

가공 프로세스의 이상 진단을 위한 웨이블릿 패킷 분해 방법에 관한 연구

A STUDY ON PROCESS CONDITION DIAGNOSIS USING WAVELET PACKET DECOMPOSITION METHOD

*LI CHENGJUN¹, 이필호², HU LONGFEI², #이상원²

*C. Li¹, P.-H. Lee², L. Hu², #S. W. Lee(sangwonl@skku.edu)²

¹성균관대학교 대학원 기계공학과, ²성균관대학교 기계공학부

Key words : Tool Condition Diagnosis, Wavelet Packet Decomposition, Back-Propagation Neural Networks (BPNN), Micro Grinding

1. 서론

최근 산업현장에서는 고품위 제품의 생산에 대한 요구가 증대되며 이러한 부품의 효율적인 생산을 위한 품질관리에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 그 중에서도 연삭가공은 가공되는 부품의 품위를 결정하는 주요 가공 프로세스이다. 그러나 이러한 연삭가공은 수많은 연삭입자의 절삭을 이용하여 공작물을 가공하는 공정으로써 가공 시 연삭숫돌에 불규칙한 마멸이 발생하게 된다[1].

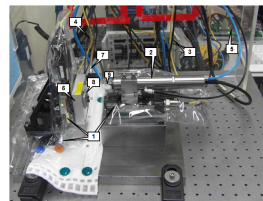
이러한 이유로 가공비용의 증가, 낮은 정밀도 등의 문제가 발생하기 때문에 현재 연삭가공 프로세스의 모니터링 및 상태 이상 진단에 관한 다양한 연구가 진행되고 있다. Liao 등은 웨이블릿 방법을 적용하여 가공 음향방출 신호를 통한 연삭 가공 휠의 상태 모니터링에 관한 연구를 수행하였다[2].

현재 대부분의 연삭가공의 모니터링 및 이상 진단에 관한 연구는 대형 연삭가공 프로세스에 주를 이루고 있으며, 마이크로 연삭가공 프로세스의 이상 진단에 관한 연구는 거의 이루어지지 않고 있는 실정이다. 따라서 본 연구에서는, 마이크로 연삭 가공 프로세스의 실험적 연구를 수행하고, 다양한 방법론을 통하여 공구의 이상 진단을 분석하였다.

2. 마이크로 연삭 실험 설계

마이크로 연삭가공실험을 수행하기 위하여 Fig. 1과 같이 데스크탑 크기의 메소 스케일 기계가공 시스템을 사용하였다. 본 시스템은 DC 선형슬라이

드가 3 자유도의 이송을 구현하며, 공구의 가공을 위하여 BLDC전기 스피들을 사용하였다. 본 실험을 위하여 직경 1.0mm의 CBN공구가 사용되었고, 가공물로는 SK-41C 강 시편을 사용하였다. 연삭 가공은 총 170번을 수행하였으며, 스피들 속도는 60,000RPM, 이송속도 180mm/min, 절삭 깊이 10µm, 샘플링 시간은 6,000Hz로 고정하였다.



1. DC-Slide 2. BLDC Spindle 3. Strain Amplifier 4. DAQ Board
5. PMAC Controller 6. 2-Axis Load Cell 7. Air Nozzle 8. workpiece
9. Grinding Tool

Fig. 1 Miniaturized grinding machine tool system

3. 웨이블릿 패킷 및 역전파 신경망 방법을 이용한 해석결과 및 분석

웨이블릿 패킷 분해 방법은 다양한 형태의 기저 함수를 사용할 수 있으며, 유동적인 창 함수(window function)를 사용할 수 있다. 특히, 신호가 가지고 있는 비정적 성질들을 표현하는데 유용한 특징을 가지고 있다. 그리고 역전파 신경망 방법은 어떤 목표에 신경이 대처하듯 빠르게 적응적인 조정을 하기위한 효율적인 기계학습 방법이다.

공구의 이상 진단을 하기위한 모델 구성 순서는 Fig. 2와 같다. Fig.2에서 볼 수 있듯이, 연삭 가공 Normal Force 신호는 웨이블릿 패킷 분해 방법을

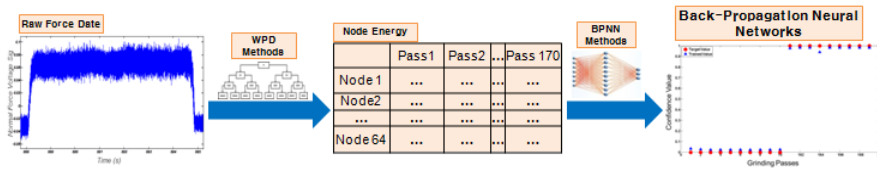


Fig. 2 BPNN (Back-Propagation Neural Networks) based tool condition diagnosing model

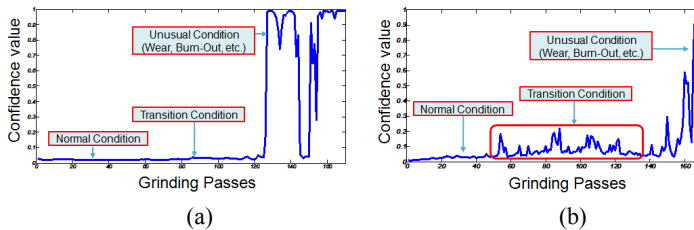


Fig. 3 Tool condition diagnosing using BPNN model: (a) first experimental condition diagnosing result; (b) second experimental condition diagnosing result

이용하여 6개 레벨 (총 64개의 주파수영역)로 분해된다. 그리고 각 주파수 영역의 노드 에너지를 BPNN 모델의 입력 값으로 사용하여 첫 번째 실험 가공인 1-10회의 공구 상태를 0로 지정하였고, 161-170회의 공구 상태를 1로 지정하여 BPNN 모델을 구축하였다.

구축된 BPNN 모델을 이용한 실험 가공 프로세스의 이상 진단 결과는 Fig. 3과 같다. Fig. 3(a)의 실험결과에서는 80회 가공까지는 공구가 보통상태를 유지 하다가 81회 가공부터 약간의 변동이 발생하며, 120회 가공에서는 공구의 이상 상태가 급격히 발생한 것으로 확인할 수 있었다. 그리고 Fig. 3(b)의 실험은 첫 번째 실험에서 얻은 BPNN 모델을 이용하여 공구 이상 진단을 수행 하였는데, 52회 가공에서부터 공구의 이상이 조금씩 발생하였으며, 145회에서는 공구의 이상상태가 급격히 발생하는 것을 확인하였다.

위의 두 가지의 실험 결과를 통하여, 연삭 가공 횟수에 따라 공구의 상태가 변화하는 것을 확인하였으며, 실험에 사용된 비트리파이드(vitrified) 본드 공구가 연삭가공 중에 입자의 일부가 마모, 탈락, 생성되는 자체재생능력을 가지고 있다는 것을 추정할 수 있다.

4. 결론

본 연구에서는, 마이크로 연삭가공에서 발생하는 공구의 이상 진단을 판단하기 위하여 웨이블릿

패킷 분해 방법과 역진과 신경망 이론을 적용하였다. 적용 결과, 첫 번째 실험은 120회, 두 번째 실험은 145회에서 각각 공구의 이상상태가 급격히 발생하였음을 확인할 수 있었다. 본 연구결과를 추가 검증하기 위한 방법으로, 향후 전착(electroplated) 식 공구 등 다양한 공구를 이용한 추가 실험을 통하여 공구의 이상 진단에 관한 분석이 필요하다.

후기

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술평가관리원의 산업융합원천기술개발사업(IT융합)의 일환으로 수행하였음.[10040952, 신속대응 가능한 BIS(Built-In Sensor)기반 자율 지능형 사출성형 시스템 개발]

참고문헌

1. H. K. Tonshoff, T. Friemuth, J.c.C. Becker, "Process Monitoring in Grinding," CIPR Annals - Manufacturing Technology, 51, 551-571, 2002.
2. T. Warren Liao, Chi-Fen Ting, J. Qu, P.J. Blau, "A wavelet-based methodology for grinding wheel condition monitoring," International Journal of Machine Tools & Manufacture, 47, 580-592,2007.
3. Jihong Yan, Jay Lee, "A Hybrid Method for On-line Performance Assessment and Life Prediction in Drilling Operations", International conference on Automation and Logistics, August 18-21, 2007