

# 가스메탈 아크용접법에서 전자기력이 아크 현상에 미치는 영향에 관한 연구

## The effect of external electromagnetic force on droplet in GMAW

이성호\*, 이재윤\*, 김 용\*, 김재성\*\*, 이보영\*\*

\*한국항공대학교 항공우주 및 기계공학과 대학원

\*\*한국항공대학교 항공우주 및 기계공학부

**Abstract** Effects of electromagnetic force which is one of the most important factor of metal transfer that affects bead geometry and microstructure of weld metal in GMAW(gas metal arc welding). In this paper, different ways of external electromagnetic forces were applied on GMAW process and their effects on the welding were studied. On certain conditions, better bead geometry, better influence on the arc and metal transfer mode and higher welding efficiency could be obtained. Experimental methods and their results will be presented.

### 1. 서 론

GMAW(Gas Metal Arc Welding)에서는 가스의 가격이 저렴하고, 용입이 깊은 CO<sub>2</sub>용접이 가장 광범위하게 사용되고 있으나, 이 용접법은 용적이 반발이행(Repelling transfer)을 하여 용접 품질이 떨어지고 매연, 스파터 발생량이 많은 단점이 있다. 이로 인해 자동화에 의한 고속 용접이 어렵고, 이에 따른 용접 후처리에 의한 생산 원가의 상승이 문제점으로 지적되어 왔다.

본 연구는 용적에 작용하는 힘에 외부 전자기력을 가하여 용적 이행의 변화에 관한 해석을 통한 스파터 발생을 최소화하는데 그 목적이 있다.

### 2. 이론적 배경 및 실험 방법

#### 2.1 Solenoid에 의한 자기장

외부 자기장을 공급하기 위하여 원통형으로 길게 도선을 감은 Solenoid를 토치 tip holder에 장착하면 자기장이 형성된다. Solenoid에 12V, 0.13A의 전압과 전류를 극성을 바꾸어 흘려줄 경우 와이어 선단에 작용하는 자속 밀도는 약 300

Gauss 정도이며 2차원적인 자기장의 이론적 분포는 Fig.1과 같다.

#### 2.2 실험 장치

실험 장치는 Fig.2에 나타난 것과 같이 400A급 용접기와 와이어 송급 장치, 자동용접용 대차를 사용하였다. 외부 자기장 공급은 Solenoid와 직류 전원 공급 장치를 사용하였다.

#### 2.3 실험 방법

모든 용접 변수가 동일한 상태에서 자속밀도의 방향과 크기를 Table 4와 같이 변화시켜 bead on plate 용접하였으며, 자속 밀도의 세기는 용접 와이어 끝단에서 Gauss Meter를 사용하여 측정하였다.

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 | 0.013 | 0.007 | 0.041 | 0.087 | 0.503 |

Table 2 Characteristic of solenoid

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

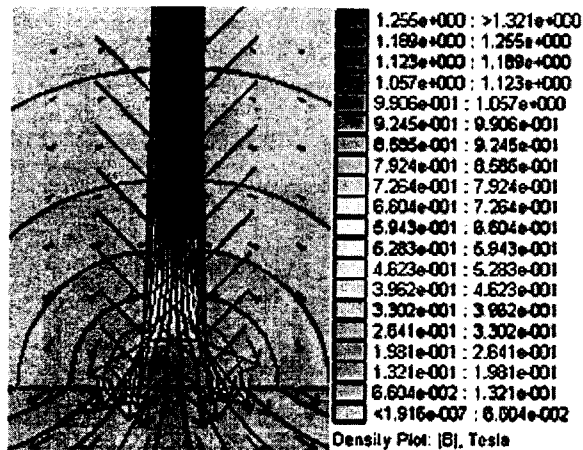


Fig.1 Distribution of 2-dimensional magnetic field(North pole)

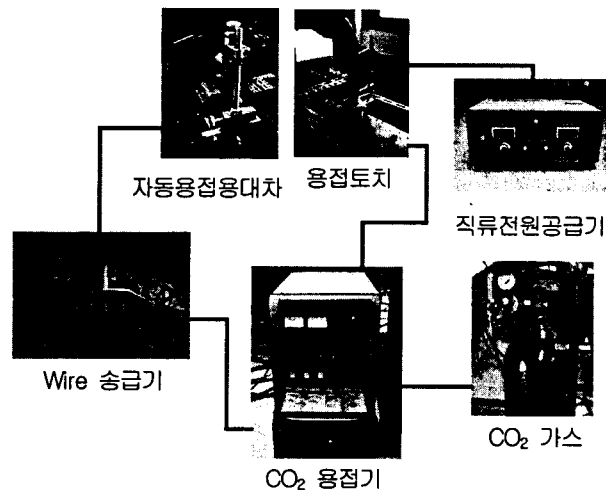


Fig.2 Schematic diagram of the experiment set-up

Table 3 Bead on plate CO<sub>2</sub> welding condition

| 극성    | 전류 (A) | 전압 (V) | CTWD (mm) | 용접속도 (cm/min) |
|-------|--------|--------|-----------|---------------|
| 직류역극성 | 250    | 28     | 15        | 30            |

Table 4 Experimental conditions

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

### 3. 실험 결과

#### 3.1 스패터 포집

동일 용접 조건으로 용접 중 발생된 스패터의 양을 측정하여 스패터 발생율(Spatter Generation Ratio:SGR %)을 계산하였으며 결과는 Table 5와 같다. 결과를 통해 알 수 있듯이 300 Gauss의 전류밀도를 가했을 때가 스패터 발생량이 가장 적고, 스패터 크기 또한 작았다.

Table 5 Spatter generation ratio

| 조건 | 스패터 무게(g) | 스패터 발생율(%) |
|----|-----------|------------|
| 1  | 3.187     | 10.95      |
| 2  | 2.634     | 8.95       |
| 3  | 3.012     | 10.02      |
| 4  | 3.121     | 10.38      |
| 5  | 3.293     | 10.95      |

#### 3.2 비드의관과 마크로 사진

300 Gauss(S극)의 자속밀도를 공급한 2번 시편의 경우 스패터 발생과 각각의 스패터의 크기가 1번 시편 보다 감소함을 알 수 있다. 마크로사진을 통해 용입 깊이, 비드 폭, 덧살 높이를 분석한 결과, 용입 깊이는 자장을 가하지 않은 1번 시편 보다 대부분 얇게 나타났지만, 2번 시편의 경우 깊게 나타났다. 덧살 높이는 자장을 가하지 않은 1번 시편의 경우가 가장 높게 나타났다.

Table 6 Result of penetration, bead width and bead height

| 번호 | 용입 깊이 | 비드 폭 | 덧살 높이 |
|----|-------|------|-------|
| 1  | 3.9   | 11.9 | 3.9   |
| 2  | 4.5   | 12.1 | 3.8   |
| 3  | 3.3   | 12.2 | 3.6   |
| 4  | 3.5   | 11.5 | 3.6   |
| 5  | 3.7   | 11.7 | 3.1   |

#### 3.3 금속이행의 고속촬영

금속이행의 고속 촬영 결과 Fig.3과 같이 1번 실험의 경우 용적이 와이어 선단에서 일정한 방향 없이 움직이지만 외부 자기장을 준 경우 용적이 일정한 방향으로 회전하는 것을 관찰 할 수 있다. 즉 2번과 4번 실험과 같이 와이어 선단이

S극인 경우 시계 방향으로 회전하면서 용적이 이행되며, 3번과 5번 실험과 같이 N극의 경우에는 반시계 방향으로 회전하면서 용적이 이행되는 현상이 나타났다.

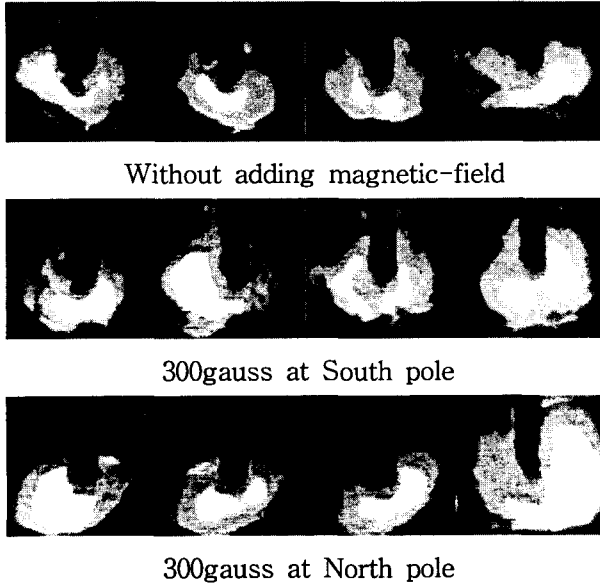


Fig 3. Droplet transfer phenomena

### 3.4 용접파형

전체 용접 시간 25초 중 15초에서 15.5초까지 0.5초 동안의 파형을 2500회로 나누어 측정 한 값은 Table 7과 같다.

아크의 단락횟수가 가장 많은 것은 자장을 걸어 주지 않은 1번 실험의 경우에 나타났으며, 2번 실험의 경우 단락횟수가 가장 적게 나타났다.

Table 7 Measured output data by arc monitoring system

| 실험 번호 | 단락 횟수 (회/초) | 비율 (%) | 정상 /순간 | 용접 전류 (A, 평균값) | 용접 전압 (V, 평균값) |
|-------|-------------|--------|--------|----------------|----------------|
| 1     | 62.0        | 15.12  | 11/20  | 250.90         | 27.27          |
| 2     | 36.0        | 10.68  | 8/10   | 251.49         | 28.10          |
| 3     | 46.0        | 8.96   | 8/15   | 253.68         | 28.63          |
| 4     | 44.0        | 14.48  | 14/8   | 255.41         | 27.49          |
| 5     | 48.0        | 10.76  | 8/16   | 253.75         | 28.14          |

### 4. 결 론

본 연구에서는 외부 자기장으로 발생된 자기력을 이용한 가스메탈 아크용접시 비드 외관, 용적 이행모드, 단락, 스파터 발생량 등에 대하여 분석

하였으며, 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) Solenoid를 토치 tip holder에 장착하여 자기장을 형성시키고, tip holder 내부에 위치한 용접 와이어에 전류를 흘려줄 경우, 전계와 자계의 상호작용에 의하여 와이어 선단 용적에 자기력이 생성 되어 용적이 일정한 방향으로 회전하게 된다.
- 2) 이러한 자기력을 가해준 경우 용적이 회전하는 회전력이 생겨서 용적이 모재로 이행하는 주 힘인 중력, 전자기력과 항력에 영향을 주어 단락 횟수를 줄이고 이에 따라 스파터 발생량이 줄어들며 스파터의 크기 또한 줄인 것으로 판단된다.
- 3) S극의 경우가 N극의 경우보다 스파터 발생량이 줄어들고 스파터의 크기가 작아지며, 용입이 깊어지는 것은 S극의 자기장을 가한 경우 자기력의 형성이 용접봉에서 모재 쪽으로 이루어지기 때문으로 판단된다.

### 후 기

본 연구는 한국항공대학교 용접공학연구실에서 이루어졌으며, 함께 고생한 연구원들과 아낌없는 지원을 해주신 대보마그네틱 이준각 사장님께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. Sehun Rhee, and Elijah Kannatey-Asibu Jr., 1991, Observation of Metal Transfer during Gas Metal Arc Welding, Welding Journal, Vol. 51, p.203-213.
2. T. Mita, 1989, Reducing spatter in CO<sub>2</sub> gas shielded arc welding, Quarterly J. of Japan welding society, Vol. 6, No.2, p209.
3. J.C. Amson, 1989, Lorentz force in the molten tip of an arc electrode", Brit, J. appl Phys. Vol. 3 (1989), p227-232.
4. Anon, 1977, Classification of metal transfer on arc electric welding processes, Welding in the world, Vol. 15, No 5/6, p113-117.