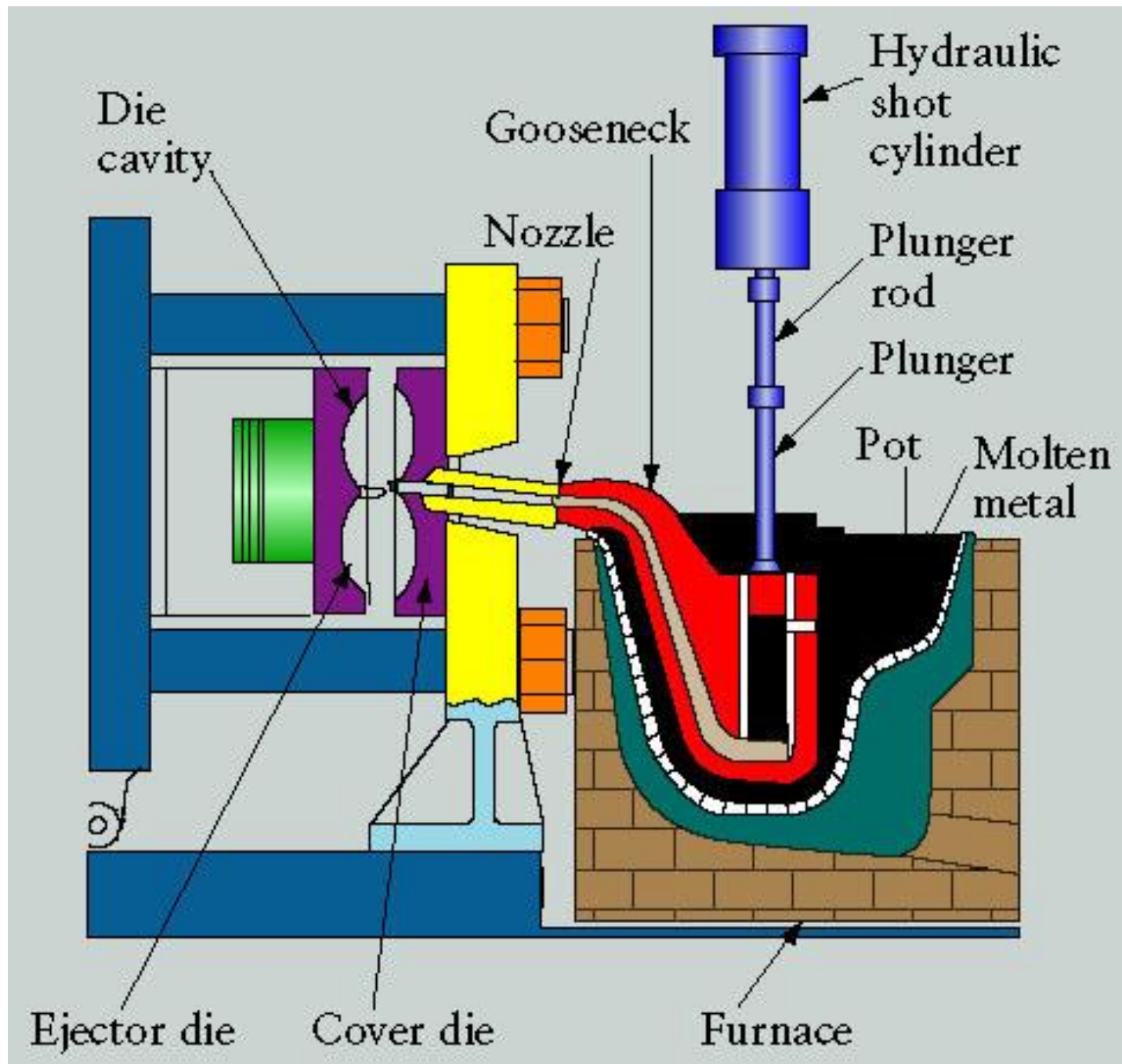


Χύτευση σε μεταλλικά καλούπια υπό πίεση

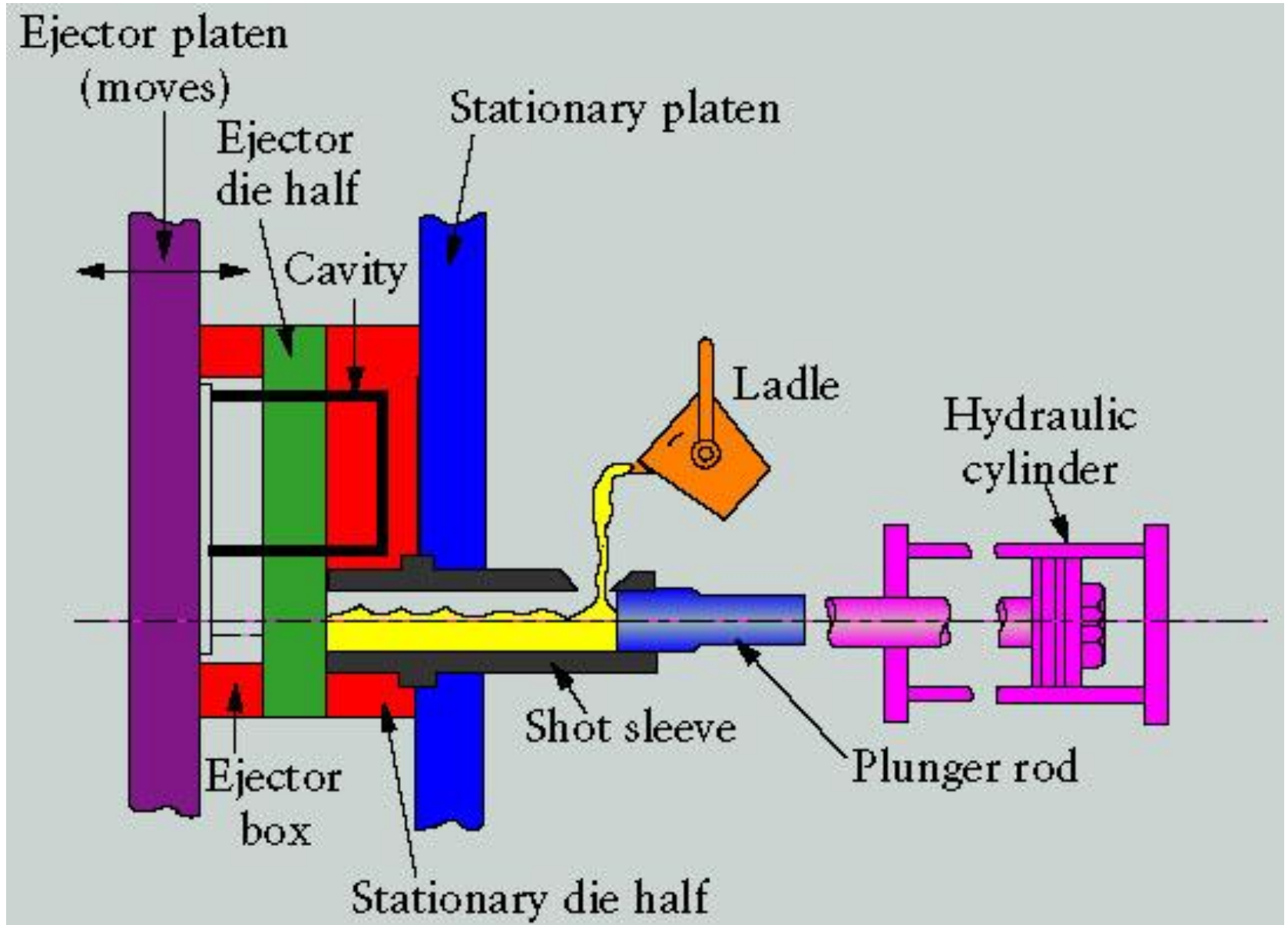
Το καλούπι διαρκεί για 100000 κομμάτια
Πίεση 2000-30000psi



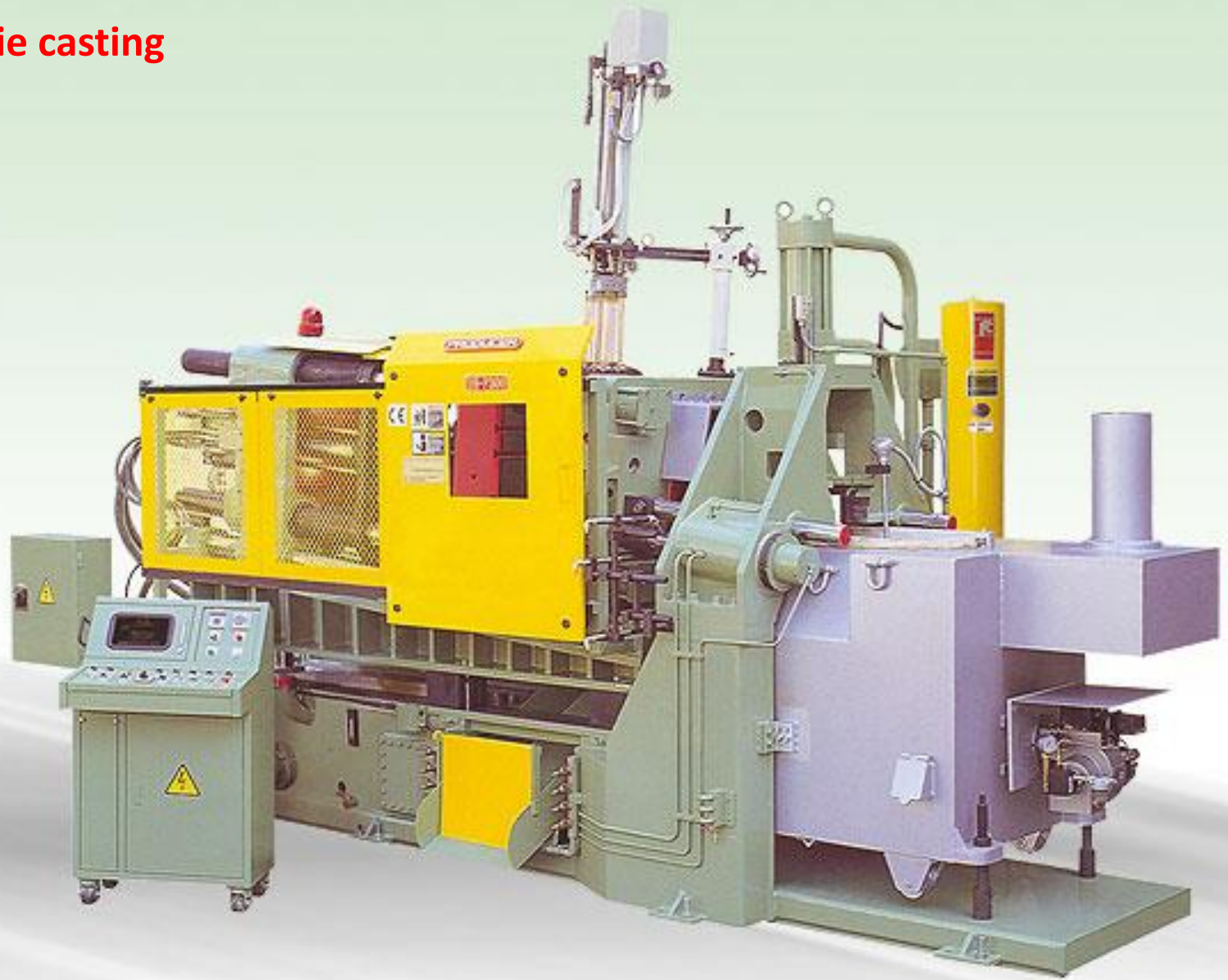
Die Casting:
Hot-Chamber
Process:
zinc alloys



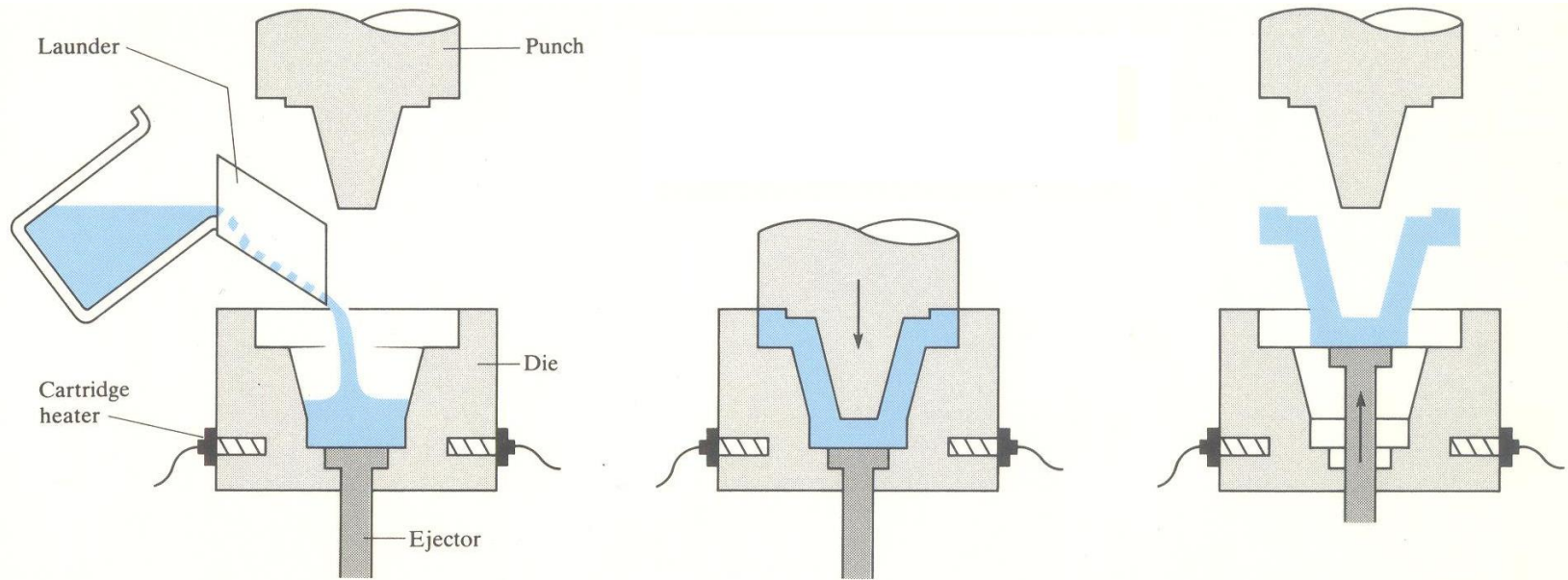
Die Casting: Cold-Chamber Process: aluminum alloys



Die casting



Χύτευση με συμπίεση (Squeeze casting)



Stage 1

Το προθερμασμένο καλούπι τοποθετείται σε υδραυλική πρέσσα και καλύπτεται με καταλληλο αντιδραστήριο πχ γραφίτη. Ακριβής ποσότητα υγρού μετάλλου τοποθετείται στο καλούπι

Stage 2

Το ελεύθερο τμήμα του καλουπιού τοποθετείται εντος του σθερού τμήματος και πιέζεται μέχρι την πλήρη εφαρμογή και παραμένουν στη θέση συμπίεσης μέχρι τη στερεοποίηση του υλικού

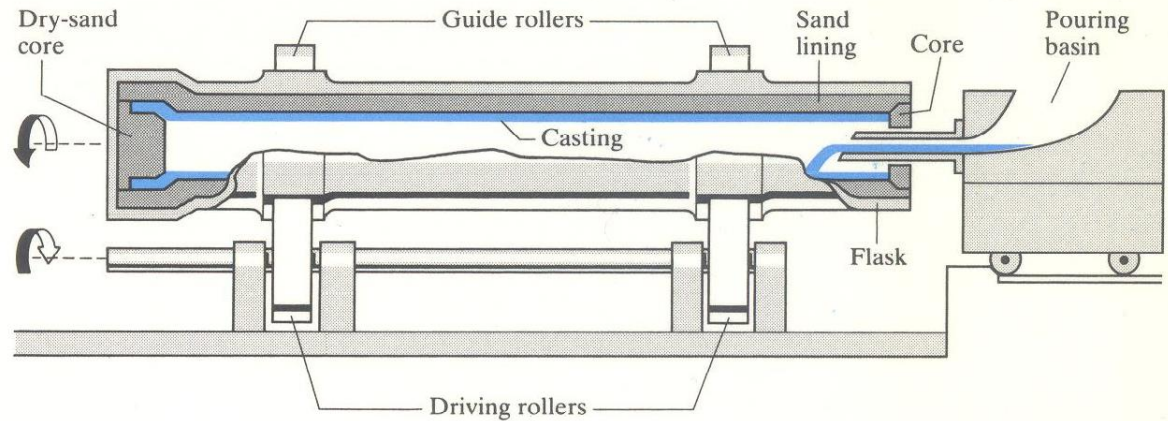
Stage 3

Απομάκρυνση του κινητού τμήματος του καλουπιού. Ο εξολκέας ωθεί το χύτευμα προς τα έξω.

- Ελαφρά μέταλλα και μη πυρίμαχα
- Υφή της επιφάνειας καλή
- Χαμηλό πορώδες και λεπτόκοκκη δομή λόγω της συμπίεσης
- Υψηλό κόστος λόγω πολυπλοκότητας και απαιτούμενης ακρίβειας λειτουργίας

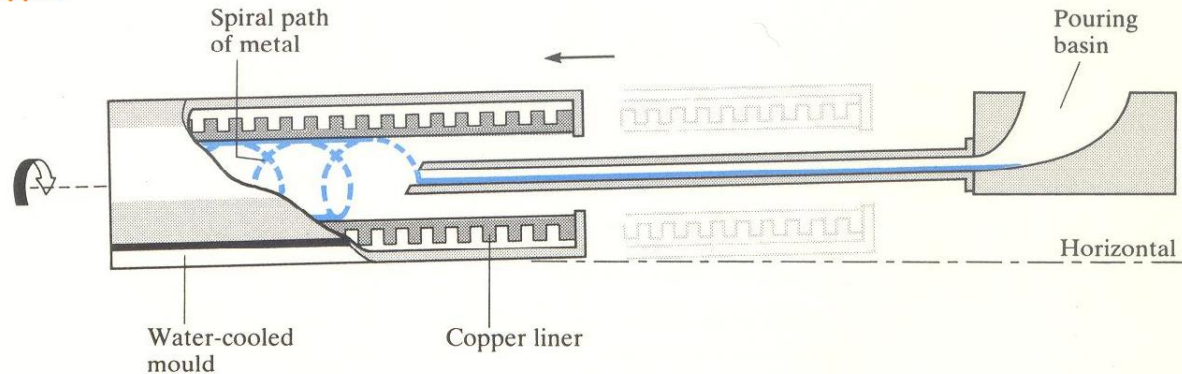
Φυγοκεντρική χύτευση (Centrifugal casting)

Το λειωμένο μέταλλο εισαγεται σε κυλινδρικό χαλύβδινο καλούπι που φέρει επένδυση από χαλκό ή άμμο με συνδετική ύλη. Το καλούπι περιστρέφεται γύρω από το μεγάλο άξονα του κατανομοντας το λειωμένο μέταλλο στην εσωτερική του επιφάνεια. Χρησιμοποιείται για τη χύτευση σωλήνων χωρίς τη χρήση πυρήνα



Sand mould casting

χύτευση σε καλούπι άμμου



Metal mould casting

Χύτευση σε μεταλλικό καλούπι

- Εφαρμόζεται στα μέταλλα που δεν είναι πυρίμαχα
- Το πορώδες και μη μεταλλικές προσμείξεις μετακινούνται προς την εσωτερική επιφάνεια λόγω της χαμηλής πυκνότητάς τους και δίνουν πολύ καλή εξωτερική επιφάνεια
- Κόστος σχετικά χαμηλό

Σύγκριση μεθόδων χύτευσης

Process	Cost *			Production rate (Pc/hr)
	Die	Equipment	Labor	
Sand	L	L	L-M	<20
Shell-mold	L-M	M-H	L-M	<50
Plaster	L-M	M	M-H	<10
Investment	M-H	L-M	H	<1000
Permanent mold	M	M	L-M	<60
Die	H	H	L-M	<200
Centrifugal	M	H	L-M	<50

* L, low; M, medium; H, high.

Σύγκριση μεθόδων χύτευσης

Χύτευση σε καλούπια άμμου (Sand Casting)

- Εργαλεία και τον εξοπλισμό κόστος είναι χαμηλό
- Άμεσο εργατικό κόστος είναι υψηλό
- Χρησιμοποίησης υλικού είναι χαμηλή
- Κόστος κατεργασίας για ολοκλήρωση του προϊόντος μπορεί να είναι υψηλό
- Ανοχές 0,7-2mm

Χύτευση σε καλούπια επένδυσης (Investment casting)

- Κόστος εξοπλισμού μέτριο ανάλογα με την πολυπλοκότητα
- Το κόστος εξοπλισμού είναι χαμηλό
- Άμεσο εργατικό κόστος είναι υψηλό
- Το κόστος των υλικών είναι χαμηλό
- Ανοχές 0,08-0,2mm

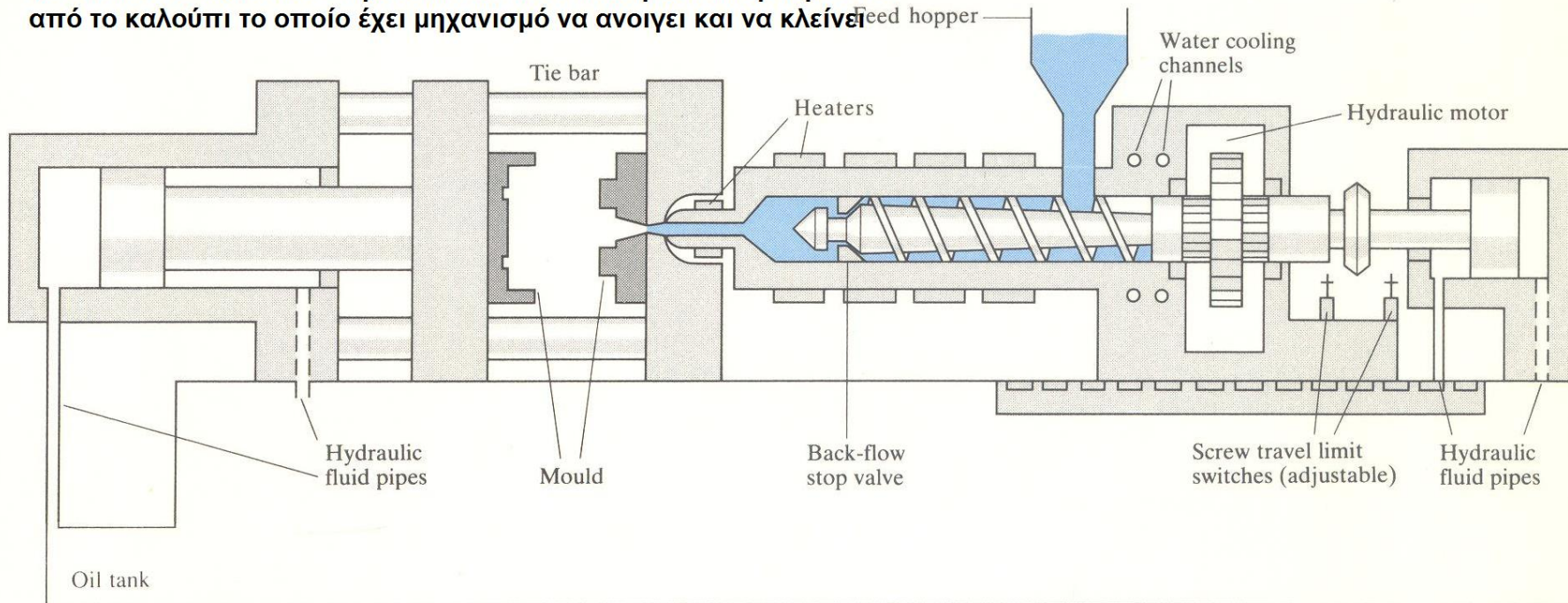
Χύτευση σε καλούπια υπό πίεση (Die Casting)

- Κόστος εξοπλισμού είναι υψηλό
- Το άμεσο εργατικό κόστος είναι χαμηλό έως μέτριο
- Χρησιμοποίησης υλικού είναι υψηλή
- Ανοχές 0,08-0,6mm

Μορφοποίηση πλαστικών με χύτευση

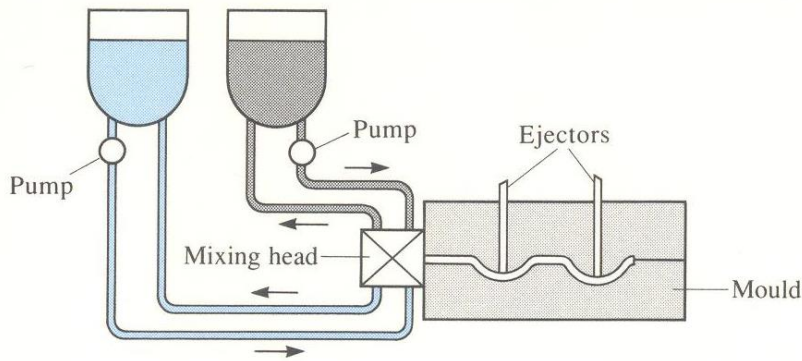
Χύτευση με έγχυση (Injection moulding)

Λειωμένο πολυμερές (πλαστικό) ωθείται με μεγάλη πίεση σε μεταλλικό καλούπι. Το πλαστικό στεραιοπιείται υπό πίεση και απομακρύνεται από το καλούπι το οποίο έχει μηχανισμό να ανοίγει και να κλείνει.

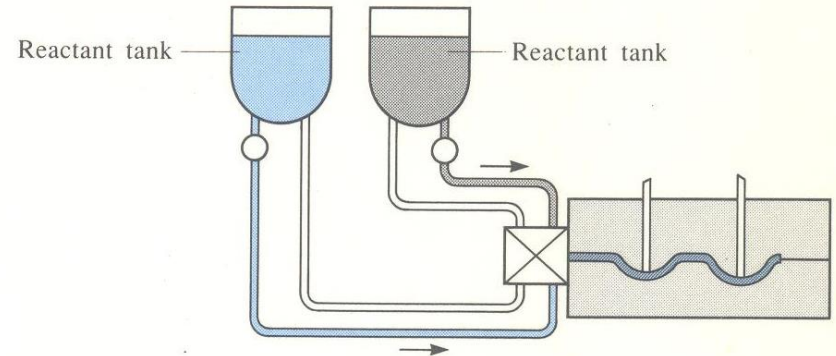


- Εφαρμόζεται στα θερμοπλαστικά, ελαστικά στα θερμοσκληραινόμενα, και τα σύνθετα (composites)
- Ποιότητα καλή σε σχέση με την μεγάλη ταχύτητα της μεθόδου
- Κόστος υψηλό λόγω κόστους του εξοπλισμού

Χύτευση με έγχυση και αντίδραση (Reaction injection moulding)

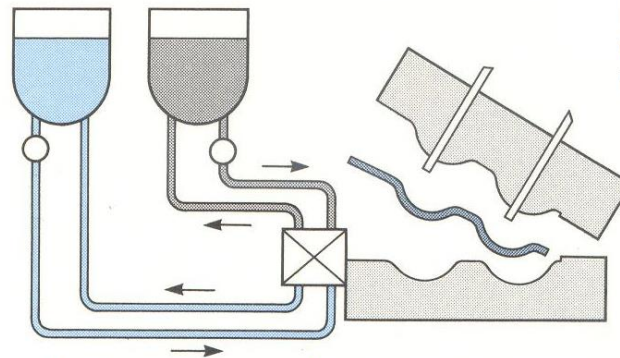


Στη στάσιμη κατάσταση το σύστημα δίνει τη δυνατότητα κυκλοφορίας των αντιδραστηρίων χωρίς αναμείξη



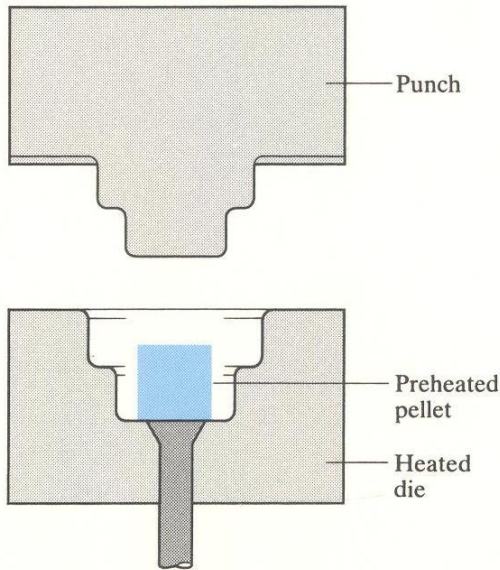
Η κεφαλή ανάμειξης ανοίγει και τα αντιδραστήρια αναμειγνύονται και το μίγμα εισάγεται στο καλούπι με μεγάλη ταχύτητα. Η κεφαλή ανάμειξης κλείνει όταν το καλούπι γεμίσει

Εφαρμόζεται σε πλαστικά και σε πλαστικές μήτρες σύνθετων υλικών
Η ποιότητα ποικίλει

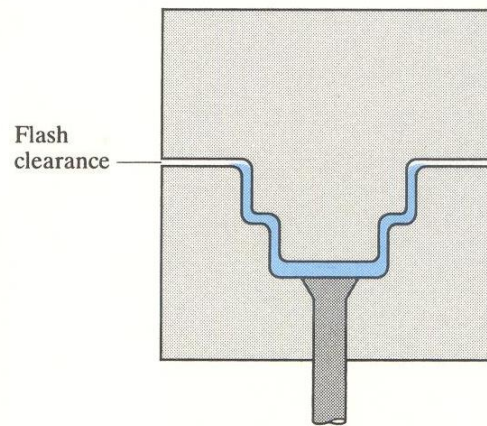


Μετά το χρόνο αντίδρασης το Καλούπι ανοίγει και το εξάρτημα παραλαμβάνεται

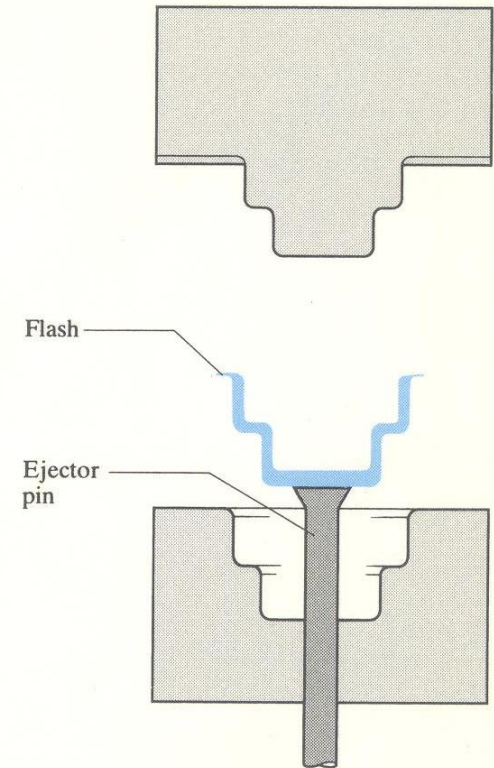
Μορφοποίηση με συμπίεση Compression moulding



Προθερμασμένο υλικό τοποθετείται
σε θερμαινόμενο καλούπτι



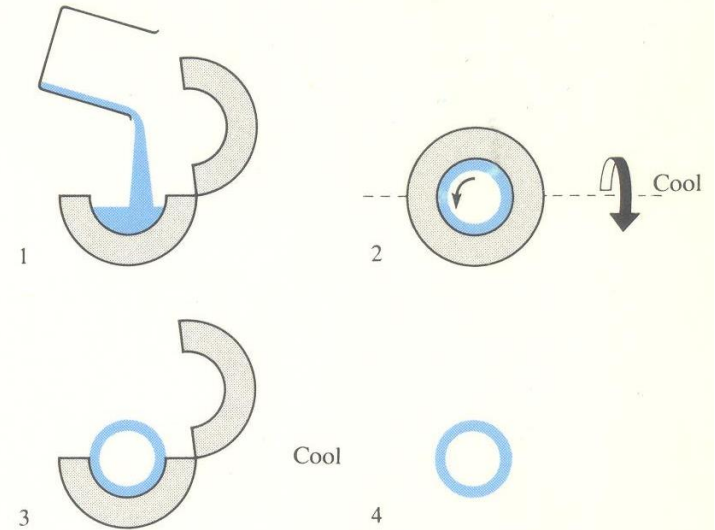
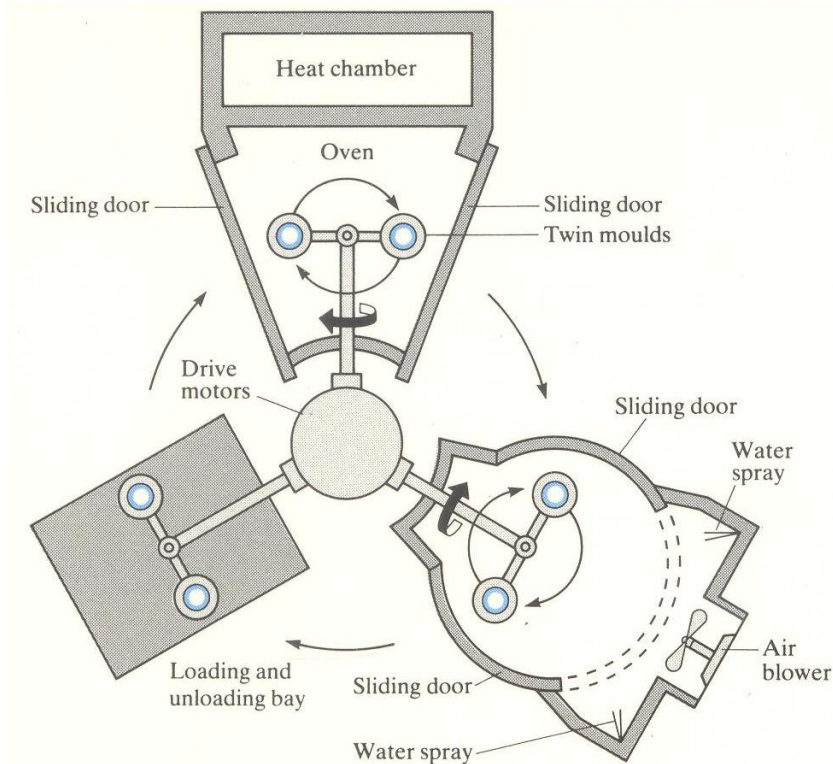
Το καλούπτι κλείνει με πίεση και
παραμένει κλειστό υπό πίεση μέχρι
να μορφοποιηθεί το υλικό



Το καλούπτι ψύχεται πριν από την
απομάκρυνση του μορφοποιημένου
υλικού

- Καλούπτι μόνιμο ,μεταλλικό
- Μέθοδος κατάλληλη για θερμοπλαστικά , θερμοσκληραινόμενα ,και πλαστικές μήτρες σύνθετων
- Η ποιότητα εξαρτάται από το χειρισμό της μεθόδου
- Κόστος σχετικά χαμηλό

Περιστροφική μορφοποίηση (Rotational Moulding)



1. Προστίθεται μετρημένη ποσότητα πολυμερούς στο καλούπι

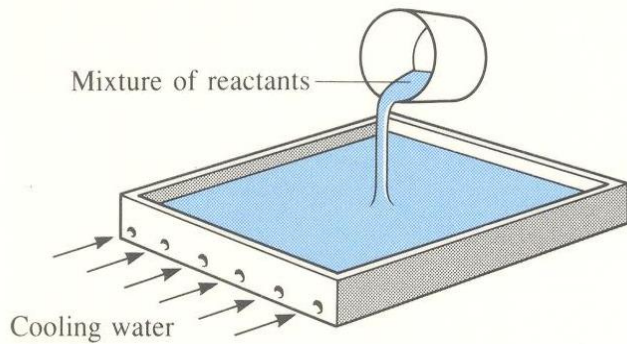
2. Κλείνουμε το καλούπι και το περιστρέφουμε ως προς δύο ή περισσότερους άξονες σε θερμαινόμενο θάλαμο

3. Ψυχουμε και ανοίγουμε το καλούπι

4. Απομακρύνουμε το προϊόν

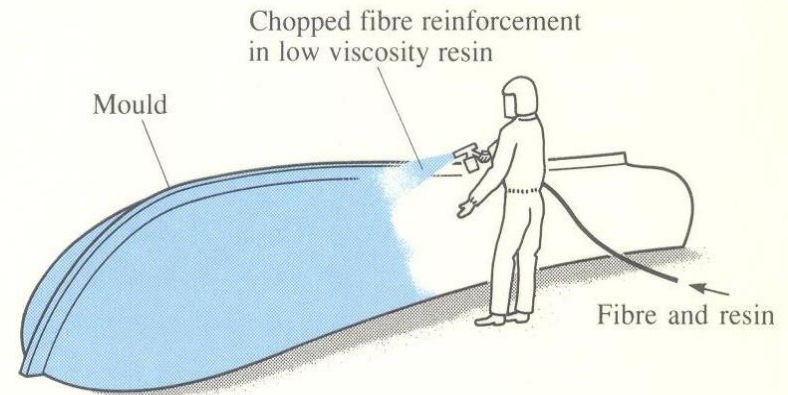
- Η μέθοδος εφαρμόζεται κυρίως για θερμοπλαστικά
- Χύτευση δοχείων και προϊόντων που περιέχουν σπές
- Κόστος χαμηλό, Ποιότητα καλή

Χύτευση μονομερών σε ανοικτά καλούπια (monomer casting)



Monomer casting

Μίγμα αντιδρώντων μονομερών αναμειγνύονται και τοποθετούνται υπο ψύξη στο καλούπι. Εφαρμόζεται για την παραγωγή φύλλων πολυμερών υλικών

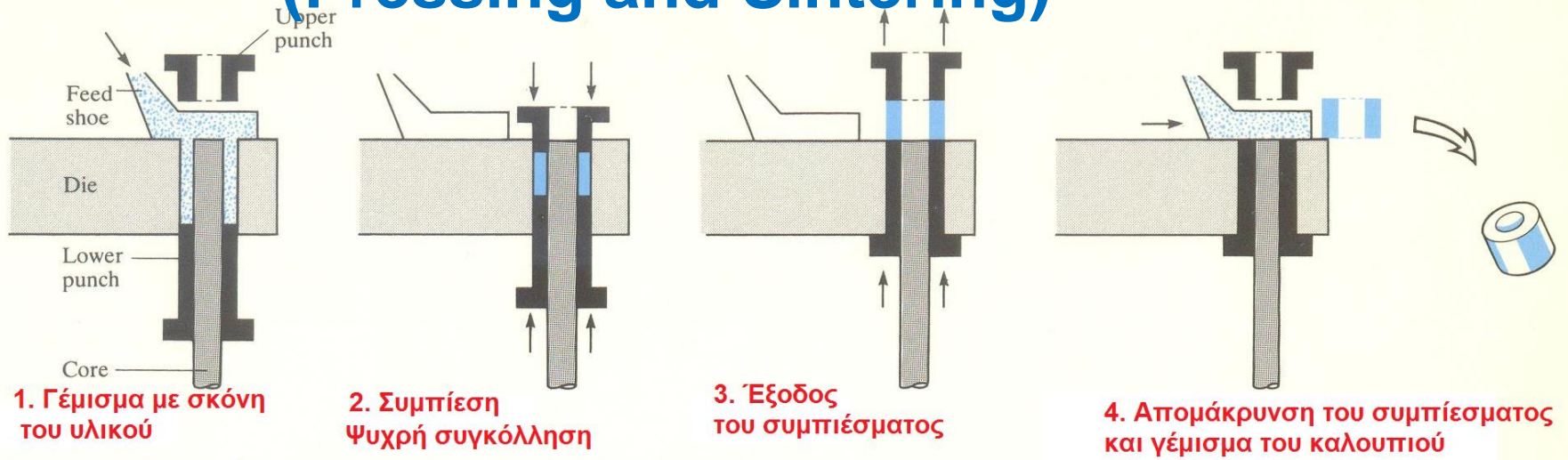


Contact moulding

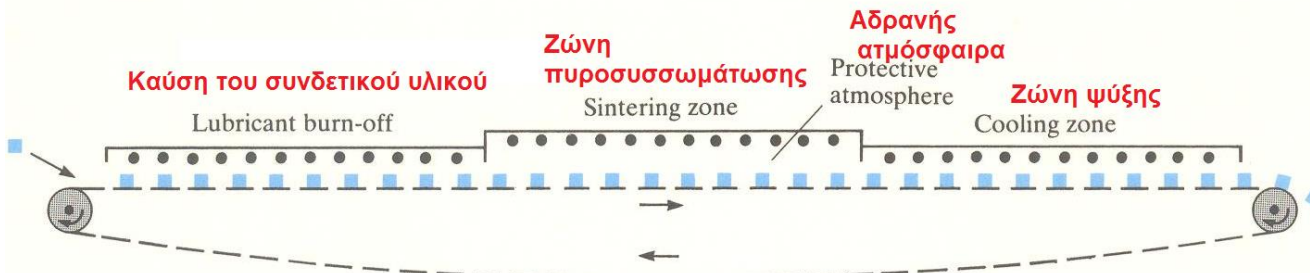
Παραγωγή πολυστρωματικών σύνθετων (composites) πολυμερών υλικών

Μορφοποίηση δύστηκτων μέταλλων και κεραμικών

Μονοαξονική συμπίεση και πυροσυσσωμάτωση (Pressing and Sintering)



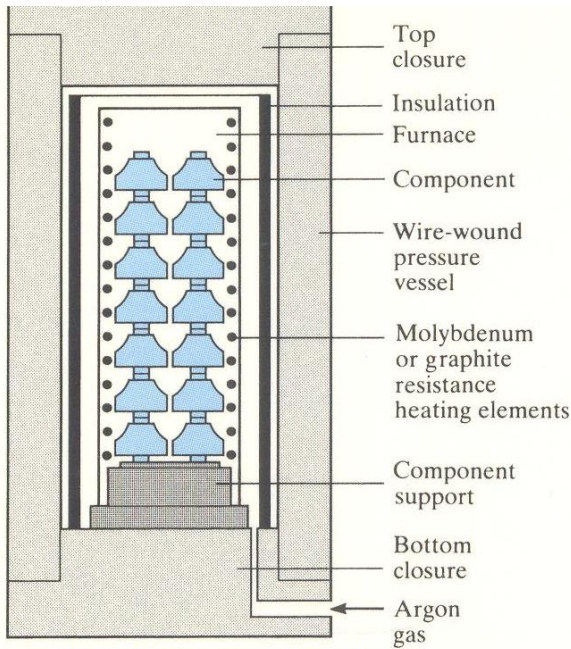
Sequence of operations for production of cylindrical bearing



Sintering operation Διεργασία πυροσυσσωμάτωσης

- Εφαρμόζεται σε όλα τα μέταλλα ιδίως στα δύστηκτα και τα κεραμικά υλικά
- Τρισδιάστατα σχήματα χωρίς εσοχές με γωνίες
- Κόστος υψηλό ιδιαίτερα αν η μέθοδος είναι αυτοματοποιημένη

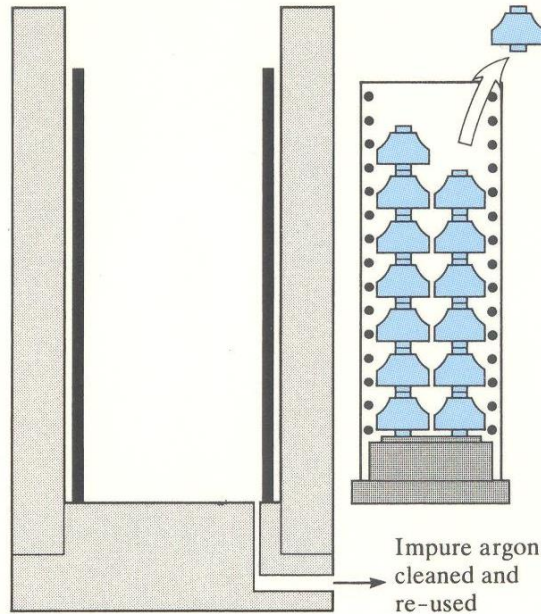
Ισοστατική συμπίεση (Isostatic pressure)



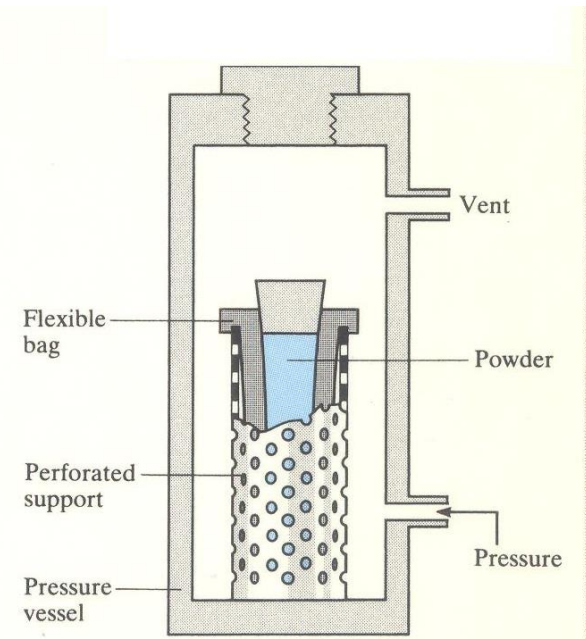
Hot Isostatic pressing HIP Θερμή ισοστατική συμπίεση

1. Τα καλούπια των εξαρτημάτων γεμάτα με σκόνη του υλικού τοποθετούνται εντός θερμαινόμενου συστήματος ισοστατικής πίεσης.

Η συμπίεση και η θέρμανση γίνονται ταυτόχρονα



2. Ψύξη, Απελευθέρωση του αδρανούς αερίου (καθαρισμός και ανακύκλωση). Απομάκρυνση των εξαρτημάτων από το φούρνο



Cold isostatic pressing (CIP)

Ψυχρή ισοστατική πίεση
Το υλικό τοποθετείται σε κατάλληλο για ισοστατική συμπίεση καλούπι και συμπιέζεται χωρίς θέρμανση. Ακολουθεί η διεργασία sintering

Ισοστατική συμπίεση: Η σκόνη του υλικού τοποθετείται σε παραμορφώσιμο καλούπι και υποβάλλεται σε υδροστατική συμπίεση

Παραγωγή σκόνης μετάλλου

- Κατάτμηση του μετάλλου σε ειδικά τριβεία. Εφαρμόζεται στα εύθραυστα μέταλλα
- Διοχέτευση αδρανούς αερίου υπό πίεση μέσω υγρού μετάλλου
- Ηλεκτρολυτική απόθεση(σπογγώδης απόθεση)
- Αναγωγή οξειδίων με υδρογόνο ή μονοξείδιο του άνθρακα. Εφαρμόζεται σε δύστηκτα μέταλλα W, Mo, Ni, Co ,και άλλα
- Διάσπαση καρβονυλικών ενώσεων μετάλλων
(ενώσεις μετάλλου με μονοξείδιο του άνθρακα)

Κονιομεταλλουργία (powder metallurgy)

Μια σπουδαία τεχνική για τη σχηματοποίηση
μετάλλων και προηγμένων κεραμικών

Εφαρμογές της κονιομεταλλουργίας

- **Μορφοποίηση δύστηκτων μετάλλων(π.χ W,Mo,Ta,Nb κλπ**
- **Παραγωγή κραμάτων κατάλληλων για ηλεκτρικές επαφές**
- **Παραγωγή πορωδών κραμάτων για αυτολυπαινόμενα έδρανα**
- **Μορφοποίηση καθαρών μετάλλων**
- **Μεταλλα ή κραματα που χυτεύονται ή υφίστανται κατεργασία δυσκολία π.χ κράματα Fe, Co ,Al, Ni και Cu**
- **Κατασκευή σκληρών εξαρτημάτων πολύπλοκων σχημάτων**
- **Παραγωγή σκληρομετάλλων(hard metals)**

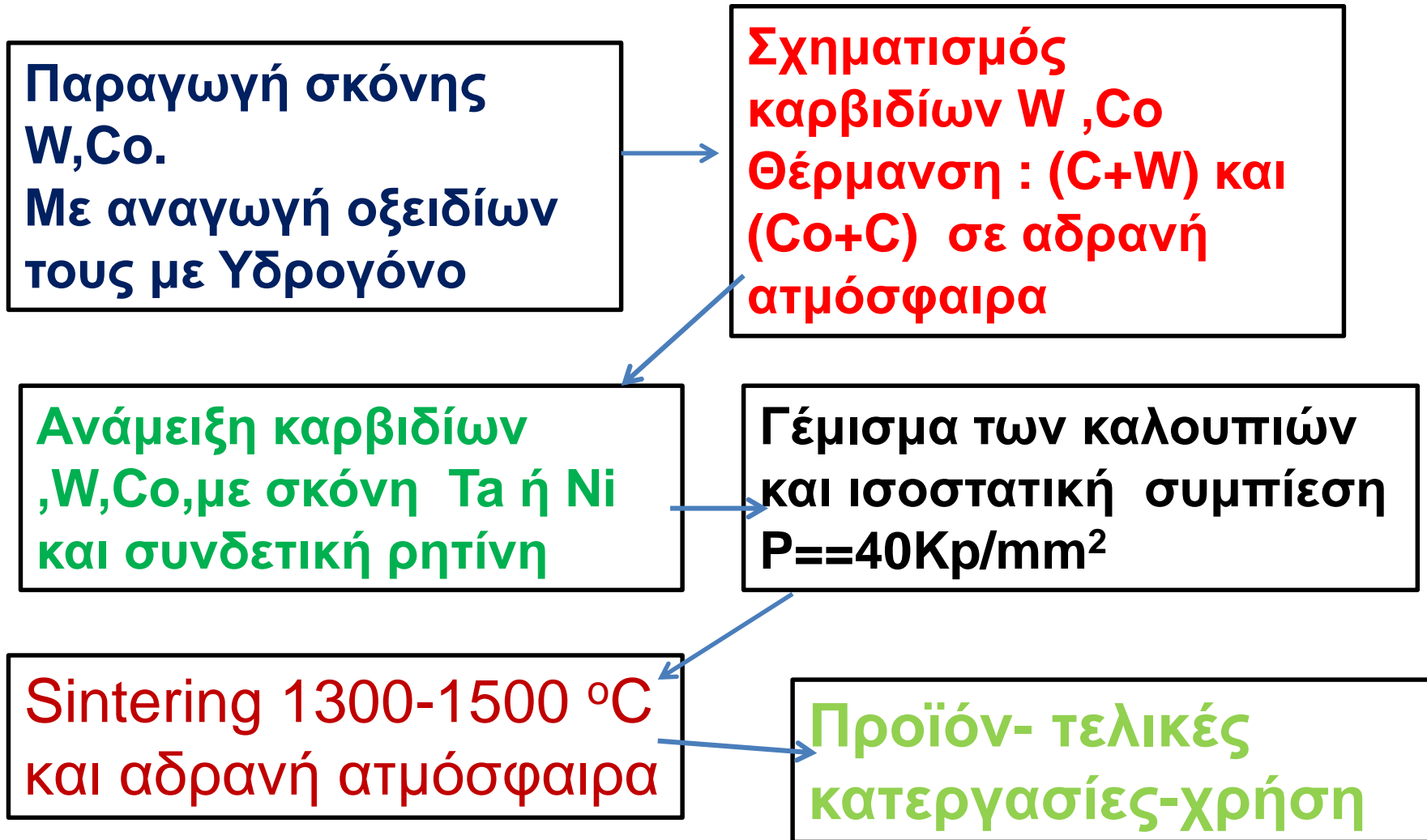
Σκληρομέταλλα

- Είναι κράματα καρβιδίων σκληρών μετάλλων

π.χ W,Ti,Ta,Nb με Co,Ni.

- Χρησιμοποιούνται σε εργαλεία κοπής και πλεονεκτούν έναντι των χαλύβων εργαλείων και ταχυχάλυβων. Διατηρούν τη σκληρότητα τους σε υψηλές θερμοκρασίες και υψηλές ταχύτητες.

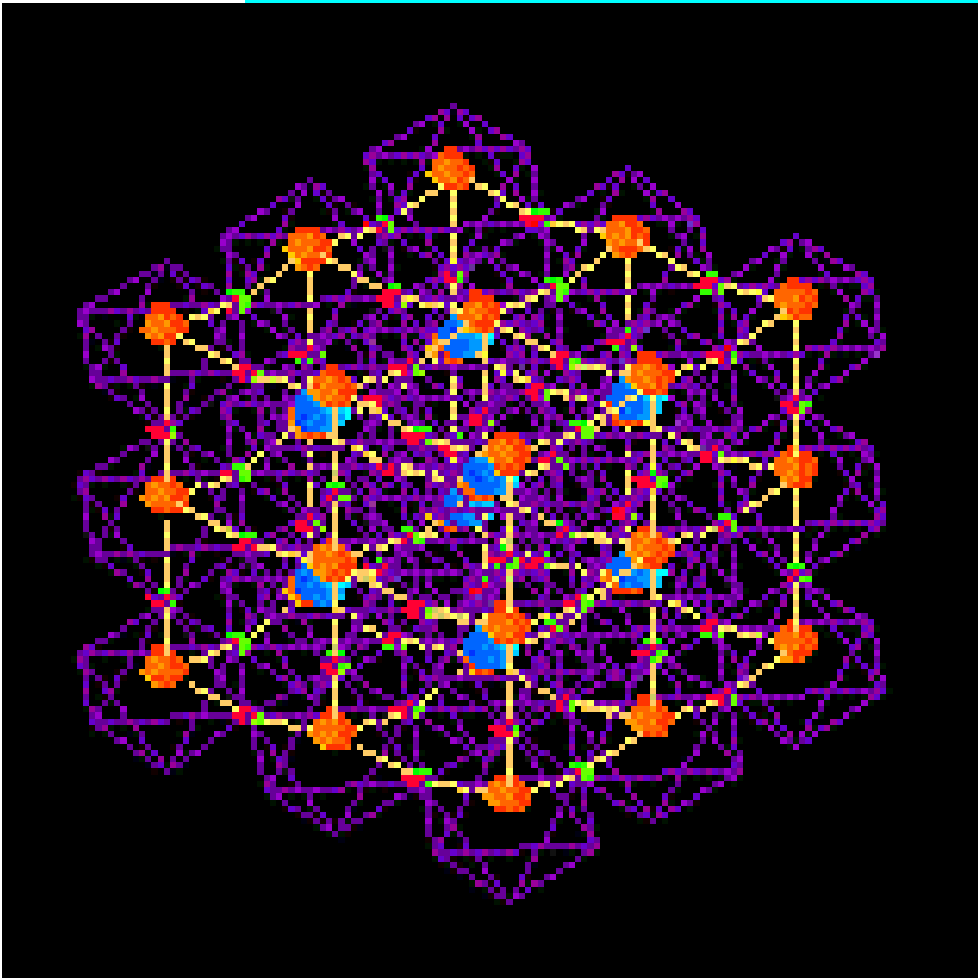
Διάγραμμα ροής διεργασιών παραγωγής σκληρομετάλλων



Πριν από 13 εβδομάδες
διδασκαλίας.....

.....

Επιστήμη των Υλικών Ένας συναρπαστικός κόσμος!



Καλώς ήλθατε
στο συναρπαστικό
κόσμο
της Επιστήμης &
Τεχνολογίας των
Υλικών !

Το ταξίδι στον κόσμο των υλικών μέσα από το μάθημα αυτό τέλειωσε σήμερα.

Αν μελετήσετε σωστά θα αποκτήσετε τις βασικές γνώσεις για να το συνεχίσετε μόνοι σας όταν σας χρειάζεστε.....

ΚΑΛΗ ΕΠΙΤΥΧΙΑ !!!!