Analyse des défauts dans les pièces moulées

28 novembre 2014, 01:00

Kurt Beghyn

La détection des porosités dans les objets moulés, en vue de l'analyse, est nécessaire dans beaucoup de cas, parce que la présence de ces défauts a une incidence sur la solidité des pièces. La première partie de cet exposé, structuré en deux volets, présente les différentes possibilités techniques de détection et examine plus en détail la micrographie et la radiographie.

A l'heure actuelle, il existe différentes techniques pour contrôler les moulages en vue de détecter la présence éventuelle de défauts internes. La plupart de ces objets n'étant pas transparents, la méthode du contrôle visuel ne saurait entrer en ligne de compte. La comparaison des différentes techniques disponibles concerne les pièces moulées. Parmi ces techniques, trois sont décrites de manière plus détaillée : la micrographie, la radiologie et la tomographie. Les deux articles de cette série sont dédiés de manière spécifique aux pièces moulées sous haute pression, pour la raison que plusieurs publications récentes sont disponibles à ce sujet. La plupart des techniques sont utilisables également pour des objets fabriqués dans d'autres matériaux, pour autant que l'on tienne compte des caractéristiques et limitations typiques selon le cas.

Les techniques usuelles mises en oeuvre pour déceler les cavités sont comparées dans le tableau ci-dessous. Une différence est faite entre les microporosités et les macrocavités. La colonne 'Korrelation' ('corrélation') indique s'il est possible, avec la technique concernée, d'établir une relation entre les dimensions du défaut, par exemple 'visible', et les propriétés mécaniques (modifiées dans le sens d'une détérioration résultant de la présence des défauts). Une différence est faite pour indiquer si la méthode donne une possibilité d'analyse portant sur l'objet dans son ensemble ('Volumen'), sur les différentes parties de l'objet ('Bereiche') et sur les surfaces ('Oberfläche').



(Cliquez pour agrandir)
(Source : Wendt et al. 2002)

Il convient de signaler que le tableau fait l'impasse sur un aspect important, à savoir la reproductibilité de la technique d'analyse. Chaque méthode d'essai appliquée par des personnes différentes, ou répétée avec un autre appareillage, doit normalement conduire au même résultat. Or, le tableau mentionne quelques techniques dont le résultat ne se traduit pas sous la forme de 'données objectivées' ('hard-copy'), mais se base sur une évaluation plus ou moins subjective, ce qui laisse planer un doute sur la reproductibilité. Par exemple, le contrôle visuel (voir les précédents articles Techniline à ce sujet) ou les techniques par ultrason et courants de Foucault.

Micrographie

La micrographie consiste à prendre une coupe de l'objet, pour l'examiner au microscope. En présence de défauts, on peut alors en analyser la structure dans leur contexte. Hairy (2007, partie 1) a appliqué cette technique sur les défauts internes dans les pièces moulées sous haute pression, fabriquées en aluminium. La plupart de ces pièces sont destinées à la production de voitures automobiles. (90 pour cent).

La figure ci-dessous à gauche montre un exemple. Pour pouvoir quantifier et analyser le défaut de manière objective, il est nécessaire de numériser l'image et traiter les données par analyse d'image. La figure ci-dessous à droite montre le résultat. Chaque cavité sélectionnée est reproduite dans une couleur distincte.



(Source : Hairy 2007, partie 1)

En sélectionnant deux facteurs de forme adéquats ('tortuosity' et 'aspect ratio'), on peut distinguer trois types de défauts internes (voir la figure ci-dessous). Cette différence disparaît lorsque les dimensions des défauts ne franchissent pas un certain seuil (< 50 µm). Une source d'erreur potentielle est introduite lors de la transformation de la photo en données numériques, parce qu'il faut saisir une valeur de gris (0 – 255), c'est-à-dire un paramètre subjectif, pour faire la différence entre le matériau intact et le défaut dans le matériau. Etant donné que les coupes métallographiques donnent en général des images riches en contraste, il s'agit d'un problème limité, dans le cas de cette technique.



(Source : Hairy 2007, partie 1)

Il faut signaler que les dimensions du défaut peuvent être influencées dans une large mesure par l'endroit de la coupe. Ce phénomène est illustré ci-dessous : la distance qui sépare la coupe, photo à gauche, et la représentation de la même pièce moulée, à droite, ne mesure que 0,1 mm, mais l'intensité du défaut présente une différence considérable.



(Source : Hairy 2007, partie 2, figure A)

Il reste la question de savoir s'il est possible, sur la base des porosités mesurées par analyse d'image sur une micrographie, de calculer la valeur volumétrique totale de la porosité. Hairy et son équipe ont étudié cet aspect au moyen des techniques de simulation, pour aboutir à la conclusion que la marge d'erreur est de ± 30 pour cent, si l'on se base sur une coupe. Une telle marge d'erreur signifie que l'on peut uniquement évaluer l'ordre de grandeur des défauts volumétriques réels.

Schindelbacher (1993) a fait appel à la micrographie pour quantifier l'incidence de la porosité sur les propriétés mécaniques d'un alliage d'aluminium. Après l'essai de traction, des coupes ont été réalisées dans la zone de rupture, 25 dans le sens de la longueur et 15 dans le sens transversal, en vue d'une analyse systématique de chacun des échantillons. Face à l'ampleur du travail à réaliser, l'auteur a été contraint de se limiter à définir six classes de porosité pour établir la relation, d'une part, entre les propriétés mécaniques (résistance à la traction R_m, limite d'élasticité $R_{p0,2}$, allongement avant la rupture et résistance à la fatigue) et, d'autre part, la porosité. Il s'est toutefois avéré possible de mettre en graphe les propriétés statiques en fonction du 'paramètre morphologie de la porosité' P_m



dans lequel S_{max} est la dimension maximale d'une cavité et NA le nombre de cavités par unité de surface (voir la figure ci-dessous).



(Source : Schindelbacher, 1993)

Radiographie et radioscopie

La radiographie consiste à exposer un objet sous rayons X, le résultat est reproduit sur un film. S'agissant de la radioscopie, le film est remplacé par un détecteur qui présente le résultat sur un moniteur (voir la figure ci-dessous). Dans les deux cas, on obtient une image plus ou moins floue des défauts internes, la radiographie donnant toutefois des images plus nettes que celles obtenues par radioscopie. La radiographie présente l'avantage qu'il existe des normes pour certains matériaux, avec des images de référence, mais pas pour la radioscopie.



(Source : Hairy 2007, partie 2)

Pour pouvoir objectiver le défaut, il est également nécessaire, avec cette technique de détection, de numériser les images. Mais la définition (par un opérateur humain) de la valeur-seuil a une incidence bien plus grande encore sur le résultat. La figure ci-dessous montre, à gauche, l'image radioscopique d'origine. L'image juste à côté représente le contraste accentué avec le logiciel Adobe Photoshop. A droite, les deux mêmes images, mais cette fois la valeur-seuil pour les nuances de gris est légèrement différente. Dans la photo couleur de gauche, on a appliqué une valeur-seuil de 183, dans la photo couleur à droite cette valeur est 185 (sur une échelle 0-255). Pourtant, malgré cette différence minime entre les deux valeurs-seuil, on obtient un taux de porosité égal à, respectivement, 10,5% (à gauche) et 15,7 % (à droite).



(Source : Hairy 2007, partie 2)

Etant donné que la radiographie et la radioscopie montrent en superposition des défauts présents à des surfaces différentes, on ne peut pas s'attendre à obtenir une relation précise avec les défauts présents au niveau d'une seule surface (micrographie). De plus, les microcavités les plus ténues ne sont pas (toujours) visibles sur une image radio. Par exemple, les défauts représentés en rouge dans la figure A ne sont pas visibles dans les images radio. On peut en conclure qu'il ne faut pas s'attendre à des corrélations précises entre les défauts mis en évidence par des images radio et l'incidence de ces défauts sur les propriétés mécaniques de la pièce concernée.

La seconde partie de cette série sur la détection et l'analyse des défauts est dédiée à la technique de la tomographie. L'important est de savoir s'il existe une relation mesurable entre les dimensions des défauts mis en évidence par cette technique et les propriétés mécaniques de la pièce.

Sources

- Hairy P., "Quantification of defects in pressure die casting (part one) Analysis on micrograph and fractal dimension of shrinkage cavities" Fonderie 2007 nr. 265 Mai pp. 12-25.
- Hairy P., Granereau F., Menard R., "Quantification of defects in pressure die casting (part II) Analysis by radioscopy" Fonderie 2007 nr. 267 Aug. pp. 11-23.
- Schindelbacher G., "Einfluß unterschiedlicher Porosität auf die mechanischen Eigenschaften der Legierung GD-AlSi9Cu3" Giesserei-Praxis 1993 nr. 19 pp. 381-392.
- Wendt H., Sülflow F., Eisenberg S., „Methoden zur Porositätsprüfung an Gußteilen – Beurteilung unterschiedlicher Verfahren" Giesserei vol. 89 2002 nr. 9 pp. 46-50

Auteurs



Kurt Beghyn