

Tenue en fatigue d'alliages élasto-caloriques pour pompe à chaleur

En raison des priorités en matière d'économies d'énergie et de protection de l'environnement, de nouvelles techniques de réfrigération basées sur l'effet élasto-calorique ont été proposées comme une alternative plus efficace et propre que le refroidissement conventionnel par compression de vapeur. Notre proposition explore de nouvelles méthodes de traitement des matériaux élasto-caloriques améliorant leurs propriétés de fatigue mécanique qui est leur principale faiblesse pour leur application dans les pompes à chaleur. La plupart des recherches sur les matériaux élasto-caloriques se concentrent sur les alliages métalliques à mémoire de forme (AMF) qui présentent une transition de phase structurale, tels que NiTi, CuAlX (X=Zn,Mn), NiMnIn intermétalliques. L'effet élasto-calorique important dans ces SMA provient principalement de l'important changement d'entropie au cours de la transition structurale du premier ordre. Cependant, la faible ductilité et la fracture intergranulaire des alliages SMA limitent leur utilisation dans les applications. La résistance mécanique et l'endurance à la fatigue sont donc les éléments clés pour l'application de ces matériaux, étant donné qu'une hystérésis anélastique de déformations de plusieurs % est attendue pour un cycle d'énergie optimal et qu'une endurance de plus de 10^6 cycles est requise. Nous souhaitons explorer des stratégies prometteuses pour contourner la nature fragile intrinsèque de ces matériaux intermétalliques afin de permettre un fonctionnement en cycle prolongé en suivant deux voies de traitement. Les matériaux à petite échelle (avec une dimension autour de cent micromètres) seront traités car ils sont plus faciles à intégrer dans des prototypes ou pour la miniaturisation.

- nanocomposites in situ : l'idée est de tirer parti des propriétés mécaniques inhabituelles des grains de taille nanométrique. Ce confinement spatial peut être renforcé à l'aide d'une structure composite in situ (nanocomposite) en utilisant une phase supplémentaire du diagramme de phase comme renfort : cela a été démontré dans le NiTi/Ni₃Ti par fabrication additive, atteignant un million de cycles à une déformation de 1 %. Nous aimerions transposer cette méthode à des alliages moins coûteux tels que le SMA à base de CuAlX ou le NiMnX en utilisant le filage par fusion et le procédé par colaminage.

- monocristal avec surfaces modifiées : l'efficacité maximale de l'effet élasto-calorique est observée dans une structure monocristalline. Cependant, pendant le cyclage, les hétérogénéités de surface produites par la localisation de la transition de phase entraînent des concentrations de contraintes qui conduisent à la rupture. Pour améliorer la limite de cyclage, nous proposons d'explorer des traitements permettant d'apporter une couche non transformable à la surface : contrainte de compression par stress mécanique, dépôt de couches dures (...).

Direction de thèse: M.VERDIER -SIMaP (marc.verdier@grenoble-inp.fr) et codir. L.PORCAR -Institut Néel (laureline.porcar@neel.cnrs.fr)