

# 수평형 보링머신의 구조 최적화를 통한 절삭성능 향상 Structural Optimization to Enhance the Cutting Performance of Horizontal Boring Mill

\*#오창원<sup>1</sup>, 이창호<sup>1</sup>, 성원진<sup>1</sup>, 이강재<sup>1</sup>, 김태원<sup>1</sup>, 하재용<sup>1</sup>

\*#C. W. Oh(Changwon.oh@doosan.com)<sup>1</sup>, C. H. Lee<sup>1</sup>, W. J. Sung<sup>1</sup>, K. J. Lee<sup>1</sup>,  
T. W. Kim<sup>1</sup>, J. Y. Ha<sup>1</sup>

<sup>1</sup>두산인프라코어(주)

Key words : Chatter Vibration, Dynamic Stiffness, FEM, Modal Analysis

## 1. 서론

채터 진동은 가공 중 높은 절삭 부하, 급격한 공구 수명 단축, 그리고 표면조도 불량 등을 야기하여 가공 안정성 및 생산성을 심각하게 저하시킨다.

일반적으로 공작기계의 채터 진동을 회피하는 방안으로 스핀들 속도, 절삭 칩 부하, 절삭 깊이 등의 가공 파라미터를 바꾸어 안정한 가공 영역에서 가공이 이루어지도록 하여 채터 진동을 회피하는 방법과 장비의 동특성을 개선하여 임계 절삭 깊이 증가를 통해 가공 안정영역을 넓히는 방안 등이 제시되고 있다.

가공 공정 특성에 따라 채터 진동 회피를 위한 전략을 다르게 적용할 수 있다. 머시닝 센터의 금형가공에서는 공구 변경이 많아 공구선단 동특성 및 절삭 메커니즘 변동이 많으므로 가공 파라미터를 바꾸어 안정 영역에서의 적절한 가공 조건을 찾는 전략이 주효하며, 공구변동이 상대적으로 적고 가공축(보링 스핀들)이 돌출되어 시스템 동강성 취약부가 발생하는 NC 보링머신의 경우에는 시스템 동강성 향상을 통한 채터 회피 전략이 효과적이다.

본 연구에서는 NC 보링머신의 보링 스핀들 돌출 가공 시 시스템 동강성 취약부로 인해 발생하는 채터 진동을 회피하고자 스핀들계 1 차 진동 모드의 동강성을 증가시켜 절삭 성능을 향상하는 방안을 도출하고자 하였다. 진동모드 분석과 유한요소해석을 통해 NC

보링머신 구조의 동적 취약부를 규명하고, 스핀들계 구조를 최적화 하였으며, 이에 따른 절삭성능 향상을 확인하였다.

본 연구의 채터 진동 저감을 위한 시스템 동강성 향상 방안은 향후 스핀들 개발 시 유용하게 적용될 수 있을 것으로 기대된다.

## 2. 보링 구조 최적화

가진시험, 진동모드 분석 및 유한요소 해석을 통해 NC 보링머신의 절삭 성능에 영향을 주는 구조 요인을 도출하였다.

NC 보링머신의 보링 스핀들을 돌출한 상태에서 진동모드를 분석한 결과 돌출부의 외팔보 진동이 가장 주요한 진동모드로 나타났으며, 그림 1 과 같이 밀링 스핀들과 보링 스핀들 사이의 상대진동 역시 크게 나타남을 확인하였다.

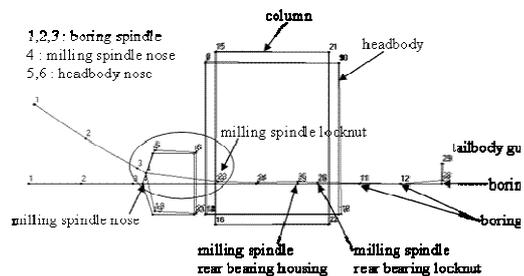


Fig. 1 Modal Analysis of Spindle System of Horizontal Boring Mill

반면, 컬럼의 뒤틀림이나 굽힘 진동, 헤드바디 안내면 등은 보링 스피들 돌출 가공시 발생하는 채터진동에 대한 기여도가 상대적으로 낮게 나타났다.

우선, 보링 스피들의 외팔보 진동모드에 대한 동강성을 향상하고자 스피들을 지지하는 베어링의 간격을 최적화하였으며, 가능한 보링 스피들 길이를 줄이는 방향으로 스피들계 구조를 그림 2와 같이 변경 하였다.

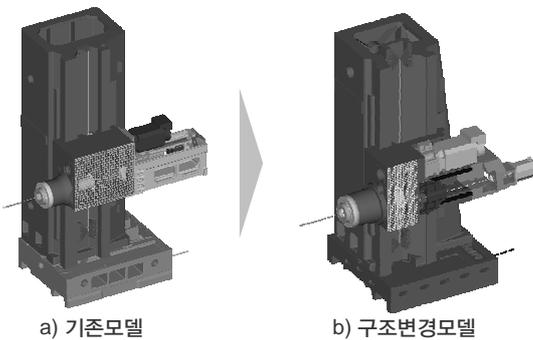


Fig. 2 Optimized Structure of Spindle System

또한, 밀링 스피들과 보링 스피들 사이에서 발생하는 상대진동의 크기를 줄이기 위해 이 둘 사이의 슬라이드 베어링(부시) 재질을 감쇠 특성이 보다 우수한 재질로 변경하여 스피들계 동강성이 증가하도록 하였다.

구조최적화 모델과 기존모델의 공구 선단에서의 주파수 응답을 비교한 결과, 기존 대비 약 2 배 가량 동강성 증가하며, 동강성 증가에 대한 기여도는 구조변경이 70%, 부시 재질 변경이 30% 정도를 차지한다.

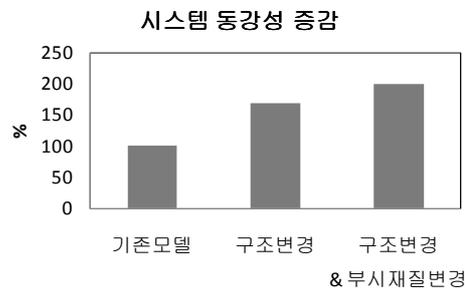


Fig. 3 Enhancement of Dynamic Stiffness

### 3. 절삭성능 시험

구조최적화 모델과 기존모델에서 절삭 시험을 수행하여 스피들계 동강성 향상에 따른 절삭 성능을 비교 하였다. 표 1 과 같이 기존모델의 절삭 능력을 100%로 하였을 때, 최적화 모델은 200% 수준으로 절삭 성능이 2 배 정도 향상 되었음을 확인하였다.

Table 1 Comparison of Cutting Test Results

Depth of Cut (L/D=4)	Cutting Test Result [%]
Previous Model	100
Optimized Model	200

### 4. 결론

본 연구는 NC 보링머신의 보링 스피들 돌출 시의 동강성 향상을 통해 절삭성능을 향상하는 것을 목적으로 하였다. 진동모드 분석과 유한요소 해석을 통해 스피들계 동강성이 증가하도록 구조 최적화를 수행하였으며, 이에 따른 절삭성능 향상을 확인하였다. 향후, NC 보링머신 및 돌출가공이 있는 공작기계의 구조 최적화를 통한 절삭성능 향상 및 생산성 증가를 기대해 본다.

### 참고문헌

- Altintas, Y., Buda, E., "Analytical Prediction of Stability Lobes in Milling", Annals of the CIRP, 44(1), pp.357-362, 1995
- Schmitz, T. and Smith, K. S., "Machining Dynamics: Frequency Response to Improved Productivity", Springer, 2009