

임플란트 시술용 드릴의 가공 성능 평가에 관한 연구

이상민*, 채승수*, 이재건**, 최환*, 이종찬#

(*, # 금오공과대학교, ** (주)DSM)

A Study on the Drilling Characteristics for Implant Procedure Drill

Sang-Min Lee*, Seung-Su Chae*, Jae-Kun Lee**, Hwan Choi*, Jong-Chan Lee#

(Received 23 December 2013; received in revised form 18 February 2014; accepted 11 March 2014)

ABSTRACT

Skull Melted 3.2YSZ has good physical properties and does not undergo low temperature degradation. Due to these excellent physical and mechanical properties, Skull Melted 3.2YSZ has been studied for use in dental implants. In this study, a $\phi 2.2\text{mm}$ Initial Twist Drill was made using Skull Melted 3.2YSZ; the drilling characteristics were compared with those of the traditional SUS420J drill. The experimental results indicate that the Skull Melted 3.2YSZ drill requires similar thrust forces and has a slightly higher temperature.

Key Words : Skull Melted 3.2YSZ(스컬멜티드 3.2YSZ), Thrust Force(추력), Zirconia Drill(지르코니아 드릴), Bioaffinity(생체친화성), Dental Implant Material(치과임플란트 소재)

1. 서 론

치과 임플란트에 사용되는 시술용 드릴은 외과 시술용 절삭기기로 사용되고 있는 SUS420J를 이용하고 있다. SUS420J는 인체에 위해성이 낮은 소재이기 때문에 다양한 시술에 적용되고 있으나 일부 민감한 금속 알러지 환자의 경우 SUS420J로 인한 과민반응과 염증을 유발하는 사례가 빈번히 발생하고 있다. Thomas 등은 임플란트 시술 기기에 미량 함유되어 있는 Ni 원소로 인해 금속 알러지 반응이 발생된다는 연구결과를 발표하였다.^[1-3] 이러

한 금속 알러지 반응으로 인해 임플란트 시술의 문제가 제기됨에 따라 국내외 의료기기 제조사에서는 생체친화성이 높은 지르코니아를 이용한 세라믹 드릴 개발에 많은 노력을 기울이고 있다. 지르코니아는 생체친화성이 높고 세균침착이 낮아 치과 임플란트 소재로 각광받고 있지만, 지르코니아가 갖는 저온열화특성으로 인해 적용범위가 상당히 제한적이다. 최근 이준형 외 5명은 Skull Melted 3.2YSZ(3.2mol yttria stabilized zirconia)는 저온열화특성에 안전하다는 연구결과를 발표하였다.^[4] 따라서 본 연구에서는 저온열화특성에 안정한 Skull Melted 3.2YSZ를 이용하여 임플란트 시술용 드릴로 제작하였으며, 제작된 드릴이 치과 임플란트 시술에 적용이 가능한지 확인하기 위해 기존 SUS420J 드릴과 가공특성을 비교·고찰 하였다.

* Dept. of Engineering Science & Mechanics, Kumoh Institute of Technology

Corresponding Author :

Dept. of Engineering Science & Mechanics, Kumoh Institute of Technology

E-mail : jcleee@kumoh.ac.kr

** DSM Co., Ltd.

2. 실험 장치 및 방법

2.1 Skull Melted 3.2YSZ

Skull Melted 3.2YSZ(3.2mol Yttria Stabilized Zirconia)는 고주파 용융법을 이용해 제조된 지르코니아 소재로서 3.2mol(약 5.4wt%)의 이트리아(Yttria)가 혼합된 안정화 지르코니아(Stabilized zirconia)이다. Skull Melted 3.2YSZ는 불규칙한 Ingot 형상으로 도가니에서 성장되며, 색상은 흰색이며, 매끈한 표면을 가지고 있다.

Fig. 1은 Skull Melted 3.2YSZ의 Ingot 형상을 나타낸다. Table 1은 Skull Melted 3.2YSZ의 기계적 물성을 나타낸다. Skull Melted 3.2YSZ는 꺾임강도(Flexural Strength)는 161kgf/mm², 파괴인성 Kc(Fracture Toughness)은 13MPa·m^{1/2}, 밀도(Density)는 6.1g/cm³, 경도(Hardness)는 Hv 1,365의 물성을 가진다.

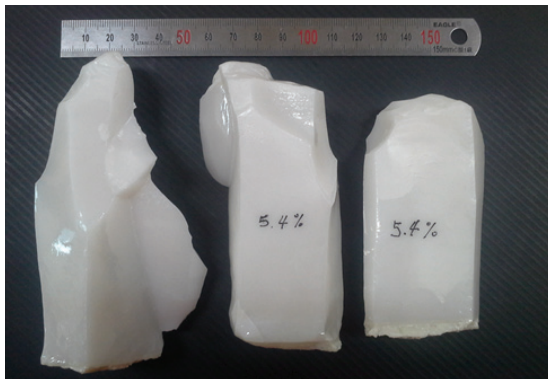


Fig. 1 A Shape of Skull Melted 3.2YSZ Ingot

Table 1 Physical properties of Skull Melted 3.2YSZ

Items	Unit	Properties
Flexural Strength	kgf/mm ²	161
Fracture Toughness, Kc	MPa·m ^{1/2}	13
Density	g/cm ³	6.1
Hardness	Hv	1,365

2.2 임플란트 시술용 드릴

임플란트 시술용 드릴은 일반적으로 ø2.0mm 또는 ø2.2mm Initial twist drill을 이용해 초기 Hole 가공을 진행하고, 이후 ø0.5mm 단위로 제작된 드릴을 사용하여 확공작업을 완료한 후 Tap을 형성하여 픽스처(Fixture)를 삽입한다. 임플란트 드릴링 작업에 있어서 초기 사용되는 Initial twist drill은 가장 큰 절삭동력을 필요로 한다. 따라서 본 연구에서는 가장 큰 절삭동력을 필요로 하는 Initial twist drill을 Skull Melted 3.2YSZ를 이용해 제작하여 가공특성을 비교·분석 하였다. 제작된 Initial twist drill은 현재 시술에 사용되고 있는 SUS420J 드릴과 동일한 형상으로 제작하였으며, 제작된 드릴은 ø2.2mm, Helix angle 15°, Point angle 90°의 형상을 가진다. Fig. 2는 제작된 SUS420J 드릴과 Skull Melted 3.2YSZ 드릴의 형상을 나타낸다.

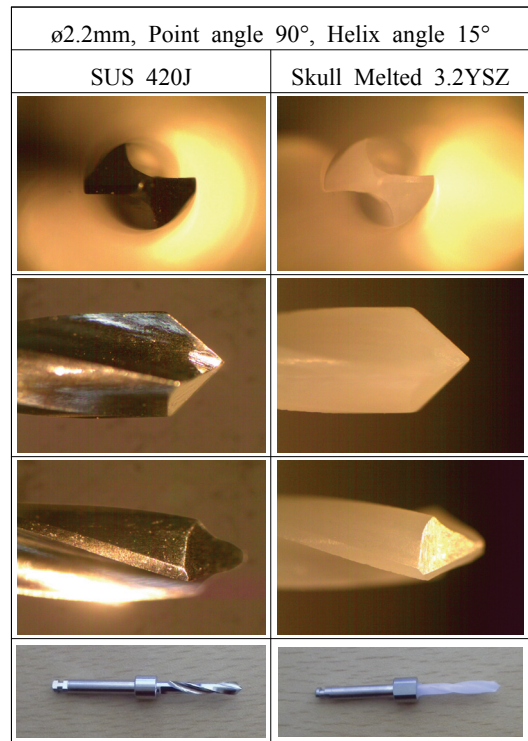


Fig. 2 A shape of initial twist drills (SUS420J vs Skull Melted 3.2YSZ)

2.3 실험장치 및 방법

Fig. 3은 본 드릴가공실에 사용된 머시닝센터와 측정장치가 Set-up된 형상을 나타낸다. 본 드릴가공 실험은 CNC 머시닝센터(Model : DOOSAN VN450)를 사용하였으며, 가공시 발생하는 Thrust force를 측정하기 위해 머신 테이블에 압전형 공구동력계(Kistler 9254B)를 설치하고 공구동력계 위에 시험편을 고정하여 실험을 수행하였다. 가공시 발생하는 절삭온도를 측정하기 위해 열화상카메라(Model : FLIR A310)를 머시닝센터 정면에 설치하였다.

드릴 가공실험에 사용된 피삭재는 치밀골(Cortical bone)과 유사한 물성을 가지도록 제작된 폴리우레탄 폼(Poly urethane foam, Saw-bone)을 사용하였다. Table 2는 폴리우레탄 폼의 물성을 나타낸다.

Table 3은 본 실험에 사용된 실험조건을 나타낸다. 드릴가공실험의 가공조건은 임플란트 시술에 적용되고 있는 조건으로 설정하였으며, Spindle speed 800, 1,000, 1,200rpm, Feed 60, 80, 100mm/min, Depth of cut

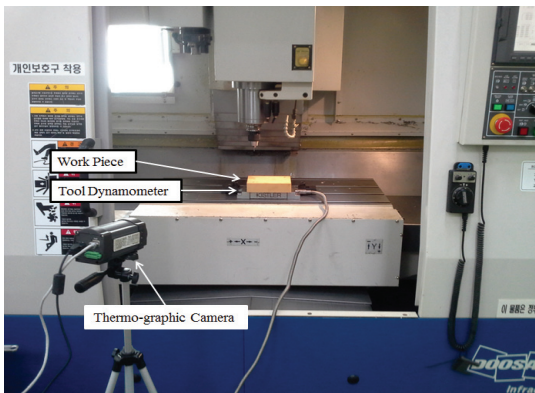


Fig. 3 The Experimental set-up

Table 3 Physical properties of workpiece

Poly urethane foam (Saw-boone 50pcf)	
Density (g/cc)	0.80
Compressive Strength (MPa)	48
Compressive Strength (MPa)	1,148
Tensile Strength (MPa)	27
Tensile Modulus (MPa)	1,469
Shear Strength (MPa)	16
Shear Modulus (MPa)	178

Table 2 The experimental conditions (dry)

Spindle Speed (rpm)	Feed (mm/min)	Depth of Cut (mm)
800	60	10
1,000	80	10
1,200	100	10

10mm로 설정하여 건식(Dry)가공을 진행하였다. 임플란트 시술용 드릴 가공실험에 있어서 가공오차를 줄이고자 드릴가공전에 센터작업을 수행하였다. 드릴 가공시 발생하는 절삭온도 측정은 드릴에서 배출되는 칩(Chip)의 온도를 측정하여 각 조건별로 평균값을 적용하였다.

3. 실험결과

3.1 Thrust Force 비교

Fig. 4 ~ Fig. 6은 스피들 회전수에 따른 SUS420J 드릴과 Skull Melted 3.2YSZ 드릴의 추력(Thrust force)를 나타낸다. 실험에 사용된 SUS420J 드릴과 Skull Melted 3.2YSZ 드릴은 스피들 회전수가 800rpm에서 1,200rpm으로 증가됨에 따라 추력이 감소하는 경향이 나타났다. 이러한 경향의 원인은 스피들 회전수가 증가됨에 따라 드릴 1회전당 가공하는 재료 제거율이 감소하기 때문이라 판단된다. 스피들 회전수에 따른 추력을 비교한 결과 Skull Melted 3.2YSZ 드릴은 SUS420J 드릴과 유사한 추력이 나타남을 확인할 수 있었다.

Fig. 7 ~ Fig. 9는 Feed 속도에 따른 추력을 나타낸다. 전체적으로 Feed 속도가 증가됨에 따라 추력이 증가하는 경향이 나타났다. 이러한 경향의 원인 또한 이송속도의 증가는 절삭전 칩 두께의 증가로 이어지며 결과적으로 단위시간당 재료를 제거하는 제거율이 증가되기 때문이라 판단된다. 모든 조건에서 Skull Melted 3.2YSZ는 기존 SUS420J드릴과 유사한 추력이 나타났으며, 본 가공실험 조건 내에서 Skull Melted 3.2YSZ 드릴의 파손은 발생되지 않았다.

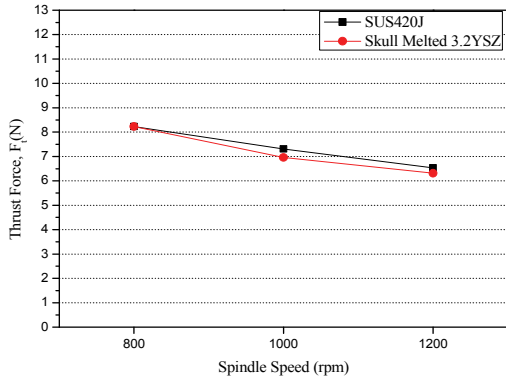


Fig. 4 The thrust force versus spindle speed (Feed : 80mm/min)

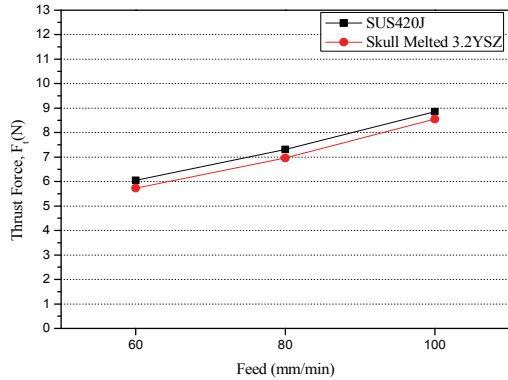


Fig. 7 The thrust force versus feed (Spindle Speed : 1,000rpm)

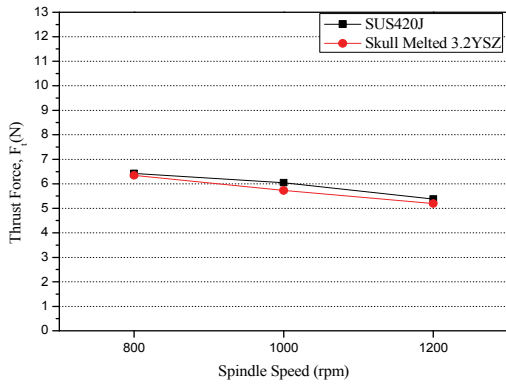


Fig. 5 The thrust force versus spindle speed (Feed : 60mm/min)

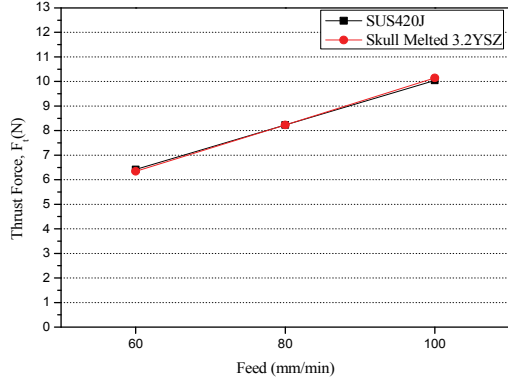


Fig. 8 The thrust force versus feed (Spindle Speed : 800rpm)

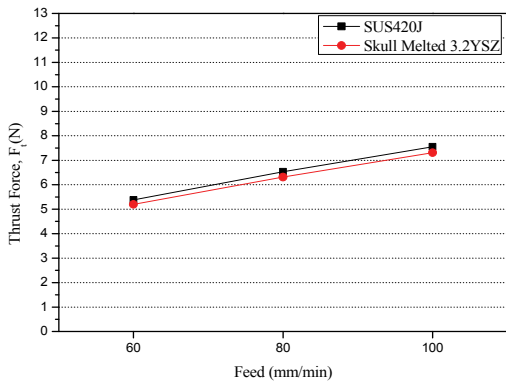


Fig. 6 The thrust force versus feed (Spindle speed : 1,200rpm)

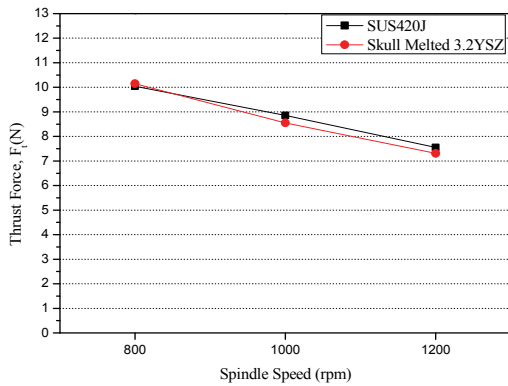


Fig. 9 The thrust force versus spindle speed (Feed : 100m/min)

3.2 절삭온도 비교

임플란트 시술에 있어서 드릴링 작업시 발생하는 절삭열은 해면골(Spongious bone)에 존재하는 세포에 악영향을 주어 골조직 괴사를 유발하는 매우 중요한 인자이다. 앞선 연구사례를 보면 식염수를 공급하면서 수행한 드릴링 작업시 절삭온도가 43℃ 이상 되면 골조직이 괴사한다고 알려져 있다.⁶⁾ 따라서 본 드릴가공실험에서는 건식 드릴링 가공시 발생하는 절삭온도 측정하여 서로 다른 소재로 제작된 드릴의 특성을 비교하였다. 절삭온도 측정은 열화상카메라를 통해 건식 가공시 배출되는 칩 온도를 측정하고 평균값을 산출하였다.

Table 4는 각 가공조건에 따른 번호를 부여하여 나타내었다.

Fig. 10은 각 가공조건에 따라 측정된 절삭온도를 나타낸다. 전체적으로 절삭온도는 Skull Melted 3.2YSZ 드릴이 SUS420J 드릴 보다 높게 나타났다. SUS420J

드릴과 Skull Melted 3.2YSZ 드릴의 절삭온도 차이는 최소 1.1℃에서 최대 7.7℃로 나타났다. 이러한 원인은 서로 다른 두 소재가 가지는 열전도도의 차이로 판단된다. SUS420의 열전도도는 약 16.2W/mK, Zirconia의 열전도도는 약 4.0W/mK이다. 따라서 열전도도가 높은 SUS420J의 경우 가공시 발생하는 절삭온도를 보다 빠르게 흡수 및 배출하였기 때문이라 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 동일 형상으로 제작된 Skull Melted 3.2YSZ 드릴과 SUS420J 드릴의 가공특성을 비교·고찰 하였으며, 본 가공실험 범위 내에서 아래와 같은 결론을 얻게 되었다.

1. 가공조건에 따라 나타난 SUS420J 드릴과 Skull Melted 3.2YSZ 드릴의 추력은 대부분 유사하게 나타났다.
2. 단위시간당 재료를 제거하는 재료제거율이 증가 또는 감소함에 따라 추력이 변화됨을 확인하였다.
3. 절삭온도에 있어서 SUS420J 드릴이 Skull Melted 3.2YSZ 드릴 보다 낮게 나타났다.
4. 본 가공실험을 통해 향후 Skull Melted 3.2YSZ 드릴은 금속 알려지 민감환자 시술에 적용이 가능하리라 판단된다.
5. Skull Melted 3.2YSZ 드릴이 가지는 강성분석을 위한 추가 연구가 필요할 것으로 판단된다.

후 기

본 연구는 금오공과대학교 학술연구비(과제번호 2012-104-041)를 지원받아 수행되었습니다. 관계자 여러분께 감사드립니다.

Table 4 The experimental No (dry)

Spindle speed (rpm)	Feed (mm/min)	No
800	60	1
	80	2
	100	3
1,000	60	4
	80	5
	100	6
1,200	60	7
	80	8
	100	9

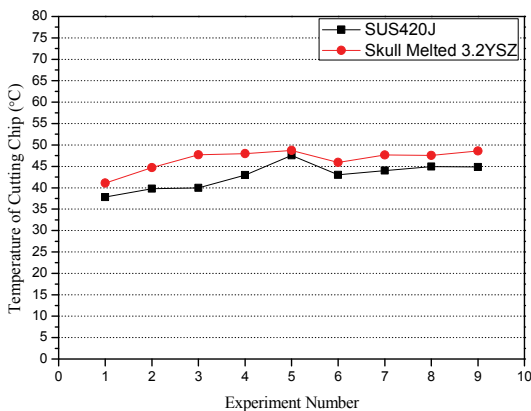


Fig. 10 The temperature of cutting chip

참고문헌

1. B. Stzer, “The gene-expresssion and phenotypic response of hFOB 1.19 osteoblasts to surface-modified titanium and zirconia”, Journal of Bilmaterials, Vol 30, pp979-990, 2009.
2. Lim, H. H., Lee, K. M., Koh, Y. I. and Park, S. W., “Allergic contact stomatitis caused by a titanium nitride-coated implant abutment”, The Journal of Prosthetic Dentistry, Vol 108, pp209-213, 2012.
3. Smith, E., Meththa, A. J. and Stahtam, B. N., “Metal sensitivity to Elektra prostheses – two cases from a metal on metal implant for hand joint replacement”, The Journal of Contact Dermatitis“, Vol 60, pp298. 2009.
4. Lee, J. H., Heo, Y. W., Kim, J. J., Lee, J. K., Lee, H. S. and Lee. J. H., “ The aging effect on the low temperature mechanical strength of 3.2YSZ single crystals manufactured by the Skull melting method”Journal of the American Ceramic Society, Vol.39, pp2031-2036, 2013
5. Lee, S. M., Chae, S. S., Lee, C. S., Kim, T. S., Lee, J. C. and Lee. J. K., “A Study on the Characteristics of Skull Melted Zirconia”, Proceedings of the KSMPE Conference, PP.117-118, 2010.
6. Yu, J. H., Jung, S. M., Choi, B, H. and Ju, S. D., “The effect of guided flapless implant procedure on heat generation from implant drilling”, The Journal of the Korean academy of prosthodontic society, Vol 51, pp11-19. 2013.