

생체친화형 지르코니아 헤어커터 개발

김정식¹, 김광희^{1*}

¹(재)인천테크노파크 기술혁신본부

Development of zirconia hair cutter for biocompatibility

Jeong-sik Kim¹ and Kwang-hee Kim^{1*}

¹Division of Technical Innovation, Incheon Technopark

요 약 본 연구에서는 스틸 헤어커터와 비교하여 절삭성, 내식성 내마모성이 우수하고 생체친화성이 뛰어난 소재인 지르코니아(ZrO_2)를 원료로 하는 헤어커터 개발을 위하여 설계, 성형, 소결, 연마가공 최적화를 통해 두께 0.253mm의 초박형 지르코니아 커터를 제작하였다. 커터 시편을 전자주사현미경(SEM)으로 관찰한 결과, 성형성과 절삭면 가공이 양호한 것으로 나타났으며, 절단시험을 통해 상품성이 충분한 것으로 평가되었다. 본 지르코니아 커터 가공기술 연구 결과를 이용하여 면도기, 여성용 제모기, 눈썹정리기 등 고부가가치 미용기구 개발에 활용 될 수 있다.

Abstract This study aims to develop hair cutter with zirconia(ZrO_2) material whose machinability, corrosion resistance, wear resistance and bio-compatibility are excellent by comparing iron hair cutter. Ultra-thin zirconia cutter with the thickness of 0.253mm is manufactured through the optimization of design, molding, sintering, grinding and grinding process. With observation result of cutter specimen by use of scanning electron microscope(SEM), formability and process of cutting face are shown to be good. It is also evaluated with sufficient merchantability by cutting test results. The cutter process technology of thin zirconia can be utilized at the development of high value-added beauty appliances like razor, beauty-razor and eye brows-razor for woman by use of study result.

Key Words : Biocompatibility, Hair Cutter, Zirconia, Blade, Ultra Thin

1. 서론

1.1 연구 배경

여성의 모발절단과 손질에 사용되는 헤어커터는 보통 스틸 커터가 내장된 형태로 일반 미용실은 물론 북미나 유럽 등에서는 가정용으로 널리 보급되어 사용 중이다.

Fig. 1은 일반적인 헤어커터 형태로 커터지지대에 커터날이 장착되고, 손잡이는 일체형이거나 접는 방식인 매우 간단한 구조이다. 현재 국내에서 시판되는 헤어커터는 일본, 대만산 등 전문가용 고가품과 일반 면도날이 장착된 국산 및 저가 중국산으로 구분된다.

기존 금속제 헤어커터는 절단모발 단면이 거칠고 모발

끝이 갈라지는 등 모발을 손상시키며, 모발을 부드럽게 하기위해 물에 적시거나, 헤어젤 등 화학약품이 도포된 상태에서 사용되어 커터의 부식과 마모를 촉진시키고 사용 후 보관과 관리에도 어려움이 있었다.

이와 같은 기존의 헤어커터의 단점을 보완하는 방법으로 지르코니아를 원료로 하는 커터의 적용을 들 수 있다.

지르코니아(ZrO_2)는 산화지르코늄(zirconium oxide)으로 정방정계 결정으로 가열이나 냉각시 전이가 없고 용적변화가 적으며 금속과 반응하지 않는 특성이 있다. 특히, 인체 피부 접촉시에도 문제가 없으며, 절단면이 균일하여 생체조직의 손상을 최소화하므로 의료용 기구나 치과 인플란트 소재로 활용되는 생체친화적인 소재이다 [1,2].

*Corresponding Author : Kwang-hee Kim(Incheon Technopark)

Tel: +82-32-260-0814 email: kkhkbs@itp.or.kr

Received March 25, 2013

Revised (1st April 22, 2013, 2nd April 24, 2013)

Accepted June 7, 2013



[Fig. 1] Shape of hair cutter

특히, 내식성, 내마모성이 매우 우수하지만, 1mm이하 박형의 성형과 가공은 변형과 취성, 강도편차발생 등으로 기술적 어려움이 있다[3]. 현재 국내외에 시판 중인 주방용 지르코니아 칼의 경우, 두께는 1.3~2mm정도가 대부분이다.

기존 지르코니아 분말 성형에 관한 연구는 보석용으로 사용되는 큐빅지르코니아 외에 버려지는 폐지르코니아를 저온소결하여 물성분석을 통해 재활용가능성을 확인한 사례가 있었다[4].

또한, 장신구로 쓰이는 큐빅 지르코니아의 색향상을 위해 진공열처리 조건을 바꾸어 색변화를 고찰한 연구가 수행되었다[5,6].

그러나, 지르코니아를 소재로 하는 커터 개발에 관한 연구 가운데 두께 0.5mm 이하의 박형 커터의 변형을 최소화하는 성형과 소결, 연마에 관한 연구는 거의 없었다.

1.2 연구 목적

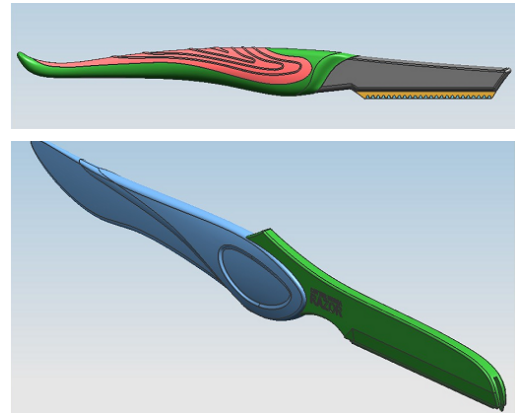
지르코니아 헤어커터 개발을 위해서는 초박형 커터개발이 필수적이다. 특히 지르코니아 커터의 성형과 소결, 연마가공에서 변형과 이빠짐이 발생하므로 두께 0.5mm 이하의 박형 개발은 거의 이루어지지 않았다.

본 연구에서는 기존 헤어커터 대비 내식성 내마모성은 물론 생체친화성이 뛰어난 지르코니아(ZrO_2)를 원료로 0.3mm 이하 초박형 헤어커터 날을 제작하고 표면 및 단면을 전자현미경으로 분석하여 커터품질을 평가하였다.

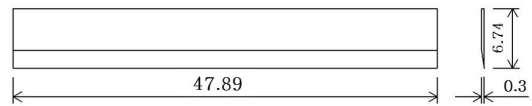
또한 지르코니아 날이 장착된 헤어커터 시제품을 제작하여 절삭 성능시험을 통해 박형 지르코니아 헤어커터의 상품성을 검증하고자 하였다.

2. 모델 설계 및 제작

2.1 제품설계



[Fig. 2] 3D model of hair cutter



[Fig. 3] Design drawing of blade

2.2 헤어커터 본체 제작

Fig. 2는 3차원 CAD인 Unigraphics NX 8.0으로 설계한 헤어커터 본체 가운데 접이식을 제외하고 일체형의 3차원 모델 중 일부를 나타낸다.

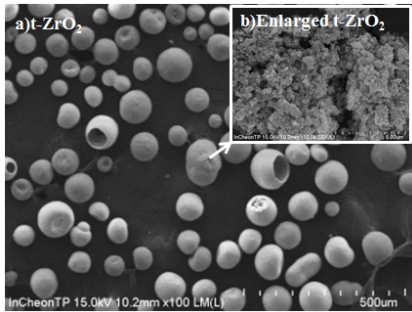
Fig. 3은 헤어커터 중 커터 날 도면이다. 길이는 헤어커터 모델에 따라 차이가 있으나, 커터 날의 두께는 기존 사용되고 있는 스틸 날의 두께와 사용 중 탄력을 고려하여 0.3mm이하로 설계하였다.

Fig. 4는 설계 데이터를 바탕으로 헤어커터 본체를 쾌속조형기(CMET사 RM-6000, SL-7840 Resin)로 가공한 결과물이다.

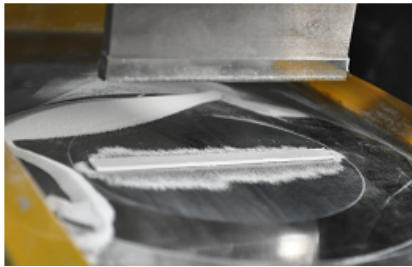


[Fig. 4] Mock-up of hair cutter

2.3 지르코니아커터 시제품 제작



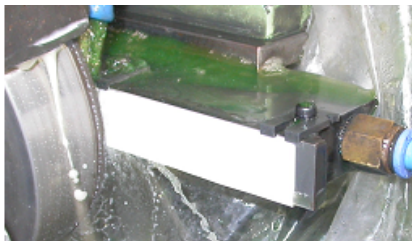
(a) SEM images of zirconia powder



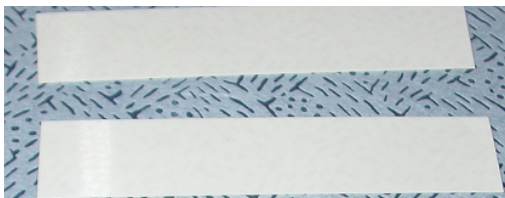
(b) zirconia cutter molding process



(c) zirconia compacts



(d) Zirconia Polishing



(e) The completed ultra-thin zirconia Cutter

[Fig. 5] Manufacturing process of cutter

Fig. 5는 지르코니아 커터 시제품제작을 위한 공정을 나타낸다. 먼저 지르코니아 분말($t\text{-ZrO}_2$; Y_2O_3 3mol%, Sumitomo Co.)을 성형 틀에 넣고 70mm x 10mm x 1mm 크기의 시편을 10 ton 프레스로 커터 성형체를 만든다. 이어서 전기로에 넣어 다양한 소결 온도 조건에 따른 곡강도, 상대밀도, 파괴인성을 실험하여 최적의 소결 조건인 1,450℃에서 72시간 소결을 시키고, 평면 연마기에서 면과 절삭 날을 가공하여 완성시킨다.

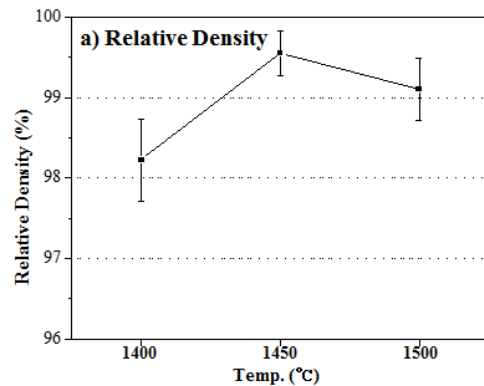
이와 같은 공정 중 분말프레스 성형과 전기로 소결과정에서 변형이 발생하고, 평면 연마과정에도 잔류응력이 불가피하므로 이를 최소화할 수 있도록 소결 온도와 시간 등 조건을 설정하였다. 또한, 연마가공시 가공면을 최대한 하고 연삭속도를 조정하여 균일한 연삭이 되도록 하였다. 이러한 과정을 거쳐 최종 완성된 지르코니아 커터의 평균 두께는 0.253mm이었다.

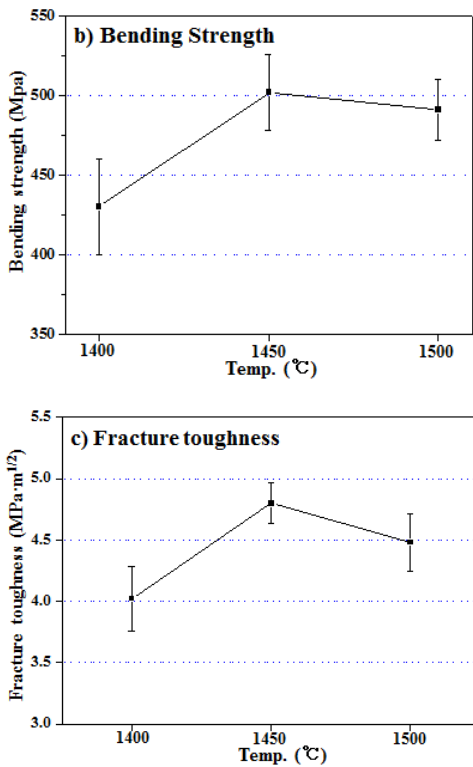
헤어커터 시제품은 궤속조형으로 만들어진 본체에 기존 사용되고 있는 알루미늄 홀더를 이용하여 지르코니아 커터를 끼워 시제품 본체에 장착시켜 완성하였다.

3. 결과 고찰

3.1 지르코니아 소결체의 특성 평가

Fig. 6은 소결 온도를 각각 1400, 1450, 1500℃로 하여 제작된 시편의 상대밀도, 곡강도, 파괴인성 등 기계적 특성을 비교한 결과이다. 1400℃ 온도에서는 지르코니아가 완전히 소결되지 않아서 상대적 밀도, 기계적 특성, 파괴인성이 낮고 1500℃에서는 소결온도가 높아 결정립의 성장으로 인한 결과로 판단된다. 본 결과를 바탕으로 1450℃에서 최적의 기계적 특성을 나타냄을 알 수 있다.

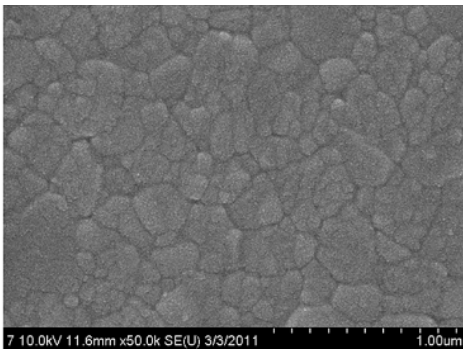




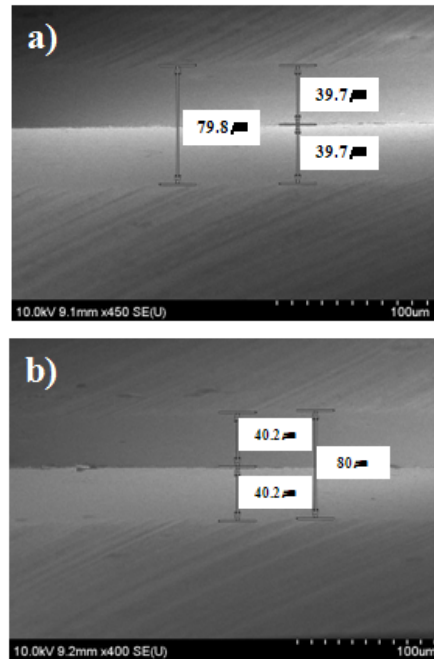
[Fig. 6] Mechanical properties of ZrO₂ sintered bodies

3.2 지르코니아 커터 표면 품질

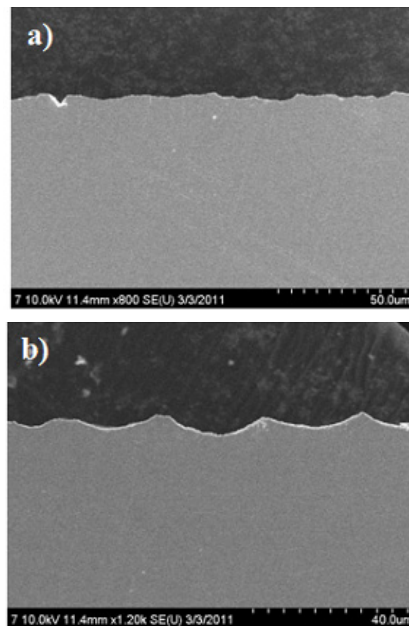
Fig. 7은 전기로에서 소결된 지르코니아 커터 시료를 경면연마 후, 1200℃에서 1시간동안 열처리를 하고 전자현미경으로 분석한 결과이다. 입도크기는 100~400nm로 평균 250nm를 나타내었다. 시편내부의 잔류기공이 없는 것으로 보아 성형성은 양호한 것으로 판단된다.



[Fig. 7] Sintered surface of cutter



[Fig. 8] SEM image of blade



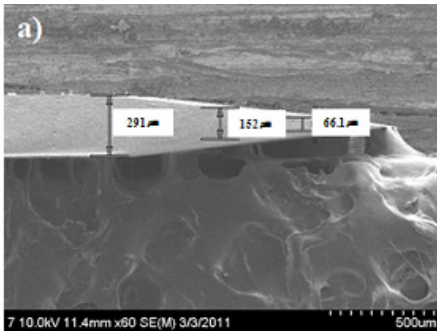
[Fig. 9] Enlarged photo of blade

Fig. 8은 커터를 날 부분에서 400배로 확대한 사진으로 날의 가공정밀도를 보여준다. (a), (b)는 각각의 시편을 나타내는데 한쪽 날 부분이 39.7~46.1μm로 가공되어 날이 양호한 대칭 형태를 이루고 있다.

Fig. 9는 커터 끝단을 (a)800배와 (b)1200배로 확대한 모습이다. 부분적으로 5 μ m 이내의 이 빠짐이 보이는데 날 가공 중 생긴 것이 아닌 소재의 특성에 따라 거친 면을 보이는 것으로 판단된다.

3.3 지르코니아 절단면 분석

Fig. 10은 커터를 세로방향으로 위치별 두께를 살펴본 것이다. 커터 두께는 291 μ m이며, 끝단으로 갈수록 152 μ m, 66.1 μ m로 선형적으로 감소하는 것을 보아 매우 정밀하게 가공된 것을 알 수 있다.

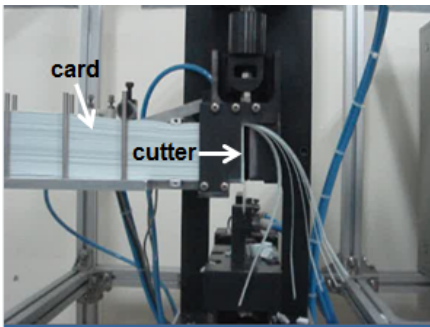


[Fig. 10] Enlarged photo of cross section

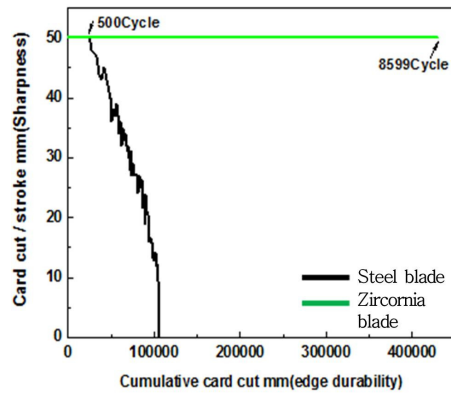
3.4 지르코니아 헤어커터 절단성능평가

개발된 박형 지르코니아 커터의 성능을 평가하기 위해 절단시험을 수행하였다. 본 연구의 커터두께 0.3mm는 시험이 불가능하여 두께를 2mm로 조정하였다. Fig. 11은 ISO8442-2 에 기준하는 시험규격[7]으로 실리카가 충전된 테스트 페이퍼의 절단된 누적 두께를 기존 커터와 비교한 그림이다.

스틸 커터는 500회 절삭 이후 절단성능이 급격히 감소하는 것을 보이지만, 지르코니아 커터는 8599회 이후에도 균일한 절단능력을 보였다.



(a) Test apparatus of cutting performance



(b) Cutting performance comparison data

[Fig. 11] Cutting performance comparison test

4. 결론

본 연구에서는 생체친화적 소재인 지르코니아를 원료로 두께 0.3mm 이하의 초박형 헤어커터를 제작하고 표면 및 절삭면 분석과 절단성능 평가를 통하여 다음의 결론을 얻었다.

- 1) 산화지르코늄을 소재로 커터의 설계, 성형, 소결, 연마가공 최적화를 통해 두께 0.253mm의 초박형 지르코니아 날을 개발하였다.
- 2) 지르코니아 헤어커터의 시제품 제작과 시편분석, 절단성능 평가를 통해 상품성이 충분함을 확인하였다.
- 3) 본 지르코니아 커터는 기존 커터 단가 대비 3배 이하로 양산이 가능할 것으로 예상된다.
- 4) 향 후 면도기, 여성용 제모기, 눈썹정리기 등의 제작에 적용할 수 있는 두께 0.3mm 이하 박형 지르코니아 커터의 기반 기술을 확보할 수 있다.

References

- [1] J. K. Lee, J. O. Kim, *Ceramic Raw Materials*, Pearson Education Korea, pp. 233-241, 2000.
- [2] Kato Akio, *Ceramics*, Materials Research Society of Korea, pp. 85-102, 2003.
- [3] H. J. Lee, *Fine Ceramics*, Bando Publishing Co, pp. 76-84, 1995.
- [4] O. S. Song, J. S. Park, K. J. Nam, "Property of Sintered Y2O3-stabilized Zirconia from Scrap Powders", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*,

Vol. 10, No. 8, pp. 1783-1788, 2009.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2009.10.8.1783>

- [5] Y. Shen, K. J. Nam, O. S. Song, "A Study on the Color Change Mechanism by Vacuum Annealing in Cubic Zirconia", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 11, No. 10, pp. 3621-3625, 2010.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.10.3621>

- [6] F. Li, Y. Shen, O. S. Song, "Color Enhancement for Cubic Zirconia with Low Temperature Annealing", *Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society*, Vol. 11, No. 4, pp. 1186-1191, 2010.

DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2010.11.4.1186>

- [7] Korea Standards Association, *KS G ISO 8442-2: Materials and articles in contact with foodstuffs - Cutlery*, pp. 1-17, KSA, 2010.

김 정 식(Jeong-sik Kim)

[정회원]



- 2002년 3월 : 일본 큐슈대학 대학원 종합이공학연구과 (공학박사)
- 2005년 1월 ~ 현재 : (재)인천테크노파크 기술혁신본부 선임연구원

<관심분야>

공정개발, 에너지효율향상, 냉동공조

김 광 희(Kwang-hee Kim)

[정회원]



- 2005년 2월 : 국민대학교 대학원 기계설계공학과 (공학박사)
- 2005년 1월 ~ 현재 : (재)인천테크노파크 기술혁신본부 본부장

<관심분야>

CAD/CAM/CAE, 정밀가공, 최적설계