

# YSZ/Ni-Cr 저항 발열 복합용사피막의 특성

## Characteristics of plasma sprayed composite YSZ/Ni-Cr resistant heating coatings

김병수\*, 박경채\*, 김태형\*, 양병모

\* 경북대학교 금속공학과

**ABSTRACT** The existing heating unit is indirect-heating method that make use of the nichrome wire or halogen lamp. The indirect-heating method has the demerits of long warming time, high power consumption and many organization parts. In this study, the heating unit of direct-heating method manufactured as being the thermal spray coating of conductive heating material on the surface of heating unit in order to improve the demerits of indirect-heating method. And YSZ added Ni-20Cr that had moderate electrical resistivity was chosen of the conductive heating material.

### 1. 서 론

용사(thermal spray)는 다양한 종류의 피막을 형성할 수 있어 적절한 피막재료를 선택할 경우 내식성, 내열성, 내마모성 및 전기적 특성 등에서 탁월한 효과를 얻을 수 있으며, 원소재가 가지고 있는 특성을 살리면서 재료 표면에 코팅이 가능한 경제적인 표면처리 기술이라고 할 수 있다.

그러나 내식성, 내열성, 내마모성 용사 피막에 대한 연구는 활발히 이루어진데 비해 전도성 용사 피막에 대한 연구는 거의 이루어지고 있지 않은 실정이다.

따라서 본 연구에서는 전도성을 가지며 비저항이 큰 특성을 나타내는 YSZ 분말에 Ni-Cr을 첨가하여 복합분말을 제조하고, 알루미늄 모체에 플라즈마 용사 코팅시켜 피막층의 미세조직을 관찰하고, 기계적 특성 및 전기적 특성을 조사하였으며, 용사피막층을 열처리한 후 각 특성을 비교

평가하였다.

### 2. 실험방법

먼저 복합분말을 제조하기 위해 YSZ 분말과 Ni-Cr 분말을 혼합하였으며, 탈지와 블라스팅 처리된 모체에 먼저 모체와 피막간의 접합력을 향상시키기 위해 Ni-5.5Al-5Mo 분말을 코팅하였다. 그 위에 절연을 목적으로 한 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 분말을 코팅하였고, 마지막으로 YSZ/Ni-Cr 복합분말을 플라즈마 용사하여 전도성 용사피막을 형성시켰다. Table 1에 각 용사피막층에 대한 조성, 두께 및 분말 크기를 나타내었다.

용사 후처리로 용사피막의 특성 향상을 위해 열처리를 실시하였고, 열처리 조건은 대기중에서 300 °C, 450 °C 및 600 °C에서 각각 7시간 유지한 후 로냉시켰다.

용사피막의 미세조직 특성을 조사하기 위해 OM 및 SEM 관찰, XRD 상분석, 기공률 측정

Table 1. Conditions of spray coating layer.

Layer section	Thickness	Composition	Spray powder size
Heating	100 $\mu\text{m}$	YSZ+30%Ni-Cr	38~75 $\mu\text{m}$
Insulating	200 $\mu\text{m}$	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	15~45 $\mu\text{m}$
Bonding	50 $\mu\text{m}$	Ni : 89.5 wt% Al : 5.5 wt% Mo : 5.0 wt%	45~90 $\mu\text{m}$

하였고, 기계적 특성을 조사하기 위해 피막의 경도, 전기적 특성을 조사하기 위해 비저항 등을 측정하였다. 그리고 열처리 전후의 피막 특성을 비교 검토하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

#### 3.1 복합용사피막의 구조

Fig. 1은 열처리 온도에 따른 발열용사피막 표면을 관찰한 SEM 조직사진이다. 사진에서 알 수 있는 것처럼 열처리 전의 피막표면은 용사를 행하였을 때 용융분말이 모재와의 충돌에 의해 만들어진 전형적인 스플렛(splat) 형상들의 적층으로 이루어져 있고 스플렛층 사이로 기공들이 존재하는 것을 확인할 수 있다. 그러나 열처리를 행한 용사피막 표면의 경우 열처리 온도가 증가함에 따라 조직이 치밀화되는 것을 볼 수 있고 스플렛층 사이에 존재하는 기공들이 감소하는 것을 볼 수 있다.

#### 3.2 복합 용사피막의 기계적 성질

발열용사피막의 열처리 전후 경도시험 결과가 Fig. 2에 보여주고 있다. 열처리 온도가 높아짐에 따라 경도값이 증가하는 경향성을 보이고 있다. 이것은 열처리에 의해 기공율이 감소하고 조직이 치밀해졌기 때문이다.

#### 3.2 복합 용사피막의 전기적 성질

발열용사피막의 전기적 특성을 알아보기 위해 직류전원공급 장치를 이용해 전압을 20V, 용사피막의 표면 온도를 200℃로 일정하게 유지하였을 때의 흐르는 전류값을 Fig. 3에 나타내었다. 열처리에 의해 전기비저항이 커진 시편일수록 높은 전기저항에 의해 흐르는 전류가 줄어드는 것을 알 수 있고, 소비전력은 전압에 전류를 곱한 값인데 전기비저항이 큰 시편일수록 200℃로 발열하는데 사용되는 소비전력이 적은 것을 알 수 있다.

### 참고문헌

1. L. Pawlowski : The Science and Engineering of Thermal Spray Coatings, John Wiley & Sons Ltd, (1995),
2. 대한용접학회 용접편람편찬위원회 : 용접·접합 편람, 대한용접학회
3. G. V. Samsonov : The Oxide Handbook edition
4. Eugene Ryshkewitch and David W. Richer Oxide Ceramics, Academic press,In. (1985),
5. 大森 明 : 溶接學會誌, 57 (1988), 2115.
6. 伊佐重輝 : 金屬材料, 15 (1985), 78
7. METCO : Thermal Spraying Coating, I.W.S.Co., (1990), 39

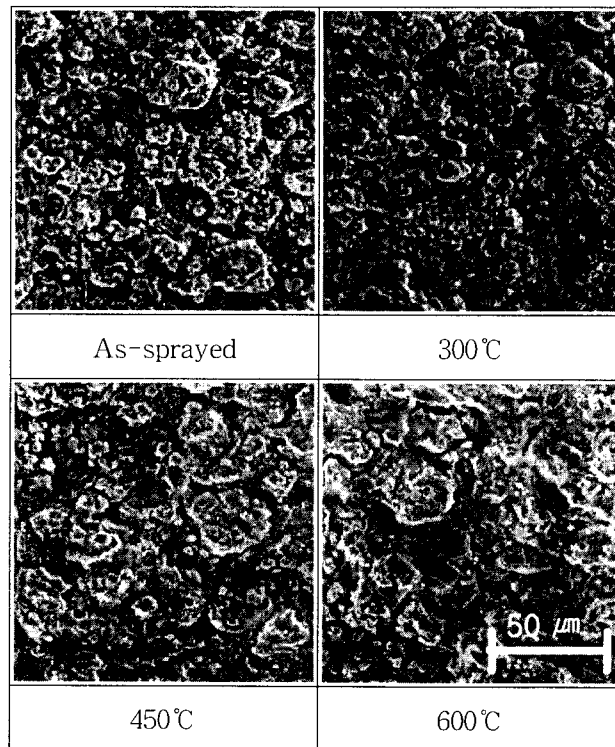


Fig. 1. SEM micrographs of as-sprayed and heat-treated coating surfaces.

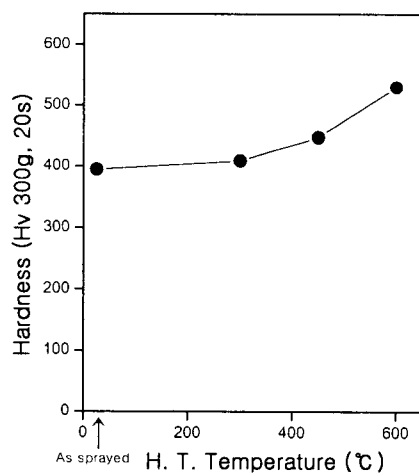


Fig. 2. Hardness of heating layer of as-sprayed and heat-treated coatings.

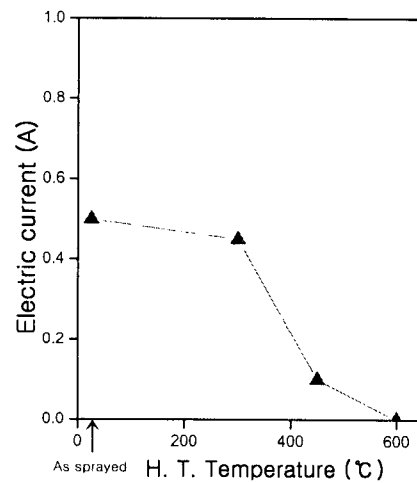


Fig. 3. Electric current of heating layer of as-sprayed and heat-treated coatings.