

GMA용접에서 와이어 탈산원소 손실 및 용접금속 산소변화

Variation of Elements Loss of Wires and Oxygen Content of Weld Metal in GMAW

방 국수*, 장 응성**

*부경대학교 생산가공학과, 부산시 남구 용당동 산 100

**포항산업과학연구원 접합가공연구팀, 경북 포항시 효자동 산 32

1. 서론

가스 금속 아크용접 (GMAW) 와이어 중 탈산원소는 스패터 발생뿐만 아니라 당연히 용접금속 탈산에도 영향을 미친다. 현재 가장 널리 사용되는 Si-Mn계 솔리드 와이어 (solid wire)는 기본적으로 용융지에서 Mn과 Si 농도가 SiO₂ 불포화의 MnO-SiO₂ 탈산생성물이 생성되게끔 조정되고 있다¹⁾. 이러한 탈산반응은 용고 후 용접금속 충격인성에 큰 영향을 미쳐, 일반적으로 산소의 저하와 함께 충격인성이 증가하다가 다시 저하한다고 알려져 있다²⁾. 따라서 요구되는 용접금속 충격인성을 얻기 위하여서는 와이어 중 탈산원소의 거동을 정확히 이해하는 것이 필수적이다. 본 연구는 스패터 발생이 없고 용접금속 인성이 우수한 GMAW 와이어 제조를 위한 연구의 일환으로, 용접조건이 와이어의 탈산원소 손실 및 용접금속 산소에 미치는 영향을 파악하고 그에 따른 용접금속 충격인성 변화를 조사하였다.

2. 실험방법

실험에 사용한 와이어는 직경 1.2mm의 솔리드 와이어로 Table 1에 습식으로 분석한 화학조성을 나타내었다. 와이어 1~5번은 탈산원소로 Si, Mn, Ti가 첨가되어 있는 반면, 6~9번은 단순히 Si, Mn만 첨가되어 있다. 용접조건에 따른 탈산원소 손실은 Si-Mn-Ti계인 1번 와이어를 사용하여 100%CO₂ 분위기에서 30cm/min으로 용접한 후 와이어에서의 함량과 용접금속에서의 함량으로 비교하였다. 이때 용접조건은 180A-28~32V, 300A-36~40V이다. 용접금속의 성분분석은 최종 패스 (pass)의 용접금속에서 시편을 채취하여 습식으로 분석하였다.

용접금속에서 탈산원소와 산소의 상관성은 Si-Mn계인 6~9번 와이어를 사용하여 100%CO₂와 20%CO₂-80%Ar 분위기에서 용접한 다음, 최종 패스의 용접금속 성분을 습식분석하여 조사하였다. 이때 용접조건은 180A-22V-30cm/min로 일정하게 유지하였다. 용접금속 산소에 따른 충격인성 변화는 용접전류 혹은 가스 조성을 변경하여 용접한 후 용접금속 중앙부에 V-notch를 가공하여 0°C에서 Charpy 충격시험을 행하여 구하였다.

3. 실험결과 및 고찰

Figure 1에 용접전류를 180A로 용접한 경우, 아크전압에 따른 탈산원소들의 손실을 나타내었다. Si가 29~50 wt% (이하 성분은 모두 wt%), Mn이 35~50%, Ti이 82~88%의 산화손실을 나타내고 있다. 한편 300A로 용접한 경우에는 Si가 31~55%, Mn이 35~53%, Ti이 84~88%의 산화손실을 나타내어 용접전류 (용적이행 형태)에 상관없이 Ti의 산화손실이 가장 크고 Si와 Mn은 비슷한 산화손실을 보인다. 한편 아크전압 증가에 따라서는 양 용적이행 형태 모두에서 손실률이 증가하는데, 특히 Si와 Mn의 증가 경향이 크다. 아크

전압 증가는 아크길이를 증대시키기 때문에 탈산원소 손실률 혹은 용접금속 산소의 변화를 아크길이 변화의 영향으로 해석하였다. Figure 2에 용접전류 180A에서 아크전압에 따른 단락회수 변화를 나타내었다. 아크전압 증가에 따라 단락회수는 저하하여, 28V에서 32V로 증가하면 단락회수가 219에서 65로 감소한다. 이러한 결과는 와이어 선단에서 용적 중의 탈산원소가 주위 gas와 반응하고 있음을 의미한다. 즉 단락회수가 증가하여 용적이행이 빨라지면 용적과 주위 gas와 반응하는 시간이 짧아져 손실률이 감소한다고 생각된다. 한편 입상이행 상태에서 아크전압 증가에 따른 손실률 증가는, 탈산원소가 와이어 선단에서뿐만 아니라 아크기둥 (arc column)을 통과하는 동안에도 주위 gas와 반응함을 나타낸다.

Figure 3에 Si-Mn계 와이어인 6~9번 와이어를 사용하여 100%CO₂ 분위기에서 용접하여, 용접금속 Si와 Mn에 따른 산소의 변화를 나타내었다. 용접금속 중 Mn과 Si가 증가할수록 산소는 저하하고 있다. 탈산반응에 의하여 형성하는 산화물이 manganese silicate라고 하면 용접금속 산소는 manganese silicate 중의 SiO₂ 활동도에 의하여 지배된다. 따라서 탈산원소에 따른 SiO₂ 활동도 변화만 알면 어떤 온도에서 평형산소를 계산할 수 있다. Figure 4에 Walsh 등의³⁾ 실험결과를 이용하여 Mn과 Si에 따른 평형산소의 변화를 계산한 것을 측정치와 함께 나타내었다. 100%CO₂ 분위기에서는 1870°C에서의 평형산소와, 그리고 20%CO₂-80%Ar 분위기에서는 1800°C에서의 평형산소와 좋은 상관관계를 나타내고 있다.

용접금속 산소변화에 따른 0°C에 있어서 충격인성 변화는, 산소가 저하함에 따라 증가하여 최대치를 나타낸 후 다시 저하하고 있다. 이러한 최대치는 사용한 와이어에 따라 달라, Si-Mn계 와이어가 0.041%, Si-Mn-Ti계 와이어가 0.026%을 나타내었다.

참고문헌

1. 關口春次郎: 溶接學會誌, Vol. 19, No. 1, 2 (1950), pp40
2. 中西睦夫 外: 高强度鋼溶接金屬の靱性改善法, 溶接學會誌, Vol. 52, No. 2 (1983), pp125-131
3. R. Walsh and S. Ramachandran: Equilibrium in the Fe-Mn-Si-O System, Trans. Metall. Soc. of AIME, Vol. 227, No. 6 (1963), pp560-562

Table 1 Chemical composition of solid wires used (wt%)

	C	Si	Mn	P	S	Ti	Mo	Cu
1	0.07	0.86	2.09	0.012	0.015	0.13	0.32	0.20
2	0.04	0.88	2.02	0.012	0.009	0.14	0.31	0.17
3	0.06	0.74	1.80	0.013	0.010	0.14	0.30	0.17
4	0.09	0.59	1.13	0.011	0.008	0.14	-	0.16
5	0.06	0.79	1.42	0.009	0.013	0.19	-	0.22
6	0.08	0.62	1.08	0.011	0.008	-	-	0.29
7	0.08	0.84	1.47	0.009	0.016	-	-	0.13
8	0.08	0.76	1.36	0.010	0.009	-	-	0.21
9	0.09	0.46	0.91	0.011	0.008	-	-	0.23

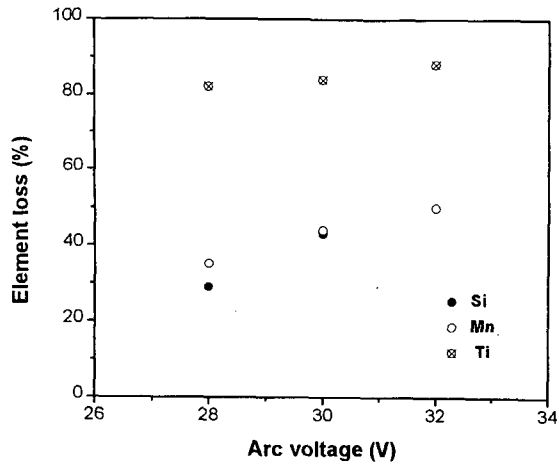


Fig 1 Variation of element loss with arc voltage

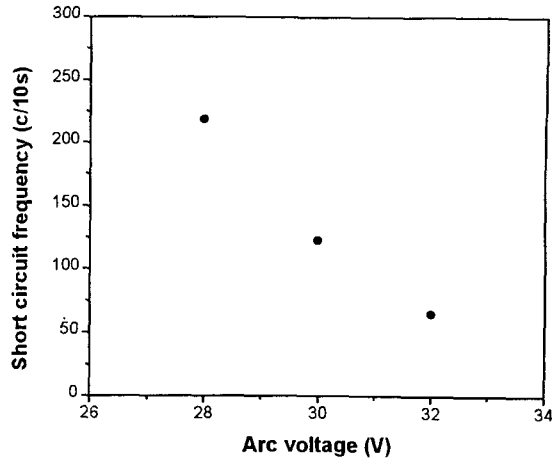


Fig 2 Variation of short circuit frequency with arc voltage

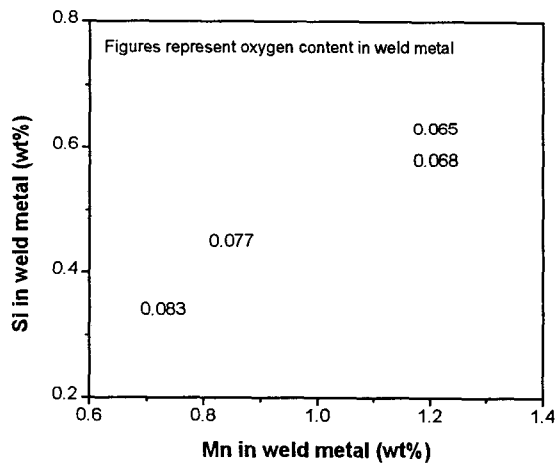


Fig 3 Variation of oxygen with manganese and silicon

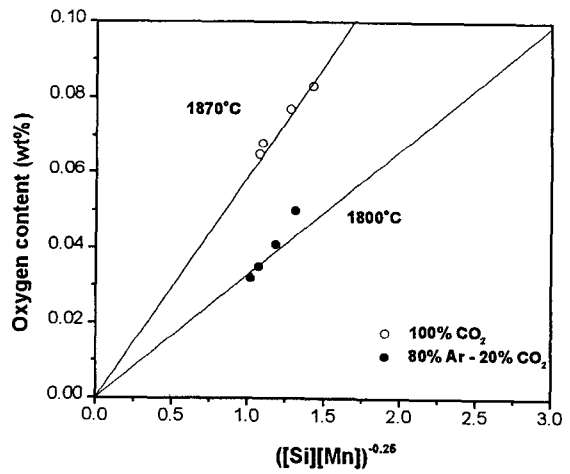


Fig 4 Relationship between weld metal oxygen and deoxidation parameter