



Volume 1

Comportement mécanique des composites à matrice organique

vieillissement thermo-oxydant

Marco Gigliotti
Marie-Christine Lafarie-Frenot
Jean-Claude Grandidier
Matteo Minervino

ISTE
editions

Table des matières

Remerciements	7
Avant-propos	9
Introduction	11
Chapitre 1. Aspects phénoménologiques du vieillissement thermo-oxydant des CMO	19
1.1. Effet de la thermo-oxydation sur le comportement mécanique local du polymère	24
1.1.1. Couches oxydées	27
1.1.2. Mesures d'EIT par UMI	30
1.1.3. Introduction d'un paramètre « γ », traceur d'oxydation.	33
1.1.4. Caractérisation du comportement mécanique local du polymère	38
1.1.5. Matériau oxydé	45
1.2. Étude du retrait matriciel induit par la thermo-oxydation dans les CMO unidirectionnels	48
1.2.1. Échantillon vierge.	50
1.2.2. Échantillon oxydé sous 2 bar d'O ₂	55
1.2.3. Échantillon oxydé sous air.	60
Chapitre 2. Modélisation du vieillissement thermo-oxydant des CMO	65
2.1. Notions de thermodynamique des processus irréversibles à variables internes	65

2.2. Développement d'une loi de comportement dépendant du vieillissement pour polymères organiques	69
2.3. Prise en compte des déformations inélastiques initiales et d'origine chimique.	79
Chapitre 3. Identification et simulations	81
3.1. Identification de la loi de comportement des matériaux polymères thermo-oxydés par analyse inverse d'essais d'ultra micro-indentation	81
3.1.1. Structure de la procédure d'identification du comportement mécanique local du polymère vierge et oxydé	81
3.1.2. Identification du comportement mécanique local du polymère vierge.	84
3.1.3. Identification du comportement mécanique local du polymère oxydé.	87
3.2. Identification des déformations inélastiques d'origine chimique par analyse inverse des retraits matriciels dans les CMO unidirectionnels	91
3.2.1. Structure de la procédure d'identification des déformations inélastiques dans les CMO vierges et oxydés	93
3.2.2. Identification des déformations inélastiques et calcul des contraintes dans le CMO vierge	94
3.2.3. Identification des déformations inélastiques dans le CMO oxydé	98
3.2.4. Validation de l'identification des déformations inélastiques d'origine chimique	100
3.2.5. Simulation numérique des contraintes induites par la thermo-oxydation dans les CMO UD	103
3.2.6. Approche de Rayleigh-Ritz pour le calcul approché du retrait matriciel dans les CMO	106
Conclusion et perspectives	111
Bibliographie	117
Index	121

L'utilisation des composites à matrice organique pour des applications structurales à haute température est de plus en plus souvent envisagée, notamment dans certaines zones de turbomachines aéronautiques. A cette fin, il devient nécessaire d'analyser les effets du vieillissement thermo-oxydant sur le comportement mécanique d'un polymère et des composites associés.

Cet ouvrage met en relief des méthodologies expérimentales originales qui permettent, par analyse inverse, de développer et d'identifier une loi de comportement du polymère dépendant du vieillissement ainsi que les déformations d'origine chimique. Ces informations sont utilisées pour le calcul des contraintes internes induites par un vieillissement thermo-oxydant dans des composites unidirectionnels à fibres continues de carbone.

Comportement mécanique des composites à matrice organique se différencie des autres ouvrages par son approche. Il examine des lois de comportement thermomécaniques locales dépendant de l'oxydation grâce à l'emploi d'essais couplés et non couplés à l'échelle microscopique. Il présente des modèles originaux afin d'intégrer toute la richesse de la phénoménologie observée expérimentalement, grâce à l'emploi de variables internes correctement choisies.

Les auteurs

Marco Gigliotti est professeur à l'université de Poitiers et à l'ISAE-ENSMA. Son travail de recherche concerne le vieillissement, la dégradation et la durabilité des matériaux composites à matrice organique pour applications aéronautiques.

Marie-Christine Lafarie-Frenot est professeur émérite à l'université de Poitiers et à l'ISAE-ENSMA. Son domaine d'expertise est celui du comportement mécanique et de la durabilité des composites à matrice polymère et à fibres continues de carbone dans le cadre d'applications aéronautiques.

Jean-Claude Grandidier est professeur des universités à l'ISAE-ENSMA Poitiers. Son domaine d'expertise est celui de la modélisation des couplages multiphysiques dans les polymères et composites, en croisant des approches expérimentales et numériques.

Matteo Minervino est ingénieur matériaux et procédés au sein du département matériaux composites de Safran Aircraft Engines. Dans le cadre de son activité, il étudie le comportement mécanique des pièces en composite soumises à des environnements agressifs.