

선삭에서 비철금속 절삭용 공구의 개발

Development of Cutting Tool in Non-ferrous Metals at Turning

정진서 · 전재익 · 하만경

J. S. Chung, J. U. Jun and M. K. Ha

Key Words : Side rake angle (측면경사각), Feed rate adjustment(이송량조정), Iron metal(철금속), Non ferrous metal(비철금속)

Abstract : Not only ferrous but also non ferrous materials such as aluminum, brass, plastic and woods need cutting operation in recent manufacturing industry. Over the past few years a considerable number of studies have been made on non ferrous metal cutting. But more study is required to meet various engineering needs. The purpose of this paper is to preform an experiment on the influence of feed rate adjustment and side rake angle in turning operations from non ferrous metals. As a result, the surface roughness was reduced when a side rake angle increases and feed rate decreases in the case of the plastic, brass, aluminum, and paulownia. Therefore, this papers develop a new type bite that be used to adjust side rake angle.

1. 서 론

현대 산업의 생산구조는 기계가공을 주로 하는 제조업을 바탕으로 하여 발전하여 왔으며 그 중에서도 철계 금속 위주의 가공이 주류를 이루고 있으며 이에 대한 연구도 활발히 진행되어 왔다.^(1~3)

그러나 현대의 산업사회에서는 여러가지 재료가 개발되고 수요자의 다양한 요구에 의하여 철계 금속류의 가공품 뿐만 아니라 알루미늄이나 그 합금 또는 구리합금류, 플라스틱류 및 목재에 이르기까지 다양한 종류의 재료를 이용한 기계부품과 그 생산품이 필요로 하게 되었다.^(4,5)

이로 인하여 이에 대한 기초기술, 응용기술 및 가공시스템, 개발에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.^(6~8) 그러나 이런 비철계 금속 및 비금속의 절삭가공 등에 있어서 그에 맞는 적당한 절삭공구나 절삭조건 및 그와 관련한 연구가 부족한 것도 현실이다.

그리고 이러한 절삭에 관련된 실험값들은 대부분 절삭공구 제조회사들이 약간의 자료를 가지고 있으며 제조회사 또한, 충분한 데이터의 확보가 되어 있지 않은 것이 현재의 실정이다.

또한, 표면정도의 향상을 위한 현재의 절삭 메카니즘은 공작기계를 이용하여 공구의 설치각을 변화시켜 가공하는 방법을 주류로 하여 발전하고 있으며, 이에 따라 자동화에도 많은 적용을 하고 있다. 그러나 이러한 공작기계를 이용한 바이트의 절삭각 변화는 자동화 된 고가의 장비에서는 도입가능하지만 저가의 범용 및 NC 기계에는 적용이 어려운 것이 현실이다.

이에 따라 선삭에서 다양한 재질의 가공물에 적용 가능한 선삭용 공구의 개발이 필요할 것이다. 그러므로 본 연구에서는 현재 사용되고 있는 비철계 금속 중 가장 많이 사용되고 있는 알루미늄합금 및 황동 그리고 비금속류 중 플라스틱과 목재(오동나무)의 선삭시 보다 나은 표면정도를 얻을 수 있는 새로운 선삭용 공구의 개발을 목적으로 하였다.

이에 각각의 재종에 대하여 개발한 절삭공구의 적용으로 얻어진 표면 거칠기를 비교 분석하고 앞으로 선삭용 공구의 개발방향을 제시하였다.

접수일 : 2001년 9월 3일
정진서 : 부산기능대학 전산응용기계과
전재익 : 부경대학교 대학원
하만경 : 부경대학교 기계공학부

2. 선삭가공물의 표면거칠기

2.1 이송량 변화에 의한 표면조도

절삭가공물의 표면거칠기는 이론적으로 공구 인선부의 형상과 이송량의 크기에 따라 기하학적인 파형곡선을 형성하고, 곡선의 정점의 높이가 이상적인 선삭 표면거칠기 H_{max} 는 다음과 같이 전개된다.

2.1.1 이송이 작은 경우 ($f \leq 2R \sin Ce$, Fig.1)

이송이 극히 작고 거칠기의 산모양이 원호인 경우는 H_{max} 는 식(1)과 같다.

$$\begin{aligned}
 H_{max} &= R(1 - \cos \delta) \\
 &= R(1 - \sqrt{1 - \sin^2 \delta}) \\
 &\approx \frac{R}{2} \sin^2 \delta \\
 &= \frac{f^2}{8R}
 \end{aligned} \tag{1}$$

2.1.2 이송이 큰 경우 ($f \geq 2R \sin Ce$, Fig.2)

이송이 다소 클 경우 부절인각(End cutting edge angle; Ce)이 가공물 표면조도에 영향을 주며 H_{max} 는 식(2)와 같다.

$$\begin{aligned}
 H_{max} &= R \left[1 - \cos Ce \left(1 - \frac{f}{R} \sin Ce \right) - \sin Ce \right. \\
 &\quad \left. - \sqrt{2 \frac{f}{R} \sin Ce - \left(\frac{f}{R} \sin Ce \right)^2} \right] \\
 &= R \left[1 - \cos Ce + T \cos Ce \right. \\
 &\quad \left. - \sin Ce \sqrt{T(2-T)} \right] \\
 \text{여기서 } T &= \frac{f}{R} \sin Ce
 \end{aligned} \tag{2}$$

2.1.3 노즈 반경(Nose Radius)이 0인 경우

Fig. 3과 같이 노즈반경이 없는 경우는 주절인각(Side cutting edge angle; Cs)과 부절인각(End cutting edge angle; Ce)이 표면거칠기에 영향을 주므로 H_{max} 는 식(3)과 같다.

$$\begin{aligned}
 H_{max} &= f \frac{\sin Ce \cos Cs}{\cos(Ce - Cs)} \\
 &= \frac{f}{\cot Ce + \tan Cs}
 \end{aligned} \tag{3}$$

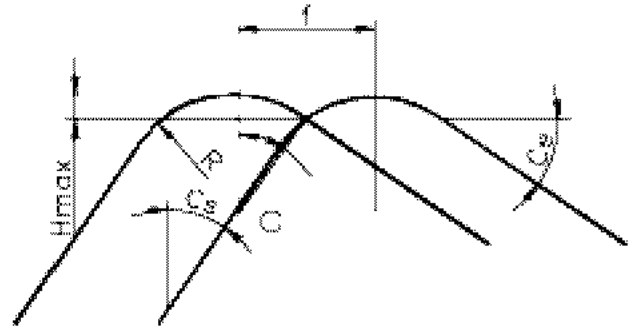


Fig. 1 Idealized model of surface roughness in cylindrical turning ($f \leq 2R \sin Ce$)

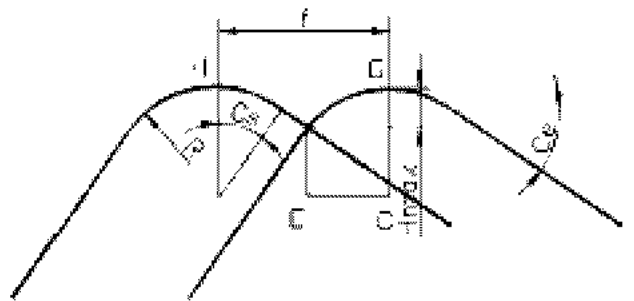


Fig. 2 Idealized model of surface roughness in cylindrical turning ($f \geq 2R \sin Ce$)

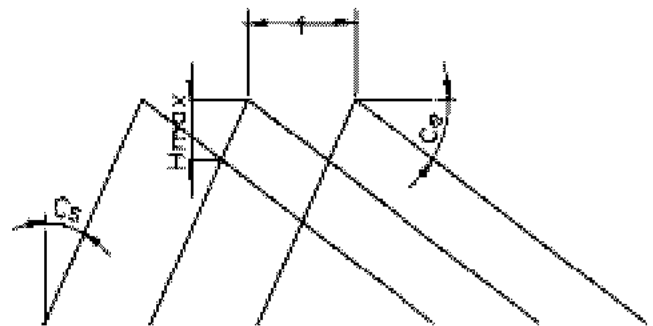


Fig. 3 Idealized model of surface roughness in cylindrical turning (Nose radius 0)

일반적인 강 의 절삭에서 위의 이상적인 표면거칠기의 절삭조건 중 일반적으로 가장 많이 사용되는 것은 Fig. 1과 Fig. 2의 절삭상태이다. 그러므로, 이송량이 크고 공구의 노즈반경이 작을수록 표면거칠기는 증대된다. 또한, 절삭 폭, 절삭속도, 절삭유체, 공구 및 재료의 재질 등이 거칠기에 미치는 영향이 크게 되는 것으로 이론적으로 밝히고 있다. 그러나 황동, 알루미늄, 플라스틱, 목재 등의 비철금속 및 비금속등의 재종에서는 이러한 식이

금속 및 비금속 절삭용 바이트는 ASME에서 분류된 각각의 바이트에 모두 적용할 수 있는 형태로 고안하였으며, 여러 가지 형태의 바이트에 적용할 수 있어 다양한 형태의 바이트를 이용하여 보다 나은 표면정도를 얻을 수 있고 능률적인 선삭가공을 할 수 있는 형태로 제안하였다.

3. 선삭용 공구의 제작 및 실험

3.1 공구의 제작

본 연구에서 개발한 공구는 앞에서 언급한 것과 같이 황삭 및 정삭용 공구로써 가장 특이한 기능은 바이트의 측면 경사각을 사용재료에 따라 조정할 수 있으며 또한, 사용자의 경험 및 보유 데이터에 따라 측면경사각을 조정할 수 있는 형태로 고안하였다.

Fig. 7에 그 형태와 구조를 나타내었다.

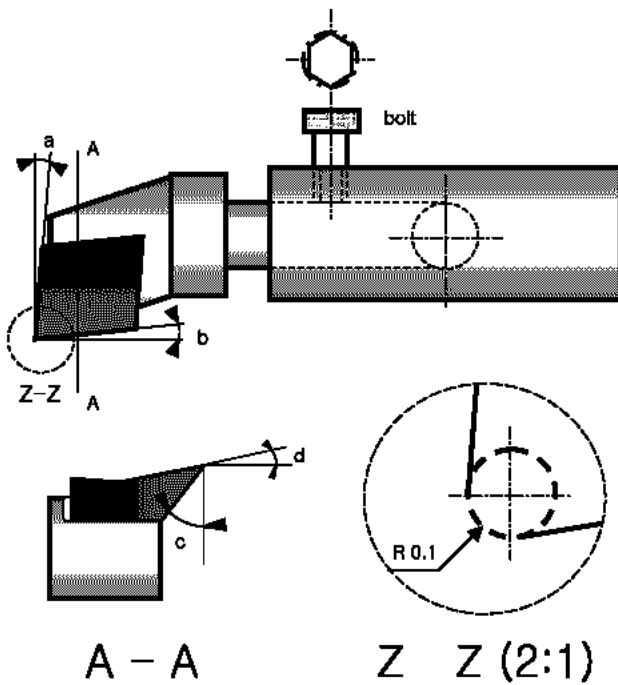


Fig. 7 Shape of cutting tool system

3.2 개발공구의 검증 및 실험

본 연구에서는 개발한 비철금속의 선삭용 바이트를 이용하여 비철금속 중 산업현장에서 선삭에 많이 이용되고 있는 대표적인 재료 4가지를 선정하여 이송량조정과 측면경사각 변화에 따른 표면거칠기를 비교하였다. 그리고 Table 1에 실험에 사용된 4가지 재종을 나타내었다.

또한, 본 실험에서 바이트의 측면 경사각 변화는

0°에서부터 50°까지 각각의 구간을 5°씩 변화시켜가면서 4가지의 각기 다른 재종에 대하여 총 11단계의 바이트 각도를 선정하여 실험하였으며, Table 2, 3에 4가지 재종에 대하여 실험에 사용한 절삭조건을 나타내었다.

Table 1 Material of used experiment

No.	Material	Disposition	Size
1	Aluminum	2024	Φ50×50
2	Brass	C3604	Φ50×50
3	Plastic	PET	Φ50×50
4	Wood	Paulownia	Φ50×50

Table 2 Cutting condition of feed rate adjustment

Cutting speed(m/min)	235
Depth of cut(mm)	0.5
Feedrate(mm/rev)	0.66 ~ 0.060 12 step
Side rake angle(°)	0

Table 3 Cutting condition of side rake angle adjustment

Cutting speed(m/min)	235
Depth of cut(mm)	0.5
Feedrate(mm/rev)	0.060
Side rake angle(°)	0 ~ 50 11 degree

그리고 실험 후 가공물의 측정은 측정식 조도계를 이용하여 최대 거칠기 값(R_{max})과 중심선 평균 거칠기 값(R_a)을 구하여 비교·분석하도록 하였으며, Table 4에 그 사양을 나타내었다.

Table 4 Measurement system

Metric system	R
Measuring speed	Auto
Measuring range	600μm
Cutoff value λc	0.8mm
Number of sampling lengths	5
Measurement parameter	Ra, Ry

4. 실험결과 및 개발공구의 검증

4.1 실험결과

4가지 재료의 이송량 조절에 대한 실험결과를 종합하여 Fig. 8에 나타내었고, 측면 경사각 변화에 따른 실험의 결과를 각각의 재종별로 Fig. 9, Fig. 10, Fig. 11, Fig. 12에 나타내었다.

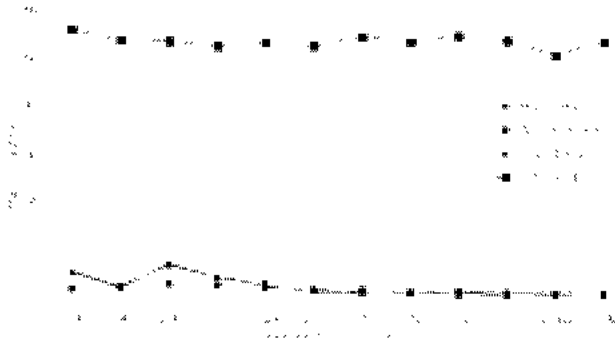


Fig. 8 Surface roughness at various feed rate for various materials

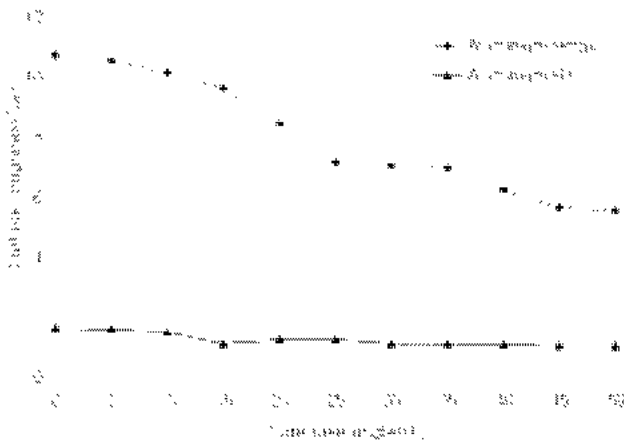


Fig. 9 Surface roughness at various rake angles for aluminum

4.2 공구의 검증

전체적인 실험결과에서 나타난 바와 같이 동일한 절삭조건 하에서 이송량조절과 공구의 측면경사각 변화가 제품의 표면거칠기에 큰 영향을 미치고 있음을 알수 있다.

또한, 실험에 사용된 4가지의 재종에 대한 결과는 전체적으로 이송량이 감소하고 공구의 측면경사각이 커짐에 따라 표면거칠기는 좋아지는 것을 알수 있다. 그리고 측면경사각 변화에 따른 표면거칠기는 플라스틱, 알루미늄, 황동, 목재의 순서로 표면거칠기가 나쁘게 나타나고 있다.

그리고 각각의 재종별로는 플라스틱의 경우에는 10°이하의 경사각 조정만으로도 좋은 표면거칠기를 얻을수 있었고, 황동과 알루미늄은 경사각이 25~30°까지는 표면거칠기가 좋아지고 그 이후로는 크게 나아지는 현상은 없었다.

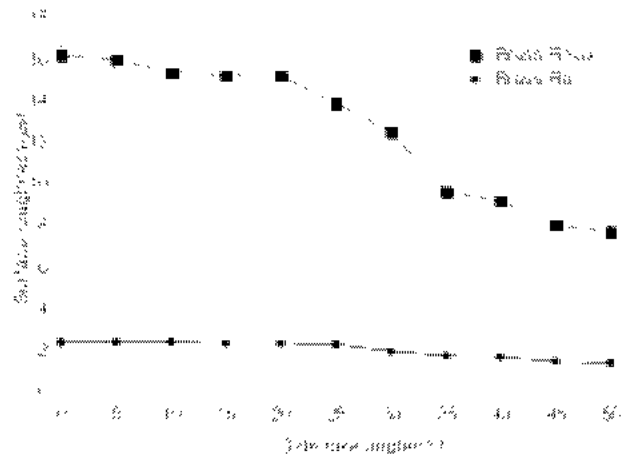


Fig. 10 Surface roughness at various rake angles for brass

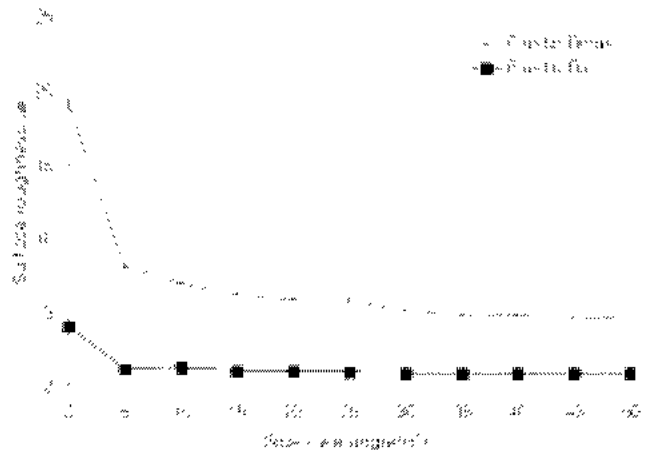


Fig. 11 Surface roughness at various rake angles for plastic

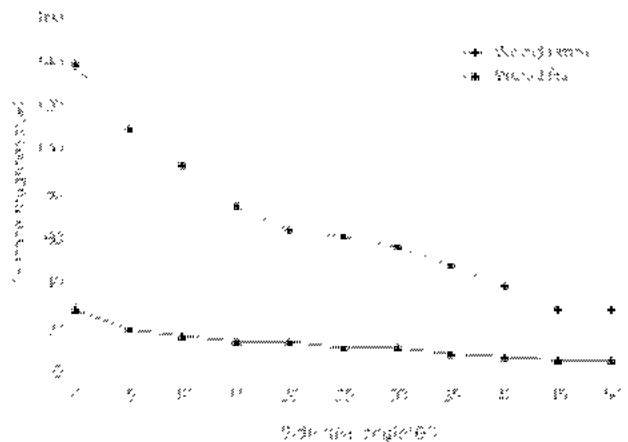


Fig. 12 Surface roughness at various rake an

gles for paulownia

그리고, 같은 비철속이라 할지라도 목재가 폴라 스틱(PET)의 표면거칠기 보다 더 나쁜 값을 나타 내었으며, 목재의 절삭에서는 50°까지 경사각이 커 짐에 대하여 표면거칠기는 지속적으로 향상되었다.

전체적인 실험의 결과에서 비철속류의 절삭은 현재의 철금속 절삭용 메카니즘에 맞추어 제작된 일반 바이트를 사용할 경우보다 각각의 재종에 맞는 절삭각을 가진 공구를 사용하는 것이 보다 나 은 표면거칠기를 만들 수 있을 것으로 판단되었다.

또한, 본 연구에서 개발한 실험공구를 이용한 비 철금속의 절삭에서 경사각 변화를 자유롭게 만들 어내는 본 절삭공구의 메카니즘의 적용은 보다 나 은 표면거칠기 값을 얻을 수 있었다.

5. 결 론

본 연구에서 개발한 선삭용 공구를 통한 이송량 및 측면경사각의 조정 실험에서 다음과 같은 결론 을 내릴 수 있었다.

- 1) 개발공구의 이송량 변화 실험에서는 사용된 4가 지 비철금속 재료 중 목재를 제외한 나머지 재 종에서는 이송량 감소의 조정에 의하여 표면거 칠기가 향상되었다.
- 2) 개발공구의 측면경사각 변화 실험에서 실험에 이용된 4가지 재종에 대하여 플라스틱, 알루미늄, 황동, 목재의 순서로 표면거칠기가 나쁘게 나타났다.
- 3) 플라스틱의 경우는 경사각을 변화시켜 10°이하 의 조정으로 보다 나은 표면거칠기를 만들어 내 었다.
- 4) 황동과 알루미늄은 25~30°까지 경사각을 조정할 때 보다 나은 표면거칠기 값을 얻을 수 있었다.
- 5) 오동나무의 절삭에서는 측면경사각이 커짐과 비 례하여 표면거칠기가 현저히 개선되었으며, 이 송량의 조정은 표면조도를 향상시키지 못했다.
- 6) 실험결과를 종합하면 측면경사각을 변화 시킬수 있는 선삭용 공구는 비철금속의 선삭에 적용 할 경우 보다 나은 표면거칠기를 얻을 수 있었다.

끝으로 본 연구에서 개발한 바이트는 기존의 선 삭용 공구와 달리 측면경사각의 조정을 위해 인선 부의 두께가 얇아져 예리하게 되므로 기존의 공구 에 비해 강도가 떨어져 여러 가지 공구파손 형태 가 발생되어 공구수명이 짧아지는 현상을 보이게 되며, 이에 따라 공구수명을 연장하기 위하여 코팅공구의 사용이나 그 공구의 재질에 대한 적절한

경사각 설정에 대한 연구가 꾸준히 이루어져야 할 것으로 판단된다.

참고 문헌

1. 윤재용, 이권용, 이수철, 최종권, “선삭가공에서 절삭력을 이용한 공구 마멸의 감시,” 한국공작기 계학회지, 제10권, 제1호, pp.1~9. 1992
2. 성철현, 한복수, 김형철, 김기수, 남궁석, “초정밀 선삭 가공 시스템에 관한연구,” 대한공업교육학 회지Vol. 22, No. 2, pp.116~124. 1997
3. 김석원, 안철수, 이득우, “난삭성재료의 가공환경 변화에 따른 고속가공 특성 평가” 한국공작기계 학회지, 제9권, 제6호, pp.158~163, 2000
4. E. M. Trent, Metal Cutting, Butter Worths, pp. 54~80, 1977
5. G. Boothroyd, “Fundamentals of Metal Machi ning and Machine Tools”, Mc Graw Hill, 1975
6. M. C. Shaw, “Metal Cutting Principles”, Oxford, pp.168~177, 1984
7. 성철현, 김형철, 김기수, “알루미늄 합금의 고속 미소 선삭에 있어서 표면거칠기의 특성”, 한국정 밀공학회지, 제 16권, 제7호, pp. 94~100, 1999
8. W. Wolf and P. Mafadanz, “Feed force moni toring for operation security and reliability”, Int. Tool and Manufacturing Eng. Conf., IQ81, 1981