

Fe계 비정질 용사피막의 특성

(Characteristics of Fe Base Thermal Sprayed Amorphous Coatings)

*김치엽, 박경채

경북대학교 금속공학과

I. 서론

최근 수년동안 급속응고 및 비정질합금 용사재료로 Al, Cu, Ni, Fe, Mg, Ni, W 등의 합금이 개발되어 전통적 방법으로는 달성하기 힘든 우수한 물리적, 화학적, 기계적 특성을 갖는 비정질이나 준안정상 합금의 제조가 가능했고, 일부 상업화 단계까지 이르렀다. 특히, Fe계의 급속응고 합금은 다른 합금제품 보다 Young's modulus E가 1/30~1/50정도로 이상적 수치에 가깝고, 경도 또한 Hv700~1500정도로 상당히 높은 우수한 특성을 지니고 있다. 하지만, 비정질용사에서 Fe계의 적용은 용사재료로 이미 비정질화 된 분말이나, 봉상 등의 사용으로 인한 복잡한 공정, 경제성 때문에 연구가 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다.

따라서, 본 연구에서는 합금분말 제조법 중 저렴한 ball mill법을 이용해 제조한 비정질 형성능이 높은 (Fe,Ni)-Cr-P-C합금분말을 급속모재에 용사해 급속응고 시킨 비정질 용사피막과 열처리에 의해 결정화된 용사피막의 미세조직을 분석하고, 기계적성질을 조사하였다.

II. 실험방법

용사피막의 모재로서는 급속응고 효과를 보다 크게 하기 위해 비례 우수한 열전도를 ($0.40(\text{watt}/\text{mm}^2)/(\text{C}/\text{mm})$)을 가진 순 Cu plate를 3mmT×30mmW×50mmL의 크기로 절단하여 사용하였고, 용사전 용사피막의 밀착성을 높이기 위해 alumina로 blasting을 행하였다.

복합분말의 조성은 비정질 형성능이 우수한 Fe계 합금 중에서 임계냉각속도가 $10^{45}\text{K}/\text{sec}$ 정도로 작은 값을 갖는 $\text{Fe}_{80}\text{P}_{13}\text{C}_7$ 조성의 합금을 기준으로 하여 표 1.과 같은 합금분말 제작하였다.

Table 1. Compositions of alloying powders made by ball mill method(at %).

	Fe	Cr	P	C	Ni
A	bal.	10	13	7	-
B	bal.	10	13	7	30

Ball mill법으로 제조된 A, B분말을 METCO 5-PII type의 화염용사 및 프랑스 2PS사 GC800 type 플라즈마 용사를 하였다. 용사시 급랭효과를 높이기 위해 액체질소를 냉매로 사용하였다.

제작한 용사피막은 XRD분석을 통해 비정질피막 형성유무를 확인하였고, SEM을 통해 미세조직 관찰을 했으며, Micro vickers경도시험과 JIS K7281의 Block식 마모시험을 하였다. 또한, 결정화 온도 이상에서 열처리한 후, 통해 열처리후의 용사피막의 특성조사도 행하였다.

III. 실험결과

1. 용사조건별 XRD결과

Fig. 1에서는 A, B 분말의 화염, 플라즈마 용사피막의 XRD결과를 보이고 있다. 비정질의 존재라 생각할 수 있는 broad한 peak가 화염용사보다 플라즈마용사의 경우와 Ni을 함유한 B분말의 용사피막의 경우가 더욱 명확하다. 이것은 플라즈마용사의 경우가 화염용사의 경우보다 고 에너지 연원을 이용하기 때문이고, A, B분말의 종류에 따라서는 A분말의 경우보다 B분말의 경우가 ball milling시 연성이 좋은 Ni에 의해 비금속원소인 P와 C의 함량을 증대시킨 때문이라고 추정된다.

2. 조건별 용사피막의 기계적 특성

Fig. 2와 3은 용사피막의 경도시험과 마모시험 결과이다. 경도시험은 micro vickers경도기로 하중 100g에 5sec, 마모시험은 JIS K7218규정의 무윤활 상태로 실시하였다. 마모 상대재는 SUJ2회전판(Hv740, 직경50mm, 두께 3mm)이고 하중 30N, 마모거리 100m로 하였다. 경도 및 내마모성은 화염용사보다 플라즈마용사의 경우와 A분말 보다 B분말의 경우가 우수하였다.

3. 열처리후의 용사피막의 특성

Fe계 비정질의 결정화 온도가 440°C근방이기 때문에, 열처리는 500°C, 600°C, 700°C, 800°C에서 각 1시간 행했다. 열처리 후에는 기공의 제거 및 조직의 균질화가 일어났고, 그에 따른 경도값 및 마모시험 결과는 Fig. 4 및 5와 같다.

IV. 결론

Ball mill법으로 제조한 Fe계 복합분말을 액체질소로 급랭한 화염 및 플라즈마용사하여 얻은 용사피막 및 이것을 열처리 피막의 특성조사를 한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. XRD 결과 플라즈마용사에서는 비정질상이 형성된 것으로 추정되는 broad한 pattern을 얻었다.
2. 화염 및 플라즈마 용사한 피막을 열처리한 결과, 열처리 온도의 증가에 따라 기공의 제거와 조직의 균질화가 일어났고 경도 및 내마모성의 변화가 초래되었다.

※ 참고문헌

1. T. S. Srivatsan, T.S. Sudarshan : Rapid Solidfication Technology, 1993
2. C. J. Li, A. Ohmori, and Y. Harada : "Formation of an Amorphous Phase in Thermally Sprayed WC-Co", Journal of Thermal spray Technology, Vol.5, No.1, pp69-73
3. K .Kishitake, H. Era, and F. Otsubo : "Characteristics of Plasma Sprayed Fe-17Cr-38Mo-4C Amorphous Coatings Crystallizing at Extremely High Temperature", Journal of Thermal spray Technology, Vol.5, No.3, pp283-288
4. K .Kishitake, H. Era, and F. Otsubo : "Thermal-Sprayed Fe-10Cr-13P-7C Amorphous Coatings Possessing Excellent Corrosion Resistance", Journal of Thermal spray Technol. Vol.5, No.4, pp476-482

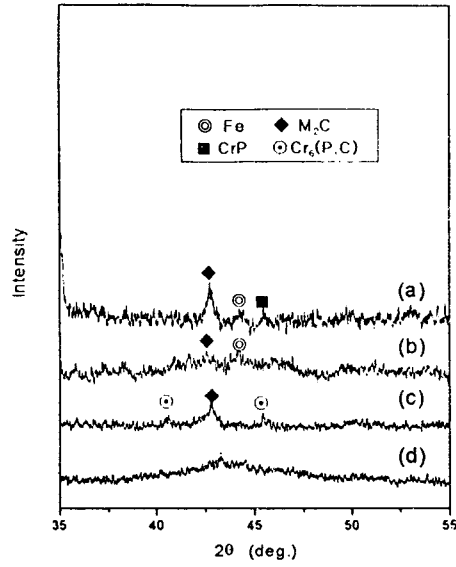


Fig.1 XRD patterns of as sprayed coating ((a) flameA, (b) plasmaB, (c) flameB, (d) plasmaB).

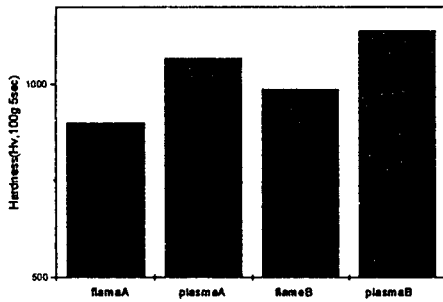


Fig.2 Hardness of as sprayed coatings.

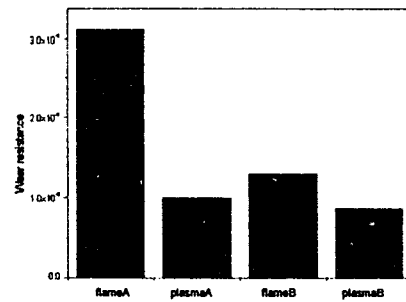


Fig.3 Wear resistance of as sprayed coatings

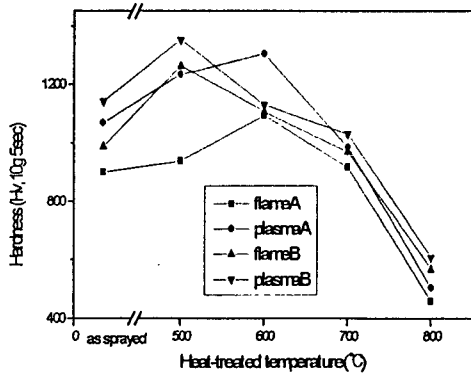


Fig.4 Hardness of heat-treated coatings.

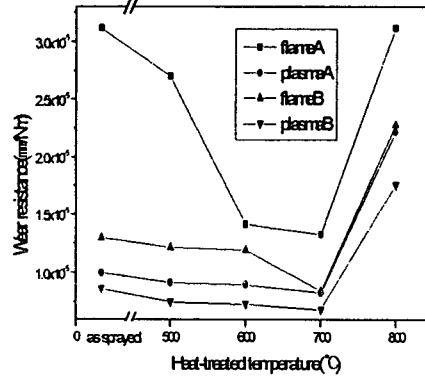


Fig.5 Wear resistance of heat-treated coatings.