



THESE DE DOCTORAT

NANTES UNIVERSITE

ECOLE DOCTORALE N° 602

Sciences de l'Ingénierie et des Systèmes

Spécialité : Énergétique-Thermique-Combustion

Par

Rita MOUSSALLEM

Identification de la conductivité thermique de matériaux polymères et composites en cours de transformation

Thèse présentée et soutenue à Nantes Université, le 17 Juillet 2024

Unité de recherche : Laboratoire de Thermique et Énergie de Nantes (LTEN), UMR 6607

Rapporteurs avant soutenance :

Philippe Le Masson Professeur, Université Bretagne Sud, IRDL
Jean-Luc Battaglia Professeur, Université de Bordeaux, I2M

Composition du Jury :

Examineurs :	Benjamin Remy Olivier De Almeida	Professeur, Lorraine Université, LEMTA Maître-assistant, IMT Mines Albi, ICA
Co-encadrante de thèse :	Elissa El Rassy	Maître de conférences, Nantes Université, LTEN
Co-encadrant de thèse :	Jalal Faraj	Maître de conférences, LIU
Directeur de thèse :	Jean-Luc Bailleul	Professeur, Nantes Université, LTEN

Titre : Identification de la conductivité thermique de matériaux polymères et composites en cours de transformation

Mots clés : Polymères thermoplastiques semi-cristallins, Cristallisation, Caractérisation thermophysique, Méthode inverse, Optimisation

Résumé : La cristallisation des polymères thermoplastiques est un phénomène important pour les procédés de fabrication. Une estimation précise du comportement thermique du polymère durant son changement de phase exige une connaissance exacte des propriétés thermophysiques. Actuellement, ces propriétés sont facilement mesurables à l'état solide mais elles sont moins maîtrisées à l'état liquide et elles ne sont pas du tout maîtrisées en cours de transformation. C'est pour cette raison que la loi de mélange est utilisée pour modéliser l'évolution des propriétés thermophysiques en fonction du degré de transformation de la matière. Il est thermiquement correct de modéliser l'évolution de la capacité thermique volumique par une loi de mélange, mais ce n'est pas le cas pour la conductivité thermique, qui n'est pas une propriété extensive.

L'objectif principal de cette thèse est délaborer une méthode inverse dédiée à l'estimation de la variation de la conductivité thermique, en fonction de la température et de la cristallinité relative, sans imposer au préalable un profil d'évolution. Ainsi, le banc expérimental développé permet de mesurer l'évolution de la température dans la matière durant sa cristallisation. Un modèle numérique est associé au montage expérimental et un algorithme d'optimisation hybride combinant l'algorithme génétique avec la méthode du point-intérieur est adopté. Les évolutions de conductivité thermique issues de la méthode d'identification sont comparées avec la loi de mélange pour vérifier sa fiabilité.

Title : Identification of the thermal conductivity of polymer and composite materials during their transformation

Keywords : Semi-crystalline thermoplastic polymers, Crystallization, Thermophysical characterization, Inverse method, Optimization

Abstract : The crystallization of thermoplastic polymers is an important phenomenon in the manufacturing processes. A precise estimation of the thermal behavior of a polymer during its transformation requires the exact knowledge of its thermophysical properties. Nowadays, these properties are easily measurable in the solid states however they are less mastered in the liquid state and not mastered at all during transformation. Therefore, the mixing law is frequently used to model the evolution of the thermophysical properties function of the degree of transformation of the material. It is thermally correct to describe the variation of the volumetric heat capacity with the help of the mixing law, nevertheless this is not the case for

the thermal conductivity, which is not an extensive property. The main objective of this thesis is to establish an inverse method dedicated for the identification of the thermal conductivity variation, function of temperature and relative crystallinity, without imposing beforehand an evolutionary profile. An experimental bench capable of measuring the temperature evolution within a polymer undergoing crystallization is developed. A numerical model is associated to the experimental setup and a hybrid optimization algorithm combining the genetic algorithm with the interior-point method is adopted. The obtained thermal conductivity evolutions are compared with the mixing law to evaluate its reliability.