

## 이송량 조절에 의한 칩의 형태 제어 Control of Chip Form by Adjusting Feed-rate

전 재 역(부산대 대학원), 심 재 형(부산대 대학원), 권 혁 준(경주전문대), 백 인 환(부산대 공대)  
Jae-uhk Jun\*(Pusan Graduate School, Pusan Univ.), Jae-hyung Sim(Pusan Graduate School,  
Pusan Univ.), Hyeog-jun Kweon(Kyungju jr. College) and In-hwan Paik(Pusan Univ.)

### ABSTRACT

The continuous chip depresses the accuracy of workpieces and promotes the wear of machine tools and hurts operators. So chip control is a major problem in turning process. In this paper, a method of chip identification is developed by pyrometer. The identifier is applied in real-time control of chip pattern with adjusting feedrate.

**Key Words** : chip control(칩제어), chip form(칩형태), feed rate(이송량), pyrometer(복사온도계), Neural Network(신경망), Backpropagation(오류역전파)

### 1. 서론

현대 산업사회에서 기계적 생산의 궁극적인 목표는 가공정도의 향상과 생산성의 향상이다. 그리고 생산성의 향상은 작업자의 안전을 고려한 생산이 되어야 한다. 이로 인하여 공장의 무인화가 대표적으로 생산에서 이루어지고 있다. 무인화공장의 구성은 각 기계군의 제어와 각 기계가 가지고 있는 특성을 고려한 기계의 제어로 이루어진다. 여기서 각 기계의 제어에서 문제가 되고 있는 것 중의 하나가 각 기계에서 발생하는 칩과 칩 처리의 문제이다.

칩 제어의 문제점은 공장자동화 및 무인기계 뿐만 아니라 범용기계에서도 발생하고 있고 작업자의 안전에 큰 영향을 미치며 칩의 발생으로 인한 가공정도의 저하, 공구 마모를 촉진시키고 있다. 그러므로 칩의 처리는 현대의 절삭에서 중요한 요소로 대두되고 있다.

이에 많은 학자들이 경험적 데이터와 간단한 수학적 이론을 사용하거나 여러 가지 센서를 이용하여 절삭상태의 감시를 시도했으나 칩의 발생 및 성장 배출에 있어서 발생하는 문제는 다양한 이론과 조건을 수반하여 문제해결의 한계를 가지고 있다.

최근에는 이러한 문제를 해결하기 위하여 칩의 처리에 인공지능기법을 적용한 연구가 많이 수행되고 있다<sup>(1-3)</sup>. Ralston 등은 AE 신호를 퍼지인식기에도

입하여 칩형태를 인식하였다<sup>(4)</sup>. 백인환 등은 백프로 파게이션 알고리즘을 이용하여 칩의 형태를 인식하였다<sup>(5-6)</sup>.

본 연구에서는 복사온도계를 이용하여 각기 다른 종류의 피삭재의 가공에 있어서 발생하는 칩의 상태와 그에 따른 복사온도계의 출력값을 검토하고 칩형태를 실시간적으로 인식한 후 인식기로부터 얻어진 값을 토대로 각 부분에 발생하는 연속형 칩에 대하여 이송량 조절에 의해 칩의 형태를 인식하고 제어하며 아울러 칩형태제어기의 성능을 평가한다.

### 2. 이론적배경

#### 2.1 Chip의 분류

선삭시에 발생하는 칩은 유동형 칩이 발생하는 편이 공구마모나 절삭력의 측면에서는 유용하나 실제 선삭가공에 있어서, 연성재료의 고속절삭시는 대부분 긴 연속형 칩이나 리본타입의 칩이 형성되어 제품에 대한 손상뿐만 아니라 곧 칩이 뒤엉킨 등우리(nest) 형상으로 발전하기 때문에 공작기계의 능력을 가로막고 또한 작업자의 안전에도 위협적 요인이 된다. 그러므로 이런 칩 네스트를 제거하기 위하여 기계를 주기적으로 정지하여야 하므로 생산성의 저하와 무인화의 장애 요인이 되고 있다.

Lang 은 칩패킹비(R)를 다음과 같이 제안하여 만족스러운 칩 처리를 위해서는 R의 값이 4정도가 되어야 하며 이를 위하여 주기적으로 칩을 끊어주어야 한다고 주장하였다.

$$R = \frac{\text{volume of chip}}{\text{equivalent volume of uncut metal}}$$

한편, 칩의 형태는 CIRP(국제생산가공연구회), 일본기계진흥협회 및 INFOS(독일절삭정보센터) 등에 의해 분류되고 있지만 그 주류는 동일하므로 본 연구에서는 INFOS의 분류(Fig. 1참조)에 기초하여 칩상태를 판별하였다.

1		ribbon chips	unstable
2		tangled chips	
3		corkscrew chips	
4		helical chips	
5		long tubular chips	
6		short tubular chips	stable
7		spiral tubular chips	
8		spiral chips	
9		long comma chips	
10		short comma chips	

Fig.1 Classification of chip pattern(INFOS)

## 2.2 칩형태 인식 알고리즘

본 연구에서는 칩형태를 인식하기 위하여 시판된 적외선 복사온도계를 사용한다.

적외선복사온도계의 초점을 절삭점 부근에 한정하면, 이 시야에 체류하는 칩에서 발생하는 복사에너지를 측정할 수 있다. 이 에너지의 대소로 칩형태를 인식할 수 있다.

즉, 연속형 칩이 생성되어 칩이 엉킨다면 측정되는 에너지가 많이 측정되고, 절단된 칩이 발생하면 에너지가 적게 측정될 것이다.

하지만, 복사온도계에 의하여 측정된 복사에너지의 양으로 칩의 형태를 인식할 수 있다. 하지만 엄밀히 말하면, 복사에너지의 양은 복사온도계의 시야에 머무는 칩의 양을 판별한 것이지 칩의 형태를 판별한 것이라 할 수 없다. 따라서 본 연구에서는 전형적인 형태의 칩이 발생하는 구간에서의 복사에너지의 양을 감독데이터로 하는 신경망을 칩 형태인식

에 적용한다.

신경망은 칩의 생성과정에 관련된 수학적 지식이나 절삭인자들이 칩 생성에 미치는 영향에 대한 지식이 거의 없는 상태에서도 적용이 가능하고, 경향이 뚜렷한 패턴들로부터 학습을 통하여 가중치만 결정되고 학습과정 없이도 유사한 입력패턴에 대하여 그 결과를 추정할 수 있도록 자기조직화(self-organization)하는 이점이 있다.

본 연구에서 사용되는 신경망은 6개의 유닛을 가지는 입력층, 각각 10개의 유닛을 가지는 중간층, 3개의 유닛을 가지는 출력층으로 구성된다.

감독데이터를 얻기 위하여 실험에 사용된 각 재료를 전형적인 칩이 발생하도록 가공한 다음 이 데이터들의 부분평균값을 구하고 이 값들에 근접하는 패턴들을 추출한다. 학습속도를 높이고 각 재료에 대한 변형성분을 보정하기 위하여 각 데이터의 전체 평균값을 백 값을 감독데이터로 선정한다. 선정된 감독데이터는 table 1과 같다.

신경망의 학습은 감독학습법(supervised learning)을 이용한다.

Table 1 Supervised data for learning NN

Input Pattern						Desired Output			Result
$x_{t_n-5}$	$x_{t_n-4}$	$x_{t_n-3}$	$x_{t_n-2}$	$x_{t_n-1}$	$x_{t_n}$	Stable	Usable	Unstable	
0.366	0.366	0.367	0.369	0.370	0.370	0	0	1	Unstable
0.372	0.373	0.372	0.369	0.368	0.365	0	0	1	Unstable
0.382	0.382	0.381	0.380	0.381	0.381	0	0	1	Unstable
0.384	0.384	0.384	0.383	0.383	0.381	0	0	1	Unstable
0.375	0.374	0.372	0.370	0.371	0.372	0	0	1	Unstable
0.306	0.304	0.301	0.300	0.300	0.300	0	1	0	Usable
0.304	0.302	0.298	0.293	0.290	0.288	0	1	0	Usable
0.286	0.287	0.289	0.290	0.291	0.292	0	1	0	Usable
0.297	0.296	0.294	0.292	0.290	0.290	0	1	0	Usable
0.298	0.298	0.289	0.290	0.291	0.293	0	1	0	Usable
0.143	0.143	0.143	0.145	0.146	0.148	1	0	0	Stable
0.148	0.146	0.145	0.153	0.146	0.142	1	0	0	Stable
0.139	0.138	0.138	0.139	0.139	0.142	1	0	0	Stable
0.142	0.142	0.142	0.141	0.139	0.139	1	0	0	Stable
0.257	0.240	0.228	0.222	0.219	0.221	1	0	0	Stable

## 2.3 공구대의 이송량 조절에 의한 칩 제어

통상적인 칩 제어는 바이트의 표면에 흠을 파거나 장애물을 설치하여 칩의 곡률반경을 작게하여 칩을 절단하는 칩브레이커(chip-breaker)에 의한 방법이다. 이러한 방법은 각 절삭조건에 따라 공구를 교환해야 하고, 돌발적인 사고에 대비가 전혀 없기 때문에 생산성을 저하하고, 가공에 있어서 자동화의 장애요인이 된다.

따라서 본 연구에서는 신경망에서 인식된 칩의 형태를 이용하여 공구이송대의 위치를 역방향으로 계단 이송시켜 칩의 형태를 실시간으로 칩을 제어한다(Fig.2 참고).

연속형 칩이 발생하는 동안 절삭방향과 반대방향으로 순간적으로 계단이송을 주면 칩의 생성과정에 불연속 성분이 존재하게 되므로 칩의 분절을 발생시킬 수 있다.

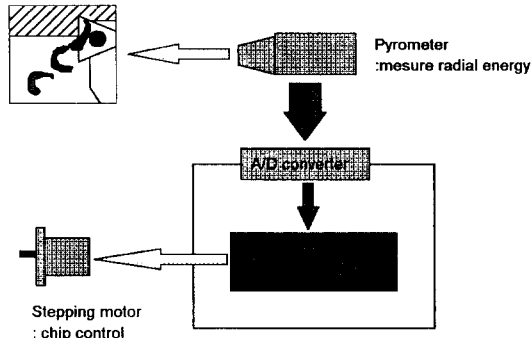


Fig. 2 Chip control system

### 3. 실험장치 및 실험

#### 3.1 실험장치의 구성

본 실험에서는 시판되고 있는 적외선 방사온도계 (Watlow Co.)와 스테핑 모터를 공구이송대에 장치하여 실험하였다.

선삭가공시의 이송량과 절삭깊이에 따른 방사온도계의 장치구성시 입사거리와 입사각도를 일정하게 하고 방사온도계를 절삭점 부근에 90°로 조사할 수 있도록 지지대를 공구 홀더에 직접 용접하여 설치하였다. 단 공구온도의 상승에 의해 방사온도계의 출력이 상승하는 것을 방지하기 위해 방사온도계의 시야부분은 주로 피삭재 위로 이동하는 칩 부분으로 하였다(Fig. 3참고).

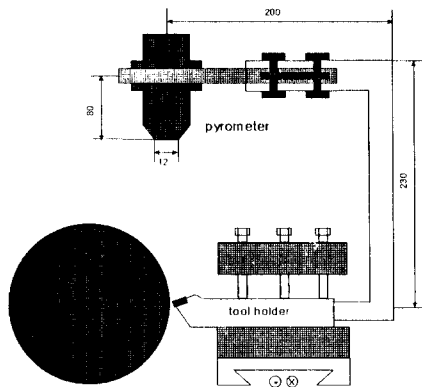


Fig. 3 Construction of pyrometer

복사온도계를 절삭시 칩이 머무르는 곳에 집적시킴으로써 칩에서 발생하는 방사에너지를 온도계가 포착하고 에너지의 대소를 측정한다. 이를 이용하여 칩의 양을 간접적으로 측정하고 이때의 칩 발생 정도를 이용하여 칩의 형태를 인식할 수 있다.

칩 형태의 제어를 위해서 Fig. 4와 같이 공구 이송대에 스테핑모터를 부착한다.

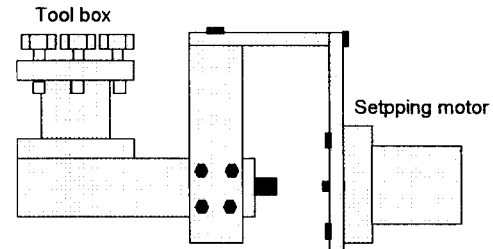


Fig. 4 Feeding system assembled stepping motor

#### 3.2 실험방법

SM45C, SM30C, SM20C의 3가지 구조용 강을 절삭실험을 통하여 칩 제어 성능을 평가한다. 이때 발생하는 복사에너지를 적외선 복사온도계로서 측정하고, 측정된 값을 신경망 인식을 통하여 인식하여 칩의 패턴을 판정한 후 PC를 통하여 공구 이송대를 제어하여 발생 칩의 패턴을 제어한다.

먼저 세 가지 재료를 0.073, 0.128, 0.255, 0.430, 0.511mm/rev의 이송으로 절삭하여 발생하는 복사에너지를 측정한다. 측정으로 구해진 데이터로 신호처리과정을 거쳐 감득데이터를 추출한다. 추출된 데이터로 신경망을 학습시켜 칩 제어를 구축한다.

구축된 제어를 실험을 통하여 평가한다.

### 4. 실험결과 및 고찰

아래 Fig. 5는 이송량이 0.128 mm/rev일 때 칩 형태 제어를 행하지 않았을 때, 복사온도계의 출력과 칩형태의 인식결과이다. 이송속도가 저속이므로 Fig. 1에서 unstable 영역에 해당하는 칩들이 생성되었었고, 칩의 인식결과도 이 사실에 잘 일치한다.

생성되는 칩을 주기적으로 절단하지 위하여 이송량을 조정된 경우의 결과가 Fig. 6이다. 그래프에서도 잘 나타난 바와 같이, 칩의 인식결과가 unstable이 나온 영역에서 역방향으로 이송을 주어 칩이 잘 절단되는 것을 볼 수 있다.

그림에서 반복적으로 unstable한 구간이 나타나는 이유는 단속적인 역방향 이송에 의하여 칩이 분절된

후 다시 인식기가 인식 결과를 출력할 때 까지 시간이 걸리고, 또 제어기가 역방향이송을 추종하는 데 까지 걸리는 시간 때문이라 생각된다.

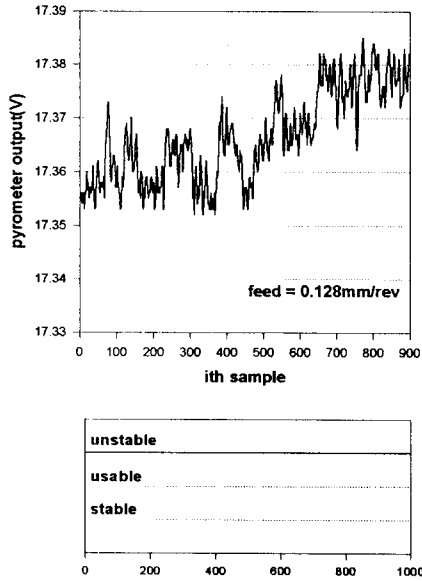


Fig. 5 Pyrometer output and chip patterns for SM45C without chip control

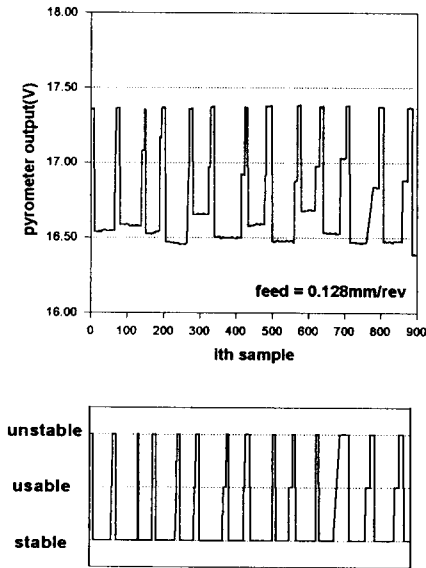


Fig. 6 Pyrometer output and chip patterns for SM45C with chip control

아래 Fig. 7, Fig. 8, Fig.9, Fig.10은 각각 SM30C와 SM20C의 칩 제어를 행한 것과 행하지 않은 복사에너지의 양이다. SM 45C보다 무른 재료이므로 복사에너지의 평균값이 낮게 측정되었다. 아래의 결과에서도 칩 제어를 행하면 복사에너지의 양이 줄어들어 칩 제어가 성공적으로 수행되고 있음을 볼 수 있다.

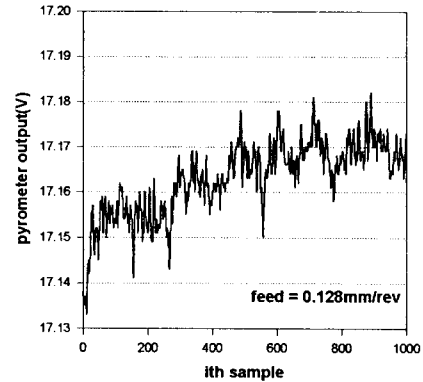


Fig. 7 Pyrometer output for SM30C without chip control

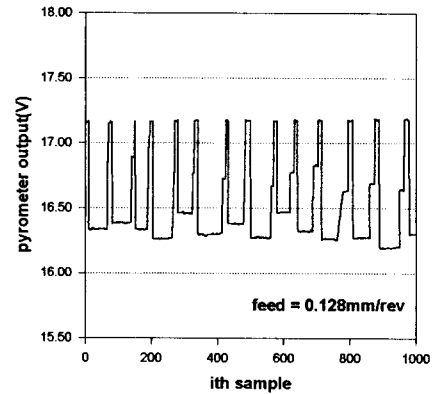


Fig. 8 Pyrometer output for SM30C with chip control

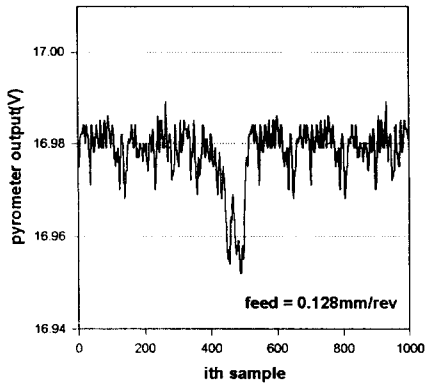


Fig. 9 Pyrometer output for SM20C without chip control

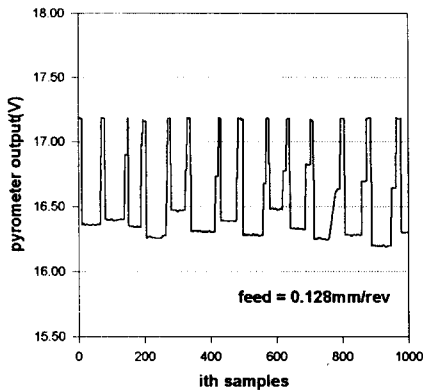


Fig. 10 Pyrometer output for SM20C with chip control

## 5. 결론

본 연구에서는 복사온도계를 통해서 측정된 데이터를 신경망 인식기에 입력하여, 인식된 결과를 공구이송대의 제어에 이용하여 다음의 결론을 얻을 수 있었다.

[1]여러 가지 칩의 발생 형태에 따른 복사에너지의 차이로 칩 형태를 인식하였다.

[2]적외선 복사온도계의 출력값을 통하여 인식된

연속형 칩을 공구 이송대의 역 계단 이송으로 제어하여 분절형 칩을 생성시켰다.

[3]세 가지 다른 재료를 통한 절삭실험에서 칩 제어가 수행됨을 확인하였다.

## 참고문헌

- 1.Sawai Sukivittayawong, Ichiro Inasaki, "Identification of Chip Form in Turning Process", JSME Vol.34,No.4,1991,pp.553-560.
- 2.D.Dornfeld, "Neural Network Sensor Fusion for Tool Condition Monitoring", Annals of the CIRP, Vol.39,No.1,PP101-105, 1990.
- 3.Y.L Yao, et al., "Assessment of Chip Firming Patterns with Tool Wear Progression in Machining via Neural Networks", Int.J.Mach. Tools Manufact., Vol.33,No.1,pp.89-102,1993.
- 4.PAS Ralston, KE Stoll, TL Ward, "Fuzzy Logic Control of Chip Form During Turning",Computer ind. Engeer., Vol.22, No.3,pp.223-230, 1992.
- 5.백인환 외 3인, "방사온도계에 의한 칩형태 인식", 한국정밀공학회, 제13권, 제 7호, pp.59-65,1996.
- 6.백인환 외 2인, "백프로파게이션 알고리즘을 이용한 칩형태 인식", 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, pp.206-211,1996.