

Bulk 용접공정에서 분말의 성분과 크기에 따라 만들어진 Hardfacing부의 특성 평가

Characteristics of hardfacing manufactured by bulk welding process in terms of
chemical compositions and volume of wire

이규도, 김광수
순천향 대학교

1. 서론

극심한 환경에 노출되는 발전소 압력용기나 제철소 및 시멘트공장에서의 원료 혼합시스템에 이용되는 산업기계 및 부품 등은 사용 시간의 증가에 따라서 마모와 산화 혹은 부식 등에 의하여 짧은 시간 안에 본래의 특성을 잃어버리게 되고 궁극적으로는 시스템의 효율을 저하시키게 된다. 그와 같은 산업기계 및 부품 등의 마모, 산화 혹은 부식을 방지하기 위해 우수한 특성의 소재를 기계 및 부품에 부분적으로 적용하여 그 효율과 수명을 연장하는 방법을 채택할 수 있다. 이러한 경우 대부분 용접에 의한 표면 경화 개질법이 많이 실용화되어 사용되고 있다. 용접공정에 의한 표면 개질법은 하드페이싱(hardfacing)으로 알려져 있으며 다양한 용접공정과 특수한 성질을 갖는 용접재료가 적용되고 있다. 하드페이싱은 고경도, 고탄성 등의 특성을 갖는 용접와이어 상태의 용가재를 용접공정에 의하여 적용하는 방법이 일반적이지만 이 경우 용접재료와 모재간의 희석률이 크기 때문에 경화부의 특성이 저하되므로 용접 공정에 대한 철저한 관리가 요구된다. 최근에 하드페이싱을 목적으로 고안된 벌크 용접공정은 용접시 와이어 형태의 용가재와 함께 분말상의 용접재료를 부수적으로 첨가하므로써 모재와 용접재료간의 희석률을 줄일 수 있기 때문에 하드페이싱에서 그 효율이 우수한 것으로 알려져 있다. 벌크 용접에 의하여 표면 경화부를 만드는 경우 사용되는 분말상의 용접재는 대부분 국외에서 수입되고 있으며, 그 성분으로는 크롬을 기본으로하며 하드페이싱부에 크롬계 탄화물을 형성하게 함으로써 우수한 내마모성, 내식성 및 내산화성을 갖도록 하고 있다. 그러나 현재 분말상의 수입 용접재는 매우 고가이기 때문에 이것을 사용하는 경우 많은 경제적 비용이 요구된다.

본 연구에서는 이점에 착안하여 벌크 용접공정을 이용한 하드페이싱에서 분말형의 용가재를 개발하기 위한 목적으로 저가의 원소재인 페로크롬과 페로망간을 기본으로하여 용가재를 합성하고 이 용가재를 이용하여 만들어진 표면 경화부의 특성을 평가하고자 하였다. 분말형 용가재의 합성은 페로크롬과 페로망간의 탄소함유량과 일정한 혼합비로 혼합한 후 혼합된 분말 용가재와 용접시 추가되는 와이어와 분말 용가재 중량비를 달리하여 만들어진 하드페이싱부 특성을 조사하였다. 만들어진 하드페이싱부의 특성은 하드페이싱부의 화학분석, 미세조직관찰, 미세경도를 통하여 조사하고자 하였다.

2. 실험방법

Table 1은 분말형 용가재를 합성하기 위하여 사용된 페로크롬과 페로망간의 종류와 화학성분을 나타내고 있다. 원료로 사용된 페로크롬과 페로망간은 각각 두 종류로 탄소의 함유량이 많은 고탄소 페로크롬과 저탄소 페로크롬 그리고 망간의 경우도 저탄소 및 고탄소 페로망간을 사용하였다. 입자형의 페로크롬과 페로망간의 입도는 대략 30~50 mesh(300 μ m~600 μ m) 범위안에 있었다. 합성된 분말형 용가재의 성분은 Table 2에서 나타낸 바와 같이 페로크롬과 페로망간의 혼합비를 달리하여 3가지의 성분으로 선택하여 만들었다. 이들의 혼합비는 고탄소 페로크롬 : 고탄소 페로망간 = 5 : 1, 고탄소 페로크롬 : 저탄소 페로망간 = 4.7 : 1, 그리고 저탄소 페로크롬 : 고탄소 페로망간 = 4.2 : 1의 비율로 혼합하였다. 이와 같은 비율을 정한 것은 기존에 수입되어 상업용으로 사용되는 분말형 용가재의 화학성분을 참고하여 결정하였다. 위와 같이 일정 비율로 혼합된 분말은 순수 페로크롬과 순수 페로망간의 화학조성을 조사한 후 혼합되어졌고, 3가지 화학조성을 갖도록 만들어진 혼합분말은 아크를 이용하여 용해하고 그 특성을 조사하였다. 또한 상업용 분말 역시 아크를 이용하여 용해한 후 미세조직 및 미세경도를 조사하고, 혼합된 분말의 미세조직과 미세경도를 비교하여 가장 경도가 높

고 상업용의 미세조직에 근접하는 미세조직을 갖는 한가지의 화학성분을 결정하였다. 선택된 합금분말의 용가재는 다시 용접 와이어와 분말 용가재의 중량비를 달리하여 벌크 용접을 실시하였고 분말의 합성에서와 같은 이유로 상업용 분말과 용접와이어를 이용하여 만들어진 하드페이싱부의 특성과 비교 평가하였다. 그림 1은 벌크 용접기와 용접공정의 개략도를 보여주고 있다. 분말 용가재의 공급은 이송 방향에 위치한 분말 공급기에서 주입되고 용해된 모재와 와이어 용가재로 만들어진 용탕에 공급되어 혼합 용융 응고되는 용접 방식이다. 자체적으로 합성된 분말 용가재와 용접와이어의 중량 비율은 분말 용가재 : 용접 와이어 = 1.5 : 1, 1.9 : 1, 그리고 2.3 : 1로 하였다. 이러한 용가재와 용접와이어의 비율을 달리한 것은 하드페이싱부 제조시 경제성과 그 특성을 고려하기 위함이었다. 벌크 용접은 두 가지 모재에 적용하였는데, 흑연판과 일반 강재를 사용하였다. 흑연판을 모재로 한 경우의 용접은 모재에 대한 희석을 배제한 상태에서의 용가재와 와이어의 혼합된 특성을 조사하기 위함이었다고 반면에 강재의 모재를 사용한 것은 실제 하드페이싱부의 특성을 살펴보고자 하였다. 이렇게 만들어진 하드페이싱부는 위에서 언급한 바와 같이 상업용의 분말 용가재와 와이어를 사용한 하드페이싱부의 미세조직, 미세경도 등과 비교 평가하였다. 하드페이싱부의 미세조직은 광학 현미경과 주사전자 현미경을 이용하여 관찰하였고 또한 EDAX를 이용하여 화학분석 등을 실시하였다.

3. 실험결과 및 고찰

사진 1은 혼합된 분말 용가재만을 아크 용해하여 만들어진 합금의 미세조직을 보여주고 있다. 이 경우는 용접 와이어가 포함하지 않은 상태의 미세조직으로 A, B는 다량의 크롬 탄화물을 함유하고 있고, C의 경우에는 미세조직을 구분하기 어려운 상태이지만 수지상의 조직을 보여주고 있다. 특히 A의 경우는 B의 경우에 비하여 크롬탄화물의 크기가 매우 미세한 형태로 페로크롬으로부터의 탄화물 형성과정을 보여주고 있는데 이는 다른 두 경우에 비하여 탄소의 함량이 높아 초정의 탄화물이 기지화 되어 있음을 나타낸다. B의 경우는 페로크롬으로부터 분해된 탄화물과 함께 공정의 영역이 확대된 것을 보여주고 있다. 각각의 경우에서 측정된 미세경도 값도 사진 1에서 보여주고 있는데 탄소의 함량이 가장 많아 다량의 초정 탄화물을 소유한 A의 시편이 가장 높은 값을 나타냈다. A, B의 경도값은 상업용의 분말 용가재의 경도값과 비교하여 본 결과 약 20-60%의 경도 상승 효과가 있었다. 따라서 분말 용가재만을 검토해 볼 때 A의 화학조성이 미세경도와 미세조직상으로 하드페이싱부를 만드는데 가장 우수할 것으로 추정할 수 있었다. 이러한 결과로부터 A를 분말 용가재로 한 상태에서 중량비를 1.5, 1.9, 2.3배로 분말 용가재를 용접와이어와 함께 혼합하는 방식으로 하드페이싱부를 만들었으며, 그 만들어진 하드페이싱부의 미세조직을 사진 2에 나타냈다. 분말 용가재에 와이어를 첨가함에 따라 사진 1과 비교할 때 초정 탄화물의 양이 감소하고 대신 공정영역이 확대된 것을 알 수 있다. 또한 분말 용가재의 양이 증가할수록 초정 M_7C_3 탄화물 영역이 확대된 것을 관찰할 수 있다. 여기서 초정 탄화물은 Cr_7C_3 로 용접 직후 용융금속중에서 석출되어 육각기둥 형상으로 성장하며, 초정 탄화물 주위에는 크롬이 고갈된 크롬 고갈 영역이 형성된다. 한편 분말 용가재 공급량의 차이는 초정 탄화물의 양과 크기에 차이를 나타내었고, 분말 용가재 양이 증가할수록 초정 탄화물이 증가하였으며, 그 크기는 미세한 것으로 나타났다. 각각에 대하여 미세경도를 측정한 결과도 사진 2에 나타내고 있다. 결과에 의하면 분말 용가재의 비율이 증가함에 따라 경도 값은 증가하는 것으로 나타났다. 이는 미세조직에서 본 바와 같이 다량의 용가재에서 얻어진 초정 탄화물의 증가에 기인된 것으로 사료된다. 한편 상업용 분말 용가재를 사용하여 만들어진 합금의 경도는 대략 760Hv를 나타내고 있는 것과 비교할 때 분말 용가재의 중량비는 대략 분말 용가재 : 와이어 비가 1.9 : 1 이상에서는 상용 분말 용가재와 거의 같은 미세조직과 경도 값을 갖는 것으로 나타났다. 사진 3은 분말 용가재 특성 분석의 마지막 단계로서 일반적인 모재위에 하드페이싱부를 만들고 그 미세조직을 검토한 결과를 보여주고 있다. 상업용 용가재와 합성한 용가재 모두에 대하여, 분말 용가재 : 용접 와이어의 비를 1.5, 1.9, 그리고 2.3의 비로 만들어진 하드페이싱 부를 나타내고 있다. 상업용 용가재와 합성한 용가재 모두 동일한 조건에서 유사한 미세조직을 나타내주고 있다. 분말 용가재의 양이 1.5와 1.9의 경우에는 수지상 조직을 보여주고 있으나 2.3비율로 이루어진 경우에는 미세한 초정 탄화물과 일부 분해되지 않은 페로 크롬이 잔존해 있는 것을 확인 할 수 있었다. 이들 조건에 대한 미세경도를 측정하여본 결과 분말 용가재가 다량으로 첨가됨에 따라 다수의 초정 탄화물이 많이 생성

되는데 이러한 경우에 미세 경도가 가장 높은 것으로 확인되었다.

4. 결론

벌크 용접에서 분말 용가재의 합성을 목적으로 저가의 페로크롬과 페로망간을 적절히 혼합하여 분말 용가재를 만들어 보았고 이를 이용하여 만들어진 하드페이싱부의 특성을 조사하고 상업용의 분말 용가재와 그 특성을 비교 평가하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 페로크롬과 페로망간을 혼합 합성하여 분말 용가재를 만들 수 있었고, 고탄소 페로크롬과 고탄소 페로망간을 혼합하여 만들어진 분말 용가재가 가장 우수한 특성을 나타냈다.

(2) 용가재와 용접 와이어만을 혼합하였을 때 용가재와 용접 와이어의 비율에 관계없이 초정 탄화물과 페라이트와 M_3C 형 탄화물로 분해된 펄라이트가 전체적으로 나타났으며, 초정 탄화물이 하드페이싱부의 높은 경도 값에 기여하는 것으로 나타났다.

(3) 벌크 용접시 분말 용가재와 용접 와이어의 비율은 하드페이싱부의 특성에 매우 중요한 영향을 미치고 분말 용가재와 와이어의 비율이 2.3 이하에서는 초정 탄화물 대신 수지상의 용융 응고조직을 나타내면서 낮은 미세 경도 값을 나타내는 것으로 나타났다.

Table 1 Ferro Cr과 Ferro Mn의 종류와 화학성분

분 말	C	Fe	Cr	Mn	Bal.
High C Ferro Cr	8.493	21.32	68.46		1.727
Low C Ferro Cr	0.041	28.56	69.75		1.649
High C Ferro Mn	6.42	15.5		75.24	2.84
Low C Ferro Mn	1.402	18.75		78.84	1.008

Table 2 페로크롬과 페로망간의 혼합비

Ferro Cr : Ferro Mn	C	Fe	Cr	Mn	Bal.
상업용 용가재	8.76	18.48	58.87	13.33	0.56
5 : 1	8.11	20.36	57.08	12.54	1.91
4.7 : 1	7.25	20.87	56.45	13.83	1.6
4.2 : 1	1.23	26.05	56.38	14.48	1.86

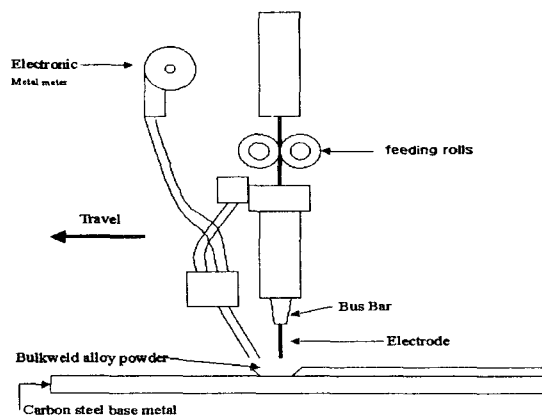


그림 1. Bulk 용접공정

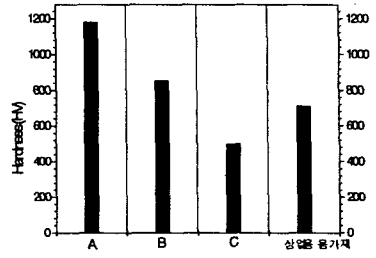
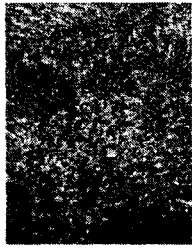
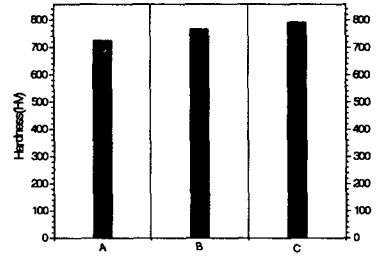
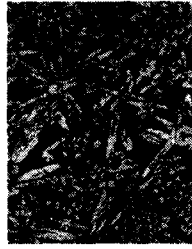
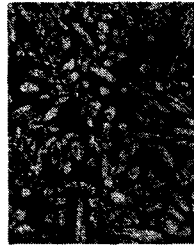


사진 1 혼합된 분말 용가제만을 아크 용해하여 만들어진 합금의 미세조직과 미세경도

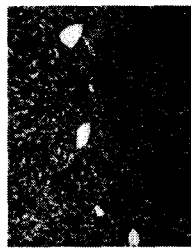
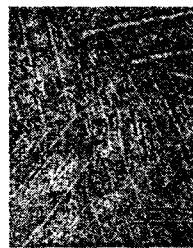


A(1.5 : 1) B(1.9 : 1) C(2.3 : 1)

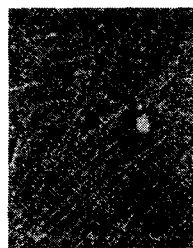
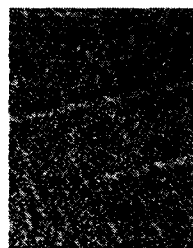
사진 2 용가제와 용접 와이어의 비율율의 변화에 따른 미세조직과 미세경도



A(1.5 : 1) B(1.9 : 1) C(2.3 : 1)
(a) 상업용 용가제 하드페이싱부의 미세조직(X100)



A(1.5 : 1) B(1.9 : 1) C(2.3 : 1)
(b) 합성용 용가제의 하드페이싱부의 미세조직(×50)



A(1.5 : 1) B(1.9 : 1) C(2.3 : 1)
(c) 합성용 용가제의 하드페이싱부의 미세조직(×100)

사진 3 (a)상업용과 (b),(c)합성용 용가제를 이용하여 일반 모재위에 만든 하드페이싱부의 미세조직