

## 육성용접한 Fe-Cr-C 계 합금의 탄화물양이 굽힘마모 특성에 미치는 영향

The effect of carbide volume fraction on the low stress abrasion resistance of a chromium-carbide-type hardfacing deposit

백 응 룰, 안 상 호, 김 낙 준\*  
산업과학기술연구소, 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 있다<sup>1)</sup>. 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. 이들 재료의 내마모성은 육성층에 석출되는 탄화물의 양과 이를 둘러싸고 있는 기지조직에 일차적으로 의존할 것이나 이에 대한 체계적인 연구가 미흡한 실정이다.

본 연구에서는 육성재의 Cr/C 비를 달리하면서 석출 탄화물의 양과 기지조직의 차이에 따른 굽힘마모거동을 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	Negative	25-30mm	Oscillation	200 °C

육성용접 시공된 시편은 Ji - J9 까지 9 종류이고, 화학성분은 그림 1 의 Fe-Cr-C 계 Liquid Projection 상에 나타내었다. 그림 1 에서 Cr/C= 8.9-9.7 인

J1,J4,J7 를 A 계열, Cr/C=5.4-5.9 인 J2,J5,J8 을 B 계열, Cr/C=2.4-4.4 인 J3,J6,J9 를 C 계열로 분류했다.

시편의 미세조직 및 경도시험은 용접층에 수직되게 절단한 two layer 단면부를 관찰했다. 탄화물의 양은 시료로부터 200 배 확대 영역의 20 개 부위를 image analyzer 를 이용하여 분석한 값을 평균하였다.

그리고 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

#### < 경도값 >

그림 2 는 육성내마모재의 탄화물 양에 따른 경도값 변화를 나타낸 것이다.

육성용접부의 경도값은 탄화물의 양이 증가함에 따라 증가하고 있음을 알 수 있다. 이는 기지조직 중에서 고경도값을 가지는 크롬계 탄화물( $M_7C_3$ )의 비율이 높아지면서 시료 전체의 경도값이 증가한 것이다. 그리고 그림 2 에서 동일 탄화물양이라도 Cr/C 비가 낮은 C 계열 시료의 경도값이 상대적으로 높은 값을 가졌다. 이는 C 계열 시편의 경우 탄화물을 둘러싸고 있는 기지조직이 경도값이 높은 퍼일라이트상(Hv 600-670)이고, A, B 계열 시편의 기지조직은 경도값이 상대적으로 낮은 오스테나이트상(Hv 530-600)이기 때문이다.

#### < 굽힘마모 거동 >

굽힘마모 시험결과인 그림 3 을 살펴보면 A,B,C 계열 모두 크롬계 탄화물의 양이 증가함에 따라 내마모성이 개선되고 있음을 알 수 있다. 이는 Zum Gahr<sup>2)</sup>등의 연구결과인 고크롬계 내마모 주조합금의 경우 탄화물의 양이 30% 까지 증가할 때까지는 내마모성이 개선되나 그 이상의 탄화물 양에서 부터는 탄화물이 깨어지면서 오히려 내마모성이 다시 저하된다는 것과 상이한 결과이다.

사진 1 은 육성용접재 중 J8 시료의 굽힘마모면을 SEM 으로 관찰한 것이다. 마모면 중에서 다각형의 크롬계 탄화물( $M_7C_3$ ) 의 형상이 선명히 도출되어 관찰되고 있음을 알 수 있다. 이는 마모 도중 탄화물 주위의 오스테나이트상들이 마모입자들에 의해 우선적으로 긁혀 나간 반면에 고경도의 탄화물들은 쉽게 긁히거나 깨어져 제거되지 않았다. 그 결과 이들 탄화물들만이 마모면상에 선명히 노출됐음을 말해 준다. 이는 고크롬계 내마모 육성용재에 있어서 석출되는 탄화물들은 효과적인 내마모용 강화입자로서 작용했다고 판단된다.

#### 4. 결 론

Fe-Cr-C 계 내마모 육성용접재에 있어서 크롬계 탄화물들은 효과적인 내마모용 강화입자로서 작용함으로써 탄화물의 양이 증가될수록 내마모성이 개선되었으며, 동일 탄화물의 양에서는 탄화물을 둘러싸고 있는 기지조직이 퍼얼라이트상 보다는 오스테나이트상인 경우가 보다 내마모성이 우수했다.

#### 5.참고문헌

- 1) K. G. Budinski, Surface Engineering for Wear Resistance, Prentice-Hall, Inc.(1988) P267
- 2) K. H. Zum Gahr and D. V. Doane: "Optimizing Fracture Toughness and Abrasion Resistance in White Cast Irons" Met. Trans. A, 11A, April, 1980, pp. 613-

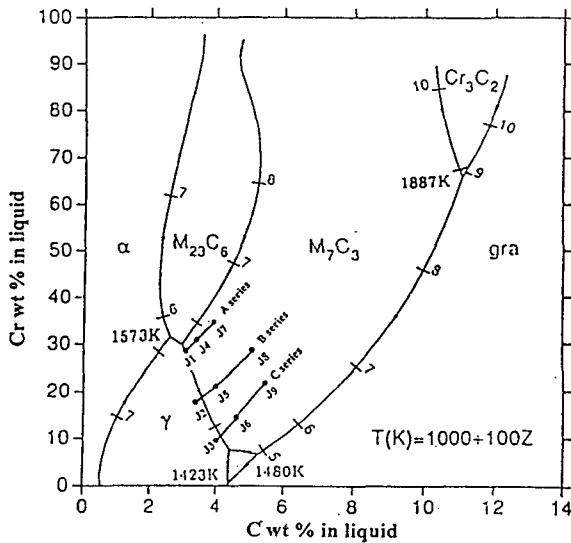


Fig. 1 Liquidus projection of the metastable C-Cr-Fe ternary system

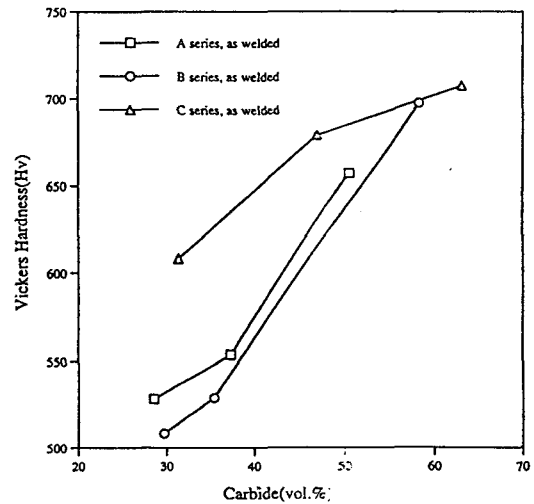


Fig. 2 Hardness vs carbide volume fraction for the chromium-carbide-type hardfacing deposit (A series: J1, J4, J7, B series: J2, J5, J8, C series: J3, J6, J9)

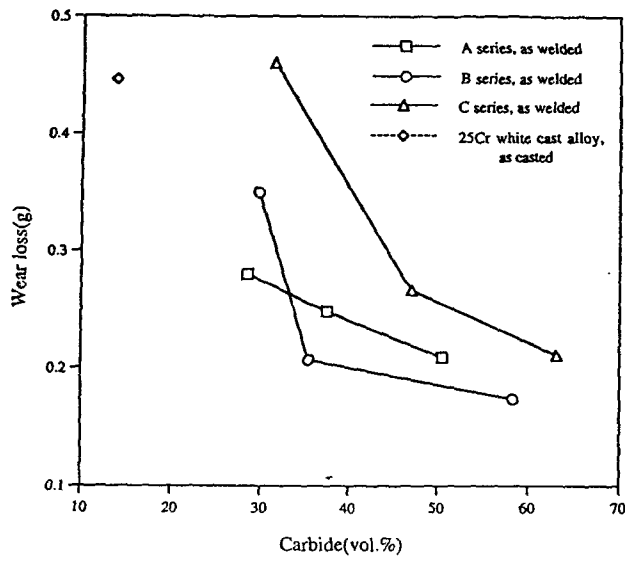


Fig. 3 Abrasive wear loss vs carbide volume fraction for the chromium-carbide-type hardfacing deposit(A series:J1,J4,J7, B series:J2,J5,J8, C series:J3,J6,J9)



Photo. 1 SEM micrographs of abrasive wear surfaces of J8 specimen  
(A) x500 (B) x1100