



Janvier 2018

APPORT DE LA FABRICATION ADDITIVE EN FONDERIE

BONNE NOUVELLE ANNEE à chacune et chacun d'entre vous,

Avec cette trentième newsletter, nous allons nous pencher sur quelques orientations techniques liées à la fabrication additive, tout en faisant un focus sur l'apport de cette technologie dans le monde de la fonderie.

Le secteur médical et dentaire a été très vite intéressé par les procédés de FA pour la fabrication de substituts osseux, des implants dentaires, orthopédiques type prothèse de hanche ou pour améliorer l'ergonomie des prothèses auditives.

L'aéronautique, concernée par la fabrication de pièces en petites séries, se tourne vers la FA principalement pour alléger les pièces embarquées par une optimisation de leur topologie (pièces pivots pour des panneaux solaires implantés sur des satellites [17], ...)

L'automobile utilise ces nouveaux modes de fabrication essentiellement dans les bureaux d'études et dans les services de prototypage. L'horlogerie et la bijouterie sont également intéressées par ces procédés, comme on peut l'imaginer.

Après cette brève introduction sur les secteurs industriels traditionnellement intéressés par les procédés innovants à fort potentiel de développement, nous avons décidé de décrire une application qui nous semble très prometteuse : l'impression 3D dans le cadre de la fabrication de moulage sable pour la réalisation de pièces complexes.

La fonderie a vu apparaître l'impression 3D sable au début des années 2000. Cantonnées aux bureaux d'études et à la réalisation de prototypes, peu d'entreprises l'ont adoptée pour la R&D – en 2006 pour Danielson Engineering à Magny Cours (58) et en 2011 pour Ventana Messier à Arudy (64). Cependant, là où cela devient prometteur c'est lorsque les fabricants de ce procédé parlent maintenant de pouvoir l'utiliser pour de la petite série voire de la moyenne série.



Figure 1 : Source document Exone®



Janvier 2018

La fonderie a besoin d'évoluer et de suivre les possibilités amenées par la fabrication additive : plus de contrainte d'évidement interne, de contre-dépouilles et de délais importants dus à la réalisation du modèle. Entre le moment où le fondeur reçoit la CAO de la pièce à fabriquer et l'obtention de la pièce « vrai matière », le tout couplé à des logiciels de simulation de remplissage et de solidification, il peut se dérouler moins d'une semaine. Même si cette technologie a maintenant 16 ans, il n'y a que 7 machines en France (4 entreprises et 3 institutions).

Description du procédé

La construction du moule de fonderie, de parties de moule ou de noyaux, se fait par dépôts successifs de couche de silice et d'injection d'un liant grâce à la tête d'impression composée de plusieurs milliers de buses. Il existe en fonderie traditionnelle plusieurs résines, des furaniques, des phénoliques et des inorganiques. Les deux premières sont utilisées en fonction de l'alliage coulé et la dernière est toujours en cours de développement pour des raisons écologiques. L'impression 3D sable reprend les 3 types de résines. Deux fabricants allemands ont une avance importante dans cette technologie pour la fabrication de machines de grande capacité.

La différence majeure entre les deux technologies réside dans le liant. En effet, pour Exone® (cf.figure 2), la silice est pré-mélangée avec un catalyseur et la tête d'impression dépose la résine.



Figure 2 : Technologie développée par Exone®

Pour Voxeljet® (cf.figure 3), la silice est brute, tout est dans le liant et le chauffage infrarouge pour la réticulation.



Janvier 2018

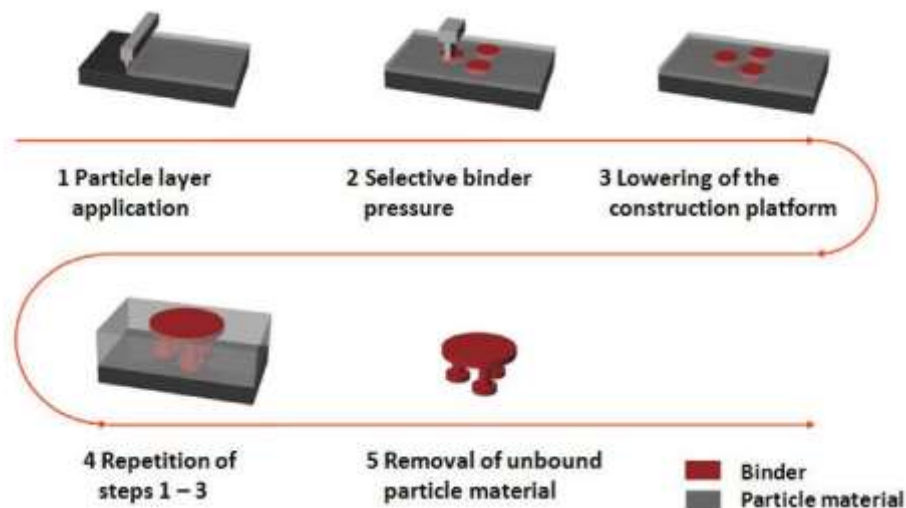


Figure 3 : Technologie développée par Voxeljet®

Les dimensions des moules ou de parties de moules ainsi obtenues peuvent aller jusqu'à 4m x 2m x 1m. Le temps de réalisation d'un tel moule est de 65h.

Une fois l'impression terminée, comme le montre la figure 4, le sable non polymérisé est aspiré pour laisser place à l'empreinte qui sera remplie par l'alliage liquide.



Figure 4 : Aspiration du sable non polymérisé

Les alliages coulés

Comme c'est un procédé de fonderie, il faut toujours remplir un moule avec un alliage porté à sa température de fusion. Il n'y a donc pas de limitation sur les alliages. Cette technologie permettrait même d'améliorer la santé interne d'une pièce.



Janvier 2018

En effet, en fonderie traditionnelle, le positionnement du système de remplissage d'un moule et d'alimentation (pour contrecarrer le retrait volumique/porosité) est régi par le plan de joint et la difficulté due aux contre-dépouilles. Ce qui n'est plus du tout le cas avec l'impression 3D : le remplissage peut être toujours laminaire (en source) et le masselottage positionné là où il est nécessaire.

Verrous techniques

Il existe plusieurs verrous qu'il faudra lever durant les années à venir :

- Les dimensions minimales pour les évidements,
- L'évolution des caractéristiques mécaniques du sable à chaud,
- Les réactions moules/métal,
- La rugosité,
- Etc.....

En ce qui concerne les sables à prises chimiques phénoliques, les gaz générés lors de la coulée doivent pouvoir s'évacuer grâce à la perméabilité du moule. Or, l'impression 3D emploie un pourcentage plus important de liant qui augmente la perte au feu (>2,1% en masse) et fait apparaître d'éventuels défauts types soufflures. De plus, en fonderie, il est courant d'utiliser différents types de sable telles que la silice, la chromite. Actuellement, les machines gèrent ces sables sauf qu'il n'est pas possible de commencer le noyau avec de la chromite (permet l'évacuation de la chaleur plus rapidement mais chère) et de finir avec de la silice.

Il faudra redéfinir les règles de conception et la plus grande des difficultés sera d'imaginer l'obtention d'une grappe (pièce + système de remplissage + système d'alimentation) différemment.

a) Fabrication de pièces en série

La surface des plateaux d'impression peut aller jusqu'à 8m². Cela permet d'imaginer le nombre de noyaux qui pourrait être fabriqué à chaque fois. Il est tout à fait possible de n'imprimer que des noyaux complexes et les remmoulés dans un moule réalisé par fonderie traditionnelle, pour les formes extérieures.

Un des fabricants propose une machine qui imprime en continu à 45° et qui permet de prendre le moule ou noyau imprimé sur un convoyeur pendant que le prochain est en fabrication.



Janvier 2018



Figure 5 : VX800 de Voxeljet®

Signe de changement dans le métier de fondeur, une entreprise dans le nord de la France a choisi de ne plus fabriquer ses moules mais de les acheter chez les fabricants allemands qui proposent cette prestation. Il lui reste alors que la phase de fusion, de décochage et de finition à réaliser.

Bilan et perceptive

Les technologies de fabrication additive sont encore relativement jeunes et le recul technologique est faible. La connaissance des matériaux et de leur tenue en fatigue pose encore beaucoup de questions. Cependant, il y a de réels intérêts techniques à s'intéresser à ces nouveaux procédés à fort potentiel de développement et générateur de sauts technologiques potentiels.

Associée à cette technologie, il ne faut pas oublier l'ensemble des post-traitements. En effet, une fois que la pièce est dite brute de fabrication additive, il reste encore à réaliser quelques « opérations de parachèvement » tels que le nettoyage, l'enlèvement des supports, le polissage, le sablage, le grenaillage, l'usinage, les traitements thermiques de durcissement et les traitements de surface. Une journée de l'A3TS est entièrement consacrée tous les 2 ans à cette thématique.

En attendant, nous vous souhaitons une bonne continuation... en attendant la prochaine newsletter en mars associée au monde du pétrole et du gaz !

Nous remercions Michael Young pour l'autorisation qu'il nous a procuré à utiliser les photos de ses œuvres dans les bandeaux.