

# 열유동해석을 이용한 Conformal Cooling Channel Core 설계 및 성능평가에 관한 연구

## A Study of Design and Performance Evaluation on Conformal Cooling Channel Core using Fluid and Thermal Analysis

\*고영배<sup>1</sup>, 이종원<sup>1</sup>, #이성희<sup>1</sup>

\*Y. B. Ko<sup>1</sup>, J. W. Lee<sup>1</sup>, #S. H. Lee(birdlee@kitech.re.kr)<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국생산기술연구원 금형·성형기술연구부

Key words : Conformal Cooling Channel, Injection Molding, Rapid Tooling, CAE

### 1. 서론

쾌속조형으로 불리는 쾌속성형(Papid Prototyping:RP)은 약 10년 전에 개발되어 그 동안 많은 관심을 끈 제품 성형방법중에 하나이다. 이 방법은 제품 설계에서부터 시제품 제작과 완제품의 대량생산까지 도달하는데 필요한 시행착오를 컴퓨터를 기반으로 통합하면서 제품 생산시간을 단축하는 것을 특징으로 하고 있다. 이러한 성형방법은 원래 고분자나 금속 모형을 만드는 목적으로 출발하였기 때문에 금속과 기계 분야에서 지속적으로 발전하였다<sup>1-3</sup>.

이러한 장점으로 인하여 최근에는 사출성형 금형 개발 분야에서 제품의 생산성 향상과 변형 최소화를 위하여 형상 적응형 냉각회로(Conformal Cooling Channel)을 가진 금형과 이중 재료 혼합식 금형개발에 대한 쾌속툴링(Rapid Tooling:RT) 공정의 적용에 대한 연구가 활발히 진행이 되고 있다<sup>4-8</sup>.

연구초기에는 Direct Metal Sintering(DMSL)기법을 이용한 쾌속툴링 기술이 활발히 진행되었으며 기존 기계가공에 의한 공법보다 소재의 낭비가 없으며 환경친화적인 방법으로 금형형상 및 냉각회로를 제작할 수 있어 많은 주목을 받았다. 하지만 공정의 특성상 실제 사출성형에 적용하였을 경우 냉각회로의 누수 및 금형표면의 크랙등의 문제가 빈번하게 발생되었다.

이러한 문제점을 극복하고자 최근에 주목받고 있는 기술중 하나는 레이저를 이용한 금속분말을 3차원적으로 용융 및 급속 응고하는 기술로 냉각회로의 누수 및 크랙등의 문제가 많이 향상되었다.

본 연구에서는 레이저 규징 기술(Laser Cusing Technology)<sup>9</sup>을 적용한 자동차용 Foot Blake Pedal용 사출금형 제작의 선행연구로 열유동해석 프로그램인 ADINA<sup>10</sup>를 사용하여 냉각회로의 열유동 특성을 예측하고 평가하여 실제 금형설계에 반영하고자 한다.

### 2. 금형 코어 형상 및 냉각회로 설계

#### 2.1 금형 코어의 형상 및 구조

본 연구 대상 제품은 Fig 1.과 같이 자동차용 Foot Blake Pedal의 커버로 사용되는 사출품으로 사출성형용 금형은 Fig 2와 같이 2 캐비티로 성형을 하고 있다. 현재 설계된 금형 내부의 내각수는 상하 측에 일반적인 Gun Drilling 가공을 통해 제작되어 있다.

제품의 전체적인 크기는 약 40×36×25mmdla, 사출성형 측면에서 가장 중요한 성형품의 두께는 3mm에 5.5mm로 위치에 따라 가변적이며, 일반적인 사출성형품에 비해 상대적으로 두꺼운 형상이다. 이로 인하여 두께 편차에 의한 균일냉각에 어려움이 있고 결과적으로 수축편차와 같은 문제가 발생될 가능성이 높다. 또한, 생산성 측면에서 성형 사이클 타임이 길어지는 취약한 단점을 가지고 있다. 따라서, 균일 냉각과 생산성 향상을 위해 기존 금형구조의 검토를 통하여 위에서 언급한 문제점을 해결할 수 있는 냉각회로의 설계가 필요하다.

#### 2.2 Conformal Cooling Channel core 설계

일반적인 냉각회로 설계에서는 회로간의 간격은 회로 직경에

2.5~3.5배이며, 가능한 균일한 온도를 유지하기 위하여 금형벽 면으로부터 회로간의 간격도 회로직경의 0.8~1.5배의 거리를 유지하도록 제안되고 있다. 하지만 이는 일반적인 사출금형설계 시 많이 고려되어 적용되고 있지만 본 연구에서는 이러한 설계방식으로는 사출성형공정에서 발생할 수 있는 문제점을 해결하기에는 어려움이 있어 기존 냉각회로구조에 국부적으로 취약할 것으로 판단되는 성형품 배면에 제품 취출을 위해 적용된 펀치코어(punch core)에 레이저규징 가공방식을 적용하여 냉각회로 형상을 가공하고자 한다.

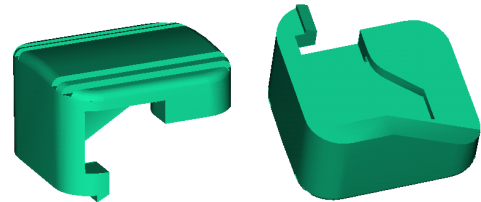


Fig. 1 Shape of foot brake pedal cover

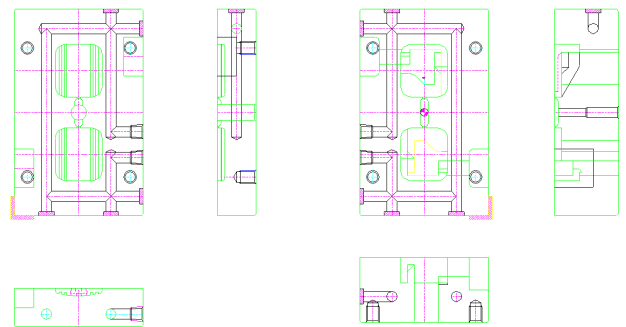


Fig. 2 Drawing of injection mold applying the conventional cooling channels

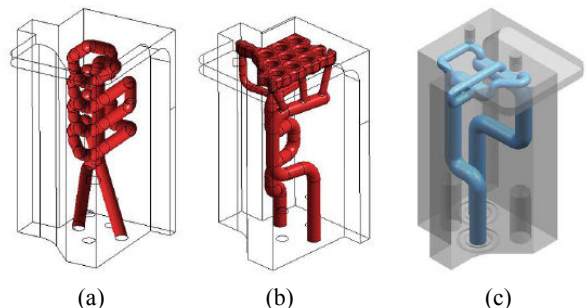


Fig. 3 Various 3D shapes of conformal cooling channel for insert core block in injection mold

#### 2.3 수치해석 및 방법

가공에 앞서 사출성형해석을 통해 기본적인 냉각회로의 형상 및 성형품의 온도분포 등을 확인하여 Fig. 3과 같은 냉각회로를 제안하였고 냉각성능 측면에서 열유동 해석을 수행하고자 Fig. 4와 같이 Fig3.(c)를 전처리 프로그램인 HyperMesh를 이용하여

유한요소모델을 생성하였다. 인서트 코아블럭의 유한요소수 유동영역을 포함하여 약 80,000개이며, 캐비티와 코어부의 유한요소수는 약 150,000개와 80,000개 정도이다. 코어의 재료는 일반적인 금형강이며, 정밀사출성형해석에 적용하였던 조건과 동일한 해석조건을 적용하여 해석을 수행하였다. 또한 냉각회로에 적용한 냉각수의 해석조건은 초기온도 25℃, 입구측 속도조건으로 유량과 냉각회로의 단면적을 이용하여 본 연구에서 제안한 냉각회로에서는 약 2.245m/s의 초기속도를 적용하였다.

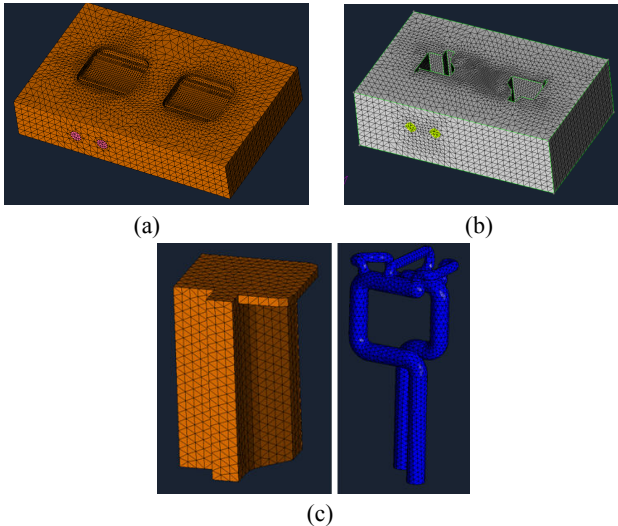


Fig. 4 Finite element model of Cavity Plate(a), Core Plate(b) and Core Block(c)

### 3. 결과 및 고찰

일반적으로 정밀사출성형해석의 결과에서도 냉각채널의 레이놀즈수의 분포를 알 수 있다. 이러한 냉각회로의 레이놀즈수는 냉각성능의 영향을 미치는 인자로 매우 중요하다. 즉, 냉각회로 내에서 난류(Turbulent)를 형성한다면 냉각효율이 좋아질 것이지만 국부적으로 층류를 형성한다면 해당 지역에서는 냉각효율이 떨어져 성형품의 불균일한 냉각을 발생시킨다. 일반적으로 물의 경우 레이놀즈수가 약 4,600이상이면 난류를 형성하고 2,000이하이면 층류를 형성하게 된다. 본 연구에서 제안한 냉각회로의 경우 Fig. 5에서 보는 것과 같이 성형품 배면에 형성되어 있는 3곳의 분기부에서 레이놀즈수가 5,400 이상으로 난류를 형성하는 것을 확인할 수 있었다. 이는 냉각성능 측면에서 효율적으로 설계되었음을 예측할 수 있다.

열전달 측면에서 전체적으로 성형품의 취출 온도인 50℃까지 기존 사출성형공정에서는 약 25초를 적용하고 있었으나, 본 수치해석결과로는 약 20초 이내로 20% 정도의 냉각효율의 향상을 예측할 수 있었다. 이와 함께 성형품 배면에 두께 편차에 의해 존재하였던 불균일한 냉각분포도 본 연구에서 제안한 냉각회로로 해결이 가능한 것으로 판단된다.

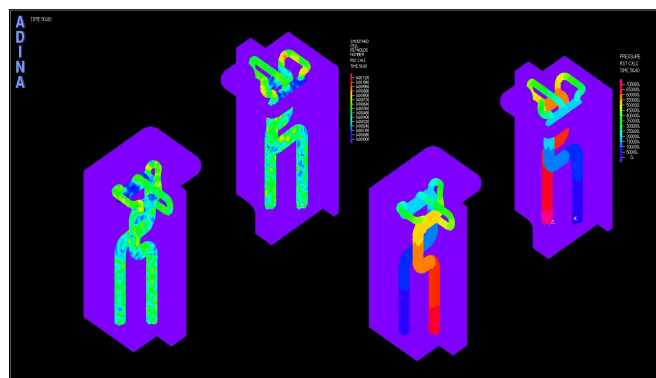


Fig. 5 Reynolds number distribution at conformal cooling channel

### 4. 결론

본 연구에서는 자동차용 Foot Blake Pedal용 cover의 사출금형 제작에 앞서 기초 연구로 열유동해석을 통해 냉각수의 유동측면에서 냉각효율 예측하였고, 이를 통해 코어부에 해석결과를 반영한 냉각회로를 제안하였다.

### 후기

본 연구는 2008년도 중소기업기술혁신개발사업(08-SE-1-0049)에 의해 수행되었으며, 이에 관계자 여러분께 감사드립니다. 또한, 연구를 위해 도움을 주신 (주)현대정금 및 KAMI 관계자 여러분께 진심으로 감사드립니다.

### 참고문헌

1. T. T. Wohlers, "Rapid Prototyping Manufacturing State of the Industry Annual Worldwide Progress Report," Wohler's Associates, Inc., 2006.
2. E. SACHS, "Production of Injection Molding Tooling With Conformal Cooling Channels Using the Three Dimensional Printing Process," POLYMER ENGINEERING AND SCIENCE, Vol. 40, No. 5, 2000.
3. Ronald X. Xu, "Rapid Thermal Cycling with Low Thermal Inertia Tools," POLYMER ENGINEERING AND SCIENCE, v.49 no.2, 2009.
4. <http://www.pomgroup.com>
5. M. Knights, "Rapid Tooling Its Faster in Molding," Plastics Technology online Articles, 1-6, 2003.
6. J. Meckley and R. Edwards "A Study of the Effect of Conformal Cooling on Part Temperature," ANTEC 2008, 2008
7. J. Meckley and R. Edwards "A Study of the Mold Thermal Characteristics of Cooling Lines in Conventional and Rapid Tooling," ANTEC 2008, 2008
8. Gebhardt, "Rapid Prototyping," 1st Ed, Hanser, 181-183, 2007
9. K. Buijs, "Lasercusing will it make removing metal by machine and casting a thing of the past," Stainless Steel World, December, 2005
10. ADINA, "Theory and Modeling Guide," Vol. 1, 2000.