

# CBN 슷돌을 이용한 연삭에서 공작물의 표면성상 분석

## Analysis on Surface Characteristics of the Workpiece in the Grinding by CBN Wheel

이영석\*(부경대원), 곽재섭, 하만경, 구양, 윤문철(부경대)

Y. S. Lee(Graduate of Pukyung Univ.), J. S. Kwak, M. K. Ha, Y. Koo, M. C. Yoon(Pukyung Univ.)

### ABSTRACT

In these days, according as the increase of technological development the part demension goes up for ultra-precision. It is grinding behavior that is important processing which directly influences by machining accuracy at product quality with the net shape manufacturing.

In this study, by using CBN wheel an analysis carried out for workpiece's profiles and its characteristics by measuring grinding force and surface roughness. Workpiece materials were used STD11, SUS304 and STB2 varing condition of feedrate and depth of cut.

Key Words : Ultra-Precision(초정밀), CBN(입방정 질화붕소), Grinding Force(연삭력), Feedrate(이송속도), Surface Roughness(표면거칠기)

### 1. 서론

일반적으로 표면성상은 제품을 생산단계부터 완성여부 및 가공작업의 이상유무를 판단할 수 있는 가장 효율적인 부분으로 공정상에 중요한 문제로 대두되어 왔었다.

최근의 기계가공은 기술의 발전에 따라 고정도, 고능률, 고속화에 대한 요구가 증대되고 있다. 이중 연삭가공(Grinding Operation)은 입자(Graun)에 의한 고속질삭으로 초경합금 등과 같은 고정도장에서 경질고무 등과 같은 비교적 연질의 재료까지 광범위한 공작물을 가공할 수 있는 질삭가공으로 아주 적은 양의 절입깊이를 사용하므로 형상 및 가공정도가 높고, 가공품위와 표면거칠기가 양호한 마무리 가공법으로 적합하다<sup>(1)</sup>

연삭스틀들은 연삭입자에 따라 알루미나( $Al_2O_3$ )계와 탄화규소계가 범용적으로 사용되어 왔지만, 미국의 GE사가 개발한 초연마제(Super Abrasive)라 할 수 있는 다이아몬드와 CBN(Cubic Boron Nitride, 입방정 질화붕소)을 60년대 후반부터 합성하여 연삭분야에 본격적으로 이용하기 시작하였다. 이중 특히 CBN은 고정도이면서 열전달률이 높아 입자의 작은 질삭날이 마모되지 않고, 절삭날을 잘 유지하므로 매우 양

호한 절삭을 할 수가 있다.<sup>(2)</sup>

CBN 연삭스틀의 적용범위는 고속절삭공구를 재연삭하는 초보적인 작업으로부터 자동차산업에 사용되는 경화강 부품의 초고속 연삭까지 다양하다. 또한, 난연삭 철계재료 연삭에 사용되는 일반 연마재보다 경도가 2배 이상 높으며, 우수한 연삭능력과 높은 열전도율로 열의 축적을 방지하여 슷돌의 눈매움>Loading) 현상과 피삭제의 금속학적 손상을 최소화한다. 따라서 정밀한 피삭제 형상과 치수 정밀도를 쉽게 얻을 수 있다.<sup>(3)</sup>

본 연구에서는 CBN 슷돌을 사용하여 연삭가공 후에 나타난 금형강(STD11), 스테인레스강(SUS304), 베이링강(STB2)의 표면거칠기(Ra)와 연삭력(Fn) 측정 등을 통한 표면성상을 분석하였다.

### 2. 표면거칠기 이론

Fig. 1은 표면거칠기를 기하학적으로 도시한 것으로 연삭가공시의 표면거칠기는 여러 많은 요인에 의해 영향을 받는데 크게 분류하면 다음과 같다. 칩재 연삭스틀 입자의 크기, 슷돌의 직경, 입도, 결합제의 종류 등 연삭스틀에 의한 요인, 들체로 슷돌의 드레싱 상태, 슷돌마모, 공작물의 종류에 의한 요인과

마지막으로 가공속도, 이송속도, 연삭유계의 종류와 공급방법에 기인한 가공조건 등에 의해서 분류할 수 있다.

연삭가공에서 얻어진 중심선 표면 거칠기 ( $R_a$ )의 이론식은 다음과 같이 주어진다.<sup>(4)</sup>

$$R_a = \frac{1}{9\sqrt{2}} \left( \frac{v_w \cdot a}{v_s \cdot d^{1/2}} \right)^2 \quad (1)$$

여기서,  $v_s$ 와  $v_w$ 는 슛들의 원주속도와 공작물의 속도이고,  $d$ 와  $a$ 는 각각 슛들의 직경과 슛들의 주면에 분포한 절삭입자들의 평균간격이다.

Fig. 1은 표면거칠기의 개략도로서 표면거칠기의 측정은 일반적으로 축척식 조도계를 이용하고, 정량적인 평가를 위해 충분한 표본수를 획득할 수 있는 샘플 길이를 선택한다. 연삭가공과 같은 다듬질 가공된 표면의 거칠기 측정에 사용되는 샘플 길이는 0.8mm 정도가 일반적이다.

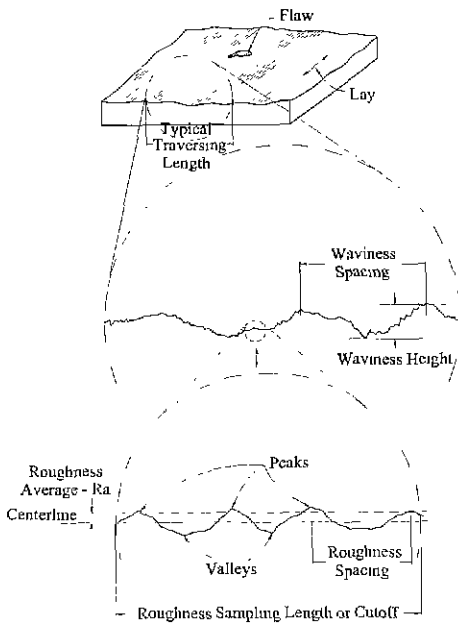


Fig. 1 Schematic diagram of surface roughness

### 3. 실험장치 및 방법

Fig 2는 개략적인 실험장치도로 평면연삭기의 테이블에 공구동력계(Tool Dynamometer)를 설치한 후 CBN 슛들로 연삭가공시 발생된 절삭력의 아날로그 신호는 Charge-Amplifier를 통해 증폭되고 이를 12비트의 분해능력을 지닌 A/D Converter를 통해 디

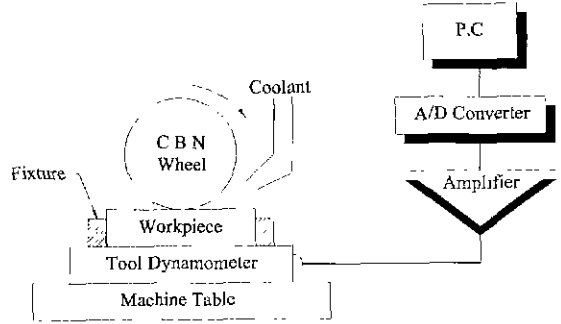


Fig. 2 Schematic diagram of experimental set-up

지터화하여 pc에서 데이터를 처리하였다. 연속적으로 표면거칠기를 측정하고 디지털카메라로 공작물의 표면도 촬영하였다.

가공조건은 하향절삭으로 한방향으로만 실시하였으며, 주축의 속도를 1,800rpm으로 일정하게 유지하고 공작물의 이송속도를 2m/min와 5m/min, 절입깊이를 5~20 $\mu$ m까지 변화시키면서 1회 가공한 후 스파크 아웃하였다. CBN 슛들은 마멸이 잘 되는 특성이 있지만 눈에움현상을 방지하고자 연삭스틱을 사용하여 공작물의 변경시마다 가볍게 실시하였으며 절삭유도 계속적으로 공급하였다.

본 실험에서는 CBN 슛들을 이용하여 연삭가공 후에 나타난 공작물의 표면성상을 분석하고자 하였는데 이를 위한 실험조건과 공작물의 화학적 성분을 각각 Table 1, Table 2에 나타내었다.

Table 1 Experimental condition

Grinding machine	Horizontal spindle surface grinding
Grinding wheel	CBN (SDC 120N 180B) $\phi$ 250 $\times$ t 11 $\times$ $\phi$ 50.8
Workpiece	STD11, SUS304, STB2
Conditions	Wheel speed 1,800rpm
	Table speed 2, 5(m/min)
	Depth of cut : 5,10,15,20( $\mu$ m)
	Down cut & one pass
Coolant	Shell Lubricant (soluble type, 10:1)
Charge amplifier	Kistler 5019B
Tool dynamometer	Kistler 9257B
A/D converter	ADLINK 8112PG
Surface roughness tester	Mitutoyo/JI SURFTEST 301

Table 2 Chemical composition of specimens(%)

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
STD11	1.5	0.4	0.6	0.03	0.03	12	0.5
SUS304	0.08	1.0	2.0	0.045	0.03	19.0	9.25
STB2	1.1	0.25	0.5	0.025	0.025	0.25	0.25

#### 4. 실험결과 및 고찰

Fig. 3은 공작물의 테이블 이송속도와 절삭깊이의 조건변화에 따른 연삭력과 표면거칠기를 보여주고 있다. 전체적인 분포경향을 살펴보면 표면거칠기는 STB2, SUS304, STD11의 순으로 양호하게 나타났으며 연삭력에서는 SUS304, STB2, STD11의 순으로 크게 나타났다. 공작물별로 살펴보면, STD11은 연삭력의 차이에 비해서 표면거칠기가 큰 편차를 보이지 않았고, STB2는 연삭력에 비해서 표면거칠기가 상대적으로 일정하며, SUS304는 연삭력과 표면거칠기에 큰 변화를 보이지 않음을 알 수 있다. 따라서, 표면거칠기는 연삭력과의 일정한 상관관계보다는 각 공작물의 특성에 따라 다르게 나타남을 알 수 있다.

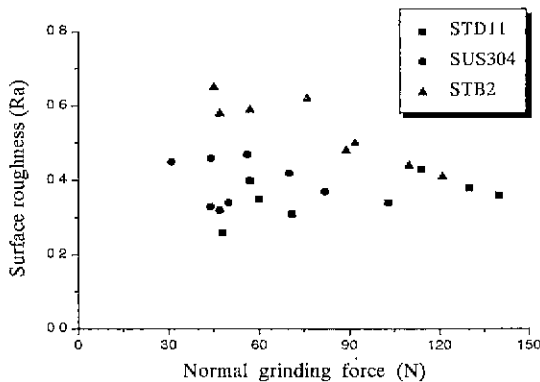
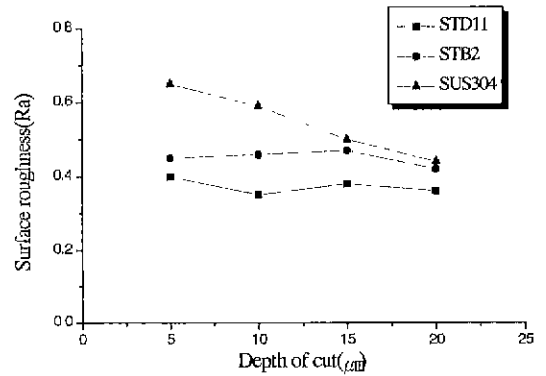


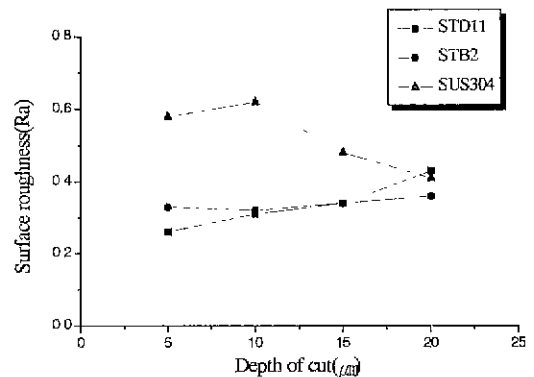
Fig. 3 Relation between surface roughness and normal grinding force

Fig. 4는 테이블 이송속도가 2m/min, 5m/min일 때 절입깊이를 5~20 $\mu$ m까지 변화시켰을 때의 표면거칠기를 보여주고 있다. 표면거칠기는 전반적으로 이송속도가 2m/min일 때보다 5m/min일 때 양호하게 나타났으며, 각 공작물별로 살펴보면 다음과 같다.

STD11은 속도가 2m/min에서는 절입깊이에 따른 표면거칠기가 일정하고, 5m/min에서는 일정하게 증가하였으나 표면은 양호해졌음을 알 수 있다. STB2는 속도가 증가함에 따라 표면거칠기가 양호해졌으나 절입깊이에 대해서는 별다른 변화를 보여주지 않았으며, SUS304에서는 속도와 절입깊이의 증가에 따라서 모두 향상되었음을 알 수 있다.



(a) Feedrate (2m/min)



(b) Feedrate (5m/min)

Fig. 4 Relation between surface roughness and depth of cut

Fig. 5는 각 공작물의 표면성상을 파악하고자 조건변화가 비교적 큰 이송속도가 2m/min이고 절입 깊이가 5( $\mu$ m)인 경우와 이송속도가 5m/min이면서 절입 깊이가 20( $\mu$ m)일 때의 표면거칠기 값을 나타내었다.

Fig. 6은 Fig.5의 조건에 대한 각 공작물의 표면거칠기 profile과 현미경으로 10 $\times$ 의 비율로 측정된 공작물의 가공단면을 보여주고 있는데, 2m/min일 때의 5 $\mu$ m인 경우와 5m/min일 때의 20 $\mu$ m일 때의 그림을 순서대로 나타내었으며, profile의 범위는 -5~5 $\mu$ m까지 나타내었다.

Fig. 5와 Fig. 6를 살펴보면, 표면거칠기는 STB2, SUS304, STD11의 순으로 양호하게 나타났으며, STD11과 SUS304는 표면거칠기가 거의 일정하게 분포하였으나, STB2의 표면거칠기는 상당히 양호하게 나타났다. 이는 STD11과 SUS304에서는 원활한 가공이 이루어졌으나, STB2에서는 상대적으로 경질의 재질로서 절삭깊이가 깊어짐에 따라 숫돌의 눈매음현상이나 열의 발생 등의 여러 많은 요인으로 인해서

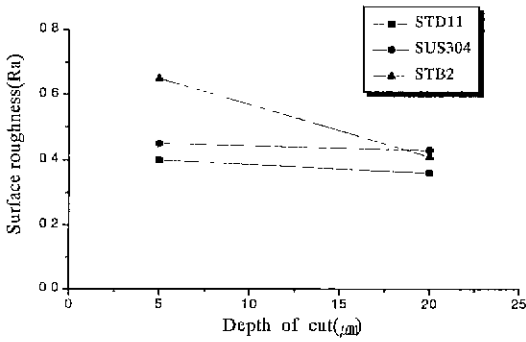


Fig. 5 Measure of surface roughness

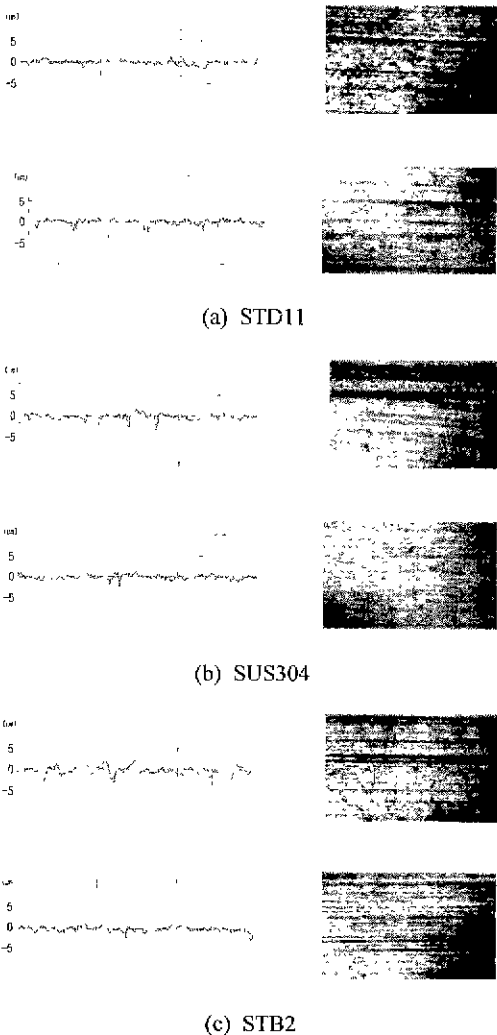


Fig. 6 Profile of surface roughness and photo of workpieces surface

지속적인 가공이 이루어지지 못한 결과로 표면거칠기가 양호하게 나타난 것으로 사료된다.

## 5. 결론

본 연구에서는 CBN 슷들을 이용한 연삭에서 STD11, SUS304, STB2를 이송속도를 2m/min, 5m/min로 변화하고, 절입깊이를 5~20μm까지 변화시키면서 가공한 후, 표면거칠기와 연삭력을 측정하여 표면성상을 분석에 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 표면거칠기는 STB2, SUS304, STD11의 순으로 양호하게 나타났고 연삭력은 SUS304, STB2, STD11의 순으로 크게 나타났으며, 표면거칠기는 연삭력과 일정한 상관관계보다는 각 공작물의 특성에 따라 다르게 나타남을 알 수 있다.
2. 일정한 이송속도에 대한 절입깊이의 변화에 따른 표면거칠기는 속도가 증가할 때 모든 공작물에서 거칠기가 양호하게 나타났으며, 절입깊이에 대해서는 STD11는 일정비율로 거칠어지고, SUS304에서는 거칠기가 양호해졌으나, STB2에서는 절입깊이에 대한 표면거칠기가 변화없이 거의 일정하게 나타났다.
3. CBN은 SUS304와 STD11에서는 일정한 표면거칠기를 나타내었으나, 상대적으로 경질의 재료인 STB2에서는 슷들의 눈매운현상이나 열의 발생 등의 여러 많은 요인으로 지속적인 가공이 이뤄지지 못한 결과가 표면거칠기가 양호하게 나타난 것으로 사료된다.

## 참고문헌

1. 광재섭, 송지복, "AE 신호를 이용한 연삭 가공물의 표면 거칠기 예측," 한국정밀공학회지 제17권, 제4호, pp. 240-246, 2000.
2. 원종호, "비트리파이드 본드 CBN 휠의 연삭특성," 한국정밀공학회 추계학술대회논문집, pp. 787-792, 2000.
3. 이종찬, 유인석, 초연마제를 이용한 연삭·절삭 가공, 문운당, 1998.
4. S. Malkin, Grinding Technology-Theory and application of machining with abrasives, John Wiley & Sons, 1989.
5. 정윤교, "다인세라믹의 연삭잔류균열 깊이에 관한 실험적 연구," 창원대학교산업기술연구소논문집, pp. 223~229, 1989.