

MIG 용접 시 외부 전자기력이 미치는 영향에 관한 연구

A Study on the Effect of External Electromagnetic Force in MIG Welding

김재성*, 김 용*, 류덕희**, 이보영**

*한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과 대학원

**한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부

Abstract Electromagnetic force is one of the most important factor that effect on metal transfer mode, short-circuit rate, spatter generation rate and mechanical properties of weld metal etc. Also, shielding gas and welding current have influence on metal transfer mode in GMAW. In this paper, different ways for external electromagnetic forces are applied by attaching cylindrically rounded conducting wire solenoid on touch tip holding. With the applied electromagnetic field, the arc transfer mode changes from normal mode to rotating mode and spatter generation decreased in electromagnetic fields(N-pole). In MIG welding, the influences of electromagnetic force on the spatter generation showed different tendency as in the CO₂ welding. It is possible reasons were discussed.

1. 서론

현재까지 이루어진 파형제어 기법들은 저 전류 영역에서 일어나는 단락이행을 이용한 제어기법이다. 이는 반발이행이 주를 이루는 고 전류 CO₂ 용접에서는 제어효과를 기대할 수 없고, 단락이행과 반발이행이 혼재되어 나타는 중 전류 영역(천이이행 구간)에서는 제어 효과가 감소하게 되는 단점이 있다.¹⁾

이에 본 연구에서는 이전에 선행된 CO₂ 용접 시 외부 전자기력이 미친 영향을 좀더 명확히 하기 위하여 CO₂ 용접에서와 동일한 조건에서 MIG 용접을 실시하여 나타나는 스파터 발생률과 고속 촬영등을 통한 금속이행 모드 변화 등의 용접 특성들을 확인하였다.

2. 실험 방법

본 연구에 사용한 시험 모재는 50(W)mm × 200(L)mm × 10(t)mm의 크기로 기계 가공한 일 반구조용 압연 강재(KS D 3503 : SS 400)이며 직경이 1.2mm인 솔리드 와이어(Solid wire)를 사용하였다.

모재와 와이어의 화학조성은 Table 1과 Table 2에 나타내었다. 모든 용접 변수가 동일한 상태에서 자속밀도의 방향과 크기를 Table 4와 같이 변화시켜 bead on plate 용접을 하였으며 용접조건은 Table 3과 같다. 용접 중 고속카메라를 사용하여 용접 현상을 관찰하였으며 촬영속도는 2000 frames/s로 하였다. Arc monitoring system을 사용하여 아크 신호에 따른 파형을 측정하였다. 2차원적인 자기장의 이론적 분포는 Maxwell 이라는 상용 프로그램을 사용하여 해석하였으며 Fig.2와 Fig.3에 나타내었다.

Table 1 Chemical composition of base metal (KS D 3503 : SS400)

성분	C	Si	Mn	P	S	Cu	Cr	Ni
%	0.15	0.03	0.69	0.01	0.00	0.04	0.08	0.50
				3	7	1	7	3

Table 2 Chemical composition of solid wire

성분	C	Si	Mn	P	S
%	0.08	0.50	1.05	0.014	0.010

Table 3 Bead on plate CO₂ welding condition

극성	보호 가스	전류 (A)	전압 (V)	CTWD (mm)	용접 속도 (cm/min)	보호가스 유량 (l/min)
직류 연극성	Ar	250	28	15	30	15

Table 4 Experimental conditions

실험 번호	용접 와이어 끝단의 자기장의 방향	전압 (V)	전류 (A)	자속밀도 (Gauss)
1	-	-	-	-
2	S	12	0.13	300
3	S	29	0.26	500
4	N	12	0.13	300
5	N	29	0.26	500

Table 5 Characteristic of solenoid

코일의 지름(mm)	권수 (N)	길이 (mm)	두께 (mm)
0.3	3400	50	10

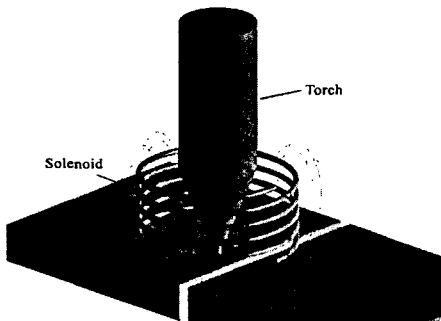


Fig. 1 Schematic of solenoid on torch tip

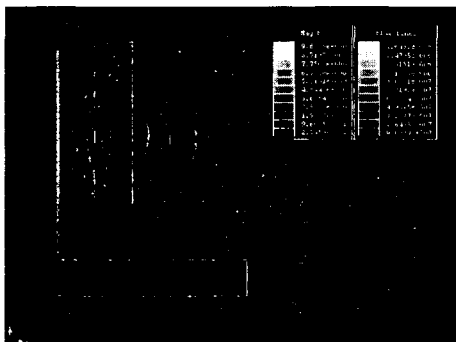


Fig.2 Distribution of 2-dimensional magnetic field(South pole)

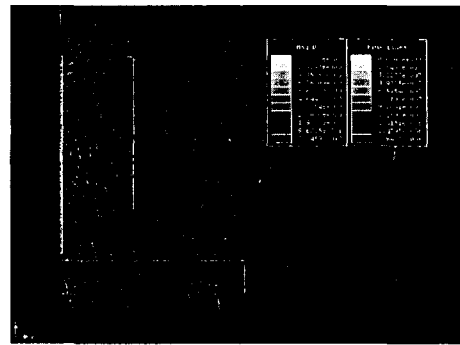


Fig.3 Distribution of 2-dimensional magnetic field(North pole)

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 비드외관 및 마크로 사진

MIG 용접에서 외부 전자기력을 걸어준 시편의 경우가 비드 외관이 깨끗하게 나타남을 확인할 수 있었다. 그리고 시편의 용입 깊이, 비드 폭, 덧살 높이를 분석한 결과는 Table 6에서와 같이 측정 되었으며 무자장의 경우 Axial spray transfer에 의해 finger type(Fig.4 (a))의 용입 형태가 나타났으며 자기장을 공급해 주었을 때에는 Rotating spray transfer에 따른 종 모양(Fig.4 (b))의 용입을 보여주었다.

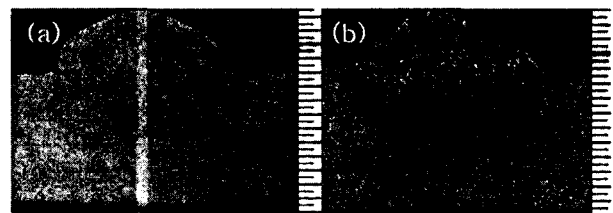


Fig.4 Penetration shape by experimental conditions

Table 6 Result of penetration, bead width and bead height

시편 번호	용입 (mm)	비드 폭 (mm)	덧살 높이 (mm)
1	4.7	12.5	4.5
2	3.3	13.4	4.6
3	2.9	13.6	4.2
4	3.1	12.2	4
5	3.5	12.3	4.6

3.2 스패터 발생 특성

용접 중 발생한 스패터의 양을 측정하여 스패터 발생률(Spatter Generation Ratio : SGR %)을 계산하였으며 결과는 Table 7과 같다. CO₂ 용접과는 반대 현상으로 500 Gauss N극의 자장을 가하여 준 경우 스패터 발생량이 다른 어느 조건보다 적어진 것을 확인할 수 있었다.

Table 7 Spatter generation ratio

시편 번호	스패터 발생량 (g)	스패터 발생률 (%)
1	2.0822	3.97
2	2.1026	4
3	2.268	4.33
4	1.971	3.76
5	1.6106	3.07

3.3 자기장에 의한 용적 이행 특성

금속이행의 고속 촬영 결과 자기장이 없는 경우 용적이 와이어 선단에서 일정한 방향 없이 움직이지만 외부 자기장을 준 경우 용적이 와이어 선단에서 일정한 방향으로 회전하는 것을 관찰할 수 있다. 전체 용접 시간 40초 중 15초에서 15.5초까지 0.5초 동안의 파형을 2500회로 나누어 측정 한 값은 Table 8과 같다.

Table 8 Measured output data by arc monitoring system

실험 번호	단락 횟수 (회/초)	비율 (%)	용접 전류 (A)	용접 전압 (V)
1	36	7.0	229	28
2	38	12.8	248	29
3	30	11.8	235	28
4	46	11.9	215	28
5	46	17.5	245	26

CO₂ 용접에서는 무자장일 경우 아크의 단락횟수가 가장 많은 것으로 나타났으며, 300 Gauss S극에서 단락횟수가 가장 적게 나타났었다. 이와는 달리 MIG 용접의 경우에는 500 Gauss S극의 경우에 가장 적게 나타났으며, N극의 자기장을 걸어준 4과 5번의 실험에서는 무자장의 경우에 더 많은 단락 횟수가 측정 되었다. 이는 용적에

작용하는 힘들 중 자기장의 방향에 따라 아래로 향하는 힘이 다른 힘들보다 더 많은 영향을 주어 나타난 현상으로 판단된다.

4. 결 론

MIG 용접에서 300 Gauss ~ 500 Gauss의 자기장을 주었을 때 스패터 발생량, 금속이행 모드, 비드 형상 등의 영향을 관찰하여, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Solenoid를 장착하여 발생한 자기장에 의해 생성된 외부 전자기력이 와이어 선단 용적에 회전력을 발생시킴을 알 수 있다. 이러한 결과로 인해MIG 용접 시 500Gauss N극에서 가장 적은 양의 스패터가 발생하였다.
- 2) 외부 자기장을 주었을 경우 용입은 대부분 무자장일 때 보다 낮게 나타났지만 용입의 모양은 finger type에서 중 모양으로 변화한다는 것으로 알수 있었다. 이는 외부 전자기력이 금속이행 모드에 회전력을 가해 주고 있는 것으로 판단된다.

5. 후기

이 실험을 도와주신 고려용접봉 기술연구소 정우현 박사님과 RIST 이목영 박사님께 감사드립니다.

참고문헌

1. J.H. Choi, Y.S. kim and H.J. Kim 1998, Characteristics of Metal Transfer of GMAW shielded by CO₂ gas, Journal of KWS, Vol. 16, No 3. pp9
2. Lancaster J. F., "The physics of welding", Pergamon press 2nd Ed., pp28, 1985
3. Rhee S. H., and Elijah Kannatey-Asibu Jr., "Observation of Metal Transfer during Gas Metal Arc Welding" Welding Journal, Vol. 51, pp.203-213, 1991
4. Lee S. H. and Lee B. Y., "A study on the effect of external electromagnetic force on GMAW.", Proceedings of Autumn Annual Meeting of Korea Weling Society, Vol 41, pp221-223, 2003