

Cette ressource est issue d'une séance de travaux pratiques réalisée en Master 2 Formation à l'Enseignement Supérieur de la mention mécanique à l'ENS Paris-Saclay. L'objectif est d'étudier la technologie liée au procédé de moulage en sable de pièces en alliage d'aluminium.

La fonderie consiste à couler un métal ou un alliage liquide dans un moule afin de reproduire une pièce dans ses formes intérieures et extérieures, en limitant autant que faire se peut les travaux de finition après refroidissement. Ce procédé de formage des métaux est utilisé dans de nombreux secteurs, les techniques utilisées (voir ressource « *Fonderie : éléments d'initiation* ») dépendent du matériau, des dimensions et des caractéristiques géométriques de la pièce à obtenir, et des quantités à produire. Cependant quelque soit le procédé employé, les pièces issues de moulage suivent les mêmes règles de tracé.

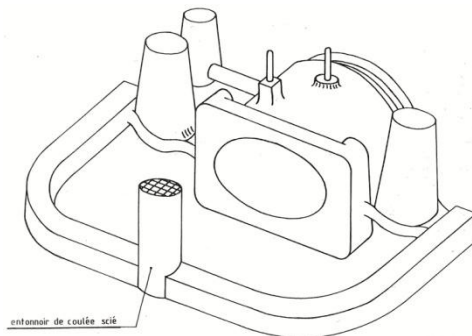


Figure 1 : Esquisse de la pièce brute de moulage

Cette ressource détaille les différentes phases de réalisation d'une pièce moulée en sable, de la préparation des matériaux au décochage de la pièce en passant par l'élaboration du moule et du noyau et la coulée de l'aluminium.

1 – Introduction

La pièce à mouler est un boîtier papillon (voir « *Annexe : Plan du boîtier papillon* ») réalisée en alliage d'aluminium (voir « *Annexe : Caractéristiques de l'AlSi13 (AS13)* ») dans un moule en sable. L'objet de cette ressource est de montrer les différentes phases du procédé de fonderie ; le modèle est réalisé par ailleurs.



Figure 2 : Les plaques modèles et la boîte à noyau

2 – Réalisation du noyau

Le noyau, de forme simple pour cette pièce, est réalisé à l'aide d'une boîte à noyau (figure 2) et avec du sable aggloméré, mélange de silice et de silicate de soude (3% en masse). La boîte à noyau montée est remplie du mélange, tassé de façon homogène. Le mélange est ensuite piqué à l'aide d'une aiguille afin de laisser circuler le durcisseur injecté (CO_2). Lorsque le noyau est durci, la boîte est démontée, le noyau délicatement sorti et ébavuré (figure 3).



Figure 3 : Le noyau sorti de sa boîte

3 – Réalisation du moule

3.1 - Préparation du sable à vert

Le sable utilisé est composé de silice et d'argile, il est de couleur brune/oranger, et noircit au contact du métal chaud. Il est cependant réutilisable à l'infini une fois remis en condition : tamisé, aéré et humidifié. L'argile humidifiée est le liant des grains de silice. Avant utilisation du sable à vert, il faut mesurer le taux d'humidité et le ramener à 6%.

3.2 - Elaboration d'un demi-moule

Les deux plaques modèle (figure 4) sont fixées successivement sur la machine à mouler (voir aussi « Annexe : Plan des plaques modèle du boîtier papillon ». Une de deux plaques comporte le canal d'alimentation et les masselottes (voir ressources « Fonderie : éléments d'initiation » et « Réalisation de pièces métalliques par prototypages en moulage à cire perdue »). Un châssis positionné sur la plaque à l'aide de deux goujons de centrage (figure 5) comporte à sa base deux barres qui reposent sur les chandelles de la machine.

Les plaques modèle doivent être nettoyées des précédentes utilisations et en parfait état, tout défaut sur la surface utile du moulage sera reproduit sur la surface de la future pièce. Il faut donc veiller à maintenir les plaques modèle en déposant du talc ou de l'agent démoulant pour éviter l'adhérence du sable sur la plaque modèle.

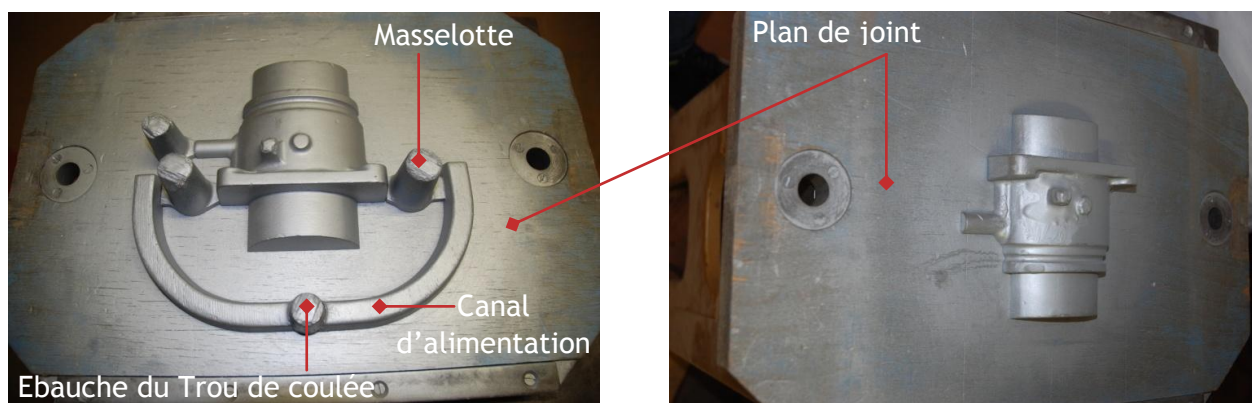


Figure 4 : Plaques modèle avec canaux d'alimentation, masselottes et trou de coulée

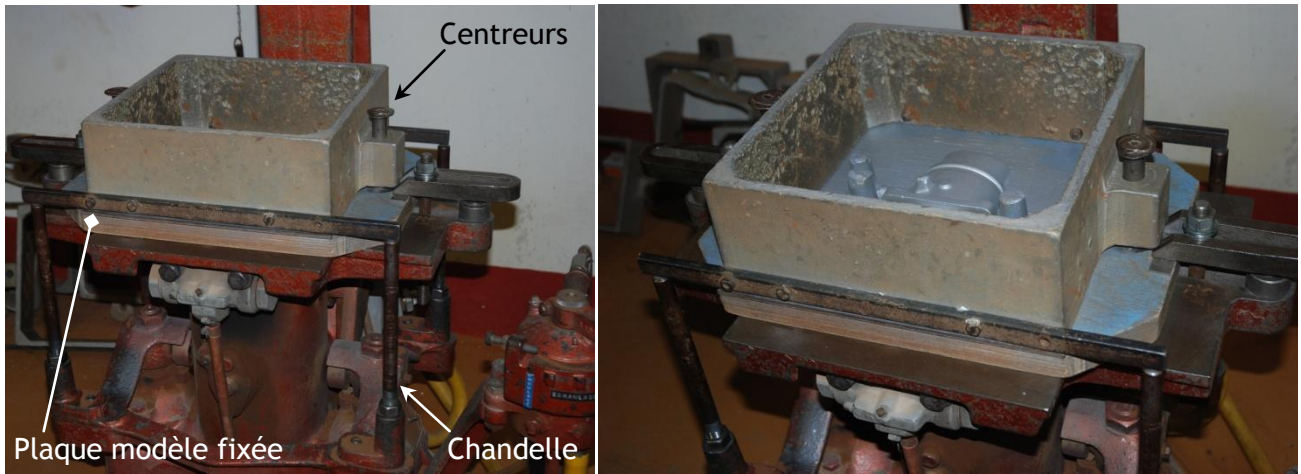


Figure 5 : Plaque modèle fixée sur la machine et le châssis positionné

Le châssis est rempli de sable tamisé pour la partie en contact avec la forme de la pièce ; de la granulométrie du sable en contact avec le modèle dépendra la qualité de l'état de surface de la pièce. Le sable doit être réparti correctement particulièrement aux endroits sensibles, il est progressivement tassé à la main, puis à l'aide de fouloirs lorsque la hauteur est suffisante pour ne pas endommager le modèle (figure 6). Le niveau du sable doit dépasser le bord supérieur du châssis, la machine terminant le travail (figure 7).



Figure 6 : Remplissage du châssis avec le sable à vert



Figure 7 : Tassement mécanique du sable à vert dans le châssis

Le sable est arasé à hauteur de châssis afin d'obtenir une surface plane (figure 8), cette surface sert d'appui pour un des demi-moules lors de la phase de coulée. Puis par vibrations de la machine, le sable est décollé de la plaque modèle. Enfin le châssis est soulevé par les chandelles, la plaque modèle est libérée verticalement (figure 9) afin de ne pas abîmer l'empreinte déposée dans chaque demi-moule (figure 10).



Figure 8 : Arasement du sable



Figure 9 : Montée du châssis, libération des plaques modèle



Figures 10 : Empreintes dans les châssis, la couleur argentée est un résidu de l'agent démoulant

3.3 - Réalisation des événements et du trou de coulée

Les événements facilitent l'évacuation des gaz lors de la coulée, ils sont réalisés à l'aide d'aiguille (figure 11). Le trou de coulée a été ébauché par la plaque modèle, il s'agit maintenant de le rendre débouchant (figure 12).



Figure 11 : Réalisation des événements à l'aiguille



Figure 12 : Prolongation du trou de coulée

Le châssis est ensuite retourné, puis l'ouverture du trou coulée est agrandie. La forme pyramidale du trou de coulée (figure 13) facilite la visée lors du remplissage et évite la création de vortex, ce qui pourrait entraîner grains de sable et bulles d'air dans le métal et donc des défauts dans la pièce.



Figure 13 : Finition du trou de coulée

3.4 - Assemblage du moule

Le noyau préalablement réalisé est positionné délicatement dans l'empreinte du châssis inférieur (celui qui ne comporte pas le trou de coulée). Puis les deux châssis sont superposés en veillant à leur bonne orientation l'un par rapport à l'autre. Les goujons assurent le bon positionnement et le maintien des deux châssis (figure 15).



Figure 14 : Positionnement du noyau



Figure 15 : Assemblage des deux châssis

4 – Coulée

Le moule est posé à proximité du four contenant l'alliage liquide. La température (environ 700°C) nécessite un équipement de protection : casque avec masque, tablier, guêtres et moufles (figure 16). La coulée doit être faite rapidement en un seul geste (figure 17), il est nécessaire de prélever la bonne quantité à l'aide de la louche préalablement poteyée.



Figure 16 : Prélèvement de l'alliage liquide



Figure 17 : Coulée et remplissage du moule

5 – Obtention de la pièce

La pièce se solidifie mais se refroidit que très peu, il est important de réaliser le démoulage avec précaution. La pièce est solidaire du châssis supérieur séparé en le soulevant du châssis inférieur, qui garde la trace de la pièce moulée, l’empreinte est noircie (figure 18).

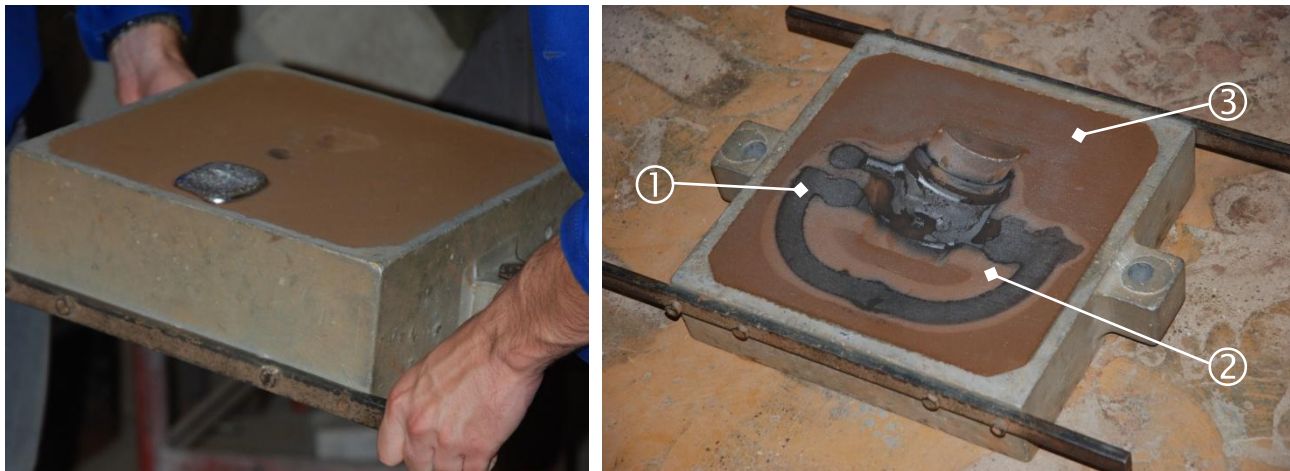


Figure 18 : Séparation des deux châssis. Les différentes couleurs du sable après extraction de la pièce :
① partie brûlée, ② partie chauffée jusqu'à environ 100°C (évaporation de l'eau), ③ partie non affectée thermiquement (importante isolation du moule en sable, le châssis reste à température ambiante)

Le noyau est inclus dans la pièce (figure 19), il est préférable de ne pas mélanger les deux sables ; il faut donc extraire dans un premier temps la pièce et son noyau (figure 20), puis éliminer ensuite le noyau (figure 21).



Figure 19 : La pièce et son noyau dans le châssis supérieur



Figure 20 : Destruction du moule pour extraire la pièce brut de moulage et son noyau inclus



Figure 21 : La pièce brute de démoulage

La pièce brute de démoulage porte le canal d'alimentation et les masselottes qu'il faut par la suite éliminer (voir aussi « *Annexe : plan du brut boitier papillon* »). On remarque aussi la trace du plan de joint entre les deux châssis du moule.