

옥내용 전선의 전류변화에 따른 아산화동 증식현상

최충석 · 김향곤 · 정현상*

전기안전시험연구원 · *조선대학교 전기공학과

1. 서론

경제성장에 따른 국민 생활수준의 향상으로 편리하고 다양한 전기기구의 보급이 보편화되었으며, 전력수요 또한 해마다 증가하고 있다. 전기는 우리의 일상생활에 없어서는 안될 중요한 부분이 되었으며, 산업발전의 원동력이 되고 있다. 그러나 전기로 인한 피해 또한 매년 증가하고 있으며, 1998년 총 화재 32,664건 중 전기화재가 10,897건으로 전체의 33.4%의 높은 점유율을 나타냈다.

전기화재의 주된 원인은 단락, 과부하, 절연불량, 접촉불량, 정전기 등이 있으며, 전기화재는 일반화재보다 화염의 진전속도가 빠르고 전기설비가 화재로 인하여 소실되기 때문에 정확한 화재원인을 규명하는데 많은 어려움이 있다¹⁻²⁾.

전선과 전선의 접속, 전선과 기기단자의 접속 등 전기기계기구에는 다수의 전기적 접속부가 존재하며, 이 전기적 접속부의 접촉불량에 의한 발열로 동선과 동선의 결합에서 아산화동이라는 산화물이 생성되고, 이 생성물은 1A정도의 작은 전류에서도 쉽게 발생하여 증식하며, 이로 인한 화재의 발생 가능성이 높다³⁾.

본 연구에서는 옥내용 전선의 전기적 접속부에서의 아산화동증식과정, 전류에 따른 증식속도와 지속성 관계, 아산화동 생성물의 표면상태, 단면구조를 분석함으로써 전선의 전기적 접속부에서의 접촉불량에 의한 아산화동증식의 전류한계를 밝히는데 있다.

2. 실험방법

전선을 장기간 사용하게 되면 진동, 이완 등의 요인에 의하여 전선과 전선의 접속부, 전선과 기기단자의 접속부에서 접촉불량이 발생하여 전기설비 및 전기기구에의 재해를 유발하게 된다³⁻⁵⁾.

실험에 사용한 전선은 600V 비닐절연전선(IV ; 600V Grade Polyvinyl Chloride Insulated Wire)으로 Fig. 1 (a)와 같은 실험장치를 제작하여 전선과 전선의 접속부에서의 아산화동증식을 실험하였다, (b)는 전선접속부에 생성되는 아산화동을 설명한 것이다.

실험에 사용한 전선의 굵기는 1.6mm로 전선의 피복을 제거하고, 50mm의 길이로 절단기(Cutting Machine, Struers, Denmark)를 이용하여 직각으로 절단하였으며, 절단면을 고르게 하기 위하여 연마지(Sandpaper, #1000)를 이용하여 고르게 연마하였다. 절단된 두 전선(W)을 맞붙이고, 실험장치의 고정대(C)에 고정하고, 접촉면에서 미세 불꽃이

발생하도록 일정하게 미소 진동을 반복하였다. 실험이 시작되어 접촉면에서 황색불꽃이 발생하면 미소 진동을 중지하고, 통전상태로 유지하고 전선접속부에서의 아산화동 증식 과정을 실험하였다.

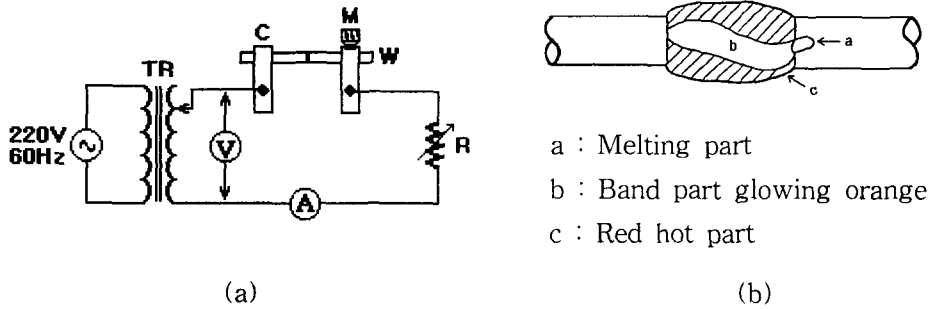


Fig. 1 아산화동증식 실험장치 및 전선접속부의 아산화동

실험전원으로는 AC 220V(60Hz)를 사용하였으며, 실험전류는 1A~4A로 L.R부하장치(L.R Load Equipment, LR-30AE, Dahwa.eng, Korea)를 이용하였다. 또, 실험전류 및 전압의 측정은 각각 후크온메타(Clamp on Hi tester, Hioki, Japan)와 누설전류계(Clamp on Leak Hi tester, Hioki, Japan)를 이용하였으며, 전류에 따른 아산화동의 증식길이는 마이크로미터(Micrometer, Mitutoyo, MDC-25M, Japan)를 이용하여 측정하였고, 증식된 아산화동의 표면상태는 실체현미경(Stereo Microscope, SV-11, Carlzeiss, Denmark)으로 확대 촬영하였으며, 절단면의 단면구조분석은 금속현미경(Metallurgical Microscope, Epiphot, Nikon, Japan)를 이용하였다.

금속현미경을 이용한 단면구조분석을 위하여 절단기를 이용하여 시료를 절단하였고, 절단된 시료는 성형기(Mounting Press, Predopress, Struers, Denmark)로 성형시킨 후 연마기(Polisher Machine, Rotopol-2, Struers, Denmark)를 이용하여 연마하였다. 연마가 끝난 시료는 크로머지로 에칭($K_2Cr_2O_7+H_2SO_4+H_2O+HCl$)한 후 조직을 분석하였다.

3. 결과 및 분석

전선접속부에서의 아산화동 증식과정을 살펴보면 전선의 접촉면에서 미소진동에 의해 청백(淸白)의 불꽃이 발생하며 진동이 계속 진행됨에 따라 접촉면에서 황색의 불꽃이 발생한다. 이 때 진동을 중지하고 그대로 유지하면 노란색의 적열로가 증식하여 점점 성장해 간다⁶⁻⁷⁾.

본 실험에서 통전전류에 따른 아산화동의 증식속도와 이 현상의 지속성을 실험한 결과 아산화동증식이 시작한 후 1시간이 경과한 때의 증식길이는 1A의 전류에서는 처음

수 mm가 증식되었으나 더 이상 증식은 되지 않았다. 2A의 전류에서는 7.45mm가 성장하였으며, 시간의 경과에 비례하여 2시간 후에는 13.25mm가 성장하였다. 그 후에도 매우 활발한 증식을 나타냈다. 3A, 4A의 전류에서는 증식 중 비산현상에 의해 전선접속부가 거칠어지고 가늘어져 단선(斷線)되어 증식이 정지되고 전류의 흐름도 멈추었다.

이상의 실험결과로부터 아산화동은 1A에서는 비산현상은 발생하지 않았으나, 초기증식 후 성장이 멈추었으며, 3A의 경우에는 비산현상에 의해 더 이상 증식이 진행되지 못하고 접속부가 단선되었다. 이를 통하여 전선접속부에서의 아산화동의 지속적 성장을 위한 전류범위가 존재함을 확인할 수 있다.

Fig. 3의 (a)는 2A에서 증식된 아산화동으로 활발한 성장을 보였으며, (b)는 실험전류 3A로 비산현상에 의해 접촉면이 가늘어져 단선되었다.

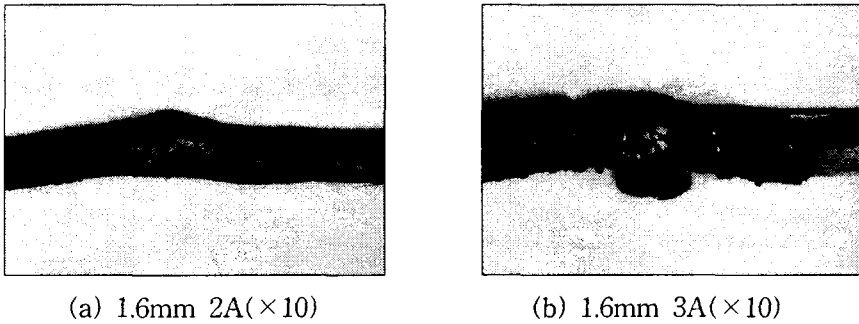


Fig. 3 전류에 따른 아산화동의 증식상황

Fig. 4의 (a)는 실체현미경으로 아산화동의 표면을 확대 관찰한 것으로, 아산화동의 외부표면은 검은 빛을 띄지만, 내부는 아산화동의 전형적인 특징인 적색(赤色)의 유리질 결정을 하고 있다^{6~7)}. (b)는 금속현미경으로 아산화동의 절단면의 결정구조를 분석한 것으로 다수의 크랙(crack)이 가진 조직형태를 보였다. 또, 아산화동 증식부 바로 옆 전선의 결정구조를 분석한 결과 열에 의해 입자조직이 성장한 형태를 보였다.

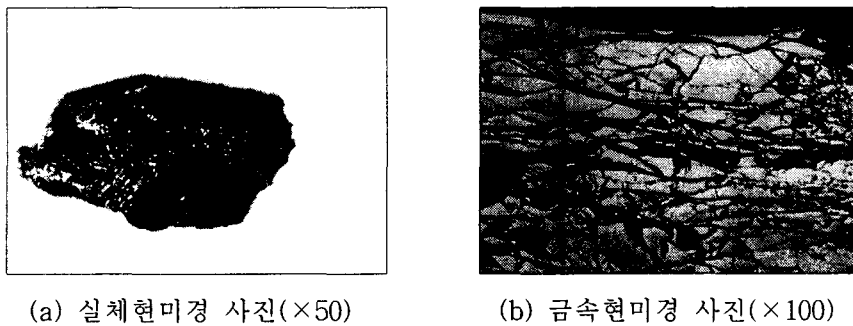


Fig. 4 아산화동의 표면상태 및 단면구조

4. 결론

위의 실험에서 아산화동의 증식속도와 지속성, 표면상태 및 단면구조를 분석한 결과 다음과 같았다.

- (1) 아산화동증식현상의 증식속도와 지속성에는 통전전류와 관계 있음을 확인하였으며, 실험에서 2A을 전후로 하여 아산화동의 지속적인 성장을 위한 전류의 범위가 존재한다는 것을 확인할 수 있다.
- (2) 아산화동 생성물의 표면상태를 분석한 결과 외부표면은 흑회색을 띄었으며, 내부는 아산화동의 전형적인 특징인 적색의 유리질 결정을 나타냈다.
- (3) 아산화동의 단면구조를 분석한 결과 아산화동 부분에서는 다수의 크랙을 가진 조직을 나타냈으며, 아산화동 바로 옆의 전선에서는 열의 의해서 입자조직이 성장한 형태를 보였다.

참 고 문 헌

1. 최충석 외 5, 전기화재공학, 東和技術, pp.172~211, 2000. 3
2. 韓國電氣安全公社, 電氣火災統計分析, 성전기획, pp.7~13, 1999.10
3. 崔忠錫 외 3, 熱劣化에 따른 600V IV의 組成變化에 關한 研究, 한국전기전자재료학회, '99춘계학술대회논문집, pp.53~56, 1999. 5
4. 中野弘伸, 電氣配線からの發火原因に關する考察, 日本火災學會誌, Vol.46, No.2, pp.1~5, 1996.4,
5. 川瀨太郎, 電線接續部と電氣火災, 日本火災學會誌, Vol.32, No.6, pp.43~45, 昭和57年
6. 科學警察研究所, 電氣的接續部における酸化物の生成と發光發熱現象, 科學警察研究所報告法科學編, Vol.49, No1・2, pp.31~37, 1996. 8
7. 科學警察研究所, 銅線の接續部における電氣的赤熱現象, 科學警察研究所報告法科學編, Vol.41, No3, pp.30~37, 1988. 8