

질코니아 용사층의 열피로 및 고온경도 특성

Thermal Fatigue and Hot Hardness Behavior of Plasma Sprayed Zirconia Coatings

*김형준, 권영자

산업과학기술연구소, 설비공정연구팀

1. 서 론

질코니아 (ZrO_2)는 낮은 열전도도 (~ 1.5 W/mK)와 높은 열팽창 계수 ($\sim 10^{-5}$ /K), 그리고 우수한 화학적 안정성으로 인하여 단열 코팅으로서 가장 많은 연구가 행해지고 또한 산업적으로 사용되고 있다. 본 논문에서는 주로 superalloy를 기판으로 하여 가스 터빈이나 엔진 등의 단열 코팅으로 널리 사용되는 질코니아 계통의 용사층을 주철의 열피로 특성을 증대시키기 위하여 사용하였을 경우의 열피로 특성과 고온경도 특성을 고찰하였다.

2. 실험 방법

본 연구에서 사용된 기판은 flake 형태의 흑연을 가진 회주철로서 탄소가 약 2-4%, 실리콘이 약 1-3% 함유되어 있는 AISI FC20이다. 인장 강도는 약 20 kgf/mm²이고 미소 경도는 약 185 HV로 측정되었다. 용사 작업은 전문 용사 업체에서 행하여졌으며, 본드 코팅 재료로는 모두 NiCrAl 합금인 Metco 443을 사용하였다. 열피로 시험 사이클은 그림 1에서 보이고 있으며, 고온 경도 실험 조건은 표 1에서 보이고 있다.

3. 실험 결과 및 고찰

열피로 시험후 ZrO_2 -24%MgO 시편의 단면 조직 SEM 사진을 보면 세라믹층에는 무수한 vertical crack이 존재하고 커다란 균열이 bond coat에서 사라지다가 철산화물을 거쳐 모재에까지 연결되어 있음을 볼수있다. 즉, 표면에 생긴 열피로 균열이 철 산화물을 거쳐 모재에까지 연결되어 시편 전체가 파괴되는 양상을 보이고 있었다.

즉, ZrO_2 -24%MgO 시편의 경우는 열피로 시험시 Ni-base 용사층과 유사하게 bond coat와 모재 사이에서 철 산화물이 형성되고, 열피로 시험중 이러한 철 산화물은 취약하여 세라믹층에서 시작된 균열이 bond coat에서 멈추더라도 다시 연결되어 모재에까지 전파되어 시편 전체가 파괴되는 것으로 시료된다. 그러나, ZrO_2 -8% Y_2O_3 용사층 시편의 경우는 철 산화물이 아직 형성되지 않아서 세라믹층에서 생긴 무수한 균열이 bond coat에서 멈추어짐을 볼수있었다.

그림 2에서는 ZrO_2 -8% Y_2O_3 용사층의 고온 경도 시험 결과를 보이고 있다. 상온에서 800°C까지 가열후 약 200°C까지 냉각할 때까지는 같은 경도 hysteresis 곡선을 그리다가 200°C 이하에서는 원래의 경도를 회복하지 못하고 상온에서 약 200 HV정도의 경도 저하를 보이고 있다. 상기의 결과를 Arrhenius 수식을 이용하여 활성화 에너지를 구하면 모두 약 72 kJ/mol을 보이게 된다.

3. 결 론

(1) 주철을 기판으로 하는 용사층의 열피로 파괴 양상은 본드 코팅층의 산화 현상보다는 기판의 산화 현상에 의하여 기판과 본드 코팅층을 따라서 spalling이 일어나거나, 취약한 철

산화물이 코팅층과 모재와의 균열을 연결하여 일어나게 된다.

(2) 경도의 온도 의존성을 보면, 상온에서 800°C까지 가열후 약 200°C까지 냉각할 때까지는 같은 경도 hysteresis 곡선을 그리다가 200°C 이하에서는 원래의 경도를 회복하지 못하고 상온에서 약 200 HV 정도의 경도 저하를 보이고 있다.

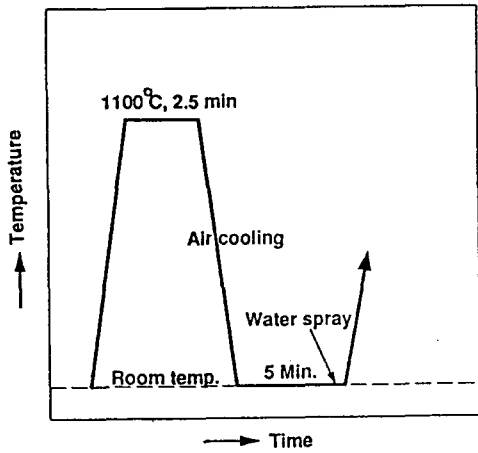


그림 1. 열피로 시험 사이클

표 1. 고온 경도 실험 조건

Instrument	Nikon QM-2
Specimen size	10 mm X 5 mm X 5 mm (t)
Vacuum	10^{-5} Pa ($\sim 10^{-3}$ Torr)
Heating rate	20°C/min
Cooling rate	20°C/min
Load	1 kg
Indentation dwell time	4 sec
Specimen preparation	Polished
Holding time	5 min. minimum
Coating thickness	Bond coat 100 μ m Top coat 300-400 μ m

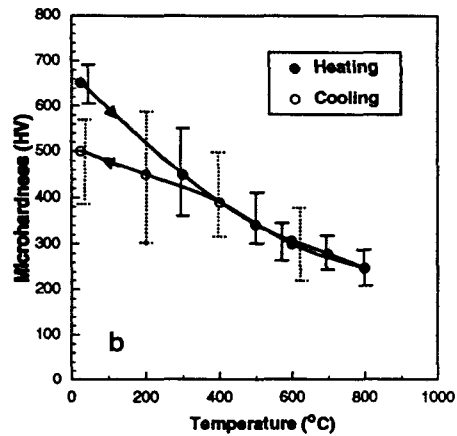
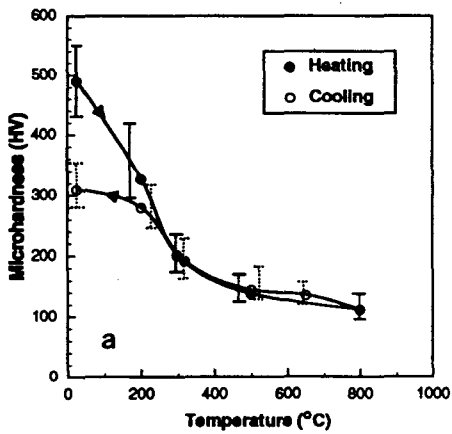


그림 2. 용사층의 온도에 따른 경도 변화
(a) $ZrO_2-8\%Y_2O_3$ (b) $ZrO_2-24\%MgO$