

초음파 분무기용 Nozzle 설계에 관한 연구

김영호*, 조봉희*

수원대학교 전자재료공학과*, 수원대학교 전기공학과

A Study on the Design for Ultrasonic Spray Nozzle

*Young-Ho, Kim and Bong-Hee, Cho

*Dep't. of Electronic Materials Eng., Dep't. of Electrical Eng., The Univ. of Suwon

Abstract

In this study, various nozzle of ultrasonic spray were designed by using Langevin type electrostriction transducer. The electrical and dynamic characteristics of ultrasonic nozzle with various horn type were investigated. We obtained the average particle size and size distribution profiles with output frequency.

1. 서론

초음파분무(ultrasonic spray)란 초음파를 이용하여 액체를 미립화(liquid atomization) 또는 액체분무시키는 것으로 액체에 초음파 진동에너지를 가함으로써 다른 기계식이나 열에너지 공급방식에 비하여 비교적 액체 분열이 고르고 분무량 및 입경(particle size)제어가 용이하며 장치가 간단하고 조용한 분무가 가능하여 최근에 많은 연구가 행하여 지고 있다.^{(1),(2)}

현재 산업에 응용되는 초음파의 주파수는 대개 10~50 kHz의 범위가 많으며 PCB 기판 flux도포, 반도체 wafer에 현상액도포, 각종재료와 의약품등의 표면 코팅, 기화기 및 분사기 nozzle 등에 널리 이용될 수 있다.⁽³⁾

실제응용에 있어서는 horn을 진동자에 접촉하고 마디에 bolt등으로 고정하며 horn끝에 전달된 확대진폭의 초음파 진동을 이용한다.⁽⁴⁾

따라서 본 논문에서는 horn을 여러 형태로 설계하여 진동자와 horn 결합형태에 따른 초음파분무의 특성을 비교하였으며 출력주파수를 변화시킴으로서 액입경 변화를 조사하였다.

2. 제작 방법

사용된 초음파 주파수는 각각 20 및 40 kHz대로 하고 이 주파수에서의 강력 초음파 출력을 발생시키기 위하여 발진회로를 설계하였고 초음파 진동자로는 Langevin형 PZT 전쇄진동자를 이용하였으며 제작과정은 다음과 같다.

우선 산화법에 의해 PZT 자기를 성형한 다음 필요한 형상으로 성형한후 재차 1300℃이상의 산화분위기 중에서 소결한 다음 이것에 온 전극을 소결한후 양전극간에 1cm당 20~100kV로 고압적류전계를 가하여 분극처리하였다. 이와같이 제조된 PZT 자기를 초음파의 동력적 이용을 위해 Langevin type으로 제작하였다. (사진 1)

또한 일반적으로 비교적 저주파수의 초음파에서는 강력초음파로서 큰 진폭을 필요로 하는 경우가 많으며 그 때문에 진동자에 horn을 부착시켜 진폭확대를 도모하게 되며 본 연구에서는 conical type, step type 및 복합형(conical+직봉)을 기본으로 하고 여기에 부가질량 유무에 따라 여러종류의 horn을 설계하였다. (사진 2)

3. 실험 및 결과고찰

각 초음파 nozzle에 대한 전기적 특성은 표 1와 같다.

이때 측정기기로는 Hewlett Packard사의 IMP/GAIN PHASE ANALYZER (HP 4194A형)을 사용하였다.

표 1에서 보는 바와같이 N9, N10 nozzle의 경우는 40kHz, 나머지는 20kHz대의 공진주파수를 사용하고 있으며 특히 step horn (N3, N4)의 경우 다른 type에 비해 기계적 품질계수 Qm이 매우 큰 것을 알 수 있다.

nozzle의 동특성을 조사해 본 결과는 표 2와 같다. 표 2에서 보는 바와 같이 step horn (N3, N4)의 경우 동작전압이 각각 531(V), 약 600(V)로 다른 type에 비해 매우 낮는데 이는 전왜진동자에 흐르는 전류가 매우 작다는 것을 감안하면 가해준 입력에 대한 소모전력이 작다는 것으로 그만큼 효율이 높다는 것을 의미한다. 이는 같은 조건하에서의 분사특성 조사에서도 알수 있는 바와 같이 분무량이 많고 분무거리가 길며 애리한 분사각과 작은 입경을 가지는 것으로도 확인되는 바와 같이 같은 입력에 대한 초음파 출력력이 상대적으로 큰 것으로 사료된다.

또한 동작주파수 20kHz대의 nozzle N3 와 40kHz대의 nozzle N10에 대한 입경 및 입도분포를 측정 한 결과가 각각 그림 1, 2에 나타나 있다. 이때 사용된 기기는 MALVERN社 series2600, droplet and particle size analyzer이다.

이 그림에서 보는 바와 같이 N3 nozzle의 경우 평균입경은 $73\mu\text{m}$, N10 nozzle의 경우는 $42\mu\text{m}$ 로 주파수가 증가함에 따라 입경이 작아짐을 확인할 수 있었다.

4. 결론

Langevin type 전왜진동자를 이용하여 여러 형태의 초음파 nozzle을 제작하여 그 전기적, 분무 특성을 조사한 결과는 다음과 같다.

1. step horn의 경우 다른 type 에 비해 기계적 품질계수가 매우 크게 나타났다.
2. step horn을 사용한 nozzle의 경우 동작 전압이 낮고 분무량이 많으며 분무거리가 길고 입경이 작아 입력에 대한 초음파 출력력이 상대적으로 크다는 것을 확인할 수 있었다.
3. 동작주파수를 변화시켜 측정한 결과 20kHz에서는 입경이 약 $73\mu\text{m}$, 40kHz대에서는 약 $42\mu\text{m}$ 로 주파수가 증가하면 입경이 작아짐을 확인하였다.

본 연구는 93년도 산학연 공동기술개발 지역혁신사업의 지원에 의하여 수행되었음.

참고 문헌

- (1) Karasawa, T., Shiga, S. and Kurabayashi, T., ICLASS (1988) 117~124
- (2) Lothar Bendig, Dipl.- Phys., ICLASS (1988~8) 133~138
- (3) 柄澤, 角田 外2人, 第16回 液體微粒化講論 (1985) p.47~52
- (4) Sono-Tek Corporation, Ultrasonic nozzle, Research Develop, (1987), Pough Keepsie, NY12601

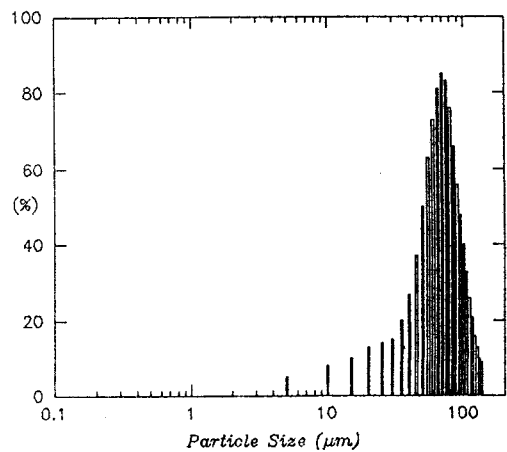


그림 1. N3 nozzle의 입경 및 입도분포.

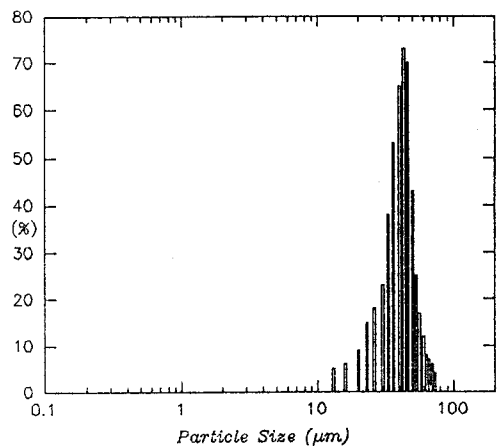


그림 2. N10 nozzle의 입경 및 입도분포.

표 1. 초음파 nozzle 에 대한 전기적 특성

No.	공진주파수 Fr[KHz]	공진저항 Rr[Ohm]	반공진주파수 Fa[KHz]	반공진저항 Ra[Kohm]	정전용량 Cp[pF]	전기기계 결합계수 Keff[%]	기계적품질계수 Qm	비 고
N1	24.65	40.30	25.85	128.00	3,256	30.10	542	CONICAL TYPE HORN
N2	24.12	38.90	25.33	108.00	3,151	30.40	581	CONICAL HORN+부가질량
N3	27.20	16.00	27.50	11.04	3,172	14.70	5313	STEP TYPE HORN
N4	27.48	68.60	27.85	76.29	3,087	16.40	1022	STEP HORN+부가질량
N5	24.33	47.40	25.15	135.00	3,058	25.40	699	복합 TYPE HORN(CONICAL+직봉)
N6	26.13	50.00	28.65	144.00	2,740	41.00	263	실용 STEP형
N7	27.92	16.37	30.68	192.00	2,838	41.50	714	실용 복합형
N8	24.14	49.20	24.68	55.50	3,554	20.80	871	실용 복합형 I (일본제)
N9	43.23	39.20	44.30	29.00	3,148	21.90	622	STEP TYPE HORN (40KHz 用)
N10	42.30	95.00	43.90	50.00	1,809	26.80	305	SONOTEC TYPE (40KHz 用)
N11	29.40	59.00	30.23	87.00	2,856	25.40	501	실용 복합형 II (일본제)

표 2. 초음파 nozzle의 동특성

Nozzle No.	동작주파수 (부하시 kHz)	동작전압 V _{p-p} (kV)	Duty cycle (%)	분사특성			위 경	기 타
				분무량	거리	분사각		
N1	24.75~24.95	1.68	49~50	小	中	보통	小	분무불량
N2	24.4~24.6	1.6~1.7	48~58	中	中	좁음	小	
N3	27.1~27.2	531(V)	48~51	大	中	좁음	小	
N4	27.4~27.5	600~610(V)	49~52	大	大	좁음	小	
N5	24.4~24.6	1.4	49~50	大	大	보통	大	
N6	26.4~26.9	1.4	45~51	-	-	-	-	
N7	28.1~28.4	1.8	56	大	中	보통	大	
N8	24.4	1.75	50	大	小	보통	大	
N9	29.9~30	1.3	50~54	中	中	넓음	大	
N10	38.7~38.8	1.5	53	大	中	넓음	小	
N11	40.6~40.8	1.7	56	大	中	좁음	小	

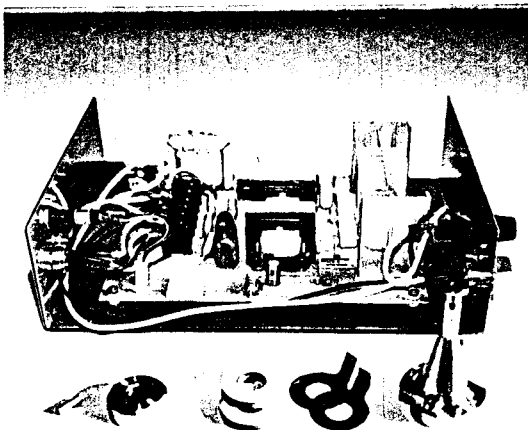


사진 1. 초음파 발전회로 및 Langevin type 진동자.

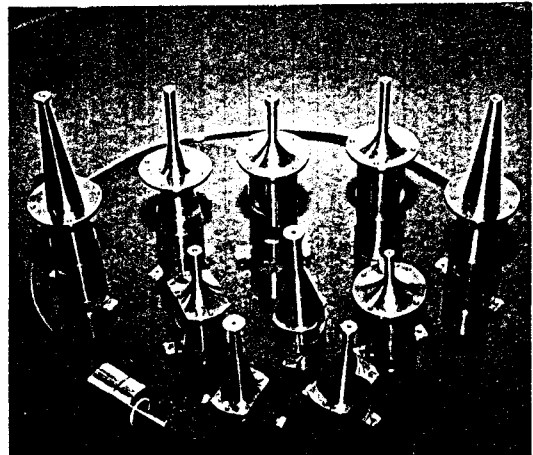


사진 2. 제작된 여러형태의 nozzle.