

LowCast: le pari de la fonderie



L'équipe du laboratoire MSMP procède au brassage de l'alliage de magnésium en fusion sous gaz inerte.



Le professeur Mohamed El Mansori, du laboratoire Mechanics, Surface and Materials Processing d'Aix-en-Provence.

L'avenir de la fonderie se joue en partie sur le Campus d'Aix-en-Provence, où officie Mohamed El Mansori, un passionné de la transformation des matériaux. Aujourd'hui, il dompte le magnésium. La dernière réussite de son équipe a eu lieu sous les yeux d'industriels britanniques, allemands et français.

Retenez la date du 25 février 2016⁽¹⁾. Ce jour-là, au cœur de l'atelier du laboratoire Mécanique, Surfaces, Matériaux et Procédés⁽²⁾ du Campus d'Aix-en-Provence, l'équipe Procédés du professeur Mohamed El Mansori, au sein

du MSMP, a produit une pièce mécanique d'hélicoptère en alliage magnésium haute performance par le procédé de coulée basse pression, dans un moule réalisé par fabrication additive.

L'exploit est d'autant plus remarquable que le magnésium est un matériau dangereux à travailler en fonderie. En effet, il s'enflamme facilement, voire explose au contact de l'oxygène contenu dans l'air, notamment quand il se présente sous la forme de copeaux ou de poudre. «Il est, de surcroît, difficile à couler», insiste Mohamed El Mansori.

Domage, car le magnésium est un matériau très intéressant pour les industriels, notamment ceux de l'aéronautique et de l'automobile. Il présente, en effet, une grande résistance à la corrosion et une grande légèreté. Sa densité intrinsèque (1,4 pur) et (1,74 alliage) est inférieure à celle de l'aluminium (2,7). En revanche, il a besoin d'ajouts – aluminium, zirconium, zinc et/ou manganèse – pour gagner en coulabilité et en propriétés mécaniques. Aujourd'hui, les lingots métalliques produits à partir du minerai de magnésium

Fonderie basse pression



Le moule de la pièce a été réalisé par fabrication additive à l'aide d'une imprimante 3D.



La pièce en cours de démoulage. L'état de surface sera vérifié au nanomètre près.

sont majoritairement destinés à l'usinage. «Les techniques d'enlèvement de matière enchérissent le coût-matière, jusqu'à 50 euros le kilogramme dans notre cas, et n'autorisent pas la conception de formes complexes. D'où notre pari d'expérimenter en toute sécurité la fabrication de pièces en magnésium par le procédé de coulée basse pression», affirme Mohamed El Mansori.

En fonderie, les procédés de coulée traditionnelle seront à l'avenir concurrencés par les procédés à pression. Les premiers s'appuient sur le savoir-faire des ouvriers. Mais, même passés maîtres dans leur art, ils ne garantissent pas l'uniformité microstructurale de l'alliage solidifié et la répétabilité de la pièce d'un moulage à l'autre.

Industrie ancestrale et haute technologie

La technologie de coulée basse pression existe depuis quelques années déjà, mais certaines de ses fonctions ont été améliorées, notamment la stabilité de la température de fusion et le contrôle optimal du remplissage. Poussé sous basse pression par un gaz inerte dilué, le métal liquide, qui monte du four à travers un tube de coulée jusqu'au moule à faible débit et sans turbulence, respecte un remplissage laminaire de l'alliage. En contrôlant le processus de bout en bout, par le suivi en temps réel de nombreux paramètres, ce procédé automatisé permet de réaliser des produits performants en termes de résistance mécanique, d'étanchéité, voire d'aspect. En effet, les pièces démoulées possèdent des caractéristiques techniques assez fidèles à celles élaborées par leur concepteur, avec une répétabilité sans égal.

Parallèlement aux améliorations apportées par le procédé de coulée basse pression, l'équipe du MSMP a cherché à améliorer la réalisation des moules. Elle a donc opté pour une fabrication additive céramique fondée sur la technologie de sable et résine à prise chimique [voir photo]. Le nouvel équipement possède une étuve de polymérisation phénolique. La précision des moules, fabriqués couche après couche, est de 0,1 mm sur les axes X et Y avec une

tolérance de $\pm 0,35$ mm. Quel ouvrier, aussi habile soit-il, serait capable de produire, à l'aide des outils traditionnels, un moule d'une telle précision?

Comme ces investissements ont une double vocation (diffusion de la technologie auprès des industriels de la région et travaux de R&D), le laboratoire du MSMP s'est doté d'un instrument de mesure complémentaire: un Morphosan 3D de mesure à résolution nanométrique. «Cet équipement est très utile aux chercheurs pour mesurer les performances des produits réalisés

par leurs travaux, notamment la caractérisation mécanique et physique des surfaces comme le rayage, l'indentation multi-échelle, la rugosité, la mouillabilité, etc.», déclare le professeur.

Un projet à 2 millions d'euros

Cet investissement, d'un montant de 2 millions d'euros, hors travaux sur le bâti, est la face visible du projet LowCast. Réunissant de nombreux partenaires (entreprises et institutionnels⁽³⁾), LowCast est né du besoin d'industriels en quête de pièces de fonderie de grande qualité, tels Airbus Helicopters, dont l'usine la plus proche se trouve à quelques encablures du Campus, à Marignane. «Les donneurs d'ordre poussent dans ce sens. Ils veulent des pièces plus légères avec des caractéristiques thermomécaniques plus élevées», rappelle Mohamed El Mansori. En effet, ce projet a pour ambition de mieux comprendre les procédés de coulée basse pression, l'impression 3D, etc., afin de mieux les maîtriser, voire de les améliorer. Dès aujourd'hui, ils apportent une souplesse d'utilisation sans pareil grâce aux possibilités qu'offre la CFAO (pour concevoir la pièce et piloter le four), la fabrication additive (des moules) et la simulation (des écoulements haute température entre autres). La chaîne numérique au service des procédés physiques est ici une réalité. «Nous réduisons ainsi le temps des cycles de développement, nous optimisons l'exploitation des outils et nous économisons la matière première», conclut le chercheur. ■

Djamel Khamès

⁽¹⁾ Lire AMMag n° 378, déc. 2015-jan. 2016, p. 17.

⁽²⁾ Le laboratoire MSMP est multisite. Créé en 2013, il rassemble les activités de recherche du laboratoire MécaSurf d'Aix-en-Provence, du laboratoire LMPF de Châlons-en-Champagne et de l'entité Mécanique, Matériaux et Procédés de Lille.

⁽³⁾ Les partenaires sont : Airbus Helicopters, Safran, Danielson Engineering (fabricant de pièces mécaniques), Kurtz (fabricant de fours basse pression), ESI Group (éditeur du logiciel de simulation de fonderie), MEL (fabricant de magnésium), Fonderie du Midi, la plateforme mutualisée d'innovation Inovsys, le technocentre Henri-Fabre, le fonds Feder, le pôle de compétitivité Pégase, les Bouches-du-Rhône, la Région Paca, la communauté du Pays d'Aix et l'Ensam.