

## GMA용접 중 Cu-P와 Cu-Cr계 콘택트팁의 경도와 전기전도도 변화

### Variation of Hardness & Electrical conductivity for Cu-P and Cu-Cr Contact Tips During GMA Welding Process

김가희\*, 김희진\*, 김남훈\*, 유희수\*

\* 한국생산기술연구원

#### 1. 서 론

GMA(Gas Metal Arc)용접에서는 콘택트 팁이 토치 선단에 위치하여 용접 와이어를 송급하여 준다. 이러한 콘택트 팁의 주된 기능은 용접 전류를 와이어에 전송시켜주고, 와이어를 용접하고자 하는 위치로 유도하는 것이다. 따라서 콘택트 팁의 수명을 좌우하는 요소는 와이어와 콘택트 팁이 용융접합(electric erosion)되는 것과 와이어가 용접아크에 의해 가열된 콘택트팁을 통과하면서 발생하는 기계적 마모(mechanical wear)이다. 따라서 콘택트 팁의 재질은 고온에서 충분한 경도를 유지하면서 전기전도도가 우수한 것이어야 한다. 이러한 이유로 콘택트팁 사용업체에서는 자체적으로 콘택트 팁의 선별기준을 규정하여 사용하고 있지만, 사용 환경(고온노출)을 고려하고 있지 않기 때문에 그 규정의 신뢰성이 모호한 상황이다.

이에 본 연구에서는 현재 국내에서 가장 많이 사용되고 있는 인탈산동(Cu-P), 크롬동(Cu-Cr)계열의 콘택트 팁을 대상으로 GMA용접 중 콘택트 팁의 미세조직 및 경도, 전기전도도 변화를 열처리 모의실험과 마모시험을 통하여 관찰하였다.

#### 2. 실험 방법

본 연구에서는 현장에서 가장 많이 쓰이는 국내산 인탈산동(Cu-P), 크롬동(Cu-Cr)계열의 공냉 토치용 콘택트 팁에 대하여 실험하였다.

사용한 콘택트 팁의 재질 분석과 초기의 경도와 전기전도도 값을 표1에 나타내었다.

표 1. 콘택트 팁 재질분석 결과

종류	성분(%)			경도 (HRB/HV)	전기전도도 (IACS)
	P	Cr	Zr		
인탈산동	0.016	-	-	64.8/136	81.1
저크롬동	-	0.25-0.4	-	64.9/138	84.51
고크롬동	-	0.66-1.56	-	78.5/151	87.3

모의실험을 위하여 용접 중 콘택트 팁의 온도를 측정해 보았다. 실제 용접에서 가장 많이 쓰이는 조건인 250A에서 최고 콘택트 팁의 온도가 450℃이었다. 따라서 위의 세 가지 종류의 콘택트 팁을 실제 용접온도인 450℃에서 시간에 따른 경도와 전기전도도의 변화를 관찰해 보았다.

실제 용접 중 전기전도도가 콘택트 팁에 미치는 영향을 알기 위해서 재질이 같은 콘택트 팁에서 경도는 같고 전기전도도의 차이가 많이 나도록 시편을 준비하였다. 0.3%Cr 팁을 1030℃에서 3시간 Annealing한 것과 500℃에서 1000분간 Over aging한 것으로 표2와 같은 초기조건을 갖도록 열처리하였다.

표 2. 용접실험 콘택트팁의 조건(0.3%Cr 팁)

	경도(HV)	전기전도도(%IACS)
Annealing	63	51.2
Aging	63	92.04

용접 실험은 온도가 올라감에 따라 annealing한 콘택트 팁이 석출 경화되어 경도와 전기전도도가 상승할 수 있기 때문에 최저 전류에서 실시하는데 용접 조건은, 전류 150A, 전압18V, CTWD 15mm이다. 이 조건에서 온도는 그림 1과 같은 실험을 통하여 200℃를 유지함을 확인할 수 있었다.

### 3. 실험 결과

#### 3.1 용접 중 콘택트 팁의 경도와 전기전도도 변화

##### 3.1.1 인탈산동 콘택트팁

냉간 압출 된 상태이었으므로 그림 1과 같이 450℃에서 열처리 시간에 따라 경도가 감소하였고 전기전도도는 점차 상승하였다.

그림 2에서 보는 바와 같이 450℃에서 10분 열처리시 가공조직이 남아있었으며, 1000분 열처리시에 완전 재결정후 입자가 조대화 되었다.

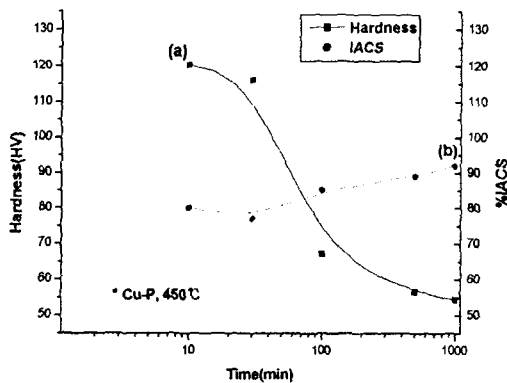


그림 1. 450℃에서 열처리시 시간에 따른 경도와 전기전도도 변화

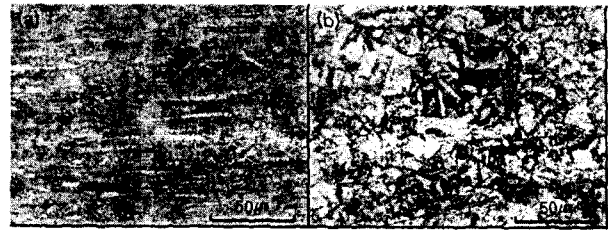


그림 2. (a)450℃/10min(b)450℃/1,000min상태에서의 미세조직 변화

##### 3.1.2 국산 Cu-Cr 콘택트 팁

Cu-Cr 콘택트 팁은 석출경화용 합금으로 450℃에서 열처리시 그림 3에 보인바와 같이 그림1의 Cu-P와 유사하였다. 이는 Cr의 석출경화를 위한 적절한 열처리가 수행되지 않았음을 알 수 있다. 따라서 적절한 석출 열처리가 수행 되었을 때의 경도 변화를 보기 위하여 다음과 같은 열처리를 실시하였다.

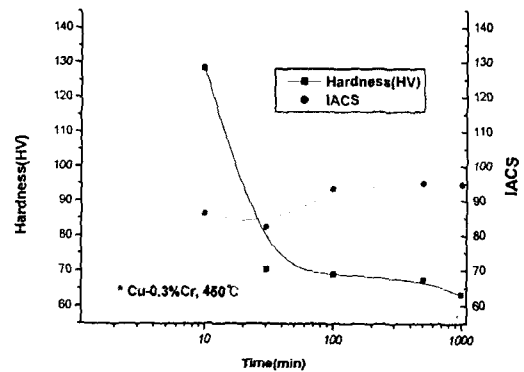


그림 3. 450℃에서 열처리시 시간에 따른 경도와 전기전도도 변화

1030℃에서 30분간 용체화 열처리(solution heat treatment)를 실시한 후, 석출열처리(precipitation heat treatment)를 실시하였다. 그림 4에서 시효처리를 하면 Cr입자가 석출되어 경도값이 상승함과 동시에 Cu기지의 순도가 높아져 전기전도도가 회복되는 것을 볼 수 있다.

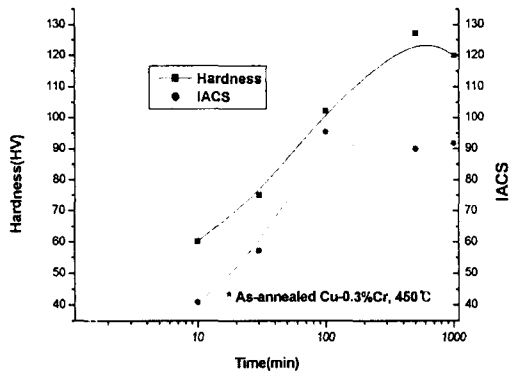


그림 4. 1030°C에서 열처리 후, 450°C 열처리 시간에 따른 경도와 전기전도도 변화

3.1.3 일본산 Cu-Cr 콘택트 팁

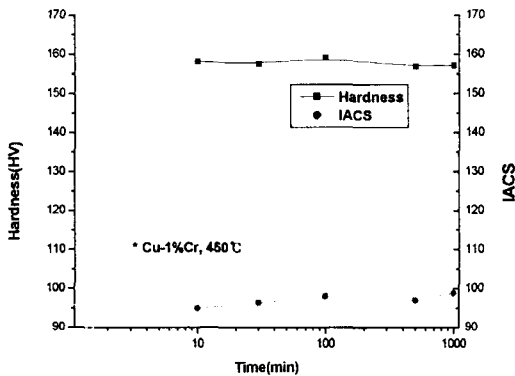


그림 5. 450°C에서 열처리 시간에 따른 경도와 전기전도도 변화

1%Cr이 첨가된 콘택트팁의 경우 가공경화 뿐만 아니라 용고시에 이상 분리되어 Cu 기지조직에 분산되어 있는 미고용 Cr입자에 의해서도 경도가 증가된다. 1%Cr 팁은 그림5에서 보는 것처럼 장시간 높은 경도와 전기전도도를 유지하였다.

3.2 용접 중 전기전도도가 콘택트 팁에 미치는 영향

표 2와 같이 경도는 같고 전기전도도가 다른 두 종류의 시편을 두개씩 준비하여 용접 실험을 하였다. 그림 6에서 볼 수 있듯이 전기전도도는 용접 중 콘택트 팁의 마모에 직접적인 영향을 주지는 못하였으나, 용접 중 표3과 같이 전기전도도가 낮은 콘택트 팁에서 와이어가 콘택트 팁의 선단에 용융접합 될 수 있는 아크 스타트성 불량이나 아크 끊김, 아크 불안정과 같은 현상들이 전기전도도가 높은 콘택트 팁에 비해서 훨씬 빈번

하게 발생하는 것을 볼 수 있었다.

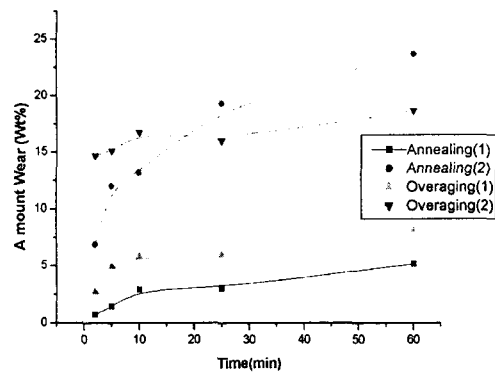


그림 6. 용접시간에 따른 마모량의 변화

표 3. 전기전도도에 따른 아크안정성

용접시간(분)	Annealing		Over-aging	
	(1)	(2)	(3)	(4)
2	아크불안정 아크끊김(2)	×	×	×
5	아크스타트불량 아크끊김(4)	×	×	×
10	아크끊김(5)	아크끊김(2)	×	×
25	×	아크끊김(1)	아크끊김(1)	×
60	아크끊김(5)	아크스타트 불량	×	×
Total	11	3	1	0

4. 결 론

GMA용접 중 Cu-P와 Cu-Cr계 콘택트 팁의 경도변화와 전기전도도에 대해서 모의실험 한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- 1) Cu-P 합금은 연속 용접 시 재결정으로 인하여 가공경화 효과가 사라져 경도는 현저히 낮아지고 전기전도는 상승하였다.
- 2) Cu-Cr 합금은 연속 용접시 석출경화 효과로 경도와 전기전도도를 높게 유지하여 Cu-P합금보다 수명이 향상될 것이다.
- 3) 콘택트 팁의 전기전도도는 콘택트 팁의 수명에 관계되는 용융접합에 영향을 주는 것을 알 수 있었다.

참고문헌

1. Hee Jin Kim: Reliability of Contact Tip for Gas Metal Arc Welding, Journal of KWS, 21-7(2003) 9-17(in Korea)
2. J.Villafuerte, J.1999. Understanding contact tip longvity for gas metal arc welding: weling Journal 78(12); 29-35