

전자렌지의 발화 특성 연구

서울지방경찰청 이 상 준

서울소방본부 안 성 일

경기소방본부 권 현 석

삼 성 전 자 김 용 수

L G 전 자 이 영 철

>>> 목 차

1. 전자렌지 구조 및 작동원리
2. 실험경위 및 목적
3. 실험방법
4. 실험
5. 검토 및 고찰
6. 결 과

(2) 전원부 : 마그네트론의 동작에 필요한 히터전압과 직류 전압을 만드는 고압변압기·콘덴서·다이오드 등으로 이루어져 있다.

(3) 제어부 : 가열시간을 제어하는 타임스위치, 제어회로로 되어있다.

(4) 가열실부 : 전파적으로 밀폐된 식품의 가열실, 식기받침대 및 식품을 출납시키기 위한 문으로 되어있다. 또 균일가열을 위해 받침대를 돌리는 회전테이블, 전파를 교반하는 스틸러가 설치되어 있는 것도 있다.

1. 전자렌지 종류

전자렌지, 오븐렌지로 분류된다.

가. 구조와 기능

1) 전자렌지

가) 구 조 : 외함, 가열실 및 문 등으로 이루어져 있다. 외함은 강판, 가열실은 스테레스 강판 또는 알루미늄 판으로 만들어져 있다. 가열실 천장은 플라스틱커버로 되어있고 이 위에 마그네트론(Magnetron) 및 도파관 등이 설치되어 있다.

나) 기 능 : 구조적으로 발진부, 전원부, 제어부, 가열실부로 크게 분류한다.

(1) 발진부 : 전파를 발생하는 마그네트론, 전파를 가열실에 인도하는 도파관 및 마그네트론을 냉각하는 냉각팬으로 되어있다.

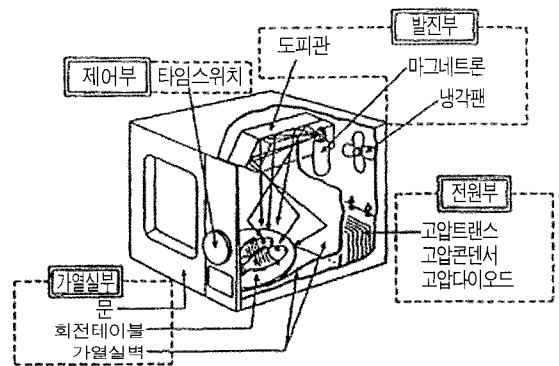


그림 1-1 전자렌지의 구조

2 전자렌지 발화 사례 및 실험목적

가. 전자렌지 발화사례

1) 사건 개요

2004. 10. 09. 13:40경 서울 강동구 고덕동 129번지에 거주하는 피해자 ○○○가 인근 할인마트에 경품행사에 참석키 위해 외출한 후, 같은날 14:10경 동소에서 연기가 나는 것을 이웃 주민이 발견하고 신고한 것으로, 내부가 전소되는 화재가 발생한 것임

2) 현장내부약도

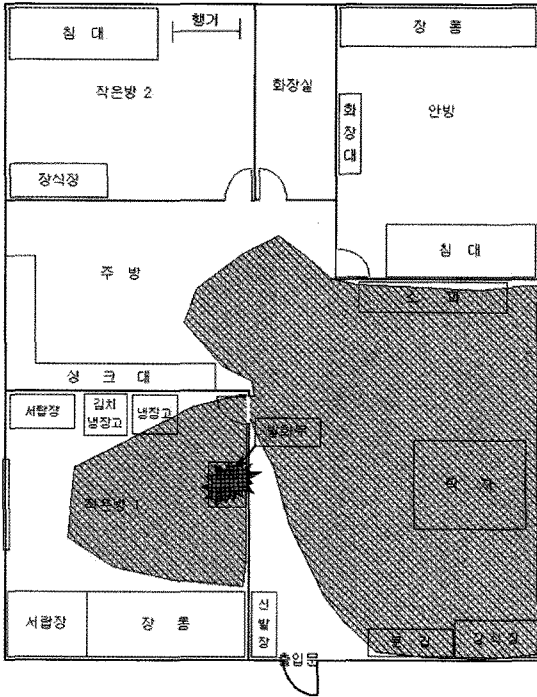


사진 2-1 설명 : 화재현장 거실의 연소형상은 바닥에 비해 천장 부위가 심하게 소훼된 형상이며 좌측에 전자렌지가 설치되어있는 작은방이 있고, 우측으로 거실 창문이 완전 개방된 상태임

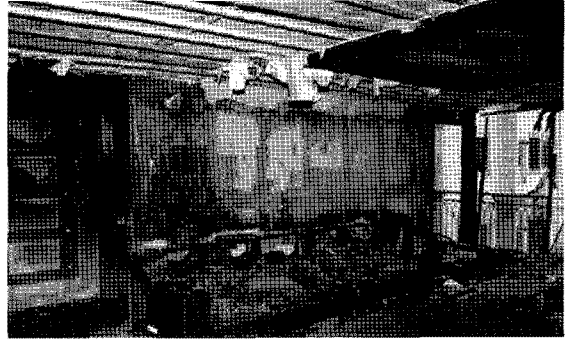


사진 2-2 거실 소파의 연소형상



사진 2-3 거실 문갑 등의 연소형상

사진 2-2 2-3 설명 : 거실 내부에 비해 창문 쪽이 심하게 소훼된 형상으로 거실 창문이 개방된 후 연료지배형 화재에서 환기지배형 화재로 확산되면서 산소가 유입되는 창쪽이 심하게 소훼된 것으로 판단

3) 현장상황



사진 2-1 화재현장 출입구에서 촬영한 거실 내부 전경



사진 2-4 거실창문에서 작은방 출입문 촬영한 모습

사진 2-4 설명 : 전자렌지가 설치된 작은방 출입문의 연소형상은 작은방 내부에서 외부로 출화된 형상임



사진 2-5 작은방 내부 연소형상

사진 2-5 설명 : 작은방 내부에는 입구 좌측에 전자렌지, 앞에는 냉장고 등이 설치되어 있으며, 내부에 비해 입구 쪽이 심하게 소훼된 형상임



사진 2-6 작은방 내부에서 입구 쪽을 촬영한 모습

사진 2-6 설명 : 작은방 입구에 목재 장식장 위에 소훼된 전자렌지가 식별되며, 전자렌지 앞에 위치한 냉장고는 전자렌지 쪽에서 진행한 화염에 의해 소훼된 형상임



사진 2-7 작은방 전자렌지 앞 냉장고의 연소형상

사진 2-7 설명 : 화살표 방향에서 진행한 화염에 의해 소훼된 형상임



사진 2-8 전자렌지 전원의 연결 모습

사진 2-8 설명 : 전자렌지는 목재 장식장 위에 올려져 있으며, 장식장 뒤 벽면 콘센트에 연결되어 있으며, 전원선에서 단락흔이 식별됨

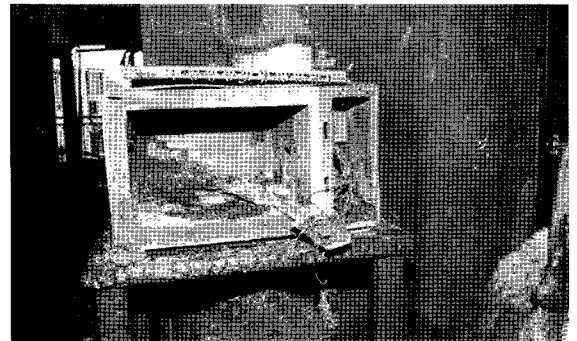


사진 2-9 소훼된 전자렌지 정면에서 촬영한 모습

사진 2-9 설명 : 전자렌지 조리실 내부에 이물질이 들어있으며, 조작버튼이 설치된 패널 부분은 완전 소훼된 형상임

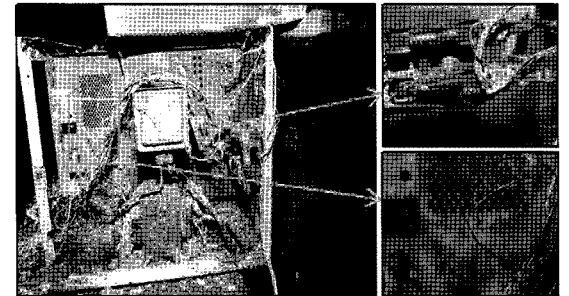


사진 2-10 전자렌지 전원부 모습

사진 2-10 설명 : 전원부 내부에 그을음이 부착되어 있으며, 내부배선 및 전원선 등 수 곳에서 단락흔이 식별됨
 사진 2-12 조리실 천장의 그을음 부착 형상



사진 2-11 전자렌지 조리실 내부 연소형상

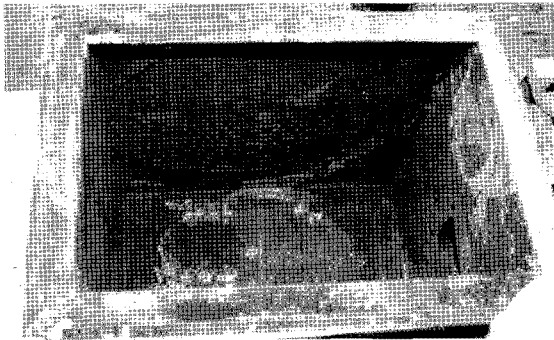


사진 2-12 조리실 천장의 그을음 부착 형상

사진 2-11, 2-12 설명 : 조리실 내부 환기구인 흡입구에서 심하게 수열된 변색흔이 식별되고, 조실 천장에 등근 모양의 그을음이 부착되어 있는 형상임

4) 감식소견

전자렌지 내부 배선 등에서 식별되는 단락흔 및 작은방 내부의 연소형상 등으로 보아 전자렌지 내부에서 발화하여 거실 등으로 연소 확대된 것으로 판단되며, 거실의 소파 등이 심하게 소화된 형상은 거실 창문이 개방되면서 공기(산소)가 유입되어 화염이 화재발생초기 연료지배형에서 환기지배형 화재로 변형되어 발화부에 비해 심하게 소화된 것으로 판단할 수 있으며,

전자렌지 내부배선 등에 전기적인 단락 등에 의해서 발화할 가능성을 배제하지는 못하나, 조리실 내부의 그을음 부착 형태 및 탄화재의 부착 형태 등으로 보아 조리실 내부에서 음

식물 등으로 조리하던 중 방치하여 발화되어 연소 확대될 가능성을 배제하지 못하므로, 전자렌지의 수리이력 및 피해자의 행위 등을 수사한 후 종합적인 판단이 요구됨

나. 실험 목적

위 사례로 보아 전자렌지 조리실 내부에 음식물 등을 넣고 조리 후 방치하여 조리실 내부에서 발화하여 연소 확대될 가능성과 전자렌지 전원부에서 발화하여 연소 확산될 경우 두 가지로 해석할 수 있으며, 위 두 가지 경우에 전자렌지 내부에서 나타나는 연소패턴 및 특이점 등을 비교 분석하여 감식 및 감정 자료로 활용하기 위함

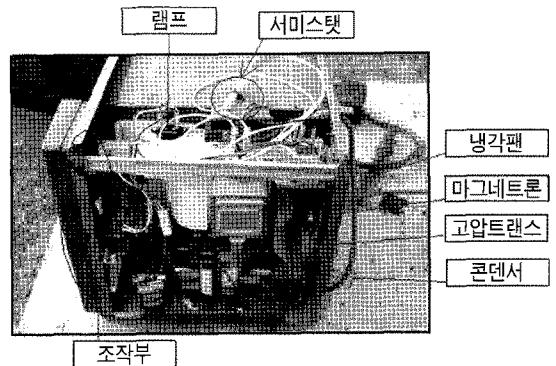
3 실험 방법

가. 전자렌지 내부에 주로 많이 사용하는 음식물 등의 양을 달리하여 내부 음식물이 탄화되어 발화에 이르기까지 계속적으로 조리 가열하여 외부의 가연물에 착화 가능성 여부 확인 및 발화시간 측정

나. 조작 패널 등이 설치되어 있는 전자렌지 내부에 인위적으로 착화하여 완전 소회 시킨 후 내·외부에 나타나는 연소패턴 및 특이점 식별

4 실험

가. 전자렌지 전원부 구조



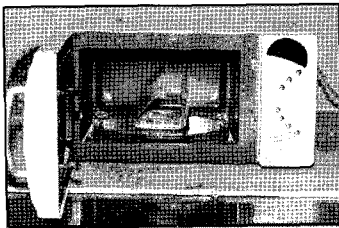
- 1) 램프 : 문짝과 동작 스위치와 연결되어 문짝이 열리고 마그네트론이 동작되면 동작
- 2) 서미스탯 : 제조사별 차이는 있지만 보통 60~100°C에서 동작하는 바이메탈 식을 사용하며, 서미스탯이 동작되면

퓨즈 이후 전원은 모두 차단되며, 온도가 내려가면 다시 접점이 붙어 전원이 인가됨

- 3) 냉각팬 : 마그네트론에서 발생하는 열을 식혀주며, 램프가 설치된 부분을 통해 조리실 내부에서 발생하는 열 등을 배기구로 보내주는 기능을 한다
- 4) 마그네트론 : 전파를 발생하여 조리실 내부의 음식물을 조리한다
- 5) 고압트랜스 : 마그네트론에서 사용하는 고압의 전압을 발생한다
- 6) 콘덴서 : 고압트랜스에서 유도되는 전압을 조정한다
- 7)조작부 : 동작을 ON/OFF하며 타이머 등을 조작한다

나. 실험 1, 조리실 내부 발화-1

조리실 내부에 흔히 사용하는 팝콘을 넣고 착화되기까지의 시간을 측정하였으며, 실험에 사용된 전자렌지는 2004. 5. 태국에서 제조된 국내 회사 제품으로서 미스택의 동작온도는 100~600C로 표기되어 있음



4-1 조리전 모습

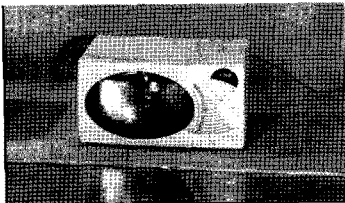


사진 4-2 조리시작 42분경과 모습

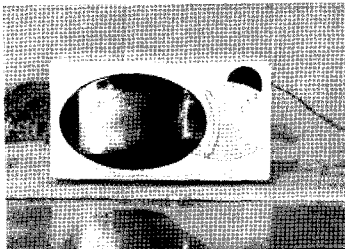


사진 4-3 조리시작 42분 25초경과 모습

조리시작 42분 후 내부 음식물인 팝콘에 착화되었으며, 전원은 인가된 작동중에 있음

조리시작 42분 25초 후 내부 화염에 의해 서미스택 동작으로 인해 전원이 차단되었으며, 내부 접시가 파손됨

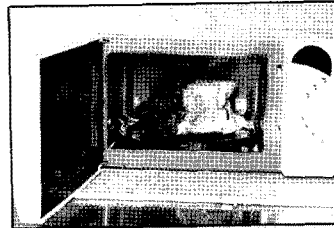


사진 4-4 45분경과 조리실 내부 모습

나. 실험1 조리실 내부 발화-2

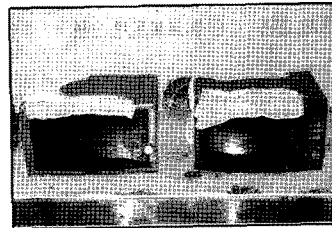
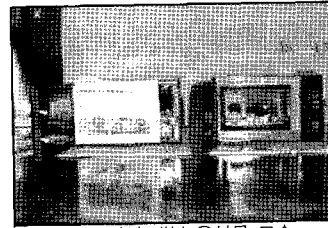


사진 4-5 발화 가능 전 모습



4-6 조리실 내부 음식물 모습

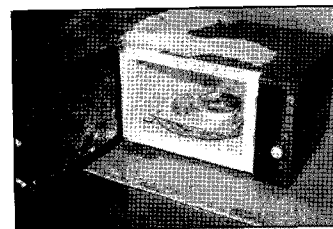


사진 4-7 조리시작 약11분 후

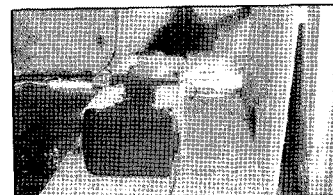


사진 4-8 조리시작 약37분 후

조리 시작 후 약 45분 후 조리실 내부에서 발화하였던 화염은 질식 소화되고 문짝의 플라스틱은 일부 용융된 상태임

실험에 사용된 전자렌지는 약 10년전에 구입하여 가정에서 사용 중이던 제품으로, 내부에서 발화하여 외부로 출화되는 것을 유도하기 위하여 가연물을 배기구 등에 올려놓음

조리실에 음식물을 계란 3개, 감자 1개, 핫반 1개, 지류를 넣고 가열 함

조리시작 약 11분 후 부하로 사용하던 계란의 파열로 문짝이 열리며, 동작 중지 상태로됨

조리시작 37분 후 배기구 등으로 연기가 나기 시작함

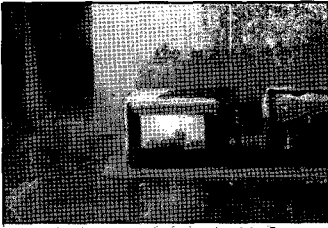


사진 4-9 조리시작 약44분 후

조리시작 약44분 후 조리실 내부 음식물이 발화 시작함

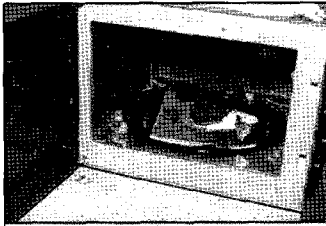


사진 4-10 질식소화 후 조리실 내부

조리실 내부에 발화한 후 약 2분 뒤에 질식소화 형태로 소화되며, 외부로 출화되지 않음

다. 실험3 전원부 내 강제착화 실험

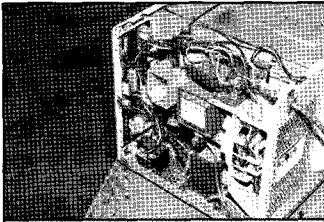


사진 4-11 강제착화 전 전원부 내 모습

실험에 사용된 전자렌지는 약 9년 전에 생산된 110V/220V free 볼트를 사용하는 전자렌지로, 전원부 내 비교적 연소조건이 양호한 부분에 거즈에 인화성 물질을 묻혀 착화함

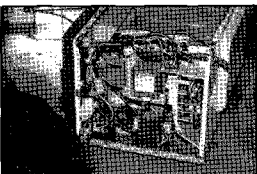


사진 4-12 강제착화

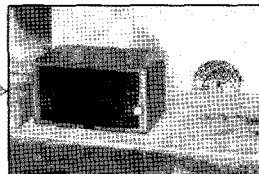
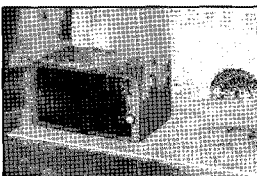


사진 4-13 강제착화 후 1분경과



4-15 강제착화 후 1분45초경과



사진 4-14 강제착화 후 1분30초경과



사진 4-16 강제착화 후 2분경과



사진 4-17 강제착화 후 2분30초경과



사진 4-19 강제착화 후 약5분경과



사진 4-18 강제착화 후 3분30초경과

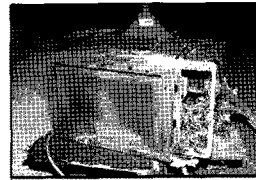


사진 4-20 소화 후 정면 모습



사진 4-21 소화 후 전원부 모습

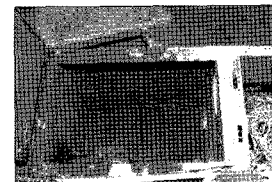


사진 4-22 소화 후 조리실 내부 모습

- 전원부 내 강제착화 후 즉시 철재 외함의 덮개를 덮은 뒤 약1분 후 외함 사이로 연기가 새어나오며, 약1분30초 후 전원부에 위치한 스위치 점접 등이 소손되면서 램프가 점등되고, 마그네트론이 동작하는 등 오동작을 하며, 약2분 후 외부로 출화되어 소화되는 것이 식별되며, 착화 후 약 5분경과 되기까지 전자렌지 전체가 소화됨
- 진화 후 특이점은 초기 발화를 시작한 패널부위는 백색에 가까운 연소형태를 띠며, 내부배선에서 단락흔이 식별되고, 조리실 내부 천장의 그늘음 부착형태는 화기구의 흡입구에 해당하는 램프가 설치된 부분을 중심으로 타원형으로 그늘음이 부착됨

5. 고찰

가. 내부발화

1) 팝콘에 의한 발화

서미스탯의 동작온도가 60~100°C라고 표기 되어 있음에도 조리실 내부에서 팝콘에서 발화하여 어느 정도 연소가 지속 되어도 동작하지 않은점은 안전장치인 서미스탯의 위치가 조리실 내부의 온도를 직접적으로 감지하는 것이 아니고, 마그네트론의 온도를 감지하는 안전장치임을 알 수 있다

2) 계란, 감자, 햇반 등 큰 부하의 발화

계란의 경우 이미 알려진 바와 같이 전자렌지에 넣고 가열할 경우 내부에서 폭발함을 알 수 있고, 다소 수분은 많이 포함하고 있는 햇반의 경우 가열되어 발화에 이르기까지 상당한 시간이 소요되며, 외부로 출화를 돕기 위해 가연물은 배기구 등에 배치하였으나 외부로 출화에는 미치지 못하는 것을 볼 수 있으며, 안전장치인 서미스탯이 전원을 제때에 통제하지 못함을 볼 수 있다.

3) 외부의 발화

전자렌지가 완전 소회되기까지의 시간의 약 5분정도가 소요되며, 초기 발화한 부위인 조작부 부위는 금속의 표면이 현색으로 나타나는 등 비교적 완전연소에 가까운 형상을 보였으며, 조작부의 접점 등이 연소되면서 오동작을 하는 점 등을 볼 때 내부의 전원을 통제하는 서미스탯이 제때에 작동하지 않은 것을 볼 수 있고, 조리실 내부 천장의 그을음이 부착되는 모양이 현장사례에서 보는 것과는 다른 모양으로 식별된다.

6. 실험결과

전자렌지 전원부에 위치한 서미스탯의 용도가 조리실 내부의 온도를 감지하여 조리실 내부의 발화를 방지하지는 못하는 것을 알 수 있고, 전자렌지를 사용도 중 타이머가 기능을 제대로 하지 못하고 방치된다면 조리실 내부에서 음식물이 발화하는 것은 방지하지 못한다는 것을 알 수 있었으며,

조리실 내부에서 발화하여 외부로 출화여부의 확인은 전자렌지 배기구 등에 가연물을 올려놓고 실험하였으나 외부로 출화에 이루지는 못하였으며, 화재현장은 축열이 쉽게 일어날 수 있는 좁은 공간과는 달리 실험현장은 축열이 거의 되지 않는 조건인 넓은 공간에서 실험을 하여 외부의 출화여부 확인은 불가하나,

현장에서 식별되는 전자렌지의 조작부의 연소형상이 그을음이 부착으로 검게 식별되나, 실험에서 강제 착화된 전자렌지의 초기 발화부인 조작부위의 비교적 회색 나타나는 점 및 조리실 내부 천장의 그을음 부착 형상이 화재현장에서는 조리실 중앙을 중심으로 둥근 원을 형성하는 반면, 실험의 경우는 흡입구를 중심으로 원을 그리며 부착된 점 등으로 보아 전원부내에서 발화한 형상과는 달리 식별됨