



절삭가공중의 공구수명검출 시스템 개발에 관한 연구

A Study on the Tool Life Detection System in
Cutting Process.

김 정 두*

Kim, Jeong-Du

최 중 순**

Choi, Jong-Soon

Abstract

The study on the progress of automatic machining system has been active centering at the CNC machine tools recently to lead the applied production technology like unmaned machining to the practical level, and to make these application more efficient, they require detective method for tool wear and breakage while machining.

In this study chiefly on turning, first derive cutting force about the tool surface by the cutting resistant sensor and with which change into electric signal and compare with the standards to make the tool life detection system to let know the tool life and study its application; the cutting resistance detected by the cutting resistant sensor has increased to the level of standards, the measuring system which can decide whether we change tools on the basis of comperative circuit is shown to be very reliable model for cutting tool life detection system.

1. 서 론

최근들어 CNC 공작기계를 중심으로 한 절삭가공 시스템의 자동화에 관한 연구개발이 활발히 진행되어 FMS(Flexible Manufacturing System), CIM(Computer Integrated Manufacturing)과 같은 무인가공 생산 응용기술이 실용화단계에 있으며 이러한 응용기술의 효과적인 활용을 위하여서는 주어진 공작물 및 공구에 대한 최적 가공조건을 설정하여야 하는 바, 이를 위

한 가공중 공구마멸 및 파손상태에 대한 정보등 제반 관리가 이루어져야만 공구의 과도한 마멸 및 파손을 가공중 예측 또는 감지할 수 있어 적시에 공구교환을 수행하여 불량제품의 발생과 아울러 완벽한 무인가공이 실현될 수 있다. 즉 생산공정의 자동화 및 최적화, 제품의 고도화, 그리고 기계사용의 안정성면에서 인 프로세스(In-Process) 공구마멸 및 파손검출의 측정 필요성이 강력히 대두되고 있다¹⁾²⁾³⁾

지금까지의 공구마멸 측정은 직접 및 간접적인 방식으로 분류할 수 있다.⁴⁾ 직접적인 방식은

* 기계기술사(기계공작 및 공작기계), 한국과학기술대학 생산기계공학전공

** 삼영전자 공업주식회사 부설 삼승연구소 자동화 연구실

공구로부터의 마멸 손실량을 직접적으로 파악하는 방법으로서 광학적현상, 전기저항변화, 공기압센서, 방사선센서 등을 이용한 방법이며, 이러한 방법은 선삭과 같이 공구와 공작물이 접촉 상태에 있는 경우에는 온라인(On-line) 측정이 매우 어렵고, 측정장치의 설치에 비용이 많이 요구되며 많은 제약이 따르는 단점이 있다. 반면 간접적인 측정방식은 공구마멸과 공정변수와의 상관관계를 이용하는 방법으로서 절삭력(Cutting force), 진동(Vibration), 음향방출(Acoustic Emission), 절삭온도, 가공면의 거칠기, 칩의 형태 등을 이용한 기법들이 연구되고 있으나 공구마멸과 공정변수와의 상관성의 불완전함, 신뢰성등이 문제가 되어 아직 현장에서 실용화되지는 못하고 있는 단계이다.⁵⁾⁶⁾

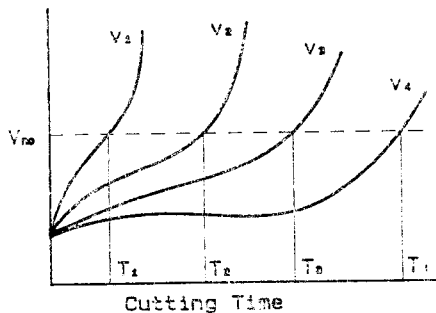
따라서 본 연구에서는 선반가공을 대상으로 절삭저항 센서에 의한 공구면의 절삭력을 검출하고 이를 전기적인 신호로 변화시키며 기준치와 비교하여 공구의 수명을 판정할 수 있는 공구수명 감지 시스템을 제작하고 그의 활용 가능성을

검토하였다.

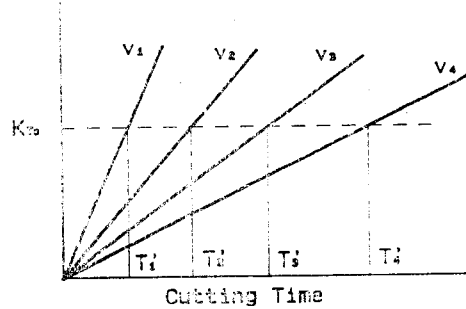
2. 공구수명의 판정과 절삭저항의 측정

공구의 수명은 절삭개시에서 공구교환까지의 총 절삭시간, 또는 총 절삭 거리로서 정의된다. 원리적으로는 공구수명 시간이 있는 이상 그것에 대응하는 마멸량은 반드시 존재하므로 어떤 경우에도 처음부터 정해진 마멸량에 도달할때까지의 절삭시간 또는 절삭거리를 공구수명으로 하고 있다.⁷⁾

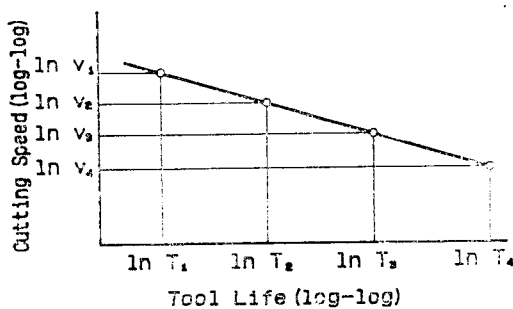
그 기준판정으로 발생위치에 따라 크레이터 마멸(Crater Wear) (K_T)과 플랭크 마멸(Flank Wear) (V_B)로 나뉘어진다. Fig.1(a)(b)의 초경공구 마멸값과 곡선에 대하여 수명판정 기준 $V_B=V_{B0}$, $K_T=K_{T0}$ 가 설정되었다고 하면 각 절삭속도에 대한 공구수명 시간이 그림과 같이 구하여진다. 여기서 수명시간과 대응하는 절삭속도를 양대수 눈금에 그림 (c)(d)와 같이 직선적 관계가 얻어진다. 즉 $VT^n=C$ 로서 V 는 절삭



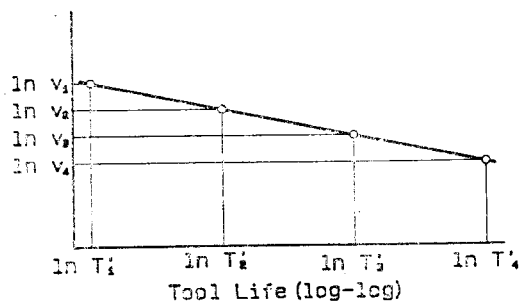
(a) Frank Wear



(b) Crater Wear



(c) Tool Life (Flank Wear)



(d) Tool Life (Crater Wear)

Fig. 1 Tool Life Curve of Carbide Tool

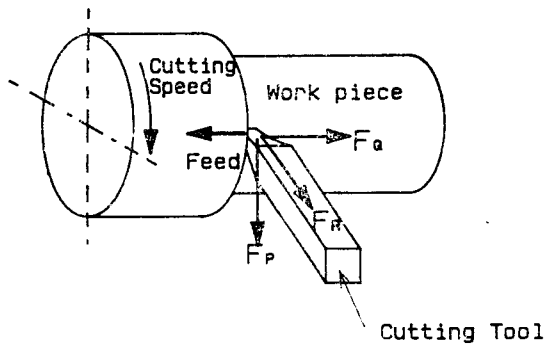


Fig. 2 Cutting Force

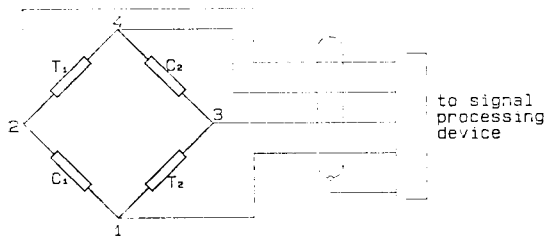


Fig. 3 Force Sensor Circuit Diagram

속도, T 는 공구수명, n , C 는 정수이다. 한편 절삭저항은 Fig. 2에서 나타나는 바와 같이 절삭 속도 방향의 힘 F_p , 이송방향의 힘 F_Q 와 F_P, F_Q 에 수직인 공구 상크 축 방향의 힘 F_R 로 표시된다. 이 경우 F_p 는 주분력, F_Q 는 이송분력, F_R 는 배분력이라 한다.

Fig. 3은 선삭 공구동력계의 일례로 인선하중의 외팔보에 스트레인게이지(strain gauge)를 접착하고, 브리지(bridge)회로를 조립하면 주분력 F_p 에 의하여 수감부에 생기는 스트레인은 게이지 T_1, T_2, C_1, C_2 에 의하여 얻어진다. 여기에서 T_1, T_2 는 인장스트레인, C_1, C_2 는 압축스트레인

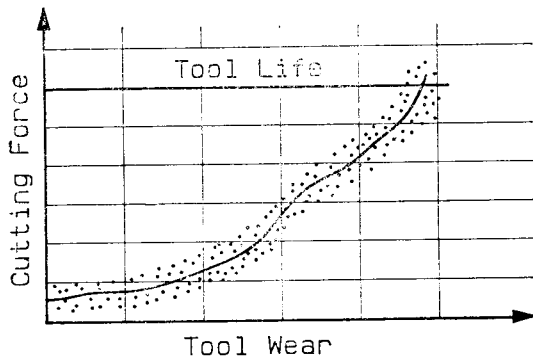


Fig. 4 Relation of Tool Wear and Cutting Force

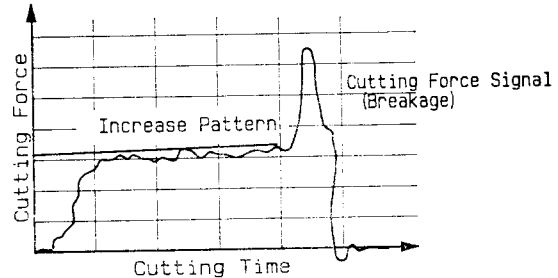


Fig. 5 Relation of Cutting Time and Cutting Force

을 받는다. 이 경우 F_p 에 의하여 T_3, C_4 는 인장 스트레인, T_4, C_3 는 압축 스트레인을 동시에 받는 것이 되지만 이 스트레인은 아주 적으며 브리지 조립에서는 각 게이지의 출력은 제거된다. 따라서 F_p 에 의한 F_Q 브리지 출력은 없으며 간섭은 생기지 않는다. Fig. 4는 공구마멸과 절삭저항과의 관계를 나타낸 것으로서 공구마멸이 증가하면 절삭력은 증가하게 되며 공구마멸이 기준값에 도달되었을때 절삭력 크기의 기준을 설정할 수 있다.⁹⁾ Fig. 5는 공구가 파손된경우의 절삭저항 형태를 나타낸 것이다. 절삭저항은 절삭시간이 경과함에 따라 증가추세를 보이거나 순간적으로 공구가 파손하면 절삭력의 급작스런 증가와 감소경향을 나타내고 있다.

3. 검출장치의 구성과 응용

3.1 구성

공구가 마멸되면 절삭력이 증가하고, 파손되면 급격한 증가와 감소현상이 나타나는 원리를 이용한 방법으로 본 검출장치는 Fig. 6에서 나타낸 바와 같이 Sensor-Transducer, Signal-Conditioning 및 Terminating Read-out의 3단계로 구성되어 있다. Sensor-transducer 단계는 신호를 검출하여 전환하는 단계로서 스트레인 게이지 센서에 의한 휘스톤 브리지 회로로 구성하였다. Fig. 7은 Signal-Conditioning 단계로 그의 목적은 Terminating Read out 단계가 받아들일 수 있도록 검출된 신호를 수정하는 단계이다. Fig. 8은 스트레인 게이지 전용앰프로 신호를 증폭하는 기능을 한다.

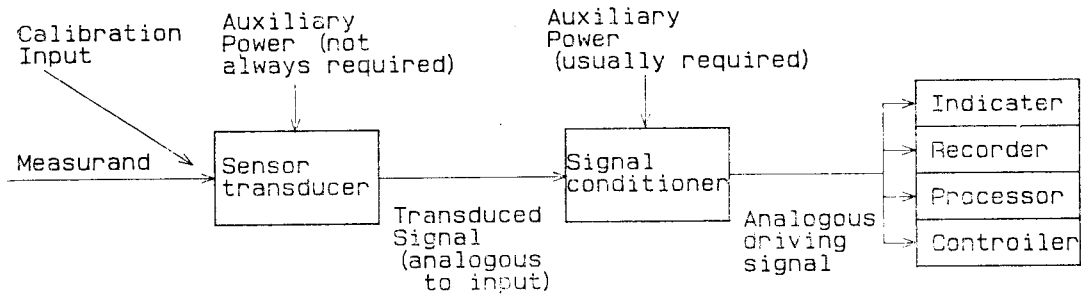


Fig. 6 Block Diagram of the Generalized Measuring System

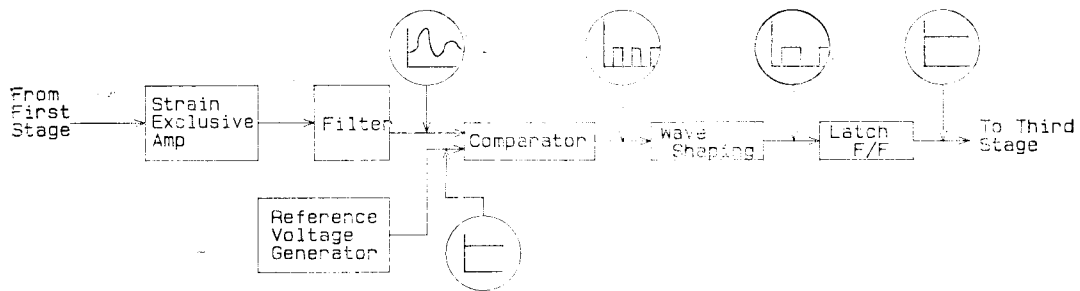


Fig. 7 Block Diagram of Signal-Conditioning Stage

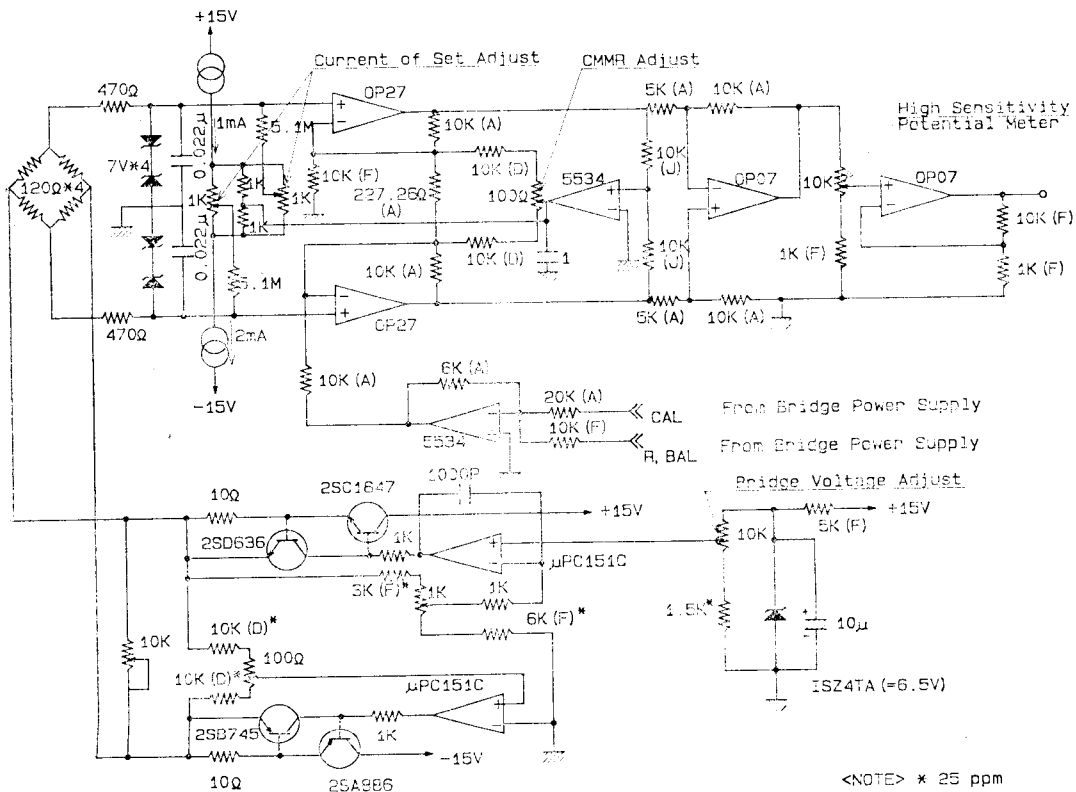


Fig. 8 Strain Exclusive Amp

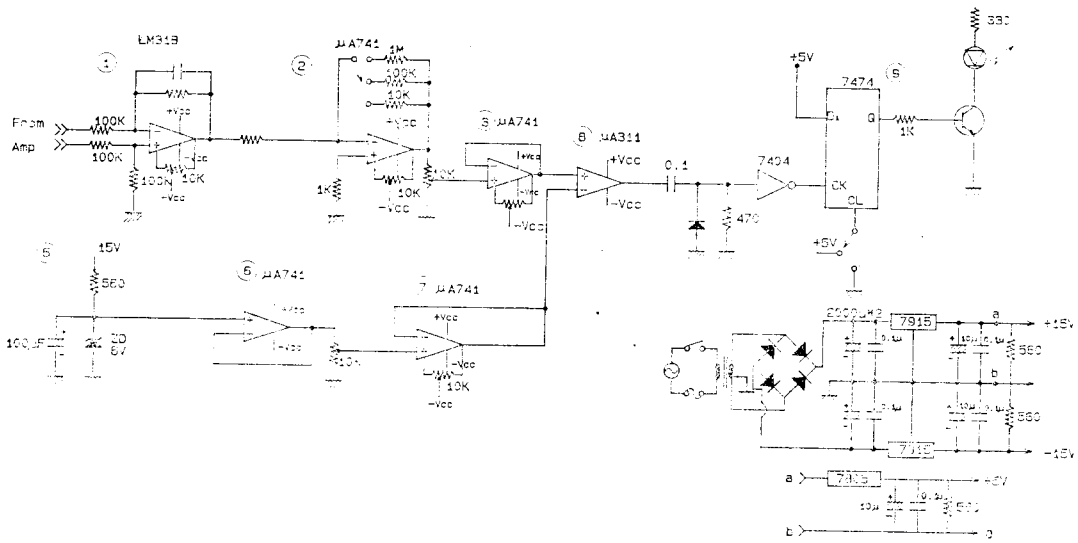


Fig. 9 Signal-Conditioning and Terminating Read-Out Stage

Fig. 9는 Signal-conditioning stage의 상세도이다.

Amp로 들어온 신호(V_i)는 ①에서 $V_{01} = -R_2/R_1 V_i = -100k/100k V_i = -V_i$ 의 크기의 ①에 입력된 신호와 같은 크기의 전압을 발생시킨다.

①의 출력신호가 ②에 입력되면, 스위치의 선택에 의하여 $1M\Omega$, $100k\Omega$, $10k\Omega$ 을 선택할 수 있는데 $10k\Omega$ 에 sw를 놓으면 ②의 출력은 $V_{02} = -10k\Omega/1k\Omega V_i$ 로 $100k\Omega$ 에 sw를 놓으면 $V_{02} = -100V_i$ 로 $1M\Omega$ 에 sw를 놓으면 $V_{02} = -1,000V_i$ 로 각각 10배, 100배, 1,000배 증폭된다.

이렇게 증폭된 신호는 가변저항기로 조정할 수 있고, 조정된 신호는 입력신호와 극성이 같고 단위증폭을 하는 unit follower에 가해진다.

unit follower는 입력 임피던스를 증가시키고, 출력임피던스를 감소시키는 특징이 있다. unit follower의 출력의 크기는 조정된 신호와 같다. 이 신호는 정삭절삭시 기준전압과 비교하기 위하여 비교기에 가해진다. 비교기를 OP Amp로도 구성할 수 있지만, LM306, LM311, LM393 및 NE529의 전용 비교기 IC를 사용하면, 일반 증폭용 OP Amp보다 유연성이 있는

출력회로를 구성할 수 있다.

3.2 응용결과

Fig. 10은 절삭 공구수명 검출장치로서 제작된 검출장치와 주변기기로 구성되어 있다. Sensor transducer에 의하여 절삭중 이상검출이 발생되면 경보신호가 발생되도록 하였다.

피삭제는 구조용탄소강으로 SM45C를 사용하였고 공구는 T, A 샤크에 초경공구 P20 ($0^\circ, 10^\circ, 6^\circ, 6^\circ, 15^\circ, 15^\circ, 0.4$), 이송 0.205mm/rev , 절삭깊이 2.0mm , 건식으로, 허용 Flank 마멸값 (V_B)은 0.4mm 로 하였다.

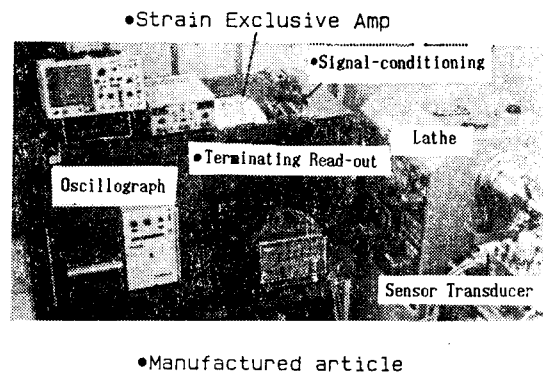


Fig. 10 Apparatus of Tool Detection System

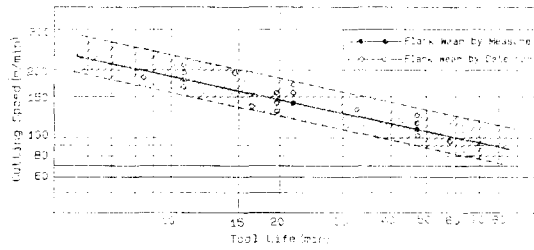


Fig. 11 Results of Tool Wear Detection

Fig. 11 은 공구마멸검출의 실험결과로 나타낸 것이다. 통상방법으로 얻어진 공구수명곡선을 실선으로 나타낸 것이며 각 절삭속도의 변화에 따라 10분 수명곡선은 190m/min, 20분 수명곡선은 140m/min로 나타나고 있다.

이상의 공구마멸 측정시 얻어진 주 절삭력을 기준으로 하여 검출장치에 의하여 나타난 결과는 점선범위내로 공구마멸측정치와 접근되고 있음을알 수 있다.

4. 결 론

본 연구에서는 선삭가공을 대상으로 절삭저항 센서에 의한 공구면의 절삭력을 검출하고 이를 전기적인 신호로 변화시키며 기준치와 비교하여 공구의 수명을 판정할 수 있는 공구수명감지 시스템을 제작하고 그의 활용성을 검토한 결과 절삭저항센서에 의하여 검출된 절삭저항이 설정된

기준치 이상으로 증가하면 비교회로에 의하여 공구교환여부를 판정하는 제반 측정시스템이 신뢰성있는 공구수명 판정시스템의 한 모델로서 제시되었다.

참 고 문 헌

- 1) K. Werner, Werkzeugüberwachungssysteme für die Drehbearbeitung, Doktor-Ingenieurs genehmigte Dissertation, T.H. Aachen, 1983.
- 2) C. Klaus, Werkzeugüberwachung beim Bohren und Fräsen, Doktor-Ingenieurs genehmigte Dissertation, T.H. Aachen, 1984.
- 3) J.I. Elgomayel and K.D. Bregger, On-Line Tool wear Sensing for Turning Operations, Transactions of the ASME, Journal of Engineering for Industry, Vol. 108, 1986, pp.44~47.
- 4) 氣多豊, FMSと工具監視技術, 機械と工具, No. 5, 1983, pp.32~38.
- 5) 北野彰彦, 中村示, 山本明, . AE信號における 繼續切削時の初期欠損の検出, 精密工學會誌, Vol. 52, No. 7, 1986, pp.59~65.
- 6) 전종업, 김승우, 절삭공구 플랭크마모의 광전자학적 측정시스템, 한국정밀공학회지, 제 4권 제 3호, 1987, pp.60~68.
- 7) 臼井英治, 切削研削加工學, 共立出版(株), 1971, pp.173~183.
- 8) Widatronic Werkzeugüberwachungs-systeme für Kollision, Bruch und Verschleiss, Firmenschrift der Krupp Widia, Essen, Nr. W. 2.3-25.1, 1987.