

## 보호가스 교대공급시 아크부의 열영향에 관한 수치적 연구

### A Study on Numerical Analysis about welding arc at alternate supply of welding gas

김학형\*, 김일수\*\*, 강봉용\*\*\*, 안창윤\*\*\*\*

\* 목포대학교 기계공학과 석사과정

\*\* 목포대학교 기계·해양시스템공학부

\*\*\* 한국생산기술연구원

\*\*\*\* KR정밀 (주)

## 1. 서 론

## 2. 본 론

보호가스는 용접봉과 모재의 산화를 방지하고 아크를 안정시키는 역할을 하고, 특성에 따라 금속 이행 모드, 아크의 안정성, 용접 금속에의 젖음 그리고 스파터와 슬래그의 발생량에 영향을 미치는 주요 변수가 된다<sup>(1)</sup>.

Stenbacka등<sup>(2)</sup>은 CO<sub>2</sub>, Ar+8%O<sub>2</sub>, Ar+20%CO<sub>2</sub>를 이용하여 보호가스가 용접에 미치는 영향에 대해 실험하였다. 용접 실험을 통해 각 보호가스에 대한 최적의 용접 조건에서 Ar+5%CO<sub>2</sub>+5%O<sub>2</sub>, Ar+20%CO<sub>2</sub>, Ar+8%O<sub>2</sub>, CO<sub>2</sub>의 순서로 용접 생산성이 높음을 밝혔다. 또한, 보호가스가 용접 금속의 기계적 성질에 미치는 영향에 대해 Oxygen Potential(OP) 개념을 도입하여 용접 금속 성분(Mn, Si)의 산화 손실과 용접 금속이 산소를 흡수하는 정도가 보호가스의 조성에 따라 달라짐을 실험 자료를 통해 밝혔다. Killing등<sup>(3)</sup>은 보호가스 조성 변화에 의한 용접특성 변화를 실험하였고, 이러한 보호가스의 사용에 의한 원가절감 효과를 계산하였다. Jönsson등<sup>(4)</sup>은 GMA 용접의 보호가스로 Ar에 O<sub>2</sub>를 첨가한 경우에 대해 아크 기둥에서의 고온 가스 물성치 변화를 조사하였으며, 아크 기둥에서 고온 가스 물성치에 큰 변화가 없음을 밝혔다.

본 연구에서는 이온화에너지가 서로 다른 두 종류의 보호가스를 사용하여 아크 영역에서 가스 밀도가 주기적으로 변화하는 한 종류의 보호가스를 교대로 공급하는 과정에서 아크부에서의 온도 및 확산속도의 변화를 수치해석하고자 하였다.

### 2.1 수치해석모델 개발

수치해석에 사용된 모델의 개략도는 Fig. 1과 같다. Fig. 1에서 보는 바와 같이 보호가스의 공급은 하나의 노즐에서 Ar과 He이 시간에 따라 주기적으로 교대공급되어진다.

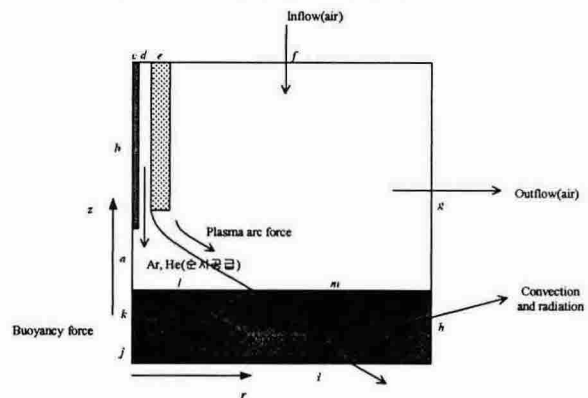


Fig. 1 Schematic diagram of GMA welding process using alternate supply of shielding gas

### 2.2 지배방정식

해석을 위해 weld arc부에서의 지배방정식을 구성하였다. 일반적인 용접에서의 보호가스 해석은 아크와 온도의 영향을 고려해야 하지만, 본 연구에서는 이를 고려하지 않고 20000K에서 발생하는 가스의 교대공급에 대하여 계산하였다. 두 기체가 교대공급으로 인한 확산현상으로 인하여 보호가스의 조성비를 계산하기 위하여 밀도는 가변밀도로 처리하였고, 점성계수는 두 기체의 평균값을 취하여 상수로 가정하였다. 유동은 정상상태, 층류(laminar)이고 축대칭이며 화학적

용은 발생하지 않는다고 가정하였다.

두 종류의 가스가 혼합되는 경우에 가스의 속도와 조성은 연속방정식, 운동방정식, 확산 방정식을 이용하였다.

### 2.3 경계조건

본 해석에서는 Ar, He의 두 기체만을 고려하여 주위에는 Air가 채워져 있는 것으로 가정하였다. 아크 플라즈마의 물리적 상태를 나타내는 주요 파라미터는 온도이다. 플라즈마 온도는 전극과 용접소재 사이에서 발생하는 아크지대의 가스가 지닌 물리적 특성에 따라 좌우된다<sup>(5)</sup>. 아크기둥 중심부분 평균온도  $T_0$ 는 다음과 같은 공식에 의해서 계산하여 경계조건에 삽입하였다.

$$T_0 = A \frac{U}{\lambda} \tag{1}$$

### 2.4 수치해석 방법

경계조건과 함께 방정식을 해결하기 위해 상업용 열·유체 해석프로그램인 PHEONICS를 이용하였다. 해석 모델은 z축 방향으로 대칭인 100×70 균일 고정 사각형 그리드 시스템을 이용하였다. 미분방정식의 차별화는 검사체적법을 이용하였고 보존법칙(conservation law)을 각각의 검사체적에 대하여 계산을 수행하였다. Table 2에는 해석에 사용된 보호가스의 물리적 특성치를 나타내고 있다.

Table 2 Basic characteristics of shielding gas

Gas	구성비 (vol.%)	Boiling point(°C)	Density (kg/m <sup>3</sup> )	Ionization energies (eV)
Ar	0.934	-185.9	1.784	15.76
He	5.2×10 <sup>-6</sup>	-268.9	0.178	24.56

## 3. 장 해석결과 및 고찰

Ar과 He의 보호가스 교대공급을 위한 해석을 위해 Table 3과 같은 용접조건을 해석조건에 포함 시켰다. 해석은 시작에서부터 0.5초까지의 정상상태 transient 해석을 수행하였고 교대공급을 위하여 가스공급비를 3:3의 비율로 Ar 가

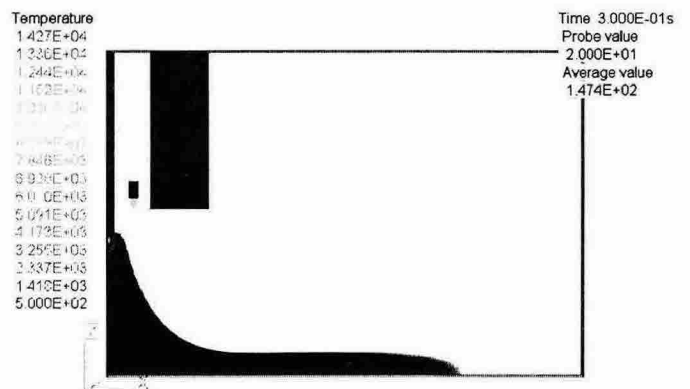
스가 교대공급이 중지되는 시점(t= 0.3 sec)에서 He 가스가 다시 교대공급이 되도록 설정하였다.

Fig. 5는 수치해석을 통해 나타난 Ar 가스 및 He 가스의 교대공급에 대한 온도 분포를 나타낸 것이다. Ar 가스 공급이 끝난 시점에서 He 가스가 분사되어질 때 wire와 모재면 용접부 사이(CTWD)에서 입열에 대한 열전달 범위가 더욱 넓어지는 것을 확인할 수 있었고 이는 Ar과 He 사이의 밀도차에 대한 열전달량의 차이에 의한 것으로 볼 수 있고 용접부 표면에는 He의 경우 보다는 Ar 가스의 표면 입열이 보다 넓기는 하지만 입열 강도 차는 He이 더 강한 것을 확인할 수 있었다. 이러한 입열 강도의 차이가 주기적으로 주어지면 용접풀의 용융 범위는 단일 가스 분사일 때의 경우보다 용융면적과 용융력이 증가될 수 있을 것으로 생각된다.

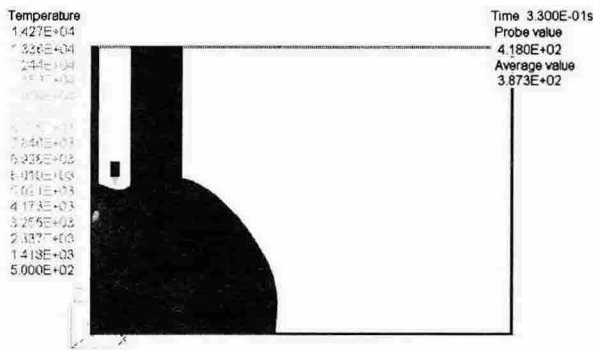
Fig. 6은 Ar 가스 및 He 가스의 교대공급에 따른 속도 분포를 나타낸 것이다. Ar 가스 공급이 끝난 시점에서 He 가스를 분사할 경우 분사력으로 인해 용접선 중심부에서 외각으로 Ar 가스를 밀어내는 양상을 보여주고 있으며 wire로부터의 입열과 Ar 및 He 가스의 밀도차로 인하여 wire와 모재면 용접부 사이(CTWD)의 입열부에서의 가스 유동량의 차이를 확인할 수 있었다.

Table 3 Welding conditions employed in simulation

Gas	Supply ratio	Flow rate (L/min)	CTWD (mm)	Welding voltage (V)	Welding Speed (cm/min)
Ar:He	3:3	16:4	15	25V	90



(a) t = 0.30 sec



(b) t = 0.33 sec

Fig. 2 Temperature distribution of Ar and He with alternate supply

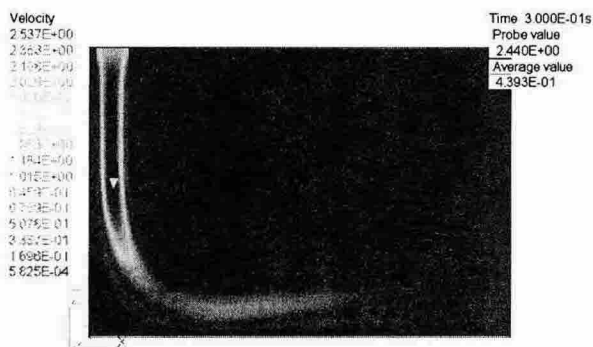
는 경향을 확인할 수 있었다. 이를 통해 용접 아크부에서 모재부 사이의 열전달 범위 및 열전달 강도의 변화를 확인할 수 있었고 용융풀의 유동 및 형상의 변화를 가져올 것으로 예측된다.

### 후 기

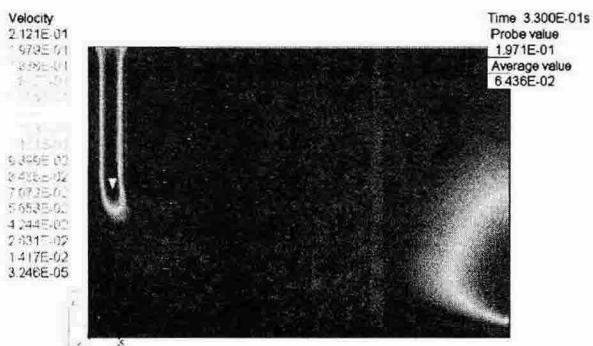
본 연구는 2004년도 “2010생산기반기술혁신사업”에 의한 연구 결과이며 관계자 여러분들께 감사드립니다.

### 참고문헌

1. 용접·접합편람, 대한용접학회, 1998
2. N. Stenbacka and K. A. Persson : Shielding Gases for Gas Metal Arc Welding, Weld. J., Vol. 68 (1989), 41-47
3. R Kiling, 황선효, 정재필, 박영조, MAG 용접시 보호가스 조성 변화에 의한 용접특성 및 원가절감, 대한용접학회, 12권, 1호 (1994), 51-58
4. P. G. Jönsson, A. B. Murphy and J. Szekely : The influence of Oxeygen additions on Argon-Shielded Gas Metal Arc Welding Processes, Weld. J., Vol. 74 (1995), 48-58
5. O. M. Novikov and O. E. Ostrovckii : Arc welding with pulsing of protective gases, Svarochnoe proizvodstvo, No. 10 (1992), 9-10



(a) t = 0.30 sec



(b) t = 0.33 sec

Fig. 3 Velocity distribution of Ar and He with alternate supply

### 4. 결 론

본 연구에서는 컴퓨터 프로그램을 이용하여 보호가스 교대공급에 따른 용접 아크부에서의 수치 해석을 수행하였고 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

두 종류의 보호가스의 주기적으로 공급할 경우 보호가스의 물리적 특성치에 따라 아크부에서의 온도 분포 및 보호가스 유동이 주기적으로 변화