Modèle de champ de phase de la propagation de la fracture

Hervé HENRY[1]

Physique de la Matière Condensée, Ecole Polytechnique, CNRS, 91128 PALAISEAU
herve.henry@polytechnique.edu

La propagation de la rupture fragile[1] est la croissance d'une surface de rupture dans un matériau élastique. Du fait des lois de l'élasticité il apparaît à la pointe de la fissure une singularité dans le champ des contraintes qui est caractérisé par trois grandeurs caractérisiques : les facteurs d'intensité des contraintes (SIFs). La présence de cette singularité implique qu'au voisinage de la pointe de la fracture le matériau est fortement déformé, ce qui implique que dans un voisinage de la pointe (la *process zone*), les lois usuelles de l'élasticité ne sont plus valables. En particulier c'est dans cette région qu'ont lieu les *ruptures* des liaisons inter-atomiques qui induisent l'avancée de la fracture.

La théorie usuelle de la fracture[2], considère que l'avancée de la fracture est gouvernée par les SIFs et que les phénomènes de rupture sont concentés en un point au bout de la fracture. Dans le reste du matériau les lois de l'élasticité linéaire restent valables. Les lois d'avancée de la fracture sont introduites en se basant sur des critères énergétiques ou de symmétrie. Cette approche permet de bien décrire la propagation de la fracture. Cependant, elle repose très fortement sur des lois introduites *à la main*. Ainsi, pour décrire le branchement de la fracture il est nécessaire d'introduire une loi adéquate. En outre en dehors des cas simples (simulations numériques), elle nécesite l'utilisations de méthodes numériques complexes.

Je présente ici un modèle de champ de phase[3,4] (inspiré des modèles utilisés pour la solidification par exemple) de la propagation de la fracture. Ce modèle repose sur le couplage entre les lois de l'élasticité et une variable additionnelle ϕ, le champ de phase, qui indique l'état du matériau : dans les régions où $\phi = 1$ le matériau est intact et les lois de l'élasticité sont respectées et dans les régions où $\phi = 0$ les contraintes élastiques sont relachées. Le modèle est construit (en utilisant un formalisme de type Ginzburg-Landau) de façon à ce que la création d'une surface de fracture aie un coût énergétique.

Les résultats de simulations numériques sont en bon accord qualitatif avec les résultats expérimentaux et théoriques utilisant la théorie usuelle de la propagation de la fracture. En particulier, le modèle reproduit bien le critère de Griffith sur l'initiation de la rupture, et l'instabilité de branchement[5,3]. Il permet aussi de bien reproduire des fractures oscillantes rapides ou lentes. Il peut par ailleurs être facilement étendu à trois dimensions, cas où la dynamique de la rupture est encore très mal comprise.

Références

1. J. Fineberg and M. Marder *Instability in dynamic fracture*, Phys. Rep. **313** pp 2-108 (1999)
2. B. Lawn, *Fracture of BrittleSolid, 2nd Edition*, Cambridge University Press (1993)
3. H. Henry and H. Levine *Dynamic instabilities of fracture under biaxial strain using a phase field model*, Phys. Rev. Lett. **93** pp 105504 (2004)
4. A. Karma and D.A. Kessler and H. Levine *Phase-Field Model of Mode III Dynamic Fracture* , Phys. Rev. Lett. **87** pp 045501 (2001)
5. A. Karma and A.E. Lobkovski *Unsteady crack motion and branching in a phase field model of brittle fracture*, Phys. Rev. Lett. **92** pp 245510 (2004)