

電氣火災의 原因鑑識에 관한 研究

(A Study to Identify the Causes of Electrical Fires)

朴南信¹⁾ 金相烈²⁾ 金燦五³⁾ 李載仁⁴⁾
Park, Nam Shin Kim, Sang Ryull Kim, Chan O Lee, Jae In

ABSTRACT

In this study, the methods to identify the causes of electrical fires are suggested.

Among several causes of electrocal fires, it is focused upon a short-circuit and an over-current accidents, which take the highest ratio compare with any other causes.

To propose the exact method of identification, electric wires(HIV, IV), fuses and plug-receptacls are tested under the conditions of electrical accidents and external fires, respectively.

By analyzing the microphotographs, the differences between the results from electrical fires and the others are found out.

I. 序論

최근에 들어와 우리나라는 고도의 경제성장을 거듭하면서 산업현장을 비롯하여 빌딩이나 가정 등에서 사용하는 각종 전기제품의 숫자가 급격히 증가하고 있다.

한편 전기를 공급하기 위한 전기시설도 그만큼 복잡해져서 각종 건물에서의 화재취약 요인도 함께 증가하고 있으며, 이에 따라 화재발생도 더욱 빈번해지고 또한 대형화하는 추세에 있다.

과거 10년간('80~'89)의 화재통계¹⁾에서 보면 전체화재 86,343건 중에서 전기가 원인이 되어 발생한 화재는 26,429건으로 무려 30.6 [%]에 달하고 있어, 전기화재의 피해가 매우 심각하다는 것을 말해 주고 있다.

그러나 화재의 특성상, 진화후의 현장은 소화 및 철거작업과 구조물의 붕괴로 말미암아 원형을 알아볼 수 없을 정도로 형태가 완전히 변화하기 때문에, 화재의 원인을 정확히 밝혀내는 것은 여간 어렵지가 않다.

만약 이러한 화재의 원인이 정확하지 못하다

1) 서울산업대학 산업안전공학과 조교

2) 종신회원 : 서울산업대학 산업안전공학과 부교수

3) 종신회원 : 서울산업대학 산업안전공학과 부교수

4) 한양대학교 전기공학과 교수

면 방화대책을 마련하는데 상당한 차질을 빚을 수 있으며, 이렇게 되면 안전관리상에도 큰 허점이 생기게 된다.

따라서 현장의 잔존물을 근거로 하여 정확한 화재의 원인을 감식할 필요가 있으며, 모든 화재의 원인 중에서 가장 큰 비중을 차지하고 있는 전기화재의 경우에는 이에 대한 필요성이 더욱 절실한 실정이다.

II. 전기화재의 특성

2.1 전기화재의 원인분석

지난 10년간 발생한 총 26, 429건의 전기화재를 원인별로 분석한 결과에 의하면, 합선(단락)으로 인한 전기화재가 17,783건으로 전체의 67.1[%]를 차지하고 있으며, 그 다음이 과부하(과전류)에 의한 것으로서 총 2,451건으로 전체의 9.3[%]를 차지하고 있다. 또한 그 이외의 전기화재 원인으로는 누전, 스파크, 절연 불량, 정전기, 전기기기의 취급부주의 등이 그 다음 순서로 기록되어 있다.¹⁾⁻²⁾

본 연구에서는 화재현장에서 잔존하는 전선 및 배선기구로부터 전기화재의 여부를 밝힐 수 있도록 하는데 도움을 주기 위하여, 전기화재의 원인 중에서도 가장 높은 비율을 차지하고 있는 **합선(短絡, short)**과 **過負荷(過電流)**에 초점을 맞추어, 이로 인한 화재의 특성을 파악하였으며 또한 실험을 통하여 이를 뒷받침할 수 있는 근거를 마련하였다.

2.2 합선에 의한 발화특성

전선이나 전기기기에 있어서 절연체가 전기적, 기계적, 화학적인 원인에 의하여 파괴 또는 열화되면 충전되어 있는 두 전극간에서 단락현상이 발생한다.

이러한 단락이 발생한 경우, 순간적으로 흐르는 전류는 공급전압이나 전선의 굵기, 배선의

길이에 따라 각각 달라지지만, 저압 옥내배선의 경우는 대략 1,000[A]이상이라고 보면 틀림없다.³⁾

단락이 일어나는 순간에는 폭음과 함께 단락지점에서 Spark가 발생하며 단락점이 용융 절단되는데, 이때 단락된 전선의 끝부분에는 특이한 형상의 단락흔(短絡痕)이 형성된다.

한편, 이렇게 합선이 발생하였을 때, 이것이 화재로 연결되는 데에는 다음 몇가지의 경우가 있다.

- ① 단락점에서 발생한 Spark로 인하여 주변에 있는 가연성물질(가연성Gas, 인화성물질, 가연성분진 등)에 착화되는 경우
- ② 단락 순간 적열된 전선이 주변의 가연성 물질에 접촉되어 착화되는 경우
- ③ 단락점 이외의 장소에서 전선피복이 연소하여 이것이 발화원으로 되는 경우

이상의 각 경우는 통전상태에서의 단락현상이지만, 만약 단락회로가 이미 구성되어 있는 상태에서 전원이 투입된다면 회로중에서 가장 약한 부분의 전선이 용단되며, 이때의 단락흔은 용단망울을 형성하는 것이 보통이다.

단락시에는 발열과 방열의 평형관계상 가장 열축적이 많은 부분에서 발화가 일어나기 때문에, 단락부분과 발화부분이 반드시 일치한다고 단정할 수는 없다.

또한 단락이 일어난 경우에도 퓨즈가 용단되지 않는 경우가 있는데, 이것은 퓨즈의 시간적 용단특성 때문이다.

2-3 과부하에 의한 발화특성

전선에 전류가 흐르면 Joule의 법칙에 의하여 열이 발생하는데, 발열과 방열이 평형되는 안전전류(허용전류) 범위내의 정상상태에서는 이 발열이 화재의 원인이 될 수 없다.

그러나 과부하가 걸리거나 전선의 굵기가 규격에 미달하는 경우에는, 절연물의 최고 허용온

도를 초과하는 과열현상이 나타나며, 그 결과 전선의 피복이 탈락하여 주변의 가연성물질에 대해 발화원이 될 수 있다.

즉 전선이나 전기기기 등에서 과열이 발생할 때, 열의 방산조건이 불량한 부분에 발화점이 낮은 가연성물질이 접촉하고 있으면 그곳에서 발화하게 된다.

비닐전선의 경우는 200-300[%] 정도의 과전류에서 비닐피복이 변질, 변형, 탈락하게 되고, 500-600[%] 정도에서 전선이 적열상태가 된 후 용융된다.³⁾

2.4 용흔(熔痕)의 특성⁴⁾⁻⁷⁾

전기화재를 조사하는데 있어서, 전기배선이나 금속부에 생긴 용흔을 감식하는 것은 전기화재의 원인을 입증하는데 꼭 필요한 중요항사항이다.

여기에서는 용흔을 1차흔, 2차흔, 기타용흔으로 분류하여 각각에 대한 특징과 감식방법에 대해 언급한다.

2.4.1 1차흔

1차흔이라 함은 화재발생 전에 단락 등의 현상으로 인하여 생긴 용흔으로서, 화재의 직접원인이 된 용흔을 말한다.

전기배선 또는 코드선이 어떠한 물리적인 외력에 의하여 절연피복이 파손되는 경우가 종종 발생하는데, 이 결과로 심선(芯線)이 서로 접촉되어 합선이 일어나거나 또는 다른 금속체와 접촉하여 단락상태가 되면 그곳에서 Spark가 발생하여 용흔이 생기게 된다.

이 현상은 충전된 도체가 서로 접촉하면 접촉저항이 생기게 되는데, 여기에 과전류가 흐르면 급격한 발열현상이 일어나고 그때 발생한 열이 전선이나 금속체를 용융시켜 그 일부는 비산되고 나머지 일부는 그 자리에 남게 되어 용흔이 생기는 것이다.

단락현상이 일어나는 경우에는 도체가 국부적으로 고열화되어 용융하는 것이기 때문에, 일반화재시에 발생하는 열에 의해 용융된 경우와는 현저하게 다른 상태를 나타낸다.

단락시에는 순간온도가 2,000-3,000[°C] 정도나 되기 때문에, 일반적으로 용착부의 조직은 소형이고 치밀하며 동 또는 금속체 본연의 광택을 띄게 되는 것이 보통이다.

또 연선의 경우에는 국부적인 발열에 의해 소선의 선단에만 용착이 생긴다.

한편, 1차흔이 발생한 후에 화재가 일어나면 그 열에 의해 1차흔이 일어난 표면이 재차 용해(溶解)되는 경우가 있어 2차적인 용해상태가 나타날 때도 있다.

2.4.2 2차흔

2차흔은 화재시에 발생하는 열에 의해 절연피복이 소실되고, 이 때문에 통전상태에 있는 심선이 서로 접촉하여 단락이 일어났을 때 생기는 용흔이다.

이 2차흔은 화재발생 후에 생기는 용흔이므로 화재온도에 의한 영향이 크다.

목조가옥의 경우 화재시 최고온도는 약 1,300[°C]까지 이르는데, 이 온도는 동(銅)의 용점 1,083[°C]보다 높다.

따라서 이 경우에는 동이 이미 연화되어 있는 상태에서 단락이 일어나기 때문에, 용흔에는 동이 가지고 있는 본연의 광택이 없어지고, 동의 용적(溶滴) 즉, 동이 녹아서 망울이 된 상태로 아래로 늘어지는 양상을 나타내거나 또는 그와 비슷한 형상을 하는 것이 보통이다.

연선(燃線)의 경우에는 소선(素線)이 용착되기 때문에 용해의 범위가 커지며 조직면이 더욱 거칠게 된다.

일반적으로 2차흔은 형태가 크고 조직이 거칠게 되며 광택이 없으며, 어떤 때는 용착부에 검은색의 탄화물이 같이 녹아 들어가 있는 경우도 있다.

2.1.3 기타용흔

기타용흔이라 함은 통전상태가 아닌 전선이 순수한 화재열에 의하여 용단된 경우에 생기는 것을 말한다.

1차흔 및 2차흔은 용단된 선단이 둥근 형상을 이루는데 반하여, 기타용흔은 화염의 강도, 분산도, 노출시간 등에 따라 현저한 차이가 있으나, 보통 용흔의 모양이 일정하지 않고 무질서하다.

그리고 그 표면은 산화되어서 동 고유의 광택을 잃어 버리고, 거칠고 다공질로 되며 또한 전성(展性)을 잃어서 부서러지기 쉽게 된다.

또 대부분 분화구와 같은 모양의 개스분출구가 나타나 있다.

한편, 기타용흔에서는 어떤 때는 용융망울이 한 전선에 2개이상 엉겨붙어 있는 것도 있는데, 이러한 형상은 단락전류에 의한 경우에는 발견할 수가 없다.

또 외부화염에 의한 기타용흔의 경우에는 잔존된 전선의 굵기가 일정하지 않은 특징이 있다.

Ⅲ. 전기화재의 원인감식

3.1 화재감식의 개요⁸⁾⁻¹²⁾

화재가 발생한 후에 화인을 규명하는 것은, 그 화재가 전기가 원인이 된 화재이건 비전기 화재이건 간에 발화원과 착화물과 출화경과를 풀어나가는 논리적 및 증거적 과정이라고 볼 수 있다.

따라서 화재의 발생사실을 과학적인 근거에 입각하여 설정하는 것이 화재원인을 조사하는 기본태도라고 할 수 있다.

그러나 화재는 유형으로 남아있지 않은 하나의 현상이며, 착화물은 소실되어 버려서 그 잔존물만을 남겨놓는 데에 지나지 아니하고, 또한 비록 잔존물이 화재원인의 조사상 유용한 것이

기는 하나 그것만으로 발화원인을 정확하게 입증한다는 것은 실로 매우 어려운 일이라 하지 않을 수 없다.

즉, 화재원인의 인정에 관련된 증거는 직접 증거로서의 가치를 발견할 수 있는 것이 극히 드물고, 대개는 정황증거 정도를 포착하는 것만이 가능할 뿐이다.

그러나 확실하고 올바른 화재감식에는 직접 증거의 제시가 반드시 요구되고 있는 만큼, 이를 입증키 위한 자료가 될 만한 것은 면밀한 조사를 통하여 하나도 빠짐없이 수집하고 검토하여, 직접증거를 제시할 수 있도록 최선을 다하는 것이 필요하다.

3.2 전기화재 감식의 기본방향¹³⁾

전기화재는 전기에 의한 발열체가 발화원이 되어 발생하는 화재로서, 바꾸어 말하면 전기에 너지가 열로 변환하여 발생하는 화재를 총칭하는 것이지만, 이를 감식하는 데는 그 목적에 따라 일정한 기준을 설정하는 것이 필요하며, 또한 설정된 기준에 따라서 감식의 입장도 달라진다.

전기화재를 감식목적에 따라 나누어 보면 다음과 같이 크게 세가지로 나눌 수 있다.

- ① 전기수급 당사자간의 책임소재의 관점에서 보는 전기화재의 감식
- ② 범죄수사상 실화 또는 방화라는 관정의 관점에서 보는 전기화재의 감식
- ③ 학리적 및 예방적 관점에서 보는 전기화재의 감식

본 연구에서는 ③항의 목적을 대상으로 하여 그 원인을 정확하게 판별함으로써 전기화재를 예방한다는데 주안점을 두고 있으나, 상기 각항은 서로 밀접한 관련성이 있으므로 궁극적으로는 나머지 2개항의 감식에도 이바지할 것으로 생각된다.

화재가 발생하려면 발화원, 출화경과 및 착화

물의 3요건이 구비됨과 동시에 이들 상호간에는 서로 연관성이 성립하여야 한다.

따라서 화재의 감식에 있어서는 우선 출화부를 발견하거나 또는 상정한 후, 출화의 경과 및 착화물에 대한 과학적이고도 논리적인 입증을 하여야 한다.

이러한 경우에 있어, 출화부에 전기설비가 존재하거나 출화의 경과에 있어서 전기적인 원인이 작용할 개연성이 인정될 때 비로소 전기화재 감식의 필요성이 제기되는 것이다.

그러므로 전기화재의 감식은 발화원이 전기로 인한 발열인지 아닌지를 판별하는 과학적이고도 논리적인 행위라고 할 수 있다.

IV. 실험 및 고찰

4.1 통전입증 실험

발화원인이 전기인지 아닌지를 결정하기 위하여 실시하는 최초의 작업은, 배선이나 전기기구에서 출화개소가 있었는지의 여부와 통전상태 여부를 확인하는 것이다.

통전상태를 입증하기 위한 조사는 부하측에서부터 전원측으로 해나가야 하며, 궁극적으로 귀납적 논리에 의하여 입증시켜야 한다.

본 연구에서는 출화의 확인이 비교적 용이한 유리관 퓨즈, 콘센트 및 플러그 그리고 전선을 실험대상으로 하여, 각각 과전류와 단락전류가 흐르는 상태에서의 외형적인 변화를 관찰하여 각각의 특징을 요약하였다.

4.2 유리관 퓨즈의 통전입증 실험

4.2.1 과전류 실험

30[A]이하의 전기회로에 사용되는 퓨즈는 정격전류의 2배의 전류에서 2분이내에 용단되는 특성을 가지도록 한국공업표준규격에 명시되어 있다.

실험에 사용된 정격3[A]의 유리관 퓨즈에 6[A]의 과전류를 흘린 결과, 2분20초 후에 실 퓨즈가 용단되었으며, 나머지 부분은 원래의 상태를 유지하였다. (사진4-1참조)

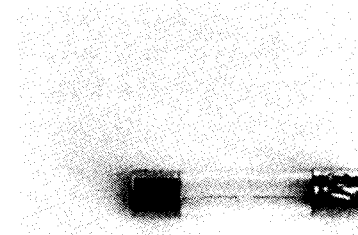


사진 4-1 정격전류의 2배의 과전류에 의해 용단된 퓨즈

4.2.2 단락전류 실험

유리관 퓨즈에 단락전류를 흘린 경우에는, 실 퓨즈가 순간적으로 녹아서 분산되어 유리관의 내벽에 부착된 용흔이 나타나고 있다. (사진4-2 참조)

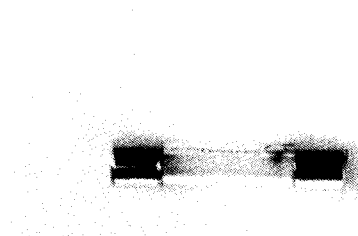


사진 4-2 단락전류에 의해 용단된 퓨즈

4.2.3 외열에 의한 가열시험

사진4-3은 유리관 퓨즈를 가스버너로 약3분간 가열한 후 변화상태를 확인한 것이다.

유리관 내의 실퓨즈는 동선에 온도급을 한 것으로서 용점은 1,084[°C]로 되어 있는데, 이 온도는 유리의 용점(소다유리 550[°C], 경질 붕규산 유리(Pyrex) 800[°C])보다 매우 높은 온도이기 때문에, 사진에서 확인할 수 있는 바와 같이 외형의 변화가 매우 크게 나타난다는 것을 알 수 있다.

그러나 이와 같은 유리관의 외형변화에도 불구하고 유리관내의 퓨즈는 단선되지 않고 있음을 확인할 수 있었다.

한편 유리관의 내벽에는 검은색의 그으름이 발생하였는데, 이것은 금구와 유리관 사이의 접촉제가 외부 열에 의하여 연소되었기 때문에 발생한 것으로 판단된다.

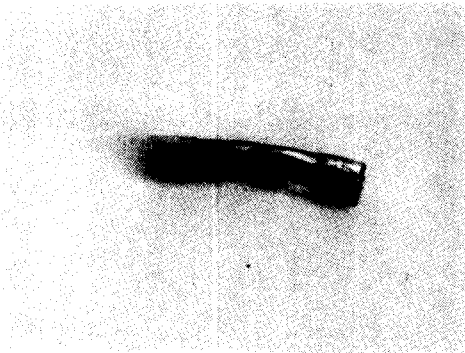


사진 4-3 가열된 유리관 퓨즈

4.3 콘센트, 플러그의 통전입증 실험

전기화재를 감식하는 부분작업으로서, 플러그가 콘센트에 삽입되어 있었는지의 여부에 대해서는 플러그를 삽입하여 가열하는 실험에서 쉽게 알아낼 수 있었다.

사진4-4는 노출형 3구 콘센트의 중앙부분에만 플러그를 삽입하고, 나머지 부분은 플러그를 삽입하지 않은 상태에서 가스버너로 가열하고 있는 장면이다.

사진4-5는 가열후의 콘센트 날받이의 상태



사진 4-4 플러그 및 콘센트를 연소시키는 상태

로서, 플러그가 삽입된 중앙부분의 날받이가 벌어져 있음을 알 수 있다.

이것은 플러그가 삽입된 상태에서 가열하면 날받이의 탄성이 완화되기 때문에, 플러그를 빼내어도 계속 벌어져 있게 되는 것이다.

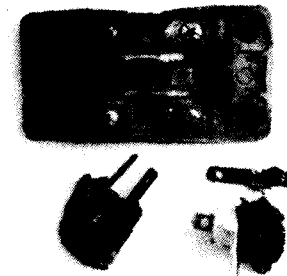


사진 4-5 외열을 가한 후의 콘센트 날받이 상태

사진4-6은 이들 양자간의 차이를 비교하기 위한 것으로 상단의 것은 날과 날받이를 삽입하지 않은 상태에서 가열한 것으로, 날받이는 닫혀있고 플러그의 날은 전체가 변색되어 광택을 잃어 버렸다.

그러나 하단의 것은 플러그를 삽입한 채로 가열한 것인데, 이것을 보면 날받이가 벌어져

있고 삽입되어 있던 부분의 날은 변색되지 않고 금속의 광택을 유지하고 있다.

이 실험의 결과로써 콘세트에 플러그가 삽입되어 있었는지의 여부에 대한 감식 판정을 쉽게 내릴 수가 있게 된다.

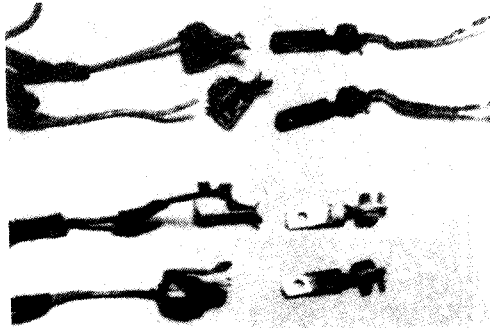


사진 4-6 열을 가한 후의 차이

4.4 전선의 열적 변화특성

600[V] 2종 비닐절연전선(HIV)와 600[V] 비닐절연전선(IV)은 저압의 전기공작물이나 전기기기의 배선에 사용하는 전선으로, 고분자 수지중에서 염화비닐을 주체로 한 절연전선이다. (KSC3328, 3302)

특히 HIV는 IV에 내열성 가소제를 첨가하여 열에 강한 특성을 가지고 있기 때문에, 소방용으로 많이 사용되는 전선이다.

4.4.1 과전류에 의한 절연물의 변화특성

HIV 및 IV의 과전류에 의한 절연물의 변화 특성을 파악하기 위하여, 정격전류용량이 19[A]인 직경 1.2[mm]의 단선을 실험재료로 선택하였다.

사진4-7은 정격전류의 3배인 57[A]의 전류를 인가하여 3분이 경과한 것으로서, 좌측이 HIV이고 우측이 IV이다.

이 결과에서 보면, HIV는 IV보다 탄화정도

가 작고 외형적으로도 변화가 작다는 것을 알 수 있다.

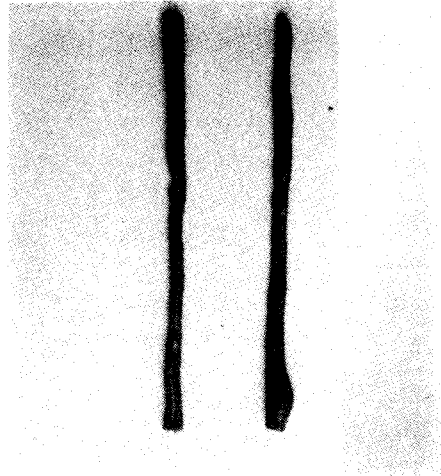


사진 4-7 정격전류의 3배 인가(3분)

사진 4-8은 정격전류의 3배의 전류를 인가한지 5분이 경과한 것인데, 이 경우에는 좌측의 HIV도 내부열에 의한 공기팽창으로 인해 피복이 국부적으로 부풀어 올라있고 부분적으로 탄화도 일어나고 있다.

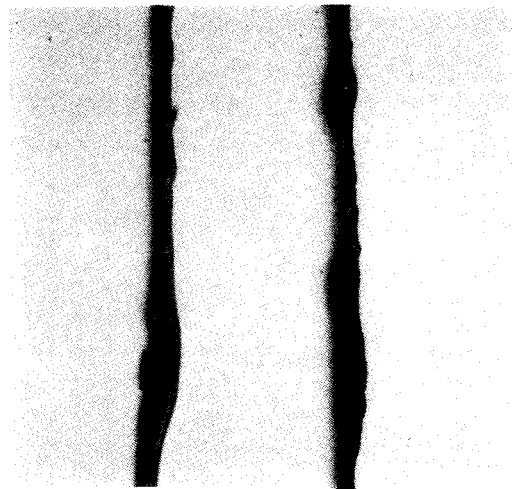


사진 4-8 정격전류의 3배 인가(5분)

그러나 우측의 IV가 거의 모든 부분에 걸쳐 균일하게 탄화한 것과 비교하면 상당히 양호하다는 것을 알 수 있다.

이것은 HIV전선의 제조시에 첨가되는 내열성 가소제의 영향 때문이며, 이러한 특성을 가지고 있기 때문에 소방시설의 비상전원용 전선과 각종 제어회로의 배선 및 자동화재 탐지설비의 배선 등에는 이 HIV를 사용하도록 소방법 시설기준에 규정되어 있다.

4.4.2 외열에 의한 절연물의 변화특성

HIV와 IV의 외부 가열에 의한 절연물의 변화를 보다 정확히 파악하기 위하여 ANDOTO-9B형의 Oven을 사용하였으며, Oven의 온도는 정확히 200[°C]로 설정한 후 전선을 넣고 이들의 변화를 관찰하였다.

사진4-9는 200[°C]에서 40분간 방치한 것으로, 우측의 IV는 매우 심한 변형을 보여주고 있는 반면, 좌측의 HIV는 변형상태가 그리 크지 않았다.

그리고 절연체를 잘라내어 절연체의 내부와 외부를 광학현미경으로 관찰한 결과, 절연체의 외부는 인가된 열에 의해 심한 변형이 일어나

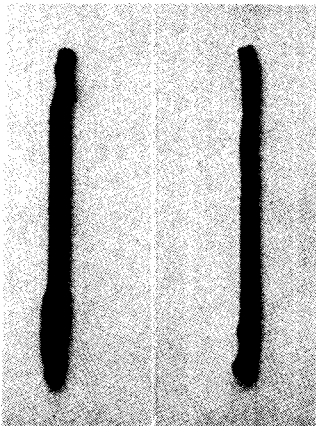


사진 4-9 200[°C]에서 40분간 가열

고 있으나 내부에는 탄화한 흔적이 거의 나타나지 않았다.

따라서 HIV는 IV보다 과전류에 의한 열이나 외부에서 인가되는 열에 대하여 공히 우수한 특성을 갖고 있음을 확인하였다.

4.5 용혼의 감식

다음의 사진들은 단락으로 인한 화재나 외부 화재로 인하여 용단된 각종 전선의 용혼을 나타낸 것이다.

사진4-10은 단선된 IV에 생긴 1차흔으로서, 좌측은 1차흔이 생긴 후에 화염에 그을린 상태인데 이 경우는 검게 탄화되어 있으며 광택이 보이지 않고 있다. 한편 우측은 단락전류에 의한 1차흔 그대로의 상태로서 광택이 현저히 남아 있는 것을 볼 수 있다.

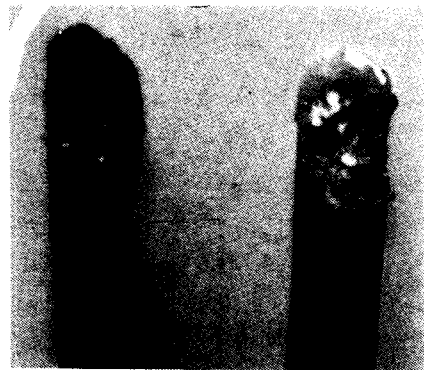


사진 4-10 IV에 생긴 1차흔적

사진4-11은 코드선인 경우의 1차흔이며 역시 광택이 있음을 알 수 있다.

사진4-12는 화염속에서 단락되어 생긴 2차흔으로서, 형태가 크고 거칠뿐만 아니라 부분적으로 탄화물이 녹아 들어가서 검게된 곳도 보이고 있다.



사진 4-11 코드에 생긴 1차흔적

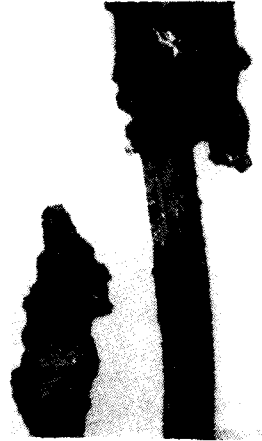


사진 4-13 화염만에 의하여 용단된 코드



사진 4-12 코드에 생긴 2차흔적



사진 4-14 화염만에 의하여 용단된 IV전선

사진4-13은 전류가 흐르지 않은 상태에서 화염만에 의해 용단된 코드선이고, 사진4-14는 같은 경우의 IV전선인데, 두 경우 모두 선단이 매우 거칠고 광택이 없으며 표면의 요철이 현저하고 탄화물이 녹아들어 붉은 빛을 띄고 있는가 하면 또한 이것들이 광범위하게 퍼져 있다.

V. 結 論

각종 화재의 발생원인 중에서, 전기화재의 발생비율이 매우 높아짐에 따라 전기화재에 대한

정확한 감식방법을 제시하기 위하여, 전선(HIV, IV), 유리관 퓨즈, 콘센트 등에 대해 과전류 및 단락전류실험과 외부가열실험을 행하였으며, 용혼의 특성에 대해서도 분석해 본 결과, 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 합선과 과부하로 인한 화재의 구분은 퓨즈의 용단상태로부터 감식이 가능함을 확인하였다.
- (2) 외부가열에 의한 유리관 퓨즈의 실험에서

실퓨즈는 용단되지 않고, 일정온도 이상이 되면 금구와 유리관의 접속이 먼저 이완됨을 확인할 수 있었다.

- (3) 통전여부를 확인하는데 필요한 사항인 콘 세트에 플러그가 삽입되어 있었는지의 여부는 콘센트의 날반이 상태로부터 쉽게 판별이 가능하였다.
- (4) 전선 절연물의 변화상태는 과전류에 의한 것과 외부가열에 의한 것이 서로 현저한 차이가 있음을 발견하였다. 특히, HIV는 IV보다 열에 대한 특성이 우수함이 입증되었다.
- (5) 전선의 표면에 나타난 용흔의 형태와 광택 등에 의해서 전기적 원인에 의한 것인지 외부화염에 의한 것인지를 식별할 수 있다.

〈參考 文獻〉

- 1) “80년대 화재발생 통계분석”, 소방안전52호, 한국소방안전협회, pp.15-21, 1990. 3.
- 2) 이덕출, “전기로 인한 화재원인 및 분석대책”, 기술정보16호, 한국소방안전협회, pp.3-7, 1989. 9.
- 3) 우형주 외2인, “전기화재원인 및 감식에 관한 연구”, 서울대 응용과학연구소, pp.7-12,

pp69-79, 1967. 12.

- 4) “전기화재-발생기별 원인-”, 한국화재보험협회, pp.9-12, pp.19-23, 1979. 6.
- 5) “전기화재 조사요령”, 한국전기안전공사, pp7-23, pp.53-60, 1990. 5
- 6) “사진으로 본 전기화재 조사요령”, 일본 나고야시 소방국편, 정흥문화, 1986.
- 7) 명창옥, “전기화재-원인과 감식”, 방재기술연구5호, 한국화재보험협회, pp.50-67, 1979
- 8) 원종수, “전기화재(I)-전기화재개론”, 화재학회지1호, 한국화재학회, pp.53-56, 1987. 10
- 9) “전기화재의 원인 및 예방”, 위험관리 편집실, pp.25-31, 1987. 6.
- 10) 김희형, “전기와 화재예방“, 화재안전점검12호, 한국화재보험협회, pp.25-31, 1981.
- 11) 이재인, “전기화재의 안전점검”, 화재안전점검12호, 한국화재보험협회, pp.25-31, 1979.
- 12) 이재인, “전기화재의 실정과 경보기의 설비“, 화재안전점검14호, 한국화재보험협회, pp.17-22, 1980.
- 13) “화재원인 조사요령-전기화재편”, 일본 소방과학 종합센터, pp.94.-150, 1987.