

치과용 Scanning 머신 개발

차영엽*(원광대학교 기계공학부), 동진근, 오상천(원광대학교 치과대학),
이해형(단국대학교 치과대학), 송기창(건양대학교 환경화학공학과)

Development of Dental Scanning Machine

Y. Y. Cha(Mech. Eng. Dept., WKU), J. K. Dong, S. C. Oh(Dent. School, WKU),
H. H. Lee(Dent. School, DKU), K. C. Song(Che. Eng. Dept, KYU)

ABSTRACT

Recent technologic innovations have created possibilities for restorative dentistry, such as computer-aided design and computer-aided manufacturing. This article presents a CAD process that has been developed for the fabrication of dental restorations. This process uses a 4-axes driving mechanism and an improved optical displacement sensor, successfully applied in other industries. In optical displacement sensor, the light beam emitted from the LED is converged through the light source lenses and thrown on the object to be detected. When the light beam is reflected from the object, however, it is diffused. The diffused light beam is converged again by the receiver lenses and cast on the optical position detector element as a small spot.

Key Words : Scanig Machine(스캐닝 머신), Dental Computer-Aided Design(치과용 CAD), Prosthetic Preparation(보철시술)

1. 서론

현재 국내외에서는 대부분의 치과 보철물이 기공사의 수 작업에 의존하여 생산되고 있으며, 해외에서도 단순한 일부 보철만 CAD/CAM 시스템을 이용하여 생산하고 있는 상황이다. 보철용 CAD/CAM 시스템은 독일과 일본 등 선진국에서는 최근에 개발되고 있으며[1,2,3,4], 개발배경으로는 노령화 사회로의 진입에 따른 노령인구의 증가와 국가 생산력 감소, 전문기공인력의 감소, 장시간 노동과 분진에 의한 산업재해, 유해물질 배출에 따른 환경오염 등의 사회적 측면과 정밀 보철과 심미 보철의 치과적 측면 등을 나열할 수 있다.

CAD/CAM으로 보철 치아를 제작하기 위해서는 삭제된 지대치에 대한 x,y,z 좌표를 갖는 3차원 데이터의 확보가 필요하다. 이를 위하여 3차원 입력기를 통하여 필요한 3차원 데이터를 확보하는데, 일반 산업현장에서는 반도체의 기관검사와 복제생산 분야에서 사용되고 있으며 고고학에서도 출토된 유물을 손상시키지 않고 자료를 얻기 위해서 이용되며 최근 많은 연구가 진행되고 있다.

치 의학에서도 3차원 입력기는 관심의 대상이며 국내에서도 몇 개의 회사에서 개발을 진행하고 있으며 일정정도 기술이 축적되고 있다. 이러한 3차원 입력기는 안면 피부 입력기, CT나 MRI를 이용한 입력기, 구강 내 직접입력기, 석고모형 입력기 등이 있으며 정보획득 방법으로 간섭현상, 레이저 센서, 레인지 카메라, x-ray 이용, 접촉 센서 등 다양한 접근방법이 시도되고 있다.

보철치아 제작에 이용되는 3차원 입력기는 0.02mm 이하의 오차를 갖는 정밀도와 삭제된 치아의 급경사와 Margin 부위에서 미세한 틈의 입력이 가능하여야 한다. 부수적으로 저렴한 가격과 사용방법이 간단하여 이용에 불편이 없어야 할 것이다. 이러한 요구사항을 만족하기 위해서는 레이저 센서를 이용한 방법과 접촉센서를 이용한 방법이 많이 사용되고 있다.

본 연구에서는 4축 구동 시스템과 레이저 거리센서를 이용한 비접촉식 치과용 Scanning 머신을 제작하고, 이에 필요한 구동 알고리즘을 작성하며, 실제의 석고 모형을 Scanning하여, 여기서 얻어진 데이터를 다시 3D로 나타냄으로서 치과용 CAD/CAM 시스

템 개발의 가능성을 확인하고자 한다.

2. 치과용 재료

보철 재료로는 아직 금, 세라믹, 비귀금속 합금 정도로 제한되어 있다. 현재 사용중인 보철 재료 중 가장 강도가 좋은 Metal과 같은 강도를 가지는 Zirconia의 높은 내구성으로 세라믹에서도 Long Bridge 생산 및 구치부 보철을 가능하게 하였다.

Metal 이나 In-ceram에서는 기대하기 힘들었던 치아색이 신소재인 Zirconia에 Bi, Ce, F과 같은 원소를 미량으로 혼합하여 색을 표현할 수 있어 혼합 비율에 따라서 다양한 색을 얻을 수 있다. 따라서 현재까지 치아색에 영향을 주었던 치아 삭제 정도, 기공사의 도재 작업 숙련도, 접착제의 종류와 관계없이 치아색을 자유로이 제어할 수 있다.

치과용 세라믹스의 대표적인 용도는 인공치근과 인공치관을 들 수 있다. 잘 알려진 바와 같이 인공치근 재질로는 기계적 강도와 생체 특성이 비교적 우수한 티타늄이 주로 사용되고 있으나, 최근 세라믹의 강도가 팔목할 만하게 증가됨에 따라 생체 특성이 우수한 세라믹스를 사용하려는 시도가 국내외에서 활발하게 진행되고 있다.

인공치관은 전통적으로 금, 은, 백금을 포함하는 합금 위에 세라믹 도재를 용융시킨 금속 도재관(Porcelain Fused to Metal: PFM)이 주류를 이루고 있었으나, 90년대에 들어 심미성에 대한 강한 욕구와 금속에 의한 체내 부작용 및 과민반응을 줄이고자 금속을 제외시킨 전도재 치관(All Ceramic Jacket Crown)의 수요가 크게 증가하고 있다.

이러한 치관을 제조하려면 두 가지 문제를 해결해야만 한다. 첫 번째는 세라믹의 강도가 파단이 일어나지 않을 정도로 충분히 높아야 한다는 것이고, 두 번째는 정확한 모양으로 제조해야 한다는 점이다. 이 요건들을 만족시키기 위하여 유리를 분말로 만든 후 이를 주조하거나 성형하는 방식(In-Ceram, Empress)이나 일차 소결된 다공성 세라믹에 용융 유리를 침투시키는 방식(Vita-Cera)이 현재 사용되고 있다. 하지만 이러한 방식은 근본적으로 유리의 결합력에 의해 강도가 결정되므로 금속에 비하여 강도가 현저히 낮을 수밖에 없다.

이러한 강도 문제를 완벽하게 해결할 수 있는 세라믹 재료가 지르코니아(ZrO_2)이다. 순수한 지르코니아는 용융점으로부터 온도가 감소함에 따라 상이 육방정(Cubic)에서 정방정(Tetragonal), 그리고 단사정(Monoclonic)으로 변하고 그에 따라 부피가 줄었다가 다시 증가한다. 따라서 소결 후 냉각과정에서 많은 균열이 발생하고 그에 따른 강도 저하로 그 자체로는 사용이 거의 불가능하다. 하지만 여기에 CaO나

Y_2O_3 와 같은 안정화제를 다량 첨가하면 이러한 상변태가 억제되어 고온 상인 큐빅 상태가 유지된다.

이와 같이 안정화제를 다량 첨가하여 녹인 후 이를 천천히 냉각시키면 단결정의 큐빅 지르코니아가 생성된다. 이것이 일반적으로 그냥 큐빅이라고 불리는 소위 인조 다이아몬드로서 색과 모양은 다이아몬드와 비슷하지만 가격은 수천 분의 일에 불과한 것이다.

이렇게 안정화제를 다량 첨가한 것을 안정화-지르코니아(Fully Stabilized ZrO_2)라고 부르는데 반하여, 안정화제를 조금 첨가하여 부분적으로만 안정화시킨 것을 부분안정화-지르코니아(Partially Stabilized ZrO_2 ; PSZ)라고 부르는데, 이것이 우리가 일반적으로 일컫는 강도가 높은 지르코니아이다.

부분안정화 지르코니아는 준 안정상인 정방상이 상온에서도 유지되어 균열이 없었더라도, 외부에서 하중이 가해질 때 정방정에서 단사정으로 상전이를 하여 부피를 팽창시킴으로써 외부의 충격을 효과적으로 흡수한다. 따라서 이 부분안정화 지르코니아의 강도는 철강에 버금갈 정도로 매우 높을 뿐만 아니라, 경도가 높고 고온에도 견딜 수 있어 현재 산업계에서 널리 응용되고 있다.

이를 다결정으로 만들 경우 단결정과 같은 투명성(Transparency)은 없지만, 산란광을 통과시키는 투광성(Translucency)은 있으므로 치아와 유사한 색을 내는데 매우 유리하다. 더구나, 극미량(0.1% 이내)의 Fe, Bi, Ce등을 첨가하여 색깔을 다양하게 바꿀 수 있으므로 자연치아와 거의 같은 색깔의 인공치아를 용이하게 만들 수 있다[5].

3. 치과용 CAD/CAM 시스템

현재 보철치료의 주 관심 분야인 심미보철의 All Ceramic은 수작업 공정보다는 CAD/CAM을 이용한 기계가공으로 해결하는 것이 효율적이고 정밀하다. 내면 접합을 수정하기 위하여 많은 시간을 소비할 필요가 없으며, 내면 접합성과 Margin은 이제 기계에 맡겨도 되며 사람은 보다 더 창조적인 업무에 중심을 둘 필요가 있다. 그리고 All Ceramic의 Core 색은 다양한 색이 지원이 되는 Ceramic 소재를 선택하여 가공하면 수축성에 따른 부담을 줄일 수 있으며 세라믹의 강도 역시 파절강도가 700-800Mpa 정도인 지르코니아 세라믹을 선택하여 가공하면 장착 후 파절에 따른 위험은 사라지게 되고, 심미보철을 위하여 치아를 많이 삭제할 필요도 없다.

심미보철 치료에서 CAD/CAM의 도입은 3차원 데이터 입력, 설계, 가공, 소재등 4개의 분야로 나누어 접근할 수 있으며 첫번째 입력단계에서는 석고모형의 표면을 분할하여 수많은 x,y,z좌표 데이터를 형

성하고, 설계단계에서는 Margin 설정과 재료의 특성에 적합한 Core 의 두께를 지정하여 설계한다. 설계된 3차원 데이터는 가공데이터 즉 NC 데이터로 전환하여 역시 소재의 특성에 맞는 기계가공을 실시하게 된다. 이렇게 하면 주작업을 사람의 경험과 숙달된 기술이 아닌 정밀한 3차원 입력기와 다양한 설계 프로그램 그리고 공작기계가 대신하여 기계와 프로그램 등 기술의 발전이 좋은 보철물을 제작하는 연관관계가 성립하게 된다.

현재 CAD/CAM 시스템은 진료실과 기공실에 설치할 수 있는 입력, 설계, 가공이 하나의 시스템으로 일체화된 진료실형과 입력기를 각각의 치과에 공급하고 설계와 가공을 여러 개의 공작기계가 설치된 공장에서 실시하는 공장형으로 발전하고 있으며 각각의 장단점이 있다.

진료실에서 확보된 석고모형은 경로를 고려하여 입력방향을 결정하고 석고모형의 표면에 존재하는 기포나 과도한 석고를 제거하는 일반적인 준비작업은 기존의 기공작업과 동일하나 Gingival Cord 를 이용하여 Margin 이 양호하게 분리된 경우는 Pin Die 작업은 요구되지 않으며 Die space를 바르는 작업도 생략된다. Pin Die 작업으로 분리된 모형은 다시 위치시킬 경우 오차가 있으므로 가급적 정밀인상을 실시하여 Margin을 확실하게 분리하는 것이 CAD/CAM에 의해 제작된 보철물의 정밀도를 높일 수 있다.

치아삭제는 통상의 고려사항이 동일하게 적용되며 Under Cut 이 과도하여 Margin이 가려지는 경우를 제외하고는 Margin의 종류는 크게 고려하지 않아도 3차원 입력을 시행할 수 있다. 이러한 문제도 4축이나 5축 가동방법을 이용한 입력과 가공이 이루어진다면 대부분의 치아삭제 방법은 수용할 수 있다.

CAD/CAM에 의한 보철치아 생산이 대중화 될 경우, 치과와 기공소 간의 관계는 약간의 변화가 예상되는데, 우선 치과에서 확보된 석고모형은 기공소로 배달되지 않고 3차원 입력기가 설치된 장소에서 3차원 입력을 시행한다. 입력소에서 생성된 데이터는 인터넷을 통하여 전문 설계업체에 전송되고 석고모형이 없이 설계가 이루어 질 수 있다.

물론 설계에 필요한 입접치와 대합치 관계는 입력소에서 충분히 입력되어 전송되어야 된다. 설계된 데이터는 기계가공 조건을 만족하는 가공데이터로 전환되어 여러 대의 공작기계가 설치된 공장으로 다시 전송되고, 철저한 공정관리에 의해 여러 개의 치아를 무인대량 생산하게 된다. 진료실에 입력기와 프로그램이 설치된 경우는 곧 바로 가공데이터만을 공장으로 전송하고 완성된 보철치아를 진료실에서 받으면 된다.

4. 치과용 Scanning 머신

치과용 CAD/CAM 시스템이 적용되기 위한 첫 번째 관문은 석고모형의 정밀한 3차원 입력이다. 아직 구강 내 직접 입력은 난반사 등 기술적으로 어려운 측면이 있다. 그래서 일반적으로 석고모형의 입력을 많이 사용하며, 사용되는 센서로는 접촉식과 비접촉식이 있다.

접촉식 입력기의 속도는 레이저 센서를 사용하는 비접촉식보다 2배정도 느리고 0.001mm의 정밀입력이 가능하며 5축으로 구동하면 거의 모든 영역의 Scanning이 가능하다. 이 정도면 다양한 치아삭제 형태를 수치화 하는 것이 가능하다. 즉 현미경으로 석고모형을 관찰하는 것과 같은 표면 재현성이 있다. 비접촉식에서는 레이저 센서를 많이 사용하나, 급경사와 인접치아 입력에서는 예기치 못한 데이터 등이 종종 발생하며, 또한 광삼각분할 레이저 측정방법은 입력받지 못하는 영역 등이 있어 일반적으로 5축 구동장치에 의해서 입력을 시행한다.

그림 1은 본 연구를 위해서 개발된 3D Scanning 머신을 보여주고 있다. 전체는 4축으로 구성되어 있어서, 수평 테이블 위에 X, Y, θ 축이 장착되고 그 위에 석고모형을 고정하기 위한 척 테이블이 장착된다. 또한 이 척 테이블에 수직으로 Z축이 장착되고, 여기에 0.003mm 분해능의 레이저 거리 센서를 위치시킨다. Scanning 할 석고모형의 왼쪽 아래 위치와 오른쪽 위의 두 점과 Scanning 간격을 주면 자동으로 Scanning 하면서 석고모형의 3차원 데이터가 저장장치에 누적된다. 본 연구에서는 Scanning 간격을 0.1, 0.3, 0.5mm로 하였다.

그림 2는 본 연구를 위하여 제작된 Scanning 장비의 성능을 확인하기 위한 Bridge 석고모형을 보여주고 있다. 그리고 그림 3은 본 연구의 Scanning 장비를 이용하여 실제로 Scanning된 데이터를 처리하여 3차원으로 보여주고 있다. 여기서 Scanning 간격을 가로와 세로 모두 0.3mm이다.

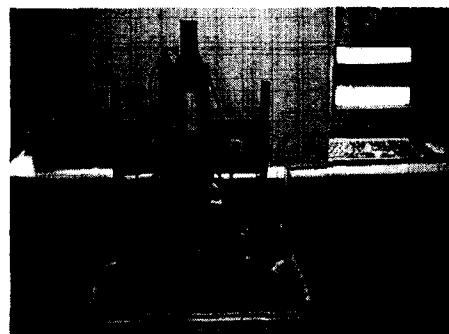


Fig.1 Photograph of developed scanning machine

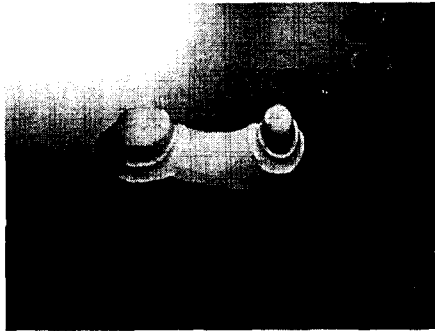


Fig.2 Photograph of plaster model

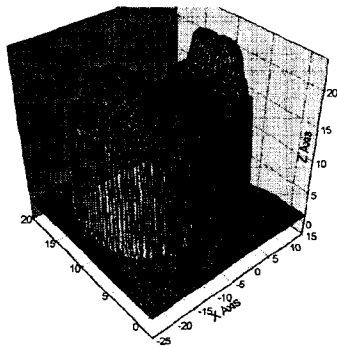


Fig. 3 Experimental result of after scanning

결과적으로 이 시스템을 이용하여 치과 의사가 만든 치아의 석고모형을 CAD용 소프트웨어가 장착된 컴퓨터에서 다듬은 뒤 3차원 출력기를 통해 보철물을 제작할 수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 4축 구동 시스템과 레이저 거리센서를 이용한 비접촉식 치과용 Scanning 머신을 제작하고, 이에 필요한 구동 알고리즘을 작성하였으며, 실제의 석고 모형을 Scanning하여, 여기서 얻어진 데이터를 다시 3D로 나타냄으로써 치과용 CAD/CAM 시스템 개발의 가능성을 확인하였다.

참고문헌

1. Rekow D., "Computer-aided design and manufacturing in dentistry; a review of the state of the art", Journal of Prosthet Dent, Vol 58, pp. 512-516, 1987.
2. Rekow D., "Dental CAD/CAM system", Journal of

- American Dent Assoc, Vol. 122, pp. 42-48, 1991.
3. Duret F., Preston J., Duret B., "Performance of CAD/CAM crown restoration", Journal of Calif Dent Assoc, Vol. 24, 64-71, 1996.
4. Thompson J. Y., Bayne S. C., Heymann H. O., "Mechanical properties of a new mica-based machinable glass ceramic for CAD/CAM restorations", Journal of Prosthet Dent, Vol. 76, pp. 619-623, 1996.
5. (주)덴탈 그래픽 사 홈페이지, <http://www.zdennet.com/>