

압전소자의 형상에 따른 메가소닉 특성 분석

Analysis of Megasonic Characteristics according to the Shapes of Piezoceramic

* #이양래, 김현세, 윤소남, 임의수

* # Yanglae Lee(yllee@kimm.re.kr), Hyunse Kim, So-nam Yun, Euisu Lim
한국기계연구원 극한기계부품연구본부

Key words : Megasonic, Piezoceramic, Acoustic Pressure Distribution

1. 서론

세정용 초음파 진동자는 일반세정용인 저주파 진동자와 반도체를 세정하는 메가소닉으로 나눌 수가 있다. 반도체에서는 100nm 이하의 작은 파티클까지 세정해야 하고, 초음파는 주파수가 높아질수록 작은 파티클까지 세정이 가능하기 때문에 반도체 세정에는 메가소닉을 이용하고 있다.

일반적으로 초음파 진동자의 성능과 가장 밀접한 관계가 있는 것이 압전소자이며, 압전소자의 중요한 특성상수로서, 에너지 변환효율을 나타내는 coupling factor k는 클수록 역학적 에너지와 전기적 에너지간의 변환효율이 우수하고, piezoelectric strain constant d는 클수록 초음파 발생 특성이 우수함을 나타내며, piezoelectric voltage constant g는 클수록 초음파의 수신특성이 우수함을 나타낸다. 또한 mechanical quality factor Q_m 은 클수록 frequency band width가 좁음을 나타낸다. 이상의 상수들이 압전소자의 성능에 관계된 대표적인 것들이다.¹

한편, 메가소닉에 있어서는 발생하는 음압의 분포가 균일하지 않고 중앙부분이 높게 나타나게 되며, 따라서 세정 대상이 손상을 입을 수 있기 때문에 반도체 등의 정밀세정에 적용하는데 문제가 되고 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위하여 압전소자의 형상을 변형시켜서 그 특성을 측정하였다. 즉 메가소닉용 압전소자의 중앙에 △형 홀을 뚫고 Q_m 값과 음압분포를 홀을 뚫지 않은 원형과 비교하였다.² 여기서 Q_m 값은 1MHz 압전소자 원형상태와, 실제 사용조건인 Stainless Steel(SS)의 평판에 부착한 상태에 대해서 각각 측정하였고, 또한 원형→중앙에 홀을 판 후→SS 평판에 부착한 상태에 대해서도 측정하였다.

2. Q_m 값 측정실험

mechanical quality factor Q_m 은 아래의 식과 같으며, 값이 클수록 frequency band width가 좁음을 나타내지만, 반공진주파수의 임피던스가 크게 되기 때문에 반공진주파수로 구동하는 초음파 진동자의 경우에는 고전압을 인가할 수 있어 저전류로도 고효율을 낼 수가 있다.

$$Q_m = \frac{f_p^2}{2\pi f_s |Z_m| (C_0 + C_1)(f_p^2 - f_s^2)}$$

본 실험에 사용된 압전소자는 1MHz, $\phi 32$ 이고, 압전소자 중앙에 그림 1과 같은 △형 홀을 뚫었으며, 각변의 길이가 5mm 정도가 되도록 가공하였다.

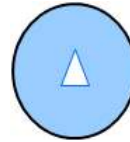


Fig. 1 Piezoceramic with a hole in center

그리고 압전소자 단독뿐만 아니라 압전소자가 실제 부착되어 사용되는 조건에서도 Q_m 값을 측정하기 위하여 세정용 초음파 진동자의 실제 조건과 같은 3mm 두께의 SS의 평판에 압전소자를 부착하였다. 여기서 홀을 뚫은 상태와 뚫지 않은 원형의 상태를 비교하기 위하여 압전소자 원형을 SS의 평판에 부착한 것과, 홀을 뚫은 상태를 SS 판에 부착한 것의 각각에 대해서 Q_m 을 측정하였으며 그 결과는 그림 2와 같다.

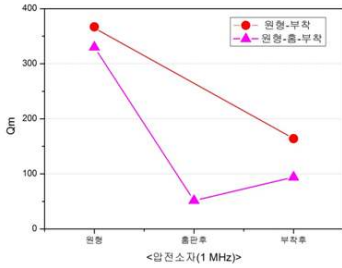


Fig. 2 Q_m with & without hole

Q_m 의 측정결과를 살펴보면, 압전소자에 홀을 뚫지 않은 원형의 경우에는 SS의 평판에 부착하게 되면 Q_m 값이 감소하는 것으로 나타났다. 반면에 홀을 뚫게 되면 Q_m 값이 감소했다가 평판에 부착하면 다시 증가하여 홀을 뚫지 않은 원형의 값에 가까워지는 것으로 나타났다. 즉 Δ 형 홀을 뚫더라도 뚫지 않은 것에 대한 Q_m 값의 감소는 무시할 수 있는 정도라고 볼 수 있다.

3. 음압분포 측정실험

본 연구에서는 전술한 Q_m 측정실험용 SS의 평판을 이용하여 그림 3과 같이 세정조를 제작하고 이 세정조의 수중에 형성되는 음압분포를 전용 측정장치를 이용하여 측정하였다.

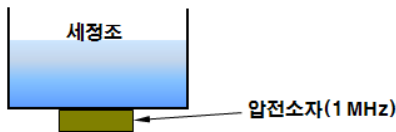
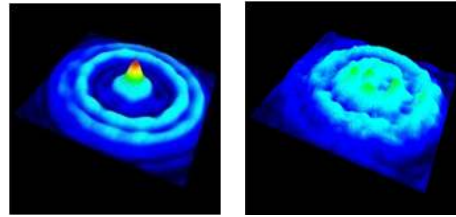


Fig. 3 Megasonic cleaning bath

측정한 음압분포 결과는 다음 그림 4와 같으며, Δ 형 홀이 없는 (a)의 음압분포는 중앙이 아주 높게 나타나서 고르지가 않지만, Δ 형 홀이 있는 (b)의 경우에는 음압이 고르게 나타나고 있음을 알 수 있다.³

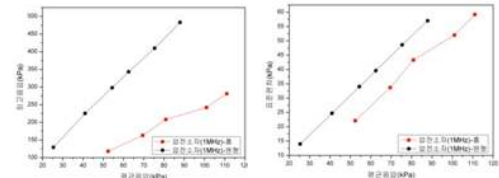
그림 5에 나타난 분석결과를 살펴보면, (a)는 최고음압을 평균음압으로 나눈 것으로서 값이 낮을수록 음압분포가 균일하다는 의미이며, Δ 형 홀이 있는 경우가 훨씬 낮게 나타나고 있다. 또한 (b)는 표준편차를 평균음압으로 나눈 것으로서 역시 값이 낮을수록 균일하다는 의미이며, Δ 형 홀이 있는 경우가 훨씬 낮게 나타나고 있다.⁴



(a) (b)

Fig. 4 Acoustic pressure distribution (a) without hole (b) with hole

blue line:without hole red line:with hole



(a) (b)

Fig. 5 (a) highest/average pressure (b) standard deviation/average pressure

4. 결론

메가소닉에 있어서는 발생하는 음압의 분포가 고르지 않고 중앙이 높게 나타나기 때문에 이러한 문제를 해결하기 위하여 압전소자의 중앙에 Δ 형 홀을 뚫고 그 특성을 측정한 결과, 홀을 뚫지 않은 것에 비하여 Q_m 값은 거의 차이가 없고 음압분포는 훨씬 우수하게 나타났다.

참고문헌

- 강홍렬, 박용기, “비파괴검사용 초음파탐촉자의 국산화 개발” 과학기술처, 20~21, 1988.
- 이양래, 김현세, 임의수, 국내특허, “초음파 정밀세정장치(홀 관것), 2010-0979568
- 이양래, 김현세, 임의수, “초음파 발생용 진동소자 및 그것을 구비한 초음파장치(횡파방지)
- 이양래, 김상률, 김현세, 임의수, “에너지절약형 36nm급 세정용 메가소닉 개발” 87~100, 2012