

Développement et caractérisation de polyuréthanes isolants biosourcés pour le bâtiment durable

NGUMBE Bulingi-Bu, NGUYEN Dang Mao, EL GANAOUI Mohammed

Université de Lorraine, INRAE, LERMAB, 186 rue de Lorraine, 54400 Cosnes-et-Romain, France

dang.nguyen@univ-lorraine.fr

Mots clefs ; Polyuréthane biosourcés ; microstructure ; hygrothermique ; bio-polyol ; isolant biosourcé

Contexte et objectifs

Le polyuréthane (PU) conventionnel a plusieurs applications, il est utilisé comme matériau isolation, de literie, etc. Cependant, les monomères qui sont utilisés pour leurs fabrications sont des produits dérivés des ressources fossiles. Dans l'optique d'obtenir un matériau respectant les normes environnementales et de promouvoir les produits issus de la biomasse lignocellulosique nous avons développées des mousses de polyuréthane dérivées du polyol de bambou pour être utilisées comme matériaux poreux isolants. La cellulose nanocristalline (CNC) et le SiO₂ ont été utilisés pour améliorer les propriétés optimales du PU. Le but de cette étude a été de caractériser les propriétés microstructurales, notamment la porosité, la taille et la disposition des pores, la distribution de phase en 3D, d'analyser par nano-tomographie en combinant avec technique de traitement d'images de ces matériaux avec des méthodes préalablement optimisées (Bui et al 2024, Nguyen et al 2022). Les propriétés hygrothermiques, notamment la conductivité thermique, la perméabilité à la vapeur d'eau et l'isotherme de sorption de ces matériaux, ont également été évaluées dans cette étude avec des paramètres optimisés (Nguyen et al 2020). La conductivité thermique a été évaluée en utilisant la méthode de la plaque chaude gardée (GHP). La perméabilité à la vapeur d'eau a été déterminée par la méthode « coupelle » détailler dans la norme ISO 12572. La valeur de la capacité tampon hydrique a été évaluée sous le protocole Nordtest, évalue la capacité du matériau à faire migrer l'humidité environnante.

En conséquence, le Tab. 1 montre la composition en gramme des différents échantillons avec méthylène diphényle isocyanate (MDI), bio-polyol, SiO₂ ou CNC (Pham et al 2024, Nguyen-Ha et al 2023). Ces matériaux présentent une propriété hyper-poreuse avec une porosité allant jusqu'à 98.7 % ce qui est représenté dans le Tab. 2, avec une distribution uniforme des pores, ce qui permet d'expliquer leurs propriétés d'isolation thermique performante par rapport à la mousse PU conventionnelle. De plus, l'influence de la température et de l'humidité sur les propriétés hygrothermiques a également été étudiée pour évaluer leur applicabilité dans différents environnements.

Tab. 1 : Composition des échantillons

Echantillons	Polyol	B-polyol	MDI	SiO ₂	CNC
A1	0	100	250	0	0
A2	0	100	250	0	5
M1	30	70	250	0	0
M2	30	70	250	5	0

Tabl. 2 : La conductivité thermique à différents paliers d'humidité et la porosité des échantillons

Code	Porosité (%)	Conductivité thermique ($W \cdot m^{-1} K^{-1}$)		
		HR (33 %)	HR (50 %)	HR (75 %)
A1	98,71	0,032	0,032	0,033
A2	96,23	0,033	0,033	0,034
M1	96,85	0,035	0,036	0,036
M2	97,29	0,034	0,035	0,036

Le Tab. 3 donne les valeurs de la perméabilité à la vapeur d'eau, ces valeurs sont comprises entre $2,09 \cdot 10^{-11}$ et $3,72 \cdot 10^{-11}$ Kg(m.s.Pa). Pour ce qui est de l'isotherme de sorption les résultats sont en cours d'élaboration et seront présentés ultérieurement.

En somme, cette étude a permis d'évaluer la structure et les propriétés hygrothermique des mousses polyuréthanes dérivés du polyol de bambou et renforcés avec le SiO_2 et de la cellulose nanocristalline. Ces matériaux ont été fabriqués avec succès, sont respectueux de l'environnement et présentent un bon comportement hygrothermique.

Tab. 3 : Valeur de la perméabilité à la vapeur d'eau et de la résistance à la vapeur d'eau

Code	Perméabilité à la vapeur d'eau (δ)	Résistance à la vapeur d'eau (μ)
A1	$3,37 \cdot 10^{-11}$	6,164
A2	$3,72 \cdot 10^{-11}$	5,605
M1	$2,13 \cdot 10^{-11}$	9,895
M2	$2,09 \cdot 10^{-11}$	9,585

Références

Bui QB, Bui TB, Nguyen NT, Le T, Ferreira da Silva Y, Perré P, Nguyen DM (2024) Assessing the combination of graphene and graphene oxide nanosheets in cement mortar and cement concrete, *Cement and Concrete Composites* 154, 105800.

Nguyen DM, Diep TMH, da Silva YF, Vu TN, Hoang D, Thuc CNH, Bui QB, Perré P (2022) Three-dimensional pore characterization of poly(lactic)acid/bamboo biodegradable panels, *International Journal of Biological Macromolecules*, 221 16-24. (Elsevier, IF 7.7).

Nguyen DM, Grillet A-C, Diep TMH, Bui Q-B, Woloszyn M (2020) Characterization of hygrothermal insulating biomaterials modified by inorganic adsorbents, *Heat and Mass Transfer*, 56, 2473-2485.

Pham LH, Nguyen NT, Nguyen DM, Nguyen TA, Nguyen TB, Suhr J, Nguyen TD, Rahim M, Tran-Le AD, Terrei L, Mehaddi R, da Silva YF, Perré P, Hoang D (2024) Effective non-halogen flame-retardants combined with $nSiO_2$ particles to improve thermal stability and fire resistance of high-performance polyurethane nanocomposite foams, *Journal of Materials Science & Technology*, 203 1-13.

Nguyen-Ha TM, Nguyen TB, Nguyen TA, Pham LH, Nguyen DH, Nguyen DM, Hoang D, Oh E, Suhr J (2023) Novel high-performance sustainable polyurethane nanocomposite foams: Fire resistance, thermal stability, thermal conductivity, and mechanical properties, *Chemical Engineering Journal*, 474 145585.