

육성용접한 Fe-Cr-C+ X 계 합금의 금입마모 특성

The low stress abrasion behavior of a complex-chromium-carbide-type hardfacing deposit

백 응 룰, 안 상 호, 김 낙 준*

포항산업과학연구원, 경북 포항

*포항공대, 경북 포항

1. 서 론

다량의 크롬계 탄화물을 함유하는 고크롬계 내마모 육성재는 극심한 마모가 발생하는 철광석, 석탄, 시멘트원료인 크링커(clinker) 등의 파쇄 및 이송 공정에서의 내마모재로 널리 이용되고 있다¹⁾. 일반적으로 사용되고 있는 고크롬계 내마모 육성재는 연강의 모재 위에 고경질(Hv 1,200 - 1,800) 일차크롬 탄화물(primary chromium carbide)이 30% 내외로 석출되는 고크롬계 철합금(3-5%C+26-35Cr+Fe)을 두께 3-15mm 정도 육성용접된 것이다. 그러나 최근 설비의 장수명화와 에너지 절감의 차원에서 보다 내마모성이 우수한 육성용접재가 요구되고 있으며 그 결과 기존의 크롬계 탄화물에 NbC, TiC, MoC 등의 탄화물이 포함된 복합탄화물계 육성용접재에 대한 관심이 고조되고 있다.

본 연구에서는 범용의 Fe-Cr-C 계에 Nb, Mo, Ti 등의 첨가원소에 따른 육성용접재의 미세조직 분석과 이들 육성용접재의 탄화물양 및 종류에 따른 금입마모 거동을 살펴 보았다.

2. 실험방법

육성용접에 사용된 용접와이어는 단면 형상이 Lapped cored wire 이며, 외경이 3.2mm 인 자체 제조된 것을 사용했다. 제조된 용접와이어의 외피용 스트립은 12.8W x 0.3T(mm)인 냉연강대이며 와이어 총무게에 대한 내부에 충전된 분말의 무게비는 50-52%였다.

육성용접 시공은 Lincoln Electric 사의 DC1,000 Power source 와 NA5 Head 가 결합된 실험용접장치를 사용하여 two layer 육성용접을 했으며, 용접조건은 표 1 과 같다. 이때 용접비드의 폭은 50mm 이며 one layer 의 두께는 5mm 였다.

Arc Voltage	Current	Polarity	Electrode Extension	Bead Type	Preheating Temp.
30-32 V(DC)	380-400A	Reverse	25-30mm	Oscillation	200 °C

육성용접 시공된 시편은 Fe-Cr-C 계(as weld), Fe-Cr-C 계(heat treated), Fe-Cr-

C+Nb 계, Fe-Cr-C+Ti 계, Fe-Cr-C+Nb,Mo,V 계로 크게 5 종류이며 화학성분은 표 1 과 같다.

육성용접재의 굽힘마모시험은 ASTM Standard G65-85 에 의거하여 실시했으며 이때 0.15-0.3mm 크기의 모래를 180g/min. 공급하면서 가압하중 20kg, 250rpm 으로 24 분간씩(마모거리 4.3km, 6,000revolution) 마모시험 후 시편의 무게감량을 측정했다.

3. 결과 및 고찰

< 굽힘마모 거동 >

동일한 마모시험 조건에서 육성용접재들 간의 내마모성을 평가하기 위해서 마모량을 살펴본 마모시험 결과는 그림 1 과 같다. 그림 1 을 살펴보면 현재 가장 범용으로 널리 사용되고 있는 Fe-Cr-C 계(as weld)를 기준으로 했을 때, Fe-Cr-C 계(heat treated), Fe-Cr-C+Nb 계, Fe-Cr-C+Ti 계, Fe-Cr-C+Nb,Mo,V 계로 갈수록 마모량이 점차 줄어들면서 내마모성이 점차 개선되고 있음을 알 수 있다.

동일 성분인 Fe-Cr-C 계에서 as weld 상태의 시료 보다는 heat treated 상태의 시료가 내마모성이 우수하게 나타났다. 이는 육성용접한 Fe-Cr-C 계(as weld) 시료의 미세조직에 있어서 일차탄화물 및 공정탄화물 주위를 둘러싸고 있는 기지조직이 오스테나이트상인데 반하여, 육성용접 후 열처리를 한 Fe-Cr-C 계(heat treated) 시료의 경우는 열처리에 의해서 기지조직이 오스테나이트상에서 마르텐사이트상으로 변했고 동시에 1 μ m 크기의 미세한 M₇C₃ 형 크롬탄화물이 다수 석출되어 있음으로써 내마모성이 개선된 것으로 판단된다.

Fe-Cr-C+Nb 계 및 Fe-Cr-C+Ti 계 시료의 내마모성이 Fe-Cr-C 계(as weld) 시료의 내마모성 보다 우수하게 나타났다. Fe-Cr-C+Nb 계 및 Fe-Cr-C+Ti 계 시료의 미세조직에는 M₇C₃ 형 크롬탄화물 이외에 크롬탄화물 보다도 경도값이 높은 5 μ m 이하 크기의 미세 NbC 및 TiC 탄화물들이 고루 분산되어 있다. 이들 미세 NbC 및 TiC 탄화물들은 마모 도중 마모면 상에서 크롬탄화물 보다 우선적으로 노출되어 마모되고 있음을 관찰할 수 있었다. 이는 복합탄화물계 내마모 육성용재에 있어서 미세 NbC 및 TiC 탄화물들이 효과적인 내마모용 강화입자로서 작용하고 있음을 입증한 것으로 판단된다.

시험재 중 가장 우수한 내마모성을 나타낸 Fe-Cr-C+Nb,Mo,V 계 시료의 마모면을 살펴보면 M₇C₃ 형 크롬탄화물과 NbC 탄화물들이 우선적으로 마모면에 노출되어 내마모성을 개선시키고 있음을 알 수 있었고, 동시에 타 시료에서는 우선적으로 마모되어 손상되어지는 기지조직에 내마모성이 우수하여 평활한 마모면을 유지하고 있는 망상의 (Mo,Cr,Fe)_xC_y 형 탄화물이 다수 존재

해 있음을 확인할 수 있었다.

4. 결 론

고크롬계 내마모 육성용접재에 있어서 복합탄화물계 내마모 육성용재의 내마모성이 범용으로 널리 사용되는 크롬탄화물계 육성용재 보다 우수한 내마모성 특성을 나타내었다. 그리고 크롬탄화물계 육성용재의 경우 as welded 상태 보다는 육성용접 후 열처리를 한 것이 보다 우수한 내마모성을 가짐을 알 수 있었다.

5.참고문헌

- 1) K. G. Budinski, Surface Engineering for Wear Resistance, Prentice-Hall, Inc.(1988) P267

Table 1 Chemical compositions of the hardfaced specimens.

Specimen	Cr	C	Nb	Ti	Mo	V	Fe
Fe-Cr-C(as weld)	29.2	5.1	-	-	-	-	Bal.
Fe-Cr-C(heat treated)	29.2	5.1	-	-	-	-	Bal.
Fe-Cr-C+Nb	26.71	3.25	4.02	-	-	-	Bal.
Fe-Cr-C+Ti	12.12	5.94	-	6.3	-	-	Bal.
Fe-Cr-C+Nb,Mo,V	23.9	5.77	7.24	-	4.5	1.24	Bal.

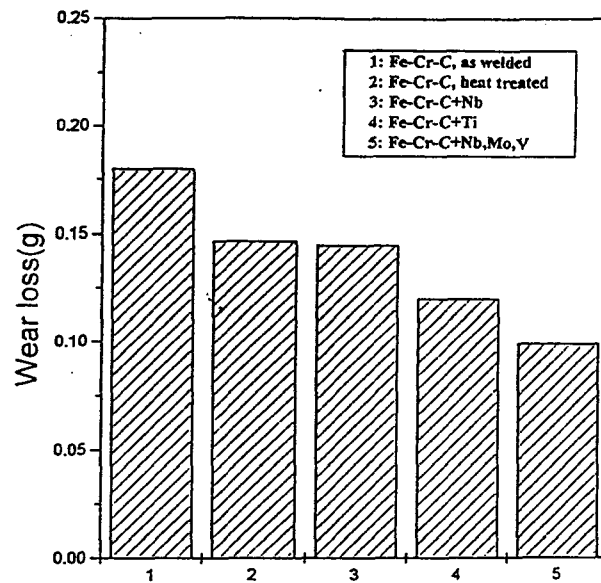


Fig. 1 Low stress abrasive wear behavior of a complex-carbide type hardfacing deposit