

액막두께 측정방법을 이용한 스월 인젝터의 분무특성 연구

김성혁* · 김동준* · 김병선* · 윤영빈*

Spray characteristics of swirl injector using liquid film thickness measurement

Sunghyuk Kim* · Dongjun Kim* · Byungsun Kim* · Youngbin Yoon*

ABSTRACT

By using liquid film thickness measurement the spray characteristics of swirl injector according to the geometric parameters were investigated in this paper. A specially designed injector having a variable backhole length, swirl chamber length, orifice length was used to measure the liquid film thickness. The spray characteristics of the injector were represented by mass flow rate according to the injection pressure, liquid film thickness in the lower orifice, spray cone angle.

초 록

본 연구에서는 스월 인젝터의 기하학적 형상에 따른 분무특성 파악을 위해 액막두께 측정방법을 사용하였다. 액막두께 측정을 위해 특별히 제작된 인젝터를 사용하였으며, 백홀과 스월챔버 그리고 오리피스 길이에 따른 분무특성을 확인하였다. 분무특성 파악을 위해 분사압에 따른 유량변화, 오리피스 하단의 액막두께와 분무각을 측정하였다.

Key Words: Liquid Film Thickness(액막두께), Backhole(백홀), Swirl Chamber(스월챔버), Orifice(오리피스), Spray Cone Angle(분무각)

1. 서 론

인젝터의 미립화 특성에 있어서 액막두께는 분무각, 분열길이, 분무 액적 크기 등과 직접적인 관계가 있으므로 측정에서 정확성이 요구된다. 지금까지 액막두께의 측정에 대하여 여러 가지 방법이 시도되었지만 정확한 측정이 이루어

지지 않고 있기 때문에 수치적 해석이나 이론식에 의존하고 있는 실정이다. Kutty 등은 분사압력과 air core 면적의 영향을 알아보기 위해 오리피스 출구 방향의 이미지를 촬영하는 방법을 사용하였다[2]. Jeng 등은 오리피스 내부를 가시화할 수 있도록 large-scale의 인젝터를 제작하여 이미지를 촬영하여 액막두께를 측정하였다[7]. Suyari and Lefebvre는 오리피스 끝단에 위치한 두 전극 사이의 conductance 측정을 통하여 액막두께를 측정하였다[5]. Cousin 등은 액체의

* 서울대학교 기계항공공학부
연락처, E-mail: inas97@snu.ac.kr

conductivity를 이용하여 인젝터에서 probe 가 air core의 내부에 있는지 액체와 접촉하고 있는지를 결정하여 액막두께를 측정하였다[8]. Kim 등은 형광 신호의 감쇠를 이용하여 액막두께를 측정하였고 기존의 연구자들과는 달리 Weber number에 대한 실험식을 제시하였다[9].

본 논문에서는 액막두께를 측정하기 위하여 electrical conductance method를 사용하였고 인젝터에서 길이 방향의 parameter인 백홀, 스윙 챔버, 오리피스 길이를 변화시켜가면서 분사압력에 따른 액막두께 및 분무각을 측정하였다.

2. 실험조건 및 실험장치

2.1 실험조건

인젝터에서 길이방향의 parameter가 분무특성에 어떠한 영향을 미치는지 알아보기 위하여 다음과 같은 조건을 설정하였다.

Table 1. Experimental Conditions

Case	Length Parameter(mm)		
	Backhole	Swirl Chamber	Orifice
0	0	19	18
1	10	28	30
2	20	37	42
3	30	46	54
4	40	55	66

실험은 일정한 분사압력(2, 4, 6, 8, 10 bar)하에서 오리피스 하단의 액막두께 및 분무각을 측정하였는데, 액막두께는 시간에 따른 변화를 평균한 값을 사용하였다.

2.2 실험장치

실험에 사용된 인젝터는 백홀, 스윙 챔버, 오리피스 길이를 변화시킬 수 있도록 제작되었다. 액막두께는 오리피스내에 있는 두개의 전극에 일정한 frequency 및 amplitude를 공급해주고 시간에 따른 전압변화를 통해 구한다. 액막두께 측

정 실험에 앞서 정밀한 calibration이 요구되는데, calibration은 오리피스 내에 특정 두께를 가진 막대를 삽입하여 오리피스의 직경과 막대 두께의 차이를 액막의 두께로 환산하는 과정이다.

작동유체로 사용하는 물의 전기전도도는 온도의 변화에 따라 차이를 보이므로 이를 보정하기 위해 물의 공급라인에 reference cell이라는 온도 보정장치를 설치하였다.

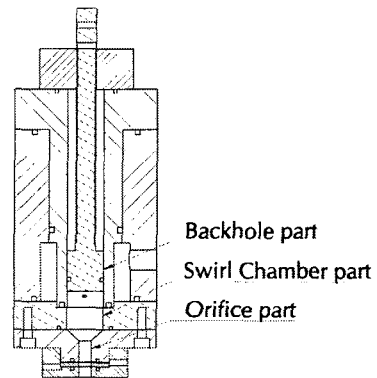


Fig. 1 Test Injector

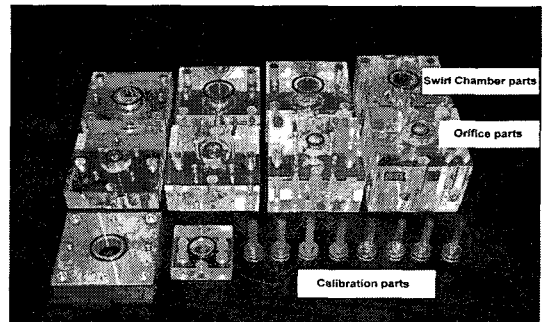


Fig. 2 Injector parts

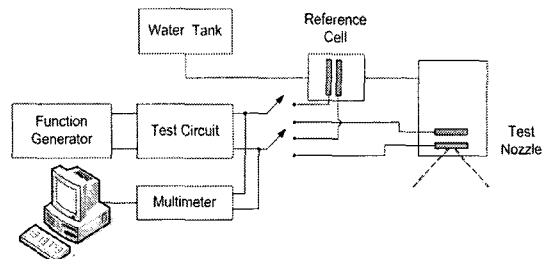


Fig. 3 Layout of apparatus

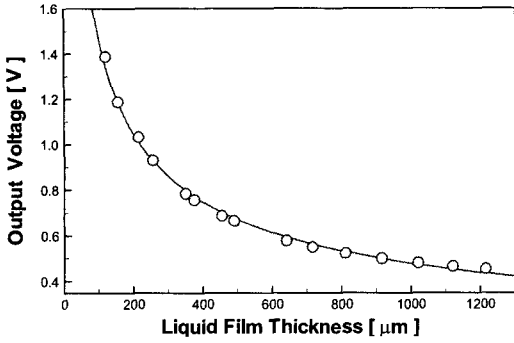


Fig. 4 Calibration curve

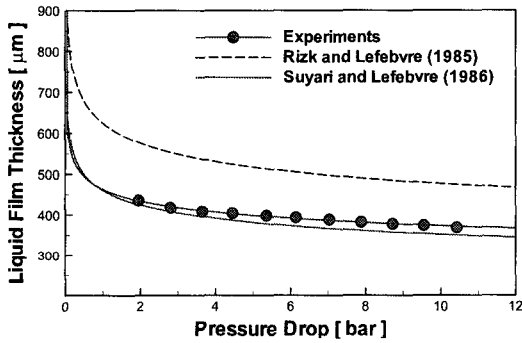


Fig. 5 Influence of water injection pressure

Figure 4에서와 같이 calibration은 120 μm 에서 1215 μm 까지 약 50 μm 간격으로 수행되었다. 기존의 이론식들과 비교해 보았을 때, 분사압력 변화에 따른 액막 두께는 인젝터 형상 등의 원인으로 약간의 차이를 보이고 있지만 대체로 경향성은 유사하게 측정되었다[3][4][6].

3. 실험결과

3.1 액막두께

인젝터 형상에 따른 유량변화를 알아보기 위하여 분사압력을 변화시키면서 유량을 측정하였다. 각 geometric parameter에 따라 압력별 유량에서 약간의 차이는 있었지만 대체로 일정한 유량계수를 유지함을 알 수 있었다.

액막두께는 일반적으로 알려진 바와 같이 분사압력에 따라 감소하는 경향성을 나타내었는데,

경우에 따라 인젝터 내부에 fluctuation이 발생하기도 하였다. 기존의 이론식들과 비교해 보았을 때 인젝터의 기본 형상에서는 액막두께가 유사하게 측정되었지만, 길이 parameter에 변화를 줄수록 이론식과는 큰 차이를 보임을 알 수 있었다.

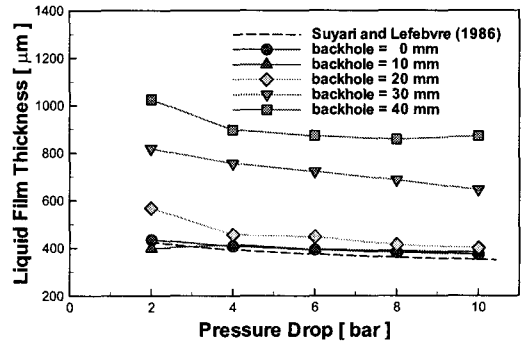


Fig. 6 Film thickness for backhole length

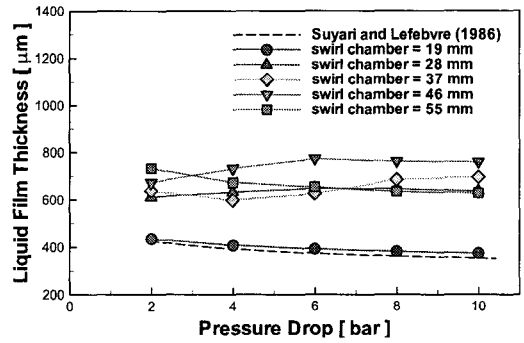


Fig. 7 Film thickness for swirl chamber length

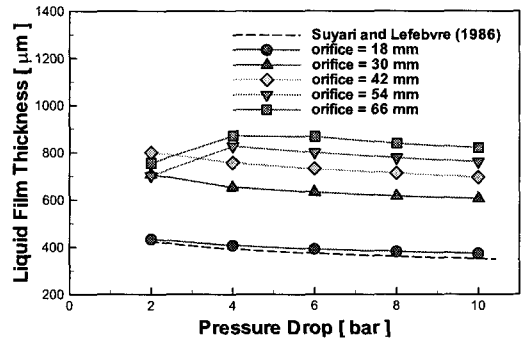


Fig. 8 Film thickness for orifice length

시간에 대한 변화를 고려해 살펴본 경우에서 Fig. 10에서 볼 수 있듯이, 스윙챔버 길이에 변화를 주었을 때에는 전반적으로 fluctuation이 발생하는 등 액막두께의 불안정한 경향이 관찰되었다. 반면에 Fig. 9에서는 백홀 길이에 변화를 줄 때는 특정길이를 전후로 스윙챔버의 경우와는 다른 불안정한 경향을 나타내고 있다. Fig. 11에서 오리피스 길이에 변화를 준 경우에는 시간에 따른 액막두께의 변화가 거의 일정함을 알 수 있었다. 이와 같이 인젝터의 기하학적 형상 parameter에 따라 액막두께의 변화 경향에 있어서 큰 차이를 보이고 있다. 이런 차이에 대한 원인을 분석하기 위해서는 air core의 형상 변화, 주파수 분석 등의 세밀한 연구가 이루어져야 할 것이다.

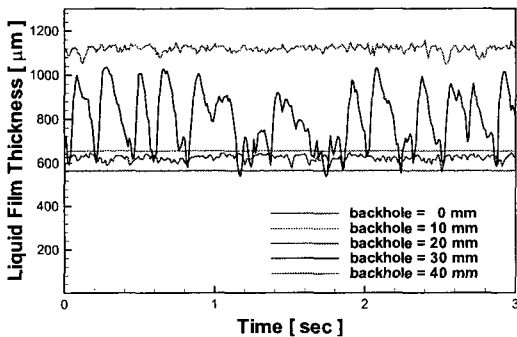


Fig. 9 Variation of thickness for backhole length

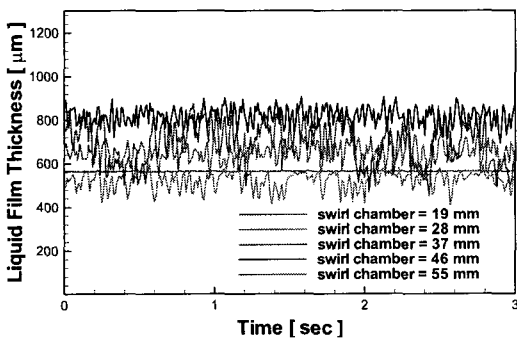


Fig. 10 Variation of thickness for swirl chamber length

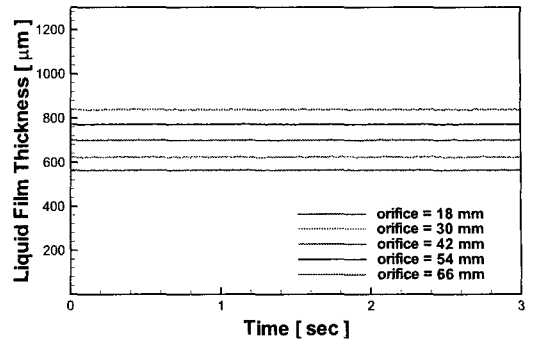


Fig. 11 Variation of thickness for orifice length

3.2 분무각

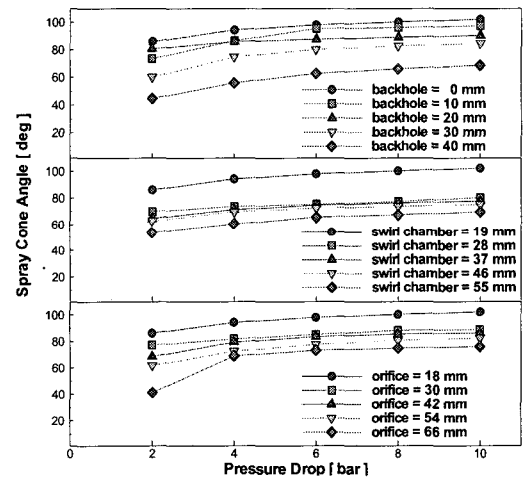


Fig. 12 Spray cone angle for geometry parameters

분무각도 일반적으로 알려진 바와 같이 모든 실험 조건에 대하여 분사압력에 따라 증가하는 경향성을 보이고 있다. 그러나 이전 연구자들의 분무각에 대한 이론식과 비교해 보았을 때 기존의 이론식에 사용된 인젝터와 형상에 있어서 차이를 보이는 즉, 인젝터 상수값($K=A_p/D_s d_o$)의 범위가 다른 인젝터에 대해서는 비교가 어렵다[1][2][5][7].

4. 결론

다양한 형상에 따른 인젝터 오리피스 내의 액막두께 변화를 측정해봄으로써 이전 연구자들이 이론식이나 실험식에서 사용한 인젝터와 스케일이나 형상에 있어서 차이를 보이는 인젝터에는 정확히 적용될 수 없음을 알 수 있었다. 또한 각 parameter에 길이변화를 주었을 때 경우에 따라서는 인젝터 내부유동에 불안정한 경향들도 측정할 수 있었다. 이는 연소불안정성과 관련하여 인젝터 내부의 저주파 발생 원인 등을 분석하는 데에도 활용 가능성이 있어 보인다.

참 고 문 헌

1. Giffen, E., and Muraszew, A., "The Atomization of Liquid Fuels," Chapman & Halt Ltd., London, 1953.
2. Kutty, S., "Design and Prediction of Discharge Coefficient, Cone Angle and Air Core Diameter of Swirl Atomizers," First International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, Tokyo, Japan, Aug, 1978, pp. 93-100.
3. Rizk, N.K. and Lefebvre, A.H., "Internal Flow Characteristics of Simplex Swirl Atomizers," Journal of Propulsion and Power, Vol. 1, No. 3, 1985, pp. 193-199.
4. Rizk, N.K., and Lefebvre, A.H., "Prediction of Velocity Coefficient and Spray Cone Angle for Simplex Swirl Atomizer," Proceedings of International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, 1985.
5. M. Suyari and A.H. Lefebvre, "Film Thickness Measurements in a Simplex Swirl Atomizer," Journal of Propulsion and Power, Vol. 2, No. 6, 1986, pp. 528-533.
6. Lefebvre, A.H., Atomization and Sprays, Hemisphere Publishing Corporation, 1989.
7. Jeng, S.M., Jog, M.A., and Benjamin, M.A., "Computational and Experimental Study of Liquid Sheet Emanating from Simplex Fuel Nozzle," AIAA Journal, Vol. 36, No. 2, 1998.
8. Cousin, J., Vich, G., and Nally Jr. J.F., "Formation and Primary Breakup of Conical Liquid Sheets Discharged by Pressure Swirl Injectors. Experimental and Theoretical Investigation," 8th International Conference on Liquid Atomization and Spray Systems, Pasadena, CA, USA, July 2000.
9. 김동준, 정원호, 임지혁, 한풍규, 윤영빈, "분무 조건과 형상에 따른 스웰 인젝터의 분무 특성과 미립화에 관한 연구," 항공우주학회 춘계학술대회, 2003, pp. 342-347.