

# 다구찌 기법을 사용한 절단 바이트의 칩 브레이커 형상에 관한 연구

신현수\*, 허용정\*\*

한국기술교육대학교 대학원\*, 한국기술교육대학교

메카트로닉스공학부\*\*

[overshine@kut.ac.kr](mailto:overshine@kut.ac.kr)\*, [yjhuh@kut.ac.kr](mailto:yjhuh@kut.ac.kr)\*\*

## A Study on the Geometry of Chip Breaker of the Cut-off Tools Using Taguchi Method

Shin, Hyunsoo\*, Yong-Jeong Huh\*\*

Graduate School KUT\*, School of Mechatronics KUT\*\*

### 요약

본 논문에서는 무인 생산 공정의 선삭 가공 시 발생하는 칩의 처리에 관한 연구를 수행하였다. 선삭 시 발생하는 칩은 부품의 정밀도와 표면 조도를 저하시키는 등 품질 저하와 함께 생산성을 저해하는 요소가 되기도 한다. 이러한 칩을, 칩 브레이커를 사용하여 작은 곡률 반경으로 절단함으로써 칩 제거를 효율적으로 제어한다. 그와 함께, 다구찌 기법을 적용하여 최적의 조건으로 칩 브레이커 형상 설계 인자를 도출하는데 그 목적이 있다.

### 1. 서론

생산 공정이 무인화 및 자동화가 되어가면서 절삭가공(선삭가공)시 발생하는 칩의 처리가 생산성 향상과, 높은 품질 유지를 위해서 필수적이라 할 수 있다. 이러한 선삭작업 시 발생하는 칩은 작업자에게 큰 손상을 줄 수 있고, 부품의 정밀도와 표면 조도를 저하시키는 등의 여러 가지 문제를 발생시킨다. 또한 절단 바이트는 흠 가공이라는 특수한 이유로 칩이 휘말려 들어갈 가능성이 높다.

자동화 공정에서 칩 제거의 문제로 인해 공정이 중단된다면 생산성이 크게 저하된다. 이러한 문제를 해결하기 위해 칩 형상의 제어가 필요하다. 칩의 절단을 통해 칩 처리를 원활하게 할 수 있다. 칩의 형상에 영향을 미치는 요소는 공구재료와 형상, 절삭 저항, 절삭속도, 이송속도, 절삭온도, 공구형상과 절삭유제 등의 인자들이다. 칩 제거는 우선 칩의 절단성에 의존하며, 칩 절단성은 칩의 형상 및 크기에 따라 이루어지고 있으나 이에 대한 평가의 기준은 마련되어 있지 않다. 본 연구에서는 공구 형상, 피삭

재의 재질, 절삭 조건 등을 변화시켜 칩의 만곡과 절단을 관찰하고 칩 브레이커 형상 변화를 통해 적절한 칩 브레이커의 형상을 연구해 보고자 한다.

또한 칩 브레이커 형상이 칩의 형상에 미치는 영향을 고려하여 최적의 칩 브레이커 형상을 다구찌 기법을 사용하여 연구해 보고자 한다. 실험 결과는 최적의 칩 브레이커 설계를 위한 데이터를 제공할 수 있다고 본다.

### 2. 칩 브레이커 형상 연구

#### 2.1 칩 브레이커

칩 브레이커는 칩을 짧은 길이로 절단되도록 칩의 흐름방향과 반지름을 제어하는 역할을 한다. 칩 브레이커의 설계와 함께 칩이 공구 표면을 지나 적절한 경로를 따르도록 올바른 형상의 공구를 선택할 필요가 있다. 절삭이 진행됨에 따라 칩의 곡률 반지름이 점차 증가할 것이다. 이렇게 칩 곡률 반지름이 점차적으로 증가하면 칩의 응력이 점차 커지고, 어느 정도의 크기에 도달하면 결국 칩의 절단이 이루

어진다. 칩이 자연적인 굴곡을 가지지 않고, 칩 브레이커가 없다면, 직선형 또는 리본형의 칩이 생성된다.

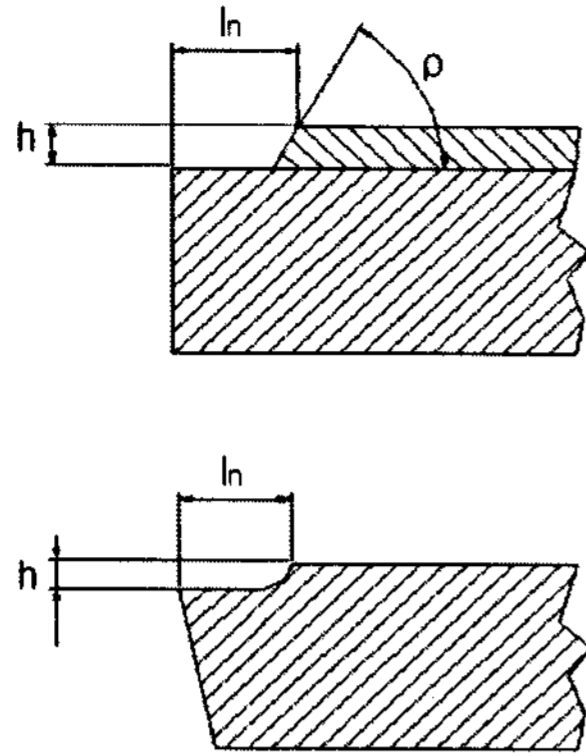


Fig 1. 방해물형 칩 브레이커

절삭이 진행됨에 따라 공구의 마모는 필연적이다. 따라서 공구 경사면 상에 크레이터가 형성된다. 이 크레이터의 모양은 굴곡 된 칩의 형상을 따르므로 칩 브레이커는 마모진행에 영향을 줄 것이다. 반대로 평탄 공구 위에 크레이터가 형성되면 크레이터는 결국 칩 브레이커로서 작용하게 된다. 방해물형 칩 브레이커가 홈형 칩 브레이커에 비해 공구 표면의 마모율을 감소시킨다.[2] 또한 칩 절단이 진행되면서 크레이터가 발생됨에 따라 방해물형으로 칩 브레이커의 형상을 결정한다.

### 2.2 칩의 형상 예측

공구 설계 시 칩 절단성능을 예측하는 것이 가능하진 않다. 하지만 칩 브레이커를 사용했을 때 칩 곡률 반지름은 어느 정도 예측이 가능하다. 방해물형 칩 브레이커의 경우, 칩이 칩-공구 접촉영역의 끝에서 공구 표면을 떠나 굴곡 되기 시작해서 칩 브레이커를 통과할 때까지 일정한 곡률 반지름을 유지한다. 곡률 반지름  $r_{chip}$  은 다음 식과 같다.

$$r_{chip} = \frac{(l_n - l_f)^2}{2h} + \frac{h}{2} \quad (1)$$

여기서  $l_n$  = 칩 브레이커 길이  $l_f$  = 칩-공구 접촉 길이  $h$  = 칩 브레이커 높이. Creveling, Jorden, 그리고 Thomsen[3] 은 칩-공구 접촉 길이를 조사하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

$$\frac{l_f}{a_o} = K \quad (2)$$

여기서 식 (1)은 다음과 같이 된다.

$$r_{chip} = \frac{(l_n - Ka_o)^2}{2h} + \frac{h}{2} \quad (3)$$

이들은 강(steel)의 경우 K가 1이고, 비록 K값이 모든 상태와 재료에서 1이 아니라 하더라도, K값이 바뀌지 않는 것 같다는 것을 지적하였다. 그러므로 실제적으로  $l_f/a_o$ 는 1이라고 가정하는 것이 합리적이다. 그러면 식 (3)은 다음과 같다.

$$r_{chip} = \frac{(l_n - a_o)^2}{2h} + \frac{h}{2} \quad (4)$$

### 2.3 실험 방법

#### 2.3.1 실험 모델

칩 브레이커의 형상은 방해물형 중의 일체형인 Fig 1의 아래쪽 형상을 따른다. 칩은 Fig 2와 같이 만곡 초기를 거쳐 피삭재와 충돌 후 곡률 반경이 성장한다. 칩이 충돌 하여 곡률반경  $\rho$ 는 만곡에 이른다.

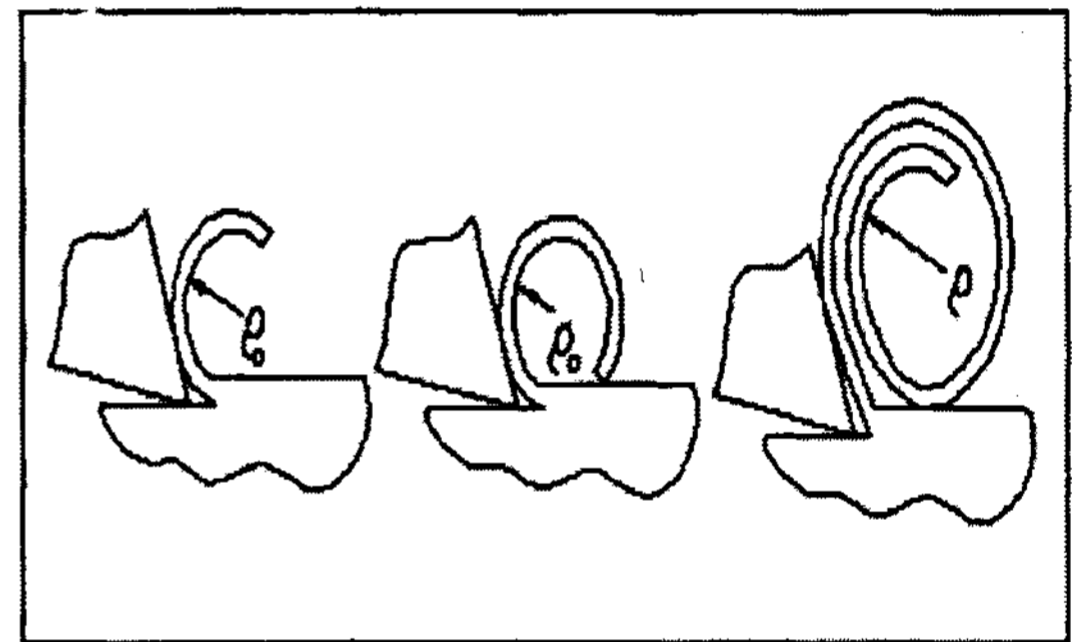


Fig 2. 칩의 만곡

칩은 항상 곡률 반경  $\rho_o$ 를 유지하려는 성질 때문에 바이트 면 상에서 반대로 굽힘을 받아 소성변형이 일어난다. 또한 칩은 절삭면 사이에 작용하는 굽힘 모멘트가 한계에 이르면 절단된다. 이러한 칩의 절단을 관찰하기 위해 칩 브레이커를 홈 바이트에 형성한다.

#### 2.3.2 다구찌 기법

다구찌 설계법의 실험과 설계의 최적조건을 결정하는 기준은 특성치의 산포도로 결정하는데, 특성치의 산포도가 가장 적은 실험조건으로 설계 인자의 최적조건을 결정한다. 이때의 특성치의 산포도는 SN비에 의해 알 수 있다. 칩 만곡의 핵심 요소인 칩 브레이커의 형상이 칩 곡률 반경에 끼치는 영향을 고찰하는 경우, 특성치인 곡률 반경은 작을수록 좋은 결과라고 생각하여 망소특성을 적용하였다.

### 2.3.3 설계 인자와 직교 배열표

칩 브레이커의 설계에 사용된 인자는 Fig 1.에서 제시된 칩 브레이커의 랜드폭  $l_n$ 과 높이  $h$ , 회전속도 rpm, 이송속도 feed(mm/rev)로 지정하여 변화 시켰다. Table 1.과 같이 4개의 설계 인자들은 각각 3수준계(levels)로 지정하였다. 이와 같이 총 4개의 설계 인자들을 3수준으로 나누어 3수준 직교 배열표인  $L_9(3^4)$ 형을 사용하였으며 Table 2.에 나타내었다.

Table 1. 인자의 수준별 배치

인자 \ 수준	Level 1	Level 2	Level 3
A : $l_n(mm)$	0.80	1.00	1.20
B : $h(mm)$	0.17	0.20	0.23
C : rpm	350	450	630
D : feed(mm/rev)	0.1	0.12	0.14

Table 2. 직교 배열표

실험 번호 \ 인자	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

### 3. 실험 결과

우선 대조군으로서 칩 브레이커가 없는 절단 바이트로 동일 실험을 시행하였다. 결과는 예상했던 대로, 형성된 칩들은 리본형의 긴 형의 모습을 띄었다. Table 3.과 Fig 3.에 실험 결과를 나타내었다.

Table 3. 칩의 곡률과 두께.

실험	Rp(mm)	t(mm)	칩의 형태	S/N Ratio
1	0.467	0.107	나선형	9.4018
2	-	0.124	스넬드형	18.1316
3	2.73	0.084	리본형-스넬드형	-5.7171
4	1.775	0.064	리본형-스넬드형	-1.9793
5	0.709	0.128	아크형-분리형	5.8581
6	1.5	0.14	나선형-원뿔형	-0.5492
7	-	0.115	절편형	18.786
8	0.562	0.19	나선형	7.5456
9	1.5	0.107	나선형	-0.5336

$l_n$ 이 수준1의 실험인 1,2,3번 실험에서 SN비가 가장 높게 나옴을 알 수 있다. 칩의 형상으로 보았을 때 1,6,8,9번 실험의 칩이 바람직한 형태로 잘려 나왔음을 알 수 있다. 2번과 3번 실험의 경우는 Fig 3.에서와 같이 형태가 스넬드 형태로 바람직하지 않다. 칩 브레이커가 작용을 하지 못한 듯이 곡률이 생성되지 않았음을 알 수 있다.

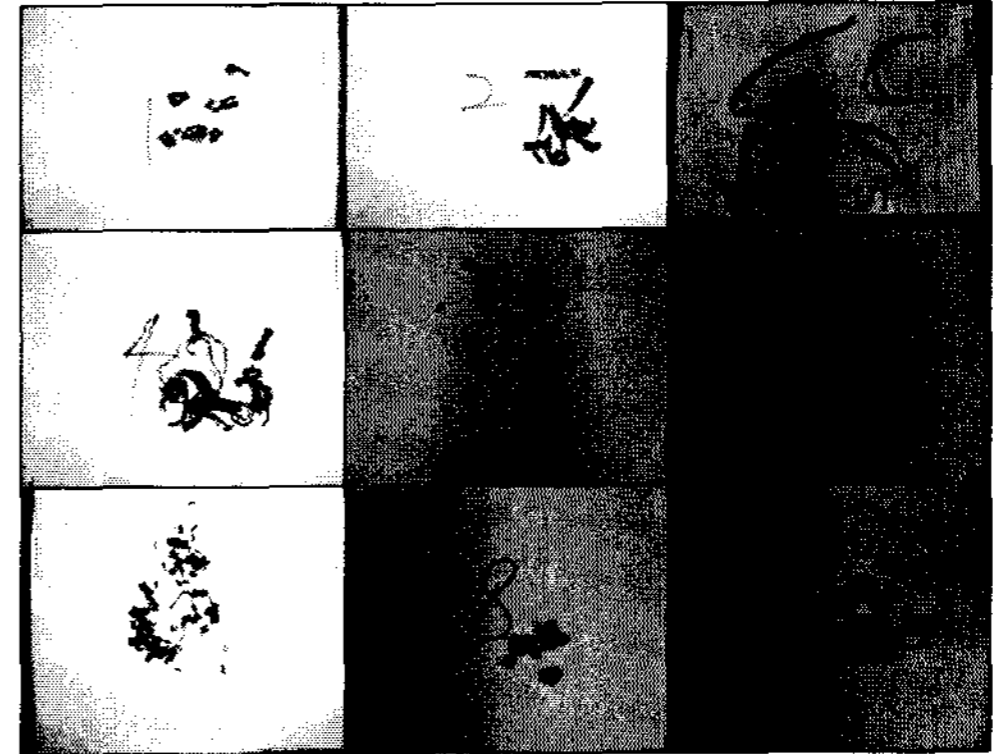


Fig 3. 칩의 형상

### 4. 결론

실험 결과에서 나타난 곡률 반경보다는 칩의 형태가 더 실험 결과로서 가치가 있었다. 나선 형태의 칩이 위험성 측면과 칩 제거 측면에서 좋다. 그런 면에서 1, 6, 8, 9번 실험이 좋은 실험이라고 추측할 수 있다. 또한 그 실험들에서의 절삭 속도는 수준 2 이하로 지정되어있다. 홈 가공 시 절삭속도가 빠를 수록 기구 진동이 커져서 칩 브레이커의 기능이 원활하지 않다는 것을 알 수 있다. 절삭속도가 수준 3으로 지정된 5, 7번 실험에서 연속형의 칩이 생성되지 않고 잘게 끊기는 칩이 생성된 것도 그런 영향일 것이라고 추측된다. 따라서 저속(수준2 이하)에서 칩 브레이커의 성능을 평가 했을 때, 1번과 8, 9번 실험이 가장 좋은 실험이라고 판단된다.

칩의 형상 관찰로 보아, 1, 8, 9번 실험 중에 8, 9번 실험이 나선형태로 적절한 모양을 하고 있다. 곡률은 다른 실험과 비교하여 작다고 할 수는 없지만, 절단 형태로 보아 크게 문제되지 않는다고 생각된다. 따라서 실험 모델 8, 9번 어느 것을 선택해도 무리가 없다고 생각되나, 가공 정밀도 면에서 절입량이 적은 9번 모델을 선정하는 것이 바람직하다.

참고 문헌

- [1] G. Boothroyd, Winston a. Knight : Fundamentals of Machining and Machine Tools. 2nd Edition.
- [2] Reinhart, L. E., and G. Boothroyd : Effect of Chip Forming Devices on Tool Wear in Metal Cutting, Proc. 1st No. Amer. Metalworking Res. Conf., Hamilton, Ontario, vol.2, p.13, May 1973.
- [3] Creveling, J. M., T. F. Jordan, and E. G. Thomsen : Some studies of angle relationships in metal cutting, Trans. ASME, vol.79, no.1, pp127~137. January 1957.