

**ZrO₂-8wt%Y₂O₃ 단열코팅의 내열충격 특성에 미치는 Metallic
Bond Coating의 영향**
**Effects of the Metallic Bond Coat on the Thermal Cyclic
Resistance of ZrO₂-8wt%Y₂O₃ Thermal Barrier Coating**

한 명 섭, 김 대 영
현대중공업(주) 산업기술연구소

1. 서 론

발전용 가스터빈의 연소기 라이너, 터빈 blade 등과 같은 고온 부품은 1000℃를 초과하는 고온 가스에 노출되므로 기존의 금속재료로는 그 사용한계에 이르고 있다. 이와 같은 재료의 한계성을 극복하기 위하여 내열 강도와 고온 내부식·산화성특성이 우수한 재료의 개발과 더불어, 단열성이 우수한 단열코팅(Thermal Barrier Coating) 기술이 개발되어 적용되고 있다. 예컨대, 금속계 bond coating층과 ZrO₂-8wt%Y₂O₃ ceramic의 2-layer구조를 가지는 단열코팅은 초내열합금 모재의 표면 온도를 150℃ 가량 낮춤과 동시에 고온 부식·산화를 지연시킴으로써 금속재료의 사용 가능한 가스 온도의 상승 및 내산화 수명의 향상에 기여하는 것으로 알려져 있다.

단열코팅의 열화 기구는 as-sprayed ceramic coating층의 특성과 초기 잔류 응력, 열팽창 계수의 차이에 의한 열응력, ceramic coating의 소결에 따른 미세 상변화, bond coating의 산화에 의한 bond coating과 ceramic coating의 접합강도 감소 등에 기인한다. 특히 금속 모재와 bond coating의 합금원소와의 상호확산 및 bond coating과 ceramic coating의 계면에서 bond coating의 산화에 의해 생성된 산화물은 단열코팅을 열화(degradation)시키는 원인이 된다[1,2].

본 연구에서는 bond coating의 종류 및 용사방법(APS(Air Plasma Spray)와 HVOF(High Velocity Oxygen Fuel))이 단열코팅의 내열충격에 미치는 영향을 조사함으로써 내구성이 우수한 단열코팅 제조기술을 확립하고자 하였다.

2. 실험 방법

기지재는 superalloy인 IN713C의 평판(34×34×5t)이었으며, 기지재 표면을 먼저 알루미나 grit를 사용하여 blasting를 실시한 후, 아세톤으로 초음파 세척하여 준비하였다. 두 종류의 MCrAlY(M=Co,Ni)합금 분말을 APS 및 HVOF 용사장비를 사용하여 0.15mm두께로 용사하여 bond coating층을 형성하고, 그 위에 APS 용사장비로 0.3mm 두께의 ZrO₂-8wt%Y₂O₃ ceramic coating층을 균일하게 용사하여 two-layer 구조의 시험편을 제조하였다.

단열코팅 시험편에 대한 열충격 시험은 1075℃에서 5분간 가열하고, 압축 공기로 2분간 냉각시키는 방법으로 단열코팅층의 박리가 국부적으로 발생하는 시점까지 실시

하였다. 고온 열충격시험을 실시한 단열코팅층은 광학현미경 및 주사전자현미경 (SEM)을 이용하여 미세조직을 분석하였고, cyclic test 과정에서 발생된 산화생성물의 종류를 확인하기 위하여 EDS분석을 실시하였다.

3. 연구결과 및 고찰

Metallic bond coating의 종류 및 용사방식에 따른 열싸이클 수명을 평가한 결과 Fig.1에서 보는 바와 같이 bond coating의 종류에 무관하게 HVOF 용사층이 APS 용사층에 비해 우수한 내열충격 특성을 나타낸다. 이는 as-sprayed bond coating층에 존재하는 산화물의 함량과 밀접한 관계가 있는데, 산화물의 함량이 감소할수록 bond coating과 ceramic coating 계면에 성장 속도가 느린 Al_2O_3 산화피막을 형성하여 단열코팅층의 고온 내산화 수명을 증가시키는 활성 Al이 증가되기 때문이다. 한편 NiCrAlY/ZrO₂-8wt%Y₂O₃ 단열코팅이 CoNiCrAlY/ZrO₂-8wt%Y₂O₃ 단열코팅에 비해서 용사방법에 무관하게 우수한 내열충격 특성을 가지는 것은 합금 자체의 내산화성이 뛰어나기 때문이다[3].

열충격 시험을 실시한 단열코팅은 Fig.2에서 보는 바와 같이 산소의 유입으로 인해 두꺼운 oxide scale이 생성되어 있는 ceramic coating과 metallic bond coating의 interface를 따라 박리가 발생되었다.

4. 결 론

Bond coating의 종류 및 용사방법에 따른 ZrO₂-8wt%Y₂O₃ 단열코팅의 열충격 특성에 관한 연구결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. APS 단열코팅층에 비해 bond coating의 산화물 함량이 적은 HVOF 단열코팅층이 보다 우수한 내열충격 특성을 가진다.
2. 내산화성이 우수한 NiCrAlY/ZrO₂-8wt%Y₂O₃ 단열코팅이 CoNiCrAlY/ZrO₂-8wt%Y₂O₃ 단열코팅보다 내열충격 성능이 우수하다.
3. Thermal barrier coating의 열싸이클 수명은 용사 과정 및 열싸이클 시험 중에 발생하는 bond coating층의 산화물 함량에 의존한다.

5. 참고문헌

1. R. A. Miller, C. E. Lowell : "Failure Mechanisms of Thermal Barrier Coating Exposed to Elevated Temperature", *Thin Solid Film*, 95 (1982) 265-273.
2. S. L. Shinde : "Degradation in a Thermal Barrier Coating", *Adv. Cera. Mat.*, 2, 1 (1987) 60-64.
3. B. C. Wu and E. Chang : "Thermal Cyclic Response of Yttria-stabilized Zirconia/CoNiCrAlY Thermal Barrier Coatings", *Thin Solid Films*, 172 (1989) 185-196.

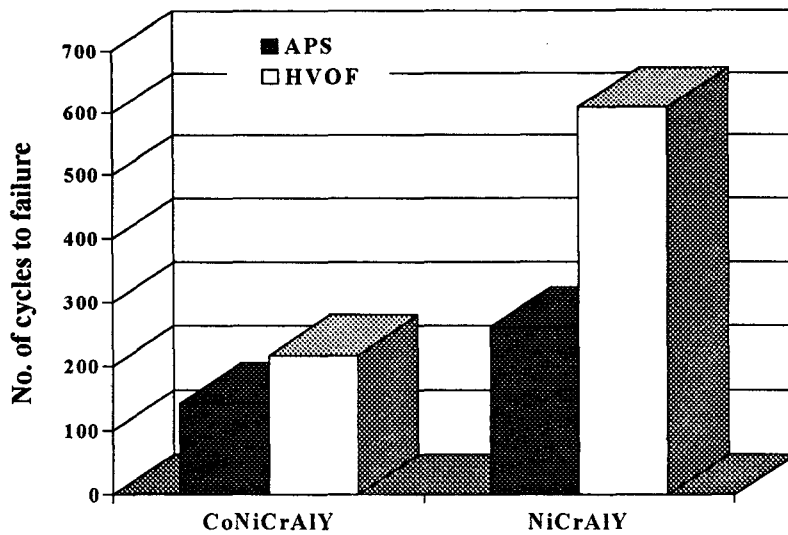


Fig.1 Performance of TBCs systems on thermal cyclic test at 1075°C

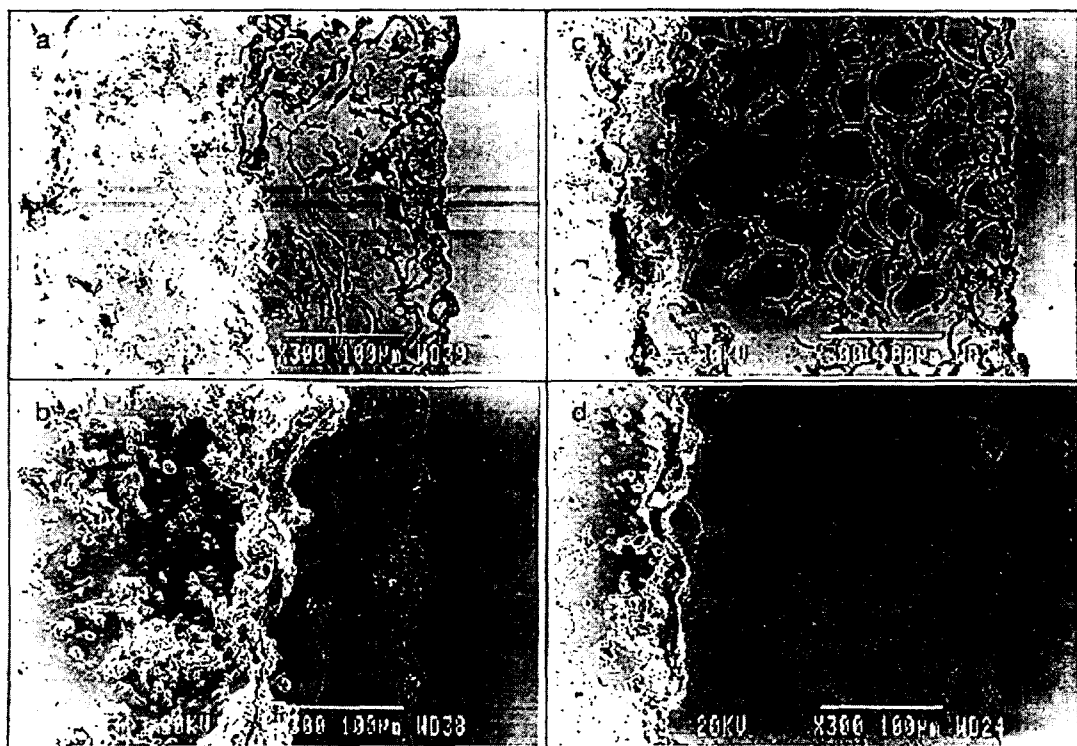


Fig.2 Photographs of the cross-section of the specimens after thermal cyclic test at 1075°C

- a) APS-CoNiCrAlY
- b) APS-NiCrAlY
- c) HVOF-CoNiCrAlY
- d) HVOF-NiCrAlY