

사출금형의 급속냉각시스템 개발

문영배[†] · 최윤식 · 정영득[#]

부경대학교 대학원 기계공학과 · 한국폴리텍VI대학 메카트로닉스과 · 부경대학교 기계공학부

Development of Rapid Cooling System for Injection Mold

Young-Bae Moon[†] · Youn-Sik Choi · Yeong-Deug Jeong[#]

Graduate School of Mechanical Engineering, Pukyong National University ·

Dept. of Mechatronics, Korea Polytechnic VI ·

Division of Mechanical Engineering, Pukyong National University

Abstract : The Injection molding is used more than 70% of total production in plastic products. The injection molding process has 4 processes such as filling, packing, cooling and ejecting. It spends most of times in the cooling process. Therefore, it is important to control the mold temperature in producing plastic products. The cooling system and time affect the product's quality and productivity. Especially, cooling time has about 60% of total injection cycle time. Therefore, we can improve a productivity by shortening cooling time. In this study, the rapid cooling system was developed and performed a efficiency test. This system could refrigerate coolant to 1°C and had to need 10 minutes for normal operating. However, if response time of temperature controller and sensor will be increased, the performance of this system will increase.

Key Words : injection mold, cooling, rapid cooling system

1. 서 론

플라스틱 재료를 대상으로 한 사출성형 제품은 전자제품, 자동차, 가정용 기구 등 많은 분야에서 사용되고 있으며, 우수한 품질의 제품을 양산하기 위해 지속적으로 사출성형 기술에 관해 연구개발이 이루어져 왔다. 플라스틱 제품은 압출이나 압축성형을 통하여 생산될 수 있으나 70% 이상이 사출성형을 통하여 생산되고 있다.¹⁾ 사출성형시 성형조건이 플라스틱 제품의 품질 및 생산성을 결정할 정도로 영향이 크며, 그 중 제품 품질에 많은 영향을 미치는 수축이나 휨은 사출성형시 냉각과정에서 그 원인을 찾을 수 있다.²⁾ 또한, 냉각과정은 사출성형시

전체 성형시간의 60% 이상을 차지할 정도로 가장 많은 성형시간을 필요로 한다. 따라서 냉각과정의 시간을 단축시킨다면 플라스틱 제품의 생산성이 대폭 향상될 것이며, 제품의 가격경쟁력도 높아지게 될 것이다.³⁾

본 연구에서는 사출성형용 금형에 유입되는 냉각수의 온도를 펠티에(Peltier) 소자를 이용하여 급속하게 감소시킬 수 있는 급속 냉각시스템을 개발하였으며, 펠티에 소자란 1834년 J.C.A.펠티에가 발견한 열전현상으로 Fig. 1과 같이 비스무트(bitmuth)와 안티몬(antimony)을 접속하여 전류를 화살표 방향으로 흐르게 하면, 전류가 비스무트에서 안티몬으로 향하는 접점에서는 온도가 내려가고, 다른 접점에서는 온도가 올라간다.⁴⁾

[†] 부경대학교 기계공학과 대학원

2005puva@paran.com

[#] 교신저자 : 부경대학교 기계공학부

E-mail : ydjung@pknu.ac.kr

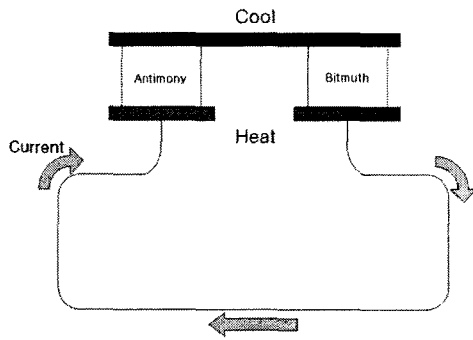


Fig. 1. Peltier effect

Fig. 2는 본 연구에서 개발한 급속 냉각시스템의 구성도를 나타낸 그림이며, 급속 냉각시스템에 유입된 냉각수의 온도 T_{out} 을 온도센서를 통해 온도조절기로 전달되며 온도조절기에서 지정된 온도 T 보다 높으면 펠티에 소자가 작동되어 냉각판을 냉각시킨다. 급속 냉각시스템에 의해 냉각된 냉각수는 급형으로 유입되며 펌프를 통해 계속적으로 순환하게 된다.

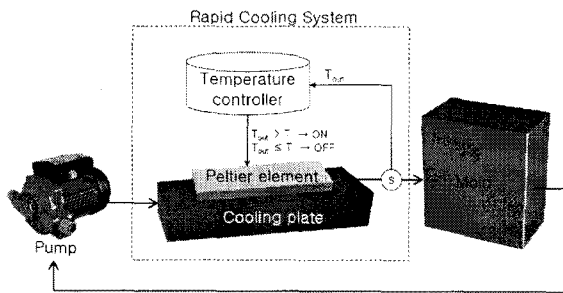


Fig. 2. Configuration of rapid cooling system

본 연구에서는 급속 냉각시스템을 사용하여 실제 사출성형용 금형을 통한 실험을 수행하고 그 효과를 검증하였다. 또한, 급속 냉각시스템의 문제점을 고찰하고 개선방안에 대한 내용을 본 논문에 정리하였다.

본 연구에서 개발한 급속 냉각시스템은 실제 사출성형 작업시 급형 내로 유입되는 냉각수의 온도를 급속도로 냉각시킬 수 있어 그 실용성이 우수하다고 할 수 있다.

2. 급속냉각시스템의 성능시험

본 연구에서 제작된 급속 냉각시스템을 사용해서 냉각되는 냉각수의 온도변화에 대해서 실험을 수행하였다. 본 실험은 펠티에 소자로 인하여 냉각되는 냉각판의 온도변화와 냉각수의 온도변화를 관찰하였다. 접촉식 전자온도계(HANSAENG-ANRITSU HC-200)를 사용하여 냉각판의 온도를 측정하였으며, 냉각수의 온도는 급속 냉각시스템에 설치되어있는 온도센서와 온도계를 이용하여 측정하였다.

냉각판의 온도는 초기 7.5°C 에서 15분 후 -5°C 까지 내려갔으며, 약 $0.5^{\circ}\text{C}/\text{min}$ 의 속도로 냉각되었다. Fig. 3은 시간별 냉각판의 온도변화를 나타낸 것이다.

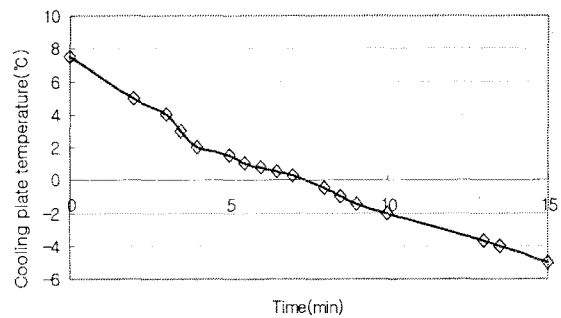


Fig. 3. Temperature of cooling plate

급속 냉각시스템을 통과한 냉각수의 온도는 Fig. 4와 같이 초기 4.5°C 에서 10분 후 1°C 까지 내려갔다. 1°C 를 사용온도로 안정화시키면, 이 온도가 냉각수의 공급온도로 사용될 것이다.

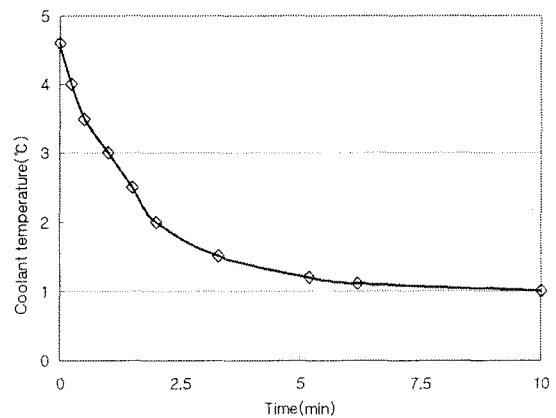


Fig. 4. Coolant's temperature by rapid cooling system

이러한 냉각수 온도의 변화를 볼 때, 급속 냉각시스템의 구동은 적어도 사출성형 작업 전 10분에 시작되어야 하며, 급속 냉각시스템을 사용할 수 있는 작업준비단계는 10분 정도가 소요된다는 것을 알 수 있다. 따라서 본 연구에서 개발된 급속 냉각시스템은 사출성형 작업 시작과 동시에 사용될 수 없으며, 작업준비단계가 필요하다.

3. 사출성형 실험

본 실험에 사용된 사출성형기는 Fig. 5와 같은 LG기계의 140 톤 유압식 사출성형기(LG-IDE 140EN)이며, 사용된 금형은 Fig. 6과 같은 사각평판 형상을 가지는 2캐비티 2단 금형이다. 대상 수지는 비결정성 수지 ABS(BASF GP22)를 사용하였다.

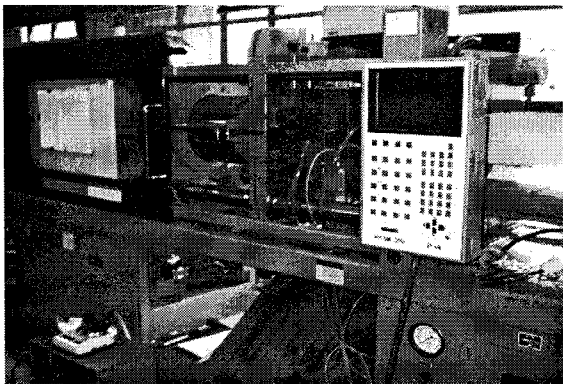


Fig. 5. Injection machine for experiment

실험을 위한 성형조건은 Table 1과 같으며, 냉각수 온도를 제외한 성형조건은 고정하였다.

Table 1. Injection conditions for experiment

injection condition	Unit	Value
Injection speed (Max. 206 cm/s)	%	50
Injection pressure (Max. 1550 kg/cm ²)	%	50
Packing pressure (Max. 1550 kg/cm ²)	%	50
Injection time	sec	2
Cooling time	sec	5
Packing time	sec	1
Total cycle time	sec	7
Melt temperature	°C	230
Coolant temperature	°C	1

냉각수 온도는 급속 냉각시스템을 사용하여 냉각수의 온도를 1 °C까지 냉각시켰다. 온도의 측정은 금형 캐비티 표면의 온도를 접촉식 전자온도계 (HANSAENG-ANRITSU HC-200)를 사용하여 캐비티 중심의 온도를 측정하였다. 총 50번의 사출성형을 수행하여 온도를 측정하였으며, 실험을 수행하기에 앞서 캐비티 표면온도를 냉각수 온도와 금형 캐비티의 표면온도를 일치하게 설정하여야 하나 금형의 온도가 주위 온도, 습도 등의 환경적 영향과 금형에서 발생하는 열손실로 인하여 15 °C이하로 금형이 냉각되지 않았다. 따라서 최초 금형의 온도는 15 °C로 설정하여 실험을 수행하였다.

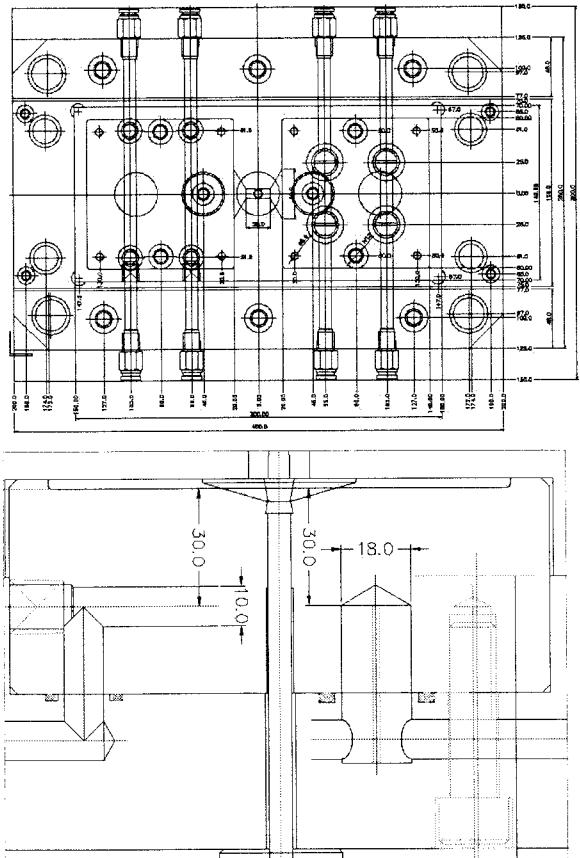


Fig. 6. Schematics of experimental injection mold

4. 실험 결과 및 고찰

본 실험에서 측정된 캐비티 표면온도는 Fig. 7과 같으며 급속 냉각시스템을 사용하여 실험한 결과는 RCS로 표기하였다. 또한, 냉각수온도를 30 °C ~ 50

℃로 설정하여 캐비티 표면온도와 비교하여 나타내었다. 급속 냉각시스템에 의해 냉각된 냉각수의 온도는 Fig. 7에 포함되어있다.

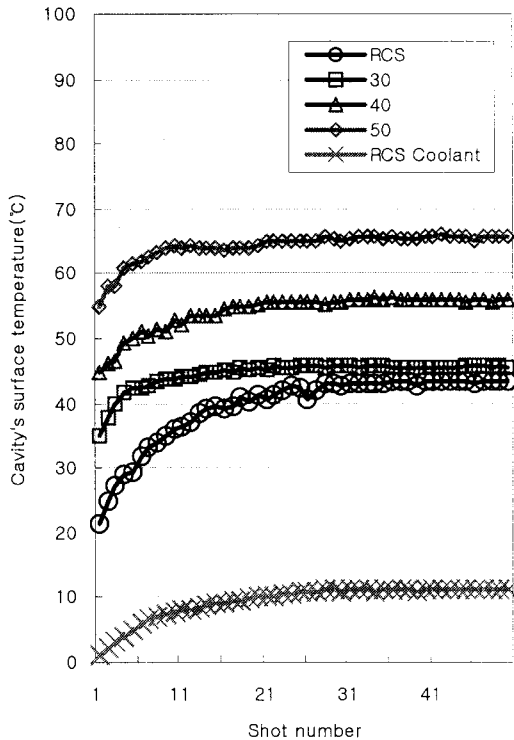


Fig. 7. Cavity's surface temperature

Fig. 7에서 나타나는 것과 같이 급속 냉각시스템에 의해 냉각된 급형의 캐비티 표면온도는 초기 약 21 ℃정도이나 캐비티 표면온도가 정상상태에 도달하는 27회 이후 측정부터는 약 43 ℃로 증가하는 것을 알 수 있다. 이는 냉각수의 온도가 30 ℃일 때의 캐비티 표면온도와 크게 차이가 나지 않는 표면온도값을 나타낸다. 또한, 급속 냉각시스템에 의해 냉각된 냉각수의 온도도 초기 1 ℃에서 점차 증가하여 약 11 ℃까지 도달하는 결과가 발생하였다.

이러한 결과는 Fig. 1에서 나타낸 온도센서(Pt 100Ω)가 냉각수의 유동적인 온도를 측정하지 못하여 냉각수의 정확한 온도값을 온도조절계에 전달하지 못하는 원인과 냉각수의 온도 T_{out} 이 온도조절계의 입력온도 T 보다 낮아지는 시점에서 ON/OFF식 릴레이 온도조절계(HANYOUNG DX4-PMSND)의 사용으로 펠티에 소자가 작동을 멈추게 되어 펠티에 소자의 온도가 급속도로 증가하는 문제로 발생한 것으로 사료된다.

따라서, 냉각수의 온도측정을 위한 온도센서를 응답성이 좋은 온도센서의 사용과 펠티에 소자를 ON/OFF식이 아닌 PLC회로를 이용하여 냉각수 온도 T_{out} 이 입력온도 T 에 근접할수록 전류값을 서서히 감소시켜 펠티에 소자의 온도를 조절하는 방법으로 온도관리가 이루어진다면 급형에서의 급속 냉각시스템 성능은 본 연구의 실험결과보다 월등히 향상된 내용을 얻을 수 있을 것으로 사료된다.

4. 결론

본 연구에서는 펠티에 소자를 이용하여 급속 냉각시스템을 개발하였으며, 그 성능을 평가한 결과는 다음과 같다.

(1) 급속 냉각시스템을 통과하는 냉각수는 약 10분 후에 1 ℃까지 온도가 내려갔으며, 시스템 냉각판의 온도는 15분 후에 영하 5 ℃까지 내려갔다.

(2) 실제 사출성형을 수행하였을 때, 냉각수의 온도가 11 ℃까지 상승하였으며, 급형에 미치는 영향은 냉각수의 온도가 30 ℃일 때와 큰 차이가 발생하지 않았다.

(3) 급속 냉각시스템에 사용된 온도센서와 온도조절계의 응답성능을 향상시킨다면 본 논문에서의 결과보다 월등히 향상된 성능을 나타낼 수 있을 것으로 판단된다.

참고문헌

- 1) 강철민, “다수캐비티 사출급형에서 성형조건이 균형충전에 미치는 영향”, pp.2, 2005.
- 2) 정영득, 구본홍 공역, “사출성형해석에 의한 제품 및 급형설계”, 도서출판 인터비전, pp.432~433, 2005.
- 3) 권태현, 박성진, 윤정환, 이상봉, 정영득 공역, “사출성형 CAE 설계지침”, 문운당, pp.109, 2004.
- 4) <http://www.encyber.com>