후락스를 봉입한 용접선을 사용한 경우에, 몇 가지 종류의 가스 메탈 아크 용접 팁에 있어서 용접시간에 따른 마모거동

(Wearing behavior of several kinds of gas metal arc welding tip during the welding times when it used a flux cored welding wire)

한국기계연구원 ; 김창주, 정윤철, 한승전 고려용접봉(주) ; 김종원, 황동수, 이재형

1. 서론

선박 및 각종 철구조물 제조에 있어서 가스 메탈 아크 용접이 차지하는 비중은 그 중요성이나 물량면에서 매우 큰 부분을 점하고 있으며, 최근에는 용접선 표면에 구리도금을 하지않고 선재 내부에 후락스를 봉입한 용접선재가 종래의 구리도금 용접선을 대체하는 추세에 있다. 이렇게 용접선 표면에 구리도금을 하지않은 경우는 표면마찰계수가 높아지므로 이에 대응하여 용접팁에 있어서도 내마모성을 향상시키기 위하여 재료 자체를 강도가 높은 합금동으로 제조하던가 또는 마모가 심한 팁 선단부를 보강하기 위하여 냉간단조로써 경도를 높는 등의 시도가 이루어지고 있다. 이에 본 연구에서는 현재까지 개발된 몇 가지 종류의 용접팁에 대한 내구성을 평가하는 한 예로써 단시간 용접시간에 따른 마모거동을 규명함으로써 향후 보다 개선된 용접팁의 개발방향을 제시코자 하였다.

2. 실험방법

본 연구에 채용한 용접팁의 재질은 순동(CU, 100%Cu), 크롬동(CR, Cu-0.4%Cr) 및 텔루리움동(CT, Cu-0.5%Te)이며, 제조방법은 각 소재의 8 mm 6 각 신관을 가지고 기계가공한 것과 팁 끝을 냉간단조(FCU, FCR, FCT)한 경우로 하였다. 용접재의 선경은 Φ 1.2 mm로서 이에 대한 팁은 자동용접용으로 많이 사용하는 구멍 Φ 1.3 mm를 사용하였다. 실험을 위한 용접조건에 있어서, 용접기는 OCT 500으로서 전류 240 A와 전압 DC 30 V를 적용하였으며, 용접선은 K-71T Φ 1.2 Flux cored wire를 사용하여 CO_2 유량 20 L/Min 하에서 피접물과 팁 선단 간의 간격 15 mm를 유지하며 자동용접하였다. 한편, 용접시간은 1 회 1 시간 연속용접으로 하되, 1, 2, 3 및 5 시간 동안 용접한 후 팁의 마모감량, 구멍형상, 경도 및 미세조직 등의 변화를 조사하였다. 한편, 용접시 용접열을 조사하기 위하여 팁의 선단에 열전대를 설치하여 측온하였다.

3. 결과 및 고찰

가스메탈 아크 용접작업에 있어서 용접팁의 선단은 고온의 용접열을 받으며 연속적으로 공급되는 용접선에 의해 팁의 구멍이 마모되고 있는 가혹한 상태이다.

물론 노즐을 통하여 공급되는 저온의 액화 CO_2 가스에 의해 팁의 가열이 어느 정도 감소되기는 하나, 용접열을 실측한 결과에 의하면 용접개시 후 2 분만에 도달한 최고온도는 자동용접의 경우에 약 438℃에 이르고 있으며, 이 온도는 용접시간동안 거의 일정하게 유지되고 있다. 실험에 앞서서 용접열을 전후한 고온구간에서 각 재료가 나타내는 강도를 알아보기 위하여 실시한 고온압축강도 측정결과인 그림 1에서 보면, 순동(CU), 크롬동(CR) 및 텔루리움동(CT)은 모두 400℃에서 550℃까지 고온으로 갈수록 압축강도가 점차 낮아지고 있으며, 용접상태의 온도인 450℃에서는 각각 213MPa, 324MPa 및 135MPa 정도를 나타내어 크롬동의 고온강도가 가장 높음을 알 수 있다.

그림 2는 용접시간의 경과에 따른 팁 마모량의 증가를 나타태는 것으로, 5 시간까지의 마모량을 보면 텔루리움동과 크롬동을 기계가공한 경우가 각각 21.3 mg과 24.6 mg으로 낮은 편이었으며, 그 다음은 텔루리움동과 순동을 단조한 팁이 각각 27 mg과 28.8 mg으로 비교적 낮은 편에 속하고 있다. 그리고 단조한 크롬동 팁은 42.6 mg으로 가장 높은 마모량을 보이고

있다. 용접후 마모량의 측정에 있어서, 팁의 선단부에 붙은 미세한 스페터를 깨끗이 제거하기 위해 노력은 하였으나 완벽할 수는 없었던 것으로 보아 mg 단위의 평량에 다소의 오차가 예상되나, 실험결과의 전반적인 경향에는 크게 영향이 없는 것으로 본다.

이러한 상황을 명확히 하고자, 용접 후, 팁 구멍의 상태를 조사하였으며, 그 결과는 사진 1과 사진 2에서와 같이 각각 기계가공한 용접팁과 단조한 용접팁을 5 시간 연속용접한 경우의 구멍 마모양상을 나타낸다. 여기서 보면, 팁의 구멍이 둘레의 전체적으로 균일하게 마모되거나, 한 쪽으로 편마모되기는 하였으나 구멍 전체의 크기를 마모량과 비교하면 거의 일치함을 확인할 수 있다. 한편, 단조팁의 경우가 단조하지 않은 팁에 비하여 편마모현상이 두드러짐을 보이고 있으나, 이러한 현상이 절대 마모량의 차이와는 무관함을 나타내고 있다.

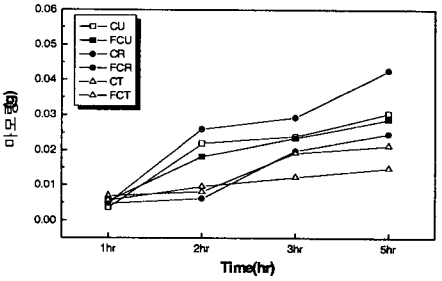


Fig. 1 Compression strength of tip materials on high temperature

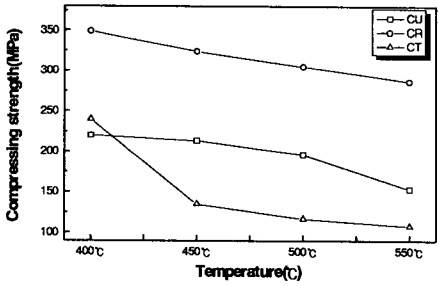
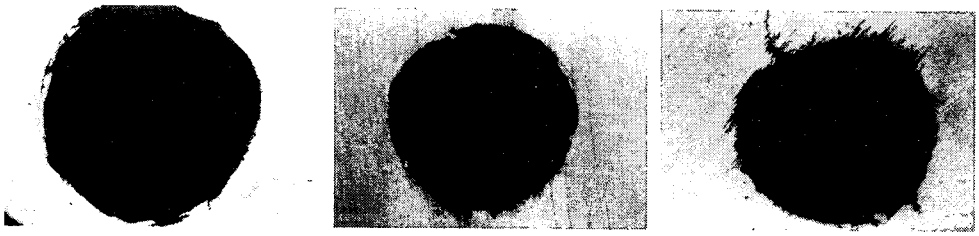


Fig. 2 Wear loss in weight by welding time



(A) (B) (C)

Photo. 1 Wearing shape of maching tips after 5 hours continuous welding(x40) A) CU tip, B) CR tip, C) CT tip

(A) (B) (C)

Photo. 2 Wearing shape of forging tips after 5 hours continuous welding(x40) A) FCU tip, B) FCR tip, C) FCT tip

그림 3은 각 팁에 대하여 3 시간 용접한 후에 열영향을 많이 받았던 선단부 기지조직의 경도분포 나타내는 것으로, 단조하지 않은 크롬동의 경우를 보면 열영향이 많았던 선단부의 경

도는 Hv 85 정도였으나, 열영향이 적은 부분으로 갈수록 경도가 높게 유지되어 Hv 130 정도까지 나타내고 있음을 볼 수 있다. 이는 크롬동의 경우에 선단부는 용접열에 의해 과시효되어 경도가 저하된 것으로 본다. 그러나 단조한 팁은 단조에 의한 과도한 가공연화로 경도가 전반적으로 낮지만, 용접열이 높았던 선단부의 경도가 다른 부분에 비하여 다소 높았으며, 이는 냉간단조 후 시효온도인 438℃의 용접열 하에서 크롬의 2 차적 석출에 의한 경화로 해석된다. 한편, 냉간단조에 의한 가공연화현상은 순동과 텔루리움동에서도 나타나고 있으며, 단조하지 않은 크롬동을 제외한 모든 경우에서 각 재료나 가공상태에 따라 경도치의 차이는 있으나, 용접열에 의한 경도의 변화는 나타나지 않고 있다.

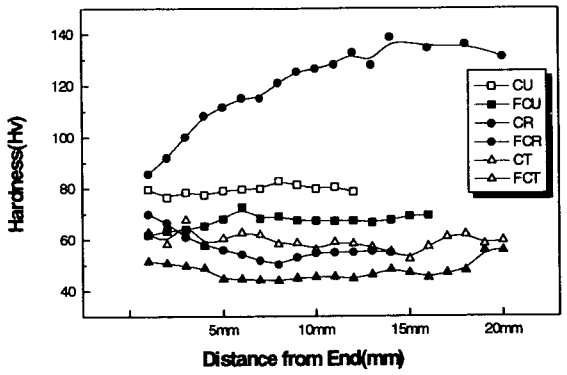
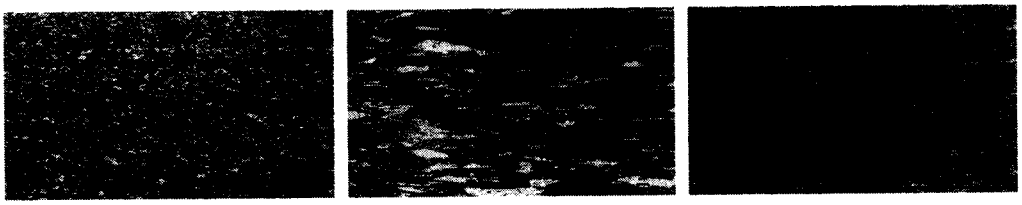


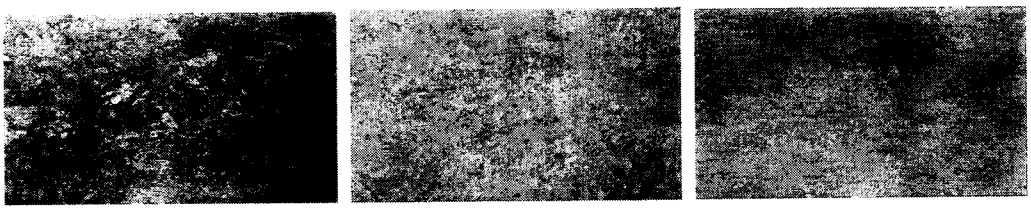
Fig. 3. Hardness profile of tip end after 3 hours continuous welding

사진 3은 각 용접팁 선단부의 용접전, 사진 4는 3 시간 연속용접 후의 미세조직이다. 용접전 상태에서는 단조에 의해 결정립이 단조방향으로 늘어난 것을 볼 수 있으나, 용접후에는 용접열에 의해, 결정립의 성장은 없으나, 다면체형으로 재결정되어가는 모양을 하고 있다.



(A) (B) (C)

Photo. 3 Microstructure of forging tip end before welding(x200)
A) FCU tip, B) FCR tip, C) FCT tip



(A) (B) (C)

Photo. 4 Microstructure of forging tip end after 3 hours continuous welding(x200)
A) FCU tip, B) FCR tip, C) FCT tip

4. 결 론

이상의 단시간 용접시험결과에서 보면, 용접시 용접팁 선단은 438℃ 전후의 용접열을 받고 있으며, 이러한 정도의 고온 하에서 용접선에 의한 용접팁 구멍의 마모 정도는 합금재 자체의 강도나 냉간가공에 의해 강화된 재료의 강도와는 거의 무관함을 알 수 있다. 이는 용접팁 선단의 결정립은 용접열에 의해 회복되고 있으므로 가공경화에 의한 강도향상도 그 효과가 입증되고 있지 못하다.

따라서, 내구성이 높은 용접팁의 개발을 위해서는 현재 사용되는 재료 수준의 전기적인 특성을 나타내면서 용접열인 450℃ 부근에서의 고온강도가 높은 재료로서 용접선에 대한 마찰계수가 낮은 재료를 개발하여 적용함이 바람직하다고 본다.