

W/WC계 접점의 전기적 특성에 미치는 첨가물의 영향

Effect of additives on the electrical properties of W/WC contacts

신 대 승 이 희 응 변 우 봉 한 세 원*

한 국 전 기 연 구 소

Shin Dae-Seung Lee Hee-Woong Byun Woo-Bong Han Se-Won*

KERI

ABSTRACT

W/WC - Cu/Ag contacts of 60wt% - 40wt% base and contacts with additives(Ni, Co, C) of 1wt% below were prepared by a press-sinter-infiltrate process to compare with their physical properties and arc erosion characteristics. In physical properties, electrical conductivity of contacts with additive is lower than that of base contacts but hardness is higher. The results of arc test show that the erosion rate of contact with 0.1wt%Ni is decreased.

I. 서론

중부하용 circuit breaker에 사용되는 전기접점은 주로 분말야금법(powder metallurgy)으로 제조되며 높은 전기 전도율을 갖는 재료(Cu, Ag)와 내열성 재료(W, WC, Mo)를 조합하여 만들어 진다. 이 혼합물은 arc 마모에 대한 저항성과 전기전도성을 만족시키는 최선의 방법으로 알려져 있다.¹⁾

일반적으로 많이 사용되는 접점은 W/WC - Cu/Ag계로 그 특성은 metallurgy에 따른 미세구조에 의해 달라진다고 알려져 있다. 이것은 입자의 크기, 모양 그리고 제조공정에 따른 조건등이 주요안으로 작용한다. 최근 Ni, Co 등 첨가물을 섞은 접점에서 구조의 치밀화로 인한 arc 저항성이 우수하다는 연구 보고가 제시되면서 이에 대한 관심이 고조되고 있다. 그러나 밀도, 경도 등 조직과 관계된 금속학적인 특성연구가 주류를 이루고 실질적인 회로조건에서 얻을 수 있는 첨가물의 영향에 대한 연구는 부족한 형편이다.

본 연구에서는 중부하용으로 널리 사용되는 40wt% Cu/Ag - 60wt% W/WC 접점을 기본조성으로 하고 첨가물로 Ni, Co 및 C 등을 1wt%이하 첨가한 접점을 제조하여 물리적 특성과 전기 arc 특성에 미치는 영향을 비교 조사하였다.

II. 실험 방법

실험에 사용된 접점은 60wt% W/WC - 40wt% Cu/Ag를 기본조성으로 하여 첨가물로 Ni, Co 및 C등을 1wt% 이하 미량 첨가하여 분말야금법중 P.S.I(press-sintering-infiltration)로 제조 하였다.

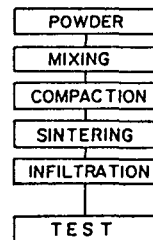


Fig. 1. 제조 공정표

Table 1은 제조에 관계된 조건을 요약한 것으로 이는 최적 제조공정을 추적하여 얻어진 결과를 따른 것이다.

Table 1. 제조 조건

powder	W, WC(4-6 μ m), Ag(17 μ m), Cu(44 μ m), Ni, Co(15-20 μ m)
mixing	ball mill 200 rpm, 2hr
green compaction	400 MPa
sintering	액압후 1250 °C, 2hr
infiltration	액압후 1150 °C, 90min

물리적 특성을 조사하기 위해 상대밀도, 경도(RBS), 도전율(%IACS), 및 비저항을 측정하여 비교하였으며 접촉저항 시험은 ASTM-B667에 따라 준비하였다. ARC 마모 시험은 저전류영역(30 - 100A)과 대전류영역(500A, 1000A)으로 나누어 시험하였다. 저전류 시험 정격은 AC 220V P-F 1.0(시편크기 ; h13 x 113 mm, R=7mm)이었으며 대전류 시험은 KERI의 단락발전 설비(Fig. 2)를 이용하여 A 600V, 15 - 17 cycle/number씩 필요 횟수 만큼 인가하여 실시하였으며 시편크기는 h15 x 115 mm, R=7.5mm 이었다. 접점의 미세조직과 arc 시험 전후의 표면상태 변화는 광학현미경과 SEM을 이용하여 조사하였다.

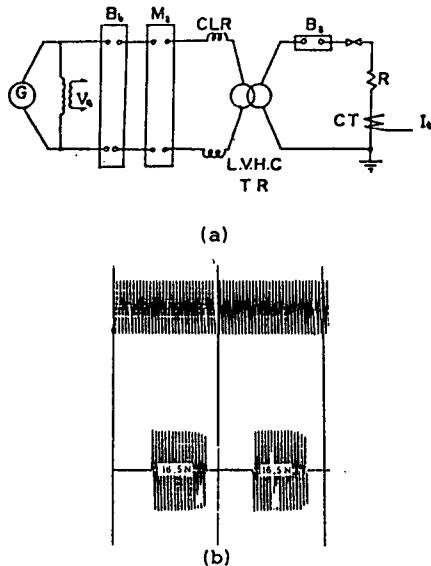


Fig. 2. (a) arc 마모시험회로도 (b) 인가파형

III. 실험결과 및 고찰

Table 2는 제조된 접점의 기본물리적 성질을 측정된 결과를 WC계와 W계 그리고 첨가물의 조성차에 따라 도전율과 경도에서 차이를 나타낸다. 일반적인 경향으로 Ni이나 Co의 첨가는 경도와 밀도를 향상시키지만 도전율의 저하를 가져왔다.

Table 2. 시험접점의 물리특성치

성분 (wt %)	상대밀도 (%)	% IACS	경도(HRB)	비고
60W-Ag	98 ± 0.5	58-60	82-86	W의 조성(wt%) 60 ± 3
60W-Ag-0.1Ni		58-60	83-87	
60W-Ag-0.5Ni		55-57	84-89	
60W-Ag-0.1C		57-59	83-87	
60WC-Ag	98 ± 0.5	41-44	92-95	WC 조성(wt%) 60 ± 2
60WC-Ag-0.1Ni		36-39	98-101	
60WC-Ag-0.5Ni		28-32	99-102	
60WC-Ag-0.1C		40-41	84-88	

투입 차단시 회로상태에 영향을 미치는 접촉저항은 낮은 접촉력이 유지되는 순간에 크게 증가하며 static 상태에서 접촉저항의 변화는 주로 고유의 비저항이나 경도등의 물리적 성질에 의해 결정되어진다. Fig. 3은 접촉력에 따른 접촉저항의 변화로 첨가물의 영향을 보여준다.

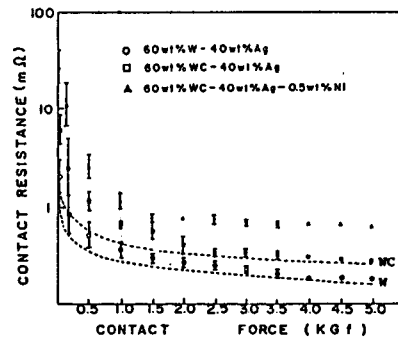


Fig. 3. 접촉력에 따른 접촉저항의 변화

첨가물의 영향은 arc 마모시험에서 뚜렷히 구별되어진다. arc 마모의 주원인은 전력에너지에 의한 고열이 접점면에서 matrix를 이루는 재료를 증발시켜 발생하므로 Ni이나 Co의 첨가가 조직의 치밀화를 가져오므로 arc환경에

대한 저항성을 갖게 된다.

Fig. 4와 5는 저전류(60A) arc 시험에서 0.1Ni 첨가 접점이 적은 마모량을 나타내며 대전류(1000A) 시험에서도 마모량이 대체로 적고 안정된 경향을 나타내었다.

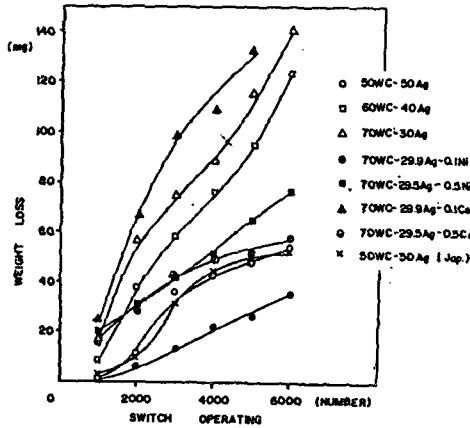


Fig. 4. arc 마모량 비교(30A)

특히 저전류의 경우 접촉저항과 밀접한 관계를 가지며, 대전류 arc에서는 금속증발을 억제하도록 재소결 현상이 일어나는 것으로 보인다. 하지만 첨가량이 0.5wt% 이상

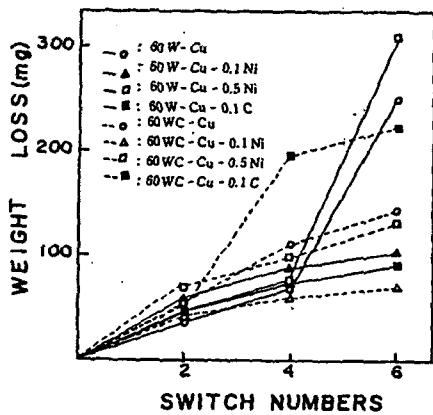


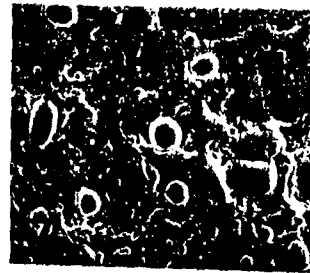
Fig. 5. arc 마모량 비교(1000A)

3) 되는 경우 Ni이나 Co에서 모두 마모량이 증가하여 접점에 나쁜 영향을 주었다.

Fig. 6은 대전류 arc 시험후에 나타난 표면 모양으로 capillary에 의한 ripple형성과 이탈 억제 현상을 보여 준다.



(a)



(b)

Fig. 6. (a) 표면의 Ripple 형성(60W-Cu-0.1Ni)

(b) 표면의 bubble 형성(60W-Cu-0.1Ni)

IV. 결론

이상의 실험결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. W계나 WC계 모두에서 Ni과 Co가 혼합되면 밀도와 경도는 증가하지만 도전율은 떨어졌다.
2. 첨가물의 영향으로 혼합량이 0.1wt%까지는 내마모성 향상에 기여하지만 그이상 첨가시 마모량이 크게 증가하였다.
3. Co나 C보다 Ni이 첨가되는 경우 내마모성이 향상되었으며 그이유로는 소결시 얻어지는 미세조직의 치밀화와 arc 열에 의한 증발을 억제하는 재소결 현상이 유리하게 작용하는 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Wilson., Trans A.I.E.E., Vol.74, P657, 1955
2. G.J.Witter, W.R.Warke, IEEE Trans., PHP-11, P211, 1975
3. P.G.Slade, et al., J.Appl.Phys., Vol.47, No.8, P3438, 1976