

이동식 부탄 연소기의 안전기준 개정을 위한 기초 연구

김수익* · 금국빈* · 유병훈* · 이창언* · 김영구***

*인하대학교 기계공학과 · **한국가스안전공사

Fundamental Study for Reformation of Safety Standard about Portable Butane Gas Range

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

*Department of Mechanical Engineering, Inha University, **Korea Gas Safety Corporation

(Received 1 December 2014, Received in revised form 6 December 2014, Accepted 8 December 2014)

ABSTRACT

The experiment was conducted to measure temperature and pressure around operating portable butane gas ranges with oversized cookwares. In this experiment, portable butane gas range with different safety equipment and two kinds of oversized cookware, each of which is made of aluminum alloy and rock, was used. As a result, temperature of the bottom of the butane and the pressure of butane barrel tend to aligned with each other. Through this result, it is reasonable that a safety criteria can be decided based on the temperature of the bottom of butane. Especially, portable butane gas ranges are safely conducted under the condition of the temperature is under 50 degree and pressure is under 500 kPa, respectively, at the bottom of the butane barrel.

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

1. 서론

경제성장에 따른 국민 소득 수준이 향상되면서 여가 시간을 활용하고자 하는 인구가 점차 늘어나고 있으며 특히 여가 시간을 활용하여 캠핑과 같은 야외 활동을 즐기는 인구가 많아지고 있는 상황이다. 농협경제연구소의 보고서[1]에 따르면 캠핑 인구수는 2009년 약 82만 명에서 2013년 약 467만 명으로 증가하였고, 250만 명이었던 2012년과 비교해서도 1년 사이에 약 90.4%가 증가한 것으로 나타났다. 이러한 캠핑 인구수의 증가로 인해 캠핑용품에 대한 시장은 2008년 약 700억 원 규모에서 2013년 약 5,000억 원 규모로 급격하게 증가하였으며, 캠핑용품 중에서도 휴대용 가스 연소기 제품은 이동의 편리함과 복잡한 설치가 불필요하다는 장점으로 인해, 야외 취사가 필요한 캠핑인구들에 의해 많이 이용되고 있다. 하지만

휴대용 가스 연소기 제품의 사용이 많아지면서, 사용상의 부주의로 인한 사고도 많아지고 있는 상황이다. Table 1은 2009년부터 2013년까지 5년 동안의 가스 사용으로 인해 발생한 전체 사고 건수와 이 중 이동식 부탄 연소기의 사용으로 인한 사고 건수를 나타낸 것이다[2]. 표를 살펴보면, 이동식 부탄 연소기의 사고는 전체 가스 사고 중 약 19%를 차지한다. 특히 이동식 부탄 연소기의 사고 건수 중 팔호안의 수치는 과대불판의 사용으로 인한 사고 건수로, 최근 5년간 꾸준히 발생하여 총 17건의 사고가 기록되고 있다. 이는 전체 가스 사고 중 2.6%에 해당하고, 이동식 부탄 연소기를 이용한 사고 중 13.7%에 해당하는

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 oversize cookware)	30 (5)	27 (4)	30 (4)	18 (1)	19 (3)	124 (17)
Ratio[%]	20.7 (3.4)	20.1 (3.0)	23.8 (3.2)	14.4 (0.8)	15.7 (2.5)	19.0 (2.6)

† Corresponding Author, navkyg@kgs.or.kr

This is an Open-Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

수치로, 과대불판의 사용이 이동식 부탄 연소기의 사용으로 인한 사고 중 비교적 높은 비중을 차지하는 것을 알 수 있다. 하지만 이렇듯 과대불판의 사용만 이렇듯 과대불판의 사용으로 인한 사고율이 높음에도 불구하고, 국내에서는 과대불판의 사용에 따른 이동식 부탄 연소기의 안전기준이 아직 마련되어 있지 않은 상황이다[3,4]. 여기서 과대불판이란 이동식 부탄 연소기의 연소부와 부탄용기가 있는 용기 덮개부를 완전히 덮을 수 있는 크기의 불판을 의미하며, 이 불판들은 시중에서 손쉽게 구입이 가능한 조리기구이다. 이러한 과대불판의 사용은 일반적인 크기를 갖는 조리구구에 비해 연소기에서 발생한 열이 더 많이 부탄용기에 영향을 주기 때문에, 부탄용기 내부의 온도 상승과 압력 상승을 일으키게 되고 폭발사고로 까지 이어질 수 있는 문제점을 갖는다.


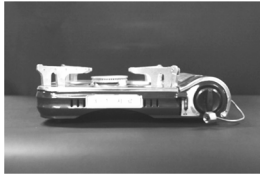

따라서 본 연구는 과대불판의 사용에 따른 이동식 부탄 연소기의 안전기준을 개정하기 위해 수행되었다. 이를 위해 우선 과대불판을 사용하여 이동식 부탄 연소기를 작동시킬 경우, 작동 시간 경과에 따른 불판의 온도와 이동식 부탄용기의 상하부 온도, 용기 내부의 부탄가스 압력 변화를 측정하였다. 또한, 측정된 값을 바탕으로 부탄용기의 온도와 압력 사이의 상관관계를 분석하여, 이동식 부탄 연소기의 안전기준 개정을 위한 기초자료를 제시하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1. 이동식 부탄 연소기의 사양

Table 2는 이번 연구에서 사용된 이동식 부탄 연소기의 사양을 나타낸 것이다. 연구에서 사용한 이동식 부탄 연소기는 시중에서 구입이 용이한 제품 중 3가지를 선정하였으며, 선정된 이동식 부탄 연소기는 150~210 g/hr의 다양한 연료사용량을 갖는 제품으로, 2번 연소기가 210 g/hr로 가장 큰 연료 사용량을 가지며, 1번 연소기와 3번 연소기는 150~160 g/hr로 비슷한 연료 사용량을 갖는다. 다음으로 이동식 부탄 연소기에 과대불판을 설치하는 경우, 과대불판과 연소기의 부탄 용기 덮개부 사이의 거리는 1번 연소기가 25.18 mm로 가장 멀었으며, 그 중 3번 연소기는 6.67 mm로 가장 가까운 것으로 확인되어 3번 연소기의 부탄 용기가 연소기에서 발생하는 열에 의한 영향을 가장 크게 받을 것으로 예측된다. 마지막으로 이동식 부탄 연소기에는 부탄 용기에서 공급되는 부탄가스의 압력이 기준 압력(500 kPa) 이상으로 공급되는 경우, 연소기의 작동을 강제로 중지시키기 위한 안전장치가 적용되어 있다. 적용된 안전장치를 살펴보면, 1번과 3번 연소기에는 부탄가스의 압력이 기준압력 이상으로 공급되는 경우 부탄 용기를 연소기에서 강제로 이탈시키는 용기 이탈식 안전장치가

Table 2. Specifications of portable butane gas range



Sample 1	
	
Fuel consumption	150 g/hr
Safety type	Separation of butane barrel
Distance with gas range and cookware	25.18 mm
Sample 2	
	
Fuel consumption	210 g/hr
Safety type	Gas supply block type
Distance with gas range and cookware	15.71 mm
Sample 3	
	
Fuel consumption	160 g/hr
Safety type	Separation of butane barrel
Distance with gas range and cookware	6.67 mm

설치되어 있으며, 2번 연소기에는 공급되는 가스의 유로를 차단하는 유로 차단식 안전장치가 설치되어 있다.

2.2. 과대불판의 사양

Table 3은 이번 연구에서 사용된 과대불판의 사양을 나타낸 것[5]으로, 야외나 대중식당에서 많이 사용되고 있는 2가지 제품이 실험에 사용되었다. 표를 살펴보면, 실험에 사용한 과대불판은 모두 이동식 부탄 연소기의 연소부와 부탄용기부분을 덮을 수 있는 크기를 가지고 있으며, 알루미늄 다이캐스팅 재료의 불판은 3 mm의 두께를 가지고 있고, 자연석 재료의 불판은 20 mm의 두께를 갖는다. 다음으로 불

Table 3. Specifications of oversized cookware

A-type oversized cookware	
	
Material	Aluminum alloy
Size (W × L)	305 mm × 385 mm
Thickness	3 mm
Specific heat	875 J/kg·K
Heat transfer coefficient	168 W/m·K
B-type oversized cookware	
	
Material	Rock
Size (W × L)	300 mm × 400 mm
Thickness	20 mm
Specific heat	800~1,000 J/kg·K
Heat transfer coefficient	2.59~3.80 W/m·K

판의 최대 가열온도에 영향을 주는 비열(Specific heat)은 두 가지 재질 모두 비슷한 값인 약 900 J/kg·K을 가지고 있으며, 실험 초기 불판의 온도 상승속도에 영향을 주는 열전달 계수(Heat transfer coefficient)는 알루미늄 다이캐스팅 재질의 불판이 168 W/m·K으로 2.59~3.80 W/m·K인 자연석 재질의 불판에 비해 큰 값을 가지고 있다.

2.3. 실험 방법

이번 연구에서는 총 3개의 이동식 부탄 연소기를 대상으로 각 연소기마다 두 가지 종류의 재질을 갖는 과대불판을 사용하였으며, 각 조건별로 안전사고에 큰 영향을 미치는 과대 불판 및 이동식 부탄용기의 온도와 공급 압력 변화를 연소기의 작동부터 소화에 이르기까지 시간에 따라 측정하였다. 온도를 측정할 때 비교적 높은 온도가 예상되는 불판은 최대 1,200℃까지의 온도측정범위를 갖는 K-type 열전대를 사용하였으며, 비교적 낮은 온도가 예상되는 부탄용기는 최대 400℃까지 온도측정이 가능한 T-type 열전대를 사용하였다. Fig. 1은 두 가지 열전대를 이용하여 측정한 온도 측정 부위를 설명한 그림이다.

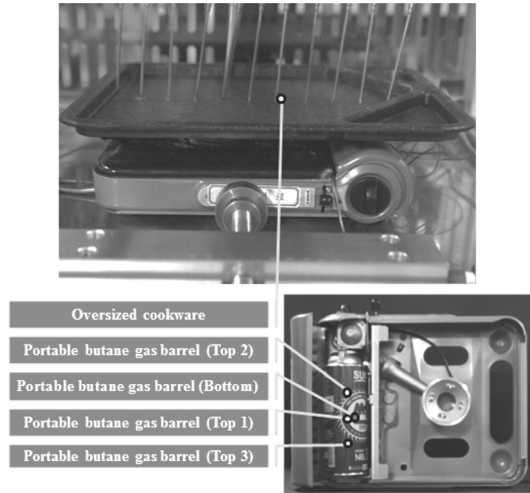


Fig. 1. Measuring points of temperature.

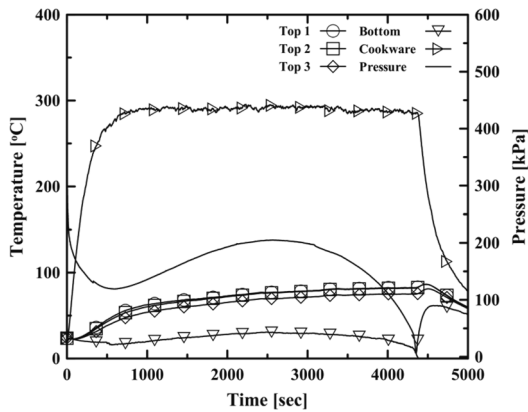
불판은 길이방향에 따라 30 mm 간격으로 열전대를 설치하여 온도를 측정하였으며, 실험 결과에는 측정된 온도 중 가장 높은 온도를 불판의 대표온도로 이용하였다. 다음으로 부탄 용기의 온도 측정 위치는 용기 상부와 하부로 구분하였는데, 이는 부탄용기가 연소기에 설치되었을 경우, 용기 상부는 기화된 기체 연료, 용기 하부는 액체 연료가 채워져 있는 것을 감안한 것이다. 특히 용기 상부의 온도는 용기 바닥에서 연료가 분사되는 용기 윗부분까지 40 mm 간격으로 3곳(중앙-Top 1, 용기 윗부분-Top 2, 용기 바닥부분-Top 3)으로 구분하여 측정하였으며, 용기 하부는 중앙부 1곳(Bottom)에서만 측정하였다.

일반적인 이동식 부탄 연소기의 구조를 살펴보면, 부탄용기에서 공급된 가스 상태의 연료는 거버너에 의해 감압되어 연소기에 공급되도록 되어 있다. 따라서 부탄 용기 내부의 압력을 측정하기 위해서는 부탄용기와 거버너 사이의 압력을 측정해야 하며, 이를 위해 본 연구에서는 이동식 부탄 연소기의 거버너 일부를 개조하여 부탄용기의 압력을 측정할 수 있도록 하였다. 압력 측정에 사용된 센서(PSHH1000-RCAG, SENSYS)는 이동식 부탄 연소기의 안전장치 작동 압력이 500 kPa임을 감안하여 1,000 kPa까지 측정 가능한 기기를 사용하였다. 마지막으로 측정된 온도와 압력은 데이터로거(34970A, AGILENT)를 이용하여 수집하였다.

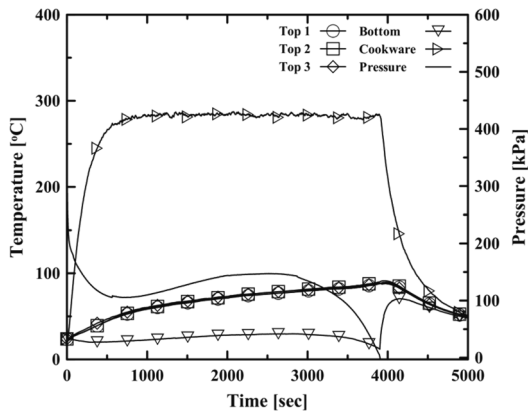
3. 결과 및 검토

3.1. 알루미늄 다이캐스팅 과대불판을 이용한 실험 결과

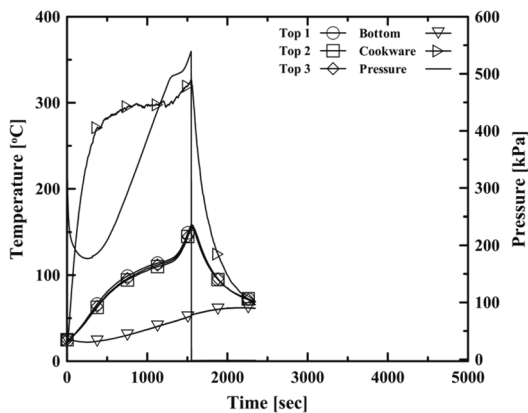
Fig. 2는 3개의 이동식 부탄 연소기를 대상으로 알루미늄 다이캐스팅 재질의 과대불판을 사용하는 경



(a) Sample 1



(b) Sample 2



(c) Sample 3

Fig. 2. Measured temperature and pressure with portable butane gas ranges using A-type oversized cookware.

우, 이동식 부탄 연소기의 작동 시간에 따라 측정된 과대불판 및 부탄용기 상·하부의 온도와 부탄용기의 공급 압력 변화를 도시한 그래프이다. 그래프에서 x축은 이동식 부탄 연소기의 작동시간 변화를 나타

내며, y축은 각각 불판(Cookware) 및 부탄용기의 온도(Top 1, 2, 3 and Bottom)와 부탄 용기 압력(Pressure) 변화를 나타낸다.

Fig. 2(a)는 1번 연소기를 대상으로 실험한 결과이다. 우선 과대불판의 온도 변화를 살펴보면, 불판의 온도는 실험 시작 후 500초가 될 때까지 급격하게 증가하는 경향을 보이며, 500초 이후부터 부탄용기 내 가스를 모두 소진하여 자동으로 연소기가 소화되는 4,400초까지 약 300°C를 유지하다가 급격하게 감소하는 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 불판의 온도 변화 경향은 불판의 재질과 밀접한 관련이 있는 것으로, 알루미늄 다이캐스팅 불판은 높은 열전도 계수(167 W/m·K)로 인해 연소기 작동 초반에 급격한 온도 상승을 보이게 되며, 비열(875 J/kg·K) 값에 따라 300°C의 온도를 유지하게 된다.

다음으로 부탄용기의 상부 온도는 불판의 온도에 비해 크게 상승하지 않지만, 온도가 일정하게 유지되는 구간이 거의 일치하는 것으로 보인다. 이와 같이 불판과 부탄용기 상부에서 온도차가 발생하는 이유는 연소기에서 발생하는 열이 화염을 통해 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 많아지게 되어 소폭 상승하는 결과를 보이지만, 최대 50°C를 넘지 않는다. 연소기가 소화된 직후 부탄용기 하부의 온도가 약 100°C까지 급격하게 상승하는 것은 용기 내부의 모든 액체연료를 사용함에 따라 주변온도의 영향으로 나타나는 현상이다. 마지막으로 시간에 따른 부탄용기 내부의 압력 변화를 살펴보면, 용기 내부 압력은 연소기의 작동이 시작되면서 용기 내부의 가스 연료가 배출되고, 이로 인해 감소하는 경향을 보이다가 주변의 온도 증가로 인해 액체 연료의 기화가 급격하게 일어나 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이후 용기 내부의 가스 압력은 기화해야할 액체 연료가 점차 감소되면서 다시 감소하는 경향을 보인다. 이와 같은 부탄 용기 내부의 압력 변화 경향은 용기 하부의 온도 변화 경향과 일치하며, 이와 같은 결과로 인해, 이동식 부탄 연소기의 사고와 밀접한 관련이 있는 용기 내부의 압력 변화를 예측하기 위해서는 용기 하부의 온도가 가장 적합하다는 것을 알 수 있다.

Fig. 2(b)는 (a)와 동일한 조건에서 2번 연소기를 이용하여 실험한 결과를 나타내고 있다. 그래프에서 보이듯이 불판과 부탄용기의 온도 변화 경향은 모두

1번 연소기와 비슷한 것을 확인할 수 있으며, 단지 불판과 부탄용기 덮개부의 간격 차와 같은 형상 차이로 인해 부탄용기 상부의 온도가 약간 차이를 보이고, 이로 인해 용기 내부 압력에 차이를 보이고 있다. 또한, 2번 연소기의 작동시간이 1번 연소기의 작동시간에 비해 약 500초 정도 짧은 것을 볼 수 있는데, 이는 2번 연소기의 연료사용량이 1번 연소기에 비해 크기 때문에 나타나는 결과이다.

Fig. 2(c)는 3번 연소기를 이용한 실험결과를 나타낸다. 그래프를 살펴보면, 동일한 재질의 불판을 사용하고, 1번 연소기와 유사한 연료 사용량을 갖는 연소기를 사용하였기 때문에 실험 초반 불판의 온도 상승률과 최고 온도는 Fig. 2(a) 실험결과와 유사하다. 하지만 3번 연소기는 1번 연소기와 달리 부탄용기의 연료가 모두 소모되지 않은 상태에서 안전장치의 작동에 의해 연소기가 강제 소화되어 1,500초까지만 실험을 진행할 수 있었다. 이는 Fig. 2(a)에서 도시한 1번 연소기의 부탄용기 상·하부 온도와 3번 연소기의 부탄용기 상·하부 온도를 비교해 보았을 때, 3번 연소기의 부탄용기 상·하부의 온도가 1번 연소기에 비해 높은 100℃와 50℃ 이상으로 측정된 것을 확인할 수 있고, 이로 인하여 부탄용기 내부의 압력이 540 kPa까지 상승하게 되면서 연소기의 안전장치가 작동하여 나타나는 결과이다.

3번 연소기가 1번 및 2번 연소기와 달리 안전장치가 작동하게 된 이유는 크게 2가지로 살펴볼 수 있다. 첫 번째는 연소기의 형상 차이로 인한 결과이다. 즉, 1번 연소기와 2번 연소기는 연소기의 부탄용기 덮개부부터 불판까지의 거리가 15 mm 이상으로 비교적 멀리 떨어진 반면, 3번 연소기는 7 mm 이하의 거리를 보이고 있어 불판의 온도 상승에 따른 영향을 다른 2개의 연소기에 비해 많이 받게 된다.

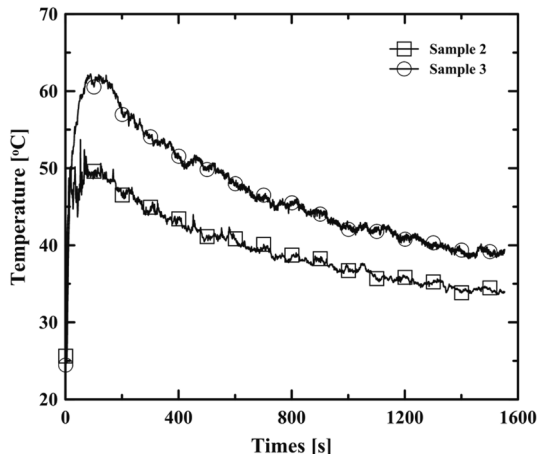


Fig. 3. Change of temperature for specimens of each portable butane gas range.

다음으로 연소기를 구성하는 외형의 재질 차이로 인해 3번 연소기의 부탄용기 상·하부의 온도가 다른 두 가지 연소기의 온도보다 높게 나타났다. Fig. 3은 2번 연소기와 3번 연소기의 외형을 이루는 재질 시편을 채취하고, 시편의 한편을 고온에 노출시켰을 때 시편의 반대편에서 시간에 따라 측정된 온도변화를 도시한 그래프이다. 그래프에서 보이듯이, 각각의 시편 중 한 쪽을 고온에 노출시켰을 때, 반대편의 온도는 3번 연소기를 이루는 시편이 2번 연소기를 이루는 시편에 비해 짧은 시간 안에 고온에 도달함을 확인할 수 있고, 도달하는 최고 온도도 3번 연소기의 시편이 2번 연소기의 시편에 비해 약 10℃ 정도 높은 것을 확인할 수 있다. 이와 같은 결과로 보았을 때, 다른 연소기에 비해 열전달률이 높은 재질로 구성된 3번 연소기에 설치된 부탄용기가 다른 연소기와 비교하여 비교적 높은 열을 전달받게 되었고, 이로 인해 용기 내부의 압력이 높게 상승하게 되어 안전장치가 작동하게 되는 것이다.

3.2. 자연석 과대불판을 이용한 실험 결과

Fig. 4는 자연석 과대불판을 이용하여 실험한 경우, 이동식 부탄 연소기의 작동시간 변화에 따라 불판의 온도 및 부탄용기 상·하부의 온도 변화와 부탄용기 내부의 압력 변화를 도시한 결과이다. 그래프에서 x축은 이동식 부탄 연소기의 작동 시간 변화를 나타내며, y축은 각각 불판(Cookware) 및 부탄용기의 온도(Top 1, 2, 3 and Bottom)와 부탄 용기 압력(Pressure) 변화를 나타낸다.

우선 Fig. 4(a)를 살펴보면, 실험 시작 후 2,000초가 될 때까지 온도는 증가하는 경향을 보이다가, 2,000초 이후부터 연소기의 불이 꺼질 때까지 약 280℃ 근처에서 온도가 유지된다. 그 뒤에 온도는 연소기의 불이 꺼진 약 4,400초부터 서서히 감소한다. 이러한 자연석 불판의 온도 변화 경향은 Fig. 2(a)에서 보이는 알루미늄 다이캐스팅 불판의 온도 변화와 비슷한 경향을 보이지만, Table 3에서 보이는 바와 같이 자연석 재질은 알루미늄 다이캐스팅 재질에 비해 열전도계수(2.59~3.80 W/m·K)가 낮아 초반 온도 상승률이 낮게 나타나고 이로 인해 최대 온도까지 도달하는 시간이 500초에서 2000초로 차이가 있는 것을 확인할 수 있다. 하지만 자연석 불판의 최고 온도는 비슷한 비열을 갖고 있는 알루미늄 다이캐스팅 재질과 비슷한 값을 가진다.

다음으로 부탄용기의 상부 온도 변화를 살펴보면, 이동식 부탄 연소기의 작동 초기 부탄용기 상부의 온도는 알루미늄 다이캐스팅 불판을 사용한 경우(Fig. 2(a))보다 더디게 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 알루미늄 다이캐스팅 재질의 불판에 비해

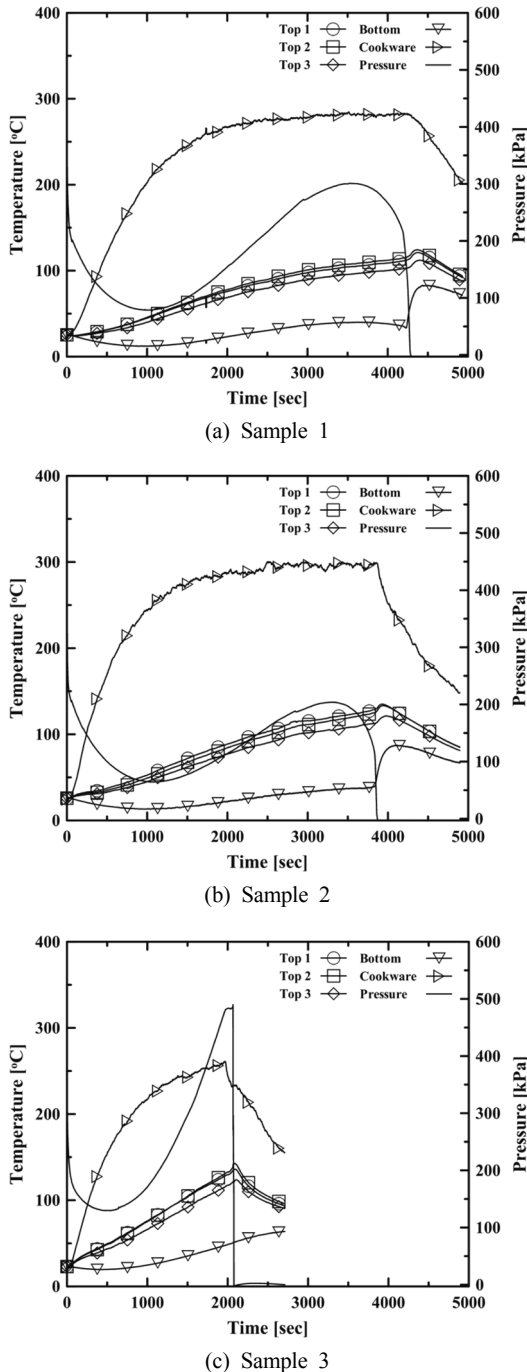


Fig. 4. Measured temperature and pressure with portable butane gas ranges using B-type oversized cookware.

열용량이 큰 자연석 불판의 사용으로 인하여 주변으로 전달되는 열량이 감소하여 나타나는 결과이다. 이렇듯 자연석 불판을 사용하는 경우의 용기 상부 온도는 알루미늄 다이캐스팅 불판을 사용하는 경우보

다 낮은 상승률을 갖는다. 하지만 이동식 부탄 연소기의 작동 후반으로 갈수록 용기 상부 온도는 더 높아진다. 이와 같이 자연석 불판을 사용하는 경우의 부탄용기 상부 온도가 알루미늄 다이캐스팅 불판 사용 시보다 높게 나타나는 이유는 알루미늄 다이캐스팅 불판에 비해 낮은 열전도계수를 갖는 자연석 불판의 사용으로 인해 연소기에서 공급되는 열이 자연석 불판을 통해 쉽게 빠져나가지 못하기 때문이다. 또한, 이러한 현상으로 인하여 자연석 불판을 사용한 경우의 용기 내부 압력이 알루미늄 다이캐스팅 불판을 사용한 경우보다 100 kPa 정도 높은 300 kPa까지 상승하는 결과를 보였다.

마지막으로 시간에 따른 부탄용기 하부 온도는 실험 초기에 액체연료의 기화로 인해 감소하다가 용기 주변 온도가 고온이 되는 1,000초 근처부터 주변에서 전달되는 열이 연료의 기화에 필요한 열보다 많아지게 되어 소폭 상승하는 결과를 보이지만, 최대 50°C를 넘지 않는다. 이러한 경향은 Fig. 2(a)와 같은 경향임을 확인할 수 있다.

Fig. 4(b)는 2번 연소기를 대상으로 실험한 결과를 나타낸다. Fig. 4(a)에 비해 불판을 제외한 부탄용기와 용기 내의 압력이 약간 낮게 측정되었을 뿐 1번 연소기를 이용한 실험결과와 동일한 경향을 보였다.

다음으로 Fig. 4(c)는 3번 연소기를 대상으로 실험한 결과이다. 이번 결과는 알루미늄 다이캐스팅 불판을 사용한 Fig. 2(c) 결과와 동일하게 이동식 부탄 연소기의 작동 중간에 용기 내부의 압력 증가로 인해 안전장치가 작동하고, 연소기는 강제로 소화되었다. 다만 안전장치가 작동하는 시기가 알루미늄 다이캐스팅에 비해 약 500초 정도 늦어지는 것을 확인할 수 있다. 동일한 연소기에서 이런 차이를 보이는 것은 각 재질이 갖는 낮은 열전도계수로 인한 결과이다. 즉, 두 재질의 열전도계수 차이로 인하여 자연석 불판을 사용한 경우의 용기 하부온도가 알루미늄 다이캐스팅 불판을 사용한 경우보다 더디게 상승하기 때문이다.

마지막으로 Fig. 2(c)의 실험결과와 마찬가지로 부탄용기 하부의 온도는 50°C를 넘어서게 되면 용기 내부의 압력이 기준압력(500 kPa) 이상이 되었다. Fig. 2와 4의 결과를 보았을 때, 이동식 부탄 연소기의 안전기준을 제시하기 위해서는 부탄용기 내부 압력 변화와 유사한 경향을 갖는 용기 하부의 온도 변화를 확인하는 것이 적합한 방안이며, 특히 용기 하부의 온도가 50°C 이하로 유지된다면, 용기 내부의 압력도 안전기준인 500 kPa 이하로 유지될 수 있다는 결론을 얻었다.

4. 결론

본 연구는 과대불판의 사용에 따른 이동식 부탄 연소기의 안전기준을 개정하기 위해 수행되었으며,

두 가지 종류의 과대불판과 세 가지 종류의 이동식 부탄 연소기를 이용하여 불판 및 부탄용기의 온도와 압력을 측정하고, 그 상관관계를 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1) 이동식 부탄 연소기의 안전사고와 관련이 깊은 부탄용기 주변의 온도를 측정한 결과, 용기 상부의 온도변화는 이동식 부탄 연소기에서 사용하는 과대불판의 온도 변화와 유사한 경향임을 확인하였다. 또한, 과대불판의 온도변화는 불판의 재질이 갖는 물성치인 열전도계수와 비열에 영향을 받는 것을 확인하였으며, 이러한 결과는 향후 이동식 부탄 연소기의 안전성 시험 시 사용하게 될 불판의 규격화에 사용될 예정이다.

2) 부탄용기 주변의 온도 변화와 용기 내부의 압력 변화를 살펴본 결과, 안전사고와 밀접한 관련을 갖는 용기 내부 압력 변화는 부탄용기 하부의 온도 변화와 일치하는 경향임을 확인하였다. 특히 용기 하부의 온도가 50℃ 이상으로 상승한다면 용기 내부의 압력이 안전기준인 500 kPa 이상으로 상승하는 결과를 보여, 향후 이동식 부탄 연소기의 안전성 시험 시, 부탄용기 하부의 온도가 50℃ 이하로 유지되어야 한다는 기준 제시가 가능하다.

후 기

본 연구는 2013년도 산업통상자원부의 재원으로 한국에너지기술평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다(No. 20132020500020).

참고문헌

- [1] 안상돈, 강병규, 신성장 동력사업으로서의 글램핑과 축산업의 연계방안, 농협경제연구소 연구보고서, 2014
- [2] Korea Gas Safety Corporation, 2013 yearbook of Gas accidents, 2013
- [3] Korea Gas Safety Corporation, KGS AB336 2010 - Facility/Technical/Inspection Code for manufacture of Portable Butane Gas Stoves, 2010
- [4] Korean Agency for Technology and Standard, KS B 8106 - Portable hat plates used with butane gas, 2011
- [5] F.P. Incropera, D.P. DeWitt, T.L. Bergmann, A.S. Lavine, Fundamentals of heat and mass transfer, John Wiley & Sons, New Jersey, 2007, Appendix A