

Modélisation de la microfissuration dans les matériaux fortement hétérogènes par la méthode Phase Field

J. Yvonnet^a, D. Da^a, L. Xia^b, N. Nguyen^a

a. Université Paris-Est, Laboratoire MSME, 5 Boulevard Descartes, 77454 Marne-la-Vallée Cedex 2, France ;
julien.yvonnet@univ-paris-est.fr

b. State Key Laboratory of Digital Manufacturing Equipment and Technology, Huazhong University of Science and Technology, Wuhan, China; xialiang@hust.edu.cn

MOTS CLES : Optimisation topologique ; Méthode de champs de phase ; Rupture quasi-fragile ; Matériaux hétérogènes

RESUME

Dans une première partie, nous présentons un cadre multi-échelle [1] pour modéliser l'endommagement dans les matériaux fortement hétérogènes. L'approche utilise des pré-calculs incluant l'initiation jusqu'à la coalescence de microfissures dans des microstructures pouvant être ordonnées comme dans les matériaux « architecturés » obtenus par fabrication additive. A une échelle macroscopique où le matériau est modélisé comme homogène, un modèle phase field [2] anisotrope est identifié par une approche inverse utilisant les calculs sur les microstructures hétérogènes. Les modèles macro ainsi construits peuvent alors être utilisés sur d'autres configurations de structures à des coûts de calculs beaucoup plus faible que par une description complète de toutes les hétérogénéités.

Dans une deuxième partie, nous présentons une méthodologie basée sur l'optimisation topologique de microstructures bi-phasiques en vue d'optimiser la résistance à la rupture de la structure associée [3,4]. La méthode de champs de phase pour la rupture est utilisée pour modéliser l'initiation, la propagation et la coalescence des microfissures jusqu'à la rupture complète de la structure, incluant également la décohésion aux interfaces. Le problème d'optimisation est résolu par la méthode BESO (Bi-directional Evolutionary Structural optimization). Le calcul de sensibilité prend en compte pour la première fois tout le processus d'endommagement, depuis l'initiation jusqu'à la coalescence des microfissures en macro fissures. Nous montrons au travers de plusieurs exemples que la résistance à la rupture et l'énergie dissipée associée peuvent être fortement augmentées (jusqu'à 120% dans certaines configurations), ouvrant la voie à la conception de nouveaux matériaux composites bi-phasiques pouvant être réalisés par fabrication additive.

REFERENCES

[1] N. Nguyen, J. Yvonnet, J. Rethoré, A.B. Tran, Identification of fracture models based on phase field for crack propagation in heterogeneous lattices in a non-separated multiscale context, Computational Mechanics, 2018, accepted.

- [2] G. A. Francfort, J. J. Marigo, Revisiting brittle fracture as an energy minimization problem, *Journal of the Mechanics and Physics of Solids* 46 (8) (1998) 1319–1342
- [3] L. Xia, D. Da, J. Yvonnet, Topology optimization for maximizing the fracture resistance of quasi-brittle composites, *Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering*, 332:234-254, 2018.
- [4] D. Da, J. Yvonnet, L. Xia, G. Li, Topology optimization of particle-matrix composites for optimal, fracture resistance taking into account interfacial damage, *International Journal for Numerical Methods in Engineering*, 115(5):604-626, 2018.