



NOTRE METHODE



LES EXPERTS

« Conception industrielle »

NEWS Janvier 2024

## La métallurgie du golf Matériaux & procédés de fabrication des fers

### 3<sup>ème</sup> Partie : La fabrication additive

Tout d'abord, permettez nous de vous souhaiter une bonne année et un bon swing si vous êtes golfeurs où tout simplement dans votre vie de tous les jours. Après avoir détailler les 2 procédés de fabrication les plus utilisés dans le monde du golf, il était nécessaire de s'intéresser à la technologie émergente de cette décennie : la fabrication d'additive.

#### II. Les procédés de fabrications

La conception des clubs de golf a une longue histoire d'évolution. Il existe 2 techniques de fabrication destinées aux gros volumes : la fonderie « à cire perdue » et l'estampage. Pour des petites séries, l'utilisation de l'impression 3D (fabrication additive) permet de réaliser des géométries très complexes difficilement, voire impossible à reproduire à l'aide des méthodes de fabrication traditionnelles.

#### c) La fabrication additive

La fabrication additive « FA » (metal additive manufacturing) permet de réaliser des pièces de forme extrêmement complexe qui ne sont pas contraintes par l'impératif de passage d'outils enlevant de la matière. Il ne s'agit pas de substituer les procédés conventionnels (usinage, forge, fonderie) par l'impression 3D, l'arrivée des technologies d'élaboration par stratification nécessite de nouvelles analyses fonctionnelles des produits grâce à la réalisation de nouvelles formes (treillis, biomimétisme, canaux internes, structures lattices, ...) et la possibilité de fabrication multi-matériaux.

On entre dans le domaine de l'optimisation topologique. Il s'agit d'une méthode numérique qui permet de trouver la répartition de matière optimale dans un volume donné soumis à des contraintes de travail. Pour les clubs de golf, ces technologies permettent un allègement des têtes et un repositionnement du centre de gravité afin d'accroître le moment d'inertie. Cette technologie de rupture permet donc de revoir complètement la conception des têtes de golf (Cf. figure 10) mais également des shafts ou des grips.



Figure 10 : Nouveau design [7]



« Conception industrielle »

NEWS Janvier 2024

La figure 11 liste les différents procédés associés à la fabrication additive des pièces métalliques. La technologie par « fusion sur lit de poudres » est utilisée depuis plusieurs années pour la fabrication de tête de club de golf.

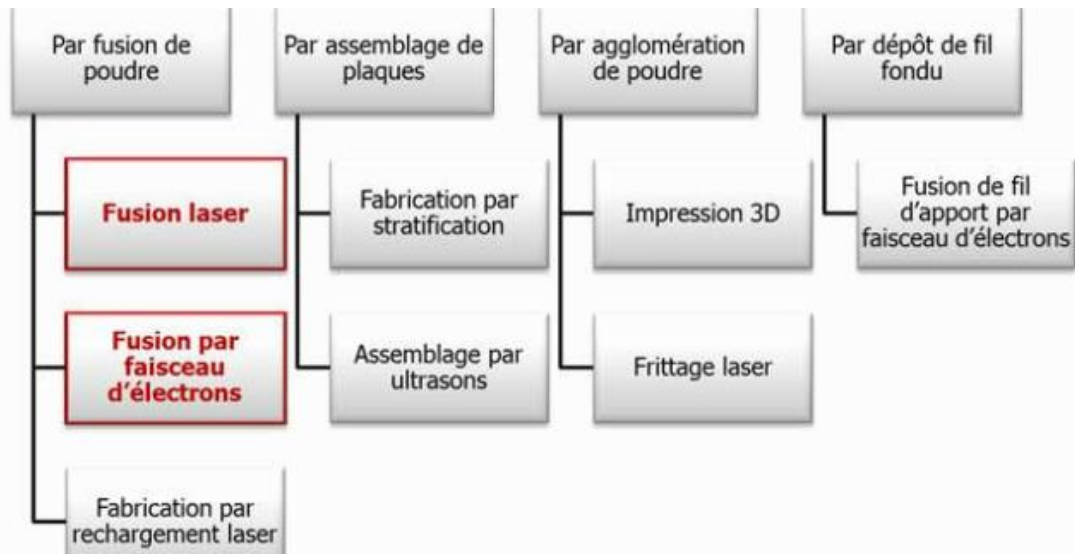


Figure 11 : Technologies associées à l'élaboration de pièces métalliques par fabrication additive. [8]

Deux procédés de fusion sélective sont principalement utilisés pour la fabrication des têtes de golf : la fusion sélective LM ( Laser Melting) et EBM (Electron Beam Melting). Comme l'explique Maurice Ducos, un de nos grands spécialistes de ces technologies, « la pièce est construite en répartissant une première couche uniforme de poudre (environ 50 µm) sur une plaque support. La poudre est alors localement fondue par le balayage d'un faisceau laser ou par un faisceau d'électrons selon le modèle CAD sous atmosphère plus ou moins inerte et généralement chauffée (cf. figure 12). Après chaque étape de balayage, la plaque support est abaissée d'une épaisseur de couche et une nouvelle couche de poudre est déposée sur la précédente. Cette couche est alors sélectivement fondue et métallurgiquement liée à la couche précédente. L'utilisation de poudre de granulométrie adaptée et la fusion complète permettent d'obtenir une densité proche de 100% de la valeur théorique. »

Une fois terminée, la pièce est retirée du lit de poudre, nettoyée et soumise à une finition suivant l'application (relaxation des contraintes, polissage, traitement thermique, etc...).



« Conception industrielle »

NEWS Janvier 2024

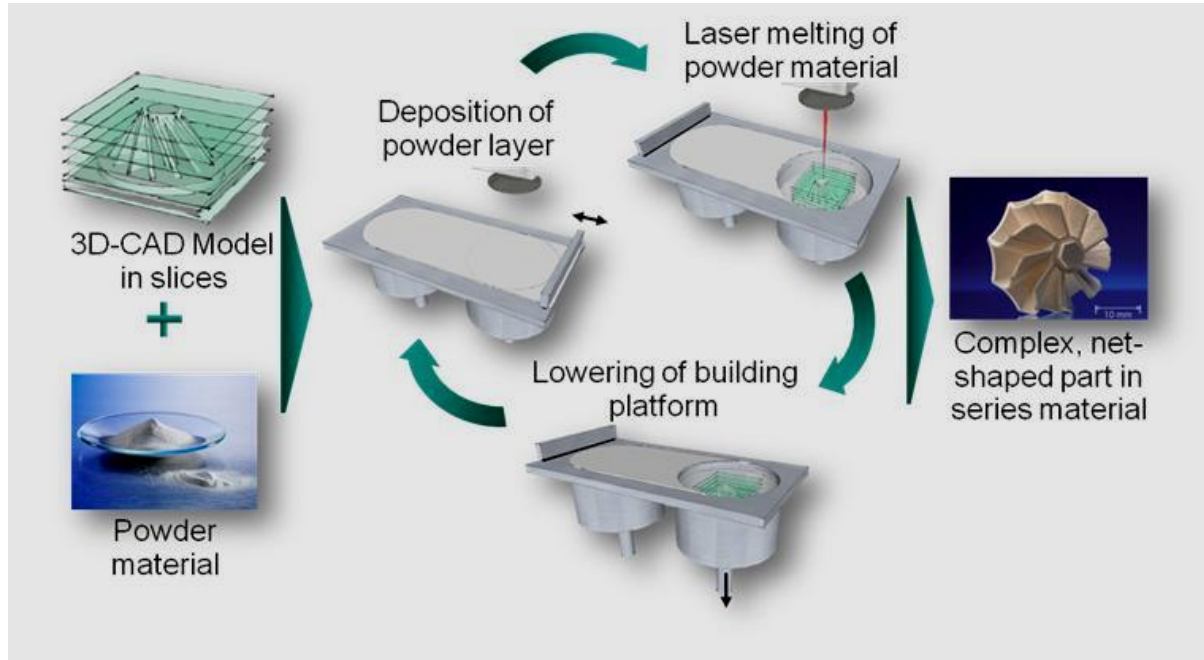


Figure 12 : Les grandes étapes de la fabrication additives SLM. [9]

Les structures métallurgiques obtenues via ces technologies de fabrication sont assimilables à une succession de cordons de soudure empilés les uns au-dessus des autres (Cf. figure 13).

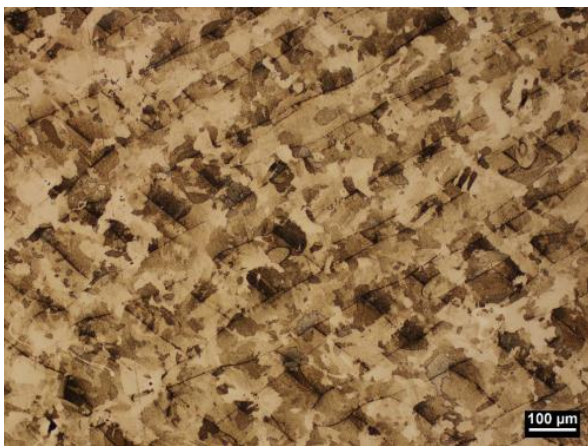


Figure 13 : Structure métallurgique à l'état brut de FA. [10]

Nous poursuivrons d'analyser la structure métallurgique des clubs de golf pour les procédés de fonderie et d'estampage avec comme objectif d'essayer de répondre à la fameuse question : club moulé ou forgé ?

Alexandre FLEURENTIN  
 Expert près de la cour d'appel de Paris  
 Matériaux Métalliques



NOTRE METHODE



LES EXPERTS

« Conception industrielle »

NEWS Janvier 2024

Corrosion & Traitements de surface  
Traitements thermiques & Tribologie

### Sources d'informations

[7] Source documentaire de la société Aubert et Duval.

[8] « L'impression 3D, état des lieux et perspectives », note de la DIRECCTE de Décembre 2014.

[9] M. Ducos, « Fusion Sélective au laser et par faisceau d'électrons », Traitements & Matériaux.

[10] A. Hilaire, J. Hugues and all, « Fabrication additive : effets d'échelles sur le choix des TTh post fabrication » CIRIMAT-ENSIACET. Décembre 2015.

### Remerciements :

Nous tenions à remercier Nicolas Marchand représentant pour les marques Cleveland, Srixon et Xxio pour les échanges que nous avons pu avoir sur le sujet, et les élèves du lycée Diderot promotion 2020 qui ont observé les structures métallurgiques des têtes de club de golf que vous avez pu observer dans cet article.