

치과용 고속 에어터빈 핸드피스 of 공급관로 분석 및 성능평가

Supply Route Analysis and Performance Evaluation of Dental High-Speed Air Turbine Handpiece

한명철¹, 김정관^{1,✉}, 최명욱²

Myung-Chul Han¹, Jung-Kwan Kim^{1,✉} and Myoung-Wook Choi²

1 부산대학교 기계공학부 (Department of Mechanical Engineering, Pusan Nat. Univ.)

2 부산대학교 대학원 기계공학부 (Department of Mechanical Engineering, Pusan Nat. Univ.)

✉ Corresponding author: jgdkim@pusan.ac.kr, Tel: 051-510-1014

Manuscript received: 2008.10.9 / Revised: 2010.5.17 / Accepted: 2010.10.20

The dental high-speed air turbine handpiece is one of the most popular devices that have been widely used as the main means of cutting tooth structure and restorative material in dentistry. In consideration of usage and marketability of the dental handpiece, it is obviously worthy of investigating it. The goal of this paper is to establish the relationship between the air turbine speed and the supply route inside the handpiece. To do this, the Computational Fluid Dynamics (CFD) tool, Fine™/Turbo is used and the optimal supply route position is suggested from the simulation results. In addition, as an attempt for domestic product, the reverse engineering process of a high speed dental handpiece by 3D X-Ray CT equipment and wire cutting is presented for the Mark II model in NSK. In doing so, the 3D modeling of the handpiece parts is carried out with CATIA V5, and the interference between parts is examined. Finally, the result of performance test for the prototype produced in this research is presented.

Key Words: Dental High-speed Air Turbine Handpiece (치과용 고속 에어터빈 핸드피스), Air Turbine Speed (회전속도), Supply Route (공급관로), CFD (전산유동해석), Reverse Engineering (역설계)

1. 서론

치과용 고속 에어터빈 핸드피스는 치아를 절삭하는 도구로서 최초로 소개된 이후 지난 50 여 년 동안 치의학 분야에서 가장 폭넓게 사용되고 있는 의료장비 중의 하나이다.¹⁻³ 치과용 핸드피스와 관련된 연구는 독일, 일본, 그리고 미국과 같은 선진국을 중심으로 진행되어 왔다.^{4,5} 국내적으로는 주로 뼈의 절단, 다듬질, 또는 구멍을 내는 용도로 사용되는 외과 수술용 핸드피스의 개발 사례가 있으며,⁶ 치과 수술용 핸드피스로는 최근 ㈜바텍과 같은 업체에서 연구 및 개발을 수행하고 있으나

선진국에 비해 기술적 수준이 매우 저조한 실정이다. 따라서 국내에서는 선진국에서 오랜 경험을 바탕으로 제작된 고가의 핸드피스 장비를 그대로 수입하여 사용하고 있다. 이러한 치과용 고속 에어터빈 핸드피스는 치과 시술에 있어서 사용량이 가장 많은 필수장비로서 그 시장성을 감안할 때 이에 관한 연구가 반드시 수행되어야 할 필요성이 있다.

핸드피스 몸체의 내부구조를 살펴보면, 크게 고압의 압축된 공기가 유입되는 공급관로(supply route), 냉각수가 흐르는 수로관(water route), 압축된 공기가 유출되는 배기관로(exhaust route)로 구성되어 있다. 이 중에서 압축된 공기가 유입되는 공급

관로는 카트리지(cartridge) 부의 에어터빈(air turbine)을 구동시키는 역할을 수행하므로 핸드피스 성능을 결정짓는 중요 요소 중 하나이다. 따라서 압축된 공기가 에어터빈의 버킷(bucket)에 힘을 가하여 최고의 성능을 얻기 위해서는 공급관로의 크기 및 위치가 신중하게 선정되어야 한다.

본 논문에서는 치과용 고속 에어터빈 핸드피스 개발을 위하여 핸드피스 몸체부 내의 공급관로 위치 변화에 따른 터빈의 운동특성을 해석하고 이를 토대로 터빈의 최대 회전속도를 구현하기 위한 최적의 공급관로 위치를 파악하고자 한다. 이를 위하여 CFD(computational fluid dynamics) 프로그램 중의 하나인 Fine™/Turbo 를 이용하여 다양한 공급관로 위치에 대해 핸드피스 헤드(head) 내부의 유동해석을 수행한다. 또한 기존의 선진제품인 일본 NSK 사의 Mark II 모델의 복제설계 과정을 통하여 핸드피스를 실제 제작하고, 중요 성능평가 항목에 대한 성능평가를 수행함으로써 고성능 핸드피스의 설계 및 제작을 위한 기술적 토대를 마련하고자 한다.

2. 핸드피스 구성 및 동작원리

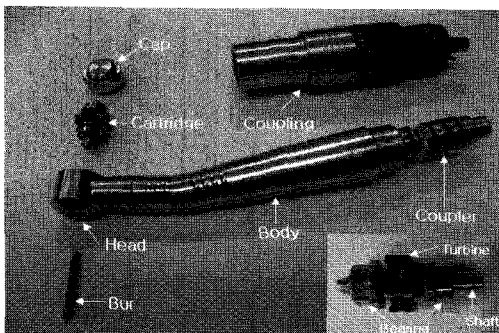


Fig. 1 Handpiece Parts

핸드피스는 크게 몸체부와 카트리지 부분으로 구성되며, 각각의 명칭들은 Fig. 1-2 와 같다. 핸드피스 몸체부는 카트리지를 탑재하는 헤드, 카트리지 구동축을 고정하는 캡(cap), 커플러(coupler)와 공압장치를 연결해주는 커플링(coupling), 치아절삭 도구인 버(bur), 그리고 손잡이에 해당하는 몸체(body)로 구성되어 있다. 몸체 내부에는 압축된 공기가 유입되는 공급관로, 핸드피스 동작 시 버의 고속회전에 의한 고온의 열을 낮추기 위해 냉각수를 분사하는 수로관, 그리고 유입된 공기가 배출되는 배기관로로 구성되어 있다. 카트리지는 압축 공기에 의해 회전하는 에어터빈, 터빈의 회전축이

되는 샤프트(shaft), 그리고 샤프트를 고정시켜주는 베어링(bearing)으로 구성되어 있다. Figure 2 는 핸드피스의 내부구조 및 동작원리를 나타낸다. 공압 장치에서 공급되는 고압의 압축공기가 몸체 내의 공급관로 흡입구(supply route inlet)를 통해 유입되고, 헤드와 연결된 공급관로 배출구(supply route outlet)에서 배출되어 에어터빈의 버킷에 힘을 작용함으로써 에어터빈을 구동시킨다. 헤드 내에서 에어터빈을 회전시킨 공기는 배기관로 흡입구(exhaust route inlet)를 통해 배기관로 배출구(exhaust route outlet)로 배출된다. 치아 치료 시에는 버를 핸드피스 카트리지에 부착하여 에어터빈의 회전력으로 치아를 절삭하게 된다.

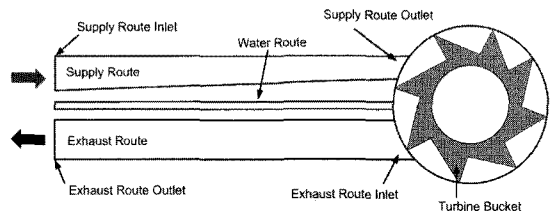


Fig. 2 Running Mechanism of Handpiece

3. 핸드피스 역설계 및 유동해석

3.1 핸드피스 역설계

본 연구에서는 역설계 기법을 통한 핸드피스 분석을 위해서 국내에서 수요가 가장 많고, 정보 수집이 용이한 핸드피스 전문 제조업체인 일본 NSK 사의 Mark II 모델을 선정하였다. Figure 3(a)는 선정된 NSK 사의 Mark II 모델을 나타내며, Fig. 3(c)는 3 차원 X 선 단층촬영장치, 그리고 Fig. 3(b)는 Mark II 모델에 대한 와이어 커팅 후의 핸드피스 내부구조를 나타낸다. Figure 3(c) 과정에서 선정된 제품의 치수 및 2D 설계도면을 확보하였다.

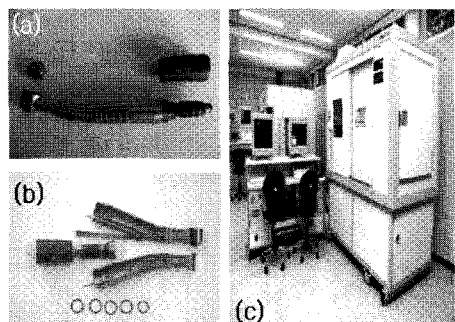


Fig. 3 Inverse Design Process (a) NSK MARK II, (b) Wire Cutting, (c) 3D X-Ray CT

역설계 기법을 통해 획득된 핸드피스 각 부위별 치수 데이터를 바탕으로 CATIA V5 를 이용하여 핸드피스 각 부품들의 3D 모델링을 수행하였으며, 각 부품 간의 간섭여부 확인을 통하여 제작을 위한 최종 설계사양을 선정하였다. Figure 4 는 Mark II 모델의 각 부품에 대한 2D 도면과 3D 모델링 결과를 나타내며, Fig. 5 는 핸드피스에서 치아절삭에 필요한 동력을 발생하는 카트리리지 부에 대한 2D 도면 및 3D 모델링된 모습을 보여준다. Figure 6 은 핸드피스 각 부품들의 조립된 모습과 각 부품들 간의 간섭여부를 확인한 과정을 도시한다.

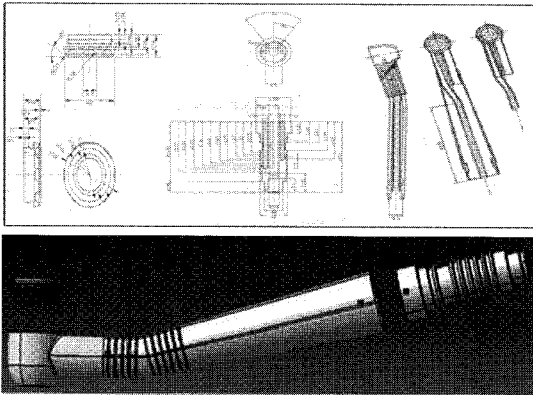


Fig. 4 2D Drawing and 3D modeling of Body Part

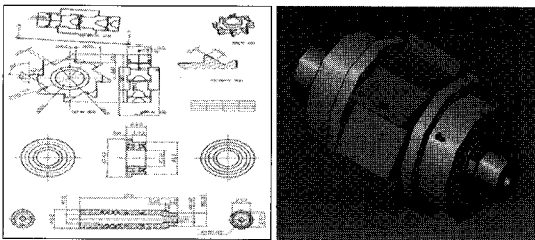


Fig. 5 2D Drawing and 3D modeling of Cartridge

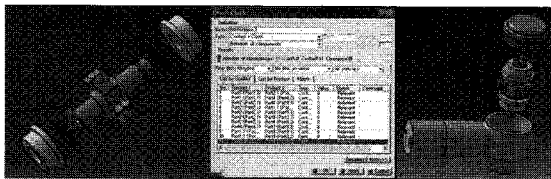


Fig. 6 Interference between Handpiece Parts

3.2 핸드피스 공급관로 유동해석

핸드피스 에어터빈의 회전속도는 핸드피스 성능의 가장 중요한 요소이며, 압축된 공기가 유입되는 통로인 공급관로는 에어터빈의 회전속도 또

는 토크 특성을 결정짓는 중요한 요소이다. 즉, 공급관로 배출구에서 배출되는 압축공기가 에어터빈 버킷에 분사되는 특성에 따라 에어터빈의 회전 특성이 결정되며, 압축공기에 의해 버킷에 전달되는 토크 효율이 클수록 더욱 큰 에어터빈 회전수를 얻을 수 있다. 따라서, 최대토크를 얻기 위한 공급관로 배출구의 설계가 신중히 검토될 필요성이 있다. 본 연구에서는 역설계 대상으로 선정한 NSK 사 Mark II 모델의 공급관로 배출구 위치를 기준으로 Fig. 7 과 같이 공급관로 배출구 위치를 헤드의 중앙 또는 가장자리 방향으로 위치를 변화시킴에 따른 에어터빈 회전특성을 유동해석 과정을 통해 분석하였다. 일반적으로, 공급관로 배출구의 위치가 가장자리로 옮겨질수록 더욱 큰 토크를 발생할 것으로 예측할 수 있으나, 본 경우에는 공급압력에 의해 에어터빈에 가해지는 토크가 공급관로 위치와 더불어 에어터빈의 버킷 형상 두 가지 변수와 동시에 연관되므로 주어진 버킷 형상에 대한 최적의 공급관로 위치 분석 과정이 필수적이다. 본 논문의 유동해석과 실제 제작 및 성능 테스트에 사용된 버킷 형상에 관한 논의는 본 논문의 4장에서 기술된다.

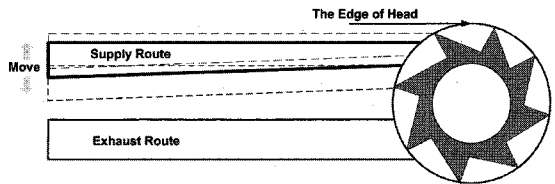
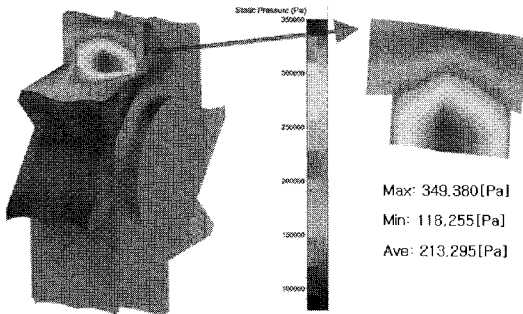


Fig. 7 Design of Air Supply Route

공급관로 위치 선정에 따른 에어터빈 회전축의 회전속도 또는 토크 효율에 관한 전산유동해석은 Fluid Structure Interaction (FSI) 기법을 이용하여 실제 구동 조건에 대한 에어터빈의 시간에 대한 회전수 변화 해석이 가능하다. 그러나 FSI 프로그램은 매우 복잡하고 어려우므로, 본 논문에서는 에어터빈 회전수를 상수값으로 설정하고, 경계 조건에 대한 에어터빈에 발생하는 토크값을 계산하는 단순화된 방식으로 전산유동해석을 수행하였다. 이를 위하여 유한체적법(FVM)을 기반으로 개발된 상용 프로그램 Fine™/Turbo 을 이용하였다. Figure 8 은 공급관로를 통해 유입된 고압의 공기가 에어터빈 버킷에 분사될 때 버킷에 발생하는 압력분포를 유동해석한 결과의 예를 나타내며, Fig. 9 에서와 같이 각각의 공급관로 배출구 위치에 대해 총 5 가

지의 버킷 각도 (36°, 27°, 18°, 9°, 0°)에 대한 유동해석을 수행한 후 평균 토크값을 계산하였다.



공기유입부 전압력 = 3[bar]
 공기유입부 전온도 = 293K
 공기출구 압력 = 1[bar]
 유동각 $V_x/|V|=1$

에어터빈 회전속도 = 250,000[RPM]

Fig. 8 Computational torque analysis to the bucket

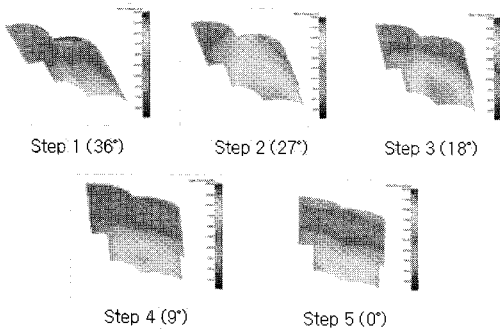


Fig. 9 Fluid analysis according to the bucket angle

전체적인 수치계산에서는 Turbulent Navier-Stokes 방정식이 사용되었으며, 수치적 기법에 있어서는 4th Explicit Runge-Kutta 적분법을 적용하였고, 공간에 대해서는 중심차분법을 이용하였다. 또한, 수렴을 가속시키기 위해 3 단계의 다중 격자법을 사용하였다. 난류모델로는 전체 계산시간 절약을 위하여 Baldwin-Lomax 을 사용하였는데 이는 간단한 대수 모델로서 유동의 박리나 와류의 발생을 부정확하게 예측할 가능성이 있으나 전체적인 유동특성 분석에는 큰 무리가 없을 것으로 판단된다.⁷ 본 유동해석에 사용된 조건은 Fig. 8 아래 부분에 나타내었으며, 그리드(grid) 격자는 Fig. 10 과 같이 총 1,945,018 개로 설정하여 유동해석을 수행하였다.

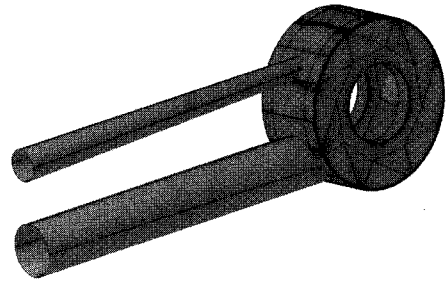


Fig. 10 Computational Grid of Handpiece

3.3 유동해석 결과

공급관로 배출구의 위치 변화에 따른 에어터빈 의토크 특성 분석을 위하여 Fig. 10 에서와 같이 공급관로 흡입구부터 배기관로 배출구까지의 유동해석을 수행하였으며, 공급관로 배출구의 위치 설정은, 앞서 언급된 바와 같이, NSK 사 Mark II 모델에 대한 위치(A)를 기준으로 총 5 개를 선정하였다. 즉, 위치 A 를 기준으로 ±0.5[mm] 및 ±1[mm]로 선정하였으며, 각각에 대한 유동해석 결과를 Table 1 에 나타내었다.

Table 1 Average Toque of air turbine according to the position of supply route outlet

Supply Route Outlet Position	Toque[Nm] × 10 ⁻³
C(-1mm)	-0.1012
B(-0.5mm)	-0.0014
A(Standard)	0.1149
D(+0.5mm)	0.2482
E(+1mm)	0.3949

Table 1 에서와 같이, 위치 B 와 C 는 공급관로 배출구 위치를 기준위치에서 헤드의 중심 방향으로 각각 0.5[mm], 1[mm]로 이동시킨 경우이며, 위치 D 와 E 는 기준위치 A 에서 핸드피스 헤드 가장자리 방향으로 각각 0.5[mm], 1[mm]로 이동한 경우를 나타낸다. 에어터빈이 250,000[RPM]으로 일정한 속도로 회전할 때 각 위치에 대한 평균토크 값은 공급관로 배출구가 헤드 가장자리 방향으로 1[mm] 옮긴 위치 E 에서 가장 크게 나타났으며, 헤드 중심 방향으로 이동한 B 와 C 의 경우 평균 토크값이 음수로서 역토크가 발생하였다. 에어터빈 버킷에 작용하는 토크값이 음수인 위치 B 와 C 의 경우는 실제로 구현할 경우 전산해석 상에서 설정된 250,000[RPM]보다 낮은 속도로 에어터빈이 회

전하게 됨을 의미하며, 반대로 공급관로 배출구의 위치를 D, E 와 같이 헤드 가장자리 위치로 옮김에 따라 250,000[RPM] 이상의 회전수 구현이 가능할 것으로 사료된다. 그러나, 이상과 같은 유동해석 결과를 핸드피스 설계 및 제작에 곧 바로 적용하기에는 어려움이 있다. 전술한 바와 같이, 본 논문에서 기술된 유동해석은 에어터빈에 가해지는 최대토크(또는 최대로 구현 가능한 에어터빈 회전속도)가 공급관로 위치뿐만 아니라 에어터빈 버킷의 형상 두 가지 변수에 대한 함수로 나타난다는 면에서 그 수행의 필요성이 있으나, 제품화에 적용하기 위해서는 현재의 가공기술력을 바탕으로 실제 제작 가능성을 반드시 고려하여야 한다. 또한 핸드피스의 몸체와 헤드가 만나는 목 부분의 직경은 시술 시 조작의 편리성 및 시술부위에 대한 시야 확보 측면에서 최대직경이 제한된다. 따라서, 핸드피스 제품화를 위해서는 위 두 가지 제약조건을 고려하여 공급관로 설계를 위한 유동해석이 이뤄져야 한다.

4. 핸드피스 제작

역설계 과정을 통해 획득된 설계도면을 바탕으로 핸드피스를 제작하였다. 핸드피스 각 부품 제작을 위한 설계도면은 현재 국내의 가공 기술력을 감안하여 실현 가능한 범위로 형상 및 치수를 재설계하였으며, 이를 토대로 실제 가공 및 조립 방법을 도출하였다. 핸드피스 각 부품의 설계 및 제작은 다음과 같다. Figure 11 은 치아 가공 토크를 발생하는 에어터빈이 장착되는 헤드를 나타낸다. 핸드피스의 헤드는 선반 가공기를 이용해 외형을 가공하였으며, 방전 가공기를 이용해 내형을 가공하였다. Figure 12 의 헤드부의 캡은 현재의 기술로 구현 가능한 최소 피치 나사산으로 재설계하여 선반 가공하였으며, 헤드와 탈부착이 용이한 구조로 제작하였다. Figure 13 의 핸드피스 몸체는 CNC 선반에서 목업(mock-up) 가공 후 좌우 대칭 조립형으로 가공하였다. Figure 14 는 핸드피스 몸체부와 압축공기 공급장치를 연결하는 커플러를 나타낸다. 커플러는 선반에서 외형을 가공하고, 엔드밀링기에서 유로 및 수로 홀과 드레인 홀을 가공하였다. 이 때 복합 가공기를 이용한 다축 특수가공이 소요되며 정밀도 보장을 위해 이에 대한 가공조건 설정이 매우 중요하다.

공급된 압축공기로부터 치아 절삭에 필요한 토

크를 발생하는 에어터빈은 CNC 선반을 이용해 1 차 원형 가공을 수행하고, 4 축 CAM 을 이용하여 에어터빈의 버킷(bucket) 형상을 가공하였다. 에어터빈의 버킷 형상은 그루브(groove) 존재 여부와 익형 형상에 따라 Figure 15 와 같이 총 4 가지 타입을 고려하였다. Type A 는 듀얼익형(R:1.16)과

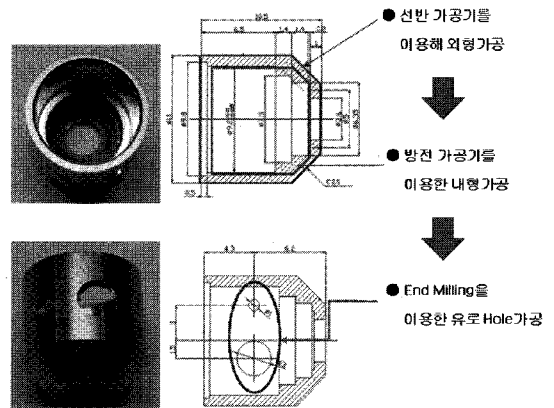


Fig. 11 Head of Handpiece

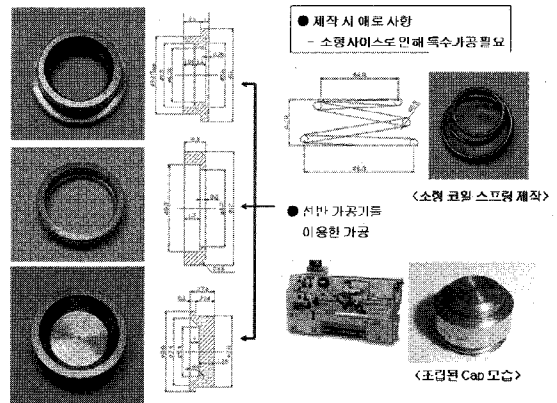


Fig. 12 Cap of Handpiece

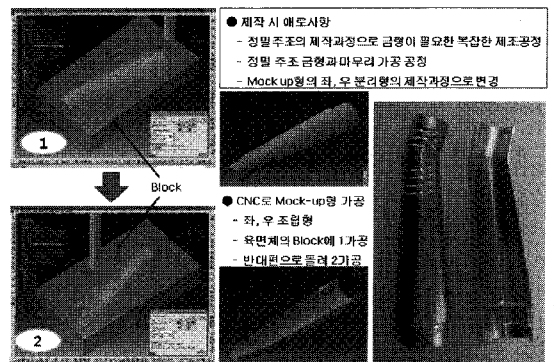


Fig. 13 Body of Handpiece

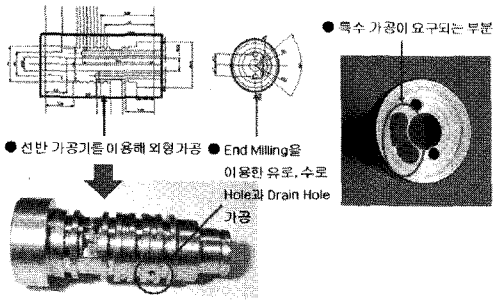


Fig. 14 Coupler of Handpiece

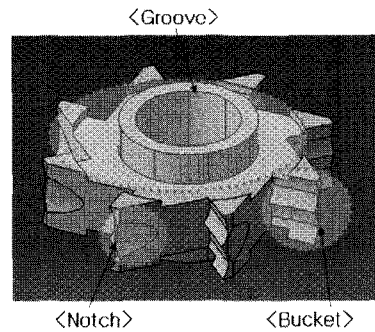


Fig. 16 Design of Turbine Bucket

그루브(Ø7 DP:0.3)를 가지며, Type B 는 듀얼익형(R:1.16)만을 가지며, Type C 는 익형(R:3.6)과 그루브(Ø7 DP:0.3), 그리고 Type D 는 그루브가 없이 익형(R:3.6)만을 가지는 형상을 나타낸다. 위 네 가지 타입에 대하여, 압축공기 공급에 따른 토크전달 특성 분석을 위한 유동해석 결과를 나타내었으며, 본 연구에서는 가장 큰 토크를 나타내는 타입 A 를 채택하여 제작하였다. 그림 16 은 타입 A 형상 버킷으로서, 듀얼익형은 공기역학적 효과에 의해 평평한 판에 비해 높은 RPM 과 토크를 발생하게 하며, 그루브는 고압의 압축공기가 배출구로 원활하게 배출되도록 한다. 또한, 노치(Notch)는 에어터빈 회전 시 압축공기가 버킷의 많은 면적에 닿도록 하여 토크 효율을 높이는 작용을 한다.

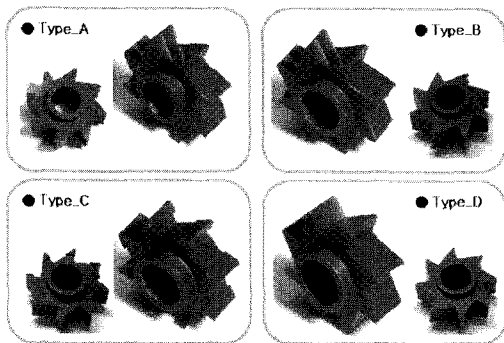


Fig. 15 Design of Turbine Bucket

Figure 17 의 터빈과 주축 회전을 지지하기 위한 베어링은 제작의 편의상 내경 Ø3.14, 외경 Ø7.43 의 표준규격 볼베어링을 채택하였다. Figure 18 의 샤프트는 CNC 선반으로 외륜 및 내륜을 황삭 가공하여 기본적인 가공불력을 형성하였으며, 연마기와 치구를 이용하여 정밀도를 맞춘 후 지그 그라인딩 과정을 통하여 내륜과의 깊이를 정밀 가공하였다. Figure 19 는 에어터빈, 샤프트, 그리고 베어링이 최종적으로 조립된 카트리지를 나타낸다.

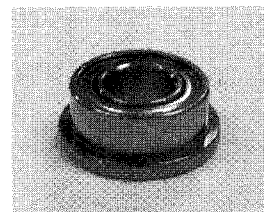


Fig. 17 Bearing

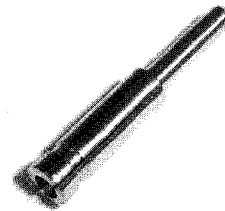


Fig. 18 Shaft

Table 2 Turbine torque according to the bucket shape (250,000rpm)

Type	Mean Pressure [pa]	Flow Rate [kg/s]	Torque [Nm]
A	144,720	0.000649	0.1243
B	149,358	0.000648	0.1149
C	146,060	0.00065	0.1186
D	149,116	0.000653	0.1068

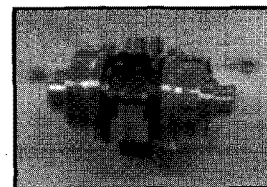


Fig. 19 Cartridge of Handpiece

Figure 20 은 제작된 핸드피스 Prototype 을 나타낸다. Figure 20(a)는 카트리지의 기능성 검토를 위해 제작된 Prototype I 으로서, 구동 테스트 후 Fig. 20(b)와 같이 핸드피스 몸체부까지 결합된 Prototype II 를 제작하였다. Prototype II 구동 시험을 토대로 Fig. 20(c)과 같은 Prototype III 를 최종적으로 제작하였다. 전체 조립 단계에서는 납땜, 용접, Blazing 과 같은 방법을 시도하였으나 유로와 몸체 간의 이종 재질로 인하여 접합 작업에 어려움이 있어 도금 후 분당하는 방법을 채택하였다.

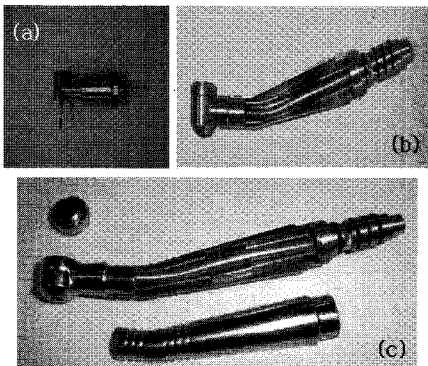


Fig. 20 Prototype (a) Prototype I, (b) Prototype II, (c) Prototype III

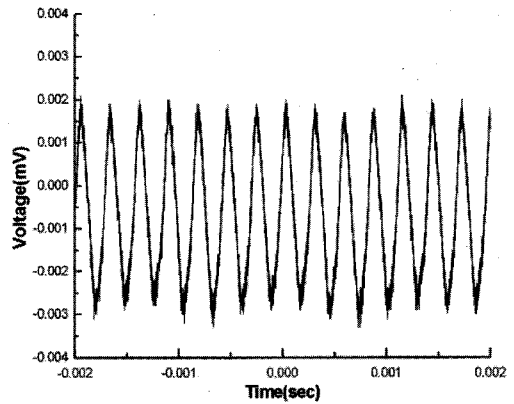
5. 핸드피스 성능평가

핸드피스 성능평가 항목은 ISO 7785-1⁸ 에 명시된 수명, 파워, Eccentricity, 소음, Fiber-optic, RPM, 수로테스트, Chucking mechanism, Visibility angle, Inter-occlusal access 등이 있다. 본 논문에서는 NSK 사의 Mark II 로부터 역설계 기법 과정으로 제작된 핸드피스 Prototype III 에 대하여 회전속도(RPM), 수로테스트, Chucking mechanism, Visibility angle, 그리고 Inter-occlusal access 의 성능평가를 수행하였다.

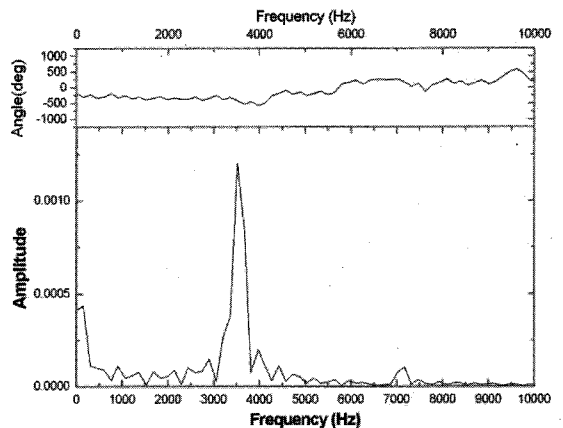
5.1 회전속도(RPM) 측정

NSK 사의 모델 Mark II 의 역설계 과정으로 제작한 Prototype 에 대한 RPM 측정은 한국기계연구원(KIMM)에서 자체 개발한 광센서 타입의 RPM 측정장비를 활용하여 수행하였다. 본 장비의 측정 원리는 회전체에 레이저 광을 조사하여 회전체에 접촉되는 광량과 비접촉하는 광량의 차이를 이용하여 회전속도를 계산하는 방식으로서, 레이저 측

정값은 오실로스코프를 이용해 신호주기로 변환되고, 변환된 신호주기로부터 회전수를 파악한다. Figure 21 은 RPM 계산 예를 나타낸다. 본 실험에서는 공급압력이 3[Bar]일 때 3.5[kHz]의 회전주기를 얻었으며, 회전수 210,000[RPM]에 도달하였다. 일반적으로 치아 절삭을 위하여 회전속도가 최소 250,000[RPM] 이상이 요구됨을 감안할 때 테스트 결과는 이에 미치지 못하나, 향후 공급관로 배출구 형상 및 위치변화 등과 같은 개선으로 회전속도 상승이 가능할 것으로 사료된다.



(a) Voltage



(b) Amplitude according to the frequency

Fig. 21 Measurement of frequency

5.2 수로 및 Chucking Mechanism 테스트

핸드피스 구동 시에는 고속의 회전속도 때문에 치아 절삭 툴인 버에서 고온의 열이 발생하게 되는데, 이 때 발생하는 열을 냉각시키기 위해 핸드피스 몸체 내부에 수로관이 설치된다. 수로관은

머가 고속으로 회전함과 동시에 버에 냉각수가 분사되는 형태로 설계되었으며, 실험결과 냉각수가 버에 정확히 분사됨을 확인하였다. 핸드피스 캡은 Push-Button System 방식으로 제작되었으며, 샤프트는 Chucking System 방식으로 버가 샤프트에 탈부착되는 형태로 구성되어 있다. Chucking Mechanism은 버와 핸드피스 카트리리지부 간의 원활한 탈·부착관계를 알아보기 위한 측정이며, 실험결과 Chucking 작업이 이상없이 수행됨을 확인하였다.

5.3 Visibility angle and Inter-occlusal access

Visibility Angle 은 핸드피스 헤드 중심에서부터 헤드 아랫부분 모서리와 버 끝부분까지의 사잇각을 말하며, Inter-occlusal access 는 핸드피스 캡 상단에서부터 버의 끝부분까지의 거리를 말한다. Visibility angle 은 ISO 7785-1 에 의해 17°~27° 까지 변동이 가능하며, Inter-occlusal access 는 ISO 7785-1 에 의해 21[mm]~23.75[mm]까지 변동이 가능하다.^{8,9} 두 테스트는 시술 시 시술자의 시야를 확보하기 위한 항목으로서 제작품에 대하여 테스트한 결과를 Fig. 22 에 도시하였다. Figure 22 에서와 같이, Visibility Angle 은 범위를 만족하였으나, Inter-occlusal Access 값은 0.25[mm] 더 크게 나타났다. 그러나 이 차이는 제작 과정에서 충분히 조절이 가능한 범위로서 실제 사용상의 불편함은 크지 않을 것으로 사료된다.

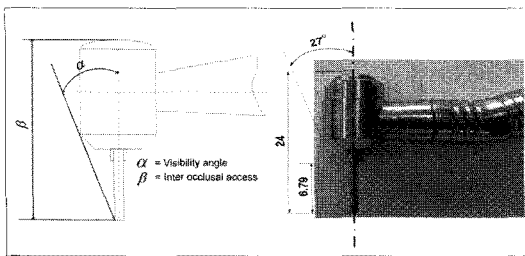


Fig. 22 Visibility angle and Inter-occlusal access Test

6. 결론

핸드피스는 사용빈도수 면에서 현재까지 전 세계적으로 가장 널리 사용되고 있는 치과 치료 장비 중 하나이다. 본 논문에서는 전산유동해석을 통하여 공급관로 형상 변화에 대한 에어터빈 회전축의 토크 변화를 분석하였고, NSK 사의 Mark II 모델을 대상으로 역설계를 통한 핸드피스 제작 및 성능평가를 수행하였다. 역설계 과정은 3 차원 X

선 단층촬영장치에 의한 비파괴검사와 와이어컷팅을 통한 핸드피스 내부구조 및 치수측정 단계로 구성되며, CATIA V5 에 의한 3D 모델링을 통하여 각 부품 설계 및 전체 조립도를 완성하였다. CATIA V5 를 이용한 3D 모델링 과정에서 설계된 핸드피스 각 부품들간의 상호간섭여부를 확인하고 최종적인 부품설계도를 확보하였으며, 국내 가공 기술에 맞게 재설계하여 핸드피스를 제작하였다.

핸드피스 공급관로 배출구 위치와 핸드피스 회전축 토크와의 상관관계에 대한 전산유동해석에는 Fine™/Turbo 프로그램을 이용하였으며, 역설계 과정에서 결정된 공급관로 위치를 기준으로 상·하 방향으로 ±0.5[mm]와 ±1[mm]씩 이동된 위치에 대해 각각 수행하였다. 전산유동해석 결과, 공급관로의 위치가 기준위치로부터 헤드 가장자리 방향으로 1[mm] 이동하였을 때 평균 토크값이 가장 높게 계산되었으며, 따라서 그 위치에서 가장 높은 회전속도가 구현될 것으로 판단된다.

제작된 핸드피스는 RPM 측정, 수로 테스트, Chucking Mechanism, Visibility Angle & Inter-occlusal Access 등의 성능평가가 수행되었으며, Inter-occlusal Access 테스트에서 약 0.25[mm] 차이를 보일 뿐 전반적으로 우수한 성능을 보였다.

본 논문에서는 공급관로와 최대 회전수와의 상관관계 파악 및 역설계를 통한 핸드피스 제작 과정을 통하여 핸드피스 설계 및 제작에 관한 기술적 기반을 확보하였으며, 성능평가 결과로부터 핸드피스 개발에 대한 가능성을 확인하였다.

향후 핸드피스 구동 시 카트리리지부에 발생하는 밸런싱 문제를 해결하기 위한 연구가 필요하다고 판단되며, 공급관로 형상 설계와 관련하여 터빈의 회전 특성에 중요한 영향을 미치는 버킷, 노치, 그리고 그루브의 형상 설계에 대한 보다 자세한 해석이 수행되어야 할 것으로 사료된다.

또한 카트리리지의 밸런싱 문제, 에어터빈의 버킷, 노치(notch), 그리고 그루브(groove) 형상에 대한 에어터빈 최대 회전수와의 관계에 관한 연구, 에어터빈으로 공급되는 압축공기의 분사각도 및 공급관로 배출구의 형상에 따른 에어터빈의 회전 특성 분석이 필요할 것으로 사료된다.

후 기

이 논문은 부산대학교 자유과제 학술연구비(2년)에 의하여 연구되었습니다.

참고문헌

1. Dyson, J. E. and Darvell, B. W., "The development of the dental high speed air turbine handpiece-part 1," Australian Dental Journal, Vol. 38, No. 1, pp. 49-58, 1993.
2. Dyson, J. E. and Darvell, B. W., "The development of the dental high-speed air turbine handpiece-part 2," Australian Dental Journal, Vol. 38, No. 2, pp: 131-143, 1993.
3. Dyson, J. E. and Darvell, B. W., "Aspect of the design of morden dental air turbine handpieces," Australian Dental Journal, Vol. 38, No. 6, pp. 456-470, 1993.
4. Dyson, J. E. and Darvell, B. W., "Flow and free running speed characterization of dental air turbine handpieces," Journal of Dentistry, Vol. 27, No. 7, pp. 456-477, 1999.
5. Dyson, J. E. and Darvell, B. W., "Torque, power and efficiency characterization of dental air turbine handpieces," Journal of Dentistry, Vol. 27, No. 8, pp. 573-586, 1999.
6. Yoon, G-S., Lee, Y.-H., Heo, Y.-M., Seo, T.-I. and Choi, G.-U., "Development of Air-powered Handpiece for Surgical Operation," Journal of the Korean Society for Precision Engineering, Vol. 21, No. 3, pp. 188-193, 2004.
7. Noh, J.-G., Jeong, E.-H., Lee, E.-S. and Kim, J. "Numerical Flow Analysis of Partial Admission Turbine Using a Frozen Rotor Method," Journal of Korean Flow Machinery, Vol. 7, No. 6, pp. 15-20, 2004.
8. International Standard 7785-1, "Dental handpiece part 1: high-speed air-turbine handpiece," International Standard Organization, 1992.
9. Leonard, D. L. and Charlton, D. G., "Performance of High-speed Dental Handpiece Subjected to Simulated Clinical Use and Sterilization," J. Am. Dent. Assoc., Vol. 130, No. 9, pp. 1301-1311, 1999.