

내부순환유동층 반응기에서 수증기를 이용한 석탄가스화 연구

전 석구*, 이 운재, 김 상돈

한국과학기술원 화학공학과

대전직할시 유성구 구성동 373-1

요약

내경 0.1 m 의 draft tube 를 갖는 직경 0.3 m, 높이 2.7 m 인 내부순환유동층 가스화반응기에서 호주산 준 역청탄을 공기와 수증기를 사용하여 가스화 하였다. draft tube에 공기를 주입하여 연소반응, annulus 구역에 수증기를 주입하여 가스화하여 연소반응에서 생성된 열을 annulus 에 공급하였다. 반응기온도와 석탄주입량에 따라 H_2 , CO 및 발열량이 증가하였으나 공기의 유량증가에 따른 H_2 , CO 는 감소하고 CO_2 는 증가하였으며 발열량은 감소하였다.

서론

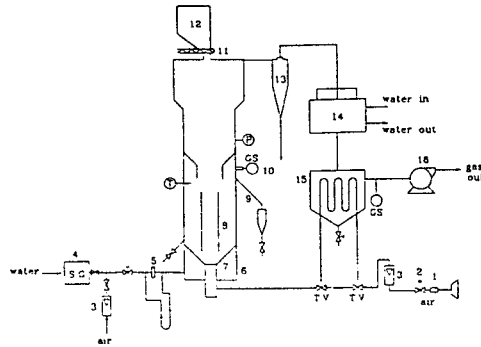
석유자원이 점차적으로 고갈됨에 따라 이에 대한 대체에너지원으로 세계적으로 널리 분포되어있고 그 매장량도 앞으로 500 년 이상 사용할 수 있는 석탄자원에 대한 연구가 많이 진행되어 왔다. 기존처럼 석탄을 직접연소시켜 에너지를 얻는 방법 이외에 연구되어온 방법은 석탄의 가스화 및 액화인 것이다. 석탄의 연소는 환경오염을 유발시킬 수 있으므로 청정연료를 생산할 수있는 가스화 및 액화가 요즈음 대두되고 있다. 그러나 석탄의 액화는 상당한 고압이 요구되므로 경제성을 고려해 볼때 아직 상용화하기는 힘든 실정이다. 이에비해 가스화는 상압조업이 가능하며 반응에 사용되는 석탄을 손쉽게 구할 수있다는 점에서 가장 적합한 에너지전환방법이라 할 수있다.

석탄가스화 반응기는 고정층, 유동층, 비발동반층, 용융층을 이용하여 한 발히 개발되고 있으나, 일반적으로 석탄의 전환율이 석탄의 물성에 따라 좌우되며, 석탄 입자의 원활한 주입, 반응 후 생성되는 tar 와 slagging ash 및 clinker 의 처리 등이 문제점으로 나타나고 있다. 최근에 전형적인 유동층에 비해 여러 장점을 가지는 순환유동층을 사용하여 가스화반응을 수행하고자 하는 연구가 이루어지고 있다 (Riley and Judd, 1987; Judd and Rudolph, 1986; Berggren et al., 1980). 내부순환유동층은 단일용기에 보조장치로서, draft tube 또는 평판을 삽입하여 두개의 층으로 분리하고, 층 사이의 개폐면적 (opening area) 을 통하여 입자의 순환이 일어나도록 하는 형태이다 (Lee, 1991, Park, 1990). 따라서 내부순환유동층을 가스화반응기로 사용하는 경우 draft tube 에 의해 반응구역을 각각 연소구역과 가스화구역으로 나눌 수 있다. Annular 구역에는 초기유동화 상태를 유지시키면서 가스화제 (steam) 를 주입하여 가스화반응을 수행하고, draft tube 구역으로는 공기를 주입하여 slugging bed 의 형태로 석탄을 연소시켜 가스화반응에 필요한 열을 공급한다. 순환유동층은 그 입자순환특성으로 인하여 반응기로부터의 미세입자들이 비산되는 속도를 크게 줄일 수 있을뿐 더러 미세입자들의 반응기내 체류시간이 훨씬 길기 때문에 전형적인 유동층에 비해 훨씬 높은 석탄화의 전환율을 얻을 수 있다. 그러나 내부순환유동층에 대한 연구는 아직 기초단계이며 가스화반응기의 개발은 거의 이루어지지못하였으므로 이에 대한 연구의 필요성은 매우 중요하다.

따라서 본 연구에서는 내경 0.1 m 의 draft tube 를 갖는 직경 0.3 m, 높이 2.7 m 인 내부순환유동층 가스화반응기에서 저열량가스의 생성을 목적으로 석탄의 주입량, draft tube 로의 공기유량, 수증기유량, 온도가 생성가스의 조성, 발열량에 미치는 영향을 조사하였다.

실험 장치

본 연구에 사용된 장치는 가스화반응기를 중심으로 석탄주입부, 공기주입부, 수증기주입부, 비산입자포집부, 생성가스 정제부로 구성되어 있다. 가스화반응기는 air and steam plenum, 가스분산판, 충부분, 프리보어드 부분으로 구성된다. 공기와 수증기가 draft tube 와 annulus 구역으로 각각 독립적으로 주입되도록 하였으며, Air plenum 과 충부분사이에는 conical 분산판이 설치되었으며, 충물질의 원활한 순환을 위하여 0.1 m I.D. x 0.7 m H 의 draft tube 를 설치하였으며 생성가스를 분석하기 위한 sampling port 가 있다.



Schematic diagram of the bench-scale coal gasification unit
1. air filter 2. pressure regulator 3. rotameter 4. steam generator 5. orifice meter 6. air plenum 7. distributor 8. draft tube 9. overflow drain 10. gas sampling port 11. screw feeder 12. coal hopper 13. cyclone 14. cooler 15. air preheater 16 I.D. Fan, T : thermocouple, P : pressure tap, T.V : three way valve

결과 및 고찰

Fig. 1 은 온도변화에 따른 가스발열량을 나타낸 것이다. 온도가 790℃에서 840℃로 증가됨에 따라 가스발열량이 증가함을 보이는 것은 온도증가에 따른 열량을 내는 H₂ 와 CO 양의 증가로 인한것이며 열량을 갖지못하는 CO₂ 양은 가스발열량의 증가를 약간 둔감시키게 되었다.

Fig. 2 은 공기유속에 따른 가스발열량을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 발열량이 감소를 하는데 연소반응의 증가와 생성가스의 재연소, 질소의 증가로 인한 생성가스의 희석등으로 열량을 갖지못하는 이산화탄소, 질소등이 늘어나 단위부피당 가스발열량은 감소하게 된다.

결론

온도증가에 따라 생성가스의 H₂, CO 가 증가를 하며 이에 따라 발열량도 증가한다. 석탄주입량의 증가에 따라 H₂, CO 가 증가를 하며 발열량도 증가를 한다. 공기의 유량증가에 따라 H₂, CO 는 감소를 하고 CO₂ 는 증가를 한다. 이에 따라 발열량은 감소를 한다.

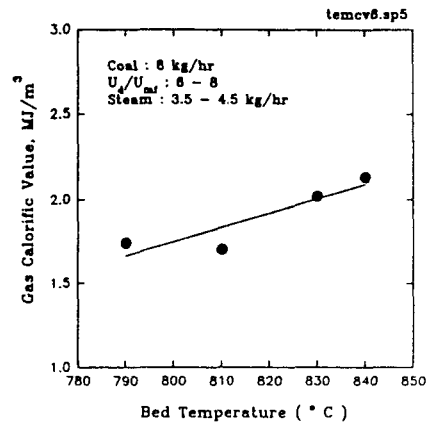


Fig.1 Effect of bed temperature on gas calorific value

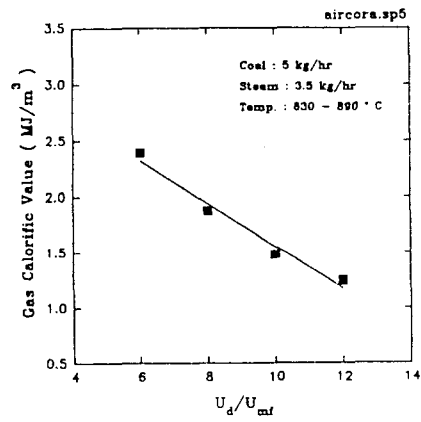


Fig.2 Effect of air flow rate on gas calorific value

참고문헌

- Riley, R.K. and Judd, M.R., "The Measurement of Char-Steam Gasification Reaction for the Design of a Fluidized Bed Coal Gasifier which contains a Draft tube", *Chem. Eng. Commu.*, 62, 151 (1987)
- Rudolph, V. and Judd, M.R., "Circulation and Slugging in a Fluidized Bed Gasifier Fitted with a Draft Tube ", *Proceeding of the 1st International Conference on Circulating Fluidized Bed*, 437-442 (1986)
- Berggren, J.C., Bjerle, I., Eklund, H., Karisson, H. and Svensson, O., "Application of Chemical and Physical Operations in a Circulating Fluidized Bed System", *Chem. Eng. Sci.*, 35, 446 (1980)
- Lee, W.J., "Hydrodynamics and CWM (Coal-Water-Mixture) Combustion Characteristics in a Circulating Fluidized Bed with a Draft Tube ", M.S. Thesis, KAIST (1991)
- Park, S.S., "Coal Combustion and Heat Transfer Characteristics in an Internal Circulating Fluidized Bed Combustor", M.S Thesis, KAIST (1990)