

# REALISATION DE PRISES MOULEES EN ALUMINIUM

## I - INTRODUCTION

Avant de commencer à vous expliquer la conception de prises d'escalade en aluminium coulé, je vais vous donner quelques notions de fonderie afin de mieux comprendre les différentes étapes d'élaboration de ces prises.

### 1 – Les matériaux utilisés

Tout d'abord, il s'agit de mettre en œuvre ce qu'on appelle la méthode de coulée par gravité dans des moules non permanents en sable.

C'est-à-dire que l'on coule l'aluminium en utilisant son propre poids pour remplir le moule, contrairement à la coulée sous pression où l'on injecte le métal en fusion dans un moule rigide (métallique) et à la coulée par centrifugation où l'on fait tourner le moule afin que le métal prenne exactement la forme du moule (utilisé pour des pièces très complexes).

Le terme « non permanent » signifie que ce type de coulée ne se fait qu'une seule fois car on ne peut plus réutiliser le moule après le décochage (retrait de la pièce finie) du fait qu'on est obligé de casser le sable pour la démouler. Par contre il existe des moules permanents qui utilisent d'autres matériaux comme l'acier.

Il y a beaucoup de méthodes pour faire des moules (j'ai moi-même commencé en taillant des blocs de pierres !), comme la technique de la cire perdue où le modèle est en cire et disparaît une fois le métal en fusion à son contact ou celle de l'enrobage où l'on recouvre le modèle légèrement plus petit que la pièce à obtenir en le recouvrant de métal ou encore le moulage sous coquille, mais pour ce genre de pièces, il n'y a que celle par gravité qui convient. Elle est d'ailleurs la plus simple à mettre en œuvre.

Le matériau utilisé pour recevoir l'aluminium en fusion est un sable spécial contenant à doses égales du silicium et de l'argile spéciale venue d'une carrière du centre de la France. Pour que ce sable soit suffisamment compact pour ne pas s'effondrer, on l'humidifie avec très peu d'eau.

Maintenant il faut que ce sable soit contenu dans une enceinte solide. C'est pourquoi nous utiliserons deux châssis en acier d'environ 12 cm de haut et de 45 cm de côté.

Le métal utilisé est de l'aluminium AU4G qui est composé comme suit :

- A : Aluminium
- U4 : 4 % de Cuivre
- G : moins de 1 % de magnésium

Voici ses principales caractéristiques mécaniques :

Choix d'un alliage d'aluminium (suite)											
18.14.2. Principaux produits de corroyage											
Désignation (2)	Etat	Propriétés Physiques				Caractéristiques mécaniques (moyennes)					
		Masse volumique (g/cm <sup>3</sup> )	Conductivité thermique (W.m <sup>-1</sup> .K <sup>-1</sup> )	Dilatation lin. (x 10 <sup>-6</sup> .°C <sup>-1</sup> ) (entre 0 et 200°C)	Rp0,2 (MPa)	Rp0,2 (MPa)	A (%)	A50	Résist. au cisaillement (MPa)	Résistance à la fatigue (MPa) (1)	Module d'élasticité (MPa)
1050 A	O	2,70	231	23,6	80	105	42	21	55	25	69 000
	H14				115	105	11	30	21		
1060	O	2,70	234	23,6	75	105	42	19	50	55	69 000
	H14				105	95	11	27	14		
1100	O	2,71	222	23,6	90	105	35	22	65	65	69 000
	H14				125	115	10	33	10		
1200	O	2,71	218	23,6	125	115	10	33	100	65	69 000
	H14				165	150	5	44	100		
2011	T3	2,83	152	23,2	340	290	13	95	210	125	71 000
	T4				380	300	15	100	234		
2014	T4	2,80	135	23,5	430	360	12	105	260	145	74 000
	T6				490	420	12	137	290		
2017 A	T4	2,79	134	23,0	420	350	15	105	200	135	74 000
	T6				465	320	18	120	285		
2030	T0	2,82	155	22,9	450	390	10	115	275	135	73 000
	T5				440	380	8,5	135	270		
2010 A	O	2,75	140	22,3	115	140	38	29	75	60	69 000
	H14				155	130	6	42	35		
3003	O	2,73	180	23,2	115	140	38	29	75	60	69 000
	H14				155	130	6	42	35		
3004	O	2,72	143	22,8	180	190	27	45	110	60	69 000
	H34				240	200	6	64	125		
3006	O	2,73	166	22,7	130	165	30	21	80	60	69 000
	H36				150	165	5	50	110		
3105	O	2,72	172	23,6	120	155	30	30	85	60	69 000
	H14				175	155	7	45	105		
3106	O	2,72	172	23,6	120	155	30	30	85	60	69 000
	H14				175	155	7	45	105		

Pour ceux qui n'ont pas beaucoup de connaissances en mécanique et en résistance des matériaux, sachez que c'est l'alliage le plus approprié pour réaliser des pièces de ce type. Il est à la fois léger, résistant et le plus courant (donc un des moins chers).

## 2 – Le four

Il est sans doute l'élément le plus important dans la fonderie, c'est pourquoi je vais essayer de vous le décrire avec le maximum de précision.

Il est donc composé de 3 parties :

- un foyer en briques réfractaires
- une enceinte de protection en pierre réfractaire
- et un « couvercle » amovible



Four ouvert



Four fermé

Entre le foyer et l'enceinte de protection, se trouve du sable afin de garantir l'étanchéité de l'ensemble. A la base du four (rond rouge) est prévu un trou pour l'alimentation en air chaud pour le combustible. Un aspirateur branché à l'envers envoie de l'air chaud qu'il récupère au-dessus du four par l'intermédiaire d'un renvoi (rond vert). On réalise un circuit fermé qui évite de perdre trop d'énergie calorifique. Le couvercle se glisse sur des rails et permet de garder un maximum de chaleur dans le foyer. Le combustible utilisé est du charbon sous forme de briquettes ou de boulets.

## II – L'ELABORATION DU MOULE

Cette étape primordiale dans la fabrication des prises doit être exécutée avec la plus grande attention et aussi de patience car du bon démoulage dépendent l'état de surface et les bavures éventuelles à retravailler.

### 1 – L'empreinte inférieure

Un moule en fonderie est généralement composé d'au moins 2 parties. Certaines pièces complexes ou tout simplement trop grosses nécessitent en effet plusieurs châssis, mais en ce qui nous concerne, nous n'utiliserons que 2 châssis vu la simplicité des modèles.

Pour commencer nous disposons sur une surface lisse les modèles (ici des prises d'escalade en résine) à l'intérieur d'un châssis en acier de manière à les centrer et en laissant de la place pour les cheminées de remplissage et d'évacuation de l'air.



Maintenant nous pouvons commencer le sablage.

Le but du jeu est de tasser le sable de façon à pouvoir lui donner une dureté équivalente à du carton épais (70 à 80 HV). Pour cela on utilise d'abord du sable tamisé que l'on tasse avec les doigts, puis d'autres instruments pour les couches successives de sable.

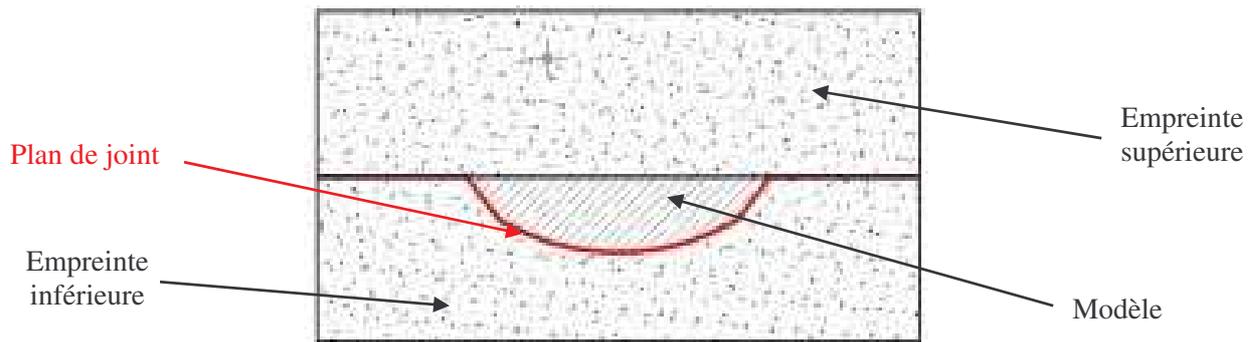


Une fois tout le châssis rempli à ras et lissé au-dessus, on le retourne pour attaquer la 2<sup>ème</sup> phase : le plan de joint.



## 2 – Le plan de joint (PDJ)

Cette phase est la plus délicate car d'elle dépend le démoulage des modèles. En effet, il faut éviter que le sable ne s'écroule quand on les retire. Pour cela on « sculpte » dans le moule un PDJ, qui est en fait la plus grande surface du modèle par laquelle on peut le séparer en 2. Par exemple, pour une sphère le PDJ, est « son équateur ». D'une manière générale ça donne un peu près cela :



Ainsi on obtient ceci pour les prises :



## 3 – L'empreinte supérieure

La procédure est ici identique mais avec en plus les cheminées de remplissage et d'évacuation de l'air (évents).

Afin éviter aux 2 parties du moule de coller, on saupoudre du talc sur l'empreinte inférieure. Puis on dispose les cheminées.



Ensuite même opération que précédemment : on tasse à la main du sable tamisé puis tout le reste du moule.



On obtient alors ce résultat :



#### 4 – Démoulage des modèles

### IMPERATIFS ET POINTS CLEFS DU MOULAGE

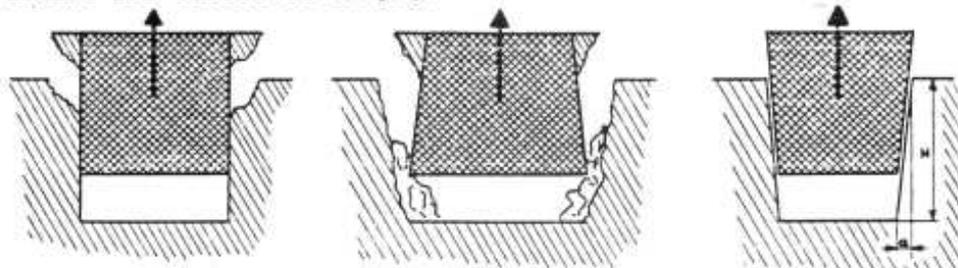
Il s'agit là d'impératifs à respecter pour que la pièce moulée réponde à toutes les contraintes d'aspect, de dimensions et de santé métallurgique souhaitées.

#### -La dépouille :

C'est une inclinaison donnée aux parois du modèle (ou du moule en moule permanent) parallèle au sens de démoulage afin de pouvoir extraire le modèle (ou la pièce) sans dégrader l'empreinte (ou déformer la pièce).

Les valeurs des dépouilles sont normalisées, (NF A 73-528) et s'exprime en %. Sauf indications contraires elles viennent en plus du profil de la pièce et contribuent à une modification du tracé initial.

Le sens des dépouilles, donc le sens de moulage influe fortement sur les conditions d'usinage (mise en position de la pièce et présentation devant les outils de coupe).



Modèle sans dépouille  
Arrachements de sable

Modèle en contre-dépouille  
Dégradation de l'empreinte

Modèle avec dépouille  
Démoulage aisé

Le choix des prises permet d'avoir à chaque fois des dépouilles importantes ce qui facilite le démoulage.

Voici l'envers de l'empreinte supérieure :



#### 5 – Création des conduits d'alimentation

On creuse dans le sable des conduits reliant chaque pièce à sa cheminée de remplissage. Ici on en choisi une commune pour 2 pièces et une pour les 3 autres. L'évent est commun aux 2 plus grosses. On peut également faire des saignées fines pour les autres pièces, ceci évacue mieux l'air lors de la coulée.



### III – La coulée

Le métal est fondu dans un creuset en graphite qui est un excellent conducteur thermique et directement placé dans le foyer.



Le contrôle de la température se fait par l'intermédiaire d'un thermomètre électronique muni d'une sonde haute température pouvant résister à 1200° qui plonge en permanence dans le bain de métal liquide. Cela nous permet de fermer le four pour conserver la chaleur et ne l'ouvrir que pour l'alimenter en charbon dès que l'on constate une baisse de température. Pour l'alliage d'aluminium utilisé ici, il nous faut monter à environ 700° afin d'avoir une parfaite fluidité du liquide. Rappelons que la température de fusion de l'aluminium est de 660°.



Vient maintenant un moment particulièrement agréable mais néanmoins dangereux si l'on ne prend pas quelques petites précautions : la coulée.



En effet, lors de la descente du métal dans le moule se produit un phénomène de choc thermique qui est dû à la différence de température du sable et du métal. Il arrive parfois que le métal remonte brusquement par les cheminées si l'on coule trop vite. C'est pourquoi nous sommes deux pour la coulée : un qui contrôle le positionnement du creuset par rapport au moule et l'autre qui s'occupe de le basculer avec la barre.



Il arrive aussi que de l'air qui s'est retrouvé prisonnier dans le moule remonte dans les cheminées et fait une sorte de bulle prête à « exploser ». D'où une attention particulière et un contrôle jusqu'à ce que le métal passe de l'état de « Liquidus » à celui de « Solidus ».

Voilà, il ne reste plus qu'à décocher (démouler) les pièces, à travailler les bavures du PDJ, à couper les cheminées et les conduits, et passer ensuite à la finition. Que de travail ! Mais ça vaut le coup !

On obtient alors ce style de prise :



Après avoir enduit les prises de résine de polyester (résine bi-composant), on les saupoudre de sable coloré pour donner ça :



Ci-dessous un petit aperçu de mes réalisations :



Il s'agit de pièces pour un pistolet en plastique dont quelques-unes étaient cassées.



Ici, c'est une maquette d'un échangeur thermique en aluminium brasé (pièce réalisée à la demande de mon ancien patron chez qui ces échangeurs étaient conçus).