

Science des Matériaux

Rhéologie non linéaire, morphologie et mise en forme des matériaux multiphasés

IDENTIFICATION

CODE : GMPPA-4-S1-EC-R2M
ECTS : 2.0

HORAIRES

Cours :	14.0 h
TD :	14.0 h
TP :	4.0 h
Projet :	0.0 h
Face à face pédagogique :	32.0 h
Travail personnel :	32.0 h
Total :	64.0 h

ÉVALUATION

DS à la fin du semestre [0.8]
Rapport [0.2]

SUPPORTS PÉDAGOGIQUES

Fascicule de Cours détaillé,
présentation ppt sommaire et
supports TD

LANGUE D'ENSEIGNEMENT

Français

CONTACT

M. LAMNAWAR Khalid
khalid.lamnawar@insa-lyon.fr

OBJECTIFS RECHERCHÉS PAR CET ENSEIGNEMENT

Cet EC relève de l'UE GMPPA-4-MECA-S1, Conception et contribue aux :
Compétences écoles en sciences pour l'ingénieur :

- A1- Analyser un système [réel ou virtuel] ou un problème [niveau 2]
- A2- Exploiter un modèle d'un système réel ou virtuel [niveau 2]
- A3- Mettre en œuvre une démarche expérimentale [niveau 2]
- A4- Concevoir un système répondant à un cahier des charges [niveau 2]
- A5- Traiter des données [niveau 3]

Compétences écoles en humanité, documentation et éducation physique et sportive :

- B2- Travailler, apprendre, évoluer de manière autonome [niveau M]
- B6- Se situer, travailler, évoluer dans une entreprise, une organisation socio-productive [niveau 1]

Compétences écoles spécifiques à la spécialité :

- C1- Mettre en œuvre une démarche d'innovation technologique dans le domaine mécanique [niveau 2]
- C2- Analyser les besoins exprimés ou supposés et définir les exigences de conception d'un système mécanique répondant à ces besoins [niveau 2]
- C3- Concevoir et pré-dimensionner un système mécanique [niveau 2]
- C4- Définir les moyens de mise en production des produits systèmes mécanique [niveau 2]
- C5- Conduire et participer à des projets collaboratifs [niveau 2]
- C8- Modéliser le comportement d'un système ou d'un phénomène multiphysique [niveau 2]
- C9- Établir une démarche expérimentale [niveau 2]
- C10- Établir une démarche de résolution d'un problème [niveau 2]

En permettant à l'étudiant de travailler et d'être évalué sur les connaissances suivantes

Co1 les notions de sollicitation mécanique en cisaillement ou élongation de structures multiphasiques

Co2 les lois de comportement Viscoélastiques et interfaciales

Co3 les procédés de mise en forme innovants type extrusion bivis, coextrusion de multi-Micro/nanocouches à haute valeur ajoutée

Co4 les corrélations procédés-propriétés morphologiques et mécaniques induites.

Co5 Les hypothèses et conditions aux limites utilisées pour établir et identifier les lois de comportement rhéologiques de ces structures

Co6 relations Matériaux-rhéologie-procédés de mise en forme-propriétés avec une démarche d'économie circulaire

En permettant à l'étudiant de travailler et d'être évalué sur les capacités suivantes :

Ca1 + maîtriser la corrélation structure-propriétés des polymères et en particulier leurs structures multiphasés pour l'obtention de matériaux innovants (Mélange de biopolymères..., multicouche)

Ca2 + associer à un problème d'élaboration de pièces mécaniques en alliage de polymères structurés, le procédé de mise en forme adéquat

Ca3 + de comprendre et modéliser par une approche multiphysique le comportement rhéologique de ces structures (mélange, multicouches)

Ca4 + pour une pièce mécanique de structures stratifiées ou alliage, proposer une démarche de compatibilisation pour améliorer les performances

Ca5 + résoudre un problème complexe pour évaluer un bilan de forces capillaire, visqueuse en utilisant des lois de comportement VE et interfaciales

Ca6 + mener des calculs analytiques sur des structures type alliage ou multicouches pour évaluer leurs propriétés thermomécaniques tout intégrant les propriétés d'interface

Ca7 + mener une approche d'ingénieur pour concevoir et choisir un objet en multimatériau innovant avec une synergie de propriétés et exempt de défauts

PROGRAMME

1-Formulations, Mélanges et Multicouches dans l'industrie de transformation.

2-Rhéologie non linéaire en cisaillement et élongation des matériaux mono et multiphasés

3- Modélisation du comportement rhéologique des systèmes multiphasés

A- Physique des matériaux mono/multiphasés :

Thermodynamique des mélanges de polymères, modification chimique des polymères, Mélange miscible, Mélange présentant un point de démixtion critique, Mélange immiscible, Type de démixtion., Diagramme de phase, , élaboration de mélanges de polymères compatibilisés. Systèmes multiphasés : caractérisation d'une dispersion, notion de la théorie de la percolation, rhéologie des suspensions (inclusion unique, suspension, relation structure écoulement), rhéologie des émulsions (déformation d'une goutte unique en écoulement de cisaillement simple et écoulement élongationnel, rupture de gouttes, instabilité de Rayleigh, rhéométrie des émulsions).

Compétences : Connaître les propriétés structurales des matériaux polymères pour l'obtention d'alliages structurés

B- Procédés de mise en forme des matériaux multiphasés (mélange, multicouche):

Élaboration de mélanges de matériaux structuraux à base d'alliages, contrôle de la morphologie, Compatibilisants.

Procédés de mise en forme de structures stratifiées par le procédé de coextrusion.

Stabilité des écoulements stratifiés- Corrélation propriétés rhéologiques et modélisation.

C- Rhéologie non linéaire en cisaillement et élongation des matériaux multiphasés- Aspects expérimentaux.

Objectifs : Étudier et identifier les différents modes de déformation des polymères et leurs mélanges, établir des lois de comportements viscoélastiques en vue de la modélisation des procédés.

INSA LYON

Campus LyonTech La Doua

20, avenue Albert Einstein - 69621 Villeurbanne cedex - France

Tel. +33 (0)4 72 43 83 83 - Fax +33 (0)4 72 43 85 00

www.insa-lyon.fr

* Rappels :

- Les modes de sollicitation : Régime transitoire, Régime permanent, * Approche physique [enchevêtrement- Désenchevêtreraient, CCR].
- Rhéologie non linéaire des liquides viscoélastiques en cisaillement et en régime transitoire : Modules de relaxation, fonction d'amortissement, coefficient de démarrage,].
- Rhéologie non linéaire des polymères fondus en élongation, *méthodes directes-mesures à longueur variable, * méthodes directes-mesures à longueur constante
- *Méthodes indirectes- Écoulements convergents, * Méthodes qualitatives : filage,
- Rhéologie non linéaire des polymères fondus sous d'autres modes de déformation
- *Elongation biaxiale, *Elongation planaire, Identification des lois de comportement pour la modélisation des procédés de mise en forme :
- **Cisaillement [viscosité et première différence de contraintes normales, domaine de mesure des rhéomètres, lien avec les mesures dynamiques en VEL-SAOS, régime transitoire pendant la phase de démarrage, Origine physique et nouvelles théories], *Elongation [viscosité en régime transitoire, viscosité élongation elle en régime stationnaire, notion du « Strain-Hardening, Strain Softening], Identification des lois de comportement non linéaires et théories moléculaires [CCR, Wang, DE, Wagner, Pom-Pom]
- Rhéologie des émulsions, suspensions et polymères chargés :
 - Rhéologie des émulsions [déformation d'une goutte unique en écoulement de cisaillement simple et écoulement élongationnel, rupture de gouttes, instabilité de Rayleigh, Rhéométrie des émulsions].
 - * relaxation de forme d'une goutte, Déformation d'une goutte en écoulement, phénomène de rupture, coalescence, effets d'hystérésis sur la morphologie.
 - * Modèles d'émulsion [Taylor, Palierne, Lee-Park, Bousmina], * Limitation des modèles d'émulsion, * Modélisation du comportement d'un mélange sous écoulement
 - * Modèles d'interface [Le-Park, Doi-Ohta], * Détermination de la tension interfaciale
 - Rhéologie des suspensions et matériaux chargés [inclusion unique, suspension, relation structure écoulement]
 - Modèles de suspension et leurs limites [Einstein, EILERS, De Bruijn, Mooney, Krieger et Dougherty, Chong et al., Koda et Furuse, Thomas, Quemada]
 - *Rhéologie des suspensions concentrées
 - Comparaison des modèles,Empilement compact maximal Facteurs influençant la rhéologie des suspensions et matériaux chargés
 - Compétences : Analyser les relations matériau-rhéologie- Procédés-Propriétés ; Définir des lois de comportements VEL pour la modélisation des procédés de mise en forme de structures multiphasées.

TP : Rhéométrie fondu d'un mélange de polymères : Modélisation de la tension interfaciale ; Rhéologie en élongation d'un système multiphasique en élongation [EVF, Cogswell].
TP sur 4 heures avec une heure de synthèse et discussion.

BIBLIOGRAPHIE

1. Andreea Irina Barzic, Silvia Ioan Multiphase Polymer Systems: Micro- to Nanostructural Evolution in Advanced Technologies, CRC Press, 2016, ISBN 9781498755634
2. Lamnawar K., Coextrusion of Multilayer Structures, Interfacial Phenomena Encyclopedia of Polymer Science and Technology, Wiley, 2013
3. John M. Dealy Structure and Rheology of Molten Polymers, Hanser 2 March 2, 2006, ISBN-10: 1569903816
4. Groupe Français d'études et d'applications des polymers, "Mélanges de polymères" GFP volume 6
5. Lloyd M. Robeson, Polymer Blends, A Comprehensive Review, Hanser, 2013.
6. M. Rubinstein & R. C. Colby, Polymer Physics [Oxford University Press, 2003]
7. F. AGASSANT, P. AVENAS & J.PH. SERGENT La mise en forme des matières plastiques Lavoissier, Paris 4ème édition
8. C. Macosko Rheology Principles, measurements and applications VCH Publishers, New York 1994
9. S. Middleman Fundamentals of polymer processing McGraw-Hill, New York 1977
10. I.M WARD "Mechanical properties of solid polymers" John Wiley and sons, London 1971
11. D FERRY "Viscoelastic properties of polymers" John Wiley Eds. New-York, 1980

PRÉ-REQUIS

Physique des matériaux [niveau 1er cycle], Connaissances générales en synthèse et connaissances des différentes structures des polymères [3GMPPA-SIMS2], propriétés viscoélastiques des polymères [3GMPPA-RMP], .

INSA LYON

Campus LyonTech La Doua

20, avenue Albert Einstein - 69621 Villeurbanne cedex - France

Tel. +33 (0)4 72 43 83 83 - Fax +33 (0)4 72 43 85 00

www.insa-lyon.fr