

## 습식 가스화 장치에서 버너 형태에 따른 가스화 특성

\*라 호원<sup>1)</sup>, \*\*이 재구<sup>2)</sup>, 최 영찬<sup>3)</sup>, 윤 상준<sup>4)</sup>, 손 영일<sup>5)</sup>, 홍 재창<sup>6)</sup>

### Gasification characteristics of entrained flow gasifier

\*Howon Ra, \*\*Jaegoo Lee, Youngchan, Choi, Sangjun Yoon, Youngil Son, Jae Chang Hong

**Key words** : Gasification(가스화), Atomization(미립화), Coal(석탄), Gasifier(가스화기), Burner(버너)

**Abstract** : 최근 석탄 가스화 기술은 화석연료인 석탄을 기존의 공해물질 발생을 90%이상 줄이면서 고 효율로 활용할 수 있는 방법으로 각광받고 있다. 본 연구는 당 센터에서 보유하고 있는 습식 석탄 가스화기의 성능 향상을 위하여 버너의 형태에 따른 미립화 특성을 파악하였으며, 가스화기의 버너로 적용하여 가스화 특성 실험을 실시하였다.

미립화 특성을 파악하기 위하여 개발되어진 3가지 형태의 버너를 Cold Test 장치를 이용하여 O<sub>2</sub>/Fuel Ratio 및 버너의 내부 혼합 방식, 분사각도에 따른 미립화 특성을 관찰하였으며, 입도 분석은 심파텍사의 입도 분석기를 이용하여 측정하였다. 실험 결과 이중혼합식 버너가 미립화 특성이 가장 우수하게 나타났으며, 외부혼합식 버너와 환형 버너의 경우 비슷한 미립화 특성을 나타내었다. 가스화기에 적용하여 실험한 결과 미립화 특성이 우수하게 나타나는 경우 가스화 특성 또한 우수하게 나타남을 확인하였다.

## 1. 서 론

습식 유동층 가스화 성능은 연료로 사용하는 CWM의 연료성상 및 미립화 정도, 운전 조건 등에 따라 많은 차이가 발생한다. CWM의 경우 여러 개의 석탄 입자들과 물이 합체 되어 단일 석탄입자보다 직경이 훨씬 큰 액적들이 가스화과정을 거치게 되므로 액적의 크기와 직접 관련된 버너의 무화성능은 가스화 성능을 높이고 안정된 운전 성능을 유지하는데 결정적인 역할을 하는 것으로 알려져 있다.<sup>1,2)</sup>

석탄 가스화에 사용되는 석탄입자의 크기와 CWM의 미립화정도가 가스화 성능에 많은 영향을 미친다고 보고되어지고 있다. 만약 가스화에 공급되어지는 CWM의 입자사이즈가 크게 되면 가스화에서 탄소전환율은 감소하게 된다<sup>3,4)</sup>. 당 센터에서 보유하고 있는 Single burner type의 가스화기의 경우 가스화 버너의 성능에 따라 가스화기의 성능이 변화되어지는 특성을 가지고 있다. 따라서 본 연구에서는 당 센터에서 보유하고 있는 1.0T/D급 습식 분류상 석탄 가스화 장치에 적용하기 위한 석탄 가스화기술에서 분무 특성 및 미립화 성능을 높일 수 있는 버너의 구조 및 운전 조건등을 제시할 목적으로 실험을 실시하였다.

## 2. 실험

### 2.1 실험 장치

1.0T/D급 습식 분류상 석탄 가스화장치에 적용하기 위한 버너 개발을 위한 버너Cold Test 실험 장치는 Fig.1 과 같이 구성하였다. 실험 장치는 Chamber와 분석기를 장착한 유압식 Lift로 구성되어 있다. Chamber는 미립화 실험 시 분무되어지는

- 
- 1) 한국에너지기술연구원 가스화연구센터  
E-mail : seojun@kier.re.kr  
Tel : (042)860-3076 Fax : (042)860-3134
  - 2) 한국에너지기술연구원 가스화연구센터  
E-mail : jaegoo@kier.re.kr  
Tel : (042)860-3353 Fax : (042)860-3134
  - 3) 한국에너지기술연구원 가스화연구센터  
E-mail : youngchan@kier.re.kr  
Tel : (042)860-3784 Fax : (042)860-3134
  - 4) 한국에너지기술연구원 가스화연구센터  
E-mail : yoonsj@kier.re.kr  
Tel : (042)860-3305 Fax : (042)860-3134
  - 5) 한국에너지기술연구원 가스화연구센터  
E-mail : yison@kier.re.kr  
Tel : (042)860-3357 Fax : (042)860-3134
  - 6) 한국에너지기술연구원 가스화연구센터  
E-mail : jaichang@kier.re.kr  
Tel : (042)860-3352 Fax : (042)860-3134

각도와 길이를 고려하여 내부를 관찰할 수 있도록 높이 2m, 폭 80cm로 아크릴로 제작하였으며, 분사 높이에 따른 미립화 특성을 실험할 수 있도록 유압식 Lift를 설치하였다. 유압식 Lift는 버너의 분사 높이가 0~60cm까지 측정할 수 있는 높이로 가변이 가능하도록 제작되었다. 석탄 슬러리의 모사 유체로 물을 사용하여 실험을 실시하였으며, 실제 가스화 운전 시 사용되는 모노 펌프를 이용하여 공급하였다. 버너에 공급되어지는 산소는 액체 산소를 기화기를 이용하여 약 8kgf/cm<sup>2</sup>의 압력으로 공급하였으며, 가스화 운전 시 운전 조건에 따른 O<sub>2</sub>/Fuel Ratio에 따라 분무화 실험을 실시하였다. 미립화 특성 분석은 심파택사의 레이저 입도 분석기를 이용하여 측정한다. 본 실험에서 사용된 각 노즐에 대한 특성은 Fig. 2에 나타내었다.

(a)버너의 경우 1,2차 산소 공급 노즐을 가지고 있으며, 내부와 외부에서 이중혼합 방식을 가지는 버너이며, (b)버너의 경우 환형 노즐 형태로 이루어진 버너이다. (c)버너의 경우 산소 공급과 미립화가 외부에서 이루어지는 외부 혼합식 버너이다. Fig.3에는 본 센터에서 보유하고 있는 가스화기의 개략도를 나타내었다. 가스화기는 내부직경 250mm, 길이 1700mm, 캐스타블 및 외부 Shell은 반응온도 1800℃, 압력 25kgf/cm<sup>2</sup>에서 운전가능하도록 설계되었다. 반응기의 내벽은 크롬계열 내화제와 단열재로는 알루미나 계열을 사용하였다. 가스화기 버너는 반응기의 상부에 장치되어지며, 반응기의 온도 제어를 위한 열전대가 반응기에 다수 설치되어져 있다.

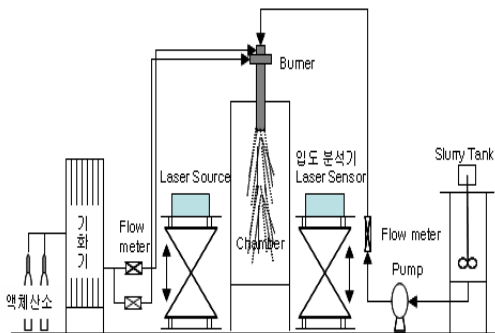


Fig.1 버너 미립화도 측정 장치

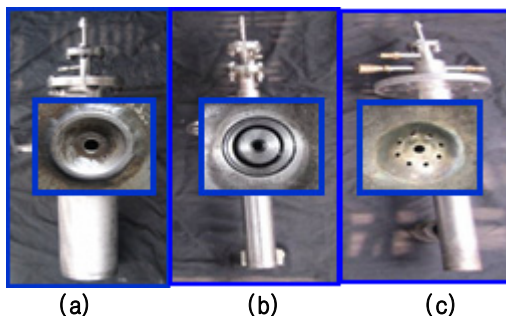


Fig. 2 버너 노즐 형태

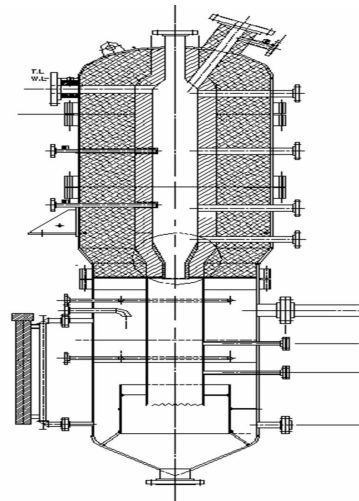


Fig. 3 KIER 가스화기

## 2.2 실험 방법

버너에 대한 미립화 실험은 1.0T/D급 습식 분류상 석탄 가스화장치 운전 조건과 동일한 조건인 슬러리 공급량 40kg/hr ~ 60kg/hr, 산소 공급량은 12.9Nm<sup>3</sup>/hr~28Nm<sup>3</sup>/hr의 조건에서 실시하였다. 실험 전 챔버 내의 초기 상태를 입도 분석기를 이용하여 측정하여 Reference Data를 측정한다. 슬러리를 이용하여 슬러리를 공급하게 된다. 슬러리의 공급을 확인 후 산소를 공급하게 된다. 슬러리의 공급량을 고정한 상태에서 산소의 공급량을 변경하면서 미립화 정도를 측정하며, 또한 1차, 2차 산소 공급량, 측정 높이를 변경하면서 미립화도를 측정하였다. 가스화기 적용을 위하여 200mesh로 분쇄되어진 시료를 계면활성제를 첨가하여 물과 혼합하여 CWM(Coal Water Mixture)를 제조하였다. 가스화 운전을 위하여 가스화 반응 온도까지 LPG버너를 이용하여 예열하였다. 반응 후 발생되어지는 합성가스는 습식 정제장치를 거쳐 Flare stack에서 연소후 배출되어진다. 정제장치를 거친 배출가스를 포집하여 IR분석기와 GC(HP 5890)를 이용하여 분석하였다. Table.1에는 가스화 장치 운전 조건을 나타내었다.

Table.1 가스화장치 운전 조건

Parameters		Gasification conditions
Slurry	Coal conc. (wt.%)	63
	Viscosity (cp)@ 20℃	200~450
	Temperature(℃)	25
	Feed rate (kg/hr)	25~50
Oxygen	Feed rate(Nm <sup>3</sup> /hr)	15~25
	Oxygen/coke ratio(wt./wt.)	0.6~1.2
Gas temperature (℃)		1,200~1,400℃
Reactor pressure(atm)		1

### 3. 결과 및 고찰

버너 노즐 형태에 따른 실험 결과를 아래의 Fig. 4에 나타내었다. 실험결과 이중혼합식 버너의 미립화 특성 실험 결과는  $O_2/fuel$  Ratio 0.7 일 경우 평균 입도가 약  $60\mu m$ ,  $O_2/fuel$  Ratio 1.5 약  $30\mu m$ 로 가장 우수하게 났으며, 외부 혼합식 버너와 환형 노즐의 경우는  $O_2/fuel$  Ratio 0.7일 경우 평균 입도가 약  $140\mu m$ ,  $O_2/fuel$  Ratio 1.5 약  $50\mu m$ 로 비슷한 경향을 나타내었다.

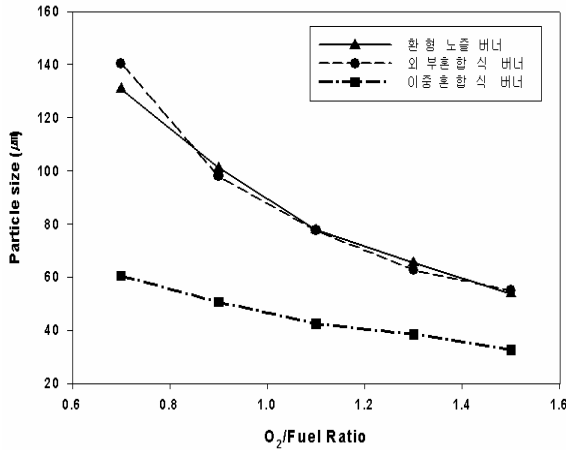


Fig. 4 버너 미립화 실험 결과

외부 혼합식 버너를 이용한 가스화 실험 결과를 Fig. 5에 나타내었다. LPG 버너를 이용하여 반응 온도 이상 예열 후 반응을 시작하였으며, 반응 후 산화제로 사용되는 산소의 양이 증가함에 따라 일산화탄소의 발생량은 증가하는 반면, 수소의 발생량은 감소하는 경향을 나타내었다.

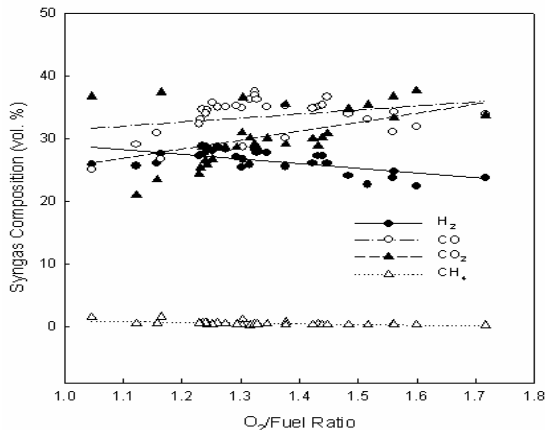


Fig. 5 외부 혼합식 버너 가스화 실험 결과

이중 혼합식 버너를 이용한 가스화 실험 결과를 Fig.6에 나타내었다. 가스화 반응의 산화제로 사용되는 산소의 양이 증가함에 따라서 일산화탄소의 발생량은 줄어들고 일산화탄소의 양이 증가하는 경향을 나타내었다. 합성가스 내의 수

소 농도는 거의 21%를 나타내었으나 산화제의 증가에 따라서 조금 감소하는 경향을 보였다. 열분해 과정에서 주로 발생하는 메탄은 거의 발생하지 않았다.

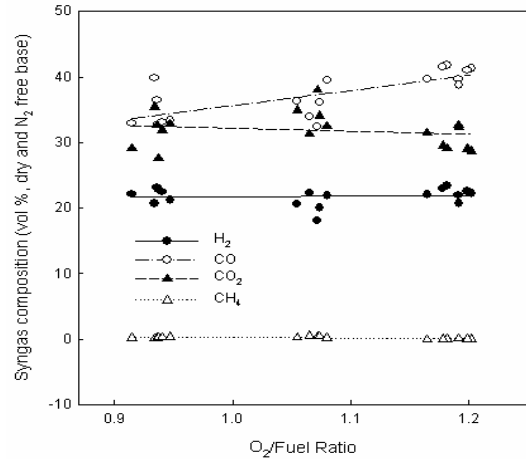


Fig. 6 이중 혼합식 버너 가스화 실험 결과

버너를 이용한 가스화 실험결과를 Table.2에 나타내었다. 외부 혼합식 버너의 경우 탄소전환율 92%, 냉가스효율 39%를 나타냈으며, 환형 버너의 경우 탄소 전환율 38%, 냉가스 전환율 11%로 가스화 반응이 거의 이루어지지 않았음을 확인하였다. 이중혼합식 버너의 경우 탄소전환율 96%, 냉가스 효율 44%를 나타내었다.

Table. 2 가스화 실험 결과

Test Sample	Syngas Composition(vol.%)			HHV (kcal/Nm <sup>3</sup> )	Xc(%)	η <sub>eff</sub> (%)	
	H <sub>2</sub>	CO	CO <sub>2</sub>				
Pet_coke	외부 혼합버너	25	33	41	1570	92	39
	환형 버너	4	8	56	600	38	11
	이중혼합 버너	20	36	36	1650	96	44

### 4. 결론

가스화기 성능 개선을 위하여 3가지 형태의 버너를 이용하여 가스화 실험을 실시하였다. 환형 버너의 경우 가스화 반응이 거의 이루어지지 않음을 확인하였으며, 이중혼합식 버너의 경우, 가스화기 온도를 1,500℃ 부근으로 유지하면서 실험이 수행되었으며, 이때 1,600~1,900 kcal/Nm<sup>3</sup>의 발열량을 갖는 합성가스를 60~80 Nm<sup>3</sup>/h의 유량으로 생성시킬 수 있었다. 최종적으로 탄소 전환율은 97% 이상, 냉가스 효율은 60% 정도를 확인하였다.

### 후 기

본 연구는 “에너지관리공단 신재생에너지 기술 개발사업” 과제의 일환으로 수행되었습니다.

## References

- [1] C.Higman and Maarten van der Burgt, Gasification, Elsevier(2003)
- [2] Takematsu, T and Maude, C., IEACR/37, March (1991)
- [3] [www.gasification.org](http://www.gasification.org)
- [4] [www.ge.com/energy](http://www.ge.com/energy)
- [5] [www.shell.com/globalsolutions](http://www.shell.com/globalsolutions)
- [6] [www.conocophillips.com/technology](http://www.conocophillips.com/technology)
- [7] [www.siemens.com/powergeneration](http://www.siemens.com/powergeneration)
- [8] Koichi Sakamoto, Gasification Technologies Conference Paper(2007)