



Revue de presse Pollen AM

Support : <https://www.worldpm2022.com>

Date de publication : Octobre 2022

Ce format de matériau appliqué à l'impression 3D donne accès à un portefeuille exhaustif de matériaux déjà disponibles sur le marché - thermoplastiques, élastomères, mais aussi métaux et céramiques techniques.

Fabrication additive de pièces métalliques à partir de matières premières MIM industrielles

PUBLIE EN OCTOBRE 2022 PAR THIBAUD DESHONS & DIDIER FONTA

Résumé

Les principaux avantages de la fabrication additive par rapport aux techniques conventionnelles sont la possibilité de produire des pièces à géométrie complexe, sans nécessiter d'investissement en outillage spécifique, la flexibilité en termes de conception et la réduction de la consommation de matières premières. Elle présente également l'avantage de produire de petites séries de pièces, à des coûts relativement faibles. L'impression 3D des métaux n'en est certainement plus à ses débuts.

Cependant, la transformation d'alliages métalliques à l'aide de la fabrication additive présente encore des limites importantes au niveau technologique en raison des points de fusion élevés de ces matériaux et de la nécessité d'effectuer un traitement thermique ultérieur pour obtenir les propriétés structurelles requises (frittage) des alliages métalliques.

Cet article présente un essai du procédé d'impression 3D métal, également appelé fabrication additive de granulés (PAM), à l'aide d'un équipement innovant mis au point par la société Pollen AM.

Fabrication additive de métaux par le procédé PAM

Avec la technologie de fabrication additive PAM, un objet est construit par le dépôt d'une tige de matériau fondu produite par un système d'extrusion, en formant des couches (Figure 1). Le procédé PAM appartient à la famille FDM, qui est l'une des technologies les plus répandues pour l'impression 3D plastique, qui peut également être utilisée pour les matériaux en alliage métallique.

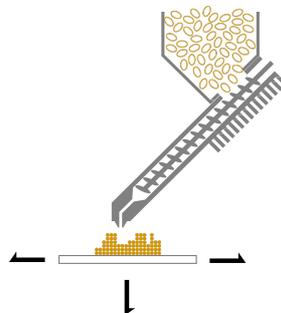


Figure 1- Diagramme schématisant le processus de fabrication additive PAM.

Avant le processus de production, un logiciel permet d'obtenir un modèle 3D CAO, qui doit être exporté dans un format approprié - le plus courant étant le format STL. Dans la phase de préparation, à partir du modèle 3D, la fabrication de l'objet est configurée à l'aide d'un logiciel de tranchage qui inclut tous les paramètres d'impression 3D.

Le logiciel divise le modèle en couches bidimensionnelles (tranches) et définit, par exemple, le choix du matériau à traiter, le diamètre de la buse, la qualité de l'impression 3D, etc.

Le processus de production intègre ensuite trois phases : L'impression 3D, le déliantage et le frittage¹ (figure 2). La matière première est constituée d'un mélange de poudres métalliques et de thermoplastiques. La poudre métallique est le matériau à partir duquel la pièce finale sera fabriquée. Le thermoplastique est un matériau temporaire, qui donne de la fluidité au mélange en le chauffant pendant le processus d'impression 3D et qui est retiré de l'objet lors du processus de déliantage. Dans la dernière étape, l'objet est fritté en étant soumis à une température élevée, un procédé courant dans l'industrie de la métallurgie des poudres.



Figure 2 - Processus de production de pièces métalliques par le procédé PAM.

La technologie PAM² (abréviation de Pellet Additive Manufacturing) a été développée par Pollen AM, une société française qui développe, fabrique et commercialise des imprimantes 3D industrielles multi-matériaux (exemple en Figure 3). La principale caractéristique de ces imprimantes 3D réside dans le fait qu'elles utilisent des matériaux universels sous forme de granulés, ceux actuellement utilisés par l'industrie.

Ce format de matériau appliqué à l'impression 3D donne accès à un portefeuille exhaustif de matériaux déjà disponibles sur le marché - thermoplastiques, élastomères, mais aussi métaux et céramiques techniques. Cette spécificité rend les imprimantes 3D Pam particulièrement adaptées aux applications exigeantes qui doivent répondre aux normes industrielles.

La technologie PAM permet de transformer à un coût imbattable (les granulés sont 10 à 100 fois moins chers que les matériaux spécifiques pour l'impression 3D) des matériaux certifiés, comme ceux destinés au contact avec la peau ou les aliments, à la combustion contrôlée pour les secteurs du transport et de la construction, ou au blindage électromagnétique, etc.

Le logiciel de l'imprimante 3D Pam est également ouvert et permet à ses utilisateurs de préparer l'impression 3D en utilisant un ensemble de paramètres spécifiques liés à la nature du matériau à traiter, aux pièces à produire et à la configuration des systèmes PAM - tels que le diamètre des buses, la hauteur des couches, les vitesses d'impression, les températures de traitement.

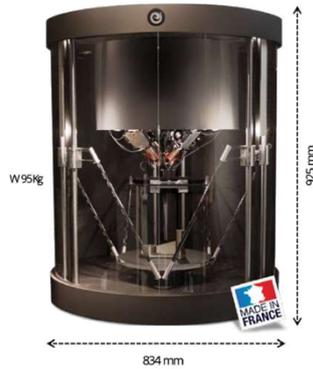


Figure 3 - Imprimante 3D Pam Series MC de Pollen AM.

Les imprimantes 3D Pam sont équipées de 2 à 4 extrudeuses autonomes et indépendantes. Une extrudeuse est constituée d'une trémie (ou de cartouches de matériau contenant la matière première MIM), d'un manchon avec une vis sans fin, d'une filière d'extrusion, d'éléments chauffants et de capteurs de température (figure 4).

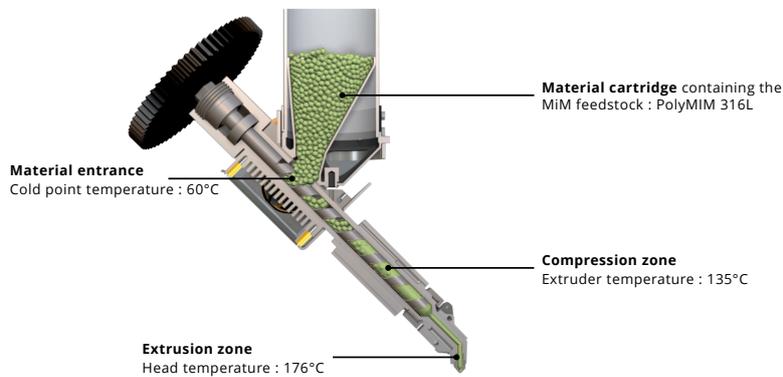


Figure 4 - Système de fusion et de dépôt par extrusion de l'imprimante 3D Pam.

Tester le processus de production

Pour évaluer la technologie PAM, une procédure de production a été réalisée sur trois pièces qui sont présentées à la figure 5. L'attache présente des détails géométriques liés à son couplage mécanique et à sa fonctionnalité, et ses dimensions extérieures sont de 34,9 x 80,5 x 41,9 mm. L'hexagone est un démonstrateur qui sert à démontrer la capacité de la technologie à produire des pièces complexes avec des motifs de remplissage spécifiques. Ses dimensions extérieures sont de 26,5 x 30,4 x 3,9 mm. Les détails géométriques présents dans les pièces représentent un défi pour tester la technologie. L'éprouvette de traction, dont les dimensions extérieures sont de 23,3 x 42 x 4,65 mm, servira à déterminer certaines propriétés mécaniques.

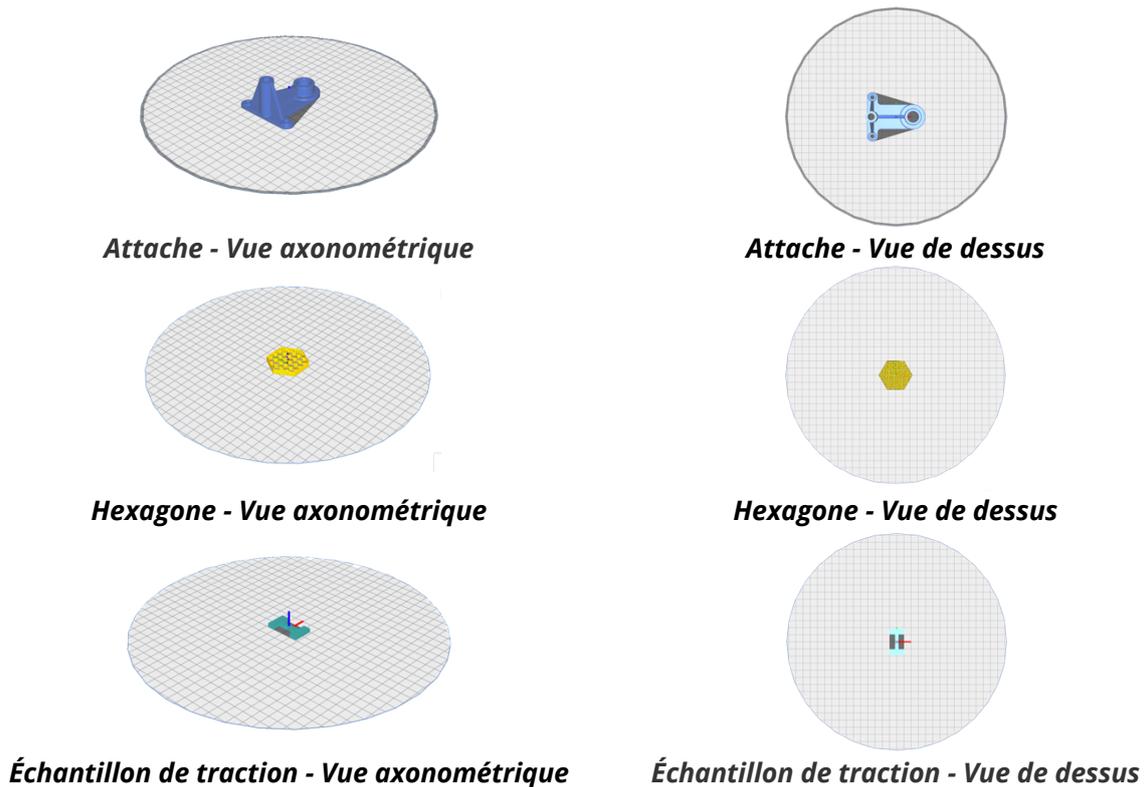


Figure 5 - Modèles 3D des pièces produites - Attache, Hexagone, Échantillon de traction.

Des granulés de MIM (Metal Injection Moulding) ont été utilisés comme matière première, avec la référence PolyMIM 316L - 1.4404³. L'imprimante Pam Series MC de Pollen AM a été utilisée, avec les conditions d'impression présentées dans le tableau 1, concernant le module d'extrusion. Le diamètre de la filière d'extrusion était de 0,4 mm. La plateforme de construction a été chauffée à 60 °C, sur laquelle un adhésif d'impression 3D a été placé pour assurer une bonne adhésion de la première couche de construction.

La figure 6 montre les pièces obtenues par le procédé d'impression 3D, où l'on peut observer une bonne reproduction de la forme et des détails géométriques des deux pièces. La qualité de surface observée, qui se traduit par l'évidence des couches de construction (sur les faces latérales) et des brins déposés (sur les faces supérieures) est une caractéristique du procédé. Cette rugosité du procédé peut être ajustée en faisant varier les paramètres de production, par exemple le diamètre de la buse et la hauteur de la couche. D'autre part, l'ajustement de ces paramètres a un impact sur la vitesse d'impression 3D. Une meilleure qualité d'impression (résolution) est obtenue au détriment du temps de production.

Tableau 1 - Principaux paramètres d'impression 3D.

Température	
Zone d'alimentation	60°C
Zone de compression et de fusion	135°C
Zone d'extrusion	176°C

Plateau d'impression	60°C
Hauteur de couche	Ø0.4 mm
Taille de buse	0.2 mm



Figure 6 - Pièces imprimées en 3D (pièces vertes).

Ces pièces vertes ont été soumises au processus de déliantage pour éliminer le thermoplastique. Dans le cas de la matière première utilisée, ce processus est subdivisé en deux étapes : la première étape consiste en un déliantage aqueux - les pièces sont immergées dans un bain d'eau avec une agitation et une température contrôlées ; lors de la deuxième étape - déliantage thermique - les pièces sont placées dans un four, suivant un cycle de chauffage prédéfini. Durant la première étape, une partie du liant thermoplastique est éliminée, créant un réseau de canaux à porosité ouverte, qui facilite la dégradation thermique du thermoplastique restant au cours de la deuxième étape. Avec ce procédé en deux étapes, l'objectif est d'obtenir des pièces exemptes de défauts (par exemple, déformation, fissures, cloques, etc.), en particulier dans les pièces à paroi épaisse. Une fois le processus de déliantage terminé, on obtient les "pièces brunes".

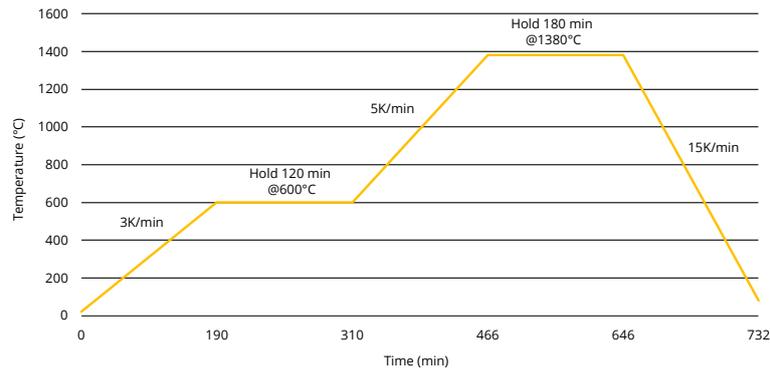


Figure 7 - Cycle de frittage.

Les pièces ont ensuite été frittées à 1380 °C, en utilisant le cycle thermique illustré dans la Figure 7. Les pièces obtenues présentaient une bonne conservation de la forme, aucune déformation, et aucun défaut structural (Figure 8). Une évaluation des caractéristiques des pièces a été effectuée sur la base du retrait et de la densité des pièces et comparée aux spécifications du fournisseur de matières premières (Tableau 2). Pour calculer le retrait des pièces, les dimensions ont été mesurées à l'état vert et fritté.

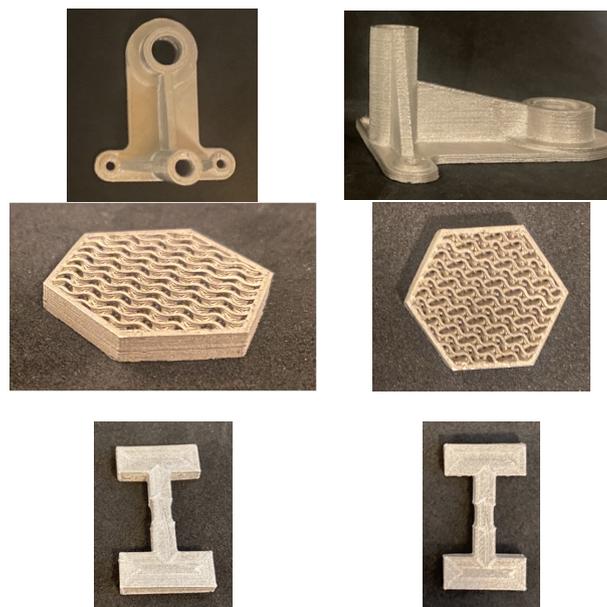


Figure 8 - Pièces frittées.

Tableau 2 - Retrait linéaire général

Attache	16.48 %	
Hexagone	16.69 %	
Éprouvette de traction	16.47 %	
Fiche de renseignement sur les matériaux		
Minimum	Moyenne	Maximum
16.27 %	16.69 %	17.11 %

Tableau 3 - Résultats des essais mécaniques.		
	Mesuré	Fiche de données sur les matériaux
Dureté (EN ISO 6507)	148.40 HV	> 120 HV
Densité	7.897 g/cm ³	7.90 g/cm ³
Porosité	0.87 %	-
Résistance à la traction (EN ISO 6892-1)	565.84 MPa	> 450 MPa

En général, les pièces obtenues répondaient aux spécifications du fournisseur de matières premières, tant en ce qui concerne le retrait que la densité apparente.

Conclusion

La technologie PAM, pour la fabrication additive de pièces métalliques, a été testée sur deux pièces en acier inoxydable 316L. Le procédé a utilisé une matière première et certaines étapes du processus communes à une technologie de production existante. Ainsi, il existe déjà une chaîne de production qui facilite l'adoption de cette nouvelle technologie de formage.

Lors des essais réalisés, des pièces ont été obtenues avec une bonne reproductibilité de la forme, sans défauts structuraux et avec un degré de densification conforme aux attentes. Ainsi, cette technologie est considérée comme ayant le potentiel d'être appliquée dans le segment du métal. En tant que technologie de fabrication additive, elle est indiquée pour produire des pièces en petites et moyennes séries, avec des géométries fonctionnelles et complexes, et de petites dimensions. D'autres alliages métalliques peuvent être imprimés en 3D avec Pam Series MC, comme dans les exemples illustrés aux figures 9, 10 et 11.



Figure 9 - Engrenage imprimé en 3D en acier inoxydable - 17-4 PH



Figure 10 - Trépied imprimé en 3D en titane - Ti6Al4V



Figure 11 - Engrenage imprimé en 3D en acier faiblement allié - 8620

¹ <https://www.primante3d.com/mim-like-metallique-04032020/>

² https://pollen.am/pam_series_mc/

³ <https://www.polymim.com/en/products-applications/polymimr-product-line>