

송풍형 로터리 버너의 특성 연구

윤석주*·최영하**·김경훈***

A study on the Characteristics of the Blowing type Rotary Burner

Y. H. Choi., K. H. Kim. and S. J. Yoon.

Key Words: Blowing type rotary burner(송풍형 로터리 버너), Rotary cup(회전컵), Air nozzle(에어노즐), LDPA(레이저회절 입도 분석기)

Abstract

Liquid atomization by means of a spinning cup is widely used as a device for combustion, in cooling and spray drying. In this study, the blowing type rotary atomizer was experimental carried out the investigations on the characteristics of the blowing type rotary atomizer which is an air flow energy of blower instead of an electric motor most commonly used to a driven energy. The analysis on the rotary cup speed, air velocity with the blower conditions was performed and also the drop size was measured using LDPA. It was tried to analyzed on air-nozzle size and liquid flowrate as the result. It was found that the increase of the relative velocity between liquid and air improve significantly atomization liquid, and decrease of the liquid flowrate improved the maximum drop size though the mean drop size is really the same.

1. 서론

회전컵 무화기를 사용하는 로터리 버너는 넓은 유량 작동영역에서 우수한 분무특성을 보이며 벙커-C 유나 폐유 등과 같은 고점도 액체의 미립화에 유리하므로 연료절감 효과와 더불어 폐자원 재활용, 공해 배출물 저감 등의 측면에서 산업용 유류보일러에 많이 사용되고 있다.

회전컵 무화기는 회전하는 컵에 의해 형성된 액막을 미립화용 공기를 이용하여 미립화하는 원리를 이용한 장치로서 컵의 회전수와 미립화용 공기속도에 의해 미립화가 이루어지는 특성을 가지므로 컵을 회전시키기 위한 구동장치가 필요하다. 일반적인 로터리 버너는 모터 직결식 또는 모터 벨트식의 형태로 컵을 회전시키고 회전축에 임펠러를 구성하여 미립화용 공기를 공급하고 있다. 고속회전시 모터구동에 의한 진동과 소음으로 균일한 액막생성에 한계를 보여주고 있다.

본 연구에서는 송풍기에 의해 형성된 공기유동으

로 회전컵을 구동시키는 버너를 제작하여 생성된 분무의 구조를 에어노즐 형상에 따라 분석함으로써 기존 로터리 버너의 성능이해와 송풍형 버너 개발을 위한 기초자료로 활용하고자 한다.

본 연구는 기존 로터리 버너의 무화컵 회전장치인 모터를 배제함으로써 부품을 간소화하고 크기를 대폭 축소하여 소형화가 가능하도록 연소용 공기의 일부를 활용하여 공기팬에 의해 무화컵을 고속으로 회전시키는 송풍형 로터리 버너 설계 기초자료 확보를 위하여 무화컵의 회전수와 미립화용 공기 속도에 크게 영향을 미친다고 생각되는 버너 출구의 에어노즐 형상 변화에 따른 분무특성을 실험적으로 분석하였다.

2. 실험장치 및 실험방법

본 연구에 사용된 실험장치 개략도를 Fig.1에 나타내었다. 실험장치는 크게 비연소 분무실, 송풍형 로터리 버너, 연료 및 공기공급계, 입경측정장치로 구성되어 있다.

2.1 비연소 분무실

* 전북대학교 기계공학과, mecysj@moak.chonbuk.ac.kr

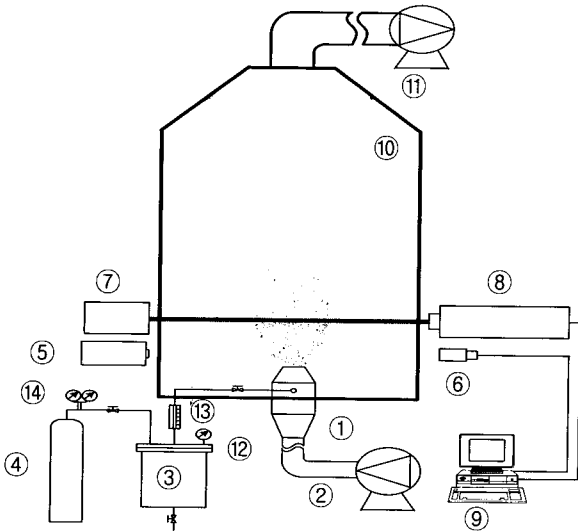
** 전북대학교 대학원, cobra9@hanmail.net

*** 전북대학교 대학원, govogue@hanmail.net

분위기 조건의 영향을 배제하여 안정된 분무를 확보하고 부유액적들에 의한 측정오차를 최소화하기 위하여 실제 연소실 형상을 모사하여 비연소 분무실을 제작하였다. 부유되는 액적은 5마력 배풍기를 사용하여 외부로 배출하도록 하였다.

2.2 송풍형 로터리 버너

송풍형 로터리 버너는 유입되는 공기조건에 따라 무화컵의 회전수와 버너출구에서의 미립화용 공기속도가 결정된다.



1.blowing type rotary burner 2.blower 3.accumulator
4.pressure tank (Nitrogen) 5.stroboscope 6.CCD camera
7.He-Ne laser 8.LDPA detector 9.computer(image grabber)
10.spray chamber 11.exhaust fan 12.pressure gauge 13.flowmeter 14.regulator

Fig.1 Schematic of the experimental apparatus

회전하고 있는 무화컵에 연료가 공급되면 컵면을 따라 회전하면서 원심력을 얻게 되고 컵 선단에서 반경방향으로 얇은 액막상태로 분출되게 된다.

미립화용 공기는 송풍기로부터 버너내부에 있는 베인을 회전시키고 버너의 축방향으로 이동하여 출구에 설치된 에어노즐을 통과하면서 가속되고 무화컵 선단으로부터 반경방향으로 분출된 액막과 충돌하여 분열시키고 액적들을 전방으로 분출시킨다.

컵의 회전수가 클수록, 미립화용 공기속도가 클수록 분무된 연료의 입경은 작아지게 된다.

Fig.2는 송풍형 로터리 버너의 개략도를 나타낸다. 무화컵은 축에 고정된 베어링에 의해 회전되도록 하였으며 연료는 중공축의 내부를 통하여 축에 연결된 연료공급관에서 컵면으로 분사되도록 하였다.

송풍기에서 공급되는 공기에 의해 컵이 회전하도록 컵의 후부에 18°, 122mm의 8개의 베인으로 구성된 팬이 회전컵에 고정하였다.

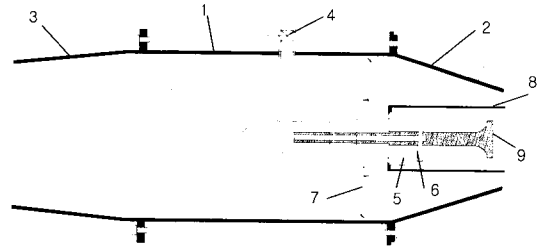
Table 1 Specifications of air-nozzle

Nozzle	Inlet Dim.(mm)	Outlet Dim.(mm)	Cup Dim.(mm)	Outlet Area(m ²)
A	100	88	65	0.00277
B	100	84	65	0.00223
C	100	79	65	0.00158

무화컵은 이중컵을 사용하였으며 외측컵의 선단면의 직경은 65mm이며 안쪽은 2°의 경사면으로 두어 원심력에 의하여 외부로 분출시 액막두께가 감소하도록 설계하였다.

에어노즐은 Table 1과 같이 출구면적이 각기 다른 3개의 모델에 대해 실험을 수행하였다.

연료는 축에 상하좌우로 설치되어 있는 직경 2mm 인 원형관을 통하여 회전컵에 공급되고 연료공급압력 변화로 조절하였으며 공기공급량은 버너유입구에 터어빈식 풍량계를 설치하여 측정하고 에어노즐 출구에서의 평균속도를 계산하였다.



1.body 2.air nozzle 3.guide 4.valve 5.bearing
6.liquid nozzle 7.vane 8.spinning cup 9.shaft
Fig.2 blow type cup atomizer

본 연구에서 사용된 연료는 실험의 안전과 편의를 위하여 상온의 물을 사용하였다.

연료의 공급압력을 일정하게 유지하기 위하여 고압질소로 가압되는 압력용기와 레귤레이터를 사용하였으며 유량의 범위는 3.0ton/hr 용량의 보일러에 사용되는 로터리 버너의 유량범위인 1.0 ~ 3.5 l/min의 범위 내에서 실험을 수행하였다.

무화컵 회전과 미립화용 공기공급을 위하여 2마력 원심형 터보 송풍기를 사용하였고 인버터를 이용하여 송풍기의 회전수를 조절함으로써 공급되는 풍량과 풍압을 변화시켰다.

2.3 분무 입경 측정

분무 입경 측정에는 프라운 호퍼 회절원리를 이용한 LDPA(Sympatec KF-Vario)를 사용하였다. Fig.3은 LDPA의 기본 구성도를 나타낸다. 본 실험의 분무폭이 크기 때문에 초점거리를 고려하여 최대측정가능 입경이 1750 μ m이고 초점거리가 566mm, 광직경 26mm 렌즈로서 분무내의 액적들을 측정하였다. 입경은 버

니선단으로부터 230mm 위치에서 측정하였다

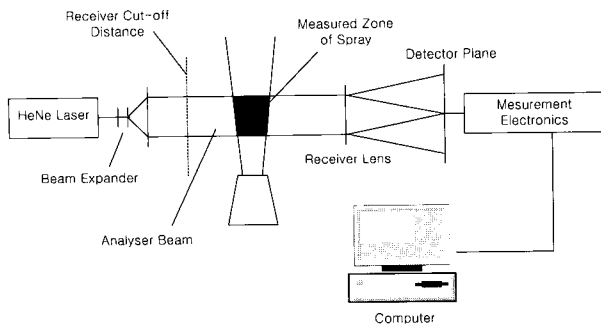


Fig.3 Typical arrangement of the particle sizer using the laser diffraction technique

3. 실험결과 및 고찰

3.1 장치특성

본 연구에 사용된 실험장치는 송풍기에서 공급된 풍량과 풍압에 의해 컵이 회전하는 형식으로 미립화용 공기조건 변화에 대한 영향을 파악하기 위하여 각각의 에어노즐 형상에 따른 송풍기 조건에 따른 공기속도 및 회전속도 회전수를 Fig.4에서 살펴보았다.

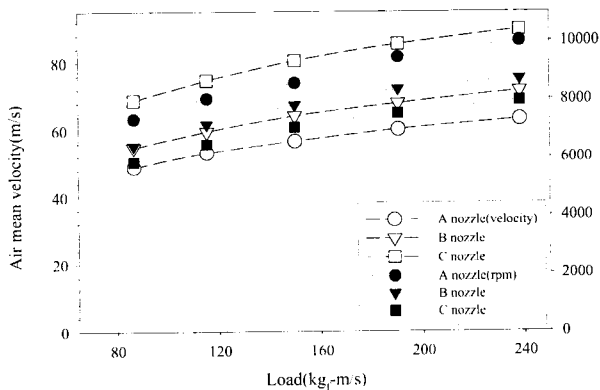


Fig.4 Variation of air velocity and rpm with load of blower(double cup)

미립화용 공기속도 및 회전수는 송풍기 조건에 따라 선형적으로 변화하고 있음을 확인할 수 있으며, 에어노즐의 직경 변화에 따른 단면적의 변화로 인해 공기유량이 단면적이 큰 에어노즐에서 더 크게 나타나므로 회전수는 높게 나타나고 있음을 보여주고 있다. 미립화용 공기속도는 단면적이 작은 에어노즐에서 더 크게 나타나는 것으로 나타남을 확인할 수 있다.

컵의 회전수는 베인을 통과하는 공기의 풍속증가에 따라 거의 선형적으로 증가하는 것을 확인할 수 있으며 공기속도는 단면적이 일정조건에서 공기량에 비례하게 변화하며 에어노즐 변화에 대해서는 동일

송풍조건에서 출구면적이 증가하면 버너 내부의 부압이 감소하여 공기속도는 감소하는 것으로 나타났다.

3.2 입경특성

본 실험에서는 입경특성을 입경분포(p.d.f), 최대입경($D_{0.99}$), 평균입경(SMD), Relationship span factor ($(D_{0.9} - D_{0.1})/D_{0.5}$)에 대해 나타내었다.

3.2.1 입경분포 특성

Fig.5는 에어노즐 A를 이용한 분포곡선으로 송풍조건 356kgf-m/s일 때의 연료유량변화에 따른 입경빈도분포를 나타낸 것이다. 연료유량 증가에 대해 최대빈도를 나타내는 입경(D_{peak})은 거의 일정하나 유량이 증가할수록 작은 입경에서 큰 입경까지의 분포의 입경분포 폭이 커짐을 알 수 있다. 즉, 유량이 클 때보다 유량이 적어질 때 균일한 입경 분포를 얻을 수 있음을 확인할 수 있다.

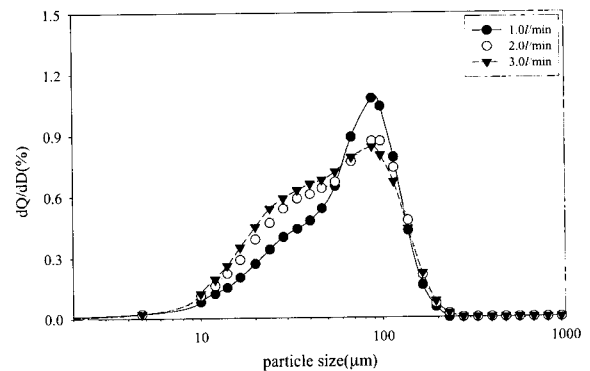


Fig.5 Particle densities function(PDF) with the liquid flowrate(356kgf-m/s)

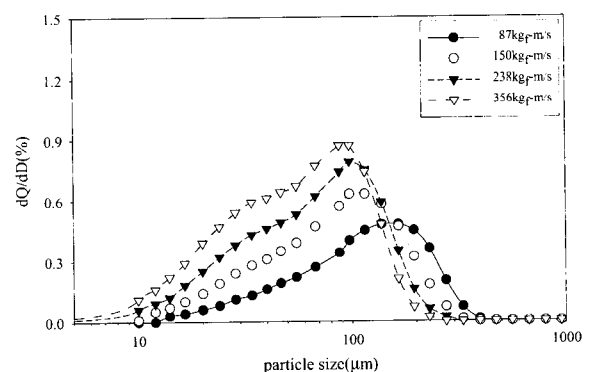


Fig.6 Particle densities function(PDF) with the load of blower(2l/min)

Fig.6은 연료공급량이 2l/min일 때의 송풍조건에 따른 입경 빈도분포 곡선을 나타낸 것이다. 송풍조건 증가에 따라 입경분포는 큰 액적이 감소하고 작

은 액적이 증가하여 분무된 연료의 입경이 작아지는 것으로 확인되었다. 입경분포는 공기속도에 의한 영향이 크다는 것을 알 수 있다. 이것으로 기액 상대속도가 증가할수록 작고 균일한 입경 분포를 가지므로 미립화가 촉진됨을 확인할 수 있었다.

3.2.2 최대입경

버너의 미립화 특성을 파악하는데 있어서 최대입경은 오일버너의 연소성능을 나타내는 하나의 기준이 된다.

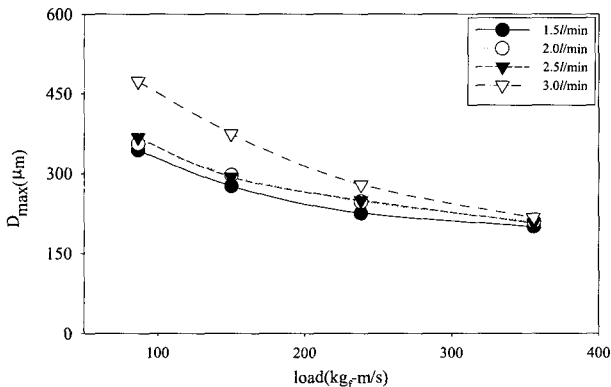


Fig.7 Variation of D_{max} with liquid flowrate

Fig.7은 연료공급량 변화에 대한 송풍기 조건 변화에 따른 최대입경의 변화를 나타낸다. 연료공급량의 증가에 따라 큰 차이를 보이지 않지만 3.0 l/min, 저송풍조건에서 최대입경은 상대적으로 증가하는 것으로 나타났으며 송풍기 조건에 따른 공기속도에 증가에 대해서는 감소함을 확인할 수 있다.

3.2.3 평균입경 (SMD)

평균직경 SMD (D_{32})는 분무 연소 시스템에서 연소반응과 효율에 크게 관계되어 있다.

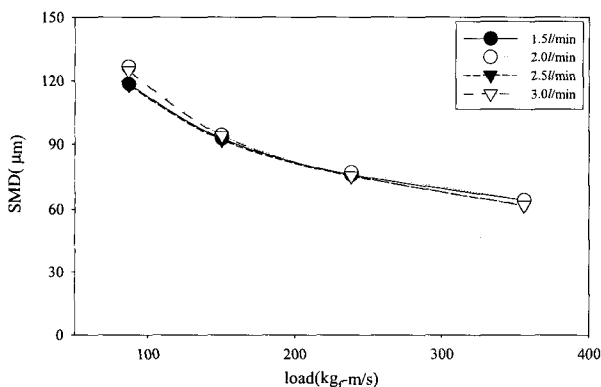


Fig.8 Variation of SMD with liquid flowrate

Fig.8은 연료공급량 변화에 대한 송풍기 조건 변화에 따른 평균입경을 나타낸 것으로 연료공급량 변화에 대해 크게 영향을 받지 않는 것으로 나타났으며 공기속도 증가에 따라 감소하는 것을 보여주고 있다.

4. 결론

본 실험에 이용된 버너의 장치특성은 송풍기의 조건에 따라 공기속도와 공기공급량이 거의 선형적으로 변화하고 있으며 에어노즐 변화에 대해서는 단면적이 큰 경우 회전수는 크게 공기속도는 작게 나타나고 있으며 단면적이 작은 경우 반대의 경향을 나타내고 있다.

분무류의 입경분포는 연료공급량 증가에 따라 분포폭이 증가하는 것으로 나타났으며, 공기속도 증가에 대해서는 분포폭이 감소하는 것을 확인하였다.

최대입경은 연료공급량 증가(2.5 l/min)에 대해서는 변함이 거의 없었으나 3 l/min의 유량에서 증가하는 경향을 보이고 있으며 공기속도 증가시 감소하는 것을 확인하였다.

평균입경은 연료공급량 변화에 대해서는 거의 일정한 값을 보인다.

분무류의 입경측정 결과 연료공급량에 비해 미립화속도 변화에 대해 크게 영향을 받는다는 것을 확인하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부 지원과제로 수행하게 되었음.

참고문헌

- [1] 김종진 외3인, 로터리버너 분무 특성의 실험연구, Energy R&D, Vol.9, No.1, 1987
- [2] Matsumoto, S., Belcher, D.W. and Crosby, E.J., Rotary Atomizers : Performance Understanding and Prediction., ICLASS, pp.1A/1-21, 1985
- [3] Lefebvre, A.H., Atomization and Sprays, Hemisphere Pub.Co., 1989
- [4] 이상용, 액체의 미립화, 민음사, 1990
- [5] Y.Liao, S.M.Jeng, M.A.Jog., A theoretical Parametric Study of the Instability of a Viscous Annular Liquid Sheet, Liquid Atomization and Spray Systems, USA, 2000.
- [6] 최영하, 김경훈, 윤석주., 송풍형 로터리 버너의 특성, 대한기계학회 춘계학술대회, 02s342, 2002
- [7] 윤석주, "산업용 유류보일러에 사용되는 다중무화집 구조의 로터리버너 기술개발에 관한 연구", 산업기반기술 개발사업 최종 보고서, 산업자원부, 2002.