

저surge 진공 차단기용 Se 전극 제조

김봉서*, 우병철, 변우봉, 이희웅
한국전기연구소 전기재료연구부 도전재료연구팀

Se Electrode for Low Surge Vacuum Circuit Breaker

Kim Bong-Seo*, Woo Byung-Chul, Byun Woo-Bong, Lee Hee-Woong
Korea Electrotechnology Research Institute

Abstract

As electrode materials like as Cu-Pb, Cu-Bi, WC-Ag, W-Ag for vacuum circuit breaker have high chopping current or bad insulation-recovery characteristics, it can affect induction machinery like as transformer and motor. To produce low surge electrode material, it have been suggested Co-Ag-Se electrode which were infiltrated with Ag-Se intermetallic compound into sintered Co matrix.

In this study, we would like to represent that production method and microstructure of Co-Ag-Se electrode material. The microstructure and characteristics of Ag-Se intermetallic compound and Co-(Ag-Se) electrode were investigated by using SEM, XRD, EPMA.

1. 서 론

전력 계통에서 사용되고 있는 진공 차단기(VCB)는 소형 고성능이며, 보수와 점검이 용이하고, 무공해 등 여러 가지 많은 장점을 가지고 있다. 그러나 진공 중에서는 아크의 소호성이 강하고, 절연의 회복이 빠르고, 특히 소전류를 차단하는 경우에 있어서는 전극사이의 입자 밀도가 진공 중으로의 확산에 의해 급속히 감소하기 때문에, 아크를 안정하게 유지할 수 없게 되어 전류가 영점으로 향하기 전에 강제적으로 차단되는 전류재단현상이 일어나게 된다. 이와 같은 급격한 전류의 변화는 변압기나 모터와 같은 유도성 기기에 악영향을 미치고 절연파괴가 일어날 위험이 있다. 유도성 기기에 대한 악영향을 줄이기 위해 써지 감쇄기(surge absorber)가 콘덴서 등에 병용되고 있지만, 써지 감쇄기 부착공간의 불필요와 신뢰성 향상의 측면으로부터 써지 감쇄기가 필요하지 않는 저써지 진공 차단기가 요구되고 있다.

진공차단기용 전극재료로 사용되고 있는 재료로는 Cu-Bi, Cu-Pb계와 W-Ag, WC-Ag계가 있다. 기존의 전극들은 재료에 따라 재단전류가 증가하거나 절연회복성이 나쁘고, 대용량화에 어려움이 있기때문에 재단전류가 작고, 차단성능이 우수하면서 대전류차단이 우수한 성능을 가지고 있는 재료가 요구되고 있다.

본 발표에서는, 고융점 금속인 Co skeleton에 저융점 금속인 Ag-Se합금을 용침시켜 진공차단기용 전극으로 제조하였다. 이와 같이 제조된 재료의 제조 방법 및 금속 조직학적인 측면에서의 기초 특성을 검토하였다.

II. 실험 방법

평균 입경이 50 μ m인 고순도 Co분말을 graphite 도가니에서 가압하지 않은 상태로 tap충진하여 H₂ 분위기에서 900 $^{\circ}$ C~1050 $^{\circ}$ C의 범위에서 2시간 동안 소결하여 Co skeleton을 제조하였다. 이와 같이 제조된 Co skeleton의 소결온도에 따른 skeleton의 충진율을 조사하기 위해 밀도를 측정하였고, 또한 900 $^{\circ}$ C에서 소결한 Co skeleton을 여러 압력으로 가압(0.3~2.5ton/cm²)하여 제조된 skeleton의 밀도를 측정하였다. 이와 같이 여러 압력 범위에서 Co skeleton을 가압한 것은 skeleton 밀도에 따라 용침되는 Ag-Se합금의 양이 달라지고 이 합금의 양에 의해 재료적인 특성이 달라질 뿐만 아니라, 추후 진행될 전기적 특성에도 큰 영향을 미쳐 여러 특성들이 변화되기 때문이다.

Ag-Se합금을 Co skeleton에 용침하기 위해 흑연 도가니를 사용하여 H₂ 분위기로 1000 $^{\circ}$ C에서 1시간 동안 유지하면서 용침시켰다.

각 단계별로 제조된 시편의 조직관찰을 위해 주사전자현미경(SEM)을 사용하였고, 용해된 Ag-Se합금과 Co-(Ag-Se) 전극재료의 제조시 생성된 상(phase)의 분석을 위해 X-선 회절기(XRD)를 이용하였다. 또한 용해된 Ag-Se합금의 성분 분석을 위해 EDS(Energy Dispersive X-ray Spectrometer)를 이용하였다. 그림 1에 Co-(Ag-Se) 전극 제조방법의 개략

도를 나타내었다.

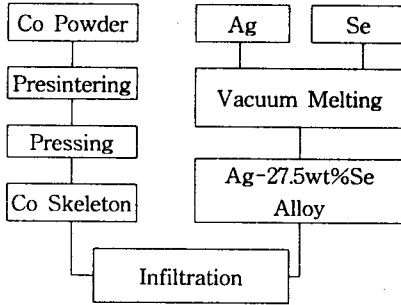


Fig. 1 Schematic diagram of the impregnation process.

III. 결과 및 토의

그림 2는 H₂ 분위기에서 900℃, 2시간 동안 소결한 Co skelton의 형상을 나타낸 것으로, tap상태로 흑연도가니에 충전하여 소결하였기 때문에 가압, 성형으로 일어나는 분말의 소성변형은 관찰되지 않았으며, 소결에 의한 입자사이의 반응에 의해 입자간의 결합력이 강하지 않았다. 또한 입자의 형상은 구형이 아니라 약 10~15μm정도의 작은 입자가 결합되어 있는 것과 같은 상태로 되어 있음을 알 수 있었다.

소결온도에 따른 skeleton의 소결상태를 조사하기 위해 소결온도를 900℃, 950℃, 1000℃, 1050℃에서 소결하여 밀도를 측정하였으며, 이 결과를 그림 3(a)에 나타내었다. 50μm정도의 입도를 사용하는 경우, 입도가 매우 크기 때문에 기공율의 조절이 어려워지게 되어 용침재료의 양을 정확히 조절하기가 힘들게 된다. 용침되는 재료의 양을 조절하기 위해 900℃에서 소결 후 0.3, 0.6, 1.0, 1.3, 1.6, 2.0, 2.5ton/cm²의 압력으로 가압하여 밀도를 측정한 결과를 그림 3(b)에 나타내었다. 소결온도가 증가함에 따라 Co skeleton의 밀도도 증가하지만, 그 증가의 양은 크지 않은 것으로 나타났다. 900℃에서 소결한 경우에는 밀도가 약 50% 정도였고, 1050℃인 경우에는 53%로 소결온도를 증가시키므로써 밀도의 증가는 크지 않았다. 소결 후 가압에 의한 밀도의 증가는 1ton/cm²에서는 58.4%였고, 2.5ton/cm²에서는 약 64%의 밀도를 나타내어 소결온도를 변화시키는 것 보다 소결 후 가압하는 것이 효과적으로 밀도를 증가시킬 수 있었다.

Co skeleton에 용침시킬 Ag-Se합금의 용해는 진공 중에서 고주파 유도로를 사용하였으며, Ag와 Se의 비중 차이에 의한 편석과 Se의 산화를 방지하였다. 900℃에서 소결한 Co skeleton을 여러 압력에서 가압하여 Co skeleton의 밀도를 증가시킨 시편에 1000℃의 수소분위기에서 1시간 동안 Ag-Se를 용침시켜 Co-(Ag-Se)전극을 제조하였다.

그림 4에는 소결 후 0.3ton/cm²로 가압한 시편의 SEM 조직사진을 나타내었다. 검게 나타난 부분이 Co



Fig. 2 SEM micrograph of Co skeleton sintered at 900℃, 2hr, H₂ atmosphere

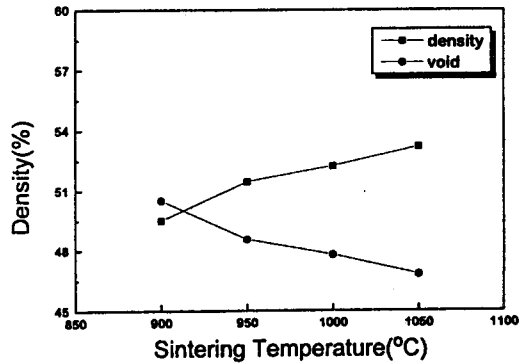


Fig. 3(a) Relationship of density and sintering temperature

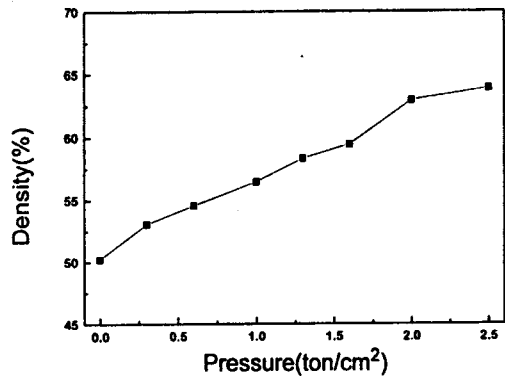


Fig. 3(b) Relationship of density and repressing after sintering

skeleton이고, 밝은 부분이 Ag-Se 영역으로서, Co에 Ag-Se합금의 용침상태는 양호한 것을 알 수 있다. 그림 5에서는 용침된 Co-(Ag-Se) 합금의 line profile과 dot mapping을 나타낸 것으로 검은 부분이 Co skeleton이고 흰 부분이 Ag-Se 금속간 화합물임을 알 수 있고 XRD를 이용한 상(phase) 분석 결과(그림 6)을 통하여 확인하였다. 함침된 재료는 Co를 matrix로 하고, Ag-Se합금이 Ag₂Se의 형태로 존재하기 때문에

Co, Ag, Ag₂Se의 3종류의 혼상으로 구성되어 있음을 알 수 있고, 공공 등의 결합은 거의 존재하지 않는다. 그러나 Co skeleton과 용침재 사이에서는 결합이 많지 않으나 skeleton으로 사용된 Co 분말 입자의 초기 상태가 그림 2와 같이 작은 입자가 결합되어 있기 때문에 이 부분에서 작은 결합을 발견할 수 있었다. 이와 같은 문제는 원재료의 선택시 구형의 분말을 사용하면 해결할 수 있을 것으로 생각된다. 또 Co 분말 입자의 형상은 초기의 상태보다 많이 변형되어 있음을 알 수 있고 이것은 가압에 의한 기계적 변형과 Ag-Se용탕에서의 소량 침식에 의한 것으로 생각된다. 또한 Ag-Se부분은 Ag 정출부분이 존재하고, Se는 단체로서는 존재하지 않는다.

또한 그림 6에서는 소결후 가압할 경우 압력의 차이에 따른 Co-(Ag-Se)합금의 XRD peak를 나타낸 것으로 압력이 증가할수록 Co skeleton 사이의 간격이 조밀하고 입자 사이에 용침되어 있는 Ag-Se합금의 양도 적어지게 되어 Co의 피크가 증가하게 되고 Ag-Se 피크의 강도는 감소하게 된다.

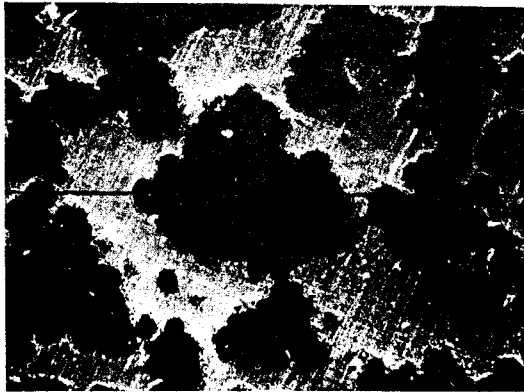


Fig. 4 SEM micrograph of Co-(Ag-Se)

IV. 결 론

Co skeleton에 Ag-Se합금을 용침하여, 진공차단기용 Co-(Ag-Se)전극을 제조하여 전극의 재료적 측면에서의 기초적인 특성을 조사한 결과 다음과 같았다.

- (1) Co 분말을 skeleton으로 사용하여 소결하는 경우 소결온도와 소결후 가압에 의해 Co skeleton의 밀도를 변화시킬 수 있고, 소결온도보다 가압을 하는 것이 밀도 향상에 효과적이다.
- (2) Ag-10wt%Se합금을 진공 고주파 용해하면 Ag와 Se화합물은 Ag₂Se의 금속간화합물 존재하고, 단체 Se는 존재하지 않는다.
- (3) Co skeleton에 Ag-Se합금의 용침성은 우수하고, 용침된 재료는 Co를 matrix로 하고, Ag 및 Ag₂Se의 3상이 존재한다.

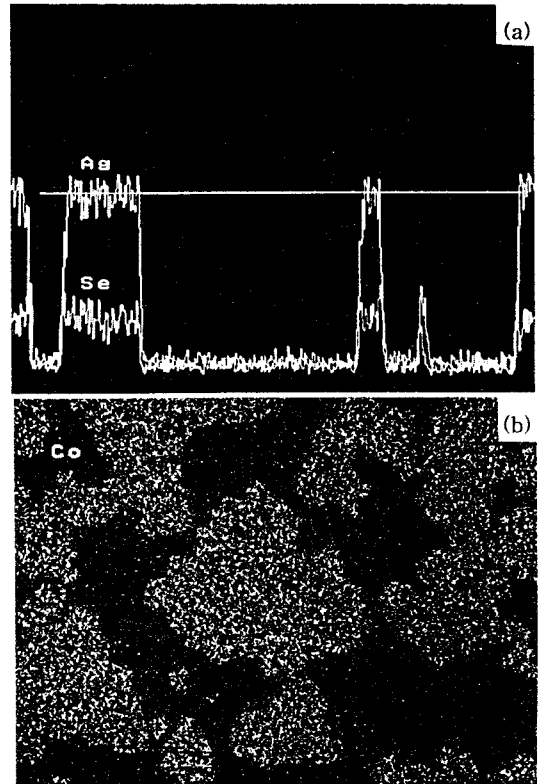


Fig. 5 Microanalysis of Co-(Ag-Se)

(a) Line profile (b) Dot mapping

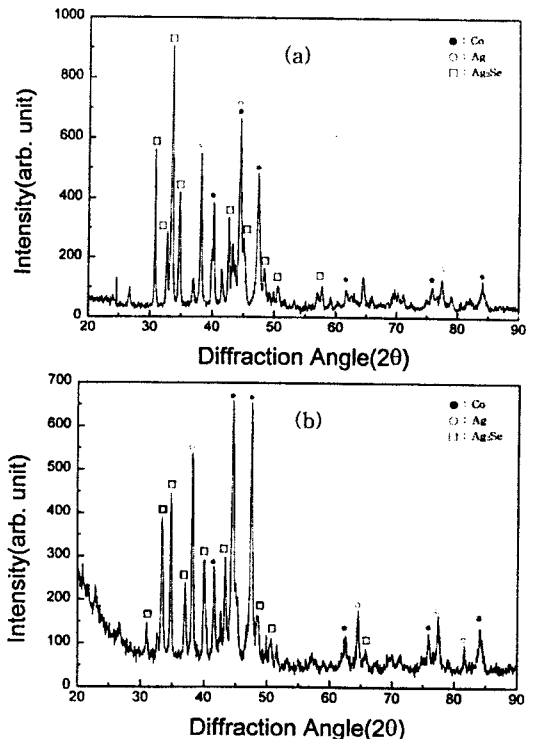


Fig. 6 XRD patterns of Co-(Ag-Se) alloy

(a) 1.3ton/cm² (b) 2.0ton/cm²