

# 전기접점용 Ag-CdO합금의 물성에 미치는 Mm(misch metal)첨가의 영향

박수동, 이희웅, 김봉서, 김병걸, 송재영\*  
한국전기연구원, 신생금속공업(주)\*

## Effects of Mm(misch metal) Addition on The Property of Ag-CdO alloys for Electrical Contactor

Su-Dong Park, Hee-Woong Lee\*, Bong-Seo Kim, Byung-Geol Kim, Jae-Young Song\*  
KERI, Sinsaeng. Co\*

### Abstract

It is well known that Ag-CdO alloy for electrical contactor has been widely used in weak or middle electric current field. But it is necessary to decrease Cd contents without decrease of contactor property because Cd is harmful to human body. The present work has been carried out to investigate effects of Mm (misch metal) addition on the property of Ag-CdO alloy for electrical contactor. As the results of present works, hardness and strength was improved and arc resistance was improved, also, in spite of decrease Cd contents by the Mm addition. It was estimated that Ag-oxide particle was refined by Mm addition.

### 1. 서 론

전기접점은 전기기기의 회로의 개폐가 이루어지는 곳에서 회로의 개폐 시 전극 간에 발생하는 아크에 의해 생성된 고압, 고열의 환경 하에서 이상소모, 용착, 교락 등의 사고가 발생하는 것을 방지하며, 표면에 절연필름의 생성에 의한 통전 불량 등의 문제를 해결하기 위하여 사용하는 전극이다. 특히 전기회로상의 신경계통을 제어하는 전기접점은 급성장하고 있는 국내 자동차 산업뿐만 아니라 각종 전기분야에서의 안정적 회로구성을 위해 신뢰성 있는 물성이 안정적으로 동작되어야 한다.

접점은 그 사용 전류영역과 특성에 따라 여러 종류가 있으나 약전으로부터 중(重)전류 영역에 이르기까지의 넓은 범위에서 사용되는 가장 보편적인 접점이 Ag-CdO 접점[1-2]이다. 그러나 첨예한 환경문제의 대두로 인해 Ag-CdO 접점용 합금은 합금설계적으로 기존의 접점성능이 영향을 받지 않은 범위 내에서 Cd의 함유량을 감소시켜야 하

며, 각종 기기의 첨단화에 따른 보다 극한 조건에서의 안정적 동작을 만족시키기 위해 강도, 내아크 및 내용착성 등과 같은 접점물성을 크게 향상시킬 필요가 있다.

본 연구에서는 Ag-CdO합금의 강도, 경도 등의 기본 물성을 향상시켜 내아크, 내용착성 등의 접점성능을 향상[3-4]시키기 위해 Mm을 첨가하고 이것에 따른 물성변화를 조사함으로써 Ag-CdO 접점소재의 물성향상과 저 Cd화의 가능성을 함께 도모하고자 하였다.

### 2. 실험

#### 2.1 시료접점의 제조

시료접점의 제조를 위해 합금을 용해 주조하였다. 합금의 용해는 고주파 유도로를 이용해 용해하였고 용해량은 5kg이며 이때 주조된 billet의 크기는 78φ×250mm이다. 주조된 시료합금은 기존 합금원소의 효과와 첨가원소의 효과를 단계적으로 조사하기 위해 88wt%Ag-12wt%Cd이원계 합금을

기준으로 하여 여기에 Ni을 함유시킨 3원계 합금과 현재 상용화 하고 있는 Ag-Cd-Sn-Ni합금 및 Ag-low Cd-Sn-Ni합금과 이것에 미쉬메탈(misch metal: 이하 Mm)을 첨가한 합금을 포함한 총 7종의 Ag-CdO접점용 시료합금을 용해, 주조하였다.

표 1. 설계된 Ag-CdO합금과 화학조성

설계합금	화학조성(wt%)
Ag-Cd합금	88Ag-12Cd
Ag-Cd-Mm합금	88Ag-12Cd-0.1Mm
Ag-Cd-Ni합금	88Ag-12Cd-0.2Ni
Ag-Cd-Ni-Mm합금	88Ag-12Cd-0.2Ni-0.1Mm
Ag-Cd-Sn-Ni합금	84.7Ag-14.5Cd-0.6Sn-0.2Ni
Ag-Cd-Sn-Ni-Mm합금	84.7Ag-14.5Cd-0.6Sn-0.2Ni-0.1Mm
Ag-low Cd-Sn-Ni-Mm합금	85.5Ag-12.6Cd-1.7Sn-0.2Ni-0.1wt%Mm

주조된 합금과 그 화학적 조성은 표 1에 나타냈다.

주조된 billet는 압출 후 신선하였으며 신선된 선재는 산화효율을 좋게 하기 위해 1.5φ× 1.5~1.8mm정도로 절단한 후 산화처리 하였고, 산화조건은 430℃의 진공분위기하에 신선재를 장입한 후 산화온도 630℃에서 48시간 동안 산화처리 하였다.

## 2.2 기계적 물성 측정

본 연구에서 설계한 신접점용 합금의 경도 Micro-vickers경도기를 사용하였으며 측정하중은 200g이다. 또한, 제조된 시료합금의 강도는 Zwick사의 전선 전용 인장시험기(Zwick-Z030)을 이용하여 측정하였고 100mm규격의 strain gauge 내에서 파단된 시험편에 대하여 응력-변형률 곡선으로부터 자동화된 프로그램을 이용하여 인장강도를 측정하였다.

## 2.3 내아크 시험

내아크성은 본 연구를 위해 특별히 제조된 내아크 시험기를 이용하여 측정하였고 최대 10,000회를 시험하여 접점의 중량 변화량을 측정하였다. 이때 아크 시험조건은 전압은 20V, 전류량은 8A로 하였다.

# 3. 결과 및 고찰

## 3.1 Ag-Cd-X(Sn, Ni, Mm)합금의 기계적 특성

그림 1 은 산화처리 전 1차 신선한 시료합금 선재의 경도를 측정된 결과이다. 측정된 결과는 Ag-Cd-Ni에서만 Mm첨가에 의한 경도를 나타냈을 뿐 Ag-Cd이원합금이나 Ag-Cd-Sn-Ni합금에서는 Mm첨가에 의해 경도는 오히려 감소하였다. 이것은 앞서 보고된 조직 미세화 효과[5]와는 반대의 결과이다. 따라서 Ag-Cd-X(Sn, Mm)합금계에서의 경도는 결정립 크기에 크게 영향 받고 있지 않음을 알 수 있다. 그러나 이것은 일반적인 금속강도학적 현상과는 다른 현상으로 이것에 대해서는 보다 정밀한 조사 필요하다.

그림 2 는 산화 처리한 시료합금의 경도측정결과를 나타낸 것이다. Ag-Cd 2원 합금과 Ag-Cd-Ni 3원 합금에서 Mm첨가의 효과를 확인할 수 있다. 즉 Mm첨가에 의해 두 합금 공히 경도가 증가하였고 특히 Ag-Cd 2원 합금에서 Mm첨가에 의한 경도증가가 두드러져 Ag-Cd-Mm합금의 경도는 상용합금인 Ag-Cd-Sn-Ni 합금의 경도에 비해서도 높은 값을 보였다. 이와 같은 효과는 상용합금에 Mm을 첨가한 경우에도 더욱 분명히 나타나 상용합금에 Mm을 첨가한 Ag-Cd-Sn-Ni-Mm합금은 무첨가 합금에 비해 4%정도의 경도증가를 나타냈고 Cd의 양을 줄인 Ag-low Cd-Sn-Ni합금의 경우에는 상용합금에 비해 9%증가한 가장 높은 경도를 나타냈다.

그림 3 은 산화 처리한 Ag-Cd-X(Sn, Ni, Mm)합금의 인장강도 측정결과를 나타낸 것이다. 앞서 경도측정 결과에서와 같이 전체적으로 비교합금에 비해 Mm첨가합금의 경우가 더욱 높은 강도를 나타냈다. 특히 상용합금인 Ag-Cd-Sn-Ni합금에 Mm이 첨가된 경우가 가장 높은 강도를 나타내 Mm첨가에 의해 Ag-CdO점점이 고강도화 됨을 나타냈다. 상기와 같은 고강도화의 원인을 현재까지의 연구결과를 통해 분석하면, 산화전 1차 신선된 조직에서 관찰된 Mm첨가에 의한 조직의 미세화가 우선적으로 고려될 수 있다.

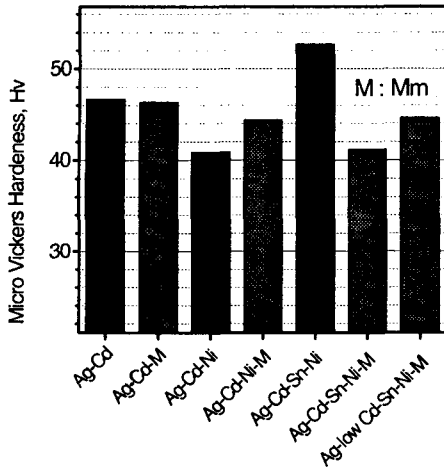


그림 1 산화 처리 전 1차 신선한 시료합금의 경도

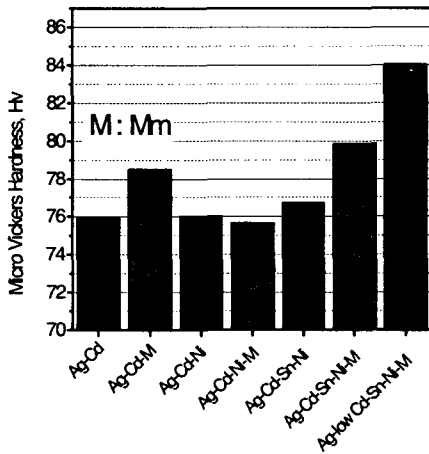


그림 2 산화 처리한 시료합금의 경도

그러나 앞서 보고된[5] 산화처리 전 조직 관찰 결과에서 Ni첨가에 의해 조직이 크게 미세화 되었음에도 산화처리 후의 경도와 강도는 증가하지 않았다. 또한, 상용합금 조성에서도 조직적으로 큰 변화를 보이지 않았던 Ag-Cd-Sn-Ni-M합금과 Ag-low Cd-Sn-Ni-M합금이 산화처리 후 경도와 강도가 증가한 것은 산화처리 전의 조직적 미세화가 Ag-CdO접점의 강도와 경도에 영향을 미치지 못함을 나타낸다. 따라서 M첨가에 의한 접점

의 경도와 강도증가가 산화처리 전에 나타나는 Mm첨가에 의한 조직적 미세화에 의한 것만으로는 생각할 수 없다. 일반적으로 금속재료에서의 강도는 조직적 미세화를 나타내는 결정립 크기와 함께 석출물의 크기와 균일성과 같은 석출특성에 크게 의존한다. 본 연구에서는 산화처리에 의해 생성되는 산화물의 석출특성에 의한 강도와 경도변화를 조사하기 위해 주사전자현미경을 이용해 산화물의 석출특성을 조사하였다.

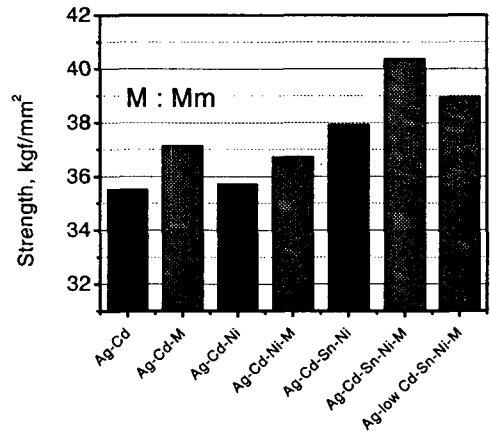


그림 3 산화 처리 한 시료합금의 인장강도

### 3.2 Ag-Cd-X(Sn, Ni, Mm)접점용 합금의 산화석출 특성

그림 4 은 산화처리한 후 신선공정을 끝낸 Ag-Cd-Ni-(Mm)합금과 Ag-(low)Cd-Sn-Ni-(Mm)합금의 주사전자현미경 조직을 나타낸 것이다. a)에 나타낸 Ag-Cd-Ni합금의 경우 1 $\mu$ m내외의 산화물 입자들이 입계 내에서 균일하게 석출되어 있음을 알 수 있다. 이것과 비교하여 Mm이 첨가된 경우, c)에는 a)에 비해 상대적으로 작은 산화물들이 관찰되었다. 또한 상용합금인 (c)의 경우는 1 $\mu$ m내외의 미세 석출물과 3 $\mu$ m이상의 조대 석출물이 공존하였다. 이것에 Mm을 첨가한 Ag-Cd-Sn-Ni-M합금, d)의 경우에는 앞서 Ag-Cd-Ni-(Mm)합금에서와 같이 Mm첨가에 의해 산화물들

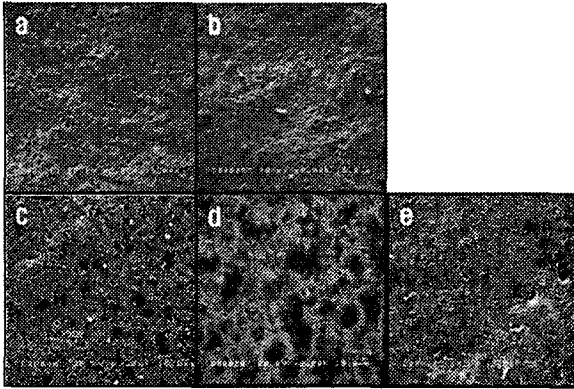


그림 4 산화 처리한 시료합금의 SEM조직사진  
 a: Ag-Cd-Ni 접점합금, b: Ag-Cd-Ni-Mm 접점합금  
 c: Ag-Cd-Sn-Ni 접점합금 d: Ag-Cd-Sn-Ni-Mm 접점합금  
 e: Ag-low Cd-Sn-Ni-M 접점합금

이 상용합금에 비해 상대적으로 작고 미세해졌으며 조대 석출물의 양도 크게 줄어 전체적으로 균일한 석출물 크기를 나타냈다. Ag-low Cd-Sn-Ni-M합금의 경우도 상용합금에 비해 상대적으로 미세한 산화물들이 관찰되었다. 이와 같은 결과로부터 Mm첨가에 따른 경도와 강도의 증가는 산화물의 미세화가 주원인으로 판단되었다

표 2 설계, 제조된 Ag-CdO접점의 10,000회 아크시험 후 무게변화

시료합금	초기 중량	10,000회 test 후의 중량	중량 변화량
Ag-Cd (상)	0.1615	0.1568	-0.0047
Ag-Cd (하)	0.1615	0.1636	0.0021
Ag-Cd-Mm (상)	0.1646	0.1607	-0.0039
Ag-Cd-Mm(하)	0.1645	0.1685	0.0040
Ag-Cd-Ni (상)	0.1660	0.1617	-0.0043
Ag-Cd-Ni (하)	0.1662	0.1700	0.0038
Ag-Cd-Ni-Mm (상)	0.1654	0.1616	-0.0038
Ag-Cd-Ni-Mm (하)	0.1659	0.1692	0.0033
Ag-Cd-Sn-Ni (상)	0.1678	0.1668	-0.0010
Ag-Cd-Sn-Ni (하)	0.1682	0.1691	0.0009
Ag-Cd-Sn-Ni-Mm (상)	0.1673	0.1666	-0.0007
Ag-Cd-Sn-Ni-Mm (하)	0.1673	0.1680	0.0007
Ag-low Cd-Sn-Ni-Mm (상)	0.1678	0.1672	-0.0006
Ag-low Cd-Sn-Ni-Mm (하)	0.1675	0.1680	0.0005

### 3.3 Ag-Cd-X(Sn, Ni, M)합금의 내아크 특성

표 2 는 1만회 아크시험 후 측정된 접점 상하부의 중량변화를 정밀히 측정하여 나타낸 것이다.

내아크 시험 후의 시료중량은 우수한 내아크성과 내용착성을 가질수록 그 변화가 작게 나타난다. 상부 표면의 중량 변화를 (-)로 나타낸 것은 아크 시험이 진행됨에 따라 접촉부에서 순간적으로 용융되고 표면으로 박리되어 상부의 중량이 감소하기 때문이다. 이것과 대응하여 하부에서는 일부 용융된 접점 상부가 접촉 중에 하부에 부착됨으로서 그 중량이 증가한다. 특히, 접점의 접촉에 따라 소모되는 상부의 중량 변화량은 내아크성과 내용착성의 중요한 평가기준이 된다.

측정 결과, 무첨가 합금의 경우, Ag-Cd이원계 합금과 Ag-Cd-Ni합금에 비해 상용합금인 Ag-Cd-Sn-Ni합금이 가장 작은 중량 변화를 보여 안정된 내아크성을 나타냈다. 이들의 합금에 Mm을 첨가한 경우에는 모든 합금에서 중량의 변화가 작아졌으며 이것으로부터 Mm첨가에 의해 내아크성과 내용착성이 향상되었음을 알 수 있다.

## 4. 결론

본 연구를 통해 도출한 연구결과는 다음과 같다.

1. Mm의 첨가에 의해 Ag-CdO접점합금에서의 산화 석출물은 미세화 되었다.
2. Mm첨가에 의해 산화처리 후 Ag-CdO접점합금의 경도와 강도가 향상되었다.
3. Mm첨가에 의해 내아크성과 내용착성이 향상되었고 이것은 Mm첨가에 의해 미세해진 산화석출물이 주원인으로 사료 된다.

## 참고 문헌

- [1] I. Morimoto, M. Sato & H. Hijikata, Research Rep. National Res. Inst. Metals.11, p.473, 1968.
- [2] H. Spengler, Metall., Vol. 10, p. 628, 1956
- [3] A. Shbata, Proc. 7 ICECP, Paris, p. 749, 1974.
- [4] D. N. Lee, J. Korea Inst. Metals, Vol. 14, No. 1, p. 20, 1976.
- [5] H. W. Lee, Research Rep. Keri, p. 11, 2003.