'88 추계학술대회
'88 - H - 6

W/WC 계 접점의 arc 마모특성

이 희 웅 변 우 봉 한 세 원
한국전기연구소 전기재료부 도전.자성재료연구실

Arc Erosion Properties of W/WC contacts.

Lee Hee-Woong Byun Woo-Bong Han Se-Won
Electrical Materials Division., KERI

ABSTRACT

W/WC system contacts were manufactured by a press-sinter-infiltrate process to compare with their arc erosion mechanism. The results of arc switching test show that erosion rate of contacts is dependence of test current and there is difference in the erosion rates between W contacts and WC contacts. At high current of 1000A erosion rate of W contacts is critically increased by formation of surface cracks, in especial arc anti-erosion is improved by Ni additive.

I. 서 론

접점은 기능상 개폐시 발생하는 arc열에 견딜 수 있는 내마모성, 내 용착성이 필요하기 때문에 W,WC,Mo과 같은 내열성 재료를 Cu나 Ag 같은 전도성 재료와 혼합하여 제조되고 있다. 접점의 마모와 용착은 주로 arc열에 의한 matrix의 증발과 입자의 이탈[1]이 이루어지면서 발생되며 이를 억제할 수 있는 방안으로 밀도, 도전율 및 경도등의 물리적 성질을 만족시키는 제조조건을 찾아야 하며 이러한 특성 향상은 arc 마모현상에 대한 주의 깊은 관찰을 병행하여 이루어져야 한다.

실제 arc 환경에서 생기는 접점의 표면변화에 따라 마모특성이 달라진다고 알려져 있으나 분명한 규명은 아직되어 있지 않고 있는 실정이며 중전기용으로 많이 사용되고 있는 W계와 WC계에 대한 이러한 특성 비교는 올바른 접점 선택에 중요한 자료를 제공할 것이다.

본 연구에서는 중전기용으로 사용되는 W계와 WC계 조성의 접점을 제조하여 arc 시험 후 마모 mechanism 을 비교 분석하였다.

II. 실 험 방 법

실험에 사용된 접점은 60wt%W/WC-40wt%Cu/Ag를 기본 조성으로 여기 1wt%이하의 첨가물(Ni,Co,C등)을 혼합한 접점을 분말야금법(Fig.1)으로 제조하였으며 Table 1은 제조에 관계된 조건을 요약한 것이다.

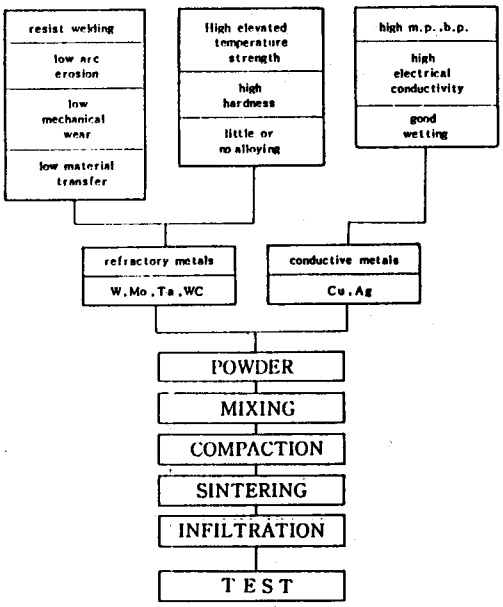

Fig.1 Manufacturing process

Table 1. Manufacturing conditions.

powder	W, WC(4-6μm), Cu(44μm), Ni(15-20μm)
mixing	ball mill 200rpm, 2hr
green compaction	400 MPa
sintering	예원후 1250℃,2hr
infiltration	예원후 1150℃, 90min

이와같이 제조된 접점은 먼저 Table 2와 같은 기본적인 물리량을 측정한 후접촉저항 및 내산화성등의 접점특성 시험을 실시하였다.

Table 2. Physical properties test

밀 도	상대밀도(%)	Archimede's
도전율	%IACS	6 -Tester
경 도	HRB	Rockwell
비저항	Ω·cm	4-Probe
열전도율	W/m.k	Fourier's

arc마모시험은 저전류와 대전류 영역으로 나누어 실시하였는데 저전류의 정격 전원은 AC 220V-30-60A p.f 1.0(Fig.2)이었으며, 대전류 arc시험은 KERI의 단락발전설비(Fig.3)를 이용한 Ac600V-500/1000A급 회로조건에서 필요한 switch횟수에 따라 시험하였다. 이때 접점의 미세구조와 arc시험전후의 표면상태의 변화는 광학현미경과 전자현미경을 이용하여 관찰하였다.

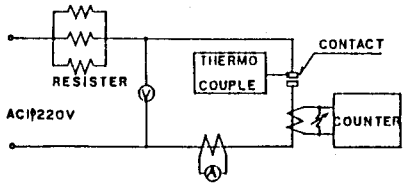

Fig.2 Circuit for arc test(AC220V-30A)

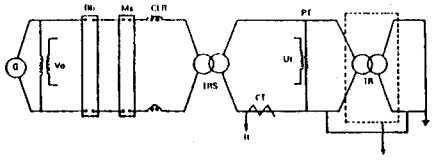

Fig.3 Circuit for arc test(AC600V-1000A)

III. 실험결과 및 고찰

Table 3은 제조된 접점의 밀도, 도전율 및 경도를 비교한 것이다.

Table 3. Physical properties

성 분(wt%)	상대밀도%	%IACS	경도(HRB)
60W-Cu	98±0.5	52-55	83-87
60W-Cu-0.1Ni		49-53	84-88
60W-Cu-0.5Ni		36-40	83-86
60W-Cu-0.1C		49-53	84-88
60WC-Cu	98±0.5	39-42	93-97
60WC-Cu-0.1Ni		38-41	95-99
60WC-Cu-0.5Ni		27-31	96-100
60WC-Cu-0.1C		39-41	93-96
60W-Ag	98±0.5	58-60	82-86
60W-Ag-0.1Ni		58-60	83-87
60W-Ag-0.5Ni		55-57	84-89
60W-Ag-0.1C		57-59	83-87
60WC0Ag	98±0.5	41-44	92-95
60WC-Ag-0.1Ni		36-39	98-101
60WC-Ag-0.5Ni		26-32	99-102
60WC-Ag-0.1C		40-41	84-88

여기서 도전율은 W계가 높지만 경도는 WC계가 크며 상대밀도는 98정도의 높은 값을 나타내었다. Fig.4와5는 220V-30A arc시험후 온도상승곡선과 마모량을 나타낸 것이고 Fig.6은 접점표면 상태의 SEM사진이다. W계의 경우 WC계보다 비교적 높은 온도상승을 보이는데 이는 내산화성이 약한 W계 접점이 switch가 계속되면서 산화물이 형성되어 접촉저항의 증가에 의한 것으로 보이며 이것은 Ag의 증발을 억제하는 역할을 하여 결국 마모량의 저하를 가져다 준다.

전류용량이 증가하면 마모현상은 달리 나타나게되며 Ag나 Cu가 넓게 용융된 lake부분이나 큰기공 그리고 crack등이 생기면서

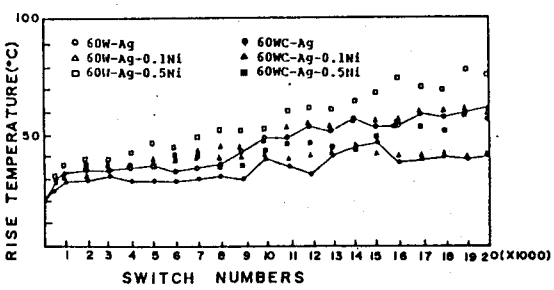

Fig.4 Surface temperature change with switching

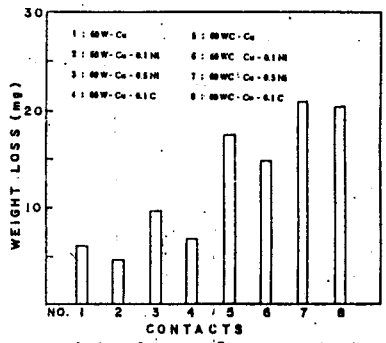

Fig.5 Weight loss after arc test

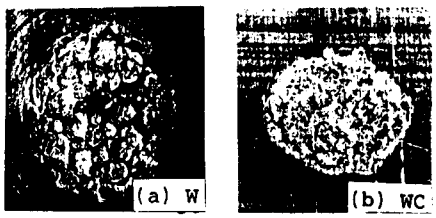

Fig.6 Contact surface after arc test

내열성 재료와 도전성재료의 분리현상등이 발견되어 진다. 600V1000A arc마모시험의 결과 Fig.7과 같이 마모특성에 있어서 WC계가 W계보다 안정되고 다소 적은 마모량을 나타내고 있는데 그 이유는 아직 분명한 규명은 되고 있지 않으나, arc열이 생성시 재소결에 의한 crack형성 가능성이 큰 W계에서 많은 마모가 예상되며 고온에서의 경도[4]특성과 내산화성이 우수한 WC계가 유리한 마모특성을 나타내리라 생각된다. Fig.8은 대용량 arc시험후 W계와 WC계 접점의 표면을 비교한 사진이며 Fig.9는 W계에서 생긴 crack의 단면도이다.

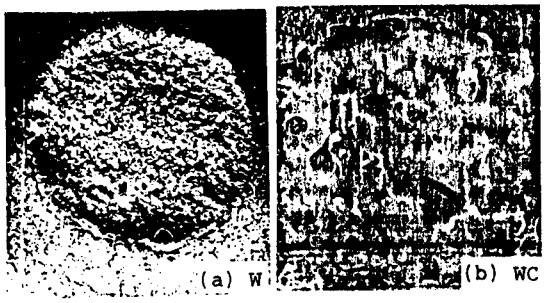

Fig.8 Contact surface after 1000A arc test

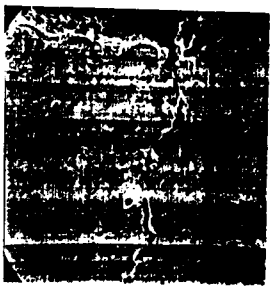

Fig.9 Cross section of crack

이와 같은 arc마모는 Ni등과같은 미량의 첨가물을 혼합하여 제조하는 경우 arc발생시 재소결을 내부에서 촉진시켜 큰 crack의 형성을 줄일 수 있으며 입자의 선택시 증발압이 최소가 되는 크기를 사용하므로 arc에 대한 내마모성을 향상시킬 수 있다. Fig.10은 0.1wt%Ni이 첨가된 접점에서 arc시험후 나타난 ripple현상(a)과 bubble형태(b)의 조직을 나타내고 있다.

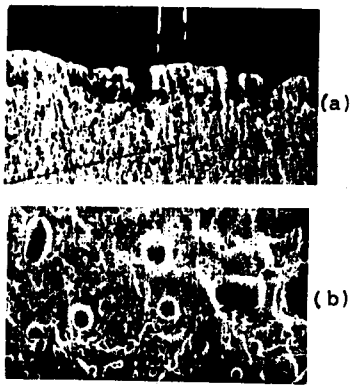

Fig.10 (a) ripples(60W-Cu-0.1Ni)
(b) bubbles(60W-Cu-0.1Ni)

IV. 결 론

이상의 실험에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 220V-30A arc 시험에서 산화물이 형성되어 접촉저항이 커진 W계 접점에서 온도상승이 높았고 이러한 산화물의 형성과 접촉면의 확산의 요소가 WC계 보다 마모량의 감소 요인으로 작용하였다.
2. 600V-1000A급 arc시험에서 WC계가 W계보다 마모량이 적고 안정되게 나타났는데 이는 arc열에 의한 crack형성과 밀접한 관계가 있는 것으로 나타났다.
3. arc 내마모성은 미량의 Ni등의 첨가로 arc시 재소결을 촉진시키거나 증발압을 줄일 수 있는 입자크기의 선택등으로 향상시킬 수 있으리라 생각된다.

REFERENCES

1) J. Senkara : Sci Sintering,10(3),133(1987)
2) M. Lindmayer, M Roth ; IEEE Trans. Components. Hybrids and Mfg. Tech., HMT-2(1), 70(1979)
3) J.L Doremieux, et al ; Pros. 10th Intl. Conf. 885(1980)
4) Metal Handbook, Amer.Soc. Metals, Metals Park, OH, 1971
5) G.H.Gessinger, K.N.Melton; Powder Metallurgy International vol.9(2), 67(1977)
6) G.J.Wittwer, W.R.Warke ; IEEE Trans.Parts, Hybrids and Packing, PHP -11,21(1975)

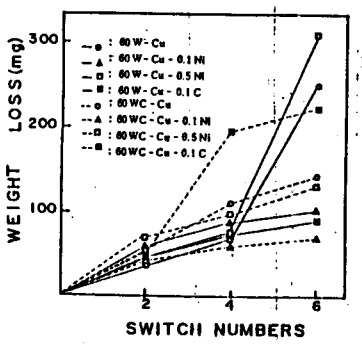

Fig. 7 Weight loss after 1000A arc test