

Soutenance de thèse

Juan Manuel CABRERA ANAYA

08/09/2014 - Amphithéâtre Jean BESSON, bâtiment de Phelma Campus

Croissance des whiskers de zinc

Résumé

Les whiskers, filaments métalliques qui poussent sur des surfaces métalliques, sont un problème très important pour la fiabilité des composants électroniques. Depuis ces dernières années, il y a eu un regain d'intérêts industriels dans le domaine de la croissance des whiskers, principalement en raison de la miniaturisation des dispositifs électroniques et des réglementations environnementales interdisant l'utilisation du plomb.

Alors que la plupart des recherches concernent les whiskers d'étain, il y a encore peu de travaux sur les whiskers de zinc. Les revêtements d'électrodéposés de zinc sont utilisés comme protection anticorrosion pour les aciers faiblement alliés dans diverses industries, comme l'automobile, l'aéronautique ou l'énergie, ainsi que dans les structures de soutien ou les planchers faux plafonds dans les centres de données informatiques. Afin d'atténuer, de prévenir et de prédire les défaillances causées par les whiskers de zinc, les mécanismes de sa croissance doivent être compris.

Grâce à des tests de stockage accéléré et à des observations par microscopie électronique à balayage (MEB), la cinétique de croissance des whiskers de zinc a été étudiée sur des tôles d'acier au carbone faiblement allié, galvanisé et chromé. Afin de comprendre les mécanismes de la croissance des whiskers de zinc, la caractérisation quantitative ainsi que les excroissances (densité, volume et vitesse de croissance) ont été reliées aux paramètres suivants: la température, le bain pour l'électrodéposition du zinc, la chromatation, l'épaisseur du substrat d'acier, l'épaisseur du revêtement de zinc ainsi que la contrainte résiduelle.

En outre, la microstructure et la cristallographie du revêtement de zinc, des racines des whiskers ainsi que des whiskers elles-mêmes ont été étudiées par diffraction des électrons rétrodiffusés (EBSD), microscopie électronique à transmission (MET), microanalyse par rayon X (EDX) et le dispositif ASTAR pour l'orientation locale des grains; la préparation des échantillons a été réalisée à l'aide d'un faisceau d'ions focalisés (FIB). La recristallisation ainsi que les dislocations dans les whiskers et les excroissances ont été observés; aucun composé intermétallique n'a été observé que ce soit dans les échantillons issus de différents bains électrolytes ou encore dans les films / whiskers.

Il a été montré que la relaxation de contrainte de compression résiduelle et la croissance des whiskers sont deux phénomènes différents mais fortement reliés et thermiquement activés. Chacun d'entre eux suit un mécanisme différent; les énergies d'activation apparentes des deux phénomènes ont été établies, et la diffusion aux joints de grains est proposée comme le principal mécanisme de diffusion pour la croissance des whiskers.

Des cinétiques de la croissance des whiskers, à la fois analytique et phénoménologique sont proposées. Une bonne estimation de la croissance des whiskers et de leur vitesse de croissance à des températures proches des conditions de fonctionnement est obtenue par comparaison avec les données expérimentales.

PhD defense

Juan Manuel CABRERA ANAYA

08/09/2014 - Amphithéâtre Jean BESSON, bâtiment de Phelma Campus

Growth of zinc whiskers

Abstract

Whiskers, conductive metallic filaments that grow from metallic surfaces, are a very important issue for reliability of electronic components. Through recent years, there has been a renewed industrial interest on whisker growth, mainly due to the miniaturization of electronic devices and the environmental regulations forbidding the use of lead.

While most of the research has been focused on tin whiskers, there is still little reference to zinc whiskers. Electroplated zinc coatings are actually used as anticorrosive protection for low alloy steels in diverse industries such as automotive, aerospace or energy, as well as for support structures or raised-floor tiles in computer data centers. In order to mitigate, prevent and predict the failures caused by the zinc whiskers, the mechanisms of growth must be understood.

By accelerated storage tests and Scanning Electron Microscopy (SEM) observation, kinetics of growth of zinc whiskers was studied on low alloy chromed electroplated carbon steel. Quantitative characterization of both whisker and hillocks (density, volume and growth rate) was related with the parameters temperature, electroplating electrolyte, presence of chrome, steel substrate thickness, zinc coating thickness and residual stress, in order to understand the mechanisms of growth.

Additionally, both microstructure and crystallography of zinc coating, whisker roots and actual whiskers were studied by Electron Backscatter Diffraction (EBSD), Transmission Electron Microscopy (TEM), Energy-dispersive X-ray spectroscopy (EDX) and local grain orientation with ASTAR setup, using Focused Ion Beam (FIB) for samples preparation. Recrystallization as well as dislocations were observed in both whiskers and hillocks; no intermetallic compounds were seen in neither electroplated nor whiskers.

It is found that compressive residual stress relaxation and whiskers growth are two different but strongly interconnected phenomena both thermally activated, and each of them follows a different mechanism; apparent activation energies of the two phenomena are calculated, and grain boundary diffusion is established as the main diffusion mechanism for whiskers growth.

Whiskers growth kinetics, both analytical and phenomenological is proposed. Good estimation of whiskers growth and whiskers growth rate at temperatures close to operation conditions is obtained when compared with experimental data.