

## 세라믹스의 절삭거동에 관한 실험적 연구

이길우\* · 김순태

\*홍익대학교 과학기술대학 기계디자인과

홍익대학교 화학공학과

(1993년 4월 3일 접수)

### An Experimental Study on Cutting Characteristic of Ceramics

Kil Woo Lee\* and Soon Tae Kim

\*Dept. of Machine Design, Hong Ik University

Dept. of Chemical Engineering, Hong Ik University

(Received April 3, 1993)

#### 요 약

세라믹스의 절삭성과 가공성에 대한 실험을 하였다. 피삭제로는 순도가 각각 다른 알루미나 세라믹스와 석영, 코디어라이트를 선택하였고, 공구는 소결 다이아몬드와 CBN 공구를 사용하였으며 공구마모, 가공표면 조도, 절삭저항을 각각 비교 검토하였다.

피삭제의 가공은 두 공구 모두 가능하지만 피삭체의 경도가 높은 경우에는 소결다이아몬드가 더 우수한 절삭 거동을 보였다. 특히 소결 다이아몬드공구로 알루미나 세라믹스체를 절삭할 경우,

(1) 습식절삭이 건식절삭에 비해 공구수명이 현저하게 길다

(2) 표면조도는 피삭체의 순도가 높을수록 우수하다.

(3) 절삭속도, 이송속도, 절삭깊이가 과다하게 조건을 주었을 때 공구의 chipping 및 결손이 자주 발생한다. 또한 표면조도가 거칠고, 절삭저항도 증가한다.

(4) 고경도 세라믹스의 절삭조건은 절삭속도가 20~40(m/min), 이송속도는 (0.01~0.02)mm/rev, 절삭깊이 0.1~0.2(mm)의 범위가 적절하다

#### ABSTRACT

The machinability of ceramics has been experimentally studied. The experiments were conducted on alumina ceramics of various purity, quartz, and cordierite using the sintered diamond tools and CBN tools.

Tool ware, surface roughness, and cutting resistance were measured and analysed. It was found that the workpieces could be machined with the diamond and CBN tools, but the sintered diamond tools were more efficient for the machining of the high strength ceramics. The machining of alumina ceramics with sintered diamond tools showed that

(1) wet machining prolonged tool life comparing with dry machining,

(2) workpiece with higher purity had better surface roughness,

(3) severe cutting conditions led to the chipping and fracture of tool and increase of the surface roughness and cutting resistance.

4) 20~40 m/min of cutting speed, 0.01~0.02 mm/rev of feed, and 0.1~0.2 mm of cutting depth are suggested as proper cutting conditions for the high strength ceramics.

#### 1. 서 론

기계구조용 재료는 고강도, 내마모성, 내열성, 내식성, 내화학적 특성이 우수하여 많은 산업분야의 요구대상이

되고 있다. 그러나 세라믹스는 부품의 제조에 있어서 성형체가 소결후에 10(%) 이상이 수축한다. 이 수축에 의한 치수이 변화를 완전히 예측하기는 곤란하며, 성형체는 밀도의 분포와 소결온도 등에 지배되어 제어하기

에는 곤란한 인자들이다. 이러한 세라믹스의 과다수축과 소형변형에 의한 교정들이 불가능하다. 그러므로 高精度의 부품을 제조하기 위해서는 成形燒結 후 반드시 기계가공에 의한 정밀 다듬질 가공이 필요하다.<sup>1)</sup> 취성이 크고, 難削材料인 세라믹스 부품은 鑄製作 및 원료분말의 성형소결 후 치수정밀도는 연삭가공을 하여 제공화한다. 그러나 소량 생산품이나 시작품에 대하여 鑄製作부터 시작하는 것은 非能率的이며, 다이아몬드 스톨을 사용해 연삭가공을 할때 가공능률, 가공형상, 가공비 등이 문제점들이다.<sup>2)</sup> 절삭가공은 성형해야 할 부품의 형상, 치수에 제한이 적고, 또한 가공능률이 양호하며, 가공의 유연성이 우수하다. 따라서 절삭가공의 가능성, 절삭성, 절삭특성에 관하여 연구하는 것은 충분한 의의가 있다고 생각된다.

竹山秀彦<sup>3)</sup>은 세라믹스 절삭시 절삭 속도에 따르는 燒結다이아몬드 공구날의 온도변화를 측정하여 절삭성을 연구하였다. 이때 절삭속도 50(m/mm)일 때 약 850°(K)을 상회하는 것으로 나타나고 있다. 또한 세라믹스의 마이크로 절삭에 관한 파괴역학적인 기구를 해석한 杉田忠章<sup>4)</sup> 등은 소결온도에 따라 경도 및 파괴 거동에 대한 인성치를 제시하였으며, 剛村建二<sup>5)</sup> 등이 절삭에 따르는 가공표면에 잔류하는 결함 등에 의한 표면손상 생성기구를 연구하였다. 그러나 그 연구는 절삭시 강도의 영향이 금속재료에 비해 벽계성이며, 잔류응력과 소성영역이 거의 없는 취성의 특성을 고려하지 않은 문제점이 있다. 또한 水浴勝<sup>6)</sup> 등은 세라믹스의 기계가공에 대한 재료의 균열 거동기구를 해석하였다. 이들은<sup>3,7)</sup> 세라믹스 절삭이 공구인선 근처에서 균열이 발생하면서 가공이 진행되어 칩을 알아냈으며, 절삭에 의한 균열과 절삭깊이에 대한 연구를 하였다. 이것을 기초로 하여 野口和男<sup>8)</sup> 등은 低純度알루미나 假素材의 절삭 가능성을 연구하였고, 飯島勝<sup>9)</sup>은 경도와 피삭제에 대한 연구에서 피삭제와 각종 소결공구와의 경도는 4-5배되는 공구로 절삭이 가능한 것으로 입증하였다. 따라서 본 논문은 순도 85%, 96%, 99.8%로 분류한 알루미나계 세라믹스( $Al_2O_3$ )와 코디에라이트( $2MgO, 2Al_2O_3, 5SiO_2$ ), 석영( $SiO_2$ ), 알루미나계 生材(white body) 등의 다양한 세라믹스들을 피삭재로 택하고 이들 피삭제들을 각각 소결다이아몬드 공구와 CBN공구로 선삭하면서 기계가공성 즉 절삭성, 마모특성, 공구수명, 표면조도 등에 관한 기계적 성질을 실험 고찰하여 피삭제의 종류 및 공구에 따르는 제반사항을 계통적으로 검토하고자 한다.

2. 실험방법

2.1. 세라믹스 절삭을 위한 공구재 선택

절삭공구의 경도는 일반적으로 피삭제의 경도에(4~5)배이며, 高硬度 세라믹스(85%, 96%, 99.8%  $Al_2O_3$  각각의 노프 경도는 1510, 1700, 2260 Kg/mm<sup>2</sup>)를 절삭할 수 있는 공구로는 燒結 다이아몬드(노프 경도 7000-12000 Kg/mm<sup>2</sup>) 공구가 적절하다. 따라서 이 공구를 선택하여 절삭가능성과 절삭가공성을 연구하고자 한다. 또한 알루미나 경도의 약 (2~3)배가 되는 CBN공구(노프 경도 4500 Kg/mm<sup>2</sup>)에 대해서도 절삭가공성을 고찰하고자 본 논문에서 선택하였다.

2.2. 피삭제

본 실험에 사용된 피삭제는 국내 업체에서 제작한 것으로, 피삭재(φ50×100 mm)는 알루미나( $Al_2O_3$ )계 세라믹스이다. 이것은 프레스 성형을 하여 1430℃ 이상에서 소결한 것으로 순도를 85(%), 96(%), 99.8(%의 3종류를 제작하여 Table 1과 같이 기계적 성질을 나타내었다.

Table 1. Mechanical Property of  $Al_2O_3$  Ceramics

$Al_2O_3$	85%	96%	99.9%
Water Absorption(%)	0	0	0
Bulk density(g/cc)	3.41	3.72	3.90
Compressive strength(Kg/cm <sup>2</sup> )	18000	22500	23500
Bending strength(Kg/cm <sup>2</sup> )	4500	5400	5800
Thermal Conductivity (cal/cm sec °C)	0.022	0.05	0.08
Max. use Tamp(°C)	1200	1600	1600
Coefficient of thermal expansion(10 <sup>-6</sup> /°C)	6.9	7.2	7.5
Knoop hardness(Kg/mm <sup>2</sup> )	1510	1700	2260
Specific heat(cal/g°C)	0.22	0.21	0.21

Table 2. Mechanical Property of  $SiO_2$  and  $2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$

Material	$SiO_2$	$2MgO \cdot 2Al_2O_3 \cdot 5SiO_2$
Bulk density	2.65	2.0~2.5
Knoop hardness(Kg/cm <sup>2</sup> )	700~800	800~900
Compressive strength (kg/cm <sup>2</sup> )	20,000	3,500~6,000
Specific heat(cal/g°C)	0.2	1.4~2.1
Thermal conductivity (cal/cm sec °C)	0.017	0.005/0.02
Thermal expansion coefficient(10 <sup>-6</sup> /°C)	17~30	1.4~2.1

그리고 비교 피삭재료는 알루미늄계 세라믹스 85(%)  
 生材, 석영(SiO<sub>2</sub>) 및 코디어라이트(2MgO · 2Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> · 3SiO<sub>2</sub>)  
 을 선택하여 절삭가능성을 알아보고자 하는 것이다.  
 Table 2는 석영과 코디어라이트의 기계적 성질을 나타낸  
 것이다.

**2.3. 실험장치 및 실험방법**

본 실험에 사용된 공작기계는 양 Center간의 거리는  
 650(mm), Bed 상의 최대 Swing이 640 (mm), 주축의  
 회전수 (20~2500) rpm, 주축의 Main Motor의 동력은  
 DC 15/20 Hp인 주축의 속도 제어가 되는 N.C선반  
 (Puma-10)이다.

여유면 마모를 측정하기 위해서 공구 현미경(Mitutoyo  
 Tool Microscope)을 사용하여 X20배 배율로 하여 마  
 모된 부위를 직접 측정하였다. 공구 마모의 판정을 여  
 유면 마모 최대 마모폭을 측정하여 나타내었으며 그 평균  
 마모폭 기준값은 0.2mm로 하였다. 결사면 마모는 공구  
 에 Chipping이나 결손이 일어나지 않는한 거의 생기지  
 않으므로 본 실험에서는 무시하였다.

**2.4. 표면 조도**

표면조도는 촉침식 표면조도계(Surfcom 300 B)로 수평  
 방향 및 수직 방향을 측정하였다. 이때의 표면조도는 KS-  
 B 0161 규격에 따라 Setting하여 Cut-off값 0.30(mm/s),  
 RecordChart의 이송속도 6(rev/min)과 15(rev/min), 증  
 폭기의 비율 500, 1000, 2000배 및 측정압력은 100  
 (mgf/mm<sup>2</sup>)에 맞추어 3회씩 측방향으로 측정하여 Rmax  
 평균값으로 나타내었다. 절삭저항은 3차원 공구동력계  
 (삼보전기 TSM-TH형)으로 燒結다이아몬드 공구를 이  
 용해 절삭조건에 따라 변화하는 세 절삭동력을 측정하  
 였다.

본 실험에서 이송량은 0.01-0.05(mm/rev), 절삭깊이는  
 0.1-1(mm), 절삭속도는 10~100(m/min)으로 하여 전식  
 과 습식 두 조건을 비교하면서 피삭재와 공구에 따라  
 각각의 절삭조건을 변경하면서 절삭 가능성과 공구 절  
 삭성을 고찰하였다. 본 실험에서 유제는 수용성 절삭유  
 (솔로볼륨)를 사용하여 실험하였다.

**3. 결과 및 고찰**

**3.1. 공구마모의 공구 수명**

Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 순도(85%, 96%, 99.8%)를 달리하는 알루미나  
 계 세라믹스와 석영(단결정), 코디어라이트를 燒結다이  
 아몬드 및 CBN공구로 각각 절삭할 경우, 절삭속도, 이

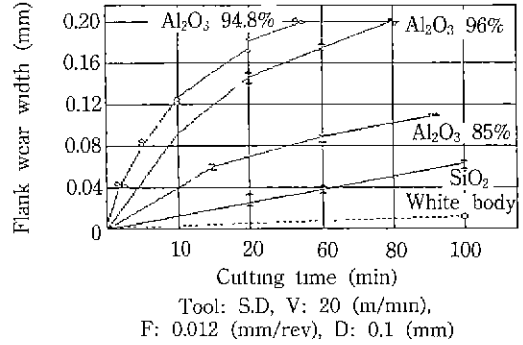
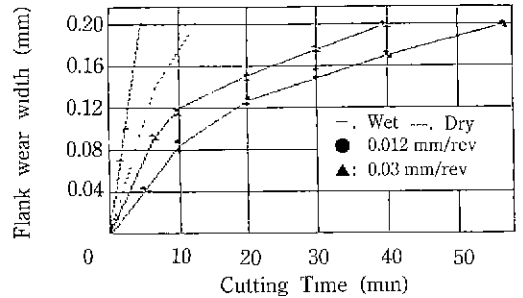


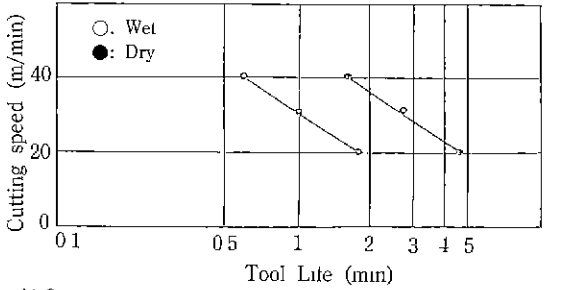
Fig. 1. Tool Wear curves of S.D. tool for various Ceramics machining.



Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, 99.8%, Tool: S.D, V: 20 (m/min), D: 0.1 (mm)  
 Fig. 2. Effect of Cutting fluid on the Toollife in Machining of Alumina 99.8 Ceramics with S.D. tool.

송량, 별삭깊이 변화와 그리고 습식과 전식 절삭시의 각  
 공구의 마모와 수명, 그리고 마모형태를 알아보았다.

각 피삭재를 소결 다이아몬드 공구로 동일조건 즉,  
 절삭속도를 20(m/min), 이송 0.012(mm/rev), 절삭깊이  
 0.1(mm)로 하여 습식 절삭을 할 때의 공구의 여유면  
 마모폭을 나타낸 것이 Fig. 1이다. 여기서 세라믹스 경  
 도가 클수록 여유면 마모가 심하게 일어나 수명이 단  
 축되며, 알루미나계기 가장 난삭재임을 알수 있었다. 이  
 것은 경도가 커서 공구날이 피삭재에 걸림 진행이 어렵기  
 때문이라고 생각된다. 氣孔이 많고 경도가 아주 낮은  
 코디어라이트 및 생재의 경우, 공구의 마모가 거의 일  
 어나지 않으며, 또한 석영도 여유면 마모가 느리게 진  
 행되고 있음을 알수 있다. 그리고 알루미나계는 순도가  
 낮을수록 절삭이 양호하게 진행되었으며, 85%는 99.8%  
 에 비해 공구마모 진행이 현저하게 느림을 알았다. 또한,  
 Fig. 1에서 볼 수 있듯이 초기마모가 심하게 일어난다.  
 즉 공구와 피삭재의 접촉 개시점에서 여유면에 최대마  
 모가 발생한다. 세라믹스 가공시 일어나는 일반적인 현



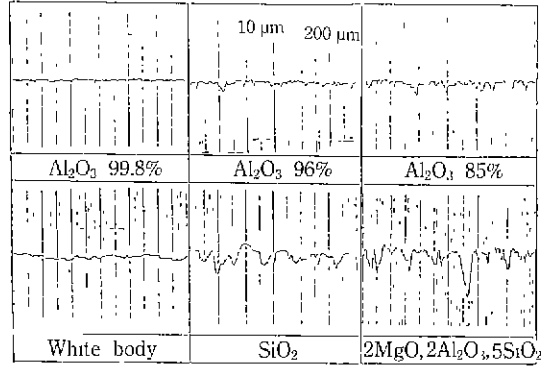
Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 99.8%. Tool: S.D, F: 0.012 (mm/rev), D: 0.1 (mm)  
**Fig. 3.** Effect of cutting fluids on the tool life in machining of alumina 99.8(%) ceramics with CBN tool.

상은 공구와 피삭재 접촉점에서 피삭재 앞부분에 미세 균열과 파괴가 연속적으로 발생하면서 절삭이 된다. 그러나 절삭을 시작하면 피삭재 끝 모서리 부분에 절삭날이 진입할때 微細均裂이 발생하면서 절삭을 할때 공구에 많은 힘이 걸리면서 공구인선의 마모가 심하게 발생하며, 또한 공구의 chipping 및 缺損이 발생한다. 또한 피삭재에도 심한 파괴가 일어난다. 이것들을 방지하기 위해서 본 실험에서는 피삭재의 끝 모서리에 약간의 모떼기 (Rounding)를 주었으며, 그 모떼기에 의하여 피삭재는 거의 파괴가 일어나지 않으며, 또한 공구의 chipping과 결손이 현저하게 감소하였다. 이것은 피삭재에 모떼기를 줌으로써 제질의 定水壓 效果를 향상시키며, 또한 제질의 연성을 부여하는 Bridgman 효과를 향상시키기 때문이다.

Fig 2는 순도 99.8 Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 세라믹스를 소결 다이아몬드 공구로 동일 조건으로 하여 건식과 습식을 비교한 것이다. 소결 다이아몬드 손상기구는 절삭열의 상승에 의한 구성 물질의 열적 특성 차이에 의해 역학적인 미세조직의 열화라고 생각할 수 있다.

대기중에서 다이아몬드는 약 600°C 이상에서는 산화되어 본래의 기계적인 성질을 상실하고 고온이 될수록 더 심하다. 그러므로 소결 다이아몬드 공구는 습식 절삭이 건식에 비해 공구 수명이 훨씬 연장되고 있으며, 본 실험에서는 습식이 건식에 비해 공구 수명이 3-6배 정도 늘어났음을 알 수 있다. 이것은 절삭 유제의 작용에 의해 윤활 효과가 마찰계수나 절삭 저항을 감소케 하여 박리 손상을 감소시키며, 냉각 효과나 다이아몬드 炭化나 흑연화가 진행되는 온도 이하로 급강하시켜 공구 수명을 개선하고 좋은 결과가 나타나게 하는 것이다.

Fig. 3은 99.9(%) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>의 세라믹스를 CBN공구로 절삭할 때 건식절삭과 습식절삭을 비교한 것이다. 소결 다이아몬드 공구는 습식이 건식에 비해 공구수명이 현



Tool: S.D, V: 20 (m/min), F: 0.012 (mm/rev), D: 0.1 (mm)

**Fig. 4.** Surface roughness of working materials.

저하게 길어지는데 비해 CBN공구는 건식절삭이 습식 절삭보다 공구수명이 길어지는 현상이 나타나고 있다. 이것은 CBN공구가 고온에서 내산화성이 우수하고 높은 열전도율 등<sup>10)</sup>이 좋기 때문이다.

Fig 2와 Fig 3은 99.8(%) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 소결 다이아몬드와 CBN공구로 절삭할 때 절삭깊이와 이송을 일정하게 하여 속도의 변화에 의한 공구수명을 나타낸 것이다. 두 공구 모두가 저속에서 고속으로 증가할수록 공구가 심하게 마모되어 공구수명이 짧아짐을 알 수 있다. 이것은 열화적 온도 상승으로 인하여 마모가 촉진되기 때문이다. 따라서 99.8(%) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>를 절삭할 때 속도의 상한이 40 (m/min)이 적절하다고 생각한다. 또한 두 그림에서 볼 수 있듯이 소결 다이아몬드 공구는 CBN공구보다 공구 수명이 10배 이상 길게 나타나고 있다.

### 3.2. 표면조도

脆性材料인 세라믹스의 강도는 가공표면 상태에 따라 영향을 받는다. 이것은 세라믹스를 가공할 때 표면에 미세한 균열이 발생하면서 가공이 진행되므로 가공된 표면에 균열이 발생하여 잔류하므로 강도는 저하된다. 따라서 세라믹스의 가공절삭에서 표면조도는 매우 중요한 요소가 되고 있다. Fig. 4는 85(%) , 96(%) , 99.8(%)의 알루미나 세라믹스와 석영 코디어라이트, 알루미나 생체를 소결 다이아몬드 공구로 속도 20(m/min), 이송 0.012(mm/rev), 깊이 0.1(mm)의 동일조건으로 절삭했을 때의 각 피삭재의 조도를 비교한 것이다. 표면 조도는 일반적으로 경도가 크고, 氣孔이 적고 粒度가 좋은 재료가 우수하였다. 피삭재중에서 알루미나 세라믹스의 표면조도가 대체로 좋게 나타났으며, 그중에서도 알루미나 99.8(%)가 가장 우수한 조도를 나타내고 있다. 그

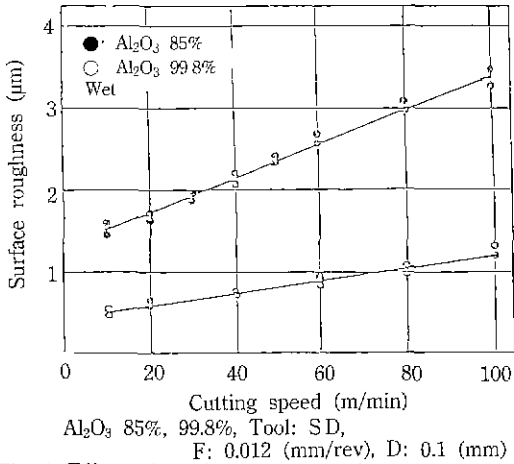


Fig. 5. Effect of cutting speed on the surface roughness in machining alumina ceramics.

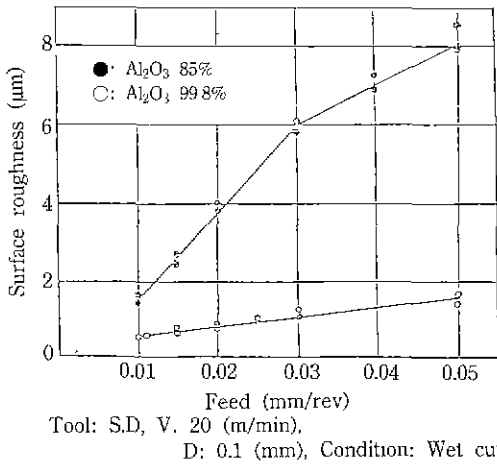


Fig. 6. Effect feed on surface roughness in machining alumina ceramics.

리고 코디어라이트와 석영은 표면조도가 나쁘게 나타나고 있다.

Fig. 5는 85(%)와 99.8(%)의 알루미나를 소결 다이아몬드 공구로 절삭할 때 속도의 변화에 따른 표면 조도의 관례를 나타낸 것이다. 이때의 절삭 길이는 0.1(mm) 이송량은 0.012(mm/rev)로 습식 절삭을 하였다. 세라믹스 가공시 표면 조도는 금속 절삭과는 달리 低速일수록 조도가 좋게 나타나고 있다. 절삭 속도가 10(m/min)인 경우 알루미나 99.8(%)의 조도는 0.5(μm)로 가장 우수하며 100(m/min)의 조도는 1.35(μm)으로 현저하게 나빠짐을 알수 있다. 절삭에서 표면조도에 가장 큰 영향을 끼치는 것은 이송량이다.

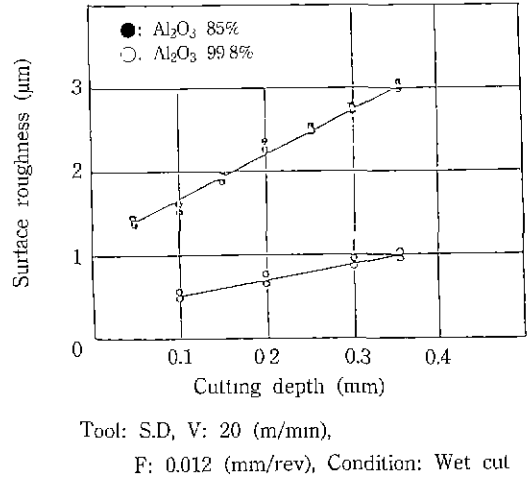


Fig. 7. Effect of cutting depth on surface roughness in machining alumina ceramics

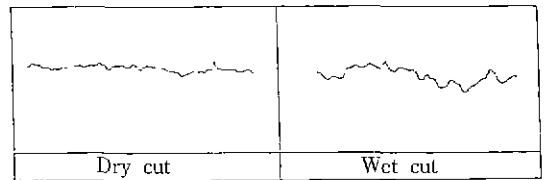


Fig. 8. Effect of dry and wet cut on surface roughness in machining alumina 85% white body.

Fig. 6은 이송량에 따른 표면조도의 영향을 나타낸 것이다. 85(%)와 99.8(%) 알루미나를 소결 다이아몬드 공구로 속도 20(m/min), 깊이 0.1(mm)로 습식 절삭한 것이다. 이송량이 미세할수록 조도는 우수하고 이송량이 증가할수록 조도가 현저하게 나빠지고 있다. 85(%) 알루미나의 경우, 이송량이 0.05(mm/rev)일때 8(μm)이다. 따라서 이송에 따르는 조도에 대한 영향은 현저하게 크게 나타나고 있다. 이송은 공구수명에는 큰 영향을 미치지 않으나 조도에 미치는 영향이 크므로 세라믹스의 절삭 이송에서 0.020(mm/rev)의 범위가 적당하다고 생각한다.

Fig. 7은 절삭깊이에 대한 조도의 영향을 나타낸 것이다. 절삭깊이가 적을수록 조도가 좋게 나타나고 깊이가 클수록 조도가 나빠짐을 나타내고 있다. 그러나 절삭깊이의 조도에 대한 영향은 비교적 적다.

알루미나 생체의 습식과 건식 절삭시의 조도를 비교한 것이 Fig. 8이다. 그림에서 알 수 있듯이 건식이 습식절삭에 비해 현저하게 우수하다. 이것은 생체의 입자간 결합이 약하고 흡수성이 있기 때문에 습식 절삭시 피

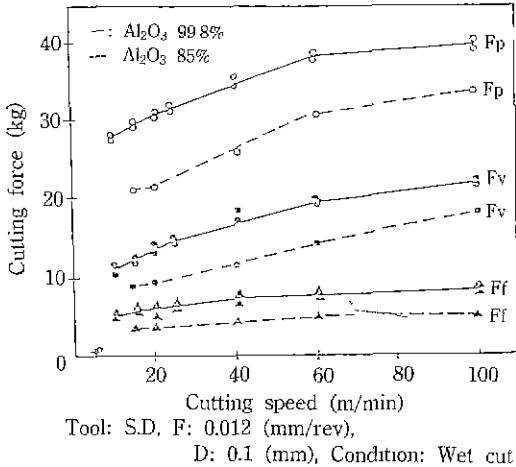


Fig. 9. Cutting force versus cutting speed.

삭제에 물이 흡수되어 재질이 더욱 연화되어 극부적으로 웨이는 현상이 나타난다. 이에 반해 전식절삭시는 거울면 같은 표면으로 가공이 되어 조도가 양호하게 나타내고 있다.

생재의 절삭은 소결 다이아몬드와 CBN공구 뿐만 아니라 초경 공구 P(10)으로도 절삭가능하였으며 속도, 이송과 깊이는 영향을 크게 받지 않으므로 경제적인 절삭을 할 수 있었다.

3.3. 절삭저항

Fig. 9는 99.8(%)와 85(%) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 세라믹스를 소결 다이아몬드 공구로 절삭할 경우 절삭속도와 절삭저항의 관계를 나타낸 것이다. 일반적인 금속절삭과는 달리 세라믹스의 절삭에서는 속도가 증가할수록 절삭저항이 증가하였다. 그러나 절삭속도 60(m/min) 이상에서는 미세하게 증가하였다. 그리고 경도가 낮은 85(%) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>는 99.8(%) Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>에 비해 절삭저항이 적게 나타나고 있다. Fig. 9에서와 같이 세라믹스 절삭에서는 背分力이 主分力과 이송분력에 비해 현저하게 높게 나타나고 있다. 이것은 담금질강, 초경합금의 선삭가공에 있어서도 나타나고 있듯이 高硬度 材料의 절삭에서는 배분력이 크게 나타나는 것은 일반적인 경향이다. 이 원인은 고경도 재료일수록 공구날끝이 절입하기가 힘들기 때문이다. 또한 주분력이 낮아지는 것은 세라믹스 절삭이 금속절삭과는 달리 취성파괴 되기 때문이다.

Fig. 10은 99.8(%) 알루미늄을 절삭가공하는 경우 이송에 따른 절삭저항 관계를 나타낸 것이다. 이송의 증가에 따라 절삭저항이 급증하고 있으며, 절삭저항의 증가는 공구의 Chipping과 절손이 자주 발생한다. 따라서

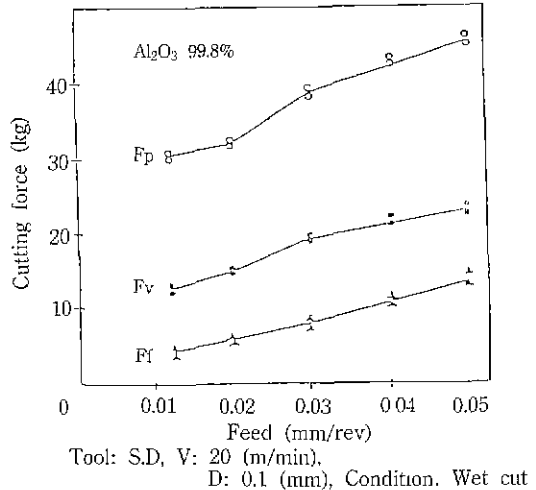


Fig. 10. Cutting force versus feed.

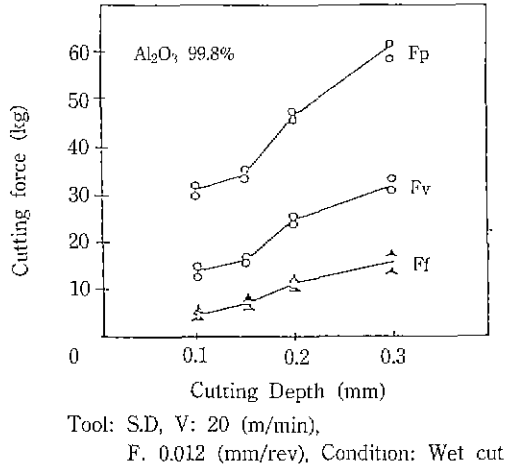


Fig. 11. Cutting force versus cutting depth.

이송이 적을수록 좋다.

99.8(%) 알루미늄을 소결 다이아몬드 공구로 절삭할 경우, 절삭깊이 변화에 따른 절삭저항의 3분력을 나타낸 것이 Fig. 11이다. 이송과 절삭속도에 비해서 절삭깊이가 절삭저항에 미치는 영향이 크게 나타나고 있다. 깊이가 0.1(mm)일 때 배분력이 32(kg)이나, 0.3(mm)일 경우에는 60(kg)으로 급증하고 있음을 알 수 있다. 절삭깊이는 공구마모와 표면조도에는 큰 영향을 미치지 않으나 절삭깊이 증가에 따라 절삭저항이 급증하여 공작기계의 진동으로 인한 공구의 피삭재의 Chipping 및 절손의 원인이 되므로 고경도 세라믹스 절삭에서의 절삭깊이는 0.1-0.2(mm)가 적절하다고 생각한다.

#### 4. 결 론

피삭재로는 알루미늄 세라믹스와 석영, 알루미늄 생체와 코디어라이트계 세라믹스를 소결 다이아몬드와 CBN 공구로 절삭실험을 하여 비교 검토한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

(1) 피삭재의 경도가 높을수록 공구수명이 짧다.

(2) 표면조도는 피삭재가 고경도일수록 절삭방법이 전식인 경우가 좋다.

(3) 고경도 세라믹스의 절삭은 소결 다이아몬드 공구가 적합하다.

(4) 절삭 조건이 과다하면 공구의 Chipping 및 결손이 자주 발생하며 표면이 거칠게 되었으며, 또한 절삭저항도 증가하였다.

(5) 고경도 세라믹스의 절삭조건은 20-40(m/min), 이송 0.01-0.02(mm/rev), 절삭깊이 0.1-0.2(mm)의 범위가 적당하다.

- 術, Vol. 30, No. 2, pp. 34-38, 1982.
2. 中川威雄飯島昇 “ヒラミシク機械部品への課題”, 機械技術, Vol. 32, No. 8, pp. 26-30. 1982.
3. 竹山秀彦 飯島昇, “燒結ダイヤモンド” 工具の切削性能と摩耗解析”, 精密機械, Vol. 52, No. 7, pp. 42-47, 1984.
4. 上田完次, 杉田忠章, “ユソツニソグセラミツクスの機械加工”, 機械の研究, Vol. 36, No. 10, pp. 1-4, 1984.
5. 剛村健二郎, “2フタイソセミシクス機械加工に關する基礎研究”, 精密機械, Vol. 51, No. 10, pp. 122-128, 1985.
6. 杉田忠章, “セラミシクとのマイクロ切削に關する破壊力學的研究”, 精密機械, Vol. 51, No. 10, pp. 166-121, 1985.
7. 水谷勝己, 田中芳雄. “セラミシクスの二次元 切削におはる材料の除去”, 精密機械, Vol. 52, No. 10, pp. 102-107, 1986.
8. 野口和男, 水谷風信, 李載右, “セラミシクス假燒材の被燒材の被削性”, 精密機械, Vol. 52, No. 11, pp. 48-54, 1986.
9. 飯島勝, “セラミシクスの切削加工”, 機械技術, Vol. 35, No. 12, pp. 125-129. 1987.
10. 浜野健世, ファインセラミックスハンドブック, pp. 486, 1984.

#### REFERENCES

1. 今中治, “最近ヒラミシク材料と精密加工技術”, 機械技