



HAL
open science

Ignifugation des Matériaux Polymères : Tendances Actuelles et Perspectives Durables

Marianne Cochez

► **To cite this version:**

Marianne Cochez. Ignifugation des Matériaux Polymères : Tendances Actuelles et Perspectives Durables. Congrès National de la Recherche des IUT, Université de Haute-Alsace (UHA) Mulhouse - Colmar [Université de Haute-Alsace (UHA)], Mar 2024, Mulhouse, France. hal-04619728

HAL Id: hal-04619728

<https://hal.science/hal-04619728v1>

Submitted on 21 Jun 2024

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Ignifugation des Matériaux Polymères : Tendances Actuelles et Perspectives Durables

Marianne Cochez

Henri Vahabi

Christelle Vagner

Marianne.cochez@univ-lorraine.fr henri.vahabi@univ-lorraine.fr christelle.vagner@univ-lorraine.fr

IUT-Moselle-est, Université de Lorraine

Laboratoire Matériaux, Optique, Photonique et Systèmes UR 4423 (Université de Lorraine, CentraleSupélec)

Thèmes – Chimie - Matériaux

Résumé – *Les matériaux polymères jouent un rôle clé dans nos sociétés modernes. Leur forte inflammabilité et l'évolution vers une plus grande sécurité combinée aux normes incendie de plus en plus sévères nécessitent la recherche et le développement de nouvelles solutions d'ignifugation. Ces dernières années, avec l'émergence de nouvelles préoccupations, notamment environnementales et écologiques, la demande de matériaux respectueux de l'environnement augmente, et l'accent mis sur les propriétés ignifuges est devenu un facteur clé de l'innovation. Le présent article a pour objectif de présenter le contexte des technologies ignifuges ainsi que les opportunités et défis émergents dans le domaine. Cette exploration traverse l'évolution des méthodologies ignifuges conventionnelles vers des approches de solutions durables.*

Mots-Clés – Polymères, composites, ignifugation, environnement.

1 Introduction

Les travaux de recherche menés à l'IUT Moselle-est depuis une vingtaine d'année concernent l'étude de la dégradation thermique et l'amélioration du comportement au feu des matériaux polymères qui jouent un rôle clé dans nos sociétés modernes. La demande toujours croissante de systèmes à haute performance a conduit à une utilisation intensive de matériaux polymères et des composites. Ces matériaux représentent une menace énorme pour les vies humaines et l'intégrité des infrastructures en raison de leur grande inflammabilité, comme en témoignent les nombreuses catastrophes qui se produisent régulièrement. L'ignifugation de ces systèmes est donc une nécessité. En même temps, la prise de conscience sociétale vis-à-vis des problèmes environnementaux augmente et conduit au changement de paradigme dans la conception et la synthèse de ces matériaux, soulignant l'importance de la performance au feu et le respect des principes de durabilité. Cette évolution concerne d'une part les matériaux utilisés (recours aux matières biosourcées pour remplacer les produits pétrosourcés, matières recyclées ou recyclables, valorisation de biodéchets) et d'autre part les techniques d'ignifugation (voie additive /réactive/coating ; impression 3D ...). Cet article présente trois exemples illustrant l'évolution des méthodologies ignifuges conventionnelles vers des approches de solutions durables.

2 Composites recyclables pour l'aéronautique

Une préoccupation majeure dans l'industrie aérospatiale et automobile est la réduction du poids afin d'économiser du carburant et de minimiser les émissions de gaz à effet de serre. Pour relever ce défi, les composites à base d'une matrice polymère renforcée par des fibres continues de verre ou de carbone ont été développés ces dernières années [1]. Plusieurs matrices thermoscuries ont été utilisées (époxy, phénoliques, polyesters...), mais présentent l'inconvénient de ne pas être recyclables.

Dans le cadre du projet « Résines idéales » financé par l'AME (Agence de Mobilisation Economique de la Région Lorraine), nous avons participé à des recherches sur le développement de composites thermoplastiques à fibres continues destinés aux pièces de structure, transformés selon les mêmes procédés que les composites thermoscurissables, avec un objectif de recyclabilité en fin de vie. Pour être utilisés dans des applications de transport, ces composites doivent présenter une faible inflammabilité, un faible dégagement de chaleur et une faible densité de fumée. Ils ont été réalisés à base de résine acrylique Elium® (Arkema), de fibre de verre tissée (taffetas Chomarat G-Weave 600 P/A) et de retardateurs de flamme (RF) phosphorés.

Dans un premier temps, nous avons évalué l'effet de la méthode de mise en œuvre de ces composites sur leurs propriétés au feu, dans le but de définir un processus automatisé conduisant à un comportement au feu optimisé des pièces industrielles [2]. Leur stabilité thermique et leur comportement au feu ont été étudiés par analyse thermogravimétrique et au cône calorimètre (figure 1). Les résultats obtenus ont montré que le comportement au feu était amélioré pour les composites mis en œuvre avec le procédé basé sur une préimprégnation suivi d'une thermocompression et d'un post-durcissement.

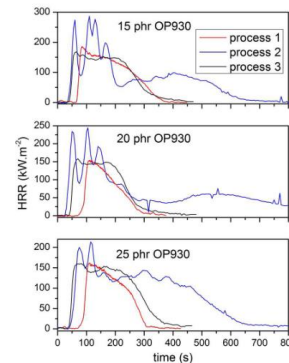


Figure 1 – Comparaison des courbes de chaleur dégagée (HRR) mesurée au cône calorimètre, pour les trois procédés de fabrication.

Ensuite, afin d'améliorer le comportement au feu de ces composites, et de satisfaire aux normes feu aéronautiques (les plus exigeantes), nous avons étudié des mélanges binaires et ternaires de retardateurs de flamme (RF) constitués d'un RF phosphoré et d'autres charges (alumine, ATH, graphite expansé, 9,10-dihydro-9-oxy-10-phosphaphenanthrene-10-oxide (DOPO)). Nous avons ainsi développé une formulation qui répond positivement aux tests standardisés de l'aviation américaine applicables aux matériaux pour intérieur cabines. L'optimisation du process et de la formulation a conduit à un brevet [3].

3 Composites 100% vert pour l'automobile

Toujours dans un contexte de développement durable et de bioéconomie, concevoir et fabriquer des pièces structurales en composite à faible impact environnemental comme alternative aux plastiques pétrosourcés est crucial. Le challenge est de développer ces composites issus de la valorisation de bioressources comme produits à forte valeur ajoutée pour des marchés tel que celui du transport, où les cahiers des charges sont exigeants en termes de propriétés mécaniques, thermiques, anti-feu. Ainsi, nous assistons ces dernières années, à un développement important des polymères biosourcés et en particulier de l'acide polylactique (PLA). Ce dernier présente un intérêt particulier pour les industriels en raison de ses propriétés exceptionnelles telles que sa biodégradabilité, sa biocompatibilité, sa

rigidité élevée et sa facilité de mise en œuvre. Cependant, son développement dépend fortement de l'amélioration de ses propriétés fonctionnelles et notamment de ses propriétés mécaniques. Une des voies d'amélioration possible est la réalisation de composites par ajout de fibres de renfort dans le matériau et notamment de fibres végétales.

Dans ce contexte de bioéconomie et de valorisation des agroressources, nous travaillons sur la mise au point de nouveaux biocomposites non tissés 100% biosourcés pour le transport, à base d'un biopolymère, le PLA, et de fibres végétales issues de l'ortie produite en Lorraine, qui puissent être aisément mis en œuvre (figure 2) (projet Carnot ICEEL BIOREV).

La fabrication du renfort non-tissé constitué de fibres d'ortie et de fibres de PLA commerciales a été optimisée par le CETELOR, partenaire du projet. Comparé au chanvre, l'ortie permet une amélioration du module d'élasticité. Un screening des RFs biosourcés commerciaux (tanins, lignine, alginate...) ou modifiés, sélectionnés après une étude bibliographique, est réalisé en caractérisant la dégradation thermique (ATG) et le comportement au feu (PCFC, indice limite d'oxygène, cône calorimètre, UL94) des formulations PLA/RFs obtenues par voie additive (mini-extrusion). Les premiers résultats montrent que la combinaison non-tissé imprégné RF/PLA ignifugé est une voie très prometteuse.



Figure 2 – Le projet BIOREV

4 Synthèse d'un TPU ignifugé par extrusion réactive (REX)

Toujours dans un souci de respect des nouvelles réglementations en sécurité d'incendie, et des normes environnementales et toxicologiques, une voie possible d'ignifugation d'un polymère est la voie réactive par utilisation d'une extrudeuse, équipement usuellement utilisé chez les industriels de la plasturgie. Cette méthode sans solvant consiste à développer un matériau ignifugé en une seule étape et en incluant le retardateur de flamme dans la chaîne macromoléculaire dès la phase de conception du matériau. Nous développons en collaboration avec l'Université de Mons et Materianova,

dans le cadre d'une thèse, la synthèse d'un polymère recyclable, le polyuréthane thermoplastique (TPU) ignifugé par voie réactive. Le TPU est en effet largement utilisé dans plusieurs domaines comme la câblerie, les revêtements et textiles, le biomédical, les équipements électriques et électroniques,... Cette voie consiste à modifier chimiquement le polymère en intégrant les retardateurs de flamme au sein de la chaîne macromoléculaire. Les composés contenant du phosphore qui peuvent réagir avec un groupe fonctionnel approprié dans les PU sont largement utilisés comme tels. Différents polyols phosphorés ont été synthétisés et utilisés en tant que réactif pendant la polymérisation afin d'ignifuger les TPUs [4]. Notre objectif à plus long terme est d'accélérer l'acceptation de cette nouvelle technologie d'ignifugation, l'extrusion réactive, par les industriels.

5 Conclusions

Cet article illustre trois exemples d'évolution des méthodologies ignifuges conventionnelles vers des approches de solutions durables. L'innovation dans la fabrication de matériaux ignifugés passera aussi par la fabrication additive (FA) qui s'est développée rapidement au cours des deux dernières décennies. Cette technique donne la possibilité de mettre en œuvre des géométries complexes qui peuvent moduler le comportement au feu. Des solutions d'ignifugation adaptées à ces technologies d'impression 3D devront être développées.

6 Remerciements

Les auteurs remercient ses partenaires CETELOR, le PPE, la plateforme de technologie Plastinnov, la Région Lorraine et le Carnot ICEEL pour le soutien financier dans le cadre des projets de recherche « Résines idéales » et BIOREV respectivement.

Références

- [1] Nayak, N.V. *Composite Materials in Aerospace Applications*. IJSRP 4, 2014, p.1-10
- [2] Q Lin, M Ferriol, M Cochez, H Vahabi, C Vagner. *Continuous fiber-reinforced thermoplastic composites: influence of processing on fire retardant properties*. Fire and Materials, vol 41, 6, 2017, p. 646-653
- [3] P. Gerard, M. Glotin, J.P. Cauchois, C. Quinten, M. Mihaluta, Q. Lin, M. Ferriol, M. Cochez. *Liquid (meth) acrylic syrup for impregnating a fibrous substrate, method of impregnating a fibrous substrate, composite material obtained following polymerisation of the pre-impregnated substrate* Brevet français demande US Patent 10,131,768, 2018
- [4] D.K. Chattopadhyay, Dean C.Webster. *Thermal stability and flame retardancy of polyurethanes*, Progress in Polymer Science 34, 2009, p-1068–1133.