

다이아몬드 휠 특성에 따른 연삭성능 비교에 관한 연구

차승환*, 하병철*, 양동호*, 박상현*, 이종찬*[#]

*금오공과대학교 기계설계공학과

A Study on Grinding Performance Comparison of Diamond Wheel Characteristics

Seung-hwan Cha*, Byeong-Cheol Ha*, Dong-Ho Yang*, Shang-Hyun Park*, Jong-Chan Lee*[#]

*School of Mechanical Engineering, KUMOH UNIV.

(Received 16 December 2019; received in revised form 20 February 2020; accepted 23 February 2020)

ABSTRACT

Alumina, a typical ceramic material used for semiconductors and display parts, is the subject of research and development efforts for mineral material processing. Alumina is extremely difficult to process since it is brittleness to either fine ceramics material. We have studied the shape of diamond particles and their use in machinability for alumina processing. Our study was carried out under various processing conditions, including cutting speed, table speed, and the surface roughness of the work piece. We also analyzed the wear characteristics of the tool by total cutting.

Key Words : Machining Center(머시닝센터), Side-Cut Grinding(측면연삭), Grinding Force(연삭저항력), Diamond Grain(다이아몬드입자) Cutting Force(절삭력)

1. 서 론

최근 반도체 산업의 호황으로 반도체제조에 필요한 부품들의 수요가 급증하고 있다. 반도체 산업은 점차 고집적화, 고정밀의 제조공정을 필요로 하고 있으며, 가혹한 환경 조건하에도 뛰어난 내열성, 내식성, 기계적 강도 특성을 가지며 치수의 정밀도가 좋은 세라믹 소재를 폭 넓게 사용하고 있다. 이에 따라 내식성과 높은 강도 및 경도를 가지고 있는 세라믹 소재 중 알루미나(Al_2O_3) 소재가 보편적으

로 사용되고 있다.

알루미나는 파인세라믹스 소재 중 한가지로 취성이 크기 때문에 가공이 매우 까다로우나 알루미나 소재 가공에 대한 연구와 개발이 활발하게 진행되고 있으며, 다양한 분야에 적용하고 있다.

알루미나는 취성소재이기 때문에 연삭가공을 이용한다. 하지만 연삭가공은 생산성이 매우 낮으며, 소재의 높은 경도로 인해 공구가 쉽게 마모되는 단점을 가지고 있다. 높은 취성소재 가공을 위해 가장 경도가 높은 다이아몬드 입자를 이용한 공구를 사용한다. 천연 다이아몬드는 매우 비싸기 때문에 가공에 사용하는 다이아몬드 입자는 공업용 다이아몬드를 사용한다. 공업용 다이아몬드는 모든 산업

Corresponding Author : jlee@kumoh.ac.kr

Tel: +82-54-478-7382, Fax: +82-54-478-7319

분야의 가공공정에 이용하고 있다.

공업용 다이아몬드를 이용한 가공공정이 활발하게 이루어짐에 따라 가공단가, 가공효율성, 공구교체주기 등의 문제점이 대두되고 있는 실정이다.

본 연구의 목적은 가공효율성 및 경제성 향상을 위해 다이아몬드 입자를 이용한 공구조건을 확립하고자 하며, 다이아몬드의 입자 형상에 따른 가공특성 분석을 통해 다양한 형상의 세라믹 제품가공에 알맞은 최적의 다이아몬드 입자선정을 목표로 한다.

2. 실험장치 및 조건

2.1 시험편

본 연구에 사용된 시험편은 반도체 제조공정에 사용되는 알루미늄(Al_2O_3)를 공통적으로 사용하였으며, 연삭저항력 분석을 위한 시험편과 공구마모 분석 시험편에 대한 형상을 Fig. 1과 Fig. 2에 나타내었으며, 소재에 대한 물성치는 Table 1에 나타내었다.

2.2 장치 구성도

Fig. 3 ~ Fig. 5는 연삭저항력 실험 장치 Setup과 공구형상을 나타낸 것이다.

본 연삭실험은 Fig. 3와 같이 수직형 머시닝센터(Model : 두산인프라코어, VM410)를 사용하였으며, 실험 장치는 Fig. 3과 같이 측면연삭 가공 시 발생하는 연삭저항력을 측정하기 위해 압전형 공구동력계 (piezo-electric Type Tool dynamometer, Kistler 9257B)를 연삭기 테이블에 설치하고 그 위에 공작물인 알루미늄 시편을 바이스에 고정하였다.

연삭실험 시 연삭 휠과 공작물의 상대운동에 의해 발생되어지는 힘은 압전형 공구동력계에서 발생하는 아날로그 신호로 변환되어 다채널 증폭기 (Multichannel charge amplifier)에서 신호가 증폭된 후 아날로그-디지털 변환기(A/D converter)를 거쳐 디지털 신호로 변환되어 PC로 전송된다.

PC로 전송된 Data를 이용하여 주분력 F_t 와 배분력 F_n 으로 나누어 수치 및 도시화되며, 이를 이용하여 각 조건에 따른 연삭저항력을 비교분석 한다.

2.3 실험조건

본 실험은 파쇄형 다이아몬드 입자와 육팔면체형 다이아몬드 입자를 사용하여 연삭저항력 분석 및 공구마모실험을 진행하였다. 각 다이아몬드 입자는 파쇄형과 육팔면체형 다이아몬드 입자를 사용하였으며, 이에 따른 형상은 Table 2에 나타내었다. 실험에 사용한 휠의 입도는 #120로 동일한 휠을 사용하였으며, 지름이 30mm인 전착 휠을 사용하였다. 연삭저항력 측정을 위한 가공조건과 공구마모 실험 조건은 Table 3와 Table 4에 나타내었다. 공구마모 실험조건은 연삭저항력 실험조건보다 가혹조건을 부여하여 진행하였다. 다이아몬드 입자 종류는 편의상 파쇄형은 A Type, 육팔면체형은 B Type으로 표기하였다.

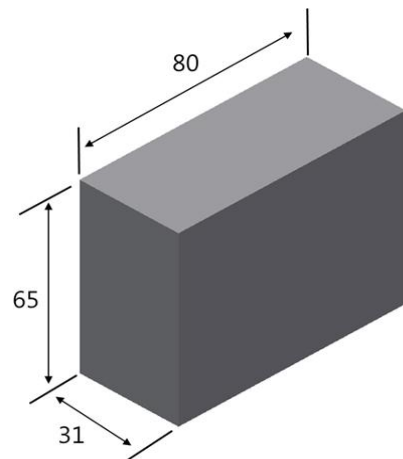


Fig. 1 Grinding force test shape of workpiece

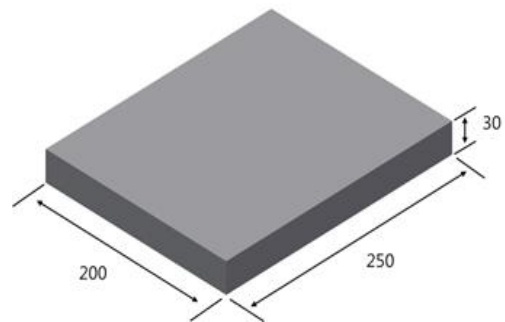


Fig. 2 Tool wear test workpiece

Table 1 Mechanical properties of workpiece

Items	Value	Unit
Density	3.90	g/cm^3
Hardness	9.0	Mohs
Young's Modulus of Elasticity	370	GPa
Shear Modulus	140	GPa
Poisson's Ratio	0.22	-
Fracture Toughness	4~5	$MPa \cdot m^{1/2}$

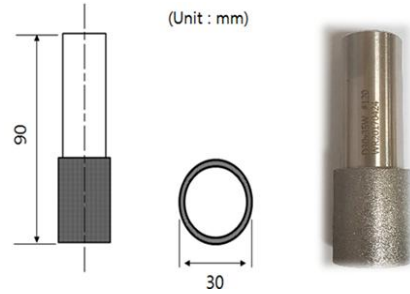


Fig. 5 Shape of wheel



Fig. 3 Experiment setting of grinding force

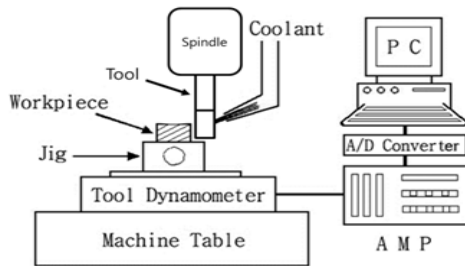


Fig. 4 Experimental set-up of grinding force concept diagram

공구마모실험은 1Pass/250mm² 측면가공을 실시하였으며, 40Pass(7,200 m³)당 휠의 직경, 표면조도, 휠 표면촬영을 실시하여 분석을 실시하였다. 또한 공구마모 실험조건은 연삭저항력 실험조건보다 가혹조건을 부여하여 진행하였다. 다이아몬드 입자 종류는 편이상 파쇄형은 A Type, 육팔면체형은 B Type으로 표기하였다.

Table 2 Condition for diamond grain

Crushed Shape (A Type)	Cubo-octahedral Shape(B Type)

Table 3 Grinding force test condition

Grinding machine	Vertical Machining Center
Workpiece	Alumina
Wheel	Mash : #120 Diameter : 30mm
Wheel speed	1,300rpm
Table speed	70, 80, 90, 100 mm/min
Depth of cut	5, 10, 15 μm

Table 4 Tool wear test condition

Grinding machine	Vertical Machining Center
Workpiece	Alumina
Wheel	Mash : #120 Diameter : 30mm
Wheel speed	1,300rpm
Table speed	120mm/min
Depth of cut	600 μm
Pass/Volume	1Pass/180m ³ 40Pass/7,200m ³

3. 실험결과 및 고찰

3.1 연삭저항력 및 표면조도 분석

파쇄형 다이아몬드 입자와 육팔면체형 다이아몬드 입자의 가공특성 분석을 위해 연삭저항력을 측정하였으며, 테이블 이송속도와 절입깊이의 변화에 따라 연삭저항력과 공작물의 표면조도를 분석하였다. Fig. 6 ~ Fig. 7은 절입깊이와 이송속도에 따른 저항값의 변화를 나타낸다. 아래 그래프로부터 동일한 Wheel speed에서 절입깊이가 증가함에 따라 연삭저항력이 점차적으로 증가하고 있음을 보여주고 있으며, 공작물의 이송속도가 증가할수록 연삭저항력 또한 증가하는 것으로 나타났다. 또한 파쇄형 다이아몬드 입자에 비해 육팔면체형 다이아몬드 입자의 저항력이 높게 나타나는 것으로 확인된다. 이는 육팔면체형의 다이아몬드 입자가 파쇄형 다이아몬드 입자보다 접촉면적이 넓기 때문에 연삭력이 증가하게 되는 원인으로 사료된다.

Fig. 8은 절입깊이에 따른 공작물의 표면조도 값을 나타낸 것이며, 파쇄형 다이아몬드 입자와 육팔면체형의 다이아몬드 입자를 사용한 공작물의 표면조도를 Ra값으로 나타내었다. 파쇄형과 육팔면체형의 다이아몬드 입자를 사용한 휠 모두 0.65~0.1 μ m의 표면거칠기 값을 나타내는 것으로 확인되었다.

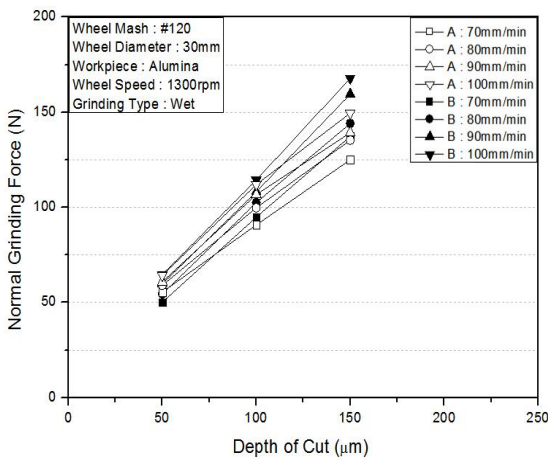


Fig. 6 Normal grinding force versus depth of cut & feed

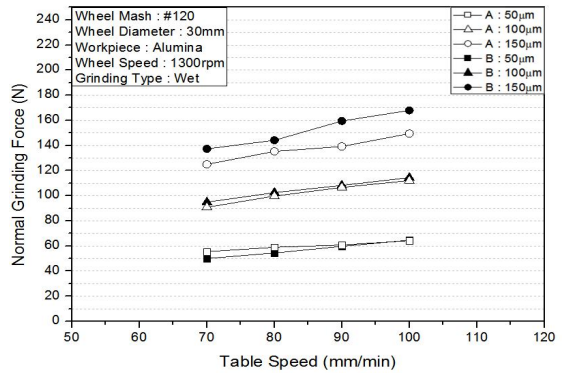


Fig. 7 Normal grinding force versus feed & depth of cut

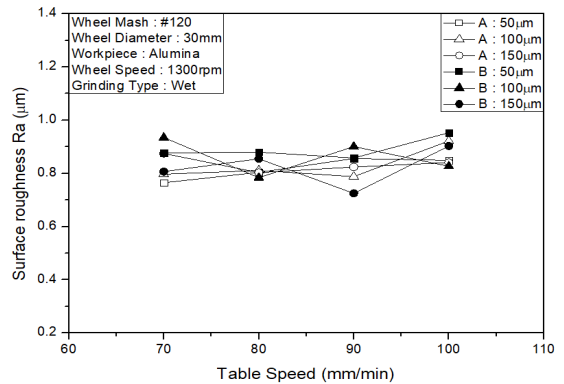


Fig. 8 Surface roughness versus table speed(Ra)

3.2 공구마모 분석

Fig. 9는 총 가공체적에 따른 공작물의 표면거칠기(Ra)를 나타낸 것이다. 총 가공체적이 증가함에 따라 공작물의 표면거칠기는 점차 감소하는 경향을 보이며, 이는 다이아몬드 입자가 점차 탈락되어 니켈 도금층까지 도달하여 연삭보다 연마에 가까워지는 것으로 판단된다.

총 가공체적에 따른 공구 표면 관찰하기 위해 포터블 현미경을 이용하여 촬영을 실시하였으며, 이에 따른 결과로는 Fig. 11 ~ Fig. 12에 나타내었다. 총 가공체적이 증가할수록 공구에 스크래치가 점차 심해지는 것으로 보이며, 육팔면체형의 다이아몬드 입자를 사용한 휠은 입자탈락이 급격하게 진행되는 것으로 확인된다.

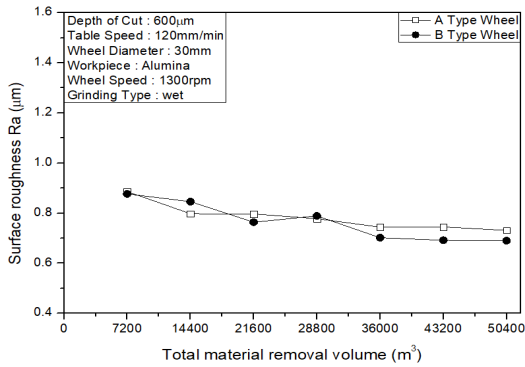


Fig. 9 Surface roughness versus total material removal volume

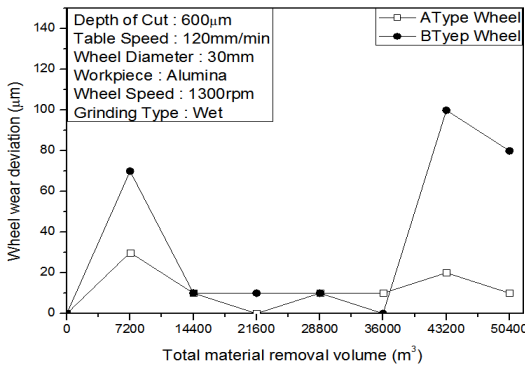


Fig. 10 Wheel size versus total material removal volume

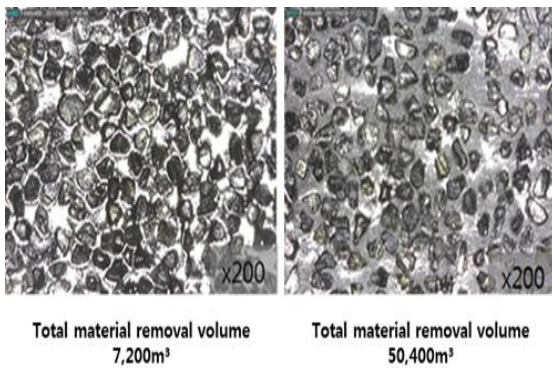


Fig. 11 Total material removal volume to A type wheel surface

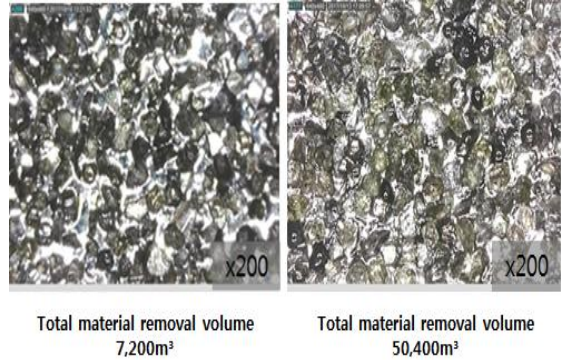


Fig. 12 Total material removal volume to B type wheel surface

Fig. 10은 가공체적의 증가에 따른 공구직경 마모도를 나타낸 것이다. 두 휠 모두 총 가공체적이 증가함에 따라 점차 마모하는 것으로 보이나, 파쇄형 다이아몬드 입자보다 육팔면체형 다이아몬드 입자를 사용한 휠이 마모량이 더 큰 것으로 확인된다. 또한, 육팔면체형 다이아몬드 입자를 사용한 휠의 마모가 36,000m³ 가공 이후 급격하게 진행되는 것으로 확인된다.

4. 결론

본 연구에서는 파쇄형 다이아몬드 입자와 육팔면체형 다이아몬드 입자에 대한 연삭특성 비교를 위해 실시하였으며, 난삭제인 알루미늄 세라믹 소재를 가공하여 공구 특성에 따른 비교 실험을 진행하였다. 따라서 결과를 정리하면 다음과 같다.

1. 파쇄형 다이아몬드 입자를 이용한 휠의 연삭저항력에 비해 육팔면체형의 다이아몬드 입자를 이용한 휠의 연삭저항력이 절입깊이 증가에 따라 점차 증가하는 것으로 확인되었다.
2. 가공면의 표면거칠기는 절입깊이나 이송속도에 관계없이 일정 범위내의 값을 보였다. 이는 입자의 형상에 연관성이 없는 것으로 판단된다.
3. 총 가공체적 증가에 따라 점차 휠의 직경이 줄어드는 것으로 확인되었으며, 특히 육팔면체형의 다이아몬드 입자를 사용한 휠은 43,200m³부터 급격한 마모가 진행된다. 이는 파쇄형에 비

해 공작물과 접촉면적이 넓어 가공부하로 인한 입자탈락으로 인한 공구 마모가 진행되는 것으로 판단된다.

4. 육팔면체형 다이아몬드 입자는 파쇄형 다이아몬드 입자보다 절입깊이가 증가함에 따라 연삭저항력도 높아지며, 공구의 마모도 급격하게 이루어지는 것으로 보아 가공량이 작은 연삭가공에 효율적이라고 판단된다. 또한 파쇄형 다이아몬드 입자는 절입깊이의 증가량에 따라 비교적 낮은 연삭저항력을 보이며, 공구의 마모도 또한 천천히 이루어지므로 가공량이 많은 연삭가공에 사용하는 것이 효율적이라고 판단된다.

후 기

본 연구는 금오공과대학교 학술연구비(2017-104-097)를 지원받아 수행되었습니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

REFERENCES

1. Lee, J. C., Grinding & Machining with Superabrasives, Munundang, pp. 96-100, 1998.
2. Lee, J. C., Mechanics for the 21st century, Munundang, pp. 406-416, 2005.
3. Kim, G. M., "Study on the wearing behavior of diamond tool used to machining of ceramics Ceramics, Green body, Sintered ceramic", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 10, No. 1, pp. 73-79, 2011
4. Choi, H. and Kim, C. S., "The Effects on a Side-Cut Grinding depend on the Change of the Quill Rigidity", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 12, No. 5, pp. 36-41, 2013.