

범용연삭기에서 휠속도를 이용한 Chatter주파수에 관한연구 The Study of Chatter Frequency Using Wheel Speed In Conventional Grinding Machine

송지복(부산대 정밀기계공학과), 김남경(진주산업대), 광재섭(부산대 대학원), *이종렬(부산대 대학원)
Jl Bok Song(Pusan Univ.), Nam Kyeong Kim(Jinju Univ.), Jae Seob Kwak(Graduate school, Pusan Univ.), Jong Ryul Lee(Graduate school, Pusan Univ.)

ABSTRACT

Because the chatter vibration is a main factor to damage on the quality and integrity, The cure is require peticually in cylindrical plunge grinding. The chatter vibration is related with wheel speed, workpiece speed and infeed rate. Therefore, in this study, we expressed more credible chatter frequency in accordance with wheel speed by FFT after accerelation sensing.

In the future, after finding the chatter threshold , we plan to apply to OFF-LINE chatter control.

Key Word : Chatter Vibration(자려떨림), FFT (고속푸리에 변환)

1. 서론

연삭가공중에 발생하는 채터진동(Chatter Vibration)은 연삭가공면의 정밀도, 연삭기계의 주축에대한 영향 및 연삭 휠(Wheel)의 수명, 생산성에 영향을 미치며, 가공공정의 자동화에 중요한 변수로 작용한다. 채터진동(Chatter Vibration)을 발생시키는 관여요인으로서 는 공작물과 스톨과의 탄성, 휠의 속도, 공작물의 속도, 절인속도, 휠의 상태등 여러 다변수가 있다. 그러나 이러한 다변수들이 서로 복합적으로 작용하고 있기 때문에 명확하게 해석을 얻기란 쉽지가 않다.

채터진동의 원인으로 여러인자가 있으나 우선적으로 연삭스톨의 반경감소에 의한 휠의 미소한 밸런싱(Balancing)의 불완전이 우선적으로 고려될 수가 있으며 채터감시를 위해 연삭력, 공작물의 진동,휠 표면의 파형상태등을 고려대상으로 되어왔었다.^{[1][4]}

연삭휠의 회전속도를 변화시킴으로서 실험적으로 Bartalucci, Lisini, Pinnotti에 의해 연구되었으며 최근 Aerens, Smets에 의해서 CBN휠에의해 발생하는 연구가 행해졌다.^[2-3]

본 연구에는 가속도계(Accelermeter)를 이용하여 증폭시킨 원신호(Raw Signal)를 획득한 다음 이 원신호를 FFT(Fast Fourier Transform)를 통해 신뢰할 수 있는 채터 주파수를 찾아보고 휠 속도에 따른 주파수변화를 비교하여 휠 속도를 변화시킴으로서

채터진동(Chatter Vibration)을 제어가 가능함을 보여줄수 있었다.

2. 연삭가공공정의 기하학적 탄성 모델링

채터진동은 연삭공정에서 공작물의 속도, 연삭휠의 속도, 절인속도등에 의한 탄성적인 변화로 나타나게된다. 이러한 탄성변형을 기하학적으로 표현하면 다음 Fig. 1 과 같다.

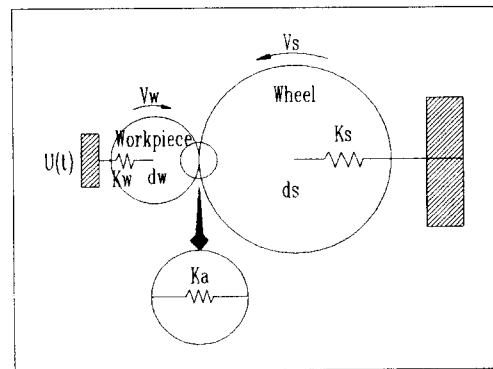


Fig. 1 Idealized model of cylindrical plunge grinding.

기계구조는 선형적 스프링상수 K_s 를 지닌 휠(Wheel)과 선형스프링 상수 K_w 를 가진 공작물로 구성하고, 이 스프링상수를 직렬적으로 조합하면 절입속도에 따른 기계적스프링상수 K_m 으로 표현할 수 있다.

$$K_m^{-1} = K_s^{-1} + K_w^{-1}$$

휠과 공작물사이에서 접촉하는 간섭영역에서 발생하는 유연접촉 스프링상수 K_a 를 고려하게 되면 가공공정 스프링상수 K_m 와 결합시켜 전체적인 유효스프링 상수 K_e 를 다음식과 같이 표현할 수 있다.

$$K_e^{-1} = K_m^{-1} + K_a^{-1} \\ = K_a^{-1} + K_s^{-1} + K_w^{-1}$$

3. Frequency Inverter

본 논문에서 휠 속도를 변환시켜 신호를 얻고, A/D, D/A변환을 통해 채터를 제어하는데 인버터를 이용하였다.

3.1. 정의

일반적으로 인버터란 직류를 교류로 변환하는 장치형의 변환기를 말한다. 그리고 교류로 전환시 주파수를 일정하게 하는 장치를 “정주파 인버터”라 하며 필요에 따라서 주파수를 변하게 하는 장치를 “가변주파 인버터”라 한다.

3.2. 가변의 원리.

유도전동기 및 동기전동기의 동기속도는 다음 식으로 구한다.

$$\text{동기속도}(RPM) = \frac{120 \times \text{주파수}}{\text{극수}}$$

4극모터의 동기속도는 주파수 변환에 의해 변하게 된다. 가변주파 인버터는 주파수를 연속적으로 변화시킬수 있기 때문에 모터의 속도를 연속적으로 변화시킬수 있다.

3.3. 주파수 가변형태.

가변주파 인버터의 내부에는 컨버터(Converter)부와 인버터(Inverter)부라는 것이 있다. 컨버터부는 교류전원을 일단 직류전원으로 전환한다. 이것을 정류라고 한다. 다음에는 인버터에서는 이 직류전원을 필요한 주파수의 교류로 변화시켜 모터(Motor)로 보내게 된다.

4. 실험 방법 및 주파수 분석.

4.1. 가속도센서에 의한 실시간 검출.

가속도센서는 외부 진동에 의한 센서 내의 중추의 변위를 이용하여 가속도를 측정하는 센서로 0.2 [Hz] ~ 수십 [Hz] 까지의 미소진동을 검출할 수 있기 때문에 많은 부분에 다양하게 응용되고 있다.

본 연구에서는 가속도 센서를 공구 홀더에 설치하여 특성을 검출하였다. 연삭 휠이 공작물을 가공하여 발생하는 진동방향으로 부착하여 공작물을 가공하는 시점부터 가속도신호를 A/D변환기를 통하여 Fig. 2와 같이 나타내었다.

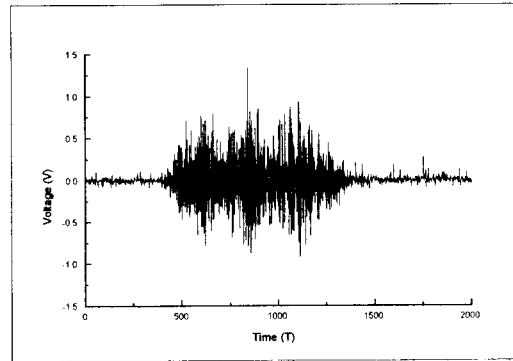


Fig. 2 Acceleration Raw signals

Fig. 2에서 보는 바와 같이 연삭공정과정에서 실질적으로 가공하지 않을 때는 가속도의 변화량이 작으나, 실질적으로 관여할 때 진동이 발생함과 동시에 가속도의 변화량이 두드러지게 증가하고 있음을 알 수 있다. 따라서 이 시점을 감지함으로써 채터진동 발생점을 실시간 검출할 수 있다.

4.2. 실험 장치

본 연구에서는 WA60K7V 숫돌로 난삭재금형강

SCM4를 공작물체에 고정하여 원통연삭을 행하였고 가속도센서를 공작물과 가공의 진동방향으로 공작물 축 측면에 부착하여 가속도 신호를 효과적으로 얻을 수 있도록 하였다. 실험장치의 구성은 Fig.3 에 나타내며 각 장비의 사양은 Table 1과 같다.

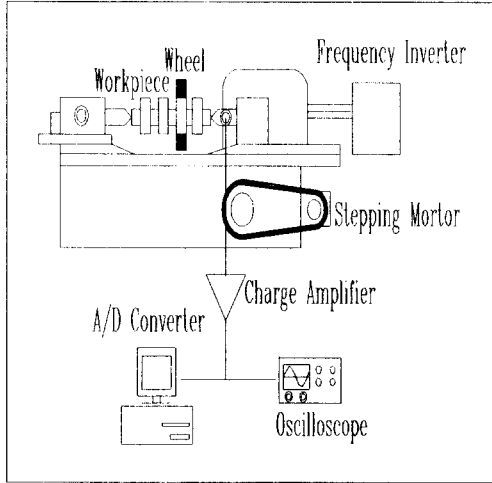


Fig. 3 Experimental Set-Up.

Table 1 Specifications of Equipments

Equipments	Type & Features
Grinding Machine	GU28-50 Toyoda.Co
Accelermeter	B&K Type4371
Charge-Amplifier	KISTLER 5011
Oscilloscope	LeCory 9310A
Inverter	HV-5.5LF 현대중공업
Power Supply	ED-330 ED Laboratory
Stepping Motor	PH598-A. 5phase
A/D Converter	Daq-Book
Personal Computer	Pentium Processor

본 연구는 예비실험을 통하여 획득한 신호를 FFT한 다음 대략적인 주파수 성분을 분석하였다. 이때 Data획득은 31kHz로 샘플링 타임(Sampling time)을 설정하였으며 한주기 이상의 Data를 획득하였다. 그결과 10.577kHz ~ 11kHz에서는 항상 피크(Peak)가 나타났으며 이 범위의 주파수는 가공공정 중 기계적 시스템의 진동과 절삭과정의 탄성변형에 의한 진동과 혼합되어 나타나는것이라 추정해 보았다. 따라서 항상 발생하는 이 주파수를 제외한 다른 주파수성분에서 분석을 세밀히 진행하였다.

본 실험에서 휠의속도, 공작물의 속도, 절인속도의 3요소의 인자를 각각 달리하여 신호를 획득해 보았으며 각각 가공조건은 다음 Table 2 와 같다.

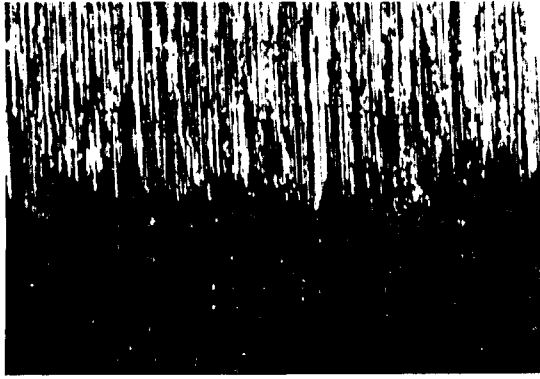
Table 2 Experimental Conditions

Factor	Experimental Conditions
Wheel Speed (rpm)	1800, 1760, 1710
Workpiece Speed (rpm)	25, 50, 70, 90, 110, 130 150
Infeed rate (mm/min)	1.5, 1.8, 2.0, 2.3

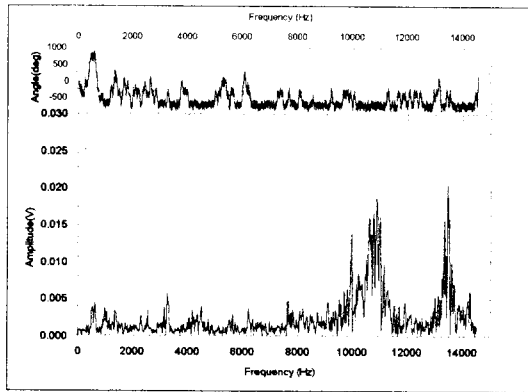
본 실험의 신호를 FFT를 이용하여 주파수를 분석한결과 10.577kHz ~ 11kHz범위의 주파수는 진폭의 변화만 있을 뿐 계속해서 나타났으며, 13.266kHz ~ 13.285kHz의 주파수 성분은 어떠한 가공조건에서 발생하다. 혹은 어떠한 조건에서는 진폭의 변화가 없는 경우가 발생하여, 이 주파수를 위주로하여 진폭의 변화를 관찰하였다.

위의 주파수와 비교하기위해서 채터마크(Chatter Mark)가 발생하여 육안으로도 확인할수 있을 정도의 상태에서 신호를 획득해보았다.

다음 Fig. 4 채터마크와 그때의 주파수 분석을 한 그림을 나타내보았다.



(a) The chatter mark



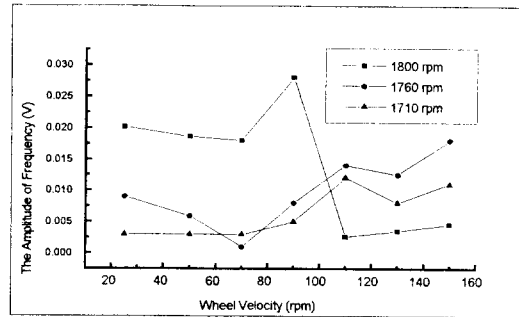
(b) The chatter frequency

Fig. 4 (a)The chatter mark and (b)The chatter frequency(Wheel speed : 1760 rpm, Workpiece speed : 50 rpm, Infeed rata : 1.8 mm/min)

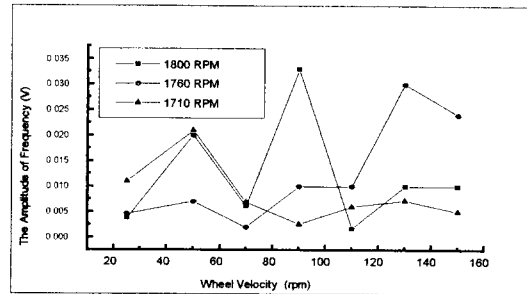
위의 Fig. 4와 같이 13.266kHz ~ 13.285kHz영역의 주파수에서 진폭의 변화가 발생하는 것처럼 다른 가공절삭조건의 진폭을 조사해 보았다
13.266kHz ~ 13.285kHz 주파수는 미소한 차이로서 같은 주파수의 크기로 가정하고 진폭의 값을 측정하여 각각의 회전속도에 따른 변화를 알아보았다.

4.3. 실험결과 및 토의

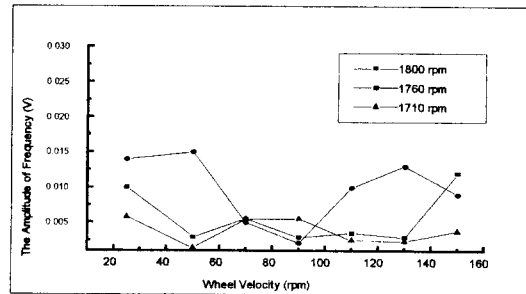
13.266kHz ~ 13.285kHz영역에서 주파수의 진폭의 크기를 측정해보았다.



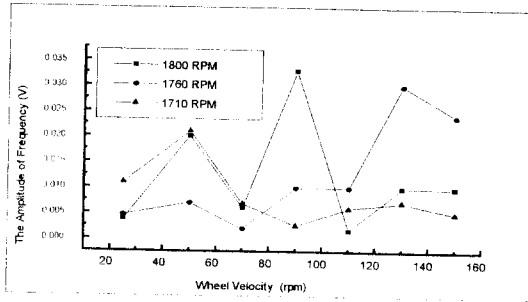
(a) The change of Frequency Amplitude (infeed rate : 2.3 mm/min)



(b)The change of Frequency Amplitude (infeed rate :20mm/min)



(c)The change of Frequency Amplitude (infeed rate :1.8mm/min)



(d)The change of Frequency Amplitude (infeed rate :1.5mm/min)

Fig. 5 The change of Frequency Amplitude in each infeed arte)

위의 그림에서 알 수 있듯이 각각의 연삭휠의 회전수의 변화에 따른 주파수 진폭의 값은 역상으로 발생하는 것을 알 수 있다.

5. 결론

본 연구는 가속도계를 이용하여 획득한 Data를 이용하여 주파수 분석을 한결과

- (1) 휠의 속도변화에 따라 주파수의 진폭의 변화가 두드러짐을 규명하였다.
- (2) 휠의 속도를 변화시킴으로서 채터의 제어가 가능함을 보여주었다.

6. 향후과제

Frequency Inveter 제어기를 이용하여 가속도계로 센싱한다음 A/D, D/A변환을 통해서 휠의 속도를 변화시킴으로 제어에 직접 적용해보고자 한다.

7. 참고문헌

1. Grinding technology -Theory and Applications of Machining with Abrasives.
2. Peters, J, Contribution of CIRP Research to industrial Problem in Greinding, Annals of the CIRP Vol.33, No.2 (1984), pp.1-18.
3. Tetsutaro Hoshi. Suppression of Wheel

Regenerative Grinding Vibration by Alternating Wheel Speed. Annals of the CIRP Vol. 35/1/1986.

4. F. Hashimoto, J. Yoshija. Sequential Estimation of Growth Rate of Chatter Vibration in Grinding Processes. Annals of the CIRP Vol. 34/1/1985.
5. Arantes, A.A. and Soloveichik, Two Cases of Forced Vibrations in Grinding Machines, Annals of the CIRP 18, 1970, pp425.
6. Rubinchik, S. I. and Soloveic chik, Y. S, Effect of Spindle Unbalance on Surface Waviness in Internal Greinding. Machines and Tooling, 41, No.2,1970 pp2
7. Thompson, R A The Character of Regenerative Chatter in Cylindrical Grinding, ASME, J. of Eng forind 96,1974,pp275.
8. Inone, H, Chattering Phenomena in Grinding, Bull. of the Japan Soc. of Per. Engg, 3, 1969, pp67.