

저순도 알루미나 예비소결체 선삭시의 세라믹, CBN 및 다이아몬드 공구의 마멸 특성

이재우[#]

Tool-Wear Characteristics of the Ceramic, CBN and Diamond Tools in Turning of the Presintered Low Purity Alumina

Jae-Woo Lee[#]

ABSTRACT

In this study, unsintered and presintered low purity alumina ceramics were machined with various tools to clarify the machinability and the optimum cutting conditions. The main conclusions obtained were as follows. Machined with ceramic tool, the ceramics presintered at the temperature range of 1000~1100°C showed the best machinability due to the adhesion formed in woreed surface within a certain cutting speed range. In the above combination and conditions, the ceramic tool showed the highest productivity through all experiments. The life of CBN tool was longer in machining of the ceramics presintered at 1000°C than in the case of that presintered at 600°C, but the diamond tool showed adverse tendency. In machining of the ceramics presintered at 1000°C, the ceramic tool exhibits the longest tool life in high speed, the tool lives became extremely worse in the order of CBN tool and diamond tool. However, in the case of the ceramics presintered at 600°C, the diamond tool shows the longest tool life, the tool lives was much worse in the order of CBN tool and ceramic tool.

Key Words : Alumina(알루미나), Presintered Ceramic(세라믹 예비소결체), Cutting(절삭), Tool Life(공구수명), Wear(마멸)

1. 서론

세라믹은 소결시의 수축 때문에 소결후의 형상, 치수를 정확히 예측하는 것이 극히 어려우므로, 최종 공정으로써 기계가공이 일반적으로 행해진다. 완전 소결된 세라믹은 높은 경도와 취성을 가지기 때문에 연삭과 같은 입자 가공이 주로 행해지고 있

으나, 가공능률이 매우 낮고 복잡한 형상 창성이 어려우며, 표면 손상의 발생에 의해 강도저하를 일으키게 된다.¹ 완전 소결된 세라믹의 절삭가공에서는 공구수명이 짧고, 가공 속도가 매우 늦어서 일반의 부품가공에 적용하기 어렵다.² 또한 소결이 행해지지 않은 성형체의 절삭가공은 공작물의 강도가 약하기 때문에, 가공속도, 가공능률, 부품의 척킹

접수일: 2005년 7월 18일; 게재승인일: 2005년 11월 10일

[#] 교신저자: 두원공과대학 기계과

E-mail e@doowon.ac.kr Tel. (031) 670-7136

및 치수 정밀도 등에 문제가 있다.³ 이러한 여러 가지 문제 때문에 다양한 분야에서 세라믹을 활용하기가 어려웠다.

그러나, 세라믹을 예비 소결 상태에서 기계 가공한다면 가공 능률이 크게 향상되고, 더욱이 복잡한 형상으로 가공할 수 있을 것으로 판단된다.⁴ 각종의 초경합금공구를 사용한 예비소결체 절삭에서의 공구마멸 특성에 관한 연구^{4,6}는 본 저자에 의하여 보고된 바 있다. 본 연구에서는 여러 온도에서 예비 소결한 저순도 알루미늄 세라믹에 대하여 세라믹공구, CBN공구 및 다이아몬드공구를 사용한 절삭 가공을 행하고, 마멸 특성 및 공구 수명 등을 비교 검토하였다.

2. 실험방법 및 피삭재

2.1 피삭재

사용된 피삭재는, Al₂O₃(약78%), SiO₂(약16%), CaO, K₂O를 주성분으로 하는 저순도 알루미늄 세라믹이며, 외경(50mm), 내경(15mm), 길이(300mm)로 압출성형하여 건조시킨 성형체, 여러 온도에서 예비소결한 예비소결체 및 완전소결체를 사용하였다. 알루미늄 세라믹의 예비소결온도 및 기계적, 물리적 성질을 Table 1에 나타내었다. 예비소결체는 각각의 온도에서 1시간 유지하였으며, 완전소결체는 1300℃의 완전소결온도에서 2시간 유지하였다. 수축률의 측정은 실험에 사용한 소결체를 일정한 형상으로 가공한 후에 그것을 완전소결하여, 그 때 생긴 축방향의 치수 차로부터 구한 것으로서, 축방향과 반경 방향에서의 수축률의 차는 그다지 나타나지 않았다. Table 1로부터 알루미늄 세라믹의 여러 특성은 1000℃까지는 그다지 변화가 없지만, 1000℃ 이상이 되면 예비소결 온도에 따라 큰 변화를 보여주고, 수축률도 마찬가지로 1000℃ 이상에서 상당히 작아짐을 알 수 있다.

Fig. 1에 성형체 및 각종 예비소결체의 파단면 사진을 나타낸다. 1000℃ 이하에서 예비소결한 소결체는 예비소결온도가 높을수록 입자의 접합·합체가 진행되고 있고, 1100℃ 이상에서 예비소결한 소결체는 예비소결온도가 높을수록 액상 소결이 진전되어 결정의 성장이 현저하게 보이며, 결정의 성장과 함께 공극의 체적이 감소하고, 1250℃에서 예비소결된 소결체는 기공이 거의 폐기공으로 되어 있으며 크게 성장된 결정을 보인다. 또한

1000℃ 이하에서 예비소결한 소결체는 입계파괴 현상을 보이며, 1050℃ 이상에서 예비소결한 소결체는 입내파괴 현상을 나타낸다.

Table 1에서 보인 바와 같이, 800℃~1050℃

Table 1 Characteristics of Al₂O₃ presintered at various temperatures

Sintering Temp. °C	Vickers hardness GPa	Shore hardness H _s	Bending Strength MPa	Bulk density kg/m ³	Porosity %	Moisture rate %	Shrinkage rate %
white body	-	0.38	9.00	-	40.12	21.40	13.5
500	1.18	22	11.86	1850	38.14	20.44	12.6
600	2.01	24	13.52	1860	38.58	21.24	12.2
800	3.45	28	13.72	1820	40.16	21.92	12.6
1000	6.83	33	35.08	1830	41.22	22.44	12.1
1050	8.69	42	37.83	1830	40.07	21.73	12.3
1100	9.93	48	57.82	1850	37.33	19.37	10.1
1150	10.76	52	100.06	1920	27.79	12.91	10.7
1200	11.17	54	154.35	2150	16.16	6.73	7.3
1250	14.25	89	240.82	2400	1.38	0.15	1.5
1300 full-sintered	16.54	105	287.92	2840	0.12	0.04	-

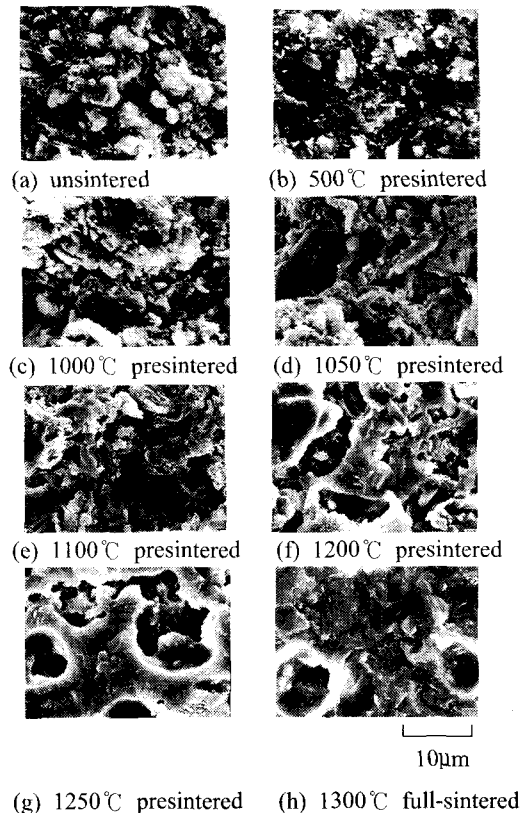


Fig. 1 Fractured surfaces of unsintered and presintered Al₂O₃ ceramics

에서 예비소결한 경우의 체적밀도가 500℃ 및 600℃에서 예비소결한 경우보다 낮은 것은, 800℃~1050℃의 예비소결온도에서는 입자의 조대화, 접합 및 합체가 500℃ 및 600℃에서 예비소결한 때 보다 더욱 진전되며, 개기공(open porosity) 상태에서의 입자의 조대화, 국부적인 접합 및 합체는 Table 1에서 나타난 바와 같이 오히려 기공율을 증가시킬 수 있기 때문으로 판단된다.⁷ Table 1에는 보이지 않지만, 예를 들면 500℃에서 예비소결한 경우의 흡수율이 20.44%였고, 1000℃에서 예비소결한 경우의 흡수율이 22.44%였는데, 이와 같은 흡수율의 증가도 그러한 상황을 입증하는 것으로 판단된다.

2.2 절삭실험

절삭 방식은 건식에서 외경 선삭을 실시하였으며, 공구 경사면상으로 배출된 절삭칩을 진공청소기로 흡인하였다.

실험에 사용된 공구는 TiC 첨가의 Al₂O₃계 세라믹공구, Si₃N₄계 세라믹공구, CBN공구, 천연다이아몬드공구(N.D.)를 사용하였고, 공구의 형상은 Table 2에 보인다. 모든 선삭실험은 Table 3에서 보이는 절삭 조건에서 행하였다. 공구의 경사면 마멸은 발생되지 않았으므로 여유면 마멸만을 공구 현미경으로 측정하였으며, 세라믹공구의 수명은 공구여유면의 최대마멸폭(V_B)이 0.2mm에 달하는 시간을 기준으로 하였으며, 다이아몬드공구, CBN공구 및 세라믹공구의 수명을 비교하기 위한 실험에서는 공구여유면의 최대마멸폭(V_B)이 0.15mm에 달하는 시간을 공구 수명의 기준으로 하였다.

Table 2 Geometries of used tools

Tool	Geometry	Chamfer
Al ₂ O ₃ ceramic		
Si ₃ N ₄ ceramic	-5, -5, 5, 5, 15, 15, 0.8	0.15mm, -20°
CBN		
N.D.	-10, -10, 5, 5, 15, 15, 0.5	none

Table 3 Turning conditions

Cutting speed, V (m/min)	18 to 120
Feed, f (mm/rev.)	0.1
Depth of cut, d (mm)	0.5

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 세라믹공구의 마멸과 공구 수명

Fig. 2에 TiC첨가의 Al₂O₃계 세라믹공구로 성형체 및 예비소결체를 건식 절삭 한 때의 공구수명 선도를 보인다.

이 경우는 성형체 및 800℃ 이하에서 예비소결한 피삭재의 절삭성이 동일 정도로서, 그다지 좋지 않으나, 1000~1100℃에서 예비소결한 피삭재의 절삭성이 대단히 좋아진다. 또한, 이 경우의 수명선도에는 수명이 극대로 되는 절삭속도가 존재하고, 그 절삭속도는 1000℃ 예비소결체에서 90~120m/min, 1050℃ 예비소결체에서 60m/min, 1100℃ 예비소결체에서 30~60m/min이며, 따라서 예비소결온도가 높은 피삭재일수록 낮아진다. 이것은, 800℃ 이하의 예비소결체를 절삭한 경우에는 절삭칩이 작은 분말상으로 되어 있는데 비해, 1000℃ 이상의 예비소결체의 경우는 절삭시의 거시적 파괴에 의해, 피삭의 절삭칩이 생성되어 절삭칩의 배출성이 좋은 것이 하나의 원인으로 생각되나, 상세한 것은 후술한다. 한편, 1100℃ 이상의 예비소결체를 절삭한 때는 어느 속도 이상이 되면

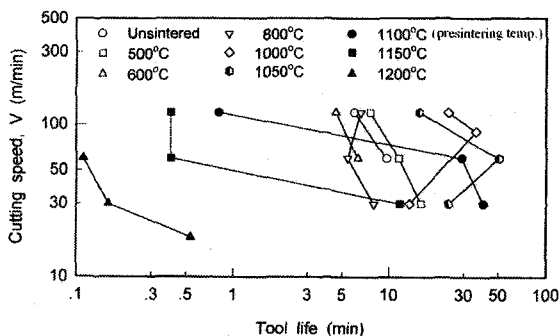


Fig. 2 Tool life curves of Al₂O₃ ceramic tool in machining of Al₂O₃ presintered at various temperatures

<f=0.1mm/rev, d=0.5mm, Criterion: V_B=0.2mm>

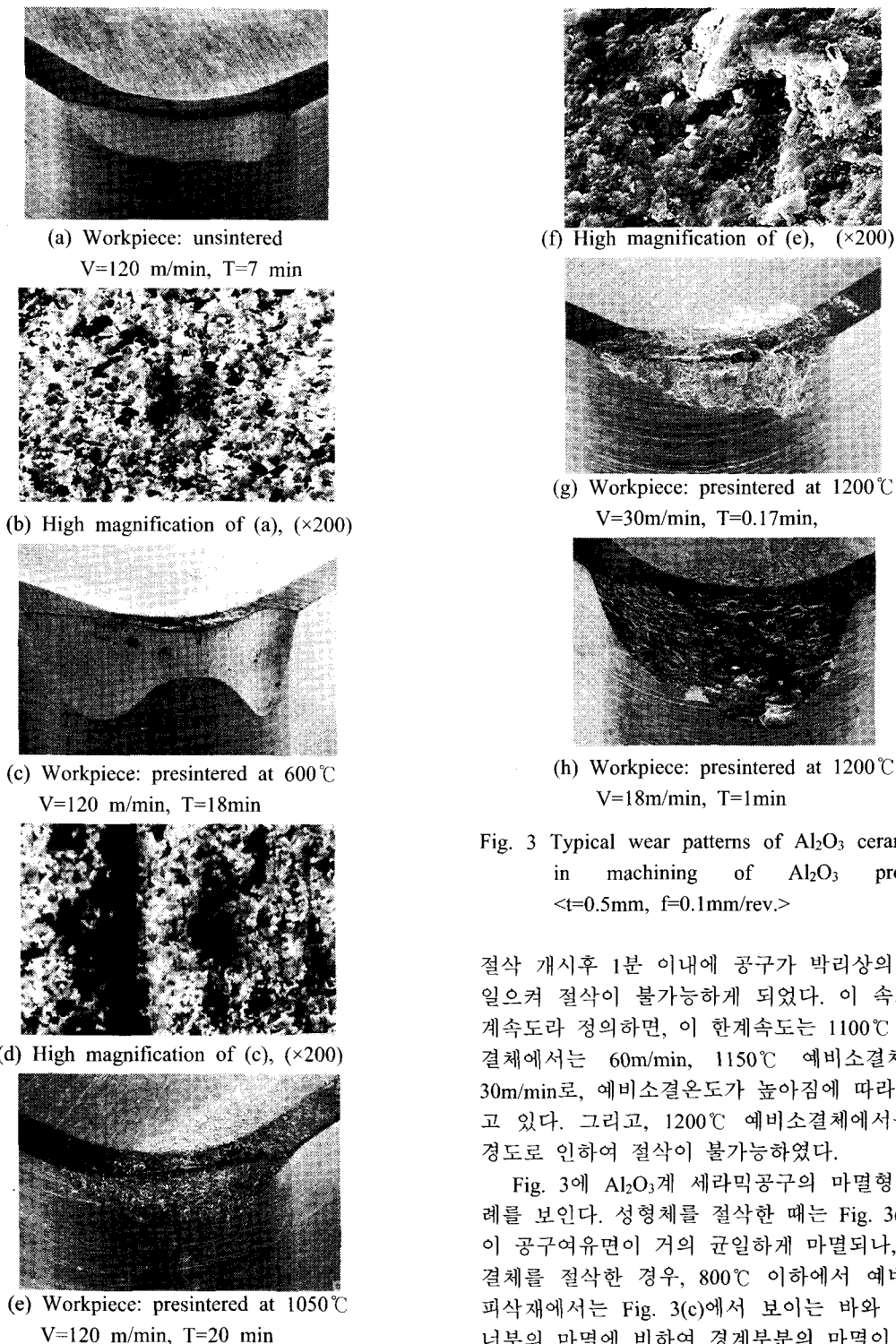


Fig. 3 Typical wear patterns of Al_2O_3 ceramic tool in machining of Al_2O_3 presintered $\langle t=0.5mm, f=0.1mm/rev.\rangle$

절삭 개시후 1분 이내에 공구가 박리상의 마멸을 일으켜 절삭이 불가능하게 되었다. 이 속도를 한계속도라 정의하면, 이 한계속도는 1100°C 예비소결체에서는 60m/min, 1150°C 예비소결체에서는 30m/min로, 예비소결온도가 높아짐에 따라 낮아지고 있다. 그리고, 1200°C 예비소결체에서는 높은 정도로 인하여 절삭이 불가능하였다.

Fig. 3에 Al_2O_3 계 세라믹공구의 마멸형태의 일례를 보인다. 성형체를 절삭한 때는 Fig. 3(a)와 같이 공구여유면이 거의 균일하게 마멸되나, 예비소결체를 절삭한 경우, 800°C 이하에서 예비소결한 피삭재에서는 Fig. 3(c)에서 보이는 바와 같이 코너부의 마멸에 비하여 경계부분의 마멸이 커진다.

그러나, 1000℃ 이상의 예비소결체를 절삭한 때는 Fig. 3(e)와 같이 다시 균일한 여유면 마멸형태를 나타낸다. Fig. 3(b), (d), (f)에 각각 성형체, 600℃ 예비소결체, 1050℃ 예비소결체를 절삭한 경우의 Al₂O₃계 세라믹 공구의 마멸면의 확대 사진을 보인다. 성형체를 절삭한 공구에서는 마멸면의 전체 영역에서 입자가 부분적으로 탈락되었고, 피삭재와의 마찰에 의하여 마멸면의 입자가 평탄하게 되어 있으며, 600℃ 예비소결체를 절삭한 공구의 여유면에는 공구의 입자가 절삭방향으로 집단적으로 탈락한 흔적이 보이고, 마멸면의 입자가 평탄하게 되어 있다. 따라서 성형체와 600℃ 예비소결체를 절삭하는 경우는 입자의 탈락과 피삭재와 공구 여유면과의 마찰에 의한 연삭마멸(abrasive wear)이 주 마멸기구인 것으로 판단된다. 이것에 반하여, 1050℃ 예비소결체를 절삭한 공구에는 마멸면의 전체 영역에서 부착물이 관찰되었다.

Al₂O₃계 세라믹공구 외에도, Si₃N₄계 세라믹공구에서도 1000℃ 이상의 예비소결체를 절삭한 경우에 부착층이 공구의 마멸면에 형성되어, 공구수명이 대단히 길어지는 경우가 있었다. Fig. 4에 그 공구의 여유면을 에너지 분산형 X선 분석장치로 면분석한 결과를 보여준다. Fig. 4(a)는 Si₃N₄계 공구의 마멸형태를 보이며, Fig. 4(b)는 분석면을 보인다. Fig. 4(c)는 Si, Fig. 4(d)가 Al, Fig. 4(e)가 K 원소의 분석 결과로서, 사진의 흰 부분이 각 원소의 존재를 보여 준다. 이것으로부터 피삭재 중의 Al 및 K 원소가 공구마멸면의 전역에 부착되어 있음을 알 수 있으며, 따라서 부착물은 피삭재의 성분인 것으로 판단된다. 전술의 공구수명선도를 참조하면, 1000℃ 이상의 예비소결체를 한계속도 이내에서 절삭하는 경우는 상기와 같은 부착층에 의해 공구마멸이 억제되어 공구수명이 대단히 길어진다고 생각된다. 한편, 한계속도를 넘는 절삭속도에서의 공구는 Fig. 3(g)와 같이 박리상의 마멸형태로 되고, 더욱 절삭을 연속하면 Fig. 3(h)에 보여주는 바와 같이 배껍질상의 마멸형태로 되어 절삭은 불가능하게 되었다.

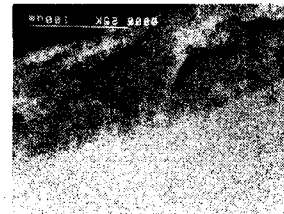
이와 같은 공구수명, 마멸형태의 차이에 대응하여 절삭칩에도 변화가 일어난다. Fig. 5에 예비소결온도가 다른 피삭재를 동일 조건에서 절삭할 때의 절삭칩의 일례를 나타낸다. 1000℃ 이상의 온도에서 예비소결한 피삭재에서는 Fig. 5(b)와 같이 큰 피상의 절삭칩이 생성되는데 비해, 예비소



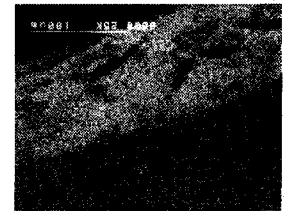
(a) Wear pattern



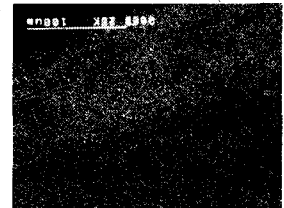
(b) Analyzing area of worn tool



(c) Distribution of Si



(d) Distribution of Al



(e) Distribution of K

Fig. 4 Distribution of elements at the flank surface of Si₃N₄ ceramic tool in machining of Al₂O₃ presintered

<Workpiece : Presintered at 1150℃
V=30m/min, f=0.1mm/rev, d=0.5mm,
T=7min>

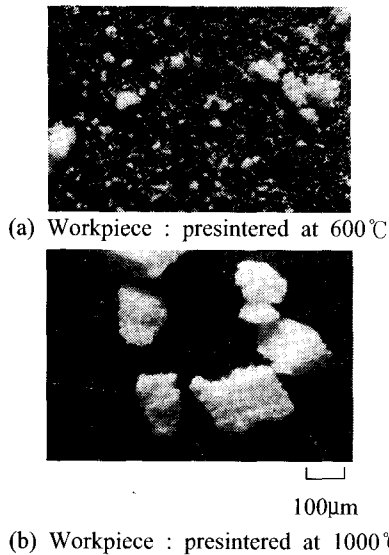


Fig. 5 Shapes of chips in machining of Al_2O_3 presintered with Al_2O_3 ceramic tool
 $\langle V=120m/min, f=0.1mm/rev, d=0.5mm \rangle$

결온도가 낮은 피삭재에서는 Fig. 5(a)와 같이 작은 분말상의 절삭칩이 대부분이었다. 따라서, 피삭재의 예비소결온도가 높을수록 거시적 파괴에 의한 재료제거가 주로 일어나서, 절삭시에 공구 여유면과 절삭 가공면과의 접촉이 적어지고, 절삭칩의 배출성이 좋아서 절삭칩이 공구의 여유면으로 침입하기 어려운 것도, 1000~1100°C에서 예비소결한 피삭재의 절삭성이 좋은 원인의 하나로 판단된다.

저자에 의하여 이미 보고된 초경공구 K01을 사용한 연구 결과에 의하면, 본 연구와 동일한 성형체 및 예비소결체를 절삭한 경우에, 성형체를 절삭한 경우의 공구수명이 가장 길고, 예비소결체에서는 예비소결온도가 높을수록 공구 수명이 짧은 경향을 보였다.⁴ 특히 성형체의 절삭에서 세라믹 공구는 초경공구 K01에 비하여 약 1/4의 공구수명을 보인다. 세라믹공구를 사용한 경우에는 Fig. 3(a)에서 보이는 바와 같이 절삭날의 마멸에 의하여 절삭날이 후퇴된 상태를 보이고, Fig. 3(b)와 같이 입자의 탈락이 발생하였으나, 초경공구 K01을 사용한 경우에는 절삭날이 예리한 상태를 유지하였고, 입자의 탈락이 그다지 발생하지 않았다. 세라믹공구는 입자 자체의 경도가 초경공구

의 구성요소인 텅스텐 입자에 비해 크기 때문에 초경공구에 비해 내마멸성이 크나, 인성이 낮고 입자의 탈락은 초경공구에 비하여 불리하다. 따라서 세라믹공구를 사용한 절삭에서는 입자의 탈락에 의하여 절삭날이 쉽게 마멸되어, 미시적 파괴에 의한 미세 분말상의 절삭칩이 공구의 여유면으로 침입하기 쉬어지며, 침입된 절삭칩에 의하여 홈패임에 의한 세라믹공구의 입자 탈락이 활발하게 일어나므로, 세라믹공구의 수명이 초경공구에 비해 현저히 낮은 것으로 판단된다.

3.2 CBN 및 다이아몬드 공구의 마멸과 공구수명

CBN공구, 천연다이아몬드공구(N.D.)를 사용하여 1000°C 예비소결체 및 600°C 예비소결체를 절삭하였다. 그 결과를 Fig. 6의 공구수명선도에 보인다. 비교를 위해 Al_2O_3 계 세라믹공구에 의한 결과도 동시에 나타낸다. 1000°C에서 예비소결한 피삭재를 절삭한 때는 세라믹공구의 수명이 가장 길어진다. CBN공구는 세라믹 공구에 비해 공구수명이 짧아지며, 천연다이아몬드공구의 수명이 가장 짧게 나타난다.

한편, 600°C 예비소결체를 절삭한 때는 반대로 천연다이아몬드공구의 수명이 대단히 길어지고, CBN 공구, 세라믹공구의 순서로 공구수명이 짧아진다. 또한, CBN 공구 및 세라믹공구로 절삭한

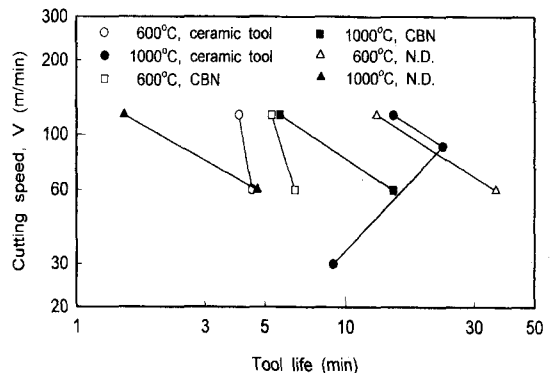
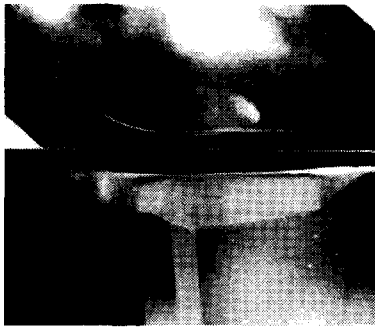
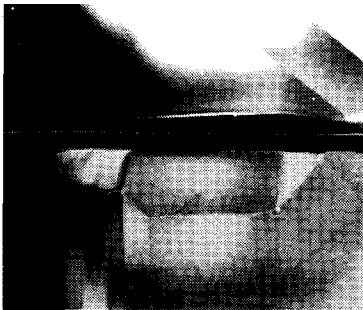


Fig. 6 Tool life curves in machining of Al_2O_3 presintered at two different temperatures with CBN, natural diamond and Al_2O_3 ceramic tools
 $\langle f=0.1mm/rev., d=0.5mm, Criterion: V_B=0.15mm \rangle$



(a) Workpiece : presintered at 600°C, T=13min



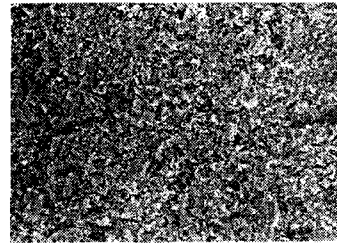
(b) Workpiece : presintered at 1000°C, T=2min

Fig. 7 Typical wear patterns in machining of Al₂O₃ presintered with natural diamond tool
<V=90m/min, f=0.1mm/rev, d=0.5mm>

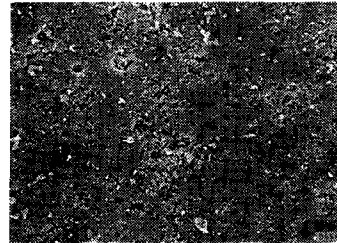
때는 예비소결온도가 높은 피삭재의 절삭성이 좋아지나, 천연다이아몬드공구로 절삭 한 때는 반대로 예비소결온도가 낮은 피삭재의 경우가 절삭성이 좋아지고, 절삭속도의 영향도 크다. Fig. 6에는 나타내지 않지만, 소결다이아몬드공구로 절삭한 때도 천연다이아몬드공구와 동일한 수명 특성을 나타내었다. Fig. 7은 천연다이아몬드공구의 마멸 형태의 일례를 보인다. 600°C 예비소결체 및 1000°C 예비소결체의 두 경우 모두 공구여유면이 균일하게 마멸되어 있고, 절삭날의 손상이 적고, 예리한 절삭날이 유지된다.

Fig. 8에 Al₂O₃계 세라믹공구 및 천연 다이아몬드공구로 절삭 한때의 가공면을 보여 준다. 세라믹공구로 절삭한 때의 가공면이 Fig. 8(a)와 같이 요철(凹凸)이 있는 면으로 되어 있는데 비해, 천연 다이아몬드공구로 절삭한 경우는 Fig. 8(b)와 같이 광택이 있는 평탄한 면으로 되어 있다.

또한, 세라믹공구 및 천연 다이아몬드공구를 사용하여 동일 조건에서 절삭 한 때의 절삭칩의



(a) Tool : Al₂O₃ ceramic



100μm

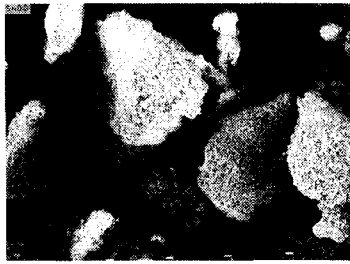
(b) Tool : natural diamond

Fig. 8 Comparison of the finished surface in machining of Al₂O₃ presintered with Al₂O₃ ceramic tool and diamond tool
<Workpiece: presintered at 1100°C, V=18m/min, f=0.1mm/rev, d=0.5mm>

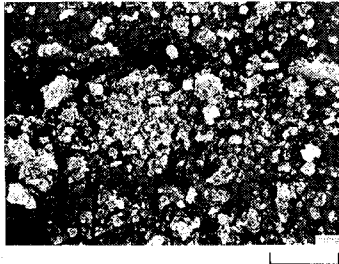
주사식 전자현미경 조직사진을 Fig. 9에 보인다. 세라믹 공구로 절삭한 때는 Fig. 9(a)에서 보이는 바와 같이 큰 피삭의 칩으로 되는데 비해, 천연 다이아몬드공구로 절삭한 때는 Fig. 9(b)와 같이 미세 분말형의 절삭칩이 대부분을 차지한다.

이와 같이 천연 다이아몬드공구의 마멸이, 소결온도가 높은 피삭재를 고속으로 절삭하는 경우에 커지는 것은, 절삭 온도가 순간적, 국부적으로 상당히 높게 되어, 다이아몬드의 탄화에 의해 내마멸성이 저하된 것과 다이아몬드 공구로 절삭한 가공면은 광택이 있는 평탄한 면이 대부분이라는 것으로부터, 천연 다이아몬드공구로 절삭한 때는 고온에서 예비소결한 피삭재의 절삭에서도 미세적 파괴가 주로 일어나므로, 공구의 절삭날과 피삭재와의 접촉이 많아진다는 것이 주요 원인으로 생각된다.

그 외의 원인으로는, 천연다이아몬드 공구로 절삭한 때는, 천연다이아몬드 공구의 절삭날이 예리하기 때문에, 예비소결온도가 높은 피삭재에서도 절삭칩이 미세 분말형으로 되고, 이러한 미세



(a) Tool : Al₂O₃ ceramic



100μm

(b) Tool : natural diamond

Fig. 9 Comparison of the chips in machining of Al₂O₃ presintered with Al₂O₃ ceramic tool and diamond tool <Workpiece: presintered at 1100°C, V=120m/min, f=0.1mm/rev, d=0.5mm>

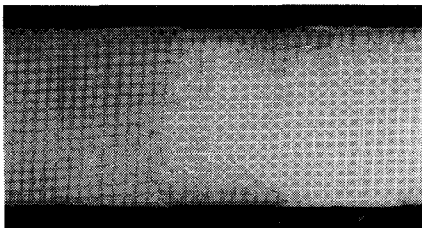
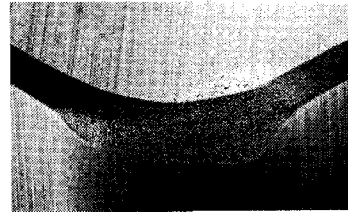


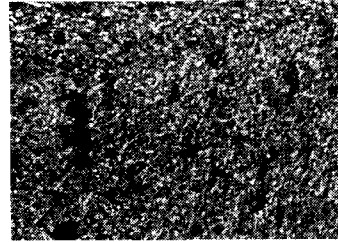
Fig. 10 Finished surface covered with the chips formed in machining of Al₂O₃ presintered with natural diamond tool <Workpiece : presintered at 600°C, V=60m/min, f=0.1mm/rev, d=0.5mm>

분말형의 절삭칩은 공구에 부착하며, Fig. 10에서 보이는 바와 같이 피삭재의 가공면에도 부착하는데, 공구에 부착한 절삭칩은 공구여유면에 침입될 가능성이 있고, 이것도 다이아몬드공구의 수명에 영향을 미치는 것으로 생각된다.

Fig. 11에 CBN공구의 마멸형태를 나타낸다.



(a) Workpiece : presintered at 1000°C, T=10min

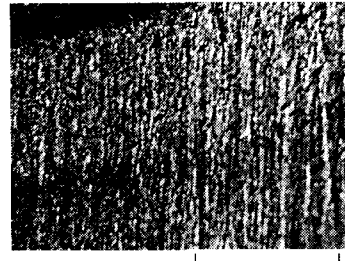


100μm

(b) High magnification of (a)



(c) Workpiece : presintered at 600°C, T=8min



100μm

(d) High magnification of (c)

Fig. 11 Typical wear patterns in machining of Al₂O₃ presintered with CBN tool <V=120m/min, f=0.1mm/rev, d=0.5mm>

1000°C 예비소결체 및 600°C 예비소결체를 절삭한 때는 각각 Fig. 11(a), (c)에서 보이는 바와 같이 공구여유면이 거의 균일하게 마멸되어 있다. Fig. 11(b), (d)는 1000°C 및 600°C 예비소결체를

절삭한 때의 공구의 마멸면을 확대한 주사식 전자현미경 사진을 보이는데 1000℃에서 예비소결한 피삭재의 경우는 부착물이 소량 관찰되는 요철(凹凸)면으로 되어 있는데 비해, 600℃ 예비소결체의 경우는 절삭방향으로 미세한 흠상의 패인 흔적이 보이는 면으로 되어 있다. 이와 같이 CBN 공구를 사용하는 경우는, 세라믹공구와 마찬가지로 예비소결온도가 높은 피삭재의 절삭에서 거시적파괴에 의한 재료제거가 주로 행해지고, 공구여유면에서의 접촉도 적으며, 공구 여유면으로의 절삭칩의 침입도 적기 때문에 절삭성이 좋아진다. 그러나 CBN공구는 공구마멸을 억제하는 부착물이 공구마멸면에 생성되지 않기 때문에 세라믹 공구보다는 공구 수명이 현저히 짧아지는 것으로 판단된다.

4. 결론

각종 공구를 사용하여 저순도 알루미늄 세라믹의 성형체 및 예비소결체를 절삭 실험한 결과, 다음과 같은 결론이 얻어졌다.

- 1) 세라믹공구를 사용한 경우는, 성형체와 800℃ 이하에서 예비소결한 피삭재의 절삭성이 동일 정도로서 그다지 좋지 않으나, 1000℃~1100℃의 예비소결체의 절삭에서 공구마멸을 억제하는 부착층이 형성되는 절삭속도가 존재하며, 이 경우의 공구 수명이 사용된 모든 공구 중에서 가장 길고, 극히 고능률로 가공될 수 있다.
- 2) CBN공구를 사용한 절삭에서는, 피삭재의 예비소결온도가 높은 경우의 공구수명이 길어지고, 다이아몬드공구를 사용한 절삭에서는, 예비소결온도가 높은 피삭재의 경우가 공구수명이 짧아진다.
- 3) 1000℃ 예비소결체의 절삭에서는, 세라믹공구의 수명이 가장 길고, CBN공구, 다이아몬드공구의 순으로 공구수명이 짧아지나, 600℃ 예비소결체의 절삭에서는, 다이아몬드공구의 수명이 가장 길고, CBN공구, 세라믹공구의 순으로 공구수명이 현저히 짧아진다.

참고문헌

1. Ha, S. B., Choi, W. and Lee, J. C., "A study on the Surface Roughness & Bending Strength for

Zirconia Ceramic Grinding," J. of the KSPE, Vol. 17, No. 5, pp. 131-136, 2000.

2. Iijima, N. and Takeyama, H., "Study on Machining Performance of Sintered Diamond Tool and Its Wear Mechanism (1st Report)-Mechano-physical Wear Mechanism of Sintered Diamond Tool," Journal of JSPE, Vol. 50, No. 7, pp. 1100-1107, 1984.
3. Halcomb, D. L. and Rey, M. C., "Ceramic Cutting Tools for Machining Unsintered Compacts of Oxide Ceramics," Ceramics Bulletin, Vol. 61, No. 12, pp. 1311-1314, 1982.
4. Lee, J. W., "Tool Wear in Turning of the Presintered Low Purity Alumina," J. of the KSPE, Vol. 22, No. 1, pp. 39-46, 2005.
5. Lee, J. W., "Presintering Temperature for Improving the Tool Life in Machining of Si₃N₄ Ceramics," Proceedings of the KSPE Spring Annual Conference, pp. 456-459, 2005.
6. Lee, J. W., "Tool Life in Cutting of the Presintered Low Purity Alumina," Proceedings of the KSPE Spring Annual Conference, pp. 1268-1271, 2004.
7. Yu, K. S., Kim, Y. S. and Kim, S. J., "Physical Ceramics," Bando Publishing Company, pp. 469-483, 1997.