

## 급속가열로 인한 박육성형 제품에 대한 연구

### A Study on Performance Evaluation of Rapid Heating of Thin Wall Molding

\*김옥래<sup>1</sup>, #우창기<sup>2</sup>, 차백순<sup>1</sup>, 김영근<sup>1</sup>, 채보혜<sup>1</sup>

\*O. R. Kim<sup>1</sup>, # C. K. Woo(woerwck@incheon.ac.kr)<sup>2</sup>, B. S. Cha<sup>1</sup>, Y. G. Kim<sup>1</sup>, B. H. Chae<sup>1</sup>

<sup>1</sup> 한국생산기술연구원 금형기술센터, <sup>2</sup> 인천대학교 기계시스템공학부

Key words : Injection Molding, Rapid heating, Thin molding, CAE, Plastic

#### 1. 서론

금형 및 사출산업은 반도체, 가전, 통신기기, 컴퓨터에서 자동차, 일반 기계에 이르기 까지 산업 전반의 근간이 되는 산업으로써, 정밀한 가공 기술과 신기술 개발이 절실히 요구 되는 분야이다. 사출금형은 복잡한 형상의 단체성형이나 대량생산이 가능하기 때문에 전기전자 제품은 물론 자동차, 항공기의 부품에 이르기까지 많은 공업 제품의 성형에 이용되고 있으며, 이러한 제품 개발 및 생산을 위하여 필수 불가결한 기술인 금형 산업에 대한 요구는 그 기술의 강도를 향상시키고 국제적인 경쟁력을 요구하고 있다. 또한 제품 사용 주기가 점차 단축됨에 따라 종래의 대량 생산체제에서 소비자의 취향에 맞게 대응할 수 있는 다품종 소량생산 체제로 변모하고 있으며 제품의 기능성과 견고함 외에도 미려한 외관과 소비자의 취향에 맞는 외형이 요구되고 있어 금형산업의 기술 역시 이러한 요구에 따라 갈 수 있는 기술이 요구되는 실정이다. 또한 현재 많은 연구가 이루어지고 있는 박판성형 공정은 가공 중에 소재의 손실이 적고 가공시간이 짧아 낮은 가격으로 대량생산이 가능하며, 무게에 비해 강도가 높고 표면특성이 우수한 장점이 있으므로 자동차산업, 항공 산업, 전자부품산업과 주방용품 산업 등에서 중요한 제조 공정 중의 하나이다. 박판성형은 드로잉, 스트레칭, 굽힘 등 이들의 조합으로 구성된 복잡한 변형모드를 포함하고 있을 뿐만 아니라, 재료 자체의 성형성(formability), 이방성(anisotropy) 등의 기계적 성질이나, 두께의 불균일, 공구(편치, 다이 및 블랭크 홀더 등의 집합체) 각부의 조합, 표면 및 윤활상태, 성형 등 여러가지 변수가 영향을 미치기 때문에 그 물리적 현상을 정량적으로 파악하기는 매우 어렵다. 그렇기 때문에 금형 설계단계에서 CAE/CFD Simulation에 의해 최적의 가열시스템을 설계하고 사전검증 할 수 있는 최적설계기술을 개발하여 스팀몰드의 가열시스템을 과학적으로 분석하고 사전검증 하며, 납기단축 및 Trial-error 횟수감소, 최상의 금형품질을 확보할 수 있는 최적설계기술 개발을 목표로 많은 연구개발이 이루어지고 있다. Heat Source와 Channel 설계정보에 의해 금형 열교환 시스템의 효율을 CAE/CFD 기술에 의해 사전 검증할 수 있는 Computer Simulation 기술을 개발을 진행하였으며, 해석 결과를 활용한 스팀몰드의 최적 설계 프로세스 개발 및 제작된 스팀몰드의 성능 측정 및 평가기술 개발을 진행되고 있는 실정이다. 본 논문에서는 금형 구조 설계 및 CAE 해석기술을 이용하여 사출성형 공정에 의한 제품을 생산 할 수 있는 금형설계 및 제작 기술을 확보하고, 유사한 제품에 대한 기술을 적용 할 수 있도록 하는데 목적이 있다.

#### 2. 시스템 구성

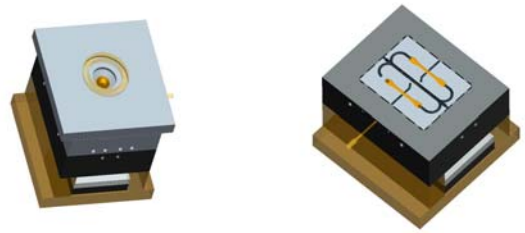


Fig.1 3D mold design

급속가열 금형기술은 금형 내에 Heat Source를 공급할 수 있는 장치를 설치하여 금형의 표면온도를 일정 온도(유리전이온도)이상으로 급속히 가열시키는 기술로써 제품 성형 시 수지의 유동을 향상시켜 수지의 유동으로 인한 불량(미성형, Weld line, 게이트마크 등)을 최소화하고 고품질의 외관을 가지는 제품을 성형 할 수 있는 사출성형 방법이다. Fig1과 같이 본 논문에서는 상 하측의 코어에 대한 유동의 흐름을 달리하여 상측에는 4개의 관을 형성 하여 일직선 방향으로 설계하였고, 하측에는 상측과 마찬가지로 4개의 관을 형성 하였지만 바깥쪽 두 개의 관은 “C” 모양으로 생성하여 유동의 흐름이 실질적으로 형성 하고자 하는 물체에 효율적인 가열 및 냉각을 할 수 있는 순환시스템을 생성 하였다.

#### 3. 개념 설계

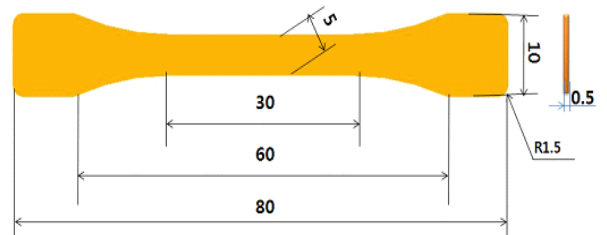


Fig.2 model geometry

위의 Fig.2 와 같이 인장시편의 성형해석을 하기위하여 설계 하였다. 기존의 금형 설계에서는 외관상의 성형 불량을 최소화하기 위하여 사이드 게이트를 적용하였다. 여기에서 게이트와 러너의 크기 및 위치의 설계에 따라 유동 패턴(충진성) 및 웰드라인의 차이가 발생하며, 이러한 결과는 제품의 성형성 및 제품의 품질에 직접적인 영향을 미치게 된다. ABS수지를 사용하였고, 수지에 대해 웰드라인이 형성되는 인장시편과 웰드라인이 형성되지 않는 인장시편에 대해 해석 하였다.

### 3.1 성형해석 및 조건

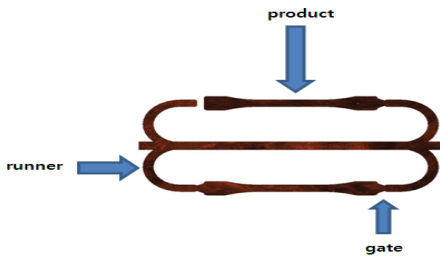


Fig.3 cae model

위의 Fig.3과 같이 설계된 인장시편의 3D 모델링을 설계하여 해석하기로 하였다. 웰드라인이 형성되는지 형성되지 않는지를 확인하기 위하여 한쪽은 open구조로 다른 한쪽은 close구조로 설계 하였다. 상용코드인 moldflow 성형해석을 수행하기 위해서 beam element와 triangular element를 적용하였다. 두께는 0.5mm mesh 크기 1mm로 설정 하였으며 노드의 수는 13089개이고 총 element의 수는 65553개이다. 이어서 냉각 채널과 냉각 온도를 부여하고, 스프루 입구에 본 연구에 해당하는 성형용 수지를 주입 하였다. 각각의 수지에 대해서 해석을 위한 성형조건으로 수지온도의 변화는 웰드라인의 형상이 어느 온도에서 영향을 미치는지 확인하기 위하여 60, 90, 110, 130℃로 설정 하였다.

### 4. 결과 및 고찰

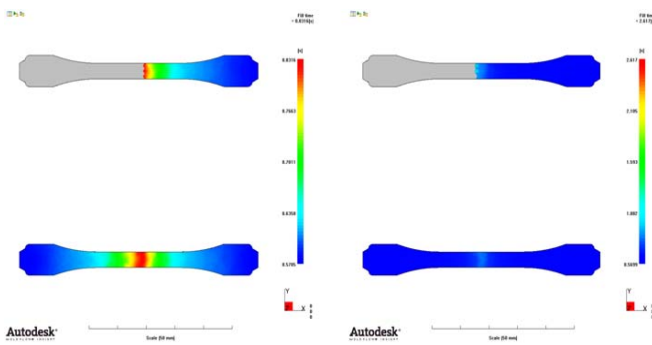


Fig.4 60°C fill

Fig.5 90°C fill

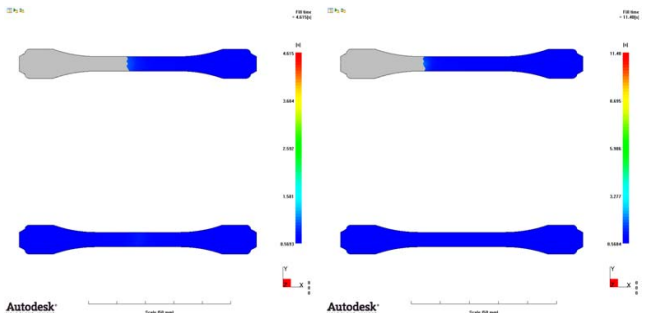


Fig.6 110°C fill

Fig.7 130°C fill

Fig4~7은 60,90,110,130℃의 해석 결과 값이다. 60℃에서는 fill time이 0.8316s, 90℃에서는 2.617s, 110℃에서는 4.615s, 130℃에서는 11.40s의 결과 값이 형성 되었다. 또한Fig8~11 그림과 같이 본 해석 결과를 바탕으로 시험한 결과 수지가 온도에 따라 차이가 있음을 확인 하였고 130℃에서

우수함이 확인 되었다.



Fig.8 60°C flow front



Fig.9 90°C flow front



Fig.10 110°C flow front



Fig.11 130°C flow front

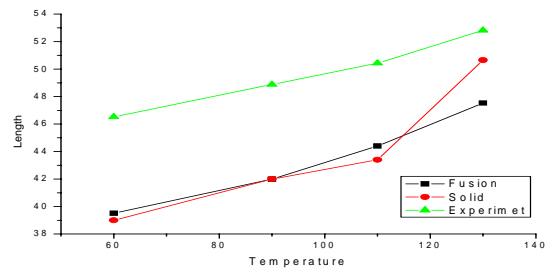


Fig.12 flow length of temperature

위의Fig.12 그림은 일반사출성형에서 금형을 급속 가열하여 시험한 것과 CAE를 통하여 해석 기법을 Fusion방식과Solid (3D)기법으로 금형의 온도를 급속 가열한 해석방식으로 비교분석 하여 보았다. 해석을 수행하여 온도에 따라 웰드라인 및 수지가 충전되는 값이 온도에 따라 다르다는 것을 확인하였고 실제로 실험 결과도 마찬가지로 제품의 웰드라인 및 길이에서 차이가 있음을 확인 할 수 있었다.

### 5. 결론

본 연구에서는 일반사출성형으로 박육성형 제품 개발에서 시행착오를 최소화 하며, 사출성형 과정에서 생산성과 품질향상을 위해 성형해석을 활용하였다. 온도에 따라 웰드라인 및 수지에 충전되는 값이 온도에 따라 비례 한다는 결과값을 형성 되었고, 해석값을 바탕으로 실험한 결과도 온도에 따라 제품의 길이의 비례 및 웰드라인 형성에 영향이 있음을 확인하였다. 향후 압력에 대한 분포도 및 유동의 흐름에 대해 더 많은 연구가 이루어져야 할 것이다.

### 참고문헌

1. Tomari, K, 41993, "Fracture Toughness of Weld lines in Thermoplastic Molding" polym. eng. sci., vol.30, p.931
2. P. C. Chang, S. J. Hwang, 2006, Experimental investigation of infrared rapid surface heating for injection molding. Journal of Applied Polymer Science, vol. 102, no.4, pp. 3704~3713.
3. K. M. B. Jansen, 1995, Heat-Transfer in Injection-Molding Systems with Insulation Layers and Heating Elements. International Journal of Heat and Mass Transfer, vol. 38, no.2, pp. 309~316.
4. D. G. Yao and B. Kim, 2004, Scaling issues in miniaturization of injection molded parts. Journal of Manufacturing Science and Engineering-Transactions of the Asme, vol.126, no. 4,pp. 733~739.