

초음파 연료 공급장치를 이용한 EFI방식의 연료분무 특성에 관한 연구

A Study on the Characteristics of Fuel Spray for EFI Type Using the Ultrasonic Fuel Feeding System

윤 면 근,* 류 정 인**
M. K. Yoon, J. I. Ryu



윤 면 근
• 1967년 6월생
• 충남대학교 기계공학과 대학원 재학
• 내연기관



류 정 인
• 1945년 3월생
• 충남대학교 기계공학과 교수
• 기존연료 및 대체연료용 왕복형기관의 성능향상책 및 공해저감책, 정회원

분사식 엔진의 핵심기술은 연료분사입경의 초미세화, 공기연료의 균질 혼합화 등이다.

그러므로 본 연구에서는 연료의 핵심기술인 분사기술을 향상시키기 위하여 연료의 고압분사와 초음파 에너지 공급기술²⁻⁹⁾을 이용하여 연료의 미립화를 시도하고 EFI 연료 분사 방식에서 초음파 공급장치를 개발하여 추후 직접 분사식 초음파 무화장치의 개발을 위한 기초를 마련하고 직접 분사식에서 문제시되어지는 분사 초기 또는 분사 말기의 분사연료 미립화의 분사 전구간에서의 분사연료의 미립화를 시도하기 위한 기초를 마련하고자 한다.

1. 서 론

화석 연료의 고갈과 환경규제의 강화로 인하여 기관의 효율증가와 배기가스 절감이라는 문제가 그 중요성을 더해가고 있는 것이 현실이다.¹⁾

이에 따라 기화기식 가솔린 엔진으로서의 대기오염은 물론 기관성능, 에너지 절약이라는 문제를 해결할 수가 없었다. 그래서 연료분사기관이 등장하고 있으나 앞으로 더욱 가혹해지는 대기오염규제에 대처하기 위해서는 연료분사 입자의 더욱 미세화, 공연비의 최적화가 요구된다.

따라서 직접 연료분사식으로서 에너지와 환경규제 강화에 대처해 나가야 한다.²⁾ 가솔린 직접

2. 실험장치 및 실험방법

Fig.1은 실험장치의 개략도를 나타내며 연료가 ① 연료탱크를 거쳐 ② 연료펌프에서 주어진 압력으로 승압되어 ③ 서지탱크를 지나 ④ 초음파 에너지 부가장치, 연료 분배판 및 ⑤ 압력조정기를 통해 ⑥ 연료 인젝터에서 분사된다. ⑤ 압력조정기는 ⑦ 압력조정기는 ⑦ 질소통에서 임의의 압력으로 가압시켜 안정화된 ③ 서지탱크에서 압력을 조정한다. 분사된 연료는 분무입경을 입경측정장치(Malvern System 2600, 영국제)에서 측정된다.

Malvern System 2600¹⁰⁾은 Internal과 External

Trigger 두가지 모두 사용할 수 있는 것으로 본 실험에서는 External Trigger를 사용함으로써 간헐분사시의 연료 입경을 얻을수 있었다.

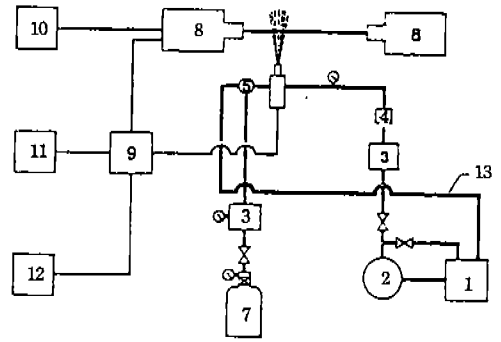
Fig2는 초음파연료공급장치(이하 초음파 에너지 공급장치라 한다.)의 개략도를 Fig3은 초음파 트랜스듀서 혼의 개략도를 나타낸다. 전원 DC12V로 ① 초음파 발진기를 작동시키면 ② 볼트체결 랭개빈형 트랜스듀서가 28KHz로 진동하면서 연료에 초음파 에너지를 부가하게 된다.

실험방법은 연료분사 압력을 각각 2.5Kg/cm²로부터 8Kg/cm² 0.5Kg/cm²씩 증가하면서 초음파 에너지 공급장치와 기존 연료공급장치를 인젝터 노즐 팁 선단으로부터 30mm거리에 반사물체를 설치한 경우와 반사물체를 설치하지 않은 경우에 대하여 연료의 입경, 입자 분포 등을 측정하였다.

측정방법은 반사물을 둔 경우는 Fig4에서와 같이 노즐 팁 선단 30mm 부위에 밸브를 두고 선단으로부터 65mm, 노즐 중심부로부터 20mm 위치에 빔 축을 설치하고 측정하였으며, 반사물을 두지 않은 경우는 Fig5에서와 같이 노즐 선단에서 65mm 부위, 노즐 중심부에 빔 축을 설치하고 각각 측정조건에서 10회씩 측정하였다. 반사물을 둔 경우와 두지 않은 양 경우에 노즐에서 분사 시간은 2.5msec후 13.5msec동안 닫은 후 다시 2.5 msec동안 분사하는 간헐분사 방식을 사용하였으며 분무입경 측정시간은 분사개시 후 3.25 msec에서 측정하였다.

Fig6은 분사시간 및 External Trigger를 나타낸 그림이다. External Trigger의 사용은 Time Function Generator를 이용하여 Pulse를 만들어 인젝터에 공급하고 3.2msec동안의 Time Delay를 둔후 측정하였고, 3.2msec 안에는 인젝터 선단에서 입자가 Flying하여 빔에 도달하는 시간 2msec와 분사시간(2.5msec)중에서 중앙에 해당하는 1.25 msec 되는 지점의 분무입경을 측정토록 하였으며 한번 측정시 Sample의 갯수는 2000개로 하였고 Kill Data 하지 않은 상태에서 Sampling 하였다.

Malvern System에서의 인젝터를 이용한 분무에서는 Kill Data를 사용하는 것이 바람직하나 본실험에서는 반사물을 두고 측정하였고 간헐분사가 이루어지는 시기에서만 입경을 측정하였기



- | | |
|-------------------------|------------------------|
| 1. Fuel tank | 8. Malvern |
| 2. Fuel pump | 9. Interfacing circuit |
| 3. Surge tank | 10. Computer |
| 4. Ultrasonic generator | 11. Function generator |
| 5. Pressure regulator | 12. 12V power |
| 6. Injector | 13. Return line |
| 7. Nitrogen tank | |

Fig.1 Schematic diagram of experimental apparatus

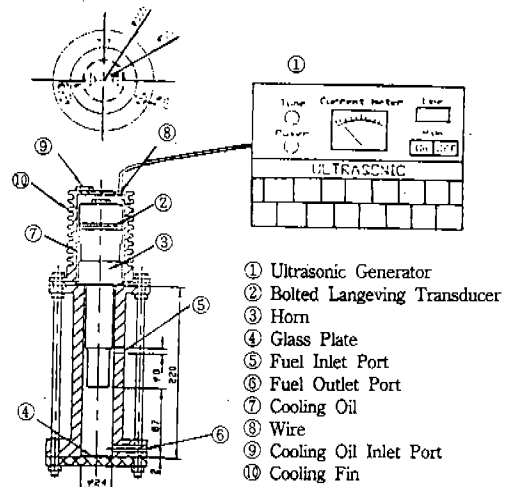


Fig.2 Schematic diagram of ultrasonic energy adding system

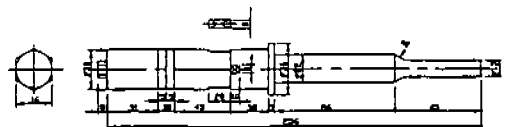


Fig.3 Schematic diagram of ultrasonic transducer and horn

때문에 Kill Data하지 않았다. 반사물을 두지 않은 경우에서의 인젝터를 이용한 분무에서 Kill Data를 하여야 하는 이유는 인젝터에서 분무되는 입자들 사이의 간격이 크므로 분무입자에 의해 회절되지 않은 빛이 직접 분무장을 통과하여 마치 분무입경이 큰 것이 있는 것처럼 나타나기 때문이다.

3. 실험결과 및 고찰

3.1 반사물이 있는 경우의 분무특성

3.1.1 기존 연료 인젝터

Fig.7은 연료평균입경(SMD)과 연료 분사압력과의 상관관계를 나타낸 것이며, 기존연료인젝터는 연료 분사압력이 증가할 수록 SMD가 작아지는 일반적인 경향을 따르고 있다.

Table 1은 연료 분사압력 3.5Kg/cm²일 때 연료입자의 분포도를 나타내며, 기체 상태의 특성을 보이는 SMD 20 μ m 이하의 입경¹⁾은 2.2% 유지함을 보인다.

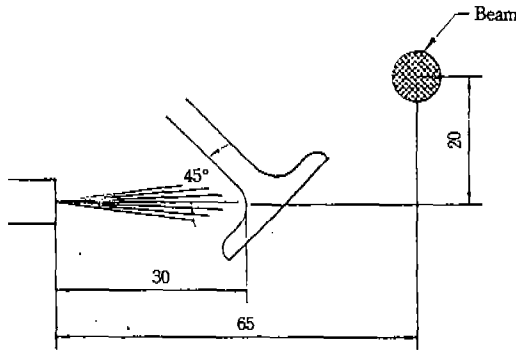


Fig.4 Measuring position of drop size(on impingement spray)

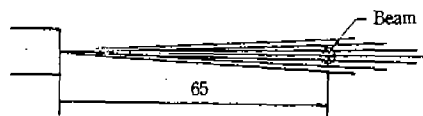


Fig.5 Measuring position of drop size

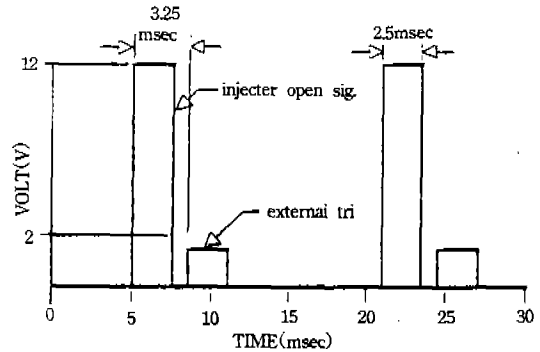


Fig.6 External trigger and pulse signal

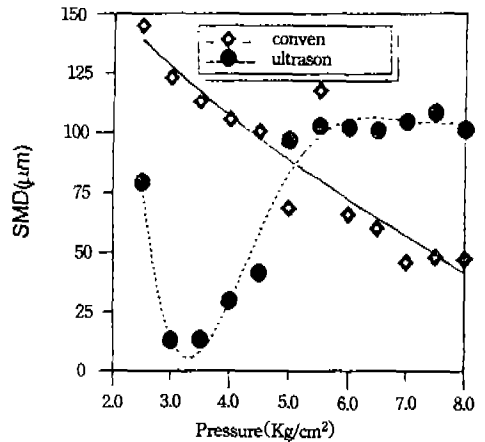


Fig.7 Relation of SMD and injection pressure

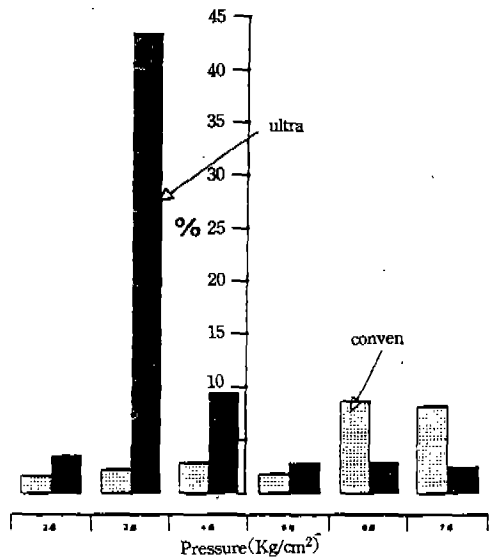


Fig.8 Relation of injection pressure and distribution

Fig.8은 연료 분사압력별로 SMD 20 μ m이하의 입경 분포비율을 나타낸다. 초음파를 가하지 않은 경우에는 압력이 증가할수록 SMD 20 μ m이하 입경 분포비율이 증가하는 형태를 보이며 이것은 분무 입경의 일반적인 경향을 따르고 있기 때문이다.

3.12 초음파 에너지 공급 연료인젝터

Fig.7은 연료평균입경(SMD)과 연료 분사압력과의 상관관계를 나타낸 것이며, 초음파에너지 공급 연료인젝터는 연료분사압력이 4Kg/cm²까지

는 SMD가 급격히 감소하나 4Kg/cm² 이상에서는 SMD가 증가하는 경향을 보인다. 이 이유는 분사압력이 4Kg/cm² 이상에서는 초음파 에너지를 받은 연료가 미세화된 상태로 분사되어 앞으로 진행하는 동안 반사물에 부딪치면서 미세한 입경이 인근 입경과 결합되어 큰 입경으로 결합되기 때문이다.

동일한 분사압력조건(3.5Kg/cm²)에서 Table 1의 경우에 비하여 SMD가 12%에 해당하는 미세함을 보인다.

Table 1 Relation of SMD and distribution(%)

MALVERN Series 2600 SB.09 Master Mode Wed 7 Sep 1994 7: 05am

High Under Size	Under %	High Under Size	Under %	High Under Size	Under %	High Under Size	Under %	High Under Size	Under %	High Under Size	Under %
564	100	254	47.5	114	19.3	51.3	7.3	23.1	2.7	10.4	0.9
524	94.7	236	43.9	106	17.7	47.7	6.7	21.4	2.4	9.64	0.8
488	89.4	219	40.6	98.6	16.2	44.4	6.1	19.9	2.2	8.97	0.8
454	84.2	204	37.5	91.7	14.9	41.2	5.6	18.5	2.0	8.34	0.7
422	79.1	190	34.6	85.3	13.6	38.4	5.1	17.2	1.8	7.76	0.6
392	74.0	176	31.9	79.3	12.5	35.7	4.6	16.0	1.7	7.21	0.6
365	69.1	164	29.4	73.8	11.4	33.2	4.2	14.9	1.5	6.71	0.5
339	64.4	153	27.1	68.6	10.4	30.8	3.9	13.9	1.4	6.24	0.4
315	59.8	142	24.9	63.8	9.6	28.7	3.5	12.9	1.2	5.80	0.4
293	55.5	132	22.9	59.3	8.7	26.7	3.2	12.0	1.1		
273	51.3	123	21.0	55.2	8.0	24.8	2.9	11.2	1.0	SMD 111.96 μ m	

Table 2 Relation of SMD and distribution(%)

MALVERN Series 2600 SB.09 Master Mode Wed 7 Sep 1994 7: 05am

High Under Size	Under %	High Under Size	Under %	High Under Size	Under %	High Under Size	Under %	High Under Size	Under %	High Under Size	Under %
564	100	254	100	114	100	41.3	90.9	23.1	50.9	10.4	18.6
524	100	236	100	106	99.9	47.7	88.3	21.4	47.1	9.64	16.8
488	100	219	100	98.6	99.8	44.4	85.4	19.9	43.4	8.97	15.1
454	100	204	100	91.7	99.7	41.2	82.1	18.5	39.9	8.34	13.5
422	100	190	100	85.3	99.4	38.4	78.6	17.2	36.6	7.76	12.1
392	100	176	100	79.3	99.0	35.7	74.9	16.0	33.5	7.21	10.8
365	100	164	100	73.8	98.4	33.2	71.0	14.9	30.5	6.71	9.6
339	100	153	100	68.6	97.5	30.8	67.0	13.9	27.8	6.24	8.6
315	100	142	100	63.8	96.4	28.7	62.9	12.9	25.2	5.80	7.6
293	100	132	100	59.3	94.9	26.7	58.9	12.0	22.8		
273	100	123	100	55.2	93.1	24.8	54.9	11.2	20.6	SMD 13.54 μ m	

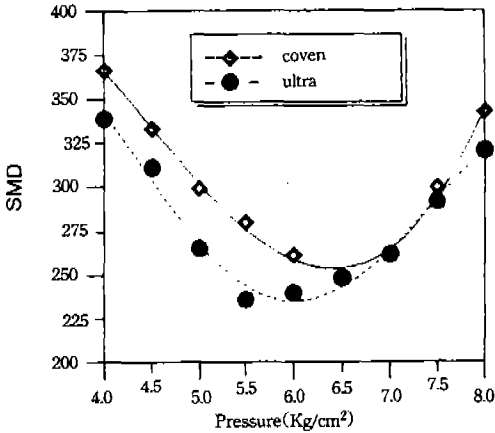


Fig.9 Relation of SMD and injection pressure

Table 2는 연료분사압력 3.5Kg/cm²일 때 연료 입자의 분포도를 나타내며, 기체상태의 특성을 보이는 SMD 20 μ m 이하의 입경이 43.4% 유지하여 약 20배 증가함을 보인다.

Fig.8은 연료 분사압력별로 SMD 20 μ m 이하의 입경분포 비율을 나타낸다. 초음파에너지 공급의 경우가 분무입경이 작아지는 것을 볼 수 있다. 분사압력이 증가할수록 4Kg/cm² 이하에서는 SMD 20 μ m 이하 입경분포비율이 증가하나 4Kg/cm² 이상에서는 감소하는 경향을 보인다. 이런 감소경향을 보이는 것은 Fig.7의 초음파에너지 공급 연료인젝터의 원인에 기인한다.

이 원인을 분석하기 위하여 반사물이 없는 경우에서의 분무 특성을 실험하였다.

3.2 반사물이 없는 경우의 분무특성

3.2.1 기존 연료 인젝터

Fig.9는 반사물을 두지 않은 경우의 초음파에너지 공급 인젝터와 기존인젝터를 사용한 경우이며 SMD 측정은 상대량만을 고려하였다.

Fig.9의 기존연료인젝터는 연료평균입경(SMD)과 연료 분사압력과 상관관계를 나타낸 것이며, 연료 분사압력(4~6Kg/cm²)이 증가할수록 SMD가 작아짐을 일반적인 경향이나 6.5Kg/cm² 이상에서는 SMD가 증가하는 경향이 있다. 이 이유는 핀틀형 전자연료노즐 즉, 전자식으로 니들밸브를 여는 방식이므로 고압에서는 연료노즐

바디와 니들밸브간 간극이 너무커서 고압 액막류로 분사되는 경향으로 사료된다.

3.2.2 초음파 에너지 공급 연료 인젝터

Fig.9의 초음파에너지 공급 연료인젝터는 연료 평균입경(SMD)과 연료 분사압력과 상관관계를 나타낸 것이며, 연료 분사압력(4~6Kg/cm²)이 증가할수록 SMD가 작아짐은 일반적인 경향이나, 6Kg/cm² 이상에서는 SMD가 증가하는 경향이다. 이 이유는 Fig.9의 기존연료인젝의 경우와 마찬가지로 핀틀형 전자연료 노즐의 특성으로 사료된다. 분사압력 7Kg/cm² 이하에서는 초음파에너지 공급 효과가 뛰어남을 나타내고 있다.

4. 결 론

연료 분사특성 즉 연료 분무 입경의 미세화를 위하여 기존 연료 인젝터와 초음파 에너지 공급 인젝터에 대하여 반사물을 설치한 경우와 설치하지 않은 경우에 분사압력을 변화시켰을 때 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 기존 연료인젝터와 초음파 에너지공급 인젝터는 분사압력을 상승시킬수록 연료입경이 현저하게 미세화 되었다.
- 2) 동일한 분사압력에서 초음파 에너지공급 인젝터가 연료평균입경(SMD)과 분포도가 매우 뛰어났다.
- 3) SMD 20 μ m 이하 분포도도 초음파 에너지공급 인젝터가 뛰어났다.
- 4) 분사압력 3.5Kg/cm²에서 초음파 에너지공급 인젝터가 최소 연료평균입경 SMD 13.54 μ m가 가장 양호한 분포도를 얻었다.

참 고 문 헌

1. 류정인의 2인, 가솔린 기관용 흡기관내에서의 흡입연료 미립화에 관한 연구, 충남대학교 공업교육연구소 논문집 8(2), pp.65, 1985.
2. 류정인의 3인, 가솔린 기관용초음파 미립화 장치의 타당성에 관한 연구(1), 한국자동차 공학회지 9(4), pp.41, 1987.
3. 류정인, 내연기관 기술자를 위한 액체의 미

- 립화(1), 한국자동차공학회지 11(4), pp.30-34, 1989.
4. 류정인의 2인, 가솔린 기관용 초음파 미립화 장치의 타당성에 관한 연구(III), 충남대학교 산업기술연구소 논문집 4(2), pp.46-52, 1989.
 6. 류정인, 액체연료의 미립화 기술(1), 한국자동차공학회지 15(4), pp.59-68, 1993.
 7. 류정인, 액체연료의 미립화 기술(2), 한국자동차공학회지 15(5), pp.31-41, 1993.
 8. 류정인의 2인, 초음파 연료공급장치용 디젤 자동차의 성능향상에 관한 연구(I), 한국자동차공학회 논문집 2(1), pp.1-8, 1994.
 9. 류정인, 초음파 연료공급장치용 디젤자동차의 성능향상에 관한 연구(IV), 한국자동차공학회 논문집 16(3), pp.45-55, 1994.
 10. Manual : "System 2600-Instruction Manual", Malvern Instruments Ltd.
 11. Yoshiaki Onuma, Combustion of Fuel Sprays, 내연기관, Vol.21, No.2, pp.60, 1982.