

선삭가공시 전류신호를 이용한 채터 검출에 관한 연구

A Study on the Detection of the Chatter Using Current Signal in Turning

·서 한 원, 유 기 현(전북대 대학원), 정 진 용(군장전문대), 오 석 형(군산대), 서 남 섭(전북대 공대)
Han-Won Seo, Ki-Hyun Yu(Graduate School, Chonbuk Univ.), Chin-Yong Cheong(Kunjang College),
Seok-Hyung Oh(Kunsan Univ.), Nam-Sup Suh(Chonbuk Univ.)

ABSTRACT

Recently, the necessity of the detection of abnormal machining process is being emphasized in order to improve the machining accuracy and reduce the cost in unmanned operating system.

The vibration by chatter generated in cutting processes within machine tools is a relative motion between tools and workpieces. So, if the chatter occurs, the surface roughness and the accuracy of workpieces will be deteriorate and it leads to the rapid wear of tools.

The author intended to use the I_{RMS} (current of root mean square) of current signals and the moving C.V.(coefficient of variation) of each phase for the detection method of chatter.

Key Words : Abnormal Machining Process(이상가공상태), Current Signal(전류신호), Chatter(채터), C.V.(coefficient of variation, 변동계수), Current of Root Mean Square(전류신호 RMS)

1. 서 론

무인운전이라는 상태하에서 가공정밀도의 향상과 생산원가의 절감을 위해 가공시스템 전반에 걸친 자동인식의 필요성이 강조 되고 있고 가공중의 이상현상 그 중 공구 이상상태를 감시하기 위한 많은 연구가 수행되어 왔다.

최근 전류센서를 이용한 모터전류 측정에 의한 이상가공상태 감시가 실용 가능한 방법으로 주목을 받고 있다.¹⁾²⁾ 특히 선삭에서 Mannan, M. A., Broms, S.에 의해 이러한 전류신호에 레벨감시를 도입한 감시 시스템이 부분적으로 실용화되었다.³⁾

이상가공상태중 채터의 진동은 공작기계를 이용한 절삭가공작업에서 발생하는 공구와 공작물간의 상대진동으로서 채터가 발생하게 되면 가공물의 표면조도 및 치수 정밀도를 저하시키고 공구마멸을 유발시킨다.⁴⁾⁵⁾ 이러한 채터는 그 역학적 구조해석에 어려움이 있어 채터의 발생으로 인한 몇몇 일반적인 현상만 알려져 있을뿐 아직까지 그 원인과 발생 형태

가 명확히 규명되지 않고 있다.⁶⁾

채터는 절삭력이나 구동기구 회전부분의 불평형으로 인한 가진력 또는 기계외부로부터의 진동, 충격등으로 야기되는 강제진동과 절삭기구 자체에 기인되는 자려진동으로 대변할 수 있다. 위의 채터중 주로 발생하는 것은 강제진동보다는 오히려 자려진동(self-induced vibration)이다.⁷⁾

본 연구에서는 가공시 전류신호에서 채터를 검출하기 위해서 신호특성을 찾아 이를 통계적으로 분석하여 확연히 구별되는 변동계수(C.V., coefficient of variation)를 이용한 채터검출에 연구목적이 있다.

2. 이론적 배경

삼상전류 U, V, W상의 신호를 이용하여 다음 (1)식에서 실효 전류치 I_{RMS} 를 구할 수 있다.

$$I_{RMS} = \sqrt{\frac{I_U^2 + I_V^2 + I_W^2}{3}} \quad (1)$$

I_{RMS} 를 이용하여 다음(2)식에서 모터의 구동토크를 구할수 있다.

$$T_{MOTOR} = K_C I_{RMS} \quad (2)$$

여기서 K_C 는 모터의 토크상수이다.

위 (2)식에 의해 절삭력과 I_{RMS} 가 서로 비례한다.

Moving average of ABS(I_U)

$$= \frac{\sum_{t=n}^{n+h} \frac{ABS(I_U)_t}{h+1}}{\quad} \quad (3)$$

Moving average of I_{RMS}

$$= \frac{\sum_{t=n}^{n+h} \frac{I_{RMS}_t}{h+1}}{\quad} \quad (4)$$

$ABS(I_U)$: I_U 의 절대값

$ABS(I_U)_t$: $ABS(I_U)$ 의 t 번째 값

I_{RMS}_t : I_{RMS} 의 t 번째 값

h : $(T \times Hz) - 1$

T : 주기(*period*)

Hz : 수신 주파수

(3)과 (4)식은 $ABS(I_U)$ 와 I_{RMS} 의 이동평균을 구하는 식이다.

이들 각 신호에서 이동평균을 이용하면 고가의 필터장비를 거치지 않고도 효과적인 필터링(filtering)을 거둘 수 있으므로 전류량과 각상의 절대값의 이동평균을 이용하여 유효한 데이터를 얻을 수 있다.

$$C.V. = \frac{S}{\bar{x}} \quad (5)$$

$C.V.$: *coefficient of variation*

S : *standard deviation*

\bar{x} : *average*

(5)식은 변동계수를 구하는 식이다.

표준편차는 평균이 증가함에 따라 증가하는 경향이 있으므로 변화에 민감하지만 순수한 변동량을 나타내기에는 어려움이 따르므로 순수한 변동량을 알아보기 위해서 표준편차를 평균으로 나눈 변동계수를 도입하였다.

3. 연구의 방법

가공은 CNC선반(DAEWOO PUMA 6S system 100L)에서 P20공구를 kistler제 piezo 공구동력계(9257A type)에 장착하고 공구동력계에서 나오는 신호를 증폭기(kistler 5001 type)를 통해 증폭시키고 A/D converter를 거쳐 들어오는 신호를 절삭저항의 기준신호로 삼으며, 주축모터의 입력전원에 전류센서를 장착하여 전류신호를 받아 A/D converter를 거쳐 컴퓨터상에 저장하였다.

전류센서는 50A를 4V의 전압신호로 바꿔주는 hall type 센서유닛으로 되어있다. 이 전류센서는 정전압의 양호한 전원을 요구하므로 15V의 전압을 0.01%의 오차내로 전원을 공급하였다.

컴퓨터 프로그램은 C언어(BC++ 4.0)로 작성되었으며 동시에 5채널을 입력받도록 설계되었다. 이 중 3채널은 공구동력계의 신호를 받고 나머지 2채널은 주축모터의 전류신호를 받는다.

이들 5채널의 신호를 받는 즉시 주축모터의 2상의 신호를 이용하여 나머지 한상의 신호를 계산 저장한다. 그리고 얻어진 3상의 전류신호를 이용 I_{RMS} 를 구해 동시에 저장한다.

여기서 얻어진 한주기 데이터를 이용하여 I_{RMS} 와 삼상 전류신호의 이동평균과 이동표준편차를 이용한 이동변동계수의 변화에 의해 채터를 검출하고자 한다.

4. 실험 결과 및 고찰

Fig. 1은 주분력(Fp), 배분력(Fr), 이송분력(Ff)의 절삭력신호 모습으로 정상적인 절삭이 이루어지는 경우이다. Fig. 2는 채터시의 절삭력으로 주분력이 자려진동의 형태인 cosine파형의 모습을 취하고 있으며 그 편차가 커져 있음을 알수있다.

Fig. 3은 정상상태시의 각 절삭력 C.V.값을 나타낸 것으로 C.V.값이 전체적으로 0.2를 넘지않고 있다. Fig. 4는 채터시의 절삭력 C.V.값의 변동을 보여주고 있다. 이때의 C.V.값은 최고값이 0.4에 이를 정도로 정상상태와 확연한 차이를 보여주고 있다.

Fig. 5는 정상상태시의 U상의 신호는 cosine형태를 나타내어 이동평균이나 그 밖의 통계처리시 어려움이 있으므로 절대값(ABS)을 취하여 나타낸 것이다. Fig. 6은 채터시의 U상의 신호를 절대값을 취하여 나타낸 것이다.

Fig. 7은 정상상태시의 U상 전류신호의 C.V.값을 나타낸 것이다. 대체로 평탄한 형태를 취하고 있다.

Fig. 8은 채터시의 U상 전류신호의 C.V.값을 나타낸 것으로 정상상태에 비해 최대치가 0.2에 이르고 있다. 나타내고 있다.

Fig. 9는 정상상태시의 I_{RMS} 신호를 나타낸 것으로 절삭력신호와 같은 패턴을 나타낸다. Fig. 10은 채터시의 I_{RMS} 신호이다. 이 상태에서 I_{RMS} 값으로는 직접적으로 채터를 검출하기 어려우므로 I_{RMS} 의 C.V.값에 대한 분석을 하였다.

Fig. 11은 정상상태시의 I_{RMS} C.V.값을 나타내고 있다. Fig. 12은 채터시의 I_{RMS} C.V.값으로 최고값이 0.1에 이르고 있다. 그러므로 최대치가 0.1 이상일 경우 채터라 할 수 있다. 이렇게 I_{RMS} C.V.값의 차이가 적은 것은 정상상태로 취한 값이 동작기계의 settling time 전의 값이기 때문으로 보인다.

이러한 검출시스템을 동작기계에 설치할 경우 채터 발생시 delay time은 이동평균, 이동표준편차를 구하여 이동변동계수를 계산하기 위한 40ms의 초기 오차를 가지고 채터를 검출할 수 있다.

5. 결 론

선삭가공중에서 채터발생을 검출하기 위하여 절삭력 신호를 기준신호로 하고 변동계수를 도입하여 전류 신호를 분석한 결과 다음의 결론을 얻었다.

1. 절삭과정이 정상가공상태에서 채터상태로 변화함에 따라 변동하는 절삭력 변동계수의 레벨감시를 통해 채터를 검출할 수 있다.
2. 삼상중 한상 전류신호의 변동계수로 채터의 검출이 가능하다.
3. 전류량 실효치(I_{RMS}) 변동계수의 레벨감시를 통해 채터의 검출이 용이하다.

6. 참 고 문 헌

1. Matsushima, K., Bertok, P., and Sata, T., "In-Process Detection of Tool Breakage by Monitoring the Spindle Motor Current of a Machine Tool", ASME Measurement and Control for Batch Manufacturing, pp. 14~19, 1982
2. Stein, J. L., and Shin, K. C., "Current Monitoring of Field Controlled DC Spindle Drives", Proc. of the Winter Annual Meeting

of the ASME, PED Vol.33, pp. 57~66, 1988

3. Mannan, M. A., and Broms, S., "Monitoring and Adaptive Control of Cutting Process by Means of Motor Power and Current Measurements", Annuals of the CIRP, Vol 38, No. 1, pp. 347~350, 1989
4. Rahman, M., Ito, Y., "A method to determine the chatter.", MTDR. Vol 19, 1978
5. Roberto Teti, "Tool wear monitoring through Acoustic Emission.", CIRP. Vol 19, 1978
6. 정진용, "선삭가공의 자동화를 위한 이상가공상태 검출과 진단에 관한 연구", 전북대학교 석사학위논문, pp 13~14, 1996.
7. 서남섭, "신판 정밀공작법", 대광서림, pp 113~116, 1996.





