

열차폐코팅의 고온산화특성

- High temperature oxidation properties of thermal barrier coatings -

김의현*, 정진성

전력연구원 재료부식연구소

대전시 유성구 문지동 103-16

1. 서 론

가스터빈설비의 효율을 높이기 위한 방법으로는 가스터빈의 가스입구온도를 높이는 방법이 있고 그 방법으로는 가스터빈의 구성재료인 초내열 합금개발, 효과적인 냉각기술개발 그리고 열차폐코팅을 가스터빈 설비부품에 적용하는 방법등이 있다. 한편 열차폐코팅의 적용방법으로는 이전부터 사용되어온 확산코팅방법이 있고 현재는 용사법 즉 대기플라즈마 용사법(Air Plasma Spray), 진공플라즈마 용사법(Vacuum Plasma Spray), 고속화염 용사법(High Velocity Oxygen Fuel)이 주로 적용되고 있다. 또한 최근에는 EB-PVD (Electron Beam Physical Vapour Deposition) 열차폐코팅 방법이 활발하게 연구되고 있다.

EB-PVD 코팅조직은 주상조직(Columnar Structure)을 하고 있어 고온사용중에 생기는 열팽창응력을 완화시키는 능력을 보여 기존의 코팅보다 코팅의 내구성이 우수한 특징이 있다.

한편 가스터빈 설비손상은 일반적으로 고온부식과 고온산화등에 의해 일어나는데 가스입구온도가 높아감에 따라 고온산화의 영향이 더욱 중요하게 되었다.

따라서 본 연구에서는 용사방법 및 접합코팅재료를 달리한 열차폐코팅 시편으로 등온산화 시험후 산화시간에 따른 열차폐코팅의 산화거동 및 파괴거동에 대해 조사하였다.

2. 본 론

2. 1 실험방법

니켈기 초내열합금모재에 두 종류의 접합코팅분말을 대기플라즈마용사 및 고속화염용사방법으로 접합코팅을 한 후 대기플라즈마방법으로 최종코팅을 하고 열처리를 실시하여 등온산화시험을 실시하였다.

2.1.1 모재 및 용사재료

모재는 가스터빈 부품재료로 많이 쓰이는 니켈기 초내열합금인 IN738LC 로 직경 25.4mm, 길이 5mm 인 button 형태의 시편을 제작하여 #60 알루미나 grit 으로 블라스팅후 두가지 접합코팅재료 즉 Praxair Ni-211(Ni-343, Ni-22Cr-10Al-1Y)와 Co-241(Co-32Ni-21Cr-8Al-0.5Y)로 접합코팅을 한 후 Metco 204NS(8wt%Y₂O₃+92wt%ZrO₂)로 최종코팅을 하였다. 그리고 코팅시편을 1050℃ 에서 4시간 진공열처리하여 등온산화시험을 행하였다.

2.1.2 용사조건

접합코팅 및 최종코팅의 대기플라즈마 용사조건의 최적조건 선정을 위해 다구찌방법을 이용하여 코팅을 실시하였다.

2.1.3 고온산화시험

고온산화시험은 1050, 1150°C 두가지 온도에서 furnace 에 코팅시편을 유지시킨 후 시험시간 10 시간 부터 250 시간 까지 고온산화시험을 행하였다.

2.2 결과 및 고찰

2.2.1 고온산화시험결과

코팅조직은 고속화염용사에 의한 조직이 대기플라즈마 용사의 조직보다 치밀하였고 따라서 그에 따른 미세경도값도 Table. 1 에서와 같이 큰 값을 보였다.

Table. 1 Microhardness of coatings

Method	Coatings	HV ₃₀₀
APS	Ni-211	298
	Co-241	300
HVOF	Ni-343	480
	Co-241	386
APS	Metco204	562
IN738LC		396

최종코팅이 없고 접합코팅만 있는 시편의 경우는 시간의 경과에 따라 표면입자에 균열이 생겨 as-coated 상태가 없어지고 splat과 기공을 통한 산소의 공급으로 산화물이 생성되어 코팅층이 판상으로 떨어짐을 보였다. 한편 최종코팅층이 있는 경우, 다른 코팅시편은 100시간 경과후에 전부 최종코팅층이 peel-off 된 반면 고속화염용사로 Co-241접합코팅을 한 조건은 100시간 후에도 최종코팅층이 유지되어 4 가지 조건중에서 가장 좋은 내산화특성을 보였다. 이는 고속화염용사의 경우 코팅조직이 치밀하여 상대적으로 대기플라즈마용사의 경우보다 산소의 공급경로가 작기 때문이라생각된다.

최종코팅층이 떨어져 나간 모재쪽 표면을 관찰한 결과 표면은 주로 Al 산화물로 덮여있었고 특히 고속화염용사 코팅조건인 경우 100시간 경과후 주로 Al 산화물이 덮여 있고 부분적으로 spinel 형태의 산화물이라 생각되는 Ni, Cr 복합산화물이 존재하였다. 또한 떨어진 최종코팅층 밀면을 조사한 결과 또한 Al 산화물이 존재하였다. 따라서 최종코팅의 파괴과정은 최종코팅 즉 지르코니아의 기공을 따라 산소가 공급되어 접합코팅과 최종코팅 계면에서 생성된 Al 산화물과 특히 취성특성을 보이는 Ni, Cr복합산화물이 접합코팅과 최종코팅과의 열팽창차로 인해 산화물내에 균열이 생성되어 최종코팅층이 박리된다고 생각된다.

3. 결 론

대기플라즈마용사방법 및 고속화염용사방법으로 NiCrAlY, CoNiCrAlY 접합코팅후 8%Y₂O₃+ZrO₂로 최종코팅을 한후 4가지 종류의 코팅시편을 제작하고 등온산화시험을 행하고 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 가. 고속화염용사로 접합코팅을 한 경우가 대기플라즈마용사의 경우보다 코팅조직이 치밀하여 산화물의 생성이 늦어 우수한 내산화성을 보였다.

나. 최종코팅층의 기공을 따라 산소가 통과하여 최종코팅과 접합코팅계면에 Al 산화물과 특히 취성을 보이는 Ni, Cr 복합산화물이 생성되고 접합코팅과 최종코팅 그리고 산화물과의 열팽창차로 인해 최종코팅층이 박리된다.

4. 참고문헌

1. B.C. Wu, E. Chang : Degradation mechanisms of ZrO_2 -wt% Y_2O_3 /Ni-22Cr-10Al-1Y Thermal Barrier Coatings, J. Am. Ceram. Soc., vol. 72(2), (1989), pp.212-218
2. R.A.Miller, C.E. Lowell : Failure Mechanisms of Thermal Barrier Coatings Exposed to Elevated Temperature, Thin Solid Films, vol. 95, (1982), pp.265-273