

안전장치 없는 시즈히터에 대한 사용중 발화 가능성 연구 (화재사례를 중심으로)

The Study of the Fire Possibility of Sheath Heater without Safety Device in Use
(Focused on the fire cases)

경기도지방경찰청 문용수
경기도지방경찰청 명정호
경기소방재난본부 최진만
삼성전자 PL파트 김용수

Abstract

The purpose of this study on the sheath heater having high occurrence of fires in a small work place because of not having the safety device, was to find out the characteristics required in the field examination of the fires in the courses of investigation.

The results of the experiments conducted and reviewed on the basis of the fire cases whose conditions of the ignition possibility were divided into A, B, C and D are as follows:

When the sheath heater without safety device is left on the condition of the heat accumulation of which the temperature rapidly rise, and then ignite the inflammables of the surroundings. In such cases, it was characterized that the color change trace appeared even if no short trace was discovered in the power line.

요 약

본 연구는 소규모 작업장내 화재사건 중 발생 빈도가 높은 부분에 속하는 유행인 안전장치 없는 시즈히터(sheath heater)의 사용중 발생하는 화재사례에 대한 현장 조사에서 필요한 감정·감식 상의 특이점을 알아보기 위해 사례를 바탕으로한 발화 가능 조건을 A,B,C,D로 분류하여 실험을 수행·검토한바, 안전장치가 없는 시즈히터는 사용중 축열조건으로 방치할 경우 급격히 온도가 상승하여 주변가연물에 착화되었으며, 그러한 경우 전원선에서 단락흔의 발견이 없는 경우라도 히터 발열부에 변색흔 등이 관찰되는 특징점을 확인할 수 있었다.

1. 서론

현재 우리나라는 경제 발전과 더불어 대규모 중·대형 이상의 산업현장은 화재 및 산업안전에 대한 인식이 어느 정도 자리잡고 있는 시점에 있으나, 아직까지 가내 수공업 형태의 1인 또는 2인 정도로 운영하는 영세 소규모 작업장은 화재 위험성에 대한 안전의식의 부족과 영세한 작업 환경 속에서 여러 가지 화재의 위험성이 존재하고 또한 이러한 요인들로

화재가 발생한다. 이러한 소규모 작업장내 지금까지 조사된 발생 원인 중 발생 빈도가 다소 높은 부분에 속하는 안전장치가 없는 시즈히터(sheath heater)의 사용중 부주의로 인한 방치 상태에서 과열 발화 사례가 빈번하여 사례 소개를 통한 조사 방법에 대한 의문점을 제시하고, 동일 조건에서 화재실험을 수행하여 화재조사 방법에 대한 특징점을 찾자 한다.

2. 시즈히터 관련 화재사건 통계 (경기도 입장사건)

2002년과 2003년 경기도내 30개 경찰서에서 화재조사의뢰된 경기도방경찰청 형사과 과학수사계 입장 화재현장을 표 1과 같이 정리한바, 공장 화재사건의 2년 평균 8.7%가 시즈히터의 사용중 부주의로 발생한 화재로 추정됨.

표 1. 경기청 화재통계(2002년~2003년)

연도별	구분	경 기 청 총 입장건	공장화재 입장 건	시즈히터 발화원인	총 입장건 대비 시즈히터 원인 율	공장화재 대비 시즈히터 원인 율
2002		176	47건	5건	2.8%	10.6%
2003		243	59건	4건	1.6%	6.8%

3. 화재사례 소개

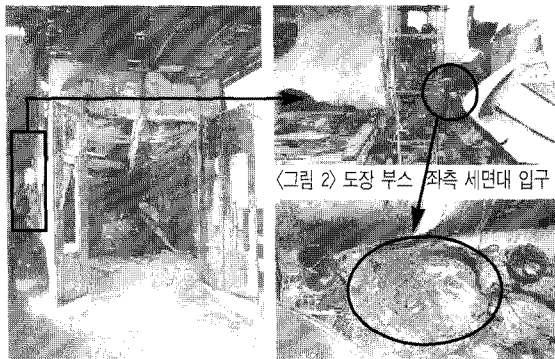
3.1 사례

3.1.1 발생일시 및 장소

2003년 12월 0일 03:00경 경기도 00시 0동 소재 공업사 건물 2층 차량 도장부스에서 화재 발생.

3.1.2 조사 및 감정내용

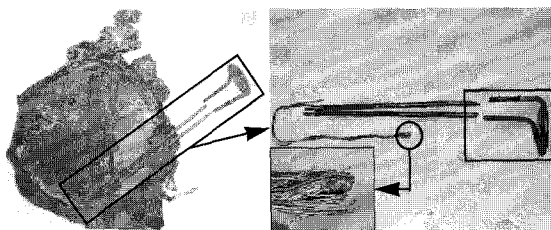
모든 작업자가 오후 9시경 퇴근한 상태이며, 도장부스는 작업을 마치고 퇴근 전에 도장 부스용 분전반의 전원을 차단하고 퇴근하였고, 최초 도착한 소방대의 진술은 1층 출입문과 창문 등은 모두 시정 상태임.



〈그림 1〉 2층 도장 부스를 촬영 〈그림 2〉 세면장 바닥의 온수통

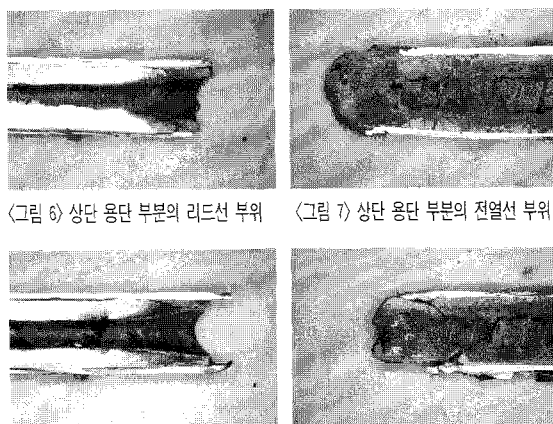
현장은 그림 1과 같이 2층내 도장 부스 좌측부를 중심으로 소훼 및 붕괴된 형상이며, 도장부스의 내부 조명등, 분전반,

컨트롤박스, 송풍기, 보일러(기름 보일러) 등에서는 출화의 가능성이 있는 특이점을 발견할 수 없었으나, 도장부스 좌측 외부에 위치한 세면대 바닥에서 그림 2, 그림 3과 같이 합성수지 용기(일명 고무다라이)와 시즈히터가 바닥에 용착 상태로 발견되었으며, 세면대 바닥을 중심으로 수열되어 연소 확산된 소훼 붕괴 상태가 주변에 형성되어 있어 그 부분을 최초 발화부로 추정하여 발화부에서 용착된 용기 및 시즈히터 등을 수거함.



〈그림 4〉 발화부 수거물 〈그림 5〉 용용된 용기에서 분리한 시즈히터

그림 4는 현장 발화부에서 수거한 증거물로 용용된 용기 상단에 발열부가 절단된 시즈히터가 부착되어 있었고, 용기에 용착된 □→시즈히터를 분리해서 촬영한 그림 5사건으로, ○전원선(3.5mm×2C 규격) 끝단에 단락흔이 식별되며, □발열부가 전체적으로 과열된 형상이고, 열변형 및 탄화흔적 등의 과열형상이 식별되며, 리드와 전열선이 접합된 부분에서 금속보호관, 절연재, 리드단자, 전열선 일부분이 용용되고 소실된 상태임.



〈그림 6〉 상단 용단 부분의 리드선 부위 〈그림 7〉 상단 용단 부분의 전열선 부위

〈그림 8〉 하단 용단 부분의 리드선 부위 〈그림 9〉 하단 용단 부분의 전열선 부위

그림 6과 그림 7은 리드선과 전열선이 연결되어 있던 부분으로 과열로 인한 용용 절단 상태이며, 그림 8과 그림 9도

한 연결 부분이 용융 절단된 상태임.

3.1.3 결과

이상의 현장 상황과 조사감정 결과를 종합한바, 최초 화재가 발생되었다는 도장부스는 현장조사 과정에서 발화부에서 배제되었으며, 도장부스 좌측 안쪽에 위치한 세면대 바닥을 중심으로 연소 확산된 소회흔 등이 관찰되어 그 부분을 최초 발화부로 추정하며, 발화부에서 유일하게 착화원으로 작용할 수 있는 시즈히터를 수거하여 감정한 결과 전원선에 단락흔이 식별되어 통전 상태로 확인되었으며, 발열부에 과열 변색흔이 관찰되며, 리드선과 전원선의 접합부 2개소가 용단 상태로 식별되어 물통내 시즈히터를 통전 상태에서 장시간 방치한 결과 내부 물이 증발하여 노출된 발열선이 과열되고 근접한 합성수지 물통(일명 고무다라이)에 착화되어 발화한 것으로 판단됨

3.1.4 사례에 대한 의문점

3.1 사례에 대한 다음과 같은 의문점을 제시한다.

- (1) 시즈히터를 사용중 용기내 물의 량에 따른 증발 시간은 어떤가?
- (2) 시즈히터가 물이 없는 상태에서 합성수지 용기에 착화될 수 있는 온도와 시간 어떤가?
- (3) 시즈히터 접합부(전열선, 리드선, 금속보호관, 절연재)의 용융 온도와 내부 접합부에 결함 없이 과열로 용단 가능여부.

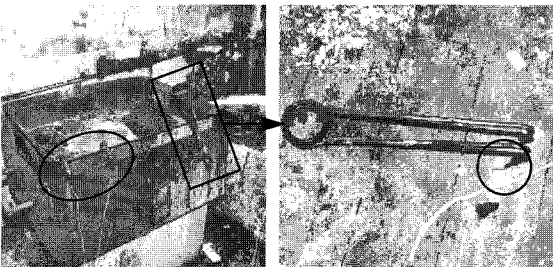
3.2 사례

3.2.1 발생일시 및 장소

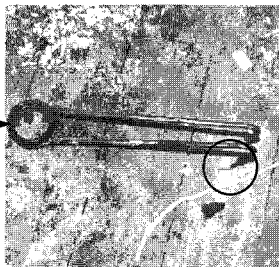
2002년 00월 0일 06:40경 경기도 ○○시 ○동 소재 공업사 연마탱크 내에서 화재 발생.

3.2.2 조사 및 감정내용

모든 작업자가 오후 7시경 퇴근한 상태이며, 외부 침입흔은 없는 상태임.



〈그림 10〉 연마 용기

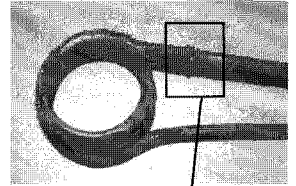


〈그림 11〉 우측 시즈히터 수거

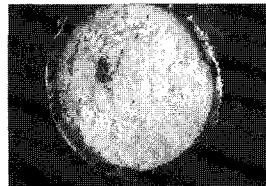
그림 10.의 연마용기는 산성용액을 가열하여 제품의 표면을 연마시키는 용도로 사용하는 것으로, 당시 용기내 통전 상태로 좌·우 2개의 시즈히터를 용액내 삽입하여 사용중 화재가 발생한 현장으로, 그림 11.이 우측 시즈히터를 수거하여 촬영한 것으로, ○전원선 끝단에 단락흔이 관찰됨.



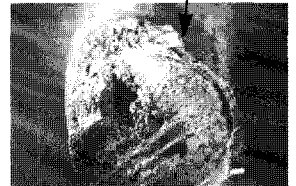
〈그림 12〉 연마 용기 내부



〈그림 13〉 수거한 시터 발열부



〈그림 14〉 연마통내 시즈히터 단면



〈그림 15〉 수거한 시즈히터의 용융부 단면

3.2.3 결과

이상의 현장 상황과 수거물에 대한 감정 결과를 종합한바, 화재가 발생한 연마용기는 산성 연마용액을 가열해서 금속 표면을 부식시켜 연마하는 용기로 내부 용액이 있던 부분까지는 그을음 부착흔이 없어 용액은 충분한 상태로 있었을 것으로 추정되고, 용기내 2개의 시즈히터 중에서 좌측 히터는 전혀 손상 및 발열흔이 없으나, 우측 히터는 발열부가 심하게 변색 용융되어 있으며, 전원선에서도 단락흔이 발견되는바, 우측 시즈히터는 입장당시 용기내 있었으나, 좌측 히터와 대조적인 발열흔이 관찰되어 용기 외에 노출되어 출화된 것으로 판단됨.

3.2.4 사례에 대한 의문점

3.2 사례에 대한 다음과 같은 의문점을 제시한다.

- (1) 시즈히터를 사용중 용기내 액체속에서 절연이 파괴 된다면 전원선에 과전류에 의한 출화 가능성이 있는가?
- (2) 용기내 2개의 시즈히터의 발열부 변색 차이는?

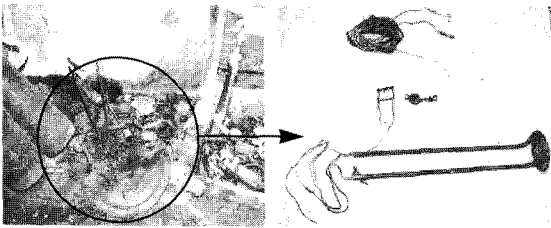
3.3 사례

3.3.1 발생일시 및 장소

2004년 2월 ○일 15:00경 경기도 ○○시 ○동 소재 용접 작업장(1인 작업장)내 화재 발생.

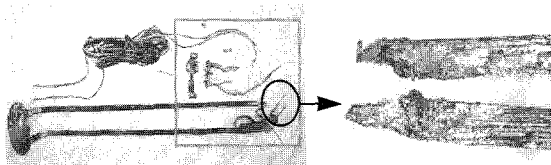
3.3.2 조사 및 감정내용

피해자가 전일(토요일) 작업을 마치고 오후 6시 퇴근 후 화재 발생 당일(일요일) 오후 3시 화재 발생, 목격자의 진술은 단현있는 용접 작업장 출입문에서 연기가 나고, 약 5분 후 화염이 발생했다는 진술이며, 피해자의 진술은 출입문 안쪽 세면대 옆 물통내 시즈히터를 사용해서 온수를 사용하는데 항상 전원플러그를 콘센트에 삽입한 상태로 퇴근을 했고, 아직까지 아무런 사고가 없었으며, 안전한 것으로 생각한다는 진술임.



〈그림 16〉 현장 세면대 주변 〈그림 17〉 현장에서 수거한 시즈히터 등

그림 16.은 출입문 안쪽에 위치한 세면장 주변을 촬영한 사진으로, ○바닥에 합성수지 용기(일명 고무다라이) 상단에 시즈히터가 서있는 상태로 용착되어 있으며, 그림 17.은 히터 및 전원선과 플러그를 포함한 2구용 콘센트를 수거한 사진임.



〈그림 18〉 수거한 히터 등 〈그림 19〉 전원선 끝단



〈그림 20〉 발열부 상단 〈그림 21〉 발열부 하단

그림 18.은 현장에서 수거한 시즈히터 등을 촬영한 사진으로, 2구용 콘센트에 히터 전원(37/0.26mm)과 같은 규격의 플러그가 삽입 상태이며, 히터 단자에 연결된 전원선(37/0.26mm)의 끝단에는 화염에 의한 용융흔이 관찰되나 용융흔 이전에 단락흔이 형성되었을 가능성이 있으며, 히터 발열부는 용단은 없으나, 녹이 슬어 있는 발열 변색흔이 관찰됨.

2.2.3 결과

이상의 현장 상황과 조사감정 결과를 종합한바, 세면대 좌

측에 위치한 온수통과 후면 샌드위치 패널 벽면에 수열흔이 온수통을 중심으로 연소 확산된 소해 상태가 관찰되어 그 부분을 최초 발화부로 추정하며, 발화부에서 수거한 시즈히터 전원선에서 화염에 의한 용융흔이 관찰되나, 시즈히터 전원선과 동일 규격의 전원선 플러그가 콘센트에 삽입되어 있는 것으로 확인되어 당시 통전 상태인 것으로 판단되고, 히터 발열부에서 과열흔 등이 관찰되는 것으로 보아 온수통내 시즈히터를 통전 상태에서 장시간 방치한 결과 내부 물이 증발하여 노출된 발열부가 과열되고 근접한 합성수지 물통(일명 고무다라이)에 착화되어 발화한 것으로 판단됨.

3.3.4 사례에 대한 의문점

3.3.4.1 사례에 대한 다음과 같은 의문점은 3.1.4.1 사례의 의문점을 포함한다.

- (1) 현장에서 수거한 시즈히터 전원선에서 단락흔이 없으며, 플러그 및 콘센트 등이 발견되지 않는 통전 여부를 확인할 수 없는 경우 발열부의 변색흔(과열흔)만의 관찰로 착화 가능성을 판단할 수 있는가?
- (2) 시즈히터 과열 용기 착화 화재의 경우 연소 확산과정에 히터 전원선에서 단락흔을 형성할 수 없는 경우는?

4. 시즈히터의 구조

시즈(피복 파이프)히터는 그림 16.과 같이 금속 파이프의 중간에 코일 형태의 전열선(Ni-Cr계열)을 통과시켜서 파이프(SUS, INCOLOY)와 전열선과의 접촉을 방지하기 위해 산화마그네슘(Magnesia) 등의 내열성 무기질 절연 분말 재료를 봉입한 것으로, 파이프의 양쪽 끝부분이 밀봉된 형태로 되어 있다. 다른 발열체는 전열선이 공기 중에 노출되어 있으므로 수명이 길지 않지만, 시즈히터는 완전하게 밀봉되어 있으므로 긴 수명을 가지고 있으며, 물 속에서도 사용 가능하여 여러 용도로 사용됨.

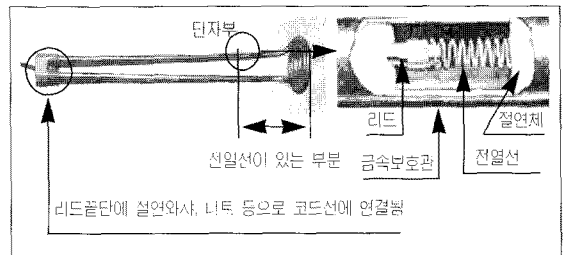


그림 22. 시즈히터 구조

5. 실험방법

본 연구는 소개된 시즈히터 발화 사례에 대한 감식·감정상의 의문점을 기초로하여 사례와 같은 조건의 일반적으로 물통 용도로 사용하는 합성수지 용기(일명: 고무다라이)내 물이 없는 상태에서 전원(디젤발전기 50kw, 단상 220V, 단락 차단회로: 50A 전자식 배선용차단기, 30A 전자식 누전차단기, 30A 열동식 배선용차단기로 구성)이 인가된 시즈히터(1.5kw, 3kw)를 삽입하여 가열하였고, 물의 증발 온도와 시간을 파악코자 용기내 물 2L를 넣고 시즈히터를 가열, 시즈히터로 가열하는 동안 물의 증발 속도 및 온도, 연기발생 시점(온도, 시간), 착화 시점(온도, 시간), 온도변화 형태, 착화부분 위치 및 형태 등을 체크하기 위해 표 2, 그림 23.과 같이 각각의 조건으로 A, B, C, D로 분류하여 나누어 실험을 진행하였으며, 온도 측정은 열화상 카메라(비접촉식)를 이용하여 용기 내부에 삽입된 전열부를 포인트로 고정하여 측정하였다.

그리고 부가적으로 착화원이 없는 상태에서 1.5kw, 3kw 시즈히터의 최고 온도 상승 정도 측정기로 하였음.

표 2. 실험 조건 분류

조건	시즈히터(용량, 전원)	용기내 물의 량	비고
A	소비전력1.5kw, 전압220V	.	용기내 물이 전혀 없는 상태의 1.5kw 히터사용
B	소비전력1.5kw, 전압220V	2L	용기내 물(2L)이 있는 상태의 1.5kw 히터사용
C	소비전력 3kw, 전압220V	.	용기내 물이 전혀 없는 상태의 3kw 히터사용
D	소비전력 3kw, 전압220V	2L	용기내 물(2L)이 있는 상태의 3kw 히터사용

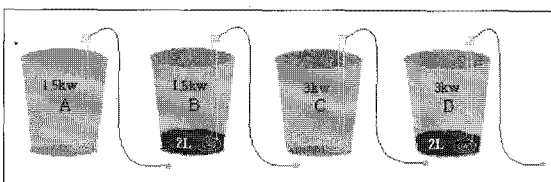
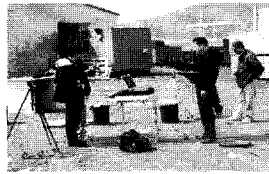
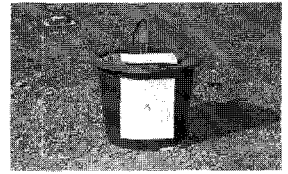


그림 23. 실험 조건 그림

※참고 : 실험은 그림 24. 그림 25.과 같이 야외에서 수행한 관계로 소개된 사례의 건물내 조건에 비해 축열 조건의 차이가 있었을 것으로 판단됨.



<그림 24> 야외 실험 장면



<그림 25> 실험 장면

6. 실험결과

6.1 실험 조건별 특이점 및 온도 측정 결과

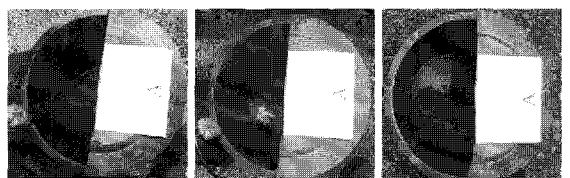
실험방법의 A, B, C, D 조건으로 분류된 실험을 진행하여 표 3. 실험결과 같이 시간 변화에 따른 온도의 변화, 착화시점 및 특이 사항을 나타내었다.

표 3. 실험 결과

분	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	비고
A	604															1분50초 연기발생(450°C) 1분58초 용기착화(604°C)
B	164	145	144	147	157	176	194	208	227	259	290	297	447	671	683	70분40초 연기발생(651°C) 71분10초 용기착화(683°C)
C	589															1분08초 연기발생(488°C) 1분17초 용기착화(589°C)
D	510	512	566	547	619	577	670									33분27초 연기발생(658°C) 33분55초 용기착화(670°C)

6.2 A실험 조건의 결과

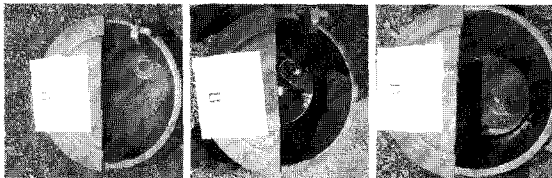
소비전력 1.5kw용량의 시즈히터를 물이 없는 합성수지 용기(일명 고무다라이)내 시즈히터에 전원을 인가한 결과 온도가 급격히 상승하여 그림 26.과 같이 1분 50초(450°C)가 경과한 상태에서 연기가 발생했으며, 그 후 그림 27.과 같이 8초 후(총 1분 58초 경과) 용기 바닥에 착화(604°C)되었고, 그림 28.와 같은 시즈히터 바닥이 닿은 면에 원형 탄화 용융흔을 나타냄.



<그림 26>연기가 발생하는 장면 <그림 27>착화된 장면 <그림 28>소화 후 바닥 상태

6.3 B실험 조건의 결과

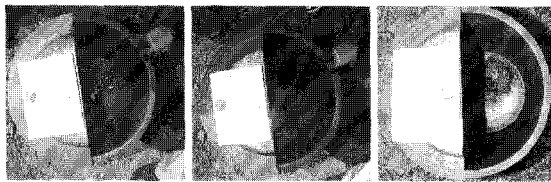
소비전력 1.5kw용량의 시즈히터를 물 2L를 넣은 합성수지 용기(일명 고무다라이)내 시즈히터에 전원을 인가한 결과 물 2L가 약 70분 동안 그림 29.과 같이 끓으면서 증발하였고, 물이 끓는 동안의 온도는 200°C내외로 완만히 증가하다가 물이 거의 소진될 시점인 65분대에 400°C 이상 온도가 급격히 증가하여 바닥이 들어나면서 시즈히터와 바닥이 닿는 면에서 70분 40초에 연기발생(651°C) 후 71분 10초에 그림 30.과 같이 착화(683°C)되었다가 곧 불이 커지고 다시 착화하여 화염이 지속적으로 확산되어 소화, 그림 31.과 같은 시즈히터 바닥이 닿은 면에 탄화 용융흔을 나타냄.



〈그림 29〉물이 끓는 장면 〈그림 30〉착화된 장면 〈그림 31〉소화 후 바닥 상태

6.4 C실험 조건의 결과

소비전력 3kw용량의 시즈히터를 물이 없는 합성수지 용기(일명 고무다라이)내 시즈히터에 전원을 인가한 결과 1.5kw용량의 히터에 비해 급격히 온도가 승하여 그림 31.과 같이 1분 8초(488°C)가 경과한 상태에서 화염을 동반한 연기가 발생했으며, 그 후 그림 32.과 같이 9초 후(총 1분 17초 경과) 용기 바닥에 착화(589°C) 연소확산, 그림 33.와 같은 시즈히터 바닥이 닿은 면에 원형 탄화 용융흔을 나타냄.

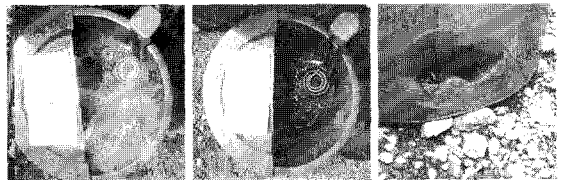


〈그림 31〉화염과 연기발생 〈그림 32〉착화 연소 확산 〈그림 33〉소화 후 바닥 상태

6.5 D실험 조건의 결과

소비전력 3kw용량의 시즈히터를 물 2L를 넣은 합성수지 용기(일명 고무다라이)내 시즈히터에 전원을 인가한 결과 용기내 물 2L가 B조건 보다는 2배 이상 빠른 시간인 30분 동안 그림 34.과 같이 끓으면서 증발하였고, 물이 끓는 동안의 온도는 500°C 이상 완만히 증가하다가 물이 거의 소진될 시점인

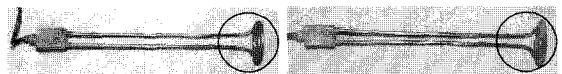
30분대에 600°C 이상 온도가 증가하였으나, 물이 완전 소진되지 않고 용기 바닥에 잔류하고 있는 상태에서 33분 27초에 바닥이 아닌 용기 측면과 히터 발열부 목 부분과 접촉된 부위에서 외관이 변형되면서 연기(658°C)가 발생하고, 33분 55초에 그림 35.과 같이 용기 측면에 착화(670°C), 소화 후 용기를 관찰한바, 용기 내부 바닥에는 탄화 용융흔이 전혀 없으며, 그림 36.와 같이 용기 측면 내측과 외측에 동시에 화염이 진행된 탄화 용융 변형흔이 관찰됨. 그리고 부가적으로 측정된 1.5kw시즈히터의 최고 온도의 측정치는 871°C이며, 3kw시즈히터의 최고 온도 측면치는 941°C임.



〈그림 34〉물이 끓는 상태 〈그림 35〉측면에 착화 상태 〈그림 36〉용기 외관 상태

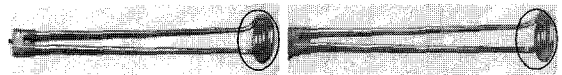
7. 결과 대한 A, B, C, D 시즈히터 비교 관찰

각 조건으로 실험한 시즈히터의 외관 및 발열부를 촬영한 것이 그림 37.~그림 44.로, 각 조건의 시즈히터 마다 정도의 차이는 있지만 동일하게 0 발열부만 변색 상태가 관찰됨.



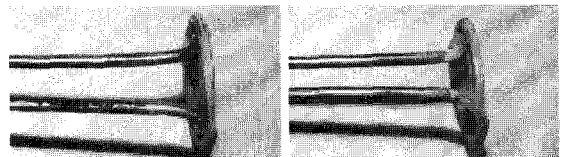
〈그림 37〉 A시즈히터

〈그림 38〉 B시즈히터



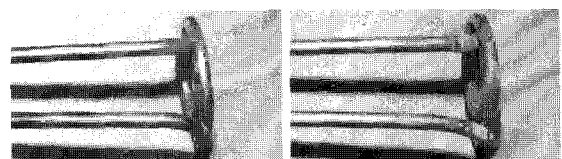
〈그림 39〉 C시즈히터

〈그림 40〉 D시즈히터



〈그림 41〉 A시즈히터 발열부

〈그림 42〉 B시즈히터 발열부



〈그림 43〉 C시즈히터 발열부

〈그림 44〉 D시즈히터 발열부

8. 사례의 의문점에 대한 실험결과 검토

8.1 사례3. 1의 의문점으로, 용기내 물의 증발 시간 및 온도에 대한 검토.

용기내 물 2L를 넣고 실험한 B조건과 D조건을 그림 45.와 같이 그래프로 비교한 결과, B조건(1.5kw)의 경우 D조건(3kw)에 시즈히터의 발열부에 비하여 높이가 낮아 발열부 전체가 물속에 담겨있어 온도가 전체적으로 D조건에 비하여 낮은 상태로 나타내었고, B조건에 물 2L가 증발하는데는 약 70분 정도 시간이 소요되었으며, 발열부가 일부가 노출 상태로 물을 증발시킨 D조건은 물 2L를 증발시키는데 약 30분 정도 소요됨.

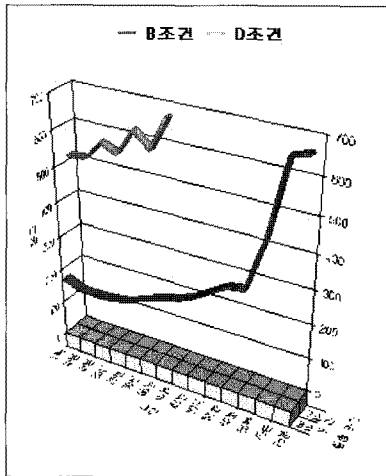


그림 45. B, D조건에 온도 상승 곡선

8.2 사례3. 1의 의문점으로, 물이 없는 용기내 착화될 수 있는 온도 시간 검토

용기내 물이 없는 A조건과 C조건에 대한 실험결과 A조건은 전원인가 후 1분 58초, 604°C 온도에 용기에 착화되었으며, C조건은 1분 17초, 589°C에 용기에 착화되어 거의 전원을 인가 후 2분 이내에 급격히 온도가 상승 착화하는 것으로 나타냄.

8.3 사례3. 1의 의문점으로, 시즈히터의 접합부의 용융 온도와 내부 결함 없이 과열로 용단 가능여부 검토

사례 3.1과 사례3.2의 경우 시즈히터의 리드선과 전열선의 접속 부분이 용단된 형태로 사례 3.1의 경우는 물이 없는 상

태에서 용단된 형태이며, 사례 3.2의 경우는 용액이 있는 용액내 시즈히터의 용단 상태이다. 히터의 접속부는 리드선(구리 용점 1,000°C, 철 용점 1,535°C), 절연재(산화마그네슘, 용점 2826°C), 전열선(니크롬선, 최고사용온도 1,200°C), 의 금속 온도 특성을 가지고 있어 용액이 있는 없는 경우 실험결과 발열부의 온도가 급속히 1,000°C 가까이 상승(용기내 축열조건이라면 1,000 이상 상승할 것으로 판단)한 결과를 나타내므로, 고온의 분위기에서 접속부의 리드선이 용융되어 절연을 파괴시킬 수 있는 조건과 리드선과 전열선의 접속부의 접촉 저항의 증가로 전열선 보다 온도가 더 증가하여 발열로 용단될 가능성으로 추정되며, 용기내 용액내 시즈히터 용단은 접속부가 축열 조건이 되지않아, 전열선이 용융온도가 상승할 수 없는 조건으로, 용액(산성용액)에 의한 보호관의 부식, 접속부의 결함 등의 원인으로 절연 파괴가 선행된 후 용단된 것으로 추정되나, 사례 3.2의 경우는 추가적인 2차 실험을 통하여 확인이 가능한 의문점임.

8.4 사례3.2의 의문점으로, 용기내 시즈히터가 액체속에서 절연이 파괴된다면 전원선에 과전류로 인한 출화 가능여부.

액체속에서 절연이 파괴된다면 리드선이나 전열선이 보호관과 단락되는 것으로 추정되나 본 실험에서는 절연파괴시 과전류가 어느정도 흐르는가는 파악치 못하였고, 그 과전류량이 과연 전원선에 주울열을 발생시켜 전원선에 2차 단락형성 가능성을 2차 실험을 통하여 확인이 필요함.

8.5 사례3.2의 의문점으로 용기내 2개의 시즈히터의 변색의 차이에 대한 검토

실험 A, B, C, D의 결과 과열된 시즈히터는 발열부가 정도의 차이는 있지만 과열 변색되는 점이 관찰되나, 사례 3.2의 경우는 용액내 축열이 되지않는 조건에서 두 개의 시즈히터 중에서 좌측은 변색흔이 없고 우측은 발열부가 변색 및 용단된 상태로, 두 개의 히터가 같은 조건하에 발생한 화재로 원인이 되는 히터가 외관상 변색흔과 용단 상태를 보이고 있으나, 본 실험 결과 중에서는 의문점에 대한 검토할 자료를 파악치 못하였음(변색된 히터는 용기 외부에 있었을 것으로 추정).

8.6 사례3.3의 의문점으로, 시즈히터의 전원선

에 단락흔이 없는 경우, 시즈히터의 발열부의 형상 식별만으로 착화 가능성 여부 검토

사례 3.2에서와 같이 용기내 좌측의 통전중인 시즈히터 (그림 12.)가 과열되지 않고 액체내에 있다면 과열 벽색흔이 나 용단 상태가 없는 것과 대조적으로 실험결과 물이 증발되어 없는 시즈히터나 물이 없는 조건의 시즈히터 모두 발열부가 벽색되는 특징점을 보이고 있어 과열되지 않은 정상적인 시즈히터에서는 볼 수 없는 벽색흔으로 단락흔 발견등 통전여부를 알 수 있는 시즈히터라도 발열부에 과열흔이 관찰된다면 용기 등의 착화 가능성으로 추정해야할 것으로 판단됨.

8.6 사례3.3의 의문점으로, 시즈히터 과열 용기 에 착화된 경우 연소 확산과정에서 전원선 등 에 단락흔을 형성할 수 없는 경우에 대한 검토

본 실험 결과 중에서는 의문점에 대한 검토할 자료를 파악
치 못하였음.

9. 결론

안전장치가 없는 시즈히터에 대한 용기내 착화 가능 조건
을 실험 검토한바, 소개된 사례에서 나타난 의문점을 검토하
기에는 실험 조건이 다소 부족한 것으로 판단되어 2차 실험
을 통한 종합결론으로 완결할 계획이며, 본 실험을 통해 얻은
결론을 다음과 같이 정리할 수 있다.

1. 용기내 안전장치 없는 시즈히터를 사용중 용액이 증발
되어 발열부가 노출되어 용기에 접촉된다면 2분 이내 급
속히 온도가 상승하여 착화 되었다.
2. 용기내 물이 완전 소진(증발)되기 전에 용기 측면에 착
화된 경우 용기 바닥에는 용융흔적을 형성하지 않을 수
있다.
3. 시즈히터 자체의 발열 최고 온도를 측정하바, 941℃ 까지
상승하였다.
4. 사례 3.2에서 사용중이나 과열되지 않은 시즈히터와 실험
을 통해 과열 상태에서 용기에 착화된 시즈히터를 비
교한바, 과열된 시즈히터는 발열부에 변색되는 특징점이
관찰되었다.
5. 용기내 소비전력 1.5kw용량의 시즈히터로 물 2L를 가
열한 경우 모두 증발시키는데 약70분이 소요되었으며,
3kw용량의 시즈히터는 약30분이 소요되었다.

■ 참고 문헌

1. 경기지방경찰청, “화재현장접수대장” 2002, 2003.
2. 경기지방경찰청, “화재현장 조사결과” 2002-76호,
2003-224호, 2004-47호.
3. 김만진, “전기안전용어사전”, 성안당, 2000.
4. 김정규, 최락삼, “기계재료학”, 문운당, 2001.
4. 홈페이지, www.daehanheater.co.kr 시즈히터 용도