

천연가스 음속과 열전도도 상관식을 이용한 발열량 측정기술

이주행* · 최병철* · 최인철**†

Measuring calorific values of natural gases using sound velocity and thermal conductivity

Ju-Haeng Lee*, Byungchul Choi*, Inchul Choi**†

ABSTRACT

A method to measure heating value of natural gas using sound velocity and thermal conductivity is proposed to solve the low heating value issues of imported natural gas in South Korea. Natural gas generally consists of methane, butane, ethane, and inert gases. Heating value changes as the gas material properties, such as density, wobble index, etc., varies. It is highly important to measure heating values of natural gases accurately because measuring the heating value depends on the given natural gases' components. Therefore, sound velocity and thermal conductivity is measured to estimate indirectly heating value of Natural gas with their changed components.

Key Words : Natural Gas, Speed of Sound, Heating Value, Thermal Conductivity.

1. 서론

최근 천연가스를 수입하는 국가가 다양화 되면서, 이집트, 트리니다드 토바고 등에서 타 국가보다 낮은 발열량을 가진 천연가스를 수입하게 되어 과거에 비해, 발열량이 감소하는 추세이다. 이에 대하여, 낮은 발열량을 기준열량에 맞추기 위해 LPG를 추가하여 공급하여 공급한다. 이러한 현상에 대하여, 표준열량제에서 열량범위제로 변경함에 따라, 정밀하고 신속한 발열량 측정이 요하게 되었다.[1]

또한, 한국가스공사에서는 낮은 발열량의 천연가스로 인해 기준열량을 맞추기 위해 쓰이는 추가비용이 많이 발생하기에, 부피단위 요금제를 열량요금제로 전환하였다.

이 현상으로 인해, 정확하고 신속한 발열량 측정 기술이 필요하게 되었으며, 기존 발열량 측정 기술의 단점을 보완하기 위해 본 연구에서 음속과 열전도도를 이용한 발열량 측정 기술을 제안하였다.

2. 실험 원리 및 방법

2.1 실험원리

천연가스 발열량 측정은 천연가스에 포함된 메탄, 부탄, 에탄, 및 질소의 조성 변화에 따라 각 분자가 가지고 있는 고유 물성치로 인해, 변화하는 발열량을 음속과 열전도도를 이용하여 측정하는 방식이다.

Table 1. 각 국의 천연가스 조성 (mole percent)

Source	CH ₄	C ₂ H ₆	C ₃ H ₈	C ₄ H ₁₀	N ₂
Alaska	99.72	0.06	0.0005	0.0005	0.20
Algeria	86.68	9.35	2.33	0.63	0.71
Baltimore	93.32	4.65	0.84	0.18	1.01
Newyork	98.00	1.40	0.40	0.10	0.10
Sand diego	92.00	6.00	1.00	-	1.00

Table 1[2]은 각 국의 천연가스 주된 성분으로 메탄, 에탄, 프로판, 부탄, 질소로 이루어져있다.

본 연구에서는 메탄과 질소에서의 정해진 음속(메탄 : 450m/s 질소 : 352m/s)과 열전도도(메탄 30W/mk, 질소 24.3W/mk)를 이용하여, 두 가지 가스의 혼합된 농도에 따라 측정된 음속과 열전도도의 상관관계를 따라 발열량을 계산하는

* 전남대학교 기계공학과

** 한국생산기술연구원 동력부품소재그룹

† 연락처, choii@kitech.rekr

TEL : (062)600-6370 FAX : (062)600-

것이 주요 목적이다.

식 (1)~(3)을 이용하여[3], 이중가스에 대한 열전도도를 이론으로 구하여, TCD(Thermal Conductivity Detection) 센서에 발생하는 Voltage값을 Curve fitting을 통하여, 관계식을 도출할 것이다.

$$G_{12} = \frac{1.065}{2\sqrt{2}} \left(1 + \frac{M_1}{M_2}\right)^{-1/2} \left(1 + \sqrt{\frac{\mu_1}{\mu_2} \left(\frac{M_2}{M_1}\right)^{1/4}}\right)^2 \quad (1)$$

$$G_{21} = \frac{1.065}{2\sqrt{2}} \left(1 + \frac{M_2}{M_1}\right)^{-1/2} \left(1 + \sqrt{\frac{\mu_2}{\mu_1} \left(\frac{M_1}{M_2}\right)^{1/4}}\right)^2 \quad (2)$$

$$\lambda_{mix} = \lambda_1 \left(1 + G_{12} \frac{x_2}{1-x_2}\right)^{-1} + \lambda_2 \left(1 + G_{21} \frac{1-x_2}{x_2}\right)^{-1} \quad (3)$$

λ : 열전도도, x : 몰 분율, μ : 점성, M : 물질량

2.2 실험장치

Fig 1(a)는 가스챔버 내에서 TCD 센서를 이용하여, 순수가스와 혼합가스의 열전도도를 비교하기 위한 실험장치의 모습이다.

Fig 1(b)의 챔버는 전체 길이 480mm, 직경 60mm인 알루미늄을 소재로 밀폐된 공간으로 제작되어 누설 없이 순수가스와 혼합가스의 음속을 비교하기 위해 설계 및 제작되었다.

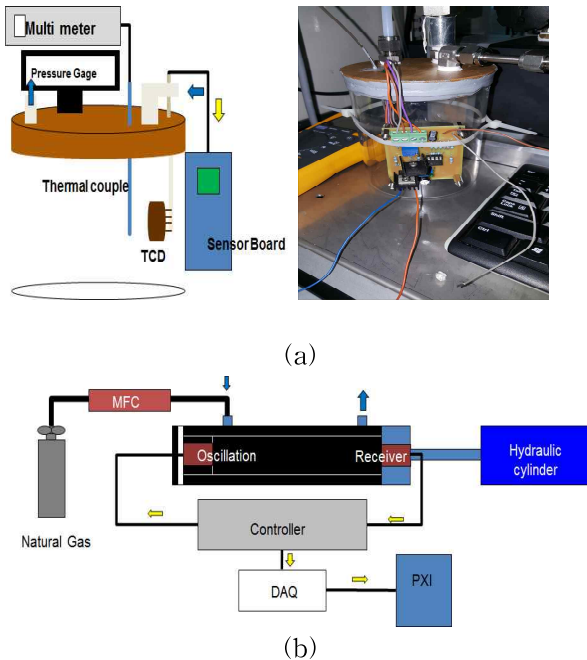


Fig 1. TCD 센서(a) 초음파(b) 실험장치 개요도

2.3 실험 방법

음속은 $C=L/\Delta t$ 공식을 이용하여, 음속을 계산하며, 거리(L)은 챔버내의 발진부와 수신부의 거리를 나타내며 Δt 는 $t_2 - t_1$ 을 말한다. 거리가 일정할 때, 가스의 조성이 변화에 따라 음속이 변화하는 특성을 이용하여, 발열량을 측정한다.

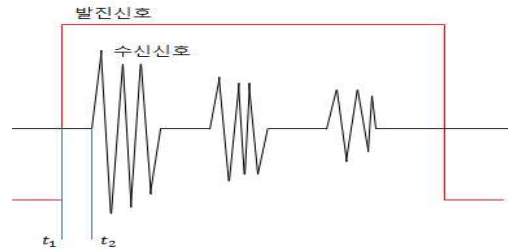


Fig 2. 초음파 신호 개요도

Fig 2.는 초음파 탐측자에서 발생하는 발진신호와 수신신호를 나타낸 그림이다.

Fig 3. 는 TCD 센서의 V_{in} 에 일정한 전압이 들어올때, 가스 조성에 따라 센서의 D와 C의 전압의 차에 의하여, 열전도도가 출력전압으로 측정되게 된다.

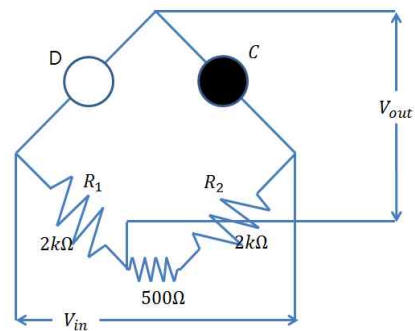


Fig 3. TCD 회로도에 대한 개요도

Table 2. TCD 센서(MD61)

Type	Thermal conductor gas sensor
Working Voltage(V)	32.5±0.1
Working circuit(mA)	≤ 140
Dimension(mm)	10*14*18
Sensitivity(mV)	>10

Table 2.는 실험에 사용된 TCD센서의 주요사양이다.

3.. 실험결과

위에서 언급한 실험장치를 통하여 음속과 열전도도를 이용한 실험을 진행하였다.

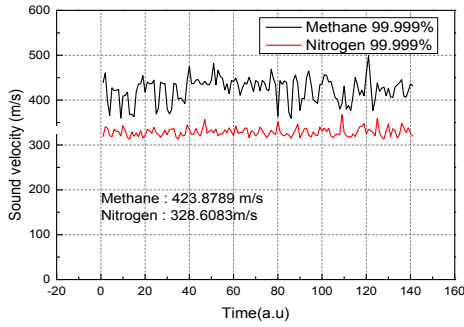


Fig 4. 메탄과 질소에 따른 음속 비교

Fig 4는 밀폐형 초음파 측정장치를 이용하여, 질소와 메탄간의 음속의 차이를 비교하여, 메탄의 음속이 질소보다 높은 것을 확인 할 수 있다.

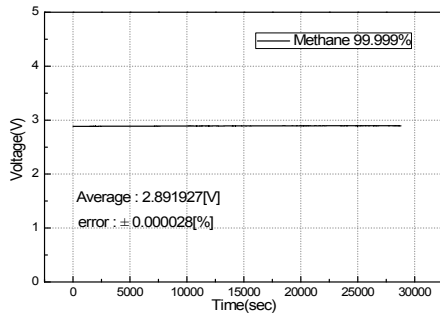


Fig 5. 장시간 운전에 대한 TCD 센서 Voltage 값

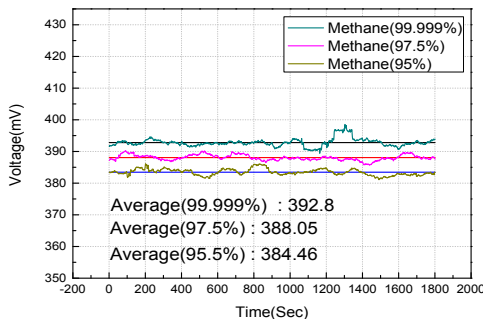


Fig 6. 메탄 농도에 따른 TCD 센서 Voltage 값 비교

Fig5와 Fig6.는 열전도도 실험장치를 통하여 실험을 진행하였으며, Fig 5는 TCD센서의 신뢰

도를 보기위하여, 장시간 운영을 통해 TCD 센서의 오차를 측정하였고, Fig 6는 메탄의 농도에 따른 TCD 센서의 값을 비교한 실험결과이다.

4. 결론

본 연구는 국내 수입되는 천연가스의 저발열량화에 대응하여, 음속과 열전도도 상관식을 이용한 발열량 측정 기술에 관한 실험을 진행하였다. 음속과 열전도도를 이용하여, 순수가스와 혼합가스의 센서 값을 측정 비교 하는 실험을 수행하였으며, 추후, 다양한 가스조성에서의 실험을 통해, 열전도도 음속 발열량간의 상관관계식을 이용하여 발열량을 측정하는 실험을 수행 할 계획이다.

후 기

본 연구는 2015년 생산성 혁신 파트너십 프로그램 지원사업 일환으로 수행되었습니다.

참고 문헌

- [1] 에너지원별_열량환산_및_탄소 배출계수_기준개발_연구. 에너지관리공단. 2013
- [2] Liquid Methane Fuel Characterization and Safety Assessment Report. Cryogenic Fuels Inc. Report No. CFI-1600, Dec. 1991
- [3] Dynamic thermal conductivity sensor for gas detection, Pascal Tardy, Jean-Rene Claude Lucat, Francis Menil ,Laboratoire IXL-UMR 5818 CNRS, ENSEIRB-Université Bordeaux 1, 351, Cours de la Libération, F33405 Talence Cedex, France.