

고온기체 유동을 이용한 사출성형품의 웰드라인 개선

정재성¹ · 이영주¹ · 민경배¹ · 송보근¹ · 김희성¹ · 김선경[†]

서울과학기술대학교 제품설계금형공학과

Improvement of Weldlines of an Injection Product in Using Movement of a High Temperature Gas

Jae-Sung Jung¹ · Young-Joo Lee¹ · Kyung-Bae Min¹

Bo-Keun Song¹ · Hee-Sung Kim¹ · Sun-Kyung Kim[†]

Department of Product Design and Manufacturing Engineering, Seoul National University of Science & Technology

(Accepted May 23, 2014)

Abstract : Today, looking at the trend of product development, interests of injection technology to reduce weldline are growing because of increases of polymer composite materials that containing functional elements and demand of no-painted injection in accordance with environmental regulations. In this paper, surface temperatures of mold increased using high temperature gas for elimination of weldline and characteristics of weldline are analyzed according to mold temperature(60°C~120°C).

Key Words : Injection mold, Weldline, High temperature gas

1. 서 론

플라스틱 가공법 중 하나인 사출성형은 높은 경량화와 생산성, 다른 재료에 비해 가공이 용이하며, 전기 절연성, 내약품성 등이 우수하고, 착색이 용이하고 가벼운 장점이 있다. 이러한 장점들로 인해 가전제품, 이동통신, 자동차, OA기기의 외관 및 내부 부품 제조에 많이 사용되고 있다. 최근 첨단부품의 개발추세를 살펴보면 미세한 패턴이 추가되고 기능성 재료가 함유된 고분자 복합재료의 사출이 증가하고 있다. 또한 환경규제에 따른 무도장 사출이 요구되면서 웰드라인(Weldline)과 흐름 자국(Flow Mark)등 표면 결함을 줄이는 사출 기술에 대한 관심이 증가하고 있다.

특히 웰드라인(Weldline)이 생기게 되면 도장 등의 후 공정을 해야하기 때문에 부가적인 경비와 시

간이 소요되게 된다. 또한 웰드라인(Weldline) 발생 부위에서는 ‘V’자 형태의 노치(Notch)가 발생하여 제품의 기계적 특성 저하는 물론 증착, 도장, 도금 등 후 공정에 여러 가지 문제를 유발하게 된다¹⁾.

지금까지 웰드라인을 개선하기 위한 성형조건에 대한 연구가 많이 수행되었는데, 일반적으로 수지온도 및 금형온도를 증가시키는 방안과 구조적으로 대비하는 방법, 사출압 및 사출속도를 높여 웰드 생성부에서의 유동 선단간의 결합력을 증가시키는 방법 등이 있다²⁻⁵⁾. 이 중 금형을 유리전이온도(Glass Temperature)이상으로 가열하는 방법이 소형제품의 웰드라인 감소에 가장 효과적인 것으로 알려져 있으나 사이클타임이 상승하게 되어 생산성 저하의 원인이 된다⁶⁻⁷⁾. 이에 용융수지의 고화층을 최소화하기 위한 방법으로 RHCM(rapid heat cycle molding), 적외선 가열법, 고주파 가열법 등이 제안되고 있다⁸⁻¹⁰⁾.

본 연구에서는 앞서 언급한 방안들이 아닌 고온으로 가열된 기체를 이용하여 금형의 온도를 증가

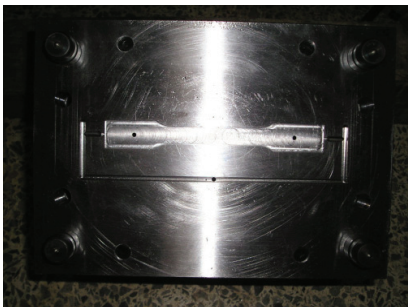
1. 서울과학기술대학교 제품설계금형공학과
† 교신저자 : 서울과학기술대학교 제품설계금형공학과
sunkkim@seoultech.ac.kr

시킴으로써 웰드라인을 개선하는 방안에 대해 연구하고자 한다. 고온기체가 열 금형은 코어(Core)와 캐비티(Cavity)의 뒷면에 고온기체의 유로가 뚫려있는 플레이트(Plate)를 설치하고, 히팅시스템을 이용하여 고온기체를 만들어 금형의 온도를 높이는 방식이다. 금형에 Thermocouple을 설치하여 온도에 따라 성형품의 웰드라인 양상에 대해 관찰해 보고자 한다.

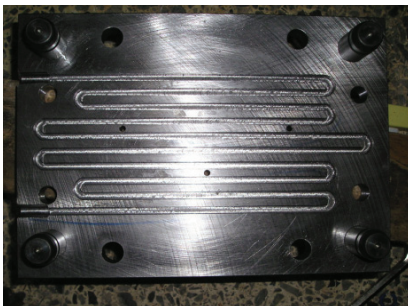
2. 실험

2.1. 금형제작

실험에 사용한 제품의 형상은 ASTM(American Society for Testing and Materials) D618 인장시편을 사용하였고, 시편 양쪽에서 수지가 유입되어 중앙에서 만나 웰드라인이 생성되게 하였다. 사이드 게이트와 원형러너를 사용하였고, 시편의 각 부위에서 온도를 측정할 수 있도록 다섯 군데에 온도센서를 설치하였다. 고온의 기체의 단열을 위해 기체 유로 플레이트에 단열제(bakelite)를 설치하여 온도를 유지하였다. Fig. 1은 제작된 금형의 형상이다.



(a) 캐비티 형상



(b) 기체 유로형상

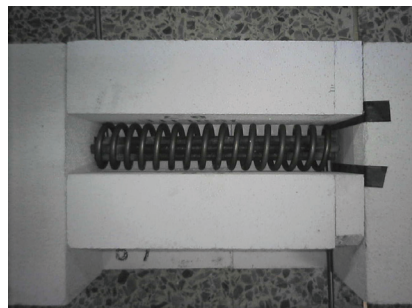


(c) 전체 금형

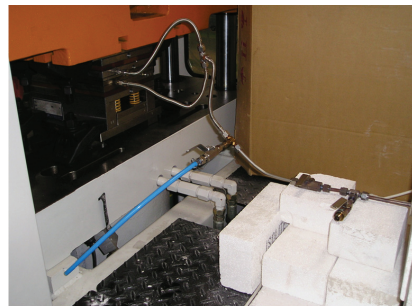
Fig. 1. High temperature gas-mold

2.2. 히팅시스템

히팅시스템은 스테인리스관(Stainless Steel Pipe)을 코일(coil)형상으로 만들어 유로를 만들고, Fig. 2(a)와 같이 코일 안쪽에 탄소봉을 설치하여 탄소봉을 가열하여 주변의 스테인리스관이 가열되는 간접 히팅 방식을 사용하였다. Fig. 2(b)와 같이 제작된 금형과 연결하였고, 가열된 스테인리스관 내부로 에어(Air) 콘프레서를 이용하여 공기를 주입하여 고온기체를 생성, 금형으로 유입하였다.



(a) 히팅시스템 내부



(b) 금형과 연결 모습

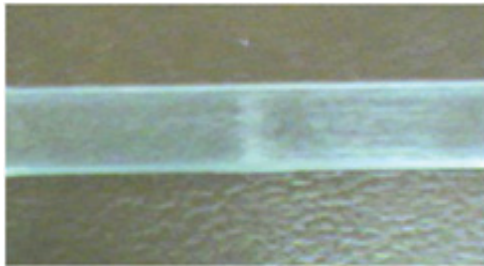
Fig. 2. Shape of heating system

2.3. 실험방법

실험은 수직사출기를 사용하였고, 성형에 사용한 수지는 PMMA(Poly Methyl Methacrylate)를 사용하였다. 초기 성형조건으로는 유량 185 l/min, 금형표면온도 25℃, 사출수지온도 250℃, 사출시간 5sec, 압력 0.34Mpa을 입력하였다. Thermocouple과 LabView프로그램을 이용하여 금형표면온도를 측정하여 30℃, 60℃, 80℃, 100℃, 120℃일 때 성형을 진행하였고, 하형만 가열했을 경우, 양쪽모두 가열했을 경우의 웰드라인을 살펴보았다.

3. 실험결과

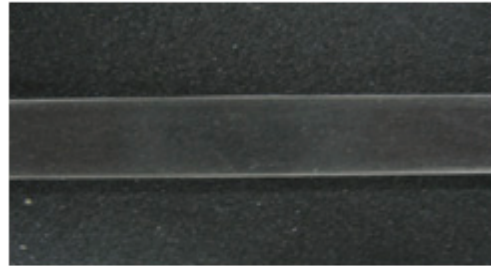
고온기체의 주입 없이 성형을 한 결과 Fig. 3(a)와 같이 웰드라인이 선명하게 나오는 것을 볼 수 있다. Fig. 3(b)는 히터로 가열된 공기(250℃)를 금형의 하형에만 주입시켜 금형의 온도를 120℃까지 상승시킨 후 성형한 시편이다. 하형을 가열했을 시 일반성형에 비해 웰드라인이 감소하는 것을 확인 하였지만 온도차이로 인해 제품에 수축이 발생하였다. Fig. 3(c)는 상·하형 모두 가열한 후 성형을 한 시편으로 웰드라인이 거의 완벽하게 제거된 것을 볼 수 있다. Fig. 4는 시간에 따른 금형 상·하형의 위치별 온도를 나타낸 결과이다.



(a) 일반 사출성형 시



(b) 하형가열 시

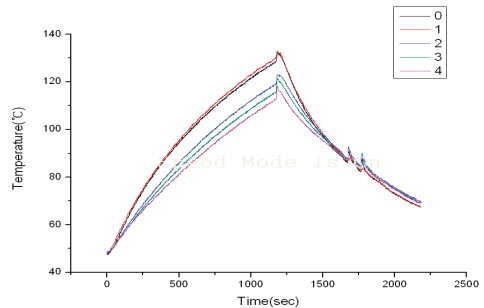


(c) 상·하형 가열 시

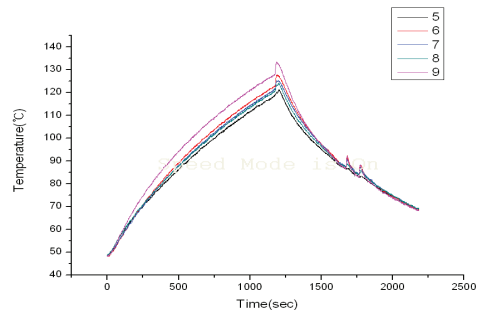


(d) 온도에 따른 시편

Fig. 3. Weldline according to the injection condition



(a) 하형



(b) 상형

Fig. 4. Mold temperature according to the position

4. 결론 및 토의

본 연구에서는 고온기체를 이용하여 금형의 가열 온도를 각각 30℃, 60℃, 80℃, 100℃, 120℃로 설정하여 실험했을 때 각 온도별 성형품을 비교하였다. 그 결과 한 쪽 방향만 가열했을 경우와 양쪽모두 가열했을 경우의 온도에 따른 수축 및 웰드라인 양상에 대해 확인할 수 있었다.

이번 연구를 통해 금형표면의 온도가 웰드라인에 미치는 영향과 금형에서의 열적 균형의 중요성에 대해 알 수 있었다. 다만 처음 실험을 계획하고 예상했던 결과만큼 눈에 띄게 큰 차이를 보이진 않았다. 하지만 제품을 비교하였을 때 금형의 가열 온도를 높게 설정해 주면 비교적 웰드라인이 희미해지는 것을 육안으로 확인할 수 있었다. 그리고 금형의 온도가 높아질수록 성형품의 품질이 좋아질 것이라는 예상과는 달리 120℃ 성형 시에 100℃ 성형 제품보다 플래시 등 불량 요인이 많이 생겼다. 이것을 보았을 때 PMMA의 경우 유리전이온도(glass transition temperature, Tg)가 약 105℃인데 유리전이 온도까지만 금형을 가열하면 불량을 개선하는데 충분하다는 것을 알 수 있다.

참고문헌

- 1) K. Tomari, S. Tonogai, T. Harada, H. Hamada, K. Lee, T. Morii, and Z. Maekawa. "The V-Notch at Weld Lines in Polystyrene Injection Molding," Polym. Eng. Sci., Vol. 30, pp. 931-936, Aug 1990.
- 2) S. C. Malguarnera, A. I. Manisali, and D. C. Riggs. "Weld Line Structures and Properties in Injection Molded Polypropylene," Polym. Eng. Sci., Vol. 21,

pp. 1149-1155, Dec 1981.

- 3) S. J. Liu and C. Y. Yang. "Experimental Study of Weldline Caused by Flow Lead Effect in Gas Assisted Injection Moulded Parts," Plastics, Rubber and Composites., Vol. 31, No. 1, pp. 36-41, Jan 2002.
- 4) J. K. Kim, J. H. Song, S. T. Chung, and T. H. Kwon. "Morphology and Mechanical Properties of Injection Molded Articles with Weld-lines," Polym. Eng. Sci., Vol. 37, pp. 228-241, Jan 1997.
- 5) R. Selden. "Effect of Processing on Weld Line Strength in Five Thermoplastics," Polym. Eng. Sci., Vol. 37, pp. 205-218, Jan 1997.
- 6) G. Tosello, A. Gava, H. N. Hansen, G. Lucchetta, and F. Marinello. "Characterization and Analysis of Weld Lines on Micro-injection Moulded Parts Using Atomic Force Microscopy (AFM)," Wear, Vol. 266, pp. 534-538, Mar 2009.
- 7) B. H. Kim and N. P. Suh. "Low Thermal Inertia Molding(LTIM)," Polym. Plast. Techno. Eng., Vol. 25, pp. 73-93, 1986.
- 8) D. Yao and B. Kim. "Increasing Flow Length in Thin Wall Injection Molding Using a Rapidly Heated Mold," Polym. Plast. Techno. Eng., Vol. 41, pp. 819-832, 2002.
- 9) P. C. Chang and S. J. Hwang. "Experimental Investigation of Infrared Rapid Surface Heating for Injection Molding," J. Polym. Sci, Vol. 102, pp. 3704-3713, Nov 2006.
- 10) K. Park, S. Choi, S. J. Lee, and Y. S. Kim. "Injection Molding for a Ultra Thin-wall Part Using Induction Heating," J. Kor. Soc. Mech. Eng., Vol. 32, pp. 481-487, 2007.