

비원형 Effervescent Type 이류체노즐의 Discharge Coefficient에 관한 실험적 연구

이상지 · 박형선 · 홍정구[†]

An Experimental Study of Discharge Coefficient with Non-Circular Effervescent Type Twin-fluid Nozzle

Sang Ji Lee* · Hyung Sun Park* · Jung Goo Hong*[†]

ABSTRACT

An experimental study was carried out to investigate the injection characteristics of non-circular effervescent type twin-fluid nozzles. For this purpose, two types of non-circular nozzles (E1, E2) and one kind of circular nozzle (C) were used. At this time, the Aerorator mounted on the nozzle used three different diameters to match the aspect ratio with the nozzle exit area. Therefore, experiments were performed according to three aspect ratios for each nozzle, and a total experiments were conducted. Experiments were carried out by controlling the amount of air flowing after fixing the flow rate of the liquid, and the nozzle internal pressure and SMD were measured, and the jet image was taken from the nozzle. The discharge coefficients of the three kinds of nozzles were compared with the conventional equation and the Jedelsky's equation, and the Jedelsky's equation was found to be about 4 times larger. The droplet size (SMD) injected from the nozzle was found to be smaller in the non-circular shape than in the circular shape, which is expected to be caused by the difference of the discharge coefficient values.

초 록

본 연구는 비원형 Effervescent Type 이류체 노즐의 분사 특성을 조사하기 위한 실험적 연구를 수행하였다. 이를 위해 거의 동일한 노즐 출구 면적으로 가공한 2종류의 비원형 노즐 (E1, E2)과 1종류의 원형 노즐 (C)을 대상으로 비교 실험을 진행하였다. 이때 노즐에 장착된 Aerorator는 노즐 출구 면적과의 Aspect Ratio를 맞추기 위해 지름이 다른 3종류를 사용하였다. 따라서 각 노즐마다 3가지의 Aspect Ratio에 따라 3번의 실험을 진행하였으며, 전체 총 9종의 실험이 진행되었다. 실험은 Liquid의 유량을 고정시킨 후, 유입되는 Air의 양을 제어하며 진행하였으며, 노즐 내부 압력과 액적의 크기 (SMD)를 측정하고 노즐에서 분사 이미지를 촬영하였다. 이를 통해 3종의 노즐의 유량 계수를 압력 분무방정식과 Jedelsky 방정식을 비교 계산하였고, Jedelsky 방정식이 약 4배 정도 더 큰 값을 갖는 것을 확인하였다. 노즐에서 분사되는 SMD는 원형보다 비원형에서 더 작은 값을 갖는 것으로 나타났으며, 이는 유량 계수 값의 차이 의해 야기된 것으로 예상된다.

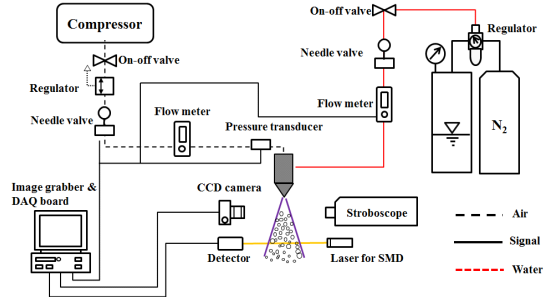
Key Words: Elliptical Nozzle(타원형 노즐), Twin-fluid Nozzle(이유체 노즐), Discharge Coefficient(유량계수), SMD(액적 평균입경)

1. 서 론

현재 액체 미립화는 산업전반에 쓰이는 분야로서 이를 이용해 철강, 항공, 자동차, 농업 등에 두루 적용되고 있다.[1] 또한 이러한 산업전반의 쓰이는 노즐은 대부분 압력분무형식의 원형노즐을 이용하고 있으며, 원형 노즐에 대한 실험적 연구는 많이 진행되어 있는 상황이다. 더불어 노즐에 대한 미립화의 특성을 향상시키기 위해 원형 노즐이 아닌 노즐의 출구 오리피스 형상을 원형이 아닌 타원형이나 삼각형 등으로 제작하여 연구한 결과들도 보고되고 있다.[2,3] 하지만 원형이 아닌 비원형 오리피스를 갖는 노즐에 대한 연구는 원형노즐에 비해서 상대적으로 연구가 부족한 것이 현실이다. 때문에 비원형 노즐에 대한 분무특성에 대한 데이터가 충분히 확보되지 않아 실제 산업현장에 적용하기엔 많은 무리가 있다.[5] 비원형 노즐은 원형 노즐 대비 동일한 분사조건에 있어서 미립화의 특성과 성능이 향상되는 결과를 보이는 것으로 나타났다. 특히 디젤엔진에서의 분사되는 연료와 공기 간의 혼합이 비원형 노즐에서 더 큰 효과가 있는 것으로 보고되고 있다.[2] 이는 노즐의 오리피스에서 발생한 캐비테이션이 노즐 외부의 분무특성뿐만 아니라 유량계수와 같은 내부유동의 분무특성에도 영향을 끼치기 때문이다.[1,4] 따라서 각 산업이나 현장에 최적화된 노즐 형상에 따라 분무특성을 찾아야할 필요성이 요구되고 있다.

본 연구는 이유체 노즐 중에서도 Effervescent 형식의 노즐을 사용해 데이터를 획득하였다. 또한 원형 노즐과 비원형 노즐 간의 분무특성을 비교하고, 동시에 장축과 단축의 비가 다른 비원형 노즐 간의 분무특성을 비교함으로써 원형노즐뿐만 아니라 비원형 간의 분무특성을 살펴보았다. 뿐만 아니라 기존의 압력분무 방식의 유량

계수를 Effervescent 타입 이유체 노즐에서 적용



하기 위해 Jedelsky가 제안한 이유체 노즐에서의

Fig. 1 Schematic diagram of the experimental setup to measure spray characteristics.

유량계수식과 비교해 이들의 차이를 비교해보았다.[6] 마지막으로 유량계수간의 차이를 기반으로 원형과 비원형, 장단축비에 따른 비원형 노즐간의 분무특성에 대해 고찰을 하고자 한다.

2. 실험장치 및 방법

실험 노즐의 분무특성을 조사하기 위해 Fig. 1과 같은 실험실 규모의 분무 실험 장치를 구성하여 실험을 진행하였다. 실험 장치에서 Liquid의 공급은 약 10bar의 압력으로 가압되는 질소가스를 이용해 서지탱크에서의 압력을 일정하게 가압하였다. 분사되는 압력은 서지탱크와 질소가스통 사이에 존재하는 가스압력 조절기를 이용해 압력을 조절하였다. 분사되는 Liquid의 유량은 니들밸브를 통해 2 kg/min으로 고정시켰다. 보조공기의 공급은 컴프레서를 통해 가압되어 공급되었으며, Liquid와 마찬가지로 니들밸브를 통해 Liquid 양을 조절하여 실험을 진행하였다. 또한 와 보조공기의 유량은 센서를 통해 데이터

* 경북대학교 기계공학과

† 홍정구, E-mail: jghong70@knu.ac.kr

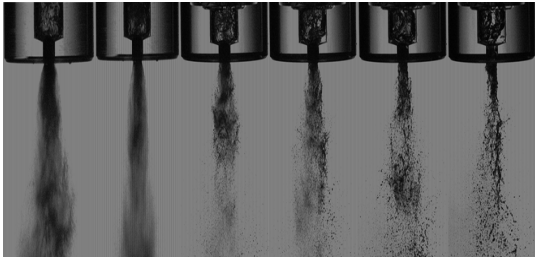


Fig. 2 Spray image in Circular nozzle, aerator1.2 획득보드 (NI DAQ-9172, National instruments)를 통해 실시간으로 유량의 값을 확인할 수 있다. 노즐의 내부압력은 Pressure transducer를 이용해 값을 측정하였으며 유량과 마찬가지로 데이터 획득보드를 사용해 실시간으로 그 값을 측정하였다. 유량과 노즐 내부압력은 유량, 압력 센서의 값을 100Hz로 샘플링 하여 5초간 측정값의 평균이다.

분사되는 유체의 가시화를 위한 분사의 이미지 촬영은 빛의 굴절률의 변화를 명암차로 표현해내는 슈리렌 (Schlieren) 촬영법을 이용하였으며, 노즐로부터 분사되는 유체의 SMD는 레이저 회절법을 이용하였으며 측정은 노즐 Tip으로부터 200mm 분무하류에서 분무선단 방향의 레이저와 이를 수신하는 Detector를 통해 SMD를 측정하였다.

실험에 사용한 노즐은 노즐 내부를 관찰할 수 있는 투명 아크릴로 제작된 Effervescent 타입 노즐이다. 노즐은 출구 오리피스 직경이 3mm인 원형노즐 한 종류와 원형노즐과 비슷한 출구 면적을 갖는 비원형 노즐 두 종류를 제작하였다. 비원형 노즐은 장축과 단축의 비가 2:1인 E1노즐과 장축과 단축의 비가 3:1인 E2노즐이다.

한편 Aerator는 홀의 직경에 따라 1.2, 1.7, 2.1mm로 구분하여 실험을 진행하였다. Aerator의 총 면적과 출구오리피스의 면적을 Area Ratio로 표현하여 나타내었으며, 세 종류의 노즐은 Area Ratio에 따라 약 2, 4, 6의 조건을 가지고 있다.

3. 결 론

(1) Air to liquid mass ratio에 따른 노즐 내

부 압력은 노즐의 비원형 노즐의 장 단축 비가 더 클수록 값이 큰 것으로 나타났다.

(2) Jedelsky가 제안한 이유체 노즐에서의 유량 계수 계산식이 압력 분무 방식 계산식보다 약 4배 이상 큰 값을 가지는 것으로 나타났다.

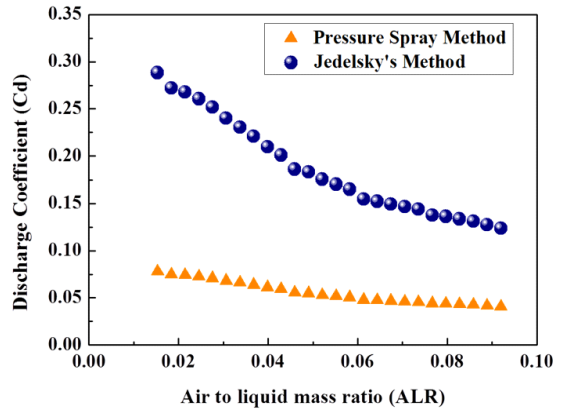


Fig. 3 Comparison of Discharge Coefficient

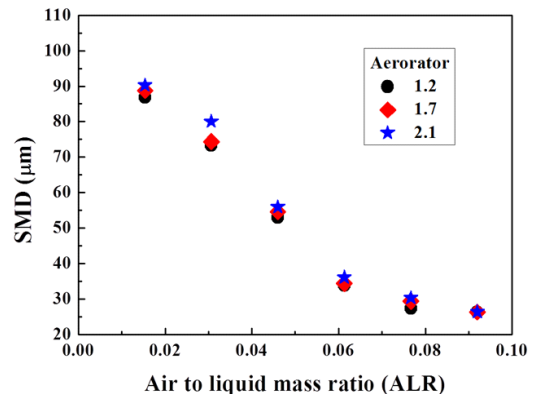


Fig. 4 SMD of ALR in elliptical

(3) 분사되는 액적의 크기는 원형 노즐보다 비원형 노즐에서 작게 측정되었으며, 비원형 노즐에서는 E2가 E1보다 작은 값을 가지는 것으로 나타났다. 이는 노즐 간 유량 계수의 차이 때문인 것으로 예상된다.

4. 참고 문헌

1. 이상용, 액체의 미립화, 민음사, 1996
2. C.W. Lee, Y. J. Lee, J. W. Park, and K. Terasima, "Effect of nozzle hole configuration on spray characteristics for diesel engine", 10th Annual Conf. on Liquid Atomization and Sprat Systems, Seoul, Korea, Oct 13-14, 2005, pp. 267~272
3. T. Messina and S. Acharya, "Characteristics of an acoustically modulated spray issued from circular and elliptical orifice nozzles", Atomization Sprays, Vol. 16, 2006, pp. 331~348
4. A. H. Lefebvre, Atomization and Spray, Hemisphere publishing corporation, USA, 1989, pp. 201~307,
5. S. D. Sovani, P. E. Sojka, A. H. Lefebvre, Effervescent atomization, Progress in Energy and Combustion Science, Vol. 27, No. 4, 2001, pp. 483~521
6. J. Jedelsky, M. Jicha, J. Slama, J. Otahal, Development of an Effervescent Atomizer for Industrial Burners, Energy and fuels, Vol.23, 2009, pp. 6121~6130
7. 구건우, 홍정구, 박철우, 이충원, 원형 및 타원형 노즐 내부유동과 외부유동의 상관관계, 대한기계학회논문집 B권 제36권, 3호, 2012, pp. 325~333