

Corrosion à haute température de fonte GS à matrice ferritique et austénitique sous atmosphères complexes

Kamel Dawi

Laboratoire Roberval de l'UTC

Directeurs de Thèse : Pr. Gérard Moulin et Dr. Jérôme Favergeon.

Objectif

Cette étude est basée sur la corrosion à haute température de fontes commerciales. L'objet de ce travail est de mieux comprendre la corrosion à haute température des fontes, notamment les fontes à graphite sphéroïdal destinées à l'usage automobile et à la fabrication des tubulures d'échappement et du carter du turbocompresseur. En effet, dans le domaine automobile, la corrosion des alliages métalliques utilisés dans les parties chaudes se déroule généralement dans des milieux complexes, résultant de mélanges de différents gaz et vapeurs corrosifs. Ces gaz sont les produits de réactions de combustion à l'intérieur du moteur.

Méthodes et résultats

Cette étude a été menée sur la base d'une analyse bibliographique, d'analyses expérimentales prenant en compte les différents paramètres et de calculs thermodynamiques. L'étude expérimentale concerne la réalisation d'essais paramétrés constitués de recuits dans des atmosphères complexes en boucle de corrosion. Trois températures ont été utilisées : 300°C, 450°C et 600°C. Les autres paramètres pris en compte sont la teneur en SO₂ qui s'est échelonnée de 0 à 2000 ppm, ainsi que la vapeur d'eau puisque deux ambiances ont été testées : une atmosphère sèche et une atmosphère chargée avec 7 vol.% de vapeur d'eau. Pour le reste, le mélange gazeux était constitué de 18.8% de O₂, 6% de CO₂, et le complément en N₂. Ces tests ont été complétés par des calculs thermodynamiques effectués en utilisant les bases de données commerciales de la société ThermoCalc.

Quatre nuances de fonte à graphite sphéroïdal ont été étudiées, dont trois à matrice ferritique (nuances SiMo, SiMo+ et SiMoCr) et une à matrice austénitique (nuance Ni-Resist).

Cette étude a permis de dégager un certain nombre de résultats significatifs :

> Sur le plan microstructural, plusieurs types d'analyses et des calculs thermodynamiques ont été effectués afin de caractériser les matériaux testés. Ainsi, nous avons constaté la présence de plages de carbures réparties d'une manière homogène sur toute la surface des échantillons des quatre fontes ; ces plages apparaissent aux joints de grains de la matrice, loin des nodules de graphites. Certains carbures ont été identifiés...

> En ce qui concerne l'influence de SO₂, cette dernière a été essentiellement étudiée à 450°C et sans présence de vapeur d'eau. Nous avons remarqué que la quantité de produits de corrosion augmente généralement avec la teneur en SO₂ ajouté dans le milieu réactionnel. Cette étude montre aussi l'existence d'une teneur critique en SO₂ comprise entre 50 et 100 ppm au-delà de laquelle la corrosion devient très importante. La différence entre la vitesse de corrosion obtenue dans les différents cas, a été reliée à la nature des produits de corrosion formés. Ainsi, on remarque la formation des phases soufrée (FeSO₄) à partir de 100 ppm de SO₂, ces phases rendent la couche de corrosion beaucoup moins protectrice...

> En ce qui concerne l'influence de la vapeur d'eau, son étude a été effectuée essentiellement à 450°C ; il a été noté que la quantité minimale de SO₂ que doit contenir l'atmosphère pour assurer la formation de sulfate de fer augmente en présence de vapeur d'eau. Cette quantité critique est comprise entre 100 et 2000 ppm dans le cas des fontes ferritiques alors qu'elle est supérieure à 2000 ppm dans le cas de la Ni-Resist...

> En ce qui concerne l'influence de la température, l'étude de son influence a été effectuée sans et en présence de la vapeur d'eau.

Les expériences effectuées à 3 températures différentes ont montré l'effet important de celle-ci sur la corrosion. A 300°C, les résultats montrent un taux de corrosion très faible même après une semaine de corrosion. La vitesse d'oxydation était très faible, et la couche de corrosion n'était pas continue. Cependant à 450°C et à 600°C la couche de corrosion était plus épaisse et plus continue.

La température avait aussi un rôle sur la nature de produits de corrosion formés. En effet, le passage de 450 à 600°C conduit à l'obtention d'une couche de corrosion exempte de sulfate de fer (FeSO₄) quelque soit la teneur en SO₂ dans l'atmosphère corrosive (0, 50, 100, ou 2000 ppm de SO₂). La présence d'une strate de fayalite à l'interface métal-couche a été aussi constatée à 600°C dans le cas des fontes ferritiques...

Retombées et valorisation

Cette thèse a été financée par une bourse MENRT et s'est déroulée au sein du laboratoire Roberval de l'Université de Technologie de Compiègne (UTC). Elle a été effectuée en collaboration avec le groupe PSA Peugeot-Citroën.

Elle montre le rôle des différents paramètres : teneur en SO₂, présence de vapeur d'eau et température sur la corrosion à haute température des fontes GS utilisées dans l'industrie d'automobile.

Les travaux de cette thèse ont fait l'objet des deux publications dont une dans une revue internationale et une autre dans un acte d'une conférences internationale avec comité de lecture :

> K. Dawi, J. Favergeon, et G. Moulin, High Temperature Corrosion of the Si-Mo Cast Iron in Exhaust Atmosphere, Materials Science Forum, Vols. 595-598 (2008), Pages 743-751.

> E. Hug, C. Keller, J. Favergeon, et K. Dawi, Application of the Monkman-Grant law to the creep fracture of nodular cast irons with various matrix compositions and structures, Materials Science & Engineering A, Vol. 518 (2009), Issues 1-2, Pages 65-75.

Ce travail a été aussi présenté dans quatre congrès internationaux : CSM5 (2006, Beyrouth-Liban), ITCT (2006, Paris-France), ICEC (2007, Séoul-Corée du Sud) et HTCPM (2008, Les Embiez-France), un congrès national : XXXVIIe JECH (2006, Dijon-France) et un séminaire national : GDR EVAPE (2008, Dijon-France).



UMR UTC/CNRS 6253

