

# CBN 슷돌의 입자거동에 관한 연구

김희남 (명지대학교 기계공학과) 이주상\*, 윤여권, 윤준현 (명지대학교 대학원 기계공학과)

## *A Study on the Behaviors of Abrasive Grains in CBN Wheel*

H. N. Kim (Myongji univ.) J. S. Lee\* Y. K. Yun J. H. Yun (Myongji univ.)

Key words : Grinding, CBN Wheel, Abrasive grain

### ABSTRACT

One must observe abrasive grain of grinding wheel and know their behaviors to understand the grinding mechanism. The behaviors of abrasive grain on the wheel surface, such as shapes, distributions and changes, were studied to make the grinding mechanism clear. But, the behaviors of abrasive grains on CBN wheel are not known enough.

From this paper, the working surface of a grinding wheel is observed by photography, in which a picture of a wheel surface is taken by the camera through the microscope on the grinding machine and analyzed with the computer.

### 1. 서론

연삭가공은 정밀한 기계부품들을 다량 생산할 필요성에 의하여 산업현장에서 많이 사용되는 기계공작법이다. 그 특징은 고경도의 광물입자로 된 연삭입자를 결합체로 고정된 원심력이나 연삭저항에 견디는 강도를 갖는 슷돌을 사용하여 가공물을 고속 미소 절삭하는 것이며 가공면이 곱고 고정도의 기계부품을 능률적으로 가공할 수 있다는 점이다. 슷돌입자는 연삭가공시 가공물과 직접 접촉하는 구성요소이기 때문에 가공에 가장 큰 영향을 미치는 중요한 인자이다. 따라서 슷돌입자의 경도, 내마모성, 형상 등의 성질은 연삭가공에 있어서 매우 중요하며 우수한 입자개발이 필수적이다. 연삭가공이 개시되면 슷돌입자가 절삭날로서 가공물에 접촉하여 공작물을 변형이동시켜 절삭분으로서 제거하고 그 결과로 슷돌입자에는 변형, 마모, 파괴, 탈락 등의 현상이 발생된다. 따라서 이러한 현상을 규명하기

위하여 드레싱된 연삭스�돌에서의 절삭날 연구<sup>(1)</sup>, 절삭날의 미세구조와 거동<sup>(2)</sup>, 절삭날 형상에 미치는 결합도의 영향<sup>(3)</sup>, 슷돌입자의 마모상태 측정<sup>(4),(5),(6)</sup> 등의 연구가 진행되어 왔으며 주된 연구대상은 절삭날의 분포, 연속절삭날 간격, 절삭날 면적 등이다. 그러나 슷돌입자와 공작물 사이의 상호간섭기구에는 단순한 기하학이나 평균치 만으로는 설명할 수 없는 연삭가공 특유의 성질(절삭날의 위치와 형상 강도의 불균일, 폭 넓은 분포)을 갖고 있기 때문에 현상 규명이 매우 어려운 실정이다.

근래의 연삭입자의 발전동향은 초경입자 개발과 적용에 있다. 초입자로는 인조 다이아몬드(man-made diamond)와 CBN(cubic boron nitride)가 개발되어 있다. 인조 다이아몬드는 경도는 매우 높지만 철강재료와 반응하기 쉽고 공기중에서 600°C 부터 산화되어 마모가 진행되므로 주로 초경합금, 세라믹 등에 사용되며, CBN은 다이

아몬드에 버금가는 경도를 갖고 있으며 열전도율이 높고 철에 대하여 화학반응을 일으키지 않아 철강재료에 적합하다. 공작물 재료의 대부분이 철강 재료이기 때문에 초입자로서 CBN이 매우 널리 사용되고 있다.

이전의 재래숫돌에 비하여 CBN입자는 절삭날이 대단히 오래 보존되고 마모가 쉽게 일어나지 않기 때문에 숫돌의 지름 및 형상이 쉽게 변하지 않아 숫돌의 주속도를 안정하게 유지시켜 고정밀 연삭가공을 수행 할 수 있다. 이처럼 고정도, 고능률, 고수명, 고생산성 및 무인가공을 실행할 수 있기 때문에 많은 사용이 기대되고 있다. 이와 함께 CBN 입자에 대한 연구가<sup>(9),(10)</sup> 수행되고 있지만 재래숫돌과는 엄격한 차이가 있기 때문에 아직도 명확하고 체계적인 연구가 이루어 지지 않고 있다.

본 연구는 이러한 점에 주목하여 근래에 연삭가공에 많이 사용될 것으로 기대되는 CBN 숫돌의 입자가 어떠한 형태로 변화되는지 고찰하기 위한 기초적 연구 단계로 CBN 숫돌의 한 부분을 검출점으로 설정하여 현미경을 통하여 작업면을 관찰하였다.

## 2. 실험방법 및 실험장치

숫돌표면에 무수하게 늘어진 숫돌입자중에 특정부분을 대상으로 하여 이것이 드레싱 전·후에 어떻게 변화하는지 알기 위하여 Fig.1과 같은 측정장치를 이용한다. 연삭기 주축에 CBN 숫돌을 장착하고 숫돌 중심과 일직선상의 위치에 상·하·전·후 이송할 수 있는 현미경을 부착하고 이를 통해 관찰된 작업면을 카메라로 촬영한다. 숫돌 전면 윗부분에 할로겐 램프(12V, 50W)를 설치하여 명암정보를 높였다. 촬영된 화상은 컴퓨터에 입수되고 화상 전처리 과정을 통해 신호의 신뢰도를 높인다.

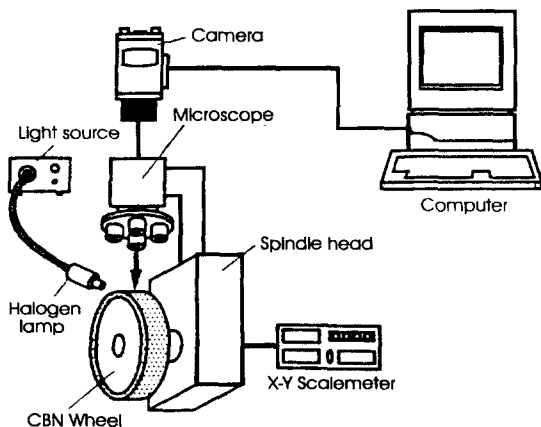


Fig. 1 Schematic diagram of experimental equipment

본 시스템은 현미경과 카메라 및 컴퓨터로 구성된 매우 간단한 구조이며 현미경의 대물렌즈의 배율을 변화시키면 광범위한 입도범위와 측정영역을 넓힐 수 있다. 또한 숫돌 커버를 그대로 둔채 숫돌의 탈착없이 드레싱, 트루잉 및 연삭가공 후의 작업면을 직접 측정 관찰할 수 있는 잇점이 있다. 실험은 Table 1의 조건으로 samsung (clover-SFG 200)사의 테이블 좌우이동형 평면연삭기에서 수행하였다.

Table 1 Working conditions

wheel	abrasive grain	CBN
	grain	size80/100
	grade	N
	bond	metal
	concentration	75
	dimension	175*20*31.75
workpiece	dressing stick	WA120G
	dimension	75*20*50
Working condition	spindle speed	3450 rpm
	depth of cut	2mm
	feed	7.5mm/stroke
	table speed	15mm/sec

CBN 숫돌의 회전운동과 테이블의 좌우이송 운동 및 전후 스텝이송 운동에 의하여 전자석위에 놓인 가공물을 절삭깊이 2mm로 연삭가공한다. 이 때의 테이블 속도 및 스텝이송은 X-Y scalesmeter 와 테이블에 장착한 photo-sensor (OMRON,EE-SH3)에서 검출된 5V 출력신호를 디지털 오실로스코프에서 입수하여 측정했다. 입수된 화상은 컴퓨터에서 처리되고 육안관찰과 명암정보를 gray level로 측정하여 숫돌작업면에서의 CBN 입자의 거동을 관찰하였다.

Fig.2는 현미경으로 관찰되는 숫돌작업면의 개략도이다. CBN 숫돌표면의 입도의 한 측정점을 카메라에서 촬영된 화상으로 관찰하면 금속본드 사이에 형상과 크기가 서로 다른 CBN abrasive grain이 불규칙적으로 분포되어 있음을 알 수 있다. 아직 절삭날로서 존재하지 않는 것도 있으며 가공에 의하여 마모가 된 입자도 있다.  $\lambda$ 는 숫돌 작업면상의 일직선상에서 존재하는 입자사이의 간격이며  $s$ 는 가공에 의해서 발생하는 절삭날 마모면적이다. 이러한 인자들이 연삭가공에서 매우 중요한 요소로 존재하고 있으며 향후의 연구과제로서 규명해 나가야 할 것이다.

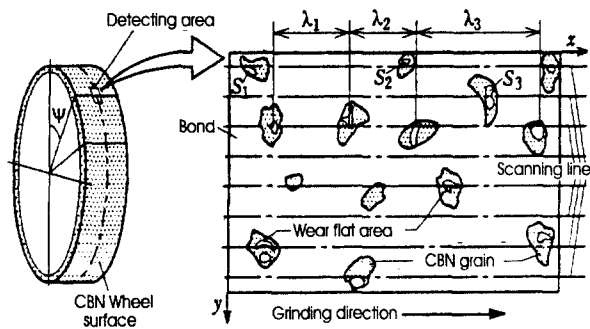


Fig. 2 Schematic view of abrasive grain distribution on the CBN wheel surface

### 3. 실험결과 및 고찰

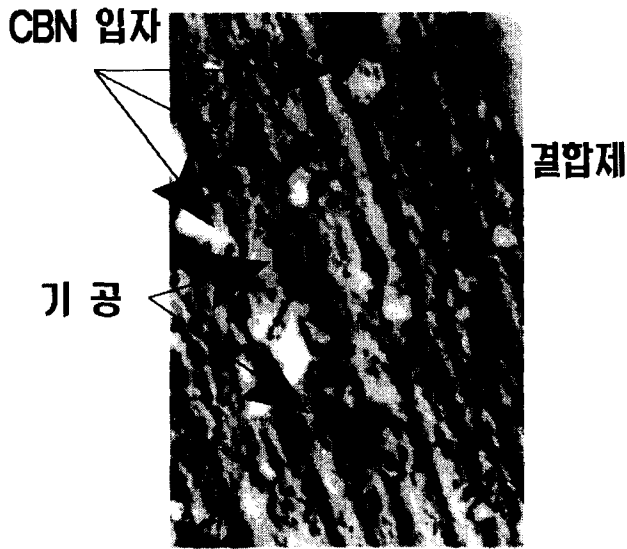
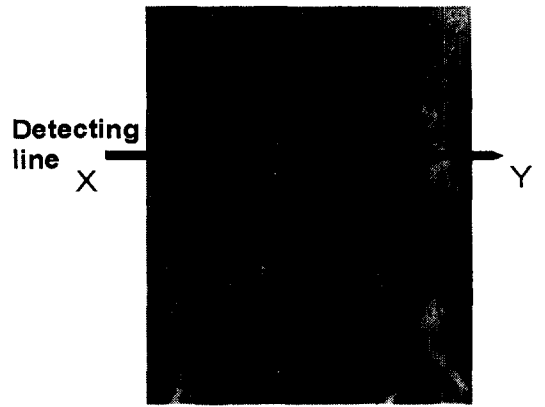


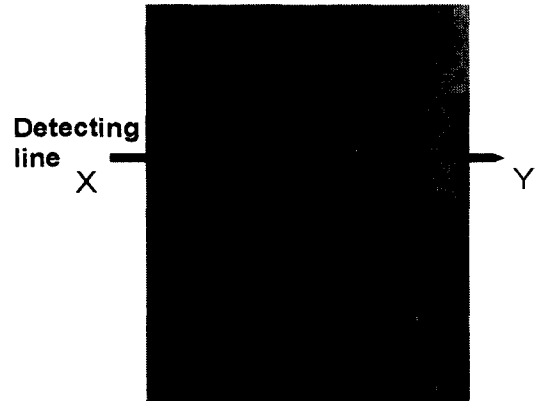
Fig. 3 Photography of CBN wheel surface

Fig.3은 측정계를 통해 입수된 CBN 슛돌 작업면의 화상이다. 금속결합제가 왼쪽 윗방향에서 오른쪽 아랫방향으로 굳어진 모습으로 존재하며 화상의 중앙부에서 왼쪽 윗쪽으로 CBN 입자가 보이고 있다. 또한 기공도 두군데에서 형성되어 있음을 알 수 있다.

Fig.4는 연사가공 전후의 슛돌작업면의 형상변화를 보이고 있다. WA120G 드레싱용 스틱을 Table 1에서 제시한 가공조건으로 10회 연사가공한 후에 검출선을 선정하고 드레싱 전·후의 변화를 명암정보인 grey level로서 표시하였다. Fig.4(A)에서 검은 부분은 금속본드이며 흰색부분이 CBN 입자를 나타내는 것이다. 검출점 X-Y를 걸쳐 두 개의 입자가 검출되고 있다. 이 검출신호는 grey level 값으로 X-Y위치의 150~200, 400~500 영역에서 두 개의



(A)

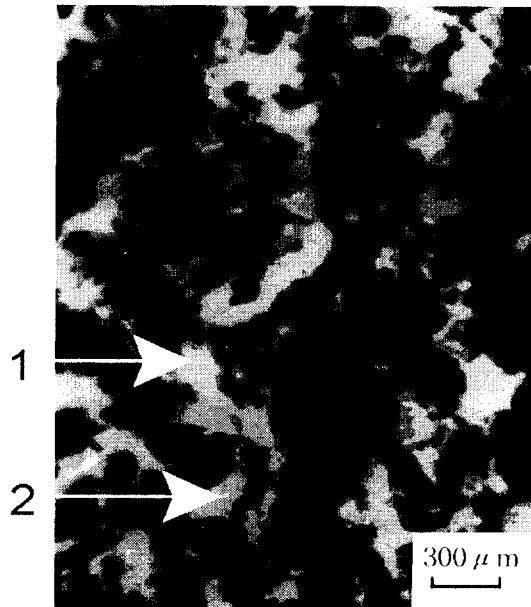


(B)

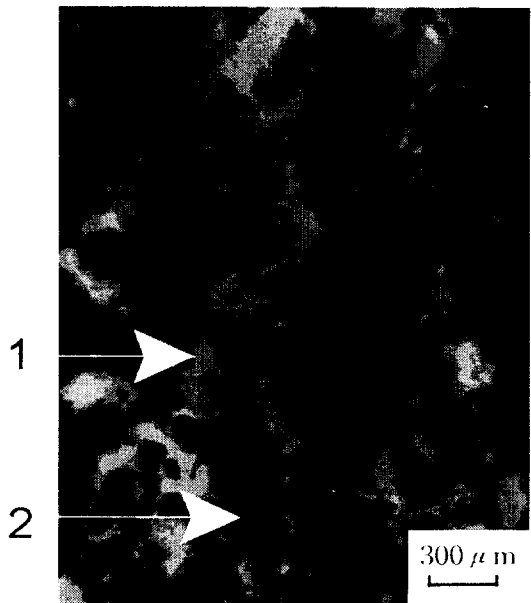
Fig. 4 Photography of working surface and Intensity vs. X-Y position (A: Before dressing, B: After dressing)

뾰족한 산 모양으로 인식되어 진다.

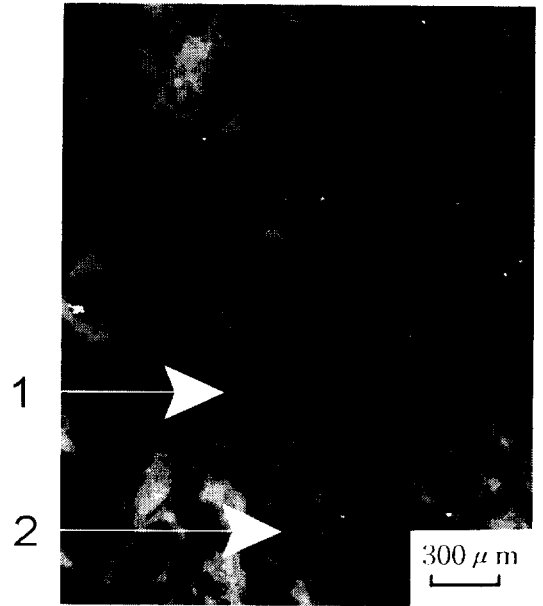
Fig.4(B)는 드레싱용 스틱을 가공한 후의 숫돌작업면 형상으로 (A)와 같은 위치에 검출선을 설정하고 명암정보를 입수하였다. 이 검출신호는 grey level값으로 X-Y위치의 100~200, 400~500 영역에서 두 개의 산의 형태로 존재한다. 각 그림의 X-Y위치 (A) 150~200과 (B) 100~200를 관찰하여 보면 (A)에서는 폭이 좁으며 뾰족한 형태를 갖는 입자를 알 수 있고 (B)에서는 폭이 넓으며 낮고 평평한 형상을 갖고 있다. 이것은 비록 재래숫돌과 비교하여 많은 양은 아니지만 연삭가공이 이루어 짐과 동시에 입



(A) Before grinding



(B) After grinding ( 40 times per 2mm)



(C) After grinding (80 times per 2mm)

Fig. 5 Changes of CBN wheel surface and abrasive grain

자가 마모되어 절삭날이 무디게 되어 평평한 마모면을 갖는 것이라고 생각된다.

Fig.5는 연삭가공을 수회 반복한 후의 숫돌작업면상에서의 CBN 입자의 거동을 관찰하였다. (A)는 가공전의 상태를 표시한 것이다. 1, 2로 표시된 곳에 CBN 입자가 존재하고 있음을 알 수 있다. (B)는 연삭가공을 절삭깊이 2mm로 하고 40회 연삭한 후의 숫돌작업면이다. 2로 표시된 곳에 존재하던 CBN 입자가 탈락된 것을 볼 수 있다. (C)는 연삭가공을 절삭깊이 2mm로 하고 80회 연삭한 후의 숫돌작업면이다. (A), (B)에는 존재하였던 1로 표시된 곳의 CBN 입자가 탈락된 것을 볼 수 있다. 이와 같은 실험을 통하여 재래숫돌의 마모량에는 비교할 수 없지만 CBN 입자도 마모와 탈락이 이루어지고 있음을 알 수 있었다.

#### 4. 결 론

본 논문은 산업현장에서 널리 사용되고 있는 연삭가공에서 초입자(super abrasive grain)로 많이 사용되어 가고 있는 CBN 입자의 거동에 대하여 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. 현재의 연삭가공은 고정밀, 고능률 고품위의 생산품을 얻기 위하여 CBN 이나 man-made diamond의 초입자(super abrasive grain)를 많이 사용하고 있으며 철강재료의 연삭에 적합한 CBN 숫돌이 많이 각광받고 있다.

2. 본 측정 시스템은 현미경, 카메라 등을 이용한 매우 간단한 구조를 갖고 있어 연삭기의 기본구조 변화없이 장착이 수월하고 신호의 입수나 해석이 간편하므로 현장 적응력이 매우 강하다.
3. CBN abrasive grain은  $H_K=4700 \text{ kg/mm}^2$ 의 매우 높은 경도를 갖고 있으나 연삭가공이 수행되면서 점차 마모된다. 본 실험에서는 WA120G의 드레싱용 스틱을 대상으로 절삭깊이 2mm로 10회 가공하였을 때 마모되는 현상을 볼 수 있었다.
4. 또한 연삭가공을 40회와 80회로 증가시켰을 때 CBN 입자가 탈락되는 현상도 관찰할 수 있었다.
5. 본 연구를 통하여 제시되는 결과는 한정된 특정입자만의 관계이므로 스톱전체의 현상으로 단정짓기는 어렵고 향후과제로 넓은 범위로의 확대와 일반화된 입자거동에 주목하여야 할 것이다.

10. 微粒CBN砥石による超仕上げ機構, 恩地好品, 精密工學會誌, 62卷 5号, pp.666~670

## 5. 참고문헌

1. 研削砥石の目なおし切れ刃に關する研究, 田中義信, 精密機械, 30卷 10号, pp.47~53
2. 目直し切れ刃のぜい弱層とその過渡的舉動, 安井平司, 精密機械, 40卷 7号, pp.28~34
3. ドレッシングにおける砥粒切れ刃形成に及ぼす砥石結合度の影響 -研削砥石のドレッシングに關する研究-, 松井正乙, 精密機械, 49卷 10号, pp.78~83
4. 砥粒磨耗のインプロセス測定 (第1報) -測定裝置試作と出力波形の檢射- 後藤英一, 精密工學會誌, 60卷 8号, pp.1149~1153
5. 砥粒磨耗のインプロセス測定 (第2報) -切れ刃磨耗面の2値畫像取試込システム- 後藤英一, 精密工學會誌, 61卷 12号, pp.1735~1739
6. 砥粒磨耗のインプロセス測定 (第3報) -濕式條件下で取り込まえた畫像の評價- 後藤英一, 精密工學會誌, 62卷 9号, pp.1320~1324
7. 研削加工の諸條件が研削砥石の性能に及ぼす影響について(第1報) -切れ刃に及ぼす振動の影響-, 精密機械, 30卷 11号, pp.13~18
8. 研削加工の諸條件が研削砥石の性能に及ぼす影響について(第1報) -切れ刃の上すべり-, 精密機械, 30卷 12号, pp.10~15
9. レジンボンDCBN砥石の日直しに關する研究 (第2報) -SLAD法による高切れ刃密度と鋭い砥石鏡面丸みの研削持続性-, 中國汎, 精密工學會誌, 61卷 7号, pp.991~995