

순산소 축열 연소시스템에서의 설계 파라미터에 관한 연구

홍성국* · 노동순* · 이은경*

Parametric Study of Regenerative System with Oxy-Fuel Combustion

Sungkook Hong*, Dongsoon Noh*, Eunkyung Lee*

ABSTRACT

The aim of this study is to investigate the parametric characteristics on regenerative system with oxy-fuel combustion by experiment. Regenerative system with a pair of oxygen burners and regenerators is used for evaluating regenerator characteristics according to design parameters such as ball (regenerator medium) size, regenerator weight, and bypass of exhaust gas. The temperature profiles with time are varied by ball size and regenerator weight. The bypass of exhaust gas shows that the heat recovery ratio increases while the regenerating temperature efficiency slightly decreases.

Key Words : Regenerative system, Oxy-Fuel, Temperature efficiency, Heat recovery ratio

기후변화 대응으로 CO₂ 배출 감소를 위해 개발되고 있는 다양한 기술들 중 순산소 연소기술은 공기 대신 순산소를 산화제로 사용하여 발생되는 배가스 내 CO₂ 포집이 용이한 장점이 있다 [1]. 한편, 축열 연소는 배가스 폐열을 보다 효과적으로 활용하는 에너지 절약기술로 산업체에서 적용되고 있다 [2-3]. 따라서, CO₂ 감축과 에너지 효율향상을 달성하기 위한 새로운 기술로 순산소 축열연소시스템에 대한 기술개발이 시도되고 있다 [4]. 본 연구에서는 세라믹 볼 축열체가 적용되는 순산소 축열연소시스템 설계에 대해 여러 가지 설계 파라미터(축열체 형상, 축열체 무게) 변화에 따른 축열/재생 특성을 살펴보고 있다. 특히, 순산소 연소적용으로 축열체를 통과하는 유량 불균형에 따른 문제를 해결하기 위해 배가스 bypass 개념을 적용하여 이에 따른 축열/재생 특성을 고찰하였다.

Fig. 1은 실험장치 개략도로서 연료와 순산소로 분리된 유로를 갖는 버너가 연소실 양끝단에 장착되고 이후에 축열실이 설치되게 된다. 그림에서와 같이, A영역이 연소되는 경우 A영역과 B영역은 각각 재생 및 축열상태로 유지되다가 절환밸브 절환을 통해 B영역이 연소되면서 A영역과 B영역은 축열 및 재생상태로 변경되게 된다. 이러한 축열실에 대한 절환모드 변경은 제어로직을 통해 제어되며, 축열실 상하단 위치에 설치된

열전대로 축열체를 지나가는 배가스와 순산소의 온도를 측정하였다. 한편 축열체를 통과하는 배가스와 순산소간의 유량 불균형 해결 방안으로 고려된 배가스 bypass 실험을 위해서, 본 연구에서는 그림과 같이 연소실내 발생된 배가스 일부가 bypass 유로로 우회하여 외부로 배출되도록 하였다.

사용된 연료는 도시가스이며 연소부하 10 kW에 해당되는 유량이 공급되도록 하였다. 산소는 이론 연소 대비 1.2배 해당되는 유량을 투입하였다. 축열체는 Al₂O₃가 95% 이상 함유된 세라믹 볼을 사용하였다. 실험조건에 해당되는 볼 크기는 각각 3mm, 5mm, 10mm이며, 동일한 5mm 크기 축열체에 대해 총 축열체 무게를 404g, 606g, 730g로 달리하여 실험을 수행하였다. 한편, 배가스 bypass 적용실험을 위해서는 연소실에서 발생된 배가스 유량 중 20-25%가 bypass 될 수 있도록 조절하였다.

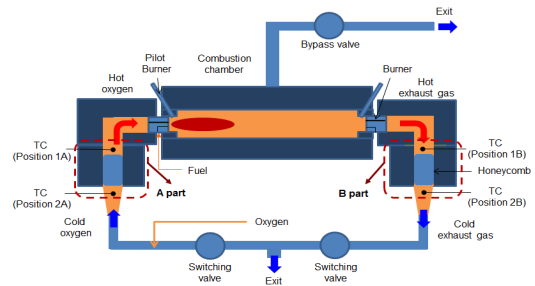


Fig. 1 Schematic diagram of regenerative system with oxy-fuel combustion.

* 한국에너지기술연구원 에너지효율연구단
 † 연락처, sungkookhong@kier.re.kr
 TEL : (042)860-3308 FAX : (042)-860-3133

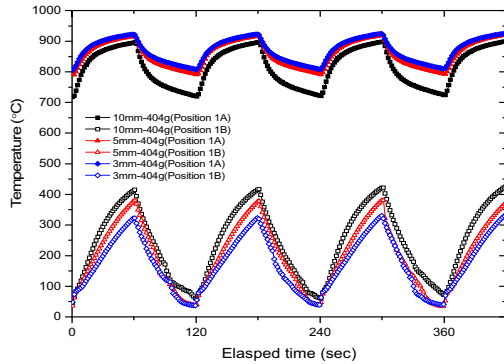


Fig. 2 Temperature profiles at different ball diameter conditions (without bypass).

Fig. 2는 절환시간 60초 경우에 대한 축열실 상하단 (position 1A, 2A) 위치를 통과하는 배가스와 산소 온도분포를 측정된 결과로 절환시간에 따른 일반적인 축열체 사이의 주기적인 온도변화를 확인할 수 있었다.

축열실 상하단 영역을 지나는 배가스 및 산소 온도값으로 다음과 같이 정의된 재생온도효율과 열회수율이 계산되어진다. 여기서, 하첨자 e, o는 각각 배가스와 산소를 그리고 1, 2는 축열실 상하단 영역을 지나는 위치 (position 1A, 2A)를 의미한다. 또한, m 과 CP 는 작동유체의 유량과 비열을 각각 의미한다.

재생 온도효율

$$\eta_r = \frac{(T_{o,1} - T_{o,2})}{(T_{e,1} - T_{o,2})} \quad (1)$$

열회수율

$$\epsilon = \frac{m_o C p_o (T_{o,1} - T_{o,2})}{m_e C p_e (T_{e,1} - T_{e,amb})} \quad (2)$$

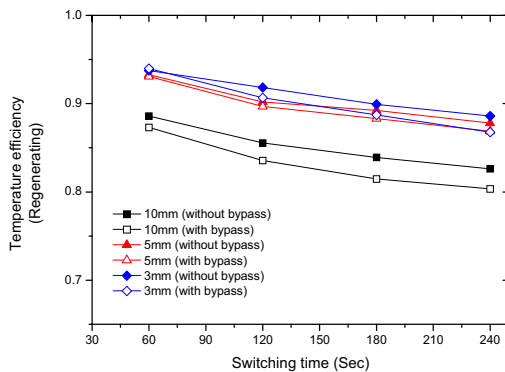


Fig. 3 Regenerating temperature efficiency at different ball diameter conditions.

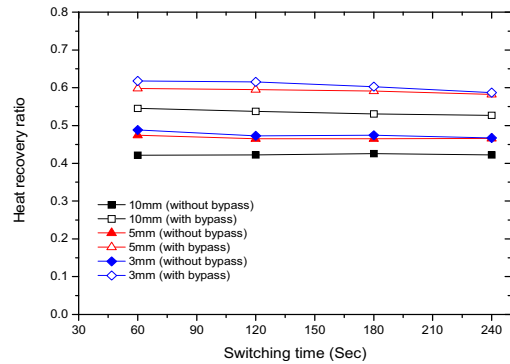


Fig. 4 Heat recovery ratio at different ball diameter conditions.

Fig. 3과 Fig. 4는 볼 직경 변화에 따른 재생 온도효율 및 열회수율을 나타낸 것이다. 볼 직경이 작아질수록 재생온도효율 및 열회수율이 증가됨을 볼 수 있다. 또한, 볼 무게가 증가되는 경우에도 축열량 증가에 따른 재생온도효율 및 열회수율이 증가됨을 확인할 수 있었다. 한편, 배가스 bypass 적용시, 재생온도효율 차이는 크지 않으나 열회수율은 0.1-0.15 이상 크게 향상되는 것으로 확인되었다.

후 기

본 연구는 한국에너지기술연구원 주요사업으로 수행한 결과입니다 (B3-2421).

참고 문헌

- [1] E. George et al. "Flameless Oxy-FGR : a way to comply with energy efficiency, environmental regulation and direct CO₂ capture solution for existing and new gas furnaces", 9th European conference on industrial furnace, Portugal, 2011.
- [2] N. Rafidi, W. Blasiak, "Thermal performance analysis on a two composite material honeycomb heat regenerators used for HiTAC burners", Applied Thermal Engineering, Vol 25, 2005, pp. 2966-2982.
- [3] W.B. Kim, J.B. Yang, "The Development of Flameless Regenerative Burner for the Industrial Furnaces", Journal of The Korean Society of Combustion, Vol 15. 2010, pp. 27-33.
- [4] S.K. Hong et al., "Experimental Study of Honeycomb Regenerator System for Oxy-Fuel Combustion", Journal of Mechanical Science and Technology, Vol. 27, 2013, pp. 1151-1154.