한국기계가공학회지, 제 1권, 1호, pp 117~122 (2002 8)
Journal of the Korean Society of Manufacturing Technology, Vol 1, No 1, pp 117~122 (2002 8)

채터 발생과 숫돌 수명과의 연관성에 관한연구

이상태*, 김남경**, 김재실***, 정윤교***

A Study on the Relationship between the Chatter Occurrence and Wheel life

S T. Lee*, N. K. Kim**, C. S. Kim***, Y G. Jung***

Abstract

The chatter to raise grinding operating is reduce the precision and the quality. In this study, In reply to AE signal and the normal force generated in the grinding operating were measured (1) the amplitude in the mathematical model of the normal force is the form as to transform an exponential (2) the chatter growth is minus point of an exponent. (3) From the observed wheel aspect after the chatter growth, it was to investigated the concern of the chatter growth and the wheel life.

Key Words : Grinding time(연삭시간), Normal force(법선력), Chatter(떨림), Lumped mass method

1. 서 론

연삭가공은 무수히 많은 예리한 입자로 공작물을 깎아내는 절삭가공 공정의 마무리단계에 속하는 가공으로 정밀가공 제품의 생산에 중요한 가공 단계에 속한다. 연삭작업시 발생하는 강제 진동은 원인의 규명과 대처가 비교적 용이하지만, 채터 진동의 발생시기 예측과 그 대처방법은 난해하다.

연삭기는 구조상 공작물의 가공중에 숫돌-공작물간의 상대강성이 타 형식의 공작기계에 비해서 상당히 낮다. 이러한 이유로 마무리 가공면에는 여러 가지 채터(Chatter)가 발생한다는 것이 알려져있다[1~3]. 채터가 발생하는 경우에는, 보통 연삭 개시후 수십분 또는 연삭 개시 직후에 발생하는 경우도 있다, 심할 경우에는 그 진폭은 작업에 위험을 느낄 정도로 발달한다. 따라서 가공조건의 선정에 맞는 것은. 채터가 발생하지 않도록 연구하는 것이 요망 되어지고있다.

Tetsutaro Hoshi[4]등은 연삭가공에서의 채터진동은 다른 가공공정의 채터진동 면에서 상당히 다른 것으로 알려져 있다. 이러한 연삭가공에서의 채터진동의 안정성을 해석하기 위하여 연삭가공계의 특성방정식의 근으로부터 채터진동의 진전을 시간영역에서 채터진동을 억제할 수 있다고 기술하고있다[5~6]. 또한 채터가 계속 진행될 경우에는 반드시 숫돌의 눈메움(loading)이나 마멸(glazing), 탈락(shedding)되어 있는 경우에는 날을 세우기 위해서 드레싱(dressing)을 행하는 것이 보통이다.

이처럼 숫돌을 다시 드레싱 할 때까지의

* 창원기능대학 컴퓨터응용기계과
** 진주산업대학교 기계설계공학과
*** 창원대학교 기계공학과

연삭시간을 숫돌의 수명이라고 부른다. 따라서 여기에서 이르는 숫돌의 수명은 숫돌의 연삭성능을 기준으로 한 것이다[7].

따라서, 본 논문에서는 연삭중의 채터 발생시점을 실험에 의해 지수적으로 관찰하여 연삭가공중에 발생하는 불안정 시점을 공구동력계를 이용한 법선력의 측정으로 채터 발생과의 관계를 규명하고, 각각의 조건에 따른 채터 발생시점을 조사하여 AE 신호와 비교, 검토하였고, 이를 토대로 채터 발생과 숫돌 수명과의 연관성을 찾을 수 있는 실험적인 방법을 고찰하였다.

2. 실 험

연삭 공정시 숫돌과 공작물 사이에 작용하는 법선력은 정밀도 및 채터 발생에 많은 영향을 미치는 것으로 보고되고 있으며 그 수학적인 모델은 여러 가지 형태로 가정되고 있다. 본 실험에서는 공구동력계로 법선력을 측정하여 가장 타당한 수학적 모델을 선정하고, 법선력과 채터 발생과의 관계를 규명하며, 이의 확인을 위하여 절입깊이, 이송속도 및 숫돌 종류에 따른 채터 발생시점을 다각도로 조사하고, AE 센서에 의한 신호와 상호 비교, 검토 하고자 한다.

2.1 실험장치 및 구성방법

본 실험에서 사용한 연삭기는 화천(주) 제품의 평면연삭기(Model type HGS-65A)로 주축동력 3.75kW이다. 연삭가공을 행할 때 발생하는 연삭저항을 측정하기 위하여 AKistler사의 Tool-dynamometer(Piezo type 9257B)를 사용하였다. Grinding time에 도달했을 때 공구동력의 신호와 동시에 AE Sensor를 이용하여 Grinding time을 결정하였으며, 신호(F_n)가 변화할 때까지 공구동력계와 AE Sensor를 신호를 관찰하였다.

연삭숫돌은 일반적으로 많이 사용되어지고 있는 산화 알루미늄계인 WA와 탄화 규소계인 GC를 사용하였으며, 공작물은 열처리하지 않은기계구조용 탄소강 SM45C를 사용하였고, 공작물의크기는 길이 168㎜, 폭 38㎜, 높이 60㎜로하였다.

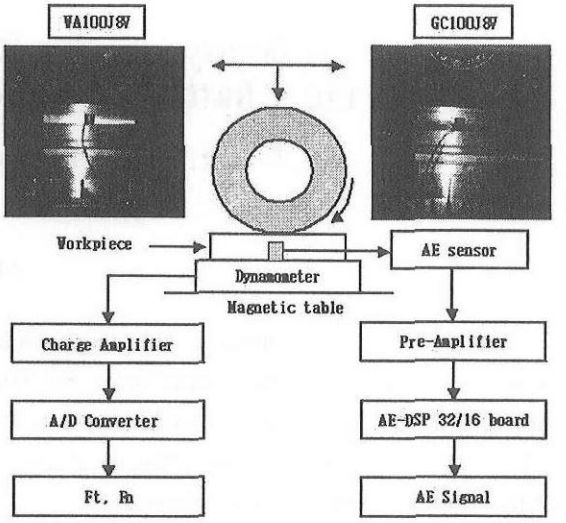

Fig. 1 Experimental setup

Table 1 Experimental conditions

Grinding machine	HGS-65A(Hwacheon Co.)
Grinding wheel type	WA100J8V, GC100J8V Shape: ø305×t38×ø127
Workpiece	SM45C (168L×38W×60H)
Grinding type	Up cut grinding
Wheel speed(V)	1725rpm
Table speed(v)	5m/min, 10 m/min
Depth of cut(d)	10㎛, 15㎛, 20㎛/pass
Tool Dynanometer	Piezo type 9257B (Kistler Co.)
Charge amplifier	5019A (Kistler Co.)
A/D converter	PCL-812PG (Advantech Co.)
AE sensor	A50 (Pac.)
Pre-amplifier	1220A (PAC.)
AE main	AE DSP-32/16 (PAC.)

연삭숫돌 및 공작물의 회전수는 회전속도계(Model DT5350)로 확인하였고, 숫돌의 회전수 1725rpm, 테이블의 이송 및 연삭깊이는 다양하게 변화시켜 연삭가공을 수행하였으며 숫돌의 입도는 100번을 사용하였다. 또한, 연삭조건을 설정하여 공작물 양 끝단에서 매 행정마다 절입을 행하여 Spark-out 연삭없이 연삭가공을 수행하여 Grinding time이 일어나는 시점까지 연삭가공을 속행하였다. 본 실험에서 사용된 실험장치 구성도를 Fig. 1과 실험조건을 Table 1에 나타내었다.

2.2 실험결과

본 연구에서의 실험에 대한결과를 Grinding time과 테이블이송속도의 Chatter 거동형태를 그림에 나타내었다. Fig. 2는 WA100J8V 숫돌로 절입깊이 d=10㎛, 테이블속도 v=5m/min으로 연삭가공을 수행하였을 때, 공작물 가공시간의 변화에 대하여 AE신호, 연삭저항의 법선분력 Fn 및 표면조도의 최대거칠기 Rmax 거동을 표시한 그림이다.

연삭가공 초기에는 AE신호 및 Fn이 안정된 거동을 보이고 있으나 Grinding time이 2.7min을 지나서 부터 AE는 격심한 변동의 양상을 보이며, F_n의 연삭저항의 절대값이 급격히 떨어지고 있음을 알 수 있다. 또한 표면조도의 변화로 AE신호 및 F_n의 변화에 맞추어 Grinding time이 2.5min 부분에서 거칠게 되어지고 있음으로부터, 본 실험조건에서 연삭을 수행하게 되면 공작물의 연삭가공 시간이 2.5min에서부터 연삭숫돌 입자 선단의 마멸적 마모 및 눈막힘 현상이 현저하여 AE신호의 격심7한 변동이 초래되며, 또한, 연삭저항은 입자의 선단마멸에 의한 대규모 파쇄가 일어나 연삭저항의 감소를 가져온다고 판단된다. 이러한 결과로부터 AE신호를 측정함으로서 숫돌의 Chatter가 발생되어 지는 양상이 확인되었고, 3min부터는 숫돌수명에 한계를 보이고 있다.

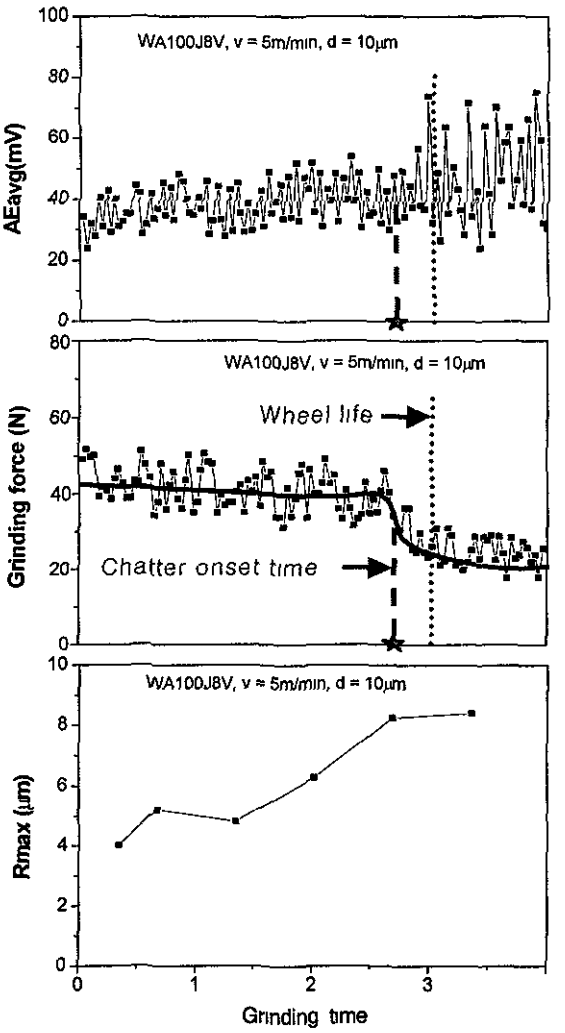

Fig. 2 Determination of Grinding time using AE signal, grinding force and surface roughness

Fig. 3 ~ Fig. 7에서도 연삭저항과 AE신호를 동시에 주어 연삭깊이와 이송속도를 Grinding time의 거동현상이 나타나는 시점을 보면 숫돌수명보다 Chatter 형태가 먼저 발생하고 있는 것을 보이고 있다.

또한, 실험 결과의 그림을 전부 나타낼 수는 없었지만 WA와 GC숫돌의 Chatter 현상을 Table 2에 나타내어 보았다. Table 2에 나와 있듯이 GC숫돌의 채터발생이 WA숫돌보다는

빠르게 나타나는 것을 보이고 있다. 이것은 역시 일반적으로 SM45C에서는 GC숫돌이 적합하지 않다는 것이 본 연구에서 확인되었다.

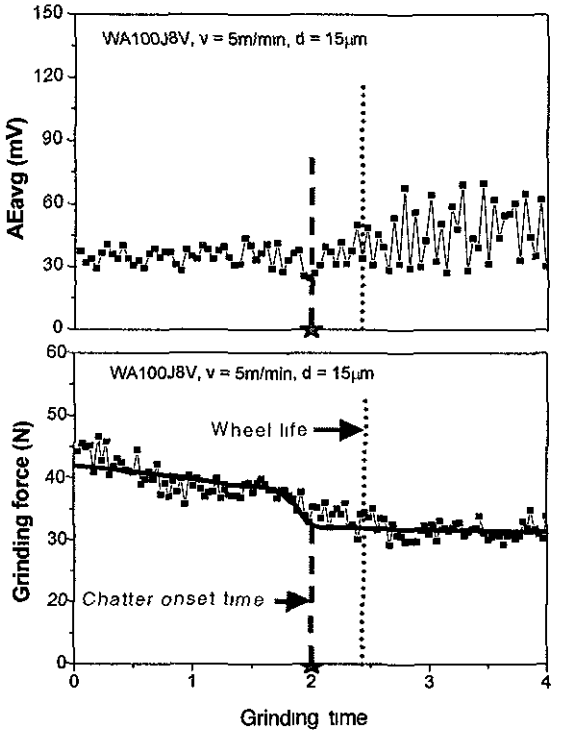

Fig. 3 Determination of Grinding time using AE signal, grinding force

3. 채터 발생과 숫돌수명

Thompson[8]은 연삭실험으로부터 채터에 대한 흥미로운 결과가 도출하였다. 즉, 연삭법선력을 다음과 같은 식을 표현하였다.

여기서 지수값, α가 영(zero)에서 음(minus)으로 될 때 채터가 발생한다고 언급하였다.

또한, 연삭저항과 AE신호를 측정하여 절입깊이와 테이블 속도의 변화에 대한 숫돌의 수명을 나타내고, 동시에 WA와 GC숫돌에 대한 숫돌수명을 비교하여. 연삭저항이나 AEavg의 이상변동현상이 발생하는 시점에서의 테이블 속도가 빠르면 빠를수록 절입깊이가 크면 클수록 숫돌수명은 짧아지고 절입깊이와 테이블 속도를 작게 선택하는 것이 숫돌수명을 길게 하는데 효과적이라고 수명을 비교하여 SM45C 연삭에 대해서는 WA와 GC숫돌에 비하여 보다 적합하고 AE와 연삭저항의 거동이 경향이 거의 일치한다는 것을 AE에 의한 숫돌수명의 결정이 합리적이라고 실험적으로 발표하였다[9].

여기서, 숫돌수명은 AE 신호로 예측가능하다는 것이 확인되었으며 숫돌수명이 이르기 전에 채터가 발생한다는 것을 표현할 수 있겠다.

$$F_n = F_0 e^{\alpha t} \sin \omega t \qquad (1)$$

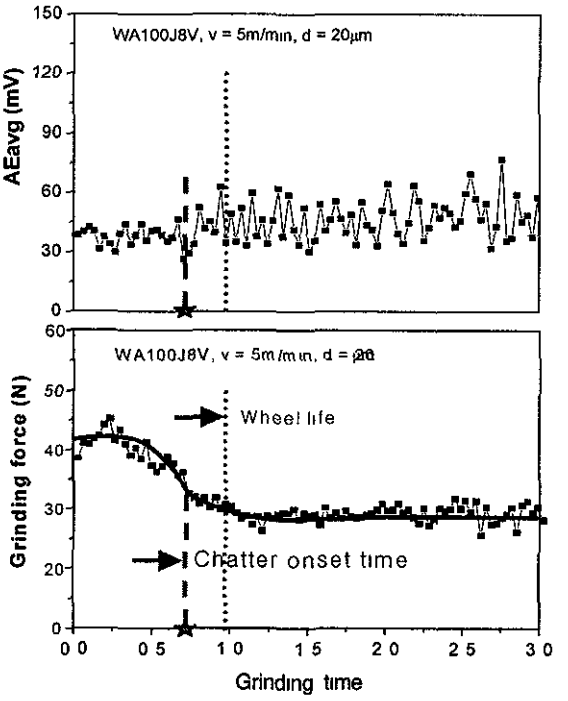

Fig. 4 Determination of Grinding time using AE signal, grinding force

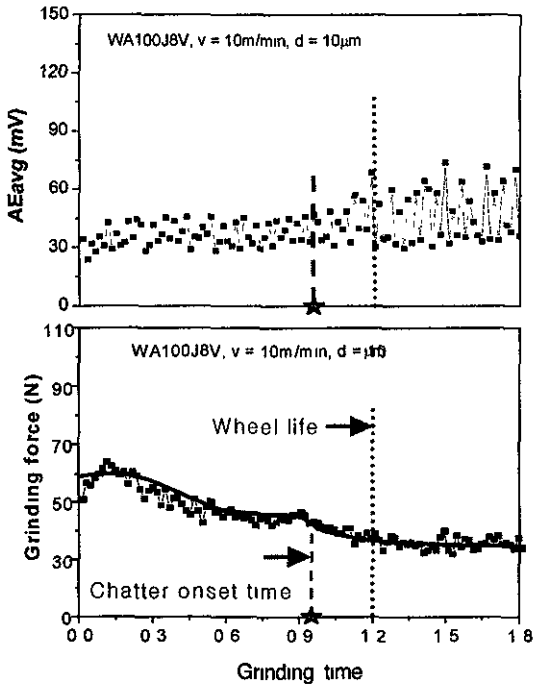

Fig. 5 Determination of Grinding time using AE signal, grinding force

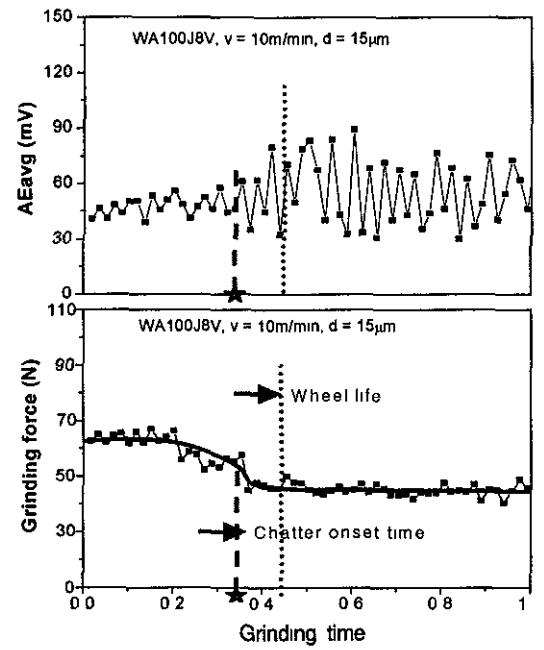

Fig. 6 Determination of Grinding time using AE signal, grinding force

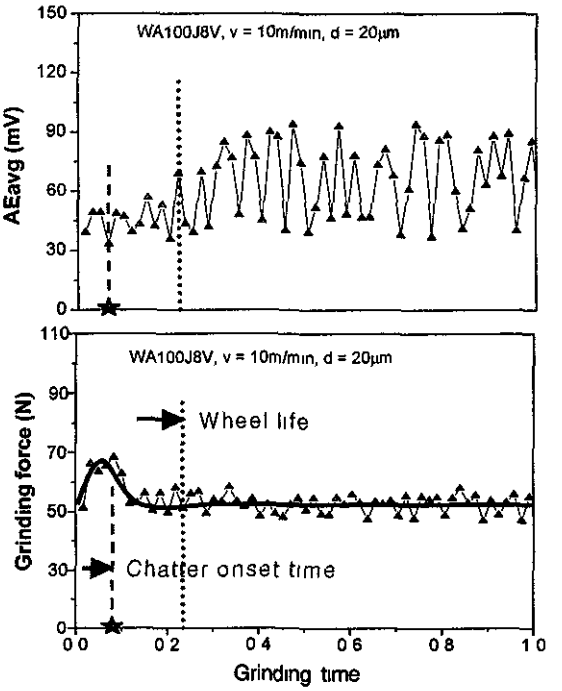

Fig. 7 Determination of Grinding time using AE signal, grinding force

Table 2 Chatters onset time under various condition

unit : min

이송속도 / 절입깊이	5m/min		10m/min	
	WA	GC	WA	GC
10μm	2.7	1 30	1	0 35
15μm	2	0 4	0.34	0.15
20μm	0.78	0.3	0.1	-

4. 결 론

본 연구는 평면연삭기에서 공작물로 SM45C를 대상으로 연삭가공시 작업시간에 따른 연삭법선력 및 AE 신호의 거동을 관찰함으로써 얻어진 결과를 요약한다.

(1) 채터 발생은 연삭기와 연삭공정간 의 상대변위에 대한 변동 연삭력에서 지수

값, α 가 음(minus)으로 되는 시점에서 발생된다는 것을 확인하였다.

(2) WA와 GC숫돌에 대한 공구동력계의 법선력과 AE신호를 측정하여 채터 발생이 먼저 발생 한다는 것을 추정할 수 있었다.

(3) 숫돌수명에 도달하기 전에 AE 신호로 채터를 감시할 수 있다면 채터가 발생이 되는 시점에서 미리 드레싱을 하게 되여 효과적인 공작물표면과 연삭가공을 계속 진행할 수 있을 것으로 판단된다. 따라서 향후 채터를 감지하기 위한 AE 신호 분석기법에 대한 지속적인 연구가 되어야 할 것이다.

후 기

본 연구는 한국과학재단지정 창원대학교 공작기계기술연구센터의 지원에 의한 것입니다. 관계자에게 감사드립니다.

참 고 문 헌

[1] 鹽崎 進, 中野嘉邦 共同飜譯, 工作機械の力學", 養賢堂, p.240, 1972. (F. Koenigsbrger And J. Tlusty, "Machin Tool Structures", Vol. 1, Pergamon Press, London.), 1970.

[2] 志村英男, 矢作秀夫, 吉田喜一, 吉岡潤一, "平面硏削盤のと据付搖動(Rcking Vibration)について", 日本機械學會 講演 論文集, pp. 750-18, 1975.

[3] 三井公之, 小澤則光, 新井正雄, 吉田嘉太郎, "平面硏削におけるしま目模様の創成に關する硏究", 日本機械學會論文集(C), Vol.48, NO. 431, pp. 1059~1063, 1982.

[4] Tetsutaro Hoshi, Shigeru Matsumoto, Satos hi Mitsui "Suppression of Wheel Regenerative Grinding Vibration by Alterating Wheel Speed" Annals of the CIRP, Vol. 35, No. 1, 1968.

[5] F. Hashimoto, A Kanai, M Miyashita Grinding Processes and Chatter Stabilization Index of Grinding Wheel", Annals of the CIRP, Vol. 33, No, 1. 1984.

[6] 星鐵太郎, "機械加工の振動解析". 工業調査會, 1993.

[7] 이상태, 전길재, 정윤교, "숫돌의 수명판정 및 드레싱 시간의 감시를 위한 AE 센서의 활용", 대한 기계학회 경남지부 추계학술대회논문집, pp. 54~59, 2001.

[8] A. Thompson, "On the Doubly Regenerative Stability of Grinder: The Theory of Chatter Growth", ASME, Vol. 108, pp. 75~82, 1986. 9. 전길재, 이상태, 김남경, 정윤교, "AE센서를 이용한 숫돌의 수명판정 및 드레싱시간의 결정에 관한연구", 한국정밀공학회지, 제19권 제5호, pp. 95~102, 2002.