

메탈코어드 콤포지트 와이어를 사용한 SAW 용접금속 성분변화

Chemical composition of SAW weld metal welded with metal cored composite wire

정 동희*, 방 국수*, 정 홍철**, 이 종봉**, 박 철규***

* 부경대학교 신소재공학부

** POSCO 기술연구소

*** KISWEL 기술연구소

ABSTRACT Two metal cored composite wires were manufactured to satisfy AWS F7A4-EC-G specification. They were used to weld EH36 grade steels with three different fluxes. Variation of carbon, manganese, silicon, titanium, and boron contents which affect the weld metal strength in weld metal was investigated.

1. 서 론

콤포지트 와이어는 본래 cladding이나 hardfacing 등에 주로 사용되었으나 뛰어난 용착 속도로 인해 일반 구조용접에도 적용되고 있으며, 특히 최근에는 플럭스코어드 콤포지트 와이어도 적용되고 있다.¹

본 연구에서는 코어드 와이어 개발을 위한 기초연구로, 실험적으로 제조한 메탈코어드 와이어와 소결형 플럭스를 조합하여 서브머지드 아크용접한 후 용접금속의 성분변화를 알아보고 와이어와 플럭스가 용접금속 성분변화에 미치는 영향을 조사하였다.

2. 실험방법

두께 35mm의 선급 EH36에 해당하는 고장력강을 모재와 동일한 백킹판을 사용하여 서브머지드 아크용접하였다. 사용한 콤포지트 와이어는 직경 4mm의 W1, W2 두 종류로 플럭스와 조합한 경우 AWS F7A4-EC-G를 만족하게끔 제조하였다. 플럭스는 염기도가 다른 (0.62~1.90) 세 종류의 소결형 플럭스를 사용하였다. Table 1, 2에 각 와이어와 플럭스의 성분을 나타내었다.

각 와이어와 플럭스를 조합하여 1패스 용접한

용접금속의 성분분석을 행하였다. 성분분석에 의한 분석치와 모재의 회석률을 고려한 아래 식에 의한 예상치의 차이를 비교하여 원소거동을 분석하였다. 즉 분석치에서 예상치를 뺀 Δ 값이 양의 값을 가지면 플럭스로부터 용접금속으로 원소가 이행하였음을 뜻한다.

예상치 = 모재의 회석률/100 × 모재성분 + (100 - 모재의 회석률)/100 × 와이어성분

용접금속 성분분석 이외에 single V groove를 이용한 다층용접을 행한 후 용접금속 인장·충격 시험을 행하여 기계적 성질도 측정하였다. 모든 용접에서 전류는 850A, 전압은 45V, 용접속도는 25cpm으로 일정하게 하였다.

3. 실험결과 및 고찰

용접금속 강도와 용접금속 성분과의 상관관계를 알아보기 위해 각 용접금속의 성분분석을 행하여 각 용접금속의 Pcm을 구하였다. Fig. 1에 용접금속 인장강도와 Pcm과의 상관관계를 나타내었는데 거의 직선적인 관계를 나타내었다. 따라서 용접금속 강도에 대해 용접금속의 성분변화가 중요하다는 것을 알 수 있다.

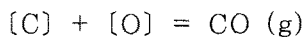
Table 1 Chemical composition of composite wires

	Chemical composition (wt%)								
	C	Si	Mn	P	S	Ni	Mo	Ti	B
W1	0.034	0.6	1.95	0.015	0.012	0.92	-	0.23	0.0066
W2	0.053	0.61	1.95	0.015	0.012	-	0.22	0.22	0.0074

Table 2 Chemical composition of fluxes

	Chemical composition (wt%)												
	SiO ₂	TiO ₂	Al ₂ O ₃	FeO	MnO	CaO	MgO	Na ₂ O	K ₂ O	ZrO ₂	B ₂ O ₃	CaF ₂	BI
F1	15.02	6.96	47.26	4.14	3.46	1.69	9.40	0.49	0.48	0.15	0.20	10.50	0.623
F2	18.18	2.35	21.98	4.53	3.22	6.13	29.93	0.26	1.45	0.05	0.15	13.75	1.824
F3	16.66	7.96	19.31	2.70	0.53	11.30	37.29	0.30	0.20	0.09	0.52	6.80	1.90

Fig. 2에 와이어/플럭스 조합에 따른 ΔC의 변화를 나타내었다. W2/F3을 제외한 모든 용접금속은 음의 값을 나타내어 탄소가 용접금속에서 슬래그로 이행됨을 나타내고 있다. 와이어별로 살펴보면 W2, W1 순으로 이행되는 양이 많다. 와이어 중 탄소함량은 각각 0.053%, 0.034%로 와이어의 탄소함량이 높을수록 슬래그로의 이행량이 많다. Fig. 3에 용접금속 산소와 ΔC의 관계를 나타내었는데 산소량의 증가에 따라 음의 ΔC값이 증가하고 있다. 즉 탄소는 산소와 용융풀에서 다음과 같은 반응을 하여 산소가 많을수록 더 많은 탄소가 슬래그로 제거되고 있음을 알 수 있다.



한편 플럭스별로 살펴보면 F1, F2, F3 순으로, 즉 플럭스의 염기도가 커질수록 슬래그로의 이행이 작아진다.

와이어/플럭스 조합에 따른 ΔMn의 변화를 Fig. 4에 나타내었다. 플럭스에 따라 F1, F3, F2 순으로 음의 값을 나타내는데 이와 같은 차이는 플럭스 중 CaO와 MgO함량의 차이가 한 원인이다 (F1: 11.09%, F2: 36.06%, F3: 48.59%). 일반적으로 Ca²⁺이온과 Mg²⁺이온은 Mn²⁺이온의 활동도를 증가시킨다고 알려져 있어 CaO와 MgO가 많은 슬래그는 슬래그 중 Mn의 활동도가 높아 용융금속으로부터 슬래그로의 이행을 억제한다.² Fig. 5에는 플럭스 중 CaO, MgO량과 ΔMn의 상관관계를 나타내고 있는데 두 산화물의 양이 증가함에 따라 ΔMn은 양의 방향으로 증가하고 있음을 알 수 있다.

Fig. 6에 와이어/플럭스 조합에 따른 ΔSi 변화를 나타내었다. Davis 등의 연구에 따르면 플

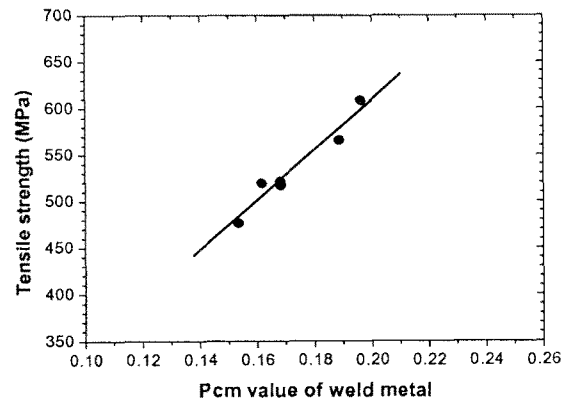


Fig. 1 Variation of tensile strength of weld metal as a function of Pcm

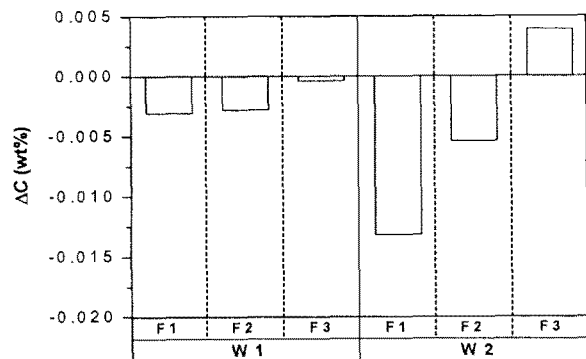


Fig. 2 Variation of ΔC according to wire and flux

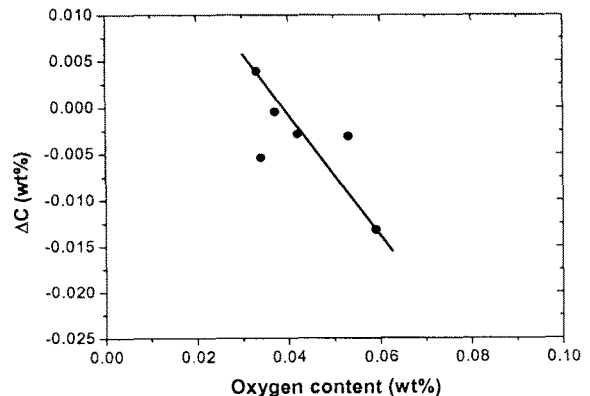


Fig. 3 Variation of ΔC as a function of oxygen content in weld metal

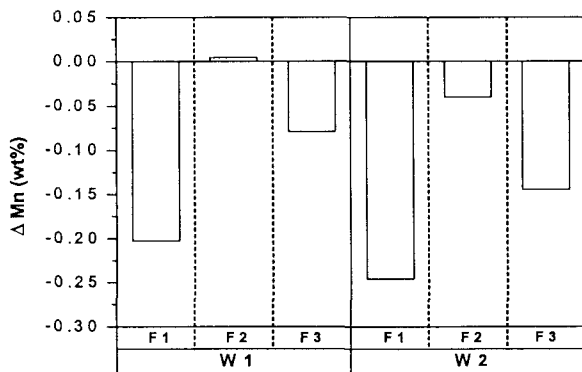


Fig. 4 Variation of ΔMn according to wire and flux

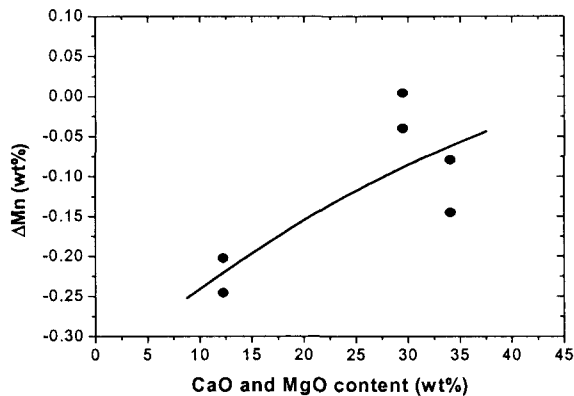


Fig. 5 Variation of ΔMn as a function of CaO and MgO content in the flux

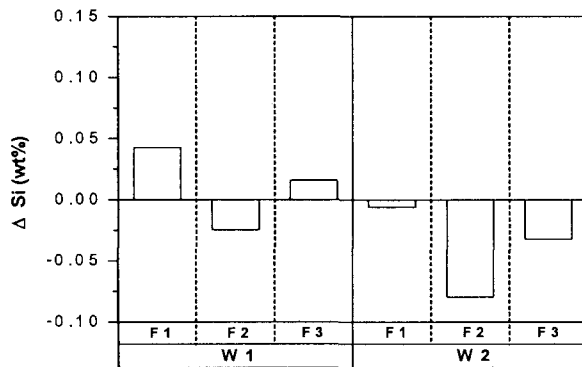


Fig. 6 Variation of ΔSi according to wire and flux

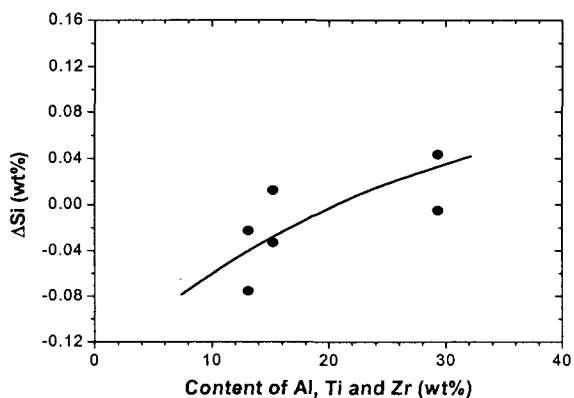


Fig. 7 Variation of ΔSi as a function of Al, Ti, and Zr content in the flux

릭스의 Al, Ti, Zr 등의 원소들은 Si와 동일한 network former들이기 때문에 이들이 첨가되면 SiO₂의 network구조가 깨뜨려져 더 많은 규소가 플럭스로부터 이행할 수 있다고 한다. Fig. 7에는 플럭스 중 Al, Ti, Zr함량에 따른 ΔSi 변화를 나타내었다. 그림에서 보이듯이, 이 원소들이 증가할수록 플럭스로부터 용융금속으로의 이행량이 많아진다. 이러한 관점에서, 비슷한 용접와이어의 경우 규소에 의한 용접금속 강도증가 효과를 얻기 위해서는 Al, Ti, Zr 등의 원소가 많은 플럭스의 사용이 유리함을 알 수 있다.

티타늄, 보론의 변화 역시 다른 원소들과 마찬가지로 와이어에서의 함량이 낮고, 플럭스에서 함량이 높을수록 플럭스로부터 용접금속으로의 이행량이 많아지는 경향을 나타내었다.

따라서 전체적으로 보면 보론을 함유하는 염기성 플럭스의 사용이 용접금속 중의 탄소, 망간, 보론의 함량을 증가시켜 용접금속 강도를 향상시킬 수 있음을 나타내었다.

4. 결 론

- 1) 용접금속의 인장강도는 용접금속의 성분, 즉 Pcm과 가장 좋은 상관관계를 나타내었다.
- 2) 용접금속 성분은 주로 플럭스의 영향을 받으며 플럭스 염기도가 높을수록 용접금속 탄소 및 망간의 손실이 억제된다. 따라서 염기성 플럭스의 사용이 용접금속 강도향상에 효과적이다.

참 고 문 헌

1. Submerged arc welding with cored wires, Svetsaren V. 51, no. 1/2, 1996, p. 23
2. M. L. E. Davis and N. Bailey, How submerged-arc flux composition influences element transfer, Welding Pool Chemistry & Metallurgy, London April, 1980
3. C. E. Jackson, Fluxes and Slags in Welding, Welding Research Council Bulletin, No. 190, 1973, p. 1