

AE에 의한 치과용 다이아몬드 버의 연삭가공 특성

이근상*, 임영호**, 권동호***, 소의열****

Grinding Characteristics of Diamond Burs in Dentistry

Keun-Sang Lee*, Young-Ho Lim**, Dong-Ho Kwon***, Eui-Yeol So****

Abstract

This study was carried out to verify grinding performance of dental diamond bur and investigate the possibility of AE application in density field. Workpieces were made of acryl and bovine respectively for the experiments in this study. Grinding test was conducted to get the data of grinding resistance and specefic grinding energy of four different types of diamond bur by using tool dynamometer. AE signal was acquired to verify grinding process in the AE measuring system. AErms value was increased as the grinding velocity and depth were increasing, but it decreased as the feed rate was increasing. The case of the small value of AE signal is due to abnormal grinding in D type diamond bur. By analyzing AErms start and finish time of grinding working, abnormal grinding state can be confined. Abnormal state can be found through the behavior of AE signal in the grinding working. As a result, it is expected that forecast of abnormal state is possible using AE equipments under real time process.

Keywords: Diamond bur(다이아몬드 버), Acoustic emission(음향 방출), Punch cavern(천동형성), Bovine(우치), AErms(실효치 전압)

* 숭실대 대학원
 ** 숭실대
 *** 명지전문대
 **** 충청대학

1. 서론

치과 치료에 있어서 다이아몬드 공구는 폭넓게 사용되고 있으며, 사용 빈도도 점차로 증가되고 있는 추세이다. 특히 치과 치료에 있어서 치아우식증에 이환된 치질의 제거, 혹은 결손치가 있거나 기타 여러 가지 이유로 보철치를 요하는 경우 지대치형성 등 치과진료의 광범위한 영역에 걸쳐 치질의 삭제는 필수불가결한 술식이다.⁽¹⁾

Fig. 1과 같이 카리에스(caries)에 의해 침식된 생활균의 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 ~ 100gr 정도의 가벼운 접촉상태(light touch)로 수행하지 않으면 안된다.⁽²⁾

또한, 결합치가 있는 경우에는 Fig. 2와 같이 크라운 브릿지(crown bridge)로 보철하며, 치관(crown)을 장착하기 위하여 그 양측의 건전치를 절삭, 연삭하여야 한다.

이러한 치질을 삭제하는 공구는 크게 구분하여 기하학적인 칼날을 갖는 공구 텅스텐 카바이드(tungsten-carbide)와 다이아몬드 입자를 전착한 공구 다이아몬드 포인트(diamond point)의 2가지로 나눌수 있고 일반적으로 전자를 사용할 때를 절삭, 후자를 사용할 때를 연삭이라고 구분하는 경우도 있지만, 치과 임상에서 있어서는 공학분야에서와 같이 명확하게 구분되어 있지는 않다.⁽²⁾

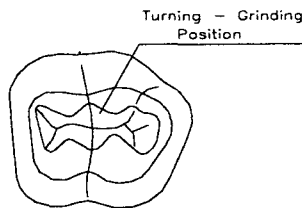


Fig. 1 Punch cavern

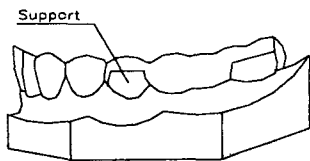


Fig. 2 Crown bridge

치과 임상에서의 치아삭제술식은 치질을 대상으로 구

강내에서 행하는 정밀작업이므로 가능하면 빠른 시간에 술식을 마쳐야 한다. 이러한 특성이 요구됨에 따라 치과용 절삭 또는 연삭기구는 많은 발전을 해왔고, 최근의 치과용 터빈은 공기 또는 불 베어링을 사용하여 매분 30~50만 회전의 회전수를 나타내어 두부(head)가 작고, 길고 가는 형태의 다이아몬드 연삭기구를 사용하여 단시간에 높은 연삭효과를 올릴 수 있게 되었다.

이와 같이 고속용 에어터빈에 사용되는 다이아몬드 연삭재도 복잡한 와동형성이나 지대치형성에 적절하도록 여러 가지 형상이나 종류가 개발되어 시판되고 있고, 에어터빈의 성능향상에 따라 연삭력이나 내구성이 더욱 더 요구되고 있는 실정이다.

치과에서는 전착공구로서 합성 다이아몬드입자가 널리 사용되고 있는데, 아직은 연삭공구로서의 연삭성의 규명도 없을뿐만 아니라 공구성능을 수량적으로 비교, 평가하는 방법도 확립되어 있지 않아 이상에서와 같은 여러가지 문제점 해결을 위한 연구의 절실성 또한, 고품질의 국산화 공구 개발등은 당면된 중요한 과제라고 할 수 있다.

따라서, 본 연구에서는 CNC 머시닝 센터에서 아크릴(acryl)과 우치(bovine)를 치과용 다이아몬드 버로 연삭 가공할 때 각각의 연삭조건에 따른 연삭저항과 AE 신호 특성의 변화를 검토하고, 공구면의 마멸상태를 비교, 관찰하여 치과용 전착공구의 성능을 평가하는데 목적을 두었으며 또한, 국산화 개발의 가능성을 검토하였다.

2. 관련이론

2.1 AE측정원리와 AE신호처리 파라미터

고체재료 중의 1점에서 어떤 에너지를 가진 시간함수인 1개의 AE파가 발생하면 재료표면에 부착한 AE변환자에는 그 AE파에 대응하는 1개의 AE신호가 관측된다. 이와 같은 AE신호는 AE내부의 각종 AE사상(AE event)에 의하여 관측되고, 개개의 AE사상의 에너지와 지속시간, 개개의 AE사상이 발생하는 시간적 빈도나 공간적 위치에 관한 정보를 나타내는 것이 된다.

한편 균열진전시의 AE파 발생영역은 항복영역, 소성영역 및 프로세스(process)영역으로 분류할 수 있다.⁽⁹⁾

항복영역 및 소성영역에 생기는 AE는 소성변형에 대한 AE이며, 프로세스영역에 생기는 AE는 연성파괴에 있어서 공동(void)의 형성, 합체, 딴플(dimple)의 생성 등에 의한 것으로 급격한 에너지 해방이 일어나지 않으므로 명

확한 AE패턴이 나타나지는 않는다. 취성파괴에 있어서는 AE의 성장기와 잠복기가 교대로 나타나고, 불연속적인 균열이 생겨 진폭이 큰 응력 펄스가 관찰되며, 균열의 가속, 감속에 따른 응력파로 해석된다.⁽⁸⁾

이와 같은 AE특성을 결정하는 AE신호처리 파라미터는 개개의 AE신호파형을 해석하는 방법과 다 채널(multi-channel)에 의한 계측으로부터 AE의 발생위치를 검출하는 방법의 2종류로 대별된다.

전자의 파라미터는 돌발형 AE로서 Fig. 3에 나타낸 바와 같이 AE사상물, AE 링다운 카운트(ring-down count), 진폭분포, 에너지, 솟음시간(rise time), 지속시간(duration), 그리고 실효치전압(AErms)등이 있다. 그 밖에 하중, δ_c (crack opening displacement), 온도 등의 외부 파라미터를 입력하고, AE정보에 따른 물리적 관계를 해석 할 수 있다.

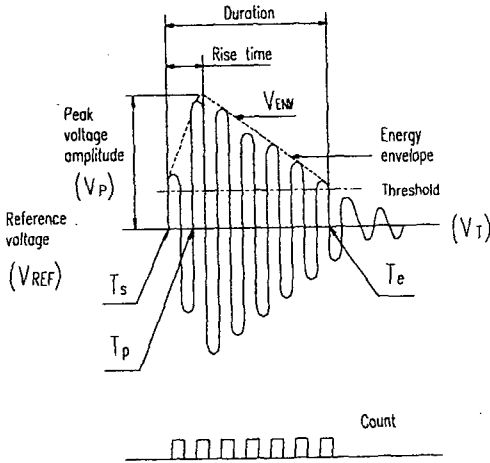


Fig. 3 Parameter of acoustic emission signal analysis

2.2 실효치전압(AErms)

음향방출신호는 매우 불규칙적이고 비주기성을 띠고 있으므로 이러한 신호를 정량적으로 분석하기는 매우 어렵다. 이 음향방출신호를 정량적으로 나타내는 기본적인 방법중의 하나로 음향방출신호의 에너지를 측정분석하는 방법이 널리 사용되고 있다. 이러한 에너지량의 편리한 측정 방법이 신호의 실효치 전압값이다. 실효치 전압값은 RMS(root mean square)값으로 나타내며 이 RMS값을

수식으로 나타내면 다음과 같다.

$$RMS = \left[\frac{1}{\Delta T} \int_0^{\Delta T} V^2 dt \right]^{\frac{1}{2}} \quad (1)$$

여기서 V는 신호함수, ΔT 는 평균시간이다.

3. 실험

3.1 시험편

본 실험에 사용된 시험편 재료는 예비 실험용으로 아크릴판(acryl), 본 실험용으로 우치(bovine)를 선정하였으며 Fig. 4는 시험편의 형상치수를 나타낸 것이다.

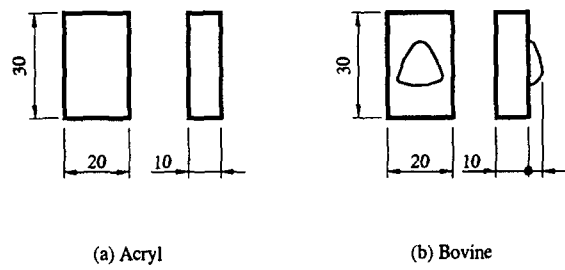


Fig. 4 Dimension of specimens

예비 실험용으로 아크릴판을 선정한 이유는 JIS T 5201에 의해 치과용 다이아몬드 버의 성능측정을 위해 인치아에 유사한 최적의 재료를 모색하고 있으나, 현재는 일반적으로 사용하는 아크릴판이 사용되고 있으며 그 이유로는, 인치아의 누프(knoop)경도가 270~380 인것에 비해 아크릴의 경도는 440정도이므로 비교적 근사값을 나타내고 있다.⁽²⁾ 또한 본 실험용으로 우치를 선정한 이유는 사람의 치아는 사용할 수 없을 뿐만 아니라 치아마다 조건이 다르므로 치과의학에서 치아실험에 보편적으로 사용되고 있는 우치를 선정하였다. 그러므로 우치를 채취후 즉시 냉동 보관하였다가 실험할 때마다 채취하여 사용하였다.

3.2 다이아몬드 버(Diamond Bur)

다이아몬드 포인트는 절삭날부의 형상치수에 가공한 스테인레스(stainless) 강선의 표면에 100 ~ 200mesh

(149~74 μ m)의 다이아몬드 입자를 니켈(Ni)도금에 의해 전착 제조한 것으로서 그 사용 목적에 따라 다양한 형태의 것이 사용되고 있다.^{(1)~(3)} 텅스텐 카바이드는 절삭날 부에 해당하는 크기의 봉상팁(tip)에 소결한 텅스텐 카바이드를 스테인레스 샹크(shank) 맨드릴에 용착시켜 제작한 것으로 다이아몬드 포인트와 같이 다양한 종류의 것이 제작되고 있다.⁽⁶⁾ 본 실험에 사용된 다이아몬드 버는 다이아몬드 포인트로서 그 종류는 Table 1과 같고, 형상치수는 Fig. 5와 같다.

Table 1 Kinds of dental diamond burs

Type	Dimensions(mm)				Remark
	d ₁	d ₂	l ₁	l ₂	
A	1.35	1.5	10	21.5	Foreign-produced
B	1.3	1.5	10	24	Foreign-produced
C	1.35	1.5	10	21.5	Foreign-produced
D	1.25	1.5	8	21.5	Home-produced

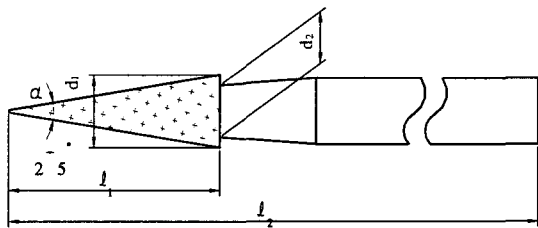


Fig. 5 Shape and dimensions of dental diamond bur.

3.3 실험 장치 및 방법

일반적으로 치과치료에 사용되는 다이아몬드 버는 연삭 공구에 일정한 힘을 가하여 단속 또는 연속적으로 일정한 시간, 일정한 거리의 연삭을 진행시킬 수 없기 때문에 연삭성능은 연삭량 또는 소요절삭시간으로 평가하고 있다. 이와 같은 단순한 평가 방법으로는 연삭성에 미치는 제인자의 규명이나 연삭결과에 미치는 정확한 평가를 기대하기가 어렵다. 특히 형상치수가 각각 다른 연삭공구의 경우에는 측정결과를 직접 비교할 수도 없으며 동일한 종류에 연삭공구를 시험대상으로 하였다해도 핸드피스(hand-piece)에 회전속도가 다를 경우에는 시험결과도 다르게

된다. 그러므로 이와같은 연삭성에 미치는 제영향인자를 고려한 연삭실험을 목적으로 본 실험에서는 연삭공구를 장착한 장치가 선정된 이송속도로 일정한 거리만 왕복운동하는 실험방법을 택했다. Fig. 6 은 본 실험에 사용된 실험 장치를 나타낸 것이다. 우치 연삭실험에 앞서 아크릴 판을 별도의 다이아몬드 버에 의하여 예비 연삭실험을 실시한 후 Table 1과 같은 다이아몬드 버를 사용하여 선정된 Table 2와 같은 연삭조건으로 각각의 조건마다 3회씩 반복 연삭실험을 실시하였다.

Table 2 Cutting Conditions of Grinding

Item	Cutting Conditions
Rotation speed of spindle(rpm)	1500, 3000, 4500, 6000
Feed rate(mm/min)	100, 200, 300, 400
Depth of cut(mm)	0.01, 0.02, 0.03, 0.04

또한, 본 실험을 실시할 때는 AE신호의 감도변화를 고려하여 센서를 시험편의 중앙에 부착하였다. 이때, AE센서의 접착은 일렉트로닉 왁스(electronic wax)를 사용하였다.

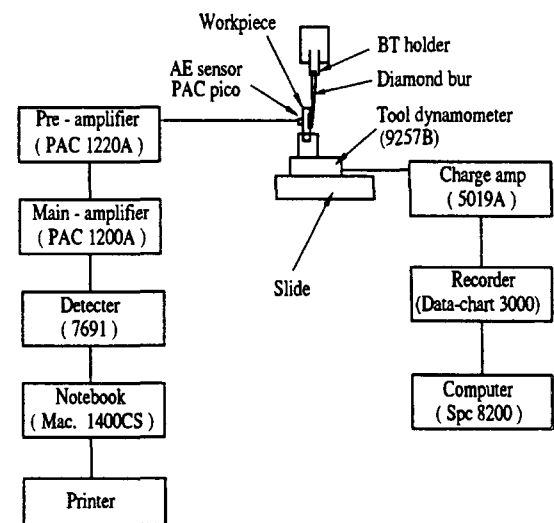


Fig. 6 Block diagram of experimental apparatus

Fig. 6에서와 같이 선정된 연삭조건에 의해 연삭실험을 실시할 때 버(다이아몬드 포인트)에 발생된 연삭저항

은 공구동력계를 거쳐 차지 앰프리파이어(charge amplifier)를 통하여 레코더 및 컴퓨터에 기록하도록 하였다. AE측정은 시험편에 부착시킨 고감도 소형($\phi 5$) 센서(PAC, pico)로부터 출력된 값에서 잡음을 제거하고 프리앰프리파이어(pre-amplifier)와 메인앰프리파이어(main-amplifier)를 거쳐 신호를증폭시켜 디텍터(detector)를 통하여 노트북에 AERms값을 수록한 다음 프린터로 출력시켜 기록토록 하였다.

4. 실험 결과 및 고찰

4.1 AE에 의한 다이아몬드 버의 이상진단

Fig. 7은 우치를 Table 1과 같은 각각의 다이아몬드 버로 Table 2와 같은 연삭조건에서 연삭가공 하였을 때 연삭저항의 AE신호를 나타낸 것인데 (i)(ii)는 연삭저항, (iii)은 AERms, (iv)는 AEwave 이다.

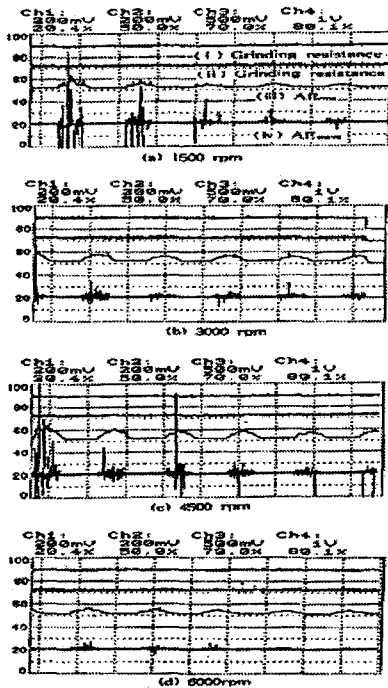


Fig. 7 Grinding resistance and AE signals for rpm

Fig. 6의 (iii) (iv)에서 알 수 있는 바와 같이 다이아몬드 버와 치아의 접촉상태의 진행을 연삭과정으로 볼 수 있는데 연삭과정 진행에 따른 AE신호의 변동량과 AE신호 발생의 지속시간 변화관계를 파악하는 것으로서 연삭가공 상태를 검토하였다.

AE신호 발생의 초기점은 다이아몬드 버 - 치아의 접촉 시작점이며 다이아몬드 버 - 치아의 접촉하기 전까지는 AE신호의 발생은 거의 볼수 없고 불규칙적인 소진폭의 AE신호가 검출되는 영역은 연삭가공이 진행되는 상태, 즉 연삭가공중의 다이아몬드 버 입자의 탈락 또는 미소균열의 전파에 수반되는 AE신호라고 생각된다.

또한, 급속히 AE신호가 검출되는 부분은 다이아몬드 버가 치아에서 이탈될 때 다이아몬드 버 - 치아사이의 비탄성변형이 급속히 변화하여 AE신호의 변화량으로 형성된 결과라고 할 수 있고 AE신호 발생의 지속시간 및 AE신호의 진폭을 파악함으로써 연삭가공상태의 이상유무를 감지할 수 있다고 본다.

4.2 연삭조건에 따른 AERms값의 변화

Fig. 8~Fig. 10은 우치를 Table 1과 같은 각각의 다이아몬드 버로 Table 2와 같은 연삭조건에서 연삭 하였을 때, 절삭조건 변화에 따른 AE 신호의 AERms 값의 변화를 나타내고 있다.

Fig. 8과 Fig. 9는 연삭속도와 연삭깊이의 변화에 따른 AERms값의 변화특성을 나타내고 있는데 연삭속도나 연삭깊이의 증가에 따라 AERms값이 증가해 가는 경향을 나타내고 있고, Fig. 10은 이송속도의 변화에 따른 AERms값의 변화 특성을 나타내고 있는데 AERms값은 이송속도의 증가에 따라 감소하는 경향을 나타내고 있다. 연삭저항값의 변화거동으로 연삭의 이상상태를 평가하기가 힘든 부분을 AERms 값의 변화로 판정 가능하므로 고감도의 센싱기능을 갖는 AE 계측장치를 활용한다면 연삭가공의 인프로세스에서 온라인으로 가공상태 감시 및 이상상태의 검출은 기대할 수 있을 것이다.

5. 결론

치아 연삭가공에서 연삭공구의 마멸특성 및 가공상태의 감시에 대한 AE의 적용 가능성을 규명하기 위하여 아크릴과 우치를 치과용 다이아몬드 버를 사용하여 연삭 실험한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 연삭저항의 법선분력은 연삭속도를 증가시키면 감소하는

경향을 가지며 반면에 이송속도와 연삭깊이를 증가시키면 증가하는 경향을 나타내고 있으나, 연삭저항의 접선 분력은 미세한 변화의 폭을 나타내고 있으며 A형의 다이아몬드 버가 연삭성능면에서 우수함을 알 수가 있다. 따라서 치아 연삭기술에서는 버의 회전수를 높이고 이송속도와 연삭깊이는 작게 선정하는 쪽이 바람직하다.

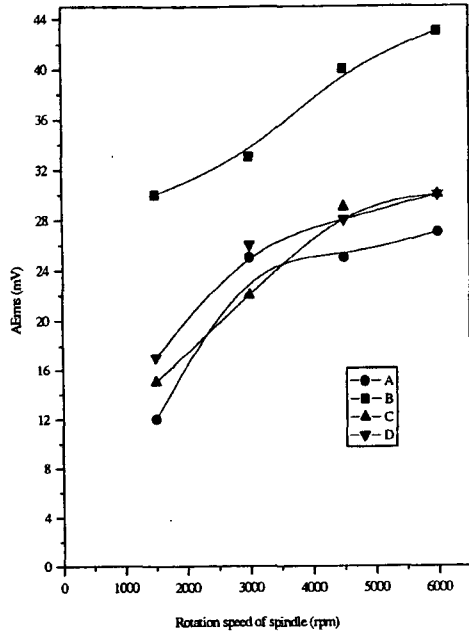


Fig. 8 AErms versus rotation speed of spindle for bovine(feed rate : 300mm/min, depth of cut : 0.02mm)

- 2) 연삭속도와 연삭깊이를 증가시키면 AErms 값은 증가하는 경향이거나 이송속도를 증가시키면 오히려 감소하는 경향을 나타내고 있다. 그러나 D형 다이아몬드 버에서 AE신호값이 작게 나타나는 경우는 정상적인 연삭이 이루어지지 않는 결과에서 온 현상이다. 또한, AErms 값의 변화관계를 분석하여 연삭의 시작, 종료, 정상연삭 및 연삭의 이상상태를 판정할 수가 있다.
- 3) AE신호값의 변화과정에서 연삭의 비정상상태를 찾을 수 있으므로 치과기술 임상에서 AE계측장치를 병행시켜 활용한다면 연삭가공의 인프로서에서 온라인으로 연삭상태와 이상상태의 검출을 기대할 수 있다.

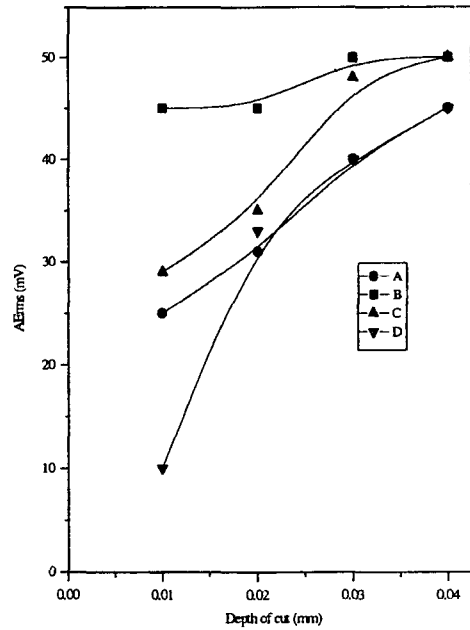


Fig. 9 AErms versus depth of cut for bovine(rotation speed of spindle : 4500rpm, feed rate : 100mm/min)

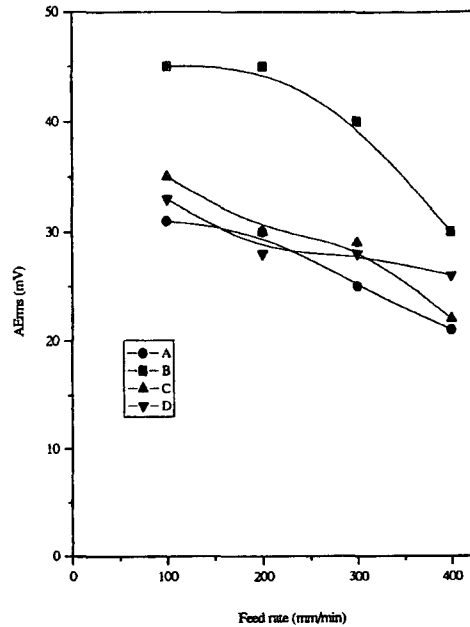


Fig. 10 AErms versus feed rate for bovine (rotation speed of spindle : 4500rpm, depth of cut : 0.02mm)

참고 문헌

1. 戸倉 和, 中山 卓, 吉川昌範, 1992, "ダイヤモンド電着ワイヤ工具の切斷性能," 精密工學會誌, 第58卷, 第12號 pp2013.
2. 取訪部 仁, 白須秀男, 吉川昌範, 戸倉 和, 石川憲一, 1993, "ダイヤモンド電着エンドレスワイヤ工具の試作," 精密工學會誌, 第59卷, 第6號, pp939.
3. 取訪部 仁, 石川憲一, 1994, "ダイヤモンド電着ワイヤ工具の特性" 精密工學會誌, 第60卷, 第2號, pp188.
4. 官入裕夫, 永井正洋, 1988, "齒科における切削研削," 潤滑, 第33卷, 第3號, pp195.
5. J. W. Grenier, S.T. Palovchik. 1974, "電着工具の製法と性能," America Diamond 工業協會 主催 技術 Symposium.
6. 富岡 健太郎, 中村悦三, 村松馬郎, "齒科用高速切削工具 I", 匠齒藥出版(株)
7. 栗林一彦, 岸 輝雄, 1980, "AEパルスの發生と傳播", 東京大學宇宙航空研究所 報告, 第16卷, 第2號(C), pp 43~47.
8. Peter P.Gills, 1974, "Some Fundamental Aspects of the Theory of Acoustic Emission," Materials Science and Engineering, Vol.14, pp103~108.
9. 이근상, 임영호, 권동호, 최만용, 김교한, 최영운, 1997, "치과용 다이아몬드 버의 연삭가공 특성," 한국정밀공학회, 제14권, 제12호, pp66~72.