

습식 석탄 가스화 장치에서 버너노즐에 따른 미립화 특성

*라 호원¹⁾, **이 재구²⁾, 최 영찬³⁾, 윤 상준⁴⁾, 손 영일⁵⁾, 홍 재창⁶⁾

Atomization characteristics of burner nozzle for entrained flow gasifier

*Howon Ra, **Jaegoo LeeYoungchan, 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 고효율로 활용할 수 있는 방법으로 각광받고 있다. 본 연구는 습식 석탄 가스화기에서 가스화의 핵심적인 요소인 버너의 분무 관계 분야에 대한 분무 특성 및 무화성능을 높일 수 있는 분무기의 구조 및 운전 조건 등을 제시할 목적으로 분무 시 내부를 관찰 할 수 있는 아크릴을 이용하여 내부 혼합식 버너를 제작하였다.

미립화 특성을 파악하기 위하여 O₂/Fuel Ratio 및 버너의 내부 혼합 방식, 분사각도, 각 분사 높이에 따른 미립화 특성을 관찰하였으며, 입도 분석은 심파텍사의 입도 분석기를 이용하여 측정하였다. 내부 혼합식 버너의 입도는 분사 각도와 O₂/Fuel Ratio에 따라서 변화하는 경향을 나타냈으며, 공급되어지는 Fuel은 석탄 슬러리와 물을 이용하여 각각의 입도를 측정하였다. slurry의 공급량이 고정된 상태에서 산소 공급량이 증가함에 따라 미립화도는 증가하는 경향을 나타내었으며, 슬러리 공급량과 산소 공급량이 동일한 경우 버너의 분사 각도에 따라 미립화도가 다르게 나타나는 특성을 관찰하였다.

1. 서론

석탄 가스화 기술은 매장량이 세계적으로 풍부할뿐만 아니라, 지역적으로도 편재되어 있지 않은 에너지원인 석탄을 활용하는 새로운 발전기술로 환경보전성이 우수하며, 효율이 기존의 발전 시스템보다 뛰어난 에너지 이용기술로 각광받는 분야이다. 석탄가스화 기술은 석탄가스화기를 비롯하여 가스 정제장치, 폐열회수장치, 합성가스를 이용하는 발전시스템이나 액체 연료를 합성하는 액화시스템으로 구성되어 있다. 이러한 석탄 가스화기는 고정층, 유동층, 분류층, 용융층이 각국에서 검토되고 있다.¹⁾ 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.²⁾

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^{3,4)}. 따라서 본 연

구에서는 당 센터에서 보유하고 있는 1.0T/D급 습식 분류상 석탄 가스화 장치에 적용하기 위한 석탄 가스화기술에서 가장 핵심적인 요소이면서도 상대적으로 연구가 미진한 분무관계 분야에 대하여 버너에 대한 분무 특성을 이해하고 미립화 성능을 높일 수 있는 버너의 구조 및 운전 조건등을 제시할 목적으로 내부 혼합식 버너를 이용하여 미립화 최적 조건을 도출하는 실험을 실시하였다.

-
- 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

2. 실험

2.1 실험 장치

1.0T/D급 습식 분류상 석탄 가스화장치에 적용하기 위한 분무화 Cold Test 실험 장치는 Fig.1 과 같이 구성하였다. 실험 장치는 Chamber와 분석기를 장착한 유압식 Lift로 구성되어 있다. Chamber는 미립화 실험 시 분무되어지는 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 높이 0~60cm까지 측정할 수 있는 높이로 가변이 가능하도록 제작되었다. 석탄 슬러리의 모사 유체로 물을 사용하여 실험을 실시하였으며, 실제 가스화 운전에서 사용되는 모노 펌프를 이용하여 공급하였다. 버너에 공급되어지는 산소는 액체 산소를 기화기를 이용하여 약 8kgf/cm²의 압력으로 공급하였으며, 가스화 운전 시 운전 조건에 따른 O₂/Fuel Ratio에 따라 분무화 실험을 실시하였다. 미립화 특성 분석은 Phillips-Twomey 이론의 적용에 의한 입력변수와 분포모델을 사용하지 않는 비의존성 수학적 이론을 가진 무변수 회절이론 (parameter free fraunhofer diffraction) 을 사용한 심파택사의 레이저 입도 분석기를 이용하여 측정하였다.

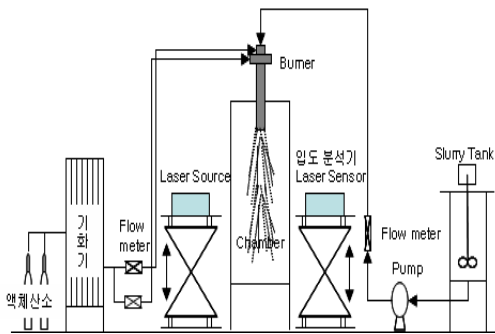


Fig.1 버너 미립화도 측정 장치

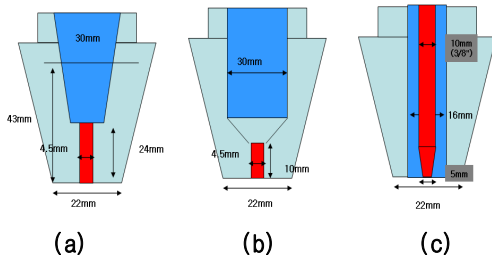


Fig. 2 버너 노즐 형태

본 실험에서 사용된 각 노즐에 대한 특성은 Fig. 2에 나타내었다. 각각의 버너 종류별 Burner의 각도 (20,25,30도)에 따른 실험을 실시하였다.

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 12.9Nm³/hr~28Nm³/hr의 조건에서 실시하였다. 아크릴을 이용하여 만든 각각의 버너는 내부에 산소와 슬러리를 공급하는 내부노즐과 2차 산소를 공급하는 노즐을 틸트게이지를 이용하여 0.7mm 간격으로 조립하여 준비한다. 실험 전 챔버 내의 초기 상태를 입도 분석기를 이용하여 측정하여 Reference Data를 측정 후 모노 펌프를 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.

3. 결과 및 고찰

내부 혼합형 Burner A type에 대한 실험 결과를 아래의 Fig. 3에 나타내었다. 실험결과 분사 각도 20도에서의 실험 결과가 가장 우수하게 나타났으나, 각도에 따른 버너의 분사부의 사이즈가 20도 25mm, 25도 33mm, 30도 39mm로 동일하지 않아 각도에 따른 실험 결과로 해석엔 어려움이 있다. A Type 버너의 문제점을 보완하기 위하여 B type 버너를 제작하여 실험을 실시하였다.

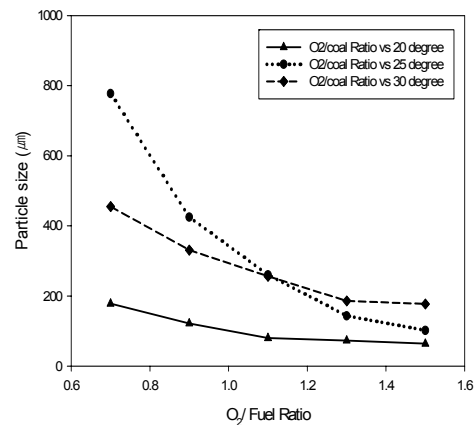


Fig. 3 A Type 버너 미립화 Test 결과

각각의 노즐의 하단부의 길이는 22mm로 고정한 상태에서 분사되어지는 각도를 20도, 25도, 30도의 세 가지 종류로 실험을 실시하였다. B Type의 버너 실험

결과를 Fig. 4에 나타내었다. 동일한 산소 공급량에서 분사 각도에 따라서 입도 분포가 다르게 나타나며 실험 결과 30도의 실험 결과가 가장 우수하게 나타났다. 또한 슬러리의 공급량이 고정된 상태에서 산소의 공급량이 늘어날수록 미립화는 우수하게 나타나며, 각도에 따른 미립화 특성은 많은 영향을 미치지 않는 것으로 보였다. 위의 실험 결과를 바탕으로 석탄가스화 운전 조건인 0.8~1.1 조건에 노즐 설계를 하기 위하여 노즐 각도는 30도로 설정하였다.

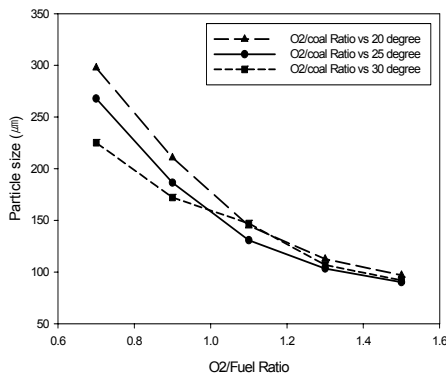


Fig. 4 B Type 버너 미립화 Test 결과

B Type 버너의 경우 슬러리와 산소가 혼합되어지는 혼합구에서 슬러리가 빠져 나가지 못하고 슬러리 공급부의 슬러리가 누적되어지는 현상을 나타내었다. 위와 같은 경우에는 버너 노즐에서 석탄이 정체하거나 막히는 현상이 발생할 우려가 있기 때문에 위와 같은 문제를 해결하기 위하여 C Type 형태의 개선된 형태의 버너 노즐을 제작하여 실험을 실시하였으며 그 결과를 Fig. 5에 나타내었다. C Type 실험결과는 B Type과 비슷한 결과를 나타내고 있으며, 각도에 따른 미립화 특성은 분사 각도가 클수록 미립화 특성이 좋아지는 것을 관찰할 수 있었다.

4. 결론

위의 실험 결과를 바탕으로 1.0T/D급 습식 분류상 석탄 가스화 장치에 적용하기 위한 버너를 아래의 Fig. 6과 같이 설계하였다. 슬러리가 공급되는 면적은 135mm²으로 설계하였으며, 1차 산소공급 면적과 2차 산소 공급면적은 선속도가 100m/s이상 되도록 설계를 하였다. 향후 1T/D급 석탄가스화기에 적용하여 성능평가 및 비교 실험을 수행할 예정이다.

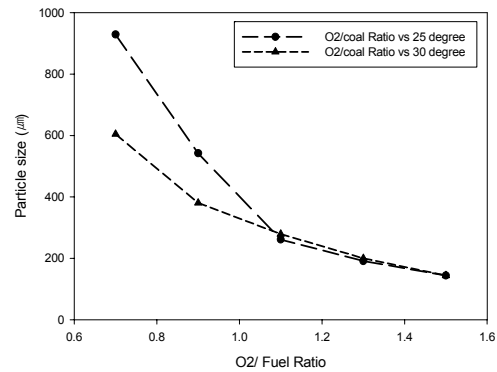


Fig. 5 C Type 버너 미립화 Test 결과

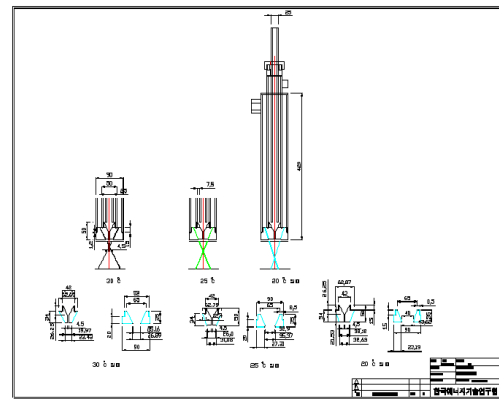


Fig. 6 1.0T/D급 버너 설계 도면

후기

본 연구는 “에너지관리공단 신재생에너지 기술개발사업” 과제의 일환으로 수행되었습니다.

References

- [1] 김형택, 이진욱, 윤용승, 1995, “석탄 가스화기 개발 현황” 화학공업과 기술, 13(5), 459
- [2] Flaxman, R.J. and Hallet, W.L.H.,(1987) Fuel, 66, 607
- [3] Roh,N.S. et al, 1996, "atomization Characteristics of coal -Water mixture", Hwahak konghak, 34,(1), 36-43
- [4] K. Sato, K.Shoji, K. okikura, I Akiyama, 1987,"Effect of coal particle and spray droplet sizes on combustion charateristics coal water mixture", Powder technology, 54, 127