

복합재료를 사용한 추관체 정형용 케이지의 성형공정에 관한 연구

유경민, 윤재륜
서울대학교 재료공학부

The development of vertebral cage

Kyung Min You and Jae Ryoun Youn

The School of Materials Science and Engineering, Seoul National Uni.

1. 서론

추관체 정형용 임플란트는 현재 대부분이 금속재료인 타이타늄을 중심으로 이용되고 있다. 그러나, 금속재료는 생체적합성이 떨어지고, 골수암을 유발 시킬 수도 있으며, 뼈를 수축시키는 작용을 하기 때문에 이를 대체할 수 있는 재료의 개발이 시급한 문제이다. 한편, 내충격성, 내피로성, 안정성 등의 기계적 성질이 우수할 뿐만 아니라 매우 적은 수분 흡수율을 지닌 고분자 재료인 PEEK (polyether ether ketone) 수지가 생체적합성이 우수하고 기존의 금속재료가 가지는 단점을 보완할 수 있음이 판명됨에 따라 이를 추관체 정형용 임플란트로 응용해 보고자 한다. PEEK를 이용하여 추관체 정형용 임플란트를 성형하고자 할 때 가장 적합한 방법은 다양한 기하학적 형상의 제품을 대량으로 생산하기에 용이한 사출성형(injection molding)에 의한 방법이다. 따라서 이 논문은 독특한 기하학적 형상을 지니는 추관체 정형용 임플란트의 새로운 형태의 고안과 함께 이를 생산하기 위한 최적화된 성형공정 조건을 설계하는데 주목표를 두고 있다.

또한 향후 사출성형으로 만들어진 최종 제품인 cage의 3차원 응력해석을 수행하여 인체 내부에서 반복적으로 가해지는 하중이 제품에 어떤 영향을 끼치는지 파악하고, 그 결과로부터 좀더 나은 물성을 가지는 제품을 설계하도록 한다.

Cage 의 design은 3D CAD software을 이용하였으며, gate, cooling line, runner 등의 금형 설계 및 사출압력, 사출온도, 금형온도, 보압압력 등 케이지 성형공정 조건의 결정은 상용 프로그램 moldflow를 이용한 성형 simulation을 통해 이루어질 것이다.

2. 사출성형

사출성형(injection molding)이란 고분자재료를 적당한 압력으로 금형케비티(mold cavity)에 충전하여 원하는 제품을 제조하는 순환공정으로 플라스틱 가공 방법 중에 가장 많이 사용되는 기술이다. 이 가공법은 우수한 치수 정밀도와 복잡한 제품을 한번에 제조할 수 있는 공정으로, 대량 생산이 요구되는 제품생산에 적합하며, 성형된 제품의 제2차 가공이 요구되지 않아 1차 가공만으로 완성품이 가능하다는 장점이 있다. 그러나 이러한 장점에도 불구하고 수축과 변형 등의 문제점이 항상 있다. 성형물의 물성은 사용되는 재료에 의해 좌우되지만, 성형조건에 따라 큰 영향을 받는다. 따라서 높은 품질의 성형품은 제조하려면, 사용수지

의 특성을 살린 제품설계와 성형품에 적합한 사출 성형기를 선택하는 것도 중요하지만, 적절한 성형조건의 설정이 필수적이다. 성형품의 품질에 영향을 주는 인자로서는 압력, 속도, 위치, 시간, 온도 등이 있으면 이러한 요인들은 상호간에 영향을 주므로 성형조건 설정 시 주의해야 한다.

3. Cage 설계 및 사출성형 해석

3.1. Cage 의 Design

척추체간 내에 임플란트 즉 cage를 삽입하면, 인체의 뼈와 융합되는 과정이 필요한데 그 때 단단한 골융합을 위해서는 인체뼈와 cage안의 뼈가루의 접촉을 많이 하여야 한다. 이를 위해서는 많은 fusion을 가질 수 있어야 하기 때문에 모든 면에 창(구멍)을 달아주었다. 또한 척추 안에 들어갈 때 부드럽게 들어갈 수 있도록 앞은 굴곡을 주었고 크기는 시중에 판매되고 있는 cage와 유사한 크기로 다음과 같은 최종 2가지 형태의 cage를 고안하였다. Screw와 click 형, 2가지 중 시술 시 사용하기 쉬운 형태를 사출성형 할 계획이다. 우선 screw 형은 body, panel, screw 세 부분으로 이루어지며 시술 시에는 세 부분을 screw를 돌려 조립하게 된다. 반면에 click 형은 이미 body에 나와 있는 click 부분에 panel을 눌러 끼워서 조립한다.

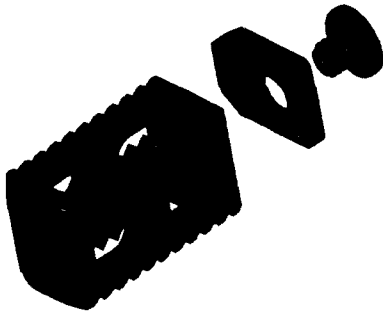


Fig. 1. 조립 전 screw형 cage.

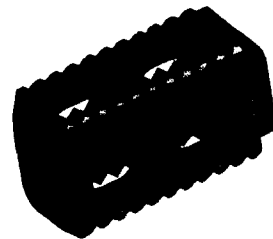


Fig. 2. 조립 후 screw형 cage.

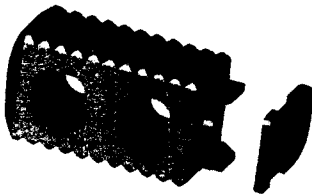


Fig. 3. 조립 전 click형 cage.

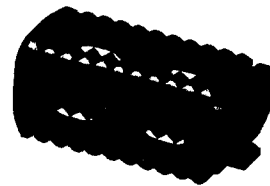


Fig. 4. 조립 후 click형 cage.

3.2. Cage의 SLA

CAD를 통해 그린 cage를 STL 파일로 export해서 광조형법을 통해 시제품을 제작해 보았다. 광조형법(SLA;stereolithography)은 컴퓨터에 의해 제어되는 레이저를 일정 두께의 액상 광경화수지를 두고 그 위층을 경화시키는 과정을 반복해서 시제품을 만드는 방법이다.

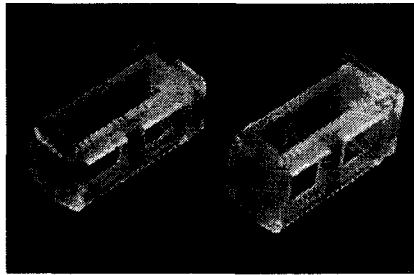


Fig. 5. SLA로 만들어진 cage의 형태

3.3. Cage의 응력해석

8000N의 compressive force 로 가했을 때 변형되는 정도를 linear elastic FEM해석으로 살펴보았다. PEEK의 yield stress 100MPa정도 안에 들 수 있도록 하였으며 인체 안에서 힘을 받는데 큰 문제가 없음을 볼 수 있었다.

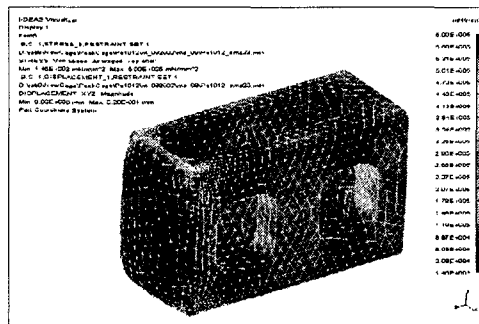


Fig. 6. 응력 해석 결과

3.4. Cage의 injection molding 의 simulation

Moldflow를 이용해서 2D의 경우를 시도해보았다.

Melt temperature은 300℃이며, injection time 1s, material은 PEEK 151G Victrex (USA)이다. 수지묘사에 사용된 element 수는 18516이며, 삼각형 요소이다. 금형의 형태는 cooling line (d:8mm, l=150m), cold sprue (d:3~5mm, l=70mm), cold runner d=5mm, l=40m), cold gate (d:1.2mm, l=30mm) 이다.

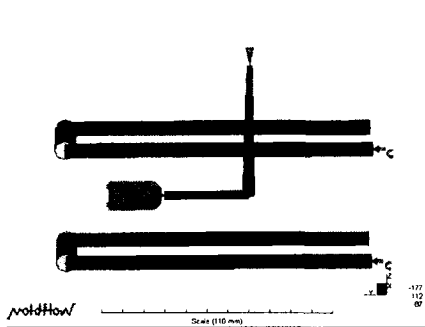


Fig. 8. 금형 설계

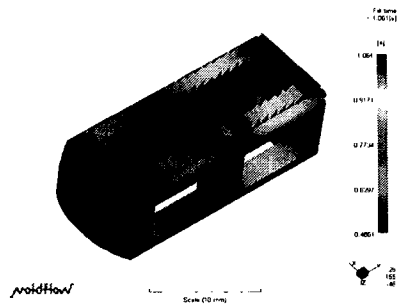


Fig. 9. 시간에 따른 유동선단의 모습

4. 실험 결과 및 토론

새로이 고안된 cage는 그 형태가 안정정이며 높은 강도를 견뎌낼 수 있으며, 사출성형에 큰 어려움이 없을 것으로 보인다. 앞으로 최적의 성형 조건을 찾아내기 위해서 gate위치, runner 형태, cooling line 등을 변화시키며 그에 따른 moldflow의 결과를 얻어서 가공 전 최적의 성형조건을 찾아야 할 것으로 보인다. 또한 그 후 사출성형으로 얻어낸 최종제품으로 물리적 성질을 측정할 수 있는 다양한 실험을 할 계획이다.

후기

본 연구는 벤처 및 중소기업개발지원 과제로서 보건복지부에 의하여 지원되었으며 이에 감사를 표합니다.

5. 참고문헌

1. 한국유변학회, "유변학의 이론과 응용"
2. Stanley Middleman, "Fundamentals of Polymer Processing", McGraw-Hill, 1977
3. J. M. Mckelvey, "Polymer Processing", John Wiley and Sons, 1962
4. Z. Tadmor and C. G. Gogos, "Principles of Polymer Processing", John Wiley and Sons, 1980
5. Charles Dean Ray, "Spinal Interbody Fusions: A Review, Featuring New Generation Techniques", Neurosurgery Quarterly, 7, 125~156(1997)
6. Ray CD, " Threaded fusion cage : new technique for lumbar interbody fusion ", Annual Meettion of the North American Spine Society, 1989
7. Brantigan JW, Cunningham BW., Warden K, " Compression strength of donor bone for posterior lumber interbody fusion, Spine, 18, 1213~1221 (1993)