

技術解說

大氣오염과 接觸部品

李 德 出*

要 目

1. 서 론
2. 大氣오염의 발생원
3. 接觸부품의 接觸點에 요구되는 성질
4. 接觸部의 환경오염과 電氣의성질 개요
5. 결 론

1. 서 론

1960년대부터 현재까지 4차에 걸쳐 경제개발계획이 진행되어 음에 따라 國內의 산업구조가 근대적으로 변화되어 명실공히 공업선진국을 향하여 출달음질 하고 있음을 어느 누구나 느낄 수 있다.

동시에 근래 중화학공업의 적극적인 육성으로 인하여 高度 經濟成長을 보여 국민경제 전반에 새로운 활기를 불어넣고 있는 것도 周知의 사실이다. 이와같이 중화학공업화로 인하여 국민생활의 수준은 향상되고 GNP가 매년 증가되고 있으나 이것에 못지않게 1970년대부터 우리나라의 환경오염문제는 사회적인 관심사로 대두되기 시작하였고 급기야는 대기오염방지및 환경보호란 이차적인 과제가 중요한 문제로 되어 버렸다. 대기오염은 인간의 건강에 중요한 영향을 미칠뿐 아니라 공업적으로도 많은 실패를 초래하고 있다. 그중 한가지 예가 接觸부품에 대한 것을 열거할 수 있다. 일반적으로 모든 金屬材 부품에 대해서도 같은 영향을 주나 接觸부품에서는 接觸저항 특성을 중요시 하기 때문에 대기오염의 영향은 직접적으로 민감하게 미친다고 볼 수 있다. 接觸부품은 電氣回路를 개폐, 절환 또는 이탈시키는 작용을 하며, 크게 나누어 開閉, 정지 및 摺動 등 새가지 형식으로 분류할 수 있다. 이러한 견지에서 대부분의 電子장치 및 電氣機器에는 接觸部品이 어떠한 형태로써든지 사용하게 되며, 또한 중요한機能과 역할을 담당하고 있음을 알 수 있다. 이러한 接觸부품에서 接觸點의 성능은 일반적으로 接觸저항특성,

응착특성 및 소도轉移특성 등 여러 특성으로 요약할 수 있으며 특히 小形化의 경향이 있는 接觸부에 대해서는 接觸저항특성이 중요한 요소가 된다. 일반용의 금속과 같은 과정으로 接觸部금속도 주위 분위기의 기체와 반응을 하여 接觸면에 여러 오염피막을 발생시킨다. 이러한 오염피막은 일반적으로 높은 電氣抵抗을 표시하기 때문에 接觸저항특성을 현저하게 나쁘게 할 것이다. 이러한 입장에서 정밀하고 신뢰성이 있어야 할 接觸부품이 대기오염으로 인하여 電氣의性質이 저하되어 예기치 못하였던 사고발생을 추정해야 할 시기가 우리나라에도 도래한 것 같으며 공업단지내의 공장에 종사하는 기술자는 적어도 이러한 문제를 고려해야 하겠기에 몇가지 사항에 대하여 간단히 기술하고자 한다.

2. 大氣오염의 발생원

종래 家內工業에서 만들어진 제품들에는 영향을 주지 않았던 오염물 질의농도라도 제품을 정밀화시키려고 할때는 그것이 나쁜 영향을 줄 수 있게 되며, 한편 의학적지식이 결여되었던 때 火산에서 분출하는 高濃度아황산가스가 폐결핵 치료에 이용되었던 사실을 생각하면 왕년에 대기오염이라 생각지 않았던 것이 현재 더욱 주목되어지는 오염물질로 등장되어지고 있다. 그래서 현재의 지식으로 문제가 되지 않는 오염물질이나 미량의 농도라도 장래에는 대기오염으로 될 수 없다는 보장은 전혀 모른다. 보기를 하나들면 현재는 연료의 불완전 연소로 인하여 연기나 일산화탄소의 생성을 방지하기 위하여 연료가 완전 연소하도록 火로를 설계고안하였고 연료중의 탄산가스로 변화되도록 최대한의 노력을 경주하여 왔다. 아울러 인류의 생산활동규모가 매년 증가하여짐에 따라 탄산가스의 농도는 쉰 地球의 으르 증대하여지고 있는 추세이며, 한편 大氣中의 탄산가스는 地球放射의 熱源을 잘 흡수하는 성질이 있기에 탄산가스의 증가는 곧 지구상의 기온을 높게 하는 경향을 초래하고 있으며, 장래에는 더욱 많은 장해

*正會員 : 仁荷大 工大教授 · 工博(當學會編修委員)

를 일으킬 가능성이 있다고 지적하는 학자들도 있다. 지구상의 탄산가스는 대기와 생물체 사이에 정상적인 평형을 유지하고 있었으나 장기간에 걸친 탄산가스농도의 측정결과에서 자연은 이미 평형이 무너지고 있다는 보고가 있다. 이러한 사실이 장래에 예기치 못할 장해를 일으킬 가능성이 있다는 지적을 추정할 수 있는 것이 아닐까 한다. 정상大氣의 성분은 화학적 혹은 물리적으로 표준치가 인정되고 있다. 오늘날 大氣가 더러워짐에 따라 우리가 받고 있는 영향에 대해서는 분명치 않는 부분이 많으며 영향을 주고 있는 물질이 무엇인가도 모르고 있는 것이 많다. 따라서 대기오염이란 무엇인가 규정하려고 하여도 매우 추상적인 표현으로 되고 만다. 넓게 말한다면 무엇인가 나쁜 영향이 느껴지든가 또는 나쁜 영향을 일으킬 가능성이 있는 것을 뜻할 것이다. 이를테면, 인위적 또는 자연에 의하여 발생한 물질이 사람의 快適, 安全 및 건강 등을 해치기도 하고, 사람이 소유하는 재산과 안락한 생활의 방해 및 넓은 지역에 걸쳐 공중위생상의 危害 등에 관련시켜 정의할 수 있으나 공학에 관련시켜 정의할 때는 다소 규약수가 다른 애매한 표현이 대두되겠다. 그렇기 때문에 대기오염문제로 취급되어야 할 여러가지 입장과 조건 및 여러가지 학문 분야에 의하여 문제의 초점으로 되는 대상이 다소 틀리게 되는 것은 당연한 일이지요. 문제는 대기오염을 정확하게 정의하는 것이 중요한 것이 아니라 대기오염을 정의시킴에 따라 작용되는 대상을 명확하게 지정하여 두는 것이 바람직하다고 보겠다.

대기를 오염시키는 물질에는 수많은 종류가 있을 것이다. 자연적으로 발생하는 것으로는 화산의 폭발에 의한 것, 바람으로 微粒로 떠돌아가 섞여 있는 것 등이 있으나 여기에서는 인공적으로 발생하는 것을 주로 대기오염물질로 하겠다. 스모그는 아황산가스(SO₂) 無水 황산(SO₃) 등 유황의 연소로 인하여 발생한 유황산화물과 실미크롬(10μ) 이하의 미립자인 粉塵등이 오염물질로 되어 있다. 또한 최근 문제로 되고 있는 자동차 배출가스에는 일산화탄소(CO), 탄화수소(HC), 질소산화물(NOx), 납화합물(Pb) 등의 오염물질이 포함되어 있다. 발생源별로는 固定발생원과 移動발생원으로 분류될 수 있다. 고정발생원은 공장, 빌딩등의 연소 시설부터 나온 것, 분쇄 등으로 인하여 발생하는 것, 특정한 有害物質을 발생하는 化學공장 등이며, 移動발생원은 자동차, 비행기, 철도(석탄, 디젤차) 등이 있다. 유황산화물, 메진은 고정발생원에서 95%의 오염 기여율을 보이며, 일산화탄소는 이동발생원에서 95%의 오염기여율을 나타내고 있다. 또한 光化學스모그의

원인물질이라고 하는 질소산화물, 탄화수소는 고정발생원에서 약 30%, 이동발생원에서 약 70%의 오염기여율을 표시하고 있다. 이상 두개의 오염발생원에서 대기오염에 기여하는 비율은 장소와 계절 등에 차이가 있다. 대기오염에도 廣域오염과 局地오염으로 나눌 수 있겠으며 전자는 스모그현상, 移動發生源인 특정치 않은多數의 발생원에서 특정치 않는 다수의 지역 주민에 공해를 주는 것으로 그 피해는 광범위하게 미치고 있다. 광역오염방지의 대책으로 에너지계획, 발생원의 분산 및 집중계획, 연료전환계획, 자동차 제조계획, 및 행정적인 수단으로 그 피해를 최대한 방지할 수 있겠다. 후자는 특정된 공장등의 발생원에서 특정지역의 주민에 피해를 주는 것으로써 用途地域制의 순화, 집진장치의 설치, 배출가스처리 시설의 설치, 이들을 유효하게 관리하는 기술, 높은 연돌의 설치로 대기에 확산시키는 등의 유효한 수단으로 최대한 오염방지를 시도하고 있다.

3. 접촉부품의 接觸에 요구되는 성질

접점은 처음에 백금이나 금이 각각 제전기나 전기기계에 사용되었으나 회전기계가 출현됨으로써 이들에 제어장치 및 보호장치가 절실히 요구되어짐에 따라 백금이외에 보다 실용적인 접점재료의 실용화가 요망되어졌다. 동시에 오랫동안의 사용경험과 연구에 의하여 사용조건이 분명하게 되고, 많은 종류의 접점재료가 개발되고 또한 특수한 구조를 가진 접점이 실용화하게 되었다. 전력기기용 접점재료의 개요를 표 1에 표시한다.

표 1. 電力機器用 接觸點材料

接點	—차단접점—	銀—텅스텐(Ag—W)
		銀—텅스텐카바이드(Ag—WC)
		銀—산화카드뮴(Ag—CdO)
		銅—텅스텐(Cu—W) (油中에서 사용)
		銅—크롬(Cu—Cr)
		銅—비스무트(Cu—Bi) (진공중에 사용)
	—통전접점—	銀(Ag)
		銅(Cu)(리소전류및 油中에서 사용)
		銀三元合金(Ag—Cd—Sn)
		銀도금

일반적인 개념으로써 차단접점에는 耐久-消耗성이 높은 耐弧接點, 그리고 통전접점에는 銅, 銀 또는 이들의 合金이 사용된다. 일반적인 弱電流接點은 내산화성, 내유화성이 강하고, 유연한 금속인 Au, Pd, Pt, Ag로 만들어지며, 強電流接點으로서는 難融재료인

W, Mo, Ag, Cu, Ni, Al, Hg 및 C가 사용되고, 기타의 금속이 添加元素로써 사용되고 있다. 이외에 導電性的 산화물을 가진 Re, Ru가 실용화 되어가고 있으며, 또한 연한금속 Sn, In, Pb, Cd 등이 接觸子 등의 재료로써 연구되어지고 있다. 接觸點과 전기기기의 발전경과는 점점 그 자체의 연구(재질, 형상, 크기 및 표면처리), 사용조건에 의한 接觸點을 선택하는 연구, 접점의 수명이 길게 되도록 사용조건을 정하는 연구, 접점의 수명이 길게 되도록 전기기기를 설계하는 연구, 그리고 접점을 반도체부품 電子管, 磁氣增幅器등으로 변환시켜 無接觸方式으로 하는 연구 등의 과정으로 변환되어 가고 있으며, 電力機器용 接觸點에 요구되는 기본성능을 열거하면

- (a) 차단능력
- (b) 通電능력
- (c) 耐溶着性

이며 특히 실용적인 성능으로서는

- (a) 접점수명
- (b) 접촉저항
- (c) 접점의 物理, 化學的安定性
- (d) 硬 度
- (e) 形 狀
- (f) 保 守

등을 열거할 수 있다. 전기기기에서 접점의 분류와 적용예를 표시하면 표 2와 같다. 그리고 接觸點의 성능은 사용방법(전류의 크기, 개폐빈도, 사용환경등)도 각각이기 때문에 각각의 경우에 따라 검토해야 할 것이다.

표 2. 電力機器에서 접점의 분류와 적용예

	적 용	예
接觸點	전류차단만을 하는 접점(아크 접점)	氣中...단中차단기 磁氣차단기 油中...油차단기
	전류차단과 通電을 겸용한 접점	SF ₆ 가스중... 가스차단기 진공...진공차단기
通電차단	靜止접점	斷路器
	摺動접점	각종 개폐기의 可動部 集電접점

접점은 회로에 직렬로 삽입되어 있으므로 필요한 通電능력을 구비해야 함은 물론이다. 더욱이 차단기는 고장전류의 개폐를 제일의 사명으로써 하고 있기에 接觸點의 허용소모한도에서도 충분한 차단능력 및 내용착성을 가져야 한다. 그리고 接觸點의 보수가 곤란한 가스차단기나 전혀 보수가 불가능한 진공차단기에서는 필요한

기간에 걸쳐 모든 접점의 성능이 보증되어 있어야 한다. 장기간 사용한 접점은 접촉상태가 열화할 수가 있기 때문에 당연히 보수를 요한다. 또한 부하개폐기에서는 전류를 개폐할 때 通電接觸點부분의 오손에 주의해야 한다. 근래 電子回路가 현저히 小形, 集積化되어 그 신뢰성도 향상 일로에 있으며, 동시에 이들 회로와 공용되는 기구부품도 소형화가 요구되고 있다. 따라서 접촉부의 형상도 필연적으로 소형화 해야 하며, 취해야 할 전기에너지도 낮은 레벨화의 경향에 있으며, 접촉하중의 低減化등 여러가지의 제약을 받으며 더욱이 대기오염에 수반하는 주위분위기등 사용환경의 악화에 수반하여 접촉부에 요구되는 조건은 날로 가혹한 경향을 보이고 있음을 알 수 있다.

반도체기술의 발전으로 無接觸點에 관한 연구가 진행되고 있으나 값의 차이 및 기술문제 등으로 아직 접점의 이용은 폐놓을 수 없는 현상이기에 접점의 신뢰성 향상에 역점을 두어야 할 것이다.

4. 접촉부의 환경오염과 전기적성질개요

콘택트는 접촉면이 不活性价스나 眞空中에 봉입되어 있는 것을 제외하고 대다수가 接觸面을 大氣에 노출시켜 사용된다. 일반적으로 금속은 산화물이나 유화물등 化合物의 모양으로 천연에 광석으로써 존재하는 것을 환원정제하여 순수한 형의 금속을 얻은 것이다. 따라서 금속은 화학적으로 대단히 불안정한 상태이며, 원래의 化合物로 되돌아 가려는 경향이 심하다. 이러한 추세를 대표적인 鐵鑛石에 대하여 표시하면 그림 1과 같다.

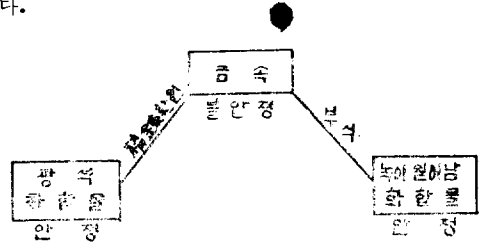


그림 1. 금속의 不安定性

이러한 작용이 금속표면 주위에 있는 분위기가 천연적으로 혹은 인위적으로 존재하는 기체등과 금속이 반응하여 오염피막을 만드는 본질적인 요인으로 되고 있다. 이러한 경향은 卑金屬에 있어서 특히 현저하며, 貴金屬에 있어서도 이 경향은 다소 있다. 그리고 安定한 Au 등에서는 높은 表面에너지상태를 갖고 있어, 표면에는 기체의 吸着膜이 형성되고 있다. 이와같은 금속의 오염이 부식현상이라 말할 수 있고, 특히 기체만이 작용하는 경우가 乾食이라 하며, 水溶液이 작용

하는 濕食과는 구별해야 한다. 接點등의 접촉부품에서는 거의 乾食현상이라 생각된다. 종래 접촉부품의 근처에 있는 절연물, 도료등에서 발생하는 기체 혹은 온천지대에서 放出기체에 의한 영향은 있었으나, 근래에는 공업적 및 인위적으로 배출되는 여러 기체에 의하여 大氣나 접촉부품이 사용되는 환경이 오염되어 그 영향이 인정되어지고 있다. 오염되어 있지 않는 정상시의 깨끗한 大氣를 형성하고 있는 成分을 살펴보면 표 3에 표시한 바 같은 기체로 이루어져지고 있는 편이다.

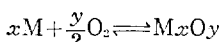
표 3. 깨끗한 大氣의 定常組成

氣體種類	體積 %	重量 %
N ₂	78.0900	77.5100
O ₂	20.9500	23.1500
Ar	0.9300	1.2800
CO ₂	0.0300	0.0460
Ne	0.0018	0.00125
He	0.00052	0.000072
CH ₄	0.00022	0.00012
Kr	0.00010	0.00029
NO	0.00010	0.00015
H ₂	0.00005	0.000003
Xe	0.000008	0.000036

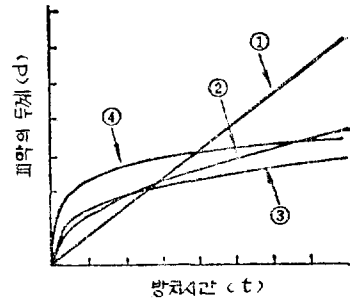
이들 중에서 금속에 특히 영향을 주는 기체가 산소(O₂)이다. 이 때문에 대기중에서 금속이 산화오염하는 것은 피할 수 없는 것이다. 이 이외에 CO₂가 산화에 작용하나 그 산화력은 ●에 비하여 현저히 약하다.

또한 NO가 존재하고 있으나 양적으로 대단히 적다. 이 이외에는 不活性氣體이며, 單體로써는 금속과 반응하지 않는다고 볼 수 있다. 종래 금속의 부식에 크게 작용하는 물질로써 유황화합물을 제일로 보았고 그 다음으로 질소화합물, 할로젠화합물 등이다. 특히 H₂S, SO₂, HCl, NO₂ 등은 대표적인 보기이며, 이들은 주로 공업적 분위기에서 검출되고 있다. 이 이외에 海水 미스트에 의한 NaCl 등도 열거할 수 있다. 이들 부식성 기체가 대기오염물질에 큰 부분을 점유하고 있다.

산소의 영향: 일반적으로 금속은 산소에 대하여 산화親和力이 있기 때문에 쉽게 氧化物을 만들어 오염된다. 즉 금속 M은 O₂와 다음과 같은 반응과정으로 산화물을 생성한다.



여기서 x, y는 금속의 원자가로 정하여지는 상수이다.



- ① 直線則(linear law) : $d = K_1 \cdot t$
- ② 放物線則(parabolic law) : $d^2 = K_p \cdot t$
- ③ 三乘則(cubic law) : $d^3 = K_c \cdot t$
- ④ 對數則(logarithmic law) : $d = K_{log} \cdot \log(t + t_0) + d$

그림 2. 산화피막의 成長과 시간의 관계

이러한 산화물의 成長 즉 오염의 진행상황은 접촉부품의 신뢰성, 장래 등의 건지로 부터 산화물 피막의 두께로서 평가하는 것이 편리하다. 산화피막의 성장과 시간의 관계를 그림 2에 나타낸다. 피막의 成長은 대기중에 방치한 경우, 온도와 방치시간에 의하여 결정되며, 다음과 같은 형의 반응에 의존한다.

- (a) 금속과 산화물과의 계면에서 반응
- (b) 산화물층의 이온과 電子의 확산
- (c) 산화물과 대기와의 界面에서 반응

이상의 반응과정중에서 어느 것이 지배적으로 되는가를 정해주는 因子의 한가지로서, 生成되어 있는 산화물의 組成이 영성하게 형성되어있는가 아니면 치밀하게 형성되어 있는가로 알 수 있다.

이와 같이 組成의 粗密은 산화물의 용적과 산화물층을 형성하는 原子의 용적과의 比로써 정하여지며 다음 식으로 표시된다.

$$r = M_c \cdot \rho_m / n \cdot M_m \cdot \rho_c$$

여기서 M_c는 산화물의 分子量, ρ_c는 산화물의 密度, n은 산화물층의 金屬原子의 數, M_m는 금속의 分子量, ρ_m는 금속의 밀도이다.

즉 r > 1이면 산화물피막은 치밀하게 되며, r < 1에 있으면 영성한(粗) 형태로 되고 기계적 강도도 약하게 된다. 피막이 치밀하여 밀착성이 좋으면 반응과정은 上記 (b)(c)가 지배적일 것이고, 영성하면 이온 또는 電子가 피막층을 확산이외로 쉽게 빠져 나갈 수가 있어 (a)의 반응과정이 지배적으로 된다는 보고가 있다. 溫度가 高溫영역에서는 피막이 균일하게 造成되며 피막의 두께가 두터워지며 포물선법칙으로 되는 경향이 있으며 低溫영역에서는 산화의 초기에는 금속하게 成長하나 시간의 경과와 더불어 포화하는 경향이 있다.

오기열체의 영향: 대기의 오염물질이 기체인 경우

금속과의 反應은 原理적으로 대기중 산소의 경우와 같다. 그러나 대기중 산소는 농도가 일정한 편이나 오염 기체의 농도는 각각의 경우에 따라 다르게 된다. 오염 기체는 일반적으로 低溫에 있어서도 금속의 부식을 진행시킨다. 따라서 온도등의 요인도 영향을 주며 대단히 복잡한 상태로 되기 때문에 오염의 정도를 아는 데 이론식에 의존하는 것 보다는 주로 부식시험에 기초를 두는 실험식에 의존하고 있다. 이를테면 Ag合金의 경우 硫化분위기에 있어서 오염피막의 成長은 合金의 成分비에 의하여 다르나 방치시간에 대하여 일정한 관계를 표시한다. 이러한 형태를 Ag-Au, Ag-Pd合金에 대하여 그림 3에 나타낸다.

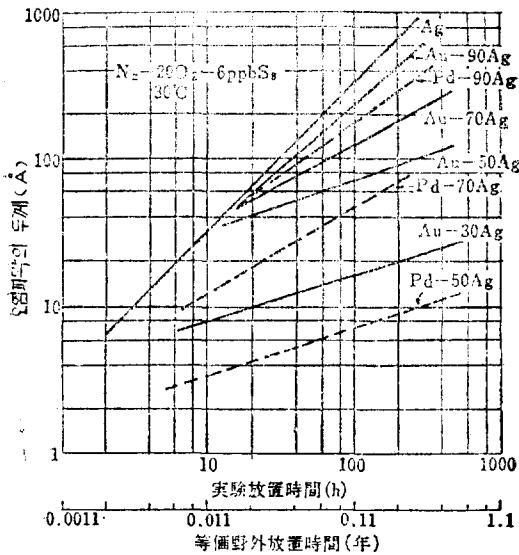


그림 3. 오염피막의 成長과 시간과의 관계

이 그림에서 표시되는 피막의 두께와 방치시간의 관계는 산화피막의 경우와 같은 모양으로 반응과정을 고려하여 다음 식으로 유도할 수 있다.

$$d^n = k \cdot t$$

여기서 n 은 合金의 成分에 의하여 정하는 상수, $k = Ae^{-E/RT}$, $E = 10 \pm 1 \text{ kcal}$ 이다. 硫化분위기의 농도, 습도등의 상태가 일정하면 식중 n 의 값은 合金의 成分에 의하여 정하여지며, Ag硫化에 대하여 습도의 영향을 고려한 실험식이 다음과 같이 주어진다.

$$d = 22.4 \cdot C^{0.45} \cdot t^{0.8} \cdot H$$

여기서 C 는 H_2S 의 농도, H 는 상대습도 90%를 1로 한 경우의 계수이다. 이 식에서 습도가 60% 이상으로 되면 Ag_2S 피막의 성장이 현저하게 진행되는 것을 알 수 있다. 이와같이 피막생성반응에 높은 습도가 관계하는 경우에는 이미 乾食이 아니고 濕食현상이 작용하

고 있는 것으로 생각된다. 이와같이 금속표면에 일어나는 오염피막은 금속의 종류, 기체의 종류, 농도, 온도 및 습도 등 많은 요인이 중첩하여 대단히 복잡한 모양을 나타내며, 결국은 방치시간과 더불어 成長한다.

이상과 같은 과정에 의하여 contact등의 접촉부품의 접촉면에 오염피막이 生成된다. 접촉시에 오염피막이 접촉면사이에 개재되고, 그 두께가 어느값 이상으로 되면 접촉저항특성은 급격하게 악화한다.

접촉저항의 성질 : J.C. Maxwell이 이 문제를 이론적으로 처음 취급한 이래 R. Holm의 연구에 의하여 접촉저항 R_k 는 접촉부에서 전류가 좁혀져서 일어나는 집중저항 R_c 와 접촉면사이에 개재하는 오염피막의 전기저항에서 생기는 피막저항 R_f 와의 합으로 成立됨을 규명하였다.

$$\text{즉, } R_k = R_c + R_f = \frac{\rho}{2a} + (\rho_f \cdot d) / \pi a^2$$

여기서 ρ 는 금속의 고유저항, a 는 접촉면의 반경, d 는 오염피막의 두께, ρ_f 는 피막의 저항율이다.

集中抵抗의 특성은 집중저항 R_c 가 $\frac{\rho}{2a}$ 로 주어진다.

즉 재료의 고유저항 ρ 와 참 접촉면의 반경 a 만으로 정하여진다.

접촉상태에 의하여 접촉면이 複數개인 경우에는 接觸面에서 일어나는 집중저항이 병렬로 접속되어 있다고 생각하면 좋다. n 개인 경우에는 다음 식으로 된다.

$$R_{c,n} = \left(\frac{\rho}{2} \right) \cdot \left(1 / \sum_{i=1}^n a_i \right)$$

異種金屬이 서로 접촉하는 경우에는 각각 金屬의 고유저항을 ρ_1, ρ_2 라 하면 접촉저항은 다음과 같이 된다.

$$R_{c,n} = (\rho_1 + \rho_2) / 4 \cdot \left(1 / \sum_{i=1}^n a_i \right)$$

그리고 각 접촉면이 대단히 접근하여 존재하고, 接觸面을 흐르는 전류가 서로 영향을 미치게끔 되면 위의 두 식처럼 집중저항이 병렬로 접속되어 있을 것이라는 생각은 성립되지 않게 된다.

피막저항의 특성은 皮膜抵抗 R_f 가 $\rho_f \cdot d / \pi a^2$ 로 주어지며, 이 식에서 피막의 저항율 ρ_f 는 피막의 두께 d 와 밀접하게 관계하며, 막 두께가 증대함에 따라 ρ_f 의 성질이 변한다. 피막이 대단히 얇은 경우(수 10 \AA 이하)에는 電子가 터널효과에 의하여 피막층을 흘러가서 電流가 흐르게 된다. 따라서 저항율 ρ_f 는 접촉부사이의 장벽의 성질 특히 두께에 의존한다.

접촉장해를 일으킨만한 접촉저항을 주는 경우의 導電機構는 쇼트키導電이라고 말할 수 있다. 이 경우 피막저항은 인가전압에 대응하는 장벽의 높이에 의존한

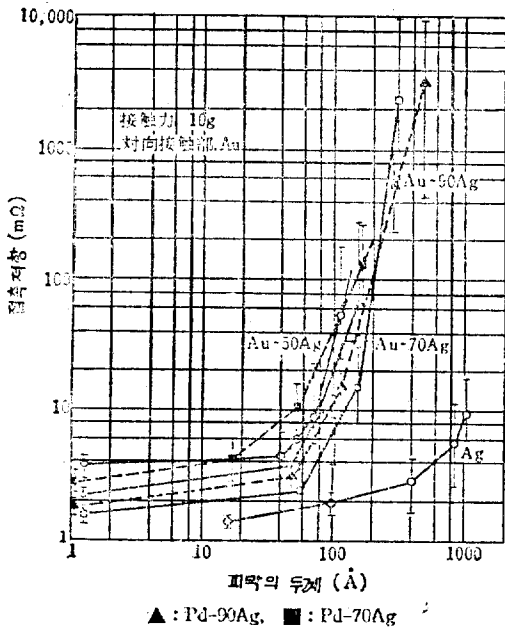


그림 4. 피막의 두께와 접촉저항의 관계

다.

따라서 인가전압에 의해서 장벽의 높이를 금속의 페르미準位까지 저하시켰다고 하면 피막저항은 대단히 낮게 되어 접촉저항은 集中抵抗이 지배적으로 된다. 피막의 두께와 접촉저항의 관계를 그림 4에 표시한다.

일정한 電壓을 접촉부에 인가하면 그 電壓에 대응하는 성분만큼 피막저항이 감소하고, 電流은 증대한다. 전류의 증가에 의하여 접촉부溫度가 상승하며 온도가 상승하면 피막저항은 감소한다. 따라서 이러한 반복으로 피막저항은 지수함수적으로 감소하고 더욱 接觸部를 加熱시키며, 金屬母材는 軟化點에 도달하고 접촉부는 荷重을 주지 않는 상태에서 접촉면적이 증대하며

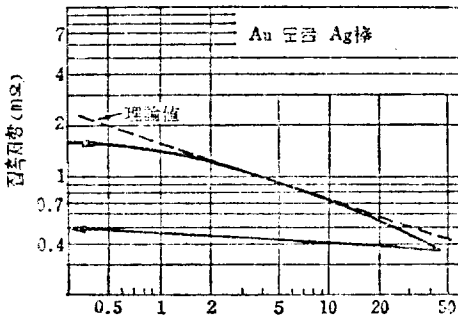


그림 5. 접촉저항과 접촉하중의 관계

개제되는 피막은 무너지고 금속만의 접촉이 이루어진다. 접촉저항과 접촉하중의 관계를 그림 5에 표시한다. 즉 접촉저항은 급하게 감소한다. 그래서 장벽의 높이가 파괴전압을 미리 알아낼 수 있는 한 因子로 될 수 있다.

피막의 고유저항이 지배할듯한 두터운 피막에 대해서는 주로 제너효과등에 의한 절연파괴이며, 이는 電界強度 등으로 표시된다. 이들 피막의 破壞機構를 접촉저항과 피막파괴전압의 관계로서 정리하여 그림 6에 표시한다.

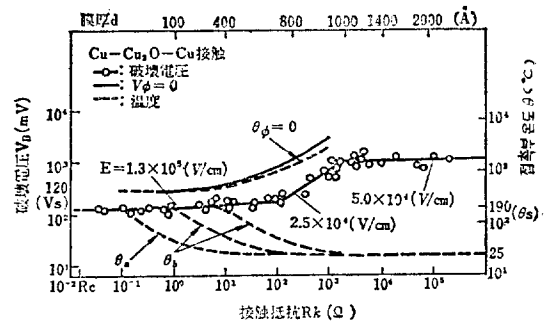


그림 6. 오염피막의 전기적 파괴특성

실지의 接觸部에서는 印加電壓이 증대하여 페르미準位 ϕ 가 0으로 되기 이전에 접촉면에 軟化現象이 작용하기 때문에 파괴전압은 $V_{\phi=0}$ 보다 낮아지고, $V_{\phi=0}$ 는 파괴전압의 上限을 표시하는 것으로 되며 접촉부의 溫度와 破壞電壓과의 관계를 그림중의 점선에서 보면 접촉저항이 $10 \sim 10^2 \Omega$ 까지, 파괴시에는 접촉면이 軟化溫度 θ 에 도달하여 있다. 이상의 관점에서 金屬材料의 軟化電壓 및 接觸部門의 장벽 높이 등으로 부터 파괴전압을 예측될 가능성이 있다.

5. 결 론

접촉장애의 원인에는 여러가지가 있겠으나 일반적으로 접촉면위에 絶緣性物質의 생성, 부착이 접촉고장의 주된 원인이라 볼 수 있다.

절연성물질로써는 有機가스계와 無機가스계가 생각되어지며, 특히 無機가스계 ($SO_2, NO_2, O_2, H_2S, Cl_2$)로 인하여 접촉면의 주위에서 中心部로 향하여 피막이 成長하여 접촉불량이 일어나서 접촉장애를 발생시키리라는 사실을 이제 중요시해야 할 것 같다. 오염피막의 두께는 오염기체의 상태가 일정하면 放置시간의 함수로 표시되므로 接觸抵抗에 대한 신뢰성도 시간의 함수로 표시하게 될 것이다.

피막이 접촉면의 주위에서 成長하기 시작하여 접촉면 全域을 덮어서 접촉부 사이에 완전하게 개재되었을 때 접촉부는 수명이 도달하였다고 볼 수 있다. 따라서 피막의 成長速度가 중요한 因子라 할 수 있다.

접촉부품의 오염에 대한 기본적인 대책은 오염피막이 일어나기 어려운 貴金屬을 여하히 경제적으로 선택하여 이용할 것인가, 이의 한 수단으로 卑金屬에 도금을 시행, 複合材의 이용 및 合金化에 의하여 오염의 문제를 검토하고는 있으나 이 수단은 金屬材料的으로 해결하려는 노력이기도 하지만 小形化의 경향이 있는 접촉부품에는 限界가 있을 것으로 생각된다. 그리하여 한 단계 진보하여 電氣의 조건에서부터 적극적으로 생성된 오염피막을 파괴시켜 高信賴性을 얻으려는 노력이 중요시되고 있다.

근래 電氣接觸에서 無接觸化하려는 노력은 신호처리 등에 관련있는 분야에서는 빠른 진행으로 적용되어 왔으나 制御 릴레이, 電磁접촉기 및 기타의 電力기기에

는 아직 그 이용이 드물다. 그리고 가격의 차이 및 접점기술의 현황 등으로 미루어 볼 때 앞으로는 接觸點의 사용은 증가할 것으로 추정된다.

한편 電子回路의 集積化, 電子장치의 小型化로 되고 그 신뢰성도 더욱 요망함에 따라 이들 회로와 공용되는 기구부품에도 같은 조건을 필연적으로 요구하는 차이에 대기오염으로 인한 접촉부의 접점이 오염이 되어 예기치 못하였던 사고발생이 간혹 일어날 수 있을 것을 특히 공업단지내의 공장에 종사하는 기술자들은 다소나마 염두에 두어야 할 시기가 도래하고 있음을 알았으면 한다.

지면의 한정과 필자 역시 이 분야에 조예가 깊지 않고 근래 느끼던 분야만을 간단하게 기술하였기에 부족한 부분이 많을 것으로 사료되나 조금이나마 이 부분에 관심있는 기술자에게 참고가 되었으면 다행으로 생각한다.



<P. 279의 계속>

御했다. 그後 1975년에 導體幅이 25 μ m인 45個의 스위치를 갖는 4비트乘算器를 製作하였다.

그리고 1978년에는 사이즈가 其他 半導體回路에 匹敵하며 40~60ps로서 信號를 傳送하는 5 μ m幅의 論理回路를 製作했다.

또한 高速메모리와 低速메모리에 대한 應用도 推進되고 있으며 高速캐쉬메모리의 結果는 아직 發表되어 있지않으나 低速메모리를 擔當하는 IBM社의 Zurich 研究所에서는 액세스타임이 7nS인 16K비트메모리의

一部를 發表했다. Josephson結合素子は 數千의 스위치 回路를 칩上에 어떻게 配置하느냐가 問題이다.

素子は 5cm \times 5cm의 실리콘웨이퍼에 收容되어 있으며 이경우 웨이퍼의 間隔은 1mm以下로서 칩이나 웨이퍼 相互間의 配線은 同一한 超傳導體로서 되어있다.

이와같은 多數의 素子(約 10⁸)를 3次元 空間에 收容하는 것은 一般的으로 실리콘 素子로서는 不可能하다. <Science 201, 4356, 1978>