



Avis de soutenance

Chimie et Physique Moléculaire-Ecole doctorale S.E.S.A.M.E.S-Université de Lorraine

Nezha CHELLAH

Soutiendra publiquement ses travaux de thèse intitulés

Contribution à la compréhension de la dégradation chimique de barrières thermiques en zircone yttrée par les CMAS en vue de proposer une nouvelle composition céramique résistante dans le système $ZrO_2-Nd_2O_3$

Soutenance prévue le 02 avril 2013 à 10h00 -

Faculté des Sciences 54506 Vandoeuvre-Les-Nancy
Amphi 7

Composition du jury :

Alain Denoirjean	Directeur de Recherche, Centre Européen de la Céramique	Rapporteur
Renaud Podor	Docteur/HDR, Institut de Chimie Séparative de Marcoule	Rapporteur
Sylvie Begin-Collin	Professeur, Université de Strasbourg	Examineur
Marie-Hélène Vidal-Setif	Ingénieur, ONERA	Examineur
Carine Petitjean	Maître de conférences, Université de Lorraine	Examineur
Michel Vilasi	Professeur, Université de Lorraine	Examineur
Christophe Rapin	Professeur, Université de Lorraine	Invité
Sarah Hamadi	Ingénieur, SNECMA	Invitée
Pascal Chéreau	Expert Matériaux, DGA	Invité

Résumé :

Le système barrière thermique (BT) est utilisé pour protéger les aubes de turbines à gaz aéronautiques. Aux températures de fonctionnement, une des causes de l'endommagement du système barrière thermique est la dégradation de la couche céramique isolante en zircone yttrée (8YPSZ : $ZrO_2 - 4\% \text{ mol. } Y_2O_3$) par corrosion. Celle-ci est due à des dépôts d'oxydes à base de Ca, Mg, Al, Si, appelés CMAS provenant de diverses particules ingérées par le moteur. A haute température ($\approx 1200^\circ\text{C}$), le CMAS fond et s'infiltré dans la microstructure poreuse de la BT, se rigidifie au refroidissement provoquant, à terme, la délamination de la BT. A haute température, la BT subit une corrosion chimique induisant sa dissolution dans le CMAS liquide. L'ensemble de ces deux phénomènes conduit à la perte d'intégrité de la barrière thermique.

Le présent travail s'est focalisé sur la compréhension des mécanismes de dégradation chimique en vue de proposer une solution de protection contre l'infiltration par les CMAS. Après expertise d'aubes de turbines de retour de vol, une reproduction de la corrosion de la barrière thermique par un CMAS modèle de type CAS et une étude thermodynamique et cinétique de la dissolution de différents oxydes des systèmes $ZrO_2 - Y_2O_3$ et $ZrO_2 - Nd_2O_3$ ont été menées dans le verre silicaté CAS pour comprendre le processus de dissolution de Zr et Y et définir une nouvelle composition de barrière thermique anti-CMAS. Le comportement en corrosion par le CAS de matériaux céramiques denses de compositions $ZrO_2 - 12\% \text{ mol } Nd_2O_3$ et $Zr_2Nd_2O_7$ ainsi qu'un revêtement déposé par EB-PVD ($(La, Nd)_2Zr_2O_7$) a été testée.

Les résultats obtenus font apparaître que :

- le CAS réplique le mécanisme de corrosion en service, soit la dissolution – re-précipitation.
- l'oxyde ZrO_2 se dissout progressivement et forme le zircon ($ZrSiO_4$) dans le verre CAS, dès 30 min
- les dopants (Nd_2O_3 et Y_2O_3) conduisent à la formation très rapide, de la phase apatite $X_8Ca_2(SiO_4)_6O_2$ ($X = Nd$ ou Y) après réaction avec le verre silicaté. En plus de la phase apatite, Y_2O_3 forme la phase $Ca_3Y_2Si_6O_{18}$, qui est instable entre $1300^\circ C$ et $1400^\circ C$.
- les composés dopés au néodyme ($ZrO_2 - 12\% \text{ mol } Nd_2O_3$ et $Zr_2Nd_2O_7$) se dissolvent et conduisent, quasi-spontanément, à la phase apatite $Nd_8Ca_2(SiO_4)_6O_2$ ainsi qu'à la re-précipitation de grains de ZrO_2 appauvris en néodyme.
- malgré la présence de Y_2O_3 , les composés $ZrO_2 - 4\% \text{ mol } Y_2O_3$, $ZrO_2 - 10\% \text{ mol } Y_2O_3$ ne conduisent qu'à la re-précipitation de la zircon appauvrie en Y_2O_3 . L'absence de phases secondaires notamment, la phase apatite, pourrait expliquer l'infiltration facile du CMAS dans la microstructure de la barrière thermique en zircon yttrée.
- l'inhibition avérée de l'infiltration du CAS dans la microstructure poreuse de couches céramiques de nouvelles compositions semble être due à la formation rapide d'une couche superficielle fine et dense, constituée de zircon appauvrie en dopant et de phase apatite

Mots-clés : barrière thermique, zircon yttrée, solubilité, Nd_2O_3 , CMAS, corrosion