บทคัดย่อ

T 143569

ผิวเคลือบฉนวนความร้อนซึ่งประกอบด้วยผิวเคลือบชั้นบนที่เป็นวัสดุเซรามิค (ZrO_2-Y_2O_3) และผิวเคลือบชั้น Bondcoat ที่เป็นโลหะผสมพิเศษ (MCrAlY เมื่อ M คือ Ni และ/หรือ Co) ถูกนำมาเคลือบบนชิ้นงานเพื่อความเป็นฉนวนความร้อนและความต้านทานการออกซิเดชั่น โดยการฟอร์มชั้นอลูมิเนียมออกไซด์ที่บริเวณรอยต่อระหว่างผิวเคลือบเพื่อชะลอการออกซิเดชั่นของชิ้นงาน นิยมนำมาใช้กับเครื่องยนต์กังหันก๊าซในส่วนที่ได้รับอุณหภูมิสูง แต่ถ้าออกไซด์ฟิล์มที่เกิดขึ้นไม่มีเสถียรภาพหรือไม่มีคุณสมบัติในการต้านทานการกัดกร่อนที่ดีก็จะส่งผลให้ผิวเคลือบเกิดความเสียหายเร็วขึ้น

วิทยานิพนธ์ฉบับนี้วิเคราะห์ความเสียหายของผิวเคลือบฉนวนความร้อนของใบพัดกังหันก๊าซความดันสูงหลังจากใช้งานมาประมาณ 14000 ชั่วโมงที่อุณหภูมิใช้งานสูงสุดประมาณ 1200 ^{o}C พบการสูญเสียอลูมิเนียมบริเวณใกล้กับรอยต่อระหว่างผิวเคลือบ ส่วนบริเวณที่ไม่พบการสูญเสียอลูมิเนียมหรือมีการสูญเสียน้อยจะพบเฟส Al-rich ซึ่งแต่ละตำแหน่งของใบพัดกังหันก๊าซมีการสูญเสียอลูมิเนียมไม่เท่ากัน โดยสันนิษฐานว่าปริมาณอลูมิเนียมที่มีอยู่ในผิวเคลือบ bondcoat สูญเสียไปในการฟอร์มเฟส Al-rich จึงไม่สามารถแพร่ขึ้นไปสร้างฟิล์มออกไซด์ได้ ทำให้ปริมาณอลูมิเนียมที่เหลืออยู่ไม่เพียงพอในการฟอร์มชั้นออกไซด์ทำให้ธาตุอื่นฟอร์มเป็นออกไซด์แทน เช่น นิกเกิลออกไซด์ โคบอลต์ออกไซด์และกลุ่มของออกไซด์ (Spinel) ซึ่งไม่มีความสามารถในการต้านทานการกัดกร่อนและยังอาจเป็นจุดเริ่มต้นของรอยแตกได้อีกด้วยจึงมีผลให้เกิดความเสียหายแก่ผิวเคลือบเร็วขึ้น เนื่องจากความไม่ต่อเนื่องในโครงสร้างผิวเคลือบ Bondcoat ได้แก่ ปริมาณรูพรุนแบบต่อเนื่อง (Interconnected pores) และออกไซด์เป็นต้นเหตุสำคัญที่ขัดขวางการแพร่ของอลูมิเนียมในการฟอร์มชั้นออกไซด์ทำให้ธาตุอื่นสามารถแพร่ขึ้นไปฟอร์มเป็นออกไซด์ จากนั้นจึงออกแบบการทดลองด้วยวิธี Full Factorial เพื่อดูอิทธิพลของพารามิเตอร์ที่ใช้ในการพ่นเคลือบด้วยเปลวพลาสมาและเปลวเพลิงความเร็วสูงที่มีผลต่อปริมาณรูพรุนและออกไซด์ในโครงสร้างผิวเคลือบ Bondcoat ซึ่งพบว่าขนาดผงพ่นเคลือบมีอิทธิพลต่อปริมาณรูพรุนและออกไซด์มากที่สุดแล้วนำชิ้นงานไปทดสอบการออกซิเดชั่นที่อุณหภูมิ 1100 ^{o}C พบว่าปริมาณรูพรุนและออกไซด์ในโครงสร้างมีผลต่อคุณลักษณะและการฟอร์มชั้นออกไซด์ของผิวเคลือบ การผลิตผิวเคลือบด้วยเปลวเพลิงความเร็วสูงซึ่งมีปริมาณรูพรุนและออกไซด์น้อยที่สุดจะช่วยให้ผิวเคลือบฉนวนความร้อนมีอายุการใช้งานนานที่สุด

คำสำคัญ : ผิวเคลือบฉนวนความร้อน/การออกซิเดชั่น/การพ่นเคลือบด้วยเปลวความร้อน/การหลุดร่อน/การวิเคราะห์ความเสียหาย

Abstract

TE 143569

Thermal Barrier Coating (TBC), consisting of a ceramic topcoat (ZrO_2-Y_2O_3) and a metallic bondcoat MCrAlY (where M = Ni and/or Co), is applied on to component surfaces to provide a thermal barrier and an oxidation resistance for the components in order to protect against high temperature oxidation. Most applications are used in high temperature sections of gas turbine engine. During service, an Al_2O_3 scale is formed between the bondcoat and the topcoat, which protects the component from further oxidation. If the oxide film does not possess a good structural stability or does not have a good protective behaviour, it will lead to premature damage or failure of the coatings and the components.

The thesis investigated the failure of the TBC used on a high pressure turbine blade (HPT) after it has been in 14000 hours service at maximum temperature of about 1200 ^{o}C. The result showed that Al depletion had occurred in the bondcoat adjacent to the bondcoat/topcoat interface. The degree of Al depletion varied throughout the TBC on the turbine blade. In the area where Al depletion had not been identified, precipitations of an Al-rich phase were detected. Large amount of the Al was contained within the Al-rich phase, leaving only a small amount of Al in the surrounding matrix. The assumption was made that the Al content in the bondcoat diffuses to form the Al-rich phase, causing the remaining Al to be insufficient to form a protective oxide film between bondcoat/topcoat interface. Therefore, other oxides were formed. The formation of other oxides, their non-protective property such as NiO, CoO and oxide spinels as the bondcoat oxidation products would accelerate the failure of TBC due to interconnected porosity and internal oxide within the bondcoat are also responsible for the Al diffusion blockage during service. In the second part of the thesis, a Design of Experiment was carried out utilising a Full Factorial technique to select the optimum parameters for air plasma spraying (APS) and high velocity oxy fuel (HVOF) process. The result clearly revealed that the discontinuities within the bondcoat are significantly influenced by the particle size of the coating powder. The oxidation test was then performed by oxidising the TBC samples at 1100 ^{o}C in atmospheric furnace. The oxidation result showed that the discontinuities control characteristic and oxidation behaviour of the thermal-grown oxide layers. The coatings produced by HVOF technique, which have a small amount of porosity and a low oxide content will prolong the life of the coating.

Keywords: Thermal Barrier Coating/oxidation/Thermal spraying/Failure analysis/Spallation