

공기를 리용한 강편식초음파호각의 공진특성

김 철 학

경애하는 최고령도자 김정은동지께서는 다음과 같이 말씀하시였다.

《과학기술을 확고히 앞세우고 과학기술과 생산을 밀착시키며 경제건설에서 제기되는 모든 문제들을 과학기술적으로 풀어나가는 기풍을 세워 나라의 경제발전을 과학기술적으로 확고히 담보하여야 합니다.》

강편식초음파호각은 공기와 물을 비롯한 류체에서 쉽게 초음파를 발생시킬수 있으며 그 구조가 간단하고 현실적조건에서의 리용가능성이 높은것으로 하여 유탁과 세척을 비롯한 여러 분야에서 널리 리용되고있다.[1] 여기서 중요한 문제는 초음파호각의 공진특성 보다 정확히는 강편날개의 공진특성을 잘 알고 요구에 맞는 초음파를 발생시킬수 있도록 설계하는것이다.

론문에서는 강편식초음파호각의 리용에서 중요하게 제기되는 강편날개의 공진특성에 대한 실험과 그 결과에 대하여 서술하였다.

1. 강편식초음파호각에서 초음파발생물림새와 그 주파수

강편식초음파호각은 일반적으로 류체를 높은 속도로 분사하기 위한 실톱과 그앞에 설치된 강편날개로 이루어진다.

실톱에서 분사되는 높은 속도의 류체는 강편날개주위에서 막흐름을 일으키며 이 막흐름의 영향에 의하여 강편날개의 진동이 일어나게 된다.[2] 이때 진동의 주파수는 일반적으로 강편날개의 고유진동수와 같게 된다.

다시말하여 진동의 첫시작은 날개주위에서 류체의 막흐름에 의한 국부적위치에서의 압력차에 의한것이지만 이 압력차의 변동주기는 강편날개의 고유진동수에 따르게 된다는것이다. 이로부터 초음파호각에서 발생하는 초음파주파수는 날개의 공진주파수로 된다.

여기서 문제는 날개의 공진주파수가 여러개이므로 어느 공진주파수에 해당하는 진동이 일어나게 되는가 하는것이다.

날개의 공진주파수는 방향에 따라 다르며 같은 방향에서도 기본진동과 함께 배진동들이 존재하게 된다. 이로부터 초음파호각의 리용에서 요구되는 주파수가 날개의 어떤 공진주파수로 되여야 하겠는가 하는 문제가 제기된다. 이러한 문제의 해결을 해석적으로 진행하는것은 불가능하다.[3]

그것은 류체의 막흐름에 의한 회리주파수를 구하거나 그 영향밑에 강편날개에서 어떤 진동이 일어나겠는가 하는 문제를 해석적으로 풀수 없기때문이다. 그러므로 이 문제를 해결하기 위하여 강편날개의 공진주파수를 모의한 조건에서 그러한 강편을 리용한 초음파호각에 대한 실험을 진행하였다.

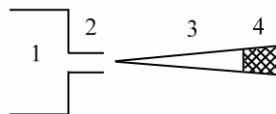
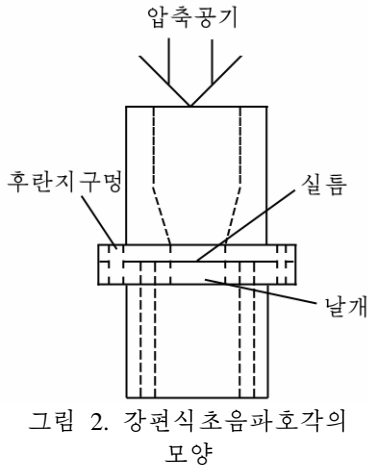


그림 1. 강편식초음파호각의 일반적구조
1—입구, 2—실톱, 3—날개, 4—날개고정부

2. 공기를 리용한 강편식초음파호각의 공진특성실험

강편식초음파호각의 모양은 그림 2와 같다.



실틈부분의 직경은 20mm이며 실틈의 높이는 2mm, 실틈으로부터 분사되는 압축공기에 의해 진동하게 될 강편날개의 너비는 20mm, 날개의 두께는 2mm로 하였다. 날개는 실틈에 대하여 평행으로 양쪽에 난 홈을 따라 이동할수 있으며 그 위치는 날개의 앞뒤쪽에서 내경이 21mm인 나트를 양쪽에서 조여주어 고정한다. 이때 날개의 양쪽 끝부분은 자유단상태에 놓인다고 볼수 있다. 이러한 조건에서 날개에 대한 공진주파수모의를 Ansys14.0을 리용하여 진행하였다.

실험에서 리용된 강편날개는 그림 3과 같으며 모의결과에 의해 얻어진 강편날개의 공진주파수와 진동형태는 표와 같다.

모의결과로부터 설계된 강편날개가 가지는 여러가지 공진주파수들을 예측할수 있다.

다음으로 설계된 날개를 리용한 초음파호각이 일정한 압력의 공기흐름에서 어떤 주파수의 음파를 복사할수 있는가를 실험하였다.

이를 위하여 초음파호각을 공기압축기에 연결하여 압축된 공기흐름을 날개로 분사하였다. 공기의 압력은 4~6atm으로 하였으며 복사되는 음파의 주파수는 마이크를 리용하여 기록하고 기록된 자료를 푸리에변환처리하여 주파수성분들에 대한 자료를 기록하였다.

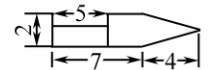


그림 3. 강편날개

실틈과 강편사이거리가 0.2mm일 때 공기압력에 따르는 강편식초음파호각의 음복사특성은 그림 4와 같다.

표. 강편날개의 공진주파수와 진동형태

번호	f/Hz	진동형태
1	16 511	실틈방향으로의 1차구부림진동
2	24 584	공기흐름방향으로의 왕복진동
3	25 393	실틈방향구부림과 꺾임진동결합

그림 4에서는 3개의 기본음복사스펙트르가 나타나는데 그 주파수는 155, 6 136, 16 020Hz정도이다. 여기서 낮은 2개의 주파수성분은 배경소음과 공기흐름에 의하여 복사되는 음파의 주파수라고 볼수 있다. 이로부터 날개의 진동주파수는 16 020Hz로서 모의결과와 거의 일치하였다.

주목되는것은 복사음주파수가 공기압력의 변화에 거의 무관계하며 그 상대적인 세기가 5atm에서 가장 높고 6atm에서는 보다 떨어진다는것이다. 이것은 날개의 공진주파수들 가운데서 1차공진에 해당하는 진동만이 일어나며 그 진동의 진폭이 최대로 되는 공기압력이 존재하게 된다는것을 보여준다. 이것을 보다 명백히 하기 위하여 실틈으로부터 날개까지의 거리를 변화시키고 압력에 따르는 복사음의 주파수성분분석을 다시 진행하였다.

실틈으로부터 날개까지의 거리가 3mm인 경우에 공기압력에 따르는 강편식초음파호각의 음복사특성은 그림 5와 같다. 그림 5에서 알수 있는바와 같이 실틈으로부터 날개까지의 거리가 늘어났을 때 호각에서 공진주파수는 압력의 변화에 거의 무관계하게 16 000Hz근방에서 일어났으며 복사되는 음파의 상대적인 세기는 6atm에서 가장 높고 4atm에서는 약간 작으며 5atm에서 제일 작다. 결국 초음파호각의 강편날개는 1차공진주파수에서 진동하며 이때 공기압력이 6atm일 때 그 진폭이 상대적으로 최대로 된다는것을 알수 있다.

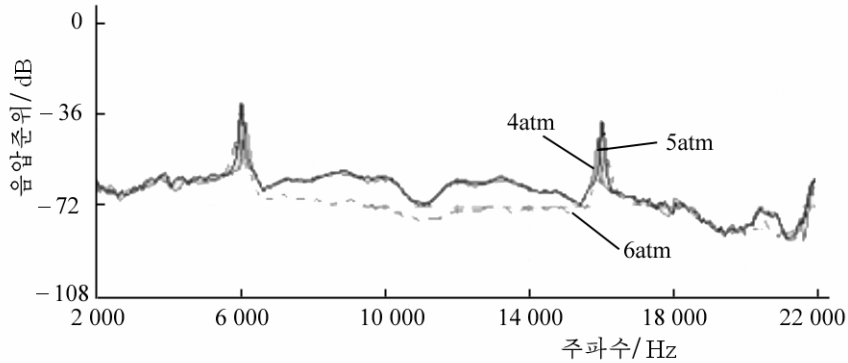


그림 4. 공기압력에 따르는 강편식초음파호각의 음복사특성

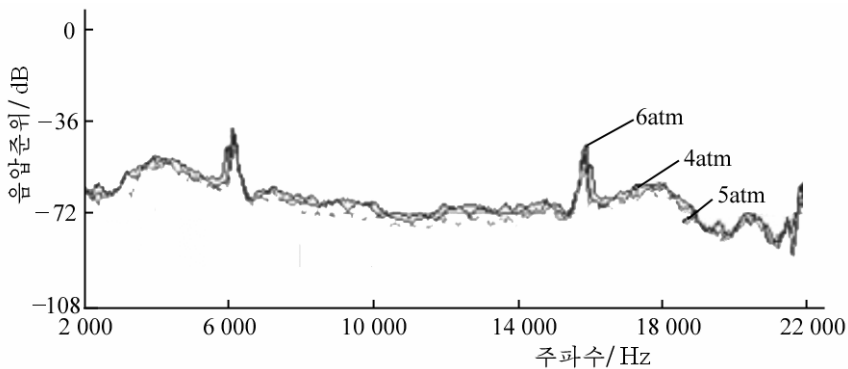


그림 5. 실틈으로부터 날개사이거리가 3mm일 때 공기압력에 따르는 강편식초음파호각의 음복사특성

맺 는 말

초음파호각에서 강편날개의 공진은 1차공진주파수에서 일어나게 되며 압력이 높아진다고 하여도 강편날개의 공진주파수가 2차이상의 공진주파수로 넘어가지 않는다. 또한 실틈으로부터 강편날개까지의 거리가 변화될 때 강편날개의 공진주파수는 거의 변하지 않으며 이때 일어나는 날개의 진폭이 최대로 되게 하는 공기압력이 존재한다.

이로부터 강편날개를 리용하는 초음파호각의 설계에서는 요구되는 복사음주파수가 강편날개의 1차공진주파수로 되도록 해야 하며 이와 함께 실틈으로부터 강편날개까지의 거리에 따라 공기의 압력을 합리적으로 정해야 한다.

참 고 문 헌

- [1] 리석주 등; 초음파물리, 김일성종합대학출판사, 58~146, 1975.
- [2] D. J. Ryan et al.; Chemical Engineering Science, 189, 369, 2018.
- [3] D. Belgroune et al.; Ultrasonics, 48, 220, 2008.

주체108(2019)년 12월 5일 원고접수

On the Resonant Feature of the Sonolator Using Air

Kim Chol Hak

The frequency of sound wave radiated from the sonolator is determined by the first mode of the blade and there is the rational pressure of working according to the distance between the blade and the vent of air.

Keywords: sonolator, ultrasonic radiation, resonance frequency