

## 냉각성능을 겸비한 용접 흠 격리 토치 개발

강 봉 용·이 건 국·김 영 준

### Development of Welding Torch for Separation Welding Fume with Cooling Function

Bong-Young Kang, Gun-Kook Lee and Young-Jun Kim

#### 1. 서 론

소모성 전극 아크 용접법 중 GMAW 와 FCAW는 연속적으로 공급되는 소모성 전극과 모재 사이에서 발생하는 고온의 아크(arc)에 의해 용접이 이루어지게 된다. 여기에 더하여 용접와이어, 용융지 및 아크 발생 지역을 보호하기 위해 용접 토치(torch)로부터 실드가스(shielding gas)를 공급하게 된다. 이러한 방법의 용접은 매우 효율적인 용접 방법으로써 사용되고 있다. 그러나 용접 시 발생하는 다량의 용접 흠(fume)은 각종 가스와 미세 입자로 이루어져 있어 용접 작업자의 안전에 위협을 가하게 되며, 작업환경에도 악영향을 끼치게 된다. 이러한 문제로 인해 작업환경에 대한 법적 규제가 한층 엄격하게 강화되고 있으며, 다량의 용접 흠을 발생시키는 재료에 대한 용접 기피 현상 또한 증가되고 있다. 용접 작업자의 건강과 작업환경에 대한 문제뿐만 아니라 소모성 전극과 모재를 용융시키기 위해 발생하는 아크열 또한 용접에 영향을 미치게 된다. 높은 전류조건하에서 장시간 용접을 하는 경우, 아크열에 의해 용접 토치의 팁(tip), 노즐(nozzle) 및 인슐레이터(insulator)등이 열화, 마모되어 사용 수명이 감소하게 된다. 또한 팁과 노즐의 온도 증가는 용접 시 발생하는 스파터(spatter)의 부착을 용이하게 한다. 팁과 노즐에 과다하게 부착된 스파터는 용접 와이어의 송급 불안 및 실드가스의 흐름을 방해하여 아크 발생을 불안정하게 하여, 용접 결함을 발생시키게 된다.

이러한 문제점들을 해소하기 위하여 용접 토치의 끝단부로 압축공기를 배출하여 용접 흠을 작업자로부터 격리시키는 용접 토치를 개발하였다. 토치 케이블을 통하여 공급되는 압축공기는 팁과 노즐을 통과하여 토치 외부로 배출되는 구조로서 용접 흠의 격리와 동시에 팁과 노즐의 냉각 효과를 가질 수 있도록 하였다. 본 보고에서는 개발된 토치의 성능평가를 통하여 용접 작업자로

부터 용접 흠의 격리성 평가 및 냉각성능을 평가하였다.

#### 2. 실험방법

##### 2.1 용접 토치 구조

용접 흠 격리용 토치의 구조는 노즐부, 손잡이, 용접 케이블 그리고 압축공기 주입구로 구성되어 있다. 노즐부와 손잡이 그리고 케이블 사이를 연결하는 부위는 변형 가능한 재질의 주름 튜브를 사용하여 작업위치나 작업각도에 적합하도록 용접작업자가 조절하고 다룰 수 있도록 되어있다. 용접 토치 헤드부(용접노즐 및 손잡이)와 노즐부의 세부 구조는 Fig. 1에 나타낸 바와 같이 압축공기 주입구로부터 공급된 공기(air)가 토치 케이블과 손잡이를 거쳐 용접 노즐 끝단부까지 공급된 후 되돌아 나와 용접노즐 상단부 배출구를 통하여 빠져나가도록 설계되어 있다. 한편 압축공기가 케이블을 통과하여 용접노즐 끝단부까지 공급되기 위하여 토치 케이블은 Fig. 2와 같은 구조로 설계되어있다. 토치 케이블은 중심부에 실드가스가 공급되는 가스관을 중심으로 전력을 공급할 수 있는 도체와 전원선을 연선했던 다음 피복하고 압축공기가 공급될 수 있는 통로를 확보하기

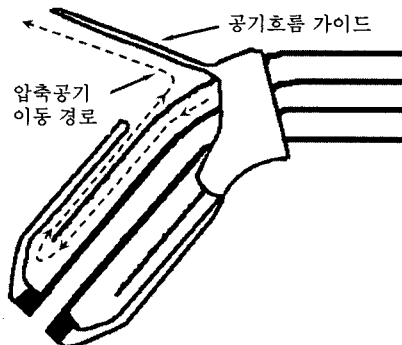


Fig. 1 용접 토치 헤드부(용접노즐 및 손잡이)와 노즐부의 세부 구조

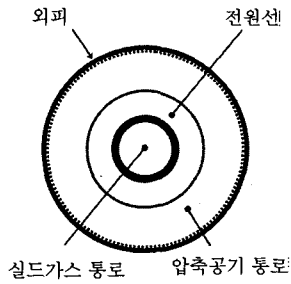


Fig. 2 용접 케이블의 단면 구조

위한 층을 형성한 후 외피를 구성하였다.

압축공기 주입구로부터 공급된 압축공기가 토치 케이블과 손잡이를 거쳐 용접노즐 끝단부까지 공급된 후 되돌아 나와 용접노즐 상단부 배출구를 통하여 빠져나가는 경로를 거치면서 용접 팁과 용접 노즐을 냉각시킨다. 또한 토치 헤드 상부에 형성된 출구를 통하여 공기가 외부로 배출 되면서 공기막을 형성하여 용접작업자로부터 용접 흠이 격리되도록 하는 원리이다.

### 2.2 용접 토치 성능 평가

용접 시 발생된 용접 흠이 토치 헤드로부터 배출되는 압축공기의 막에 의해 분리되는 현상은 bead-on-plate (BOP)용접을 실시하여 관찰하였다. 용접 토치 냉각 성능평가를 위하여 용접 시 열화에 의해 자주 교체하는 용접 팁과 노즐에 대하여 용접 시 온도를 측정하였다. 온도 측정을 위하여 열전대 (thermocouple)를 용접 팁의 경우 팁 선단으로부터 20mm, 용접 노즐의 경우 선단으로부터 60mm지점에 설치하였다. 온도는 용접시작 후 온도가 더 이상 상승하지 않고 일정해 지는 시점 즉 용접 후 약 15분 후에 측정하였다. 한편 용접 스패터 부착량 평가는 10분간 연속 용접 후 팁과 노즐에 부착된 스패터를 수집하여 평가하였다. 냉각 성능평가 및 스패터 부착량 시험은 장시간 용접을 필요로 하기 때문에 대구경파이프를 모재로 하고, 이를 회전시키면서 아래보기 자세로 BOP용접을 실시하였다. 냉각성능 및 스패터 부착량 평가에 사용된 용접조건은 Table 1 과 같다. 냉각성능 평가 시 실드가스는 Ar+2%O<sub>2</sub> 혼합 가스를 사용하였으며, 용접결합 및 스패터 부착량 평가 시 실드가스는 CO<sub>2</sub>가스를 사용하였다. 용접기는 500A

Table 1 냉각성능 및 스패터 부착량 평가에 사용된 용접조건

용접재료	용접전류 (A)	용접전압 (V)	용접속도 (mm/min)	CTWD (mm)	실드 가스	유량 (l/min)
ER70S-G (AWS) 1.4mm	250	26-28	300	20	CO <sub>2</sub> *Ar+2%O <sub>2</sub>	20

\* 냉각성능 평가 시 사용된 실드가스

급 인버터 용접기를 사용하였으며, 용접재료는 AWS ER70S-G로 분류되는 솔리드 와이어 (solid wire)를 사용하였다.

### 3. 실험결과 및 고찰

용접 시 발생된 용접 흠이 토치 헤드로부터 배출되는 압축공기의 막에 의해 분리되는 원리에 대한 개략도는 Fig. 3에 보인 바와 같다. 이와 같은 원리가 실제 용접 시 발생될 수 있는지를 확인하기 위하여 용접상황을 육안으로 관찰하였다. 그 결과는 Fig. 4에 보인 바와 같다. Fig. 4(a)는 압축공기를 공급하지 않았을 때의 용접 상황을 보여주고 있으며, Fig. 4(b)는 압축공기를 공급하였을 때의 용접 상황을 보여주고 있다. 두 경우를 비교할 때 Fig. 3에 나타낸 원리에서 보여준 바와 같은 현상으로 용접사 주위로부터 용접 흠이 격리되는 모습을 뚜렷이 보여주고 있다. 용접작업자로부터 용접 흠이 격리됨으로써 용접사의 안전위생은 물론 시야가 확보되어 용접아크 관찰이 용이함으로써 용접을 원활히 수행할 수 있는 장점이 있다.

개발된 용접 토치는 공기 주입구로부터 공급된 압축공기가 토치 케이블과 손잡이 내부 통로를 거쳐 용접노즐 끝단부까지 공급된 후 되돌아 나와 용접노즐 상단부 배출구를 통하여 빠져나가는 경로를 거치면서 용접 팁과 용접 노즐이 냉각되도록 설계한 것이다. 이와 같이

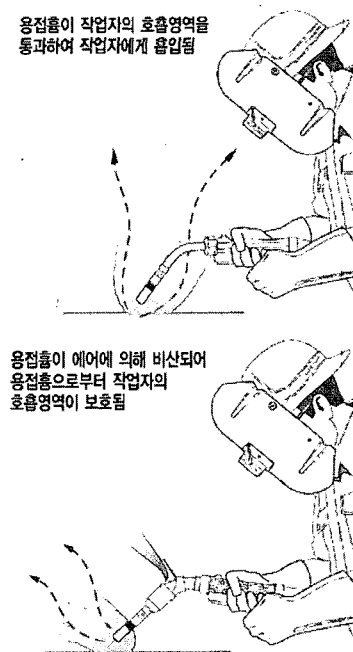


Fig. 3 용접 시 발생된 용접 흠이 토치 헤드로부터 배출되는 압축공기 막에 의해 분리되는 원리에 대한 개략도

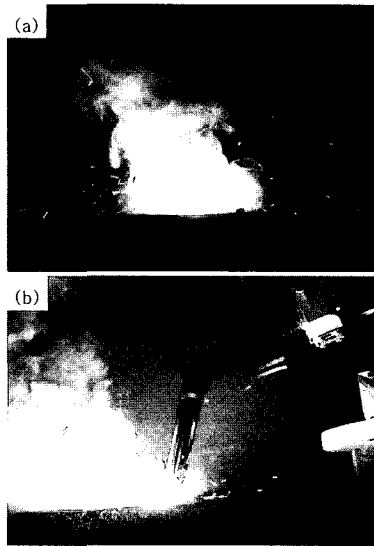


Fig. 4 용접 시 발생하는 용접흡의 (a) 압축공기 미공급 시 및 (b) 압축공기 공급 시에 따른 격리현상

설계된 토치의 냉각성능을 평가하기 위하여 용접 토치의 사용 과정에서 아크 열에 의한 열화 또는 마모되어 자주 교체하는 부품인 용접 팁과 용접 노즐에 대한 온도를 측정하였다. 그리고 상용화 되어 있는 500A급 수냉 토치와 500A급 공냉 토치와의 상호비교평가를 실시하였다.

압축공기의 공급압력에 따른 용접 팁과 용접 노즐의 온도 변화를 Fig. 5에 나타냈다. 용접 팁과 용접 노즐 부위의 온도는 공급압력이 증가함에 따라 감소하는 결과를 보였다. 압축공기를 공급하지 않은 상태 (공급압력: 0kgf/cm<sup>2</sup>)와 공급압력 1.5kgf/cm<sup>2</sup>인 경우를 비교할 때 약 100℃정도의 급격한 온도 감소를 보였으나 공급압력 1.5kgf/cm<sup>2</sup>이상에서는 큰 온도차이는 보이지 않았다. 이와 같은 결과는 용접 팁과 노즐에서의 냉각 효과로 열화에 따른 용접팁과 노즐의 내구수명을 증가

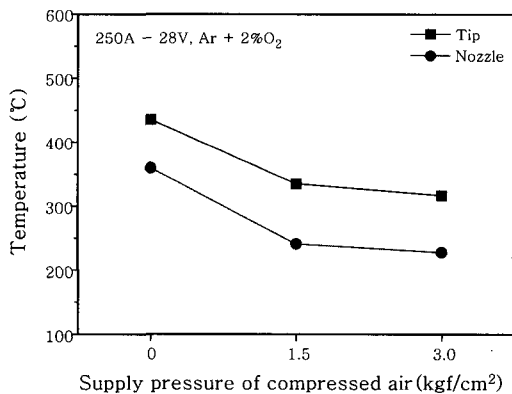


Fig. 5 압축공기 공급 압력에 따른 용접 팁과 노즐의 온도 변화

시킬 수 있으며, 용접 팁의 마모율 감소와 팁과 노즐에서의 용접 스패터 부착량을 최소화 시킴으로써 용접과 이어의 송급 불안 및 실드가스 흐름의 방해를 최소화하여 아크 불안정에 따른 용접 결함발생률을 줄일 수 있는 장점이 있다.

용접 팁과 용접 노즐에 부착되는 스패터량을 압축공기의 공급압력에 따라 측정하여 Fig. 6에 나타냈다. 공급압력의 증가와 함께 용접 팁과 노즐의 냉각효과로 스패터 부착량이 감소하는 결과를 보여주고 있다. Fig. 7은 개발된 토치와 500A급 수냉 토치에 대하여 용접 팁과 용접 노즐에서 측정한 온도 값을 상호 비교한 결과를 보여주고 있다. 용접노즐 부위의 온도는 큰 차이를 보이지 않는 반면 용접 팁의 온도는 개발된 토치가 수냉 토치에 비하여 150℃정도의 낮은 값을 보였다. 수냉 토치의 경우 무게가 무거운 수동용접에 사용하기에 한계가 있고, 사용 중 냉각수의 누수에 의한 용접 불량을 초래 할 가능성이 있는 반면에 개발된 토치의 경우 수냉 장치를 이용하지 않기 때문에 수냉 토치의 단점을 보완 할 수 있는 장점이 있다.

Fig. 8은 개발된 토치와 500A급 공냉 및 수냉 토치에 대하여 장시간 연속용접에 따른 용접 팁, 용접 노즐 및 인슐레이터의 열화 정도를 보여주고 있다. Fig.

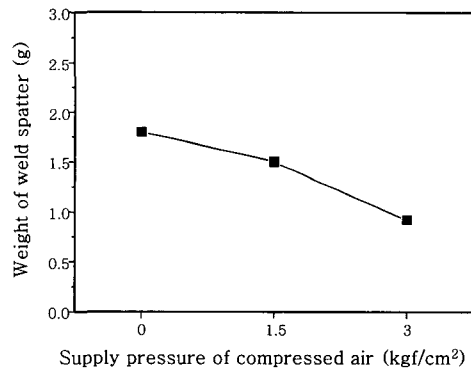


Fig. 6 압축공기 공급압력 차이에 따라 용접 팁과 노즐에 부착되는 스패터량

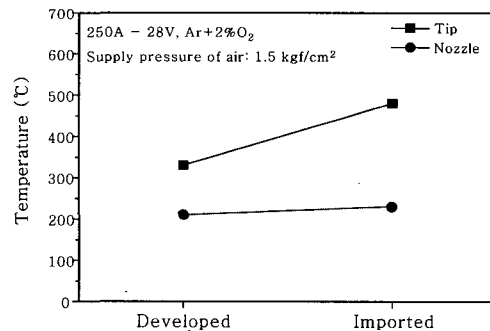


Fig. 7 개발된 토치와 500A급 수냉 토치의 용접 팁과 노즐에서의 온도

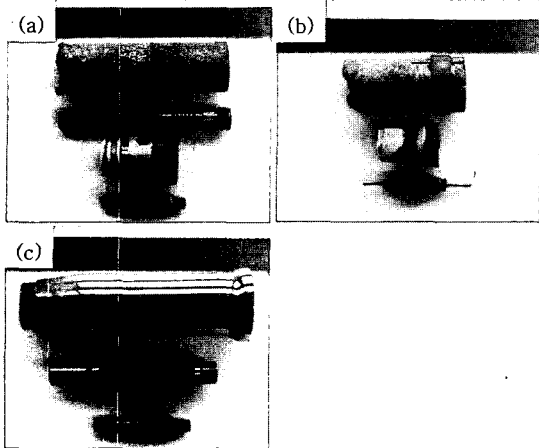


Fig. 8 400A 연속용접에서의 열화측정 (a) 9분 연속 용접 후의 국산 500A급 공냉 토치 (b) 19분 연속용접 후의 외산 500A급 수냉 토치 (c) 30분 연속용접 후의 개발된 토치

8(a)와 Fig. 8(b)에서 보는 바와 같이 500A급 공냉 토치와 수냉 토치의 경우 각각 9분 및 19분 정도 용접하였을 때 더 이상 용접이 불가능할 정도로 부품이 열화

되어 망실된 반면 개발된 토치의 경우 Fig. 8(c)에 보인 바와 같이 30분 연속용접을 실시하였음에도 불구하고 용접을 더 진행할 수 있는 상태를 보였다. 이는 개발된 토치의 냉각효과가 상대적으로 매우 우수함을 보여주고 있는 결과이다. 이때의 용접조건은 용접전류 400A, 용접전압 40V, 용접속도 400mm/min이었다.

#### 4. 결 론

기존의 용접 토치에서 발생하는 문제점을 개선하기 위해 개발된 용접 흡 격리 토치에 대한 성능평가를 실시한 결과는 다음과 같다.

- 1) 용접 시 발생하는 용접 흡은 압축공기의 배출로 작업자로부터 격리 되었다.
- 2) 용접 노즐을 통과하여 배출되는 압축공기에 의하여 용접 시 팁과 노즐의 온도가 감소하였으며, 스패터 부착률 역시 감소하였다.
- 3) 용접 팁과 노즐의 냉각효과는 수냉 토치에 비하여 우수하게 나타났다.



- 강봉용(姜奉龍)
- 1960년생
- 한국생산기술연구원, 정밀접합팀
- 용접전원파형제어, 용접재료개발
- e-mail: kanbo@kitech.re.kr



- 이건국(李建國)
- 1946년생
- (주)일홍, 대표이사
- e-mail: ih1234@unitel.co.kr



- 김영준(金泳俊)
- 1978년생
- 한국생산기술연구원, 정밀접합팀
- 용접공정
- e-mail: rollton@kitech.re.kr