

Modélisation numérique du chauffage de polymères par micro-ondes appliqué à l'extrusion réactive – Projet ANR MOMix

Laboratoires CETHIL- UMR 5008, CNRS- INSA Lyon et Université Claude Bernard

Contact : mhamed.boutaous@insa-lyon.fr

Contexte :

Afin de faire évoluer fondamentalement les procédés de transformations réactifs des matières plastiques, on se propose de substituer le mode de chauffage traditionnel électrique conducteur par un chauffage et activation chimique par micro-ondes. Cette technique présente le double avantage de pouvoir chauffer efficacement le matériau dans le volume et d'améliorer les cinétiques de réaction chimique et les sélectivités des réactions.

Mots clés : Calorimétrie, Rhéologie, physique des polymères, interaction ondes matière, modélisation numérique, caractérisation et identification de paramètres, instrumentation thermique

Avant d'envisager à terme, la conception d'outils de transformation fonctionnant intégralement sous micro-ondes, ce travail de thèse vise dans un premier temps à équiper un procédé batch existant modèle de la technologie micro-ondes, avec pour premier objectif de fondre le plus rapidement possible un polymère sous forme de granulé ou poudre dans le procédé choisi. Pour cela, il est déterminant de comprendre puis maîtriser fondamentalement et physiquement l'interaction des micro-ondes avec la matière, d'abord à l'état solide s'il s'agit de granulés ou poudre polymère pour à terme le modéliser. Dans un second temps et en fin de projet, avec des systèmes polymères déjà fondu, le couplage micro-ondes sera pris en compte pour activer efficacement des réactions chimiques et modifier des matériaux polymères. Un couplage efficace va reposer autant sur les propriétés diélectriques du système chimique absorbant que sur le design de l'implantation de la technologie et la nature des matériaux choisis pour la recevoir.

Le travail de thèse comportera deux parties.

- **Interaction onde-matière, approche fondamentale :**

Connaître l'évolution des paramètres diélectriques de polymères en fonction de la température est un prérequis et sera abordée de manière innovante avec un prestataire du projet. A partir de ces premiers résultats, le premier objectif sera de comprendre l'absorption d'énergie micro-ondes en volume, d'un ensemble de granulés ou poudre polymère solide. De multiples questions fondamentales se posent. Comment les ondes pénètrent-elles dans la matière en relation avec les propriétés diélectriques ? Avec quelle profondeur et avec quelle atténuation ? Quel est l'impact de la distribution de tailles des particules absorbantes ? Comment va se convertir l'énergie absorbée en chaleur en relation avec les caractéristiques de l'onde comme sa puissance, sa fréquence et son application continue ou pulsée. L'objectif au terme de cette partie sera d'être en mesure de modéliser la chauffe d'un ensemble de granulés polymères solides en mouvement depuis la température ambiante et de relier une vitesse de chauffe choisie aux caractéristiques des micro-ondes à appliquer de manière optimale pour atteindre cet objectif.

- **simulation numérique du procédé**

La simulation numérique jouera un rôle déterminant dans ce projet. Aussi bien au niveau du matériau que du procédé. Il existe actuellement des outils numériques pour simuler un procédé *batch en 3D*, avec un chauffage traditionnel conducteur, mais aucun outil, permettant de les modéliser

sous l'action d'irradiation micro-ondes, n'est disponible. Le travail de thèse aura aussi pour objectif d'établir des modèles de chauffe pour aider à l'optimisation de l'implantation technologique de sources micro-ondes dans un mélangeur batch déjà défini géométriquement puis pour implanter dans un second temps un logiciel de simulation 3D existant, sous licence, d'un des partenaires du projet. La validation expérimentale des solutions retenues seront faites au final avec l'IMP, partenaire du projet.

La simulation numérique visée nécessitera donc d'étudier en 3D un mélangeur à partir de modèles de chauffe thermique à établir pour appréhender correctement les transferts thermiques dans les matériaux polymères mais aussi dans le système entier (cuves et mélangeurs corotatifs), en couplant les différents modes de transferts thermiques et changements de phase qui s'y produisent.

Le travail sera réalisé au CETHIL (Centre d'Energétique et de Thermique de Lyon), principalement en collaboration entre le laboratoire IMP (Ingénierie des Matériaux Polymères) de Saint-Etienne et deux partenaires industriels en technologie micro-ondes et modélisation des procédés.

Le/la candidat(e), devra avoir des connaissances en modélisation et simulation numérique, en matériaux polymères, en thermique et en rhéologie, une motivation pour l'expérimentation et mesures expérimentales.

Pour tout complément d'information ou candidature contacter : **M'hamed Boutaous** (mhamed.boutaous@insa-lyon.fr).

*Le **CETHIL** – (Centre d'Energétique et de Thermique de Lyon) de l'INSA Lyon UMR CNRS 5008, entièrement dédié aux transferts thermiques et leurs applications aux systèmes énergétiques ou à l'optimisation énergétiques des systèmes. Ses activités abordent les questions relatives à la caractérisation des propriétés thermo-physiques des matériaux, la physique des transferts de chaleur (convection, conduction, rayonnement, changement de phase) et leurs interactions mais aussi les procédés régis par les transferts de chaleur, notamment les procédés de transformation des polymères et composites. Ce projet s'inscrit dans les activités du thème « Fluides, Polymères et Composites » du CETHIL qui dispose d'une expertise dans la simulation des transferts thermiques dans les matériaux polymères et leurs procédés ainsi que leur instrumentation <http://www.cethil.insa-lyon.fr/>.*