

INTRODUCTION OF SPARK EROSION



정 창 모

부산대학교 치과대학 보철학교실

I. 서 론

유럽에서는 spark erosion으로 불리는 electrical discharge machining(EDM, 방전가공술)은 지난 반세기 동안 가공산업분야에서 널리 사용되어온 술식으로, liquid medium내에서 일련의 방전을 통하여 작업체로부터 재료를 침식시키는 하나의 금속제거 과정으로 정의할 수 있다¹⁾.

EDM의 아이디어는 하늘에서 번개가 치는 것으로부터 얻어졌다고 한다. 1700년대 말에 Joseph Priestly경이 처음으로 방전현상과 metal conductor의 침식효과에 관한 연구를 하였으며, 2차 세계대전 직후 러시아의 Lazerenko 형제가 처음으로 electronic erosion machine을 개발한 것으로 보고되고 있다²⁾. 1950년에서 1970년대 과학기술의 진보와 함께 EDM은 가공산업분야에서 중요한 위치를 차지하게 되었으며, 특히 트랜지스터의 개발은 EDM장비의 속도와 신뢰도를 향상시켰다. 또한 1980년대 들어 컴퓨터기술과의 접목을 통해 가공정확도가 향상되었으며 아울러 보다 복잡한 EDM 장비의 개발이 가능하게 되었다³⁾.

EDM 과정의 정확한 본질에 대해서는 아직 알려지지 않고 있다. 다만 열과 전기가 어떻게 금속을 효과적으로 매우 정확하게 제거할 수 있는가를 설명하기 위하여 thermoelectric model이 제시되어 이용되고 있다⁴⁾.

EDM은 dielectric fluid라 불리는 일종의 경유 내에서 시행하는데, 이러한 liquid medium은 insulator, conductor, coolant 및 방전에 의해 발생하는 금속입

자들을 제거하는 flush의 역할을 담당한다⁵⁾.

사전적 의미에 따르면 방전이란 사이를 둔 양극간에 전압을 높여 그 전극사이에 전기가 흐르게 하는 일로 정의될 수 있다. 두 전극이 근접하고 전압이 높아지면 dielectric fluid가 이온화되어 전류가 흐르게 되고 이때 순간적으로 3,000~5,000℃의 고열이 발생되어 금속표면의 일부를 녹이고 기화시킨다^{2,3)}. 이러한 방전은 한 순간 양극이 가장 근접한 한 곳에서만 일어나며, 초당 약 250,000회의 방전이 가능하고^{1,4)}, 그 가공정확도는 약 0.01mm인 것으로 보고되고 있다^{2,4-6)}.

치과분야에서는 1982년 독일의 기공장인 Rübeling이 비귀금속 합금으로 제작한 보철물에 pin hole이나 attachment의 receptacle을 형성하기 위하여 처음으로 EDM을 사용하였다⁹⁾. EDM을 이용하여 금속을 어떠한 형태로 가공하고자 할 때에는 동일한 형태의 electrode가 필요한데, electrode로 사용되는 재료의 선택은 EDM의 속도와 정확도를 결정하는데 매우 중요한 요소로서 주로 copper, graphite가 이용된다^{1,10)}.

현재 치과전용 EDM 장비로 보급되고 있는 SAE사(Germany)의 SAE-2000(Fig. 1)은 SAE-100과 SAE-1000의 후속기종으로써 티타늄가공과 하부구조물과 상부구조물의 접합도 수정이 가능하며, 전기출력을 24A까지 높일 수 있어 모든 치과용 합금을 가공할 수 있다¹⁰⁾. 이 장비는 machining unit, oil과 filter system, 그리고 generator와 control box로 구성되어 있다. EDM은 열로 금속을 녹여 제거하는 과정이기 때문에 작업금속의 전도도와 용융점이

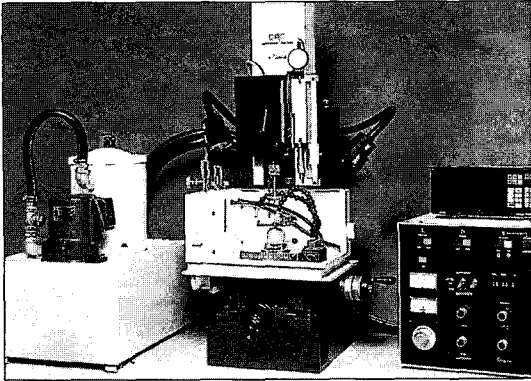


Fig. 1. 치과기공용 EDM 장비인 SAE-2000. Machining unit, oil과 filter system, 그리고 generator와 control box로 구성되어 있다.

EDM 과정에 필요한 전기에너지의 양을 결정하는데 매우 중요하다¹¹⁾. Generator에는 7단계로 전류를 선택하는 전류선택스위치, spark time을 조절하는 On-Time 스위치, spark interval을 조절하는 Off-Time 스위치, spark gap을 조절하는 Servo-control knob, workhead의 민감도를 조절하는 Servo-sensitivity knob, 그리고 전극선택 스위치 등이 있으며, 이러한 여러 가지 조절요소들은 작업의 종류나 금속의 종류에 따라 선택 조절된다.

EDM은 다음과 같은 장점을 갖고 있다¹⁾.

1. EDM은 열에 의한 과정이므로, 금속의 경도에 영향을 받지 않는다.
2. 금속제거시 접촉을 하지 않기 때문에 작업체의 adhesive characteristic이 EDM에 영향을 주지 않는다.
3. EDM은 매끄러운 bur-free 표면을 제공한다.
4. 기계적인 힘이 가해지지 않기 때문에 얇은 작업체를 변형 없이 가공할 수 있다.
5. 파절을 야기하는 torque가 electrode에 거의 가해지지 않기 때문에 길고 작은 직경의 절삭이 가능하다.
6. 가공정확도가 우수하다.

반면 EDM의 주된 단점은 고가의 장비가 필요하며 만족스런 결과를 얻기 위해서는 기공과정 중에 세심한 주위가 필요하다는 것이다^{1,11)}.

현재 EDM은 치과기공분야에서 여러 가지 보철물 및 attachment 제작과 보철물의 적합도 수정에 응용되고 있으며, 본고에서는 이러한 EDM을 이용한 여

러 가지 술식들이 갖고 있는 임상적 의의 및 장단점에 대하여 간략히 소개하고자 한다.

Ⅱ. 본 론

현재 치과기공분야에서 EDM이 응용되고 있는 술식은 다음과 같다.

1. Attachment의 제작
2. Hybrid telescope crown의 제작
3. Ti-ceramic crown의 제작
4. 하부구조물과 상부구조물의 적합도 수정
5. 임플란트 보철물의 적합도 수정

1. Attachment의 제작

전술한 것처럼 Rübeling이 처음으로 치과분야에 EDM을 사용한 이유는 비귀금속 합금을 이용하여 attachment를 제작하기 위해서였다⁹⁾. 납형에 attachment의 금속 receptacle을 포매시켜 함께 주조하는 방법은 비귀금속 합금의 높은 용융점으로 인하여 여러 가지 문제점을 야기하며, 귀금속으로 된 receptacle을 비귀금속 합금의 주조체에 납착하는 방법 역시 납착의 어려움이 있다¹⁾. 또한 비귀금속 합금으로 직접 attachment의 receptacle을 주조하는 경우에는 비귀금속 합금의 큰 주조수축과 두꺼운 산화막 형성으로 인하여 attachment의 정밀도가 저하된다⁹⁾. 따라서 Rübeling은 attachment의 male 형태를 갖고 있는 electrode를 이용하여 비귀금속 합금 주조체에 EDM으로 receptacle을 형성하는 방법을 고안하였다.

현재 EDM을 이용하여 제작할 수 있는 attachment의 종류는 치관내 T-shape attachment, 치관의 dovetail attachment, frictional pin 또는 rod, swivel latch attachment 등이 있다^{3,12)}. 이 중 swivel latch attachment는 2도 경사를 갖는 milled bar와 통상적인 방법으로 주조된 상부구조물로 이루어진 hybrid overdenture(fixed removable implant prosthesis 또는 spark erosion fixed detachable prosthesis)제작에 있어 frictional pin 과 함께 유지력을 제공하기 위해 사용되며(Fig. 2와 Fig. 3). 이때 EDM은 양측 후방부 latch attachment와 전방부 frictional pin의 receptacle 형성에 사용된다^{1,5-7)}. 이러한 hybrid

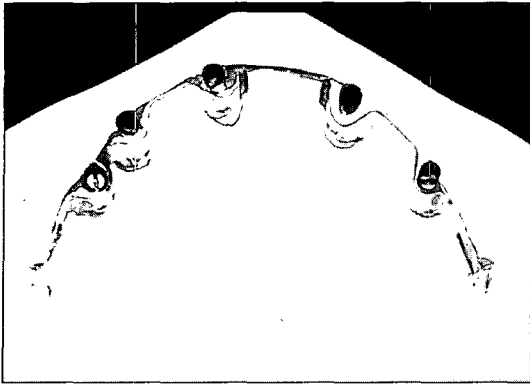


Fig. 2. Hybrid overdenture의 하부구조물. Milled bar는 2도의 경사를 갖고, 전방부에는 frictional pin, 양측 후방부에는 swivel latch를 위한 receptacle이 EDM에 의해 형성된다.

overdenture는 어느 정도 골흡수가 일어난 환자에서 Br nemark이 제안한 fully bone anchored prosthesis(high water implant supported bridge)가 갖고 있는 심미와 발음상의 문제를 해결할 수 있으며 구강청결이 용이하다는 장점이 있다⁵⁻⁷⁾. 또한 이 overdenture 디자인은 후방으로 연장된 bar와 clip을 이용한 기존의 implant-supported overdenture에 비하여 임플란트에 가해지는 외팔보 하중을 줄일 수 있으며 의치가 보다 안정적이고 attachment의 손상도 줄일 수 있다.

2. Hybrid telescope crown의 제작

1993년 Weber와 Frank³⁾는 비귀금속 합금과 EDM을 이용한 hybrid telescope crown 제작방법을 보고하였다. 그들은 지대치의 내관과 외관 및 금속 구조물을 단일합금으로 제작함으로써 납착부의 파절 문제뿐만 아니라 galvanism과 연관되어 나타나는 전기화학적 부식, electrical sensation, 치은의 궤양 발생 등 여러 가지 기공 및 임상적인 문제들을 해결하려 하였다.

비록 비귀금속 합금이 귀금속 합금에 비하여 낮은 열전도성, 높은 강도, 저렴한 비용 등의 장점을 갖고 있으나, 전술한 것처럼 큰 주조수축과 두꺼운 산화막 형성으로 인하여 귀금속 합금으로 얻을 수 있을 정도의 마찰력을 갖는 attachment의 제작은 불가능하다. 그러나 EDM을 사용함으로써 비귀금속 합금



Fig. 3. Hybrid overdenture의 상부구조물. 상부구조물은 통상적인 방법으로 주조하여 제작하며, 이러한 보철물은 심미성과 기능성이 우수하고 구강 청결이 용이하다.

으로도 정밀한 attachment를 제작할 수 있게 되었으며, 나아가 EDM과 welding기술을 병용함으로써 복잡한 보철물을 단일합금으로 제작하는 것이 가능하게 되었다. Welding은 납과 같은 이종금속을 사용하지 않으며, attachment 또는 frictional pin을 금속구조물에 연결하는데 사용된다³⁾.

이중관의 종류에는 telescopic system, konuskron telescope, crown and sleeve-coping(CSC) system이 있다. Hybrid telescope crown의 형태는 기본적으로 CSC system을 갖고 있기 때문에 외관과 내관사이의 긴밀한 접촉에 의한 마찰력이 없다. 따라서 부가적인 유지장치가 필요하다. 이를 위하여 지대치 인접면에 frictional pin이 주로 사용되며, pinhole형성 시 EDM이 사용된다(Fig. 4와 Fig. 5). 이러한 형태의 이중관은, 비귀금속 합금이 갖고 있는 재료학적 측면의 장점 외에도, 제작이 용이할 뿐만 아니라 삭제된 지대치의 외형에 따라 이중관을 제작하기 때문에 도재나 레진 피개를 위한 비교적 충분한 공간이 확보되어 심미적이며 다른 이중관에 비하여 유지력 조절이 쉽다는 장점을 갖고 있다³⁾.

3. Ti-ceramic crown의 제작

Ti-ceramic crown의 대표적인 예로는 Ti coping과 그에 적합한 도재를 이용하는 Procera (Nobelpharma AB, Sweden)가 있다¹⁾. 이 수복물의 장점은

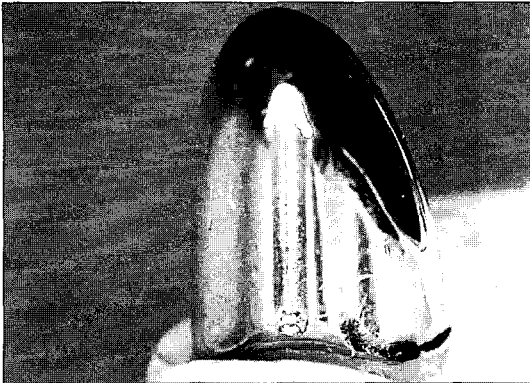


Fig. 4. Hybrid telescope crown의 내관. 내관의 기본적인 형태는 CSC system을 취하고 있으며, 부가적인 유지력을 위해 인접면에 frictional pin을 사용한다.

titanium이 연조직에 친화적이며 경제적이고, 또한 Ti coping제작과정이 표준화되어 있다는 것이다. Ti coping을 제작하기 위해서는 CP titanium의 cylindrical blank가 사용되며, 제작과정은 1) reading, 2) milling(coping 외형과 electrode), 3) EDM으로 이루어진다¹³⁾. 즉 Ti coping의 외형은 copy-milling에 의해, 내형은 electrode를 이용하여 EDM에 의해 각각 형성된다. Milling된 titanium 표면에 사용되는 특수한 도재(Ti-Ceram, Nobelpharma AB, Sweden)가 개발되었으며, 도재축성(최고소성온도: 750℃)과 마무리는 통상적인 방법에 따른다¹¹⁾. 1990년경 이러한 수복물에 대한 임상연구가 보고된 바 있다^{14,15)}.

Harris와 Wickens¹⁶⁾는 Procera Ti coping과 cast gold alloy coping간의 적합도를 비교실험하였다. 그 결과 변연부위를 제외한 나머지 부위에서는 두 coping간에 적합도에 차이가 나타나지 않았으나, 변연부위에서는 Procera coping이 cast coping보다 더 큰 적합오차를 보였다고 보고하였다. 저자들은 그 원인을 변연부위의 복잡한 형태로 인한 probing error 때문으로 추론하고 있다. 한편 Andersson 등¹³⁾은 가공형태에 따라 machine milling의 가공정확도는 3.4~6.5 μ m이었으며, EDM의 경우에는 8.6~10.4 μ m의 가공정확도를 갖고 있고 coping 내면과 die사이의 gap은 42~56 μ m이었음을 보고한 바 있다.



Fig. 5. 완성된 hybrid overdenture의 외관. Frictional pin은 금속구조물에 welding으로 연결되며, EDM은 pinhole형성을 위해 사용된다.

4. 하부구조물과 상부구조물의 적합도 수정

1990년 Sillard는 fixed-removable dental implant system에 대한 특허를 획득했다¹¹⁾. 이 보철물은 hybrid overdenture와 같이 bar 형태의 금속 하부구조물과 가철성 금속 상부구조물로 구성되어 있다. 하부구조물인 bar는 2도의 경사를 갖도록 주조하여 milling하며, 상부구조물은 하부구조물을 복제한 대화모형상에서 납형을 제작 후 주조한다. 다음 EDM을 이용하여 하부구조물과 상부구조물간의 적합도를 수정한다. 보철물의 유지력은 술자가 선택한 다양한 종류의 attachment에 의해 제공된다^{11,11)}.

비록 EDM을 이용하여 상부구조물과 하부구조물간에 완전히 수동적인 적합을 얻을 수 있기는 하지만, 이 술식은 다음과 같은 단점을 갖고 있다. EDM을 위해 특히 상부구조물의 충분한 두께(측벽: 1mm, 교합면: 2mm)가 필요하며¹¹⁾, 상부구조물과 하부구조물사이의 좁은 공간으로 인하여 dielectric fluid에 의한 flush효과가 감소되고, attachment가 구조물에 이미 포함되어 있었다면 EDM을 이용한 적합도 수정 후 attachment의 상대적인 위치가 변동될 수 있다. 또한 방전은 두 구조물의 표면에 미세요철을 발생시켜(Fig. 6과 Fig. 7) 재연마가 필요하게 되고, 따라서 EDM의 원래의 목적인 완전한 수동적 적합의 의미가 상실될 수 있다. 이러한 현상은 용융점이 높은 titanium이나 비귀금속 합금에서 더욱 현저하다.

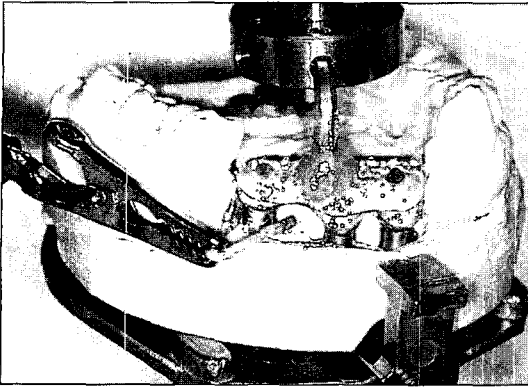


Fig. 6. EDM을 이용한 하부구조물과 상부구조물의 적합도 수정.

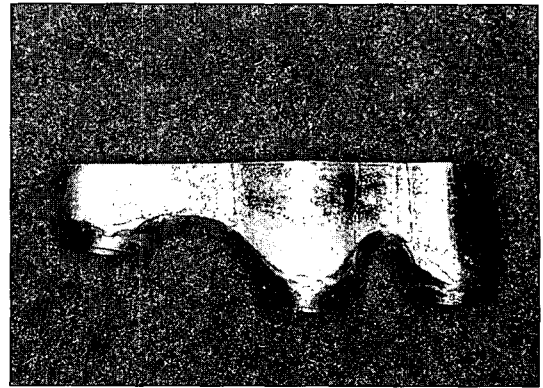


Fig. 7. EDM 후 하부구조물인 bar의 표면상태. 미세요철을 제거하기 위한 재연마가 필요하며, 이로 인해 EDM의 목적인 완전한 수동적 적합의 의미가 상실될 수 있다.

5. 임플란트 보철물의 적합도 수정

임플란트 보철의 장기적 성공을 위해서는 각 구성요소간의 정확하고 수동적인 적합이 중요하다. 이러한 수동적인 적합이 이루어지지 않을 경우에는 임플란트, 임플란트 나사 및 보철물의 파절이나, 구강 내 동통, 또는 임플란트 골유착의 실패를 야기할 수 있다^{2,17)}.

현재 임상에서는 임플란트 보철물의 수동적 적합을 이루기 위하여 적합도가 불량한 금속구조체를 절단한 후 납착, welding 또는 cast connection하는 방법을 흔히 사용하고 있다. 그러나 이러한 방법으로는 상부구조물이나 임플란트 지지골에 압축응력이나 인장응력을 일으키지 않는 완벽한 수동적 적합을 얻는 것이 매우 어려울 뿐만 아니라 일체구조물에 비하여 연결강도가 낮고, 특히 납을 사용할 경우 이종금속간의 전기화학적 반응을 야기할 수 있다.

근자에 들어 임플란트 치료가 활발해지면서 EDM을 이용하여 임플란트 상부보철물을 제작하거나 보철물과 지대원주간의 적합도를 개선시키는 술식에 관한 여러 가지 보고가 있어 왔다.

1995년 Schmitt와 Chance³⁾는 기존의 lost wax 방법 대신 laser scanning과 CAD-CAM, 그리고 EDM을 이용하여 Ti ingot을 가공하여 임플란트 상부보철물을 제작하는 술식을 소개하였으며, Schmitt 등⁴⁾과 Evans⁵⁾은 UCLA-type의 abutment를 이용하여 제작한 상부보철물의 적합도를 EDM으로 수정하는 술

식을 보고하였다. 또한 Linehan과 Windeler¹⁸⁾는 strain gauge를 이용한 3차원 측정을 통하여 EDM 후 금속구조물의 접합도가 상당히 증진되었음을 보고한 바 있다.

이러한 보고들에서는 EDM을 위하여 산업용 장비와 electrode로 copper-plated die나 기존의 copper analogue를 사용한 반면, SAE사(Germany)에서 개발한 Secotec system은 보철물과 지대원주간의 수동적인 적합도를 얻기 위해 개발된 전용 system으로, 이 system을 이용하면 다양한 임플란트 시스템에서 손쉽고 정확한 EDM 과정이 가능하다. Eisenmann과 Rübeling¹⁰⁾은 Straumann Octa system을 위한 Secotec system을, Rübeling¹⁹⁾은 Brnemark standard abutment를 위한 Secotec system의 적용술식에 관하여 보고한 바 있다.

이러한 술식의 또 다른 이점은 EDM이 모든 금속에 적용될 수 있기 때문에 구조정확성이 불량하고 납착이 어려워 임플란트 보철물 제작에 사용되고 있지 않는 비귀금속 합금의 사용을 가능하게 한다는 것이다.

Secotec system에서는 통상적인 pick-up 인상체득 후 모형제작과 납형제작에 전용 부품들을 사용한다. 이러한 부품들은 model analogue, abutment analogue, copper electrode, plastic sleeve, titanium screw로 구성되어 있다(Fig. 8). Model analogue와 abutment analogue를 체결하여 인상체내의 impression coping에 연결시킨 후 model analogue들을

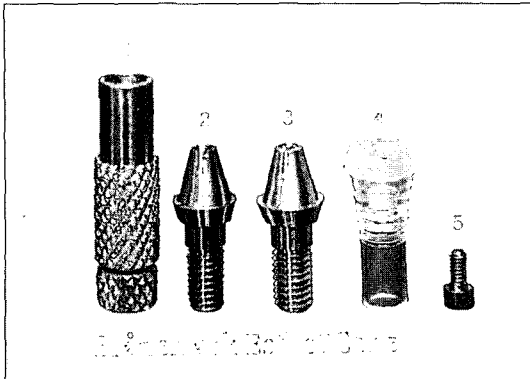


Fig. 8. EsthetiCone abutment를 위한 Secotec system 부품. Model analogue, abutment analogue, copper electrode, plastic sleeve, titanium screw 로 구성되어 있다.



Fig. 9. Secotec system을 이용한 작업모형제작. Model analogue와 abutment analogue를 체결하여 인상체내의 impression coping에 위치시킨 후 구리선으로 연결한다.

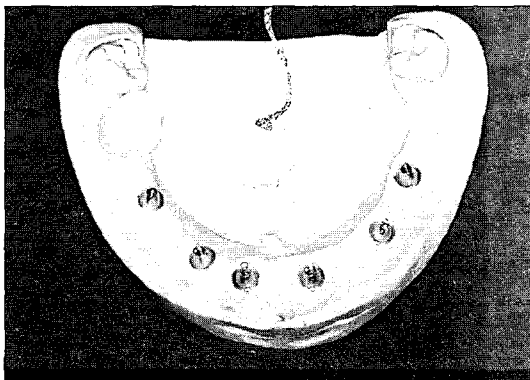


Fig. 10. 완성된 작업모형.

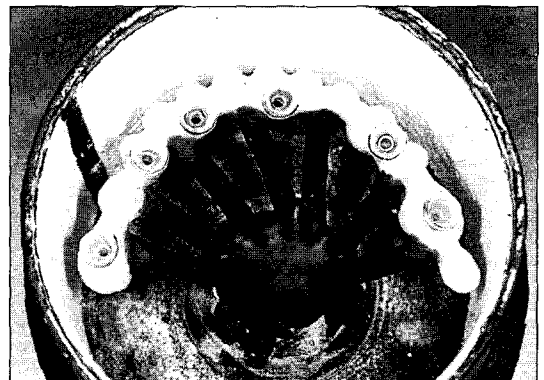


Fig. 11. 납형의 매몰. 작업모형상에서 plastic sleeve를 이용하여 납형을 제작하고 매몰하여 주조한다. EDM은 모든 금속에 적용될 수 있기 때문에 비귀금속 합금의 사용이 가능하다.

구리선으로 연결하고 석고모형을 제작한다(Fig. 9 와 Fig. 10). 제작된 석고모형상에서 plastic sleeve를 이용하여 납형을 제작하고, 선택한 금속에 따라 매몰하고 주조한다(Fig. 11). 다음 주조체의 적합오차를 수정하기 위하여 모형과 주조체를 SAE-2000에 부착하고(Fig. 12), abutment analogue를 copper electrode로 교환하여(Fig. 13) EDM을 시행한다. 일반적으로 전체적인 EDM 과정은 copper electrode의 마모로 인하여 3개의 electrode를 교환하여 반복 시행한다(Fig. 14). 이후의 도제나 레진을 피개하고 마무리하는 과정은 통법과 같다.

이상과 같은 EDM 과정을 시행하는데 있어 가장

중요한 것은 모형의 정확도이다. 따라서 정확한 인상체득과 모형의 정확도를 확인하는 model verification이 필수적이다.

비록 Secotec system을 이용함으로써 완벽에 가까운 수동적인 적합을 얻을 수 있다 할지라도, 이 system 역시 몇 가지 문제점을 안고 있다. 만약 적합오차가 200 μ m 이상일 경우²⁰⁾에는 EDM 후 과도한 오차 수정으로 인하여 abutment내의 나사선과 상부구조물내의 screw access hole 방향이 일치하지 않아 Ti screw를 잠글 수 없게 될 뿐만 아니라, EsthetiCone abutment를 사용한 경우에는 내면 측벽의 과도한 침식으로 인하여 abutment 밑면의 접촉면적이 감소되

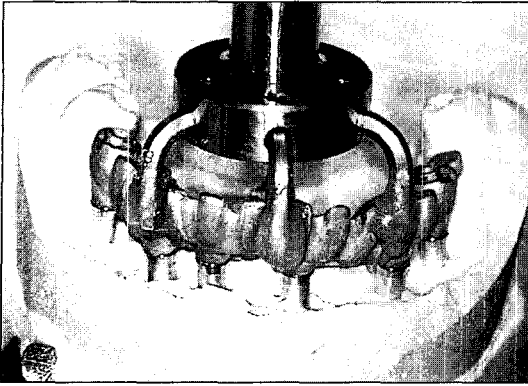


Fig. 12. EDM 장비에 부착된 작업모형과 금속주조체. EDM 시행전의 모습으로 주조체의 적합도가 전반적으로 불량한 것을 볼 수 있다.

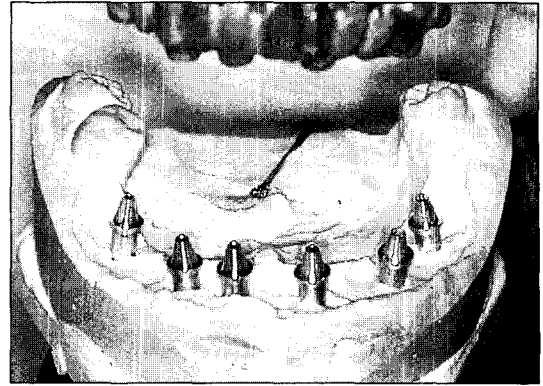


Fig. 13. Abutment analogue를 제거하고 copper electrode로 교환한 작업모형. 전체적인 EDM 과정은 copper electrode의 마모로 인하여 3개의 electrode를 교환하여 반복 시행한다.

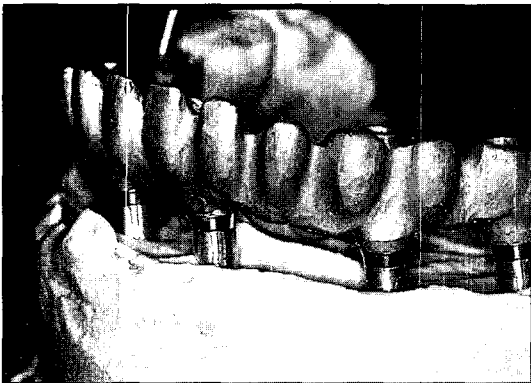


Fig. 14. EDM 후 abutment analogue상에서의 Sheffield test. 완전한 수동적 적합을 확인할 수 있다. 이후의 도재나 레진을 피개하고 마무리하는 과정은 통범과 같다.

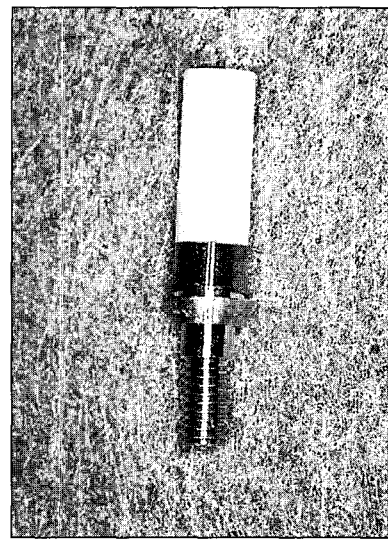


Fig. 15. 기성 EsthetiCone 금원주와 Secotec system의 copper analogue와의 크기비교. 크기차이로 금원주와 copper analogue 사이에 공간이 존재하는 것을 볼 수 있다. EDM과정에 의해 금원주의 천공이 일어날 수 있다.

는 결과를 초래하게 된다. 따라서 너무 큰 적합오차를 오로지 EDM에 의존하여 해결하려는 것은 매우 잘못된 생각이다. 이외에도 방전에 의해 발생하는 내면의 미세한 요철은 위생적인 문제를 야기할 수 있다. 또한 Secotec system을 소개하는 여러 문헌에서처럼 비귀금속 합금을 사용할 경우 이종금속간에 발생하는 galvanic current가 골조직과 연조직에 미치는 영향에 대해서도 아직 확실히 규명된 바가 없다.

도재나 레진으로 피개되는 임플란트 보철물의 EDM을 이용한 적합도 수정은 피개재료가 EDM에

의하여 영향을 받지 않기 때문에 피개 전 또는 피개 후에 수정이 가능하다. 그러나 피개 후에 적합을 수정하는 경우에는 도재소성단계에서 발생하는 변형을 수정할 수 있을 뿐만 아니라 비귀금속 합금 사용 시 소성과정 중 형성되는 두꺼운 산화막을 제거할 수 있다는 장점이 있으나, 보철물 경부에 EDM을

위한 두꺼운 금속 collar가 필요하며 오차수정 후 교합접촉점이나 인접치아와의 접촉점을 상실할 수 있다는 문제점을 갖고 있다.

Secotec system 사용에 있어 또 다른 임상적 제한점은 이미 기성 EsthetiCone abutment의 금원주를 이용하여 제작된 임플란트 보철물의 적합오차를 수정할 때이다. 이러한 보철물에 EDM을 적용하기 위해서는 Secotec system 부품을 이용하여 작업모형을 새로 제작하여야하는 번거로움이 있을 뿐만 아니라, EsthetiCone 금원주에 비하여 copper analogue의 크기가 더 크게 제작되어 있기 때문에(Fig. 15) EDM 시 금원주가 천공되지 않도록 작업에 보다 신중을 기해야 한다.

Ⅲ. 결 론

본고에서는 EDM의 간략한 역사와 함께 여러 가지 임상적 활용성에 관하여 살펴보았다. 비록 EDM이 치과기공분야에 사용된 역사는 20년이 채 안되고 현재 그리 널리 사용되고 있지는 않지만, EDM은 여러 가지 보철물 제작이나 attachment제작, 또는 보철물의 적합도 수정에 있어 매우 유용한 기공술식임에는 틀림없다고 생각한다. 그러나 EDM은 보철기공에 있어 하나의 보조적인 수단일 뿐, 보철기공의 일반적인 제원칙을 잘 준수하고 이러한 술식을 병용할 때만 성공적인 결과를 얻을 수 있다는 점을 명심하여야 할 것이다.

참 고 문 헌

1. Van Roekel NB. Electrical Discharge Machining in Dentistry. *Int J Prosthodont* 1992;5:114-21.
2. Evans DB. Correcting the fit of implant-retained restorations by electric discharge machining. *J Prosthet Dent* 1997;77:212-15.
3. Weber H, Frank G. Spark erosion procedure: A method for extensive combined fixed and removable prosthodontic care. *J Prosthet Dent* 1993;69:222-7.
4. Schmitt SM, Chance DA, Cronin RJ. Refining cast implant-retained restorations by electrical discharge machining. *J Prosthet Dent* 1995;73:280-3.
5. Salinas TJ, Finger IM, Thaler JJ, Clark RS. Spark Erosion Implant-supported Overdentures: Clinical and Laboratory Techniques. *Implant Dent* 1992;1:246-51.
6. Finger IM, Block MS, Salinas TJ. Treatment of a resorbed maxilla with sinus grafting, implants and a spark erosion overdenture: clinical report. *Implant Dent* 1992;1:150-3.
7. Lefkove MD, Beals R. Spark Erosion Fixed/Detachable Prosthesis for the Completely Edentulous Maxilla. *J Oral Implat* 1992;18:386-93
8. Schmitt SM, Chance DA. Fabrication of Titanium Implant-Retained Restorations With Nontraditional Machining Techniques. *Int J Prosthodont* 1995;8:332-6.
9. Rübelling G. Funkenerosion in der Zahntechnik Möglichkeiten und Grenzen. *Dent Labor* 1982;30:1697-702.
10. Eisenmann E, R beling G. Die Monometallische, spannungsfreie Versorgung auf Implantaten. *Quintessenz Zahntech* 1997;23:1440-52.
11. Van Roekel NB. Prosthesis Fabrication Using Electrical Discharge Machining. *JOMI* 1992;7:56-61.
12. Rübelling G, Kreylos H. Spark Erosion in Dental Technology: Possibilities and Limitations. *Quint Dent Technol* 1984;8:649-57.
13. Andersson M, Carlsson L, Persson M, Bergman B. Accuracy of machine milling and spark erosion with a CAD/CAM system. *J Prosthet Dent* 1996;76:187-93.
14. Andersson M, Berman B, Bessing C, Ericson G, Lundquist P, Nelson H. Clinical results with titanium crowns fabricated with machine duplication and spark erosion. *Acta Odontol Scand* 1989;47:279-86.
15. Berman B, Bessing C, Ericson G, Lundquist P, Nelson H, Andersson M. A 2-year follow-

- up study of titanium crowns. *Acta Odontol Scand* 1990;48:113-7.
16. Harris IR, Wickens JL. A Comparison of the Fit of Spark-Eroded Titanium Copings and Cast Gold Alloy Copings. *Int J Prosthodont* 1994;7:348-55.
 17. Lekholm U, Adell R, Bränemark PI. Complications. In: Bränemark PI, Zarb GA, Albrektsson T, editors. *Tissue-integrated prostheses: osseointegration in clinical dentistry*. Chicago: Quintessence, 1985:233-9.
 18. Linehan AD, Windeler AS. Passive fit of implant-retained prosthetic superstructures improved by electric discharge machining. *J Prosthodont* 1994;3:88-95.
 19. Rübelling G. New techniques in spark erosion: The solution to an accurately fitting screw-retained implant restoration. *Quintessence Int* 1999;30:38-48.
 20. Rübelling G. Personal communication.

Reprint request to:

Chang-Mo Jeong, D.D.S., M.S.D., Ph.D.
Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan national University
1-10, Ami-Dong, Seo-Gu, Pusan, 602-739, Korea
cmjeong@hyowon.cc.pusan.kr

ABSTRACT

INTRODUCTION OF SPARK EROSION

Chang-Mo Jeong, D.D.S., M.S.D., Ph.D.

Department of Prosthodontics, College of Dentistry, Pusan National University

The dental profession is currently experiencing a technology explosion. Processes are being replaced by modern, inexpensive, and precise techniques that can be used to solve complex restorative problems. Electrical discharge machining(EDM, known as spark erosion in Europe) is a nonconventional, industrial technique that has application in dentistry.

EDM may be defined as a metal removal process using a series of sparks to erode material from a workpiece in a liquid medium under carefully controlled conditions.

EDM is recently adopted in the dental laboratory to fabricate precision attachments, hybrid telescope crowns, Ti-ceramic crowns. EDM has also been used to achieve a passive precision metal-to-metal fit between the substructure bar and the removable superstructure and to correct the fit of implant retained restorations.

In this article, a brief history and explanation of EDM is discussed and a description of the use of this process for fabricating attachments and crowns or for correcting the fit of cast restorations is presented.

Key words : Spark erosion, Electrical discharge machining, Passive fit, Implant