

육성용접한 고크롬 철계합금의 마모기구

Abrasive Wear Mechanism of the High Cr White Iron Hardfaced Alloys

백 응 룰, 안 상 호, 김 낙 준*

포항산업과학연구원, 경북 포항

*포항공대, 경북포항

1. 서 론

크롬탄화물형 고크롬 철계합금의 뛰어난 내마모성은 미세조직내에 비커스 경도값이 1,200 ~ 1,800 인 고경질 크롬계 탄화물[(Cr,Fe)₇C₃]이 다량 존재하기 때문인 것은 주지의 사실이다[1-3]. 크롬탄화물과 같은 경질상 혹은 복합상을 가지는 다상재(multiphase materials)들의 굽힘 마모거동에는 경질상의 양, 크기, 모양 및 경도값, 경질상을 둘러싸고 있는 기지상, 경질상과 기지조직 간의 결합력 그리고 마모입자의 크기, 경도값, 모양 등이 영향을 미친다[4-5]. 다상재료들의 굽힘내마모성을 예측하기 위한 이론모델식으로는 다음 (1), (2)으로 기술되는 rules of mixture 식이 다수 이용되었다 [6].

EW mode (Linear Rule of Mixtures):

$$\Omega = A_p/A \cdot \Omega_p + A_m/A \cdot \Omega_m \quad \text{-----} \quad (1)$$

EP mode (Inverse Rule of Mixtures):

$$\Omega = (A_p / A\Omega_p + A_m / A\Omega_m)^{-1} \quad \text{-----} \quad (2)$$

Where Ω : wear resistance as the inverse of the wear rate,

Ω_p and Ω_m are the wear resistance and A_p and A_m are the nominal contact area of the reinforcing phase and the matrix, respectively.

A: nominal contact area($A = A_m + A_p$),

index p: reinforce phase, index m: matrix.

상기 (1), (2)식을 강화상 분률에 따른 내마모성을 그림 1 [6]에 도식적으로 나타내었다.

본 연구에서는 크롬탄화물형 고크롬 철계 육성용접재의 저응력 굽힘마모 거동을 rules of mixture 식을 이용하여 해석하면서 동시에 굽힘기구를 규명하고자 했다.

2. 실험방법

본 연구에 사용된 재료는 Cr 과 C 의 양을 달리하여 용착금속의 크롬탄화물 양을 23%~64%까지 변화시킨 크롬탄화물형 고크롬 철계 육성합금재이다.

육성용접은 SS-FCAW(self-shielding flux cored arc welding)방법으로 두께 9mm 인 SS41 연강 모재 위에 용접 와이어를 oscillating 함으로써 비드(bead) 폭이 55mm 내외가 되도록 용접하였다. 모재를 약 200 °C 로 예열한 후 정전압 30V, 사용 전류 400A 에 DC 역전극으로 용접하였다. 육성용접재의 굽힘마모 시험은 ASTM Standard G65-85 에 의거하여 dry sand rubber wheel abrasion wear tester 를 사용하여 모래 직경 0.15~0.3mm, 모래 공급량 180g/min., 가압 하중 20kg, 휠 회전속도 350rpm, 마모 거리 6.0km(8,400 revolution)의 조건에서 실시하였으며, 마모재는 미세경도값이 Hv 870 인 모래(SiO₂)로서 Semi-round 형상이다. 그리고 탄화물 및 기지상의 개개 마모 거동을 조사하기 위해서 SEM 을 이용하여 마모시험재의 마모면을 관찰했다.

3. 결과 및 고찰

크롬탄화물형 고크롬 철계 육성용접재들의 저응력 굽힘마모 거동에 미치는 크롬탄화물[(Cr,Fe)₇C₃] 양의 영향을 알아보기 위하여 육성용접층의 내마모성을 크롬탄화물 양에 따른 변화를 그림 2 에 나타내었다. 그림 2 에서 크롬탄화물 양이 22.9%에서 36%까지 증가하는 동안에 내마모성은 5 에서 25 까지 급격히 증가했으며, 크롬탄화물 양이 36%에서 63.7%까지 증가하는 동안에는 내마모성이 25 에서 35 까지 다소 완만하게 내마모성이 증가했다. 크롬탄화물형 고크롬 철계합금에 있어서 공정조성일 때의 크롬탄화물 양은 36%내외이다. 본 육성용접재 또한 크롬탄화물 양이 36% 이하인 시료는 전부 아공정합금이며, 그 이상인 시료는 과공정합금이 었다. 크롬탄화물계 합금에 있어서 아공정합금과 과공정합금의 경계인 탄화물 양 36% 지점을 경계로하여 탄화물 양의 증가에 따른 내마모성의 증가 거동이 달라졌다는 것은 매우 흥미로운 사실이다. 즉 일차크롬탄화물이 존재하기 시작하면서 부터 마모거동이 달라졌음을 시사한다.

마모면을 살펴본 결과 아공정합금의 경우는 강화상 양이 작아 강화상 중에 존재하는 크롬탄화물들에 크랙이 발생되어 기지상과 함께 쉽게 Cutting 되면서 깊고 곧은 Groove 를 형성하면서 마모되고, 강화상 양이 증가함에 따라 Groove 폭 및 깊이가 작아지면서 크롬탄화물에 크랙이 발생되어 강화상과 기지상이 동시에 Cutting 되는 양상은 줄어들고 대신 크롬탄화물이 다소 변형된 상태를 유지하면서 크롬탄화물들이 다수 마모면에 돌출된 상태에서 마모되는 양상이 증가함으로서 전체적으로는 (2)식을 따르는 EP mode

(Inverse Rule of Mixtures)로 마모되었다. 그리고 과공정합금의 경우는 조대한 일차크롬탄화물이 마모 도중에 변형되거나 깨어져 탈락하지 않았고, 마모면에서 일차크롬탄화물들이 들출되어 강화상으로 작용했다. 이는 들출된 강화상이 보다 많은 하중을 받으면서 마모가 진행되어짐으로서 결국 강화상과 기지상이 동일한 마모속도로 마모가 진행되는 (1)식의 EW(equal wear) mode 로 마모되었다.

4. 결론

크롬탄화물형 고크롬 철계 육성용접재들의 저응력 굽힘마모기구는 아공정합금의 경우는 EP mode (Inverse Rule of Mixtures)로 마모되었고, 과공정합금의 경우는 EW(equal wear) mode 로 마모되었다.

5. 참고문헌

- 1) C. P. Tabrett, I. R. Sara and M. R. Ghomashchi, *International Materials Reviews*, 41 (2) (1996) 59-82
- 2) H. Drzeniek, M. Kowalski and E. Lugscheider, *Surfacing Journal*, 16 (4) (1985) 121-125
- 3) K-H Z. Gahr and D. V. Doane, *Met. Trans. A*, 11A, April (1980) 613-620
- 4) K-H Z. Gahr, *Microstructure and Wear of Materials*, Elsevier, Tribology Series 10, Amsterdam, 1987, P417
- 5) A. G. Wang and I. M. Hutchings, *Mat. Sci. Tech.*, 5 (1989) 71-76
- 6) N. Axen and S. Jacobson, *Wear*, 174 (1994) 187-199

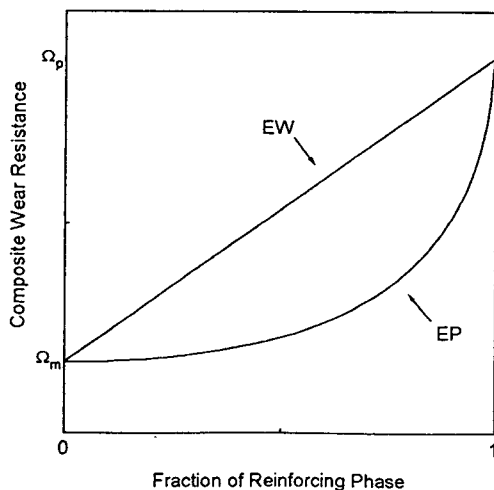


Figure 1. Schematic Representation of the Dependence of Volume Fraction of Reinforcing Phase on the Abrasion Wear Resistance of Two-Phase Structures[6].

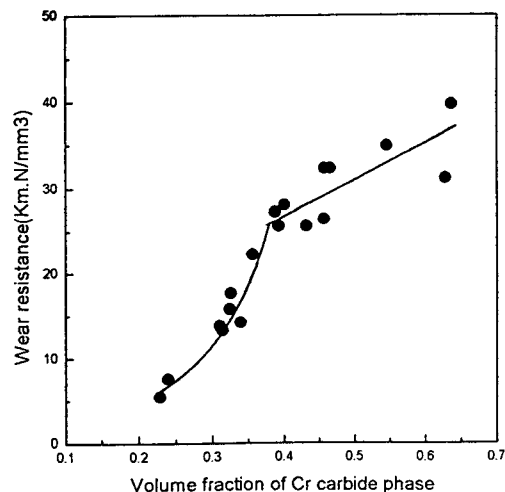


Figure 2. Relationship Between Wear Resistance and Volume Fraction of Cr Carbide Phase for High Cr White Iron Hardfaced Alloys