

### 가스터빈용 NiCrAlY/(ZrO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>) 내열복합코팅의 고온용융염부식

이재호<sup>\*1</sup>, 이동복<sup>2</sup>

<sup>1</sup>현대하이테크 기술연구소

<sup>2</sup>성균관대학교 신소재공학과

화력발전소에 이용되는 가스터빈 블레이드나 디젤엔진 같이 고온에서 쓰이는 재료들에 사용되는 열장벽 코팅(thermal barrier coating, TBC)은 일반적으로 YSZ(yttria stabilized zirconia) 같은 내화성 세라믹 top coating 층과 NiCrAlY 같은 금속기지의 bond coating 층으로 구성되어 있다. 열장벽 코팅은 내열부품의 표면 온도를 낮춤으로써 고온산화, 부식, 마모 등의 유해한 작용으로부터 부품을 보호하는 기능과 더불어 사용온도를 높여 엔진효율을 높이고 제품의 수명과 성능을 향상시키는 역할을 한다 [1]. 그러나, 이러한 2층 TBC구조는 고온에서 사용시 top coating 층과 bond coating 층 사이에서 주로 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 구성된 산화막(TGO; thermally grown oxide layer)이 생성되어 top coating 층의 박리를 일으켜 TBC의 퇴화를 야기하게 된다. 이러한 단점을 극복하고자, 2층 구조 사이에 두 코팅제의 조성을 점차로 변화시킨 혼합 중간층을 넣어, 우수한 접착강도를 제공하고, 상이한 물성 차이를 완화하여 내구성을 지닌 경사기능성 코팅(functionally gradient coating, FGC)에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그런데, 해변가에 위치한 발전소의 공기 중에 함유된 NaCl, 연료 내에 미량 불순물로 존재하는 S의 산화물인 SO<sub>2</sub>, 이들이 결합하여 만들어지는 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 등에 의해 고온 용융염 부식(hot corrosion)이 일어나면 부품의 수명과 사용온도가 심각하게 저하되게 된다. 용융염 부식은 연소에 의한 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>의 생성 → 합금 표면에 부착 → 용융 → 산화피막과의 반응 → 비보호성화(또는 S의 소지로의 확산) → 부식의 단계로 진행된다. 이 때, 800~900°C에서 가장 격렬히 부식되는데, 이 온도는 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 및 각종 황화물의 용점과 일치한다. NaCl은 Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>와 공정을 형성하여 용점을 내리고, 휘발성이 높은 산/염화물을 만들어 부식 촉진, Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>의 해리 조장, 용해염의 점성을 저하시켜 침투성을 좋게 하고, 스케일의 박리를 촉진한다. 따라서, NiCrAlY/YSZ로 구성된 복합내열 코팅제를 제조한 후, 고온 NaCl-Na<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> 용융염에서 부식실험을 실시하고, 부식 특성에 영향을 미치는 코팅 미세조직과 조성에 따른 부식 생성물을 조사하였다.

대기용사법으로 (ZrO<sub>2</sub>-Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)/NiCrAlY 내열복합코팅제를 제조하고, 800~900°C에서 용융염 부식시켜 다음 결과를 얻었다.

1. 용사된 코팅은 금속(NiCrAlY)-잉여지역과 세라믹(YSZ)-잉여지역으로 구별되고, 용사중에 NiCrAlY의 Al이 선택적으로 산화되어 생성된 α-Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>가 두 지역의 계면에 존재하였다.
2. 금속(NiCrAlY)은 NiO, Cr<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>로 부식되는데, 이는 금속 잉여상으로부터 Cr, Al이 외방확산하여 생성되었다. 부식생성물이 지속적으로 용해되기 때문에 용사된 코팅의 부식은 지속적으로 발생하였고, 기공, 균열과 같은 코팅결함 등을 통해 황, 산소이온은 코팅내부로 침투하여 코팅내부에는 황화물, 산화물이 존재하였다.

#### [참고문헌]

1. C. W. Lee, J. H. Han, M. C. Shin, and S. I. Kwun, J. Kor.Inst. Met. & Mater. 47, 290 (2009).