

TIG 용접에서의 실드 가스 혼합비에 따른 아크 압력분포 특성

The Characteristics of Arc Pressure Distribution by Shielding Gas Mixture Ratio in TIG Welding

오 동수* 김 영식**, 윤 훈성***, 조 상명****

* 창원기능대학 플랜트설비동화과

** 부경대학교 기계공학부 기계설계·생산자동화공학전공

*** 모니텍코리아 기술지원팀

**** 부경대학교 신소재공학부 생산가공공학전공

1. 서 론

TIG 용접이나 MIG 용접에서 용입과 비드가 형성되어 가는 물리적 아크 현상을 이해함에 있어서 아크 압력은 매우 중요한 인자 중의 하나이다. 기존의 연구에서는 저전류나 중전류 영역의 TIG 용접에서 텅스텐 전극의 선단각과 용입 형태와의 관계를 plasma 기류 등에 의해 고찰하였고¹⁾, 최대 아크압력에 미치는 전극형상의 영향 등에 대한 연구^{2,3)}가 진행되어 왔다. TIG 용접이나 MIG 용접에 사용되는 실드 가스는 100%Ar 가스(이하 Ar가스라고 한다), 100%He가스(이하 He가스라고 한다), 그리고 Ar가스와 He가스를 혼합시킨 혼합가스이다. 그러나 대전류 영역인 300A까지 실드 가스 혼합비에 따른 아크 압력분포 특성에 대한 연구는 거의 찾아볼 수 없었다. 따라서 저전류에서 대전류 영역의 실드 가스 혼합비에 따른 아크 압력분포 특성에 대한 연구가 필요하다.

본 연구에서는 TIG 용접의 대전류 영역에서 아크 압력을 측정할 수 있도록 특수 제작된 냉각 장치를 가진 동판 양극 모재를 개발하여, 저전류와 대전류 영역에서 실드가스 혼합비에 따른 아크 압력분포 특성을 비교 분석하였다.

2. 실험방법

대전류 영역에서 아크 압력을 측정하기 위해서는 아크 스타트 후에 아크 압력을 측정하는 동안 모재가 용융되지 않도록 하기 위한 수냉 장치 개발이 필요하였다. 그리고 사용되는 전류의 조건에 따라 아크 압력 반응성의 감도를 높이기 위해 유체의 관성을 고려하여 각 조건에 맞는 마노미터(manometr) tube 길이를 정량화시켜 마노메타 크기를 최적화하여 실험을 하였다.

Fig. 1은 본 실험에 사용한 아크 압력 측정을 위한 장치의 계통도를 나타낸 것이다. 2%의 토륨이 함유된 텅스텐 전극(EWTh-2)을 이용하여 텅스텐 전극이 마이너스(-)인 DCEN(직류 정극

성)을 사용하였다. 실험에 사용된 실드 가스의 혼합비와 용접조건은 Table 1과 같다.

아크 발생은 특수 제작된 수냉 Cu block (18x100 mmx200mm)에 직경 1.0mm의 관통하는 구멍을 뚫어서, 그 위에서 TIG 아크를 발생하여 6초 동안 아크 압력을 측정하였다. 아크의 중심과 그 주위의 아크 압력분포를 측정하기 위하여 좌우로 0.5mm씩 이동하여 반경 5mm까지 측정하였고, 그 측정오차를 줄이기 위하여 동일 조건에서 2회씩 측정하여 그 평균값을 데이터로 활용하였다. 텅스텐 전극 직하에서 측정한 아크 압력 값이 항상 최대의 값으로 측정되어 이것을 최대 아크압력으로 정의하였다. 그리고 실드 가스 혼합비에 따른 아크 현상을 촬영하여 아크 외관을 이용하여 아크 압력분포 특성에 대하여 고찰하였다.

3. 결과 및 고찰

Fig. 2~Fig. 4는 각각 용접전류 100A(이하 저전류 영역이라고 한다), 200A(이하 중전류 영역이라고 한다), 그리고 300A(이하 대전류 영역이라고 한다)에서 아크 직하에서부터 좌우 반경 5mm까지의 Ar가스에 대한 He가스 혼합비에 대한 아크 압력분포를 나타낸 것이다. 저전류에서는 모든 실드 가스 혼합비에서 매우 낮은 아크 압력 분포를 보이고 있었다. 중전류와 대전류로 갈수록 Ar가스 아크는 아크 압력분포가 급격하게 증가하였고, 그에 비해 He가스 아크는 아주 완만한 증가를 보이고 있었다. 중전류와 대전류 영역에서 Ar가스에 He가스를 혼합한 혼합가스의 아크 압력의 분포는 Ar가스 아크의 경우와 비교해 볼 때 아크 압력이 현저하게 낮은 분포를 보이며, He가스의 혼합비가 증가할수록 아크 압력의 분포는 계속하여 적어지는 경향을 보였다.

Fig. 5는 저전류에서 대전류까지의 Ar가스에 대한 He가스 혼합비에 대한 최대 아크 압력 값을 나타낸 것이다. 앞에서 고찰한 것과 같이 저전류 영역보다 중·대전류 영역에서 Ar가스에 He가스의 혼합비가 증가할수록 최대 아크 압력이

급격하게 저하하였다.

TIG 용접에서 텅스텐 전극의 선단 각 45°근방에서 Arc 압력은 최대가 되며^{2, 3)} 이때 전극선단에 전류가 가장 집중한다는 것은 Ar가스 아크나 He가스 아크 모두 동일하다고 볼 수 있다. 그러나 위의 결과와 같은 것을 보인 것을 볼 때 Ar가스와 He가스를 혼합시킨 혼합가스에서 He가스는 아크 압력을 크게 낮추게 하는 독특한 아크 현상의 특징이 있다는 알 수 있었다. 용접전류가 중전류 이상의 전류에서는 플라즈마젯으로 인한 아크압력이 증가하여 용융지에 압입현상이 생겨서 Humping 비드나 분리비드와 같은 불안정한 비드가 나타나게 되는데⁴⁾ 대전류 고속 용접 등에서 아크 압력이 낮은 Ar/He가스의 혼합가스 사용으로 매우 안정된 용입과 비드형상을 얻을 수 있을 것으로 판단된다.

Fig. 6은 각 용접전류 영역에서 실드 가스 혼합비에 따른 아크 전압을 측정한 것이다. 동일한 실드 가스 혼합비에서는 용접전류에 관계없이 아크 전압은 거의 동일한 값을 나타내고 있으나, Ar가스에 대한 He가스의 혼합비가 증가할수록 아크 전압이 서서히 증가하는 경향을 보였다. 동일한 용접전류 범위에서 Ar가스 아크에 비해 He가스 아크의 아크 전압이 평균 6V 정도의 높은 값을 보였다. 이것은 He가스 아크가 Ar가스 아크에 비해 아크 단위 길이 당 전압강하 즉 전위 경사도가 크기 때문이라고 판단된다. 따라서 용접 입열량을 크게 하여 용입이 깊게 되도록 하면서도 아크력을 감소시켜 깊은 언더컷을 방지하고 험핑비드를 방지하기 위해서는 Ar/He 혼합가스를 적절히 할 필요가 있음을 알 수 있다.

Fig. 7은 실드 가스 혼합비에 따른 아크 외관을 나타낸 것이다. Ar가스 아크의 형상은 종(鐘)이 걸려있는 모양, He가스 아크는 전극인 음극의 선단부가 매우 좁아진 형상을 보이고 있다. 그리고 50%He가스 아크와 67%He가스 아크는 He가스 아크 쪽 보다는 오히려 Ar가스 아크의 형상에 가까운 모양을 나타내고 있다. Ar가스 아크와 He가스 아크의 모양 차이는 저전류에 비해 대전류 영역에서 큰 차이를 보이고 있었다.

아크 압력은 모재 위의 전류분포의 영향을 거의 받지 않기 때문에 plasma 기류의 강약은 전극선단 근방의 국부 역에서 전극 끝 부분의 Arc 전류가 퍼져나가는 각도에 의존한다⁵⁾. 즉 전극선단에서 전류밀도를 일정하게 하면, 전극 끝에서부터 아크 전류가 퍼지는 각이 증대함에 따라 전극선단 근방의 국부 역에 있어서 전자기력에 의해 압력 구배가 증대⁶⁾하기 때문에 plasma 기류는 강력하게 된다. 그래서 Fig. 7에서와 같이 He가스 아크의 형상은 Ar가스 아크 형상보다도 아주 긴축된 형상을 나타내고, 전극 끝에서 아크 전류가 퍼지는 작은 He가스 아크 쪽이 Ar가스 아크보다 아주 작게 된다. 이것에 의해 전극 직전에서부터 plasma 기류 발생도 약하게 되며, 그 결과 He 아크 압력은 저하 된다⁵⁾고 생각된다.

He가스 아크의 압력은 Ar가스 아크 압력에 비해 매우 낮지만 위에서 고찰한 것과 같이 아크전

류의 집중과 아크 전압을 증가시켜 아크 에너지를 증대시킴으로써 Ar가스 아크에 비해 plasma 유동력과 핀치력에도 영향을 미쳐 아크의 경직성을 향상시켜 용적이 모재에 이행하는 속도를 향상시키고 용입을 깊게 할 수 있다⁷⁾고 생각된다.

이런 결과로 미루어 볼 때 이러한 아크의 물리적 현상을 응용하여 후판의 Al 용접이나 고속 용접 및 자동화 용접 등에 Ar/He 혼합가스 적용이 매우 효율성이 높을 것으로 생각된다. TIG 용접의 경우 대전류 고속 용접에서 발생하는 Humping bead와 같은 불안정 비드가 나타나 용접속도를 낮춰야 하는 문제⁴⁾가 있다. 이것은 아크 압력분포가 매우 높아져서 발생하는 현상으로 판단되며 이것의 방지를 위하여 Ar/He 혼합가스의 혼합비를 적절하게 선택함으로써 그것을 방지할 수 있는 좋은 방안이 될 것으로 판단된다. 향후 용접 프로세스를 바꾸어 아크 압력분포를 낮추고 아크전류의 집중과 용접 입열량을 높여 고밀도 용접을 하는 방법에 대한 지속적인 연구가 필요할 것으로 생각된다.

4. 결 론

TIG 용접에서 사용하는 Ar가스, He가스, 그리고 Ar가스에 대한 He가스의 혼합비에 따른 아크 압력분포 특성에 대하여 비교 분석하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) 대전류 영역에서 모재가 용융되지 않고 아크 압력을 측정할 수 있도록 특수 제작된 냉각 장치를 가진 동판 양극 모재를 개발하여 300A 까지 아크 압력분포를 측정할 수 있었다.
- 2) He가스 아크의 경우 전극인 음극 끝에서 모재까지 아주 긴축된 아크 형상으로 인하여 전극인 음극 끝에서 아크 전류가 퍼져 나가는 각이 Ar가스에 비해 매우 작으므로, 전극 선단 근방에서 전자기력에 의한 압력 구배가 감소하므로 아크 압력은 낮아지지만, 아크 전류의 집중과 아크 에너지가 증가되므로 고밀도 용접이 가능하다.
- 3) Ar가스에 대한 He가스 혼합비를 증가시킴에 따라 아크 현상에 현저한 영향을 미쳐 아크 압력을 크게 저하시키므로, 혼합가스의 혼합비를 적절하게 선택함으로써 대전류 고속 용접에서 발생하는 Humping bead 방지의 유효한 방법이 될 것으로 판단된다.

참고문헌

1. 安藤, 西川, 和田: 아크 용접における 용込み의 생성機構に関する考察, 溶接學會論文集, 37-4, 1968, 359-368
2. 平岡和雄, 岡田 明, 稻垣道夫: TIG 아크における最大아크壓力に及ぼす電極形狀の影響, 溶接學會論文集, 第3卷, 第2号, 1985, 246-252
3. Sang-Myung Cho, Sang-Goun Seo : The Effect of Configuration and Surface Polishing in Tungsten Arc Welding on the Arc Characteristics, KWS, 19-1, 2001, 33-39.
4. S.M. Cho : A Study on the Bead Stability in High Speed TIG Welding, KOSME, 18-3, 1994, 68-77.

5. 安藤, 長谷川 : 溶接アーク現象(増補版), 産報, 1967, 150.
6. 平岡和雄, 岡田 明, 稲垣道夫 : TIG アークにおける Heガスのアーク特性に及ぼす影響, 溶接學會論文集, 第3巻, 第2号, 1985, 241-246
7. S.C. PARK : A High Efficient GMAW Process of the Newest Type-The T.I.M.E. Welding Process, KWS, 11-1(1993), 33-41

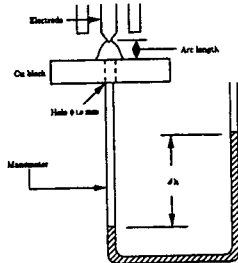


Fig. 1 Schematic diagram for measurement of arc pressure by manometer

Table 1 Welding condition used in experiment

Gas (vol %)	Current (A)	Arc length	Vertex angle	Gas flow rate	Electrode and diameter
Ar					
67Ar/33He	100	5 mm	45°	20 l/min	EWTh-2 φ 3.2
50Ar/50He	200				
33Ar/67He	300				
He					

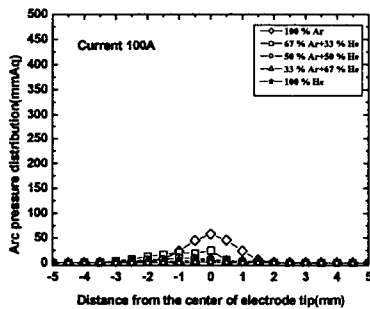


Fig. 2 Arc pressure distribution by distance from the center of electrode tip in 100A

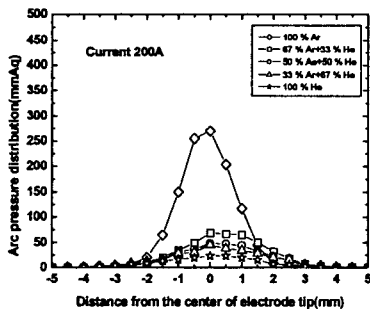


Fig. 3 Arc pressure distribution by distance from the center of electrode tip in 200A

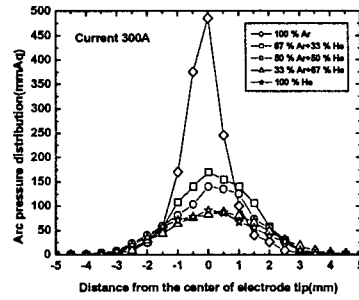


Fig. 4 Arc pressure distribution by distance from the center of electrode tip in 300A

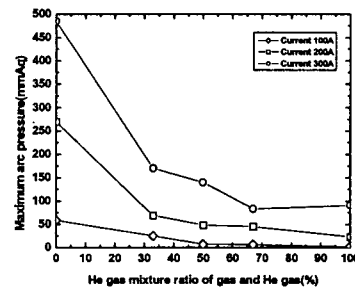


Fig. 5 Change in maximum arc pressure by He gas mixture ratio using various welding current

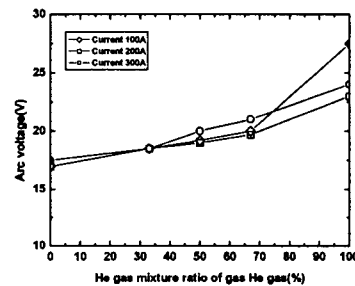


Fig. 6 Effect by He gas mixture ratio on arc voltage using various welding current

Gas	Current	
	100A	300A
100%Ar		
50%Ar/50%He		
33%Ar/67%He		
100%He		

Fig. 7 Arc appearance by shielding gas mixture ratio between 100A and 300A