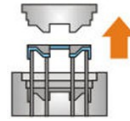


Le moulage : Autres procédés



mercredi 19 mai 2021

U4 ETUDE DE PREINDUSTRIALISATION / COMPETENCES :

- C01. Proposer et argumenter des modifications de la pièce liées aux difficultés techniques et aux surcoûts de production.
- C03. Pour chacun des procédés visés, proposer un processus prévisionnel et des principes d'outillages associés.
- C04. Valider le choix du couple matériau - procédé d'élaboration au regard de la géométrie et des spécifications de la pièce à produire.
- C05. Spécifier les moyens de production nécessaires (machines-outils, outils, outillages...).
- C06. Établir les documents destinés aux partenaires co-traitants et sous-traitants.

. BO ou Référentiel : **BTS IPM 2005**

SAVOIRS / Niveau 2 : Expression

S7.1 Élaboration des pièces métalliques semi-ouvrées

- Principe physique associé au procédé.
- Principe des outillages.
- Limites et performances (matériaux, formes et précisions réalisables).
- Incidences sur le matériau et sur les procédés de transformations ultérieurs.
- Notion sur les coûts.

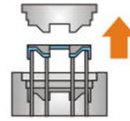
Pour les procédés suivants :

- moulage en moules non permanents et permanents ;
- déformation plastique : laminage, forgeage, estampage, matriçage, extrusion... ;
- déformation plastique des tôles : pliage, emboutissage... ;
- découpage, découpage fin, oxycoupage, découpage au jet d'eau haute pression, découpage au laser.

- Décrire les procédés particuliers de fonderie

Objectif Opérationnel

Le moulage : Autres procédés



mercredi 19 mai 2021

- . **SITUATION** : Classe de Première Année de BTS IPM
- . **PREREQUIS** : - Moulage Permanent et Non permanent
- . **DONNEES DU PROBLEME, CONDITIONS DE REALISATION** :
 - **DUREE** : 1 Heure
- . **TRAVAIL DEMANDE** :
 - Décrire le procédé du moulage à modèle perdu
 - Décrire le procédé du Thixomoulage
 - Décrire le procédé du Squeeze Casting
 - Décrire le procédé Croning
 - Décrire le procédé du moulage par centrifugation
 - Décrire le principe des plaques modèles
 - Décrire le procédé du moulage céramique

PLAN ET DEROULEMENT DE L'ACTIVITE :

- . **METHODE** :
 - **ACTIVITE** (de Groupe, d'Equipe, Individuelle) : - Cours
- . **MOYENS DIDACTIQUES** :
 - **DOCUMENTS** : - Poly Cours
 - **AUDIO-VISUELS** : - Vidéos / Diaporamas et Animations
 - **AUTRES** : - /
 - **BIBLIOGRAPHIE** : - /
 - **LIENS** : http://www.imi.cnrc-nrc.gc.ca/francais/HTML/Carrefour_d_informations/Factsheets/moulage_semi_solide.htm
<http://www.fondeursdefrance.org/>

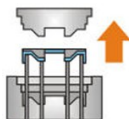
EVALUATION DE L'ACTIVITE :

☐

. Evaluation Formative

☐

. Evaluation Sommative



1 Procédé de moulage à modèle perdu

Les modèles sont en cire, urée ou en polystyrène expansé (LOST FOAM). Le moule est en « céramique » ou en plâtre. C'est un procédé de production en toutes séries de pièces de dimensions petites à moyennes dont la masse va de quelques grammes à quelques dizaines de kilogrammes.

En plâtre, les alliages les plus usuels sont à base d'aluminium et à base de magnésium. Outre l'obtention d'une grande précision dimensionnelle, les points forts de la fonderie de précision à modèle perdu sont la réalisation de pièces de dessin pouvant être sophistiqué, à parois très minces, en alliages difficilement ou non usinables.

La précision dimensionnelle est très bonne à excellente.

En moulage céramique on coule des alliages légers et ultra légers(magnésium) ; des aciers, des superalliages à base nickel, cobalt, zirconium ; le titane (également en moules de graphite usinés) ; des alliages cuivreux.

Les principaux marchés sont :

- L'aéronautique,
- L'aérospatial,
- Le matériel médical
- Le matériel nucléaire

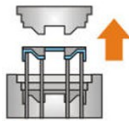
Les avantages de ce procédé sont multiples : la qualité de la « peau » de la pièce est remarquable. Quelles que soient les pièces creuses à réaliser, les opérations de noyautage sont supprimées. Les plans de joint de moule sont également supprimés. Par conséquent, les coûts d'ébarbage sont moindres (plus de portées de noyaux, plus de plan de joint). De plus, la coulée et le refroidissement du métal s'opérant dans de meilleures conditions que dans un moule classique, les pièces peuvent être réalisées avec moins de métal et ont note par conséquent un allègement de celles-ci.

Ce procédé autorisant une grande précision dimensionnelle, il est possible d'obtenir des trous bruts de fonderie. Sur le plan du rendement, un tel procédé s'accommode fort bien d'importances cadences de production.

De plus les chantiers « LOST FOAM » sont très flexibles. Dans la mesure où il n'y a pas d'outillage à démonter et pas de noyaux à préparer, le changement de pièces est aisé. De fait, il n'y a pas d'usure de l'outillage.

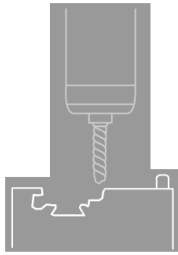
1.1 En cire (ou urée) perdue :

On coule une cire spéciale qui, en se solidifiant, prend la forme exacte de la pièce à produire. Ensuite, le modèle ainsi réalisé en cire, après avoir été éventuellement monté en grappe, est trempé à plusieurs reprises dans un bain pâteux (barbotine) de matériaux réfractaires et de liants qui, en séchant, forme la « carapace » autour du modèle en cire. L'ensemble est porté à une température supérieure à 100 °C : la cire fond et laisse alors une cavité dans laquelle sera coulé le métal en fusion. Après refroidissement, le moule est détruit laissant apparaître une pièce métallique identique, dans les moindres détails, au modèle initial.

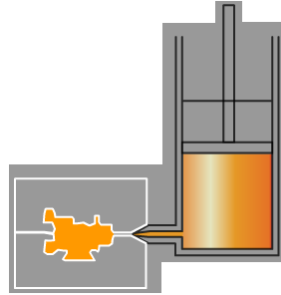


Le moulage : Autres procédés

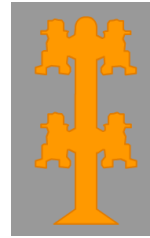
Page 2/6



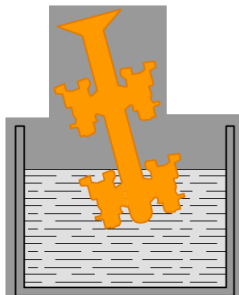
Etape 1 : Réalisation du moule



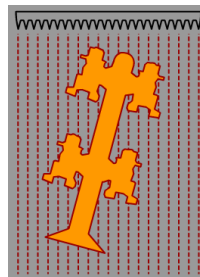
Etape 2 : Injection des modèles en cire



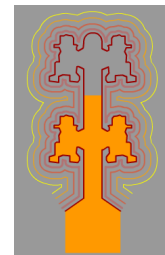
Etape 3 : Assemblage des modèles en grappes



Etape 4 : Fabrication du moule par trempage dans un liquide à base de silice



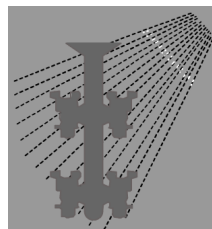
Etape 5 : Revêtement des moules par des matériaux réfractaires



Etape 6 : Elimination de la cire par chauffage



Etape 7 : Coulée du métal en fusion dans le moule



Etape 8 : Elimination de la couche réfractaire par vibration et nettoyage des pièces par grenaillage

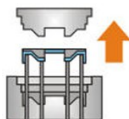


Etape 9 : Séparation des pièces, finition et contrôle

1.2 En polystyrène expansé emballé dans un sable sans liant (LOST FOAM, ...).

Ce procédé de moulage implique la fabrication d'autant de modèles que de pièces à réaliser. Les modèles sont obtenus par injection, dans un moule métallique, de granules de polystyrène qui se soudent sous l'action de la vapeur.

Les différentes parties du modèle et les appendices de coulée sont collés de manière à former des grappes recouvertes d'un enduit réfractaire, puis placés dans un bac dans lequel on verse du sable sec sans liant qui est ensuite compacté par vibrations. Lors de la coulée, le front de métal progresse en faisant évaporer le polystyrène et prend la place de celui-ci.



2 Le thixomoulage : moulage de précision

Le thixomoulage est un procédé innovant de moulage à l'état semi-solide qui consiste à couler sous pression un alliage à une température à laquelle coexistent les phases solides et liquides.

Cette technique, dont le principe est connu depuis plus de 20 ans, se développe rapidement, depuis quelques années, et a actuellement atteint le stade de procédé industriel reconnu, pour certaines pièces de grande série, en alliage d'aluminium ou de magnésium.

2.1 Avantages

- Permet d'obtenir directement des pièces aux cotes, sans usinage ultérieur, ou avec une reprise d'usinage limitée.
- La précision dimensionnelle est sensiblement identique à celle de la coulée sous pression.
- Les défauts typiques des pièces moulées, comme la porosité, sont pratiquement supprimés ce qui entraîne, pour le même alliage, des propriétés mécaniques supérieures à celles de la coulée sous pression.
- L'usure des moules est plus limitée qu'en moulage traditionnel (ordre de 250 000 injections contre 150 000 en coulée sous pression).

2.2 Inconvénients

- Le coût actuel du procédé est supérieur à celui de la coulée sous pression (pièce brute thixomoulée : 35 à 60 F/Kg).
- Ne se justifie que pour des grandes séries type automobile.

2.3 Alliages utilisés

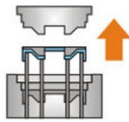
Les alliages, qui ont fait l'objet d'études et d'applications en thixomoulage, sont principalement des alliages d'aluminium de fonderie, ainsi que des alliages de magnésium. Les matières utilisées doivent avoir des propriétés particulières pour faciliter l'opération d'élaboration et pour obtenir les meilleures propriétés, ce qui a entraîné le développement de nuances dites thixotropes, élaborées spécialement.

2.4 Pièces réalisées :

Le thixomoulage a un intérêt lorsque la pièce visée cumule les caractéristiques suivantes :

- Forme complexe associant des zones épaisses et minces.
- Opportunité de supprimer ou réduire l'usinage.
- Nécessité d'une santé métallurgique élevée, pour raisons de propriétés mécaniques, ou d'étanchéité.

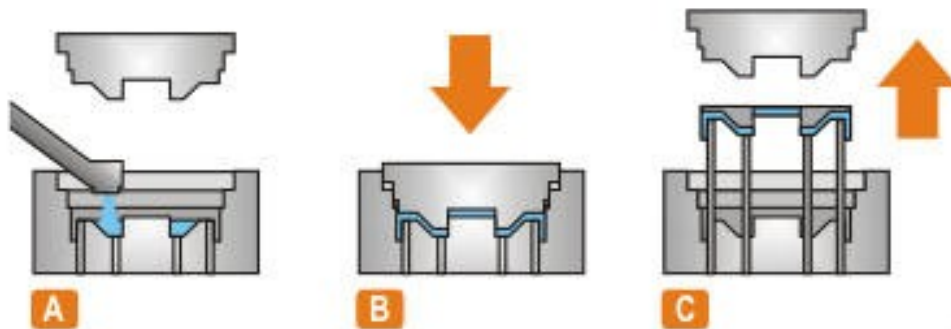
Les pièces actuellement réalisées concernent principalement l'automobile : rampes d'injection de carburant, cylindres de suspension hydraulique, distributeurs hydrauliques, supports moteurs, nœud de structure (cadres de vélo....)



3 Le squeeze casting (moulage forgeage)

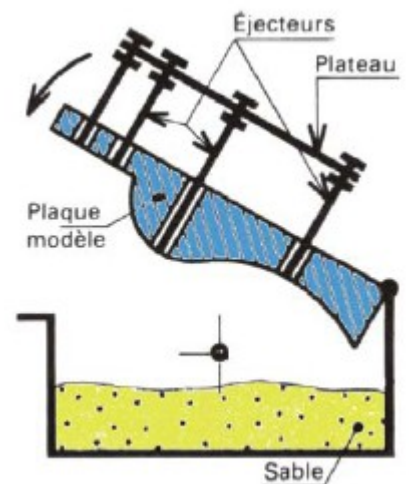
Le squeeze casting est un procédé de fonderie qui consiste à appliquer une pression importante sur la pièce pendant sa phase de solidification.

Avantages du squeeze casting : diminution des coûts grâce à la réduction des usinages ; amélioration des caractéristiques mécaniques.

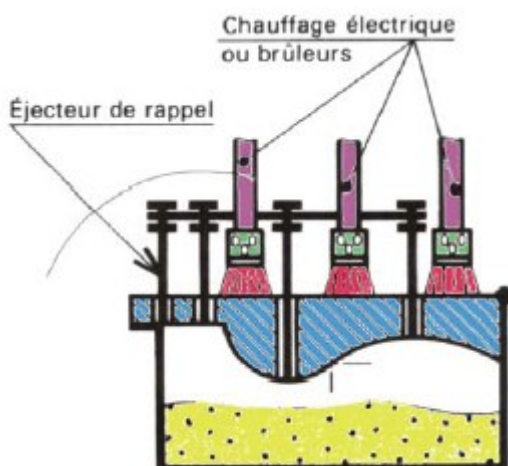


4 Le moulage « CRONING » :

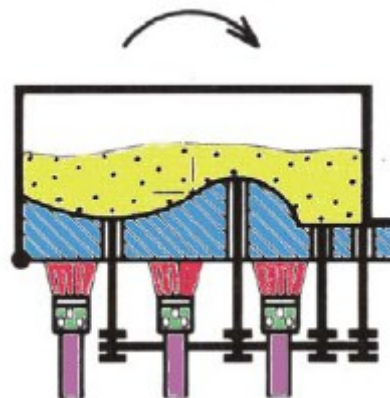
Le mélange sable-résine-catalyseur est mis au contact d'un outillage métallique chauffé à une température voisine de 300 °C. En quelques dizaines de secondes, il se forme une carapace de sable durcie par polymérisation autour du modèle. L'excédent de sable non polymérisé est éliminé par renversement de l'outillage. Les noyaux pleins ou évidés sont réalisés de façon analogue. Ce procédé permet de faire des pièces d'une grande précision dimensionnelle, d'un bel état de surface mais d'un poids limité à 30 kg environ.



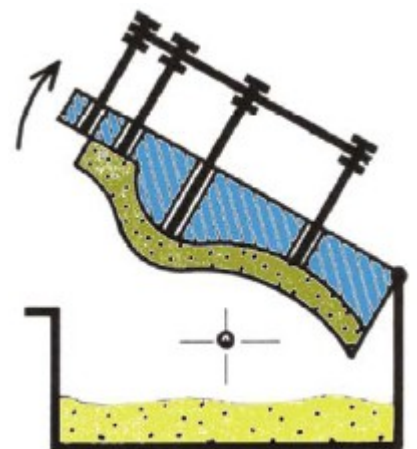
Etape 1



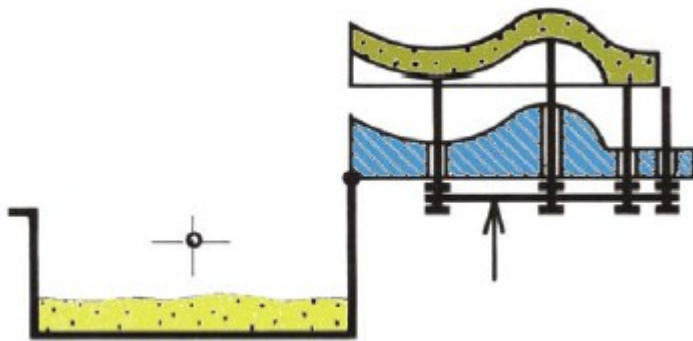
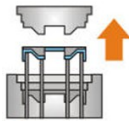
Etape 2



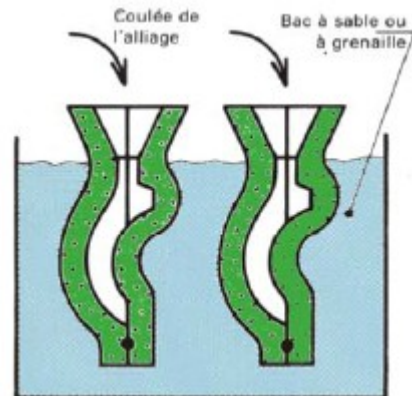
Etape 3



Etape 4



Etape 5



Etape 6

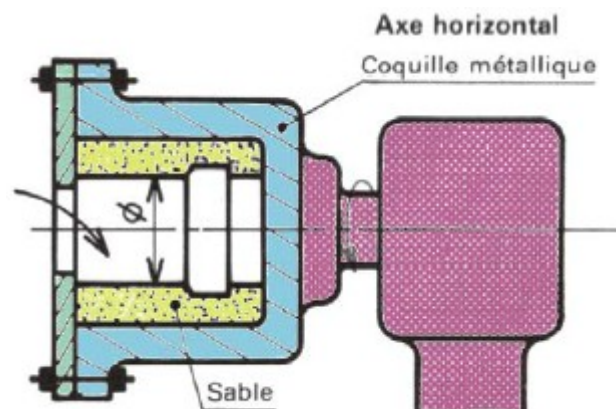
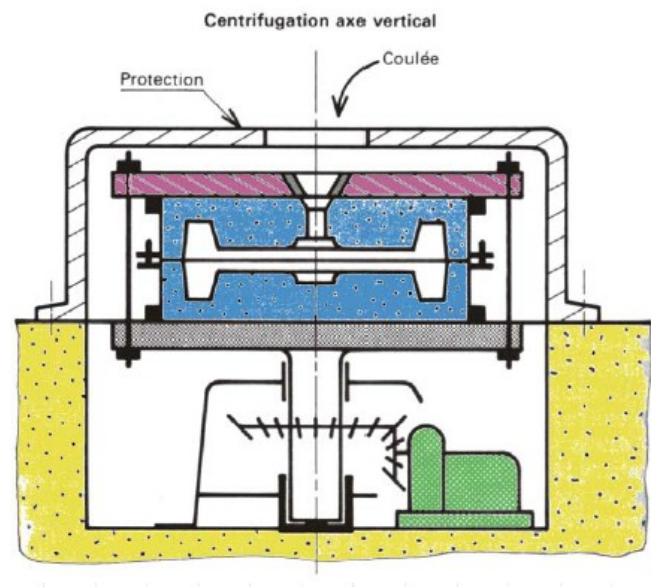
5 La centrifugation

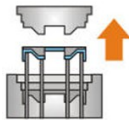
La centrifugation, encore appelée coulée sous pression centrifuge est une technique de coulée basée sur les propriétés physiques de la force centrifuge. En faisant effectuer au moule en sable ou à la coquille métallique une rotation autour d'un axe vertical ou horizontal, le métal acquiert les propriétés physiques supplémentaires suivantes par rapport à la coulée par gravitation classique :

- grande homogénéité du métal dans l'ensemble de la pièce,
- possibilité d'homogénéiser deux alliages métalliques de manière à ce que la pièce possède les propriétés physiques des deux alliages à la fois,
- solidification plus rapide de la pièce qui est ainsi mieux texturée, notamment lorsqu'un système extérieur de refroidissement par eau est mis en place,
- cristallisation très régulière.

Ce procédé ne peut toutefois être appliqué que pour des pièces de formes simples telles que galets de roulement, roues, tubes, cylindres de laminoirs, calandres, chemises de moteurs, etc.

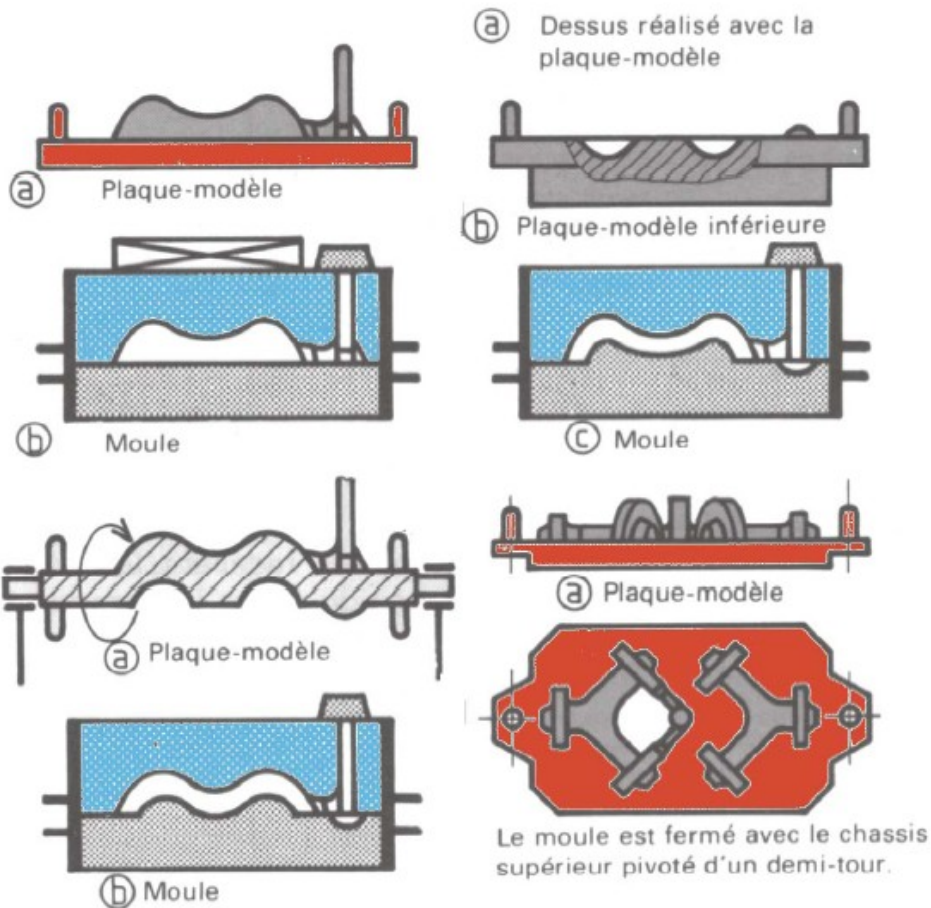
L'utilisation la plus célèbre du procédé concerne la production de tuyaux en fonte à graphite sphéroïdal ou en alliages cuivreux.





6 Les plaques modèles

Dans le cas du moulage en sable, on peut remplacer les modèles par des plaques modèles indexées parfois à double faces réversibles



7 Le moulage céramique

Le matériau de moulage est constitué d'un mélange rigoureux de produits réfractaires auquel on ajoute un liant chimique et un accélérateur de prise. Ce procédé, qui tolère des modèles bois, plastique ou métallique, s'adresse, quelles que soient leurs dimensions ou leurs quantités, aux pièces dont les profils sont difficilement usinables, tels que poinçons, matrices, moules métalliques, pompes ...

