

하드페이싱용 Fe-Cr-C계 메탈코어드와이어의 MIG 육성용접부 형상에 미치는 플럭스 첨가의 영향

Effects of flux additions on the MIG overlay weld shape of Fe-Cr-C metal cored wire for hardfacing

한규호*, 채현병*, 김준기*, 이창우*, 김정현*, 김동환**

* 한국생산기술연구원

** 고려대학교

1. 서 론

하드페이싱(hardfacing) 용접은 내마모성, 내식성이 우수한 금속재료를 저렴한 모재표면에 다양한 방법으로 육성시켜 부품의 표면특성을 향상시키는 용접방법이다. 하드페이싱 용접에는 석탄, 시멘트, 암석 등의 분쇄와 같이 심한 연삭 및 충격마모 환경에서부터 허용오차가 작은 정밀 내마모 부품에 이르기까지 제품의 용도에 따라 다양한 용접재료가 사용되고 있다.¹⁾

대표적인 고품질 하드페이싱 용접시공 방법으로는 나뭇을 사용하는 TIG 용접과 와이어를 사용하는 MIG 용접이 있다. TIG 용접은 MIG 용접에 비해 미려한 외관의 육성용접부를 형성할 수 있지만 생산성이 매우 낮다는 단점이 있다. MIG 하드페이싱 용접시공을 위해서는 모재와의 희석율이 적고 비드의 퍼짐성이 우수한 비드를 형성하는 것이 유리하지만 기존의 MIG 용접비드에 대한 연구는 용입 깊이가 증가에 초점이 맞추어져 있어 하드페이싱을 위한 용접조건 최적화 연구가 필요하다.

본 연구에서는 하드페이싱 용접재료 중에서 Co계 Stellite 합금을 대체하기 위해 국내에서 개발된 Co-Free Fe-Cr-C계²⁾ 메탈코어드와이어에 대하여 MIG 육성용접부 형상에 미치는 플럭스 첨가의 영향을 조사하였다.

2. 실험 방법

한국생산기술연구원에 설치된 메탈코어드 용접 와이어 제조 설비를 이용하여 Fe-20Cr-1.7C-1.1Si 조성에 다양한 플럭스를 첨가한 $\phi 1.6\text{mm}$ 메탈코어드 와이어를 제작하였다. 첨가한 플럭스는 탈산제, 알칼리 화합물, 금속 불화물 등이며 Table. 1에 종류와 첨가량을 나타내었다.

플럭스 첨가에 따른 용접성을 관찰하기 위한 용접실험은 20mm 두께의 스테인레스강(STS 304) 모재에 첫번째 pass는 30초, 두번째 pass는 15초간 총 45초 동안 bead on plate 방식으로 용접을 실시하였다.

MIG 용접기로는 DAIHEN사의 600A급 SCR 용접기를 사용하였고 보호가스는 순수 Ar으로 20 l/min의 유량을 사용하였다. 용접전류는 270A, 전압은 27V로 하였으며 용접 이행속도는 250mm/sec로 유지하였다.

비드단면의 형상을 매크로 조직검사를 통해 용접재료의 모재에 대한 희석율(dilution)을 측정하였고 Fig. 1과 같이 비드의 퍼짐성을 평가하기 위해 비드의 높이/폭(H/W)을 측정하여 MIG 하드페이싱 공정에 따른 용접비드의 형상 특성을 조사하였다.

플럭스	탈 산 제					알칼리 / 불화물	
	Mn	Al	Si	Ti	ZrO ₂	NaF	MgF ₂
첨가량 (wt.%)	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05	0.05
	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5

Table. 1 첨가 플럭스

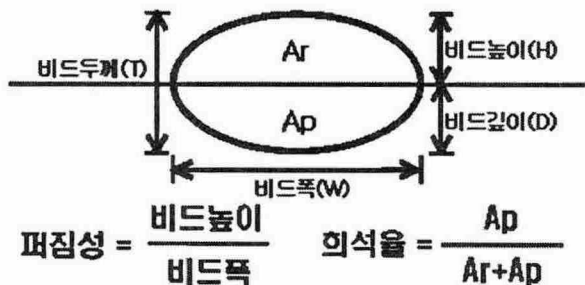


Fig. 1 용접비드 단면 형상

3. 결과 및 고찰

Fe-20Cr-1.7C-1.1Si의 조성의 와이어와 플럭스를 첨가하였을 경우의 비드단면 형상을 Fig. 2에 나타내었으며 비드의 H/W 비를 Fig. 3에 나타내었다. H/W 비의 수치가 작을수록 비드가 용착되어 퍼짐성이 증가한다. 용융금속의 모재에 대한 희석율을 Fig. 4에 나타내었는데 비드 전체 단면에서 희석되어 들어간 용융부분의 분율의 값으로 그 값이 작을수록 모재와의 희석이 적어 고유의 합금 조성을 유지할 수 있다.

3.1 Mn의 영향

Mn의 경우 첨가량이 증가함에 따라 용접금속 내에 산화물의 증가로 아크길이가 증가하여 비드의 H/W 비의 수치가 감소하는 것으로 관찰되었다. 아크전압은 전위경도와 아크길이의 곱으로 정의되어 정전압에 있어서 전위경도의 감소는 아크길이의 증가를 유발하는 것으로 알려져 있는데, 탈산원소인 Mn의 함량이 증가할수록 용적 및 용융금속에서 산화물이 증가하고, 용적내의 Mn산화물은 양극에 있어서 산화피막이 형성, 고온의 아크중에서 전자방출을 용이하게 함으로써 전위경도(potential gradient : K)가 저하하는 것으로 알려져 있다³⁾. 또한 Mn은 용접금속내에 marangoni 효과로 인해 용입깊이의 증가를 일으키는 원소인 S와 MnS 화합물을 형성하여 용융금속내의 S를 감소시키는데 이러한 이유도 비드의 H/W 비의 수치를 감소시키는 요인인 것으로 생각된다.

Mn의 경우 첨가량이 증가함에 따라 희석율이 다소 증가하는 것을 확인할 수 있었다. 용융금속의 모재에 대한 희석은 용접과형과 관련이 있다. 일반적으로 용접전압/전류의 증가는 입열량을 높여 희석율을 증가시킨다. 본 연구에서 진행하였던 용접조건인 270A/27V는 $\phi 1.6\text{mm}$ 메탈코어드 와이어의 MIG 용접에서 단락에서 스프레이이행으로 천이되는 구간이며 이 구간에서 희석이 다소 감소하는 것으로 실험된 바 있다⁴⁾. 즉, 단락이행의 마지막 구간보다 스프레이이행이 처음 시작되는 구간이 희석율의 값이 작은 것을 의미한다. Mn의 용접과형을 조사해 본 결과 그 첨가량이 증가하면서 이행모드가 스프레이이행에서 단락이행으로 천이하는 것을 확인하였다. 따라서 Mn의 경우 용접과형의 스프레이에서 단락으로의 천이에 따라 희석율이 증가하는 것으로 판단된다.

3.2 Al의 영향

탈산원소인 Al의 경우도 Mn과 같이 그 첨가량이 증가함에 따라 전위경도가 감소하고 아크길이가 증가하여 비드의 H/W 비 수치가 감소하였다. 그리고 Al은 S과는 달리 용접금속내에 용입깊이를 감소시키고 비드폭을 증가시키는 효과가 있는 것으로 알려져 있는데⁵⁾ 이러한 이유에서

실험에 사용된 원소들 중에 가장 낮은 비드 H/W 비의 수치를 나타냈다.

Al의 경우 용접과형은 첨가량이 증가할수록 스프레이이행에서 단락이행으로 천이하는 것을 확인할 수 있었다. 따라서 Al의 경우도 Mn과 같이 첨가량이 증가함에 따라 희석율이 증가하는 것으로 생각된다.

3.3 Si의 영향

탈산원소인 Si의 경우도 Mn과 같이 그 첨가량이 증가함에 따라 전위경도가 감소하고 아크길이가 증가하여 비드 H/W 비의 수치가 감소하였다.

Si의 경우 용접과형은 전체적으로 스프레이이행으로 관찰되었다. 따라서 Si의 희석율은 첨가량과 상관없이 낮은 희석율이 유지되는 것으로 판단된다.

3.4 Ti의 영향

탈산원소인 Ti의 경우도 Mn과 같이 그 첨가량이 증가함에 따라 전위경도가 감소하고 아크길이가 증가하여 비드 H/W 비의 수치가 감소하였다.

Ti의 경우 용접과형은 첨가량의 증가할수록 단락이행에서 스프레이이행으로 천이하는 것이 관찰되었다. 따라서 Ti의 희석율은 첨가량의 증가에 따라 감소하는 것으로 판단된다.

3.5 ZrO₂의 영향

탈산원소인 Zr의 경우도 Mn과 같이 그 첨가량이 증가함에 따라 전위경도가 감소하고 아크길이가 증가하여 비드 H/W 비의 수치가 감소하였다. 그러나 첨가량이 0.5wt.% 이상일 경우 ZrO₂ 산화물이 다량 아크와 용융금속에 분포하면서 용적이행이 불안정하게 일어나 아크길이만큼 아크가 형성되지 않은 것으로 판단된다.

ZrO₂의 경우 용접과형은 첨가량이 증가할수록 단락이행에서 스프레이이행으로 천이되는 것이 관찰되었다. 따라서 ZrO₂의 희석율은 첨가량의 증가에 따라 감소하는 것으로 판단된다.

3.6 NaF와 MgF₂의 영향

NaF의 경우 아크안정제임에도 불구하고 실험 첨가제 중에 가장 많은 횟수의 단락이 일어났는데 단락횟수가 증가하여 용적이행이 빨라짐에 따라 모재에 용융지의 면적이 늘어나게 되어 H/W 비의 수치는 감소하는 것으로 판단된다.

이러한 많은 단락횟수는 희석율의 증가에 기인한다고 할 수 있다.

탈산원소인 Mg의 경우도 Mn과 같이 그 첨가량이 증가함에 따라 전위경도가 감소하고 아크길이가 증가하여 비드 H/W 비의 수치가 감소하였다.

Mg의 경우 용접과형은 첨가량이 증가할수록 단락이행에서 스프레이이행으로 천이되는 것이 관찰되었다. 따라서 Mg의 희석율은 첨가량의 증

가에 따라 감소하는 것으로 판단된다.

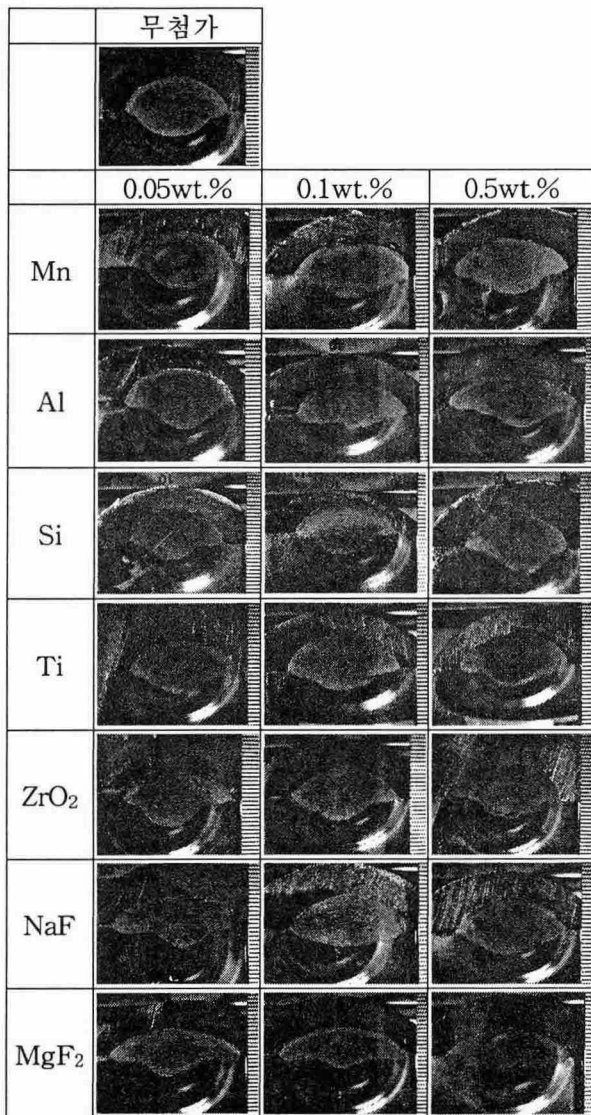


Fig. 2 플럭스 첨가에 따른 비드의 H/W 비

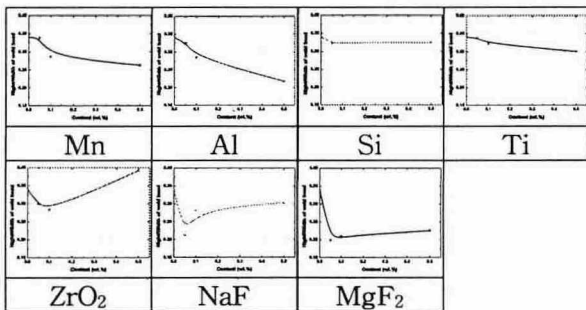


Fig. 3 플럭스 첨가에 따른 비드 퍼짐성

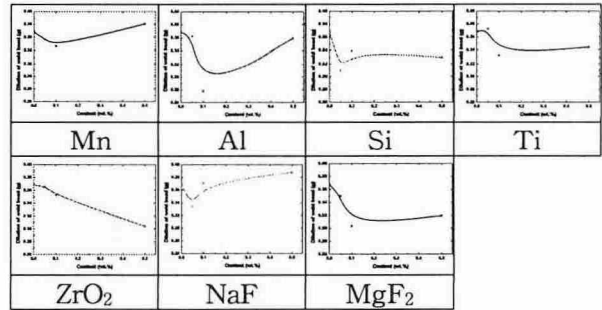


Fig. 4 플럭스 첨가에 따른 비드 희석율

4. 결 론

하드페이싱용 Fe-Cr-C계 ϕ 1.6mm 메탈코어드 와이어의 MIG 육성용접부 형상에 미치는 플럭스에 관한 연구 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있다.

1) 0.5wt.%이하의 Mn, Al, Si, Ti, MgF₂의 탈산제의 경우 용융금속내에 아크길이 증가 효과로 인해 낮은 비드의 H/W 비 수치를 나타내어 우수한 퍼짐성이 나타났다.

2) 본 실험과 같이 용접이행모드가 단락이행에서 스프레이이행모드로 천이되는 구간에서는 스프레이이행 용적이행모드에서 희석율이 감소하는 효과가 관찰되었다.

3) 따라서 본 연구에서 하드페이싱 공정의 특징인 비드의 퍼짐성과 희석율을 고려한 최적 플럭스 첨가 조성은 탈산효과와 스프레이 용적이행 특성을 나타낸 Mn 0.05, 0.1wt.%, Al 0.1wt.%, Ti 0.1, 0.5wt.%, ZrO₂ 0.05, 0.1wt.%, MgF₂ 0.1, 0.5wt.%인 것으로 조사되었다.

참 고 문 헌

1. R.L. O'Brien : Welding Handbook, AWS, vol.2, (1987)
2. Kwon-yeong Lee, Sung-hoon Lee, Yangdo Kim, Hyun Seon Hong, Young-min Oh and Seon-jin Kim : The effects of additive elements on the sliding wear behavior of Fe-base hardfacing alloys, Wear. 255 (2003), 481-488.
3. 안영호, 이종봉, 방국수, 엄동석 : CO₂용접시 Spatter발생에 미치는 Ti의 영향, 대한용접학회지, 제 14권, 제 5호, (1996), 327-333.
4. 한규호 외 : 하드페이싱용 Fe-Cr-C계 메탈코어드 와이어의 GMA 육성용접 특성, 대한용접학회 추계 학술발표대회 개요집, 제 43권, 177-179.
5. Troy Paskell, Carl Lundin, Harvey Castner : GTAW flux increases weld joint penetration, Welding Journal, vol.76 no.4, (1997), 57-62.