

procédés de fabrication

OBTENTION DES PIECES PAR FUSION du métal MOULAGE



2015

D. EL MESSAOUDI

Contenu:

MOULAGE

Généralités

Principales classes de procédés de moulage

Exemple des pièces moulées

Le moule de fonderie

Moulage en sable

Phases d'obtention des pièces par moulage

Coulée en coquille

Règles à appliquer lors de conception des pièces moulées

Cycle de moulage

Moulage sous pression

Moulage par injection de métal (poudre avec liant)

Conclusion

MOULAGE

Généralités

Le moulage ou fonderie est un ensemble de procédés qui permet de réaliser des pièces métalliques brutes (pleines ou creuses) par coulée du métal (ou de polymère pâteux) en fusion dans un moule en sable ou en métal (représentant l'empreinte de la pièce à obtenir), le métal en se solidifiant, reproduit les contours et dimensions de l'empreinte du moule.

Possibilités et avantages du moulage

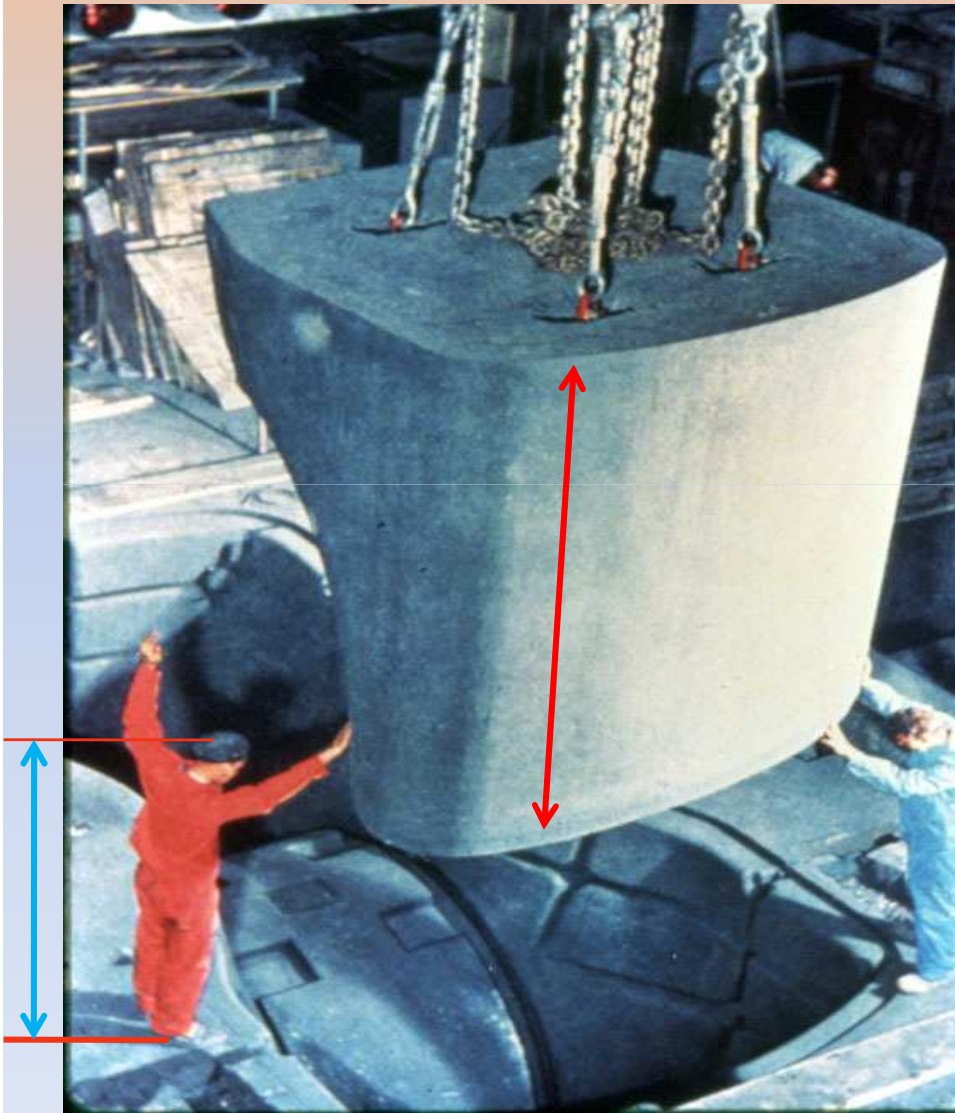
La technique de fonderie est souvent utilisée car elle est non seulement économique mais:

- Elle permet de produire des pièces de formes complexes ,
- Permet de réaliser des formes intérieures et extérieures,
- série des pièces est identique,
- Suivant les procédés de moulage on peut obtenir des pièces dont les dimensions sont plus ou moins proches de la pièce finie,
- Obtention de pièces massives telles que bâtis, etc.
- Certains procédés de moulage permettent une production en très grandes séries.

Exemples des pièces obtenues par moulage:

Grandes pièces : carters moteur pour les véhicules, les poêle à bois, les bâtis de machine, les roues ferroviaires, les canalisations, les cloches d'église, les grandes statues...

Moulage des pièces de grande dimension



Exemple des pièces moulées



Exemple des pièces moulées



Principales classes de procédés de moulage

En fonction des formes, de la masse, de la précision dimensionnelle, de l'état de surface recherché et des quantités à couler, il sera choisi parmi les procédés de moulage suivants.

Moules métallique	Moules sable	Moulage de precision
-Coquille. -Sous pression. -Centrifugation. -Coulée continue. -Basses pression.	-A vert. -Polymérisation à chaud (100 à 300 °c). -Prise par gazage. -Procédés spéciaux: V process, polystyrène, congélation.	-Modèle perdu. - Moulage céramique.

Principales classes de procédés de moulage (suite)

Moulage

```
graph TD; Moulage --> MS[✓ moulage sable ou coquille]; Moulage --> SP[✓ sous-pression]; Moulage --> PMP[procédés de précision à modèle perdu]; Moulage --> C[centrifugation]; Moulage --> PS[Procédés spéciaux]; PS --> T[Thixo moulage]; PS --> SC[Squeeze casting (moulage forgeage)]; PS --> MC[Moulage céramique]; PS --> CC[Coulée continue]; PS --> CR[Moulage « CRONING »]; PS --> RH[Rhéocasting : moulage semi-solide]; PS --> CO[Cobapress]; PS --> PR[Prototypage rapide];
```

✓ moulage sable ou coquille

✓ sous-pression

procédés de précision à modèle perdu

centrifugation

Procédés spéciaux

- Thixo moulage;
- Squeeze casting (moulage forgeage);
- Moulage céramique;
- Coulée continue;
- Moulage « CRONING » ;
- Rhéocasting : moulage semi-solide ;
- Cobapress ;
- Prototypage rapide.

❖ Actuellement le moulage en fonderie est encore le moyen le plus important de production des pièces.

Le moule de fonderie

Il contient une cavité dont la géométrie donne la forme de la pièce obtenue.

- Les dimensions et la géométrie de la cavité doivent être légèrement surdimensionnées pour tenir compte du retrait du métal pendant la solidification
- Les moules peuvent être faits dans différents type de matériaux : sable, plâtre, céramique et métal...

Deux grandes familles de procédés de moulage

Procédés à moule non permanent



On utilise un moule qui doit être détruit pour extraire la pièce.
– Matériau constituant le moule : sable, plâtre et matériaux semblables, plus des liants

Procédés à moule permanent



On utilise un moule permanent qui peut être utilisé plusieurs fois pour produire plusieurs pièces
– Fabriqué en métal ou plus rarement en céramique réfractaire

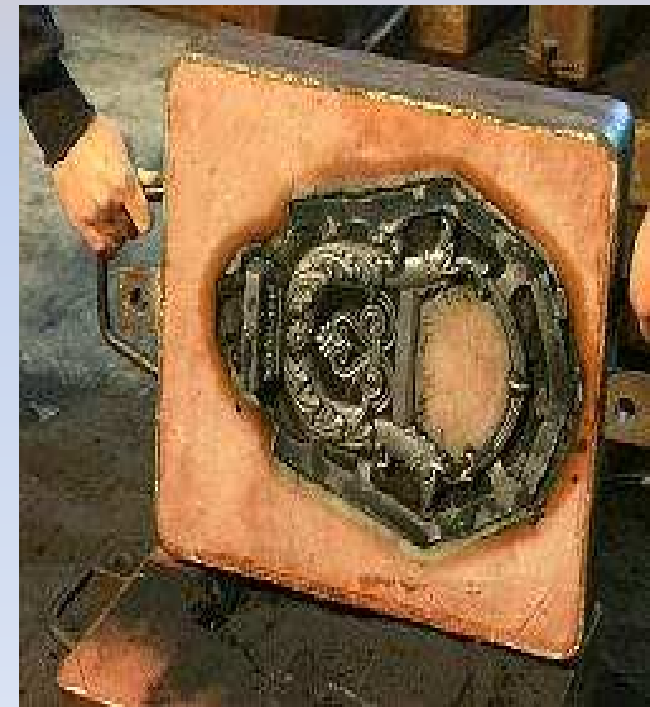
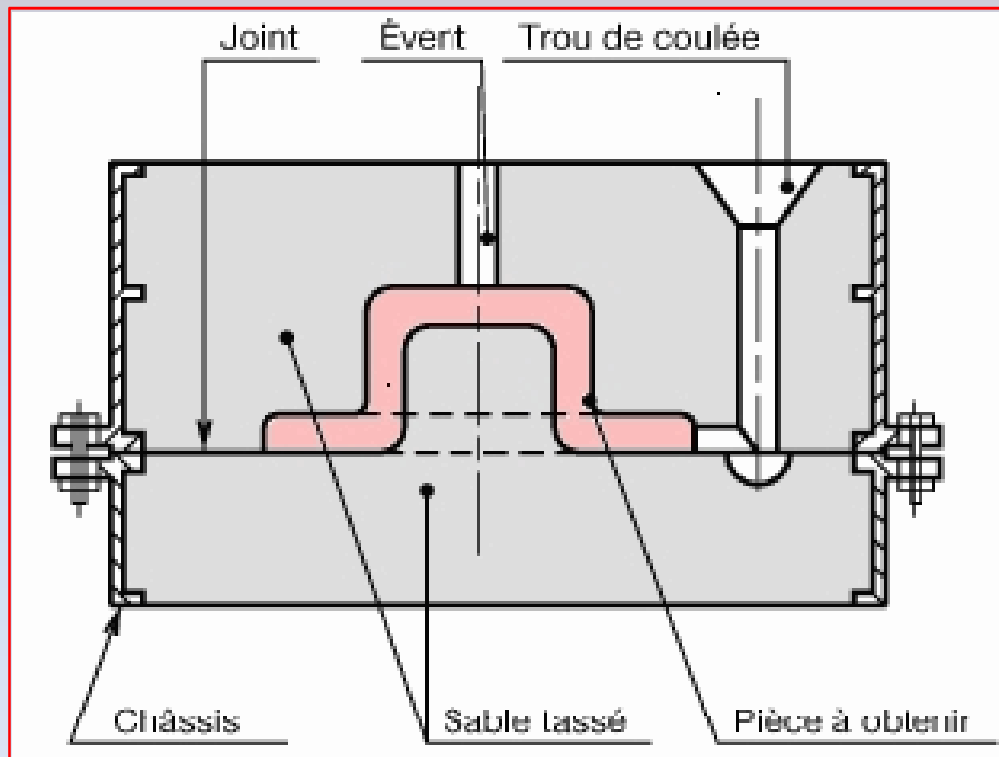
Avantages et inconvénients

- Moule non permanent : des géométries plus complexes sont possibles car on peut casser le moule pour extraire la pièce,
- Les formes sont limitées en moule permanent car il est nécessaire de pouvoir ouvrir le moule pour extraire la pièce,
- Les procédés à moule permanent sont plus économiques en grande série.

Que ce qu'un moule ?

Ensemble des éléments en matériaux appropriés délimitant l'empreinte et recevant le métal liquide qui après solidification, donnera la pièce.

Un moule comprend au minimum deux parties qui peuvent être séparées l'une de l'autre (châssis, chapes, coquilles). La surface commune aux deux demi moules porte le nom de plan de joint même si cette surface n'est pas effectivement un plan.



Types de moule

Le moule peut être :

- **en sable.**

- résistant aux hautes températures de fusion des métaux, pas de limite de taille de pièce, prix d'outillage en petite série .

- destruction du moule à chaque démoulage, précision (de l'ordre du millimètre).

- **en coquille.**

- précis (de l'ordre de 0,1 à 1 mm),

- prix de l'outillage (important par rapport au moule en sable), pas adapté aux pièces trop grandes (supérieures à quelques mètres).

Constituants de moule:

-2 châssis:

- comportant chacun la demi-empreinte de la pièce dont la jonction s'appelle le plan de joint. Il se produit généralement une bavure au niveau du plan de joint qui fera l'objet d'une finition (usinage, ponçage,...);

-dispositif de bridage:

- (visserie ou vérin) pour maintenir les 2 châssis plaqués pendant la coulée;

-noyaux

- (peuvent être insérés au niveau de l'empreinte afin de réaliser des pièces creuses);

-canal de coulée:

- (éventuellement d'un canal d'évent qui permet à l'air de sortir du moule) qui devra être scié en finition;

-dispositif d'éjection:

- (pour les moules en coquille qui permet d'extraire la pièce moulée (en effet en solidifiant la pièce moulée se contracte sur l'empreinte et son extraction nécessite un effort parfois non négligeable).

MOULAGE EN SABLE

Moulage en sable

Le moulage en sable convient pour tous les métaux de fonderie, notamment ceux à point de fusion élevé (fontes, aciers).

- il s'adapte bien aux petites séries de pièces.
- C'est pratiquement le seul procédé utilisé pour les très grandes pièces.

La surface de contact des deux parties constitue le joint du moule.

L'empreinte de la pièce est généralement obtenue à l'aide d'un «modèle» en bois ou en métal. Afin de l'extraire du moule sans arracher de sable, il est nécessaire de prévoir les surfaces en dépouille.

Les formes intérieures d'une pièce peuvent être obtenues par un ou plusieurs «NOYAUX» en sable qui les matérialisent.

Inconvénients du moulage

- Les inconvénients dépendent des procédés de moulage :
 - Limitation des propriétés mécaniques des pièces (matériau),
 - Faible précision dimensionnelle et mauvais état des surfaces pour certains procédés (ex : moulage en sable),
 - Procédés dangereux du fait de la manipulation de métaux en fusion,
 - Problèmes environnementaux (fumées...).

Etapes du moulage

La réalisation d'une pièce de fonderie nécessite diverses opérations qui doivent se suivre :

- **Le modelage** : confection des modèles,
- **Le moulage** : confection des empreintes,
- **La fusion** : obtention du métal liquide à partir de minerais et de lingots dans des fours,
- **La coulée** : remplissage des moules à l'aide du métal liquide recueilli dans des poches de coulée,
- **Le décochage** : extraction de la pièce par destruction du moule (par vibration),
- **Le dessablage** : nettoyage des pièces par brosse métallique, par jets de sable ou de grenailles, etc...,
- **L'ébarbage** : enlèvement des parties supplémentaires de métal : bavures, jets de coulée, etc... à l'aide de burin manuel, pneumatique, de meule à découper, etc...

Réalisation de la cavité du moule

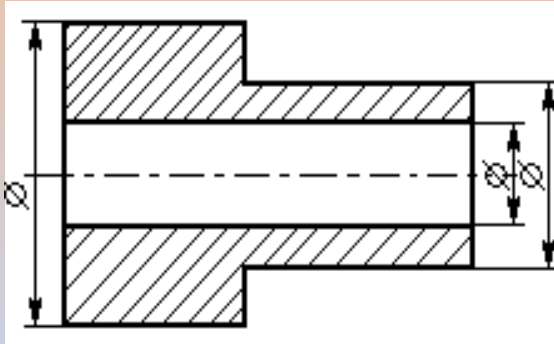
- La **cavité du moule** est réalisée en tassant le sable autour d'un modèle qui a la forme de la pièce à réaliser,
- Lorsque le modèle est enlevé le moule a l'empreinte de la pièce,
- Le modèle comprend les surépaisseurs nécessaires pour compenser le retrait du métal pendant sa solidification,
- Le sable utilisé est humide et contient un liant (argile) afin de maintenir sa forme.

Les noyaux

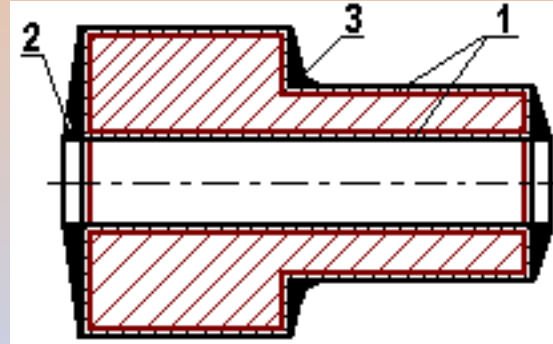
- La cavité du moule permet d'obtenir la forme extérieure de la pièce,
- En complément, une pièce peut avoir des formes intérieures qui sont obtenues au moyen de noyaux placés dans la cavité,
- En moulage sable, les noyaux sont généralement fabriqués en sable.

Phases d'obtention d'une pièce par moulage

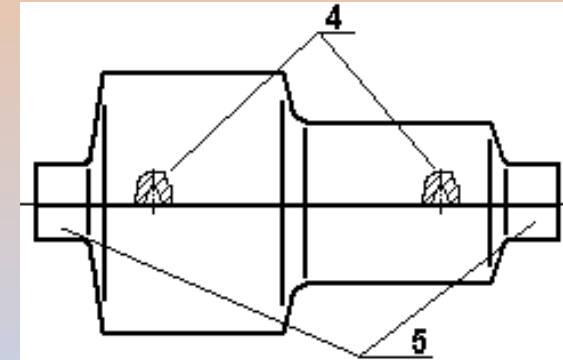
1



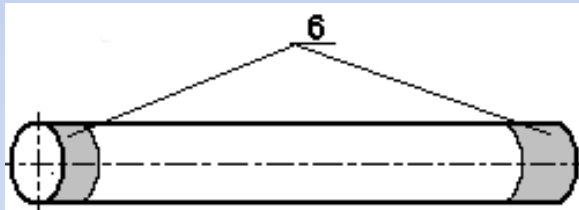
2



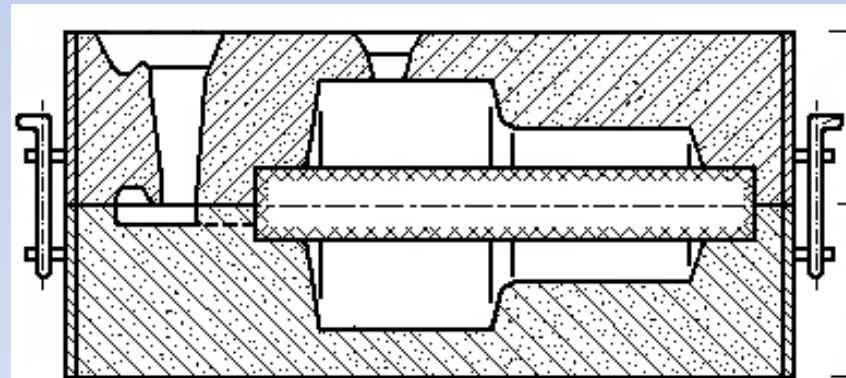
3



4



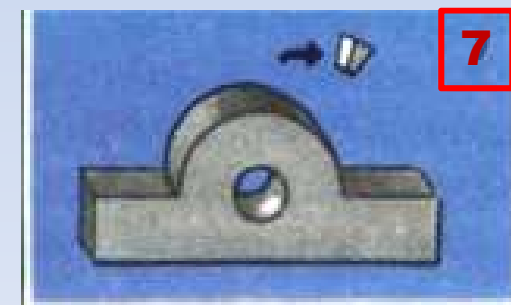
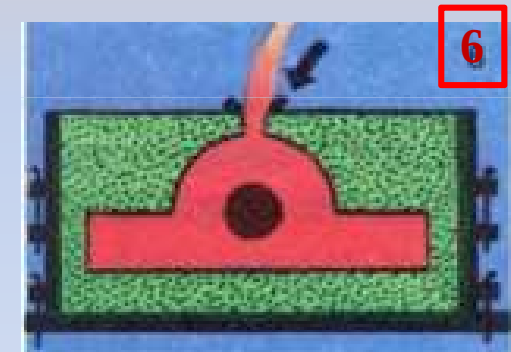
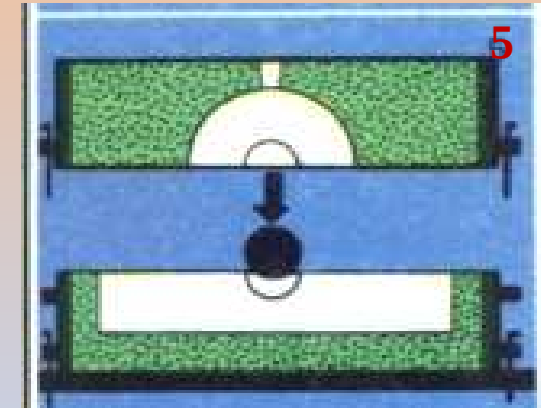
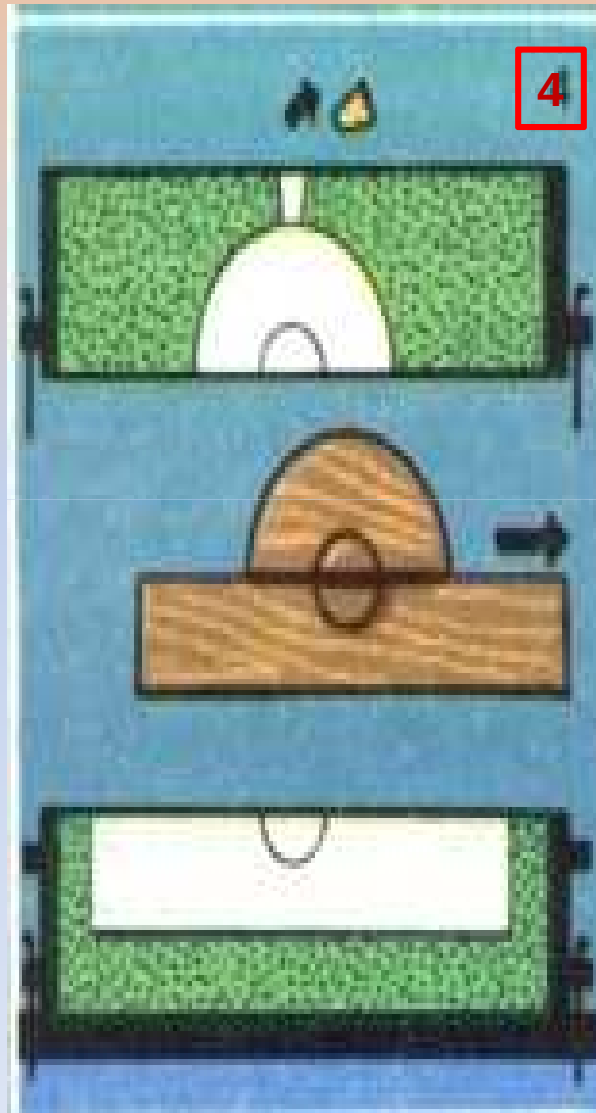
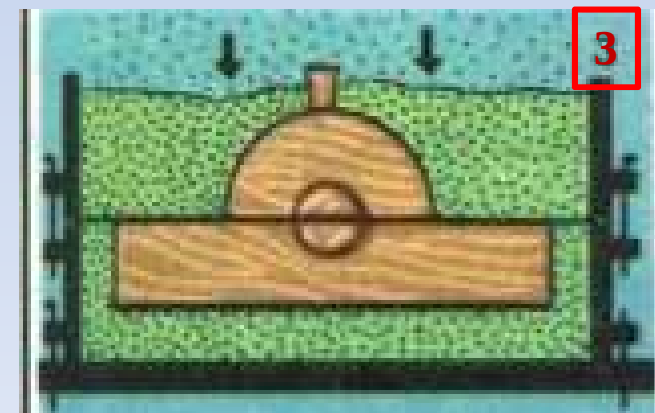
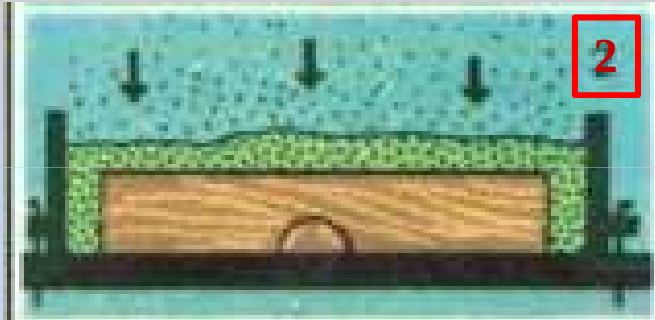
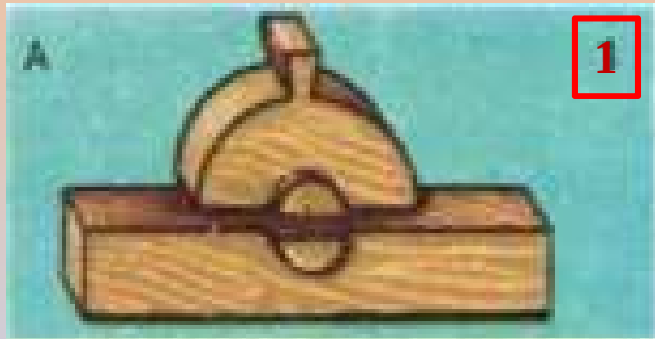
5



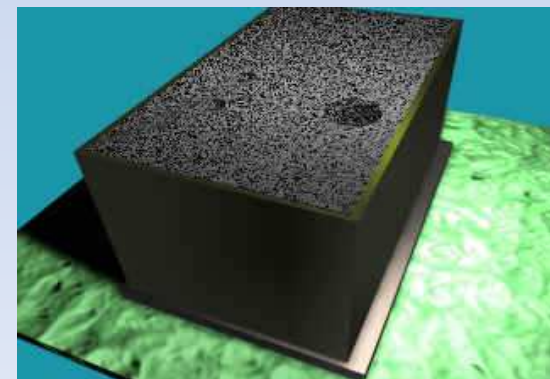
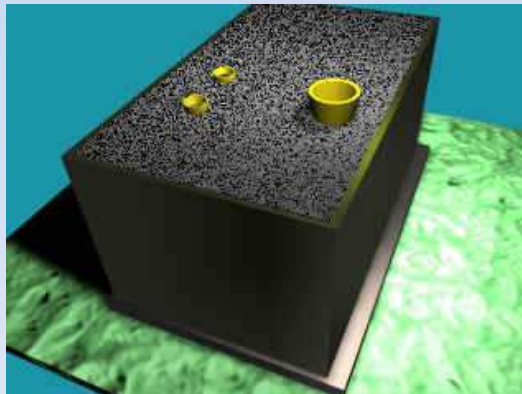
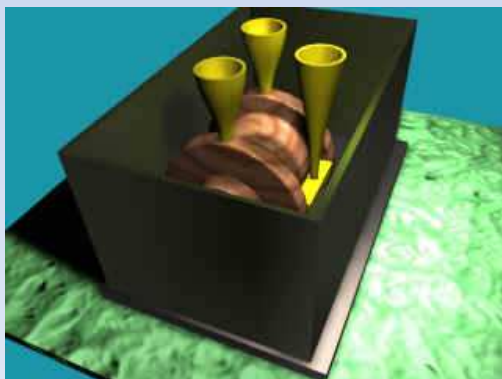
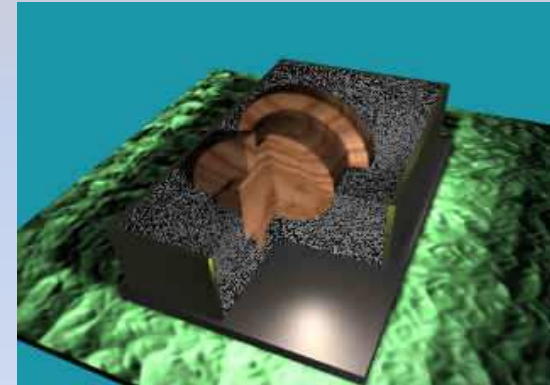
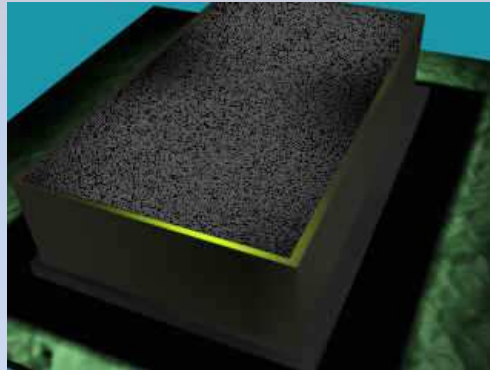
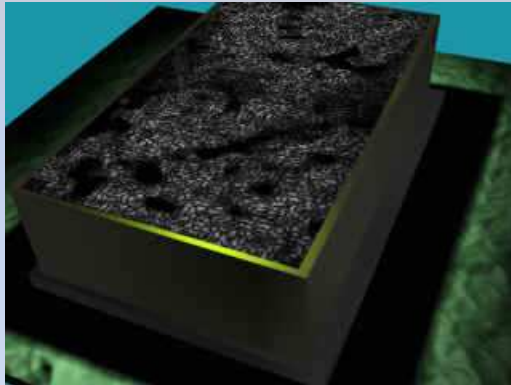
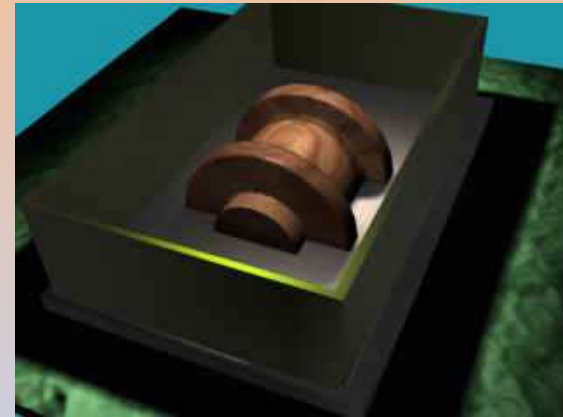
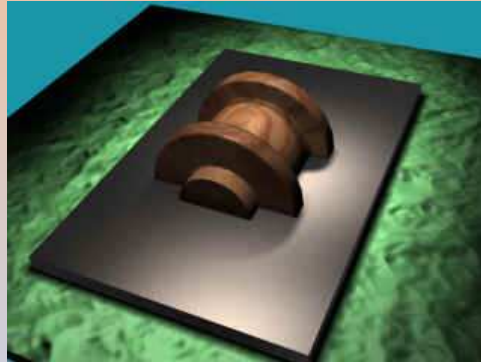
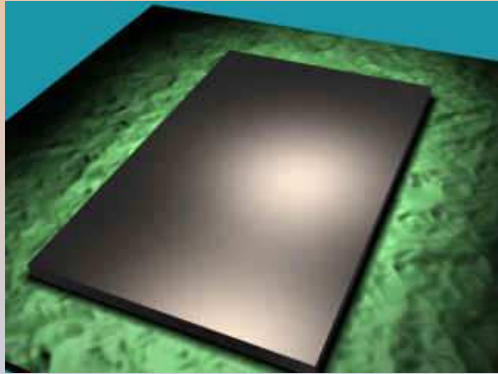
***a** – dessin de definition; **b**- dessin du la pièce brute (obtention après moulage);
c- modèle de la piece; **d**- moyeu; **e**- moule.*



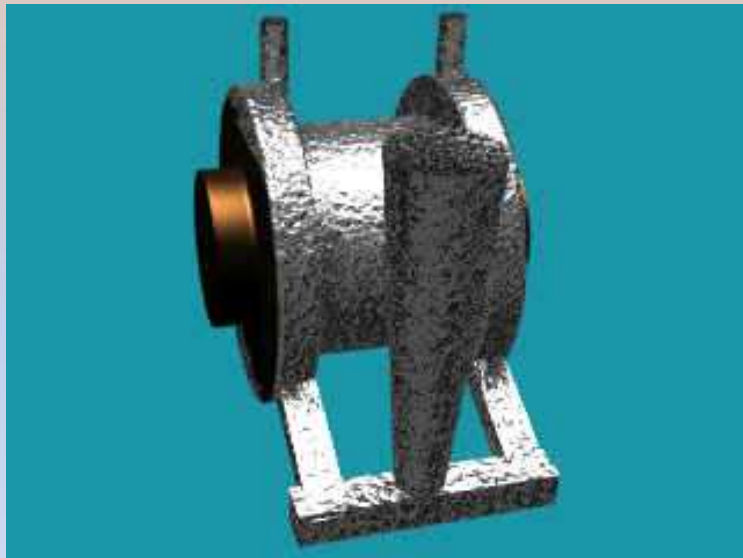
Principales phases d'exécution d'un moule



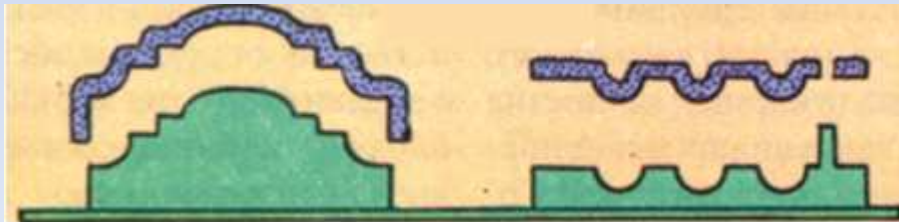
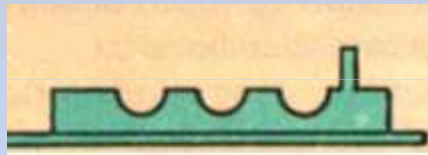
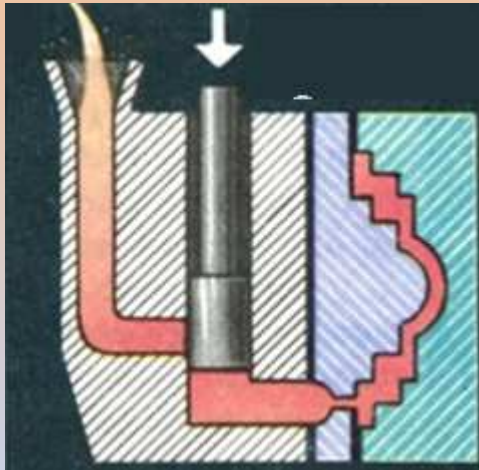
Principales phases d'exécution d'un moule



Principales phases d'exécution d'un moule (suite)

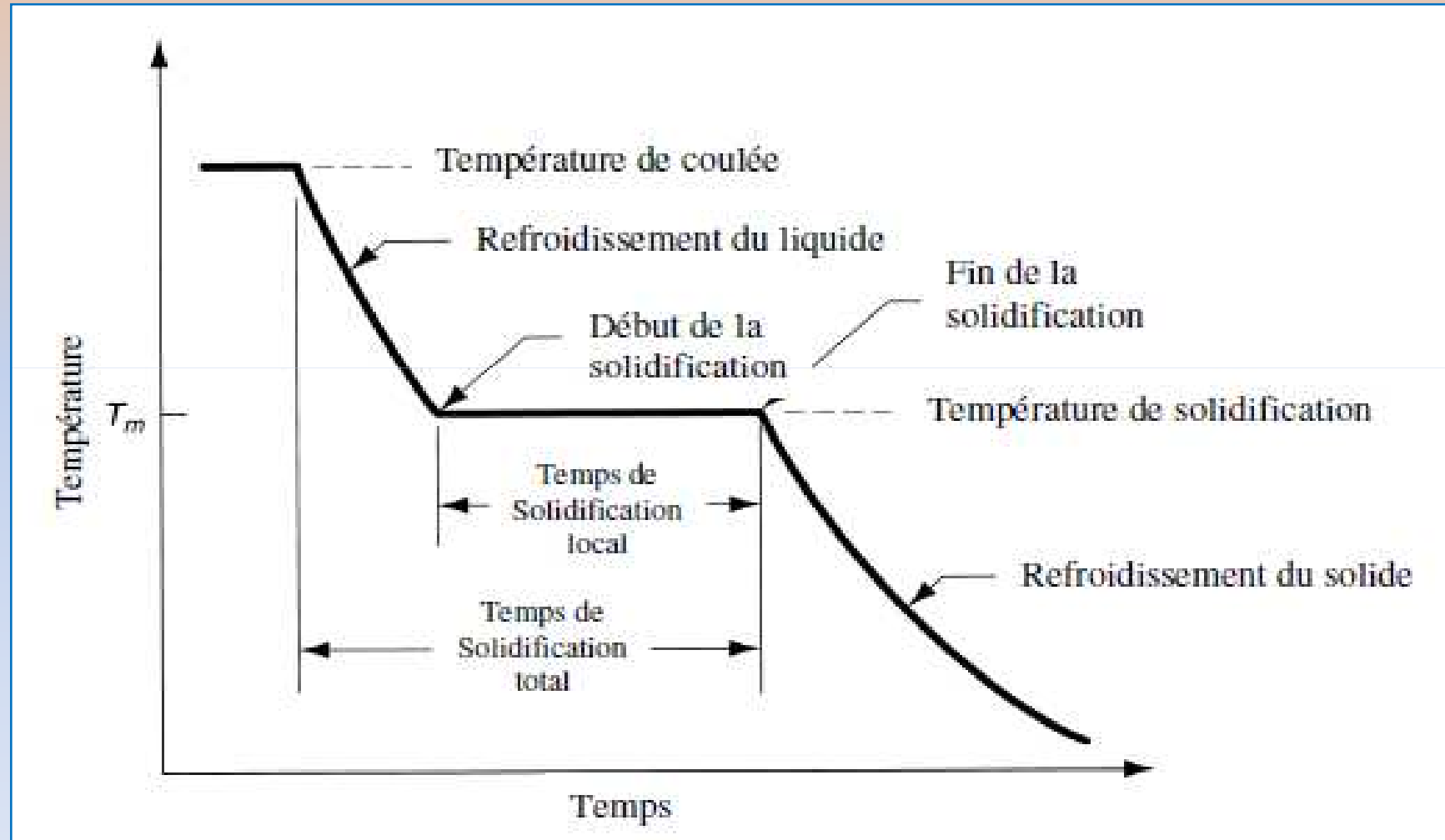


Moulage en carapace



- Procédé de moulage dans lequel le moule est une fine couche de sable aggloméré au moyen d'une résine thermodurcissable
- Développé en Allemagne vers 1940

Temps de solidification



Courbe de refroidissement d'un métal pur lors d'une opération de coulée

Temps de solidification

- La solidification prend un certain temps
- Temps total de solidification *TTS* = *temps* nécessaire à la pièce pour se solidifier après la coulée.
- *Le TTS dépend de:*
 - *la taille et de la forme de la pièce* (méthode des modules).

$$TTS = \left(K_m \left(\frac{V}{S} \right) \right)^n$$

TTS - temps total de solidification,

V - volume de la pièce,

S - surface enveloppe de la pièce,

n - exposant généralement fixé à 2,

K - coefficient dépend de la nature de l'alliage et du moule, des propriétés thermiques du métal constituant la pièce et de l'intervalle de température entre la température de coulée et la température de solidification.

Propriétés des métaux en de fonderie

Les métaux utilisés en fonderie doivent être fluides à la température de fusion afin de pouvoir remplir convenablement les moules.

Deux propriétés essentielles à prendre en considération pendant le processus d'élaboration d'une pièce:

- Coulabilité
- Retrait

Coulabilité

C'est l'aptitude du métal liquide (fondu) de bien remplir le moule et de reproduire fidèlement son empreinte. Si le métal a une bonne coulabilité, le métal forme sans difficulté tous les éléments de la pièce, et le remplissage du moule sera assuré. Dans le cas contraire (mauvaise coulabilité), le remplissage du moule sera défectueux et la pièce est généralement rebutée.

❖ Une bonne coulabilité des métaux peut être assurée avec l'élévation de la température.

Retrait

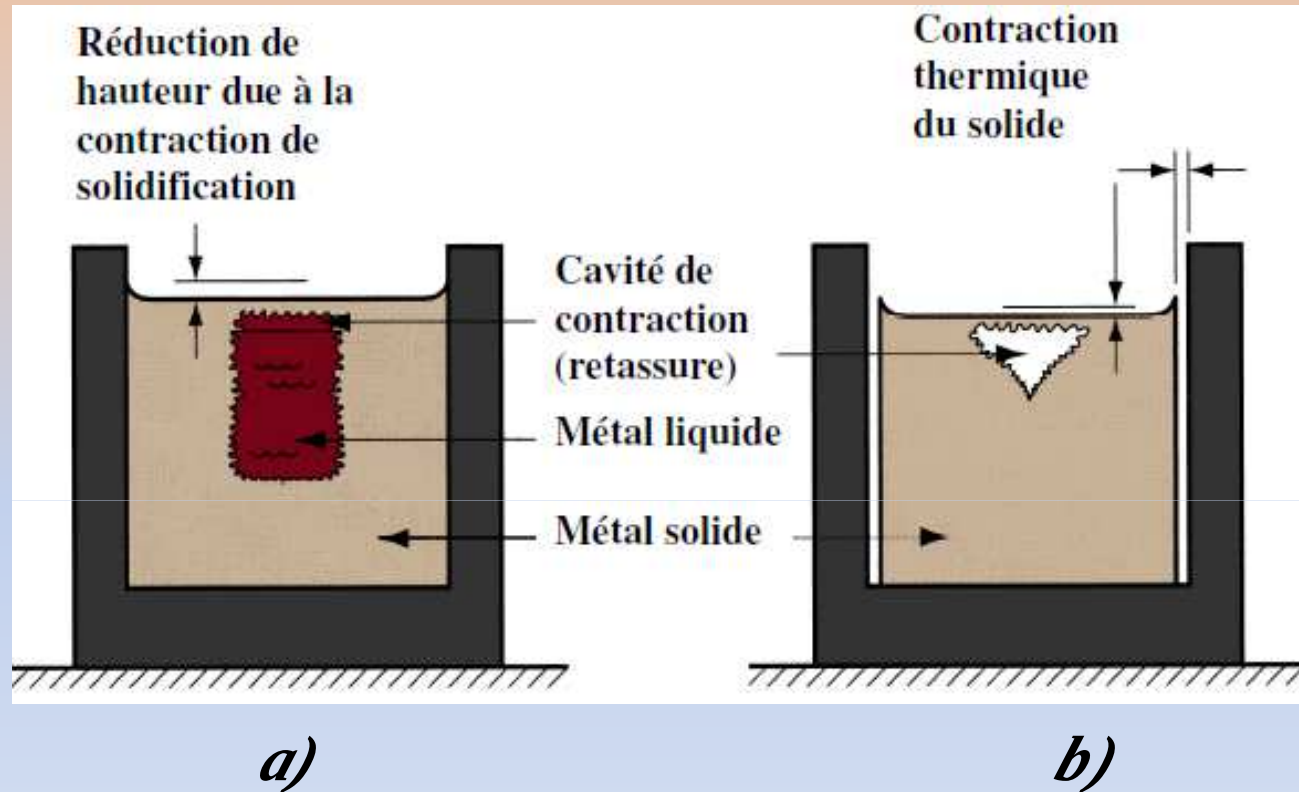
les dimensions des pièces moulées sont inférieures à celle du modèle ; et que cette différence dans les dimensions provient principalement du phénomène physique de retrait du métal au refroidissement (les matériaux métalliques s'allongent sous l'effet de l'élévation de la température, et rétrécissent sous la diminution de cette dernière).

Le retrait se manifeste dans toutes les directions et varie avec la nature du métal et le volume de la pièce.

les valeurs moyennes de retrait :

- les fontes 1,0 %)
- l'aluminium et ses alliages 1,2 %,
- le cuivre et ses alliages 1,5 %,
- les aciers 2,0 % .

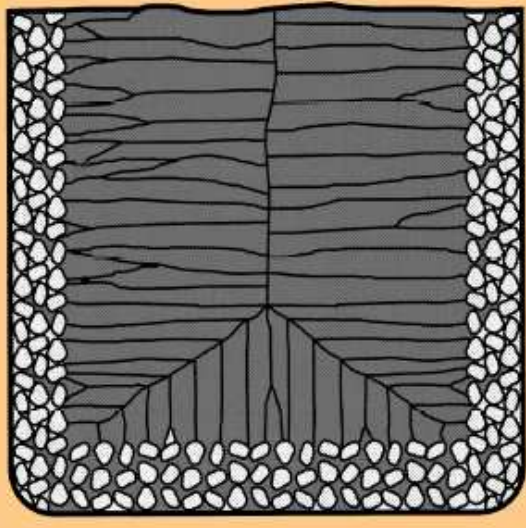
Retrait



a) Réduction du niveau et formation de retassures (cavités) dues à la contraction de solidification

b) Réduction de hauteur et de diamètre dues à la contraction thermique du refroidissement du solide **Réduction**

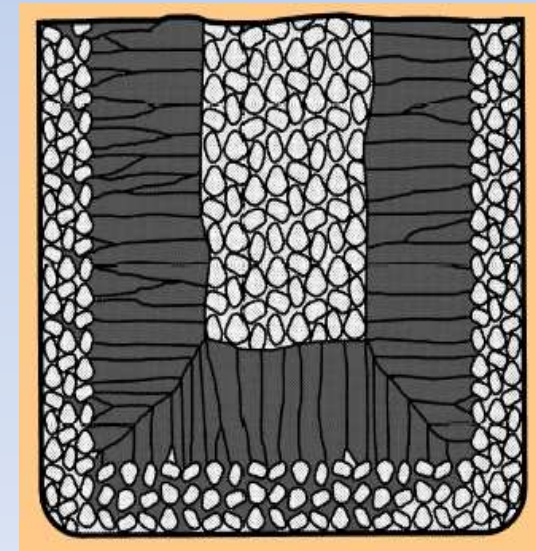
Structure des grains dans la coulée d'un lingot après refroidissement



Structure caractéristique des grains dans la coulée d'un lingot de métal pur.

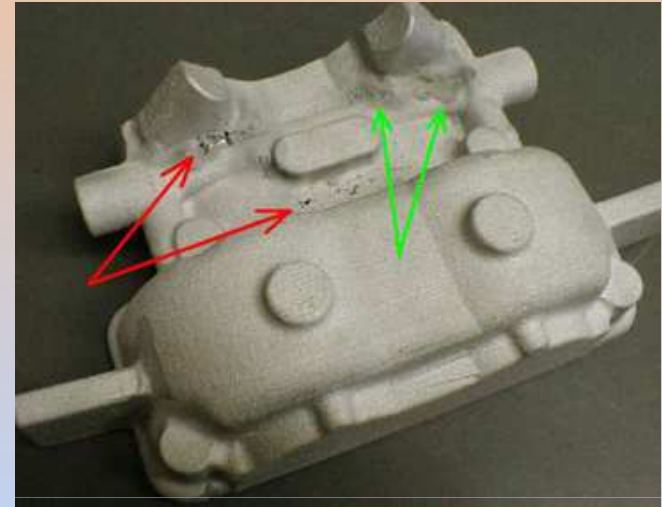
❖ Rq. En paroi, des grains de petite taille orientés aléatoirement et à cœur de large grains colonnaire orientés vers le centre du lingot.

-Structure caractéristique d'un alliage métallique coulé.



❖ Rq. Il y a ségrégation des éléments d'alliage dans le centre du lingot.

Défaux formés lors de solidification du métal.



Piece obtenue par moulage.

Après l'opération d'usinage en vois les défauts cachés qui sont formés lors de solidification du métal.

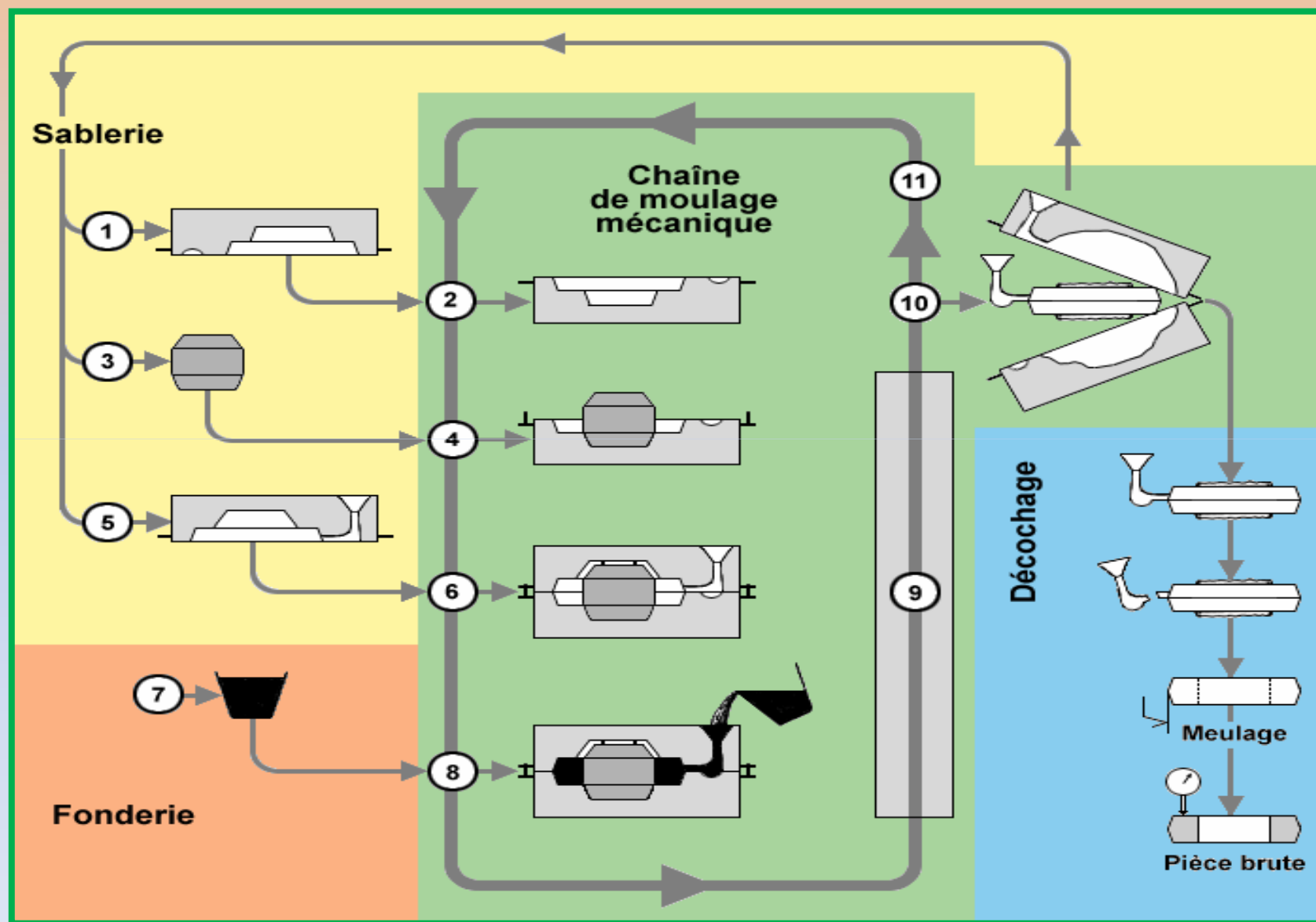
Surépaisseur d'usinage

Les surfaces fonctionnelles qui doivent satisfaire à de rigoureuses conditions de position et de précision sont usinées. Pour satisfaire cette condition, il est nécessaire de prévoir de la matière en surplus par rapport à la cote finie. Ce surplus de matière est appelé "**surépaisseur d'usinage**".

La valeur de ces surépaisseurs d'usinage ne peut être fixée d'une manière absolue. Elle est fonction de l'état de surface que l'on peut obtenir par moulage, de la grandeur de la pièce, et de l'état de surface à obtenir à la finition. On adopte généralement l'ordre de grandeur suivant :

- 3 à 12 mm pour les moulages en fonte et en acier
- 1 à 6 mm pour les moulages en aluminium, en cuivre et de leurs alliages.

Exemple de CYCLE DE MOULAGE

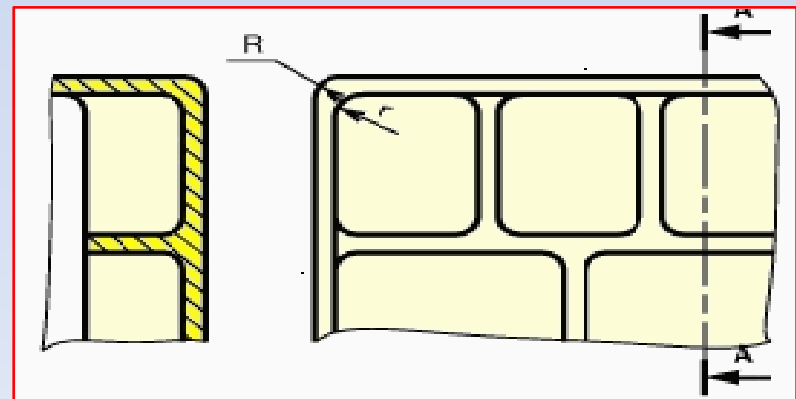
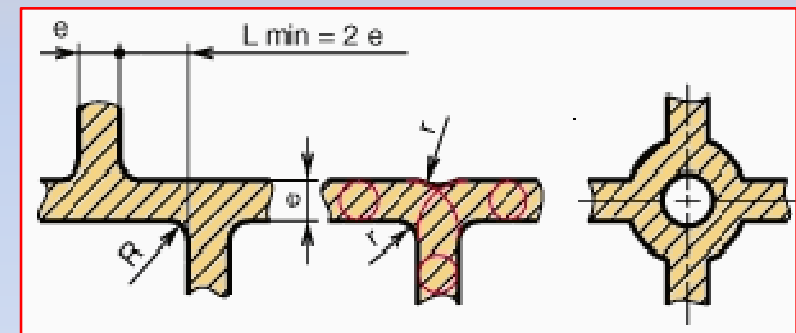
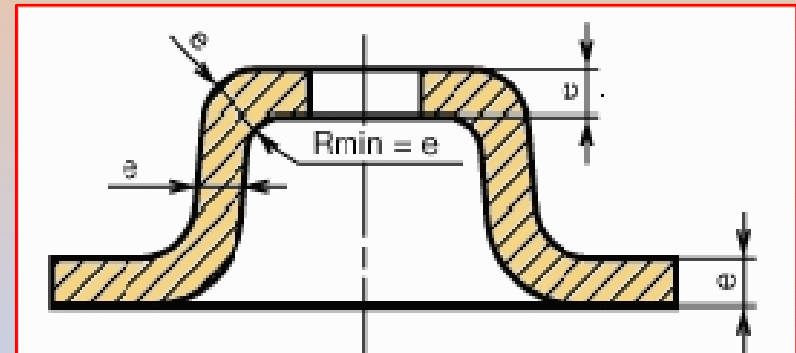


MOULAGE EN SABLE

Règles à appliquer lors de conception des pièces moulées.

Afin d'obtenir des pièces homogènes, sans crique, il est nécessaire de prendre en compte quelques règles essentielles:

1. Les pièces doivent présenter une épaisseur aussi uniforme que possible.
2. On évitera les angles vifs en les remplaçant par des congés de raccordement.
3. Éviter le raccordement en croix des épaisseurs ou creuser afin d'éliminer une masse de matière.
4. Éviter la déformation des grandes surfaces planes en les renforçant par des nervures.



MOULAGE EN SABLE

Règles à appliquer lors de conception des pièces moulées. (suite).

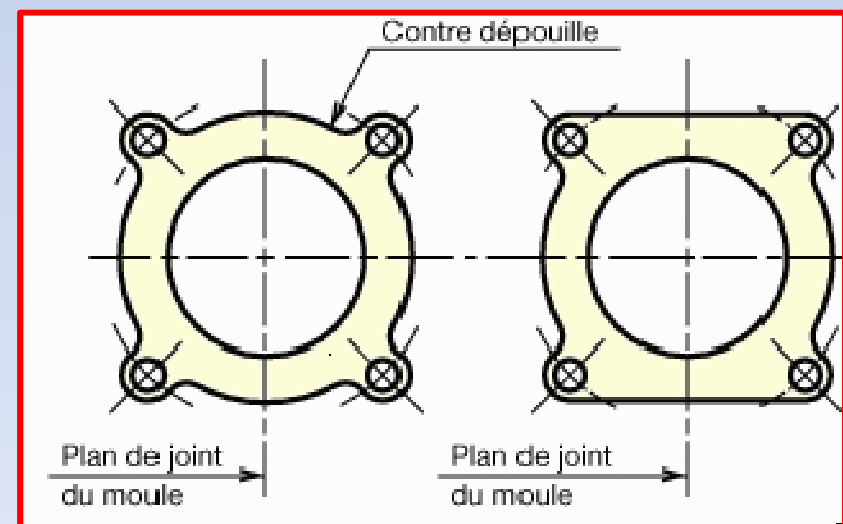
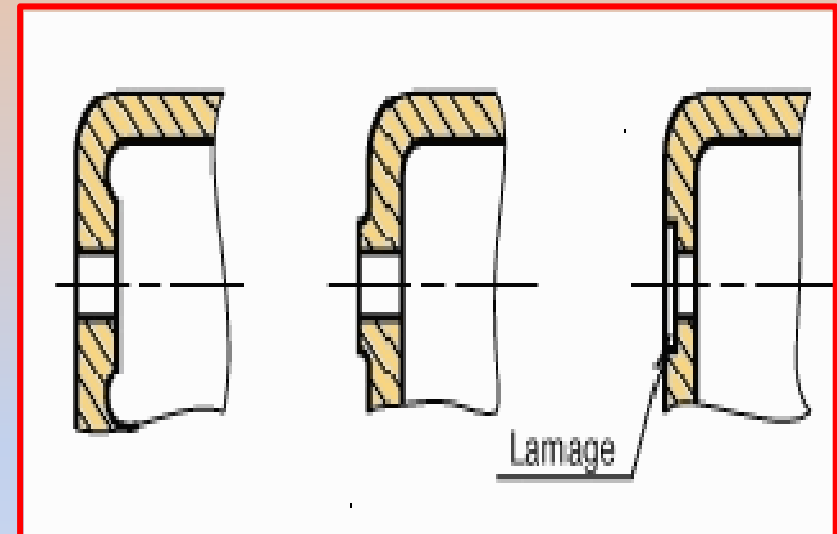
5. Afin de faciliter la fabrication des moules et de réduire le prix de revient des pièces. on reporte les bossages :

- à l'intérieur pour les pièces moulées en sable.
- à l'extérieur pour les pièces moulées en coquille.

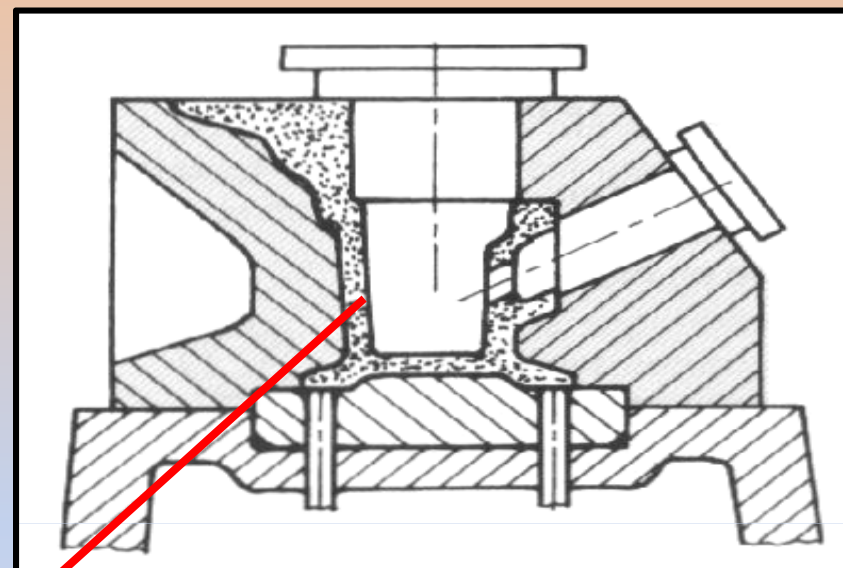
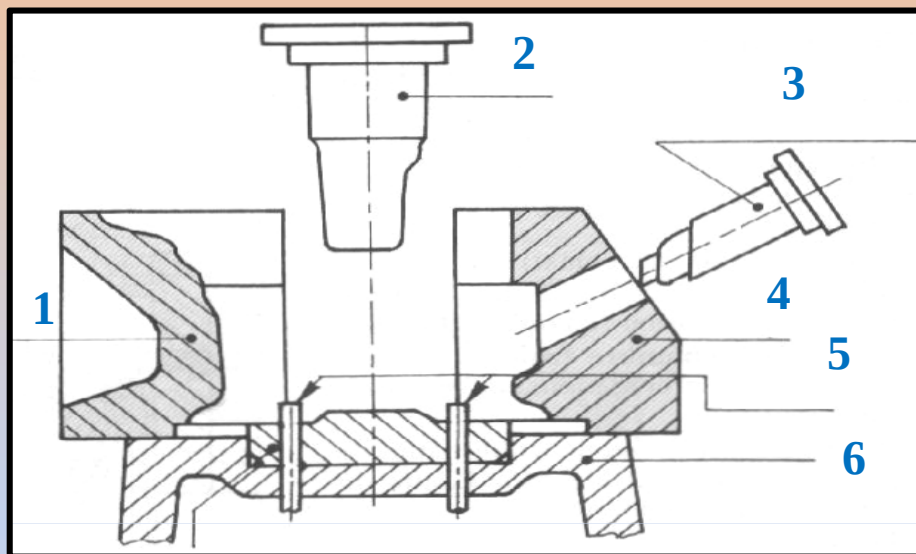
Chaque fois que cela sera possible, remplacer les bossages par des usinages locaux.

6. Lors de la conception d'une pièce. il faut tenir compte du sens de démoulage du modèle ou de la pièce.

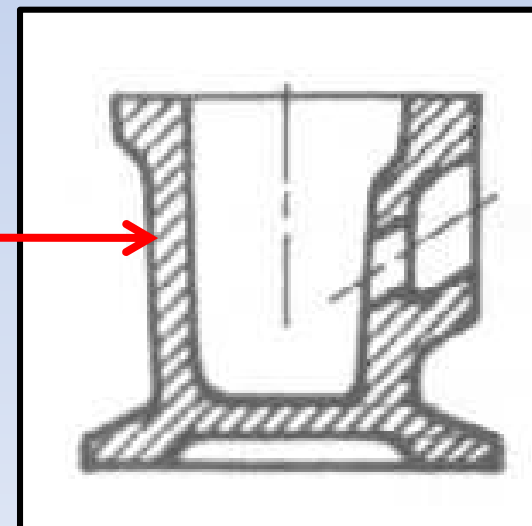
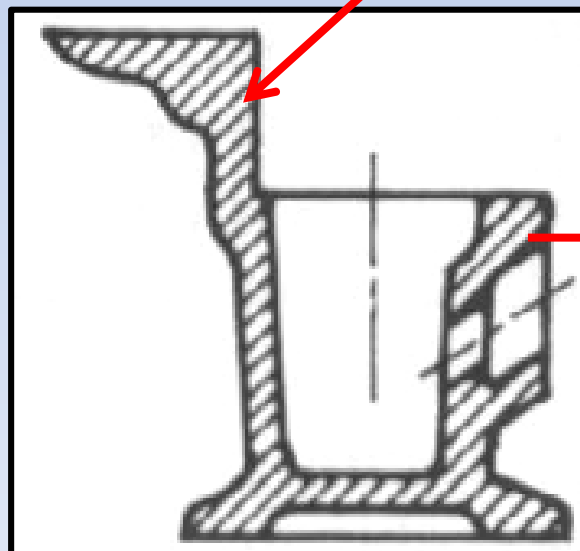
Les dépouille permettent l'extraction du modèle.



Coulée en coquille



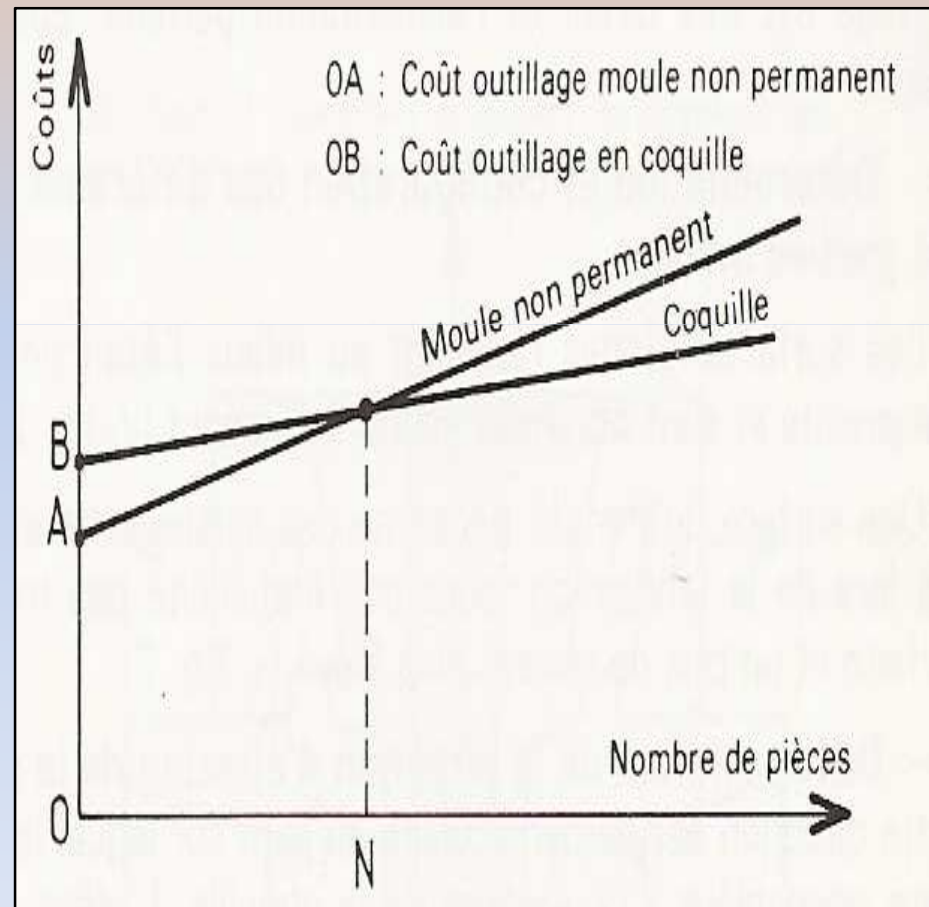
1-chape; 2-3- noyau; 4-
chape;5-éjecteurs;6-
semelle; 7- talus ou noyau
fixe.



Vidéo



Coulée en coquille



Moulage sous pression

Principe :

Dans cette mise en forme, on force le métal liquide à s'introduire dans un moule métallique sous une forte pression afin d'obtenir des pièces en **très grande série** de quelques grammes à plus de 50 kg et d'une section allant de 0.5 à 12 mm épousant l'empreinte gravée dans le moule. Ce métal en fusion se solidifie rapidement (en quelques secondes) pour former une pièce à cotes finies (tolérance de 0.15 à 0.5 mm), qui est ensuite extraite automatiquement.

Le moulage sous pression offre une **production ultra rapide** (jusqu'à 200 pièces/heure) et donne une rugosité allant de 0.8 à 1.6 μm .

On distingue les machines à «**chambre chaude**» avec dispositif d'injection immergé, et les machines à «**chambre froide**», où le métal liquide est versé dans un conteneur métallique puis injecté dans l'empreinte sous des pressions atteignant couramment **1 000 bars**.

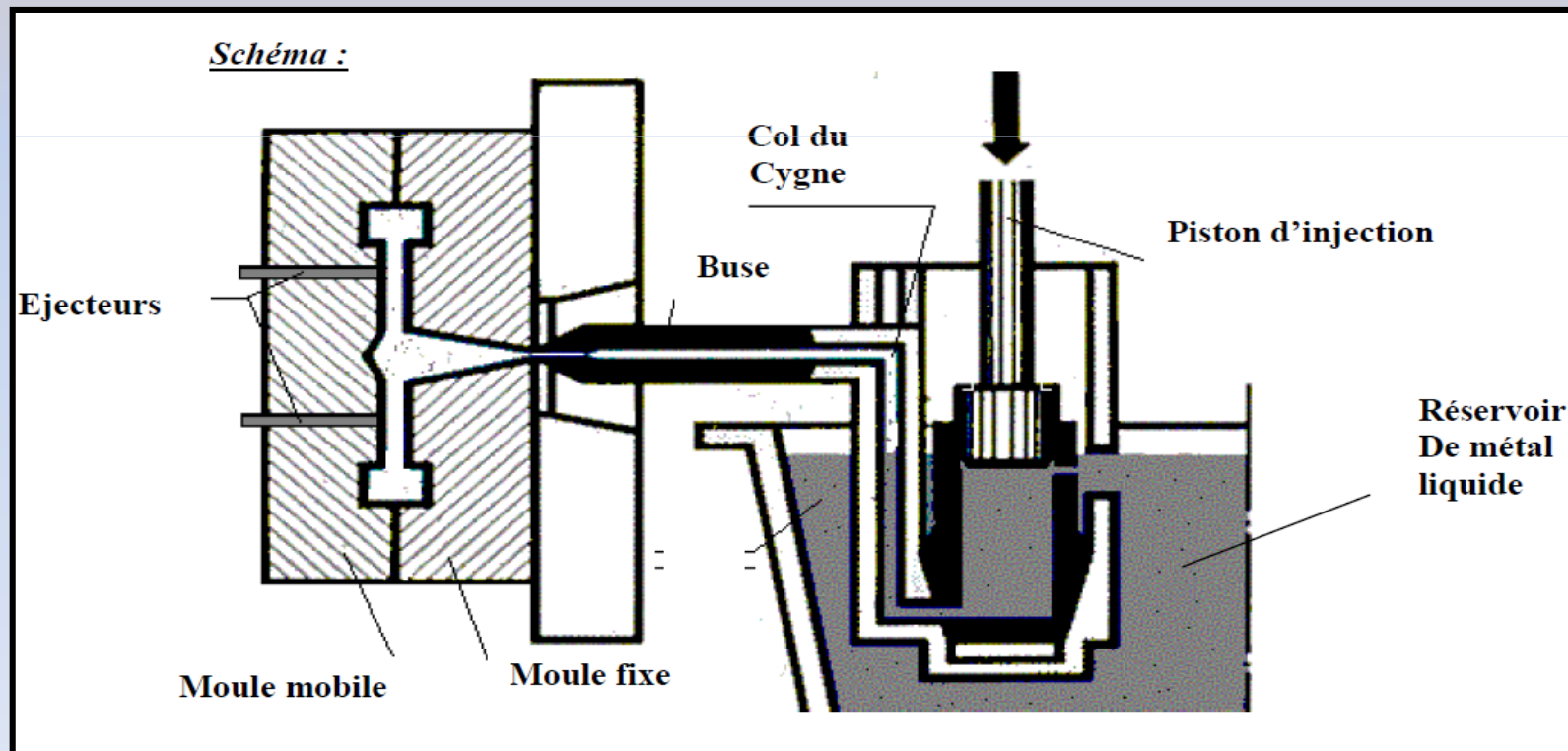
L'avantage de cette augmentation de pression est qu'elle permet un remplissage complet de l'empreinte du moule et crée une densité métallique uniforme.

Une augmentation de pression excessive n'est cependant pas souhaitable, car elle forcerait du métal en fusion entre les joints du moule, ce qui causerait l'usure du moule et une bavure excessive qui devrait ensuite être retirée.

Moulage sous pression

La production mondiale se répartie entre l'aluminium, le zinc et le magnésium, pour de nombreux secteurs d'activités comme:

- automobile (carters cylindres, boîtes de vitesse, embrayages),
- poids lourds, cycle et motocycle,
- électricité (carcasses et rotors de moteurs asynchrones),
- jouet (automobiles miniatures) ...



Vidéo



Moulage sous pression

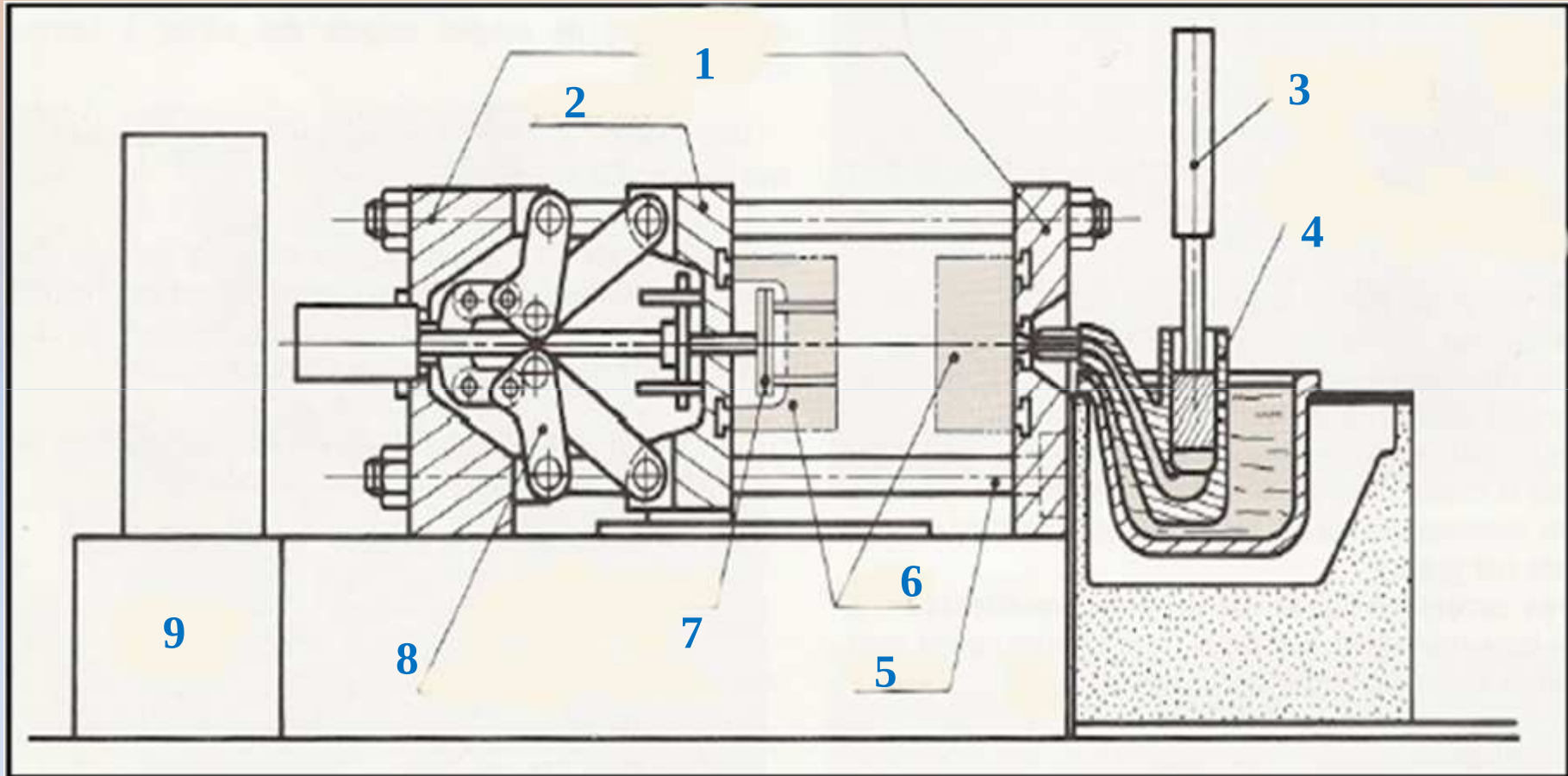
Séquence des opérations pour le procédé de moulage à chambre chaude

1. Le moule est fermé et le piston monte, ce qui ouvre le tunnel et laisse le métal en fusion remplir le cylindre.
2. Le piston d'injection descend et ferme hermétiquement le tunnel, ce qui pousse le métal en fusion à travers la buse intermédiaire à l'intérieur de l'empreinte du moule, où il est maintenu sous pression jusqu'à sa solidification
3. Le moule est ouvert et le noyau, s'il existe, se rétracte. Le moulage reste dans un seul moule, du côté de l'éjecteur. Le piston d'injection revient, ce qui permet aux résidus de métal en fusion de re-circuler à travers la buse intermédiaire et le col de cygne.
4. Les tiges-éjecteurs poussent le moulage à l'extérieur du bloc mobile. Alors que le piston d'injection découvre l'orifice de remplissage, le métal en fusion s'écoule à travers l'orifice d'entrée et remplit à nouveau le col de cygne, comme dans l'étape .

❖ La chambre chaude est utilisé pour mouler les alliages de plomb, de zinc et de magnésium.

Moulage sous pression

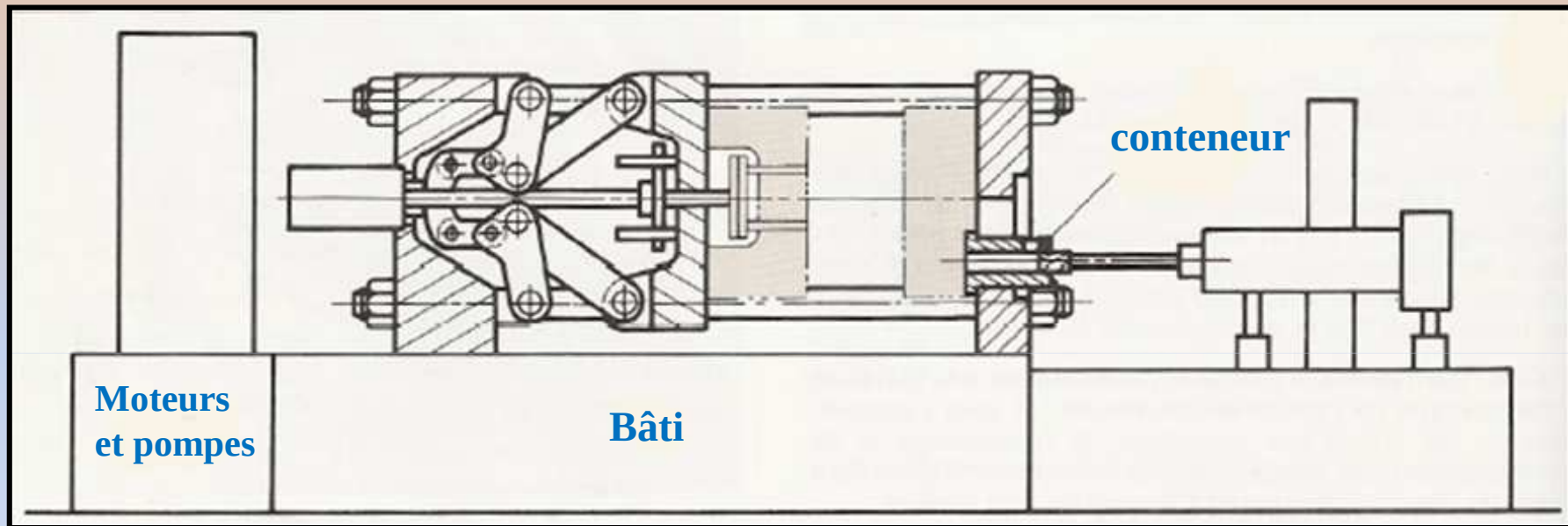
Machine à chambre chaude



1- plateaux fixes, 2- plateau mobile; 3-vérin d'injection; 4-cole de cygone; 5-colonne; 6-moule; 7-système d'injection; 8- genouillère; 9-moteurs et pompes.

Moulage sous pression

Machine à chambre froide



* Le système d'injection est constitué d'un cylindre (conteneur) dans lequel coulisse un piston. Le four de maintien n'est pas intégré à la machine et l'alliage est déversé dans le conteneur avant chaque injection.

❖ La chambre froide est utilisée pour mouler les alliages d'aluminium, de magnésium, de zinc et de cuivre.

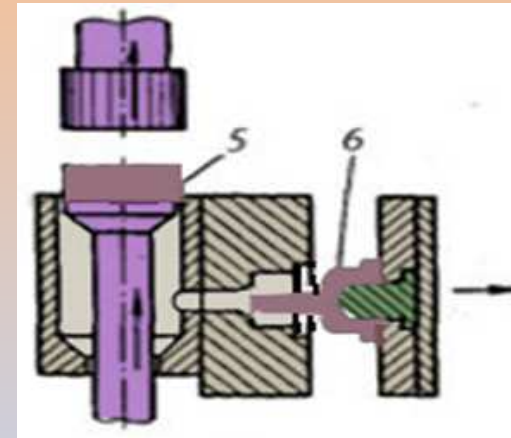
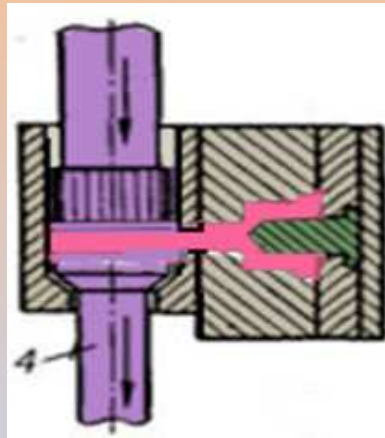
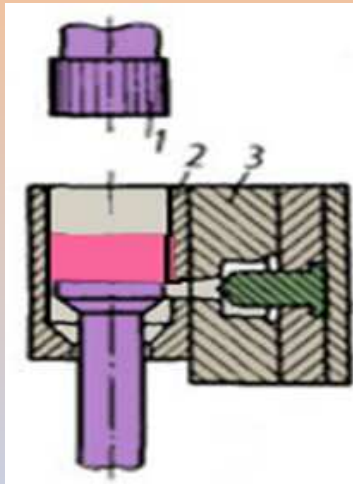


Schéma machine vertical à chambre froide

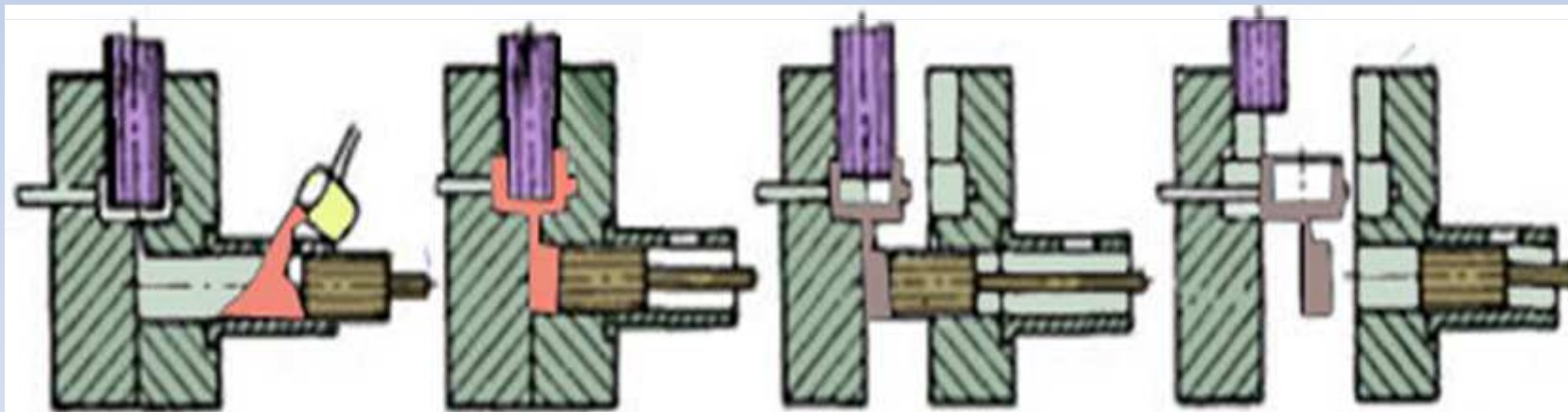


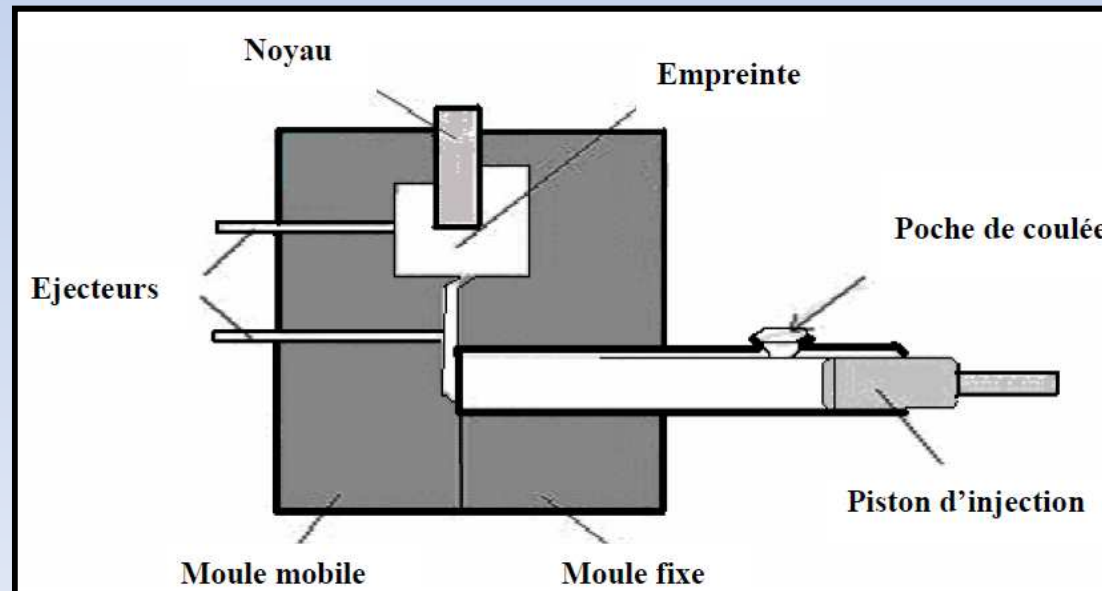
Schéma machine horizontal à chambre froide

a- le métal liquide est injecté dans le moule; *b*- la pression est maintenue pendant la solidification; *c*- l'injection de la pièce .

Moulage sous pression

Moulage Sous Pression à Chambre Froide :

Le moulage à chambre froide diffère de celui à chambre chaude en ce que le système d'injection n'est pas immergé dans le métal en fusion. Dans ce cas, la charge en fusion (plus de matière qu'il n'est nécessaire pour remplir le moule) est transférée, grâce à une poche de coulée, du creuset dans une chambre d'injection, où un piston d'injection hydraulique pousse le métal dans le moule. La matière excédentaire est utilisée pour forcer le métal supplémentaire dans l'empreinte du moule afin de compenser la contraction qui se produit durant la solidification. Les principaux composants d'une machine de moulage à chambre froide sont décrits ci-dessous.



Moulage sous pression

Machine à chambre chaude

- ❖ Le système d'injection est continuellement immergé dans l'alliage en fusion contenu dans un four placé derrière le plateau de la machine.
- Ces machines sont caractérisées par leur force de fermeture (50 à 1200 kN)
- Pression d'injection : 50 à 100 bars
- Pression de masselottage jusqu'à 350 bars
- Cadences 30 à 200 pièces/h
- Les alliages de **zinc** et de **magnésium** sont injectés par des machines à chambre chaude.

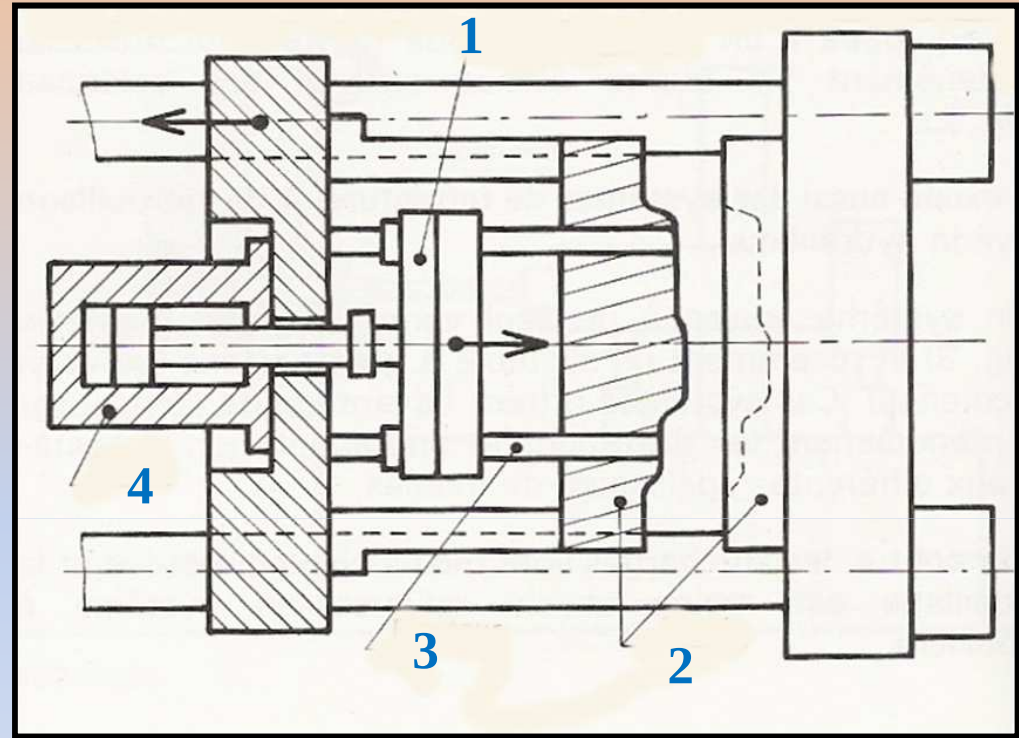
Machine à chambre froide

- ❖ Ces machines sont caractérisées par leur force de fermeture (500 à 30000 kN)
- Pression d'injection : 50 à 200 bars
- Pression de masselottage jusqu'à 1000 bars
- Cadences 500 pièces/h
- Les alliages d'**aluminium**, de **magnésium** et le **laiton** sont injectés par des machines à chambre froide.

Moulage sous pression

Éjecteurs

Un dispositif d'éjection de la pièce est situé derrière le demi moule mobile. Une double plaque portant les éjecteurs est mise en mouvement par un vérin.

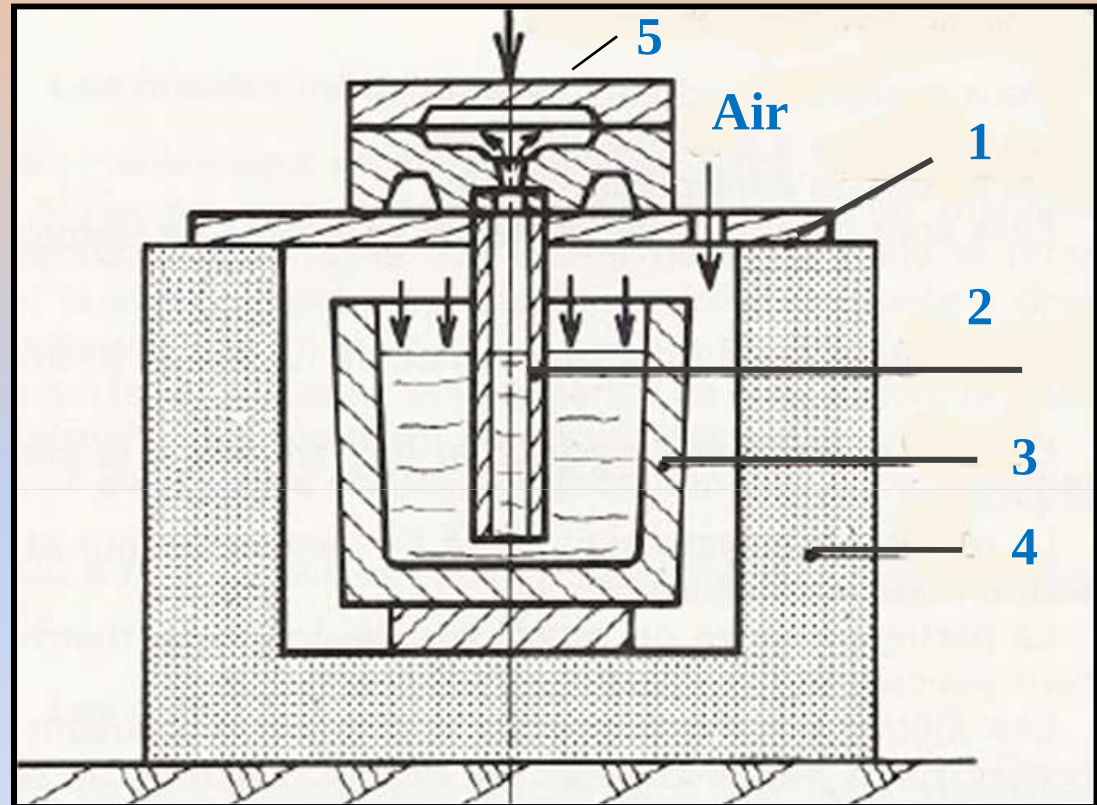


1-plaque d'éjection; 2-moule; 3- éjecteur; 4-vérin.

Coulée sous basse pression

Principe :

On soumet la surface du bain à une pression d'air de 0,1 à 0,2 bar qui pousse l'alliage de bas en haut. Le remplissage terminé on applique une surpression de masselottage de 0,4 à 0,5 bar.



Four à résistance avec étanchéité réalisée sur le couvercle.

1- couvercle étanche; 2- tube plongeur; 3- creuset;
4- Four; 5- dispositif de fermeture du moule.

Moulage sous pression

Avantages

- Tolérances très bonnes;
- Qualité géométrique excellente;
- Très bon états de surface;
- Cadences élevées;
- Surépaisseurs d'usinage faibles (0,2 à 0,5 mm);
- Pièces minces (0,5 mm).

Inconvénients

- Investissement machine élevé;
- Coût outillage élevé → série très importante.

Avantages de la Chambre Chaude par rapport à la Chambre Froide

- Temps de cycles rapides, pouvant être inférieurs à 1 seconde pour les pièces de très petite taille en alliage de zinc.
- Contrôle précis de la température du métal, ce qui améliore la fluidité, et permet aux pressions d'injection d'être plus basses, ce qui impose moins de contraintes à l'équipement. La meilleure fluidité permet un meilleur remplissage de l'empreinte, des moulages plus solides et des parois plus minces.
- Le cylindre d'injection immergé, qui se remplit automatiquement, réduit le temps du cycle, et facilite le contrôle de la température.
- Il n'y a pas de refroidissement de la charge (injection mesurée), comme cela peut être le cas quand du métal en fusion est transféré au cylindre d'injection de la machine à chambre froide.
- Le métal en fusion est moins sujet à l'oxydation et à l'exposition à des contaminants atmosphériques.

Inconvénients du procédé à chambre chaude

- Limitations au niveau des alliages, car les alliages d'aluminium ou de zinc-aluminium ne peuvent être traités que par le procédé à chambre froide.
- La possibilité d'obtenir une vitesse et des pressions d'injection plus faibles fait que les moulages peuvent être moins denses.
- Coûts d'entretien plus élevés.

Avantages de la Chambre Froide par rapport à la Chambre Chaude

- Les alliages d'aluminium ou de zinc-aluminium ainsi que certains alliages de magnésium ne peuvent être traités qu'en chambre froide.
- Possibilité d'atteindre des pressions d'injection et une vitesse plus élevées, ce qui permet de produire des moulages plus denses.
- Coûts d'entretien faibles.

Inconvénients du procédé de chambre froide

Temps de cycle plus lent.

- Moins de contrôle de la température du métal, fluidité et capacité de paroi mince réduites.
- La charge (injection mesurée) refroidit avant l'injection.
- Le métal en fusion est sujet à l'oxydation et à l'exposition aux contaminants atmosphériques.

Coulée sous basse pression

Avantages

- Tolérances semblables au procédé coquille.
- Cadences plus élevées.
- Mise au mille moins élevée (environ 1300) car le masselottage est fortement diminué.
- Caractéristiques mécaniques améliorées.

Inconvénients

- Investissement machine plus élevé.
- Coût outillage plus élevé.

➤ **Ce procédé est considéré comme une amélioration du moulage coquille par gravité.**

Moulage par Injection de Métal (poudre avec liant)

a - Définition:

Le MIM (Moulage par Injection de Métal) est un procédé concurrent de la fonderie sous pression pour la fabrication de pièces en acier (ou titane) de grande précision de faible taille et à haute valeur ajoutée.

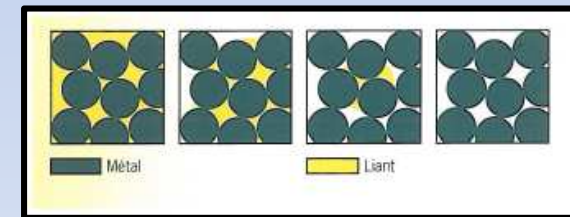
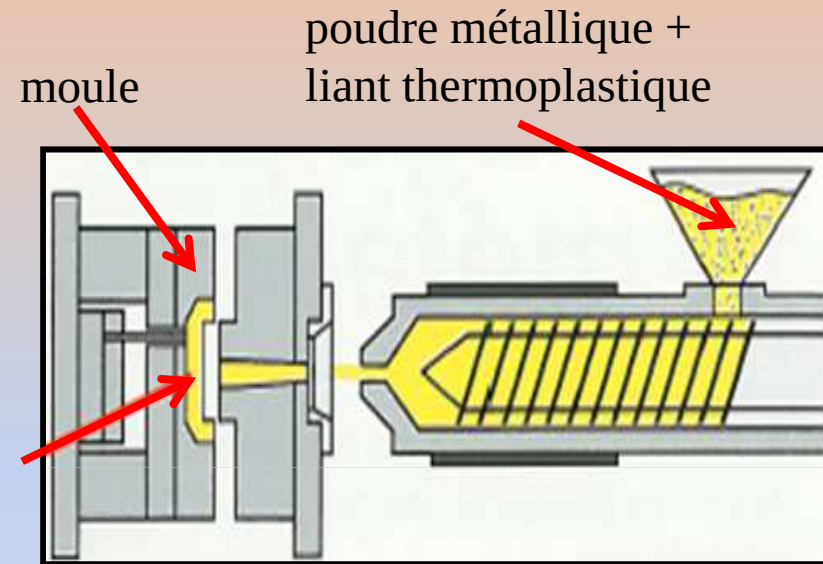
Injection de liant et de poudre métallique

pièce

b - principe du procédé MIM

Le procédé MIM peut se décomposer en 3 grandes étapes :

- injection (sur une presse d'injection plastique) dans un moule métallique d'une poudre métallique enrobée d'un liant thermoplastique
- déliantage (élimination du liant plastique).
- frittage (à chaud) qui donne à cette structure la cohésion et la densité nécessaires



Pièces obtenues par MIM

Conclusion

Le moulage est un procédé qui permet de produire des pièces de formes complexes, il est vastement utilisé dans l'industrie mécanique. Le critère de choix du type de moulage dépend de plusieurs facteurs tel que: caractéristiques mécaniques exigées, nombre des pièces à exécuter, la précision dimensionnelle imposée, complexité des formes et poids, délais de fabrication envisagés, température de fusion du métal coulé, l'état de surface exigés . Pour aboutir à des bonnes résultats; l'expertise du personnels qui sont chargés de l'opération du moulage joue un rôle déterminant.

Les techniques informatiques sont d'une aide précieuse à la conception des outillages, comme la conception assistée par ordinateur (CAO) et la simulation du remplissage des moules et du refroidissement du métal.

Ces techniques offrent l'avantage de réduire les délais de fabrication et coûts de mise au point et d'améliorer la qualité des pièces les plus complexes.