

보링가공의 모니터링을 위한 기초연구 A Study of Monitoring for boring process with Optical fiber

*송두상¹, 홍준희², 곽양양³

*D. S. Song(mania626@daum.net)¹, J. H. Hong², Y. Y. Guo³

¹충남대학교 기계공학과, ²충남대학교 BK21 메카사업단, ³충남대학교 기계공학과

Key words : chatter, overhang

1. 서론

기계가공에서는 일반적으로 진동을 억제하는 것이 중요한 과제이며 가공 시 발생하는 진동 때문에 제품의 표면에 품질과 치수정밀도가 나빠지며 공구의 마모와 파단이 촉진되어 공구의 수명이 저하된다. 특히 기계가공 시 발생하는 진동은 작고 고주파 영역이므로 능동적 또는 수동적 방법으로 진동을 제어할 필요가 요구된다.

기존의 연구에서는 보링 바(Boring bar)에 대한 진동을 억제하기 위하여 많은 연구가 되어 있으나, 대분의 기초연구가 외팔보 형태의 실험적 시편을 가속도 센서(Accelerometer)나 갭 센서(Gap sensor) 또는 공구동력계를 이용한 것이 대부분이다⁽²⁾.

그러나 보링 공정의 특성상 공작물의 내부에 진입하면서 가공하기 때문에 가속도 센서와 갭 센서는 공작물 내부에서 발생하는 칩(Chip)과 절삭유(Coolant oil)등으로 직접적인 접근이 곤란하며 공구동력계의 경우는 상대적으로 고가이고 각 방향에서 발생하는 절삭저항을 통해 진동을 예측하므로 실시간 모니터링에 적합하다고 하기 어렵다.

이에 본 연구에서는 기존의 센서에 비해 구조가 간단하고 제작비용이 저렴하고 현재 많은 분야에서 사용되고 연구되고 있는 광섬유 센서를 이용하였으며 그 다양성 중, 진동에 한하여 가속도 센서와 비교 고찰하고 진동측정의 가능성을 검토하였다.

2. 유한요소법에 의한 보링바의 고유진동수 예측

본 논문에서는 보링바에 대한 진동수의 예측을 위하여 유한요소해석법을 이용하여 실험 시편의 고유진동수를 예측하고 진동 모드에 대한 경향을 분석 하였다.

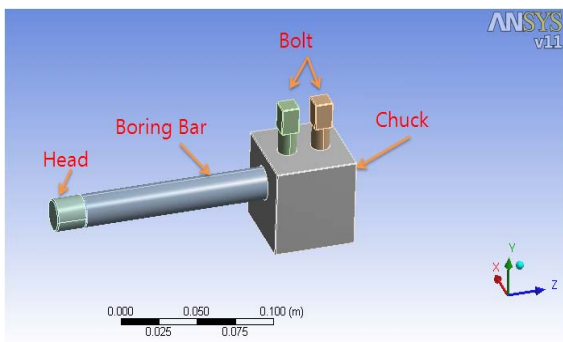


Fig.1 Model of Analysis

이에 3D 모델링(Pro/engineer)을 통해 헤드(Head), 보링바, 척(Chuck), 볼트(Bolt)를 디자인하고 실험시편의 돌출길이(Overhang)에 대한 진동수를 고찰하였으며 보링바의 직경은 $\Phi 20$ 으로 선정하고 오버행은 125mm로 설정하여 유한요소해석을 실시하였고 해석모델은 Fig.1과 같다.

보링바에 대하여 가장 필요한 진동특성은 주분력(Principal Cutting Force)방향이므로 6가지 모드에 대하여 해석한 결과, 주분력 방향은 1차 모드로 국한 되었기에 본 논문에서는 1차 모드에 대해서만 논하였다.

해석결과는 Fig.2 및 Fig.3과 같다.

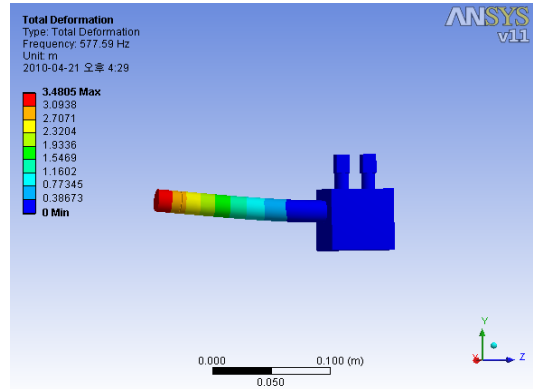


Fig.2 Natural Frequency of Cutting Force(a)

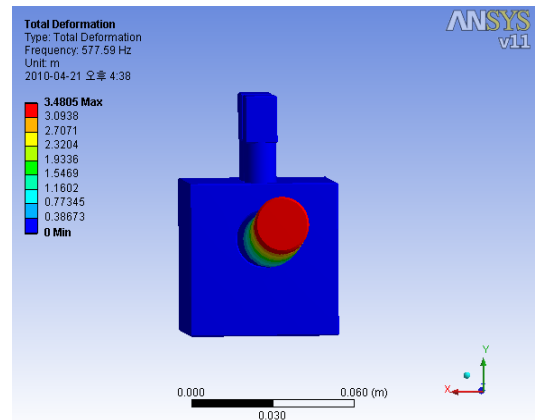


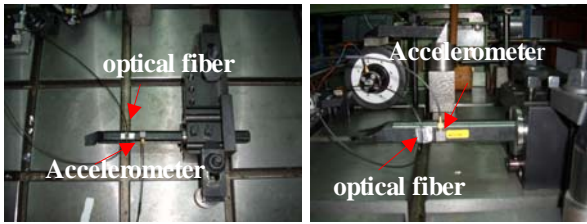
Fig.3 Natural Frequency of Cutting Force(b)

해석결과 보링바의 돌출길이를 보링바 직경의 125mm 일 경우 577.59 Hz 진동주파수가 확인 되었으며 이러한 유한요소해석 결과의 이론적 고찰을 토대로 실험 장치의 기초자료로 활용하였다.

3. 실험장치 및 실험고찰

보링가공 공정에서는 공구와 공작물의 마찰에 의한 자려진동(Chatter)이 발생하지만⁽³⁾ 보링바의 돌출길이에 따른 고유진동수의 기초연구가 충실이 되어야 가공 공정에서 공진을 피할 수 있으므로 본 논문에서는 진동에 대한 모니터링을 보링바 내부에서 실시하여 보링가공 공정에 있어서 기초자료로 이용하고자 한다.

기존의 연구에서는 Fig.4와 같이 보링바의 외부에 광섬유를 부착하여 보링바에 강제진동을 유발 시 부착된 광섬유에서 마이크로 밴딩이 유발되어 강제진동의 주파수 특성과 동일한 특성의 광 변위가 발생하였고 이를 상용화된 가속도센서와 비교 고찰하여 광섬유 센서의 유효성을 확인하였다.



(a) Cutting force (b) Radial force

Fig.4 Test condition of boring bar

그러나 실질적인 보링공정에 적용하기는 곤란하므로 보링바 내부에 광섬유를 삽입하기 위하여 Fig.5와 같이 실험 장치를 구성하였다.

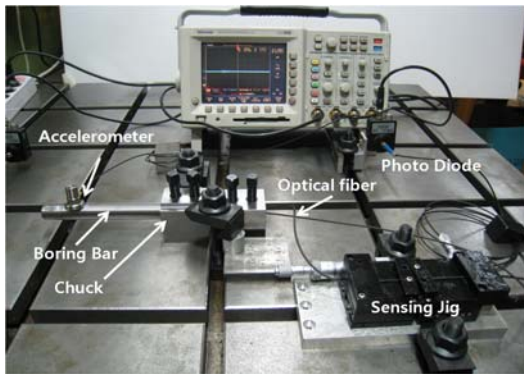


Fig.5 Test System of Boring Bar

본 연구에서 광섬유 센서는⁽⁶⁾ 오토닉스사의 직접 반사형 광섬유(FD-620-10)를 사용하였으며 실험 시편의 내부구조는 Fig.6과 같다.

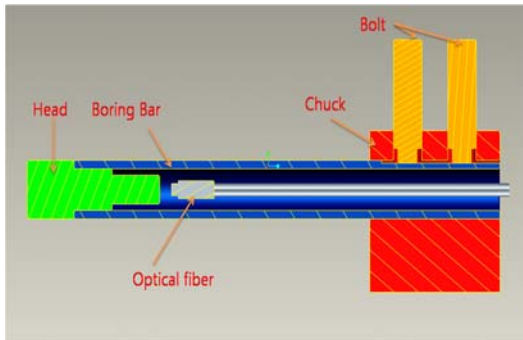


Fig.6 Inside of Boring Bar

결과적으로 실험시편에 대한 가속도센서와 광섬유센서의 진동측정 결과는 Fig.7과 Fig.8과 같이 가속도 및 광섬유 센서 모두 동일한 대역의 주파수 특성을 얻을 수 있었다.

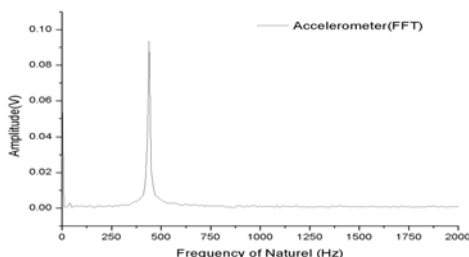


Fig.7 FFT Analysis of Accelerometer

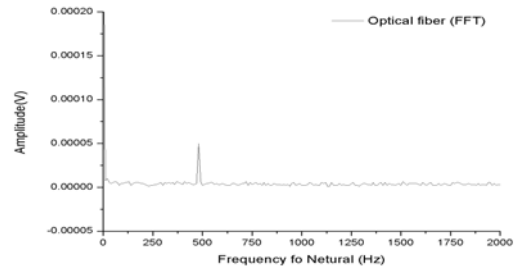


Fig.8 FFT Analysis of Optical Fiber

4. 결론

본 연구에서는 보링가공 공정에서 보링바의 실시간 진동측정에 대한 곤란한 문제점을 간단한 구조의 광섬유 센서를 제작하여 그 적용 가능성을 확인 하였다.

또한 유한요소 해석과는 다소의 차이가 있으나 상용화된 가속도 센서와 광섬유 센서를 비교한 결과 가속도 센서는 438kHz, 광섬유 진동센서는 488kHz의 값을 얻어 두 가지 모두 동일한 주파수 대역을 나타내었다.

특히 광섬유 센서와 진동 타겟의 거리는 간극이 적을수록 광 손실이 적어 좋은 감도를 얻을 수 있었다.

상기의 기초실험 자료를 토대로 지속적인 실험을 통해 가공시 발생하는 진동에 대한 효율적인 측정 및 관리가 가능할 것으로 전망한다.

참고문헌

1. F.Ataby, I.Lazoglu, Mechanics of boring processes-PArt 1, International Journal of Machine Tools & Manufacture 43 (2003) 467-476.
2. Adam A. Cardi, Hiram A. Firpi, Matthew T. Bement, Steven Y. Liang, Workpiece dynamic analysis and prediction during chatter of turning process, Mechanical Systems and Signal Processing 22 (2008) 1481-1494.
3. H. Moradi, F.Bakhtiari-Nejad, M.R. Movahhedy, Tuneable vibration absorber design to suppress vibrations : An application in boring manufacturing process, Journal of Sound and Vibration 318 (2008) 93-108.
4. 최준규, 이동주, 이우영, "방진 보링바의 성능향상에 관한 연구"Research institute of industrial technology, Vol.13,No.1. June 1998.
5. 신우철, 투광 조도분포 모델링에 의한 멀티모드 광섬유 변위 센서의 설계", 충남대학교 박사 학위 논문, 2006.
6. T. G. Giallorenzi, et al., "Optical fiber sensor technology", IEEE J. Quantum Electron., QE-18, pp. 626-665, 1982.
7. 윤재웅, "절삭력을 이용한 채터의 감지에 관한 연구"Journal of the Korean Society of Machine Tool engineers Vol 9, No.3, June 2000.
8. Leonard Meirovitch, "Principles and techniques of vibrations" pp.371-379, 1997.