

무선방식을 사·용한 대구경 보링머신의 절삭력 감시에 관한 연구

A Study on Cutting Force Monitoring of Big hole Boring Machine Using Wireless type

*#이동규(hitchlee@pusan.ac.kr)¹, 노진희², 황진동³, 김화영⁴, 안중환⁵

*#D.G.Lee¹, J. H. NO², J.D.Haung³, H.Y.Kim⁴, J.H. AN⁵

¹부산대학교 기계공학부 정밀지능기계공학과

Key words :Boring machine

1. 서론

공작물의 내경을 가공하는 보링 가공작업은 내경을 깊게 가공하므로 가공중의 이상 현상 즉 칩의 배출 불량, 구성인선의 발생, 공구의 손상 등을 육안으로 확인하기가 매우 곤란하다 또한 공구자체가 회전운동을 하는 보링머신의 경우 유선으로 센서로부터 직접 신호를 검출하여 이상 상태를 감시하는 것은 매우 어려운 것이 현실이다. 가공물의 형상 및 정도에 가장 큰 영향을 미치는 회전공구의 파손, 마모 등의 이상 상태를 검출하기 위해서 현재까지는 홀센서를 이용하여 모터전류를 측정하는 등 간접적인 방식에 의해 감시가 이루어지고 있다. 센서로부터 높은 신뢰성의 정보를 얻기 위해서는 공구에서 직접 신호를 검출하여 감시하는 것이 가장 이상적이다. 따라서 본 연구에서는 공구에 스트레인게이지 센서를 부착하여 절삭력을 감시하고 슬립링을 이용한 유선에 의한 신호 처리 방식의 문제점인 노이즈, 설치시 제약을 해결하기 위해 블루투스를 이용한 무선방식의 절삭력 감시시스템을 구성하였다. 브릿지 모듈과 증폭기를 소형으로 제작하여 보링헤드에 장착이 가능하게 하였으며 스트레인 앰프로 증폭한 아날로그신호를 DSP를 이용하여 신호처리 하였다. 신호를 무선으로 전송하기 위하여 블루투스를 적용함으로써 무선타입에 의한 보링머신의 절삭력을 실시간으로 감시하는 것이 가능함을 밝히고자 하였다.

2. 무선 절삭력 감시 시스템

2.1 공구의 3D 모델링 및 유한요소해석

가공시의 절삭력 측정 정도를 높이기 위해서 절삭력으로 인한 공구의 변형이 스트레인게이지 센서에 가장 효율적으로 전달되어야 한다. 공구는 그 사용 용도에 따라 형상이 다르므로 절삭조건에 따라 주분력과 배분력에 의하여 변형하는 공구의 최대응력과 변형량이 다르다. 본 연구에서는 3차원설계 프로그램(Solid Works)을 이용하여 3D 모델링한 뒤 유한요소 해석함으로써 스트레인게이지 센서가 절삭력을 유효하게 반영할 수 있는 최적의 위치를 선정하고자 하였다. Fig.1은 유한 요소해석을 통해 센서의 최적 위치를 선정하여 센서를 부착한 것이다. 최대 변형량은 공구의 인서트 팁을 지지하는 부분에서 발생하고 이로부터 멀어질수록 변형량은 감소한다. 따라서 절삭력을 측정하기 위한 스트레인게이지 센서의 최적 설치지점은 변형량의 변화가 최대가 되는 지점이다. 또한 스트레인게이지 출력을 최대로 하기 위하여 힘은 스트레인게이지에 수직한 방향으로 작용하여야 한다. 공구의 인서트팁에서 힘을 받는 부분이 공구 중심에서 편심져 있으므로 공구가 뒤틀리게 되므로 해석에서 확인한 변형 방향으로 경사지게 스트레인게이지 센서를 부착하여야 한다

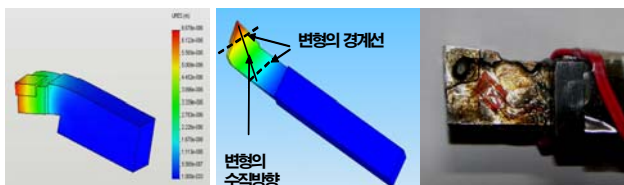


Fig 1. Tool 3D modeling and analysis

2.2.신호처리장치의 구성

Fig. 2는 무선 스트레인게이지 센서의 신호처리장치 구성도로써 브릿지 회로(Bridge circuit), 스트레인 증폭기(Strain amplifier), DSP(Digital signal processor), 블루투스(Bluetooth) 등으로 구성되어 있다.

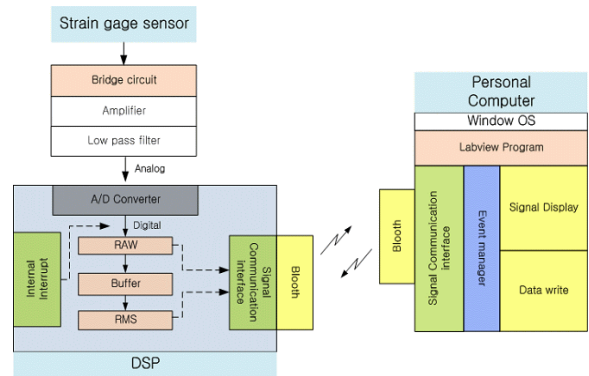


Fig 2. Signal process Diagram of Strain gauge Sensor

2.3 실험장치 구성 및 방법

Fig.3은 무선 감시 시스템 실험장치 구성도이다. 실험 장치 구성은 스트레인게이지 센서가 부착된 보링 바를 서보 모터로 정속 제어되는 스핀들에 장착하여 회전시키고 공작물이 고정된 XY스테이지를 스핀들 축 방향으로 이송시키면서 보링가공이 수행되도록 제작하였다. 보링가공이 진행되면 절삭력에 따른 공구의 변형이 발생되고 공구에 부착된 스트레인 게이지 센서가 같이 변형 된다. 이 신호는 보링 바와 스핀들의 중앙에 뚫려 있는 구멍을 따라 보링 바 원통에 브릿지 회로에서 신호전압이 발생되고 이를 증폭기에서 증폭한다. 증폭된 신호는 DSP에 의해서 신호처리 되고 블루투스를 통하여 송신된다. 컴퓨터에 연결된 블루투스에 의해 수신된 신호는 RS-232 통신에 의해 랩뷰 모니터링 프로그램에 의해 신호를 절삭력으로 변환하여 모니터링 된다.

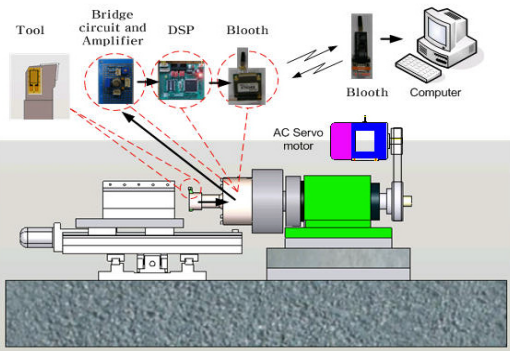


Fig 3. Diagram of Wireless Monitoring Experimental System

Fig. 4는 실제 구상한 무선 감시 시스템 실험장치이다. 보링 바에 신호처리 모듈이 장착되도록 보링 바를 분리형으로 설계, 제작하였으며 분리형 보링 바의 회전 중심을 맞추기 위해 내·외경을 정밀 연삭하였다. 플라스틱 케이스를 제작하여 신호처리장치를 고정 하도록 하였고 이를 보링 바의 내경에 삽입하였다.

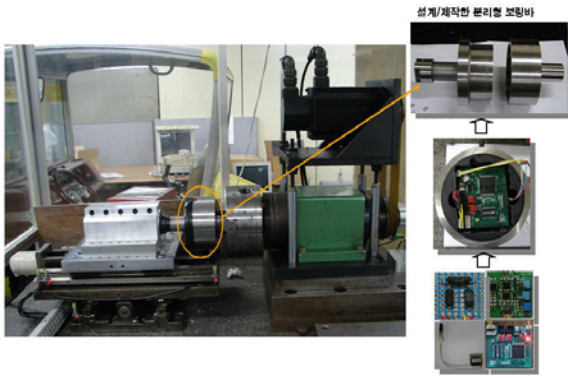


Fig 4. Wireless Monitoring Experimental Setup

2.4 무선 신호처리 장치에 의한 모니터링

무선 전송 속도는 115200bps, 샘플링 주파수 1kHz로 실험하였으며 Fig. 5는 보링가공시의 절삭력 변화를 모니터링 화면에서 캡처한 것이다. 가공 시작부에서 절삭력이 증가하고 가공이 진행되면서 절삭력이 변화되는 것을 모니터링 할 수 있었다. 주어진 가공조건에서 절삭력의 변화폭은 최대 15N 정도를 보이고 있으며, 이러한 변화는 가공소재 표면의 불균일, 칩의 이탈 주기, 가공소재가 장착된 스테이지의 떨림등의 영향으로 예상된다. 가공을 일시 중지한 뒤 다시 가공을 시작하였을 경우에 가공을 멈춘 후에는 절삭력 신호가 초기 조건으로 복귀하며 동일 조건으로 가공이 시작될 때 이전 가공시의 절삭력과 비슷한 절삭력 신호가 안정적으로 출력되는 것을 확인할 수 있었다.

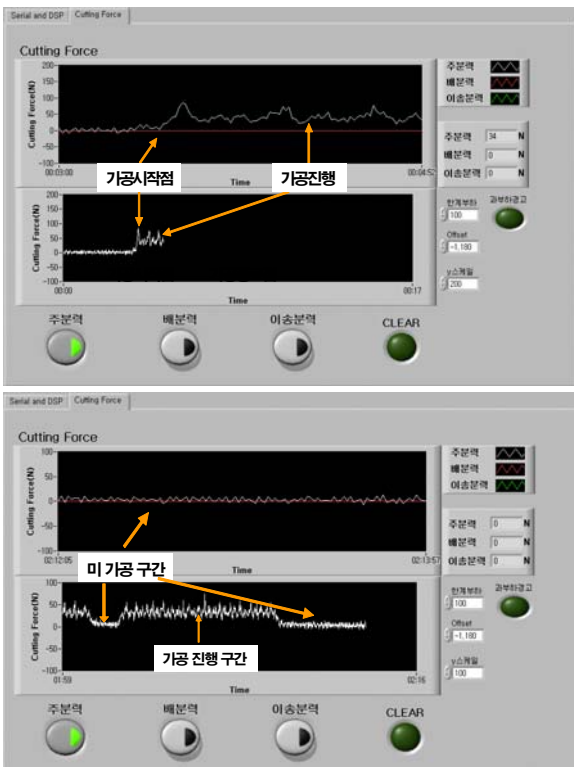


Fig 5. Cutting Force Monitoring of Boring Machine Using Wireless type

2.5 보링가공 데이터 분석 결과

보링가공시의 절삭력을 특성을 파악하기 위하여 Fig.6, Fig.7 과 같이 가공조건을 바꾸어 가면서 가공하였다 소재는 A6061-T6 파이프를 사용하였으며, Fig. 6은 회전수 150Rpm, 절입깊이 0.1mm, 이송속도 0.1~0.3mm/s, 절삭유를 정상적으로 공급하여 가공한 데이터이다. 이송속도에 따라서 절삭력이 5N, 8N, 10.5N

으로 증가하며 이송속도가 일정한 구간에서는 안정적인 절삭이 이루어지는 것을 알 수 있다. Fig. 7은 회전수 150Rpm, 절입깊이 0.4mm, 이송속도 0.1~0.3mm/s, 절삭유를 공급하지 않고 가공한 데이터이다. 이송속도에 따라서 절삭력이 20N, 30N, 52.5N으로 증가하며 가공시작부에서 2.5Hz 채터가 발생하였으며 이송속도가 증가할수록 이송속도가 일정한 가공구간에서의 절삭력 변화가 커지는 것을 알 수 있었다 이것은 과도한 절삭깊이와 이송속도, 절삭유가 공급되지 않은 절삭환경에서 공구에 구성인선이 발생하고 이로 인해 소재의 뜯김이 발생하는등 최적의 가공조건이 맞지 않기 때문에 발생하는 현상이다

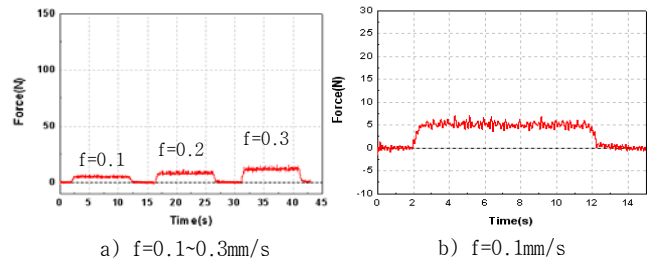


Fig 6. Nomal Cutting Signal

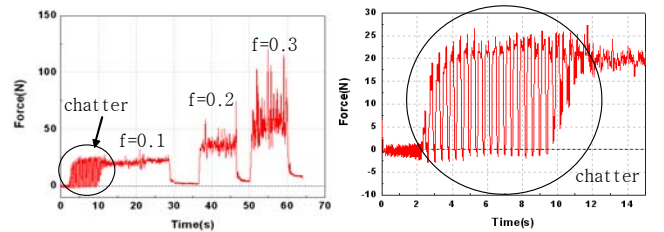


Fig 7. Chatter and Cutting Signal

3. 결론

본 연구에서는 무선방식을 사용하여 직접적인 방식에 의한 보링머신의 절삭력을 감시하고자 블루투스 와 스트레인지지 센서, DSP를 이용한 감시 시스템을 제작하였고 성능 평가를 통하여 다음의 사실을 확인하였다.

1. 유한요소해석법을 통하여 절삭력이 작용하는 공구에서의 공구변형을 해석하여 스트레인지지 센서를 부착하기에 가장 적합한 부분을 알 수 있었다
2. 센서로부터 높은 신뢰성의 정보를 얻기 위해서는 공구에서 직접 신호를 검출하여 감시하는 것이 가장 이상적이므로 공구에 스트레이게이지 센서를 직접 장착하고 블루투스를 이용하여 무선으로 신호를 전송함으로써 무선방식에 의한 실시간 절삭력 감시가 가능함을 보였다

4. 참고문헌

- 1.윤재용, “절삭력을 이용한 채터의 감지에 관한 연구”, 한국공작기계학회지 제9권 제3호 2000 6.
- 2.W. Weis, D.Dornfeld, "Workshop on Tool Condition Monitoring", 2nd Meeting of the CIRP Working Group on TCM, PP.28-30
- 3.장기수 “AE 신호의 무선전송에 의한 회전형 연마공정의 정밀감시 부산대학교 지능기계공학과 공학석사 학위논문,” 2007