

Polymères nanocomposites : nouveaux renforts, nouveaux développements

Liliane Bokobza

*Laboratoire de Physico-Chimie des Polymères et des Milieux Dispersés
ESPCI, 10 rue Vauquelin, 75231 Paris Cedex
e-mail : Liliane.Bokobza@espci.fr*

RÉSUMÉ. Les mécanismes moléculaires impliqués dans le renforcement des matériaux élastomères par des particules minérales sont rappelés. Outre le renforcement hydrodynamique dû à l'inclusion de particules solides dans une matrice molle, la contribution la plus importante à l'amélioration des propriétés mécaniques provient de l'établissement de liens entre les chaînes de polymère et la charge. Ces liens peuvent résulter d'une interaction directe entre groupes chimiques présents dans chacune des phases ou via l'introduction dans le milieu, d'un agent de couplage susceptible de créer une adhésion entre les deux phases. Deux caractéristiques importantes des élastomères chargés, à savoir l'effet Payne et l'effet Mullins, sont corrélés aux aspects d'interface. Les résultats obtenus avec d'autres types de charges, capables de générer une grande quantité d'interface polymère-charge, sont discutés. Sont concernés les composites contenant des particules de silice ou d'oxyde de titane générées in situ par le procédé sol-gel ainsi que ceux renforcés par des argiles lamellaires ou fibreuses (sépiolite) et des nanotubes de carbone.

Mots-clés : élastomères ; nanocomposites ; silice ; argiles ; nanotubes de carbone

1. Introduction

L'adjonction de particules minérales (noirs de carbone, silice, argiles...) à un polymère et plus spécialement à un matériau élastomère, a pour effet d'améliorer les propriétés mécaniques de ce dernier[1-4]. Bien que pratiqué depuis de nombreuses années dans l'industrie et notamment dans le domaine des pneumatiques, le mécanisme du renforcement est mal compris au niveau moléculaire.

On peut visualiser l'élastomère composite comme une structure biphasique comprenant des particules rigides entourées par de longues chaînes flexibles reliées entre elles lors de l'opération de réticulation par des jonctions ou nœuds chimiques qui confèrent au système des propriétés élastiques stables.

Au sein du matériau, les particules sphériques élémentaires forment des agrégats qui ont une très forte cohésion et correspondent à une entité indivisible mécaniquement. Ces agrégats peuvent se rassembler en agglomérats. Ce sont des structures faiblement liées, qui peuvent donc être réduites en agrégats au cours de l'opération de malaxage.

La morphologie de la charge, c'est-à-dire la taille des particules, leur structure et essentiellement les caractéristiques chimiques de surface ont une grande influence sur les performances d'un matériau chargé. Le plus important reste cependant les caractéristiques de surface et les sites chimiques actifs qui déterminent l'interaction entre la charge et l'élastomère. Cette interaction, qui conduit à une adsorption des chaînes de polymère sur la surface des particules peut être de type Van der Waals, ou de nature chimique, par l'établissement directe de liaisons entre l'élastomère et les sites actifs à la surface des particules ou indirecte, par l'introduction dans le milieu, d'agents de couplage, qui sont des molécules bifonctionnelles, capables de créer un pont entre la particule minérale et le polymère. Un agent de couplage est nécessaire, par exemple, dans le cas d'une faible adhésion (cas des élastomères diéniques chargés à la silice). La nature des liens chimiques silice-polymère par le biais de l'agent de couplage (bis(3-triéthoxysilylpropyl) tétrasulfide communément appelé « Si69 ») et la participation de cet agent dans le processus de vulcanisation de l'élastomère par le soufre, ont été analysées dans une série de copolymères butadiène-styrène. La comparaison des résultats obtenus avec un autre organosilane notamment le mercaptopropyl-triméthoxysilane (Dynasilane) a prouvé l'efficacité du « Si69 » dans l'optimisation des caractéristiques mécaniques du matériau final[5].