

W/Cu 접점과 WC/Cu 접점의 전기적특성과 비교

Electrical properties and a comparison of W/Cu and WC/Cu contacts

이희웅 변우봉 한세원*
 한국전기연구소 전기재료연구부 도전·자성재료연구소

Lee Hee-Woong Pyun Woo-Pong Han Se-Won*
 Electrical Materials Division., KERI

Four W/Cu system(60wt%W-40wt%Cu, -0.1wt%Ni, -0.5wt%Ni, -0.1wt%C) and four WC/Cu system(60wt%WC-40wt%Cu, -0.1wt%Ni, -0.5wt%Ni, 0.1wt%C) electrical contacts were prepared by a press-sinter-infiltration process to compare with their properties.

Hardness and electrical conductivity are proportional to the refractory metal(W or WC) properties and showed the effect of additives . Arc erosion trend of switch test is changed by current level. High current test at 1kA showed a different crack formation pattern and erosion mode between W/Cu system and WC/Cu system contacts.

I. 서론

전기접점(Electrical Contact)은 switching시 arc 가 직접 발생하는 부분으로 플라즈마의 고열과열충격에 용착이나 큰마모없이 견디어야 하며 투입후 규정된 전력을 지속적으로 보내야하는 책무를 감당해야 한다. 따라서 접점은 일반 도전재료(Cu, Ag등)만으로는 그 임무를 수행할수없어 경화성재료(W, Cu, Mo등)와 합금으로 제조하여 사용되어 왔다. 분말야금법(Powder Metallurgy)은 이를위한 최적방법으로 이용되고 있다. (1) 접점의특성(Fig 1)을 결정하는 요인은 분말종류, 순도, 혼합, 성형, 소결, 용침, 열처리, 가공 등 관계된 변수가 많아 재현성있는 연구에 어려움이 많다. 또한 최종제품의 특성평가방법에 대한 standard가 부족하여 많은연구가 제시되고 있는 실정이다. (2) 주로 arc 현상에따른 마모특성, 용착성 그리고 접촉저항시험으로 비교되는데 보다 실질적인 접근을 위해서는 실제 model에 맞는 실증시험이 요구된다.

본연구에서는 전류차단시 가장 유리한 조성으로 알려진 40wt% 도전재료(Cu)에 60wt% 경화성재료(W과 WC)로된 접점과 첨가물로 Ni과 C을 1.0wt%이하 첨가한

접점을 분말야금법으로 제조하여 실험하였다. 제조된 접점은 우선 기본물리량을 조사하였고 특성비교방법으로 접촉저항 시험과 arc 마모시험을 실시한 후 그 상태를 비교 분석하였다.

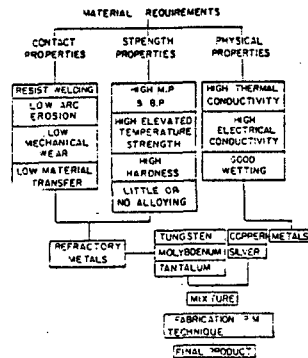


Fig 1. 전기접점으로 필요한 특성 분류

II. 실험방법

연구에 사용된 접점은 60wt%W-40wt%Cu, -0.1Ni, -0.5Ni, -0.1C의 4종류와 60wt%WC-40wt%Cu, -0.1Ni,

-0.5Ni, -0.1C의 4종류 모두 8종류를 분말야금법중 P.S.I(Press-Sintering-Infiltration Fig 2) 방법으로 제조하였다.

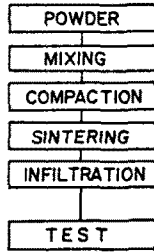


Fig 2. 점접제조 공정표

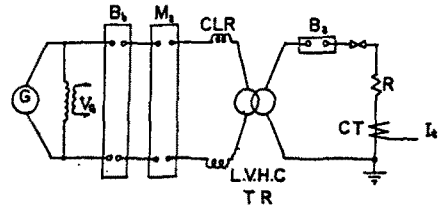
Table 1은 제조에 관계된 조건을 나타낸것으로 이는 지난 연구에서 최적조건으로 얻어진 결과를 따른것이다.

Table 1. 제조 관련 조건

Powders	Cu44 μ m, WC6 μ m, W5 μ m
mixing	ball mill 200 rpm 2hrs
green compaction	4ton/cm ²
sintering	에열후 1250 °C 2hrs
infiltration	에열후 1150 °C 90min

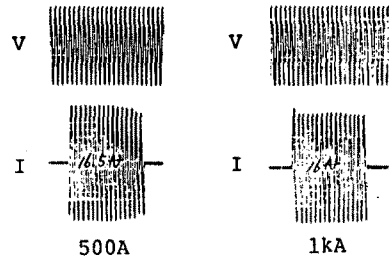
경도는 Rockwell B scale로, 도전율은 %IACS로 나타내는 conductivity meter로 측정하였다. 접촉저항시험 set 는 ASTM B667-80에 따라 준비하였다.

Arc 마모시험은 저전류(30A)영역과 대전류(500A, 1000A)영역으로 나누어 시험하였다. 저전류 시험성적 전원은 AC1 ϕ 229V 30A, PF1.0 (사용시편 h13x ϕ 13mm, R=7mm)이었으며 대전류시험은 KERI의 단락발전설비(Fig 3 (a))를 이용하여 (b)와같은 정격에서 1회당 15-17cycle씩 요구횟수만큼 인가하여 실시하였는데 이때 사용접점은 h15x ϕ 15mm, R=7.5mm 이었다.



G : Direct circuit generator
 W₁ : Generator voltage (Oscillogram No 1 기형)
 B₁ : Back-up breaker
 M₁ : Holding switch
 CLR : Current limiting reactor
 L.V.H.C. TR : low voltage high current transformer
 B₂ : Auxiliary circuit breaker
 R : Series resistor
 CT : Current transformer
 I : Test Current (Oscillogram No 2 기형)

(a)



(b)

Fig 3. 대전류 arc 마모시험회로도(a) 인가파형(b)

미세조직검사와 arc시험후 표면상태비교는 S.E.M 사진으로 조사하였다.

III. 실험결과 및 고찰

Table 2는 시험에 사용된 점접의 기본 특성치를 나타낸 것이다. 이값은 전기점접용으로 매우 우수한 수준이다.

Table 2. 시험점접의 기본 물리특성치

순서 NO	조 성(wt%)	상대밀도(%)	도전율(%IACS)	경도(HRB)
1	60Ni-40Cu	97.6	41.5	95
2	60Ni-40Cu-0.1Ni	97.5	39.5	97
3	60Ni-40Cu-0.5Ni	98.4	29.0	97
4	60Ni-40Cu-0.1C	97.8	40.0	95
5	60Ni-40Cu	97.9	55.0	86
6	60Ni-40Cu-0.1Ni	98.1	50.0	86
7	60Ni-40Cu-0.5Ni	98.5	38.0	84
8	60Ni-40Cu-0.1C	98.1	51.0	87

일반적인 경향으로 동일조성에서 W계는 도전율이 크지만 경도는 WC계가 크게 나타났다. 첨가물의 영향은 두계 모두 비슷한 경향을 보였다.

접점의 전류수송능력을 결정하는 요인으로 작용하는 접촉 저항은 실제통전이 주로 point asprity에 따른 집중저항으로 이루어진다. (3) Fig 4에 나타난 접촉력에 따른 접촉저항의 변화에서 W과 WC계 접점의 차를 알 수 있다.

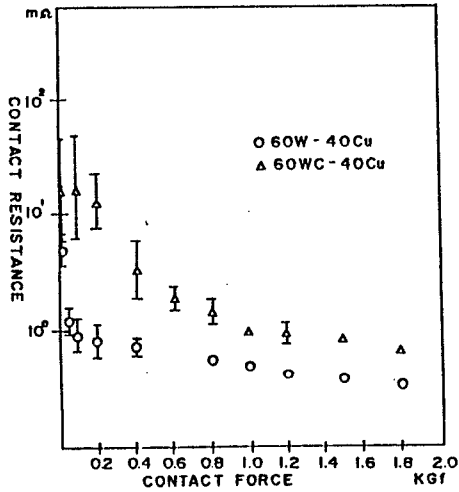


Fig 4. 접촉력에 따른 접촉저항의 변화

Fig 5는 각접점의 arc마모를 비교한 것이다. arc 마모의 주요인은 전력에너지에 의한 고열이 표면의 도전재료를 vaporization 하면서 발생하는 것으로 알려져 있다.

Switching 횟수에 따른 온도상승변화상태(Fig 6)에서 마모량이 적은 0.1Ni 접점은 상승온도도 낮으며 변화폭이 적은 반면 0.5Ni 접점은 상승온도도 높고 그 변화폭이 크게 나타나는데 이는 접촉저항과 깊은 관계를 갖고있는 것으로 생각된다. (4)

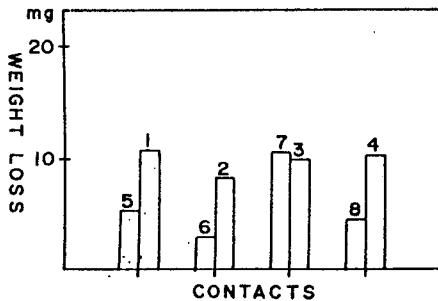


Fig 5. 접점들의 arc 마모비교(30A)

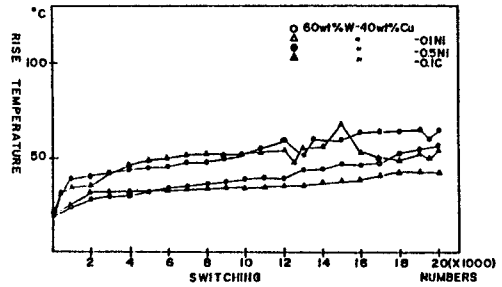


Fig 6. Switching에 따른 온도상승곡선

대전류 arc 마모시험(Fig 7)에서는 저전류예비해 마모비가 크고 첨가물효과가 뚜렷하였다. 표면상태에는 열충격에 의한 crack(Fig 8)과 내부까지 기공이 발생하였다.

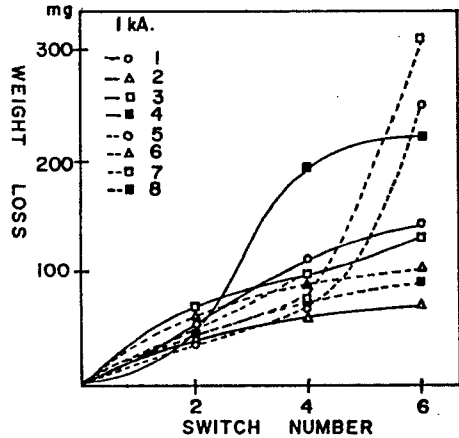


Fig 7. 대전류(1kA) arc 마모특성

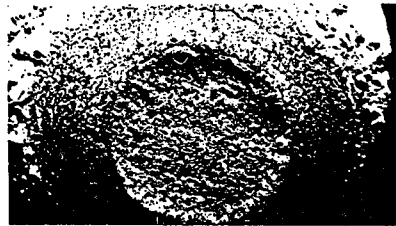


Fig 8. 열충격에 의한 crack

REFERENCES

1. Wilson., Trans A.I.E.E., Vol. 74, P657, 1955.
2. N.C.KOTHARI., Powder Metallurgy International, Vol.14, No.3, 1982.
3. R.Holm., "Electric Contacts theory and Application", Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1981
4. P.G.Slade, et al., J.Appl.Phys., Vol.47, No.8, P3438, 1976.