

급속냉각·가열장치에 따른 사출성형품의 휨에 관한 연구

이민¹, 김태완^{2*}

¹부경대학교 대학원 기계공학과, ²부경대학교 기계공학과

A Study on the Warpage of Injection Molded Parts for the rapid Cooling and Heating Device

Min Lee¹, Tae-Wan Kim^{2*}

¹Graduate School of Mechanical Engineering, Pukyong National University

²Dept. of Mechanical Engineering, Pukyong National University

요약 플라스틱 제품의 휨을 개선하기 위한 방법은 사출성형 공정에서 일어나는 불균일한 냉각을 균일하게 만들어 플라스틱 제품의 잔류응력을 제거하는 방법이다. 본 연구는 균일한 냉각을 위하여 펠티에 소자를 사용하여 급속가열·냉각 장치를 개발하였다. 급속냉각·가열 장치(RCHD)를 제작하여 전통적인 수냉 장치(TWCD)방식과 급속냉각·가열 장치방식에 따른 휨을 비교 분석하였고, 비결정성 수지인 ABS 수지를 사용하였다. 사출성형 조건인 보압시간, 금형온도, 냉각시간, 보압에 따라 휨의 변화량을 측정 비교하였고, 비결정성 ABS 수지에서 급속가열·냉각 장치 냉각방식이 전통적인 수냉방식 보다 휨이 더 적게 발생하고, 위의 결과들로 보아 조금 더 균일하게 냉각되는 것을 알 수 있었다. ABS 폴리머의 분포 상태를 SEM 사진을 통해서 확인하였다. 전통적인 수냉방식은 폴리머의 분포상태가 조밀하게 분포되어 있고, 급속냉각·가열 방식은 전통적인 수냉방식 보다 넓게 분포되어 있었다. 이것은 냉각이 균일하게 이루어지고, 금형의 온도가 서서히 진행되면서 폴리머의 입자가 커지게 되는데, 이것은 내부응력이 줄어든 것을 의미한다.

Abstract A method for improving the warpage of the plastic part is a method of removing residual stress of the plastic product. that a non-uniform cooling are appeared in the injection molding process make uniform cooling. this study was developed the Rapid heating and cooling device used peltier module for uniform cooling. Make the Rapid heating and cooling device(RCHD), for Traditional water cooling device(TWCD) method and the Rapid heating and cooling method warpage were compared and were analyzed and the materials used amorphous ABS polymer. various warpage were compared for the process parameters such as packing pressure, packing time, resin temperature, mold temperature, In the amorphous ABS polymer, TWCD method has higher warpage than RCHD method and show the result to be a bit more uniform cooling. The distribution state of the ABS polymer was confirmed Through the Scanning electron microscope. In the TWCD method the distribution state of the polymer be densely distributed, and RCHS method be distributed wider than TWCD method. this is that injection molded parts be seen that cooling was made uniformly, As the temperature of the mold is gradually progress, Particles of the polymer is increased this is that internal stress was reduced.

Keywords : acrylonitrile butadiene styrene resin, cooling, Injection molding, peltier module, warpage

1. 서론

플라스틱 재료는 가볍고, 전기 절연성, 성형성, 미려

한 외관, 내식성, 착색이 용이성 등을 가지고 있다. 플라스틱의 이러한 특성 때문에 초정밀 렌즈, 자동차의 경량화, 반도체 부품 등 첨단제품의 영역까지 확대되고 있다

*Corresponding Author : Tae-Wan Kim(Pukyong National University)

Tel: +82-51-629-6142 email: tw0826@pknu.ac.kr

Received May 20, 2015

Accepted August 6, 2015

Revised (1st June 2, 2015, 2nd June 17, 2015)

Published August 31, 2015

[1]. 플라스틱 제품의 성형공정은 여러 가지가 있으나, 그 중 사출성형 방법은 급형의 밀폐된 캐비티(cavity)공간에 용융수지를 고온·고압으로 충전시켜 제품을 생산하게 된다. 플라스틱 제품은 재료의 성질, 복잡한 성형형상, 성형공정조건 등의 변화에 의해 많은 성형결함이 발생한다[2,3]. 사출성형 결함인 성형수축은 제품의 치수, 휨(warpage)에도 많은 영향을 미친다. 성형수축은 결정화에 의해서 발생하고, 성형품의 탄성회복, 결정성 수지와 비결정성 수지, 사출성형시의 운전 조건 (즉, 보압의 크기, 급형온도, 수지온도, 보압시간)에 따라서도 발생한다[4]. 성형수축 차이로 인하여 플라스틱 제품에 휨이 발생한다. 이러한 플라스틱 제품의 휨은 사출 성형 후에도 발생하는 가장 어려운 현상중의 하나이다[4]. 휨은 대부분 불균일한 냉각이나 잔류응력에 의해서 발생한다[5].

플라스틱 제품의 휨을 개선하기 위한 방법은 사출성형 공정에서 일어나는 불균일한 냉각을 균일하게 만들어 줌으로서 플라스틱 제품의 잔류응력을 제거하는 방법이다[2]. 플라스틱 제품을 만들기 위해서는 급형이 필요하다. 기존의 급형 냉각 방식은 전통적인 물을 이용한 방식으로 직선 수로나 배플판에 의한 방법들을 사용해 오고 있다[6-8]. 그리고, 전통적인 방식에서 벗어나 보다 효율적인 냉각방식으로 메탈 RP(rapid prototyping)장비를 이용하여 직선 수로 방식이 아닌 다양한 형상의 냉각채널 구조를 적용하고 있다[9]. 또한 플라스틱 제품의 표면을 향상시키기 위해 가열을 하기도 한다[10,11]. 일부 급형을 냉각하기 위한 방법으로 Thermoelectric devices(TE)를 물과 같이 사용해 오고 있다[12]. Thermoelectric devices(TE)는 열전냉각기(thermoelectric coolers)와 열전발전기(thermoelectric generators)의 형태로 나눌 수 있다. 열전냉각기는 전기를 열에너지로 바꾸는 펠티에 효과(peltier effect)를 말한다[13-15]. 펠티에 효과는 서로 다른 도체의 양끝을 접합하고, 한 쪽 회로에 직류 전압을 보내면 한쪽면에서는 냉각, 다른 한쪽면에서는 가열이 일어나는 현상을 말한다[16].

최적의 냉각은 사출성형품의 휨을 줄이고, 급형의 사이클 시간을 줄일 수 있다. 기존의 냉각방식은 물을 이용한 전통적인 냉각 방식을 채택하고 있다[3]. 그러나, 이러한 방법은 휨을 줄일 수 있는데 한계가 있다. 급형의 입구와 출구의 온도차가 발생하고, 냉각회로의 구성은 직선형 방식이나, 배플 방식으로 가공을 할 수밖에 없어 효율이 많이 떨어진다[8].

본 연구에서는 사출성형 제품을 균일하게 냉각할 수 있는 펠티에 소자를 사용한 냉각장치를 개발하였고, 전통적인 물 냉각 방식과 사출성형 제품을 균일하게 냉각할 수 있는 급속냉각 · 가열방식이 사출성형품의 휨에 미치는 영향을 비교분석하였다. 또한 SEM을 통하여 전통적인 물 냉각 방식과 급속냉각 · 가열방식이 폴리머의 분포상태에 어떠한 영향을 미치는지를 확인하였다.

2. 실험장치 및 방법

2.1 급속냉각 · 가열장치

Fig. 1은 급속냉각·가열 장치를 보여주고 있다. 펠티에 소자를 이용한 급속냉각·가열 장치를 RCHD(rapid cooling and heating device)라 호칭하였다. 히트싱크(heat sink)의 재질은 알루미늄이고, 폭 8mm × 길이 130mm 인 8각 형상으로 제작되었다. 펠티에 소자(peltier module)는 히트싱크의 8각면에 8개가 부착되어 8개가 1셋트로 구성되고, 36 볼트 11암페어의 직류 전류가 흐른다. 히트싱크의 가운데에 $\varnothing 8$ 구멍을 가공하여 니플(nipple)을 조립하였다. 펠티에 소자에서 발생하는 열을 외부로 방출하기 위하여 니플안으로 상온에서의 물을 흘려보낸다.

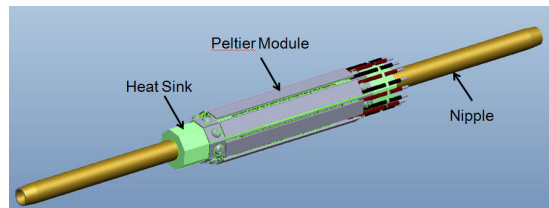


Fig. 1. Rapid cooling and heating device

2.2 RCHD의 구동원리

RCHD는 펠티에 소자를 이용하여 급형을 냉각시키고 가열 시키는 구조로 이루어져 있다. Fig. 2는 RCHD의 원리를 나타내고 있다. 급형에 K-Type의 온도측정기와 급속냉각·가열 장치가 설치되어 있다. K-Type의 온도측정기는 급형과 자동온도 조절기에 연결이 되어 있고, 자동온도조절기는 극전환 컨트롤러에 연결되어 있다. RCHD는 급형에 장착되어 극전환 컨트롤러에서 보내어 주는 전류를 받게 된다. 예를 들어, 자동온도조절기가 100℃로 셋팅되어 있으면 급형에 용융된 수지가 들어오

면 금형의 온도가 상승하게 되고 K-Type의 온도측정기는 자동온도조절기에 신호를 보내주게 된다. 자동온도조절기의 신호를 받은 극전환 컨트롤러는 SMPS(switching mode power supply)에서 (+)에서 (-) 전류를 받아 RCHD에 보내주게 되고 냉각이 진행된다. 금형의 온도가 100℃이하로 감소하면 K-Type의 온도측정기 다시 신호를 보내어 극전환 컨트롤러는 100℃의 온도를 유지하기 위해 SMPS에서 전류를 받아 (-)에서 (+) 전류를 RCHD에 보내어 금형을 가열시킨다.

급속냉각가열 장치를 살펴보면, 8각 형상의 알루미늄으로 제작한 히트싱크에 펠티에 소자의 열전도율을 높이기 위하여 방열 컴파운드(GE Toshiba Silicones사의 silicone grease)를 도포한 다음 그 위에 펠티에 소자를 붙인다. Table 1은 방열 컴파운드의 사양을 나타내었다. 펠티에 소자의 온도를 제어하기 위하여 히트싱크의 구멍 사이로 물을 보내어 펠티에 소자의 온도를 제어한다. RCHD에 사용된 펠티에 소자는 PTC사에서 제조한 HMT 5008/100이며, 고온에서도 작동되는 우수한 고온 내열을 가지며 급냉·급가열시에도 안정적이고 지속적인 고효율 성능을 나타내기 때문에 보통 검사장비, 계측기 기용, 고급형 냉각 용도로 사용된다.

Table 2는 RCHD에 사용된 HMT 5008/100의 자세한 사양을 나타내었다.

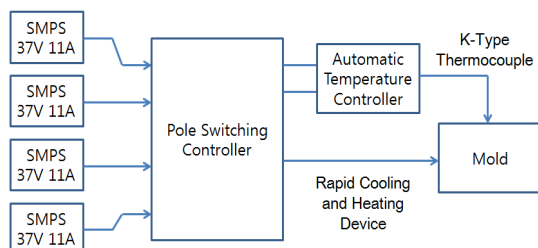


Fig. 2. The principle of rapid heating and cooling system

Table 1. The specification of silicone grease YG6111

Property	Value
Specific gravity (25℃)	2.45
Thermal conductivity W/m·k [cal/cm·sec·℃]	0.84 [2.0×10 ⁻³]
Temperature range (℃)	-55 ~+200

Table 2. Experimental specification of thermoelectric module HMT5008/100

I _{max} (A)	T _{max} (℃)	V _{max} (V)	Q _{max} (W)
5.0	72	10.33	32.96

2.3 RCHD의 냉각용량

전통적인 수냉에 의한 방식으로 금형의 크기를 열량으로 계산했을 때, Q=168,173.9 cal 가 필요하고, RCHD 방식에 의한 금형의 크기의 열량 Q=166,726.3 cal 가 필요하다. RCHD는 8개가 1셋트로 이루어져 있고, 금형에 4개가 장착이 된다. 펠티에 소자의 용량 Q=152.96 cal의 용량을 제어할 수 있고, 물은 Q=81.4 cal 의 용량을 제어할 수 있다. 금형을 제어하기에는 부족한 양이지만 금형을 냉각할 수 있을 만큼 시간이 흐른 후에 작업을 진행하므로 충분한 가열과 냉각이 이루어지는 것으로 판단된다.

2.4 실험방법

2.4.1 실험조건 및 장비

전통적인 수냉에 의한 방식(tradition water cooling device)과 RCHD방식을 적용하여 사출성형품의 힘을 관찰하고자 가로, 세로, 두께가 각각 100mm × 100mm × 3mm 결정하였다. 여기서 전통적인 수냉에 의한 방식을 TWCD라 호칭하였다. 본 연구에 사용된 수지는 비결정성 수지인 ABS(LG-Chem. HF-380)수지를 사용하였다.

Table 3. Injection Molding Condition for ABS Resin

Polymer	Packing Pressure (%)	Mold temperature (℃)	Packing time (sec)	Cooling time (sec)
ABS	15	65	1.5	20
(LG-Chem HF-380)	20	75	2.0	25
	25	85	2.5	30

Table 3은 본 연구의 실험조건들을 보여주고 있다. 보압의 크기, 금형온도, 보압시간, 냉각시간을 변경하여 실험을 수행하였다. 실험에 사용된 사출성형기는 동신 사출성형기 Pro-World100으로 형체력은 100 ton이다.

2.4.2 힘의 측정

시편의 힘을 측정하기 위해 3차원 접촉식 측정기(CARMET, Zeiss Co., Germany)를 이용하였다. Fig. 3

에서 휨을 정량적으로 평가하기 위해 시편의 양 끝 두 점과 중앙의 한 점의 좌표를 측정하였고, Point 1과 Point 3을 잇는 직선상에서 중앙 점 Point 2의 높이 방향의 거리(Y값)를 휨의 양으로 정의하고 이를 측정하였다 [3]. Fig. 4에 나타난 바와 같이 휨을 각 시편의 두 영역에서 측정하였다. 게이트 쪽의 변을 B로 표기하고, 수지가 흐르는 방향의 변을 A로 표기하였다. 즉, 시편의 옆부분의 변이다.

ABS 수지에서 폴리머의 분포 상태를 관찰하기 위하여 SEM을 사용하여 사출된 시편을 촬영하였다. 사출성형품의 표면에 묻어 있는 이물질을 제거하기 위하여 황산(H₂SO₄)에 3분간 탈지를 하였다. ABS 수지에서 B(Butadiene)를 부식시키면 B(Butadiene)가 떨어져 나가 구멍으로 나타나게 된다.

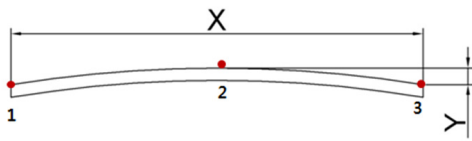


Fig. 3. Measurement of warpage using three points in the specimen

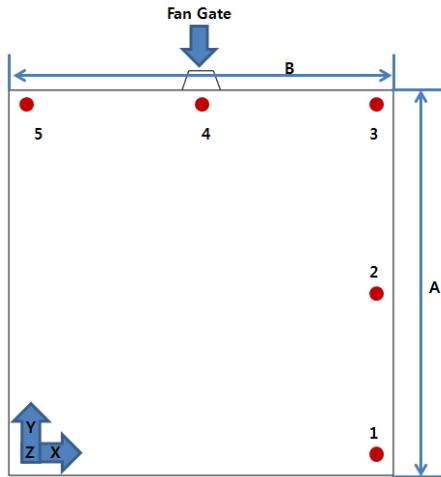


Fig. 4. Measurement regions(A, B) of warpage in the specimen

증류수 1L에 황산(H₂SO₄) 400g과 크롬산(CrO₃)450g을 섞어서 크롬산 액을 만들었다. 크롬산 액을 70℃까지 가열시키고, 탈지된 ABS 수지를 6분간 부식시켰다.

3. 결과 및 고찰

3.1 TWCH방식과 RCHD방식에 따른 휨의 비교

Fig. 5는 ABS 수지에서 냉각시간에 따른 휨을 보여주고 있다. 점선은 TWCH 방식에 의한 휨을 보여주고 있고, 실선은 RCHD방식에 의한 휨을 보여주고 있다. A 방향에서 RCHD방식은 0.041~0.045 mm 휨이 발생하였고, TWCD방식은 0.041~0.110 mm 휨이 발생하였다. B 방향에서 RCHD방식은 0.095~0.117 mm, TWCD방식 0.093~0.155 mm 휨이 발생하였다.

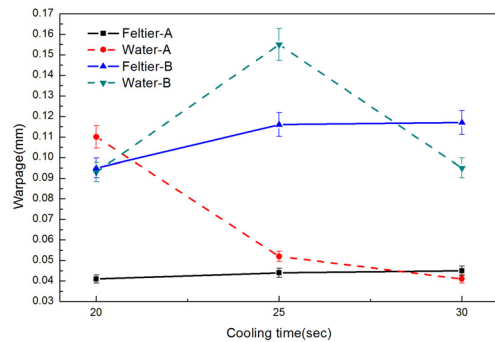


Fig. 5. Warpage of the ABS specimen as the cooling time

RCHD방식에서 보면, A의 위치보다는 B의 위치에서 0.054~0.072 mm(38.5%~44.4%) 휨이 더 많이 발생했고, TWCD방식도 A의 위치보다는 B의 위치에서 0.045~0.052 mm(16.9%~38.8%) 휨이 더 많이 발생했다. RCHD방식 보다 TWCD방식에서 A의 위치에서는 0~0.065 mm(0%~41.9%), B의 위치에서는 0~0.038 mm(0%~13.9%) 휨이 더 많이 발생하였다. RCHD방식 보다 TWCD방식에서 휨이 더 많이 발생하였다. 이것은 RCHD방식이 균일한 냉각이 이루어진 것으로 판단된다. RCHD방식에서 냉각이 균일하게 이루어진다는 것은 폴리머 내부에 스트레스가 적게 받고, TWCD방식에서는 불균일한 급형내부는 폴리머 분자들이 스트레스가 많이 받게 되므로 이것은 내부의 잔류응력이 많이 남게 되므로 휨이 많이 발생하게 된 것으로 판단된다. 냉각시간이 증가할수록 RCHD방식의 휨은 약간의 증가하는 것을 보이고 있으나 그 양은 매우 적고, TWCD방식은 휨량이 감소하는 것을 알 수가 있다. 폴리머는 냉각이 진행되면 원래의 상태로 돌아가려고 하는 성질이 있다. 배열을 끝

내지 못한 일부가 휨으로 발생한 것으로 판단된다. TWCD방식에서 냉각시간에 따라 휨의 차이가 다르게 나타나는 것은 사출속도, 사출압력, 수지점도 등의 사출 성형공정에 따라 성형수축은 커지기도 하고 작아지기도 한다. 이러한 성형수축에 의해서 다른 냉각시간마다 휨의 차이가 크게 발생할 하기도 하고 적게 발생하기도 한다. 냉각시간이 증가할 경우 수축도 시간의 증가에 따라 휨의 차이가 크게 발생하기도 하고 작게 발생하기도 한다. 이러한 이유 때문에 냉각시간의 증가에 따라 휨의 차이도 다르게 나타나는 것으로 판단된다. 냉각시간이 30 초에서 RCHD방식이 휨이 더 많이 발생하는 것은 앞에서의 이유처럼 TWCD방식은 냉각시간이 증가할수록 휨의 발생량의 차이가 다르나 RCHD방식은 냉각시간이 증가할수록 휨이 증가함에 따라 이 부분이 좀 더 크게 나타난 것으로 판단된다.

게이트 부분 B에서는 휨이 크고, 흐름방향인 A부분에서는 휨이 작게 나타났다. 사출성형은 일반적으로 수지 흐름방향보다 흐름의 직각방향의 수축이 크다[1].

Fig. 6은 ABS 수지에서 금형온도에 따른 휨을 보여 주고 있다. A 위치에서 RCHD방식은 0.035~0.045 mm 휨이 발생하였고, TWCD방식은 0.040~0.070 mm 휨이 발생하였다. B 위치에서 RCHD방식은 0.086~0.087 mm, TWCD방식 0.092~0.101 mm 휨이 발생하였다. RCHD방식에서 보면, A의 위치보다는 B의 위치에서 0.051~0.042 mm(42.1%~31.8%) 휨이 더 많이 발생했고, 일부 온도구간에서 다른 경향을 보이기도 하지만 TWCD방식도 A의 위치보다는 B의 위치에서 0.052 mm(39.3%) 휨이 더 많이 발생했다. RCHD방식 보다 TWCD방식에서 A의 위치에서는 0.005~0.070 mm(6.6%~52.1%), B의 위치에서는 0.005~0.014 mm(2.8%~7.4%) 휨이 더 많이 발생하였다. 금형온도에서도 RCHD방식보다 TWCD방식에서 휨이 더 많이 발생하였다. 금형온도가 증가할수록 대체적으로 RCHD이나 TWCD방식 모두 휨이 증가하였고, 일부 구간에서는 급격히 증가하거나 급격히 감소하는데, 금형온도가 높으면 큰 냉각온도차이로 인하여 냉각 전후 체적의 변화가 커진다. 성형 시 체적 변화가 커지는 것은 수축의 변화가 큰 것을 의미한다. 사출속도, 사출압력, 수지점도 등의 사출성형공정에 따라 성형수축은 커지기도 하고 작아지기도 한다. 냉각시간이 같을 때, 낮은 금형온도에서 보다 높은 금형온도에서의 분자들은 더 활발히 움직이고, 응

고 시간이 많이 걸리므로 내부응력의 증가에 의해 휨이 더 많이 발생하는 것으로 판단된다.

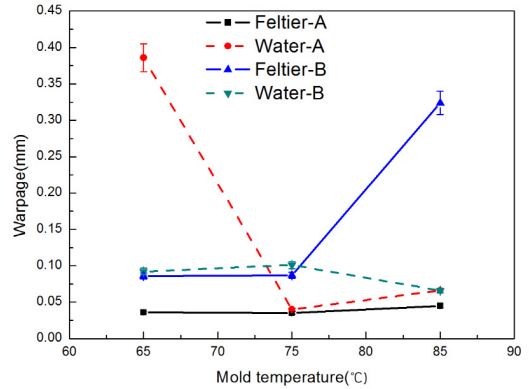


Fig. 6. Warpage of the ABS specimen as the mold temperature

Fig. 7은 보압시간에 따른 휨을 나타내었다. A 위치에서 RCHD방식은 0.033~0.037 mm 휨이 발생하였고, TWCD방식은 0.039~0.073 mm 휨이 발생하였다. B 위치에서 RCHD방식은 0.085~0.087 mm, TWCD방식 0.103~0.130 mm 휨이 발생하였다. RCHD방식에서 보면, A의 위치보다는 B의 위치에서 0.050~0.052 mm(40.3%~44%) 휨이 더 많이 발생했고, TWCD방식도 A의 위치보다는 B의 위치에서 0.057~0.064 mm(28%~45%) 휨이 더 많이 발생했다. RCHD방식 보다 TWCD방식에서 A의 위치에서는 0.006~0.036 mm(8.3%~32.7%), B의 위치에서는 0.018~0.043 mm(9.5%~19.8%) 휨이 더 많이 발생하였다. 보압시간에 따라서는 TWCD방식에서 휨이 더 많이 발생하였다. 보압시간이 증가할수록 RCHD방식이나 TWCD방식 모두 휨이 증가하였다. 보압시간은 보압이 계속해서 가해지는 시간이다. 보압시간이 증가하는 것은 가해지는 보압이 증가하게 되고, 이 압력에 의해 분자들은 계속해서 내부응력이 증가하게 된다. 이러한 내부응력은 휨을 유발하게 되고, 가해지는 스트레스가 증가하게 된다. 금형내에 분자들은 보압시간이 증가할수록 내부응력이 증가하고 냉각이 되면서 원래의 상태로 돌아가려고 하는 성질 때문에 내부응력이 충분히 완화되지 않아서 보압시간의 증가에 따라 그만큼 휨이 더 발생하게 되는 것으로 판단된다.

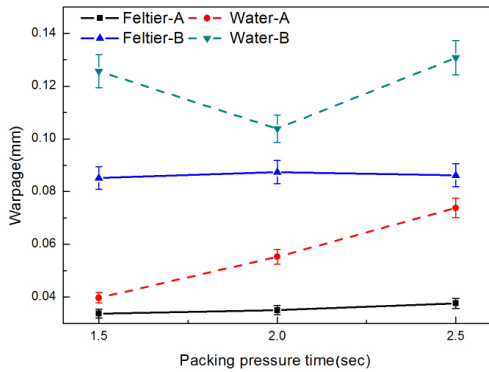


Fig. 7. Warpage of the ABS specimen as the packing pressure time

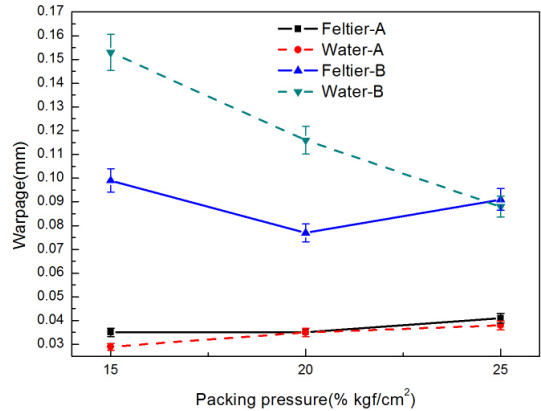


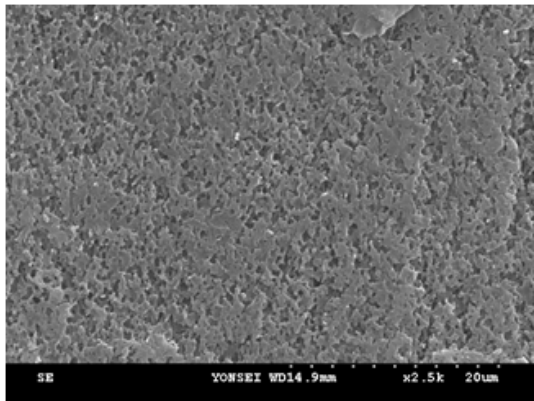
Fig. 8. Warpage of the ABS specimen as the packing pressure

Fig. 8은 ABS 수지에서 보압에 따른 휨을 나타내었다. A 위치에서 RCHD방식은 0.035~0.041 mm 휨이 발생하였고, TWCD방식은 0.029~0.038 mm 휨이 발생하였다. B 위치에서 RCHD방식은 0.077~0.099 mm, TWCD방식 0.088~0.153 mm 휨이 발생하였다. RCHD 방식에서 보면, A의 위치보다는 B의 위치에서 0.042~0.058 mm(37.5%~41.4%) 휨이 더 많이 발생했고, TWCD방식도 A의 위치보다는 B의 위치에서 0.059~0.115 mm(55.6%~60.2%) 휨이 더 많이 발생했다. A의 위치에서는 TWCD방식 보다 RCHD방식이 0.003~0.006 mm(3.7%~9.3%) 휨이 더 많이 발생하였고, B의 위치에서는 RCHD방식 보다 TWCD방식이 0.011~0.054 mm(6.6%~21.4%) 휨이 더 많이 발생하였다. A의 부분에서는 TWCD방식과 RCHD방식의 휨을 비교하기에는 그 차이가 아주 적은 것으로 보이고, B의 부분에서는 RCHD방식 보다 TWCD방식이 휨이 더 많이 발생하였다. 보압이 증가할수록 A의 위치에서는 RCHD방식이나 TWCD방식에서 휨이 증가하는 양상을 보이고 있다. 보압이 증가하면 성형수축은 작아지는 경향이 있으나, 휨의 경우는 이와 반대의 경향을 보이고 있다. 보압이 증가할수록 일부 휨이 감소하는 경향이 있지만 증가하는 경향도 보인다. 이는 보압이 증가할수록 사출성형품의 수축은 줄일 수 있으나 위치별로 큰 잔류응력을 크게 남게 되고, 이것이 휨으로 나타나는 것으로 판단된다[2].

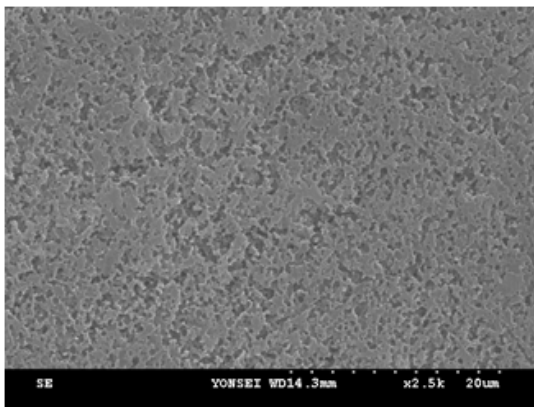
3.2 SEM 통한 TWCD 방식과 RCHD 방식의 폴리머 분포상태 비교

Fig. 9는 TWCD 방식과 RCHD 방식으로 사출성형 후, SEM 촬영을 하여 폴리머의 분포를 관찰하였다. 사출성형 조건은 사출속도 28%, 사출압력 37%, 보압 30%, 사출시간 3.3초, 보압시간 1.2초, 수지 온도 220℃, 금형 온도 85℃ 일 때, 냉각시간을 20, 25, 30초 변화에 따른 사출성형품의 폴리머 분포상태를 비교하였다. (a)는 TWCD 방식의 사출성형품을 나타내었고, (b)는 RCHD 방식의 사출성형품을 나타내었다. TWCD 방식은 부식된 부분들이 조밀하게 집중되어 있고, 입자의 크기가 작게 나타나는 것을 볼 수 있다.

RCHD 방식은 부식된 부분들이 넓게 퍼져 있고, 입자의 크기가 크게 나타나 있다. SEM은 사출성형품의 전체를 나타내는 것이 아니라, 일부에 대해서만 보여주고 있는 것으로 이 결과로 전체를 판단하는 것은 어려울 것으로 보인다. 입자가 넓게 분포되어 있는 것은 RCHD 방식이 균일하게 냉각이 이루어지고, 내부응력이 TWCD 방식보다 적은 것으로 판단된다.



(a)



(b)

Fig. 9. Comparison SEM of specimens for ABS resin in the TWCH and RCHD method

4. 결론

본 연구는 전통적인 수냉방식과 급속냉각·가열방식이 사출성형품의 휨에 미치는 영향을 비교 연구하였고, SEM을 통하여 폴리머의 분포 상태를 관찰하였다. 이러한 연구 결과는 사출성형품의 급속냉각·가열에 대한 기초 자료가 될 것으로 보인다.

- (1) RCHD방식보다 TWCD방식에서 휨이 더 많이 발생하였다.
- (2) 냉각시간은 0~0.065 mm(0%~41.9%), 금형온도는 0.005~0.341 mm(2.8%~79.1%), 보압시간은 0.006~0.043 mm(8.3%~32.7%), 보압은 0.011~0.054 mm(6.6%~21.4%) 휨이 발생 하였다.

- (3) ABS 폴리머의 분포 상태를 SEM 사진을 통해서 확인해 보면, 전통적인 수냉방식은 폴리머의 분포 상태가 조밀하게 분포되어 있고, 급속냉각·가열 방식은 전통적인 수냉방식 보다 넓게 분포되어 있다. 이것은 냉각이 균일하게 이루어지고, 내부 응력이 줄어들게 된다.

사출성형품의 휨은 불균일한 온도에 의하여 발생한다. 본 연구에 적용한 급속냉각·가열 장치를 적용한다면, 보다 정밀한 사출성형품을 얻을 수 있을 것으로 보인다.

References

- [1] D. M. Moon, T. G. Choi and M. -Y. Lyu, "Prediction of mechanical property of glass fiber reinforced polycarbonate and evaluation of warpage through injection molding", *Polymer(Korea)*, Vol. 38, pp. 708-713, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.7317/pk.2014.38.6.708>
- [2] M. Lee, H. Kim, M. Y. Lyu, "A study on the warpage of glass fiber reinforced plastics for part design and operation condition: Part1. Amorphous plastics", *Polymer(Korea)*, Vol. 36, pp. 555-563, 2012.
- [3] M. Lee, H. Kim, M. Y. Lyu, "A study on the warpage of glass Fiber reinforced plastics for part design and operation condition: Part2. Crystalline Plastics", *Polymer(Korea)*, Vol. 36, pp. 677-684, 2012.
- [4] X. Wang, G. Zhao, G. Wang, "Reserch on the reduction of sink mark and warpage of the molded part in rapid heat cycle molding process", *Materials and Design*, Vol. 47, pp. 779-792, 2013.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.matdes.2012.12.047>
- [5] J. G. Kovacs, B. Siklo, "Investigation of cooling effect at coners in injection molding", *International Communication in Heat and Mass Transfer*, Vol. 38, pp. 1330-1334, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2011.08.007>
- [6] A. Agazzi, V. Sobotka, R. Le Goff, D. Garcia, Y. Jarny, "A methodology for the design of effective cooling system in injection moulding", *Int J Mater Form*, Vol. 3, pp. 13-16, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12289-010-0695-2>
- [7] H. S. Park, N. H. Phan, "Design of conformal cooling channels for an automotive part", *International Journal of Automotive Technology*, Vol. 10, pp. 87-93, 2009.

- DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12239-009-0011-7>
- [8] H. S. Park, X. P. Dang, "Optimization of conformal cooling channels with array of baffles for plastics injection mold", Int. J. Precision Engineering and Manufacturing, Vol. 11, pp. 879-89, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s12541-010-0107-z>
- [9] J. Liu, Z. Lu, Y. Shi, W. Xu, J. Zhang, "Investigation into manufacturing injection mold via indirect selective laser sintering", Int J Adv Technol, Vol. 48, pp. 155-163, 2010.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-009-2272-8>
- [10] X. Li, G. Zhao, Y. Guan, H Li, "Reserch on thermal stress, deformation, and fatigue lifetime of the rapid heating cycle injection mold", Int J Adv Manuf Technol, Vol. 45, pp. 261-275, 2009.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1007/s00170-009-1969-z>
- [11] G. Zhao, G. Wang, Y. Guan, H. Li, "Reserch and application of a new rapid heat cycle molding with electric heating and coolant cooling to improve the surface quality of large LCD TV panels", Poly. Adv. Technol., Vol. 22, pp. 476-487, 2011.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1002/pat.1536>
- [12] M. Lee, T. W. Kim, "A study on the heat sink with internal structure using peltier module in the natural and forced convection," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 15, pp. 4072-4080, 2014.
- [13] W. H. Chen, C. Y. Liao, C. I. Hung, "A numerical study on the performance of miniature thermoelectric cooler affected by thomson effect", Appl. Energy, Vol. 89, pp. 464-473, 2012.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.apenergy.2011.08.022>
- [14] K. H. Lee, O. J. Kim, "Analysis on the performance of the thermoelectric microcooler", Int. J. Heat Mass Transfer, Vol. 50, pp. 1982-1992, 2007.
DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijheatmasstransfer.2006.09.037>
- [15] J. Luo, L. Chen, F. Sun, C. Wu, "Optimum allocation of heat transfer surface area for cooling load and COP optimization of a thermoelectric refrigerator", Energy Convers Manage, Vol. 44, pp. 3197-3206, 2003.
DOI: [http://dx.doi.org/10.1016/S0196-8904\(03\)00107-9](http://dx.doi.org/10.1016/S0196-8904(03)00107-9)
- [16] M. Lee, T. W. Kim, "A study on the heat sink with internal structure using peltier module in the forced convection," Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 15, pp. 3410-3415, 2014.
DOI: <http://dx.doi.org/10.5762/KAIS.2014.15.6.3410>

이 민(Min Lee)

[정회원]



- 1998년 2월 : 부경대학교 정밀기계공학과 졸업
- 2008년 2월 : 서울과학기술대학교 정밀기계공학과 (기계공학석사)
- 2012년 3월 ~ 2014년 2월 : 부경대학교 대학원 기계공학 (박사과정 수료)

<관심분야>

사출금형, 사출금형설계, 성형해석, 금형

김 태 완(Tae-Wan Kim)

[정회원]



- 1999년 2월 : 부산대학교 정밀기계공학과 (공학석사)
- 2003년 8월 : 부산대학교 정밀기계공학과 (공학박사)
- 2003년 8월 ~ 2004년 12월 : 부산대학교 기계기술연구소 전임연구원
- 2005년 1월 ~ 2006년 12월 : 오하이오 주립대학교 방문연구원
- 2007년 1월 ~ 2008년 2월 : 현대자동차 연구소 선임연구원
- 2008년 3월 ~ 현재 : 부경대학교 기계공학과 교수

<관심분야>

트라이볼로지, 구조해석, 자연모사공학