

사출 성형 중 선단에서의 공압 영향 분석

Analysis on the effect of air pressure at the flow front during injection molding process

*박덕수¹, #유영은¹, 윤재성¹, 김선경²

*D. S. Park¹, #Y. E. Yoo(yeyoo@kimm.re.kr)¹, J. S. Yoon¹, S. K. Kim²

¹한국기계연구원 나노공정장비연구실, ²서울과학기술대학교

Key words : Injection molding, air pressure, Cavity pressurization system, vaporization

1. 서론

플라스틱 제품 제조 과정에서 흔히 발생하는 표면 얼룩, 내부 기포나 은줄 같은 다양한 외관 결함은 사출 과정에서 발생하는 대표적인 불량 현상이다[1]. 이러한 결함이 많은 경우, 소재에 포함되어 있는 수분이 성형 중 기화되어 제품의 표면으로 분출되어 발생하게 된다. 이를 방지하기 위하여 성형 전에 소재를 적정한 온도로 가열하여 건조시키는 방법이 일반적으로 적용되고 있다. 그러나 이러한 건조 과정은 에너지 비용 증가, 생산성 저하 등 여러 가지 문제가 존재하여 기화를 방지할 수 있는 새로운 공정기술 개발에 대한 요구가 지속되어지고 있다.

수분 기화에 의한 결함 감소를 위하여 새로운 방법으로 소재 중에 습기를 건조하여 제거하는 대신, 제품이 성형되는 금형의 캐비티 내에서의 기화를 억제하여 표면 불량 문제를 해결하는 것이 가능하다. Fig. 1에 나타낸 물의 상태변화 그래프에서는 잘 알려진 바와 같이, 대기압의 100 °C 부근에서 기화되는 물은 주변 압력이 증가하는 경우 기화 온도도 같이 증가하게 되는데, 10 기압인 경우 기화 온도는 대략 100 °C 정도 증가함을 알 수 있다. 따라서 일반적으로 대기압 상태인 금형의 캐비티를 적정한 압력으로 가압하는 경우, 용융된 수지 내부에 존재하는 수분의 기화를 억제할 수 있어 기화된 수분에 의한 표면 불량을 감소시킬 수 있다. 이러한 기화 억제 공정은 기존의 소재 건조 과정을 생략하거나 최소화 할 수 있어 에너지 비용 및 생산성 저하 문제를 최소화 할 수 있다.

본 연구에서는 앞에서 기술한 수분의 기화 억제를 위하여 캐비티 가압 공정에 대한 실험을 수행하여 표면 결함 특성을 분석하였으며, 기화 억제 공정에 의한 성형 시편의 기계적 물성에 대한 영향을 평가하였다.

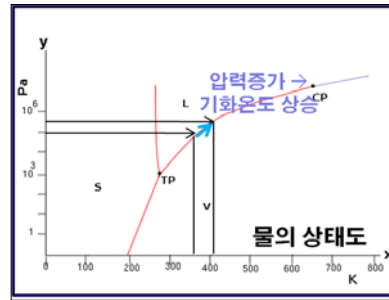


Fig. 1 The relation between vaporization temperature and pressure for water

2. 실험장비 및 방법

2.1 실험장비

본 연구에서의 성형 시스템은 Fig. 2에 나타낸 바와 같이 사출 성형기, 캐비티 가압을 위한 가압기 및 제어기, 밀폐형 캐비티 금형으로 구성되어 있다. 캐비티 가압 장치는 50기압까지 가압이 가능하며 사출기로부터 신호를 받아 가압 제어가 가능하도록 하였다. 적용된 금형은 효율적인 캐비티 가압을 위해 상·하측 금형 접촉면의 정밀 가공 및 O-ring을 적용하여 기밀성을 유지할 수 있도록 하였다.

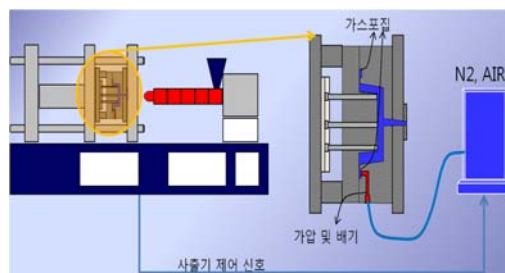


Fig. 2 Schematic of the injection molding system employing pre-pressurized cavity

2.2 실험방법

본 연구에서는 Polybutylene Terephthalate (PBT), Polycarbonate(PC) 및 동일 계열의 재생 소재인 복합소재, Polymethyl Methacrylate (PMMA)를 사용하였으며, 각각의 소재에 대해 건조 및 비건조 상태로 실험에 적용하였다. 인장 및 충격 시편에 대한 일반 성형 공정 및 캐비티 가압 공정을 적용하여 성형 후 시편의 표면 결함 특성 및 인장/충격 특성에 대한 영향을 분석하였다.

충격 강도 및 인장 강도는 각각 ASTM D256 및 ASTM D638 에 의해 측정하였다.

3. 결과 및 분석

3.1 표면 결함 특성

비건조 PMMA 소재를 이용한 일반 성형 공정 및 캐비티 가압 공정을 적용하여 성형한 결과를 Fig. 3에 나타내었다. 캐비티 가압 이외의 다른 조건은 동일하게 적용되었으며, 캐비티 가압 공정을 적용한 경우 일반 성형 공정을 적용한 시편에 비해 표면 불량 없이 매우 양호한 상태의 표면 구현이 가능함을 알 수 있다.



Fig. 3 Appearance of the injection molded specimen using non-dried PMMA with conventional process and new process. (a) Conventional process, (b) pre-pressurized cavity process

3.2 물성에 대한 영향 분석

Fig. 4는 소재의 건조 여부와 가압 여부에 따른 인장강도 및 충격강도의 변화를 나타낸 그래프이다. 비건조 소재의 일반 성형에 의한 시편의 물성이 일반적인 시편(건조 소재의 일반 성형 시편)에 비해 감소하는 것을 알 수 있다. 그러나 캐비티 가압 공정을 적용하면 비건조 소재로 성형한 경우에도 일반적인 시편과 동등한 수준의 물성이 나타남을 알 수 있다. 즉, 캐비티 가압 공정을 적용한 성형 제품에 수분의 기화 억제로 기계적 물성에 대한 영향을 개선할 수 있음을 알 수 있었다.

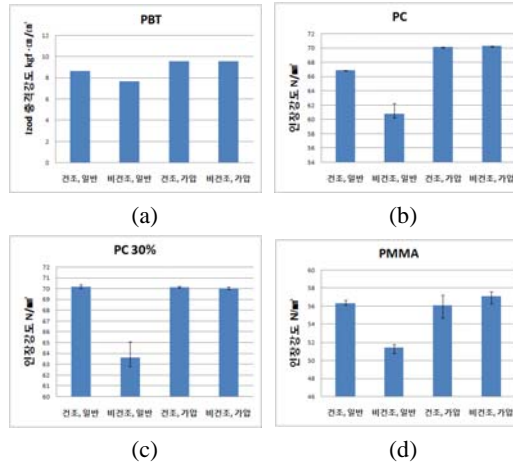


Fig. 4 Mechanical properties for samples from different process conditions (a) Izod impact strength of PBT (b) Tensile strength for PC (c) Tensile strength for PC mixed with 30% of recycled PC, (d) Tensile strength for PMMA

4. 결론

본 연구에서는 사출 성형 중 급형의 캐비티를 일정한 압력으로 가압하는 캐비티 가압 공정에 대한 실험을 통해서 비건조 소재를 적용하는 경우에도 수분 기화를 억제하여 표면 불량을 개선할 수 있음을 확인하였다. 또한 캐비티 가압 공정이 성형품의 기계적 물성에 좋지 않은 영향을 미치지 않음을 충격 시편 및 인장 시편을 제작하여 확인하였다.

후기

본 연구는 중소기업청의 첨단장비활용 기술개발 사업의 “고품위 외관 플라스틱 제품 성형을 위한 에너지 절약형 캐비티 가압 성형 기술 개발” 과제를 통해 수행되었습니다. 관계자 여러분께 대단히 감사드립니다.

참고문헌

1. Donald V. Rosato, etc. *Injection Molding Handbook*, Kluwer Academic Publishers, 2000