creative commons

COMMONS DEED

저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:

저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.

비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.

동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 이용허락규약(Legal Code)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

Disclaimer

dCollection

[UCI]I804:24011-200000237412

TiN/Ti 및 ZrN/Ti 다층막 코팅된 Ni-Ti파일의 표면거동

Surface Behaviors of Ni-Ti File Coated with TiN/Ti and ZrN/Ti Multilayer

2009 年 2月 日

조선대학교 대학원

치 의 공 학 과

강 호 민

TiN/Ti 및 ZrN/Ti 다층막 코팅된 Ni-Ti파일의 표면거동

지도교수 황 호 길

이 논문을 치의학 박사학위 논문으로 제출함.

2008년 12월 일

조선대학교 대학원

치 의 공 학 과

강 호 민

강호민의 박사학위 논문을 인준함.

위원장	연세대학교	교수	이승종 인
위 원	경희대학교	교수	최기운 인
위 원	조선대학교	교수	이상호 인
위 원	조선대학교	교수	최한철 인
위 원	조선대학교	교수	황호길 인

2008 년 12월 일

조선대학교 대학원

목　　차

영문초록 ····· iv

Ⅰ. 서　론 ·····

Ⅱ. 연구재료 및 방법 ·····

Ⅲ. 연구성적 ·····

Ⅳ. 총괄 및 고안 ·····

Ⅴ. 결　론 ·····

참고문헌 ·····

표 목 차

Table 1. The coating conditions of TiN/Ti and ZrN/Ti multilayer .....

도 목 차

Fig. 1. Photographs of Ni-Ti files used in this study.....

Fig. 2. The schematic diagram of sputtering equipment.....

Fig. 3. The schematic diagram of fracture test equipment.....

Fig. 4. Photographs showing multilayer coated Ni-Ti files. (a) non-coated (b) Ti coated (c) TiN/Ti coated (d) ZrN/Ti coated.....

Fig. 5. FE-SEM micrographs showing the non-coated Ni-Ti file surface. (a) X 200, (b) X 1000, (c) X 10000.....

Fig. 6. FE-SEM micrographs showing the Ti coated Ni-Ti file surface. (a) X 200, (b) X 1000, (c) X 10000.....

Fig. 7. EDS peaks showing the non-coated and Ti coated Ni-Ti file surface.

(a) non coated (b) Ti coated .....

Fig. 8. FE-SEM micrographs showing the TiN coated Ni-Ti file surface. (a) X 200, (b) X 1000, (c) X 10000.....

Fig. 9. FE-SEM micrographs showing the ZrN coated Ni-Ti file surface. (a) X 200, (b) X 1000, (c) X 10000.....

Fig. 10. EDS peaks showing the TiN coated and ZrN coated Ni-Ti file surface. (a) TiN coated (b) ZrN coated.....

Fig. 11. FE-SEM micrographs showing the TiN/Ti coated Ni-Ti file surface. (a) X 200, (b) X 1000, (c) X 10000.....

Fig. 12. FE-SEM micrographs showing the ZrN/Ti coated Ni-Ti file surface. (a) X 200, (b) X 1000, (c) X 10000.....

Fig. 13. EDS peaks showing the TiN coated and ZrN coated Ni-Ti file surface. (a) TiN/Ti coated (b) ZrN/Ti coated.....

Fig. 14. Optical micrographs showing hardness trace of non-coated and multilayer coated Ni-Ti file surface after micro-vickers hardness test. (a) non-coated (b) Ti coated (c) TiN coated (d) ZrN coated (e) TiN/Ti coated (f) ZrN/Ti coated.....

Fig. 15. Micro-vickers hardness of non-coated and multilayer coated Ni-Ti file surface.....

Fig. 16. SEM showing the scratch trace of non-coated and Ti coated Ni-Ti file after scratch test. (a) non-coated (X 300) (b) non-coated (X 500) (c) Ti coated (X 1000) (d) Ti coated (X 5000).....

Fig. 17. SEM showing the scratch trace of TiN coated and ZrN coated Ni-Ti file after scratch test. (a) TiN coated (X 500) (b) TiN coated (X 1000) (c) ZrN coated (X 500) (d) ZrN coated (X 1000).....

Fig. 18. SEM showing the scratch trace of TiN/Ti coated and ZrN/Ti coated Ni-Ti file after scratch test. (a) TiN/Ti coated (X 500) (b) TiN/Ti coated (X 1000) (c) ZrN/Ti coated (X 2000) (d) ZrN/Ti coated (X 5000).....

Fig. 19. FE-SEM showing fractured non-coated and Ti coated Ni-Ti file after fracture test. (a) non-coated (X 500) (b) non-coated (X 10000) (c) Ti coated (X 1000) (d) Ti coated (X 2000).....

Fig. 20. FE-SEM showing fractured TiN coated and ZrN coated Ni-Ti file after fracture test. (a) TiN coated (X 1000) (b) TiN coated (X 5000) (c) ZrN coated (X 5000) (d) ZrN coated (X 5000).....

Fig. 21. FE-SEM showing fractured TiN/Ti coated and ZrN/Ti coated Ni-Ti file after fracture test. (a) TiN/Ti coated (X 1000) (b) TiN/Ti coated (X 5000) (c) ZrN/Ti coated (X 1000) (d) ZrN/Ti coated (X 5000).....

Surface Behaviors of Ni-Ti File Coated with TiN/Ti and ZrN/Ti Multilayer

Kang Ho-Min, D.D.S., M.S.D.
Director : Prof. Hwang, Ho-Keel, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
Department of Dental Engineering,
Graduate School of Chosun University

The purpose of this study was to investigate the surface behaviors of Ni-Ti file coated with TiN/Ti and ZrN/Ti multilayer. ProTaper®(Maillfer, Dentsply, Ballaigues, Switzerland) files, F1 and F2 were used for the experiment.

In order to decrease the defects of Ni-Ti file surface, TiN/Ti and ZrN/Ti multilayer film coating were carried out on the Ni-Ti file surface using RF-sputtering, respectively. Pure Ti and Zr targets were used for TiN/Ti and ZrN/Ti film coating with high pure nitrogen gas. The surface defects of specimens were observed by field emission scanning electron microscope(FE-SEM) and energy dispersive x-ray spectroscopy(EDS) on the file surface. The hardness, adhesion and fracture surface of multilayer coated Ni-Ti file surface were observed with FE-SEM, EDS, vickers hardness tester, scratch tester and tensile tester.

The results were as follows:

1. TiN/Ti and ZrN/Ti coating on Ni-Ti file surface decreased the crack site for fatigue fracture and mechanical defects such as scratch created by machine.
2. The surface hardness of TiN/Ti and ZrN/Ti coated Ni-Ti file(670) was

higher than that of non-coated Ni-Ti file(380). The TiN/Ti and ZrN/Ti coated Ni-Ti files showed higher adhesion than non-coated Ni-Ti file.

3. Fractured surface of Ni-Ti file showed the brittle fracture behavior at the exterior and ductile fracture behavior at the interior. The ductile fracture behavior appeared predominantly from exterior to interior of Ni-Ti file. The cleavage fracture region of TiN/Ti and ZrN/Ti coated Ni-Ti files decreased compared with non-coated Ni-Ti file.

It is considered that the TiN/Ti and ZrN/Ti multilayer film which would prevent Ni-Ti files from fatigue failure can be applicable to root canal instrument system act as inhibitor against crack nucleation and growth on Ni-Ti file surface due to decrease of mechanical defects.

I. 서 론

Ni-Ti 파일은 근관치료 시 근관형성에 사용되며 근관계 내 조직잔사와 세균을 포함한 모든 내용물을 제거하고 미세누출이 생기지 않도록 성공적으로 근관충전을 할 수 있는 근관의 형태를 만드는데 사용된다. Ni-Ti 파일은 수동형 파일처럼 날이 풀어지거나 예각으로 꺾이는 등 시각적으로 나타나는 파일의 피로도나 손상정도를 인지하기 어려워 파일이 근관 내에서 부러지는 것을 막기가 어렵다[1].

Ni-Ti 파일은 육안으로 관찰 할 수 있는 구부러짐이나 풀림 등의 소성변형 없이 기구의 탄성한계 내에서 갑작스럽게 파절되는 경우가 있는데[2,3], 이는 만곡 근관 내에서 기구가 회전하는 동안 만곡의 안쪽에는 압축응력이, 만곡의 바깥쪽에는 인장응력이 반복적으로 가해짐으로써 파절의 표면에 미세 파절과 균열이 발생하고 전파되어 결국 피로파절(fatigue fracture)을 야기하게 된다[4-6]. 또한 Ni-Ti파일이 반복응력을 받으면 균열이 형성되면서 파절이 야기되며 연성파절(ductile fracture) 양상을 나타낸다고 보고하였다[4,7]. Ni-Ti 파일을 이용한 피로파절에 대한 이전의 연구에서는 파일의 직경이나 경사도 (taper), 단면 형태 및 회전속도, 표면결함 등이 파절에 영향을 미친다고 보고되고 있다[4,7]. Kuhn 등[8]은 사용하지 않은 Ni-Ti파일을 구부려 응력을 가 한 상태에서 주사전자현미경으로 관찰한 결과 기계 가공 과정에서 발생한 균열, 미세 결함, 긁힌 자국 및 불균질성 등을 발견하였다. Karn[9]은 이와 같은 표면결함이 있는 Ni-Ti 파일을 산화알루미늄 마모제가 들어있는 기구에 넣고 회전시켜 표면결함을 제거함으로써 파절 저항성이 증가됨을 보고하였다.

이러한 파일의 변형이나 파절을 예방하기 위하여 토크설정이 되는 엔진이 개발되었으며 토크조절엔진을 사용할 경우 설정된 토크에서 저항이 느껴질때 근관내에서 파일이 정지하거나 역회전하도록 고안되어 있기 때문에 파일이 근관에 끼이거나 변형, 파절되는 상태를 줄일 수 있다. 토크 조절이 안 되는 엔진으로 사용한 파일은 삭제능의 조절이 어렵기 때문에 기구의 끼임, 변형, 파절이 증가하는 경향이 있으며 토크 조절이 되면 기구의 삭제기능이 감소하고 근단부로의 진행이 좀

더 어려울 수 있다[10]. 현재까지 파일의 디자인을 다양하게 고안하여 파일의 변형이나 파절을 예방하고 삭제능을 조절하려는 시도가 있었지만 보다 근본적인 파절의 원인은 표면에서의 기계적인 가공에 의한 파일의 표면에 형성된 미세흔적이라고 할 수 있으며 이는 Ni-Ti 파일의 표면에서 균열의 핵으로 작용할 수 있다. 따라서 만곡 근관 내에서 반복적인 응력의 작용은 조기 파절을 일으키는 원인이 될 수 있다. 그러나 이와 같은 파절의 근본적인 원인을 제공하고 있는 표면결함에 관한 연구로는 결함을 줄이는 방법에 관한 연구로는 산화알루미늄 마모제가 들어있는 기구에 넣고 회전시켜 표면결함을 제거한 연구, TiN를 코팅하여 수명을 연장하는 연구보고 외에는 거의 미미한 실정이다[9,11].

따라서 본 연구에서는 표면결함을 최소화하고 기구의 회전응력 하에서 피로파절 저항성을 향상시키기 위하여 RF-sputtering기를 이용하여 Ni-Ti 파일의 표면에 TiN/Ti 및 ZrN/Ti다층막을 코팅한 후, 표면과 파절특성을 주사전자현미경, 경도계, 긁힘시험 및 파절시험을 통하여 그 성능을 비교 검토하였다.

Ⅱ. 연구재료 및 방법

가. 연구재료

표면에 TiN/Ti 및 ZrN/Ti 코팅처리하기 위하여 시편으로 Ni-Ti파일(ProTaper ® Maillfer, Dentsply, Ballaigues, Switzerland)을 사용하였다. 파일은 25 ㎜의 F1 및 F2를 선택하였다 (Fig. 1).

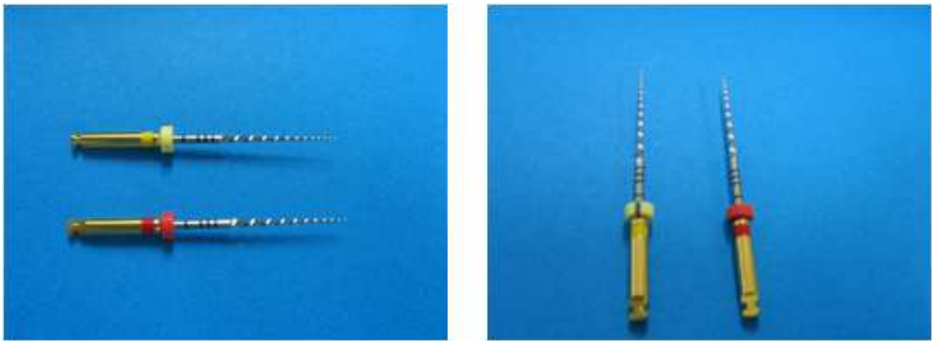

Fig. 1. Photographs of Ni-Ti files used in this study.

나. 연구방법

a. Ni-Ti 파일 표면과 표면결함 관찰

표면과 파절면의 관찰은 초 고분해능을 가진 field-emission scanning electron microscopy(FE-SEM; S-4800, Hitach, Japan)와 energy dispersive x-ray spectroscopy(EDS;S-4800, Hitach, Japan)를 사용하였다. EDS방법으로 X선의 세기가 y축으로 나타나고 에너지는 x축으로 표시된 그래프가 얻어진다. EDS 시스템의 컴퓨터에는 모든 특정 X 선의 위치가 기억되어 있으므로 스펙트럼의 피크로부터 원소를 알아내어 정성분석을 하였다.

*b. Ni-Ti*파일의 *TiN/Ti* 및 *ZrN/Ti* 다층막코팅

파일의 표면에 TiN/Ti 및 ZrN/Ti 다층막 코팅은 RF-sputtering장치(Cliotek Ion-Plating, Cliotek, Inc. Korea)를 사용하였으며 공정과정은 Fig. 2에 나타내었

다. 타겟으로는 순수 Ti 및 Zr(99.998%, Williams Advanced Materials, USA)(99.99%)을 사용하였다. TiN/Ti 및 ZrN/Ti 다층막을 만들기 위해서 초고순도 N_2와 Ar 이 사용되었고 초기 진공은 로타리 펌프를 사용하여 10^{-3} Torr까지 진공도를 유지한 후, 확산 펌프를 사용하여 3.0×10^{-5} Torr까지 진공도를 떨어뜨렸다. TiN 및 ZrN 코팅 시 균질한 코팅막을 만들기 위해서 10 ~ 20 mTorr의 진공도에서 Ar과 N_2 가스량의 비율을 35 sccm : 5 sccm으로, Ti는 Ar을 40 sccm으로하여 전체 40 sccm의 유량으로 일정하게 유입시킨 후, 기판온도 25℃에서 100W의 DC 파워를 가해 코팅을 시행하기 전에 20분간 사전공정을 시행하여 타겟 표면의 불순물을 제거한 후 60분간 코팅을 시행하였다. 도금두께가 약 3.0 - 3.5 μm가 되도록 하였다. 시편의 회전 속도는 0.5 rpm으로 하여 나사의 모든 부위에 코팅이 균일하게 이루어지도록 하였으며 Ni-Ti합금의 조직변화를 방지하기 위하여 코팅온도를 25℃로 하였다. 코팅조건은 Table 1에 나타내었다.

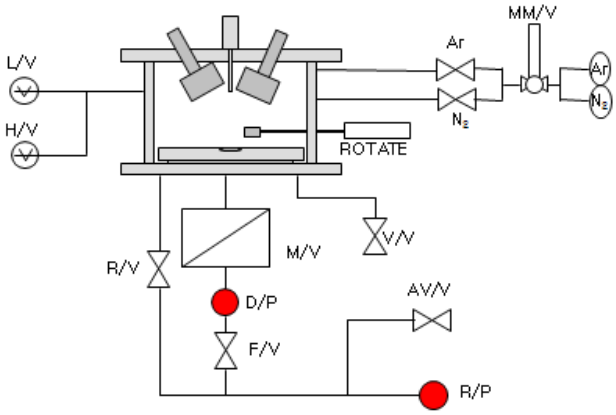

Fig. 2. The schematic diagram of sputtering equipment.

Table 1. The coating conditions of TiN/Ti and ZrN/Ti multilayer

Conditions	**RF-Sputtering**		
Coating Film	**TiN**	**Ti**	**ZrN**
Base Pressure	3.0×10^{-5} Torr	3.0×10^{-5} Torr	3.0×10^{-5} Torr
Working Pressure	10 ~20 mTorr	10 ~20 mTorr	10 ~20 mTorr
Gas	N_2(35 sccm) Ar (5 sccm)	Ar (40 sccm)	N_2(35 sccm) Ar (5 sccm)
Operation Temperature	25 ℃	25 ℃	25 ℃
Pre-sputtering	20 min	20 min	20 min
Deposition Time	60 min	60 min	60 min
Power	100W	100W	100W

c. Ti, TiN, ZrN, TiN/Ti 및 *ZrN/Ti*코팅된 *Ni-Ti*파일의 표면분석

코팅표면조직의 변화를 관찰하기위하여 FE-SEM과 EDS를 사용하여 표면을 분석하였다. 표면 긁힘시험은 다이아몬드 tip을 사용하여 표면긁힘시험기로 100gr/mm^{2}의 하중으로 100mm/min속도로 하였다. 표면의 경도시험은 Vickers 경도계(Model:HMV-112, Akashi, Japan)를 이용하여 하중 100 gf로 5초 동안 표면에 하중을 가하여 코팅표면의 경도를 조사하였다.

d. Ti, TiN, ZrN, TiN/Ti 및 *ZrN/Ti*코팅된 *Ni-Ti*파일의 파절시험

본 연구에서 TiN/Ti 및 ZrN/Ti 다층막코팅된 Ni-Ti파일의 파절거동을 조사하기 위하여 고성능인장압축시험기(AG-10kNX, SHIMADZU, Japan)를 이용하여 3점 굽힘시험을 실시하였다(Fig. 3). Ni-Ti파일의 양끝을 홀더로 고정하고 파일하부의 1/3부위인 곳에서 5 mm/min의 head speed로 압축하중을 주어 파절시킨 뒤 파절된 표면을 FE-SEM을 사용하여 관찰하였다.

Fig. 3. The schematic diagram of fracture test equipment.

Ⅲ. 연구성적

1. Ti, TiN, ZrN, TiN/Ti 및 *ZrN/Ti*코팅된 *Ni-Ti*파일의 표면관찰

Fig. 4는 RF-sputtering기를 사용하여 Ni-Ti파일의 표면에 Ti, TiN 및 ZrN박막을 다층막으로 코팅한 사진을 보여주고 있다. (a)는 코팅하지 않은 파일을, (b)는 Ti만을 코팅한 사진을, (c)는 TiN/Ti을 다층막으로 코팅한 사진을, 그리고 (d)는 ZrN/Ti을 다층막으로 코팅한 사진을 보여주고 있다. 코팅하기전의 파일은 은색을 보이고 Ti을 코팅한 경우도 은색을 보이지만 다층막을 코팅한 경우는 코팅하지 않은 경우에 비하여 시편의 색깔이 달리 나타났다. TiN/Ti을 코팅한 경우는 황금색을 보이지만 ZrN/Ti을 코팅한 경우는 약간의 옅은 녹색 빛으로 보였다. 모든 시편에서 다층막코팅이 잘 이루어 졌음을 보였다.

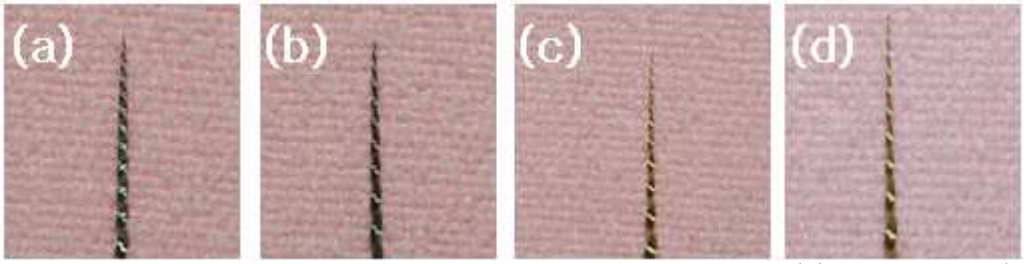

Fig. 4. Photographs showing multilayer coated Ni-Ti files. (a) non-coated (b) Ti coated (c) TiN/Ti coated (d) ZrN/Ti coated

Fig. 5는 코팅되지 않은 Ni-Ti파일의 표면을 FE-SEM으로 관찰한 200배(a), 1000배(b) 및 10000배(c)의 사진이다(Fig. 5 a to c). (a)에서 전체적으로 측면과 표면에 기계가공을 달리한 방향으로 상당히 많은 스크래치가 관찰되었다. (b)와 (c)는 표면을 10000배까지 확대한 사진으로 큰 스크래치가 존재하여 기계적인 가공에 의한 표면결함이 심하게 관찰되었다.

Fig. 6은 Ti을 코팅한 Ni-Ti파일의 200배(a), 1000배(b) 및 10000배(c) 표면사

진이다(Fig. 6 a to c). 코팅하지 않은 파일(Fig. 5)과 비교하여 Ti을 코팅한 경우 예리한 기계적인 가공 결함은 관찰되지 않으나 결함방향을 따라 코팅물질의 성장이 관찰되었다. 그리고 Ti코팅이 균일하게 잘 되어있었다(Fig. 5 c).

Fig. 7은 코팅하지 않은 시편과 Ti을 코팅한 시편의 표면을 EDS분석한 그림이다. 코팅하지 않은 시편의 표면에서 주로 합금성분이 Ni과 Ti 성분이 검출되었으며 Ti이 44.7 wt%, Ni이 55.30 wt%인 합금임을 알 수 있다(Fig. 7 a). Ti을 코팅한 시편 표면은 100 wt% Ti로 코팅이 잘 이루어졌음을 보였다(Fig. 7 b).

Fig. 8은 TiN으로 코팅한 파일의 표면사진이다. 기계적인 가공에 의한 표면결함이 파일의 표면에 거의 관찰되지 않았으며 표면에 작은 질화물의 알갱이들로 덮여져 있으나 코팅을 하지 않은 경우에 비하여 매끄러운 형상을 보였다. 그러나 골을 따라서 코팅막의 형성이 관찰되었다.

Fig. 9는 ZrN을 코팅한 파일의 표면사진이다. TiN코팅을 한 표면과 같이 기계적인 가공에 의한 표면결함이 관찰되지 않았으며 코팅막이 더 치밀하게 형성되었다. 그리고 표면에 구형의 ZrN입자들이 무수히 많이 관찰되었고 기계적인 가공에 의한 표면결함을 따라서 예리한 부분은 덮여지고 코팅표면이 매끄러웠다(Fig. 8 c).

Fig. 10은 TiN을 코팅한 시편과 ZrN을 코팅한 시편의 표면에서 EDS분석한 그림이다. TiN을 코팅한 시편의 표면에서 EDS 피크로 주로 Ti의 코팅물질성분이 81.57 wt%로 검출되었으며(Fig. 10 c), ZrN을 코팅한 시편 표면의 EDS 피크로 70.01 wt%의 Zr을 보여 표면에서 코팅이 잘 이루어졌음을 보였다(Fig. 10 b).

Fig. 11은 TiN/Ti을 다층막으로 코팅한 파일의 표면사진이다. 먼저 Ti을 표면에 코팅하였기 때문에 TiN만을 코팅한 Fig. 8과는 달리 표면에서 두꺼운 피막이 코팅되었음을 알 수 있었다. 또한 기계적인 가공에 의한 표면결함이 있는 방향으로 코팅막이 성장하였으며 서로의 코팅막이 겹쳐 성장한 양상을 보였다. 고배율의 (c)에서 보면 이를 확인할 수 있고 표면에 구형의 무수히 많은 작은 질화물의 알갱이들로 구성되었음을 알 수 있었다.

Fig. 12는 ZrN/Ti을 다층막으로 코팅한 파일의 표면사진이다. TiN/Ti을 코팅한 경우와 같이 표면에서 두꺼운 피막이 코팅되었음을 알 수 있었다. 특히 기계적인

가공에 의한 표면결함은 거의 관찰되지 않았고 아주 치밀한 질화물이 표면에 코팅되어있다(Fig. 12 c).

Fig. 13은 TiN/Ti을 코팅한 시편과 ZrN/Ti을 코팅한 시편의 표면에서 EDS분석을 행한 그림이다. TiN/Ti을 코팅한 시편의 표면에서 EDS 피크로 주로 Ti이 98.41 wt%로 검출되어 코팅이 잘 이루어졌으며(Fig. 13 a), ZrN을 코팅한 시편 표면의 EDS 피크로 63.16 wt%의 Zr을 보여 중간층으로 코팅한 Ti이 34.59 wt%와 함께 표면에서 검출되었다(Fig. 13 b).

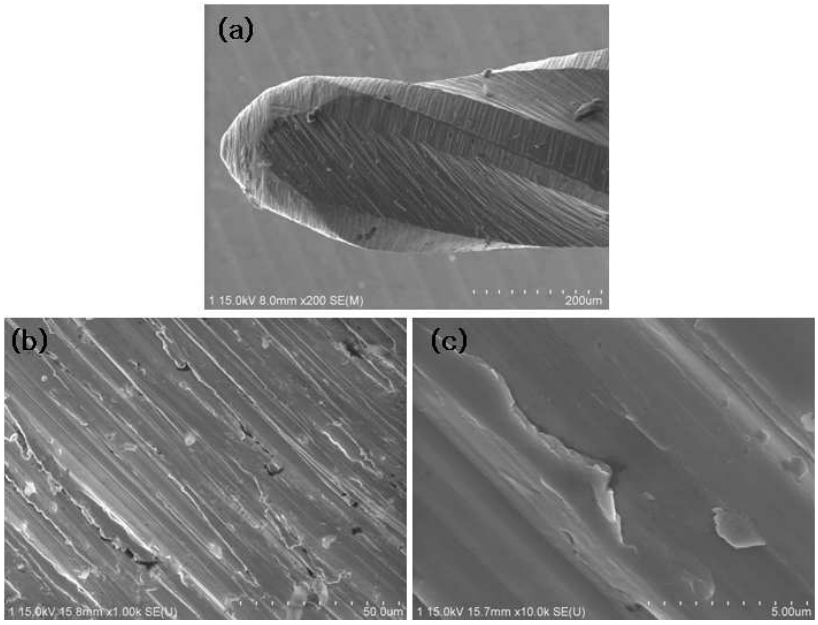

Fig. 5. FE-SEM micrographs showing the non-coated Ni-Ti file surface. (a) X 200, (b) X 1000, (c) X 10000

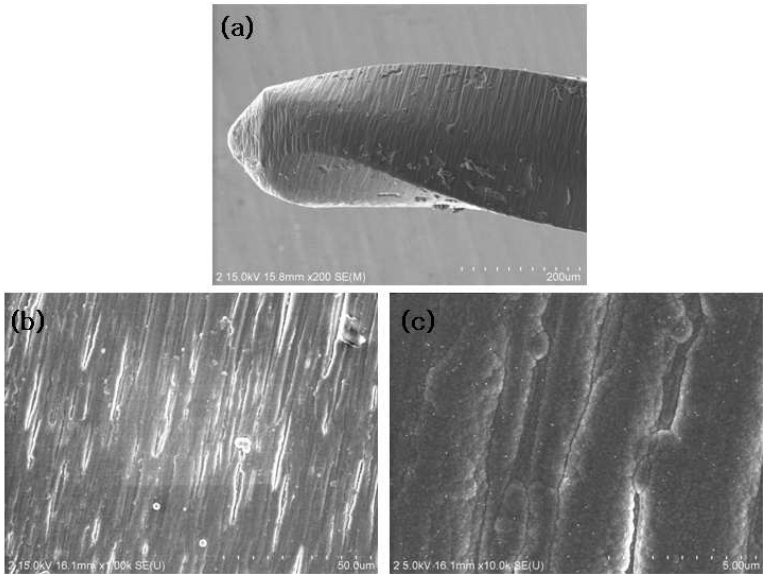

Fig. 6. FE-SEM micrographs showing the Ti coated Ni-Ti file surface. (a) X 200, (b) X 1000, (c) X 10000

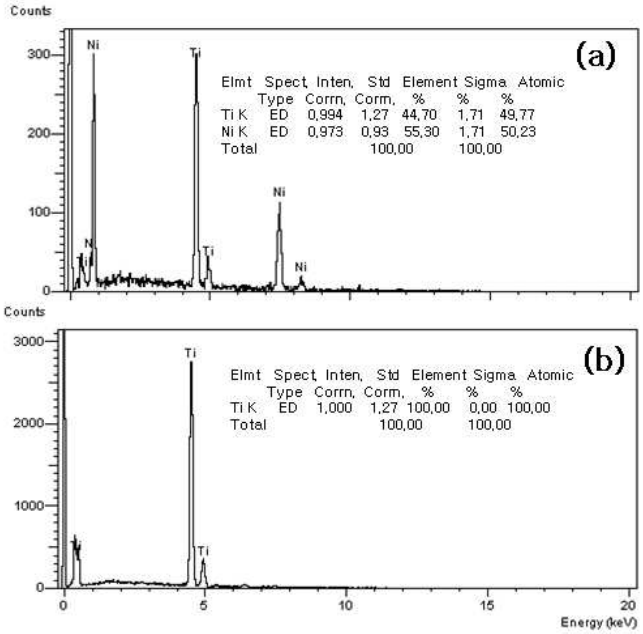

Fig. 7. EDS peaks showing the non-coated and Ti coated Ni-Ti file surface.

(a) non-coated (b) Ti coated

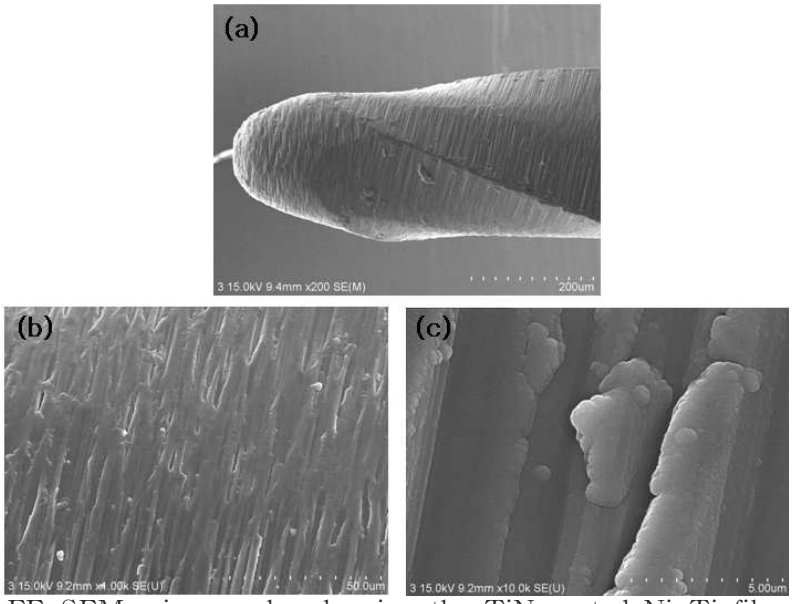

Fig. 8. FE-SEM micrographs showing the TiN coated Ni-Ti file surface. (a) X 200, (b) X 1000, (c) X 10000

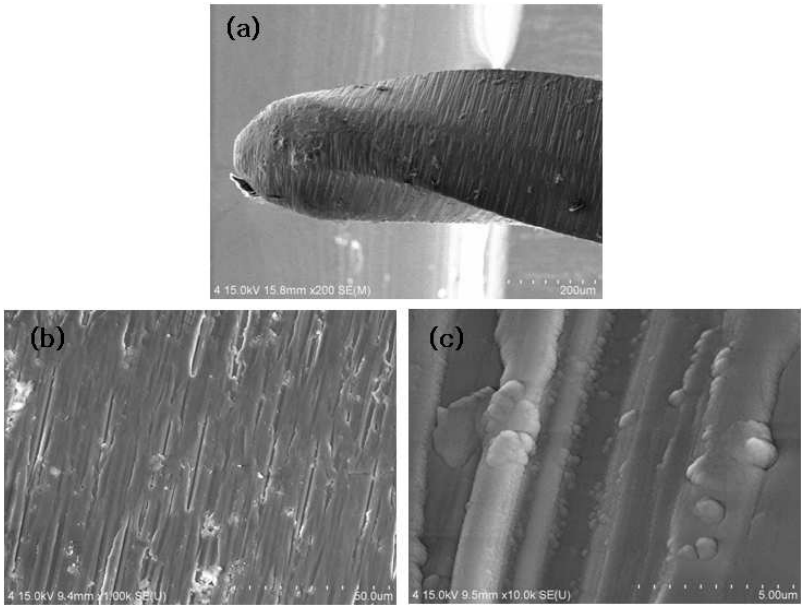

Fig. 9. FE-SEM micrographs showing the ZrN coated Ni-Ti file surface. (a) X 200, (b) X 1000, (c) X 10000

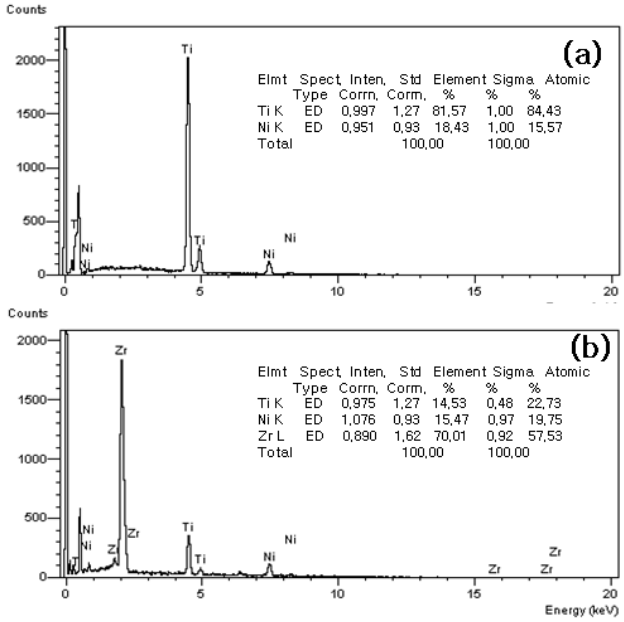

Fig. 10. EDS peaks showing the TiN coated and ZrN coated Ni-Ti file surface. (a) TiN coated (b) ZrN coated

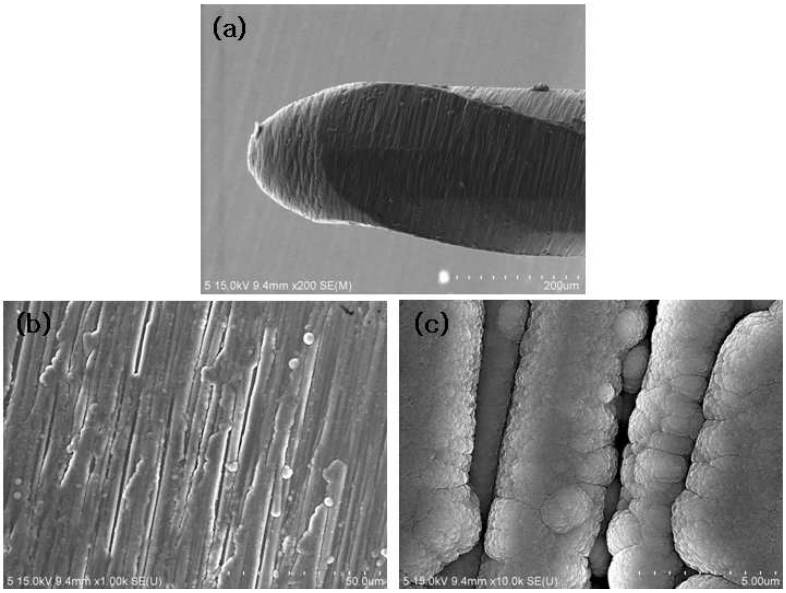

Fig. 11. FE-SEM micrographs showing the TiN/Ti coated Ni-Ti file surface. (a) X 200, (b) X 1000, (c) X 10000

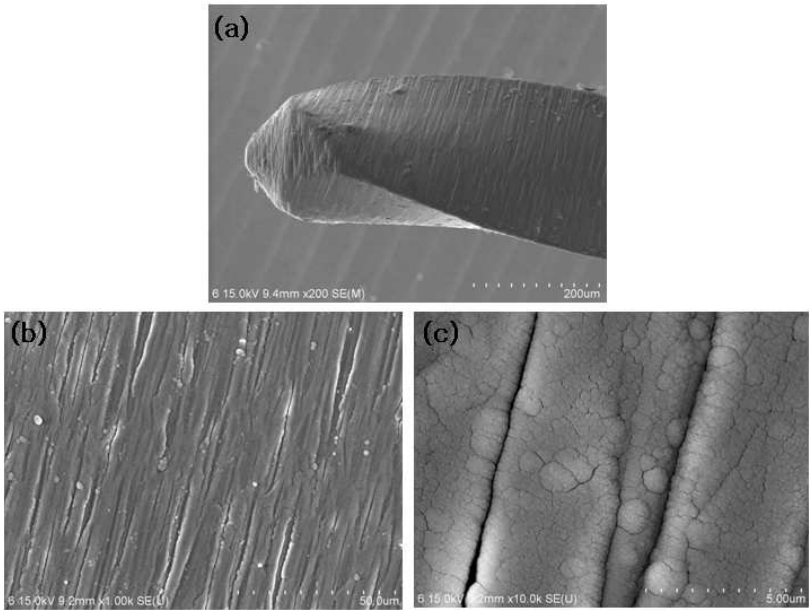

Fig. 12. FE-SEM micrographs showing the ZrN/Ti coated Ni-Ti file surface. (a) X 200, (b) X 1000, (c) X 10000

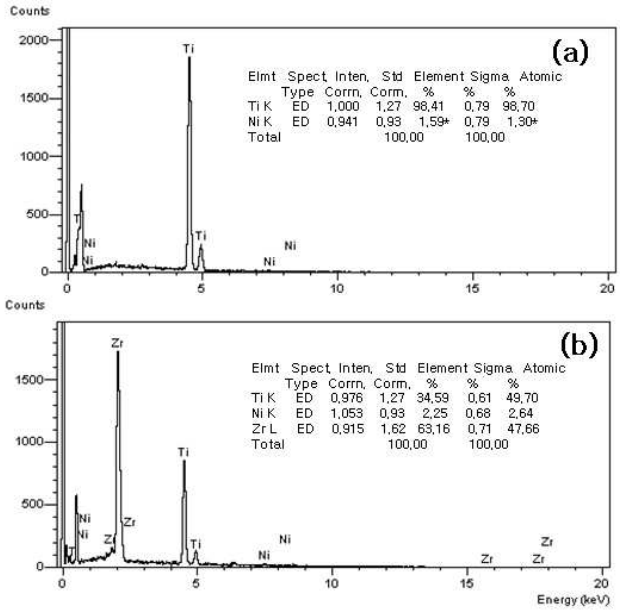

Fig. 13. EDS peaks showing the TiN coated and ZrN coated Ni-Ti file surface. (a) TiN/Ti coated (b) ZrN/Ti coated

2. Ti, TiN, ZrN, TiN/Ti 및 *ZrN/Ti*코팅된 *Ni-Ti*파일의 표면특성

Vickers 경도계를 이용하여 코팅한 표면과 코팅하지 않은 표면의 경도를 측정한 결과, Fig. 14에서와 같이 표면에 나타난 압흔자국으로 부터 구한 경도 값은 Fig. 15와 같다. 경도 값은 코팅하지 않은 Ni-Ti 파일은 380, Ti을 코팅한 경우는 428, TiN을 코팅한 경우는 445, ZrN를 코팅한 경우는 484, TiN/Ti을 코팅한 경우는 670, ZrN/Ti을 코팅한 경우는 670으로 다층막으로 코팅한 경우가 높았으며 코팅하지 않은 경우는 낮았다.

Fig. 16은 표면에서 코팅피막의 접착능을 시험하기 위하여 다이아몬드 tip을 사용하여 표면긁힘시험기로 100 gr/mm^{2}의 하중과 100 mm/min속도로 긁힘시험을 행한 후 FE-SEM을 이용하여 촬영한 코팅하지 않은 시편과 Ti을 코팅한 Ni-Ti 파일의 긁힘사진으로 (a)는 코팅하지 않은 시편의 300배, (b)는 코팅하지 않은 시편의 500배, (c)는 Ti을 코팅한 시편의 1000배 그리고 (d)는 Ti을 코팅한 시편의 5000배 사진이다. 코팅하지 않은 시편은 표면에서 연성특성을 보이며 긁힘 흔적을 보였지만 Ti을 코팅한 시편은 표면에서 코팅막이 벗겨지면서 약 3 um 정도 두께의 코팅막이 형성되었다.

Fig. 17은 TiN과 ZrN을 코팅한 Ni-Ti 파일의 긁힘사진으로 (a)는 TiN을 코팅한 시편의 500배, (b)는 TiN을 코팅한 시편의 1000배, (c)는 ZrN을 코팅한 시편의 500배, 그리고 (d)는 ZrN을 코팅한 시편의 1000배 사진이다. TiN을 코팅한 표면이 ZrN을 코팅한 표면에 비하여 깊은 긁힘흔적이 나타나 Ti기지에 ZrN의 접착이 더 우수함을 보였다.

Fig. 18은 TiN/Ti와 ZrN/Ti을 코팅한 Ni-Ti 파일의 긁힘사진으로 (a)는 TiN/Ti을 코팅한 시편의 500배, (b)는 TiN/Ti을 코팅한 시편의 1000배, (c)는 ZrN/Ti을 코팅한 시편의 2000배, 그리고 (d)는 ZrN/Ti을 코팅한 시편의 5000배 사진이다. TiN/Ti을 다층막으로 코팅한 시편은 표면에서 코팅막이 완전히 벗겨지지는 않지만 흔적을 따라 코팅박이 파괴된 반면 ZrN/Ti을 다층막으로 코팅한 표면은 긁힘자국이 거의 없었다.

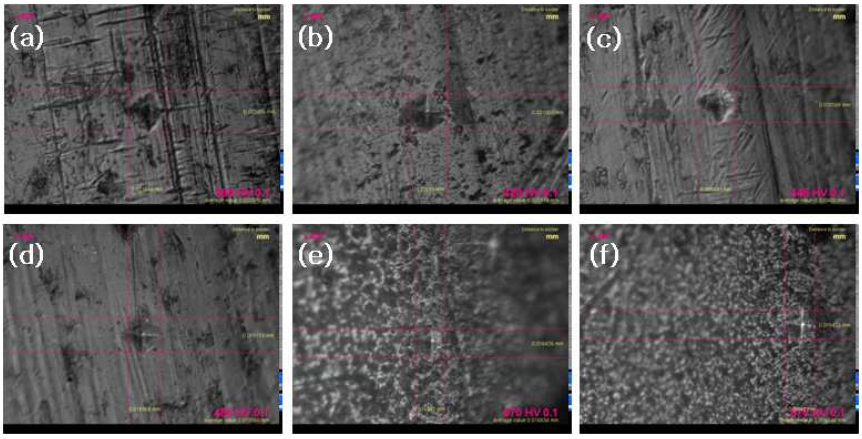

Fig. 14. Optical micrographs showing hardness trace of non-coated and multilayer coated Ni-Ti file surface after micro-vickers hardness test. (a) non-coated (b) Ti coated (c) TiN coated (d) ZrN coated (e) TiN/Ti coated (f) ZrN/Ti coated

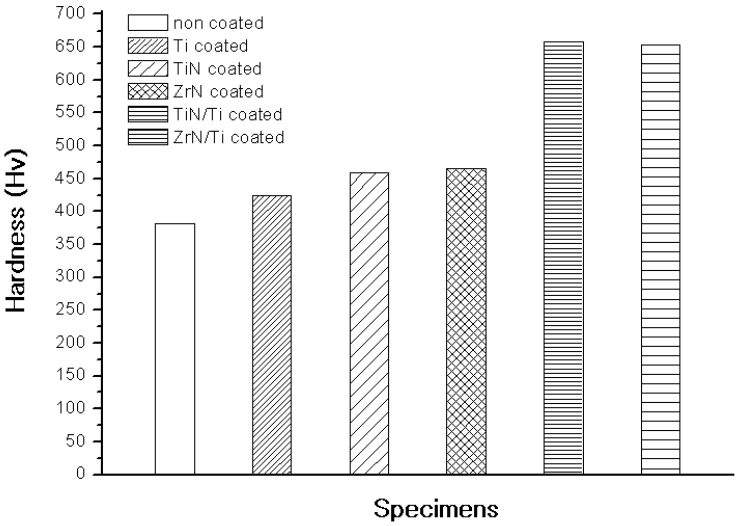

Fig. 15. Micro-vickers hardness of non-coated and multilayer coated Ni-Ti file surface.

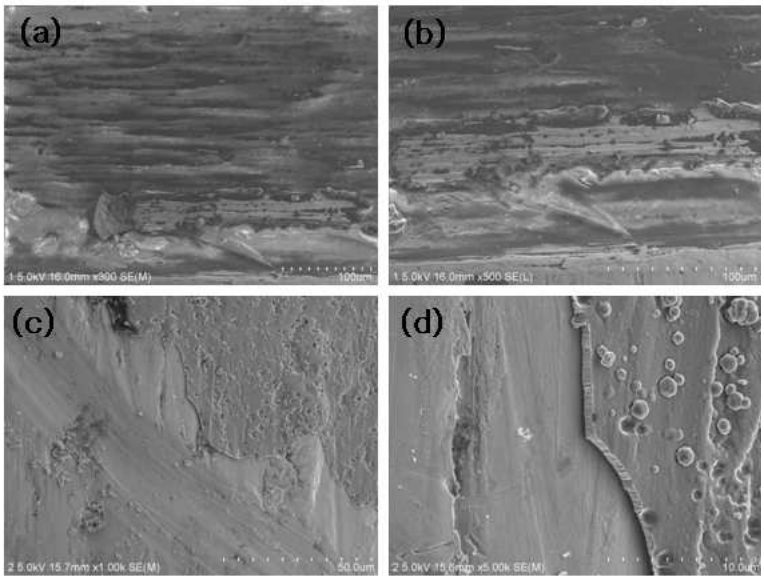

Fig. 16. SEM showing the scratch trace of non-coated and Ti coated Ni-Ti file after scratch test. (a) non-coated (X 300) (b) non-coated (X 500) (c) Ti coated (X 1000) (d) Ti coated (X 5000)

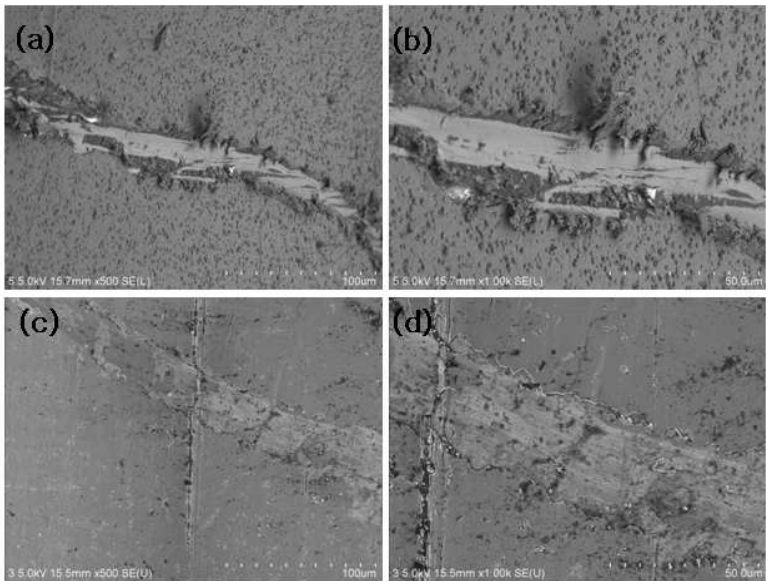

Fig. 17. SEM showing the scratch trace of TiN coated and ZrN coated Ni-Ti file after scratch test. (a) TiN coated (X 500) (b) TiN coated (X 1000) (c) ZrN coated (X 500) (d) ZrN coated (X 1000)

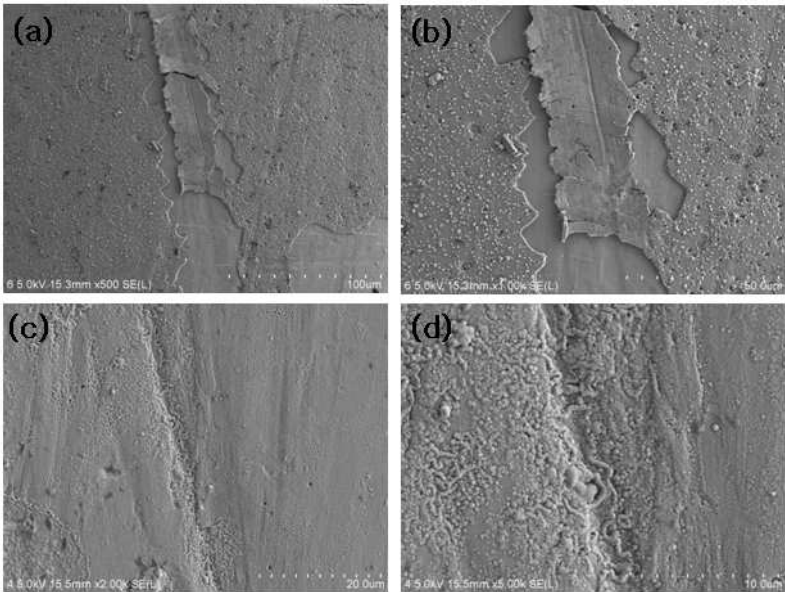

Fig. 18. SEM showing the scratch trace of TiN/Ti coated and ZrN/Ti coated Ni-Ti file after scratch test. (a) TiN/Ti coated (X 500) (b) TiN/Ti coated (X 1000) (c) ZrN/Ti coated (X 2000) (d) ZrN/Ti coated (X 5000)

3. Ti, TiN, ZrN, TiN/Ti 및 *ZrN/Ti*코팅된 *Ni-Ti*파일의 파절현상

Ni-Ti파일에 코팅을 행한 후, 압축시험기를 이용하여 파절시킨 후 파절거동을 조사한 결과 Fig. 19, 20, 및 21과 같이 나타났다. 코팅을 하지 않은 경우 기계적인 가공에 의한 표면결함 부위에서 파절이 진행되어 벽개파절영역이 크게 나타났다. 그 이후 연성파괴의 대표적인 양상인 벌집모양의 cup-and-cone 형태를 보여주고 있다(Fig. 19 a). 그리고 균열의 전파가 기계적인 가공에 의한 표면결함을 따라 파절이 진행되었음을 알 수 있다(Fig. 19 b). 그러나 Ti을 코팅한 경우는 코팅하지 않은 경우와 달리 작은 벽개파절영역을 보였다(Fig. 19 c to d).

Fig. 20은 TiN과 ZrN을 코팅한 파일의 파절사진으로 Ti코팅한 시편에 비하여 벽계파절 영역이 감소된 양상을 보였다. 표면에서는 벽개파괴를 보이다가 내부로 전파될수록 연성파괴의 특성을 보였다. 상부에서 코팅막의 파괴가 발생되었으며 코팅막은 파괴 후에도 표면에 접착되어 있다. 코팅막의 두께는 3 um정도의 두께

를 보인다.

Fig. 21은 TiN/Ti와 ZrN/Ti을 코팅한 파일의 파절사진으로 다층코팅막의 효과로 TiN/Ti을 코팅한 표면에서 벽개파괴영역이 감소되었다.

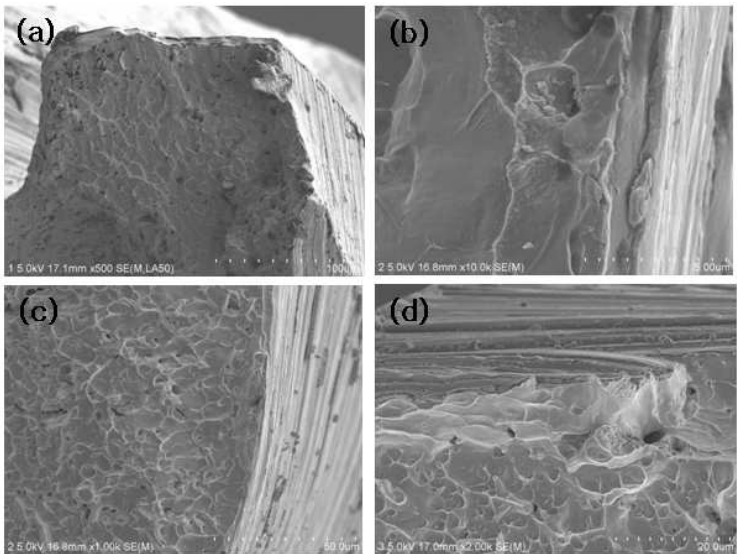

Fig. 19. FE-SEM showing fractured non-coated and Ti coated Ni-Ti file after fracture test. (a) non-coated (X 500) (b) non-coated (X 10000) (c) Ti coated (X 1000) (d) Ti coated (X 2000)

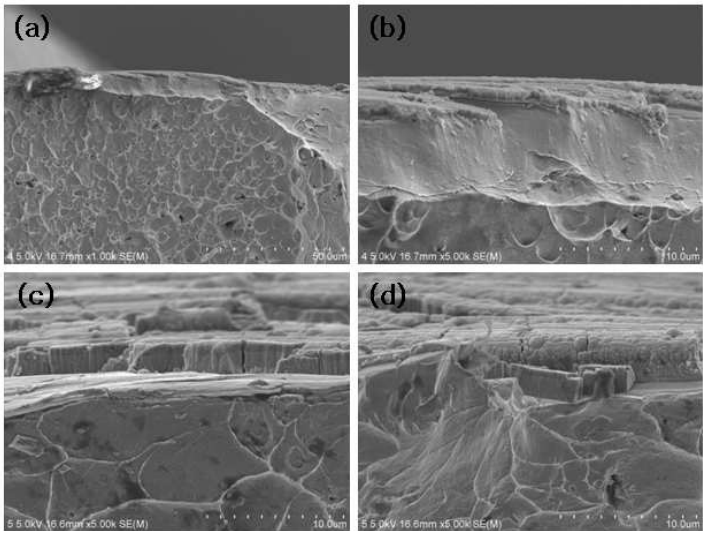

Fig. 20. FE-SEM showing fractured TiN coated and ZrN coated Ni-Ti file after fracture test. (a) TiN coated (X 1000) (b) TiN coated (X 5000) (c) ZrN coated (X 5000) (d) ZrN coated (X 5000)

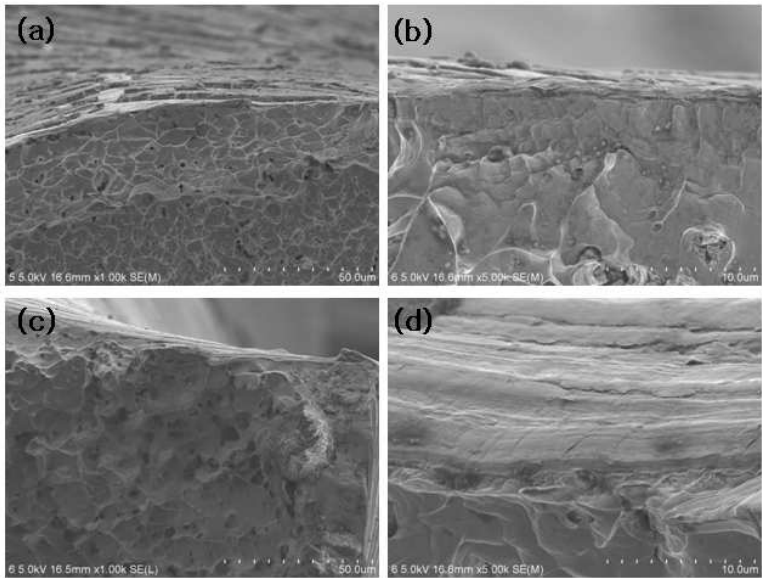

Fig. 21. FE-SEM showing fractured TiN/Ti coated and ZrN/Ti coated Ni-Ti file after fracture test. (a) TiN/Ti coated (X 1000) (b) TiN/Ti coated (X 5000) (c) ZrN/Ti coated (X 1000) (d) ZrN/Ti coated (X 5000)

Ⅳ. 총괄 및 고안

Ni-Ti합금의 근관치료용 파일은 스테인리스강 파일 보다 유연성이 좋아 만곡된 근관에서 사용할 때 근단의 변위가 적고 근관의 원래 형태를 유지하면서 보다 둥글게 근관을 형성시킬 수 있는 장점을 가지고 있어 많이 사용되고 있다. 그러나 가공과정에서 생긴 Ni-Ti 파일의 표면결함은 균열의 핵으로 작용할 수 있고 특히 만곡 근관 내에서 반복적인 응력작용은 조기 파절을 일으키는 원인이 될 수 있다. Ni-Ti 파일의 피로파절은 파일의 직경, 경사도 (taper), 단면 형태, 회전속도, 표면결함등에의해 영향을 받는다.[11] 이러한 표면결함을 줄이는 방법은 산화알루미늄 마모제가 들어있는 기구에 넣고 회전시켜 표면결함을 제거하거나 TiN을 코팅하여 표면결함을 개선하는 방법[11,12]이 있다.

본 연구에는 임상에서 사용 전과 후의 Ni-Ti 파일을 수거하여 표면결함과 파절 양상을 조사해보고 표면결함을 최소화하고 반복응력 하에서 피로파절을 줄일 수 있는 방법으로 RF-sputtering기를 이용하여 표면에 TiN/Ti 및 ZrN/Ti을 다층막으로 코팅한 후, 표면의 결함제거여부를 주사전자현미경, 경도계 및 긁힘시험을 통하여 관찰하였는데 TiN/Ti 및 ZrN/Ti을 다층막으로 코팅한 경우 코팅하지 않은 경우, 다층막으로 코팅하지 않은 경우, 다층막으로 코팅한 경우를 비교해보면 우선 심하게 기계적 가공에 의한 결함을 발견할 수 있다(Fig. 5). 이는 파일을 가공하는 과정 중에 밀링과 선반과 같은 기계가공을 하면서 피할 수 없는 결함으로 전동파일의 만곡부위에서 회전식 반복하중으로 인하여 피로파절의 균열 핵생성 자리가 되어 균열로 전파될 수 있는 결함이다. 즉 만곡 근관 내에서 기구가 회전하는 동안 만곡의 안쪽에는 압축응력이 만곡의 바깥쪽에는 인장응력이 주기적으로 가해짐으로써 표면에 미세 파절과 균열이 발생하고 전파되어 결국 피로파절을 일으키기는 자리가 된다.[4]

Kuhn[8]에 의하면 사용하지 않은 Ni-Ti파일을 구부려서 응력을 받게 한 다음 주사전자현미경으로 관찰한 결과 기계 가공 과정에서 발생한 균열, 미세 결함, 긁힌

자국 및 불균질성 등을 발견하였으며 이러한 자리에서 파절의 시작이 이루어 질 수 있다고 하였다. Ti, TiN 및 ZrN을 단층으로 코팅한 경우, 이러한 결함자리를 제거할 수 있지만 파일과 코팅막과의 접착(adhesion)이 가장 중요한 문제이다. Ti을 코팅한 Ni-Ti파일의 표면은 기계적인 가공에 의한 표면결함을 제거한 것으로 보이지만 표면의 경도가 낮고 내마모성의 결여 등이 문제점으로 나타난다(Fig. 6). 그러나 Ti코팅막과 Ni-Ti합금기지(matrix)와의 관계에서 결정학적 구조의 유사관계로 코팅 시에 표면에서 접착력이 개선되고 코팅막의 우선방향으로 성장이 잘 이루어지도록 하는 기능을 한다.

또한 TiN이나 ZrN을 단독으로 Ni-Ti합금표면에 코팅하면 황금색을 띄는데 (Fig. 4) ZrN은 TiN에 비하여 코팅이 균일[13]하게 된다. 본 연구에서는 고배율로 관찰하더라도 입자가 아주 작게 나타나 표면에서 코팅이 균질하고 코팅막의 밀도가 높음을 알 수 있었다. 파일의 표면 거칠기는 기계가공 과정에서 발생한 균열과 미세결함에 따라서 차이를 보이는데 TiN과 ZrN을 코팅처리하면 그 표면의 거칠기는 크게 감소되며 특히 ZrN의 코팅표면의 거칠기를 최소화하였다. 그러나 코팅하기 전 가공 시 나타나는 표면의 결함이 아주 심하게 나타난 경우는 코팅을 하더라도 큰 결함은 그대로 존재하여 나타난다. 이와 같은 이유로 다층막의 코팅이 필요하다. 고배율로 본 표면에서는 아주 작은 알갱이로 구성되었는데 TiN과 ZrN을 코팅시킨 후 코팅층의 단면부를 파단면상에서 보면 전자현미경으로 조사한 결과(Fig. 20) 주상정의 조직(columnar structure)을 보이고 특정방향으로의 결정이 성장[14]하면서 코팅이 잘 이루어져 있다. 이는 표면에너지가 가장 낮은 방향으로 결정성장이 이루어지며 TiN(111)이 우선방위로 성장하며 TiN(200)과 TiN(220)의 방향으로도 성장한다. 이러한 성장방향은 증착공정(기판온도, 증착속도, 모재)의 인자에 따라 좌우되며 치밀한 성장을 하여 내식성과 내마모성을 증가 시키지만[15]. 특히 기판위에 일차로 Ti을 코팅하면 더 큰 효과를 얻을 수 있는데 이는 일차 코팅된 Ti이 TiN 박막의 결정구조를 치밀한 방향으로 개선하기 때문이며 따라서 코팅 층의 경도와 내마모성을 크게 향상시킨다. 실제로 Fig. 11과 12에서 보면 TiN으로부터 N의 확산과 Ti이 산소나 탄소 같은 계면에서의 오염물질을 용해시

켜 TiC나 TiO_2를 형성하여 접착성을 크게 향상시킨다고 한 보고와 잘 일치한다.

TiN/Ti을 다층막으로 코팅한 것은 먼저 Ti을 표면에 코팅하였기 때문에 TiN만을 코팅한 것(Fig. 8)과는 달리 표면에서 두꺼운 피막이 코팅되고 또한 기계가공 과정에서 발생한 균열과 미세결함이 존재한 방향으로 성장하여 서로의 코팅막간의 두껍게 겹쳐 성장한 형태로 나타나 내마모성과 피로파절강도가 크게 향상될 것으로 예상된다. ZrN/Ti을 다층막으로 코팅한 경우도 기계적인 가공에 의한 표면결함은 거의 사라지고 아주 치밀한 질화물이 표면에 코팅되어 같은 효과를 얻을 수 있을 것으로 생각된다. 이러한 표면코팅막의 성분은 EDS결과 거의 코팅막이 갖는 성분으로 검출되어 코팅이 잘 이루어짐을 확인할 수 있었다.

Vickers 경도계를 이용하여 코팅한 표면과 코팅하지 않은 표면의 경도를 측정한 결과, 표면에 나타난 압흔자국으로 부터 구한 경도 값은 코팅하지 않은 Ni-Ti 파일은 380, Ti을 코팅한 경우는 428, TiN을 코팅한 경우는 445, ZrN를 코팅한 경우는 484, TiN/Ti을 코팅한 경우는 670, ZrN/Ti을 코팅한 경우는 670을 보여 다층막으로 코팅한 경우가 높게 나타났으며 코팅하지 않은 경우는 경도 값이 낮게 나타났다. TiN/Ti 및 ZrN/Ti 코팅된 피막의 경우 표면에 나타난 압흔자국의 크기가 코팅하지 않은 경우, 크게 나타났고 ZrN이 코팅된 경우는 작게 나타나 표면경도가 높음을 알 수 있는데 이는 TiN보다는 ZrN을 코팅한 경우의 경도가 증가되어 안정한 코팅 막이 되었음을 알 수 있다. 일반적으로 강에 코팅을 할 경우 기지의 강도에 따라 다를 수 있는데 TiN은 2000 kg/mm^2을 ZrN은 2500 kg/mm^2을 나타낸다고 보고[11]하고 있어 대체적으로 TiN보다는 ZrN피막이 안정하고 표면의 특성이 좋음을 알 수 있다. 따라서 표면에 높은 강도와 표면의 균질함을 얻을 수 있는 조건이 ZrN을 코팅한 경우임을 알 수 있다. 강도와 표면 접착능은 상관관계가 있으며 코팅막의 접착성을 조사한 긁힘시험결과에서 보면 TiN/Ti와 ZrN/Ti을 코팅한 시편이 마찰흔적이 아주 작게 나타났는데 Ti기지에 ZrN의 접착이 더 우수함을 보인 것으로 생각된다. 코팅피막의 접착능 측정은 다이아몬드 tip을 사용하여 표면긁힘시험을 하는데 코팅하지 않은 시편은 표면에서 연성변형(ductile deformation)거동을 보이며 큰 긁힘흔적을 보였지만 TiN/Ti을 다층막으

로 코팅한 시편(Fig. 18)은 표면에서 코팅막이 완전히 벗겨지지 않고 흔적을 따라 파괴되는 반면 ZrN/Ti을 다층막으로 코팅한 표면은 거의 긁힘 자국이 없어 코팅층이 표면과 잘 접착하고 있음을 알 수 있었다. 이는 ZrN표면의 기계적인 가공에 의한 표면결함을 최소화하고 표면에 존재한 작은 알갱이들이 마찰저항을 감소시켜 코팅피막의 벗겨짐이 없음을 보여 마찰저항은 ZrN이 0.6보다 작은 마찰계수를 가지나 TiN은 0.6보다 높은 마찰계수를 가진다는 보고[16]로부터 확인할 수 있다. 그러나 접착능은 일반적으로 ZrN이 45N을, TiN이 55N으로 TiN이 접착능은 우수한 것으로 보고[16]되고 있다. TiN이 접착능이 우수한 것은 앞에서도 고찰하였듯이 Ti합금모재에서 TiN피막이 (111)의 우선방위 뿐만 아니라 (200)과 (220)의 방향으로도 성장하여 치밀한 방향으로 피막이 성장되었기 때문으로 보고[17]되고 있다.

Ni-Ti파일에 코팅을 행한 후, 압축시험기를 이용하여 파절시킨 후 파절거동을 조사한 결과, 전체적으로 Ni-Ti 파일의 파단면에서 dimple형태의 연성파절이 야기되었다. Ni-Ti 파일의 파절의 단계로는 응력집중을 크게 받는 부위에서 조그만 균열이 생성되는 균열생성, 균열이 각 응력 사이클마다 조금씩 진전하는 균열전파, 진전하던 균열이 임계크기에 도달하면 매우 빠르게 파절이 일어나는 최종파절의 3단계로 나눌 수 있다[18]. 생성된 균열은 높은 전단응력을 받는 결정면을 따라 매우 천천히 전파해 나가는데 이를 1단계 전파라고 하며 2단계 전파에 접어들면서 균열의 진전 속도는 매우 빠르게 증가하며 또한 균열의 진전방향도 작용 인장응력 방향에 거의 수직으로 바뀐다. 2단계 전파과정은 파절면에 해변무늬 (beach mark)와 줄무늬 (striation)의 두 가지 양상이 나타나는데 균열생성 위치를 중심으로 원 모양이나 타원 모양으로 퍼져나가는 능선의 모습을 갖고 있다. 파절면을 관찰함으로써 해변무늬와 줄무늬의 존재로 파절이 피로에 의하여 발생되었다고 생각할 수 있다. 피로의 종류도 연성파절과 취성파절(brittle fracture)로 분류되는데 취성파절의 특징은 표면이 벽개균열(cleavage)과 river pattern을 갖고 연성파절은 cup-and-cone 형태를 갖는다[18].

본 연구에서는 반복하중은 주지는 않았지만 인위적으로 하중을 주어 파절시켰을 때 균열의 전파가 어떠한 부분에서 이루어지는지가 중요한데 주로 기계적인 가공 결함에서 전파가 일어났다. 초기에 균열의 발생은 벽개파절로 시작하고 점진적으로 연성파괴 순으로 진행되었다(Fig. 20-b). 균열이 전파된 부분에서 파절된 특징은 외부에서 연성파괴보다는 취성파괴의 영역이 초기에 나타나고 내부에서는 벌집모양의 연성파절특징인 cup-and-cone 형태[18)]를 보이는 피로파절의 특징을 보였다. 피로파절의 저항성을 부여하기 위하여 TiN 또는 ZrN를 코팅한 파일의 파절사진(Fig. 20)에서 Ti코팅한 시편에 비하여 벽계파절 영역이 감소된 양상을 보이는데 이는 표면에서 균열의 핵생성자리를 코팅 물질이 제거함으로써 순간적으로 파괴를 코팅피막이 보호해 줌으로써 벽계파절영역이 감소된 것으로 생각된다. TiN/Ti과 ZrN/Ti을 코팅한 파일의 경우(Fig. 21) 벽개파절면이 크게 감소되었는데 이는 다층막의 효과로 다른 표면코팅보다 기계 가공 과정에서 발생한 균열, 미세 결함, 긁힌 자국 및 불균질성을 최소화함으로써 파괴저항을 증가시켰기 때문으로 생각된다.

이상의 결과로부터 Ni-Ti파일의 피로파절을 개선할 수 있는 방법은 TiN/Ti나 ZrN/Ti을 다층막으로 표면에 코팅함으로써 파절균열의 핵생성과 성장이 이루어지는 기계가공 과정에서 발생한 균열, 미세 결함, 긁힌 자국 및 불균질성 자리를 최소화하여 피로파절을 방지할 수 있을 것으로 생각된다.

V. 결 론

본 연구에서는 Ni-Ti 파일의 피로파절 수명을 개선하는 방법으로 파일의 표면에 RF-sputtering 방법으로 TiN/Ti 및 ZrN/Ti을 다층막으로 코팅한 후 코팅막의 표면특성과 파절거동을 조사한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

1. Ni-Ti파일 표면에 코팅된 TiN/Ti 및 ZrN/Ti 다층막은 파절의 자리로 작용하는 기계가공 과정에서 발생한 균열, 미세 결함, 긁힌 자국 및 불균질성 자리를 최소화하였다.

2. 표면의 경도는 TiN/Ti 및 ZrN/Ti을 코팅한 경우가 코팅하지 않은 경우에 비하여 670으로 높은 값을 보였으며 다층막 코팅한 경우의 경도가 가장 높고 긁힘 시험에서 좋은 접착성을 보였다.

3. 파절된 파일의 양상은 파일외부는 취성파절특성을 보이고 파일내부에서는 연성파절의 양상을 보였다. 파일의 상단부에서 하단부로 갈수록 연성파절의 특성이 현저하였다. TiN/Ti과 ZrN/Ti을 다층막으로 코팅한 파일의 경우는 벽계파절 영역이 감소된 양상을 보였다.

결론적으로 Ni-Ti파일의 피로파절을 개선할 수 있는 방법은 TiN/Ti 또는 ZrN/Ti을 다층막으로 표면에 코팅함으로써 파절균열의 핵생성과 성장이 이루어지는 기계가공 과정에서 발생한 균열, 미세 결함, 긁힌 자국 및 불균질성 자리를 최소화하여 피로파절을 방지할 수 있을 것으로 생각된다.

참 고 문 헌

1. Sttapan B, Nervo GJ, Palamara JE, Messer HH. Defects in rotary nickel-titanium files after clinical use. *J Endod* 26:161-165, 2000.

2. Mizrahi SJ, Tucker JW, Seltzer S. A scanning electron microscopic study of the efficacy of various endodontic instruments. *J Endod* 1:324-333, 1975.

3. Gambill JM, Alder M, del Rio C. Comparison of Ni-Ti and stainless steel hand file instrumentation using computed tomography. *J Endod* 7:369-375, 1996.

4. Pruett JP, Clement DJ, Carnes DL. Cyclic fatigue testing of nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 23:77-85, 1997.

5. Shin YM, Kim ES, Kim KM, Kum KY. Effects of surface defects and cross-sectional configuration on the fatigue fracture of NiTi rotary files under cyclic loading. *J Kor Acad Cons Dent* 29:267-272, 2004.

6. George E. Dieter. Mechanical Metallurgy, 2nd ed, McGraw-Hill, Co, Paris, France, 403-450, 1976.

7. Haikel Y, Serfaty R, Bateman G, Senger B, Allemann C. Dynamic and cyclic fatigue of engine-driven rotary nickel-titanium endodontic instruments. *J Endod* 25:434-440, 1999.

8. Kuhn G. Tavernier B, and Jordan L. Influence of structure on Nickel-titanium endodontic instrument failure. *J Endod* 27:516-520, 2001.

9. Karn T. Fractographic analysis of experimentally separated NiTi rotary files. MS Thesis, University of Connecticut, 2003.

10. Calvin B, Suffridge, Gray R, Hartwell MS, Thomas L Walker. Cleaning efficiency of Nickel-Titanium GT and .04 Rotary Files when used in torque-controlled rotary handpiece. *J Endod* 29:346-348, 2003.

11. Choe HC, Bae SC, Ko YM, Hwang HK. Fatigue fracture phenomena of

clinically used dental Ni-Ti alloy files. *J Kor Inst Met & Mater* 44:392-399, 2006.

12. Choe HC, Bae SC, Hwang HK. Korea Patent 10-0726620, 2007.

13. Thornton JA, and Penfold AS. Thin Film Processes, edited by J.L.Vossen and W. Kern, Academic Press, pp.75-118, 1978.

14. Zhang ZL, Bell T. *Surface Engineering* 1:131-137, 1985.

15. Choe HC, Ko YM. Effects of HA/TiN coated film on the surface activation of bone plate alloys. *Materials Science Forum* 475:2287-2290, 2005

16. Baker KL, Nieberg LG, Weimer AD, Hanna M. Frictional charges in force values caused by saliva substitution. *Am J Orthod Dentofac Orthop* 91:302-361, 1987.

17. Brunette DM, Tengvall P, Textor M, Thomsen P. Titanium in medicine, Springer, p. 320, 2001.

18. Callister WD. Materials science and engineering an introduction 4th ed. p. 210, 1996.

저작물 이용 허락서

학 과	치의공학과	학 번	20067446	과 정	박사
성 명	한글: 강호민 한문: 姜豪民 영문 : Kang, Ho-Min				
주 소	경남 고성군 영오면 1611-200				
연락처	E-MAIL : khm0764@naver.com				
논문제목	한글 : TiN/Ti 및 ZrN/Ti 다층막 코팅된 Ni-Ti파일의 표면거동 영문 : Surface behaviors of Ni-Ti file coated with TiN/Ti and ZrN/Ti multilayer				

본인이 저작한 위의 저작물에 대하여 다음과 같은 조건아래 조선대학교가 저작물을 이용할 수 있도록 허락하고 동의합니다.

- 다 음 -

1. 저작물의 DB구축 및 인터넷을 포함한 정보통신망에의 공개를 위한 저작물의 복제, 기억장치에의 저장, 전송 등을 허락함
2. 위의 목적을 위하여 필요한 범위 내에서의 편집·형식상의 변경을 허락함. 다만, 저작물의 내용변경은 금지함.
3. 배포·전송된 저작물의 영리적 목적을 위한 복제, 저장, 전송 등은 금지함.
4. 저작물에 대한 이용기간은 5년으로 하고, 기간종료 3개월 이내에 별도의 의사표시가 없을 경우에는 저작물의 이용기간을 계속 연장함.
5. 해당 저작물의 저작권을 타인에게 양도하거나 또는 출판을 허락을 하였을 경우에는 1개월 이내에 대학에 이를 통보함.
6. 조선대학교는 저작물의 이용허락 이후 해당 저작물로 인하여 발생하는 타인에 의한 권리 침해에 대하여 일체의 법적 책임을 지지 않음
7. 소속대학의 협정기관에 저작물의 제공 및 인터넷 등 정보통신망을 이용한 저작물의 전송·출력을 허락함.

2008 년 12 월 일

저작자: 강호민 (서명 또는 인)

조선대학교 총장 귀하