

급속 응고시킨 Fe계 용사피막의 특성 (Characteristics of Rapid Solidified Fe Base Thermal Spray Coatings)

*김치엽, 박경채
경북대학교 금속공학과

1. 서론

제품 제조 공정에 있어서 급속 응고 process는 평형응고에 비해 비평형상이나 준안정상의 존재에 의해 제품의 강도 및 마모성 등의 기계적특성에 많은 영향을 미치는 것으로 알려져 있다. 이러한 급랭조직 중에서 특히 비정질상은 결정입계가 없고 균질하여 초강인성, 초내식성, 초전도성 등의 여러 가지 우수한 특징을 가지고 있지만, 제조시 $10^5 \sim 10^6$ K/s에 이르는 냉각속도를 필요로 하기 때문에 리본상, 세션 등의 형태로만 제조가 가능하다.

본 연구에서는 Ball Mill법으로 제조한 비정질 형성능이 좋은 Fe-Cr-P-C계의 합금분말을 화염용사하였는데, 이 때 액체질소를 냉각매체로 사용하여 급속 응고시킨 용사피막을 XRD, SEM 등을 통해 비정질상 형성유무를 관찰하고, 경도, 내마모성 등의 기계적특성을 조사하였다.

2. 실험방법

모재로서는 Cu와 SUS304를 30mmT×30mmW×50mmL 크기로 접합강도의 증대를 위해 Alumina blasting을 한 후 사용하였고, Ball Mill법을 이용해 제조한 합금분말의 조성은 다음과 같다.

Table. Chemical compositions of powders made by ball milling method (wt%)

	Fe	Cr	P	C
composition	77	11	10	2
powder size	106~105 μ m	36 μ m이하	36 μ m이하	36 μ m이하

용사시 급랭의 효과를 최대한으로 하기 위해 액체질소로 냉각하였다.

Ball Milling시간에 따른 분말의 합금화 상태를 알아보기 위해 시간별 분말의 OM사진과 XRD관찰을 행하였다.

Ball Mill법에 의해 제조된 분말이 불완전한 합금상태일 가능성이 있어 액체질소에 한번 분사후 그 분말을 용사한 피막과 분말을 직접 용사한 피막을 제작했다. 이리하여 이 두가지 피막을 XRD를 통해 비정질 형성유무 조사하고, SEM을 통해 피막의 미세조직 관찰을 했으며, Micro vickers 경도시험과 JIS K7281의 Block식 회전원판 마모시험을 통해 기계적성질을 조사하였다.

3. 실험결과

3.1 Ball mill법에 의한 합금분말 제조

Ball milling은 6.3 l의 stainless steel(SUS304) can에 12.5mm ϕ 의 stainless steel ball을 이용해 48시간 행하였다. 이렇게 제작한 합금분말과 한번 분사 후 채취한 분말의 XRD결과는 Fig.2와 같다.

3.2 용사에 의한 급랭 피막 제조

Ball Milling에 의해 제조된 합금분말을 METCO 5P-II type의 화염용사건을 이용해 액체질소에 냉각하는 방법으로 용사하여 피막을 제조하였다. 이렇게 제조된 피막의 표면과 단면 SEM사진을 Fig.1에 나타내었다. 용사후 피막의 XRD분석을 Fig.3, 액체질소 속에 남아있던 용사한 분말을 채취하여 분급후 재용사한 피막의 XRD분석은 Fig.4와 같다.

3.3 용사피막에 대한 특성조사

급랭효과가 용사피막에 미치는 영향을 조사하기 위해 경도와 내마모 시험을 실시하였다. 경도는 하중 100g, 5초간 피막단면에 Micro Vickers경도기로 측정하였고, 내마모 시험은 JIS K7218규정에서 무윤환 상태로 실시하였다. 마모 상대재는 SUJ2회전판(Hv740, 직경 50 mm, 두께 3mm)이고, 하중 30N, 마모거리 100m로 하였다.

이러한 경도 및 마모시험의 결과는 Fig.5, 6과 같은데, 제작한 합금분말을 이용한 용사피막과 METCO 1003 stainless steel분말에 의한 용사피막의 결과를 함께 나타내었다.

시판중인 분말의 용사피막에 비해 ball milling으로 제조한 합금 분말을 냉각매체로 액체 질소를 사용해 용사하거나, 한번 분사 후 용사한 피막에서 경도 및 마모특성이 상당히 우수했다. 한편, Cu모재에 용사한 피막이 Stainless steel모재 위에 용사한 피막에 비해 보다 냉각속도가 빠르기 때문에 더 양호한 기계적 성질을 보이는 것으로 나타났다.

4. 결론

Ball mill법에 의해 제조한 Fe-Cr-P-C계 합금분말을 냉각매체로 액체 질소를 이용해 급랭하는 방법으로 용사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 냉각매체로 액체 질소를 사용해 합금분말을 직접 용사하거나, 한번 분사해 채취한 분말을 용사하여도, 완전한 비정질상을 얻지 못했지만, 어느 정도 건정화가 억제된 피막을 얻을 수 있었다.
2. 완전한 비정질상은 얻지 못했지만 급랭효과에 의해 일반 시판중인 Stainless Steel 분말의 용사피막 보다 높은 경도 및 내마모성을 갖는 상당히 우수한 기계적특성을 보였다.

※참고문헌

1. 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
2. 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
3. K .Kishitake, H. Era, and F. Otsubo : "Thermal-Sprayed Fe-10Cr-13P-7C Amorphous Coatings Possessing Excellent Corrosion Resistance", Journal of Thermal spray Technology, Vol.5, No.4, pp476-482

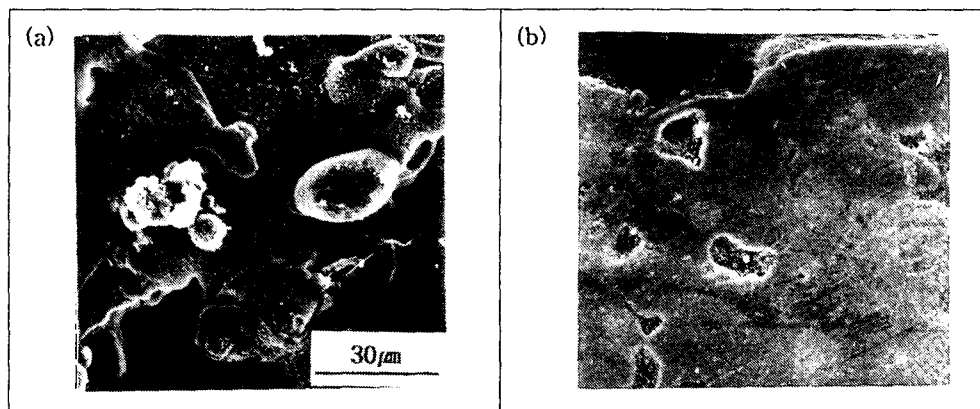


Fig.1 Microstructures of rapid solidified coatings (a) surface, (b) cross section

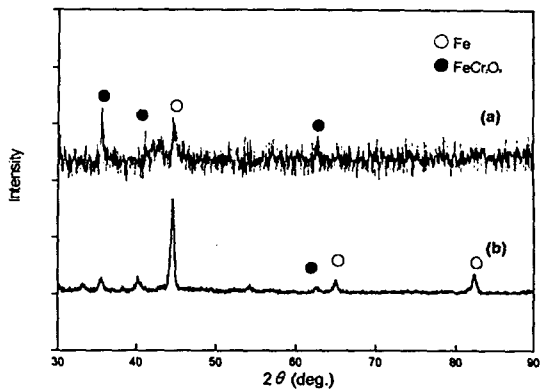


Fig.2 XRD patterns of powders (a) after thermal spray, (b) before thermal spray.

	Substrate	Used powders
SS	SUS 304	stainless steel
SC	Cu	stainless steel
1S	SUS 304	ball milling
1C	Cu	ball milling
2S	SUS 304	ball milling(re-spray)
2C	Cu	ball milling(re-spray)

Table. Different type of samples depending on substrates, spray type and powders.

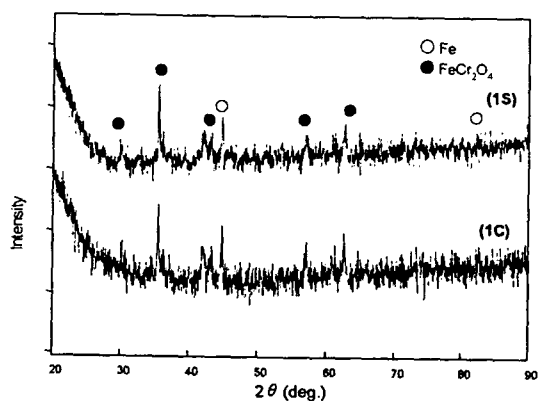


Fig.3 XRD patterns of 1S, 1C coatings.

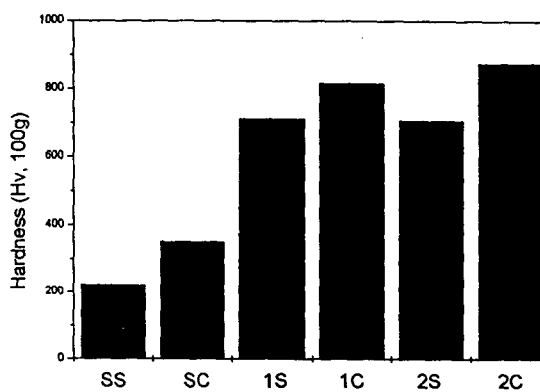


Fig.5 Hardness of each coatings.

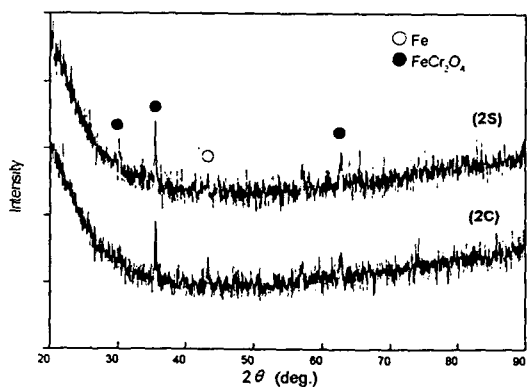


Fig.4 XRD patterns of 2S, 2C coatings.

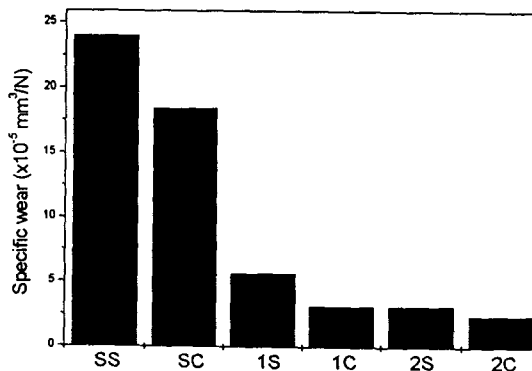


Fig.6 Specific wear of each coatings.