

Fabrication Additive (FA)

Impression de grandes pièces métalliques : Challenges et solutions

Introduction

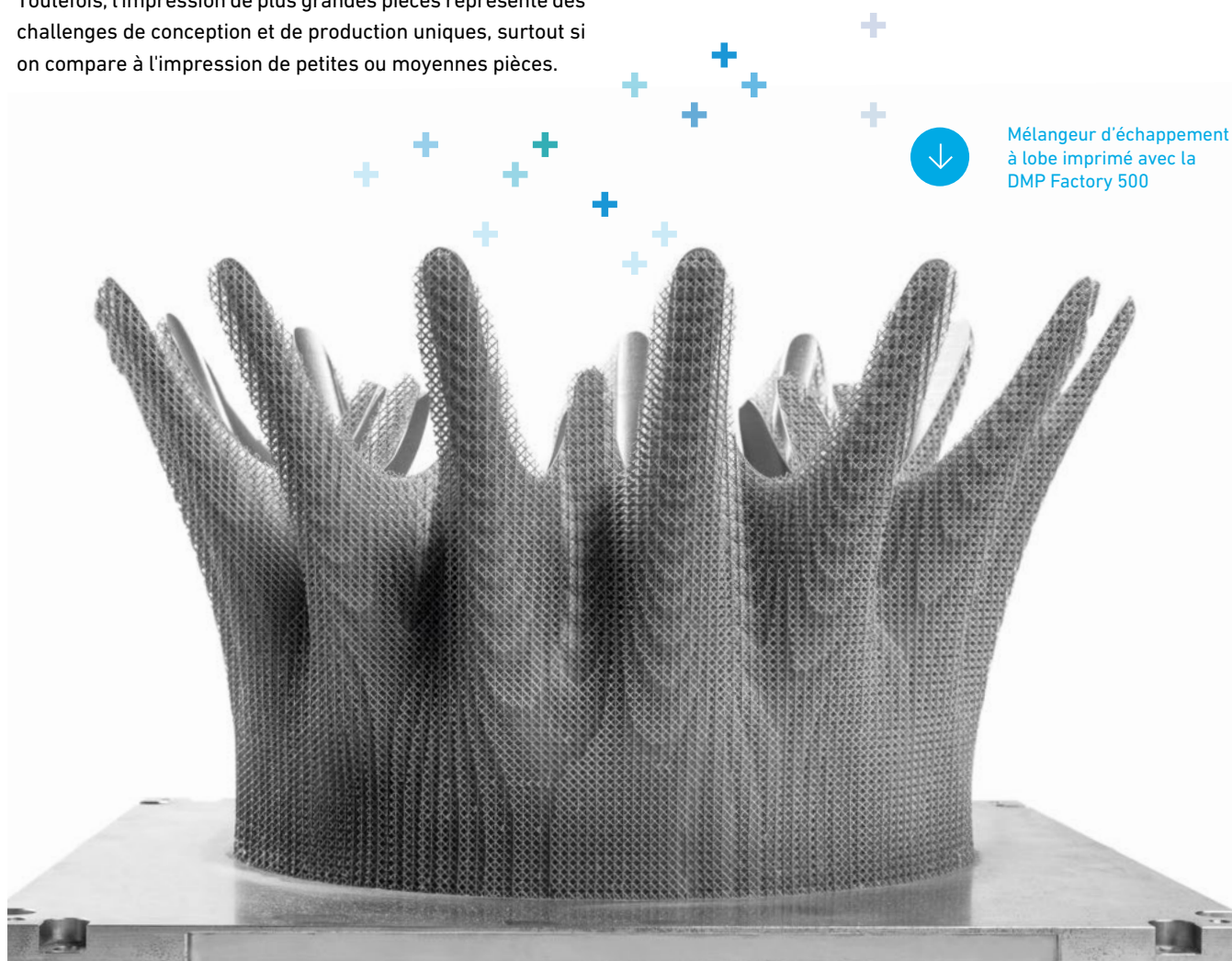
Etant donné l'évolution de la technologie de Fabrication Additive (FA) Métal; la taille, l'étendue, les capacités de production des pièces ont progressé à un rythme soutenu. En exploitant la technologie de fusion sur lit de poudre pour créer des grandes pièces, les ingénieurs peuvent réaliser des réductions de coûts de façon significative et en même temps, innover sur de nouveaux produits comme dans les secteurs de l'Aérospatial, de l'Energie, du Pétrole et du Gaz, de la Marine, de l'Automobile.... L'assemblage complexe de dizaines de pièces individuelles de haute qualité peut désormais être réalisé en une seule grande pièce grâce à la Fabrication Additive (FA) Métal réduisant ainsi le temps de production ainsi que le temps global de commercialisation. Un design « épuré » peut être un atout dans les secteurs industriels tels que l'Aérospatial où chaque kg en moins est crucial. En parallèle, l'approche du processus unique offre des économies de temps et de coût pour de nombreuses pièces, (comparé par exemple à [la fonderie sous pression](#)).

Toutefois, l'impression de plus grandes pièces représente des challenges de conception et de production uniques, surtout si on compare à l'impression de petites ou moyennes pièces.

Les requis identifiés sont :

- + une plateforme de machines robuste et fiable,
- + une solution complète pour la gestion de la poudre,
- + une solution Software dédiée à la conception de pièce pour la Fabrication Additive (FA),
- + des paramètres de construction qui ont déjà fait leurs preuves
- + et des stratégies de balayage laser efficaces pour assurer une qualité et une productivité de haute qualité, plus particulièrement dans un contexte de longs temps de fabrication.

Afin de tirer le meilleur parti de cette technologie de pointe, les entreprises ont besoin d'un partenaire efficace qui leur fournisse la bonne combinaison matériel/logiciel et l'expertise pour leur permettre de fabriquer des grandes pièces avec des volumes conséquents en Fabrication Additive (FA), même dans les secteurs industriels les plus réglementés et exigeants.



Challenges

Le processus d'impression

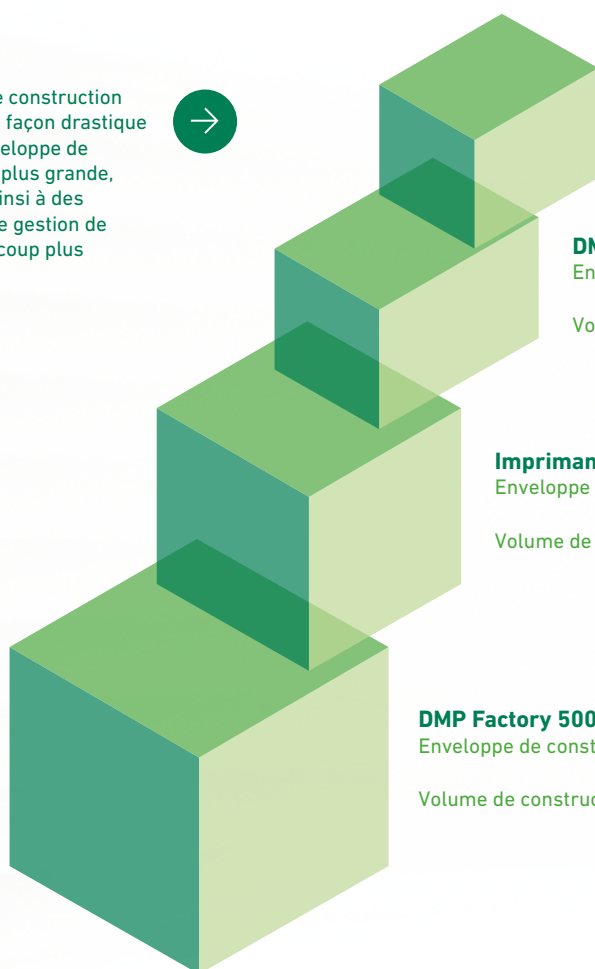
Du point de vue des designers, ingénieurs et utilisateurs finaux, l'expansion de la capacité des équipements en Fabrication Additive (FA) Métal est un changement révolutionnaire. Les grandes pièces peuvent être allégées de manière significative. L'optimisation topologique et les caractéristiques internes complexes permettent une fonctionnalité accrue pour de nombreux composants. De plus, comme le processus est bien plus rapide que le « workflow » traditionnel (longues semaines pour la plupart des assemblages), la recherche et le prototypage peuvent être réalisés à un rythme accéléré...

Cependant, alors que la production de petites et moyennes pièces en Fabrication Additive (FA) devient un processus bien maîtrisé, la technologie de FA a récemment permis aux fabricants de construire de plus grandes pièces. Ceci exige bien évidemment des zones de construction plus grandes mais bien d'autres facteurs entrent en jeu dans la réduction des coûts pour la Fabrication Additive (FA) Métal de grandes pièces.

Par exemple, la production de grandes pièces avec un ratio cout/temps par pièce intéressant, nécessite des solutions avec des configurations multi-laser avec des zones d'impression avec « chevauchement » pour réduire les coûts de construction de façon drastique.

Même avec l'équipement adéquat, la construction de plus grandes pièces implique de surmonter des challenges dans les processus. Ces pièces peuvent nécessiter 10 jours ou plus d'impression, utilisant presque une demi-tonne de poudre de métal. Au fur et à mesure que la quantité de poudre augmente, les plaques de construction deviennent plus épaisses et les pièces deviennent de plus en plus difficiles à manipuler. Travailler avec ce type d'équipement n'est pas optionnel, mais « obligatoire » afin de pouvoir gérer la poudre, préserver sa qualité d'origine et la recycler complètement après le cycle de construction

Le volume de construction augmente de façon drastique avec une enveloppe de construction plus grande, conduisant ainsi à des challenges de gestion de poudre beaucoup plus importants.



Imprimante 1

Enveloppe de construction : 250x250x325mm
(plaque de construction exclue)

Volume de construction : 20'312cm³

DMP Flex 350

Enveloppe de construction : 275x275x420mm
(plaque de construction exclue)

Volume de construction : 31'762cm³

Imprimante 2

Enveloppe de construction : 400x400x400mm
(plaque de construction exclue)

Volume de construction : 64'000cm³

DMP Factory 500

Enveloppe de construction : 500x500x500mm
(plaque de construction exclue)

Volume de construction : 125'000cm³

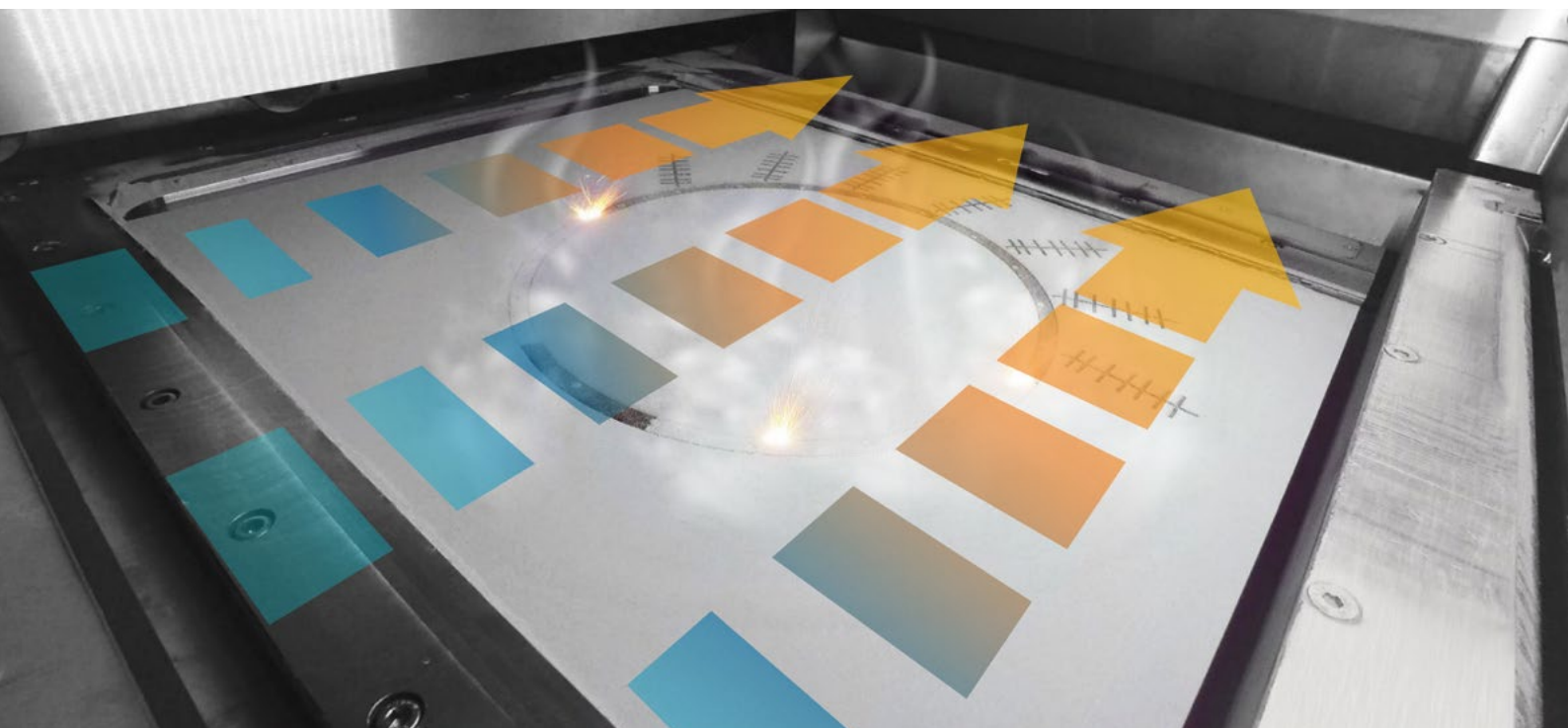
Les systèmes efficaces de gestion de poudre aident les utilisateurs à travailler en toute sécurité tout en évitant leur dégradation. Une atmosphère avec une teneur faible et constante en oxygène dans la chambre de construction permet à la poudre de conserver les propriétés de cette dernière plus longtemps. Ceci est particulièrement important dans la mesure où la dégradation aboutit à un gaspillage plus important et donc un cout global de la pièce plus important.



Le concept unique de chambre sous vide de la DMP Factory 500 pour une teneur en oxygène (O₂) la plus basse possible (O₂).

Etant donnée le temps d'impression de ces grandes pièces, la fiabilité du processus est un atout. Le processus de fusion laser sur lit de poudre implique une gestion et une répartition des hauts niveaux d'énergie déposés (laser) sur le lit de poudre pour éviter l'accumulation d'agglomérats qui peut conduire à des déformations de la pièce et de sa plaque support. La gestion du flux gazeux d'inertage, les stratégies de balayage laser pour supporter les structures ainsi que « l'ordre » de l'impression doivent être sérieusement prises en considération pour une fiabilité du processus optimale. Sans un processus ayant fait ses preuves, les grandes pièces en Fabrication Additive (FA) risquent d'être détériorées.

Les alliages à base de fer par exemple, sont particulièrement sujets à des problèmes de projection, et ces problèmes augmentent avec l'épaisseur de la couche. Les émissions lors de la fusion laser, telles que les fumées ou les vapeurs peuvent créer des porosités excessives ou, dans le pire des cas, un crash du travail. Une multitude de problèmes peut également entraîner des « agglomérats » de poudre qui peuvent provoquer que les pièces soient rebutées. C'est pour ces raisons que les machines de FA doivent être bien entretenues et calibrées avec précision, tout particulièrement lorsqu'elles utilisent des configurations multi-lasers.



La gestion du flux de gaz est très critique pour les longs travaux d'impression.

Cette technologie étant plutôt récente, les fabricants utilisant Fabrication Additive (FA) sur leurs sites de production pour la première fois, feront souvent figure de pionniers puisque ce sont eux qui définiront les paramètres optimaux pour les grandes pièces en FA. Ceci peut être particulièrement difficile à cause de la longueur des cycles d'impression et la nature critique des pièces qui conviennent mieux à l'impression 3D Métal, et donc de son coût élevé en cas de rebus. Néanmoins, pour optimiser la cadence, les fabricants doivent être constamment capables d'atteindre de grandes vitesses de construction tout en maintenant la qualité des pièces. C'est la raison pour laquelle les fabricants choisissent généralement de s'associer avec un constructeur de matériel

(OEM) expérimenté pour développer des processus destinés aux grandes pièces en Fabrication Additive (FA). Parce qu'ils travaillent dans de nombreux secteurs industriels – et développent les équipements d'impression 3D Métal – ces constructeurs de matériel (OEMs) figurent parmi les meilleures sources de connaissance dans la conception des pièces, l'orientation, la gestion des supports, les stratégies d'impression et de balayage laser exigés pour une production performante. Avec ce type de connaissance et un ensemble de paramètres de processus complètement testé et validé, les fabricants peuvent ainsi éviter les essais coûteux et les erreurs pour se focaliser sur une production réussie de chaque pièce.



Module d'impression



Modules DMP Factory 500 pour une productivité optimisée et un coût total de possession plus bas.



Module parking



Module de dépowdage



Module de tamisage de la poudre



Module d'impression mobile

Module de transport

Post-traitement

De l'usinage, l'inspection ou à la séparation du plateau de construction, les grandes pièces en Fabrication Additive (FA) ont besoin de post-traitements. Comme le rapport coût-efficacité de ces pièces dépend de la simplification du processus (si on compare à des fabrications conventionnelles); un « workflow » efficace qui « maintient » les points de référence des pièces tout au long de la production est critique – plus particulièrement lorsque les tolérances sont « serrées » comme dans les domaines industriels exigeants.

Un élément clé de ce flux, est la séparation à partir de la plaque de construction, opération de post-traitement universelle. Dans certains cas, la pièce doit être traitée thermiquement et usinée avant la séparation finale de la pièce. Des solutions conventionnelles sont difficiles à utiliser dans ce contexte,

- + l'équipement de découpe verticale EDM peut rarement recevoir des pièces lourdes et volumineuses.
- + l'utilisation des scies à ruban dans l'espoir de finaliser la surface de découpe pendant le processus d'usinage de séparation.

Mais au-delà des challenges d'exécution des travaux, ce processus est incompatible avec les superalliages nickel et d'autres matériaux dans de nombreuses applications en Fabrication Additive (FA).

Le sciage à ruban et l'ébavurage ou toute autre opération de post-traitement peuvent également créer des problèmes important d'échauffement des pièces. Les effets thermiques produits par ces méthodes soustractives peuvent entraîner des changements microstructuraux et une oxydation qui

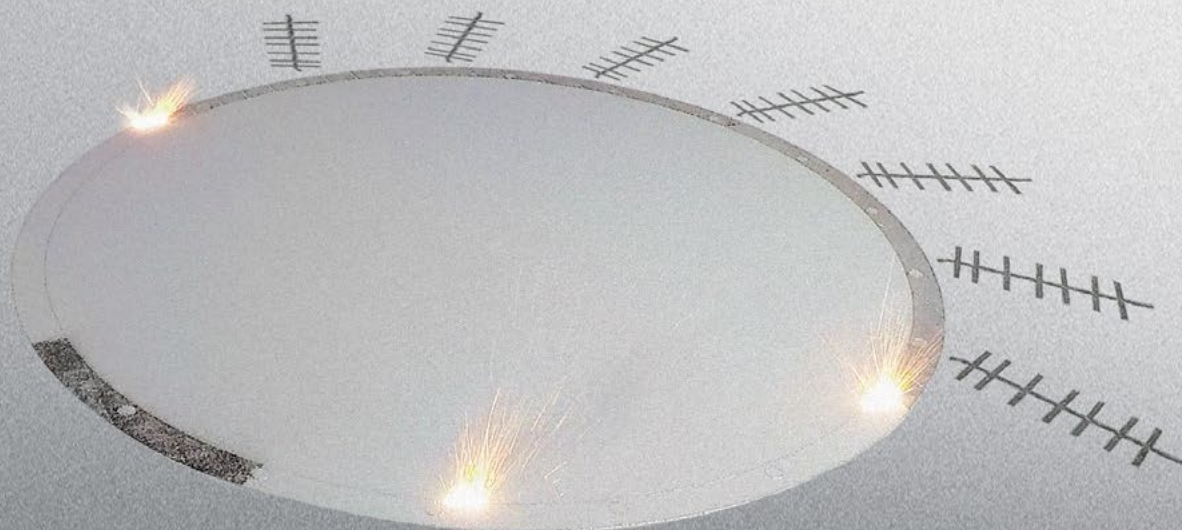
porte atteinte à l'intégrité de la pièce. Il est évident que la manipulation de ces grandes pièces dans un équipement conventionnel soustractif peut se révéler un défi en soi. En deux mots, les techniciens risquent de détériorer une pièce très coûteuse pendant les opérations finales s'ils n'utilisent pas l'outil adéquat.

Rapport-coût - efficacité

En tant que technologie de pointe, les solutions de Fabrication Additive (FA) qui permettent de construire de grandes pièces sont utilisées dans des environnements de production intégré dans un « workflow » maîtrisé (pour optimiser les coûts). Pour bénéficier de coûts d'exploitation les plus bas, les entreprises ont besoin de systèmes évolutifs et modulaires. En parallèle, le système doit être global et pouvoir couvrir le cycle de production en alliant productivité et facilité d'utilisation.

Par exemple, un fabricant peut simplement avoir besoin d'une unité de tamisage et de dépoudrage qui fonctionnent avec plusieurs machines de Fabrication Additive (FA) en parallèle. De nombreux systèmes ont eu « rassemblé » toutes ces fonctions en une seule-et-même plateforme, compliquant ainsi l'adaptation pour les besoins d'un fabricant unique et augmentant la complexité du système global ainsi que le risque d'erreurs – si une fonction était en panne, c'était le système complet qui était en panne.

La modularité simplifie également les efforts d'expansion future puisque des éléments peuvent être éventuellement ajoutés « séparément » pour absorber la croissance.



Solutions

La DMP Factory 500

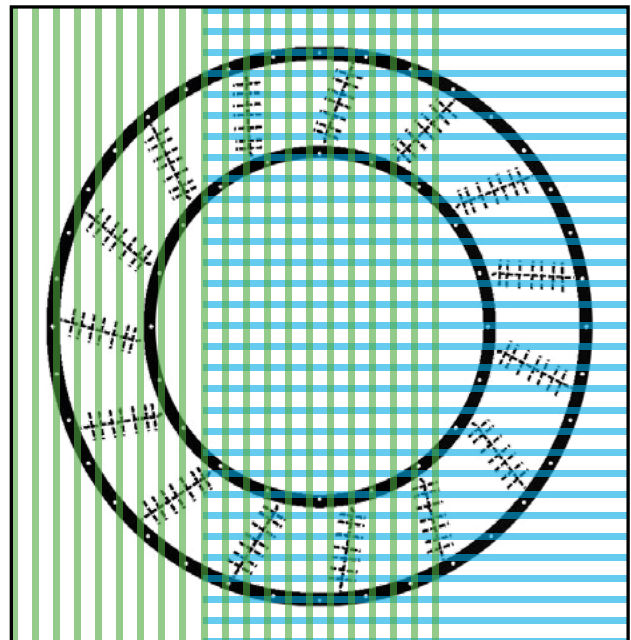
Intégrant un volume de construction de 125,000 cm³ à la pointe de la technologie et une chambre de construction maintenant des niveaux à ≤ 25 ppm d'O₂ (pour une qualité de pièce supérieure), la [DMP Factory 500](#) de [GF Machining Solutions](#) avec 3D Systems est une des rares solutions disponibles sur le marché, permettant une production en série rentable de grandes pièces (FA).

Au centre d'un système entièrement modulaire qui comprend des unités dédiées à la gestion des poudres et des pièces, cette machine simplifie la production de grandes pièces et minimise leurs coûts. Cette modularité permet également aux fabricants d'adapter précisément leurs systèmes à leurs besoins pour un retour sur investissement optimal.

En plus de son grand volume de fabrication, le DMP Factory 500 dispose d'une configuration multi-laser qui permet aux utilisateurs de maximiser la productivité et la vitesse de fabrication tout en obtenant des surfaces qualitatives (sans « raccord »). La conception de l'optique à trois lasers de la machine est unique. Son laser central peut être balayé la surface totale d'impression. De plus la « surveillance du processus » en temps réel permet un contrôle qualité non destructif.

Grâce à ces caractéristiques, il devient possible de surmonter pratiquement tous les défis créés lors de la production de grandes pièces métalliques en FA, avec des coûts par pièce les plus bas. Grâce à sa conception modulaire, son utilisation axée sur la sécurité, et son flux de travail simplifié, la DMP Factory 500 constitue une solution évolutive qui permet de répondre à la fabrication de pièces volumineuses dans les ateliers de production.

Le laser 1 est capable de scanner toute l'enveloppe de construction. Les Lasers 2 et 3 sont capables de scanner respectivement environ 60% de l'enveloppe



□ Laser 1 ||| Laser 2 |||| Laser 3

■ Laser 1 ■ Laser 2

« Zone de Raccordement » visible du au balayage du contour avec plusieurs lasers



Pas de « zone de raccord » car le laser 1 est capable de réaliser le contour total de la pièce sur la DMP 500 (totalité de la surface du plateau)



Une solution complète pour la production de grandes pièces en Fabrication Additive

Pour réduire le coût par pièce et atteindre le coût d'exploitation le plus bas, la DMP Factory 500 apparait comme l'élément central de la solution clé en main pour la FA Métal.

3DXpert™

Développé pour permettre aux utilisateurs de contrôler le workflow intégral en Fabrication Additive (FA), le progiciel [3DXpert™ software package](#) peut être utilisé pour toutes les étapes du processus, de la conception de la pièce au développement du support, des stratégies de balayage laser jusqu'aux programmes d'usinage de finition. Pour la production de grandes pièces, les outils de simulation de construction du logiciel permettent aux fabricants de réaliser des itérations de construction virtuellement, en assurant que le processus « réel » soit réussi dès le premier essai. 3DXpert™ offre même des outils d'optimisation de la stratégie d'impression (algorithme pour l'utilisation des 3 lasers de la DMP Factory 500 avec un « équilibre » entre les parcours des lasers et les fusions de zones d'impression pour réduire les temps d'impression).

Palettes System 3R

Qu'il soit utilisé comme partie intégrante d'un « workflow » automatisé avec un robot pour une meilleure productivité, ou déplacé manuellement entre des machines, l'outillage System3R est conçu pour conserver les points de référence des pièces et ce, pendant tout le processus de production. Les plateformes d'impression BuildPal et BuildPallet, disponibles en plusieurs tailles et matériaux sont compatibles avec des applications spécifiques alors que AMCarrier est conçu pour rester utilisable même en cas de déformation limitée d'une partie de la pièce. Ces plateformes peuvent toutes être « clampées » avec les solutions MILL, FORM, CUT et LASER (gamme machine-outil de GF Machining Solutions).

L'outillage du System3R pour un post-traitement plus facile en Fabrication Additive



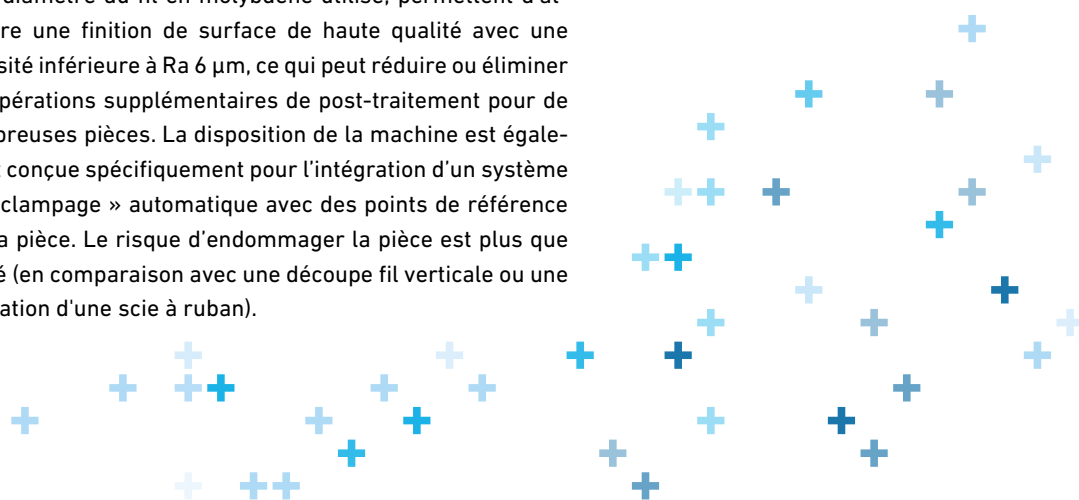
CUT AM 500

Conçu autour d'une table inclinable unique qui réoriente même les grandes pièces en Fabrication Additive (FA) et grâce à un processus d'érosion EDM à fil horizontal, la machine AgieCharmilles [CUT AM 500](#) est la plus rapide du marché. C'est une solution unique et la méthode la plus efficace/simple pour la séparation des pièces en Fabrication Additive (FA).

L'état de surface obtenu avec la technologie EDM ainsi que le petit diamètre du fil en molybdène utilisé; permettent d'atteindre une finition de surface de haute qualité avec une rugosité inférieure à Ra 6 µm, ce qui peut réduire ou éliminer les opérations supplémentaires de post-traitement pour de nombreuses pièces. La disposition de la machine est également conçue spécifiquement pour l'intégration d'un système de « clamping » automatique avec des points de référence sur la pièce. Le risque d'endommager la pièce est plus que limité (en comparaison avec une découpe fil verticale ou une utilisation d'une scie à ruban).

Technologie d'usinage

Le portfolio complet de nos machines d'usinage haute performance et d'usinage laser que propose GF Machining Solutions couvre presque toutes les opérations de pré et post-traitement utilisées dans la production des grandes pièces en Fabrication Additive. Avec 3DXpert™, ces opérations peuvent même être programmées dans le même environnement logiciel que celui utilisé pour la conception des pièces, et simplifiant tout le processus.



Votre partenaire vers l'excellence

La production de grandes pièces en Fabrication Additive (FA) nécessite véritablement une technologie de pointe – de nombreuses applications n'étaient encore qu'au stade d'expérimentations en laboratoire il y a quelques années – Très peu de fabricants ont une expérience solide avec ces processus.

La production de grandes pièces en Fabrication Additive (FA) nécessite véritablement une technologie de pointe – de nombreuses applications n'étaient encore qu'au stade d'expérimentations en laboratoire il y a moins de dix ans – Très peu de fabricants ont une expérience solide avec ces processus. Grâce à sa collaboration avec ses clients dans le monde entier, et son département interne en Recherche et Développement, GF Machining Solutions peut facilement opérer en tant que partenaire exclusif pour la validation et le développement des applications en Fabrication Additive (FA). Ceci permet notamment, aux utilisateurs de ne pas avoir besoin d'une expertise pré-existante pour réaliser avec succès leur production quand ils intègrent cette nouvelle technologie.

GF Machining Solutions dispose d'un réseau mondial de Centres de Compétence avec des Ingénieurs d'Applications qui assurent la formation et le support pour toutes les solu-

tions de GF, y compris la FA. Pour cette activité de Fabrication Additive (FA), GF Machining Solutions via le [Centre Amotion](#) à Stabio en Suisse, (spécialisé sur les domaines de l'Aérospatial, Aéronautique et de l'Energie) offre des services d'impression et de post-traitement avec une accréditation NADCAP en plus de son expertise. Le Centre Amotion, était le premier à lancer de nombreux et grands processus de Fabrication Additive (FA) sur des équipements GF et le logiciel 3DXpert™ software. Le Centre Amotion continue à réaliser une grande partie de sous-traitance, au quotidien, afin de valider les processus et développer l'expertise nécessaire pour aider les entreprises à atteindre leurs objectifs avec succès.

Conclusion

Les plus grandes pièces ne sont pas toujours les plus simples – mais elles deviennent indispensables pour répondre aux exigences du marché d'aujourd'hui.

Les produits complexes qui sont constitués de grandes pièces (sans assemblage) en Fabrication Additive (FA) représentent le futur de nombreuses industries. Les progrès dans l'Industrie de l'Energie parmi tant d'autres, ne sont possibles qu'en multipliant les équipements de FA. Lorsque ces pièces sont nécessaires, le meilleur rapport coût-efficacité exige un « workflow » intégré permettant de relever les challenges uniques de ce nouveau processus – et c'est le système holistique que GF Machining propose avec la DMP Factory 500 et sa solution complète de « workflow » additif.



Annexe 1 :

Etude de cas d'une pale de turbine arrière

Historiquement, de nombreuses pièces pour l'Aérospatial étaient fabriquées exclusivement par moulage, également connu sous le nom de « lost-wax casting ». Ce processus permet la création d'une structure cristalline unique à partir d'une large gamme de superalliages, (production de pièces destinées à des environnements haute température tels que les réacteurs et les turbines à gaz). Toutefois, avec l'augmentation de la taille des chambres de fabrication dans les machines telles que la DMP Factory 500, la Technologie de Fabrication Additive (FA) métal est devenue une alternative « compétitive » pour les pièces qui sont utilisées dans des zones de température extrêmes.

Pour de grandes pièces, sans soudure, avec une géométrie complexe comme cette pale de turbine arrière, la Fabrication Additive (FA) présente de nombreux avantages. Contrairement au moulage qui exige un outillage coûteux en plus de temps de fabrication longs (même s'ils sont réalisés en interne), la FA ne nécessite que de « programmer la pièce » et de « lancer » la machine avec la quantité de poudre suffisante. Le temps de processus interne est habituellement plus long mais le processus global est complètement "autonome" alors que le moulage exige généralement de nombreuses étapes chronophages qui doivent être réalisées successivement.



Pale de turbine arrière

Technologie	DMP Factory 500 3DXpert™ CUT AM 500
Segment de marché	Aérospatial
Matériau	LaserForm® Ni718 (Inconel)
Temps de construction	48 heures
Épaisseur de la couche	60 µm

Avantages clés

- + Délais de fabrication réduits comparés au moulage
- + Coûts de production plus bas grâce à une efficacité accrue
- + Meilleure optimisation du processus grâce à la simplification du workflow

Annexe 2 :

Étude de cas d'une cheminée de combustion IGT

Vue les tendances actuelles mondiales, on ne peut que constater l'augmentation considérable de la demande en électricité. Pour faire face à cette croissance, il est important de pouvoir compter sur une source d'énergie fiable. Une des solutions est l'utilisation de turbines à gaz industrielles qui permettent de compléter la production flexible d'énergie avec les sources d'énergie renouvelables.

Par conséquent, il est important d'augmenter de façon continue, non seulement, la performance des turbines mais également l'optimisation leur processus de fabrication.

Une des technologies permettant cela, est la Fabrication Additive (FA), et plus particulièrement la Fusion Laser sur Lit de Poudre. L'utilisation de cette technologie innovante peut également être le moteur fondamental dans le développement des turbines gaz-hydrogène permettant une potentielle décarbonisation supplémentaire intégrant les avantages inhérents de la Fabrication Additive (FA) dès les étapes de conception.

En conclusion, au-delà des avantages traditionnels apportés par la technologie de Fabrication Additive (FA), cette technologie améliore également le temps de fabrication et apporte plus de liberté dans la conception et la performance. Si on compare aux pièces traditionnellement fabriquées par moulage, on peut aussi noter un progrès dans la densité en utilisant une microstructure plus fine et en améliorant la répétabilité de la pièce.

Ensemble de chambre de combustion

Technologie	DMP Factory 500 3DXpert™ CUT AM 500
Segment de marché	Énergie
Matériau	Alloy X
Temps de construction	163 heures
Épaisseur de la couche	60 µm

Avantages clés

- + Liberté de conception et contrôle géométrique
- + Intégration fonctionnelle et consolidation des pièces en assemblage
- + Refroidissement optimisé de la pièce grâce à des canaux de refroidissement conformaux
- + Conception de la surface fonctionnelle et géométries
- + Matériaux haute performance (par exemple : superalliages Nickel)
- + Workflow de fabrication



GF Machining Solutions



Votre contact

GF Machining Solutions
Roger-Federer-Allee 7
2504 Biel/Bienne
Switzerland

www.gfms.com