

열차폐 코팅특성에 대한 NiCoCrAlY 접합코팅방법의 영향

- The effects of NiCoCrAlY bond coating methods on high temperature properties of thermal barrier coatings -

김의현*, 정진성, 박원식

한전 전력연구원 재료부식연구소

대전광역시 유성구 문지동 103-16

1. 서 론

가스터빈 설비에서 설비모재 온도를 낮게 유지하면서 가스입구 온도를 높이거나 냉각공기량을 줄여서 효율을 높일 수 있어 현재 가스터빈 설비에는 열차폐층(TBC, Thermal Barrier Coating)을 적용하고 있으며 열차폐코팅은 금속의 접합코팅(bond coat)과 세라믹 최종코팅(top coat) 등 2개층 이상으로 구성되어 있으며 코팅재료는 접합코팅재료는 MCrAlY (M: Ni, Co 또는 이들의 합금)가 주종이며 코팅방법은 진공용사법 (Vacuum Plasma Spray or Low Pressure Plasma Spray)이 이용되고 있으나 진공용사는 피막이 치밀한 특성이 있지만 코팅비용이 고가이므로 최근에는 고속화염 용사법(High Velocity Oxygen Fuel) 및 Shrouded Air Plasma Spray 에 의한 용사법등이 모색되고 있다.

또한 최종코팅재료는 열팽창계수가 크고 열사이클 저항성이 높은 7~8% Y_2O_3 + 92~93% ZrO_2 가 쓰이고 있으며 용사방법은 대기중 플라즈마 용사 (APS, Air Plasma Spray)가 이용되고 있다.

한편 열차폐코팅의 적용에 따른 효과는 170℃ 정도의 가스터빈 부품모재 온도를 저하시키고 그에 상응한 연료절약, 열피로 균열감소, 내구성향상등을 가져온다.

따라서 본 연구에서는 진공용사 및 고속화염 용사법으로 접합코팅을 한 후 최종세라믹코팅을 적용하고 그에 따른 열차폐코팅의 고온특성을 조사하였다.

2. 본 론

2.1 실험방법

우선 니켈기 초내열합금 모재에 고속화염용사법(HVOF) 및 진공용사법(VPS)의 두가지 방법으로 Amdry 365-1 로 접합코팅을 한 후 APS 방법으로 Metco 204NS로 최종코팅을 하고 다시 이 시편을 진공열처리하여 표 1 과 같이 열처리한 시편과 열처리를 았한 시편등 모두 4 가지종류의 시편을 준비하여 미세조직, 접착력측정, 열충격시험, 열사이클 시험등을 행하였다.

2.1.1 시편 및 용사재료

모재는 2 가지 종류로 미세조직 및 열충격시험(thermal shock test), 접착력측정을 위한 모재는 IN718 이었고 또한 열사이클시험을 위한 모재는 MAR-M 200 이었다. 3" X 1" 크기의 시편을 3 등분하여 미세조직 및 열충격시험 각각의 목적에 사용하였다. 한편 열사이클시편과 접착력측정용 시편은 모두 직경 1" 인 시편을 사용하였다. 용사전 모재에 표면적증대를 위해 사용된 Grit은 중간크기인 #60 알루미나 Grit 이었는데 각(角)형이었으며 접합코팅재료

는 구형으로 입자분포가 넓은 범위에 걸쳐 있었고 최종코팅재료는 HOSP(Hollow Oxide Spherical Powder)형태였다.

Table 1. Specimens and heat treatment conditions

	Bond coat	Top coat	Remarks
1	HVOF	APS top coat	-
2	bond coat		heat treated
3	VPS		-
4	bond coat		heat treated

Heat treatment condition : 1975 °F, 4 hr in Vac.

2.1.2 용사조건

용사는 3가지 방법으로 행하였다. 진공용사에 의한 접합코팅 및 고속화염용사에 의한 접합코팅 그리고 대기용사에 의한 최종코팅이다. 진공용사는 EPI사가 제작한 장치로 분위기압력이 220 torr 상태에서 용사거리를 5" 로 하고 일차가스는 아르곤, 이차가스는 헬륨을 이용하여 시편을 제작하였다. 한편 고속화염용사 및 대기용사조건은 공기중에서 행하였으며 이 용사조건은 용사거리는 8", 5"로 또한 분말송급속도는 분당 30g정도를 유지하였다.

2.1.3 접착력시험

코팅접착력시험은 ASTM C 633-79 를 기준으로 하여 시편직경 1", 길이 0.25" 의 시편에 코팅한 후 접착제로 같은 1" 크기의 모재와 붙여 접착력을 측정하였다.

한편 접착제는 sheet type 의 FM 1000 film 접착제를 이용하여 395°F 에서 90분간 경화시켜 인장시험기로 cross head speed 를 1.0 mm/min 으로 하여 각 조건당 3회씩 코팅의 접착력을 측정하여 평균값을 취하였다.

2.1.4 열충격시험(Thermal Shock Test)

열충격시험과정은 furnace 온도를 1037℃(1900°F)에 유지해 두고 로내의 시편온도가 1037℃에 도달하면 대기중의 물에 넣는 과정이다. 전체 한 싸이클 시간은 260 초 였다. 또한 열충격시험은 전체 코팅면적의 10% 이상 코팅이 떨어져 나갔을 때를 코팅수명이 다한 것으로 간주하였다.

2.2 결과 및 고찰

2.2.1 접착력 측정결과

고속화염용사 접합코팅 시편이 진공용사 접합코팅시편보다 접착강도가 약간 컸으며 또한 열처리한 시편이 비열처리시편보다 큰 값을 보였다. 한편 시험후 시편 단면관찰에서 파괴는 접합코팅과 최종코팅계면 가까운 최종코팅에서 파괴가 일어남을 알 수 있었다.

2.2.1 열충격시험

열처리 안한 시편 및 고속화염용사한 시편이 좋은 열충격저항성을 보였다. 한편 시험과정 중 파괴발생은 시편모서리부터 최종코팅층이 조각되어 떨어져 나가 파괴가 진행됨을 알 수

있었다. 또한 시험 후 시편의 단면을 조사한 결과 진공용사시편의 경우 균열은 접합코팅과 최종코팅사이로 전파되어 파괴가 일어나 최종코팅이 떨어져 나가는 형태인 반면 고속화염용사의 경우에는 파괴가 먼저 시작된 지점에서는 균열이 접합코팅을 관통하여 모재에 까지 도달함을 알 수 있었다.

3. 결 론

진공용사방법 및 고속화염 용사방법으로 NiCoCrAlY 접합코팅 후 $ZrO_2+Y_2O_3$ 로 최종코팅한 후 열처리하여 4 가지종류의 시편을 제작하고 그에 따른 코팅접착력측정, 열충격시험, 열싸이클시험등을 행하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 가. 접착력 측정결과 화염용사시편이 진공용사시편보다 더 큰 접착력값을 보였고 또한 열처리한 시편이 비열처리시편보다 더 큰 값을 나타내었다.
- 나. 열충격시험결과 화염용사시편이 진공용사시편보다 열충격저항성이 더 컸으나 열처리한 시편은 비열처리시편보다 열충격저항성이 더 작았다.
- 다. 열싸이클시험결과에 진공용사시편이 화염용사조건보다 코팅수명이 훨씬 컸으며 또한 열처리시편이 비열처리시편보다 코팅수명이 더 길었다.

4. 참고문헌

1. S. M. Meier, D. K. Gupta : The evaluation of thermal barrier coatings in gas turbine engine application, Transaction ASME J. of eng. for gas turbine and power, vol. 116 Jan. (1994), pp.250-257
2. W. J Bridley, R. A. Miller : Thermal barrier coating life and isothermal oxidation of low-pressure plasma-sprayed bond coat alloy, Surface and coatings technology 43/44,(1990), pp.446-457
3. R. A. Miller, C. E. Lowell : Failure mechanism of thermal barrier coatings exposed to evaluated temperatures, Thin solid films, 95,(1982), pp.265-273