

Vieillessement thermo-oxydatif du NBR : application aux joints toriques utilisés dans les systèmes de freinage des trains

A. Redon^{1,2,*}, M. Miroir¹, E. Robin¹, J.-C. Fralin² et J.-B. Le Cam¹

¹ Université de Rennes 1, Institut de Physique de Rennes (UMR/CNRS 6251), 35042 Rennes, FRANCE

² SNCF Voyageurs, Ingénierie du Matériel – CIM OMF, 35092 Rennes, FRANCE

* adrien.redon@univ-rennes1.fr

Mots-clés : Elastomère, vieillissement accéléré, DMA, prédiction de la durée de vie

Résumé :

Des joints en élastomères, généralement constitués de copolymères de butadiène-acrylonitrile (*nitrile butadiene rubber (NBR) en anglais*), assurent la fonction d'étanchéité dans les systèmes de freinage des trains. Ce matériau est principalement utilisé dans des cas d'application demandant une bonne résistance chimique aux huiles et aux graisses. Cependant, comme la plupart des élastomères, le NBR est sensible à l'action de la température et de l'oxygène. Le matériau se dégrade alors dans le temps, et ce phénomène est qualifié de vieillissement, qui peut être de nature différente ; thermique ou thermo-oxydatif [1,2]. Dans la présente application, le vieillissement des joints toriques se traduit par un fort durcissement qui altère la fonction d'étanchéité et impacte la tenue en service du système mécanique de freinage. Dans ce contexte, SNCF souhaite maîtriser et prédire le vieillissement des joints toriques afin d'optimiser les opérations de maintenance des trains. A terme, il s'agit également pour SNCF de mettre en place une méthodologie de sélection de formulations de NBR pour cette application.

Dans cette étude, des essais de vieillissement accélérés [3,4] ont été effectués sur différentes formulations de NBR industriels à différentes températures. Ces essais ont permis de reproduire ex-situ les conditions de durcissement des joints. Les mécanismes de vieillissement ont été identifiés et reliés à la formulation des NBR testés grâce à différentes techniques complémentaires de caractérisation [5-8] : spectroscopie infrarouge, essais de gonflement, spectrométrie de fluorescence des rayons X, calorimétrie différentielle à balayage, analyse thermogravimétrique et micro-dureté.

Afin de prendre en compte d'éventuels effets additionnels du chargement mécanique dans le processus de vieillissement des joints, des analyses de spectroscopie mécanique (*DMA*) sont actuellement menées [2,9] en fatigue à différentes températures. Les résultats obtenus vont permettre d'établir l'impact du chargement mécanique sur le vieillissement de ces NBR et d'évaluer les conséquences du vieillissement sur leurs propriétés viscoélastiques. Ces premiers résultats poseront les bases d'une méthodologie de sélection de joints toriques pour les systèmes de freinage des trains.

Références :

- [1] Shelton, J. R. (1957). Aging and oxidation of elastomers. *Rubber Chemistry and Technology*, 30(5), 1251-1290.
- [2] P. Garnier, J.-B. Le Cam, M. Grédiac (2013). The influence of cyclic loading conditions on the viscoelastic properties of filled rubber. *Mechanics of Materials*, 56, 84-94.
- [3] Gillen, K. T., & Clough, R. L. (1997). Prediction of elastomer lifetimes from accelerated thermal-aging experiments (No. SAND-97-1900C; CONF-970878-1). Sandia National Labs., Albuquerque, NM (United States).
- [4] Morrell, P. R., Patel, M., & Skinner, A. R. (2003). Accelerated thermal ageing studies on nitrile rubber O-rings. *Polymer Testing*, 22(6), 651-656.
- [5] Pazur, R. J., Cormier, J. G., & Korhan-Taymaz, K. (2014). The effect of acrylonitrile content on the thermo-oxidative aging of nitrile rubber. *Rubber Chemistry and Technology*, 87(1), 53-69.

- [6] Delor-Jestin, F., Barrois-Oudin, N., Cardinet, C., Lacoste, J., & Lemaire, J. (2000). Thermal ageing of acrylonitrile-butadiene copolymer. *Polymer degradation and stability*, 70(1), 1-4.
- [7] Kawashima, T., & Ogawa, T. (2005). Prediction of the lifetime of nitrile-butadiene rubber by FT-IR. *Analytical sciences*, 21(12), 1475-1478.
- [8] Han, R., Wu, Y., Quan, X., & Niu, K. (2020). Effects of crosslinking densities on mechanical properties of nitrile rubber composites in thermal oxidative aging environment. *Journal of Applied Polymer Science*, 137(36), 49076.
- [9] P. Garnier, J.-B. Le Cam, M. Grédiac (2013). On the evolution of the viscoelastic properties and its microstructural/chemical origin in filled NBR subjected to coupled thermal and cyclic mechanical loads. *Polymer Degradation and Stability*, 98(10), 2102–2110.