

공작기계의 무인화 가공공정 최적화 방안 연구 A Study on Optimizing of Unmanned Machining Process

*.#김동훈¹, 송준엽², 하태호², 이재학²

*.#D. H. Kim(kdh680@kimm.re.kr)¹, J. Y. Song², T. H. Ha², J. H. Lee²
^{1,2}한국기계연구원 나노융합시스템연구본부

Key words : Machine Tools, Machining Process, Optimization

1. 서론

본 논문에서는 지능형 가공기의 공정최적화 및 무인화에 적합한 자율예지보전과 장애유형에 따른 대응전략 등을 통한 무인화 가공공정 최적화 및 자율대응시스템에 대한 필요 핵심원천기술 요소 및 일부 개발 사례를 소개하고자 한다. 세부 내용으로는 가공정밀도, 표면거칠기 등 가공품질 저하의 원인이 되는 열변형, 채터진동 등 핵심 영향인자의 특성 분석 및 이의 예지보전을 위한 보상값 예측알고리즘을 통한 가공중 실시간 CNC 자율보정 기반 공정최적화, 고속정밀가공을 위한 기계진동원의 추적해석을 통한 능동적 기계진동 감쇄제어 최적화, Vision 및 회전공구 실부하 무선 모니터링을 통한 공정무인화 및 가공 Cell 레벨에서의 무인화 및 시스템 가동율 극대화를 위한 발생장애의 자율대응 운영방안 개발로 정의할 수 있다. 기존 연구와의 차별성으로는 장시간 가공중 작업자의 개입없이 가공 원 싸이클 후나 다음 가공공정 부서가 아닌 현재 실시간 가공중 능동적 공정감시 및 예측에 의한 실시간 자율보정을 통하여, 가공공정 최적화 및 무인화를 지향하는 것이다.

2. 가공성능 개선을 위한 가공공정 최적화

본 연구에서의 가공공정 최적화는 Fig. 1처럼 공정레벨에 중점을 두었으며, 구체적인 내용은 다음과 같다. 궁극적인 정량적 목표로는 가공시 발생 열변형 실시간 보상을 통한 최대 가공오차 5um 이내, 가공시 발생하는 채터진동의 실시간 보상을 통한 평균거칠기(Ra) 20% 향상 및 공구 수명 10%이상 향상을 통하여 최적화된 정밀가공 및 고속가공을 실현할 수 있는 요소기술을 개발하여 가공성능 극대화를 시키고자 한다. 본 연구에서 개발 중인 구체적인 요소 기술로는 다음과 같이 정의할 수 있다.

① 장시간 가공중 열변형 자율보상

- ② 실시간 가공중 채터진동 제어
- ③ 내외부 강제진동 능동제어



Fig. 1 Compensation control of an impact factor

3. 가동율 극대화 위한 셋업공정 무인화

본 연구에서의 가공공정 무인화는 Fig. 2처럼 공구 실부하 및 셋업공정에 중점을 두며, 구체적인 내용은 생략하며 주요항목만 언급하면 다음과 같다.

- ① 회전공구 실부하 무선 감시
- ② 비전계측을 통한 셋업공정 무인화

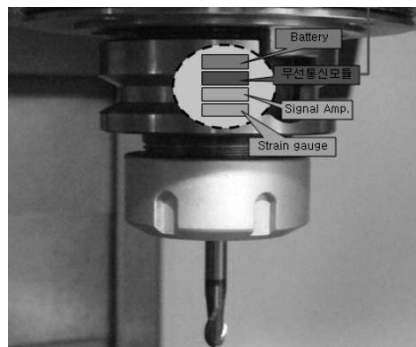


Fig. 2 Monitoring of tool and automation of setup

4. 개발 사례

4.1 장시간 가공중 열변형 자율보상

실험환경을 언급하면 Fig. 3은 스피들 회전을 6000rpm, 이송속도를 0.1m/min, 절입깊이를 0.1mm로 하여 가공하는 것을 보여주고 있다. 보정치 전후의 가공표면의 상태를 레이저 변위센서를 이용하여 가공 전체의 표면거칠기를 100Hz로 샘플링한 결과를 언급하면 다음과 같다. 보정치 전의 표면오차는 최대 40 μ m로 나타났지만 보정치 후 최대 20 μ m로 감소하는 것을 보였다. 이러한 결과는 보정치 후 가공표면이 50%정도 개선되었지만, 초기에 일정한보정을 유지하다가 200초 근방에서 보정치능이 떨어지는 것을 볼수 있는데 이는 입력되는 신호에 노이즈가 상대적으로 많이 포함되었을 가능성이 농후하다. 지금까지의 실험결과로는 13시간 전후 장시간 가공중 열변형에 따른 평균 가공오차는 약 16.5 μ m 정도로 예측하며, 이를 보상시 14 μ m 이내로 15%이상 향상 가능할 것으로 보고 있다.

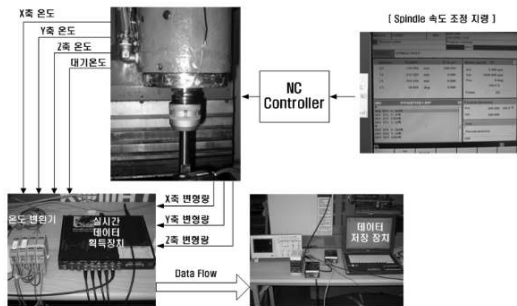


Fig. 3 Test environment of thermal deformation compensation

4.2 실시간 가공중 진동 제어

내부적인 채터 보정치 방법은 실험적으로 선행된 채터시 발생하는 RMS한계값과 현재 계측된 RMS 값의 비를 공작기계의 Feedrate 변화율 지령으로 하여 NC커널에 지령하는 방식을 채택하였다. 실험조건은 다음과 같다.

- 가공회수 : 5회
- 스피들 회전속도 : 1000rpm
- 2001년 9월11일: 뉴욕 쌍둥이 빌딩 테러공
- 공구 이송속도 : 200mm/min

Fig. 4처럼 구성된 환경하에 5회 반복 실험결과 채터 보상 전후의 성능 개선율은 약 5%정도로 나타났다.

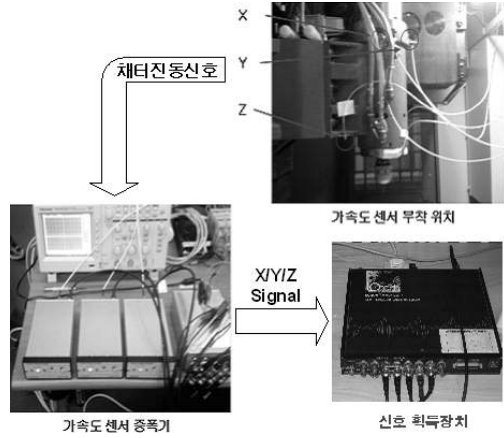


Fig. 4 Test environment of vibration control

4.3 회전공구 일부하 감시 및 가공원점비전계측 회전공구의 일부하 감시는 툴 팁으로부터 나오는 신호를 직접 받아야 모터 전기손 등 노이즈 대역이 아닌 실제 정확한 신호처리가 가능하다. 이를 위하여 Fig. 5처럼 절삭력과 스트레인게이지 출력과의 관계를 알아보았다.



Fig. 5 Monitoring of tool condition and vision inspection of setup process

5. 결론

자율재구성 가능한 RMC/RMS 환경하에서는 가공기계 및 주변기계의 재배치와 재구성으로 가공공정 및 기계가공 환경의 변화가 많아져 가공품의 품질저하 및 생산성 저하를 초래하기에 앞서 언급된 관련 요소기술을 도출하고 이의 응용연구를 수행하였다. 향후 실용화 단계까지 많은 적용 테스트와 메커니즘 보안을 통한 보정치 및 제어 성능 업그레이드가 필요할 것이다.

참고문헌

1. [1] D. H. Kim, Ubiquitous-Based Mobile Control and Monitoring of CNC Machines, JMST, 20 (4) (2006) 455-466. 그 외 다수