

플립칩 접합용 초음파 혼의 진동 최적설계

Optimization of Vibration Design in Ultrasonic Horn for Flip-chip bonding

이수일†·하창용*

Soo Il lee, Chang yong Ha

1. 서 론

본 논문은 현재 패키지 시장에서 많은 주목을 받고 있는 플립칩 접합 기술의 핵심 부품 중의 하나인 초음파 혼의 최적설계에 대해 다루었다. 플립칩 접합 방식은 크게 열과 압력을 동시에 가하는 열압착 방식과 열과 압력 및 진동에너지를 동시에 가하는 열초음파 방식으로 나눌 수 있다. 초음파 혼은 액추에이터의 전기적 에너지를 기계적인 에너지로 바꾸어 접합부에 전하는 열초음파 방식의 핵심 부품이다. 본 논문에서는 위상최적화(Topology optimization)기법을 이용하여 초음파 혼의 최적설계를 하였다.

위상최적화는 균질화 기법(Homogenization method) 및 SIMP(Solid Isotropic Material with Penalization)방법 등이 많이 알려져 있는데 이번 연구에서는 SIMP 방법을 이용하여 위상최적화 문제를 정식화 하였다. 또한 MATLAB을 통해 유한요소모델을 모델링 및 위상최적화 알고리즘을 구현하였다. 초음파 혼의 동작 모드인 40kHz 대역의 길이방향 cosine 모드를 추적하기 위하여 MAC(Modal Assurance Criterion)을 이용하였다. 최적화된 결과는 상용프로그램인 ANSYS를 통해 검증하였다. 최적설계의 목적은 초음파 혼의 구동주파수를 최대화 하는 것으로 이를 통해 접합에너지 상승 및 여러 종류의 칩 크기에 따른 초음파 혼의 설계가 가능함을 보였다.

2. 위상최적화를 통한 진동 최적설계

2.1 위상최적화 정식화

초음파 혼의 고유진동수 최대화를 위한 수학적 모델링은 다음과 같다.

$$\max \quad : \quad \omega_i^2(x) = \frac{u_i^T K u_i}{u_i^T M u_i} \quad (1)$$

$$\text{subject to} \quad : \quad \frac{V(x)}{V_0} \geq f, \quad (2)$$

$$|K - \omega_i^2 M| u_i = 0, \quad (3)$$

$$0 < x_{\min} \leq x \leq 1. \quad (4)$$

위의 식에서 ω_i 는 고유진동수, u_i 는 그에 대응하는 고유벡터이다. x 는 유한요소모델의 요소상대밀도이며 K 와 M 은 설계영역에서의 전체강성행렬 및 전체질량행렬이다. $V(x)$ 는 최적화 모델의 체적이며 V_0 는 초기체적이다. f 와 x_{\min} 은 제한조건으로써 본 논문에서는 각각 0.7, 0.001을 사용하였다.

2.2 최적설계 적용

위상최적화를 적용하기 위하여 MATLAB을 이용해서 코드를 작성하였다. 최적화 모델의 실제 제작을 고려하여 혼 모델의 중앙부분(코어)의 상대밀도를 업데이트 하지 못하도록 제한조건을 설정하였다. 최적화할 모드인 40kHz 길이방향 cosine 진동 모드를 추적하기 위하여 MAC을 도입하였다. 3가지 케이스로 나누어 최적화를 진행하였으며 제한조건 및 결과는 Table. 1에 정리하였다.

Table. 1 Optimization condition and result

	CASE1	CASE2	CASE3	
nodal points condition	fix	free	free	
core length constraints(%)	100	83	50	
Optimized length(mm)	120	100	86	
Natural frequency (kHz)	initial	42.141	42.084	42.084
	optimized (MATLAB)	45.390	54.006	60.855
	optimized (ANSYS)	45.278	53.577	60.413
Modal displacement ratio	$\left \frac{u_{center}}{u_{edge}} \right $	0.93	0.99	1.04



Fig. 1 (a)reference model, (b)CASE1, (c)CASE2, (d)CASE3

Fig. 1에는 최적화 전 초기 모델 및 각 케이스별 최적화된 결과를 정리하였다.

3. 최적화 모델의 FEM해석

3.1 FEM 해석 결과

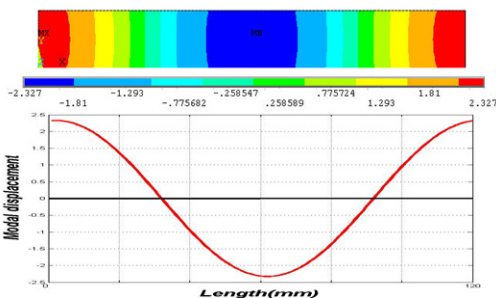


Fig. 2 Initial model for optimization

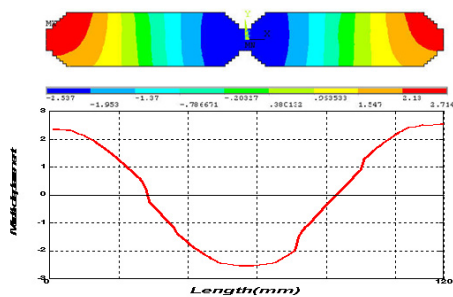


Fig. 3 Modal analysis of CASE 1

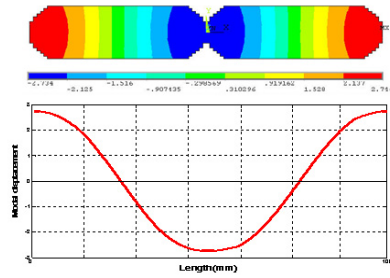


Fig. 4 Modal analysis of CASE 2

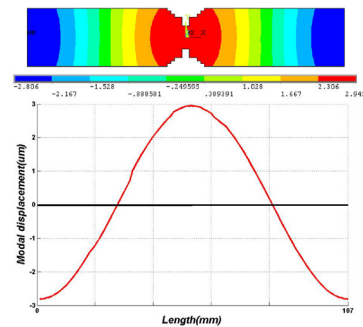


Fig. 5 Modal analysis of CASE 3

Fig 2에서 Fig 5는 각 케이스별로 최적화된 모델을 ANSYS를 이용하여 모달 해석을 한 결과이다. 해석 결과 최적화된 모델이 길이방향 진동모드를 유지한 채로 제한조건 내에서 고유진동수가 최대되었음을 알 수 있다.

4. 결 론

본 논문에서는 위상최적화를 이용한 플립칩 접합용 초음파 혼의 길이방향 진동모드의 고유진동수 최대화를 수행하였다. 최적화 결과는 상용프로그램인 ANSYS를 이용하여 확인하였다. 차후 이를 바탕으로 다양한 구동 주파수 및 성능을 가지는 초음파 혼을 설계할 수 있음을 보였다.

후 기

본 연구는 서울시 산학연 협력사업(10890)의 지원으로 이루어졌음.

† 이수일: 서울시립대학교 기계정보공학과
E-mail : leesooil@uos.ac.kr
Tel: (02) 2210-5667. Fax: (02) 2210-5575

* 서울시립대학교 대학원 기계정보공학과