

치과수술용 scaler 금형의 분말사출성형 CAE 해석설계

CAE Analysis of Powder Injection Molding Process for Dental Scaler Mold

황철진^{*1}, 박형필^{1,2}, 고영배¹, 정성택³, 이병욱²¹한국생산기술연구원 정밀금형팀, ²아주대학교 기계공학과, ³(주)세타텍

1. 서론

본 연구는 공정수와 형상정밀도등에서 많은 장점을 가지고 있는 분말사출성형공정을 이용하여 기계가공을 이용한 생산방식을 대체하고자 CAE를 이용하여 분말사출성형공정의 사출공정을 미리 예측, 분석하고 실제 공정에서 발생할 수 있는 문제점들을 최소화하여 스케일러팁 (scaler tip)의 최선의 사출성형 공정을 찾고자 한다.

2. 제품 및 금형설계

상용중인 Scaler Tip의 기능을 토대로 제품의 기능 향상 및 분말사출용 금형 제작을 위한 스케일러 팁의 제품 설계를 진행하였다. 기본적인 제품 요구사항을 살펴보면 장비와의 체결을 위하여 공급수의 입구측에 나사가공을 위한 살두계를 유지해야 하고, 또한 제품의 크기가 작으며 의료용 장비이기 때문에 보관 및 장비 체결 시 회전 방지를 위한 단면 형상은 유지 되어야 한다. 따라서 이러한 요구사항을 고려한 스케일러 팁 제품의 기능 및 디자인 개선을 제품설계에 반영하고 분말사출용 금형을 통한 제품생산을 위한 금형설계도 동시에 고려하여 진행하였다. 제품의 기능과 금형제작의 용이성을 동시에 만족하는 제품 설계를 위하여 스케일러 팁의 유로를 결정하였고, 토출부의 형상을 변화 시켜 1개의 코어핀을 이용하여 제품을 성형하도록 하였으며 공급수가 자연스럽게 유로를 따라 흐를 수 있도록 설계하였다. Fig. 1은 최종적으로 설계된 제품의 형상과 보여주고 있다.

3. Dental Scaler의 분말사출 금형설계

본 연구에서 사용한 CAE해석 프로그램은 사출성형공정해석에 널리 사용되고 있는 Moldflow를 사용하였으며 Fig.2는 유한요소모델의 결과를 보여주고 있다. 유한요소 생성 결과에서 보듯이 금속분말혼합체를 이송시키기 위한 delivery 시스템은 일차원요소로 모델링 하였으며, 제품의 모델은 fusion요소로 모델링 하였다. 또한, 전체적으로 사용한 element와 node의 수는 각각 26,668개와 13,456개이다. 사출성형해석을 위한 초기의 조건은 충전시간(filling time)을 변수로 진행하였다. Fig. 3은 충전시간(filling time)을 변수로 정하여 다양하게 변화시켜가면서 각각의 경우에서 완전히 충전된 시점에서의 압력(pressure at end of fill)의 값을 보여주고 있다.

해설결과에서는 일반 사출성형 해석에서와 마찬가지로 짧은 사출시간과 긴 사출시간에서의 압력분포가 높게 발생하였지만 분말사출성형의 경우에는 뚜렷하게 낮은 압력분포가 발생하는 사출시간이 나타나지 않고 0.4~1초 사이에서 거의 비슷하게 낮은 압력의 값을 나타나는 것을 알 수 있었다. 물론 수치적으로 최소값이 발생하는 사출시간은 0.7초에서 최소 압력값인 31.4MPa이 발생하였다. 따라서 이러한 해석결과를 바탕으로 최적의 사출시간은 0.7초라고 할 수 있다. 하지만 이 구간에서의 압력값의 차이는 최대 0.3에서 최소 0.03%이므로 CAE의 해석상의 오차라고 말할 수 있을 정도의 수치이다. 따라서 최소 압력이 발생하는 사출시간의 선정은 명확하게 구분되어지기 어렵다고 할 수 있다. 하지만 사출시간의 증가로 인하여 충진이 끝나기 전에 고화가 이루어져 미성형이 발생하는 최소 사출성형시간은 2초 이후에서 발생함을 알 수 있었다. 최적시간 구간에서 사출성형의 cycle time을 고려한다면 사출시간이 가장 적은 4초가 가장 적합할 것이다.

다음으로는 이러한 4초라는 사출시간을 기준으로 일정한 램속도를 다단으로 변화시켜 사출성형시 일정한 유동선단의 속도(melt front velocity)를 유지하도록 하여 성형해석을 수행하였다. 이는 캐비티 충전 동안 유동의 균형을 잡는데 매우 중요한 변수가 되며 실제 사출에 있어서도 제품의 변형이나 수축을 최소화 하고 아울러 사출압력도 낮출 수 있는 조건이 된다.

하지만 사출해석을 통해 얻는 램속도분포는 수치적으로 이를 최적화하기 위하여 제품의 형상에 따라서 매우 단순하기도 하고 무수히 많은 속도의 변화를 주기도 하지만 이는 실제에 있어서는 사용하고자 하는 사출기의 성능에 따라서 다단사출의 한계가 있어 이를 고려하여 성형조건을 잘 결정하여야 할 것이다. Fig. 4는 사출성형해석의 결과로 확인할 수 있는 이상적인 램속도분포를 보여주고 있다. Fig. 5와 Fig. 6은 Fig. 4에서 보여주는 램속도분포를 사출시간 0.4초의 해석 조건에 적용한 결과를 보여주고 있다. 앞서 언급했던 것과 마찬가지로 최대압력이 30.84MPa로 약 1Mpa정도 감소한 것을 알 수 있다. Fig 7은 금형설계단계에서 문제시되었던 사출중의 슬라이드 코어의 휨정도를 사출성형해석을 통하여 검토한 결과이다. 이러한 결과를 바탕으로 설계를 검증하였고 시사출시에 문제가 없음을 확인하였다.

5. 결 론

본 연구에서는 분말사출성형용 스케일러 금형의 사출성형해석을 수행하였다. 이를 통하여 실제 사출 시에 발생할 수 있는 문제점을 시뮬레이션을 통하여 파악하고 검증하였다.

참 고 문 헌

- [1] R. M. German, A. Bose, 1997, Injection Molding of Metals and Ceramics, MPIF, pp.99 ~ 132.
- [2] R. M. German, 2003, Powder Injection Molding-Design and Applications, Innovative Material Solutions.
- [3] 권태현, 박성진, 윤경환, 이상봉, 정영득, 2001, 사출성형 CAE 설계지침, 문운당.

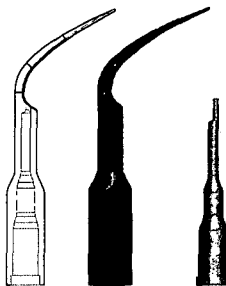


Fig. 1 Final design of dental scaler tip.

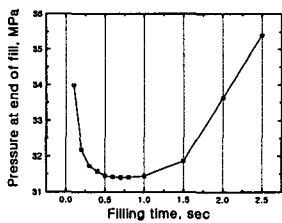


Fig. 3. Pressure at end of fill vs Fill time.

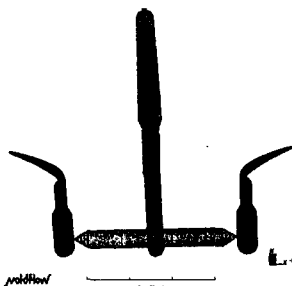


Fig. 2 Finite element modeling with delivery system.

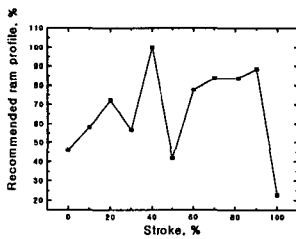


Fig. 4 Recommended ram profile (injection velocity profile).

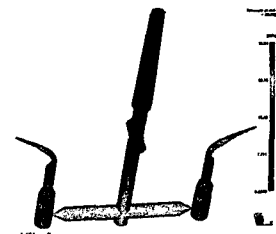


Fig. 5 Distribution of pressure at end of fill (30.84MPa)

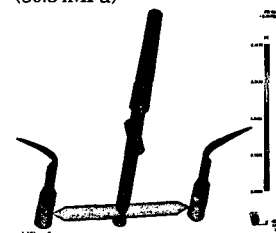


Fig. 6 Distribution of fill pattern (fill time = 0.4172sec).

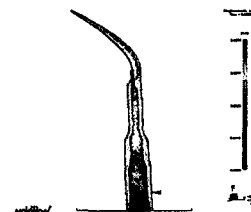


Fig. 7 Distribution of core deflection(0.005mm).