

WC 분산형 Hardfacing 용접재료의 내마모성에 미치는 WC 함량의 영향

The Effect of WC Content on the Wear Resistance of WC Dispersed Hardfacing Material

채현병, 황상필, 김준기, 김정환

한국생산기술연구원

1. 서론

하드페이징(hardfacing) 용접은 내마모성 및 내식성 등이 우수한 금속재료를 저렴한 모재표면에 다양한 방법으로 육성시켜 재료의 표면특성을 향상시키는 용접방법이다. 하드페이징 용접은 석탄, 시멘트, 광석 및 암석 등의 파쇄 및 분쇄기와 같이 심한 연삭마모 환경에서부터 허용오차가 작은 정밀부품에 이르기까지 제품의 용도에 따라서 다양한 용접재료가 사용되고 있다.

여기에서 시멘트, 제철 및 발전산업과 같은 중공업 분야에서 재료나 연료의 파쇄와 관련된 제품의 하드페이징 용접에는 내마모성이 우수하고 비교적 제조단가가 저렴한 크롬탄화물계 용접재료가 가장 널리 쓰이고 있다. 그러나 최근 들어 용접재료 가격의 하락과 더불어 인건비 상승에 따라 용접시공비용의 비중이 증대됨에 따라 한번 시공으로 고수명을 달성할 수 있는 재료를 선호하는 추세에 있다. 이에 따라 탄화물계 중에서 내마모성이 가장 우수한 텅스텐탄화물계 용접재료 활용에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

일반적으로 순수 텅스텐탄화물(WC)은 육성용접시 아크용접을 적용하게 되면 텅스텐탄화물이 완전 용융되어 내마모성이 저하되는 경향이 있다¹⁾. 따라서 텅스텐탄화물계 용접재료를 육성용접할 때에는 상대적으로 입열량이 적은 산소-아세틸렌 용접법을 사용하게 된다. 그러나 이러한 방법은 용접생산성이 매우 낮은 수준이고 원료 순수 텅스텐탄화물 분말의 가격이 매우 높아서 경제성이 매우 취약한 단점이 있다.

본 연구에서는 저렴한 텅스텐탄화물계 합금분말을 사용하고 용접생산성을 높일 수 있는 아크용접법을 사용하여 육성용접한 용접부에 대하여 용접재료내 텅스텐탄화물의 함량이 내마모성에 미치는 영향에 대하여 고찰하였다.

2. 실험방법

실험에 사용된 용접재료는 자체 제작한 $\phi 1.6\text{mm}$ 의 metal cored wire로써 와이어의 외피재료는 0.4mm의 연강(SS 400)을 사용하였으며 충진분말은 텅스텐탄화물 함량이 약 75%인 합금분말로 충진율을 20~40%까지 변화시켜 제작하였다. 용접은 DAIHEN사의 600A급 SCR 용접기를 사용한 GMAW공정으로써 연강(SS 400)모재 위에 weaving 장치를 사용하여 1 pass 하드페이징 용접을 수행하였다. 1 pass용접시 용접부의 두께는 약 5mm로써 마모시험을 위한 시험편의 크기를 $26 \times 67 \times 12\text{mm}$ 로 가공하고 하드페이징 용접된 표면은 연삭가공하였다.

본 시험편을 ASTM G 65(Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus)에서 제시하는 방법에 의하여 abrasive 마모에 대한 저항성을 평가하였다²⁾. 마모시험에 사용된 모래의 입자크기는 $212 \sim 300 \mu\text{m}$ 이며 가압하중은 130N, 회전속도는 2000rpm으로 10분간 마모시험을 수행하였다. 또한 육성용접부 미세조직 관찰을 위하여 용접부를 표면에 수직으로 절단 및 연마 후 5% Picric acid+5% HCl 용액으로 에칭하여 광학현미경으로 관찰하였다. 용접부의 경도는 Rockwell 경도기를 사용하였으며 C-scale로 경도를 측정하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

충진률 20~40%의 텅스텐탄화물계 용접재료를 사용하여 하드페이싱 용접한 용착금속의 내마모 시험결과를 Fig. 1에 나타내었다. 용접재료의 텅스텐탄화물 함량이 20~30%까지는 내마모성이 거의 동일한 수준이나 35%에서는 급속히 증가되는 것으로 나타났다. 한편 충진율이 35%이상에서 내마모성은 더 이상 증가하지 않고 특정한 수준으로 수렴하는 것을 알 수 있다. 이는 기지조직 내 텅스텐탄화물 생성량이 증가할수록 무한정 내마모성이 증가되는 것이 아니라 탄화물생성량에 따른 내마모성 증가효과가 어느 임계점을 갖는 것으로 생각된다.

각 시편들에 대한 용착금속의 경도값을 Fig. 2에 나타내었다. 경도값은 각각 충진율 20~30%까지는 약 HRC 60대를 유지하는 고경도이나 35%에는 HRC 54로 저하되었고 40%에서는 다시 증가하는 경향을 보였다. 이는 Fig. 1의 내마모 저항성과는 일치하지 않는 결과로써 경도가 높을수록 내마모성이 비례적으로 증가하지는 않음을 알 수 있다.

충진율별 용접부의 광학현미경 미세조직 사진을 Fig. 3에 나타내었다. 충진률 20~30%의 하드페이싱 용접부 조직은 마르텐사이트가 형성된 미세조직인 반면에 35, 40%의 미세조직은 20~30%와는 전혀 다른 오스테나이트 조직이 형성된 것을 볼 수 있다. 일반적으로 내마모성은 경도와 비례하여 증가되는 것으로 알려져 있는데 오스테나이트는 마르텐사이트에 비해 경도는 낮지만 변형유기 상변태가 발생하여 가공경화율이 높아 우수한 내마모성을 갖는 것으로 보고되고 있다³⁾. 따라서 충진율이 35 및 40%의 경우 경도가 상대적으로 낮음에도 불구하고 내마모성이 높은 것은 이와 같은 원인에 기인된 것으로 판단된다.

참고문헌

1. Welding Handbook : Materials and Applications Part 2, 8th edition, American Welding Society, 1998.
2. ASTM G 65 : Standard Test Method for Measuring Abrasion Using the Dry Sand/Rubber Wheel Apparatus.
3. S. Atamert and J. Sketly : Microstructure, Wear resistance, and Stability of Cobalt Based and Alternative Iron Based Hardfacing Alloys, *Surface Engineering*, Vol. 9, No. 3, pp. 231-240, 1993.

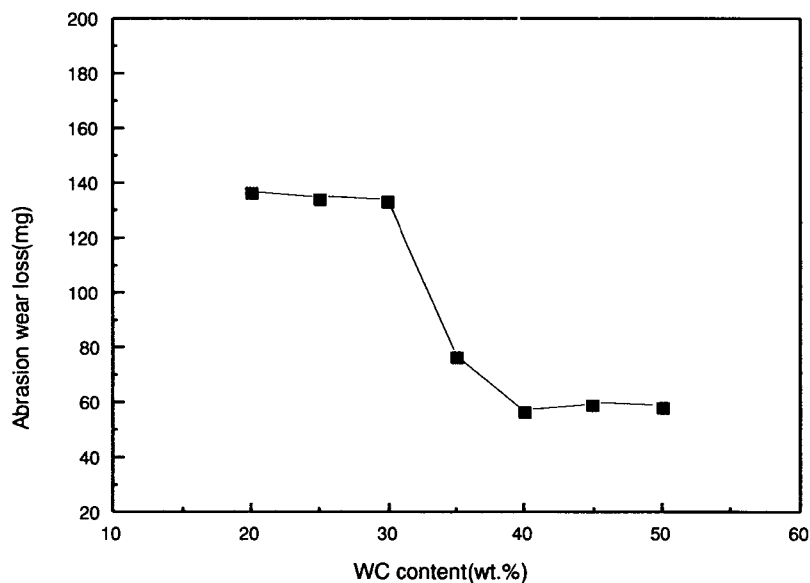


Fig.1 Abrasion wear loss of weld deposits as a function of tungsten carbide content.

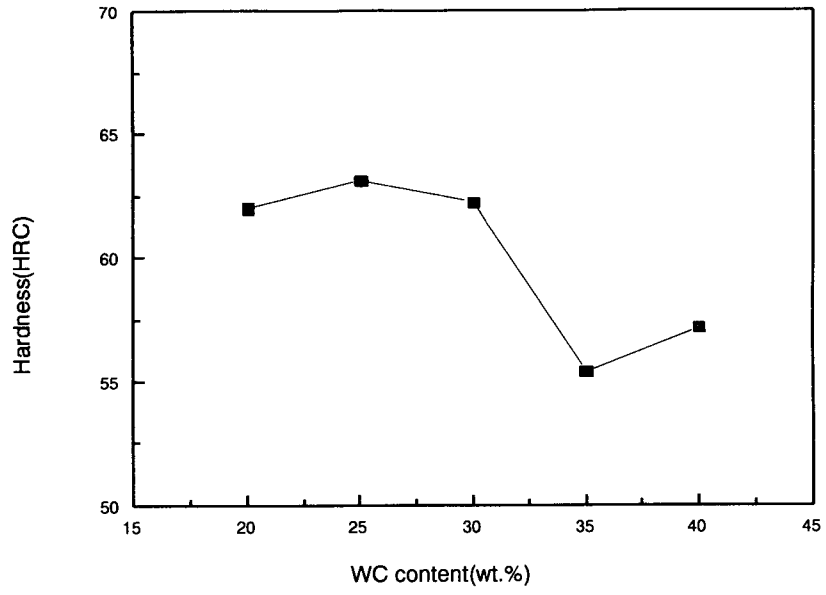


Fig. 2 Rockwell hardness of weld deposits as a function of tungsten carbide content.

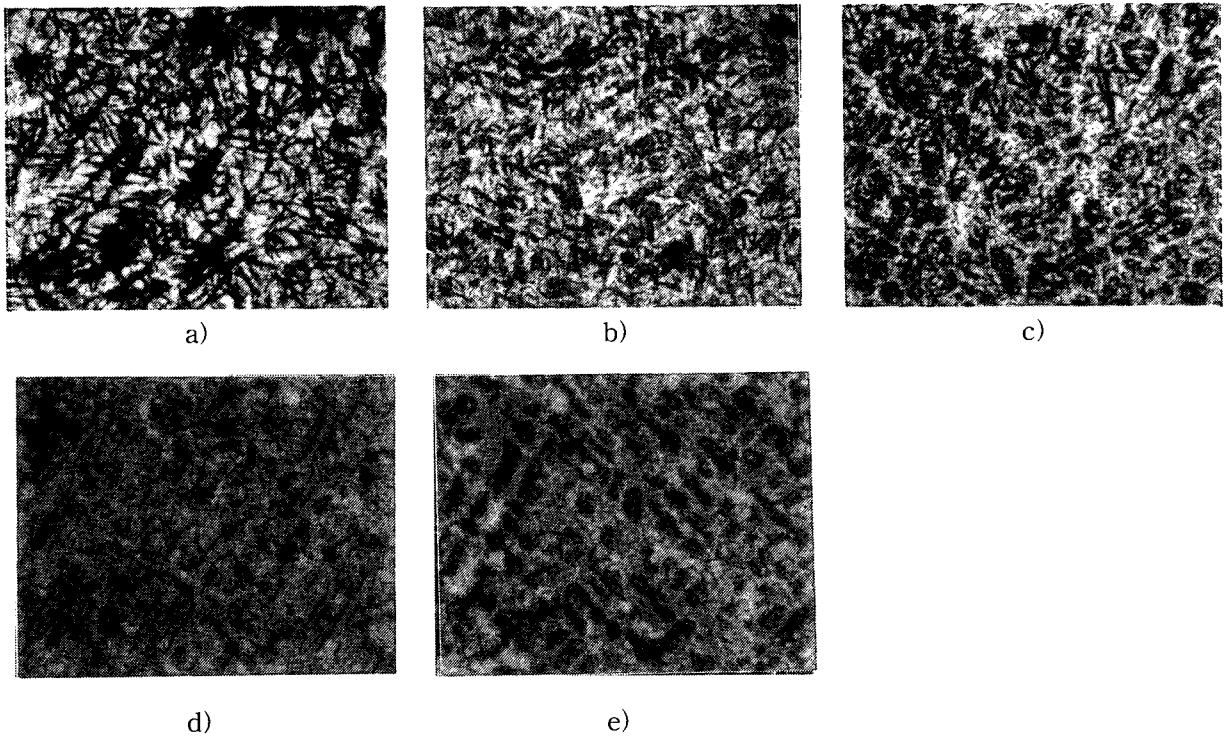


Fig. 3 Optical micrographs of weld deposits according to the tungsten carbide content ; a) 20%, b) 25%, c) 30%, d) 35%, and e) 40%.