

Juin 2019

Systeme de serrage point zéro
compatible avec la fabrication additive

NEWSLETTER

Post-traitement pour la production de série

avec AM-LOCK



Pour fabriquer une fourche en acier inoxydable 1.4404, les structures du support sont retirées par hirtisation® et les surfaces sont polies. Seules les structures qui empêchent une déformation sont maintenues en place. (Image : SLM Solutions et technique CNC M&H)

Le post-traitement automatisé est la condition préalable à la production industrielle en série de l'impression 3D métal

La fabrication additive de pièces métalliques a fait forte impression ces dernières années en prouvant son potentiel. Des applications sont largement répandues dans tous les domaines industriels, de la fabrication de prototypes à l'impression 3D de pièces de rechange. Le prochain développement logique est imminent : passer de la fabrication de pièces individuelles à la fabrication de séries. Cependant, avant d'arriver à fabriquer de manière reproductible de grandes quantités de pièces qui satisfont aux critères de l'assurance qualité moderne, des adaptations s'imposent ainsi que l'automatisation des principales étapes de production. Le post-traitement joue à cet effet un rôle décisif.

C'est justement dans l'exploitation de possibilités et de libertés de design, lequel n'est plus assujéti aux limites de la fabrication traditionnelle que l'impression 3D de pièces métalliques gagne indéniablement à être reconnue comme méthode de fabrication autonome. Les étapes manuelles d'usinage qui caractérisent la fabrication individuelle doivent par ailleurs être remplacées par la fabrication de masse et, avec elle, l'automatisation. Les pièces métalliques imprimées ne sortent pas prêtes à l'emploi de l'imprimante. Les pièces sont la plupart du temps fixées sur la plaque de base par des structures d'appui et doivent d'abord être désolidarisées de cette plaque. La fixation à la plaque sert également à compenser les tensions internes des pièces qui surviennent pendant l'impression, principale-



Le module de finition H3000 est une machine autonome « Plug-and-play » servant au post-traitement des pièces imprimées 3D avec le procédé breveté d'hirtisation®.

ment sous l'effet des différences thermiques dues au processus d'impression. La pièce n'est desserrée qu'après avoir été soumise à un traitement thermique pour exclure tout risque de déformation. Les structures d'appui permettent avec le procédé d'impression par lit de poudre de fabriquer aussi certaines géométries telles que les surplombs, les contre-dépouilles et les grandes cavités. On essaye certes de se passer le plus possible de structures d'appui en choisissant un design adapté, cela limite toutefois dans la majorité des cas un des principaux avantages de l'impression 3D, la liberté de design. Des restes de poudre, partiellement fondus à la surface de la pièce, restent collés à celle-ci. De la poudre peut aussi se déposer à l'intérieur des cavités. Et lorsque par exemple les orifices sont obturés par des structures d'appui, il n'est pas non plus facile de les vider.

Le post-traitement thermique mentionné ci-dessus peut également être complété par un apport concomitant de pression, appelé compression isostatique à chaud ou Hot Isostatic Pressing (HIP). Ce procédé a pour avantage de réduire les micropores restant dans le matériau et ainsi d'augmenter la densité de compactage de pièces imprimées pour atteindre le plus souvent plus de 99 %. La pièce est débarrassée de la poudre, traitée à chaud puis désolidarisée de la plaque. Les structures d'appui sont dans la majorité des cas retirées par procédés mécaniques : fraisage manuel, sectionnement à l'aide de pinces et de limes. La rugosité de la surface des pièces qui ne peut pas être exploitée au stade industriel est ensuite réduite par micro-billage et polissage sous quelque forme que ce soit. De nouveaux procédés de polissage mécano-chimique à vibration font partie de ces procédés. Ils ont tous en commun le fait qu'ils ne permettent d'usiner ni les interstices ni les contre-dépouilles géométriques. Ils incluent par ailleurs de nombreuses étapes manuelles parmi la chaîne de post-traitement citée précédemment. La chaîne de processus est discontinue et ne peut donc pas être automatisée. Impossible donc de réaliser une production en grande série. Sans compter que certaines géométries intéressantes et avec elles la liberté de design de l'impression 3D en sont également exclues. La fabrication de pièces en grandes quantités requiert quant à elle une large part d'automatisation, des étapes de process parfaitement coordonnées et un degré élevé de traçabilité et de reproductibilité.

Alternative électrochimique

C'est là qu'interviennent les méthodes électrochimiques (de galvanisation au sens le plus large). La méthode la plus connue est ici le polissage électrolytique classique, il n'est cependant pas sans restrictions similaires dans de nombreux domaines pour ce qui est de la géométrie des pièces et des interstices, lesquels ne peuvent pas du tout être électropolés ou seulement à grand renfort de moyens. Le seul procédé dynamique pour ces opérations s'avère être le procédé breveté d'hirtisation®. Ce procédé puise également ses origines de l'électrochimie, mais a été développé expressément pour répondre aux diverses opérations de post-traitement de pièces métalliques imprimées 3D. En tant que procédé chimico-électrochimique, il offre une alternative aux étapes d'usinage mécaniques courantes.

Des systèmes basés sur des médias liquides permettent d'atteindre aussi des zones et des interstices difficiles d'accès dans les pièces. Grâce à son processus unique en son genre, réparti en trois étapes, l'hirtisation® élimine au cours d'une première étape les structures d'appui et les restes de poudre qui adhèrent, aplanit la surface au cours d'une deuxième étape pour l'amener à un niveau techniquement exploitable ($Ra < 2 \mu m$) et



À gauche : Le procédé peut, pour produire les grandes séries de demain, être réalisé sur des voies de post-traitement d'une H12000 d'une capacité de 500 pièces par heure. À droite : La pince à vide en acier inox est désolidarisée après post-traitement par hirtisation® et prête à l'emploi. (Crédit photographique : Materialise)

polit enfin la pièce si nécessaire au cours d'une troisième et dernière étape. Le procédé chimico-électrochimique fait ici office de vecteur pour de nouvelles géométries de pièce, permet de laisser libre cours à la liberté de design et constitue ainsi l'une des principales forces de l'impression 3D. L'adaptabilité indéfinie des procédés électrochimiques contribue en outre à transformer l'impression 3D en une méthode performante et fiable pour la fabrication en série. Dans la pratique, l'hirtisation® est réalisée sous forme de prestation de service dans le centre de finition de Hirtenberger Engineered Surfaces ou bien directement sur le site de l'imprimante 3D grâce à des modules de finition compacts entièrement automatisés. Le procédé peut, pour les grandes séries de demain, être également réalisé sur des voies de post-traitement d'une H12000, d'une capacité de 500 pièces par heure.

Jumeau numérique jusqu'au post-traitement

La transition vers une production en grande série impose de définir, cerner et surveiller au sens où l'entend l'assurance qualité toutes les interfaces de l'ensemble de la chaîne d'usinage. Un aspect essentiel à ce sujet est la création de ce que l'on appelle des jumeaux numériques. Le jumeau numérique est le double virtuel d'un produit spécifique, qui accompagnera son double physique pendant toute sa durée de vie. Ce modèle de simulation est donc affecté à un produit précis et est alimenté dans une première étape (transitoire) avec les données de charge réelles de celui-ci, fournies pas les capteurs actuels. C'est justement en matière d'efficacité que la représentation virtuelle de machines ou d'installations, apparaissant sous



Avec ses dimensions de 500 x 500 x 300 mm, la H6000 présente un espace de travail sensiblement plus grand que la H3000. Elle permet de traiter plusieurs pièces de différents matériaux.

la forme d'un double sur une plateforme digitale, offre aux entreprises de nombreux avantages pendant tout le cycle de vie, à commencer par le design du produit jusqu'à la mise en service, l'exploitation, le service après-vente et la modernisation de machines et d'installations en passant par l'étude de la production et l'engineering. Les jumeaux, l'installation numérique et l'installation réelle sont ainsi indissociables et développent par conséquent une mémoire d'objet commune. Et ce, idéalement, dès les premières études. Le modèle de simulation reflète l'état actuel de l'installation physique. Cependant, le jumeau numérique ne doit pas décrire uniquement la pièce en tant que telle, mais aussi toute la genèse de celle-ci par delà toute la chaîne de production. Du matériau initial à la pièce finie en passant par toutes les étapes d'usinage, ce ne sont pas seulement toutes les modifications géométriques qui sont enregistrées intégralement pas à pas, mais aussi toutes les modifications apportées aux propriétés. Il est alors possible de connaître exactement grâce au jumeau numérique la pièce réelle à chaque stade de sa création et d'entreprendre toute la fabrication de la pièce sur un plan purement digital. Le double virtuel qui prend la forme d'un modèle 3D intelligent permet entre autres d'identifier rapidement les erreurs de développement ainsi que les problèmes potentiels qui surviennent sinon seulement au stade de la production.

Les propriétés sont prévisibles en fonction des étapes d'usinage sélectionnées et de leurs paramètres de fabrication. Et c'est justement là qu'une étape d'usinage essentielle passe quasiment inaperçue ! La genèse d'une pièce sur toute la chaîne de fabrication a lieu désormais sur un plan purement virtuel. La production et la pièce elle-même existent d'abord dans le Cloud avant la présence de contre-pièce physique correspondante. Ce processus appelle un changement de pensée radical. La pièce existe d'abord sous forme (réellement !) digitale dans la sphère digitale puis est ensuite matérialisée à partir de cet univers virtuel dans l'univers physique. Le post-traitement aussi doit être inclus dans ces considérations. Dès l'étude du design de la pièce, les étapes d'usinage qui vont suivre doivent être prises en compte, par exemple la modification de la taille de la pièce due au post-traitement. Ainsi, l'ensemble du process, traitement final inclus, doit pouvoir être traçable et contrôlable.

Inclure la technique de revêtement

Pour finir, j'aimerais aborder brièvement un autre point essentiel, qui reste encore à cette date largement méconnu dans la branche de l'impression 3D. Les pièces fabriquées par procédés classiques reçoivent un revêtement appliqué de manière quasiment évidente au cours d'une ultime étape. Ce revêtement sert à protéger la pièce de la corrosion, à améliorer autant son aspect visuel que son esthétique, à augmenter sa solidité chimique pour son utilisation ou sa résistance à l'usure. Le revêtement adapté est sélectionné en fonction du critère requis. Il peut s'agir d'un revêtement galvanique, d'une laque, d'une peinture par immersion cathodique, d'une anodisation ou d'un revêtement céramique (souvent via un procédé physique comme le PVD). Étant donné que ce genre de protection de surface est aujourd'hui un standard largement répandu, on doit partir du principe que tôt ou tard ce thème deviendra actuel aussi pour les pièces produites par impression 3D. Je pense en particulier à la réalisation de grandes séries pour l'industrie automobile. Cet aspect fait également partie du post-traitement et doit être intégré dans l'ensemble de la chaîne de process au moyen des interfaces citées plus haut.



Le procédé d'hiratisation s'inspire également de l'électrochimie, mais a été développé expressément pour répondre aux diverses opérations de post-traitement de pièces métalliques imprimées 3D.



Des systèmes basés sur des médias liquides permettent d'atteindre aussi des zones et des interstices difficiles d'accès dans les pièces.

Tenir compte du post-traitement dès le stade du design

En résumé, le post-traitement est un aspect essentiel pour opérer la transition de la fabrication de pièces individuelles à la production de grandes séries. Si l'impression 3D veut s'établir comme méthode de fabrication aussi bien durable qu'autonome, elle doit réussir ce passage à la production de grandes séries. Le domaine du post-traitement requiert des interfaces définies et fermées, l'automatisation la plus large possible et l'adaptabilité des différentes étapes d'usinage. L'intégration s'effectuera au mieux grâce à l'utilisation de jumeaux numériques et à la prise en compte du post-traitement dès la création des fichiers de design.

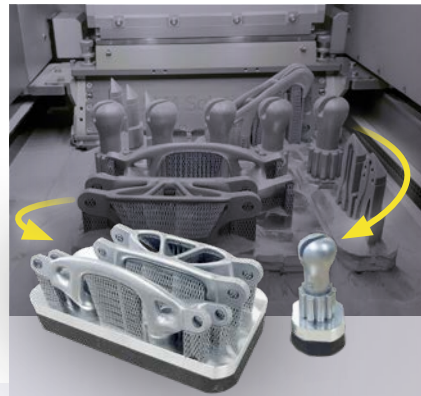
Si, pour ce qui est du design des pièces, de nouvelles voies sont franchies et pour peu que l'on n'essaye pas de remplacer des procédés de production existants, optimisés depuis des décennies, purement et simplement par l'impression 3D, l'impression 3D des pièces métalliques trouvera alors le chemin qui la mènera à la production industrielle de série. Des solutions intelligentes qui tirent parti des libertés quasi infinies en matière de design font baisser ici aussi la pression exercée par les coûts. Des chaînes de production coordonnées et automatisées, du design au post-traitement en passant par l'impression, réduisent encore plus les coûts jusqu'à leur faire atteindre un niveau économiquement intéressant et permettent la gestion de la qualité essentielle et la traçabilité. Ici aussi, le post-traitement ne doit justement pas être un obstacle !

Plateformes de construction segmentées et serrage point zéro pour un maximum de flexibilité et de stabilité de process

Le post-traitement est fortement tributaire de la pièce imprimée. Une des « interfaces définies et fermées » citées pré-

cédemment est le système de support de pièce. C'est là qu'intervient le système AM-LOCK de pL LEHMANN. Pour le post-traitement automatisé tel que l'alésage de positionnement, le filetage, les surfaces de précision ou même seulement le mesurage de pièce après l'impression 3D les pièces doivent pouvoir être séparées sans être désolidarisées de la plateforme de construction. C'est à cette condition seulement que le point zéro de la pièce est maintenu. Les pièces imprimées doivent pouvoir être canalisées suivant leur besoin individuel en matière de post-traitement. La désolidarisation de la palette de support doit en outre s'effectuer le plus tard possible pour obtenir un maximum d'efficacité et de précision.

Un système de serrage point zéro étant exposé à des conditions particulières dans le lit de poudre, il convient d'éviter la mécanique de mouvement courante. AM-LOCK exploite la chaleur du process et satisfait cette exigence grâce à un verrouillage thermique. Pour le post-traitement, de nombreux utilisateurs ont recours à des systèmes déjà connus. Un système de serrage point zéro et de support de pièce, compatible avec la fabrication additive, doit y être préparé. C'est pourquoi AM-LOCK peut être facilement adapté à différents systèmes sans que les pièces imprimées 3D doivent être désolidarisées de la plaque de support.



Un maximum de flexibilité pour un maximum de précision et de stabilité de process. (Photo : pL LEHMANN)

Plus globalement, pour que l'impression 3D de pièces métalliques devienne une technologie de fabrication industrialisée, il faudra prendre en compte l'ensemble de la chaîne de production. Du design en passant par la préparation des données, l'impression et les processus de post-traitement, la continuité logicielle des données, le transfert matériel des pièces jusqu'à l'assurance qualité avec traçabilité, il reste encore de nombreuses questions restées sans réponses, mais déjà aussi de très bonnes solutions. L'une d'elles est l'hybridation sur AM-LOCK.

Contacts : **Peter Lehmann AG**
Bäraustrasse 43
CH-3552 Bärau
Tél. +41 (0)34 409 66 66
Fax +41 (0)34 409 66 00
pls@plehmann.com
www.lehmann-rotary-tables.com

Hirtenberger Engineered Surfaces GmbH
Leobersdorfer Strasse 31-33
2552 Hirtenberg / Autriche
Tél. +43 2256 811 84 835
Fax +43 2256 811 84 849
surfaces@hirtenberger.com
hes.hirtenberger.com