

냉각성능을 겸비한 용접 흠 집진 토치 개발

강 봉 용 · 이 건 국 · 김 영 준

Development of Welding Torch for Extraction Welding Fume with Cooling Function

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

1. 서 론

GMAW 및 FCAW와같은 소모성 전극 아크 용접은 연속적으로 공급되는 소모성 전극과 모재 사이에서 발생하는 고온의 아크(arc) 열에 의해 용접이 이루어지며, 용접 토치(torch)를 통해 공급되는 실드가스(shielding gas)에 의해 용접와이어, 용융지, 아크와 모재에 인접한 부분이 보호되는 매우 능률적인 용접방법이다. 그러나, 이러한 장점에 반하여 용접 시 다량으로 발생하는 각종 가스와 미세 입자로 이루어진 용접 흠(fume)은 용접사의 안전과 위생을 위협하고 있으며, 이에 따라 작업환경에 대한 법적 규제가 한층 엄격하게 강화되고 있다. 또한 다량의 용접 흠을 발생시키는 재료에 대해서 용접사의 용접기피 현상이 증가되고 있다. 더욱이 높은 진류에서 장시간 용접하는 경우, 아크 열에 의해 용접 토치의 팁(tip), 노즐(nozzle), 인슐레이터(insulator)등이 열화 또는 쉽게 마모되어 사용 수명이 감소된다. 용접 팁의 마모와 팁과 노즐의 온도증가는 용접 시 발생하는 스패터(splatter)의 부착을 용이하게 한다. 팁과 노즐에 부착되는 스패터의 증가는 용접 와이어의 송급 불안 및 실드가스의 흐름을 방해하여 아크 발생을 불안정하게 한다. 이로 인하여 용접 결함 발생률 증가를 초래할 수 있다.

이러한 문제점들을 해소하기 위하여 용접 흠을 발생 근원지점에서부터 완전히 제거함과 동시에 토치를 냉각시킬 수 있는 용접 토치를 개발하였다. 본 보고에서는 개발된 토치의 성능평가를 통하여 집진효율과 냉각성능 평가를 실시 하였다.

2. 실험방법

2.1 용접 토치 구조

용접 흠 집진을 위해 흡입압력을 조절할 수 있는 집

진기(collector)를 Fig. 1(a)에 나타낸 바와 같이 토치 케이블에 연결하였다. 흡입된 용접 흠에 존재하는 미세먼지를 제거하기 위하여 집진기 내부에는 필터를 장착하였다. 용접 흠이 발생하는 아크(arc)주위에서 용접 흠이 흡입될 수 있도록 Fig. 1(b)에 나타낸 바와 같이 7개의 흡입 공(hole)을 가진 후드노즐(hood nozzle)이 노즐에 부착되어 있다. 후드노즐은 노즐 선단으로부터 5mm지점에 위치하며, 3mm간격으로 위치조정이 가능하도록 되어있다. 본 평가에서는 후드노즐의 위치를 노즐 선단으로부터 5mm지점에 고정하여 사용하였다. 용접 흠 집진기는 흡입압력을 조절할 수 있으며, 용접 흠에 포함되어 있는 미세먼지를 제거할 수 있는 필터가 내장되어 있다. 흡입된 용접 흠은 손잡이와 용접 케이블 내부를 통하여 용접케이블 끝단부에 설

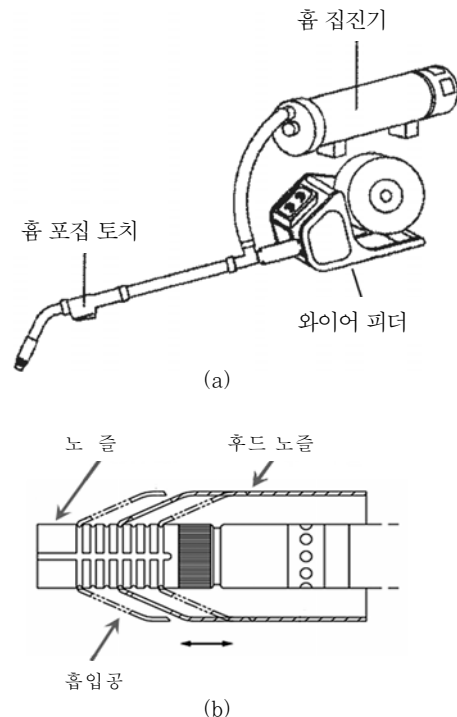


Fig. 1 개발된 용접 토치의 (a) 구성도 및 (b) 노즐부위의 개략도

치된 집진기에 포집되며 이때 용접 케이블 내에서의 용접 흡 이동통로를 Fig. 2에 나타내었다. 용접 흡이 노즐부위를 통하여 흡입되므로 흡입가스에 의해 용접 팁과 용접 노즐이 냉각될 수 있는 구조로 되어있다.

2.2 용접 토치 성능 평가

용접 흡 집진 필터의 수명 평가를 위하여 KS D 0062규격에 의해 제작된 용접 흡 포집장치를 사용하였으며, 장치의 구조를 Fig. 3에 나타내었다. 집진기의 수명 평가와 집진효율 측정을 위해 총 12시간 동안 집진기 필터의 청소 및 교환 없이 실시하였다. 집진효율은 2시간 간격으로 측정하였으며 용접조건은 Table 1에 나타난 바와 같이 하였다. 용접 흡 집진효율은 집진기를 가동하지 않았을 때의 흡 포집량과 집진기를 가동하여 용접 한 후 용접 흡 포집 장치 안에 남아있는 흡양의 차이 값으로부터 계산하였다.

용접 토치 냉각 성능평가를 위하여 용접 시 열화에

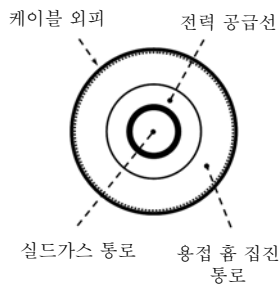


Fig. 2 용접 케이블의 단면도

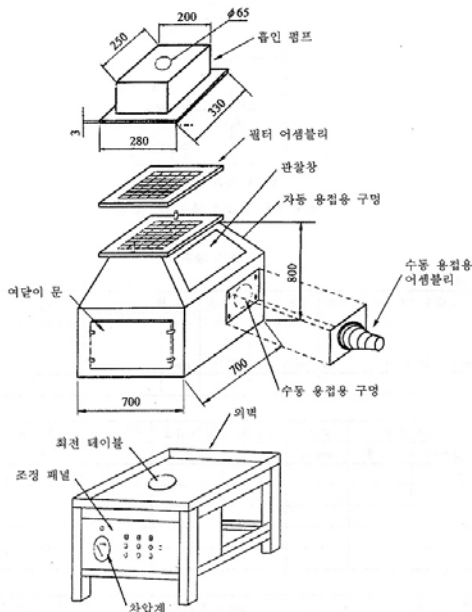


Fig. 3 KS D 0062규격에 의한 용접 흡 포집장치

Table 1 용접 흡 집진성능 평가 시의 용접조건

용접재료	용접전류 (A)	용접전압 (V)	WFR (m/min)	실드가스	유량 (l/min)
FCW 1.4mm (E71T-1)	320	36	15	CO ₂	20

의해 자주 교체되는 용접 팁과 노즐에 대하여 온도 측정을 하였다. 용접 팁과 노즐의 온도 측정을 위하여 용접 팁 선단으로부터 20mm 지점, 용접노즐 선단으로부터 60mm지점에 열전대 (thermocouple)를 설치하였다. 온도측정은 용접시작 후 온도가 더 이상 상승하지 않고 일정해지는 시간, 약 15분 후에 측정하였다.

집진기 사용에 의한 용접결합의 발생여부를 관찰하기 위하여 집진기 가동 상태에서 모재에 bead on plate (BOP)용접으로 500mm의 비드를형성시켰다. 기공 발생여부 평가는 비드표면의 액상침투탐상시험 (penetrate test)과 단면에 대하여 육안 관찰로 조사하였다. 용접 스파터 (spatter) 부착량 평가는 10분간 연속 용접 후 팁과 노즐에 부착된 스파터 발생량을 수집하여 평가하였다. 냉각 성능평가 및 스파터 부착량 시험은 장시간 용접을 필요로 하기 때문에 대구경 파이프를 모재로 하고, 이를 회전시키면서 아래보기 자세로 BOP용접을 실시하였다. 냉각성능, 용접결합 및 스파터 부착량 평가에 사용된 용접조건을 Table 2에 나타냈다. 용접기는 500A급 인버터 용접기를 사용하였으며, 용접재료는 AWS규격 ER70S-G 솔리드 와이어 (solid wire)를 사용하였다.

3. 실험결과 및 고찰

용접 흡 집진필터는 용접 시간 증가에 따라 집진효율의 감소를 보였으나, 필터에 포집된 용접 흡을 제거한 후에는 초기의 집진효율을 보였다. 초기 4시간 동안의 용접에서는 90%이상의 용접 흡 집진 효율을 보였으나, 용접 시간이 점차 증가 함에 따라 집진효율은 Fig. 4에 나타난 바와 같이 점차 감소하였다. 10시간 용접 직후에는 60%이하의 집진효율을 보였으며, 12시간 용접 후에는 약 40%까지 감소하였다. 이러한 집진효율의 감

Table 2 냉각성능, 용접결합 및 스파터 부착량 평가 시의 용접조건

용접전류 (A)	용접전압 (V)	용접속도 (mm/min)	CTWD (mm)	실드가스	유량 (l/min)
250	26-28	15	20	CO ₂ Ar+2%O ₂ *	20

* 냉각성능 평가 시 사용된 실드가스

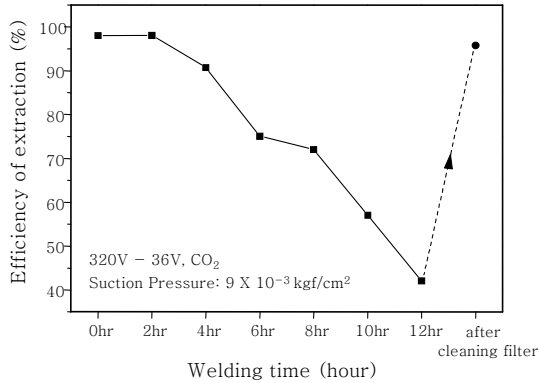


Fig. 4 집진기의 필터 청소 없이 행한 연속용접의 시간에 따른 집진효율 측정

소는 용접 흡에 포함된 미세한 먼지 등이 집진필터에 부착되어 흡입압력을 감소시키기 때문이다. 한편 12시간 용접 후 집진필터에 부착된 용접 흡 제거 후에는 96%의 집진효율을 보여, 용접 전 98%의 집진효율과 매우 근사한 값을 보였다. 이는 집진필터에 부착된 미세먼지들이 제거됨에 따라 초기의 흡입압력을 회복하였기 때문이다. 이러한 집진효율의 변화는 토치에 부착된 후드노즐을 통해 흡입된 용접 흡이 집진필터를 통과하면서 미세먼지가 제거된 후 작업장으로 배출된다는 것을 의미한다.

흡입압력의 증가에 따라 용접 노즐 및 용접 팁의 온도는 감소하였다. 흡 포집기를 가동하지 않은 경우, 팁과 노즐의 온도는 각각 473 및 428℃로 나타났다. 흡 포집기를 가동하여 흡입압력이 $2 \times 10^{-3} \text{kgf/cm}^2$ 인 경우에는 팁과 노즐의 온도는 각각 316, 261℃로 나타났으며, 흡입압력을 $9 \times 10^{-3} \text{kgf/cm}^2$ 으로 높인 경우에는 팁과 노즐의 온도가 296, 207℃ 로써 더욱 감소되었음을 Fig. 5에 나타냈다. 흡입압력이 높아짐에 따라 팁과 노즐의 온도는 감소하였으나, 온도감소 폭은 크게 나타나지 않았다.

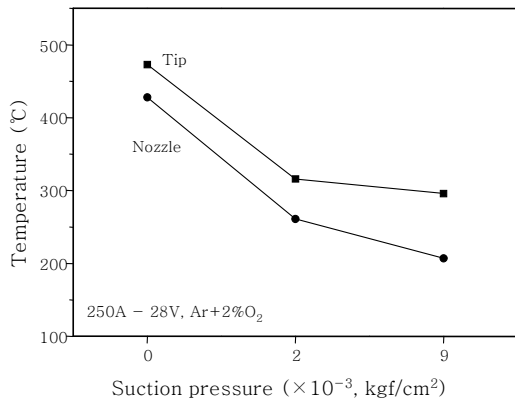


Fig. 5 흡입압력의 변화에 따른 노즐과 팁에서의 온도변화 측정

이러한 냉각효과는 팁과 노즐의 열화를 막아 수명을 증가시킬 수 있으며 팁의 마모율을 감소시킬 수 있다. 또한, 팁과 노즐에 부착되는 스파터의 양을 최소화 시킴으로써 용접 와이어의 송급 불안 및 실드가스 흐름의 방해를 최소화 할 수 있다. 흡입압력 증가에 따른 팁과 노즐에서의 스파터 감소효과를 Fig. 6에 나타냈다. 이러한 효과에 의해 아크 불안정에 따른 용접결함 발생을 또한 줄일 수 있다.

용접 흡 집진 토치의 냉각 성능은 500A급 수냉 토치에 비하여 우수하게 나타났다. 노즐의 경우, 수냉 토치에서는 220℃의 온도를 나타냈으나, 용접 흡 집진 토치에서는 200℃로 다소 낮은 온도를 보였다. 이에 반하여, 팁의 온도는 수냉 토치에서 480℃를 보인 반면 용접 흡 집진 토치에서는 300℃를 나타내어 큰 온도차이를 보이고 있음을 Fig. 7에 나타냈다. 이와 같은 결과로부터 수냉 토치에 비하여 경량이며, 누수의 위험이 없는 용접 흡 집진 토치가 수냉 토치를 보완 및 대체 할 것으로 기대된다.

400A에서의 연속용접 시 용접 흡 집진 토치는 공냉 및 수냉토치에 비하여 더욱 우수한 내열화성을 보였음

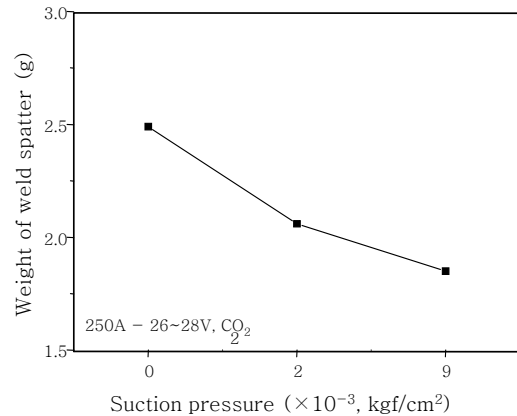


Fig. 6 흡입압력 변화에 따른 스파터 발생량 측정

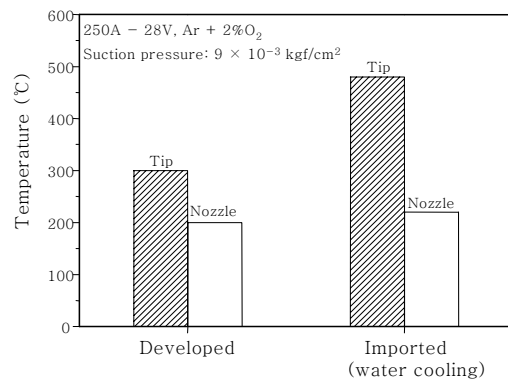


Fig. 7 개발된 용접 흡 집진 토치와 외산 수냉 토치의 용접 시 팁과 노즐의 온도 측정

을 Fig. 8에 나타냈다. 500A급 공냉토치의 경우에는 연속용접 시작 후 9분만에 용접이 진행될 수 없을 정도의 열화 정도를 보였다. 또한, 노즐과 팁에서 용융된 흔적이 있음을 Fig. 8(a)에 나타냈다. 500A급 수냉 토치는 공냉 토치에 비하여 좀더 긴 19분 간 연속용접이 가능하였다. 그러나, 공냉 토치와 동일하게 노즐과 팁 등이 Fig. 8(b)에 나타낸 바와 같이 용융에 의하여 더 이상의 용접 진행이 불가능하였다. 이에 반하여 용접 흡 집진 토치의 경우에는, 30분간의 연속용접이 가능하였으며, 노즐과 팁 등이 Fig. 8(c)에 나타낸 바와 같이 손상되지 않고 정상적인 상태를 유지하였다.

용접 흡 제거를 위한 집진기의 흡입압력은 용접 실드 가스 흐름에 영향을 주지않음을 Fig 9에 나타냈다. 실

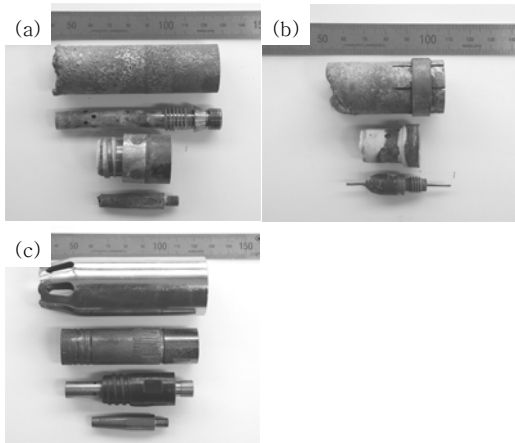


Fig. 8 400A 연속용접에서의 열화추정 (a) 9분연속용접 후의 국산500A급 공냉 토치 (b) 19분 연속용접 후의 외산 500A급 수냉 토치 (c) 30분 연속용접 후의 개발된 토치

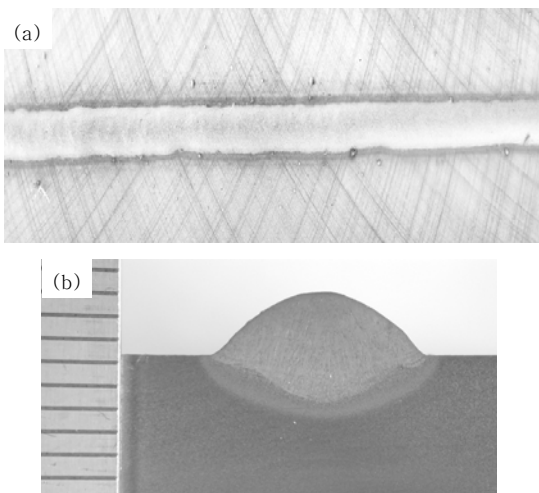


Fig. 9 흡입압력 $9 \times 10^{-3} \text{kgf/cm}^2$ 하에서 용접 한 후의 비드 외형 및 단면

드가스 공급이 영향을 받게 되면 용접부에 기공이 생길 가능성이 있다. 이를 확인하기 위하여 $9 \times 10^{-3} \text{kgf/cm}^2$ 의 최대 흡입압력 하에서 BOP용접을 아래보기 자세로 실시하여 500mm의 비드를 형성하였다. 액상침투탐상시험 (penetrate test)법을 통한 조사에서 Fig. 9(a)에 나타낸 바와 같이 기공이발견되지 않았다. 또한 용접부 단면에서도 결함이 관찰되지 않았음을 Fig. 9(b)에 나타냈다. 이로부터 용접 흡 집진과정에서 실드가스는 방해 받지 않고 원활하게 공급됨을 알 수 있다.

4. 결 론

기존의 용접 토치의 문제점을 개선하기 위하여 개발된 용접 흡 제거와 동시에 냉각기능이 가능한 용접 토치에 대한 성능평가를 실시하였으며, 결과는 다음과 같다.

- 1) 용접 흡 집진 토치의 집진효율은 용접 시간 증가에 따라 점차 낮아졌으나, 집진필터에 부착된 용접 흡 제거 후에는 초기의 집진효율을 회복하였다.
- 2) 용접 흡 집진 토치의 흡입압력을 증가시키기에 따라 노즐과 팁의 온도는 감소하였으며, 이로 인해 노즐과 팁에 부착되는 스파터의 양 역시 감소하였다.
- 3) 용접 흡을 집진하는 과정에서 흡입압력은 실드 가스 흐름에 영향을 주지 않았다.
- 4) 용접 흡 집진 토치의 냉각성능은 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