30 nov. / 1er déc. 2022

ESPACE AUGUSTE
COLMAR

Journées Traitements et parachèvements de pièces issues de fabrication additive

Co-organisé par

A3TS

ASSOCIATION FRANÇAISE DU TITANE
The French Titanium Association

En partenariat avec

IRTM2P Institut de Recherche Technologique Matériaux Métallurgie et Procédés

MATERALIA pôle de compétitivité

TRAITEMENTS THERMIQUES
TRAITEMENTS DE SURFACE

- Conférences
- Salon professionel
- Tables rondes
- Concours de l'innovation

49e

Congrès et Salon A3TS

5 et 6 juillet 2023

Mulhouse, Parc Expo

A3TS

Mercredi 30 novembre

09:15 Ouverture des journées

CONFÉRENCES INTRODUCTIVES / CONTEXTUALISATION

09:30 Le parachèvement de pièces métalliques issues de fabrication additive dans l'industrie spatiale / Post-Process for additive manufactured metallic parts in aerospace industry
Marie DESSOUDE - ArianeGroup

09:55 Amélioration des états de surface en LPBF métallique - retours d'expérience et applications cibles / Improved surface conditions in metallic LPBF - experience feedback and target applications.
Eric BAUSTERT - VOLUM-e

10:20 Les étapes de parachèvement du WAAM pour permettre des contrôles CND / WAAM finishing steps allowing NDT
Yann GALLOIS - VALLOUREC

10:45 Augmentation de la durée de vie de pièces en alliage de titane issues de la fabrication additive / Improved durability of selective laser melting (SLM) parts made of titanium alloy
Randoald MULLER - HEIG-VD/HES-SO / Pierre-Antoine GAY - HE-Arc/HES-SO

TRAITEMENTS THERMIQUES DE FINITION

11:10 Métallurgie des alliages bases Nickel issues de Fabrication Additive - Quels diagrammes TTT ? / Metallurgy of ALM Nickel-based allyos : Which Isothermal transofmration diagrams ?
Rémi GIRAUD (SAFRAN Additive Manufacturing Campus), Solène LAVENAC (SAFRAN Additive Manufacturing Campus), Nicolas LERICHE (SAFRAN Additive Manufacturing Campus)

11:35 Impact des traitements thermiques sur l'alliage AlSi7Mg0,6 issu de fusion laser sur lit de poudre / Impact of heat treatments on the AlSi7Mg0.6 alloy resulting from laser melting on a powder bed
Arnold MAUDUIT - CETIM Centre Val de Loire

12:00 Pause déjeuner

14:00 Méthodes RUS (Spectroscopie par résonance ultrasonore) pour contrôler la qualité des traitements thermiques des pièces en fabrication additive / RUS (Resonant Ultrasound Spectroscopy) methods to control the quality of heat treatments of parts in additive manufacturing
Florian RAZAFINTSALAMA – CETIM

14:25 Réactivité d'un superalliage à base de nickel de fabrication additive lors de traitements de compaction isostatique à chaud / Reactivity of an additive manufacturing nickel based superalloy during hot isostatic pressing treatments
Daniel MONCEAU - Enrica EPIFANO (CNRS - Institut Carnot CIRIMAT - Site ENSIACET - Toulouse, France), Nicolas MROZOWSKI - Aurélien PRILLIEUX (IRT Saint Exupéry - Toulouse - France), Clara DESGRANGES (Safran Tech - France)

14:50 Parachèvement de pièces métalliques fabriquées par procédé WAAM / Processing and finishing of metal parts manufactured by WAAM process
Thibault AGIUS - AXIVE ADDITIVE

TRAITEMENTS DE SURFACE DE FINITION

15:15 Comparaison des performances intrinsèques de technologies de parachèvement sur pièces imprimées en Ti6Al4V / Comparison of the intrinsic performance of subtractive finishing technologies for printed Ti6Al4V parts.
Jean-François VANHUMBEECK - CRM GROUP

15:40 Pause

16:30 Une étude comparative de procédés disponibles pour le parachèvement de pièces réalisées par Fabrication Additive / A comparative study on post-processing techniques for additive manufactured components
Matthieu RAUCH, Jean-Yves HASCOËT- Ecole CENTRALE NANTES

16:55 Montée en maturité et Industrialisation du procédé de polissage chimique pour alliages base, Ti, Al, Ni ou Fe / Maturity and industrialization of the chemical polishing process for metallic (Ti, Al, Ni or Fe base alloys) AM parts
Jérôme FRAYRET - IRT M2P / INEOSURF, Mathieu NICOLAS - SATYS, Loïc EXBRAYAT - SAFRANTECH

17:20 Étude de stratégies de finition de surface de multi-matériaux par fabrication additive / Study of surface finishing strategies on multi-materials by additive manufacturing
Corentin LIBIOULLE - CRM GROUP

17:45 Polissage plasma électrolytique : développements pour le parachèvement de pièces de fabrication additive métallique / Plasma Electrolytic Polishing: development of the process for metallic parts produced by additive manufacturing
Salomé PARRIAUX -- IRT M2P / Loïc EXBRAYAT - SAFRANTECH

18:10 Fin de la première journée

19:30 Soirée de gala (réservation obligatoire auprès de l'A3TS) / Gala evening (reservation required at A3TS)

Jeudi 1er décembre

TRAITEMENTS DE SURFACE DE FINITION (SUITE)

08:45 Finition des surfaces sur TA6V LPBF : Application pour hélicoptère / Surfaces finishing on TA6V LPBF: Application for helicopters
Guillaume FALLOT - Laurent BORTOLOTTO - (AIRBUS HELICOPTERS)

09:10 Transfert d'échelle d'un procédé d'électro polissage de pièces en alliage de titane issues de fabrication additive / Scale up of electropolishing process for titanium parts produced by additive manufacturing
Martin MARCELET / Salomé PARRIAUX - IRT M2P / UTINAM

09:35 Nouvelles solutions de tribofinition appliquée aux pièces issues de l'ALM / New solutions for tribofinishing applied to ALM parts
Laetitia Thomas - IRT M2P / Stéphane CHAGNARD - ABC SWISSTECH

10:00 Gammes de parachèvement multi-procédés de pièces à fortes valeurs ajoutées issues de fabrication additive métallique / Multi process post processing treatment of high value metal additive manufacturing components
Martin JAY - POLITECHNO

10:25 Pause

11:00 La finition des pièces issues de fabrication additive, des procédés combinés ou hybridés pour y répondre / Additive manufactured parts finishing, combined or hybrid processes
Stéphane GUERIN, Antoine GIDON, Mathieu MEGEMONT (CETIM)

11:25 La technologie PEMEC : Combinaison de la tribofinition et de l'électrochimie au service du polissage des pièces issues de fabrication additive / PEMEC technology : a combination of tribofinishing and electropolishing to improve the surface roughness of additively manufactured parts
Joël RECH / Florian ROY - ENISE / Ecole CENTRALE LYON

11:50 Les enjeux de la finition de surface sur des Aciers Maraging pour l'outillage / Surface finishing stakes for maraging steels for tooling
Laura DELCUSE ROBERT - IPC Centre technique industriel de la plasturgie et des composites

12:15 Pause déjeuner

MODELISATION NUMERIQUE

14:00 L'apport de la simulation multiphysique à l'industrialisation des procédés de parachèvement par addition ou enlèvement de matière de pièces issues de fabrication additive / Benefit of multiphysics simulation of surface finishing processes by addition or removal technologies of additive manufacturing part
Baptiste FEDI - Be2SIM

14:25 Simulation de l'électropolissage comme aide à l'industrialisation / Modelling the electropolishing process as industrialisation support
Aurélien BOUCHER - SAFRAN TECH / UTINAM

TRAITEMENTS DE FINITION NON CONVENTIONNELS

14:50 Application de la technique Jet N2 supercritique pour améliorer l'état de surface de l'alliage Inconel 718 obtenu par les méthodes de fabrication additive par fil laser et par fusion laser sélective / Application of Supercritical N2 Jet technique to improve surface quality of Inconel 718 alloy fabricated by Wire Laser and Selective Laser Melting Additive Manufacturing methods
Mustapha YAHIAOUI - CRITT / TJFU

15:15 Fonctionnalisation de surface d'équipements en Inconel 625 élaborés par fabrication additive / Surface functionalization of Inconel 625 equipment produced by additive manufacturing
Leo PORTEBOIS - EEIGM / IJL

15:40 Caractérisation de propriétés et effets du traitement thermique sur des pièces 3D Al-1050 produites par la Fabrication Additive par Projection à Froid / Characterization of properties and effects of heat treatment on 3D Al-1050 parts produced by Cold Spray Additive Manufacturing
Mohamed SOKORE - UTBM

16:05 Table ronde

16:30 Clôture des journées - Café de départ

Sponsorisé par :

BT2i BUSINESS & TECHNOLOGY INTELLIGENCE FOR INNOVATION

HTS VACUUM FURNACES

Mahr

Le parachèvement de pièces métalliques issues de fabrication additive dans l'industrie spatiale / *Post-Process for additive manufactured metallic parts in aerospace industry*

Marie DESSOUDE - ArianeGroup

Depuis plusieurs années, l'industrie a vu naître et grandir les procédés de fabrication additive, qui tendent à s'imposer grâce aux solutions techniques compétitives qu'ils offrent. Ces derniers permettent notamment de nombreuses possibilités en termes d'optimisation topologique, de fonctionnalisation tout en raccourcissant les cycles de développement et de production des pièces. Mais avec ces nombreux avantages, viennent également quelques inconvénients. Concernant le procédé de fusion laser sur lit de poudre métallique (PBF-LBM : Powder Bed Fusion – Laser Beam Melting), l'état de surface rugueux et inhomogène s'avère être l'inconvénient majeur. Cet état de surface peut en effet impacter la contrôlabilité ainsi que les propriétés thermiques, fluidiques et mécaniques des pièces. Afin d'y remédier, ArianeGroup a développé et qualifié différents procédés de post-traitement. Ces derniers permettent de réduire et homogénéiser la rugosité afin de rendre les pièces PBF-LBM contrôlables et conformes aux exigences aérospatiales. Parmi ces pièces, certaines ont déjà volé sur Ariane 5 et d'autres voleront prochainement sur Ariane 6.

Additive layer manufacturing processes are increasingly used in industry for their possibilities in freedom of design thanks to topology optimization, functions integration or acceleration of parts development and production. With the benefits come also some difficulties. In PBF-LBM (Powder Bed Fusion – Laser Beam Melting) process, the first is the high and heterogeneous roughness of the parts surface. This roughness can impact controllability from non-destructive testing point of view or mechanical, fluidic and thermal properties. ArianeGroup has developed and has qualified different post-processes to reduce and homogenize this roughness to make its PBF-LBM parts controllable and conform to aerospace strong requirements. Some of these parts are already flying on Ariane 5 and others will come in the future with Ariane 6.

Notes :

Amélioration des états de surface en LPBF métallique - retours d'expérience et applications cibles / Improved surface conditions in metallic LPBF - experience feedback and target applications.

Eric BAUSTERT - VOLUM-e

Notes :

Les étapes de parachèvement du WAAM pour permettre des contrôles CND / WAAM finishing steps allowing NDT

Yann GALLOIS - VALLOUREC

Le procédé WAAM [Wire Arc Additive Manufacturing] recouvre plusieurs avantages significatifs comparé à d'autres procédés de FA. Il utilise la soudure à l'arc GMAW bien maitrisé par les soudeurs depuis de nombreuses années et profite d'une maturité élevée des équipements (générateur, torche, gaz, fil, synergies) et des standards (défauthèque et qualification des moyens et des opérateurs). Également la quantité des matières référencées, le taux de dépôt par heure, et le faible impact HSE qui permet une intégration industrielle rapide. Néanmoins, plus on cible une vitesse de dépôt rapide, plus la qualité de surface est dégradée et nécessite un post traitement avant contrôle non destructifs. Les étapes habituelles sont alors : Découpe de la plaque support, traitement thermique de détensionnement, écroutage. Cet écroutage, selon qu'il est fait par meulage, fraisage, tournage va donner des états de surfaces variables et cela impactera le résultat des différents moyens CND. Des exemples d'états de surfaces et de contrôles non destructifs seront donnés en illustration. Enfin une discussion importante est d'établir la confiance sur les défauts WAAM acceptables, par métier. Etablir le juste nécessaire entre qualité de l'état de surface associée a sa méthode de contrôle et à la finesse de défaut détectable.

The WAAM process [Wire Arc Additive Manufacturing] presents significant advantages compared to other AM processes. It uses GMAW arc welding, which has been well mastered by welders for many years and benefits from the high maturity of equipment (power source, torch, gas, wire, synergies) and standards (defect library and operators ans equipments qualification). Also the quantity of available metals, the deposition rate per hour, and the low HSE impact which allows rapid industrial deployment. However, the more a rapid deposition rate is targeted, the more the surface quality is degraded and requires post-processing before non-destructive testing. The usual steps are then: Cutting of base plate, stress-relieving, rough machining. This roughing, depending on whether it is done by grinding, milling, or turning, will give variable surface states and this will impact the result of the different NDT means. Examples of surface conditions and non-destructive testing will be given as illustrations. Finally, an important discussion is to gain customer trust on the acceptable WAAM defects, by business. Establish the just necessary between the surface quality associated with its control method and the precision of detectable defects.

Notes :

Augmentation de la durée de vie de pièces en alliage de titane issues de la fabrication additive / Improved durability of selective laser melting (SLM) parts made of titanium alloy

Randoald MULLER - HEIG-VD/HES-SO / Pierre-Antoine GAY - HE-Arc/HES-SO

La présence de défauts surfaciques (rugosité et fissures) et/ou internes (porosité, manque de fusion, etc.) sont les raisons principales de défaillance des pièces métalliques fabriquées par SLM sujettes à des sollicitations mécaniques répétées.

La résistance en fatigue de ces composants peut être grandement améliorée en utilisant des traitements thermiques appropriés (p.ex. HIP) et des parachèvements surfaciques adaptés (p.ex. électropolissage).

Notre projet, qui a débuté en janvier 2022, se focalise sur l'étude du comportement en fatigue de pièces en Ti6Al4V fabriquées par SLM. Il est novateur, car :

• Nous travaillons sur de vrais produits industriels, notamment une vis médicale et une pièce nautique, de façon à tenir compte des effets de la géométrie, de la taille, de la charge appliquée et de la fonction à garantir ;

• Nous attachons autant d'importance à améliorer la microstructure que l'état de surface des pièces pour optimiser globalement les propriétés en fatigue (meilleure durabilité).

Le but ultime est d'apporter à l'industrie des réponses concrètes et solides sur la fabrication idéale et sur le parachèvement optimal des composants produits par SLM en fonction de leurs besoins spécifiques.

Notre présentation se focalisera sur les résultats obtenus jusqu'à maintenant et sur les premières conclusions à tirer de cette étude préindustrielle.

Notes :

Métallurgie des alliages bases Nickel issues de Fabrication Additive - Quels diagrammes TTT ? / Metallurgy of ALM Nickel-based allyos : Which Isothermal transofmration diagrams ?

Rémi GIRAUD (SAFRAN Additive Manufacturing Campus), Solène LAVENAC (SAFRAN Additive Manufacturing Campus), Nicolas LERICHE (SAFRAN Additive Manufacturing Campus)

La fabrication additive est connue pour générer des microstructures métastables avec notamment une absence de précipités primaires.

La compréhension des séquences de précipitation est clé pour mettre au point les traitements thermiques adéquats pour les pièces issues de fabrication additive.

Un travail de fond a donc été entrepris pour mettre à jour les diagrammes TTT des alliages historiques et dédiés à la fabrication additive. Les résultats pourront être complétés par une approche numérique pour expliquer les différences de cinétiques de précipitation des phases en présences.

Notes :

Impact des traitements thermiques sur l'alliage AlSi7Mg0,6 issu de fusion laser sur lit de poudre / Impact of heat treatments on the AlSi7Mg0.6 alloy resulting from laser melting on a powder bed

Arnold MAUDUIT – CETIM Centre Val de Loire

L'alliage d'aluminium AlSi7Mg0,6 est un alliage destiné historiquement à la fonderie sable ou coquille. Ces dernières années, cet alliage a été utilisé en fusion laser sur lit de poudre (LPBF) au côté de l'alliage AlSi10Mg qui est le premier alliage d'aluminium à avoir été mis en œuvre par cette technique. L'AlSi7Mg0,6 de par sa teneur en silicium permet une bonne mise en œuvre en LPBF ; en effet celle-ci évite tous phénomènes de fissuration à chaud (fissuration interdendritique ou intergranulaire).

Après l'obtention des éprouvettes par LPBF ; celles-ci sont soumises à différents traitements thermiques comme par exemple :

- Brut de fabrication

- Recuit d'adoucissement : 2h à 300°C

- T6 (mise en solution + trempe + revenu)

- Revenu seul : 2h à 170°C et 6h à 170°C

- CIC (compaction isostatique à chaud)

Ainsi, des résultats concernant la santé matière (porosité), les caractéristiques mécaniques, les microstructures et les contraintes résiduelles sont présentées afin de mieux cerner les aptitudes technologiques des états métallurgiques liés aux traitements thermiques précédemment cités.

Notes :

Méthodes RUS (Spectroscopie par résonance ultrasonore) pour contrôler la qualité des traitements thermiques des pièces en fabrication additive / RUS (Resonant Ultrasound Spectroscopy) methods to control the quality of heat treatments of parts in additive manufacturing

Florian RAZAFINTSALAMA – CETIM

RUS (Resonant Ultrasound Spectroscopy) regroupent l'ensemble des méthodes consistant à exciter mécaniquement la pièce et réceptionner sa réponse vibratoire dans différents domaines de fréquence allant de l'audible jusqu'aux ultrasons, et à comparer la signature spectrale (fréquences de résonance) de la pièce à contrôler à celle d'une pièce de référence ou éventuellement à des simulations. Ce sont des méthodes bien connues pour détecter les défauts présents dans la pièce ou vérifier la qualité d'un traitement thermique subi (trempe superficielle, détentionnement…). Ces méthodes de contrôle dites globales permettant de trier les pièces non conformes mais ne permettent pas facilement d'avoir des informations sur le défaut (taille, nature, position exacte, …). Nous illustrons dans la présentation quelques cas d'application liés aux pièces issues de la fabrication additive (avant et après un traitement de stabilisation) et aux pièces « classiques » après traitement superficiel.

Notes :

Réactivité d'un superalliage à base de nickel de fabrication additive lors de traitements de compaction isostatique à chaud / Reactivity of an additive manufacturing nickel based superalloy during hot isostatic pressing treatments

Daniel MONCEAU - Enrica EPIFANO (CNRS - Institut Carnot CIRIMAT - Site ENSIACET - Toulouse, France), Nicolas MROZOWSKI - Aurélien PRILLIEUX (IRT Saint Exupéry - Toulouse - France), Clara DESGRANGES (Safran Tech - France)

Dans ce travail, nous proposons de discuter des phénomènes d'oxydation à haute température lors de cycles de compaction isostatique à chaud (CIC) de superalliages base nickel.

Une caractérisation fine de la nature et de l'épaisseur des couches d'oxydes formées en fonction des conditions de traitement a été menée à différentes échelles, couplée à des calculs thermodynamiques permettant d'expliquer les phénomènes observés vis-à-vis de l'atmosphère de l'enceinte CIC.

Afin de confirmer ces résultats, il est prévu d'utiliser un analyseur de gaz par chromatographie, installé sur l'équipement CIC, qui permettra de suivre l'évolution de la composition gazeuse dans l'enceinte en cours de traitement.

This work discusses the high temperature oxydation phenomena on nickel based superalloys during Hot Isostatic Pressing (HIP) cycles.

A fine characterization of the nature and thickness of the oxyde scales grown during an HIP treatment is carried out at different scales, coupled with thermodynamics calculations allowing to explain the identified phenonema regarding the HIP atmosphere conditions.

In order to confirm these results, it is expected to use a chromatographic gas analyser mounted on the HIP equipment. This should enable to follow the gas composition evolution in the chamber during an HIP cycle.

Notes :

Parachèvement de pièces métalliques fabriquées par procédé WAAM / Processing and finishing of metal parts manufactured by WAAM process

Thibault AGIUS - AXIVE ADDITIVE

Le WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) est un procédé de fabrication additive dérivé du soudage à l'arc. Il s'agit d'un procédé d'ébauchage rapide qui permet de mettre en œuvre tous les métaux soudables. Les pièces ne sont pas fonctionnelles en sortie de fabrication, leur parachèvement est donc au cœur de l'industrialisation de ce procédé. Plusieurs post-traitements peuvent être appliqués sur les ébauches.

Un traitement thermique est quasi obligatoire. Il peut s'agir soit d'un revenu de détensionnement pour libérer des contraintes résiduelles soit d'un cycle thermique complet soit pour atteindre l'état métallurgique souhaité.

Les ébauches peuvent ensuite être usinées et traitées comme toute autre pièce métallique.

Pour l'usinage des surfaces fonctionnelles, des règles de conception doivent être appliquées. Elles concernent notamment les surépaisseurs, la rigidité, le bridage et la prise de références.

Selon les tolérances et les caractéristiques de surfaces souhaitées, une superfinition et un traitement de surface peuvent également être réalisés.

WAAM (Wire Arc Additive Manufacturing) is an additive manufacturing process derived from arc welding. It is a rapid roughing process that allows the use of all weldable metals. The parts are not functional at the end of the manufacturing process, so their finishing is therefore at the heart of the industrialization of this technology. Several post-treatments can be applied to the blanks.

A heat treatment is often needed. It can be either a stress relieving tempering to release residual stresses or a full thermal cycle to reach the desired metallurgical state.

The blanks can then be machined and processed like any other metal part.

For the machining of functional surfaces, design rules must be applied. These include oversizes, stiffness, clamping and referencing.

Depending on the desired tolerances and surface characteristics, superfinishing and surface treatment can also be performed.

Notes :

Comparaison des performances intrinsèques de technologies de parachèvement sur pièces imprimées en Ti6Al4V / Comparison of the intrinsic performance of subtractive finishing technologies for printed Ti6Al4V parts.

Jean-François VANHUMBEECK - CRM GROUP

En parallèle des contraintes géométriques et économiques, le choix d'une technologie de parachèvement pour les pièces issues de fabrication additive est dicté par l'adéquation la morphologie de surface obtenue avec l'application visée. Dans le cas des technologies de parachèvement soustractives, on observe de manière générale une amélioration progressive de l'état de surface au fur et à mesure que l'enlèvement de matière augmente. Le lien entre cet enlèvement de matière et l'évolution de la morphologie de surface est cependant propre à chaque technologie. L'étude qui sera présentée ici a pour but de comparer différentes technologies de parachèvement soustractives du point de vue de leurs performances intrinsèques, c'est-à-dire des caractéristiques morphologiques des surfaces obtenues pour un enlèvement de matière imposé. En particulier, nous comparerons ici des méthodes chimiques (polissage chimique), électrochimiques (polissage électrolytique, procédé DLyte) et mécaniques (usinage, sablage, tribofinition). Nous nous intéresserons à l'évolution des différents paramètres caractéristiques de la rugosité (Ra, Rz, Rpk, Rvk) et à l'érosion des arêtes en fonction de l'enlèvement de matière.

In addition to geometric and economic constraints, the choice of a finishing technology for parts produced by additive manufacturing is dictated by the adequacy of the achieved surface morphology with regard to the intended application. In the case of subtractive finishing technologies, a gradual improvement in the surface condition is typically observed as the material removal increases. The relationship between material removal and evolution of surface morphology is however typical for each technology. The study that will be presented here aims to compare different subtractive finishing technologies from the point of view of their intrinsic performance, i.e. the morphological characteristics of the surfaces obtained after an imposed material removal. In particular, we will compare chemical (chemical polishing), electrochemical (electrolytic polishing, DLyte process) and mechanical (machining, sandblasting, tribofinishing) methods. We will be interested in the evolution of the different characteristic parameters of roughness (Ra, Rz, Rpk, Rvk) and in the edge rounding as a function of material removal.

Notes :

Une étude comparative de procédés disponibles pour le parachèvement de pièces réalisées par Fabrication Additive / A comparative study on post-processing techniques for additive manufactured components

Matthieu RAUCH, Jean-Yves HASCOËT- Ecole CENTRALE NANTES

Les procédés de fabrication additive sont désormais capables de réaliser des composants aux propriétés mécaniques homogènes, mais les phénomènes physiques mis en oeuvre ne rendent pas toujours les surfaces produites aptes à respecter les cahiers des charges associés. En effet, ces surfaces présentent des rugosités très importantes avec la présence de vallées pouvant amorcer des fissures. Ce papier compare plusieurs procédés de parachèvement pour améliorer les états de surface produits par FA. Le procédé le plus couramment utilisé est l'usinage ; le développement de méthodes de fabrication hybride additif/soustractif donne des perspectives très pertinentes tout en soulevant de nouveaux verrous scientifiques. En parallèle, d'autres procédés émergents permettent d'obtenir des résultats prometteurs : le polissage par jet d'eau, le polissage laser ou le procédé de friction-malaxage. Une synthèse d'études expérimentales menées au laboratoire complétée par des données issues de la littérature permet de mesurer les forces et les faiblesses de chacun de ces procédés de parachèvement. L'objectif est de déterminer des fenêtres de performance. Plusieurs matériaux d'intérêt sont considérés : les alliages de titane, les alliages d'aluminium et les aciers inoxydables.

Additive Manufacturing (AM) processes can now produce components with homogeneous mechanical properties, but the physical phenomena involved during the build make AM surfaces not always suitable to be used as-is. Indeed, AM surfaces have a poor roughness and have often breaking lines, which can penalize the fatigue behavior by initiating cracks. This paper compares some post-processing techniques to improve AM surface properties. High Speed Machining is the most chosen process and the development of hybrid approaches mixing material addition and removal are of great interest while setting new challenges. Besides, other processes can also produce promising results: waterjet finishing, shot peening, laser polishing or friction stir processing. A synthesis of experimental results carried out in the laboratory together with data from the state of the art are given to measure the forces and weaknesses of theses post processing techniques. The objective is to define performance windows for each. Various materials, titanium alloys, stainless steels and aluminum alloys are

Notes :

Montée en maturité et Industrialisation du procédé de polissage chimique pour alliages base, Ti, Al, Ni ou Fe / Maturity and industrialization of the chemical polishing process for metallic (Ti, Al, Ni or Fe base alloys) AM parts

Jérôme FRAYRET - IRT M2P / INEOSURF, Mathieu NICOLAS - SATYS, Loïc EXBRAYAT - SAFRANTECH

Le procédé de polissage chimique a été développé par INEOSURF dans le cadre du projet After ALM porté par l'IRT M2P pour répondre aux besoins grandissants de parachèvement de pièces ayant des états de surface rugueux (Ra>10um) tout en respectant un enlèvement matière limité par rapport au procédé d'usinage chimique. Les cibles d'action sont les pièces issues de fabrication additive. La mise au point de ce procédé a été réalisée à l'échelle laboratoire et la robustesse des solutions a été confirmée à l'échelle pilote. Actuellement, des alliages base Ti, Al, Ni ou Fe peuvent être traités par ce procédé.

Le transfert à l'échelle industrielle est en cours chez SATYS en étroite collaboration avec SAFRAN. De nombreuses pièces de dimensions et de complexités variées sont à l'étude pour un traitement en production par cette technique.

Une simple immersion ou une circulation contrôlée de la solution peuvent être réalisées afin de traiter de façon homogène les pièces et de répondre aux cahiers des charges industriels. De nombreuses pièces tests, voire des premiers démonstrateurs ont déjà été traités et les résultats seront présentés ici.

Notes :

Étude de stratégies de finition de surface de multi-matériaux par fabrication additive / Study of surface finishing strategies on multi-materials by additive manufacturing

Corentin LIBIOULLE - CRM GROUP

Dans le domaine de la fabrication additive de pièces métalliques, l'émergence de l'impression 3D multi-matériaux ouvre de nombreuses perspectives d'applications, mais présente également des défis, notamment en termes de finition de surface. L'impression multi-matériaux constitue un domaine en plein essor qui demande une attention particulière. Il est nécessaire de développer des procédures de finition de surface dédiées à ces matériaux, permettant de traiter l'ensemble des matériaux de manière homogène ou, au contraire, de dissoudre sélectivement un matériau par rapport à l'autre.

Cette étude s'intéresse à la problématique spécifique de la finition de surface des pièces imprimées multi-matériaux. Nous travaillons sur le couple de matériaux Cu/acier inoxydable qui présente un intérêt particulier tant du point de vue des défis qu'il représente (réactivité très différente des deux métaux dans les bains de traitement de surface) que des larges possibilités d'applications (conductivité électrique et thermique du Cu combinée avec la résistance à la corrosion de l'acier inoxydable). Dans un premier temps, les deux matériaux sont évalués séparément afin de déterminer les vitesses d'enlèvement de matière dans différents bains et conditions de traitement. Ensuite, des pièces multi-matériaux issues de fabrication additive sont traitées dans les bains de polissage identifiés permettant une attaque soit sélective soit homogène des matériaux

In the field of additive manufacturing of metal parts, the emergence of multi-material 3D printing opens up many application prospects, but also presents challenges, especially in terms of surface finishing. Multi-material printing is a booming field that requires special attention. It is necessary to develop surface finishing procedures dedicated to these materials, in order to treat all materials homogeneously or, on the contrary, to selectively dissolve one material in relation to the other. This study focuses on the specific problem of surface finishing of multi-material printed parts. We are working on the Cu/stainless steel couple, which is of particular interest both from the point of view of the challenges it represents (very different reactivity of the two metals in surface treatment baths) and the wide range of applications (electrical and thermal conductivity of Cu combined with the corrosion resistance of stainless steel). First, the two materials are evaluated separately to determine the material removal rates in different baths and processing conditions. Then, multi-material parts from additive manufacturing are processed in the identified polishing baths allowing either a selective or homogeneous attack of the materials.

Notes :

ADHÉREZ À L'A3TS

L'A3TS rassemble des ingénieurs et praticiens des traitements thermiques et traitements de surface répartis dans les secteurs aéronautique, sidérurgie, automobile, médical, industries mécaniques, université, écoles d'ingénieurs, enseignement et bien d'autres.

Notre objectif est de **favoriser les échanges et les collaborations entre les adhérents** lors de nos conférences & débats : Congrès et Salon annuel, et journées thématiques nationales et internationales.

L'A3TS, c'est aussi un **centre de formation certifié QUALIOPI** mettant à disposition ses experts scientifiques et techniques les plus pointus.

Devenez adhérent et bénéficiez de :

- ☑ Remise de 5 à 10% sur les formations
- ☑ Prix avantageux sur nos évènements
- ☑ Accès à l'espace adhérent (captations vidéos des évènements, actualités scientifiques, ...)
- ☑ Notre communauté scientifique et technique

Plus d'information, suivez-nous !

www.A3TS.org

A3TS
ASSOCIATION DE TRAITEMENT THERMIQUE ET DE TRAITEMENT DE SURFACE

Polissage plasma électrolytique : développements pour le parachèvement de pièces de fabrication additive métallique / Plasma Electrolytic Polishing: development of the process for metallic parts produced by additive manufacturing

Salomé PARRIAUX -- IRT M2P / Loïc EXBRAYAT - SAFRANTECH

Le polissage plasma électrolytique (Plasma electrolytic polishing abrévié en PeP en anglais) est un procédé relativement récent qui offre des perspectives intéressantes pour le parachèvement de pièces de fabrication additive, notamment pour les surfaces accessibles.

C'est un procédé soustractif, mettant en œuvre un plasma créé à l'aide de tensions très élevées dans des électrolytes de compositions définies qui permet d'améliorer les états de surface et de polir les pièces.

De nombreux développements sont actuellement menés à l'IRTM2P au sein des projets AfterALM et NEMO sur une grande variété d'éprouvettes de fabrication additive (éprouvettes simples, de fatigue, technologiques) pour différents matériaux, notamment 316L, TA6V ou Inconel718 avec des résultats prometteurs. Un certain nombre de contraintes et de limitations doivent néanmoins être prises en compte pour un déploiement efficace de cette technologie à l'échelle industrielle.

Notes :

Finition des surfaces sur TA6V LPBF : Application pour hélicoptère / Surfaces finishing on TA6V LPBF: Application for helicopters

Guillaume FALLOT - Laurent BORTOLOTTO - (AIRBUS HELICOPTERS)

Dans le cadre du développement du RACER, un redesign complet du système de Jet Pump a été fait en utilisant la fabrication additive (Fusion LASER lit de poudre).

Le but de ce système est de permettre de remonter l'huile du fond de la boîte du carter principal de la boîte de transmission par effet Venturi.

La solution première envisagée consistait en un assemblage de 5 pièces usinées. Or, lors des premiers essais sur banc, des problèmes de fuite ont été constatés.

L'équipe en charge du développement de la fabrication additive a travaillé sur un design optimisé de la pièce adapté à la technologie lit de poudre.

Finalement, la fabrication additive a permis de remplacer un assemblage de 5 pièces par une seule pièce imprimée monobloc et le changement de matière (Acier remplacé par Titane) a permis de faire un gain de masse de 1.3 kg.

Un des défis de la pièce a été de tenir les exigences de rugosité imposées par le bureau d'étude à l'intérieur de la pièce.

Actuellement sur les pièces série faites en FA (TA6V) chez AH un décapage chimique est effectué pour deux raisons :

- enlèvement de la couche contaminé (Alpha case)
- amélioration de la rugosité (Ra final de 3)

Ce décapage chimique permet d'obtenir au mieux un Ra de 10 sur les pièces faites en FA, le critère demandé par le bureau d'étude étant un Ra de 3, il a été nécessaire de travailler sur la finition de la surface de la pièce.

Le but de la communication est de montrer les travaux fait sur la finition de surface sur le système jet pump produit en fabrication additive.

Notes :

Transfert d'échelle d'un procédé d'électro polissage de pièces en alliage de titane issues de fabrication additive / Scale up of electropolishing process for titanium parts produced by additive manufacturing

Martin MARCELET, Salomé PARRIAUX - IRT M2P / UTINAM

Si les progrès techniques dans le domaine de la fabrication additive métal permettent la réalisation de pièces de formes complexes sans dégradation notables des propriétés mécaniques et structurelles, leur état de surface peut s'avérer problématique pour certaines applications. Ce mode d'élaboration couche par couche à partir de poudres métalliques de granulométrie contrôlée induit, en effet, une rugosité et une texturation de surface importantes, ainsi que la présence de particules partiellement fondues pouvant présenter un risque de détachement en service. Afin de trouver des solutions de parachèvement, le projet NEMO (NExt ALM finishing prOcess) a été initié début 2022. Piloté par l'IRT M2P, il s'inscrit dans la continuité du projet AFTER ALM (AFTER-Additive Layer Manufacturing) et est constitué d'une vingtaine de partenaires académiques et industriels.

Parmi eux, l'institut UTINAM, en collaboration avec l'IRT M2P, s'est intéressé au polissage électrolytique de plusieurs familles de matériaux d'intérêt : alliages de titane et d'aluminium, superalliage base nickel et aciers inoxydables. Chacune de ces nuances nécessite la définition d'un électrolyte et de paramètres de traitement spécifique dont les degrés de maturité sont différents. Cette présentation s'intéressera au transfert d'échelle du procédé de polissage électrolytique de pièces de fabrication additive en alliage de titane depuis le laboratoire à une cuve de traitement de 65 litres.

Notes :

Nouvelles solutions de tribofinition appliquée aux pièces issues de l'ALM / New solutions for tribofinishing applied to ALM parts

Laetitia Thomas - IRT M2P, Stéphane CHAGNARD - ABC SWISSTECH

La tribofinition est un procédé permettant de polir des pièces par le mouvement relatif entre ces pièces et des médias abrasifs placés dans une cuve. Un certain nombre de paramètres peuvent être ajustés pour modifier l'impact et le frottement des médias abrasifs sur la pièce, tels que le type de médias abrasifs utilisés ou encore la nature du mouvement appliqué à la cuve ou à la pièce. Cette présentation s'intéressera aux divers équipements de tribofinition existants et identifiera leurs limites afin de présenter des stratégies d'amélioration. Ces stratégies alternatives peuvent comprendre la combinaison de procédés existants, que ce soit de tribofinition exclusivement ou une combinaison avec d'autres technologies de parachèvement. Elles peuvent également nécessiter le développement de nouveaux procédés à part entière. Ainsi, afin d'obtenir un abattement de rugosité important tout en préservant les géométries des pièces, un nouveau procédé a été développé par ABC SWISSTECH dans le cadre du projet SHINING porté par l'IRT M2P. Celui-ci prévoit de combiner les fréquences de vibrations de deux systèmes distincts, celui de la cuve d'une part, et celui de la pièce mise en mouvement dans la cuve d'autre part, afin d'amplifier l'enlèvement matière en superposant les fréquences de vibration. Les orientations relatives des mouvements vibratoires ainsi que des pièces permettent de privilégier les enlèvements de matière sur les zones les plus difficiles d'accès. Cette présentation reviendra sur les premiers résultats obtenus à l'issue du projet.

Notes :

Gammes de parachèvement multi-procédés de pièces à fortes valeurs ajoutées issues de fabrication additive métallique / Multi process post processing treatment of high value metal additive manufacturing components

Martin JAY - POLITECHNO

Les différentes technologies de fabrication additive métalliques étant de plus en plus présentes dans l'industrie - notamment pour des secteurs nécessitant des pièces à hautes valeurs ajoutées tels que les domaines de l'aéronautique, le spatial, le médical et l'industrie du luxe - il est aujourd'hui essentiel de maitriser l'ensemble de la chaine de fabrication de ces procédés complexes.

Les étapes de post-processing sont l'une des étapes clés de cette chaine de valeurs car ils impactent directement la performance des produits manufacturés (résistance à la corrosion, tenue mécanique, résistance à la fatigue, …) et la qualité visuelle, esthétique de ces derniers.

Néanmoins, fort est de constater que ces dernières étapes de fabrication, bien qu'essentielles à l'assurance qualité des composants fabriqués par le biais des technologies 3D, sont très complexes à maitriser, compte tenu de nombreux facteurs :

- La complexité géométrique des pièces produites
- La qualité de surface initiale des pièces imprimées (rugosités élevées et hétérogènes)
- Les contraintes intrinsèques aux marchés de haute valeur ajoutées (exigences techniques et esthétiques des secteurs d'activités concernés par la fabrication additive).

Il est à ce jour difficile d'admettre qu'une seule technologie et que des gammes de finition classiques puissent répondre à ce marché en plein essor. Il est donc nécessaire de développer des gammes de finition « complexes », intégrant plusieurs étapes et souvent plusieurs procédés de finition afin d'assurer la qualité et la fonctionnalité finale des produits tout en garantissant un niveau de productivité et de coût de fabrication en phase avec les contraintes des différents marchés.

Le choix, le séquençage et le paramétrage des technologies telles que le grenaillage, le polissage chimique, le sablage, le microbillage, la tribofinition, la tribofinition centrifuge, la tribofinition magnétique, l'électro polissage est donc l'un des challenges d'ingénierie et de développement pour maitriser et fiabiliser le post processing des pièces issues de fabrication additive.

Cette conférence aura pour objectif de :

- Présenter un état de l'art des solutions de polissage existantes,
- Définir le positionnement, l'intérêt et les limites de ces technologies à la reprise des pièces issues d'impression 3D
- Présenter des gammes et des résultats concrets de gammes de finition multi process sur différents cas d'applications de pièces issues de fabrication additive métal.

The various metal additive manufacturing technologies being more and more present in the industry - in particular for sectors requiring parts with high added values such as the fields of aeronautics, space, medical and the luxury industry - it is now essential to master the entire production chain of these complex processes.

The post-processing steps are one of the key steps in this value chain because they directly impact the performance of manufactured products (corrosion resistance, mechanical strength, fatigue resistance, etc.) and the visual and aesthetic quality of these latter.

Nevertheless, it is clear that these last manufacturing steps, although essential to the quality assurance of components manufactured using 3D technologies, are very complex to master, given many factors:

- The geometric complexity of the parts produced
- The initial surface quality of the printed parts (high and heterogeneous roughness)
- Intrinsic constraints in high added value markets (technical and aesthetic requirements of the sectors of activity concerned by additive manufacturing).

It is currently difficult to accept that a single technology and classic finishing ranges can respond to this booming market. It is therefore necessary to develop "complex" finishing ranges, integrating several stages and often several finishing processes in order to ensure the quality and final functionality of the products while guaranteeing a level of productivity and manufacturing cost in line with the constraints of the different markets.

The choice, sequencing and configuration of technologies such as shot blasting, chemical polishing, sandblasting, microblasting, massfinishing, centrifugal massfinishing, magnetic massfinishing, electropolishing is therefore one of the engineering challenges to control and make reliable the post processing of additive manufacturing parts.

The aim of this conference is to:

- Present a state of the art of polishing solutions,
- Define the interest and the limits of these technologies for the polishing of 3D metal parts
- Present concrete results of multi-process finishing processes on different 3D metal parts applications.

Notes :

La finition des pièces issues de fabrication additive, des procédés combinés ou hybridés pour y répondre / Additive manufactured parts finishing, combined or hybrid processes

Stéphane GUERIN, Antoine GIDON, Mathieu MEGEMONT (CETIM)

La finition des pièces issues de fabrication additive est une demande en croissance. Les exigences en termes de qualité de surface et de précision sont de plus en plus fortes et les volumes de pièces à reprendre de plus en plus important. Ces données rendent la voie du parachèvement et finition manuel de plus en plus difficile à poursuivre : répétabilité insuffisante, pénibilité du process et de la difficulté à recruter du personnel. Elles ont un impact majeur sur les coûts, les délais et la qualité de la pièce.

Différentes solutions de finition sont aujourd'hui utilisées mais de nouveaux procédés comme le plasma electropolishing ou le sablage électrolytique émergent. D'autre part la combinaison de certains procédés comme le sablage et la tribofinition force centrifuge haute vitesse, le chimique et l'électrochimique ou l'hybridation tel le PEMEC (Mécano-électrochimique) et le tribosablage (sablage et tribofinition) sont très intéressantes. Ces dernières sont présentées et illustrées par leur mise en œuvre sur des cas d'étude.

Les états de surface obtenus peuvent être inférieurs à 0.1µmRa et dans des temps courts.

Ces différentes solutions par leurs avantages, différents selon les technologies auxquelles ils font appels, et par leur automatisation vont permettre de répondre aux attentes et aux besoins des industriels du secteur.

Notes :

La technologie PEMEC : Combinaison de la tribofinition et de l'électrochimie au service du polissage des pièces issues de fabrication additive / PEMEC technology : a combination of tribofinishing and electropolishing to improve the surface roughness of additively manufactured parts

Joël RECH, Florian ROY - ENISE / Ecole CENTRALE LYON

L'Ecole Centrale de Lyon-ENISE et le CETIM ont développé un nouveau procédé de polissage des pièces métalliques combinant l'action mécanique de la tribofinition avec l'action chimique de l'électropolissage. Ce nouveau procédé, dénommé PEMEC (Polissage Electro-MEcano Chimique), apporte une solution au polissage des pièces issues de fabrication additive grâce à une synergie forte entre les deux mécanismes qui permet de baisser la rugosité d'un facteur 10 en quelques minutes, tout en préservant la macro-géométrie et les arêtes des pièces à traiter.

Notes :

Les enjeux de la finition de surface sur des Aciers Maraging pour l'outillage / Surface finishing stakes for maraging steels for tooling

Laura DELCUSE ROBERT - IPC
Centre technique industriel de la plasturgie et des composites

La fusion laser sur lit de poudre (L-PBF) permet la complexification des pièces par rapport aux méthodes traditionnelles. La conception de canaux de refroidissement dans le cadre d'empreinte pour l'injection plastique est alors réalisable avec des géométries plus complexes. Cependant, la qualité de surface reste amoindrie et nécessite un traitement de surface adapté, notamment par l'emploi de pâtes abrasives. En fonction des besoins, d'autres solutions peuvent être envisagées pour améliorer la qualité de surface ainsi que l'imprécision dimensionnelle apporté par la technologie L-PBF sur les aciers Maraging.

Notes :

L'apport de la simulation multiphysique à l'industrialisation des procédés de parachèvement par addition ou enlèvement de matière de pièces issues de fabrication additive / Benefit of multiphysics simulation of surface finishing processes by addition or removal technologies of additive manufacturing part

Baptiste FEDI - Be2SIM

Les procédés de fabrication additive offrent l'opportunité de générer des designs innovants (gain de masse, suppression d'assemblage, intégration de nouvelles fonctions…) mais souvent complexes et peu conventionnels en termes de géométrie. Cependant, ces pièces issues de FA nécessite un post-traitement afin de respecter des spécifications en termes d'état de surfaces (dépoudrage, élimination d'infondus, rugosité).

La maîtrise de ces procédés spéciaux de parachèvement représente un enjeu important à la vue des pièces conçues afin de maintenir les fonctionnalités pouvant être apportées par des structures lattice (parois fines) ou encore le dimensionnel d'un conduit interne et tortueux.

La simulation numérique est un outil indispensable à cette maitrise des procédés de finition de surface par enlèvement (AFM, polissage chimique, PECM..) ou par ajout de matière (dépôt électrolytique...) afin de réduire la rugosité de surface tout en minimisant la décote mais également pour l'enlèvement de support. Dans le cas où cette dernière est inévitable, la simulation permettra un surdimensionnement précis.

Nous verrons plus particulièrement, pourquoi et dans quel cas une approche multiphysique considérant des conditions hydrodynamiques diphasiques est nécessaire afin de prédire les états de surfaces finaux dans le cas du polissage chimique via des travaux menés dans le cadre du projet Nemo (IRT M2P).

Additive manufacturing processes offer the opportunity to generate innovative designs (weight savings, reduce assembly, new functions...) but often complex and unconventional geometries. However, these FA parts require post-processing in order to comply with specifications in terms of surface finish (depowdering, elimination of non-weldings, roughness).The monitoring of these special finishing processes represents an important issue in the context of the designed parts in order to maintain the functionalities that can be brought by lattice structures (thin walls) or the dimensions of an internal and tortuous pipe.Numerical simulation is an essential tool for monitoring of surface finishing processes by removal (AFM, chemical polishing, PECM...) or by addition of material (electrolytic deposition...) in order to reduce the surface roughness while minimizing the deformation but also for remove support. When shape deformation is unavoidable, simulation can enable an accurate oversizing. We will see more particularly, why and in which case a multiphysics approach considering two-phase flow hydrodynamic model is necessary in order to predict the final surface properties in the case of chemical polishing via work carried out within the framework of the Nemo project (IRT M2P).

Notes :

Simulation de l'électropolissage comme aide à l'industrialisation / Modelling the electropolishing process as industrialisation support

Aurélien BOUCHER - SAFRAN TECH / UTINAM

Si l'élaboration de pièces par fabrication additive permet une grande liberté de conception, celles-ci présentent un état de surface plus dégradé que celui issu d'usinage conventionnel. Pour répondre à cette problématique, des procédés de parachèvement sont nécessaires, comme l'électropolissage par exemple. Ce procédé électrochimique repose sur un savoir-faire particulier, notamment dans le choix des paramètres des procédés (agitation, conditions électriques, ...). Cependant la grande complexité des géométries rencontrées nécessite des cathodages sur mesure, ce qui nécessite des essais répétés avant d'arriver à des dispositifs satisfaisants. La simulation numérique des procédés d'électropolissage, pour différentes conditions ou différents matériaux, permet non seulement de prévoir les résultats sur les pièces en termes de diminution d'épaisseur et d'abattement de rugosité, mais également de tester différents cathodages afin d'aider la conception de ces électrodes et d'accélérer le processus d'industrialisation.

Although the production of parts by additive manufacturing allows great freedom of design, these parts have a more degraded surface finish than that produced by conventional machining. To overcome this issue, finishing processes are required, such as electropolishing for example. This electrochemical process relies on specific know-how, particularly in the choice of process parameters (agitation, electrical conditions, etc.). However, the high-complexity level of the geometries encountered requires customised cathodisation, which necessitates repeated tests before reaching suitable configurations. Numerical simulation of electropolishing processes, for different conditions or different materials, allows not only to predict the results on the parts in terms of thickness and roughness reduction, but also to test different cathode configurations in order to help the design of these electrodes and to accelerate the industrialisation process.

Notes :

Application de la technique Jet N2 supercritique pour améliorer l'état de surface de l'alliage Inconel 718 obtenu par les méthodes de fabrication additive par fil laser et par fusion laser sélective / Application of Supercritical N2 Jet technique to improve surface quality of Inconel 718 alloy fabricated by Wire Laser and Selective Laser Melting Additive Manufacturing methods

Mustapha YAHIAOUI - CRITT / TJFU

L'application des procédés de parachèvement de surface est souvent nécessaire pour améliorer l'état de surface des pièces obtenues par fabrication additive (FA). En effet, il est souvent impossible d'utiliser directement les pièces de FA à cause des défauts, de différentes natures, qui caractérisent leur surface (ondulation de surface, rugosité importante, géométrie complexe, mauvaise qualité de surface, porosités). Dans cette étude une technique originale de traitement de surface par jet N2 supercritique est utilisée pour polir/nettoyer les surfaces des pièces en Inconel 718 obtenues par les méthodes de fabrication additive : fusion laser sélective (SLM) et fil laser (WLAM). Le principe de cette technique consiste à projeter à très grande vitesse un jet d'azote chargé de particules abrasives sur la surface du matériau à traiter. Ce travail présente une étude de l'influence des principaux paramètres du procédé Jet N2 (pression de consigne, distance de tir et vitesse d'avance de l'outil) et de la granulométrie des particules abrasives (grenat) sur l'évolution de l'état de surface, la quantité de matière enlevée et la rugosité. Cette étude a montré que l'application de la méthode jet N2 supercritique permet d'améliorer l'état de surface des pièces inconel 718 de FA par la réduction de la rugosité et la suppression des ondulations des surfaces traitées. Nous avons également montré qu'un traitement Jet N2 multi-passes permet d'améliorer l'état de surface des pièces FA.

Mots clés : Fabrication additive, la technique Jet N2 supercritique, Inconel 718, parachèvement

The application of surface finishing processes is often necessary to improve the surface finish (the surface quality) of additive manufacturing (AM) parts. Indeed, it is often impossible to use directly the AM parts because of the defects, of various natures, which characterize their surface (wavy surfaces, roughness, complex geometry, poor surface quality, porosities). In this study, an original surface treatment technique using supercritical N2 jet is used to polish/clean the surfaces of Inconel 718 parts obtained by Selective Laser Melting (SLM) and Wire Laser (WLAM) additive manufacturing methods. The principle of the N2 jet technique is based on the projection of particles-laden Supercritical Nitrogen Jet at very high speed onto the surface of the material to be treated. This work presents a study of the parameters' influences of the N2 jet method (jet pressure, standoff distance, torch velocity and the abrasive size) on roughness and surface finishing evolutions. The obtained results showed the potential of the N2 jet technique for improving the surface quality of additively manufactured Inconel 718 by reducing the surface roughness and removing surface defects. We also showed that the treatment with several passes allows to improve the surface finish.

Key words: Additive Manufacturing, N2 Jet technique, Inconel 718, Surface finishing

Notes :.....

.....

.....

Fonctionnalisation de surface d'équipements en Inconel 625 élaborés par fabrication additive / Surface functionalization of Inconel 625 equipment produced by additive manufacturing

Leo PORTEBOIS - EEIGM / IJL

L'élaboration par fabrication additive permet de produire des pièces de géométrie complexe pouvant comporter des volumes internes difficilement accessibles. Or, de nombreuses applications nécessitent une modification des états de surfaces afin d'assurer la fonctionnalité des équipements, et le traitement des surfaces internes constitue fréquemment un enjeu majeur et parfois limitant.

Le présent exposé propose un retour d'expérience sur les travaux menés par l'Institut Jean Lamour en lien avec la fonctionnalisation de surface d'équipements en Inconel 625 fabriqués par fusion de lits de poudre (LBM) dans le cadre du projet collaboratif FAIR (Fabrication Additive pour Intensification de Réacteurs). Porté par Air Liquide et impliquant différents partenaires académiques et industriels (Auer, Adisseo, Poly-shape, IRCER, IJL, LRGP, CIRIMAT), ce projet visait à proposer des équipements intensifiés compacts pour différents secteurs de l'industrie (chimie, automobile, aéronautique, …).

Les développements ayant permis in fine d'aboutir à un procédé innovant mettant en jeu une suspension et permettant de revêtir en une étape plusieurs milliers de canaux internes par un revêtement protecteur alumino-formeur β-NiAl seront décrits.

L'exposé ouvrira au final sur des solutions technologiques novatrices développées par l'université de Lorraine (IJL, EEIGM_Halle des Matériaux) en lien avec la protection contre la corrosion, l'accroissement de la conductivité, ou le lissage de surfaces élaborées par fabrication additive

Development by additive manufacturing makes it possible to produce parts with complex geometry that may include internal volumes that are difficult to access. However, many applications require a modification of the surface conditions in order to ensure the functionality of the equipment, and the treatment of the internal surfaces frequently constitutes a major and sometimes limiting issue.

This presentation provides feedback on the work carried out by the Jean Lamour Institute in connection with the surface functionalization of Inconel 625 equipment manufactured by powder bed fusion (LBM) as part of the FAIR collaborative project (Additive Manufacturing for Intensification of Reactors). Led by Air Liquide and involving various academic and industrial partners (Auer, Adisseo, Poly-shape, IRCER, IJL, LRGP, CIRIMAT), this project aimed to offer compact intensified equipment for various industrial sectors (chemicals, automotive, aeronautics, etc.).

The developments that ultimately led to an innovative process involving a suspension and making it possible to coat several thousand internal channels in one step with a protective alumino-forming β-NiAl coating will be described.

The presentation will finally open on innovative technological solutions developed by the University of Lorraine (IJL, EEIGM_Halle des Matériaux) in connection with the protection against corrosion, the increase in conductivity, or the smoothing of surfaces produced by additive manufacturing.

Notes :

Caractérisation de propriétés et effets du traitement thermique sur des pièces 3D Al-1050 produites par la Fabrication Additive par Projection à Froid / Characterization of properties and effects of heat treatment on 3D Al-1050 parts produced by Cold Spray Additive Manufacturing

Mohamed SOKORE - UTBM

Révélée comme un procédé de fonctionnalisation et de réparation de surface, et grâce à sa capacité à former un dépôt à l'état solide sans fusion avec une efficacité de dépôt très élevée, la projection à froid a également été explorée comme un procédé de fabrication additive fiable. Cependant, certains défauts (micropores, frontières inter-particulaires) peuvent limiter les performances mécaniques des pièces projetées à froid lors du dépôt à des vitesses d'impact plus faibles. Comme solutions, des méthodes de post-projection telles que le traitement thermique ou la compression isostatique à chaud sont proposées pour réduire ces défauts et optimiser les propriétés des dépôts. Cet article examine les propriétés (résistance mécanique, microstructure, porosité et microdurété) de pièces 3D Al-1050 produites par projection à froid, étudie l'effet du traitement thermique et vise également à trouver les conditions optimales de traitement thermique qui permettront d'optimiser les propriétés.

Mots-clés : Fabrication Additive par projection à Froid, caractérisation de propriétés, traitements thermiques, aluminium.

Revealed as a process for surface functionalization and repair, and due to its ability to form a solid state deposit without melting with very high deposition efficiency, cold spray has also been explored as a reliable additive manufacturing process. However, some defects (micropores, inter-particle boundaries) can limit the mechanical performance of cold sprayed parts when deposited at lower impact speeds. As solutions, post-projection methods such as heat treatment or hot isostatic pressing are proposed to reduce these defects and optimize the properties of the deposits. This paper examines the properties (mechanical strength, microstructure, porosity and microhardness) of 3D Al-1050 parts produced by cold spraying, investigates the effect of heat treatment and also aims to find the optimal heat treatment conditions that will optimize the properties.

Keywords: Additive Manufacturing by cold spraying, properties characterization, heat treatments, aluminium.

Notes :

NOTES

A3TS

Découvrez nos formations 2023

Avec un catalogue de 58 formations réparties sur 4 domaines de compétences, vous êtes entre de bonnes mains !

Rendez-vous sur www.a3ts.org

Qualiopi
processus certifié
RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

Association de Traitement Thermique
et de Traitement de Surface

71 rue La Fayette – 75009 PARIS
Tél. : +33 (1) 45 26 22 35
www.a3ts.org – Email : a3ts@a3ts.org