HDD Stamped base 의 강성 증가를 위한 최적 설계

Optimized Design of HDD Stamped Base to Increase Stiffness

윤주영*, 임건엽*, 김석환*, 박영필*, 박노철*, 박경수†

Joo-Young Yoon, Geonyup Lim, Seokhwan Kim, Young-Pil Park,

No-Cheol Park and Kyoung-Su Park

(2013 년 9 월 15 일 접수; 2013 년 9 월 23 일 심사완료; 2013 년 9 월 24 일 게재 확정)

Abstract

For the production method, stamp base is increasing the market share. But also, by the manufacturing method, stiffness of the stamp base is small. Many studies have been carried out in order to increase the stiffness of the stamp base. In this study, we optimally designed according to the position of bolting using a screening method in order to increase the stiffness base. After establishing a simulation model, the maximum deformation and frequency of the first mode based having relevance with stiffness of the base, were optimized. There for, it was possible to expect of increasing the stiffness of the stamp base.

Key Words : HDD, Stamped base, Stiffness, Optimized design

1. 서 론

현재 하드디스크 드라이브의 베이스는 다이 캐스팅 방식과 스탬프 방식으로 공정된다. 하드디스크 드라이브의 슬림화와 제작 단가의 절감을 위하여 스탬프 방식이 새롭게 대두되고 있다.

이러한 스탬프 방식의 장점에도 불구하고, 스탬프 베이스는 강성이 낮다는 단점을 가지고 있다. 따라서 스탬프 베이스의 강성을 높이기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다[1-3].

스탬프 베이스의 강성을 증가시키기 위한 많은 방법 중에 스탬프 베이스가 가진 장점인 제조 방식의 단순함을 변화시키지 않는 방법을 찾는 것이 중요하다. 따라서 기존의 스탬프 공정 이외의 다른 공정을 추가하지 않기 위해 스탬프 베이스의 경계 조건을 변화시킴으로써 베이스의 강성을 증가시키기로 결정하였다.

본 연구에서는 스탬프 베이스의 강성을 증가시키기 위해 베이스와 하드디스크 드라이브를 고정시켜 주는 볼팅 위치를 재설계하였다. 스탬프 베이스의 볼팅 위치를 지정하는 방법으로 Screening 방법을 이용하여 시뮬레이션을 통한 최적 설계를 진행하였다.

2. 볼팅 위치 최적화

2.1 시뮬레이션 모델 확립

스탬프 베이스의 강성을 증가시키기 위해 시뮬레이션을 진행하기에 앞서 시뮬레이션의 정확성을 입증해야 할 필요가 있다. 시뮬레이션의 정확성을 입증하기 위하여 실제 스탬프 베이스의 모드 형상과 고유진동수를 시뮬레이션과 비교하였다.

2.1.1 고유진동수 측정 실험

고유진동수를 측정하기 위해 5 mm 스탬프 베이스를 가지고 실험을 진행하였다. 스탬프 베이스의 고유진동수를 측정하는 방법으로 우선 스탬프 베이스의 4 개의 볼팅 부분을 볼트로 지그에 고정시킨다. 가진기를 지그와 연결 시킨 뒤, 지그에 진동을 가한다. Scanning Laser Doppler Vibrometer

† Graduate Program of Information Storage Engineering,
Yonsei Univ
E-mail : pks6348@yonsei.ac.kr
TEL : (02)2213-4677

* School of Mechanical Engineering, Yonsei Univ.

(Scanning LDV)을 이용하여 스탬프 베이스의 속도를 측정한다. 가진기를 통해 가한 입력 값과 Scanning LDV 로 측정된 스탬프 베이스의 출력 값으로 베이스의 고유진동수를 측정한다.

Fig.1 은 스탬프 베이스의 각 모드에서의 변형을 측정한 형상이다. 각각 Fig.1 (a)는 스탬프 베이스의 1 차 모드, Fig.2 (b)는 2 차 모드의 모드 형상이다.

실험은 총 6 번의 측정으로 진행했다. Table 1 은 5 mm 스탬프 베이스의 고유진동수 측정 데이터이다. 6 번의 실험으로 얻은 5 mm 스탬프 베이스의 평균 모드 진동수는 각각 1 차 모드는 683 Hz, 2 차 모드는 1063 Hz 이다.

2.1.2 실험과 시뮬레이션 결과 비교

5 mm 스탬프 베이스의 시뮬레이션 모델을 만든 후 4 개의 볼팅 부분을 고정 시킨 뒤, 모달 해석을 진행하였다. Fig.2 는 시뮬레이션을 통해 나온 5 mm 스탬프 베이스의 모드 형상이다. Fig.2 (a)는 1 차 모드 형상, Fig.2 (b)는 2 차 모드 형상이다. 실험을 통해 얻은 모드 형상인 Fig.1 과 비교했을 때, 각 모드에서의 모드 형상이 같은 형상을 취하고 있다.

Table 2 는 실험과 시뮬레이션의 각 모드의 진동수를 비교한 것이다. 모달 해석을 통해 나온 5 mm 스탬프 베이스의 1 차 모드의 진동수와 2 차 모드의 진동수는 각각 671 Hz 와 1058 Hz 이다.

Fig.1 Mode shape of stamped base (a) 1st mode, (b) 2nd mode

Table 1 Experiment data of 5 mm stamped base

No.	1	2	3	4	5	6	Ave.
1st mode (Hz)	681	684	684	681	681	687	683
2nd mode (Hz)	1059	1068	1062	1056	1062	1068	1063

실험과 시뮬레이션의 결과를 비교했을 때, 1 차 모드와 2 차 모드 모두 오차가 2 % 이하로 일치하였다.

시뮬레이션 모델을 확립하기 위하여 5 mm 스탬프 베이스 각 모드의 모드 형상과 고유진동수를 시뮬레이션 결과와 비교하였다. 모드 형상의 경우, 실험과 시뮬레이션에서 같은 형상인 것을 확인하였다. 각 모드의 진동수의 경우, 실험과 시뮬레이션의 오차가 2 % 이하로 일치하였다. 각 모드에서 모드 형상과 진동수의 비교를 통해 시뮬레이션의 결과값이 타당하다는 결론을 얻었다.

따라서 볼팅 위치에 따른 베이스의 강성 증가를 위한 최적 설계를 하는데 있어 실험을 대체하여 시뮬레이션으로 진행하였다.

2.2 볼팅 위치 최적화 과정

2.2.1 시뮬레이션 모델 수정

최적 설계를 진행하려면 볼팅 위치를 이동시켜야 한다. 하지만 실제 5 mm 스탬프 베이스 모델에서 볼팅 위치를 이동시키면 구조적으로 볼팅 위치가 이동할 수 없는 부분이 생기게 된다. 따라서 볼팅 위치를 이동시키기 위해 스탬프 베이스의 시뮬레이션 모델을 수정하였다.

Fig.3 은 기존 5 mm 스탬프 베이스의 모델에서 수정한 모습을 보여주는 그림이다. Fig.3 (a)를 보

Fig. 2 Simulation result about mode shape (a) 1st mode, (b) 2nd mode

Table 2 Compare experiment with simulation

	Experiment	Simulation	Error (%)
1st mode (Hz)	683	671	-1.75
2nd mode (Hz)	1063	1058	-0.47

면 실제 베이스에서는 볼트로 고정시켜 주기 위해 나사선과 볼팅 부분이 안쪽으로 돌출되어 있다. 볼팅 위치를 이동시키면 특정 위치에서 돌출된 부분이 다른 부분과 충돌하게 되어 돌출된 부분과 나사선을 제거하였다.

Fig.3 (b)는 볼팅 부분이 위치한 베이스의 옆면을 나타낸 그림이다. 스탬프 베이스 옆면의 특정 위치에서 그림과 같이 홈이 파여져 있다. 볼팅 위치를 이동시키면 이 부분에서 홈과 볼팅 구멍이 겹쳐지게 되어 시뮬레이션 모델에서 홈을 제거하였다. 실제 5 mm 스탬프 베이스에서 볼팅 중심은 베이스 옆면의 중심선 보다 위에 위치하고 있다. 볼팅 위치를 이동시키면 볼팅 구멍이 베이스 옆면을 벗어나게 된다. 따라서 시뮬레이션 모델에서 볼팅 중심을 베이스 옆면의 중심선으로 내리 기 위해 볼팅 중심을 z 축 방향으로 1.24 mm 아래로 이동시켰다.

2.2.2 시뮬레이션을 통한 볼팅 위치 최적화

최적화 방법으로 Screening 방법을 사용하여 최적화를 진행하였다.

입력 변수는 4 개의 볼팅 위치로 지정했다. 각각의 볼팅 위치를 왼쪽 아래부터 오른쪽 위까지 $l_1 \sim l_4$ 로 지정했다. l_1 과 l_3 의 최대 허용 범위는 7.2 mm 에서 47.2 mm 이고 l_2 와 l_4 의 최대 허용 범위는 51.6 mm 에서 91.6 mm 이다. Fig.4 는 각각의 볼팅 위치를 나타낸다.

Fig. 3 Modified simulation model (a) projected point, (b) furrow point

본 연구의 최적화 목적은 베이스의 강성을 증가시키는 것이므로 강성과 직접적인 관계를 가지는 1 차 모드의 진동수와 최고 변형량을 출력 변수로 선정하였다.

베이스의 강성이 증가하기 위해서는 1 차 모드의 진동수가 증가하고 최고 변형량이 감소해야 한다. 따라서 1 차 모드 진동수를 최대화 하는 것과 최고 변형량이 최소화 하는 것, 이 두 가지로 최적화의 목적함수로 설정하였다.

최적화는 입력 변수의 범위 내에서 일정 수의 경우를 선정하여 사례 연구를 진행한 후, 사례 연구의 시뮬레이션 결과값을 가지고 최적화를 예측하는 것이다. 사례 연구의 수를 늘리는 것이 최적화 예측의 정확성을 더욱 높이게 되지만 그렇게 되면 최적화를 계산하는데 시간이 오래 걸리게 된다. 따라서 정확성과 시간을 고려하여, 본 연구에서는 사례 연구의 수를 25 개로 설정했다.

최적화는 사례 연구의 결과로 예측하는 것이므로 최적화 결과를 검증하는 것이 필요하다. 검증하는 방법으로 최적화 결과를 가지고 시뮬레이션 모델을 만들어 모달 해석을 진행하였다. 최적화 예측 값과 시뮬레이션을 통한 검증 값과의 오차가 5 % 이상 차이가 나게 되면, 25 개의 사례 연구로 최적화를 진행하기에는 입력 변수의 범위가 너무 넓다고 판단하였다. 따라서 사례 연구의 값들을 normalize 하여 가장 높은 수치의 경우를 중심으로 입력 변수의 범위를 50 % 줄여 최적화를 반복 실행했다. 식 (1)은 사례 연구의 결과를 normalize 한 값을 나타낸다.

$$P = c_w \frac{w - w_0}{w_0} - c_d \frac{d - d_0}{d_0} \dots (1)$$

식 (1)에서 w_0 와 d_0 는 각각 기존 5 mm 스탬프 베이스의 1 차 모드 진동수와 최대 변형량이다. 진동수와 최대 변형량이 베이스의 강성에 미치는 영향을 c_w 와 c_d 로 정의했다. 진동수와 최대 변형량의 변화로 인한 베이스의 강성에 미치는 영향이 같다고 판단하여 c_w 와 c_d 를 각각 0.5로 설정하였다.

최적화의 예측값이 시뮬레이션 검증값과의 오차가 5 % 이하가 되면 예측 값을 최적화의 결과로 정했다. Fig.5 는 최적화의 수행 방법을 도식으로 표현한 것이다.

2.2.3 볼팅 위치 최적화 결과

5 mm 스탬프 베이스의 강성 증가를 위한 최적화 진행 결과 볼팅의 위치는 Table 3 과 같다. 기존 5 mm 스탬프 베이스의 볼팅 위치는 양끝에 위치해 있는데 비해 최적화 진행 결과 볼팅의 위치가 양끝에서 가운데 쪽으로 이동한 것을 볼 수 있다. l_1 과 l_3 , l_2 와 l_4 의 값이 같지 않은 이유는 베이스의 구조가 비대칭이기 때문으로 판단하였다. Fig.6 는 최적화 베이스의 볼팅 위치를 나타낸다.

최적화된 베이스를 시뮬레이션 해본 결과, 기존 5 mm 스탬프 베이스보다 향상된 것을 볼 수 있다. 1 차 모드 진동수의 경우 기존 베이스보다 40.1 %

Fig. 4 Input parameter

Fig. 5 Optimization diagram

가 증가하였다. 1 차 모드의 최대 변형량의 경우 기존 베이스보다 4.2 %가 감소하였다. 최적화를 통한 볼팅 위치의 변화가 베이스의 강성을 증가시킨 것을 확인하였다. Table 4 는 기존 베이스와 최적화 베이스의 1 차 모드에서의 진동수와 최대 변형량, 2 차, 3 차 모드의 진동수를 나타낸다. Fig.7 은 기존 베이스와 최적화의 1 차 모드에서 변형량을 나타낸 결과이다. 변형량을 보면 최대 변형량이 중심으로 이동한 것을 볼 수 있다. 그리고 고르게 변형량이 증가하여 최대 변형량의 값이 감소한 것을 볼 수 있다.

Table 3 Optimization of bolting position

l_1 (mm)	l_2 (mm)	l_3 (mm)	l_4 (mm)
39.3	78.7	15.2	73.2

Fig. 6 Optimization bolting position

Table 4 Compare original base with optimization base

	Max. Def.	1st Fre. (Hz)	2nd Fre. (Hz)	3rd Fre. (Hz)
Original Base	9.6	671.1	1058.1	1425.8
Optimization base	9.2	940.3	986.2	1294.3

Fig. 7 1st mode shape (a) original base, (b) optimization base

3. 결론

현재 하드디스크 드라이브의 슬림화와 제작 단가의 절감을 위해 스탬프 베이스가 대두 되고 있다. 스탬프 베이스의 약한 강성이라는 단점을 보완 하기 위해, 스탬프 베이스의 강성 증가에 대한 많은 연구가 진행되고 있다. 스탬프 베이스의 강성을 증가시키기 위해, 본 연구에서는 강성을 증가시키면서도 제조 공정의 변화를 주지 않기 위해 볼팅의 위치를 최적 설계하여 스탬프 베이스의 강성을 높이는 방법을 제안하였다. 시뮬레이션 모델을 확립한 뒤, 베이스의 강성과 연관성을 갖는 베이스 1 차 모드의 진동수와 최대 변형량을 통해 최적화를 진행하였다. 이를 통하여 스탬프 베이스의 제조시간을 늘리지 않으면서도 베이스의 강성을 증가시키는 효과를 기대할 수 있었다.

후기

본 연구는 (주)삼성전기의 지원을 받아 이루어졌으며, 이에 관계자 여러분께 감사 드립니다. (2012-8-2085)

REFERENCES

- [1] H.-C. Lee, J.-H. Kim, S. H. Kim, N. C. Park, and K. S. Park, 2012, "Analysis of dynamic characteristics of stamped base for 2.5 inch HDD," in Proc. APMRC12 Tech. Dig., Singapore, BB-3
- [2] G. Y. Lim, S. H. Kim, N. C. Park, K. S. Park, 2012, "Design modification to improve anti-shock performance of the stamped base using 2.5 inch HDD", APMRC12 Tech. Dig., IEEE, pp.1-2
- [3] G. Y. Lim, S. H. Kim, N. C. Park, Y. P. Park, K. S. Park, 2013, "A study of dynamic characteristic applying embossing technique on stamped base in 2.5 inch hard disk drive", KSNVE, Vol.2013, No.1, pp.151-152