

## Cu-W 전극의 DC Arc 시험에 있어서 Nickel 첨가 영향

김봉서, 정현욱, 이희웅  
한국전기연구원 신소재응용그룹

### Effect of Nickel addition in DC arc test of Cu-W electrode

Bong-Seo Kim, Hyeon-Wook Chung, Hee-Woong Lee  
Advanced Electrical Materials Group, Korea Electrotechnology Research Institute

#### Abstract

Sintered Cu-W has been used for the electrode of GIS for interrupting the abnormal current. In this study the effect of Ni addition in Cu-W electrode was investigated. Cu-W electrodes used contains 0.1~0.2wt% Ni and were conducted the experiments which was attacked by DC arc test (70V-70A) for 300 times periodically. As the contents of Ni in Cu-W electrode increase, the hardness and electrical conductivity were decreased. The weight change ( $\Delta mg$ ) of electrode after DC arc test increased with increasing Ni contents and test times. The hardness and electrical conductivity of electrode after DC arc test were decreased compared with non-arc affected electrode, which was owing to the defects near surface of electrode and degradation by arc heat. It was considered that Cu in the Cu-W electrode was scattered to all directions by arc heat, therefore, the electrodes were damaged and deformed in the surface and cross-section of electrode. It is difficult to estimate directly the characteristics of Cu-W electrode for GIS related with high voltage and current from the results of DC arc test conducted in this study. However, the results of the effect of Ni addition in Cu-W electrode could be applied for the research of electrode for GIS.

**Key Words** : Cu-W electrode, DC arc test, Ni addition, GIS

#### 1. 서 론

Cu-W 전극은 고압 차단기용 전극으로 사용되고 있는 전극으로, 고압, 대전류 차단 성능이 우수하여 가스 차단기 (GIS)용으로 가장 많이 사용되고 있다. 현재 상용화 되어 있는 전극의 대부분은 텅스텐이 70~80wt%로 사용되고, 구리는 20~30%의 조성을 가지고 있다. 구리의 양이 증가할수록 전기 전도도는 우수하지만, 내아크 성능이 저하되기 때문에 최근에는 20Cu-80W 전극이 주로 사용되고 있다. 텅스텐 양이 증가할수록 고압에서 내아크 특성이 우수하여 고장 전류 발생시 안정적으로 차단할 수 있게 된다. 그러나 전극으로서 사용하기 위해서는 기본적으로 일정 값 이상의 전기전도도를 가지고 있어야 한다.

실제 Cu-W 전극 제조시에는 전극 제조사별로 고유한 제조 조건 하에서 전극이 제조되고, 극미량의 첨가 원소를 첨가하여 각 제조사별 전극의 특성을 가지고 있다. 최근에 Cu-W 전극에 대한 연구는 주로 전기 방전 기계 (electrical discharge machining)용 전극에 대한 연구가 일부 진행 중이고[1], 가스 차단기용 전극에 대한 연구가 매우 적은 실정이다.

그래서 본 연구에서는 실제 가스 차단기용 Cu-W 전극의 차단 시험 전에 필요한 예비 자료를 구하기 위하여 간단한 직류아크시험을 하였다. 또한 20Cu-80W 전극을 기본 조성으로 하고, 니켈을 미량 첨가하여 그 영향을 조사하였다.

## 2. 실험

본 연구에 사용된 직류 아크 시험용 전극의 개략도를 그림 1 (a)에 나타내었고, 제조된 전극의 상대 밀도를 Archimedes의 원리로 측정하였다. 제조된 전극의 경도는 Rockwell 경도기(B scale)를 이용하여 측정하였고, 전기전도도는 %IACS의 단위로 측정하였다. 아크 시험용 전극은 그림 1 (b)와 같이, 직류 아크 시험기에서 전극을 상, 하부 전극 홀더 내에 스프링을 장치하여 공압으로 상, 하부에 장착된 시편을 일정 거리를 이동, 접촉, 통전시켜 개폐시험을 하였다. 이때 직류 전원 (DC 70V-70A)을 12초 간격으로 단속적으로 개폐하여 전극의 내아크 특성을 조사하였다.

내아크 특성의 평가 방법으로 100, 200, 300회의 개폐 시험 후에, 전극의 무게 변화를 측정하였다.

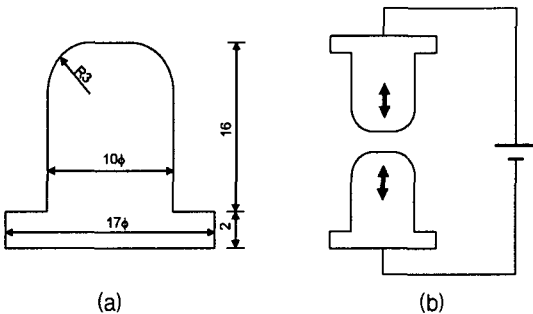


그림 1. 사용된 전극의 형상과 직류 아크시험기의 개략도

표 1. Cu-W 전극의 화학 조성표 (wt%)

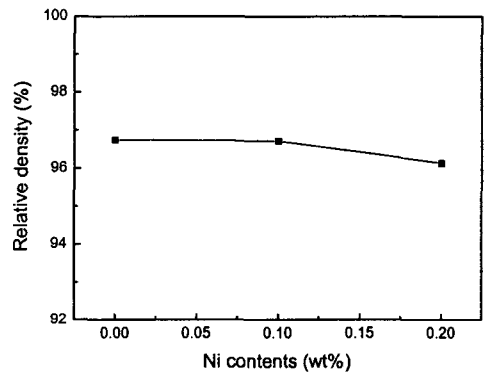
Specimen	W	Cu	Ni
1	80	20	0
2	80	19.9	0.1
3	80	19.2	0.2

사용된 전극의 조성은 표 1에 나타낸 바와 같이 20Cu-80W를 기본 조성으로 하고, 여기에 Ni 첨가 영향을 조사하기 위해, Ni를 0.2wt%까지 첨가하여 시편을 제조하였다. 제조 방법은 Cu와 W 분말을 균일하게 혼합하여 성형하고, 액상 소결법으로 Cu를 용침시켜 제조하였다. 소결 분위기는 환원성 분위기로 제어하였다.

## 3. 결과 및 고찰

그림 2에는 소결 후 제조된 전극의 상대 밀도를 측정된 것으로, Ni를 0.1wt% 첨가하면, 상대밀도는 첨가하지 않은 시편에 비해 큰 차이는 없지만, 0.2% 첨가한 시편은 밀도가 감소하였다. 전체적으로 96% 이상의 밀도를 가지고 있었고, 그 차이는 Ni 첨가에 의해 액상 소결성이 감소되기 때문으로 고려되어진다. 즉 제조된 전극의 상대밀도는 Ni 양이 증가함에 따라 감소하게 되고, 이것은 전극의 용침 공정에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

직류 70V-70A를 상, 하부에 장착된 전극에 12초 간격으로 개폐하여 아크에 대한 전극의 무게 변화를 그림 3에 나타내었다. 상, 하부에 장착된 전극이 100회의 개폐 시험에서는 무게 변화가 크게 나타나지 않았지만, 시험 횟수가 증가함에 따라 상부에 장착된 전극은 아크 열에 의해 순간적으로 용융된 Cu가 중력에 의해 하부 전극으로 이동하게 되어 무게가 감소하게 된다. 상대적으로 하부에 장착된 전극은 상부에서 떨어져 나온 Cu와 하부 전극에서 비산된 Cu가 재용착되어 무게가 증가하게 된다. 그래서 상부에 장착된 전극은 무게가 감소하게 되고, 하부 전극은 증가하게 된다. 개폐 횟수가 증가할수록, 무게 변화는 증가하게 되어, 300회가 되면 무게 변화는 현저한 차이를 나타내게 된다.



Ni 양이 증가할수록 아크에 의한 전극의 무게 변화는 크게 나타나는 것으로 조사되었다. 또한 Ni 첨가량이 증가할수록 경도는 감소하였고, 그 결과를 그림 4에 나타내었다. 아크 시험 전후를 비교하면 아크 시험 후의 전극 경도가 감소함을 알 수 있다. 아크 시험 후에 경도가 감소하는 이유는 아크열이 개폐시에 계속적으로 발생하기 때문에 전

극의 경도가 감소하는 것으로 생각된다. 또한 그림 5에 나타낸 바와 같이, Ni 첨가량이 증가할수록 전기전도도도 감소하였고, 아크 시험 후에는 그 감소 폭이 더 증가하였다.

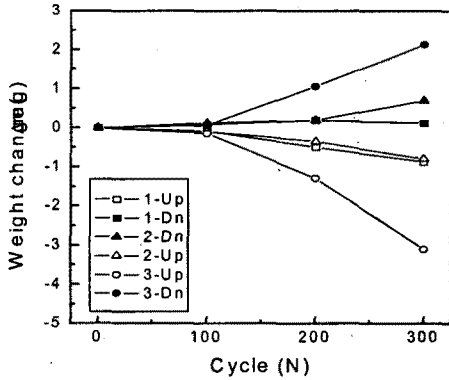


그림 3 아크 시험 전, 후의 전극 무게 변화

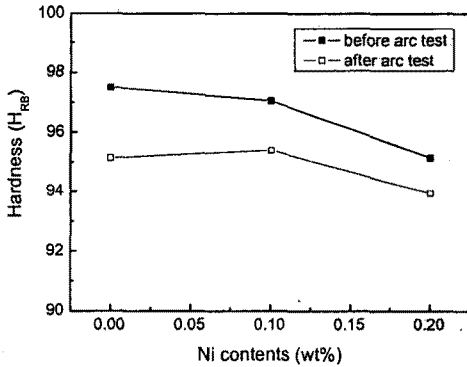


그림 4 Ni 첨가량과 아크 시험 전, 후의 경도변화

그림 6에 300회 아크 시험 후의 전극 표면 사진을 나타낸 것과 같이, 아크에 의해 표면이 심각하게 손상된 것을 알 수 있다. 상부 전극은 아크 열에 의해 전극 모재가 비산되어 표면이 많은 결함이 관찰되고, 반면에 하부 전극은 상부 전극에서 비산된 모재의 일부가 중력에 의해 표면에 재부착되어 표면이 거칠게 된 것을 알 수 있다.

그림 7은 300회 아크 시험 후, 전극의 단면을 관찰한 사진으로, 상부 전극에서 아크의 영향을 받은 표면은 Cu가 비산되어 void가 형성되어 있고, 하부 전극은 상부 전극에서 비산된 Cu가 표면에 덧

입혀져 있는 것을 알 수 있다. 또한 Ni 첨가량이 많을수록 아크 영향이 크게 나타났다.

이와 같이 아크 열에 의해 비산된 전극의 표면에 결합이 발생하게 되어 아크 시험 후에 경도와 도전율이 감소함을 알 수 있다.

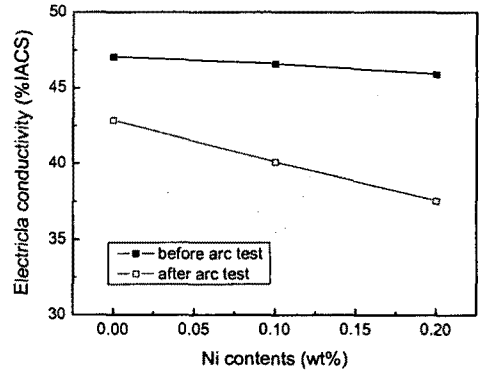


그림 5 Ni 첨가량과 아크 시험 전, 후의 전극의 전기 전도도 변화

#### 4. 결론

차단기용 전극으로 사용되는 20Cu-80W 전극을 제조하고, Ni를 첨가하여 그 영향을 조사한 결과, 다음과 같은 결론을 얻었다. Ni 첨가량이 증가할수록 전극의 경도와 도전율은 감소하였다. 또한 300회의 직류 개폐 시험 후, Ni 첨가량이 증가할수록 전극의 무게 변화는 증가하였다. 아크 시험 후 경도와 도전율의 감소 폭이 증가하는 이유도, 아크 열에 의한 전극 표면에서 Cu의 비산에 의한 결합 때문이다. 이상의 직류 아크 시험을 통하여 실제 GIS용 Cu-W 전극의 특성을 직접적으로 평가하기는 어렵지만, 간단한 직류 시험을 통하여 추후 제조될 전극의 특성을 예상할 수 있을 것으로 생각된다. 추후 계속적인 연구를 통해 본 연구에서 조사된 직류 아크 시험 결과와 실제 GIS 차단 시험 결과를 비교할 예정이다.

#### 참고 문헌

- [1] Jose Marafona, Catherine Wykes, Int'l J. Machine Tools and Manufacture, 40 (2000), 153-164

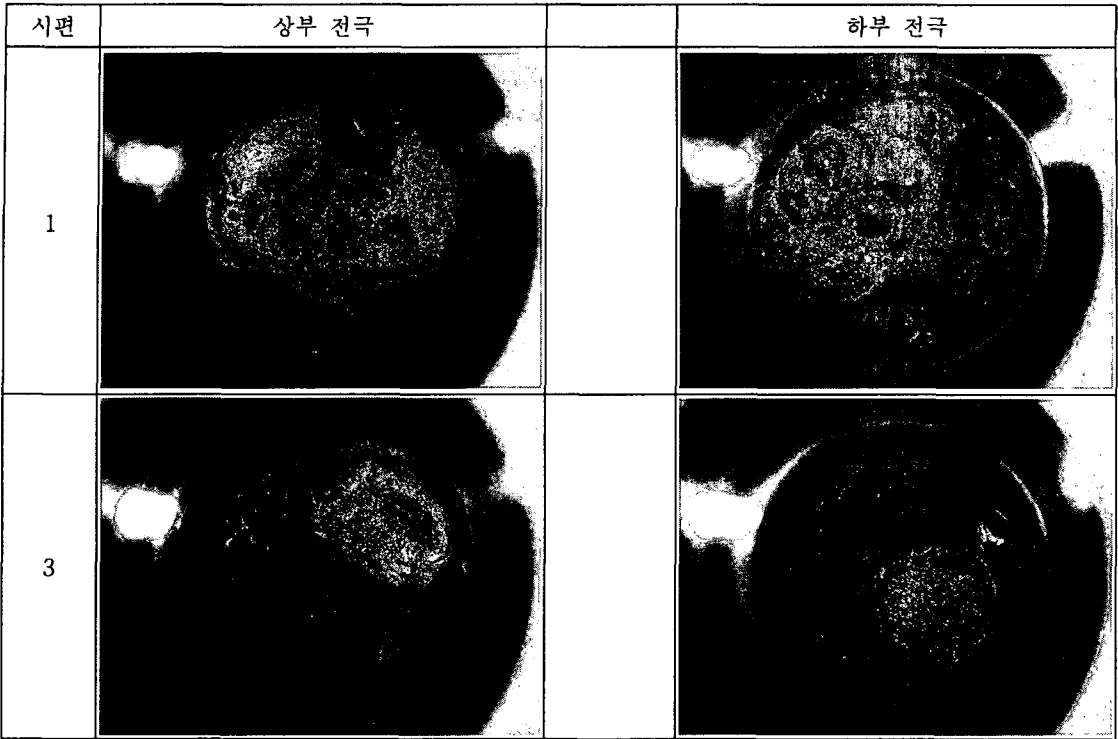


그림 6 300회 직류 아크 시험 후의 Cu-W 전극 표면 형상

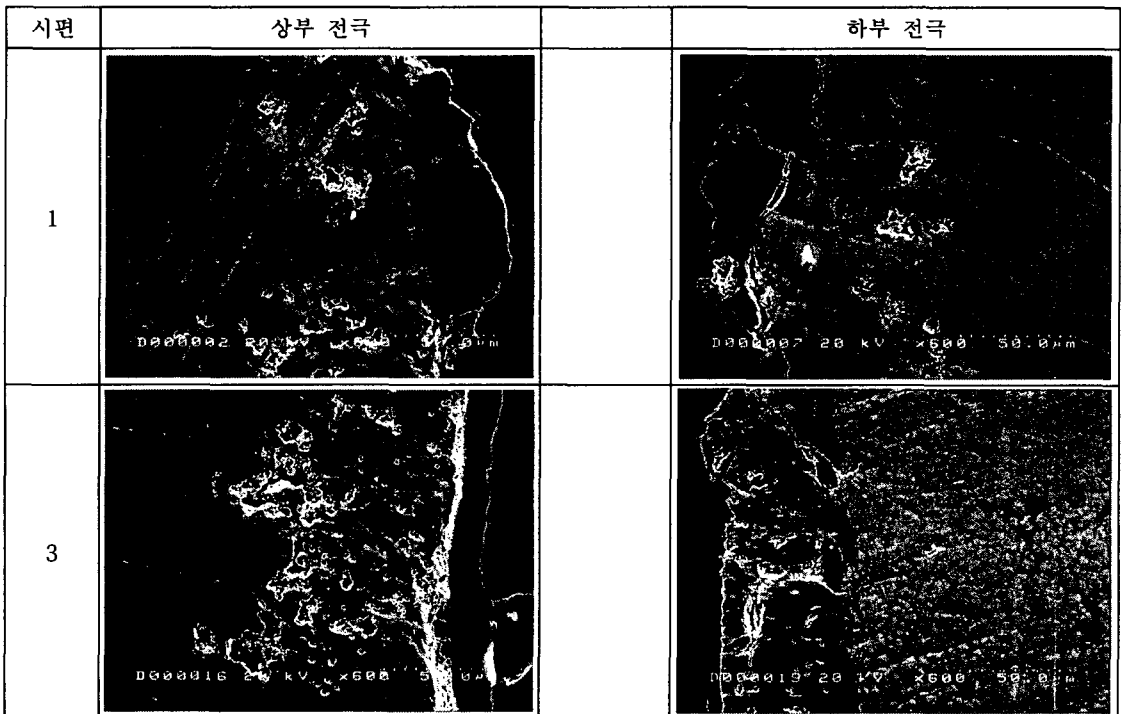


그림 7 300회 직류 아크 시험 후의 Cu-W 전극 단면 형상