

치과용 다이아몬드 버의 마멸 특성

이근상(숭실대학원) 임영호(숭실대) 권동호(명지전문대)

최만용(한국표준과학연구원) 김교한(경북치대) 최영운(경북대학원)

Wear Characteristic of Diamond Burs in Dentistry

Keun-Sang Lee¹, Young-Ho Lim², Dong-Ho Kwon³,

Man-Yong Choi⁴, Kyo-Han Kim⁵ And Young-Yun Choi⁶

ABSTRACT

This paper aims at reviewing the possibility application over normal or abnormal , detection used by AE and the wear characteristics of grinding process. In this study, when diamond bur in dentistry with chosen grinding conditions were tuned at grinding. The variation of grinding resistance and AE signal is detected by the use of AE measuring system. The tests are carried out in accordance with diamond burs and workpiece; arcy and bovine. According to the experiment results, the following can be expected; AE has the possibility to detect the state normality and abnormality. However, the grinding resistance measuring can find it difficult to detect it. It can be accurately excerpted from AE occurrence pattern in contact start point of diamond bur and bovine, grinding condition and derailment point. It is known that AE_{rms} is well compatible with grinding resistance. According to the increase of the material removal rate, the specific energy of the diamond bur is inclined to decrease and the grinding resistance has a tendency to increase.

Key Words: Diamond bur(다이아몬드 버), AE(음향 방출), Punch cavern(천동형성), Bovine(우치), AE_{rms} (실효치 전압), Material removal rate(소재제거율), Specific energy(비에너지)

1. 서론

전착공구에 다이아몬드가 넓게 사용되면서 다이아몬드의 성능을 수량적으로 비교 평가하는 영역이 필요하게 되었다. 전착공구의 용도는 굉장히 넓고, 텅스텐 카바이드, 석재, 세라믹, 유리, 그외의 비금속재 등 다종의 재료의 절삭, 드릴링, 연마 등에 사용되고 있다. 또한, 치과 치료에 있어서도 다이아몬드는 폭 넓게 사용되고 있으며, 사용 빈도도 점점 증가되고 있다. 특히 치과 치료에 있어서 절삭·연삭작업은 필수적인 요소이며, 그 작업 내용에 따라 임상 분야와 가공 분야로 나눌수 있다.

임상 분야에서는 Fig. 1과 같이 카리에스(Caries)에 의해 침식된 생활관의 필요 부분을 제거하기 위하여 절삭, 연삭 작업을 하는데, 이 때 절삭(연삭)열에 의한 치수(Dental pulp)로의 동통을 피하기 위하여 분무상 주수 상태에서 연삭(절삭) 공구 압력을 50 ~ 100gf 정도의 라이트 터치(Light touch)상태로 수행하지 않으면 안된다.

또한, 결합치가 있는 경우에는 Fig. 2와 같이 크라운 브릿지(Crown bridge)로 보철하며, 치관(Crown)

을 장착하기 위하여 그 양측의 건전치를 절삭, 연삭하여야 한다.

이와 같이 임상 분야에서 시술자는 시야도 좁고, 한정된 공간인 구강 내에서 치아를 대상으로 절삭·연삭을하기 위한 회전장치(Hand-piece)를 프리핸드(Freehand)로 조작하여 절삭·연삭 작업을 수행한다.

한편, 가공 분야에서는 천동 형성(Punch cavern)한 부분에 채운 물질 및 성형한 위치의 불용 부분을 제거하기 위하여 절삭·연삭 작업을 한다.

치아를 절삭·연삭 하기 위한 공구로는 기하학적인 절삭 날 구조를 갖는 텅스텐 카바이드(Tungsten-carbide)와 다이아몬드 슷들 입자를 전착한 다이아몬드 포인터(Diamond point)가 있는데 텅스텐 카바이드를 사용하는 경우에는 절삭, 다이아몬드 포인트를 사용하는 경우에는 연삭으로 분류하고 있으나, 공학 분야에서와 같이 명확하게 정의되어 있지는 않다.

치과에서는 전착공구로서 합성 다이아몬드입자가 널리 사용되고 있는데, 아작은 연삭공구로서의 연삭성의 규명도 없을뿐만 아니라 공구성능을 수량적으로 비교, 평가하는 방법도 확립되지 않아 이와같은

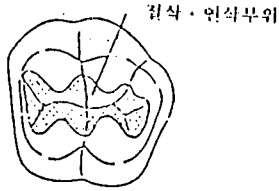


Fig. 1 Punch cavern

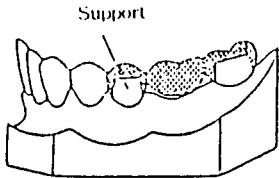


Fig. 2 Crown bridge

문제점 해결을 위한 요구가 절실하며, 고품질의 국산화를 위한 개발등은 당면된 중요한 과제라고 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 CNC Machining Center에서 아크릴(Acryl)과 우치(Bovine)를 치과용 다이아몬드 버로 연삭 가공할 때 각각의 연삭 조건에 따른 연삭 저항과 AE 신호 특성의 변화를 검토하고, 공구면의 마멸상태를 관찰하여 전착공구의 성능을 평가하는데 목적을 두었으며 또한, 국산화 개발의 가능성을 검토하였다.

2. 실험

2.1 시험편

본 실험에 사용된 시험편 재료는 예비 실험용으로 아크릴판(Acryl), 본 실험용으로 우치(Bovine)를 선정하였으며 Fig.3은 시험편의 형상치수를 나타낸 것이다.

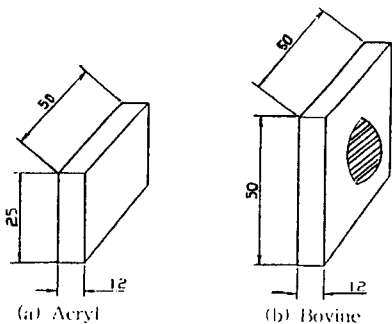


Fig.3 Dimensions of specimens

2.2 다이아몬드 버(Diamond Bur)

다이아몬드 포인트는 절삭날부의 형상 치수에 맞춰

가공한 스테인레스(Stainless) 강선의 표면에 100 ~ 200mesh(149~74 μ m)의 다이아몬드 슛들 입자를 니켈(Ni)도금에 의해 전착 제조한 것으로서 그 사용 목적에 따라 다양한 형태의 것이 사용되고 있다. 텅스텐 카바이드는 절삭날부에 해당하는 크기의 봉상 팁(Tip)에 소결한 텅스텐 카바이드를 스테인레스 샹크(Shank) 맨드릴에 용착시켜 제작한 것으로 다이아몬드 포인트와 같이 다양한 종류의 것이 제작되고 있다. 본 실험에 사용된 다이아몬드 버는 다이아몬드 포인트로서 그 종류는 Table 1과 같다.

Table 1. Kind of Diamond Bur

MAKER	SPEC	NATION
Two Striper	700, 10C	U.S.A
Horico	FG 172	Germany
Mani	TF-12	Japan
Shofu	101R	Japan
Hab-dong	S311	Korea
Diatech	850/014, 10ML	Swiss
Komet	ISO 806 314, C850	Germany

2.3 실험 장치 및 방법

Fig.4는 본 실험에 사용된 실험 장치를 나타낸 것이다.

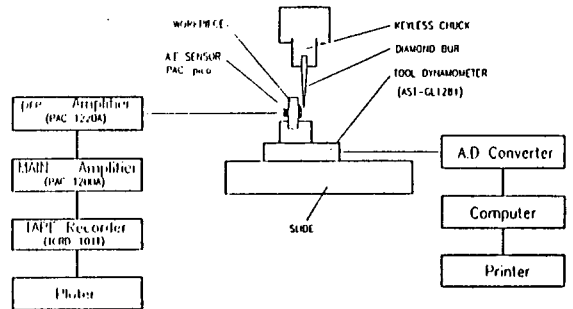


Fig.4 Block diagram of experimental apparatus.

우치 연삭 실험에 앞서 아크릴 판을 별도의 다이아몬드 버에 의하여 예비 연삭실험을 실시한후 Table 1과 같은 다이아몬드 버를 사용하여 이송 속도 300 mm/min, 절삭 깊이를 10 μ m로 일정하게 하고 주축 회전수를 각각 1500, 3000, 4500, 6000rpm으로 변화시켜 각각의 주축회전수에 대하여 3회씩 반복가공 실험을 실시하였다. 또한, 본 실험을 실시할때는 AE 신호의 감도변화를 고려하여 센서를 시험편의 중앙

에 부착하였으며 AE센서의 접착은 일렉트로닉 왁스 (Electronic wax)를 사용하였다.

Fig. 4에 나타낸바와 같이 연삭 가공에 나타나는 연삭 저항은 공구 동력계(AST-GL1281)를 거쳐 A.D Converter를 통하여 컴퓨터 및 프린터에 기록 되도록 하였다. AE측정은 고감도 소형($\phi 5$) 센서 (PAC.pico)로부터 출력된 것을 잡음을 제거하고 신호를 증폭시키기 위하여 Pre-amp(PAC 1220A)와 Main-amp(PAC1200A)를 거쳐 AE_{rms} 와 AE_{wave} 를 Tape recorder(TCRD-101)에 수록하여 플로터(plott-er)로 기록하였다. 또한 다이아몬드 버를 연삭가공을 실시하기전과 실시하고난 후를 구분하여 공구면의 마멸상태를 Scanning electron microscope(S-2300)로 촬영하여 비교 하였다.

3. 실험 결과 및 고찰

3.1 연삭 속도에 따른 연삭 저항

Fig. 5 ~ Fig. 8은 아크릴과 우치를 Table 1과 같은 각각의 다이아몬드 버로 선정된 조건에 의해 연삭 깊이를 $10\mu m$ 로 일정하게 하고 주축 회전수를 1500, 3000, 4500, 6000rpm으로 변화시키면서 연삭 가공을 실시하였을 때의 연삭저항의 법선 분력 F_n 과 접선 분력 F_t 를 나타낸 것이다.

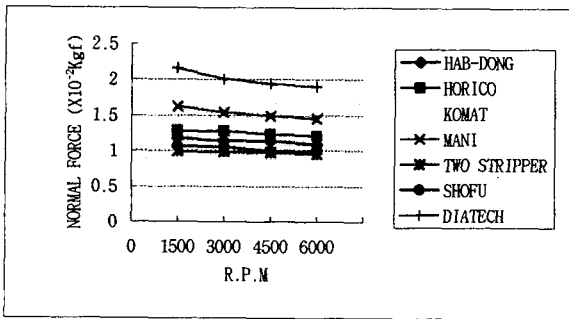


Fig.5 Normal force versus rpm for bovine by diamond bur

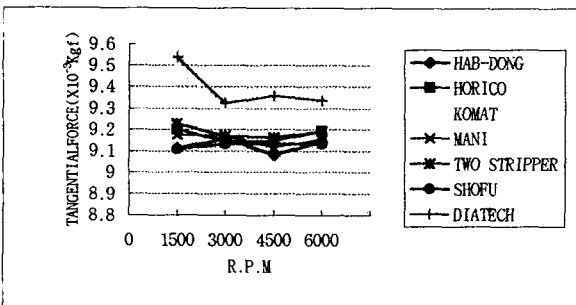


Fig.6 Tangential force versus rpm for bovine by diamond bur

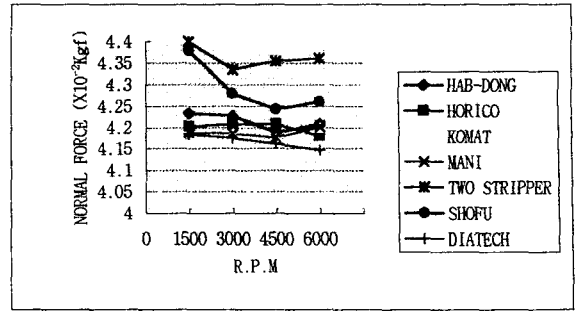


Fig.7 Normal force versus rpm for acryl by diamond bur

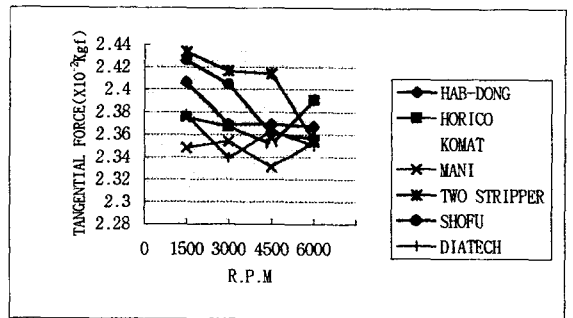


Fig.8 Tangential force versus rpm for acryl by diamond bur

주축 회전수가 증가함에 따라 연삭 저항 F_n 과 F_t 는 감소하며 아크릴보다 우치가 연삭 저항 F_n 과 F_t 는 작은 값으로 나타났다. 그리고 Table 1과 같은 7종의 다이아몬드 버가 주축 회전수의 증가에 따라 연삭 저항 F_n 이 감소하는 경향을 나타냈다. 또한, Fig5 ~Fig8에서 보는바와 같이 아크릴과 우치의 법선분력 F_n 은 접선분력 F_t 의 약 두배의 크기로 나타나고 있다. 이것은 주축 회전수가 증가함에 따라 Chip의 유동이 원활하게 되어 연삭 저항이 감소되는 것으로 생각된다. 또한, 아크릴이 우치보다 연삭 저항이 큰 값을 나타내는 것은 아크릴이 우치보다 인성이 높으므로 연삭 잔여량이 많아져 연삭 저항이 크게 나타난 것으로 본다.

3.2 연삭 속도에 따른 AE_{rms} 및 다이아몬드 버의 이상 진단

Fig. 9은 우치를 Table 1과 같은 각각의 다이아몬드 버로 선정된 조건에 의해 주축 회전수를 1500, 3000, 4500, 6000 rpm으로 변화시키면서 연삭 가공을 실시하였을 때의 연삭저항과 AE신호를 나타낸 것인데 (i)(ii)는 연삭저항, (iii)은 AE_{rms} , (iv)는

AE_{wave} 이다.

주축 회전수가 증가함에 따라 AE_{rms} 값은 감소하며, 연삭 저항 F_n과 같은 경향을 나타내고 있다.

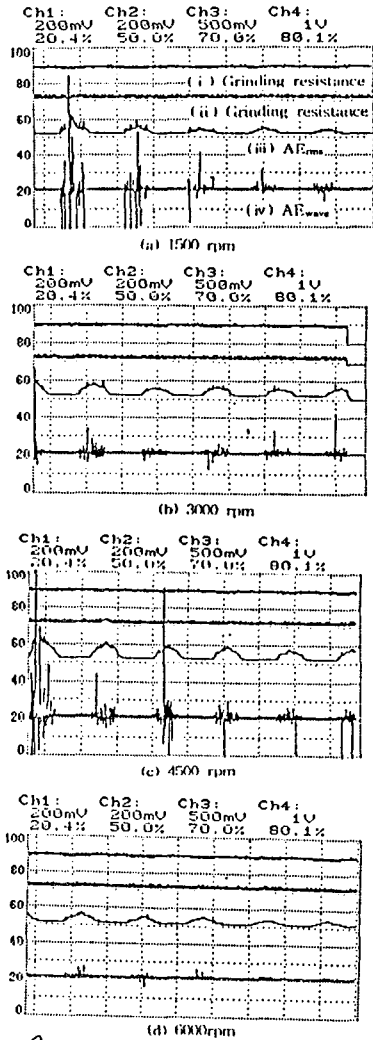


Fig.9 Grinding resistance and AE signals for rpm.

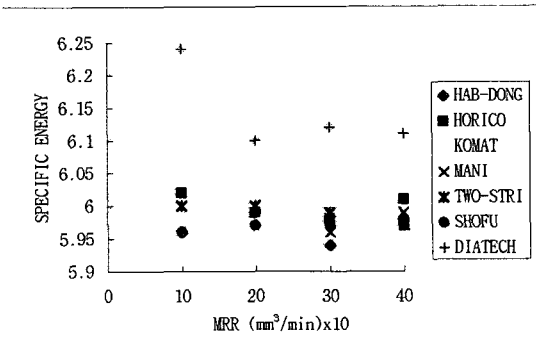


Fig.10 Specific energy versus MRR for bovine by diamond bur Fig. 9의 (iii)(iv)에서 알 수 있는 바와 같이 다이아몬드 버와 치아의 접촉 상태의 진행을 연삭과정으

로 볼 수 있으며 연삭가공이 진행됨에 따라 연삭공구에는 로우딩과 글레이징이 생기게 되고 치아는 연삭열에 의해 치아 균열이 진전되어 비정상적인 가공 상태에 이르게 된다. 이와 같은 이상 상태에서 발생하는 AE 신호는 연삭과정중 검출되는 AE 신호와 혼재되어 있기 때문에 적당한 필터링(Filtering)을 하여 이상 상태에 의한 AE 신호만을 검출할 필요가 있다.

그러나 이상 상태에서 발생하는 AE 신호는 불분명하여 판정하기가 어려우므로 여기서는 연삭과정의 진행에 따른 AE 신호의 변동량과 AE 신호 발생의 지속 시간의 변화 관계를 파악하는 것으로서 연삭가공 상태를 검토하였다.

따라서 AE 신호 발생의 초기점은 다이아몬드 버-치아의 접촉 시작점이며 불규칙적인 소진폭의 AE 신호가 검출되는 영역은 연삭가공이 진행되는 상태, 그리고 급속히 큰 AE 신호가 검출되는 부분은 다이아몬드 버 - 치아의 이탈 상태임으로 AE 신호 발생의 지속 시간 및 AE 신호의 진폭을 파악함으로써 연삭가공 상태의 이상 유무를 감지할 수 있다고 본다.

3.3 연삭 저항과 비에너지

Fig. 10은 우치를 Table 1과 같은 각각의 다이아몬드 버로 선정된 조건에 의해 주축 회전수를 1500, 3000, 4500, 6000 rpm으로 변화 시키면서 연삭 가공을 실시하였을때 비에너지에 대한 다이아몬드 버의 영향에 대해서 나타난 것인데, 연삭저항의 측정치중 접선 분력 F_t를 기초로 해서 비에너지를 계산한 것이다. 이 계산에 의해 일정 범위의 연삭 조건에서 각각의 다이아몬드 버가 어떤 성능을 나타내는가를 직접 비교할 수 있었다. 이 계산에서 얻어진 비에너지 값은 동일한 연삭 조건에서 3회의 실험을 반복하여 얻은 각 데이터의 평균치를 구한 것이다. 여기서, 비에너지 계산에 사용한 연삭 저항의 값은 Fig 11과 Fig 12에 나타난 바와 같다. 비에너지는 소재제거율이 증가함에 따라 7종의 다이아몬드 버 모두 감소하는 경향을 나타내고 있고, 연삭저항(법선 및 접선 저항)은 소재제거율이 증가함에 따라 증가하는 경향을 나타내고 있다. 특히 주목되는 것은 어느 조건에서 있어서도 연삭 저항은 Shafu사의 다이아몬드 버가 Diatech사의 다이아몬드 버 보다 작은 값으로 나타났으므로, 연삭 성능이 우수하다고 볼수 있다.

Fig 13과 같은 공구면의 SEM 사진에서도 볼수 있는 것처럼 다이아몬드가 니켈 조직에서 벗겨 떨어지는 것은 없었다. 이 사진에서 Shafu사의 다이아몬드

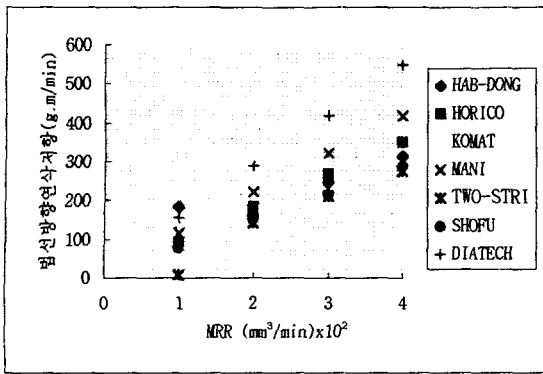


Fig.11 Normal grinding resistance versus MRR for bovine by diamond bur

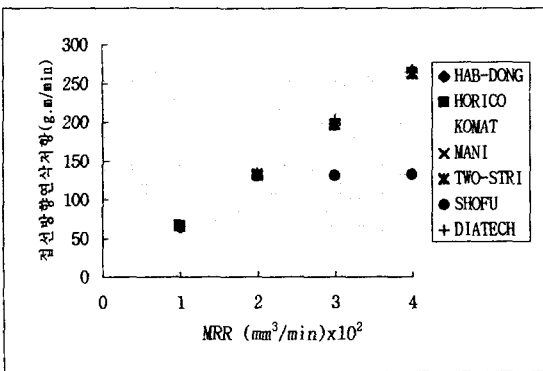
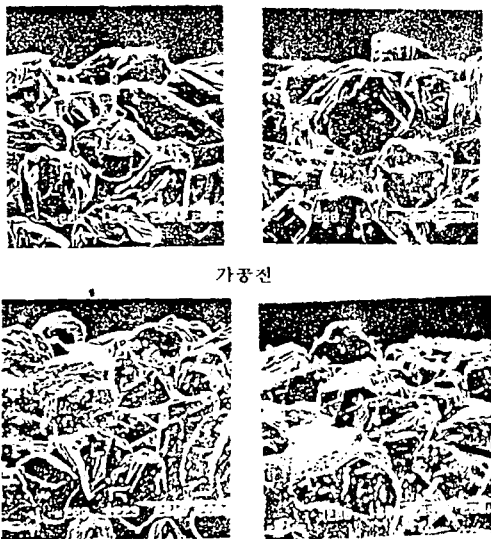


Fig.12 Tangential grinding resistance versus MRR for bovine by diamond bur



(a) Shafu (b) Diatech
Fig.13 Comparison of tool wear by SEM

버 공구면은 미세한 마멸이 일어났고, Diatech사의 다이아몬드 버 공구면은 흠의 깊이가 감소하고 폭이

넓어짐을 볼 수 있다. 이로부터 Shafu사에 공구가 타사의 공구보다 공구 마멸 특성이 우수한 것으로 판단된다.

4. 결론

연삭 가공 상태의 마멸 특성 및 가공 상태의 감시에 대한 AE의 적용 가능성을 규명하기 위하여 아크릴과 우치를 치과용 다이아몬드 버를 사용하여 연삭 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 주축 회전수의 증가에 따라 연삭의 범선분력 F_n 과 AE_{rms} 값은 감소하는 경향을 나타냈다.
- 2) AE신호에 의해 다이아몬드 버 입자의 마멸 및 탈락 등으로 인한 이상 상태가 AE 신호에 의해 검출 가능하였다.
- 3) AE 발생으로부터 다이아몬드 버 - 치아의 접촉 시작점, 가공 상태 및 다이아몬드 버 - 치아의 이탈 점 등을 정확히 파악할 수 있으며, 다이아몬드 버 - 치아의 이탈 점에서 AE_{rms} 와 연삭의 범선분력 F_n 과 잘 대응하였다.
- 4) 소재제거율이 증가함에 따라 다이아몬드 버는 비에너지가 감소하며, 연삭 저항은 증가하는 경향을 나타내고 있다.

참고 문헌

1. J. Larsen-Basse, "Mechanisms of Wear of Sintered Carbide Dental Burs" Trans ASME, Vol 102, pp560, 1980
2. 戸倉 和, 中山 卓, 吉川昌範, "다이아몬드電着ワイヤ工具의切斷性能" 精密工學會誌, 第58卷, 第12號 pp2013, 1992
3. 取訪部 仁, 白須秀男, 吉川昌範, 戸倉 和, 石川憲一, "다이아몬드電着エンドレスワイヤ工具의試作" 精密工學會誌, 第59卷, 第6號, pp939, 1993
4. 取訪部 仁, 石川憲一, "다이아몬드電着ワイヤ工具의特性" 精密工學會誌, 第60卷, 第2號, pp188, 1994
5. 官入裕夫, 永井正洋, "齒科における切削·研削" "潤滑", 第33卷, 第3號, pp195, 1988
6. J. W. Grenier, S.T. Palovchik. "電着工具の製法と性能" America Diamond 工業協會 主催 技術 Symposium, 1974
7. 富岡 健太郎, 中村悅三, 村松馬郎, "齒科用高速切削工具 I", 医齒藥出版(株)