

치과용 지르코니아 세라믹 의치의 절삭가공 Cutting of the Zirconia Ceramic for Dental Prosthesis

* #이재우

* #Jae Woo Lee(e@doowon.ac.kr)

두원공과대학 기계학과

Key words : Cutting, Dental, Prosthesis, Ceramic, Zirconia, Tool, Life, Wear

1. 서론

치과분야에서 질병, 사고 또는 선천적 결손에 의해 상실된 치아 경조직을 대체하여 치아의 형태와 기능을 회복시키거나 보철 또는 교정을 통하여 심미성을 개선시키는 기술이 급증하고 있다. 이러한 기술에 있어서 금속, 고분자, 세라믹 및 복합재료가 다양한 형태로 적용되고 있다. 또한 제조공정을 용이하게 하고 최종 시술결과 및 기능발현이 우수하며 무엇보다도 환자의 심미적 판단기준을 충족시키는 것을 목적으로 새로운 재료의 개발과 적용이 이루어지고 있다. 치과 분야에서 금속 또는 고분자 재료가 차지하던 제품들을 자연치아와 유사한 생체적 합성과 심미성의 장점을 가지는 세라믹이 대체하는 분율이 계속 증가하고 있으며, 이들이 창출하는 새로운 응용과 시장은 세라믹 산업의 관점에서도 기대가 되고 있다. 치과 보철·수복 및 교정분야에서 인공치관, 인공치근, 골대체재, 브라켓은 성장 잠재력이 매우 클 것으로 기대되고 있으며, 세라믹의 채용에 과거에 부정적이었던 미국 및 유럽에서 치과용 세라믹이 의사 및 환자들의 인식 변화에 따라서 급격한 성장세를 보이고 있는 것으로 볼 때, 치과용 세라믹 분야의 세계 시장의 급성장이 예견되고 있는 상황이다.

한국에서도 세라믹 의치가 차지하는 분율이 약 20%에 달하고 있으나, Fig. 1(a)와 같이 의치의 시술 후에, (b) 및 (c)와 같이 의치의 파손에 의하여 의치가 탈락되는 경우가 있으며, (d)와 같이 의치의 절삭가공의 정밀도가 낮아서 의치의 형상치수에 문제가 환자가 통증을 느끼는 경우가 있다.

또한, 지르코니아 세라믹은 경도가 높아서 완전 소결후에 단인 절삭공구를 사용한 절삭가공이 곤란하며, 다이아몬드 스톨을 사용하여 연삭하는 경우에는 요구되는 형상 창성이 어려운 문제가 있다. 완전소결 온도보다 낮은 온도에서 소결한 예비소결체를 절삭가공하면 고능률로서 절삭이 가능하다는 연구보고가 있다.¹⁾²⁾ 따라서, 본 연구에서는, 건전한 세라믹 의치를 절삭가공하기 위하여, 완전소결 온도보다 낮은 각종의 온도에서 예비소결한 예비소결체를 볼랜드밀로 절삭가공하여, 각종 예비소결체의 피삭성을 검토하였다.

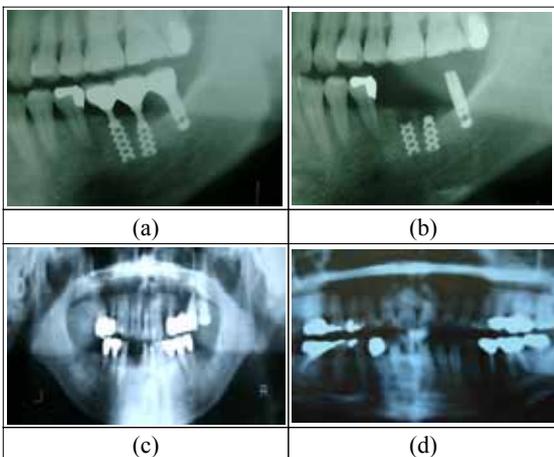


Fig. 1 Fractured dental prosthesis

2. 실험 방법

산화 지르코늄 95.2wt%, 산화 haf늄 1.2wt%, 산화 이트륨

3.2wt%, 알루미늄 0.05wt%, 칼슘 0.05wt%, 케르마늄 0.05wt%, 인듐 0.05wt%, 착색 첨가제 0.2%를 고르게 혼합하여 유압식 프레스에서 상하 2방향 가압식(다이 플로팅 방식)으로 120MPa의 압력으로 성형을 하였다. 성형을 행한 후에 금형에서 진중하게 성형체를 빼내고 예비 소결로에 넣고서 각각 800℃, 1000℃, 1100℃, 1200℃ 및 1300℃의 온도에서 1시간 동안 예비 소결을 행하였다. 또한, 각종의 온도에서 예비 소결한 예비 소결체의 절삭가공 후에 완전 소결로에 넣고서 1450℃에서 2시간 치밀 소결하였다.

Fig. 2의 (a) ~ (l)은 세라믹 의치의 제조공정을 나타낸다. (a)는 모델접수 상태를 나타내며, (b)는 3차원 측정기에 의한 형상 및 치수입력, (c)는 3차원 측정기에 의한 형상 및 치수입력을 CAD파일로의 변환, (d)는 CAD 작업, (e)는 CAD 파일을 CAM 파일로 변환, (f)는 예비소결체의 절삭가공, (g)는 트리밍, (h)는 완전소결, (i)는 균열검사, (j)는 코핑(coping)완성, (k)은 빌드업, (l)은 세라믹의치의 완성품을 나타낸다.

예비소결체의 절삭 실험은, 직경 3mm, 경사각 10°, 여유각 12°의 2날 초경솔리드 타입의 볼랜드밀을 사용하여, Table 1에서 보이는 절삭조건에서, 건식과 습식에서 상향절삭을 행하였으며, 건식절삭에서는 집진설비에 의하여 절삭칩을 흡수하였으며, 습식 절삭에서는 수용성 절삭유(KS W2)를 사용하였다. 예비소결체의 경도는 빅커스 경도계를 사용하여 측정하였으며, 4점식 항절강도 시험을 행하여 항절강도를 구하였고, 예비소결체의 절삭후

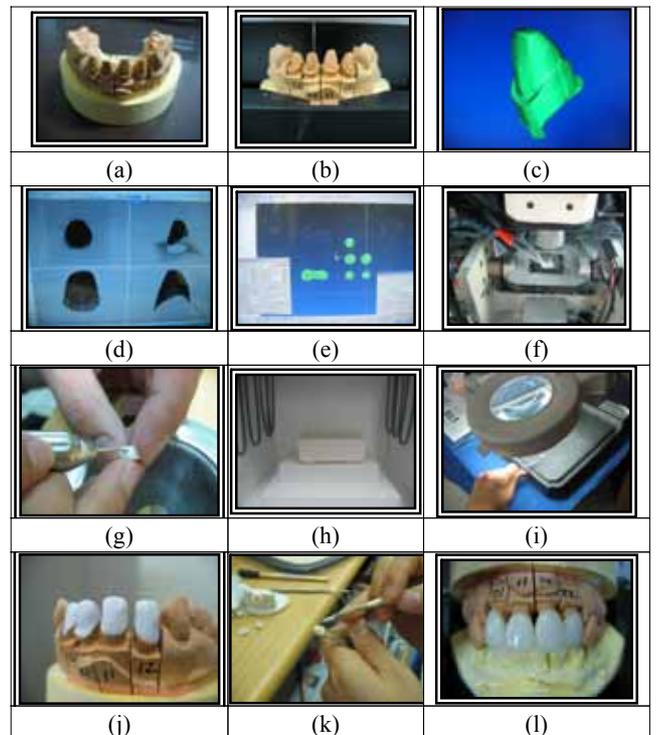


Fig. 2 Manufacturing process of dental prosthesis

Table 1 Cutting condition

Cutting speed (m/min)	18, 30, 60, 90
Feed (mm/rev)	0.1
Cutting depth (mm)	0.5

에 완전소결을 행하고, 예비소결체와 동일한 방법으로 항절강도를 구하였다. 또한, 공구수명은 디지털 현미경에서 측정용 소프트웨어를 사용하여, 여유면 마멸이 0.3mm에 달하는 시간을 기준으로 하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

Table 2는 각종의 온도에서 예비소결한 예비소결체의 경도와 항절강도를 보이며, 또한 1450℃에서 2시간 동안 완전소결한 세라믹의 항절강도를 동시에 나타낸다. 예비소결체의 경도와 항절강도는 800℃와 1000℃의 경우가 그다지 차이가 없으나, 1100℃ 이상에서 급격히 상승된다. 또한, 완전소결온도 및 제조조건이 동일하여도, 예비소결체의 예비소결온도가 1000℃ 이하인 경우에는, 568~585MPa로서, 1100℃ 이상인 경우의 641~686MPa 보다 다소 낮게 되었다. 완전소결온도 및 시간이 동일하더라도, 예비소결체의 예비소결온도가 완전소결후의 기계적 성질에 영향을 미치는 것으로 판단된다.

Table 3은 각종의 예비소결체를 절삭속도를 달리하여 건식 및 습식 절삭한 때의 공구수명을 나타낸다. 건식 절삭에서는 1100℃에서 예비소결한 세라믹을 절삭한 경우의 공구수명이 가장 길고, 다음으로 1000℃에서 예비소결한 경우의 수명이 길게 나타났다. 800℃, 1200℃ 및 1300℃ 예비소결체의 공구수명은 모두가 매우 낮았다. 한편 1100℃와 1000℃에서 예비소결한 세라믹을 습식 절삭한 경우는 건식 절삭한 경우에 비하여 공구수명이 현저히 짧게 되었다. 그러나 800℃, 1200℃ 및 1300℃ 예비소결체의 경우는 건식과 습식 절삭에서의 공구수명에 미치는 영향이 그다지 나타나지 않았다. 1100℃와 1000℃에서 예비소결한 세라믹을 습식 절삭한 공구수명이 건식절삭한 경우에 비하여 짧은 이유는 절삭칩의 배출성이 나빠서 공구의 여유면으로 칩입하여 여유면을 활과하기 때문인 것으로 판단된다.

Fig. 3은 절삭후의 공구수명에 달한 때의 볼엔드밀의 마멸 상태를 보인다. 1200℃ 이상에서 예비소결한 세라믹은 칩핑에 의하여 공구수명에 달하게 되었다.

Table 2 Mechanical properties of presintered and full-sintered ceramics

Presintering temp.	Hardness (Hs)	Flexural strength (MPa)	Flexural strength of the materials sintered fully at 1450℃ (MPa)
800℃	11	14	568
1000℃	12	18	585
1100℃	16	34	683
1200℃	20	232	641
1300℃	26	424	686

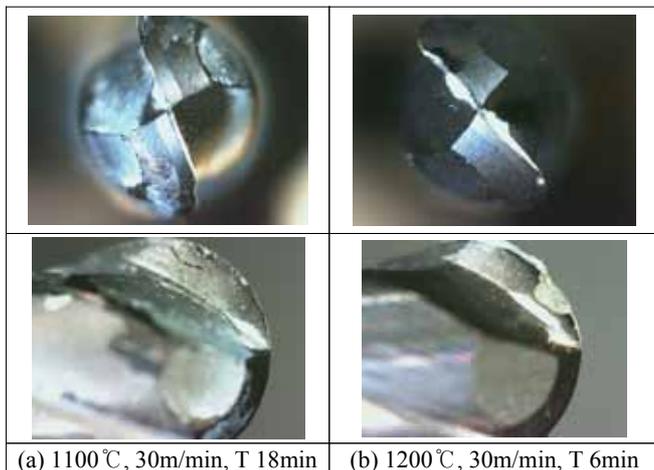


Fig. 3 Worned ball endmill

Table 3 Mechanical properties of presintered and full-sintered ceramics

Presintering temperature (℃)	Cutting fluid	Cutting speed (m/min)	Tool life (min)	Wear type		
800	dry	18	7	Abrasive		
		30	4	Abrasive		
		60	3	Abrasive		
		90	-	-		
	wet	18	6	Abrasive		
		30	4	Abrasive		
60		3	Abrasive			
1000	dry	18	11	Abrasive		
		30	8	Abrasive		
		60	5	Abrasive		
		90	3	Abrasive		
	wet	18	7	Abrasive		
		30	4	Abrasive		
		60	3	Abrasive		
		90	1	Abrasive		
		1100	dry	18	-	Abrasive
				30	18	Abrasive
60	12			Abrasive		
90	7			Abrasive		
wet	18		-	-		
	30		12	Abrasive		
	60		8	Abrasive		
	90		3	Abrasive		
1200	dry	18	6	Chipping		
		30	4	Chipping		
		60	3	Chipping		
		90	-	-		
	wet	18	6	Abrasive		
		30	4	Abrasive		
		60	3	Abrasive		
		90	-	-		
1300	dry	18	5	Chipping		
		30	3	Chipping		
		60	2	Chipping		
		90	-	-		
	wet	18	5	Chipping		
		30	3	Chipping		
		60	2	Chipping		
		90	-	-		

4. 결론

지르코니아 세라믹 예비소결체의 건식 절삭에서는, 1100℃에서 예비소결한 세라믹을 절삭한 경우의 공구수명이 가장 길고, 다음으로 1000℃에서 예비소결한 경우의 수명이 길다. 1100℃보다 예비소결 온도가 낮거나 높은 경우에, 공구수명은 짧아진다. 1100℃와 1000℃에서 예비소결한 세라믹을 습식 절삭한 경우는 건식 절삭한 경우에 비하여 공구수명이 현저히 짧다. 800℃, 1200℃ 및 1300℃ 예비소결체의 경우는 건식과 습식 절삭에서의 공구수명에 미치는 영향이 그다지 나타나지 않는다.

후기

본 연구는 대학산업기술지원단의 1사 1전담멘토 지원에 의하여, (주)덴타임에서 행해진 것이며, 이에 동 지원단의 관계자분께 깊은 감사를 드립니다.

참고문헌

1. Lee, J. W., "Evaluation of Wet Machining Characteristics of the Presintered Low Purity Alumina with the Ceramic, CBN and Diamond Tools," J. of the KSPE, Vol. 24, No. 2, pp. 33-40, 2007.
2. Lee, J. W., "Tool-Wear Characteristics of the Ceramic, CBN and Diamond Tools in Turning of the Presintered Low Purity Alumina," J. of the KSPE, Vol. 23, No. 1, pp. 80-88, 2006.