Viscoplasticité des polymères amorphes et mécanismes de déformation.

Christophe FOND

Institut Charles Sadron (C.N.R.S.), Campus du C.N.R.S., 23 Rue du Loess, BP 84047, 67034 Strasbourg cedex 2

Résumé :

Les polymères amorphes tels que le polyméthacrylate de méthyle (PMMA), le polycarbonate (PC) et le polystyrène (PS) sont à l'état vitreux à température ambiante. Ils sont utilisés, entre autres, pour leur transparence mais présentent une transition ductile-fragile qui limite leurs utilisations. Cette fragilité intrinsèque est la conséquence de la visco-élasto-plasticité des polymères. En effet, on constate que la ténacité est considérablement dépendante de la vitesse de chargement du sommet de fissure. En conséquence de la transition adiabatique isotherme et des effets inertiels en sommet de fissures on montre que l'énergie de rupture varie avec la vitesse de fissuration et les mécanismes de fissuration.

Afin de repousser cette transition ductile-fragile vers les plus hautes vitesses de sollicitation et/ou les plus basses températures, il est courant de renforcer au choc ces matériaux par adjonction de nodules sphériques souples à base d'élastomère dont la taille est de l'ordre d'une centaine de nanomètres. L'optimisation de ces matériaux amène à étudier la cavitation. En effet, le mécanisme de cavitation est aussi bien à l'origine de la fragilisation des polymères, lorsque l'apparition d'une craquelure dégénère en rupture, qu'à l'origine du renfort au choc, lorsque l'apparition d'une multitude de cavités permet de dissiper plus d'énergie par croissance de cavité en plasticité en sommet d'entaille. L'étude de l'endommagement par cavitation concerne principalement trois échelles : l'échelle moléculaire lorsqu'on s'intéresse à l'apparition d'une cavité, l'échelle des hétérogénéités lorsqu'on cherche à mieux comprendre les mécanismes de plasticité et d'endommagement et l'échelle de la structure lorsqu'il s'agit de quantifier la répartition des sollicitations et d'établir des critères macroscopiques.

Actuellement, la naissance d'une cavité est analysée en dynamique moléculaire puisque la mécanique des milieux continus est inadaptée à ce cas. On peut montrer des résultats prometteurs. Par ailleurs, concernant les "longueurs internes", on a pu démontrer qu'il existe une relation entre la taille du nodule et son critère de cavitation. De même, on peut montrer comment la structure du nodule peut être modifiée pour pallier un faible seuil d'écoulement plastique de la matrice. En revanche, l'effet de la distance entre nodules est encore mal compris et, à mon avis, mal avéré. Enfin, on étudie les interactions mécaniques entre nodules et l'endommagement du sommet de fissure à l'échelle des hétérogénéités. On montre que, contrairement à la pression hydrostatique, le cisaillement conduit à de fortes interactions entre nodules. Parallèlement à l'aide de modèles d'endommagement viscoplastique de type Gurson, on étudie actuellement les champs de sollicitation en sommet d'entaille et le ré-entaillage.Résumé résumé résumé résumé résumé résumé résumé résumé résumé résumé résumé résumé résumé résumé résumé résumé résumé résumé.