

Dental Scaler 분말사출용 금형설계

황철진^{1,#}, 박형필^{1,2}, 고영배¹, 정성택³, 이병욱²

Powder Injection Mold Design for Dental Scaler

C. J. Hwang, Y. B. Ko, H. P. Park, S. T. Chung, B. O. Rhee

Abstract

The capability of net shaping for complex 3-D geometry, powder injection molding(PIM) is widely used for parts in the field of automotives, electronics and medical industry. Powder injection mold design for dental scaler tip, a component of medical appliance, was presented. In comparison with conventional machining process, powder injection molding has many advantages, specially in price and dimensional stability, for molding dental scaler tip. Product design and mold design for dental scaler tip was presented. Short shot experiment with scaler tip PIM mold and several defect (flash etc.) during injection molding process was discussed.

Key Words : Dental Scaler, Powder Injection Molding, Injection Mold, Mold Design, Mold Core Shift

1. 서론

치과에서는 치아의 치석 및 치료용 도구로써 초음파 방식의 스케일러를 사용하고 있다. 이 장비는 스케일러장비에 장착된 스케일러 팁(Scaler Tip)을 초음파를 이용하여 진동시켜 치아의 표면으로부터 치석이나 다른 부착물을 제거하고 또한 치아 수술용 도구로 넓게 사용되고 있는 장비이다. 초음파 스케일러를 이용한 치아 치료는 개개인에 따라 치아의 구조가 다양하기 때문에 치료 용도에 맞는 여러 형상의 팁이 현재 생산되고 있다.

하지만 초음파 방식의 스케일러 장비는 국내에서 생산되고 있지만, 스케일러 팁의 경우는 그 종류가 다양하고 수요가 큰 반면에 대부분 수입품

에 의존하고 있는 실정이다.

그 근본적인 이유는 제품 특성상 순수 기계가공에 의존하여 생산해왔기 때문이다. 기계가공은 정밀도측면에서 뛰어나 복잡한 형상의 가공이 가능하지만, 공정수, 가공 가격, 재료비, 양산성에서 떨어지기 때문에 소형부품의 생산을 위한 방식으로는 어려움이 따르며 국내의 상황상 중소기업에서 생산하기에는 한계가 있다. 따라서 스케일러 팁의 경우 생산 및 가격 경쟁에 어려움이 있어 국내의 생산업체는 전무한 상태이며 현재는 외산 부품의 차지 비율이 높은 상태이다.

따라서 본 연구에서는 기계가공을 대체 할 수 있는 분말 사출성형공정을 스케일러 팁의 제품 생산에 적용하고자 한다.

분말사출성형은 플라스틱 사출성형과 분말야금 기술의 장점을 이용하여 금속재료와 고분자재료

1. 한국생산기술연구원 정밀금형팀
교신저자 : 한국생산기술연구원 정밀금형팀
E-mail : cjhwang@kitech.re.kr
2. 아주대학교 기계공학과
3. ㈜세타텍

혼합물을 성형한 후 가열을 통한 고분자 재료의 제거 및 소결을 통하여 복잡한 형상의 소형 부품을 제조하는 방법으로써, 그 특징은 기계가공에 비해서 재료 이용도가 높고, 후 가공이 적으며 또한 성형품의 대량생산이 가능하기 때문에 소형 부품의 대량생산에서는 큰 가격 저하가 가능하다. 특히 사출성형을 이용한 성형법이기에 때문에, 형상의 자유도가 크고, 금형제작으로 가능한 모든 부품을 1 회의 공정을 통하여 만들 수 있으며, 복잡한 형상의 제품 양산을 할 수 있다.

따라서, 이와 같은 장점을 가진 분말사출성형을 이용하기 위한 제품 및 금형설계를 통하여 기존 기계가공의 문제점을 개선하고 또한 가격 경쟁력 및 우수한 품질을 가지는 제품을 생산하기 위한 분말사출성형용 금형설계가 본 연구의 목적이다.

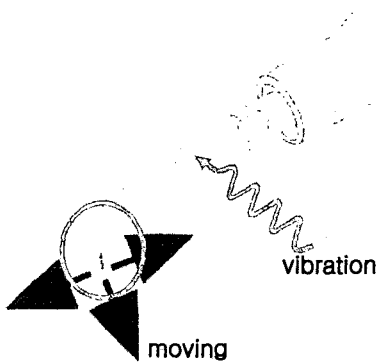


Fig. 1 Schematic view of dental scaler usage

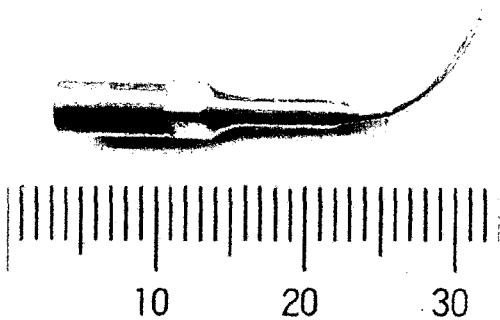
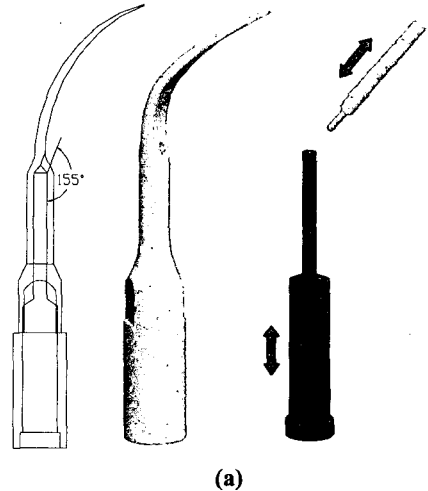


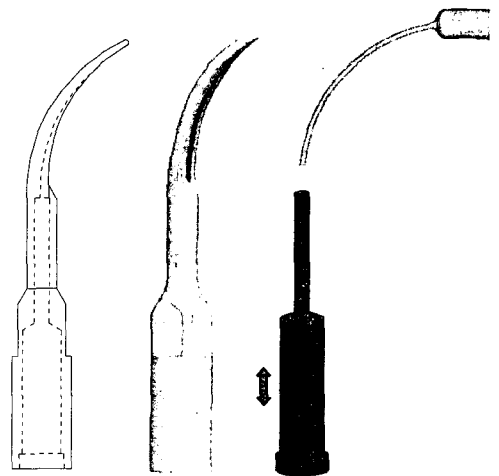
Fig. 2 Conventional dental scaler tip by machining.

2. 금형설계를 고려한 Dental Scaler 설계

Fig 2.는 기계가공 된 제품 형상을 보여 주고 있다. 본 연구에서는 Scaler Tip 의 기능을 토대로 제품의 기능 향상 및 분말사출용금형 제작을 위한 스케일러 팁의 제품 설계를 진행하였다. 기본적인 제품 요구사항을 살펴보면 장비와의 체결을 위하여 공급수의 입구측에 나사가공을 위한 살두께를 유지해야 하고, 또한 제품의 크기가 작으며 의료용 장비이기 때문에 보관 및 장비 체결 시 회전방지를 위한 단면 형상은 유지 되어야 한다. 따라서 이러한 요구사항을 고려한 스케일러 팁 제품의 기능 및 디자인 개선을 제품설계에 반영하고 분말사출용금형을 통한 제품생산을 위한 금형설계도 같이 고려하여 진행하였다.



(a)



(b)

Fig. 3 Product design for dental scaler tip.

(a) Type-A, (b) Type-B

제품 설계 과정을 살펴 보면 다음과 같다. Fig.3(a)에서 보듯이 초기 제품설계는 공급수가 스케일러 팁 내부의 유로를 통하여 토출 될 때 스케일러 팁의 곡선부위를 따라 흐름이 유도되도록 하는 것에 설계 주안점을 두었다. Fig.3(a)는 토출부의 각도변경을 통하여 공급수를 제품의 곡선부위를 따라 흐르도록 설계하였으며 Fig.3(b)는 제품의 곡선 부위의 형상 변경을 통하여 좀 더 공급수가 잘 흐르는 유로를 형성하도록 하였다. 그러나 금형설계 측면에서 위 두 가지 경우를 살펴 보면 Fig.3(a)의 경우 공급수의 유로가 토출 부위에서 변화가 되므로 이를 금형설계에 적용했을 때 구조상으로 2개의 슬라이드 코어핀을 사용해야 하고 유로의 확보를 위해서는 직경이 작은 두 코어핀이 정확하게 접촉이 되어야 하기 때문에 설계 및 가공이 복잡하게 된다. 또한 분말사출성형시에는 수지가 채워지는 압력에 의해 코어핀이 변형될 소지가 있으며 이를 방지하기 위해서는 작은 두 코어핀의 끝단을 가공을 통하여 서로 지지할 수 있도록 해야 하기 때문에 설계수정이 필요할 것으로 판단하였다. Fig.3(b)의 경우는 제품 곡선부위에 유로를 형성하기 때문에 금형설계를 위해서는 회전 코어 방식을 고려해야 했다. 이 경우 Fig.3(b)의 금형설계안은 Fig.3(a)보다 제품의 기능적인 측면은 향상시킬 수 있지만 금형 구조적으로 더욱 복잡해지고 제작 비용 또한 많이 들기 때문에 Fig.3(a)와 마찬가지로 설계 수정이 필요할 것으로 판단 하였다.

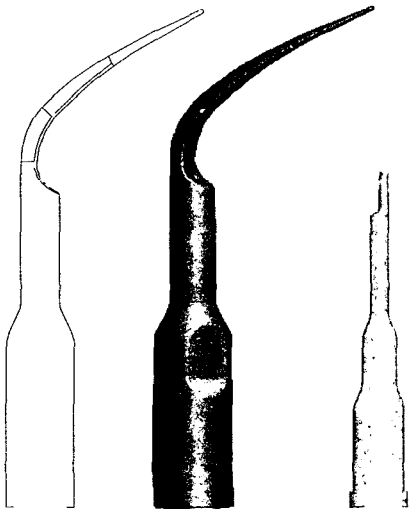


Fig. 4 Final design of dental scaler tip.

제품의 기능과 금형제작의 용이성을 동시에 만족하는 제품 설계를 위하여 스케일러 팁의 유로를 수정하였다. Fig.4 에서 보듯이 토출부의 형상을 변화 시켜 1 개의 코어핀을 이용하여 제품을 성형하도록 하였으며 공급수가 자연스럽게 유로를 따라 흐를 수 있도록 설계하였다.

3. 금형설계

최종 설계된 제품형상을 토대로 하여 금형설계를 진행하였다.

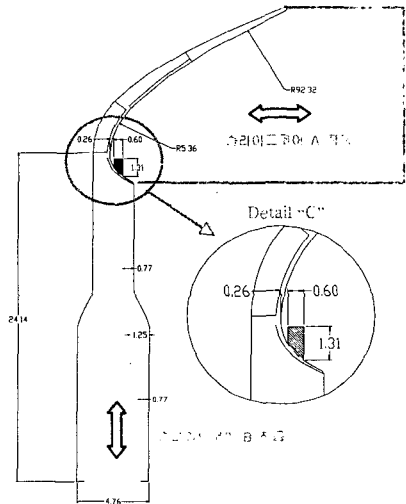


Fig. 5 Mold design for scaler tip.

초기 금형설계에서는 Fig.5 에서 보듯이 슬라이드 방식의 이용을 고려 하였지만 이 경우 슬라이드의 미세한 구동차이가 발생했을 때 Fig.5 Detail "C" 부위의 접촉에 의한 파손이 우려되고 또한 금형구조적으로 복잡해지기 때문에 설계의도에 부합하지 못했다. 두 번째로 고려한 사항은 슬라이드 방식을 코어핀에만 적용하여 코어핀 끝단부형상의 가공을 통하여 캐비티면과 접촉하는 면접 방식을 고려 하였다. 하지만 이 또한 캐비티와의 정확한 접촉이 되지 않았을 때 플래쉬에 의해서 공급수 유로가 막힐 소지가 있었으며 코어핀의 끝단 지지부가 없기 때문에 사출 성형에서 발생하는 압력에 의해 핀의 변형이 크게 발생할 것으로 판단 되었다. 따라서 최종적으로는 금형 구조를 최대한 간단한 형상으로 유지하며 핀의 변형이 발생되지 않는 금형구조로 설계를 하였다. 2 단

금형구조를 채택하였으며 제품형상의 제약으로 인하여 일반적인 캐비티(cavity)/코어 플레이트(core plate)를 가공하는 방식을 대신하여 앵글러 핀(angular pin)에 의해 구동되는 슬라이드에 캐비티 가공을 하여 제품을 성형하는 방식을 선택하였다. 그 이유는 공급수 유로의 직경이 작기 때문에 유로를 만들어주는 코어핀 자체도 매우 작아 보편적으로 사용하는 코어핀의 슬라이드 방식을 채택하였을 때 위에서 고려 하였듯이 핀의 파손위험이 크기 때문이었다. 또한 $\varnothing 0.6$ 의 작은 코어핀을 고정하기 위한 유로 끝단 토출부위의 금형 살두께가 Fig.5 Detail "C"에서 보듯이 작기 때문에 위의 방식을 사용했을 때 핀 뿐만이 아닌 금형에도 큰 영향을 주기 때문이었다.

제품이 수직으로 배치된 이유는 소결 전의 분말성형품 자체가 취성이 강하여 제품 수평 배열시 이젝터 핀의 위치가 제품 구조상 제품의관으로 위치되어 이젝터 작동 압력에 의한 제품파손이 예상되었다. 따라서 제품 표면에 이젝팅 자국을 피하기 위해 안전한 취출방식인 제품 하단을 슬리브 핀을 이용하여 밀어내는 방식을 사용하였다. 코어핀이 고정된 상태에서 슬리브 방식을 택하였기 때문에 균일한 힘으로 제품 밑단 전체를 밀어내기 때문에 가장 안전한 방식으로 취출이 되었지만, 제품의 수직 배치로 인하여 런너의 유로가 길어지는 것은 피할 수 없었다.

최종 금형 가공이 선행되기 전에 설계상 문제 발생 소지가 가장 큰 코어핀의 휨 예측 및 성형품 내부로 수지 충전 시 흐름 형상을 예측하기 위해 성형해석을 하였다. 해석 결과는 다르게 코어핀의 변형이 거의 없는 것으로 나타났으며 CAE 를 통하여 얻어진 성형품의 에어트랩 결과를 금형설계 및 가공에 적용 하였다. 하지만 에어벤트의 경우 분말사출용금형에 적용 가능한 설계 기준치가 없었기 때문에 일반 플라스틱의 기준치수인 0.02mm 로 적용하였다. 런너직경은 7mm 로 하였으며, 형상은 가장 수지 흐름성이 좋은 원형형상으로 하였다. 게이트는 핀포인트 타입의 $\varnothing 0.3$ 를 적용하였으며 위치는 제품의 금형구조적인 제약 및 코어핀 하단의 직경이 크기 때문에 코어의 변형을 최소화 하기 위해서 제품 하단에 설치 하도록 하였다.

이와 같이 설계된 금형의 가공이 완료된 모습을 Fig.6 에서 보여주고 있으며 Fig. 7 에서는 분말사출 성형 실험 전에 성형성이 좋은 LDPE 를 이용하여

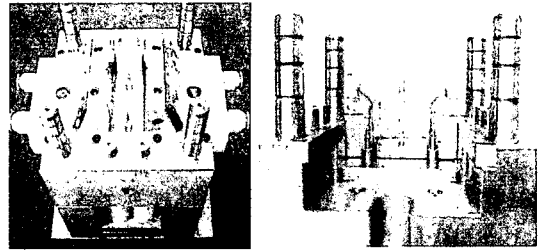


Fig. 6 Photos of dental scaler tip PIM mold.

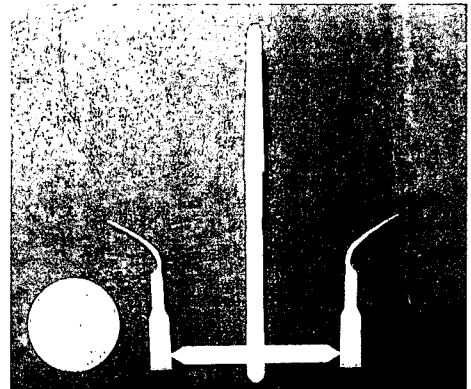


Fig. 7 Photo of dental scaler tip after injection.

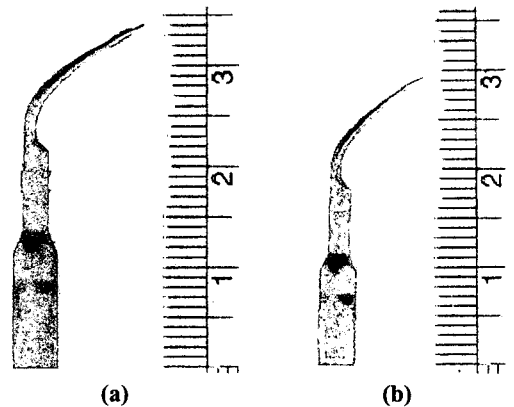


Fig. 8 Photos of dental scaler tip after PIM process.
(a) Green part, (b) Sintered part

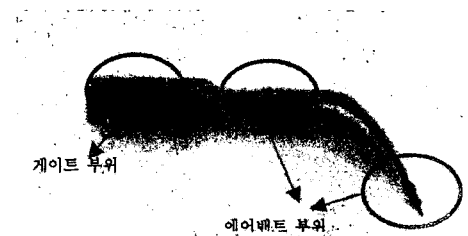


Fig. 9 Photo of troubles after PIM process.

후 기

시험 사출된 제품을 보여 주고 있다. Fig.8(a)는 sus316L 금속분말혼합체(powder/binder mixture)로 성형한 소결전의 성형품이며, Fig.8(b)는 시험 사출된 스케일러 팁의 소결이 완료된 후의 제품을 보여 주고 있다. 2 제품의 크기 차이를 보이는 것은 분말사출성형의 탈지 및 소결 공정중에 바인더 재료로 사용된 고분자 재료를 제거 했기 때문이다. 따라서 부피수축에 따른 수축률을 금형설계에 고려함으로써 요구치수에 맞는 제품을 얻을 수 있었으며, 설계의도에 부합되는 성형품을 얻을 수 있었다.

그러나 Fig.9 에서 보듯이 게이트 주위에 변색이 되어 소결시에 불량 발생소지가 있었으며 에어벤트(Air Vent) 가공부위에 플래쉬(Flash)가 발생하였다.

5. 결 론

치과에서 사용되는 스케일러 팁을 전통적인 기계가공이 아닌 분말사출성형을 이용하여 생산할 수 있는 금형을 제작하였다.

(1) 기계가공에 의한 스케일러 팁 제품보다 기능 및 디자인 면에서 개선 시킬 수 있음을 알 수 있었다.

(2) 곡선부위의 형상을 다양하게 변경하기 위한 인서트 코어를 만든다면 다양한 종류의 스케일러 팁의 생산 가능성을 알 수 있었다.

(3) 시험사출 결과물에 나타난 게이트와 에어벤트 부근의 불량현상의 개선이 요구된다.

본 과제는 한국생산기술연구원이 주관하는 생산기술연구사업, 산업자원부가 지원하는 부품소재 종합기술지원사업 및 2010 생산기반기술혁신사업 생산기반인력양성사업의 지원으로 진행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다.

참 고 문 헌

- [1] 1993, 사출금형설계Ⅱ, 한국생산기술연구원.
- [2] 박상엽, 백용균, 2000, 소결의 이론 및 실제, 다성출판사.
- [3] R. M. German, 1990, Powder Injection Molding, MPIF, pp.219 ~ 279.
- [4] R. M. German, A. Bose, 1997, Injection Molding of Metals and Ceramics, MPIF, pp.99 ~ 132.
- [5] B. C. Mutsuddy, R. G. Ford, 1995, Ceramic Injection Molding, Chapman & Hall, pp.164 ~ 244.
- [6] R. M. German, 2003, Powder Injection Molding - Design and Applications, Innovative Material Solutions.
- [7] 권태헌, 박성진, 윤경환, 이상봉, 정영득, 2001, 사출성형 CAE 설계지침, 문운당.
- [8] 조용식, 1997, 사출성형 금형설계기술, 기전연구사.
- [9] 안홍규, 2000, 분말사출성형 금형의 런너설계에 관한 연구, 아주대학교 석사논문.
- [10] 이정환, 2000, 분말사출성형 금형의 게이트 크기 효과에 관한 연구, 아주대학교 석사논문.