

플립칩 접합용 수평형 종진동 혼의 설계 및 해석

Analysis and Design of Longitudinal Vibrating Horn for Horizontal Flip-Chip Bonding

*이성일¹, 김기영¹, 성철모¹

*S. I. Yi(siyi@kitech.re.kr)¹, K. Y. Kim¹, C. M. Sung¹

¹ 한국생산기술연구원

Key words : Longitudinal Vibrating Horn, Flip-Chip, Ultrasonic

1. 서론

전자산업과 정보통신산업의 발전이 거듭됨에 따라 기기의 소형화, 기능의 통합이 가속화되고 고성능의 소형부품에 대한 수요가 급증하고 있다. 소형 정보통신기기의 필수소자들은 수요 및 기술경쟁이 치열해짐에 따라 더 낮은 제작 원가의 대량 생산방식이 요구되고 있으며, 최근의 IT산업에서 시스템들의 복잡성, 극단적인 성능향상의 추구, 그리고 물리적인 한계를 극복하기 위하여 반도체 패키지(Package)가 그 해법으로 대두되고 있다. 여러 패키지 기술들 중에서도 최근 각광을 받기 시작한 기술은 플립칩 초음파 본딩(flip-chip ultrasonic bonding)공정기술이다. 본딩압력과 온도가 낮고 공정시간이 단축되면서도 신뢰성이 높은 장점을 가지고 있다.[1] 초음파 본딩 공정에서도 주요기술 중의 하나는 접합용 초음파 혼(horn) 장치에 대한 기술이며, 이러한 장치에 대한 연구가 국내외에서 활발히 진행되고 있다.[2]

플립칩 접합용 혼은 이용하는 축과 진동의 상대적 방향에 따라 크게 횡진동(Transverse vibration)과 종진동(Longitudinal vibration) 타입으로 나눌 수 있다.[3] 각각 진동방향에 따라 쓰이는 분야가 다르며, 혼의 모양, 길이, 매질 등에 따라 공진주파수와 진동모드에 영향을 미치므로, 정확한 설계와 해석이 필요하다.[4~5] 같은 종진동을 이용하더라도 혼의 말단면을 이용하는가 또는 측면을 이용하는가에 따라 수직형 혼이 되고 수평형 혼이 되기도 하나, 압착 지그방식이 용이한 수평형 종진동 혼에 대한 설계를 하였다.

본 연구에서는 초음파 진동을 발생시키는 압전 세라믹을 적층시켜 60KHz 부근의 공진 주파수를 가진 혼을 설계하고 제작하였다. FEM 해석 프로그램인 ANSYS를 사용하여 혼의 공진점 인접 모드 해석을 수행하고, 제작된 혼을 임피던스 분석기로 측정하여 공진 주파수 결과값을 비교하여, 혼의 최적설계 및 제작이 가능할 수 있음을 나타내었다.

2. 혼의 설계

본 연구에서는 초음파 진동을 발생시키는 압전 세라믹을 적층시키고, 60KHz 부근의 공진 주파수를 가진 수평형 종진동 혼을 설계하였다.

혼의 설계시 많은 부분들을 고려해야 하지만, 그중에서도 혼의 길이는 초음파 진동에 가장 큰 영향을 준다.[6] 공진이 발생하는 혼의 길이는 파동 방정식을 이용하여 해석적으로 구할 수 있으며, 혼의 길이와 공진 주파수 사이의 관계는 다음과 같다.

$$L = \frac{c}{f}, \quad c = \sqrt{\frac{E}{\rho}} \quad (1)$$

위의 식에서, L은 혼의 길이, f는 공진 주파수, c는 혼 매질 내의 음속, E는 혼 매질의 탄성계수, ρ는 밀도를 나타낸다. 혼의 재질은 티타늄(Titanium)이며 Table 1 은 물성치를 나타낸 값이다. 식 (1)과 Table 1의 물성치 값을 활용하여 수치해석을 통한 Modal 분석설계를 수행하며, 경계조건 및 파동 교란 등을 고려하여 최적구조 값들을 도출하도록 한다.

Table 1 Material properties of Titanium

Material	Titanium(Ti6Al4V)
Density	4.43 g/cm ³
Elastic module	113.85 Gps
Hardness	334 HRB
Poisson's ratio	0.31

Fig.1은 결정된 혼의 치수를 반영한 3D 모델링이다. 고정부는 Node에 위치시키고 접합부는 종진동에 의한 수평변위를 가장 크게 할 수 있도록 Anti-node에 위치시킨다.

3. 혼의 해석

혼의 공진점 인접모드와 공진 주파수를 FEM 해석을 통하여 검증하고, 혼의 공진설계에 적용하였다. 발진장치에서 주어지는 가진 주파수는 60KHz이기 때문에, 주파수 범위는 60KHz 주파수를 중심으로 하여 공진 주파수를 구하였다.

Fig. 2는 FEM 해석 결과이다. 설계된 혼의 공진점 인접모드를 가지는 공진 주파수는 61,503Hz 인 것으로 나타났다. Fig. 2-(a)는 정상적인 혼의 특성을 보여주고, Fig. 2-(b)는 뒤틀림 진동모드를 보여준다.

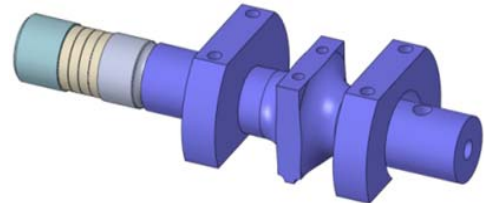
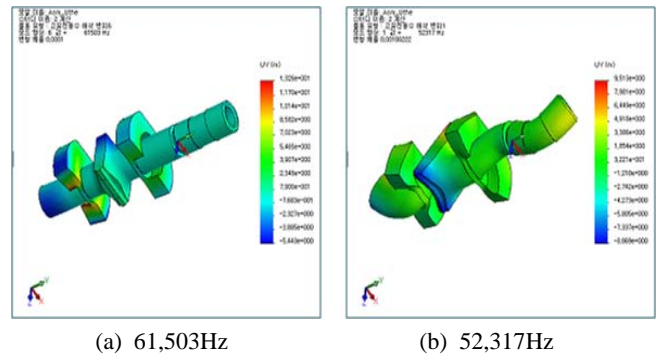


Fig. 1 3D modeling of longitudinal vibrating horn



(a) 61,503Hz

(b) 52,317Hz

Fig. 2 Analysis of longitudinal vibrating horn (FEM)

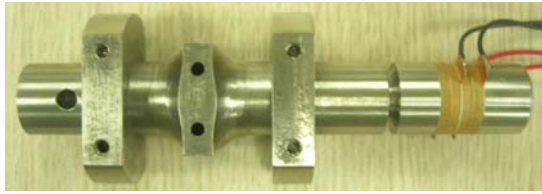


Fig. 3 longitudinal vibrating horn

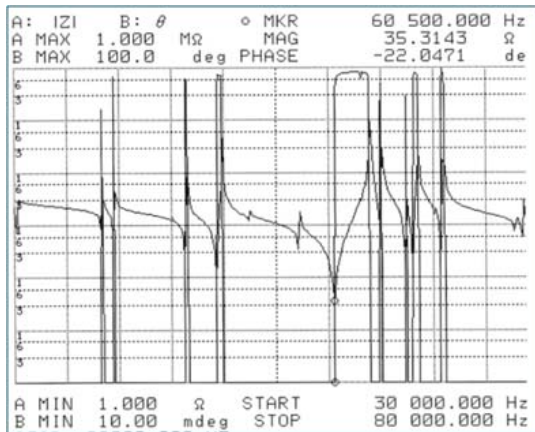


Fig. 4 Electrical impedance and phase angle as function of frequency for the longitudinal vibrating horn

4. 혼의 특성분석

Fig.3 은 실제로 제작된 수평형 종진동 혼이다. 제작된 혼에 초음파 진동을 발생시키는 압전세라믹을 적층시키고 임피던스 분석기(Impedance analyzer)를 이용하여 혼의 임피던스를 측정하였다. 임피던스 분석기는 HP4194A를 사용하였고, 제작된 혼의 특성을 분석하였다.

Fig.4 는 제작된 혼의 임피던스 측정 결과이다. 공진 주파수는 60,500KHz 로 나타남을 알 수 있었다. FEM 해석을 통하여 측정된 공진 주파수는 61,503KHz 이고, 제작된 혼의 측정값이 60,500KHz이므로 약 1.7% 이내의 오차를 보여주어 혼의 공진 설계가 적합함을 알 수 있었다.

5. 결론

본 연구에서는 FEM 해석 프로그램인 ANSYS를 사용하여 혼의 공진점 인접모드 해석을 수행하고, 제작된 혼을 임피던스 분석기로 측정한 공진 주파수 결과값 60,500Hz 을 비교하여, 혼의 최적설계 및 제작이 가능할 수 있음을 검증하였다.

(1) 3D 모델링 및 FEM 해석을 통하여 공진점 인접모드 형상을 해석하고 예측하여 혼 설계에 적용가능성을 보여주었다.

(2) FEM해석을 통하여 측정된 공진 주파수와 제작된 혼의 공진 주파수가 약 1.7% 이내의 오차를 보여주어 혼의 최적설계 및 제작이 가능함을 보여주었다.

후기

본 연구는 지식경제부의 “차세대 저온접합 공정 및 장비 원천 기술 개발” 과제의 지원을 받아 수행하였으며, 이에 감사 드립니다.

참고문헌

1. Tanida, K., Umemoto, M., Tomita, Y., Tago, M., Kajiwara, R., Akiyama, Y. and Takahashi K., "Au Bump Interconnection with Ultrasonic Flip-Chip Bonding in 20 μ m Pitch," Japanese Journal of Applied Physics, 42, 2198, 2003.
2. 김선락, 이재학, 유중돈, "초음파 접합용 바혼의 설계," 대한용접접합학회, 27, 5, 538-543, 2009.
3. Li. H. L., Chan. L. W. and Liu. C. K., "Comparison of Bonding Defects for Longitudinal and Transverse Thermosonic Flip-Chip," IEEE Electronic packaging Technology Conference, 350-355, 2003.
4. 이봉구, 김광래, 김강은, "유한요소법을 이용한 초음파 진동 공구혼 설계에 관한 연구," 한국공작기계학회논문집, 17, 6, 63-70, 2008.
5. 하창용, 김일광, 이수일, "플립칩 접합용 초음파 혼의 진동 해석 및 설계," 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, 525-526, 2009.
6. Sa-Yoon, K., Paul M. W. and Yung-Cheng. L., "Modeling and Experimental Studies on Thermosonic Flip-Chip Bonding" IEEE trans CHMT, part B, 18, 4, 728-733, 1995.