

효율적인 아르곤 가스 사용을 위한 GMA 용접 토치 형상

GMA Torch Configuration for Efficient Use of Argon Shielding Gas

문명철*, 고성훈**, 이지혜**, 유중돈**

*NextEye, 기술연구소

**한국과학기술원, 기계공학과

1. 서론

Gas metal arc (GMA) 용접에서 분위기 가스는 용접부의 산화를 방지하고 아크를 안정시키는 역할을 하며, 그 종류는 아르곤, 헬륨, CO₂, O₂ 등으로 다양하고 이와 같은 가스를 단독 또는 혼합하여 사용하고 있다. 분위기 가스의 종류와 혼합 비율에 따라 아크 안정성, 금속이행 모드 및 비드 형상이 변화하므로 목적에 따라 적절한 혼합가스를 사용한다. 국내의 경우 CO₂ 가스의 가격이 저렴하므로 100% CO₂ 가스를 사용하거나 아르곤과 CO₂ 가스를 80:20의 비율로 혼합하여 사용하는 경우가 대표적이다.

적은 양의 아르곤 가스를 사용하여 아르곤 조성 (argon composition)이 높은 혼합 가스를 얻기 위한 GMA 토치 구조로 DMAG (Double gas-shielded MAG) 토치를 들 수 있다^{4,6)}. DMAG 토치는 Fig.1(a)에 보인 바와 같이 내부와 외부 노즐을 통하여 각각 아르곤과 CO₂ 가스를 분사시키는 구조이다. 이와 같은 구조의 토치를 사용하면 아크 주위의 아르곤 조성을 증가시킬 수 있지만, 용접시 노즐의 내부에 부착하는 스패터에 의하여 가스 흐름이 방해받기 때문에 혼합 가스의 조성이 불안정하게 되며 스패터를 자주 제거하여야 하는 단점이 있다^{4,5)}.

본 연구에서는 DMAG 토치의 단점을 보완하여 Fig.1(b)에 보인 바와 같이 보조 노즐 (auxiliary nozzle)을 부착한 AMAG 토치를 제안하였다. 보조 노즐 토치의 아르곤 조성을 gas chromatography를 이용하여 측정하였으며, 용접 전류와 전압 및 비드 형상을 측정하여 DMAG와 MAG 공정과 비교하였다.

2. 실험

AMAG 토치를 사용하여 발생하는 혼합 가스의 아르곤 성분을 측정하기 위하여 주사기 (syringe), 호스 인큐베이터, 펌프를 이용하여 특정 위치의 분위기 가스를 채집하였다. 채집된 가스로부터 gas chromatography를 이용하여 가스의 아르곤 조성을 측정하였다.

실험에 사용한 용접 시스템은 다음과 같다. 용접 토치는 3축 로봇에 의하여 이동하며, 용량 350A의 정전압 인버터 용접기를 사용하였다. 용접전류는 hall sensor를 이용하여 측정하였다. 전류와 전압의 아날로그 신호를 저주파 통과 필터를 이용하여 고주파 성분을 감소시키고 1000Hz의 주파수로 sampling하였다.

직경 1.2mm의 강 와이어인 YGW-15를 사용하여 두께 6mm인 SS41 강판에 bead-on-plate용접을 하였다. 용접속도는 130cm/min이며, CTWD (contact tip to workpiece distance)는 19mm이다. 단락이행, 입상용적 및 스프레이 모드가 발생하도록 용접전류와 전압을 180-350A와 19-35V의 범위에서 변화시키며 용접하였다.

AMAG 공정에서는 아르곤 가스를 후방 분사하였고 보조 노즐의 위치는 노즐의 끝이 모재 표면에서 반경과 축방향으로 각각 13mm 떨어진 위치에서 모재면에서 5mm높이의 지점을 향하도록 하였다. 전체 가스 유량으로 20 liter/min, 외부 노즐과 보조 노즐에서 분사하는 아르곤 가스 비율로 30%를 사용하였다.

측정한 전류와 전압 파형 및 비드와 단면 형상으로부터 금속이행 모드와 아크 안정성 및 용접 품질을 판별하였고, 스패터의 발생 정도는 관찰에 의하여 정성적으로 판단하였다.

3. 결과 및 고찰

3.1 AMAG 토치의 가스 성분 측정 결과

전체 가스 유량이 20 liter/min이고 외부노즐에서 분사하는 아르곤 가스의 비율을 20%에서 50%까지 증가시킬 때 와이어 끝에서($z=5\text{mm}$) 아르곤 조성을 측정한 결과를 Fig.2에 나타내었다. 외부노즐에서 공급하는 아르곤 가스의 비율과 무관하게 와이어 끝에서 95% 이상의 높은 아르곤 조성이 측정되었다. 전체 가스 유량이 20 liter/min이고 외부노즐로 공급되는 아르곤 가스의 비율이 30%인 경우에 여러 높이에서 와이어 축방향으로 측정한 아르곤 조성을 Fig.3에 나타내었다. 모재 표면으로부터 높이 6mm까지의 아르곤 조성은 98%로 매우 높지만 그 이상의 높이에서는 아르곤 성분이 급격히 감소하였다. AMAG 토치를 사용하면 와이어 끝과 모재 표면에서의 아르곤 조성비가 90%이상으로 매우 높음을 알 수 있었다.

3.2 AMAG와 DMAG 공정의 비교

AMAG와 DMAG의 전반적인 경향을 알아보기 위하여 전류와 전압을 변화시키며 용접을 하여 측정한 전류와 전압 파형으로부터 금속이행 모드를 판별하여 Fig.4에 나타내었다. 금속이행 모드가 발생하는 영역과 추세는 유사하였으며, 단락이행 모드는 26V 이하에서 발생하였다. 입상용적 모드는 26V 이상 250A 이하에서, 스프레이 모드는 250A 이상의 전류 영역에서 발생하였다. AMAG의 경우에 DMAG에 비하여 스프레이 모드가 발생하는 영역이 약간 증가하며, 이는 AMAG의 아르곤 조성이 증가하기 때문이다⁶⁾.

용접전압이 26V인 경우, DMAG와 AMAG의 용접전류와 전압 파형을 Fig.5에 나타내었다. DMAG 공정에서 단락이행 모드가 발생하지만 AMAG 공정의 경우에는 스프레이 모드가 발생하였다. 이는 DMAG 공정에서 분위기 가스의 아르곤 조성이 AMAG 공정에 비하여 낮기 때문에 천이 전류가 증가하여 단락이행 모드가 발생하는 것으로 생각된다.

아르곤 80%와 CO₂ 20%의 혼합가스를 사용한 MAG 공정의 결과를 Fig.6에 나타내었다. MAG 공정을 사용하여 안정된 스프레이 모드의 전류와 전압 파형을 얻을 수 있었으며, 비드의 외관은 양호하고 MAG 용접의 비드 폭과 높이의 비율이 AMAG의 비드에 비하여 증가하였다. 아르곤 가스를 30% 사용하는 AMAG 공정과 아르곤 가스를 80% 사용하는 MAG 공정의 결과를 비교하면 비드 형상, 전류와 전압 파형에 있어서 비슷한 결과를 얻었다. 그러므로 AMAG 공정을 이용하여 아르곤 가스의 사용을 절감할 수 있을 것으로 판단된다.

동일한 아르곤 가스의 비율을 사용할 때 AMAG의 결과가 DMAG에 비하여 전류와 전압 파형 및 비드 형상이 양호하였으며 아크의 안정성이 향상되었다. 이는 AMAG에서 와이어 끝을 포함하는 아크 영역의 아르곤 조성이 DMAG보다 높기 때문이다. DMAG 토치는 가스의 혼합비를 변화시키려면 내부 노즐의 가스 유량을 변화시켜야 하며, 토치의 구조가 복잡하므로 스페터 제거에 어려움이 있다. 이에 비하여 AMAG 토치는 보조 노즐의 위치를 변화시켜 가스의 혼합비를 변화시킬 수 있으며, 구조가 단순하기 때문에 보조 노즐에 스페터가 부착되어도 유지 보수가 용이하다. 그러나 외부노즐에 의한 충돌이 발생할 수 있다.

4. 결론

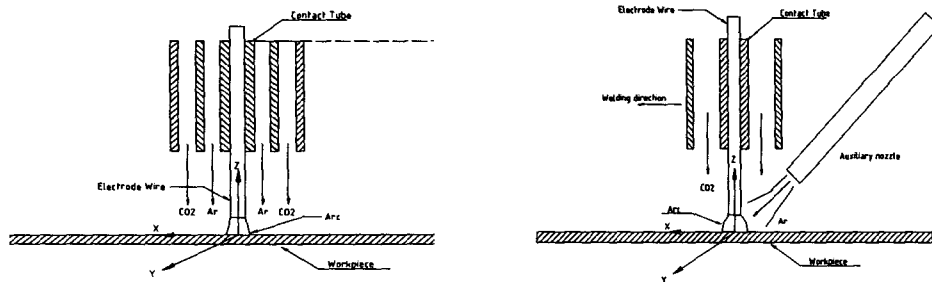
AMAG 토치에서 아르곤 가스 성분의 분포를 gas chromatography를 이용하여 측정하였다. 아르곤 가스의 비율이 30%일 때 와이어 끝과 모재 표면에서 90%이상의 높은 아르곤 조성을 얻을 수 있었다.

본 연구를 통하여 AMAG공정을 DMAG와 MAG 공정과 비교하였다. AMAG 공정은 DMAG

공정에 비하여 아크의 안정성이 증가하였고 양호한 비드 형상을 얻을 수 있었다. 이는 AMAG에서 분위기 가스의 아르곤 조성이 DMAG 보다 높기 때문으로 추정된다. 30%의 아르곤 가스를 사용하는 AMAG 공정은 80%의 아르곤 가스를 사용하는 MAG 용접과 유사한 효과를 얻을 수 있으므로 AMAG 공정을 이용하여 아르곤 가스를 효율적으로 사용할 수 있을 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 접합 및 용접편람, 대한용접학회, 1998
2. N. Stenbacka, K.-A. Persson: Shielding gases for GMAW, Welding Journal, Vol.68, No.9, 1989, pp.41-47
3. V.R. Dillenbeck, L. Castagno, The effects of various shielding gases and associate mixtures in GMAW of mild steel, Vol.66, No.9, 1987, pp.45-49
4. I. Masumota, M. Kutsuna, M. Abraham, Metal transfer and spatter loss in double gas shielded metal arc welding, Transaction of the Japan Welding Society, Vol.19, No.2, 1988, pp.38-44
5. I. Masumota, M. Kutsuna, M. Abraham, Metal transfer and spatter loss in double gas shielded metal arc welding using flux cored wire, Transaction of the Japan Welding Society, Vol.19, No.2, 1988, pp.45-51
6. 최상균, 문명철, 유중돈: 아르곤 가스를 효율적으로 사용하기 위한 GMA 용접 토치 구조: Part 1- 토치 형상이 분위기 가스의 조성에 미치는 영향, 대한용접학회지 (심사중)



(a) DMAG torch (b) AMAG torch
Fig.1 Schematics of DMAG and AMAG torch

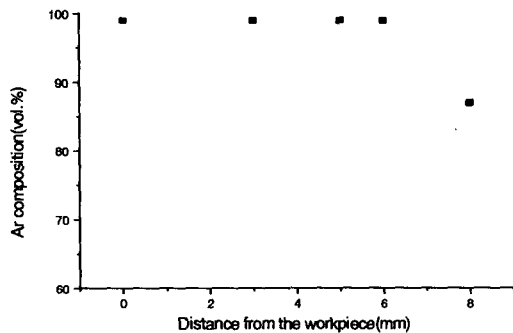


Fig.2 effects of Ar ratio on Ar composition at wire tip with AMAG torch

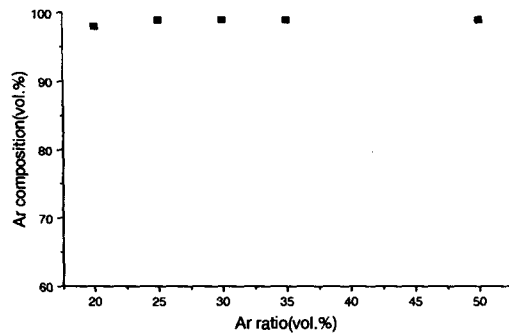
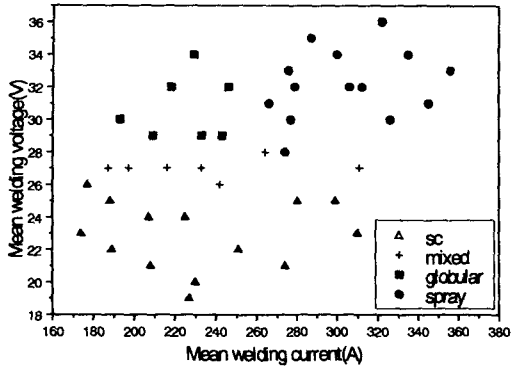
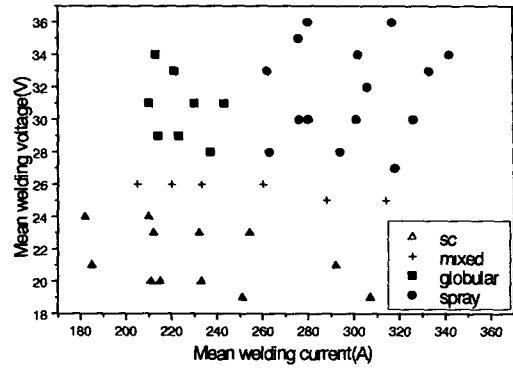


Fig.3 Ar composition in axial direction with AMAG torch

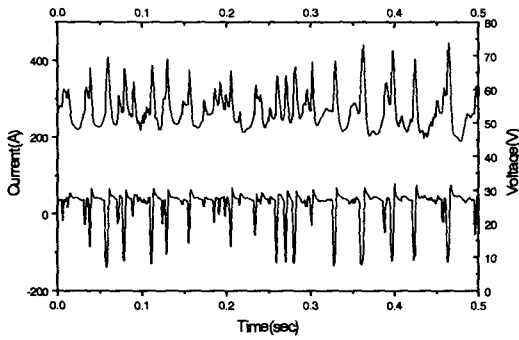


(a) DMAG process

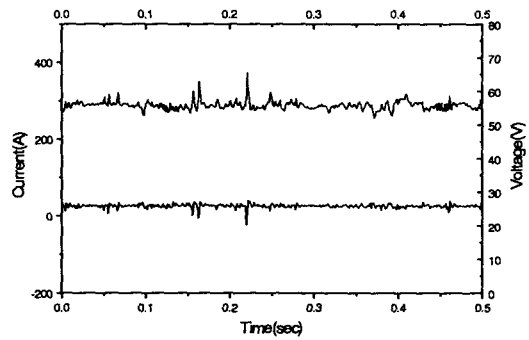


(b) AMAG process

Fig.4 Metal transfer modes of DMAG and AMAG process



(a) DMAG



(b) AMAG

Fig.5 Comparison of DMAG and AMAG process at welding voltage of 26V

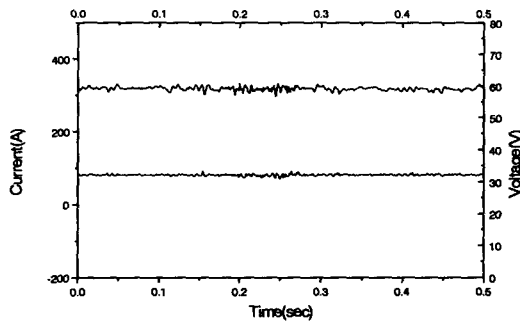
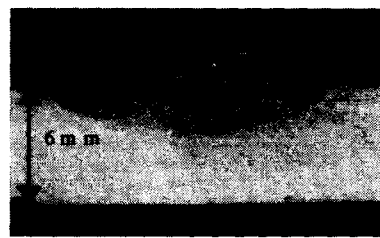
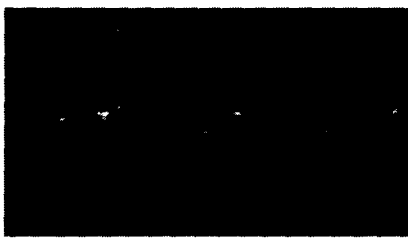


Fig.6 Bead shape, current and voltage waveforms using MAG process