

작업성을 고려한 MIG/MAG 용접토치설계 MIG/MAG torch design emphasizing on workmanship

최병길*, G. Samuel*
한국기계연구원*, IPSc-Sevenans-France*
대전광역시 유성구 장동 171

1. 서론

MIG/MAG 용접시 용접토치는 용접기와 더불어 용접장치를 구성하고 있으며, 용접 생산성이나 품질에 영향을 미친다. 그러나 용접토치 설계에 관한 연구는 그리 활발하지 못하며 이러한 사정은 국내외적으로 비슷하다.

용접토치는 아크에 전력을 공급하고 on-off등 제어를 하는 전기 기기이며, 또한 상당기간 반복하여 용접토치를 손으로 다룰 경우 손이나 팔 등에 외상성 장애를 유발시킬 수 있는 공구이며, 나아가 와이어 송급이나 용접성능에 상당히 영향을 미치는 용접장치의 한 부분이다. 이러한 이유로 용접토치 설계시 전격방지를 위한 안전사항, 인간공학에 근거한 설계 및 용접성능을 향상시킬 수 있는 가능성이 반영되어야 한다.

본 연구에서는 인간공학(ergonomics) 측면에서 용접토치의 개선방안을 집중적으로 검토하고 또한 새로운 개념을 반영한 토치를 설계하였다.

2. 토치구조

반자동용 MIG/MAG 토치는 보호가스 호스, 제어신호선 및 전력선으로 이루어진 케이블, 그리고 손잡이, 토치 스위치 및 동 튜브로 이루어진 몸체 및 백조 목(swan neck) 그리고 콘택트 튜브, 보호가스 확산자(gas diffuser) 및 노즐로 이루어진 노즐부로 구성되어 있다. 토치는 메이커에 따라 약간씩 치수, 형상 및 무게를 달리하고 있으나 대체적으로 비슷한 구조로 제작되고 있다.

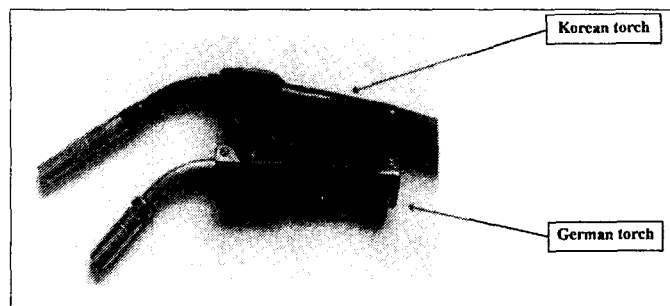


그림 1. 국산 및 독일산 MIG/MAG 토치의 외형

본 연구에서 토치설계를 목적으로 기존 토치중 국산 토치와 독일산 토치에 대한 비교를 하였다. 비교에 사용된 토치는 정격전류 350A의 공냉식 반자동 용접용 토치로서 swan

neck의 각도는 국산이 35° 그리고 독일산이 45°로 다소 차이가 있으며 국산 토치의 경우 swan neck을 360° 방향을 돌려 고정할 수 있는 구조로 되어 있다. 또한 토치 스위치는 국산의 경우 2개의 손가락으로 작동될 수 있도록 넓은 면적을 유지하는 반면 독일산 토치는 손가락 하나로도 조작이 가능하도록 면적이 좁다. 또한 핸들은 합성수지 성형품으로, 독일산 토치의 핸들이 약간 길며 그 외형은 손가락의 포지력을 증가시킬 수 있도록 되어 있다. 토치의 무게는 케이블을 제외하고 몸체와 노즐부만을 비교할 경우 국산이 375g 독일산이 470g 정도로 주로 swan neck과 handle에서 무게차이가 발생하였다.

3. 토치조작과 관련한 인간공학

인간공학은 ergonomics의 대응어로서, ergonomics은 일(work)을 뜻하는 그리스어 ergos와 지식(knowledge)을 뜻하는 nomos의 합성어이다. 따라서 ergonomics은 특정지식을 작업자에 적용시키는 것이나 관련 학문을 나타내는 것으로 볼 수 있다. 오늘날 많은 작업자들이 손목 신드롬(carpal tunnel syndrome)이나 누적된 외상으로 고생하고 있다. 즉, 신경, 건초(인대), 근육 등의 직업병을 오랜 시간에 걸쳐 잘못된 취급자세, 팔다리 부분에서 부하집중(stress concentration), 근육이나 신경계통에 반복적인 부하(stress)에 기인한다.

실제 용접시 팔과 어깨에 걸리는 부하를 측정 한 연구가 캐나다의 워터루대학 직업건강·안전센터의 Richard Wells 교수에 의하여 이루어졌다^[1].

Wells는 근전계(electromyography)를 이용하여 어깨근육중 승모근(trapezius), 하견갑근(infraspinatus), 삼각근(deltoid) 그리고 팔근육중 팔목신전근(wrist flexors), 팔목굴곡근(wrist flexors) 및 손가락굴곡근(finger flexors)의 근육 활동양을 측정하였다. 이 때 사용된 용접토치는 400 amp 용량의 MIG 토치 6개를 사용하였으며, 토치 무게는 케이블 포함하여 1225g~1814g이었다. 그림 2의 횡축 퍼센트는 최대 자발수축(MVC)을 나타내는 것으로 예를 들면 최대 팔힘이 50kgf인 용접사가 7.5kgf 토치를 들고 있다면 15%가 된다.

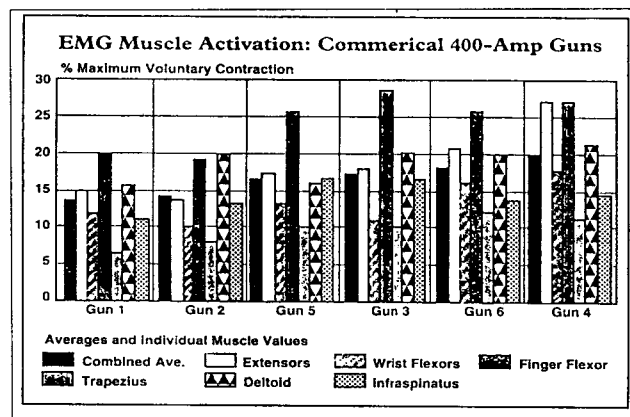


그림 2. 400 amp 토치에서 근육활성도

그림 2에서 예측할 수 있는 바와 같이 토치 조작시 나타나는 근육의 활성도는 무게에 비례하여 증가하며 토치의 형상에 따라서도 달라진다. 그림 2에서 Gun 1은 무게와 1225g.

Gun 4는 1814g이며 이 때 평균 MVC는 14%에서 20%로 증가하고 있다.

토치를 조작할 때 회전토크도 팔과 어깨근육에 의하여 지탱되어야 하기 때문에, 회전토크크가 최소가 되도록 swan neck 각도를 35~45°로 설계하여야 한다[2]. 회전토크는 토치 핸들 구조뿐만 아니라 케이블의 강성도의 영향을 받기 때문에 케이블의 재질선택도 중요하다. 한편 토치핸들을 손으로 쥐고 있을 때 손가락을 포함한 손바닥은 압력을 받게 된다. 손바닥에 느끼는 압력이 높아지면 통증으로 느껴질 수 있으며 이 값을 압력-통증역(pressure-pain threshold, ppt)라 부르며, 남자의 경우 700~800kPa 여자의 경우 480~560kPa 압력이 작용할 때 통증을 느낀다^[3]. 비교적 통증에 민감한 부분은 엄지손가락과 팔목 사이이고 다음이 손바닥 그리고 다음으로 손가락 안쪽이다. 또한 손바닥과 손가락을 사용하여 손잡이를 휘어 감을 때 손잡이의 둘레길이가 12.5cm인 경우 잡기에 편안하다^[2]. 한국인의 경우는 12.5cm 보다는 약간 적을 것으로 판단된다. 또한 손잡이의 단면적도 원보다는 모서리를 둥글게한 장방형이 편안한 잡기 모양이다.

4. 토치설계

4.1 노즐부

노즐(gas cup)의 현재 구조는 그림 4(a) 구조로 되어 있으나, (b)구조 또는 (c)구조로 설계하는 방안도 있을 수 있다. (b)구조는 아크발생 및 용융지 관찰을 용이하게 하기 위하여 노즐의 한쪽을 깎아낸 것으로 특히 용접실기를 배우는 훈련생에게 쓰일 수 있다. (c)구조는 노즐을 쉽게 부착 및 탈착시킬 수 있는 구조로 하기 위하여 ball clutch를 사용하였고 90° 회전하여 밀어 넣으면 노즐이 swan neck에 쉽게 장착되도록 하였다.

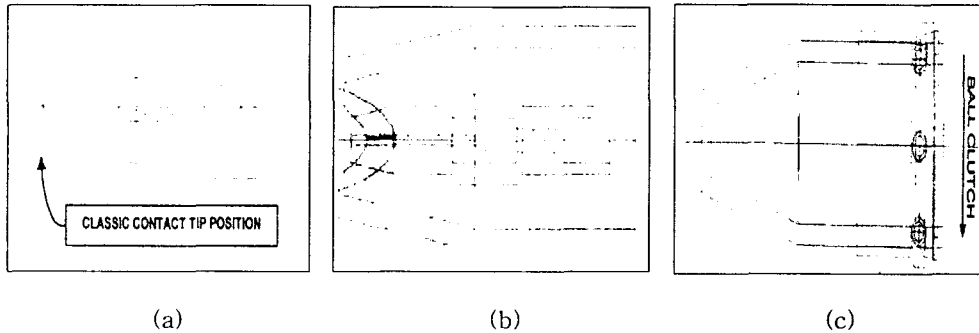


그림 3. 토치노즐의 개념설계안

4.2 핸들

핸들은 용접사와 토치가 직접 서로 접촉하는 부분으로서 용접자세와 토치를 잡고 용접물에 겨냥하는 자세 등에 직접 관계하며, 용접사에게는 유지력 및 회전 토크를 유발시킨다. 이러한 점을 보완하기 위하여 그림 4에서 보는 토치를 설계하였다.

- ① 손잡이와 노즐이 이루는 각도를 30~40° 범위로 함으로서 아래보기 자세에서 팔과 어깨에 가장 적은 부하를 유발시킨다.

- ② 손가락이 주어진 위치에서 토치를 파지하도록 함으로서 마찰력을 높이고(그러나 지나친 마찰력과 손가락의 위치 고정은 피로를 촉진시킬 수 있음) 핸들길이를 손바닥 폭의 2배로 함으로서 안정감을 높였다. 또한 잡는 위치가 무게중심에 있도록 함으로서 회전토크를 줄일 수 있다.
- ③ 손잡이 축과 케이블 축이 70°를 유지하게 함으로서 케이블이 자연스럽게 중력방향을 향하게 하고 그 결과 최소의 회전 모멘트가 팔과 어깨에 걸리도록 하였다.
- ④ 엄지손가락이 높이는 위치를 오목하게 함으로서, 엄지손가락이 흔들리지 않고 편안이 위치하고 토치스위치를 조작할 수 있도록 하였다. 또한 엄지손가락이 높이는 위치에서 손잡이 둘레길이를 최적길이(약 12~13cm)로 하도록 한다.
- ⑤ 토치를 잡고 있는 팔의 중력방향과 케이블 중력방향이 같도록 함으로서 팔목과 팔에 걸리는 회전토크를 최소화 하였다.

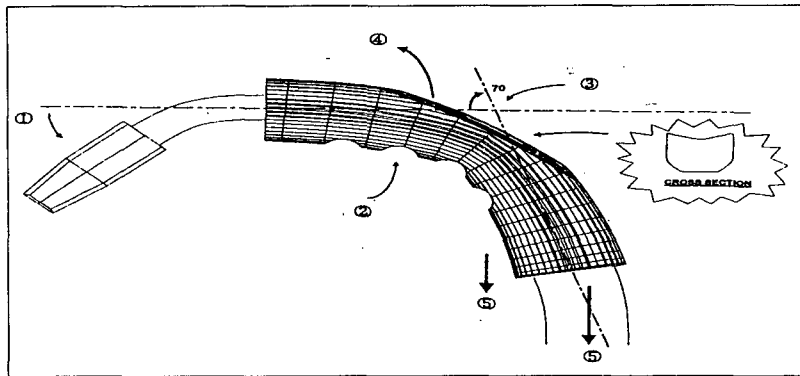


그림 4. 토치핸들 개념 설계

4.3 조작스위치

조작스위치는 엄지손가락으로 조작할 수 있는 손잡이 상단에 위치하는 방안, 엄지손가락이나 집게 손가락을 이용하여 손잡이 옆구리에 위치하는 방안, 가운데 손가락과 넷째 손가락을 이용하도록 손잡이 아래쪽(기존의 스위치는 아래쪽에 둠)에 두는 방안을 택할 수 있다. 나아가 토치 조작 스위치를 foot switch하는 방안도 설계변경 방안으로 제시할 수 있다^[4].

참고문헌

1. J. Tregaskiss and S. P. Dutta, Understanding the ergonomics of MIG gun design, The Fabricator, Nov., 1993, pp16~19.
2. R. A. Bruss, Designing GMA welding guns with the welder's comfort in mind, Welding Journal, Oct., 1996, pp31~33.
3. C. Fransson-Hall and A. Kilbom, Sensitivity of the hand to surface pressure, Applied Ergonomics, Vol. 24, No.3, June, 1993, pp181~189.
4. Gallion Samuel (student at IPSc-Sevenans-France), Training Report (KIMM) - MIG/MAG welding torch ergonomic design, July, 1997.