

Suivi et modélisation du comportement rhéologique en ligne lors de la mise en œuvre de matériaux polymères recyclés.

Online Monitoring and Modeling of Rheological Behavior during the processing of the Recycled Polymer Materials.

Contexte et objectifs de la thèse :

Lors de la mise en œuvre de matériaux polymères, la matière subit dès la phase de plastification et d'écoulement des transformations thermomécaniques qui sont déterminantes sur la qualité des pièces produites. De nombreux réglages machines lors du lancement et du suivi de production sont nécessaires et fastidieux pour s'adapter à la matière entrante. Il est bien connu de la profession qu'à même référence, d'un fournisseur à l'autre, voire d'un lot de matières à l'autre, les propriétés thermiques et rhéologiques des polymères varient suffisamment pour devoir adapter les températures et pression de mise en œuvre. Avec la raréfaction des matières premières et l'introduction plus fréquente des matériaux polymères recyclés, il existe un véritable enjeu à faciliter le changement de matières et à favoriser la flexibilité et l'adaptation des procédés. Pour cela, il est essentiel de disposer plus aisément dans les procédés de type injection et extrusion, d'indication in-situ sur le comportement thermique et rhéologique du matériau à l'état fondu, en amont des phases de formage.

Le laboratoire GEPEA a développé un dispositif innovant de mesure appelé TRAC (Thermo Rheological Annular Cell) qui permet d'exploiter les champs de températures mesurés au cœur de l'écoulement polymère via une géométrie annulaire pour estimer la dissipation thermique du matériau. La méthode de mesure développée permet la détection et l'exploitation d'un signal d'auto-échauffement du polymère de l'ordre du degré dans un environnement à forte inertie thermique (outillage régulé à fortes températures) ce qui est remarquable. A l'aide d'une méthode inverse couplée à un modèle réduit d'écoulement non-isotherme, il est alors possible d'estimer une variation de viscosité ou directement la viscosité si la mesure est répétée dans différentes conditions d'écoulement. L'originalité du dispositif outre sa robustesse expérimentale qui lui permet d'être intégré directement sur une machine pour des mesures in situ en conditions réelles de production, réside aussi dans la physique de la mesure basée sur une approche thermique et non pas mécanique comme les rhéomètres traditionnels. La preuve de concept de cet outil a été réalisé dans les travaux de thèse de Qiao LIN [1-5].

Dans le prolongement de la thèse de Mr. LIN, nous proposons d'exploiter la cellule de mesure thermorhéologique TRAC pour qualifier les performances obtenues en termes de suivi de production lors de son utilisation en conditions réelles de fonctionnement sur des procédés d'injection et d'extrusion bi-vis. Une analyse multicritère sera menée sur plusieurs matériaux polymères mélangés et recyclés pour qualifier les perturbations sur la qualité pièce d'un changement ou d'une variation de matière et l'impact sur les réglages machines.

L'étude sera principalement expérimentale et devra conduire à une validation expérimentale sur de nombreux cas de référence et la construction de modèles de comportement rhéologique spécifiques à la recyclabilité des matériaux, mais pourra être complétée par des approches numériques notamment pour mieux caractériser l'écoulement de polymère fondu et pour proposer d'autres exploitations ou évolutions du dispositif.

Bibliographie

[1]Lin, Q., Allanic, N., Deterre, R., Mousseau, P., Girault, M., *In-line viscosity identification via thermal-rheological measurements in an annular duct for polymer processing*, International Journal of Heat and Mass Transfer, Vol. 182, Article number 121988, 2022

[2] Lin, Q., Allanic, N., Mousseau, P., Madec, Y., Beau, G., Deterre, R., *On-line melt temperature measurements for polymer injection molding through an instrumented annular duct*, Polymer Engineering and Science, 62 (12), pp. 3994-4004., 2022

[3]Lin, Q., Allanic, N., Girault, M., Mousseau, P., *Flow Activation Energy Estimation by Thermo-Rheological Method*, Macromolecular Reaction Engineering, 2023

[4] Girault, M., Lin, Q., Allanic, N., Mousseau, P., *Thermo-rheological reduced order models for non-Newtonian fluid flows with power-law viscosity via the modal identification method*, International Journal of Heat and Mass Transfer, 203, art. no. 123692, 2023

[5] Lin, Q., Allanic, N., Mousseau, P., Girault, M., Deterre, R., *Monitoring and viscosity identification via temperature measurement on a polymer injection molding line*, International Journal of Heat and Mass Transfer, 206, art. no. 123954, 2023

Organisation de la thèse

L'étudiant sera amené à travailler au sein du Laboratoire GEPEA, Equipe OSE, site de l'IUT de Nantes à Carquefou.

Compétences souhaitées du candidat

Les candidatures seront appréciées par rapport aux connaissances du candidat ou de la candidate, en matériaux polymères et en thermique. Des bases de connaissances en rhéologie seraient un plus. Le candidat ou la candidate devra disposer d'aptitudes face à la réalisation d'expérimentations puisqu'il/elle devra utiliser des machines de mise en œuvre et en maîtriser tous les aspects de fonctionnement. Des compétences en modélisation seront également appréciées.

Contact

Envoyer CV détaillé, notes de MASTER et lettre de motivation à Pierre MOUSSEAU pierre.mousseau@univ-nantes.fr et Nadine ALLANIC nadine.allanic@univ-nantes.fr