

Taille de grain : différenciation des joints inter et intra-grains par traitement d'image

Christophe Gratin et Gervais Gauthier

ADCIS S.A., Saint-Contest (France)

Présentation du problème

Les métallographes ont depuis longtemps fait appel à l'analyse d'image pour caractériser la structure de matériaux métalliques. L'un des paramètres le plus couramment estimé est la taille de grain moyen. La mesure de ce paramètre est normalisée (norme E-112 et ses dérivées). Plusieurs méthodes permettent d'obtenir la taille du grain moyen (à partir de la distribution de taille, à partir du dénombrement des intercepts) mais, quelle que soit la méthode, la mesure est biaisée lorsque la structure métallique analysée comporte des joints intra-granulaires. En effet, ces joints, révélés comme les joints inter-granulaires par attaque chimique ou électrochimique lors de la préparation de l'échantillon, ne doivent pas être pris en compte sinon la taille des grains risque d'être sous-estimée. Une méthode a été mise au point pour supprimer ces joints par traitement d'image. Cette méthode a été appliquée à des images métallographiques et les mesures de taille de grain moyen avant et après correction ont été comparées.

Description de la méthode

Les images métallographiques pour la mesure de la taille de grain présentent généralement un bon contraste entre les grains (clairs) et les joints de grains révélés (foncés). Un seuillage permet ainsi de mettre en évidence les joints de grain révélés, mais d'autres structures sont également extraites par seuillage : rayures de polissage, précipités de carbure, nodules (phase σ), etc. De plus, tous les joints ne sont pas révélés lors de la préparation de l'échantillon, ainsi certains joints extraits par seuillage sont incomplets et d'autres sont manquants. Après avoir supprimé de la détection toutes les structures qui n'appartiennent pas aux joints et après avoir reconstruit les joints incomplets par traitement d'image, nous obtenons une image des joints, comprenant les joints inter et intra-granulaires. Les joints intra-granulaires ont pour particularité d'être rectilignes. Nous avons donc associé à chaque joint un indice de rectilinéarité. Cet indice ne permet cependant pas de discriminer les joints inter et intra-granulaires, car les joints inter-granulaires peuvent également être rectilignes. Une seconde notion a donc été utilisée : les grains sont plutôt convexes. Ainsi, la suppression d'un joint intra-granulaire affecte peu l'indice de concavité du grain tandis que la suppression d'un joint inter-granulaire augmente l'indice de concavité. Un filtrage des joints de grain sur un indice combinant l'indice de rectilinéarité et la variation de concavité a permis de ne conserver que les joints inter-granulaires.

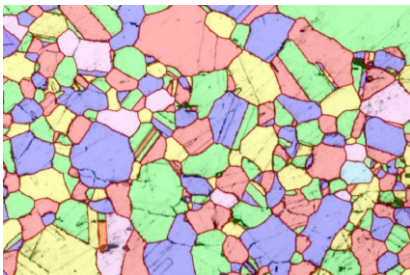


Fig. 1 : segmentation d'un échantillon métallographique

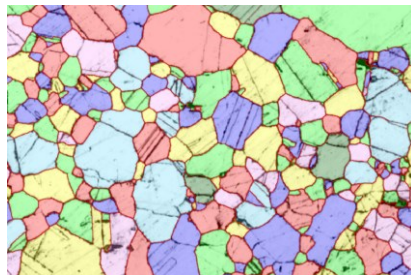


Fig. 2 : grains détectés après suppression des joints de grain ayant une valeur d'indice inférieure à 40

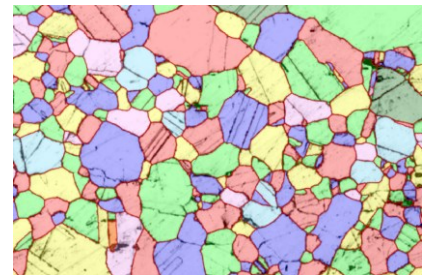


Fig. 3 : grains détectés après suppression des joints de grain ayant une valeur d'indice inférieure à 80

Conclusion

Les joints de grain détectés par traitement d'image sur les micrographies comprennent deux catégories de joints : les joints inter-granulaires, qui séparent les grains, et les joints intra-granulaires, qui correspondent à des désorientations cristallographiques internes aux grains. La prise en compte des joints intra-granulaires dans la mesure de la taille de grain moyen et/ou la distribution de taille des grains génère un biais. L'élimination automatique de joints intra-granulaires par la méthode présentée a permis d'obtenir une segmentation des grains conforme à la structure réelle des échantillons métallographiques analysés. Dans les cas les plus critiques, quelques rares faux joints n'ont pas été éliminés ; un outil de sélection manuelle de ces faux joints a permis de corriger rapidement la segmentation.

Cette méthode permet ainsi d'obtenir une mesure non biaisée de la taille de grain tout en limitant drastiquement voire en éliminant l'édition manuelle de la segmentation des grains.