

ELID 연삭에서 가공 상태 감시 시스템 개발

서영호*(부산대 대학원 기계공학과), 김화영(부산대 기계공학부), 안중환(부산대 기계공학부)

Development of process monitoring system in ELID grinding

Y. H. Seo(Mech. Eng. Dept., PNU), H. Y. Kim(Mech. Eng. Dept., PNU), J. H. Ahn(Mech. Eng. Dept., PNU)

ABSTRACT

A new dressing technique with utilizes electrolytic phenomenon for realizing effective mirror surface grindings with metal bonded super-abrasive wheels is called "Electrolytic In-process Dressing Grinding". This technique enabled metal bonded micro-grain wheels, such as micro-grain cast iron fiber bonded wheels, to be used for mirror surface finish processes effectively. But this technique requires a lot of knowledge and experience to perform. And the condition of dressing is variable according to the time. Therefore adaptation of Monitoring and Control technique is needed.

Key Words : ELID grinding(전해 인프로세스 드레싱 연삭), Monitoring(감시), Control(제어), AE, Current(전류)

1. 서론

ELID 연삭은 세라믹, 석영, 전자 재료 등 최근 사용이 급증하고 있는 신소재의 초정밀 가공법으로 각광받고 있는 전해 연삭 가공법이다. ELID 연삭은 다른 전해 가공과 달리 약전해를 사용하여 메탈본드 스톨을 가공상태에 따라 적절하게 전해하여 항상 연삭 스톨 입자가 돌출한 채 가공을 행할 수 있으므로 고품위 연삭면을 단시간에 창성할 수 있다.^[1] 이런 ELID 연삭의 가공 성능은 가해진 전해 조건에 크게 의존하는데, 현재 ELID 연삭에서의 전해 조건 설정은 작업자의 경험과 지식에 전적으로 의존하므로 비숙련자의 작업이 어렵고 또 스톨의 전해 상태도 스톨의 마멸, 연삭 저항의 변화 등으로 인해 가공이 진행됨에 따라 달라지기 때문에 가공 중 전해 상태를 항상 최적으로 유지시키는 것이 힘들다.^[2] 따라서 효과적인 가공을 위하여 연삭 가공 상태와 전해 상태를 실시간 감시하고 이를 이용하여 전해 조건을 제어하는 감시·제어 시스템의 개발이 필수적이다.

본 연구에서는 연삭 가공 중 검출한 AE신호와 전해 전류 신호를 감시 신호로 사용하였다. AE 신호는 연삭 상태를 잘 나타내는 신호이며, 전해 전류는 현재 연삭 스톨의 드레싱 상태를 나타내는 신호로

이들 신호로부터 얻은 정보를 이용하여 가공 및 전해 상태를 안정되고 효율적으로 상태를 유지하도록 하는 감시·제어 시스템을 개발하였다.

2. ELID 연삭 가공법

ELID 연삭 가공은 고능률 가공에 적합한 메탈본드 스톨에 전해 인프로세스 드레싱을 가해 안정된 상태로 연삭 가공을 실현하는 가공 방법이다. Fig 1.은 ELID 연삭 가공의 원리를 나타낸다. 연삭 스톨을 (+)전극으로 하고 스톨면 윗쪽으로 (-)전극 장치를 달고 그 사이에 수용성 연삭액을 공급한 채 전원을 가하면 연삭 가공 중 미약한 전기 분해가 발생하고 이 전해에 의해 스톨 입자가 가공 중 항상 일정한 상태로 유지되어 기계적 드레싱 없이 고정도·고능률의 가공이 가능하다. ELID 연삭의 이런 특성 때문에 연삭 성능은 가해지는 전해 조건에 따라 달라지므로 작업자가 가공물의 재질, 스톨의 입자, 본드제의 종류, 가공 조건 등을 고려하여 전해 조건을 미리 선정해야 한다.

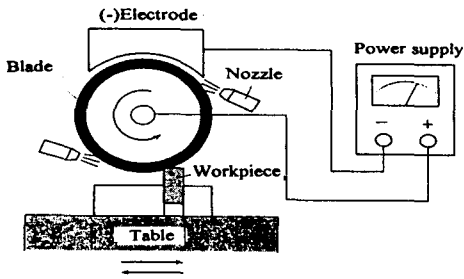


Fig 1. Principle of ELID-grinding

3. 감시 시스템의 개발

3.1 감시 시스템의 구성

Fig 2.는 감시 시스템의 구성을 나타낸다. 전체 감시 시스템은 감시 신호를 증폭·필터링을 행한 후 컴퓨터로 읽어들이는 입력부, 특징 신호를 추출하고 가공 전해 상태를 감시하는 감시부, 감시 결과를 작업자에게 알려주는 출력부 등으로 구성되어 있으며 맨-머신 인터페이스를 위한 GUI 구조를 택하였다.

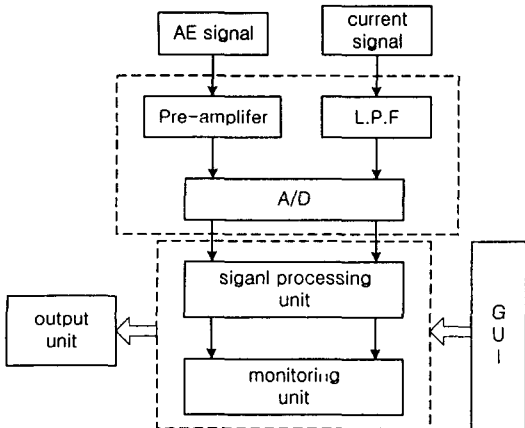


Fig 2. Structure of monitoring system construction

3.2 감시 알고리즘

Fig 3.은 감시 알고리즘의 흐름도를 나타낸다. A/D변환 전 AE 및 전류 신호로부터 불필요한 성분 제거를 위한 디지털 필터를 거친 후 AE 신호의 경우 AE 신호의 크기를 얻기 위해 RMS(Root Mean Square) 값을 취하였다. 이렇게 얻은 두 신호의 크기가 미리 설정한 경계치를 벗어나면 작업자에게 경고(alarm)을 울려 알려주어 작업자가 전해 조건을 조정해 주도록 하였다.

Fig 4.는 감시 결과를 나타내는 화면으로 현재의

AE 및 전류 신호 값을 따라가며 레벨 미터의 눈금이 경계치를 넘게 되면 경보음이 울린다. 잡음 제거의 유연성을 높이기 위해 디지털 필터를 사용했으며 작업자가 작업 전 미리 GUI를 통해 차단 주파수, window 등을 선정해줄 수 있다. 디지털 필터는 일반적으로 많이 쓰는 버터워스형 FIR 필터를 구성하였다. Fig 5.는 FIR 필터의 작업 전 튜닝을 위한 다이얼로그 박스를 나타낸다. 사용자가 임의로 각 신호에 대한 디지털 필터를 설계할 수 있도록 했으며, 이 디지털 필터에 의해 필터링된 신호의 형태를 시각적으로 보여준다.

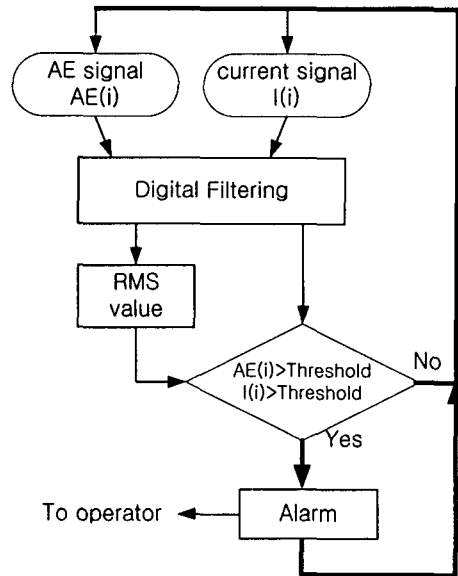


Fig 3. Flowchart of monitoring algorithm

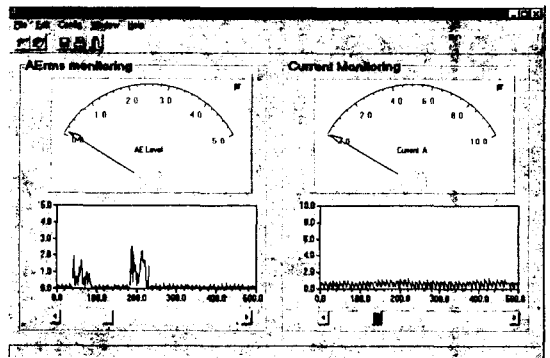


Fig 4. Main form of monitoring result box

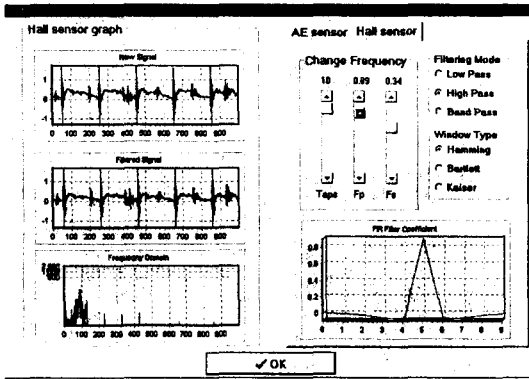


Fig 5. Dialog box for FIR filter tuning

A/D는 20MHz로 스캔하고 DMA(Direct Memory Access) 방식으로 샘플링 하였다. 이 방식은 데이터를 메모리 버스에 바로 실어 주므로 고속의 데이터 전송이 가능하다.

4. 실험 장치 및 방법

Table 1.은 실험에 사용한 실험 장치를 나타낸다. 실험은 평면 연삭기(Nagase EPG52S)에 ELID 전극과 전원 장치(Fujie Dies, ED 920)을 부착하여 ELID 연삭 실험을 행하였다.

가공물은 대표적인 난삭재인 SKD11을 사용하였으며, 연삭 슛들은 #3000의 CBN 메탈본드스튺들을 사용하여 트래버스 연삭 가공을 행하였다. AE 신호는 Table에 부착한 AE 센서(NANO-30)를 이용하여 검출하였으며 전원장치로부터 나오는 전해전류는 Hall 센서를 이용하여 검출하였다. AE 신호와 연삭저항과의 관계를 알기 위해 공구동력계를 이용하여 연삭저항(Fz)를 측정하였다. Table 2.는 실험에 사용한 연삭 가공 및 전해 조건을 나타낸다.

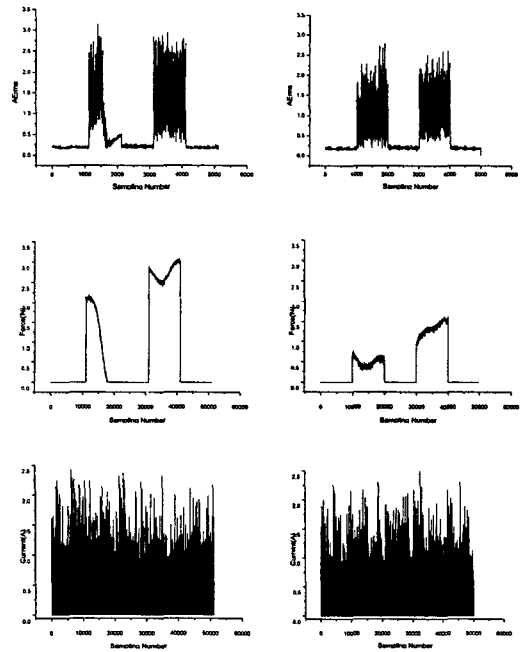
Table 1. Specifications of experimental set-up

Grinding M/C	Surface Grinding Machine EPS 52S [Nagase Co.]
ELID power supply	FUJI ELIDER ED920 [Fuji Dies Co.]
Workpiece	SKD11 [21×17×20]
Tool Dynamometer	Type 9272 [KISTLER]
AE sensor	NANO-30
Low Pass Filter	P-84 [NF ELECTRONIC INSTRUMENTS]

Table 2. Specifications of ELID grinding conditions

grinding conditions	total stock	50 μ m
	finish stock	5 μ m
	coarse cut of depth	0.5 μ m/pass
	finish cut of depth	0.1 μ m/pass
	spark out time	3 passes
ELID conditions	spindle speed	2000rpm
	pulse on-off time	5:5 μ s
	peak current	10A
	max voltage	100V

5. 실험 결과 및 고찰



(a) rough grinding

(b) fine grinding

Fig 6. Variations of monitoring signals during grinding

Fig 6.은 황삭 및 정삭 가공 중 검출한 감시 신호의 변화를 나타낸다. 공구 동력계로부터 검출한 연삭 저항(Fz)과 AErms 신호가 유사한 신호 특성을 가짐을 알 수 있다. 연삭 저항이 클수록 AErms 신호도 커짐을 알 수 있으며, AErms 신호로부터 연삭 저항을 간접적으로 측정할 수 있다. 황삭 가공 때 검출한 AErms 신호가 정삭에서의 AErms 신호보다 크나 신호의 변동이 크지 않고 두 경우 다 안정된 상태에서 가공되고 있음을 나타낸다. 전류의 경우 황삭, 정삭 모두 안정된 상태로 유지되는데 이는 전해 조건이 적절하여 원활한 드레싱으로 인해 수

돌 입자가 연속적으로 들출된채 잘 유지됨을 나타낸다. 이 경우 황삭, 정삭 모두 안정된 상태에서 가공이 진행되고 있음을 알 수 있다.

Fig 7.은 가공이 완료된 후 광학식 치수 표면조도계(Accura Series, INTEK Eng. Co.)로 0.13mm×0.12mm의 연삭면에 대해 표면조도를 측정 한 결과를 나타낸다. 예상했던대로 Ra는 12.3nm, Rmax는 82.4nm의 경면(mirror surface)을 창성할 수 있었다.

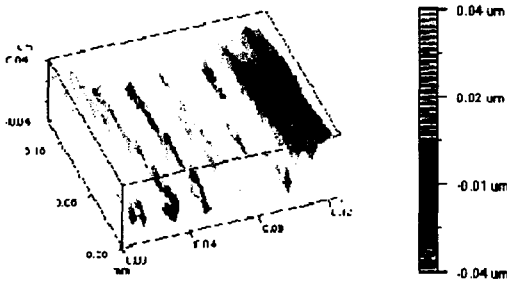


Fig 7. 3-dimensional topology

6. 결론

본 연구에서는 ELID 연삭 가공 중 연삭 상태 감시 및 전해 조건 제어를 위한 감시 시스템을 개발하였다. 본 연구를 통해 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) AE 신호와 전해 전류 신호를 이용하는 ELID 연삭 상태 감시 시스템을 개발하였다.

(2) AE 신호와 전해 전류 신호를 감시 신호로 사용하였으며, AE 신호는 연삭 상태를 잘 반영하는 신호임을 알 수 있었다.

(3) GUI를 기반으로 감시 소프트웨어를 개발하였으며, 디지털 필터를 이용하여 불필요한 성분 제거를 쉽게 할 수 있었다.

참고문헌

1. H. Ohmori, "Electrolytic In-Process Dressing(ELID) Grinding for Ultraprecision Mirror Surface Machining," International Journal of JSPE, vol. 26, No.4, p.273, 1992.
2. H. Ohmori, I. Takahashi, "Efficient Grinding Technique Dressing for Precision Machining of Hard Materials," International Journal of JSPE, p.315, 1992.
3. EDWARD P. CUNNINGHAM, "Digital Filtering,"

Houghton Mifflin, 1992.

4. 김태완, 이종렬(부산대 대학원), 이득우, 송지복(부산대), 최대봉(KIMM), "전해 인프로세스 드레싱 연삭에서 AE를 이용한 가공안정성 감시," 한국정밀공학회 춘계학술대회논문집, pp. 108-111, 1998.