

웰드라인 제거를 위한 고온 기체 분사를 이용한 금형 표면의 가열기법

김경하[†] · 김선경 · 유영은 · 제태진 · 최두선
서울산업대학교 대학원 정밀기계공학과 · 한국기계연구원
(2007. 12. 19. 접수 / 2008. 2. 28. 채택)

Heating type of die surface for removing weld line using high temperature air jet

Gyeong-Ha Kim[†] · Sun-Gyeong Kim · Yeong-Eun Yu · Tae-Jin Jea · Du-Seon Choi

Seoul National University of Technology, Korea Institute of Machinery & Materials
(Received December 19, 2007 / Accepted February 28, 2008)

Abstract : The application range of injection molded parts is expanding by the development of engineering plastics with good mechanical properties. Plastic products are specially used as automotive parts due to an excellent performance in the characteristics of a strength vs. weight. In this study, heating type of new method such as jet injection was applied to improve heat transfer coefficient is substituted for heating method of injection molding.

Key Words : Weld line, air jet, heat transfer coefficient, jetting, sinkmark, whitering

1. 서 론

플라스틱 사출성형은 제품의 기계적, 구조적 특성 뿐만 아니라 외관의 품질 또한 중요시하고 있다. 특히 제품의 외관을 한번의 성형으로 추가적인 도장 없이 완제품을 생산하여 제품의 납기시간 및 단가를 낮추기 위한 다양한 성형방법들이 구현되고 있다. 하지만 성형품의 품질에 영향을 미치는 다양한 공정변수가 유기적인 관계에 놓여져 있고 이를 제어하는 것이 어려워 젯팅(Jetting), 싱크마크(Sinkmark), 백화현상(Whitering), 웰드라인(Weld line)과 같은 성형결함이 발생한다. 따라서 다각적인 측면에서 이를 해결해야 한다.

2. 이 론

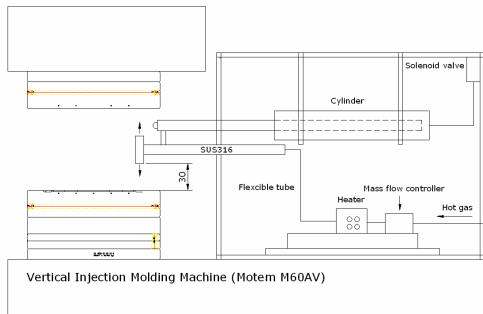
최근에는 새로운 금형온도 제어시스템으로 성형품의 외관품질을 향상시키는 성형기술이 각광을 받고 있다. 초고온금형은 현재 가장 두드러지게 발전하고 있는 성형기술로써 RHCM(Rapid Heat Cycle

Molding)[1], MmSH[2-3], 적외선 가열법[4], 고주파 가열법[5], 전열히터방법[7] 등이 널리 알려져 있다. 이는 금형표면온도를 빠르게 가열하고 냉각하는 성형방법으로써 웰드라인의 제거, 내열변형성, 초고광택 및 무광택, 표면경도, 내약품성, 나노패턴의 기능성, 사출성형품 제조, 초박막성형제품 제조, Solid Skin Structural Form 사출성형품 제조, 플라스틱도금제품의 성능향상과 불량감소, 성형 사이클 타임 단축 등 뛰어난 성능을 가지게 된다. 뿐만 아니라 마이크로 부품의 사출에서의 유동 문제를 해결하는 데도 사용된다.[8]

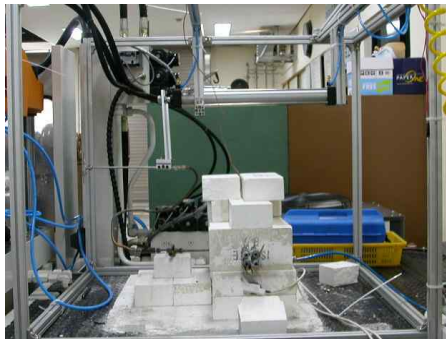
본 연구에서는, 금형온도를 제어하기 위해 대류열 전달계수를 향상시킬수 있는 방법 중 하나인 충돌제트를 이용하여 고온, 고압의 기체를 유동선단의 수지가 만나는 금형의 Cavity, Core에 국부적으로 직접 분사하는 시스템을 구현하였다. 또한 SEM(TOPCON SM-350)을 이용하여 웰드라인을 확인하였다.

3. 시스템 구현

본 연구에서는 고온, 고압의 기체를 생성시키기 위해 SUS316 튜브를 코일형식으로 감아 세라믹으로 구성된 벽돌에 삽입하고 탄소봉을 튜브 안쪽에 배치시킨다. 또한 탄소봉을 트랜스포머와 연결하여 고온기체를 생성시킬 수 있도록 하였다. 이때 각각의 탄소봉을 고르게 가열하기 위해 병렬연결을 하였다. 또한 고온기체를 금형에 직접 분사시키기 위한 노즐을 제작하였고 노즐을 이송하기 위해 공압실린더를 사용하였다. 이를 고정시키기 위해 알루미늄 프로파일(30X30)을 이용하여 틀을 만들어 사출기에 고정시켰다. 전체 시스템 구성도를 Fig. 1(a),(b)에 도시하였다.



(a)



(b)



(c)



(d)

Fig. 1 (a) Schematic representations of heating system using hot-jet impingement. (b) Heater and nozzle assembly. (c) Temperature measurement of heated mold surface. (d) Heating the mold surfaces.

4. 실험 조건 및 방법

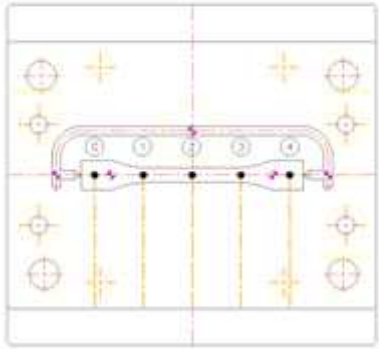
4.1 실험 장비 및 조건

본 연구에서는 금형의 표면온도를 신뢰성 있게 측정하기 위해 비접촉식 적외선 온도계인 TA-0510BF (KONICAMINOLTA)과 K-type 열전대 (SENSOR-TECH Type SS-2100)을 병행하여 사용하였다. 특히 비접촉식 적외선 온도계는 방사율, 외부환경에 민감하기 때문에 장비설정에 주의 기울여야 한다. 또한 기체의 유량을 제어하기 위해 질량유량 컨트롤러인 FMA-2613A(OMEGA)를 사용하였다. 데이터 기록(DAQ) 시스템으로는 NATIONAL INSTRUMENTS사의 SCXI-1000을 사용하였다. 사출성형기는 모템의 M60AV(수직형)를 사용하였고 수지는 폴리프로필렌(SK B350F)를 사용하였다. 사출제품은 두께 2mm의 인장시편을 사용하였다. 기체의 유량 0.00223kg/s, 압력 0.23MPa, 사출압 3Mpa, 보압5Mpa, 형체력8.50MPa으로 충돌 제트의 온도를 제외하고 모두 동일하게 설정하였다.

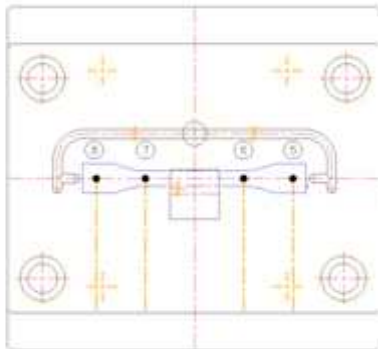
4.2 실험 방법

본 연구에서는 금형이 형개시 노즐을 스텝퍼가 위치한 인장시편의 중앙부에 국부적으로 가열시킬 수 있도록 위치를 설정하였다. 또한 이 부분은 유동선단의 수지가 만나는 부분이므로 금형온도에 따른 웰드라인(weld line)의 유무를 확인할 수 있을 것이라 판단된다. 금형이 형개시 노즐로부터 뜨거운 공

기가 분사시 표면온도를 측정하기 위해 Fig.1(c)와 같이 비접촉식 적외선 온도계를 위치시키고, Fig.2와 같이 열전대(직경1.6mm)는 제품으로부터 6mm 떨어진 곳에 실장하였다.



(a)



(b)

Fig. 2 Mold design of (a)upper and (b)lower plate and locations of 9 thermocouples.

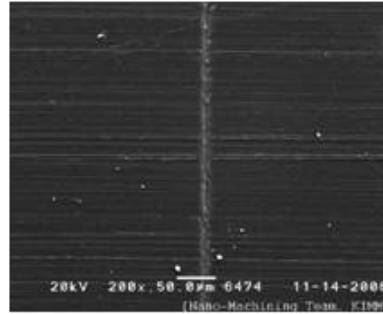
5. 실험결과

고온 제트를 분사하는 동안 1번과 2번 측정 지점의 온도분포, 인장시편중앙부의 표면온도 및 SEM사진을 실험변수인 노즐 출구 온도에 따라 나타내었다. 가변 변압기를 이용해 전력을 조절하여 기체온도를 변화시켰다.

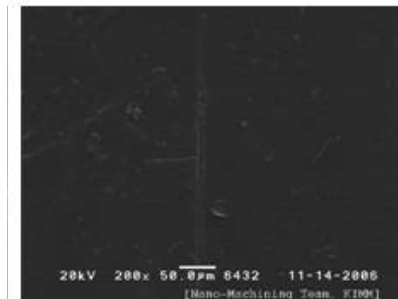
전력을가하지 않고 금형의 표면온도가 38.5℃일 때 웰드라인을 육안으로 확인할 수 있었고 Fig. 3(a)와 같은 v-notch 형상을 관찰할 수 있었다.

전력이 1382W(28.8V, 48A)일 때 노즐출구온도는 180℃였다. 노즐이 분사되어 들어오자 5초 후에 표면온

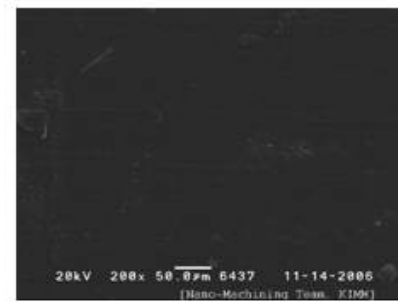
도가 150℃로 상승됨을 관찰할 수 있었다. 또한 인장시편 금형의 중심에 설치된 열전대 2번의온도가 45℃정도로 12초만에 상승함을 관찰할 수 있었다. Fig. 3(b)는 사출제품의 표면을 SEM으로 촬영한 것이다. 웰드라인을 육안으로 희미하게 볼 수 있었고 v-notch 또한 확인되었다. 하지만 v-notch의 폭과 깊이가 줄어들었음을 관찰할 수 있었다.



(a)



(b)



(c)

Fig. 3 SEM images of weld line surface with hot jet of (a) 0°C, (b) 180°C, (c) 210°C

전력이 2189W(34.2V, 64A)일 때 노즐출구온도는 210℃였다. SEM 영상을 Fig. 3(C)에 도시하였다. 노즐로

분사 시 금형표면온도는 167℃임을 관찰할 수 있었고 노즐 출구 온도가 180℃인 이전 경우와 비교하여 웰드라인이 사라진 것을 볼 수 있다. 금형의 표면온도 상승으로 웰드라인이 제거된 것으로 판단된다.

Table. 1 Test cases and measured temperatures.

	Case1	Case2	Case3	Case4	Case5
Power Input(W)	1382	2189	2755	3432	4368
Nozzle Temp.(oC)	180	210	250	280	330
Surface Temp.(oC)	142	167	180	196	228

전력이 2755W(38.8V, 71A)일 때 노즐의 출구 온도는 250℃로 측정되었으며 노즐분사 중에 180℃로 금형 표면온도가 상승함을 관찰 할 수 있었고 웰드라인 또한 관찰되지 않았다.

전력이 3432W(44V, 78A)일 때 노즐출구 온도는 280℃로 측정되었고 노즐분사 시 금형표면온도가 196℃로 상승함을 관찰 할 수 있었다.

전력이 4368W(48V, 91A)일 때 노즐출구 온도는 330℃로 측정되었다. 노즐분사 시 금형표면온도가 228℃로 상승함을 관찰 할 수 있었다. 이 때의 온도변화를 Fig. 3에서 볼 수 있다. 30초 동안 가열 후 금형을 닫고 수지를 주입하기 위해 노즐을 후퇴시키자 표면 측정 온도가 급격히 떨어졌다. 이는 비 접촉식 온도계의 위치와 각도에 의해 금형이 내려오자마자 상부금형의 표면의 온도가 찍힌 것이다. 비 접촉식 온도계는 표면온도를 관찰 할 수 있는 신뢰성 있는 장비이지만 온도에 따른 방사율의 설정, 각도, 주변환경에 의해 크게 변하기 때문에 장비설정에 주의를 기울여야 한다. 열전대를 이용하여 검정을 수행하여 촬영각도45°, 방사율0.2의 값으로 실험을 하게 되었다. 물론 금형의 단점으로 측정점이 가려진 경우 측정할 수 없다. 역시 Fig. 4를 보면 가운데 부분 즉 충돌 제트가 가해지는 부분의 아래에서 측정된 온도가 시간에 따라 상승하는 것을 볼 수 있다. 제트가 닿지 않는 부분에 비해 두드러지게 상승하고 있는 것을 확인 할 수 있다.

전체 공정 조건과 측정 값들은 위에 언급한 5가지 경우에 대하여 Table. 1에 정리되어 있다. 공정이 가능한 최대 온도 까지 표면온도를 상승시켜 공정을 수행하여 평가하는 것이 추가로 필요하다.

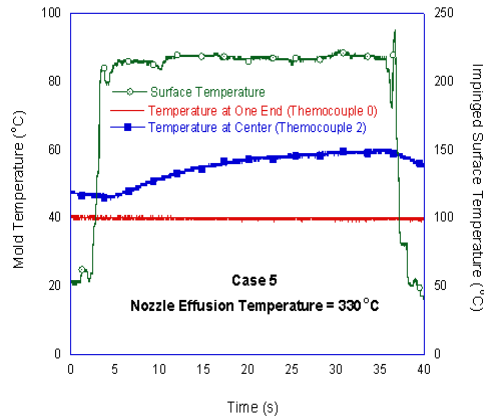


Fig. 4 Temperature history for case 5.

6. 결론

본 연구에서는 기존의 사출성형공정에서의 가열방식을 대신하여 열전달계수를 향상시키는 제트분사라는 새로운 가열방식을 적용하였다. 제트분사의 출구 온도가 상승함에 따라 성형품 표면의 V-notch의 폭과 깊이가 감소함을 관찰할 수 있었다. 이는 제트분사의 의한 뜨거운 기체가 금형 표면온도를 상승시켜 유동수지의 점도를 낮춤으로써 유동선단의 수지가 잘 혼합되어 웰드라인이 제거된 것으로 판단된다. 비록 국부적으로 가열하는 방식을 채택하여 대면적 제품에서는 적용이 다소 어렵지만 노즐설계를 통해 개선될 수 있을 것이라 생각되며 향후 본 연구의 가열시스템을 사용하여 사출성형제품으로서는 도전해 보지 못한 초정밀기능성 제품과 나노패턴에 이르기까지 새로운 영역의 확대가 가능해 지리라 판단된다.

후기

본 연구는 산업자원부에서 지원하는"대면적 미세형상의 초정밀/지능화 가공원천 기술 개발"사업의 일환으로 수행하였습니다.

참고문헌

- [1] http://www.onosg.co.jp/technology/images/RHCM_E.pdf, Ono Sangyo.
- [2] D.-H. Kim, M.-H. Kang, Y. H. Chun, 2001, Development of a new injection molding technology: Momentary Mold Surface Heating process, Journal of

- injection molding technology, vol. 5, no.4, pp.229~232.
- [3] 김동학, 김태완, 2003, 사출성형공정을 이용한 미세패턴을 갖는 플라스틱 부품 제작에 관한 연구, 한국산학기술학회논문지, 4권 3호, pp. 167~1688.
- [4] 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.
- [5] S. C. Chen, W. R. Jong, and J. A., 2006, Chang, Dynamic mold surface temperature control using induction heating and its effects on the surface appearance of weld line. *Journal of Applied Polymer Science*, vol. 101 no.2, pp. 1174~1180.
- [6] K. M. B. Jansen, and A. A. M. Flaman, 1994, Construction of Fast-Response Heating Elements for Injection-Molding Applications. *Polymer Engineering and Science*, vol. 34, no.11, pp. 894~897.
- [7] 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.
- [8] 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.