

## 쿡탑(전기렌지) 화재

“Mark Goodson”은 화재조사의 기본적인 규칙은 열린 마음을 유지하는 것이라고 했다. 당연한 것이지만, 전기렌지에 의해 일어났다고 믿는 화재에 대하여 열린 마음을 유지하기란 어려운 일이다.

보통 사전조사는 전기렌지가 방치된 채 남겨지고, 그 결과 불이 난다는 것을 고객에게 충고한다.

우리는 당연히 무한 조정장치가 있는 전통적인 쿡탑(전기렌지)이 스스로 켜지는 것은 불가능하다고 생각한다.

아래 요약문에서 쿡탑(전기렌지)의 작동원리와 고장유형에 대해 언급하고자 한다.

### <작동원리>

쿡탑(전기렌지)을 분석할 때 먼저 이 기구가 다른 조리기구들과 다르다는 것을 알아야만 한다. 일반적인 오븐은 조리법에 따라 온도를 설정하면 설정된 시간동안 조리가 된다. 이러한 관점에서 오븐은 사용자에게 최소한의 주의를 요구한다. 그러나 쿡탑은 사용자가 피드백과 제어시스템의 한 부분으로서 종종 많은 감시를 필요로 한다.

가장 단순한 형태로서 ‘조리’라는 것은 단순히 열전달의 결과물이다. - 원하는 온도까지 음식물의 온도를 올리는 충분한 열유속 Q를 전달하는 것이다. 그 변수는 다음을 포함한다.

- 이용 가능한 버너(연소기)의 열
- 그릇(팬, 포트)의 크기와 모양
- 그릇의 재료(구리, 알루미늄, 강철, 철)
- 음식의 양, 모양
- 수분 함유량
- 쿡탑(전기렌지)의 버너 표면재료
- 버너로부터 열전달 속도

사용자는 조리가 끝날 때까지 위의 변수(어떤 것은 다른 것에 의존하는)들을 고려하여 버너의 열출력을 조절해야 한다. 이것은 사용자가 피드백을 제공하는 매우 복잡한 제어시스템이다. 알맞게 조리될 때까지 사용자는 맛, 냄새, 시각적인 느낌으로 쿡탑(전기렌지) 조절기를 조절한다. 만약 쿡탑(전기렌지)이 방치되고, 버너의 온도가 낮으면 적정온도에 이르지 못할 수 있다.<이것을 피드백 시스템이 open 되었다고 할 수 있고, 1보다 적은 값을 얻을 수 있다. 그 결과는 조리된 음식에 영향을 미친다.> 만약 쿡탑(전기렌지)이 방치되고 버너의 온도가 너무 높으면 음식이 탈 것이다.<열

린 고리(open loop, 0) 피드백은 1보다 큰 값을 얻을 수 있다.> 그런 시스템은 불안정하고 재앙을 야기할 수 있다.

기술자와 비기술자 모두 쿡탑(전기렌지)의 조절손잡이를 현재의 온도설정으로 하지 말라는 것이 이런 이유이다. 쿡탑을 적절히 작동하게 하는 것은 상당부분 피드백(사용자의 주의와 조절)에 달려 있다.

주로 3가지 유형(전열히터, 코일(원형)히터, 할로겐 빛을 사용)의 전기 쿡탑이 있다. (전기유도 타입은 무시한다)

전열히터는 단순히 MgO(산화마그네슘)과 같은 절연물에 싸인 구리와 같은 금속 튜브이고, 니크롬선 같은 선의 저항열을 열원으로 한다. 발명된 일반적인 전기적 전열히터를 칼로드(외피로 싸 전열히터)라고 분류한다. 포트나 팬에 직접 이 부품을 장착한다. 외피로 싸 전열히터 부품은 전기온수기, 식기세척기, 온수욕조에도 사용된다.

두번째 타입인 쿡탑은 종종 유리-세라믹(Ceran<sup>®</sup> 스코틀랜드 회사에서 제조)으로 만들어 진다. 유리-세라믹은 매우 견고하고 적외선 에너지를 투과시킨다. 원형 니크롬선 히터 혹은 할로겐 램프는 각 버너의 유리-세라믹 밑 부분에 위치한다. 전력이 공급될 때 위쪽의 팬으로 열이 전달되고 가열된다.

이들 유리-세라믹 타입 쿡탑의 장점은 표면이 평평하여 청소가 쉽다는 것이다.

발열체의 종류와 상관없이 모두 무한 조정장치에 의해 조절된다. 무한 조정장치는 양극 온도조절장치이고, 이론상 고-저 사이의 무한의 수가 있기 때문에 “무한”이라고 불린다. 이것은 절대적으로 얼마나 정교하게 조절손잡이를 조절하는가의 문제이다. <사진1>은 무한 조정장치이다.

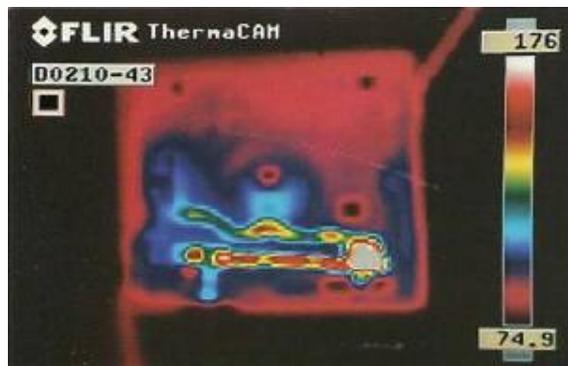
무한 조정장치는 두 개의 접점세트를 갖고 각각 교류 120/240V 시스템이다. (교류 240V 쿡탑으로 가정함.) 무한 조정장치에는 회전시키거나 켜기 위해 눌러야만 하는 멈춤쇠 장치가 있다.

켜졌을 때 한 접점 세트가 닫히고 교류 120V의 한 접점을 가열부품이 누른다. 그러나 두 번째 접점세트의 설정은 접점의 사이클을 켜고 끄는 내부의 바이메탈 부품에 의해 조절된다.

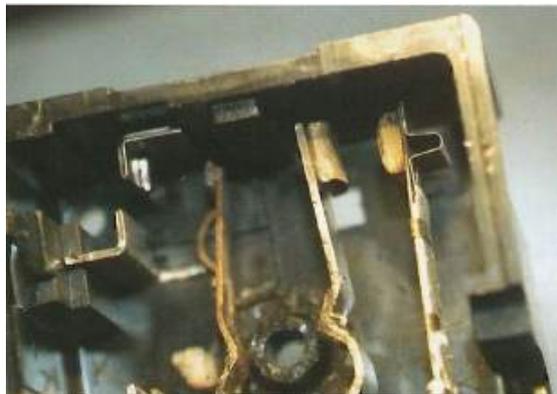


<사진1. 무한 조정장치의 외부모습>

전원이 켜져 있는 시간의 비율은 사용률과 관련이 있다. 100을 곱하면 사용백분률이 나온다. 가장 낮은 설정 시 무한 조정장치는 버너를 1초간 켜고 9초간 꺼져 있다. 따라서 사용백분률은 10%이다. 예를 들어 발열체가 2200W라면 220W 발열체로 변형된다. 사용백분률이 100%라면, 발열체는 2200W의 전력을 제공한다. On/OFF 사이클은 무한 조정장치의 기계적인 바이어스 변화에 의해 조절된다. 무한제어는 전류흐름에 비례하여 내부로 열을 발생시킨다. <사진2>(서모그램에 의한 온도기록도)는 무한제어에 의해 발생한 내부의 열을 보여준다. 그 열은 바이메탈 부품의 On-OFF 조정 사이클에 의해 발생한 것이다. <사진3>은 고정된 접점이 왼쪽에, 순환 접점이 오른쪽에 있는 두 개의 접점이다. 조정장치가 최고로 높을 때 순환 접점은 순환하지 않고 완전히 켜져 있을 것이다.



<사진2. 무한제어장치 내부의 온도발생장치의 온도기록도>



<사진3. 무한 조정장치 내부의 접점>

발열체의 전력량(와트수)은 작은 부품은 1500W에서 큰 부품은 2500W로 다양하고 보쉬 쿡탑은 1200, 1500, 1700, 1900, 2500W의 다섯 개 부품이 있다. 소비전력의 합은(8800watts)로 각 버너가 완전히 켜져 있을 경우 37암페어가 필요하다.

다양한 쿡탑들의 에너지효율은 다음과 같다.

인덕션 90%  
할로겐 58%  
전기 47%  
가스 49%

기계산업은 유용한 여러 표준을 가지고 있다. 다음의 것들을 참조하기 바란다.

UL 858 - 가정용 전기렌지  
ASTM F1521 - 렌지 성능의 표준시험방법  
BS EN 60335-1 - 가정과 유사한 전기적 기계-안전

유럽에서 사용되는 EN 60335-2-6에 기술된 블랙월 테스트도 있다. 이 테스트를 위해 공급전압을 증가시켜 후면(리어) 버너의 전력량은 공칭값의 24%까지 증가된다. 그 후 버너 뒤에 위치한 블랙월의 온도를 즉시 측정한다. 명백히 예약이 불필요한 타입의 쿡탑은 특별한 관심이 블랙월 테스트에 있고 후면에 위치한 버너와 함께 키가 된다. 이 기준에 의하면 쿡탑 후면의 블랙월에 150°K(-123.15°C)의 온도상승이 허용된다.

우리의 쿡탑의 토론에서 빠져있는 것은 “어떻게 뜨거운 것을 얻는가?”에 대한 답이다.

이것은 논리적인 질문인 것처럼 보이는데 반하여 답은 쿡탑 위에 올려지는 것(버너로부터 열을 받는데)에 매우 의존적이다. 포트와 팬들, 그 안의 내용물들은 매우 다양하기 때문에 열려있는 버너의 온도측정은 도움이 되지 않는다.

## <조 사>

다음으로 고장의 유형과 쿡탑 진단방법에 대한 개요를 서술하고자 한다.

### <1-상상 작동(운영)>

우리가 접하는 보통의 클레임은 쿡탑이 이유없이 저절로 켜진다는 것이다. 기계적으로 80회의 전기 쿡탑 화재나 열적인 사고의 분석에서 결코 볼 수 없었다. (열적인 사고는 열적인 손실, 열분해가 있을 때 일어나는 것일 뿐, 불꽃이 발생되어 감지되거나 지속적인 화학반응이 일어나는 실제 화재는 아니다.) 모든 쿡탑의 조정장치는 축 위에 평판(4개의 조정장치가 모두 일렬로 배치되거나, 하나 이상 on 상태일 때 쉽게 볼 수 있다.)을 갖고 있다.

쿡탑을 조사할 때는 우선 각 조정장치의 축의 위치를 마커로 표시한다. 조정장치의 덮개(열경화 플라스틱)가 파괴되었다면, 많은 경우의 평판과 어떻게 배치되어 있는지를 발견할 수 있다. 또다른 기술은 점점 표면을 확인하는 것이다.- 표면이 그을음으로 중앙에 노출된 점 없이 잘 덮여 있다면, 그 면이 접촉되어 있었고, 조정장치가

켜져 있었다는 것을 의미한다.

끓고 있는 채로 방치되었지만 화재로 이어지지 않은 예를 두 가지 본적이 있다. 이 두 가지 경우 모두 순환접점이 스스로 용접되어 붙어버린 거의 사용률이 10%에서 100%로 급증할 때 일어난다. 이 경우는 쉽게 진단될 수 있으나 오븐 또는 조정장치의 제조사들은 조정장치를 분해했을 때 공개할 것이다. 물론 오븐이 방치되어 있어야만 했는가 하는 인간적인 요소의 질문도 있다. 같은 질문을 다른 방식으로 질의할 수 있다 : 사람이 큰 스투 포트에 조정장치가 실패했는지 알기 위해 지속적인 확인없이 하루동안 끓이는 것이 합리적인가? 합리적인 사람들은 이것이 비합리적이라고 할 것이다.

때때로, 쿡탑이 심하게 손상되어 조정장치 조사가 무의미한 경우가 있다. 이 경우에는 각 버너에서 작동하는 전선의 쌍을 조사하는 것이 필요하다. 전선은 고온의 유리절연섬유에 싸여 있다. 이 절연물은 매우 튼튼해서 PVC와 같은 방식처럼 쉽게 고장나지 않는다. 부하측의 전선에서 아크가 보였다면, 전선에 에너지가 공급되었다고 추측이 가능하고 따라서 조정장치가 켜져 있었다는 것을 설명한다. 이 타입의 고장은 정상적인 사용과정에서 나타나거나 아크에 의한 화재를 본적이 없다. 그러나, 많은 쿡탑의 조정장치 부분이 그리스로 가득 차 있으므로 그런 화재의 가능성이 존재함을 기꺼이 알 수 있을 것이다.

상상의 주제를 시험할 때, “열적인 사고”는 분석하기 쉽다. 열적인 사고의 경우에는 발열화학반응의 자기지속성이 없고 오히려 버너로부터 열이 계속 흐른다. 그러므로 버너의 열에 의한 가연물의 파괴를 볼 수 있을 것이다.

포트가 녹거나, 조정장치 손잡이 주위가 녹거나, 요리장갑이 가열되어 그을릴지도 모른다. 이 손상들은 모두 화재의 열원이 될 수도 있다.

실제 화재가 발생했을 때 분석은 훨씬 어려워진다.- 가연물이 화재의 열 혹은 쿡탑의 열로부터 분해되었는가? 쿡탑 화재조사 시 첫 번째로 발화한 가연물을 찾아야 한다. 첫 발화된 가연물이 인간의 실수(쿡탑 옆의 종이봉투를 뜨거운 쿡탑 위에 올려놓는 경우)에 의한 문제인지, 조정장치에 의한 문제(조정장치가 높은 위치에 고정되고 후면의 벽에서 발화된 경우)인지를 말해줄 수 있을지도 모른다.

## <2-피복된 발열체의 고장>

피복된 발열체의 고장(칼로드 타입의 고장)에 대하여, 화재로부터 피복된 발열체의 고장(용융)을 본 적이 없다는 것에 주목해야 한다.(이것은 쿡탑, 오븐, 커피메이커, 핫튜브의 발열체를 포함한다.) 반대로, 고장난 피복된 발열체를 발견한 모든 곳에서 화재 또는 열적인 사고를 볼 수 있다. (우리는 특별히 수증히터 내부처럼 부식에 의한 것을 제외한다.) MgO(산화마그네슘)은 용융점이 4100°F(2,260°C)이고, NiCr(니켈 크롬)은 용융점이 2552°F(1,400°C), 구리피복은 1980°F(1,082°C)이다. 이들 용융점은

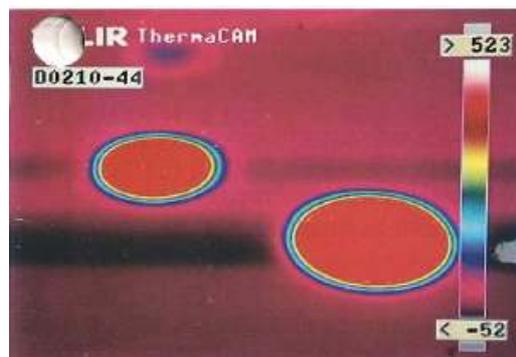
상당히 높아서 대부분의 화재들이 발열체에 어떤 손상도 결코 줄 수 없을 것이다.  
- 결국, 발열체들은 고온을 발생시키기 위한 것이다. <사진4>는 고장난 피복된 유형의 부품이다.(아크가 발생했었다는 것에 주목하라.) 이들 부품들이 고장났을 때 가연물 위에 제품이 녹아 유출됨으로써 화재가 발생했다.



<사진4. 고장난 피복된 발열체>

### <3-버너 근처에서의 열전달>

테스트한 모든 유리 쿡탑은 매우 국부적인 가열을 보여준다. 그것은 오른쪽 후면부에서 켜져서 동작하는 버너는 우연히 버너 앞에 놓여있는 형겔과 옷에 발화되지 않을 것이라는 것을 말한다. <사진5>는 쿡탑 왼쪽 후면부와 오른쪽 전면부 버너가 높게 켜져 있고, 다른 두 버너는 꺼져 있을 때의 온도기록도이다. 이 사진은 버너자리 근처에서는 열전도가 없다는 것을 명백히 말해준다.



<사진5- 유리 쿡탑의 버너 2개의 온도기록도로 다른 위치의 버너에는 열전달이 거의 없음을 보여준다.>

### <4-파손된 유리>

schott사 브랜드 Ceran<sup>®</sup> 유리-세라믹에서의 유용한 경험은 매우 긍정적이었다. 쿡탑에서 사용할 때 파손 문제를 전혀 볼 수 없었다. 쿡탑의 유리는 효율적으로 빛을 투

과시킬 수 있고, 옆질러진 액체가 다른 팽창률에 의해 갈라진 곳에 스며들지 않아야 한다. 포트가 끓을 때, 유리 쿡탑이 산산조각이 나서는 안된다.

마찬가지로 4개의 버너 모두 켜지고, 동일한 세기로 설정되는 경우는 드물고 다시 한번 유리 위에 큰 온도차를 만든다. Schott 웹사이트에 의하면 Ceran<sup>®</sup> 타입의 유리-세라믹(Schott 제품)의 열적팽창은 거의 0에 가깝다. 또한, Ceran<sup>®</sup>의 열손실도 매우 낮다. 이 모든 인자들이 함께 작용하여 유리 쿡탑의 파손에 의한 화재는 드문 사고임을 확실히 한다. 우리가 관찰한 Ceran<sup>®</sup> 유리-세라믹에 의한 열적인 사건은 오직 한 가지 원인이다. 쿡탑 사용 시 유리가 파손된 경우이다. 그 유리입자가 내부/외부의 카펫에 떨어지고 열적으로 분해되지만 (녹고, 연기가 나는) 화재는 아니다.

### <5-접속>

쿡탑은 인입 전선의 연결부 이외에 wire-nutted(전선압착) 접속은 분명히 없다. 다른 가능한 접속의 존재는 아마 수리나 개조가 있었음을 보여준다. 이 논문의 범위를 넘은 과열된 접속이 있지만 숙련된 기술자는 그것을 진단하는 것이 어렵지 않을 것이다.

### <요 약>

우리는 여기에서 흔한 고장의 유형을 설명했다. 조정장치의 기술적인 시험은 일반적으로 사람의 실수가 화재와 열적인 사건을 수반할 수 있음을 보여준다. 쿡탑의 설계, 화재의 관점에서 오사용은 기능고장에 의한 것보다 훨씬 화재를 일으키기 쉽다.

### <참고문헌>

- 1) Robert Bosch Appliances, NEM 930 36" Burner, 2002, Brochure
- 2) Cooktek, "What's Cooking," Spring 2002, Page 2
- 3) EN60335-2-6, "Particular Requirements for Stationary Cooking Ranges,

### <저 자>

- 1) Mark Goodson : (주)Mark E. Goodson PE 대표
- 2) Glenn Hardin : (주)Mark E. Goodson PE 상담기술자

---

출처 : FIRE & ARSON INVESTIGATOR (2003년 10월호)

번역 : 중앙지부 오재호