

MODÈLE MORPHOLOGIQUE D'UNE CÉRAMIQUE POREUSE : CONSTRUCTION ET IDENTIFICATION PAR IMAGERIE 2D ET 3D

L. MOUTIN^a, C. DUGUAY^a, L. FAYETTE^a, A. KING^b, R. MASSON^a, M. BORNERT^c

^a DES, IRESNE, DEC, CEA-Cadarache, renaud.masson@cea.fr

^b Ligne de lumière Psiché, Synchrotron Soleil, andrew.king@synchrotron-soleil.fr

^c Laboratoire Navier, ENPC/IPP, Univ. G. Eiffel, CNRS UMR 8205, michel.bornert@enpc.fr

Mots clés : conductivité thermique, microfissures intergranulaires, homogénéisation, tomographie

La conductivité thermique effective des matériaux est très sensible à la présence de microfissures qui forment des barrières thermiques. Les modèles classiques en rendent compte de manière satisfaisante lorsque les fissures réparties aléatoirement sont en interaction faible. Les réseaux complexes de microfissures plus ou moins connectées sont toutefois plus délicats à appréhender et les travaux présentés concernent la situation spécifique de fissures situées aux joints d'un matériau granulaire. Un modèle microstructural simple [1] a été proposé pour prendre en compte les caractères dominants d'une telle situation. Le réseau de fissures est construit par l'intersections d'une tessellation de Voronoï représentant les joints de grains avec un modèle booléen de sphères superposées, délimitant la localisation des fissures en ces joints. Un intérêt fort du modèle est qu'il n'utilise que deux paramètres morphologiques adimensionnels : le rapport de la taille de grains à celles des sphères et la proportion d'interfaces fissurées. Les conductivités effectives de tels réseaux virtuels de pores peuvent être systématiquement calculée numériquement, notamment via les méthodes par FFT exploitant les images virtuelles, 2D ou 3D, ainsi construites. Une expression analytique simplifiée calée sur quelques calculs permet de rendre compte des tendances dominantes pour une vaste gamme de propriétés. L'enjeu reste toutefois d'ajuster le modèle morphologique proposé aux microstructures réelles et de s'assurer de sa pertinence. Ses deux paramètres ont été ajustés [2] de manière à reproduire au mieux certaines propriétés morphologiques, notamment les distributions des longueurs d'intercepts, des longueurs géodésique des fissures, des longueurs des segments individuels et la granulométrie de Matheron. Ces quantités sont obtenues à partir d'images optiques 2D, filtrées de manière appropriée pour extraire les principales barrières thermiques aux interfaces de grains, sans détails ni lissages excessifs. Les modèles obtenus ont été validés par une comparaison détaillée des propriétés thermiques calculées sur des coupes 2D de matériaux réels et sur des coupes à travers les modèles 3D, non seulement en termes de propriétés effectives mais aussi de statistiques de champs locaux : fonction de distribution, fonctions de corrélation à deux points, taille et organisation spatiale des zones de faible flux thermique. Ce processus d'identification et de validation a été étendu à des images 3D obtenues par microtomographie X synchrotron [3] pour compléter l'analyse surfacique.

Références

- [1] J. Meynard et al. Effective properties of an isotropic solid weakened by micro-cracks located at inter-granular boundaries, *J. Mech. Phys. Solids*, 158 (2022) 104647
- [2] L. Moutin et al. Realistic morphological models of weakly to strongly branched pore networks for the computation of effective properties, *Int. J. Solids Struct.*, 158 (2023) 112249
- [3] L. Moutin et al. Morphological models of networks of inter-granules micro-cracks : identification and validation based on 2D and 3D imaging, *Continuum Models and Discrete Systems*, (2024) Springer Proc. Math. Stat.