



VERDER SCIENTIFIC



Matérialographie

info@atm-m.com
www.atm-m.fr

Essais de dureté

office@qness.com
www.qness.com

Fours & Etuves

info@carbolite-gero.com
www.carbolite-gero.fr

Analyseurs Elémentaires

info@eltra.com
www.eltra.com

Broyeurs & Tamiseuses

info@retsch.com
www.retsch.fr

Analyses de particules

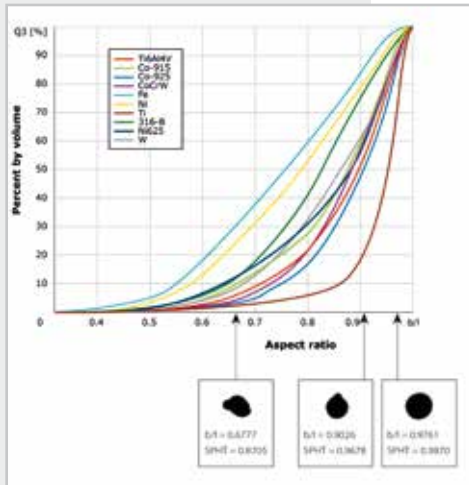
technology@retsch.com
www.retsch-technology.fr

Garantir une haute qualité dans le processus de fabrication additive

La fabrication additive et le moulage par injection de poudre offrent un grand potentiel, mais pour s'assurer que la qualité et le coût des pièces fabriquées sont adéquats, il est non seulement nécessaire de contrôler le processus de production réel, mais aussi les étapes précédentes et suivantes.

Le grand potentiel de la fabrication additive (FA) réside dans la possibilité de produire des composants fonctionnels directement à partir de données CAO sans aucun outil. Ainsi, le développement de prototypes est accéléré et devient plus rentable. La complexité des pièces est pratiquement illimitée. Cette technologie peut même être utilisée au sens de l'industrie 4.0 pour des lots de petites quantités mais aussi, dans le cas de la rétroingénierie, pour fabriquer à un coût raisonnable des pièces de rechange pour de vieilles machines. Pour la production en série, cependant, la FA n'est guère adaptée et nettement inférieur au moulage par injection de poudre lorsqu'il s'agit de métal.

Il ne faut pas commettre l'erreur de considérer la fabrication additive et le moulage par injection de poudre comme des procédés isolés. Les deux imposent des **exigences élevées des matières premières et du traitement ultérieur**. Grâce aux poudres métalliques coûteuses, le recyclage est également un facteur important dans le calcul des coûts.



Analyse de la forme des particules de 10 poudres métalliques différentes avec l'analyse dynamique d'images (CAMSIZER X2). Même les plus petits pourcentages de particules de forme irrégulière sont détectés de manière fiable.

Priorité à la qualité des particules

Les poudres métalliques utilisées pour la fabrication additive doivent être constituées de particules parfaitement sphériques, de préférence de taille identique avec une moyenne comprise entre 10 et 50 microns. Les particules requises pour le moulage par injection métallique (MIM) doivent également être sphériques, mais ne pas dépasser 10 microns de diamètre. **Des particules trop grosses ou irrégulières causeront très probablement des défauts dans les pièces finis.** Par conséquent, la matière première doit être préparée et analysée avec le plus grand soin.

La méthode la plus simple pour l'analyse des particules est le tamisage mécanique, mais elle ne convient pas ici, car le maillage utilisable le plus petit est de 20 microns. La diffraction laser est mieux adaptée à la mesure des poudres métalliques fines. Elle est facile à exécuter et donne des résultats rapides. La distribution granulométrique est calculée par un logiciel qui évalue toutes les particules comme étant sphériques.

Il existe deux méthodes pour analyser simultanément la taille et la forme des particules : l'analyse statique et l'analyse dynamique des images. En raison de la nature statique de la première méthode, il n'est possible d'évaluer que des volumes d'échantillons relativement faibles avec cette méthode. Avec l'analyse dynamique des images, les particules passent devant une caméra, transportées par un jet d'air ou un liquide. De cette façon, des centaines de milliers à des millions de particules sont automatiquement analysées et fournissent ainsi une image fidèle de la qualité de l'échantillon.

Le CAMSIZER X2 de RETSCH Technology utilise l'analyse dynamique d'images pour une analyse rapide et précise des particules de poudres métalliques avec une excellente répétabilité. De plus, l'utilisateur dispose d'une mine de données sur les matériaux, ce qui lui permet d'acquérir une connaissance plus approfondie de la qualité de la poudre. Le système fonctionne avec deux caméras ayant des grossissements différents, couvrant ainsi une large plage de mesure de 0,8 µm à 8 mm.

Un grand avantage de l'analyse dynamique d'images est la possibilité de mesurer simultanément la taille et la forme des particules (pourcentage de particules rondes/irrégulières, satellites, agglomérats, etc.). Même les plus petits pourcentages (~0,01%) de grains surdimensionnés ou sous-dimensionnés ou de particules irrégulières sont détectés par le système en 1 à 3 minutes, ce qui permet un contrôle qualité continu.

La pureté des poudres métalliques est essentielle

L'énergie requise par la FA pour faire fondre une poudre métallique dépend non seulement de la taille des particules, mais aussi de la chimie de la poudre. Avec l'augmentation de la teneur en carbone, par exemple dans l'acier (0,002 % - 2,06 %), la dureté et la fragilité augmentent également lorsque le point de fusion baisse. Le soufre améliore l'usinabilité de l'acier mais réduit sa ductilité. L'azote libre est localisé le long des limites du grain et influence la ductilité. L'oxygène rend l'acier fragile et l'hydrogène réduit la stabilité mécanique.

Pour analyser la pureté avec l'analyseur **ELEMENTRAC ONH-p** d'ELTRA, un échantillon métallique est fondu et l'**oxygène**, l'**azote** et l'**hydrogène** contenus sont libérés. L'oxygène se transforme en CO et s'oxyde en CO₂. La teneur en oxygène est détectée dans une cellule IR tandis que les concentrations d'azote et d'hydrogène sont mesurées dans une cellule de conductivité thermique.

La cellule de conductivité thermique est basée sur une puce micromécanique en silicium couplée à une membrane. Si la conductivité thermique du gaz change, la puissance de chauffage nécessaire pour chauffer la membrane change également. Ceci est indiqué par un signal de mesure. Cette méthode est robuste et garantit des résultats de mesure stables sur une large plage de concentration.

Dans le four à induction, l'échantillon est fondu dans une atmosphère d'oxygène pur ; les gaz de combustion sont purifiés et le dioxyde de soufre est détecté dans les cellules de mesure infrarouge. Après oxydation du CO en CO₂ et du dioxyde de soufre en trioxyde de soufre, le gaz SO₃ est éliminé et la teneur en carbone est détectée de manière fiable dans les cellules IR.



Analyseur Carbone / Soufre
ELEMENTRAC CS-i

CARBOLITE®
GERO 30-3000°C



Vue dans le moufle métallique du GPCMA/174 avec l'échantillon fabriqué qui doit être fritté

Le traitement thermique est essentiel

Si la qualité de la matière première est bonne, les composants métalliques peuvent être fabriqués de deux façons : directement ou indirectement. Dans le procédé direct, un faisceau laser fait fondre une couche de poudre métallique (alliage de titane Ti6Al4V, acier inoxydable, etc.) qui peut être aussi mince que 20 microns. L'apport d'énergie élevé et les gradients de température sous le bain de fusion génèrent des contraintes résiduelles élevées dans la pièce fabriquée.

Pour soulager ces contraintes, un traitement thermique avec contrôle précis de la température est effectué. En raison de l'impact négatif de l'oxygène, cette étape du processus se déroule sous azote ou, dans le cas du titane, sous argon. Avec le **four à chambre à atmosphère modifiée GPCMA** et le **four sous vide HTK**, CARBOLITE GERO propose des solutions parfaitement adaptées à cette application.

Pour la FA indirecte, tout comme pour le moulage par injection de poudre avec des métaux ou des céramiques, la poudre de départ est mélangée avec un liant et une Pièce Verte (Green Part) est formée. Dans l'étape suivante, le liant est éliminé thermiquement, catalytiquement ou à l'aide de solvants. Maintenant, la poudre n'est plus maintenue que par un liant d'ossature, ce qui rend la pièce très sensible. Le reste du liant est ensuite éliminé thermiquement sous vide, sous air ou gaz inerte et la pièce est frittée dans le même four sous l'atmosphère spécifique requise. **La possibilité de travailler sous gaz inerte ou réactif, sous vide poussé ou même sous vide très poussé permet de fritter des matériaux très sensibles.**

Retsch®
MILLING SIEVING ASSISTING



La tamiseuse vibrante AS 200 basic convient pour la séparation des poudres métalliques en fractions

Recyclage des résidus de valeur

En raison du fonctionnement de l'impression 3D avec des poudres métalliques, une quantité considérable de poudre excédentaire est laissée après le processus d'impression ; celle-ci est en partie agglomérée, mais les parties les plus fines sont utilisables pour d'autres impressions. Pour ce faire, **l'excédent de matière est séparé en fractions à l'aide de tamiseuses vibrantes telles que l'AS 200 basic de RETSCH**, pour être réintroduit dans le processus de production.

Lorsque, lors du moulage par injection de poudre, le liant est retiré de la pièce et fritté, il peut en résulter un produit intermédiaire aux propriétés non souhaitées. Ces pièces défectueuses sont broyées, par exemple avec le concasseur à mâchoires BB 500 de RETSCH, pour récupérer la matière première et la réutiliser.

ATM
ADVANCED MATERIALOGRAPHY



Machine de tronçonnage
Brillant 220

Détection fiable des défauts

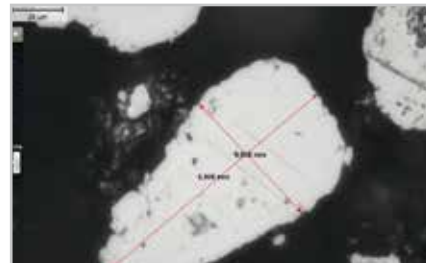
Malgré une analyse et une préparation méticuleuse de la poudre métallique, les pièces fabriquées peuvent être défectueuses. Les pièces produites par le soudage par accumulation additive de poudre au laser, par exemple, sont constituées de cordons de soudure qui se chevauchent ; chaque cycle de soudage influence la microstructure de la couche inférieure en réduisant la dureté et, dans certains cas, cela peut provoquer des fissures.

Pour **détecter d'éventuels défauts**, la pièce doit d'abord être découpée. Ensuite, l'échantillon est enrobé avec une enrobeuse à chaud comme l'Opal X-Press d'ATM avec de l'Epo noir, et, dans une étape suivante, il est poli. Après une attaque électrolytique ultérieure, **la microstructure de l'échantillon est clairement perceptible.**



Pour l'étape du **test de microdureté** et de l'évaluation optique, Qness propose la série des **duromètres Q10/30/60**. Les poudres <0,1 mm ne nécessitent que de faibles forces d'essai et de petites diagonales d'empreinte, ce qui fait de Vickers la seule méthode appropriée.

Taille d'une particule d'aluminium, mesurée avec le logiciel d'essai de dureté (40x lentille)



Conclusion

On peut en conclure que la fabrication additive, ainsi que le moulage par injection de poudre, offrent un grand potentiel si les matières premières utilisées sont de qualité optimale. Mais le processus doit être surveillé en permanence et les pièces finies doivent être examinées minutieusement afin de déterminer les paramètres pertinents pour un processus de production de haute qualité et rentable. Les fabricants de la Division Scientific de Verder, présentés dans cet article, proposent des solutions fiables et conviviales pour ces besoins.

Pour en savoir plus:

www.verder-scientific.fr