분류층 가스화 장치를 이용한 석탄 가스화 특성 연구

라호원* · 서명원* · 윤상준* · 윤성민* · 가명훈* · 이해룡* · 이재구*†

Gasification characteristics of coal in an entrained-flow gasifier

Ho Won Ra, Myung Won Seo, Sang Jun Yoon, Sung Min Yoon, Myung Hoon Ka, Hae Ryung Lee, Jae-Goo Lee*†

ABSTRACT

Due to global economic growth, there is an increasing need for energy. Fossil fuels will continue to dominate the world energy supplies in the 21st century and coal will play a significant role. Since coal is one of the most important fossil fuels in the world, coal gasification technology appears to be an inevitable choice for power and chemicals production and has a leading place in Clean Coal Technology (CCT). The most eminent environmental advantage of coal gasification lies in its inherent reaction features that produce negligible sulfur and nitrogen oxides, as well as other pollutants in a reducing atmosphere. The gasifier was operated for a throughput of 1.0 ton & 10.0ton coal per day at pressures of 1~20Bar. Gasification was conducted in a temperature range of 1,100~1,450℃.

Key Words : Gasification, Coal, Syngas, Entrained Flow Gasifier

초기의 가스화 기술은 석탄에서 합성가스를 생산하여 도시가스 대체용으로 이용되었으나 점차 화학공업원료, 암모니아, 메탄올, SNG, 디젤이나 가솔린을 생산하는 기술로 확대되었으며 전력생산을 포함한 다양한 제품을 생산하는 "polygeneration"의 일환으로 개발되고 있다. 석탄가스화 기술은 CCT(Clean Coal Technology) 기술의 출발점에 위치하고 있으며, 장기적으로 지구상에 존재하는 화석연료의 에너지나 화학원료 생산 관점에서 석탄을 고급연료로 활용할 수 있는 기반을 제공해 주는 기술이라 할 수 있다. 청정석탄 이용기술의 핵심공정인 석탄가스화는 고온·고압의 반응기에서 석탄이 산소, 수증기와 반응하여 합성가스($CO+H_2$)를 생산하는 과정을 말하며, 가스화 공정의 개략적인 공정도를 [그림 1]에 나타내었다. 석탄이 반응기내로 투입되면 수분 및 휘발성분이 순간적으로 탈 휘발되는 열분해 반응이 일어나며, 이후 탈 휘발된 석탄 Char가 연소 및 가스화 반응을 일으킨다. 탈 휘발 성분으로는 석탄의 구성 원소 성분에 따라 차이가 있으나, 대부분 H_2, CO, CO_2 및 CH_4, 그리고 온도 조건에 따라 소량의 hydrocarbon이 방출된다. 석탄의 등급 및 종류에 따라 그 방출량은 차이가 있으나 준역청탄의 경우 대략 20~40wt.%의 휘발분을 포함하고 있는 것으로 알려져 있다. 탈 휘발된 석탄 Char는 가스화 조업 반응 가스 종류에 따라 다르긴 하나, 일반적으로 $Char+O_2$, $Char+CO_2$, Char+Steam등의 가스화 반응이 일어난다.

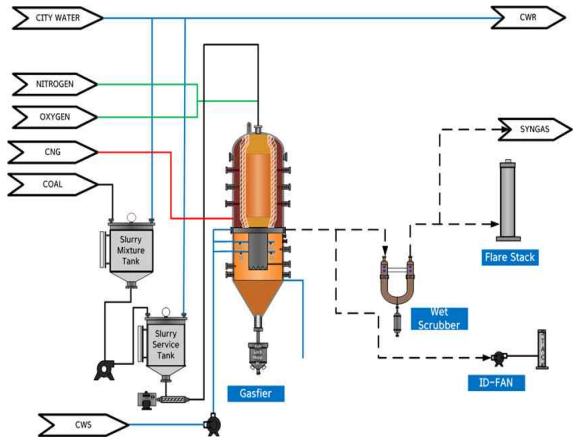

Fig. 1 Process flow diagram of the entrained-flow gasifier

본 연구에서 사용되어진 가스화 장치의 주요설비는 산화제 공급장치, 가스화기, Scrubber, Flar

* 한국에너지기술연구원 기후변화연구본부
† 연락저자, jaegoo@kier.re.kr
TEL : (042)860-3305 FAX : (042)-860-3134

e Stack, 합성가스 분배장치로 구성되어져 있다. 가스화 장치의 외부는 SUS-304로 제작되었으며 40기압, 1,800℃까지 견딜 수 있도록 제작되었으며, 내부는 크롬계 내화재의 성능 평가 결과를 바탕으로 3중으로 된 내화성과 전열특성을 갖는 크롬계 내화재가 설치되었다. 가스화 반응기 내부의 온도 분포를 확인하게 위하여 3개의 R-type thermocouple이 설치되어 있다. 또한 가스화기 내화제 및 단열재의 온도 분포를 확인하기 위하여 내화재 및 단열재 내부에 K-type thermocouple을 설치하여 가스화기 온도와 비교하였다. 또한 가압 운전 및 탈황/액화 공정과 연계운전을 위한 2대의 Control Valve가 설치되었다. 석탄을 이용한 가스화 운전 특성을 파악하기 위하여 본 연구에서는 석탄을 CWM(Coal Water Mixture)로 제조를 하게된다. 이때 CWM의 유동성 확보를 위하여 석탄 공급량의 1wt% 수준의 계면활성제를 공급하여 CWM을 제조하게 된다. 이때 사용되어지는 CWM의 농도는 53~58wt%, CWM의 점도는 약 700~1500cp 수준의 점도 상태에서 실험을 실시하였다. 가스화 초기 운전을 위하여 LNG Burner를 이용하여 반응기 내부의 온도를 약 1,100℃까지 상승하는 예열 과정을 거치게 된다. 가스화기 상단에 설치되어진 Pre-heating Burner는 LNG와 공기가 완전 연소하는 조건으로 케스타블 층의 온도를 기준으로 약 25℃/hr의 승온 속도로 반응기 내부를 승온하게 된다. Pre-heating Burner를 이용하여 반응기 내화물의 온도가 약 1,100℃까지 승온한 상태에서 Main Burner를 장착하게 되며, 산소를 주입하여 반응기의 내부 온도가 상승하는 것을 통해 반응이 시작된 것을 알 수 있다. 반응기의 온도가 정상적으로 상승하게 되면 압력 제어 밸브를 조절하여 반응기의 압력을 증가시켜 원하는 압력조건까지 승압을 하게 된다. 정상 운전 조건에서 압력 control valve를 자동제어 방식으로 전환한 상태에서 압력 제어가 안정적으로 작동되는 것을 확인하였다. 반응기의 압력 제어는 PID 방식을 이용하여 제어하는데 이 과정에서 반응기의 압력이 설정값보다 상승하게 되면 밸브의 궤도가 개방되어 합성 가스의 유량이 증가하게 되며 반대로 반응기의 압력이 설정값보다 낮게 되는 경우 밸브의 궤도를 차단하여 배출되는 합성 가스의 유량이 감소시켜 압력제어를 하게 된다. 1.0ton/day급과 10.0ton/day급 분류층 가스화장치를 이용하여 석탄 가스화 실험의 경우, 가스화 반응기 내부의 온도는 약 1,100~1,350℃의 온도를 유지하였으며 합성가스 조성은 H_2 31~37%, CO 33~39%, CO_2 23~30%, CH_4 1.0~1.9% 정도의 범위를 보였으며 이때 합성 가스 발열량은 2,000~2,200Kcal/Nm^3를 보였다. 이때의 냉가스 효율은 약 55~65%, 탄소 전환율은 95%이상을 나타내었다. 석탄 가스화 장치의 성능은 공급되어지는 CWM(Coal Water Mixture)의 농도와 가스화기 내부로 산소와 CWM을 미립화 시켜주는 버너의 성능에 따라 가스화 운전 특성이 달라짐을 확인하였으며, 가스화 성능 개선을 위해서는 고농도의 CWM 제조 기술과 고성능의 미립화 버너에 대한 추가적인 연구가 필요하다.

참고 문헌

[1] Takematsu, T. and Maude, C., “oal Gasification for IGCC Power Generation,”IEACR/37, March(1991).
[2] http://www.gasification.org.
[3] Higman, C. and van der Burgt, M., “asification,”Elsevier (2003).
[4]Knoef, H.A.M., “andbook Biomass Gasification,”Gasnet(2005).
[5] Ronald W. Breault "Gasification processes old and new: a basic review of the major technologies", Energies, vol 3. 2010, pp216-240