

경취성 난연삭 재료의 연삭특성 평가

곽태경*(부경대원), 곽재섭, 하만경, 구 양, 류인일(부경대)

Evaluation of Grinding Characteristics on the Hardened-Brittle and Difficult-to-Grind Materials

T. K. Kwak(Graduate School of Pukyong Univ.),
J. S. Kwak, M. K. Ha, Y. Koo, I. I. Ryoo(Pukyong Univ.)

ABSTRACT

The special purposed materials, such as ceramics and stainless steel, are widely used in the various industrial area. They have properties of the higher strength of material, the wear-resistance, and the corrosion proof. But ceramics is a difficult-to-grind material which possesses the higher level of a strength and a brittleness.

In this study, the theoretical investigation of a grinding force and of a surface roughness was conducted. The evaluations of grinding characteristics on the hardened-brittle and difficult-to-grind materials were experimentally carried out.

Key Words : Ceramics(세라믹), Difficult-to-grind material(난연삭 재료), Brittleness(취성), Grinding force(연삭력), Surface roughness(표면거칠기)

1. 서론

연삭가공은 스톨을 고속으로 회전시켜 무수히 많은 예리한 입자로 피삭재를 제거하여 정확한 치수를 만들고, 거울과 같이 고운 면을 얻을 수 있는 절삭 공정으로 널리 이용되고 있는 가공법이다. 그러나 연삭가공은 다른 가공과는 달리 동일한 가공조건에서도 제현성을 얻기가 힘들고, 다양한 파라메타들 사이의 직접적인 상관관계의 규명뿐만 아니라 상호간의 정량화에도 어려움이 많다. 따라서 최적의 연삭조건 설정을 위한 연구가 오래전부터 광범위하게 이루어지고 있다.^{[1][2]} 특히 최근의 연구는 특수한 목적에 사용되는 세라믹이나 복합재료 등과 같이 난연삭재에 관한 연구가 활발하다. 그 중에 세라믹은 기계적강도, 내마모성, 내화학성, 내식성이 우수하여 산업 여러 분야에서 응용되고 있다. 그러나 가공에서 세라믹은 경도가 높고 취성이 커서 난삭재에 속한다. 또한 연삭시 주로 취성모드에 의하여 재료가 제거되고 표면에 미세크랙 등이 발생하게 된다.^[3]

또한 연질의 가공물인 SUS304의 경우도 가공성

에서 난연삭재에 속한다.

본 연구에서는 경취성 난연삭재료인 세라믹과 SUS304의 연삭특성을 평가하기 위해서 스톨과 이송 속도, 절입깊이의 변화에 따른 연삭력과 표면거칠기를 비교 검토 하였다.

2. 이론적 고찰

2.1 연삭력 이론

연삭가공에서 연삭력은 수직력이 지배적인 영향을 미친다. 수직력은 식(1)과 같이 공작물을 절삭하는데 필요한 힘과 미끄럼(Sliding)을 일으키는 힘의 합으로 나타낼 수 있다.

$$F_n = F_c + F_s \quad (1)$$

위 식을 평균접촉 응력(\bar{p})과 실접촉면(A_a)의 향으로 나타내면 다음과 같다.

$$F_n = F_c + \bar{p}A_a \quad (2)$$

$$A_a = b(d \cdot t)^{1/2} A \quad (3)$$

여기서, b 와 d 는 슷들의 폭과 직경을 나타내고, t 와 A 는 절입깊이와 결보기 접촉면적이다. 또한 비절삭에너지(u)를 이용하여 F_c 를 나타내면 다음과 같은 식이 완성된다.

$$F_n = \frac{k \cdot u \cdot v_w \cdot b \cdot t}{v_s} + \bar{p} \cdot b \cdot (d \cdot t)^{1/2} \cdot A \quad (4)$$

위 식에서 이론적인 연삭력의 수직성분은 공작물의 속도(v_w)가 빨라질수록 증가하고, 연삭 슷들의 속도(v_s)가 빨라질수록 연삭력은 감소함을 알 수 있다. 또 절입깊이와 절삭폭이 커질수록 연삭력은 증가하고, 평균접촉 응력의 영향을 받음을 알 수 있다.^[4]

2.2 표면거칠기의 영향인자

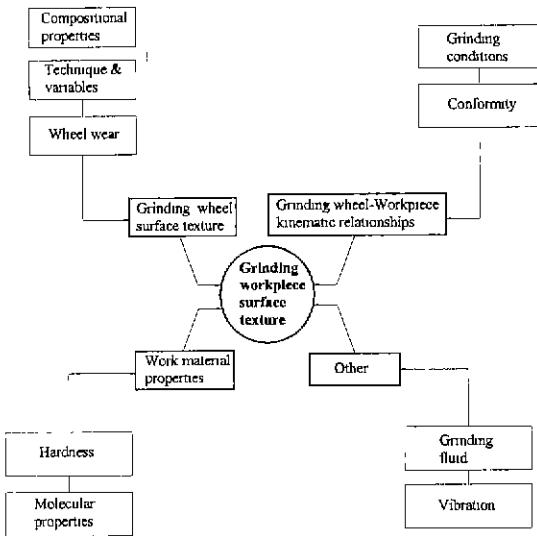


Fig. 1 Factors contributing to ground surface

Fig. 1은 표면거칠기에 영향을 미치는 요인들에 대한 설명이다. 표면거칠기에 영향을 주는 요인은 직접적 또는 상호간의 관계에 의해 영향을 받는다.^[5] 먼저 표면거칠기에 영향을 주는 인자는 크게 4가지로 분류되고 각각 연삭스틀의 표면상태, 가공물의 특성, 연삭스틀과 가공물의 운동학적관계이고, 세부적으로 연삭스틀의 구조적, 조직적 특징, 드레싱 기

술이며, 가공물의 특성에는 경도와 분자의 특성이 있고, 연삭스틀과 가공물의 운동학적관계에는 연삭 조건과 연삭스틀과 가공물의 적합성이다. 그 외에도 연삭유체와 진동이 있다.

3. 실험장치 및 방법

3.1 장치 구성도

Fig. 2는 본 실험에 사용된 실험장치의 개략도이다. 연삭저항력 측정을 위해 공구동력계를 연삭기베드위에 설치하고 치공구로 가공물을 고정하였다. 공구동력계에서 발생한 신호는 앰프를 통해서 증폭시킨 후 A/D변환기를 통해 디지털화시켜 PC로 저장하였다. 또한 표면거칠기는 촉침식 표면조도기를 사용하여 측정하였다.

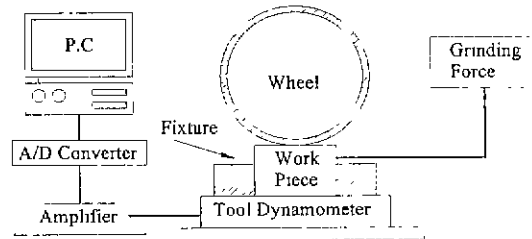


Fig 2 Experimental set-up

3.2 실험 방법

Table 1은 슷들은 입도가 #100인 WA스틀과 #200인 CBN 슷들을 사용하였고, 공작물은 STD11, SUS304, Ceramics(Al_2O_3)을 사용하였다.

가공조건으로는 회전속도를 1,800rpm으로 일정하게 유지하고, 테이블 이송속도는 1.2~2.4m/min, 절입깊이는 5~20 μ m까지 변화시키면서 가공하였다.

Table 1 Experimental conditions

Grinding machine	Horizontal spindle surface grinder
Workpiece	STD11, SUS304, Ceramics(Al_2O_3)
Wheel	WA100, CBN
Conditions	Wheel speed : 1,800rpm
	Table speed : 1.2~2.4m/min
	Depth of cut(t) : 5,10,15,20 μ m
	Up & Plunge & Wet
Fluids	Shell lubricant (soluble type, 10:1)
Dressing conditions	Dressing stick : WA
	Depth of cut : 10~30 μ m

4. 실험결과 및 고찰

4.1 연삭력 변화

Fig. 3에서는 각 공작물을 WA 슛들로 절입깊이를 $5\mu\text{m}$ 로 일정하게 주고 연삭을 했을 때 이송속도 1.2m/min, 1.8m/min, 2.4m/min일 때의 각 공작물의 연삭력을 나타낸 것이다.

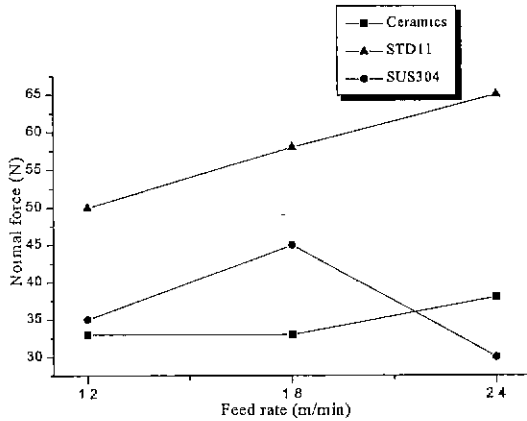


Fig. 3 Normal force versus feedrate in WA ($5\mu\text{m}$)

일반적으로 절입깊이가 깊어질수록 절삭력은 증가하는 현상을 보여주어야 하지만 세라믹과 SUS304는 불안정한 값을 보여주고 있다. 이는 이송량이 증가하고, 절삭횟수가 많아짐에 따라 WA 슛들의 불규칙한 자생작용에 의해 공작물에 대한 저항이 작아져 절삭력이 감소하는 것으로 사료된다.

세라믹의 경우에는 이송량이 1.8m/min의 구간에서 연삭력의 변화가 일어났고, SUS304의 경우에는 1.2~1.8m/min구간에서 눈매음 현상으로 상대적으로 연삭력이 증가하였다. 이것은 SUS304의 공작물의

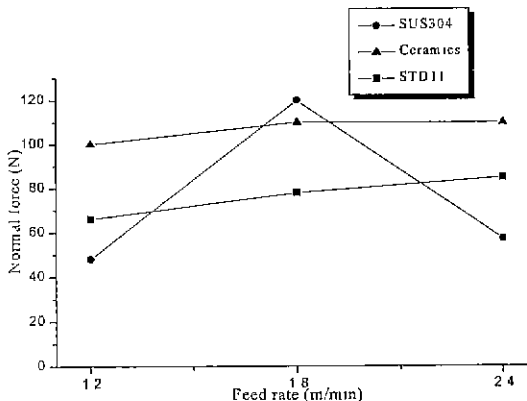


Fig. 4 Normal force versus feedrate in WA ($10\mu\text{m}$)

특성이 연성(Ductile mode)이기 때문이다. 따라서 공작물의 특성에 따라 연삭특성은 변화한다는 것을 알 수 있다.

Fig. 4에서는 절입깊이를 $10\mu\text{m}$ 로 했을 때의 절삭력을 나타낸 것이다. Fig. 3과 비교하여 볼 때 현저히 높은 연삭력의 값을 보여주고 있다. 그리고 SUS304의 경우에는 절입깊이가 1.8m/min일 때 아주 높은 수치의 절삭력이 나타나는데, 이것은 슛들의 눈매음 현상으로 인한 절삭저항이 증대 되었기 때문인 것으로 사료 되어진다. 그러나 세라믹과 STD11의 경우는 이송속도가 증가함에 따라 연삭력은 서서히 증가하는 것을 알 수 있다.

WA 슛들로서 세라믹을 연삭할 때는 대체로 연삭력이 다른 공작물에 비해서 크다는 것을 알 수 있다. 이것은 세라믹과 같은 경취성, 난연삭재는 WA와 같은 슛들은 가공하기가 쉽지 않음을 알 수 있다. 세라믹을 WA 슛들로 연삭하면 슛들입자의 절삭이 원활하지 못해 슛들의 눈매음현상을 일으키고, 그 결과 연삭력이 커진다.

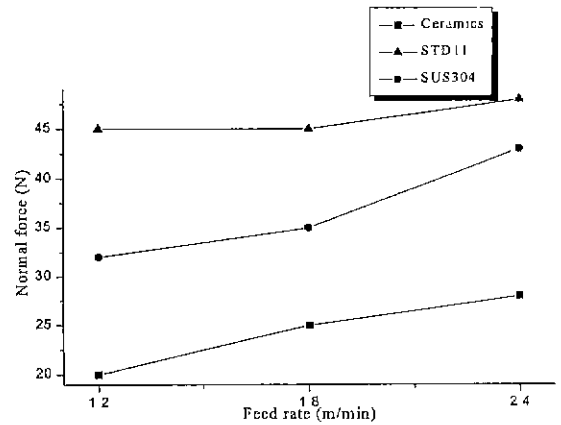


Fig. 5 Normal force versus feedrate in CBN ($5\mu\text{m}$)

Fig. 5는 CBN 슛들을 이용해서 연삭을 할 경우에는 절입깊이가 적을 때($5\mu\text{m}$) 슛들의 자생작용도 눈매음현상도 일어나지 않았다. 이것은 절입깊이가 크지않고, CBN 슛들의 연삭성능이 WA 슛들에 비해 뛰어나기 때문에 그래프는 완만한 선형을 이루며 증가함을 알 수 있다.

Fig. 6에서는 절입깊이를 $10\mu\text{m}$ 로 가공했을 때의 절삭력을 나타내고 있다. 절입깊이가 $5\mu\text{m}$ 일때와 비교해서 절삭력은 거의 비슷하게 상승하였다 또한 WA 와 비교하였을 때도 역시 비슷한 결과를 보이고 있다.

결과적으로, 세라믹과 SUS304의 가공은 WA 슛들보다는 CBN 슛들로 가공할 때 더 작은 절삭력으로 가공할 수 있음을 확인하였다.

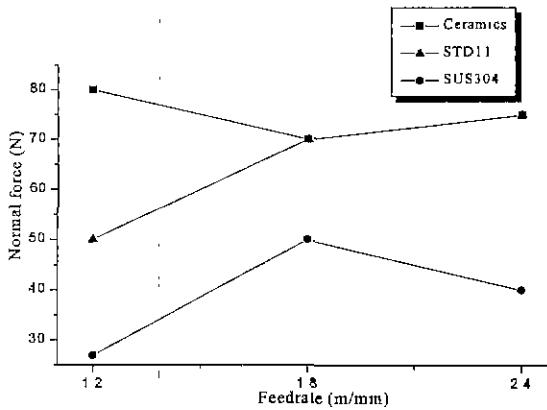


Fig. 6 Normal force versus feedrate in CBN (10 μ m)

4.2 표면거칠기 변화

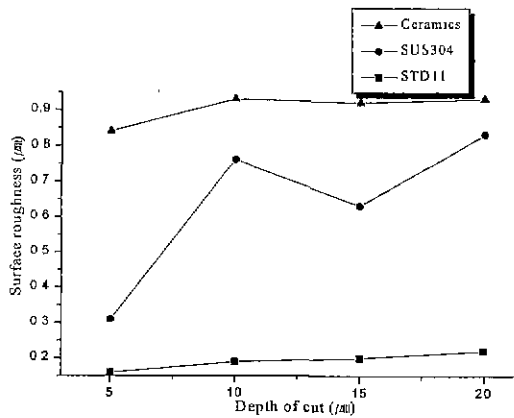


Fig. 7 Surface roughness of variation

Fig. 7은 STD11, SUS304, Ceramics 의 절입깊이에 따른 표면 거칠기를 나타낸 것이다. 이송량이 2m/min일 때의 절입깊이에 따른 표면 거칠기로 절입깊이가 증가함에 따라 표면거칠기가 거의 일정하게 변화하고 있다. SUS304가 10 μ m일 때 표면거칠기가 급격히 상승하는 것은 눈메움의 영향인 것으로 사료되어진다. 동일한 절입깊이에 대해서, 표면 거칠기는 STD11, SUS304, Ceramics 순으로 변화하고 있음을 보이고 있다.

4. 결론

본 논문은 경취성 난연삭 재료인 세라믹과 SUS 304, STD11의 공작물을 WA 스톨과 CBN 스톨로 가

공하는데 있어서, 이송속도를 변화시켜 절삭력을 측정하고, 이송속도와 연삭력이 어떤 상관관계가 있는지에 대한 연구를 하여 다음과 같은 결론을 얻었다

- (1) WA 스톨로 세라믹을 절입깊이 5 μ m로 가공할 때, 자생작용에 의해 1.2~1.8m/min 이송속도의 구간에서는 절삭력이 감소하였다. 또한, SUS304의 경우는 연질인 공작물 특성으로 인해 가공중 눈메움 현상이 크게 나타나 절삭력이 급격히 증가하였다.
- (2) CBN 스톨의 경우는 5 μ m의 절입깊이때는 이송량의 증가에 따라 연삭력이 서서히 증가하는 일반적인 현상을 나타내었다. WA 스톨로 세라믹을 가공했을 때는 전체적으로 절삭력은 증가하였다. 그러나 CBN 스톨로 세라믹을 가공했을 때는 절삭력이 다른 공작물에 비해 감소하였다.
- (3) 이로서 세라믹의 가공은 WA 스톨보다는 CBN 스톨로 가공할 때 더 작은 절삭력으로 가공할 수 있음을 확인하였다.
- (4) 동일한 이송속도 일 때 절입깊이에 따른 표면 거칠기로 절입깊이가 증가함에 따라 표면 거칠기가 거의 일정하게 변화하고 있다.

참고문헌

1. 박재섭, 송지복, "AE 신호를 이용한 연삭 가공물의 표면 거칠기 예측," 한국정밀공학회지, 제17권, 제4호, pp. 240-246, 2000.
2. P.Lindsay and S. Hahn, "On the Basic Relationships between Grinding Parameters," Annals of the CIRP. Vol. XVI, pp. 657-671, 1971.
3. Smith : Structure and Properties of Engineering Alloys, Second Edition, 1993.
4. 손명환, 절삭가공론. 문운당, 1996.
5. S. Malkin : Grinding thchnology theory and applications of machining with abrasives, 1989.