J. Korea Saf. Manag. Sci. Vol. 26 No. 1 March 2024
http://dx.doi.org/10.12812/ksms.2024.26.1.031
ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

화재사례 및 재현실험을 통한 온도조절장치 고장 및 오동작으로 인한 전자제품 화재 메커니즘 분석

이 정 일* · 임 종 화*
*영등포소방서

A Study on the Analysis of Fire Mechanisms in Electronic Products due to Failure and Malfunction of Thermostats Through Fire Cases and Reproduction Experiments

Jeong-il Lee* · Jong-Hwa Im*
*Seoul Fire and Disaster Headquarters Yeongdeungpo Fire Station

Abstract

In this paper, as there are many cases of fires occurring due to the failure or inoperability of the thermostat of electronic products, the purpose is to test and analyze the risks and probabilities through fire cases and reproduction experiments, and suggest countermeasures.

Among electronic products, water purifiers are composed of a refrigerant system with a compressor to make cold water, a heating device to make hot water, and an electric device used as an energy source. Due to the nature of the water purifier manufacturing, these devices are subject to a lot of moisture and dust. etc. exist in large quantities and use electrical energy, so there is a possibility of fire due to short circuit in the wire, electrical abnormal overheating (tracking phenomenon) in the thermostat, electronic board, starting relay, etc., and overheating of the heating device (Band Heater). there is. Therefore, in order to prevent fires from these devices, a system to remove foreign substances inside the water purifier is necessary, the use of heat-resistant (fire-resistant) wires for electrical devices is essential, and the use of non-combustible materials (semi-combustible materials) for each part is necessary to prevent fire. The risk must be eliminated through prevention and combustion expansion prevention devices.

Keywords : Electronic products, Thermostats, Fire cases, Reproduction experiments, Risk, Probability, Experiments, analysis

1. 서 론

본 연구는 생활가전제품 등에 사용되는 온도조절장치(서모스탯 등)고장 및 오작동으로 인한 화재 예방이 가능한 화재사례가 빈발하고 있어 연구를하여 화재를 줄이고자 한다. 첫째. 화재사례 조사이다. 과거 전자제품 화재사례를 조사하고 분석한다. 이를 통해 온도조절장치의 고장 및 오동작으로 인한 화재 원인 및 메커니즘을 이해할 수 있다. 둘째. 재현실험을 한다. 화재사례를 기반으로 실제 화재 상황을 재현실험을 한다. 전자제품의 온도조절장치에 대한 실험 대상을 선택하고, 해당 장치의 작동 원리와 기능을 이해 한다.

실험 환경을 구축하고, 장치를 테스트할 수 있는 적절한 장비 및 측정 도구를 준비한다. 셋째. 실험을 실행한다. 설계한 재현실험을 실행하여 온도조절장치의 고장 및 오동작을 재현실험한다. 온도 조절장치가 과열되거나 온도를 제대로 조절하지 못하는 상황을 모의실험한다. 실험 중에 발생하는 전자제품의 이상 작동을 기록하고 측정한다. 넷

†Corresponding Author : Jung-Il Lee, fire department. Hyundai Apt. 105-602, 50 Salgoti-gil, Seongdong-gu, Seoul, 04753, E-mail: gydhhh@hanmail.net
Received March 02, 2024; Revision March 18, 2024; Accepted March 23, 2024

째. 재현실험을 나온 데이터를 분석한다. 실험결과를 분석하여 온도조절장치 고장 및 오동작으로 인한 화재 메커니즘을 이해한다. 고장 발생 시 전자제품 내부에서 어떤 현상이 발생하는지, 화재가 발생할 때의 온도 변화 및 전자부품의 반응을 분석한다. 다섯째. 실험결과를 화재사례와 비교하여 유사성을 확인하고, 화재 발생 메커니즘을 파악합니다. 다섯째. 결과 해석 및 대책 제안을 한다. 분석된 데이터를 기반으로 온도조절장치 고장 및 오동작으로 인한 화재의 원인을 해석한다. 온도조절장치나 전자제품 설계, 제조, 사용에 대한 개선점을 도출하고 안전 대책으로 화재사례와 재현실험을 통해 자동제어 고장 및 오동작 메커니즘을 실험을 통해 화재 위험성을 검증함으로써 화재 예방을 위해 제안한다.

2. 이론적 배경

화재사례와 재현실험을 통해 온도조절장치 역할의 중요성으로 전자제품 내의 온도조절장치는 장치의 온도를 안정적으로 유지하고, 과열을 방지하기 위해 설계되어야 한다. 주로 온도센서와 제어회로를 통해 작동하며, 일정한 온도 범위 내에서 장치의 작동을 조절되어야 한다. 온도조절장치의 고장은 다양한 요인에 의해 발생할 수 있다. 이에는 전자 부품의 파손, 회로의 단락 또는 과열, 제어 알고리즘의 오작동 등이다. 부품의 노화, 오랜 사용에 따른 부품의 손상, 설계 또는 제조 과정에서의 결함 등이 고장의 원인이 될 수 있다. 온도조절장치의 오동작은 제어회로의 오류로 인해 발생할 수 있다. 이는 제어 알고리즘이 올바르게 동작하지 않거나, 온도센서의 정확도가 저하되어 발생할 수 있다. 제어 신호의 오류로 인해 장치가 과열되거나, 온도를 제대로 감지하지 못하여 반응이 지연되는 등의 오동작이 발생할 수 있다. 온도조절장치의 고장 또는 오동작으로 인해 전자제품 내부의 온도가 비정상적으로 상승할 경우, 전자 부품이 손상되거나 가열된 부품이 주변 소재에 영향을 미쳐 화재를 유발할 수 있다. 과열된 전자 부품이 인접한 부품이나 소재를 점화시키거나, 전기적인 단락으로 인해 발열이 증가하여 주변 물질에 불을 일으킬 수 있다. 예방 및 대응책으로 온도조절장치의 고장 및 오동작을 방지하기 위해서는 신뢰성 높은 부품 및 회로 설계, 적절한 열 관리 시스템을 도입해야한다.

또한 정기적인 점검과 유지보수를 통해 부품의 상태를 확인하고, 고장을 조기에 발견하여 대응할 수 있도록 해야한다.

이러한 이론적 배경을 기반으로 화재사례 및 재현실험을 통해 온도조절장치 고장 및 오동작으로 인한 전자제품 화재 메커니즘을 보다 심층적으로 이해하고 대응책을 마련할 수 있다.

2.1 선행연구

2.1.1 온도조절장치 고장

온도 조절 장치의 고장 및 기존 연구는 온도 변화에 신속하게 대응할 수 있는 빠른 제어 시스템을 개발을 개발해야하는데 고장 발생 시의 유지보수 및 교체 전략으로 장비 수명 주기와 유지보수 비용을 고려한 최적 결정 모델만 개발되었다.

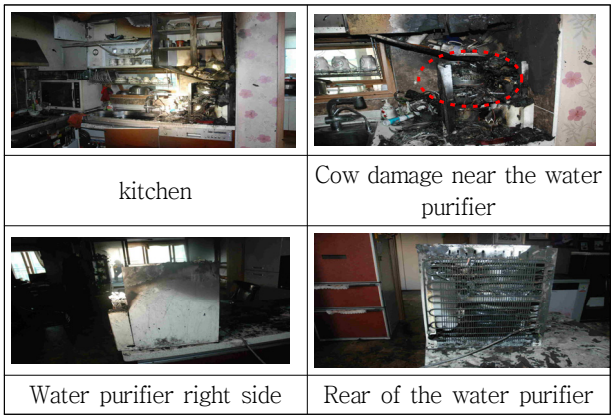
2.1.2 기존연구와의 차별성

고장은 주로 하드웨어 또는 소프트웨어 문제로 인해 발생할 수 있다. 이는 전원 공급 장애, 센서 오작동, 회로 손상 등 다양한 원인에 기인한다. 따라서 고장의 특이성에 따라 적절한 진단 및 해결 방법이 필요하다.

기존 연구는 온도 조절 장치의 효율성, 정확성, 안전성 등을 향상시키는 데 중점을 두는 반면에 고장 진단 및 해결은 시스템의 신뢰성 및 유지보수 측면에서 중요하다. 따라서 고장에 대한 연구는 주로 시스템의 신뢰성 및 유지보수성을 향상시키는 방향으로 이루어져야 한다. 온도 조절 장치의 고장 연구는 전기 회로 분석, 센서 테스트, 데이터 로깅 및 분석, 소프트웨어 디버깅 등 다양한 학문 분야의 전문 지식을 필요하다.

2.2 정수기 온도조절장치 고장 화재발생사례

2013년 10월 31일(14:49경) 남구 화산로00번길 주방에 설치되어 있는 정수기에서 미상의 발화열원 및 요인으로 인하여 미상의 가연물에 착화 발화 상부 서랍장 등으로 연소확대 되어 내부 일부 및 정수기, 기타 가전제품 및 주방기구, 가재도구 등이 소실되었다.



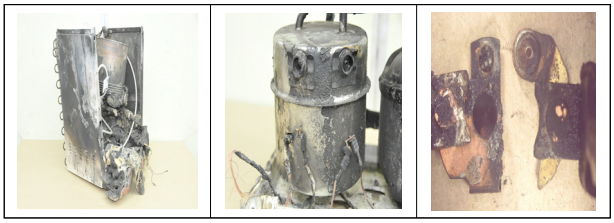
kitchen	Cow damage near the water purifier
Water purifier right side	Rear of the water purifier

[Figure 1] Fire site, building combustion progress and charring marks

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

2010년 서울시 광진구 00모텔 3층에서 화재 비상벨이 울려 모텔 직원인 신고자가 확인하던 중 연기와 함께 화재가 발생한 사실을 발견하여 신고한 사건으로, 냉온수기 1점이 감정물로 제시되었다.

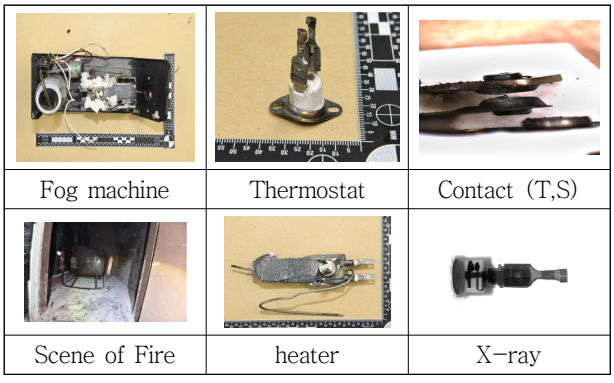
감정결과 화재원인은 냉온수기 온수통에 부착된 서모스탯에서의 전기적인 발열에 의한 발화로 확인된 화재이다.



[Figure 2] Electrical heat generation from a thermostat attached to a hot water tank

2.3 바이메탈 온도조절 고장 화재발생 사례

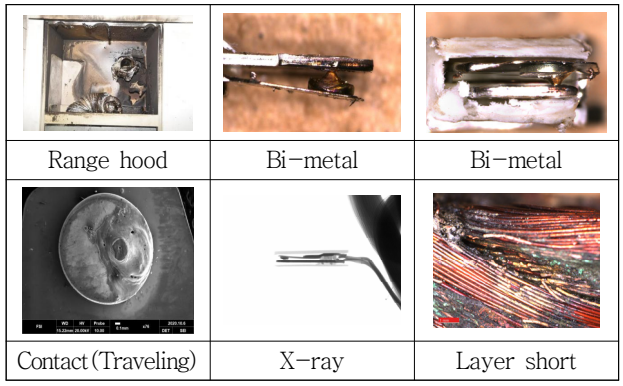
2020년 7월 26일(12:47경) 서울 00구 소재 방탈출 카페 천장에 설치된 포그머신에서 화재가 발생하였다. 현장에서 수거한 포그머신의 감정 결과 기기 내부에서는 발열체의 과열 흔적 및 발열체를 중심으로 연소 진행된 형상이 식별되었다. 발열체 상단에 설치된 서모스탯을 확인한 바, 접점부에서 아크방전에 의한 용융물이 확인되었으며, 이 용융물로 인해 접점이 개방되지 않아, 발열체의 과열을 제어하지 못하여 화재가 발생한 것으로 확인된 사례이다.



[Figure 3] Melting marks caused by overheating of the heating element

2.4 레인지 후드 화재사례

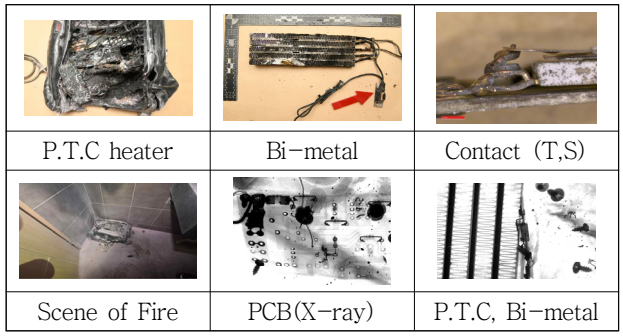
2020년 10월 1일(목) 14:40경 서울에 위치한 아파트 주방 레인지후드에서 화재가 발생하여 레인지후드와 연결된 배기관 일부, 레인지후드가 소실되었다. 레인지후드 전원선에서 다수의 단락흔이 식별되나 하우징 내부배선과 커넥터에서는 전기적 특이점이 확인되지 않았다. 레인지후드 감정 결과 후드 모터 권선의 층간 단락 및 모터 과부하 방지용 서모스탯의 접점 융착이 확인되었다. 서모스탯 및 모터 권선에서 식별되는 특이점을 고려하였을 때, 서모스탯 접점 융착에 의한 자동제어 실패가 레인지후드 모터의 과부하로 이어진 화재사례이다.



[Figure 4] Thermostat contact fusion and melting

2.5 온풍기 화재사례

2022년 1월 1일 서울 00구 ○○에 위치한 화장실 내부 전기 온풍기에서 화재가 발생하여 화장실 내부가 그을리고 전기 온풍기가 소실되었다. 전기 온풍기 소실된 소규모 화재로 내열 피복을 사용한 온풍기 내부배선 및 PCB, 전원 코드 전선에서 전기적 특이점이 식별되지 않았으나,바이메탈 접점부가 용융 되어 융착된 상태로 확인된 화재사례이다.



[Figure 5] Bimetal contacts fusion and melting

3. 화재사례를 바탕으로 재현실험

화재사례에서 이전에 발생한 전자제품 화재사례를 조사하여 사례 연구를 통해 화재의 발생 경위, 화재가 발생한 장소와 시간, 화재로 인한 피해 정도 등을 파악한다. 화재사례에서 온도조절장치의 고장이나 오동작과 관련된

정보를 찾아 화재 원인, 화재 발생 시 전자제품의 상태, 온도 조절장치의 작동 상태 등을 파악한다. 재현실험은 기존 화재사례의 증거물과 비교함으로써 발화 가능성을 확인하고자 한다.

3.1 바이메탈 화재 재현실험

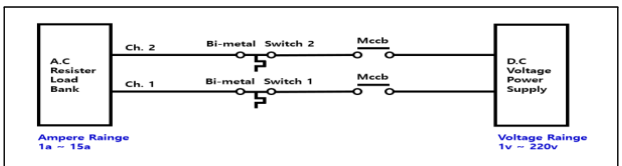
실험에 사용한 바이메탈 소자는 하우징이 없는 스냅 액션 방식 자동 복귀 바이메탈 소자로서, 일상적으로 주로 사용하는 헤어드라이어, 전기히터뿐 아니라 소비전력이 높은 식기 건조기, 전기오븐 등 따위에 사용된다. 하우징이 없는 바이메탈 소자 화재 위험성을 보기 위해 실험적 연구방식을 택했으며, 직류전원, 교류전원 장치로 나누어 실험을 구성하고 모든 실험에는 동일 규격의 바이메탈 소자를 이용, 바이메탈 소자의 동작시간과 전원 및 전류를 변화하며 진행하고자 한다.

〈Table 1〉 Bimetals used in the experiment

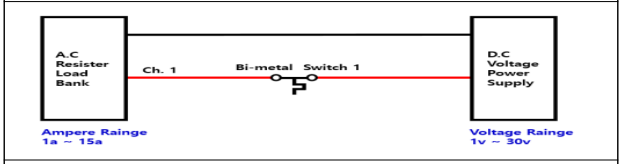
	Designation	ST-12
	Feature	Snap Action (Automatic Reset)
	Temperature Range	80℃
	Tole range	±5℃
	Cycle Life	• 15A/125V 6,000 cycles • 13A/250V 6,000 cycles
	Contact capacity	Min. current 100mA Max. current 30A (5 cycles)

3.1.1 실험 구성

Model. 1은 교류전원을 인가하고 부하기를 통해 전류의 상태를 조정하여 진행하였다. Model. 2의 경우 직류전원을 인가하고 Model. 1과 동일 조건에서 실험을 진행하였다.



Model 1. A.C.



Model 2. D.C.

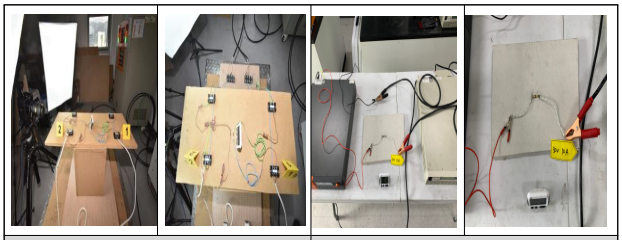
[Figure 6] Circuit diagram

3.1.2 실험 장비

비디오카메라, 초고속 카메라, 열화상 카메라, 디지털카메라, 타이머, 전선, 교류전압 조정기, 직류전압 조정기, 부하기, 소화기, 안전장치 등

3.1.3 실험 조건 및 장치

구성된 장치를 바탕으로 동일 조건으로 실험을 진행하였으며 교류전원을 인가한 1) 220V-7A, 2) 220V-15A의 두 모델과 직류전원을 인가한 1) 20V-15A 2) 30V-5A, 3) 30V-7A, 4) 30V-10A, 5) 30V-13A, 6) 30V-15A, 7) 30V-30A의 일곱 모델로 구성하였고 하우징이 없는 바이메탈 소자의 경우 오염물의 유입에 취약하므로 바이메탈 소자 인근에 오염물(먼지)을 두고 실험을 진행하여 총 세 개의 모델로 구성하였다. 또한, 실험의 변수요인으로 동작시간에 변화를 주며 실험을 진행하였다.



Model 1. | Model 2.

[Figure 7] Circuit diagram

3.1.4 실험 테이블

실험 조건 및 장치에서 기술한 내용을 도식화하여 아래에 표기하였다. Model 1의 경우 교류전원 조건에서 진행하였으며 전류량의 변화는 바이메탈 소자의 최대 허용전류인 15A와 그 절반의 수치인 7A로 공급하였다. 바이메탈 소자가 생활기기 품목에서 주로 사용된다는 점을 고려해 동작시간은 시간(hour)별로 측정하였으며 일부 바이메탈이 설치된 제품 중 사용자가 전원을 상시 공급하여 사용할 수 있는 점을 고려하여 3시간 이상의 동작시간을 측정하여 진행하였다.

Model 2의 경우 직류전원을 공급하고 바이메탈 소자의 최대 허용전류(30A, 5cycles)를 고려하여 Model 1과 동일 조건에서 실험을 진행하였으며 전류량의 변화를 주는 조건의 경우 작동시간을 1시간으로 고정하여 실험을 진행하였다.

Model 3의 경우 Model 1, 2의 동 조건에서 바이메탈 소자 인근에 인위적인 조건을 조성하여 먼지 유입 조건을

ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)

조성하여 실험을 진행하였다.

〈Table 2〉 Model 1

Electric Power	Voltage [V]	Electric current [A]	Operation time [Min]
A.C.	220	7	60
			120
			180
			exceeds 180
		15	60
			12
			18
			exceeds 180

〈Table 3〉 Model 2

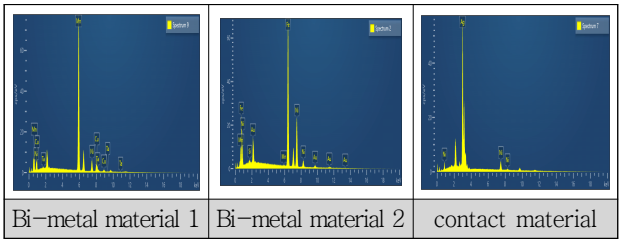
Electric Power	Voltage [V]	Electric current [A]	Operation time [Min]
D.C.	20	15	60
			120
			180
			exceeds 180
	30	5	60
		7	
		10	
		13	
		15	
		30	

〈Table 4〉 Model 3

Electric Power	Voltage [V]	Electric current [A]	Operation time [Min]	Remarks
A.C.	220	15	60	dust
		30		
D.C.	30	30		

3.2 실험 전 바이메탈 성분 분석

실험 진행 후 결과 비교·분석을 위해 실험 진행 전 하우징이 없는 바이메탈 소자의 성분 분석을 진행하였다. 접점의 상태는 Fig. 5-3으로 나타내었으며, 실험에 사용된 바이메탈의 가동접점과 고정접점 모두 황동 소재로 구성되어 있다. 바이메탈의 가동접점 하부 금속은 니켈(Ni)과 철(Fe)의 합금 소재가 주를 이르고 가동접점 상부 금속은 니켈(Ni)과 망간(Mn)의 합금 소재로 이루어져 있다. 또한 접점의 금속은 은(Ag)과 니켈(Ni)의 합금 소재로 구성되어 있다.

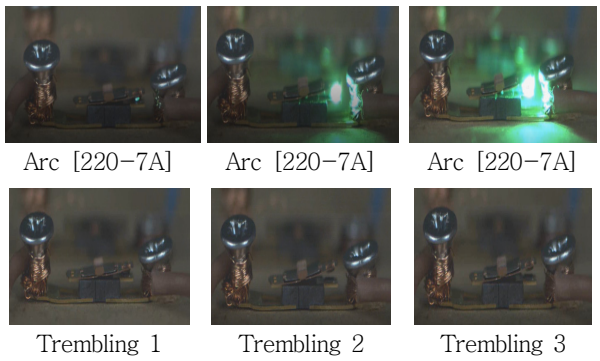


[Figure 8] Bi-metal & contact material

3.3 아크 발생 과정

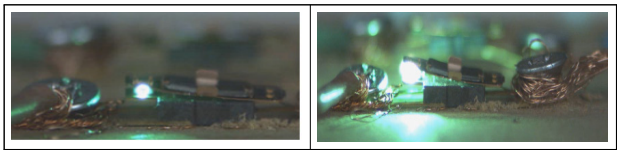
3.3.1 Model 1 [A.C] 교류아크의 발생과정

220V-7A로 인가한 실험 모델에서 육안상으로 아크의 방전이 확인되지 않았으나 초고속 카메라에 아크의 방전을 확인할 수 있다. 시간이 경과 할수록 접점의 탄화 면적은 넓어지고 접점의 변화가 생김을 알 수 있으며, 또한 아크의 방전이 일어남과 동시에 바이메탈의 가동접점이 떨림현상(Trembling)이 식별, 지속되고 완전히 분리되는 것이 보인다.



[Figure 9] Arc & Trembling

220V-15A로 인가한 실험 모델에서 전류량이 커짐에 따라 육안상으로 아크의 방전이 식별되며 초고속 카메라에서 아크의 방전을 확인할 수 있다. 또한 220V-7A로 인가한 실험 모델보다 시간이 경과 할수록 접점의 탄화 면적은 넓어지고 접점의 변화가 생김을 알 수 있으며, 또한 220-7A로 인가한 실험과 마찬가지로 아크의 방전이 일어남과 동시에 바이메탈의 가동접점이 떨림현상이 식별, 지속되고 완전히 분리되는 것이 보인다.



[Figure 10] Arc shape according to current volumee

3.3.2 Model 1 [D.C] 직류아크의 발생과정

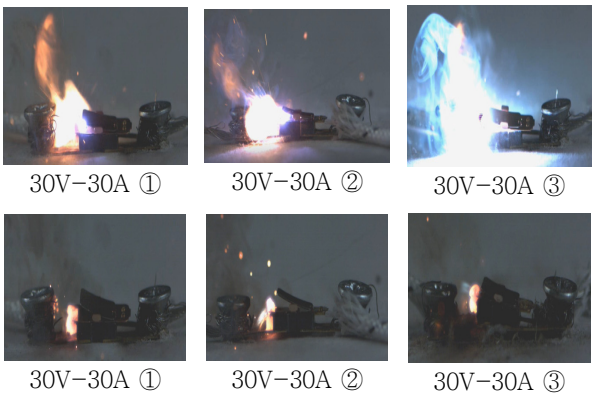
30V-15A로 인가한 실험 모델과 30v-30A로 인가한 실험 모델에서 모두 아크의 방전으로 접점이 용융·융착되었으며 이후 바이메탈 소자가 통전하는 것이 보인다. 특히 아크 발생 직후 데이터로그를 사용하고 온도가 올라감을 알 수 있다.

Arc [1/9] Arc [2/9] Arc [3/9]
Arc [4/9] Arc [5/9] Arc [6/9]
Arc [7/9] Arc [8/9] Arc [9/9]

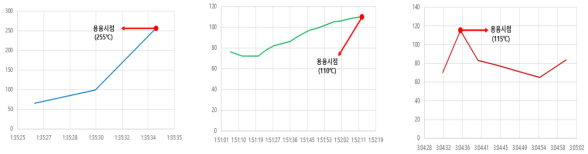
[Figure 11] Using a data log and measuring temperature

3.3.3 Model 1 [D.C] 30v-30a

실험의 신뢰성 확보를 위해 동 조건에서 3회 반복 시행하였으며 3회 시행 결과 모두 바이메탈의 소자가 용융·융착되었다. 직류전원을 인가한 조건에서 모든 시행 군은 전원인가 시점에서 실험 시간 5분 이내[1~2 Cycle] 이내 시점에서 용융·융착되었고 접점의 용융 시점에서 통전이 지속되어 국부적인 발열량 증가로 전원인가를 중지했다.



30V-30A ① 30V-30A ② 30V-30A ③
30V-30A ① 30V-30A ② 30V-30A ③



Graph. 1-1 Graph. 1-2 Graph. 1-3

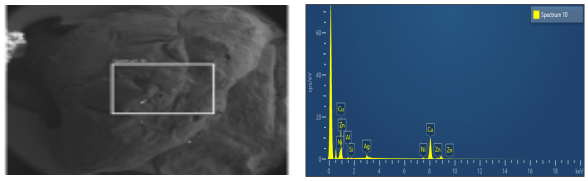
[Figure 12] Temperature data

〈Table 5〉 30V-30A Temperature data measurements(단위:℃)

time (seconds)	1st implementation	time (seconds)	2nd implementation	time (seconds)	3rd implementation
01:35:26	66	1:51:06	76	3:04:32	70
01:35:30	99	1:51:12	72	3:04:36	115
01:35:34	255	1:51:20	72	3:04:40	82.8
	End	1:51:24	78	3:04:44	78.3
		1:51:28	82	3:04:50	70.1
		1:51:36	86	3:04:54	65.1
		1:51:40	91	3:05:00	83.7
		1:51:46	97		End
		1:51:50	99		
		1:51:58	105		
		1:52:02	106		
		1:52:06	108		
		1:52:12	110		
			End		

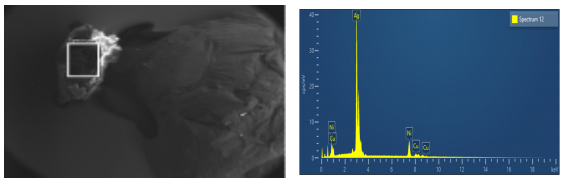
3.3.4 생성된 용융물의 성분 분석

EDX/CEM을 통해 생성된 용융물의 성분 분석을 진행한 결과 구리(Cu), 망간(Mn), 은(Ag), 니켈(Ni), 아연(Zn) 등 성분이 혼합되어 있다. 탄소(C)와 산소(O)는 검출 성분에서 제외했으며 생성된 용융물에서 접점과 바이메탈에서 검출된 성분이 같음을 알 수 있다.



[Figure 13] 30V-15A Component analysis

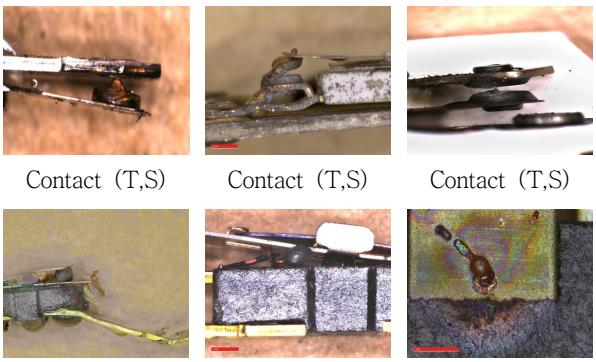
ISSN 1229-6783(Print)
ISSN 2288-1484(Online)



[Figure 14] 30V-30A Component analysis

3.3.5 화재사례 바이메탈과 비교

화재사례에서 보여지는 서모스탯의 접점 용융 상태와 실험으로 얻어진 결과를 보면 가동접점과 고정접점 사이의 용융·융착된 형태를 보이며 미세한 크기의 용융물에 의해서도 통전이 지속될 수 있음을 알 수 있다. 특히 바이메탈을 보호하는 하우징(보호 외곽)이 없기에 이물질에 대한 노출이 비교적 쉬우며 아크방전 발생 시 인근 이물질에 의한 용융물 생성 가능성 또한 확인할 수 있다.



[Figure 15] Contact (T,S),Melting,wire,Melting metal form

3.4 수치 및 결과

실험을 통해 얻어지는 결과는 다음과 같다. 교류전원과 직류전원을 인가한 모든 바이메탈 소자에서 아크방전이 식별되며 소비되는 전력이 높아질수록 아크의 크기가 육안으로 식별될 정도로 커진다.

특히 바이메탈 소자 주변에 이물질이 있는 경우 이물질에 아크가 착화 할 수 있으며 화재 위험성이 증대된다. 또한 실험이 진행된 모든 바이메탈 소자 접점에서 아크에 의한 탄화가 이뤄졌으며 이뿐만 아니라 바이메탈 금속 하부에서 탄화흔적과 용융·융착이 식별된다. 접점의 탄화 더 나아가 용융·융착은 결국 접점의 크기가 줄어드는 결과로 이어지고 이는 접점의 접촉하는 면적의 감소로 이어진다.

특히 직류전원을 인가한 바이메탈 소자에서 일정 전류 이상에서 보여지는 용융·융착 이후 소자의 양 단에 전류가 통전됨을 볼 때 용융 이후에 벌어지는 지속적인 통전으로 국부적인 발열이 예측되며 자동제어 실패로 이어질 수 있음을 시사한다. 용융된 소자에서 검출된 성분은 은과 니켈, 망간 등 접점과 바이메탈 금속이 뒤섞여 있으며 이러한 금속의 덩어리가 소량 탄화, 용융·융착되면 바이메탈이 정상 분리되었음에도 바이메탈과 접점 사이의 용융물로 인해 도전로가 형성됨을 알 수 있다.

교류, 직류 아크에서 보여지는 바이메탈 금속의 탄성에 의해 흔들림이 발생하게 되고 스위치가 정상 복귀 이전에 바이메탈의 흔들림에 따라 아크가 같이 움직인다. 이는 주변의 이물질(먼지, 전선 조각)에 상호 발화할 가능성이 존재한다.

직류전류와 교류전류에서 아크의 차이는 분명히 있다. 교류전류는 동작시간에 따라 양의 값에서 음의 값으로 반복하여 주파수에 따라 이동하며 양의 값에서 음의 값을 반복하기 때문에 전류 영점이 존재하게 되고 바이메탈 소자가 동작하는 시점에서 아크가 발생하더라도 전류 영점에 도달하는 순간 아크가 사라지게 된다.

직류전류의 경우 교류와 다르게 일정한 값을 유지하기 때문에 전류 영점이 부재하고 교류전류와는 다른 방향으로 흘러가게 된다. 교류전원과 직류전원의 특성의 차이는 존재하나 앞서 기술된 사례와 더불어 재현실험의 결과로 볼 때 바이메탈 소자에서 아크에 의한 접점 탄화가 지속되어 생긴 용융물로 도전로가 형성될 수 있음을 알 수 있다.

4. 결론

화재사례 조사 및 재현실험을 통해 온도조절장치의 고장 현상이 명확히 확인되었다. 이는 주로 제어회로의 오작동으로 인한 것으로 보인다.

실험에서 온도센서의 정확도가 저하되어 온도를 정확하게 감지하지 못하거나, 제어 알고리즘이 올바르게 작동하지 않아 온도를 적절하게 제어하지 못하는 상황이 재현되었다.

온도조절장치의 고장 또는 오동작으로 인해 전자제품 내부의 온도가 비정상적으로 상승하면, 주변 부품이나 소재에 불을 일으키는 화재가 발생할 수 있다. 실험에서는 전자 부품이 과열되거나 전기적인 단락으로 인해 발열이 증가하여 주변 소재에 불이 일어나는 상황을 확인할 수 있었다.

온도조절장치의 신뢰성 향상을 위해 부품의 정기적인 점검과 유지보수가 필요하다. 또한 부품 및 회로의 설계 단계부터 신중한 검토가 필요하다.

실제 제품에서 발생하는 고장 현상을 재현하는 실험을 통해 이러한 고장을 조기에 발견하고 대응 할 수 있는 방

안을 마련해야 한다.

사용자에게는 전자제품 사용 시 온도 이상 현상에 대한 주의를 환기하고, 이상 징후가 발견되면 즉시 전문가의 조치를 요청하도록 안내할 필요가 있다.

이 연구에서는 특정한 전자제품에 대한 화재사례와 재현실험을 바탕으로 분석을 수행하였으며, 다양한 제품 및 환경에서의 실험을 통해 일반화할 수 있는 한계가 있었다.

또한 실험에서 재현되는 고장 현상이 실제 화재 사례와 완벽하게 일치하지 않을 수 있으며, 추가 연구가 필요하다.

이와 같이 화재사례 및 재현실험을 통한 분석을 통해 온도조절장치 고장 및 오동작으로 인한 전자제품 화재 메커니즘을 이해하고, 이에 대한 대응책을 마련할 수 있다.

5. References

[1] S. Y. Kim(2011), "A Study on the Fire Risk of Tracking Thermostat (A Study on the Mechanism of Tracking of Thermostat in Cold and Hot Water Purifiers and Identification and Appraisal Techniques)." Proceedings of the Korean Society of Fire and Fire Protection, 44-47.

[2] H. K. Kim, D. W. Kim, H. J. Gil, H. S. Choi(2012), "Analysis of Electrical Fire Risk of Bimetallic Thermostat." Proceedings of the Korean Society of Fire Protection.

[3] National Technical Specification Safety Standards for Power Appliances (K60335-2-21), Safety of Household and Similar Electrical Appliances Part 2-21, 22.114

[4] D. O. Kim, K. Y. Lee, H. K. Kim, Y. S. Chung(2012), "A Study on the Electrical Singularity of Parallel Arcs." Proceedings of the Korean Society of Fire and Fire Protection Conference, 452-455.

[5] C. E. Park, J. G. Yoo, J. C. Goo, H. S. Kim(2009), "Evaluation of Operation Reliability of Arc Circuit Breaker for Prevention of Electrical Fires Caused by Arc." Proceedings of the Korean Electrical Society, 169-171.

[6] H. K. Kwon(2013), A Case Study of Water Purifier Fires.

[7] S. Y. Kim(2011), Central Fire Academy Fire Science Laboratory(2011).

[8] Study of the fire hazard of thermostats caused by contaminants.

[9] C. S. Choi(2012), Evaluation of Combustion Spread Pattern and Fire Risk of Water Purifier Burned by General Flame.

[10] Co-authored by Choi Chung-seok and 5 others, Electrical and Fire Engineering, Donghwa Technology.

[11] S. J. Kim, W. Y. Kim, S. Y. Lee(2015), "An Analysis of the Relationship between Environmental Factors and Landslide Hazard in Korea." The Korean Association of Professional Geographers, 49(3): 267-282.

[12] J. I. Lee(2022). "Natural Disasters and Umyeonsan Disaster Accidents from a Feng Shui Geographical Perspective." Korea Safety Management & Science, 24(4):49-59.

저자 소개

이 정 일

현재 서울소방재난본부, 한성대학교 산업안전공학과 공학사, 한성대학교 경영학석사(재난관리), 광운대학교 행정학박사(위기관리), 동방대학원대학교 교육학박사(상담심리)를 취득하였음.

서울소방재난본부, 서울시립대학교 도시방재연구소, 국민안전처, 소방청, 중앙소방학교

관심 분야 : 재난관리, 위기관리, 상담심리, 소방전반 등

임 종 화

현재 영등포소방서 현장대응단 근무.

강원대학교 소방방재공학과 졸업,

관심 분야 : 화재조사 및 감식, 재난관리, 소방행정 등