

고온 CO₂ 가스의 복사 파장을 이용한 부분별 온도 측정

맹새롬* · 유미연* · 김세원* · 이창엽*

Temperature Measurement by Radiation Wavelength of High Temperature CO₂ gas

Saeromg Maeng*, Miyeon Yoo*, Saewon Kim*, Changyeop Lee *

ABSTRACT

Combustion gases emit various radiation signals by chemical reaction and excited molecules in combustion system. Since temperature measurement of combustion system is very difficult, non-contact temperature measuring methods are being researched. In this paper, we propose optical system of simple structure and implement technique for measuring temperature partially in furnace using radiation wavelength signals of high temperature CO₂ gas generated during combustion.

Key Words : Gas radiation, Temperature, CO₂

대형 연소 시스템의 내부와 화염(flame)의 온도를 측정하는 것과 여러 금속, 합금의 제련 및 열처리 등 고온에서 이루어지는 공정에서의 온도를 정확히 측정하는 것은 매우 어렵다. 일반적으로 온도를 측정하는 방법에는 접촉식과 비접촉식 방법으로 나뉘게 된다. 일반적으로 온도 측정 시 가장 많이 접촉식 방법이 사용되며, 열전대(thermocouple)를 이용하여 온도를 측정한다. 열전대의 장점은 측정하고자 하는 물체와 직접 접촉하여 온도를 쉽게 측정할 수 있다. 그러나 열전대를 구성하는 재료의 녹는점 이상의 온도는 측정이 어려우며, 직접 화염에 접촉하여 측정하기 때문에 연소를 방해할 수 있다. 또한, 열전대의 길이를 무한대로 길게 할 수 없는 측정 지점의 한계가 있고, 한 점의 온도만 측정하기 때문에 연소 시스템이나 화염의 온도 분포를 알기 쉽지 않다. 최근에 많이 연구 되고 있는 비접촉식 방법은 접촉식의 단점을 극복하고자, 광학적 방법이나 음향센서 등 다양하게 연구되고 있고, 광학적 방법의 대표적으로 광 온도계(optical pyrometer)가 있다. 광 온도계는 가시광선 영역대의 파장을 기반으로 하여, 측정되는 빛의 강도를 표준 빛의 강도와 비교하여 온도를 측정하기 때문에, 측정하고자 하는 물체로부터 떨어져 측정이 가능하고, 높은 온도를 측정할 수 있다. 하지만, 기존에

제안되고 온도 측정 방법들은 정밀도 및 신뢰성이 낮아 온도를 조절하거나 측정해야하는 산업분야에서는 온도의 정확성을 확보할 수 없고, 측정 장비들이 고가여서 저가형의 측정 장치를 개발하는 것이 중요하다.

본 논문에서는 이산화탄소(CO₂) 가스의 복사 파장 영역을 이용하여, 렌즈와 필터를 사용한 간단한 광학 시스템을 제안하여, 두 가지 형태의 버너의 화염 온도를 측정하고, 열전대와 비교하였을 때 오차율이 낮은 비접촉식 방법에 대해 제안하고자 한다.

플랑크 법칙(Planck's law)은 절대온도 T 일 때, 흑체(black body)로부터 나오는 모든 파장 영역의 복사 에너지를 설명한다. 플랑크의 법칙을 모든 파장에 따라 적분을 취하면, 슈테판-볼츠만의 법칙(Stefan-Boltzmann law)으로 흑체에서 방출되는 열복사 에너지는 절대온도 T 의 4제곱에 비례한다는 것을 식 (1)과 같이 표현할 수 있다.

$$P = \sigma AT^4 \quad (1)$$

여기서, P 는 복사 출력(W), σ 는 슈테판-볼츠만 상수($5.6704 \times 10^{-8} \text{ Wm}^2\text{K}^{-4}$), A 는 면적(m^2), T 는 절대온도(K)를 나타낸다.

흑체를 제외한, 모든 물체들은 회색체(gray body)라고 하며, 방사율(emissivity) ϵ 를 사용하여

* 한국생산기술연구원

† 연락처, cylee@kitech.rc.kr

TEL : (041)589-8414 FAX : (041)-589-8548

흑체와 같은 온도에서의 열복사 에너지는 다음과 같이 다시 쓸 수 있다. (흑체는 $\epsilon=1$)

$$P = \epsilon \sigma A T^4 \quad (2)$$

본 실험에서는 Fig. 1과 같이 화염의 온도를 측정할 수 있는 광학 시스템을 구성하였다. 집광 및 광 신호를 전달하기 위해 렌즈를 사용하였으며, CO₂ 가스 복사 파장 영역만의 신호를 검출하기 위해 중적외선 영역의 필터(filter)를 사용하였다. 그리고, 광 신호를 검출하기 위해 광 검출기(photo detector)를 사용하였다. 광학 시스템의 실험 방법은, 렌즈 1(L₁)의 초점거리 20 cm에서 집광된 빛이 필터를 지나 렌즈 2(L₂)를 통해 다시 집광된 빛은 광 조파(optical chopper)를 지나, 광 검출기로 전달된다. 광 조파는 빛을 통과 시키고, 차단을 반복하여 작은 신호를 검출할 수 있게 해주며, 배경 광의 영향을 최소화 시켜주는 역할을 한다.

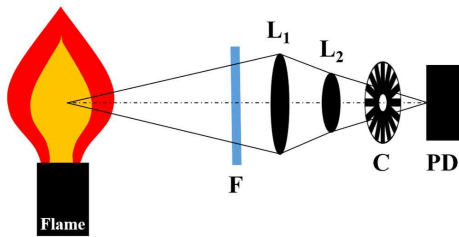


Fig. 1 Schematic diagram of optical systems.
(F: filter, L1&L2: lens, C: optical chopper, PD: photo detector)

제안한 광학 시스템으로 화염의 온도를 측정 한 범위는 100~1100도 이내였으며, 같은 위치에서의 열전대로 측정 한 온도와 비교하였을 때 광학 시스템의 오차율은 최소 0.03%에서 최대 1.5%로 측정 되었다. 그리고, 획득되는 데이터의 응답속도는 100 ms이내로 실시간으로 온도의 계측이 가능하다.

본 논문에서는 신뢰성과 활용도가 높은 비접촉식 온도 측정 방법인 광학 시스템을 CO₂ 가스의 복사 파장 영역을 이용한 간단한 구조의 광학 시스템을 제안하여, 온도의 정확성과 신뢰성을 확보 하였다.

후 기

본 연구는 한국생산기술연구원의 지원을 받아 수행한 연구과제입니다.

참고 문헌

- [1] H. Teichert, T. Fernholz, and V. Ebert "Simultaneous in situ measurement of CO, H₂O, and gas temperatures in a full-sized coal-fired power plant by near-infrared diode laser", Applied Optics., Vol. 42, No. 12, 2003, pp. 2043-2051.
- [2] B. Miller and U. Rems, "Development of a fast fiber-optic two-color pyrometer for the temperature measurement of surface with varying emissivities", Rev. Sci. Instrum, Vol. 72, No. 8, 2001, pp. 3366-3374.
- [3] E. Hecht, "Optics", Addison wesley, Forth edition, 2001, pp. 583-586.