

## 금형온도가 사출성형품의 미세구조에 미치는 영향에 관한 연구

이재원, 김동학  
순천향대학교 신소재화학공학부

## Effects of mold temperature on the microstructure of injection-molded parts

Jae won Lee, Dong-Hak Kim  
Department of Chemical Engineering, Soonchunhyang University

## 서론

플라스틱 가공법 중 하나인 사출성형은 비교적 역사가 짧은 기술인 반면 가장 널리 사용되는데, 이는 사출성형이 1차 가공법 이면서 단순한 형상은 물론 복잡한 성형의 제품도 경제적으로 생산할 수 있고, 열가소성수지와 열경화성수지 모두 적용할 수 있기 때문이다[1].

플라스틱은 다른 재료에 비해 가공이 용이하며, 전기 절연성, 내약품성 등이 우수하고, 착색이 용이하고 가벼운 장점이 있다. 이러한 성질들로 인하여 자동차, 가전제품, OA기기 및 기계부품 등에 사용하거나, 종전의 금속재료를 대체하는 등, 그 적용분야가 점점 증가해가고 있다. 이에 따라 플라스틱 재료의 물성 개선에 대한 연구와 성형조건의 최적화에 관한 연구는 현재까지 진행되고 있다[2].

사출성형품에서 분자배향, 형태학적 상구조 등과 같은 미세적 구조는 일반적으로 사출성형품의 형상 및 사출조건에 따라 변하는 것으로 알려져 있다. 이 미세구조는 사출성형 공정에서 고분자에 행해지는 물리적 조건들에 의해 좌우되며, 성형품의 최종 물성과 밀접한 관련이 있다[3,4]. 특히 단일중합체(homopolymer)로 제조된 사출성형품에서는 분자배향 및 밀도분포가 성형품의 최종물성에 대부분의 영향을 미칠 것으로 생각된다.

본 연구는 사출 성형품의 품질에 영향을 주는 인자중 금형의 온도에 따라 성형품의 미세구조에 미치는 영향에 대해 알아보았다. 또한, 금형을 순간적으로 가열시키고 냉각시키는 MmSH(Momentary Mold Surface Heating) 공정조건에 따른 영향도 비교, 검토 하였다.

MmSH공정은 금형 캐비티 표면을 기체 화염을 이용하여 순간적으로 가열 및 냉각하여 표면광택 및 기계적 물성을 일반 사출성형보다 뛰어나게 만드는 신기술이다[5].

## 실험방법

실험에 사용한 사출성형기는 현대정공주식회사의 SPF250 으로 직압식 수평형 타입이다. 성형에 사용된 금형의 개략도는 Fig. 1과 같다. 이 금형은 two cavity 형태로서 한쪽 캐비티(cavity)는 가로, 세로 모두 120mm, 두께는 2mm 로 제작되었고, 다른 한쪽 캐비티는 금형 표면의 전사성을 알아보기 위하여 캐비티의 1/2을 embossing 처리를 하였다. 실험에 사용된 시편은 웰드라인 부분의 상구조를 보기 위하여 사각평판방향의 게이트는 닫고 시편을 채취하였다. 성형품의 표면 및 단면은 시편을 절단하여 BIO-RAD coater 로 관찰면에 금을 증착시켰다. 이 시편을 SEM(JEOL DATUM Ltd., JSM-5310, Japan)에서 웰드라인부분의 형태학적상구조를 관찰하였다. 시편절단부위는 Fig. 2와 같이 좌측 cavity의 hole 부분에서 1cm 에 생성되는 웰드라인에서 취출하였다.

실험에 사용된 수지는 Dow Chemical 의 HIPS 로서 흑색 master batch를 2part를 혼합하였다.

금형온도를 제외한 사출압력, 보압, 속도, 위치, 시간, 수지의 온도는 Table 1과 같이 조건을 설정하였다. 이때, 이 설정값은 사출 속도와 위치, 시간을 고정하고 압력을 조절해가며 성형이 완료되는 시점의 압력에서 10%의 압력을 더 가하여 값을 취하였다.

금형온도는 칠러(chiller)와 금형온도조절기로 조절하여 20℃, 40℃, 60℃, 80℃ 그리고 MmSH조건으로 실험하였다. MmSH 조건은 금형 이동측의 금형온도는 80℃이고, 가열을 가하는 고정측의 금형 표면온도는 약 200℃~250℃이다.

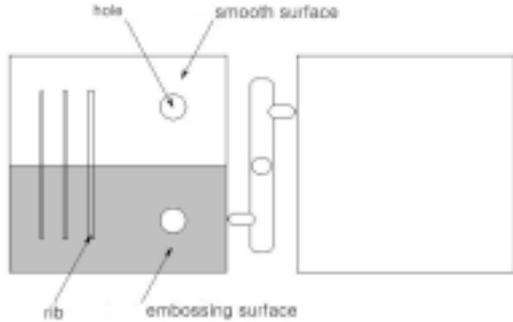


Fig. 1. Schematic diagram of the mold

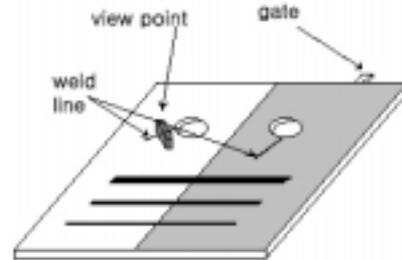


Fig 2. The geometry of part

Table 1. Injection molding conditions

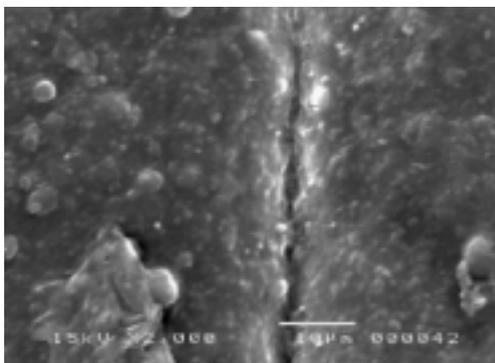
	위치(Stroke)[mm]	압력[kg/cm <sup>2</sup> ]	속도[%]	보압[kg/cm <sup>2</sup> ]	사출시간[sec]
short shot	22	55	45	0	2
full shot	32	55	45	0	2

시편은 각각의 금형온도별로 정상적인 사출상태가 이루어진후 각 온도당 10개의 시편을 취출하였다.

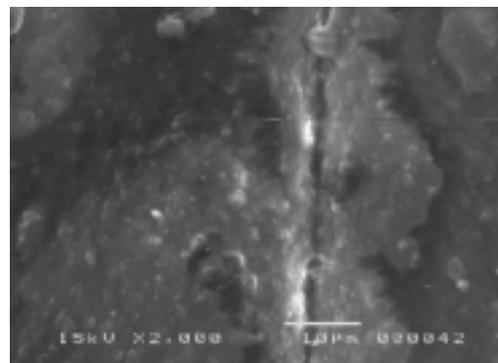
**결과 및 고찰**

Fig. 3은 금형온도에 따른 웰드라인 표면의 SEM사진이고, Fig. 4는 단면의 SEM 사진이다. 사진에서 짙은 검정선 부분에서 대칭적인 상 구조를 볼 수 있는데 이 부분이 웰드라인이다. 웰드라인은 성형품의 외관은 물론 물리적인 물성까지 저하시키는 요인이 된다. Fig. 3에서 보면 성형품의 금형온도가 증가함에 따라 웰드라인이 폭이 점차 줄어들어 80℃에 이르러서는 웰드라인이 확연하게 보이지 않음을 알 수 있다. 이는 캐비티의 온도가 높아질수록 유동수지의 점도가 낮아져 서로 만나는 선단의 폭이 짧아진다고 할 수 있다. 또한 대칭적인 두 표면상의 조직상을 보더라도, 금형온도가 높아짐에 따라 표면의 상이 균일해지는것도 알 수 있다. MmSH의 경우는 표면상에는 웰드라인이 보이지 않았다.

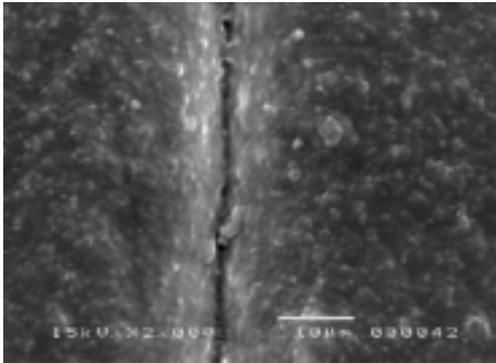
(a) 20℃



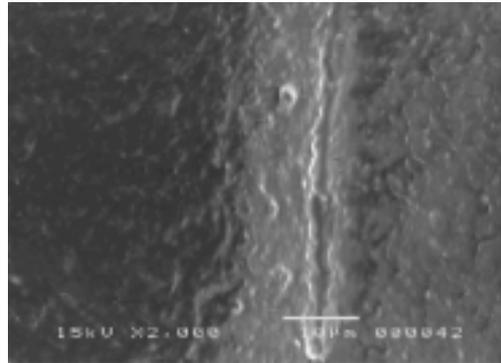
(b) 40℃



(c) 60°C



(d) 80°C



(e) MmSH

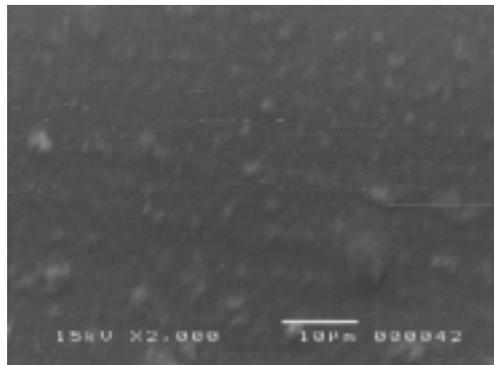
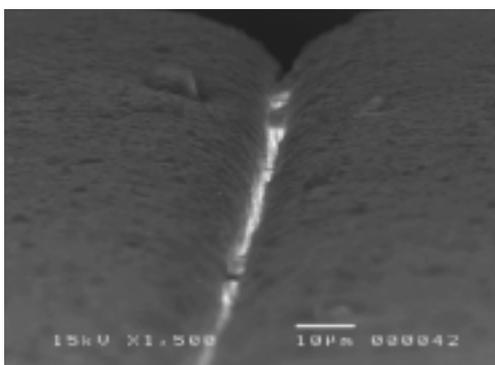


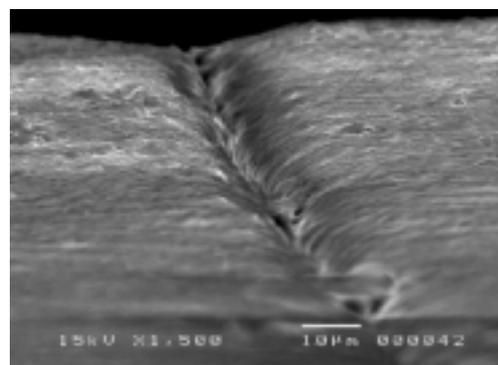
Fig 3. SEM of weld line - surface

Fig. 4 는 웰드라인 부분의 단면사진이다. 표면사진과 같은 결과를 알 수 있는데, 특히 MmSH의 경우는 성형품의 표면부위에서는 다른 금형온도 조건에 비해 고화층(frozen-layer)이 줄어들고, 용융수지의 점도가 낮아져 분자간의 결합이 향상되어 V-notch 가 보이지 않음을 알 수 있다.

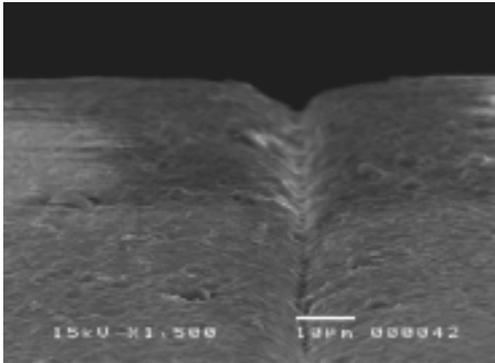
(a) 20°C



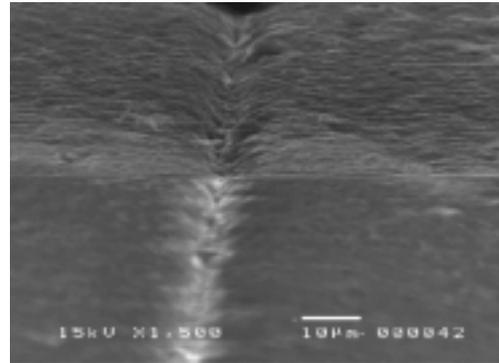
(b) 40°C



(c) 60°C



(d) 80°C



(e) MmSH

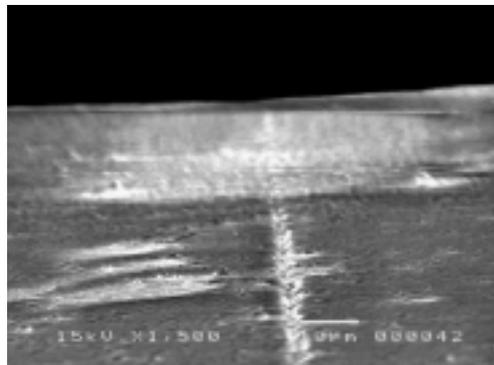


Fig 4. SEM of weld line - partial cross

### 결론

성형품의 웰드라인의 표면과 단면의 형상을 보면 금형온도가 증가함에 따라 웰드라인의 폭과 길이 모두 저하되는 것을 볼 수 있다. 이는 금형온도가 증가함에 따라 두 유동선단이 만날 때 고화층의 두께를 감소시켜 유동수지의 점도를 낮춰줌을 알 수 있다. MmSH의 경우는 캐비티 표면의 온도가 약 200°C가 되어 유동수지 선단간의 결합이 원활해져 일반적인 사출조건에 비해 V-notch가 보이지 않음을 알 수 있었다.

### 감사의 글

본 연구를 수행하는데 도움을 주신 나다이노베이션(주)의 강명호 사장님께 감사의 말씀을 드립니다.

### 참고문헌

- [1] S. Y. Kienzle, "Polymer Blend and Alloy", Technomic Publishing Company, Inc., Lancaster, Pennsylvania, 1988
- [2] 유동형, "21세기의 일본 乘用車 開發 방향", 자동차경제 제 115호, pp.401-412
- [3] S. Fellahi, B. Fisa, and B. D. Favis, "A Morphological Study of Injection Molded HDPE/PA6 Blends", SPE ANTEC'93 conference, 211, 1993
- [4] L. Lundberg and J. F. Jansson, "Anisotropic Creep Behavior of Oriented Polycarbonate", Polymer, vol. 35, 2084, 1994
- [5] 유영은, "사출성형에서의 금형온도의 영향 및 고온의 금형 이용을 위한 공정", 폴리머 저널, 통권 27호, pp.10-18, 2001