

**선형적층과 비선형적층법에 의한 11층 열장벽 피막의 물성에 관한 연구**  
**A study on the physical properties of the graded thermal barrier**  
**coating by linear and non-linear layer method**

권현옥\*, 강현욱\*, 송요승\*, 홍상희\*\*, 허성강\*\*\*, 현규택\*\*\*\*

\* 한국항공대학교 항공재료공학과, \*\* 서울대학교 원자핵공학과,

\*\*\* 창원대학교 재료공학과, \*\*\*\*삼성전자 생산기술팀

### 1. 서론

본 연구는 현재까지 진행되고 있는 여러 가지 경사기능성 열장벽 피막에 관한 연구들<sup>1)</sup>의 문제점을 보완하여 최적의 피막 층을 제조하는 것을 그 목적으로 하였다. 이를 위해 용사 공정이 고온의 극한적인 물성(고온 내마모성, 내식성, 열안정성)극복은 세라믹층에서, 기계적 강도는 금속층에서 획득하고, 그 사이에 금속과 세라믹의 비율을 달리한 경사기능성 피막을 제조하여 금속과 세라믹의 완충작용을 하게 하는 최적의 공정으로 보고되고 있다.<sup>2)</sup> 그러나 열장벽 피막에서 각 층간의 결합력과 열전도도 측정, 고온산화 등의 문제가 어려운 과제로 남아 있었다.<sup>3)</sup> 이에 경사기능성 열장벽 피막의 중간 용사층(이하 중간층)을 기존에 연구되었던 선형(linear) 적층법과 비선형으로 세분화하여 서로 다른 재료인 금속과 세라믹의 효과적인 결합과 고온 물성에 관한 문제를 해결하기 위해서 Air Plasma Spray(APS)법을 이용하여 11층의 열장벽을 제작하였다. 이 때 금속층은 NiCrAlY를 이용하였고, 세라믹층은 YSZ를 이용하여 모재 직상에는 100% NiCrAlY : 0%YSZ를 용사하였고, 중간층의 비율을 선형과 비선형적으로 변화를 주었고, 최상층은 0%NiCrAlY : 100%YSZ로 용사하여 전체 층이 11층이 되게 하였다. 비선형적인 중간층은 크게 두 가지로 나뉘어져 있는데, 세라믹이 금속보다 많은 convex type과 금속이 세라믹보다 많은 concave type이었다. 그리고 좀 더 명확한 자료를 구하고자 SUS와 Inconel모재 위에 각각 용사를 하여 물성치를 비교하였다. 이렇게 제작된 시편을 가지고 미세구조 분석, 고온 피로시험, 고온 산화시험, 접착 강도 시험, 열충격시험 등을 실시하여 물성을 분석하였다.

## 2. 실험방법

단열층과 bonding층을 제외한 중간층의 세라믹과 금속의 비율에 따라 시편은 3종류로 나뉘어지는데, 첫 번째는 세라믹과 금속을 일정 비율로 섞은 것으로 linear type이고, 두 번째는 세라믹이 더 많은 convex type이고, 세 번째는 금속이 더 많은 concave type이다. 이렇게 준비된 시편을 가지고 미세구조 분석을 통해 기공도를 측정하고, 기초적인 물성치를 분석하였다.

또한 고온 물성 분석을 실시하였다. 1150℃에서 고온 피로시험과 고온 산화시험을 실시하였고, 단열층과 bonding층 사이의 접착강도를 구하기 위해 접착강도 시험을 하였고, 열충격시험을 실시하였다.

## 3. 결과 요약

APS법으로 제조된 피막의 두께는 550~600 $\mu\text{m}$ 내외였고, 경도는 800~900 Hv였으며 기공도는 10 %내외를 나타냈으며 용사후 단열층의 지르코니아는 대부분 정방정으로 이루어졌다. Inconel모재의 피막이 가장 열피로에 우수한 저항성을 보였다. SUS모재는 열피로에 의한 파괴보다는 고온산화에 의한 파괴가 심각했고, 아직 실험이 미완료 상태이지만 전체적인 평가는 linear type의 Inconel모재 위에 코팅을 한 열장벽의 고온 물성이 우수한 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 한주철, 정철, 송요승, 윤종구, 이구현, 노병호, 한국표면학회지, 31(2), 81-92 (1998)
2. M. Fukumoto, N. Toyama, T. Yamazaki, M. Umemoto, I. Okane, A. Nishibayasi, H. Ohta, and Y. Tomota, 溶射, 28, 13 (1991)
3. 한주철, 송요승, 이구현, 한국항공대학교 논문집, Vol. 35, 315-330 (1997)