

상용 과대 불판 사용이 이동식 부탄 연소기에 미치는 영향

김수익* · 금국빈* · 유병훈** · 이승로*** · 김영구**** · 이창언**†

The Effects of Using Common Oversized Cookware for Portable Butane Gas Range

Sooik Kim*, Kuk Bin Keum*, Byeonghun Yu**, Seungro Lee***, Young-gu Kim***, Chang Eon Lee**†

ABSTRACT

Through the economic development, people enjoying the camping and demand of camping goods are increasing since they have free time. So they use portable butane gas range outdoor. In addition to that, many restaurants that offer hotpot or meat in Korea use portable butane gas ranges for their convenience. But 19% of gas accidents are using portable butane gas range, 13.7% of them are using oversized cookware. Despite the high accident rate, there is no safety standards about portable butane gas range using oversized cookware. Therefore we conducted to measure temperature and pressure of portable butane gas ranges for reforming safety standards. As a result, we confirmed relation between bottom temperature of the portable butane gas barrel and pressure of the butane gas. Also we confirmed that portable butane gas ranges operate safely when bottom temperature of the portable butane gas barrel is bellow 50 °C.

Key Words : Portable butane gas range, Oversized cookware, Heat transfer coefficient

최근 경제성장과 더불어 소득 수준의 성장으로 인해 삶의 질이 좋아지고, 시간적인 여유가 많이 생기면서 캠핑을 즐기는 인구가 점점 늘어나고 있는 추세이다. 농협경제연구소의 보고서[1]에 따르면 캠핑 인구는 2009년 약 82만 명에서 2013년 약 467만 명으로 증가하였고, 250만 명이었던 2012년과 비교해서도 1년 사이에 약 90.4%가 증가한 것으로 나타났다. 이러한 캠핑 인구의 증가로 인해 캠핑용품에 대한 시장은 2008년 약 700억 원 규모에서 2013년 약 5,000억 원 규모로 급격하게 증가하였다. 이러한 캠핑용품 중에서도 휴대용 가스 연소기 제품은 이동의 편리함과 복잡한 설치가 불필요하다는 장점으로 인해, 야외 취사가 필요한 캠핑인구들에 의해 많은 이용되고 있는 제품이다. 또한, 이들 제품은 국내의 일부 식당에서도 같은 이유로 많이 이용되고 있다.

하지만 휴대용 가스 연소기 제품의 사용이 많아지면서, 사용상의 부주의로 인한 사고도 많아지고 있는 상황이다. Table 1은 2009년부터 2013

년까지 5년 동안 일어난 가스 사용으로 인한 전체 사고 건수와 이 중 이동식 부탄 연소기의 사용으로 인한 사고 건수를 나타낸 것이다[2]. 표를 살펴보면, 전체 가스 사고 중 이동식 부탄 연소기의 사고가 약 19%를 차지하고 있음을 확인할 수 있다. 특히 이동식 부탄 연소기의 사고 건수 중 팔호안의 수치는 과대 불판의 사용으로 인한 사고 건수로, 최근 5년간 꾸준히 발생하여 총 17건의 사고가 기록되어 전체 가스 사고 중 13.6%에 해당한다. 하지만 과대 불판의 사용으로 인한 사고율이 높음에도 불구하고, 국내에서는 과대불판의 사용에 따른 이동식 부탄 연소기의

Table 1 Gas accident analysis(2009-2013)

| | '09 | '10 | '11 | '12 | '13 | Total |
|--|--------|--------|--------|--------|--------|----------|
| All accident | 145 | 134 | 126 | 125 | 121 | 651 |
| Portable butane gas range (Caused by oversized cookware) | 30 (5) | 27 (4) | 30 (4) | 18 (1) | 19 (3) | 124 (17) |
| Ratio[%] | 20.7 | 20.1 | 23.8 | 14.4 | 15.7 | 19.0 |

* 인하대학교 기계공학과 대학원

** 인하대학교 기계공학과

*** 전북대학교 기계공학과

**** 한국가스안전공사

† 연락처자, chelee@inha.ac.kr

TEL : (032)860-7323 FAX : (032)876-7838

안전기준이 아직 마련되어 있지 않은 상황이다. 여기서 과대 불판을란 이동식 부탄 연소기의 연소부와 부탄용기가 있는 용기 덮개부를 완전히 덮을 수 있는 크기의 불판을 의미하며, 이 불판들은 시중에서 손쉽게 구입이 가능한 조리기구이다. 이러한 과대 불판의 사용은 일반적인 크기를 갖는 조리구에 비해 부탄용기가 장착되어 있는 부분까지 덮는 크기를 갖는 불판을 사용하기 때문에, 연소기에서 발생한 열이 일반적인 조리구에 비해 더 많이 부탄용기에 영향을 주게 되고, 이로 인해 부탄용기 내부의 온도 상승과 압력 상승을 일으키게 되어 폭발사고로까지 이어질 수 있는 문제점을 갖는다.

따라서 본 연구는 과대 불판의 사용에 따른 이동식 부탄 연소기의 사고 예방을 위해 이동식 부탄 연소기에 대한 안전기준을 개정하기 위해 수행되었다. 이를 위해 우선 과대 불판을 사용하여 이동식 부탄 연소기를 작동시킬 경우 시간 경과에 따른 불판의 온도와 이동식 부탄용기의 상하부 온도, 용기 내부의 부탄가스 압력 변화를 측정하였다. 또한, 측정된 값을 바탕으로 부탄용기 주변의 온도와 압력 사이의 상관관계를 분석하여, 이동식 부탄 연소기의 안전기준 개정을 위한 기초자료를 제시하였다.

Fig. 1은 이번 실험에서 사용된 이동식 부탄 연소기를 촬영한 사진이다. 실험에 사용된 이동식 부탄 연소기는 용기에서 공급되는 부탄가스의 압력이 기준 압력(500 kPa ~ 700 kPa) 이상이 되면, 부탄 용기가 연소기에서 이탈되는 용기 이탈식 안전장치를 가지고 있는 제품으로 선정하였으며, 총 2개의 대표 제품이 이용되었다. 또한, 연구에 사용된 과대 불판은 알루미늄 다이캐스팅 재질의 불판을 사용하였으며, 시중에서 손쉽게 구입할 수 있는 제품을 그대로 이용하였다.

Fig. 2는 각 이동식 부탄 연소기에 과대 불판을 이용하여 실험을 진행하고, 시간에 따라 측정된 부탄용기 상·하부의 온도와 부탄용기 내 압력 변화를 도시한 그래프이다. 그래프에서 x-축은 시간의 변화를 나타내며, y-축은 각각 온도와 압력을 나타낸다. 그래프에 도시된 온도는 과대 불판(Cookware), 부탄용기의 상부 3곳(Top 1, 2, 3)과 하부 1곳(Bottom)에서 측정된 값이며, 압력

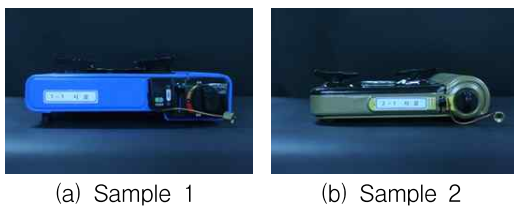
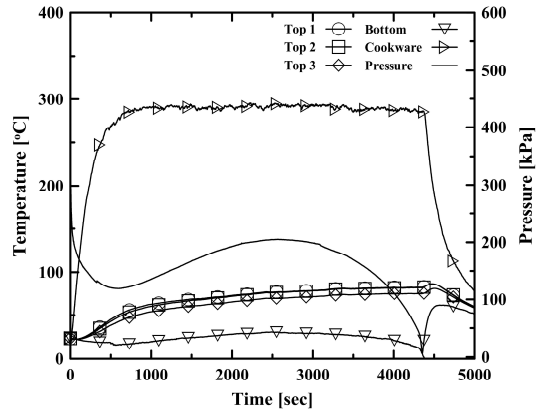
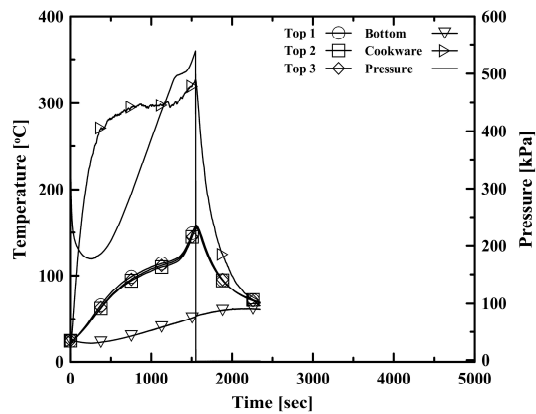


Fig. 1 Type of portable butane gas range.



(a) Sample 1



(b) Sample 2

Fig. 2 Measured temperature and pressure with two portable butane gas ranges.

은 연소기에 공급되는 부탄 용기 내부의 가스 압력(Pressure)이다. 우선 Fig. 2(a)는 1번 연소기를 대상으로 실험한 결과이다. 먼저 불판의 온도 변화는 실험 시작 후 500초가 될 때까지 급격하게 증가하는 경향을 보이며, 500초 이후부터 부탄용기 내 가스를 모두 소진하여 자동으로 연소기가 소화되는 4,500초까지 약 300°C를 유지하다가 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 불판의 온도 변화 경향은 불판의 재질과 밀접한 관련이 있는 것으로, 알루미늄 다이캐스팅 불판의 높은 열전도 계수(167 W/m·K)로 인해 연소기 작동 초반에 급격한 온도 상승을 보이게 되며, 비열(875 J/kg·K) 값에 의해 300°C의 온도를 유지하게 되는 것이다. 다음으로 부탄용기의 상부 온도는 불판의 온도에 비해 크게 상승하지 않지만, 온도가 일정하게 유지되는 구간이 거의 일치하는 것을 확인할 수 있었다. 이와 같이 불판

과 부탄용기 상부의 온도에 차이가 나는 이유는 연소기에서 발생하는 열이 직접 전달되는 불판에 비해 부탄용기는 연소기에 설치된 용기덮개를 거쳐 열을 전달받을 뿐만 아니라 용기 내에 있는 액체 연료가 가스 연료로 기화하기 위한 열을 소모하기 때문에 나타나는 결과이다. 부탄용기 하부 온도는 실험 초기에 액체연료의 기화로 인해 감소하다가 용기 주변 온도가 고온이 되는 500초 근처부터 주변에서 전달되는 열이 연료의 기화에 필요한 열보다 많아지면서 소폭 상승하는 결과를 보였다. 연소기가 소화된 이후의 부탄용기 하부 온도는 용기 내부의 액체연료가 모두 소모되어 기화열이 불필요해지고, 주변의 온도에 의해 급격하게 상승하다가 주변의 온도 감소로 인해 다시 감소하는 경향을 보였다. 마지막으로 시간에 따른 부탄용기 내부의 압력 변화를 살펴보면, 용기 내부 압력은 연소기의 작동이 시작되면서 용기 내부의 가스 연료가 배출되어 감소하다가 주변의 온도 증가로 인해 액체 연료의 기화가 급격하게 일어나 증가하는 것을 확인할 수 있으며, 이후 기화가 필요한 액체 연료가 점차 소모되면서 다시 감소하는 경향을 보였다. Fig. 2(b)는 2번 연소기를 대상으로 1번 연소기와 동일한 조건에서 실험한 결과를 나타낸 그래프이다. 그래프를 살펴보면, 동일한 재질의 불판을 사용하고, 1번 연소기와 동일한 열용량을 갖는 연소기를 사용하였기 때문에 실험 초반 불판의 온도 상승률과 최고 온도는 Fig. 2(a) 실험결과와 동일한 것을 확인할 수 있다. 하지만 2번 연소기는 1번 연소기와 달리 부탄용기의 연료가 모두 소모되지 않은 상태에서 안전장치의 작동에 의해 연소기가 강제 소화되어 1,500초까지만 실험을 진행할 수 있었다. 이와 같이 연소기의 강제소화가 일어나는 이유는 부탄용기 상부와 하부, 그리고 용기 내부 압력 변화를 이용하여 설명할 수 있다. Fig. 2(a)의 부탄용기 상·하부 온도와 비교할 경우, 2번 연소기의 부탄용기 상·하부 온도는 비교적 높게 나타나고 있다. 이는 같은 재질의 불판과 같은 용량의 연소기를 사용하기 때문에 부탄용기를 덮고 있는 용기덮개까지 전달되는 열은 동일하다고 볼 수 있지만, 용기덮개의 재질이 서로 달라 부탄용기에 전달되는 열도 다르기 때문에 나타나는 현상이다. 즉, 용기덮개 재질의 열전달율이 높은 2번 연소기의 부탄용기 상·하부 온도가 크게 증가하게 되고, 이로 인해 용기 내부의 액체 연료가 급격하게 기화를 하기 시작하면서 용기 내부 압력이 540 kPa이 되어 연소기 안전장치가 작동을 하게 된 것이다. Fig. 2(a)와 (b)의 결과로 보았을 때, 이동식 부탄 용기의 폭발사고와 밀접한 관련이 있는 용기 내부의 압력 변화는 부탄용기 하부의 온도 변화와 일치하는 경

향을 보임을 확인하였으며, 이러한 결과로 보았을 때 용기 하부의 온도를 이동식 부탄 연소기의 안전여부를 판단하는 기준으로 사용하는 것이 합당하다는 결론을 얻을 수 있다. 특히 Fig. 2(b)의 2번 연소기 실험 결과를 보았을 때, 이동식 부탄 연소기를 안전하게 사용하기 위해서는 연소기의 작동 시 부탄용기 하부 온도가 50℃ 이하로 유지되어야 한다는 결론을 얻었다.

후 기

본 연구는 2013년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제(No. 20132020500020)이며, 일부 인하대학교 자동차동력계부품 지역혁신센터의 지원에 의해 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 안상돈 외 1명, 신성장 동력사업으로서의 글램핑과 축산업의 연계방안, 농협경제연구소, 2014
- [2] 가스안전공사, 2013 가스사고연감, 2013