

금형 냉각 최적화를 위한 기체 보조 냉각

임동욱¹ · 김지훈¹ · 신봉철[†]

인하대학교 기계공학과^{1,†}

Gas cooling for optimization of mold cooling

Dong-Wook Lim¹ · Ji-Hun Kim¹ · Bong-Cheol Shin[†]

Department of Mechanical Engineering, Inha University^{1,†}

(Received January 25, 2018 / Revised March 20, 2018 / Accepted April 01, 2018)

Abstract: Both injection and injection molding dies have evolved into advanced technology. Product quality is also evolving day after day. Therefore, the conditions of the injection mold and the injection conditions are becoming important. In order to improve the quality of the product, the Hardware part of the mold has developed as an advanced technology, and the Software part has also developed with advanced technology. This study deals with the cooling part, which is part of the hardware. In addition to fluid cooling, which is commonly used in the industry, by using gas cooling identify the phenomena that appear on the surface of the product and the critical point strain of the product to find the optimal cooling. Electronic parts and automobile parts whose surface condition is important, the cooling process is important to such a degree that they are divided with good products and defective products according to the cooling process at the time of injection. By controlling this important cooling and reducing the injection time with additional cooling, the product quality can be increased to the highest production efficiency. In addition, high efficiency can be achieved without additional investment costs. This study was conducted to apply these various advantages in the field.

Key Words: Deformation, Fluid cooling, Injection molding, Mold flow

1. 서 론

현대 사회에서 플라스틱 사출은 많은 분야에서 이용되고 있다. 이렇게 많은 분야에서 이용되어지는 까닭은 가볍고 외형의 표현이 자유로우며 녹이 생기지 않고 한 번의 금형 가공으로 오랜 기간 동안 대량의 제품을 만들어 낼 수 있다는 장점 때문이다^{1,2}. 플라스틱 시대는 1869년 천연수지(Natural Resin)를 주성분으로 한 셀룰로이드(Celluloid)를 미국의 하이아트(John Wesley Hyatt)가 발명함으로써 새로운 소재의 막을 열었다. 1909년 미국의 베이클랜드(Bakeland)가 저분자 물질인 페놀(석탄산 : Phenol)과 포르말린(Formalin)을 화합을 성공시켜 만든 합

성수지(Synthetic Resin)인 베이클라이트(Bakelite)를 생산함으로써 박차를 가하였다. 이와 같이 합성 방법으로 만들어진 인공수지는 1930년경 고분자의 과학적 연구의 기초가 이루어짐으로써 플라스틱 발전이 체계화되도록 하였고, 특히 석유를 원료로 하는 합성수지의 생산이 가능해짐에 따라, 공업화를 촉진시켜 플라스틱 제품의 대량 생산과 가격인하(Cost Down)를 유도하여 기존 소재와의 우수성을 인정받아 신소재로서의 가치를 굳혔다^{3,4}. 플라스틱은 가소성의 의미를 내포한 것으로, 높은 분자량의 유기화합물을 주체로 한 원료로서 열, 압력 등 외력의 작용에 의하여 자유로이 성형이 가능하고, 사용 상태에서는 요구되는 형상을 유지하는 고체 재료이다. 물리, 화학적 및 기계적 성질이 양호한 플라스틱 재료가 저렴한 가격으로 대량 공급이 이루어짐과 동시에, 수많은 종류의 플라스틱 개개의 특성에 적합하고 용도에 맞는 성형 가공방법이 적극적으로 개발됨으로써, 현대

1. 인하대학교 기계공학과
† 교신저자: 인하대학교 기계공학과
E-mail: kenny77b@inha.ac.kr

사회는 플라스틱 시대를 향유하게 되었다. 플라스틱 재료가 성형품이 될 때까지의 과정을 보면, 개량 → 사출 → 보압 → 냉각으로 진행된다. 모든 과정이 다 중요하지만 제품의 품질이나 변형율에 많은 영향을 주는 것 중 하나가 냉각이다. 본 연구에서는 이 냉각 시간을 줄이면서도 최적의 냉각 효율을 찾기 위해 일반적으로 사용하는 유체 냉각 외에 기체 보조 냉각을 사용해 사출시 시간을 줄이면서도 제품의 품질을 향상시키고자 한다^{4,5)}.

2. 이론 배경 설명

2.1. 사출 금형 이해

사출 금형은 제품을 찍어내기 내기 위한 틀로서, 금형이 제대로 되어야만 사출 제품의 품질이 향상될 수 있다. 금형의 구조는 Fig. 1에 첨부하였다. 고정측 설치판, 고정측 형판, 로케이팅링, 스프루 부시, 가이드핀 부시를 조립한 부위를 일반적으로 고정형 또는 상형이라 한다. 이외의 부분을 가동형 또는 하형이라고 한다. 두 개의 양형이 맞추어진 면을 파팅면이라고 한다. 특성으로는 플라스틱의 가소성을 그대로 이용하게 되므로 금형의 형상대로 자유로운 성형이 가능하며, 색이 풍부하고 종류가 많아 사용범위가 넓다⁶⁾.

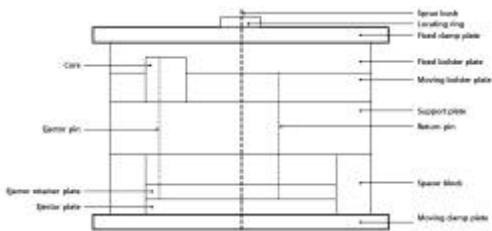


Fig. 1 Injection mold structure diagram

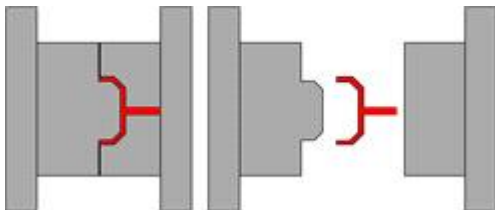


Fig. 2 Injection mold production diagram

Fig.2는 일반적인 금형의 작동방식과 제품 추출을

보여준다. 수지가 압력으로 밀려들어가 캐비티(Cavity)에 충전 후, 냉각을 거쳐 금형이 열리며 제품이 나오는 과정을 거친다.

2.2. 사출 금형 냉각의 이해

사출 성형 공정 단계 중 냉각단계는 가장 긴 시간을 차지하며 성형품 품질에 중대한 영향을 준다. 품질을 향상시키기 위해서는 냉각시간을 무한정 길게 하면 좋겠지만, 그렇게 되면 생산성 효율 문제가 발생하게 되므로 적절한 냉각시간이 필요하다. 따라서 냉각효율을 최적화하기 위한 방법을 찾아야 한다⁷⁾.

일반적으로 쓰이는 냉각 방식은 금형 설계 시에 구조에 제약을 받지 않는 범위 내에서 제품에 가장 균일한 냉각을 할 수 있는 냉각 라인을 설계하는 것이다. 냉각물질은 주로 유체인 냉각수를 순환하는 방식을 이용하며, 높은 온도의 금형을 통과한 냉각수를 식혀 다시 순환하는 식으로 사용한다⁸⁾.

Fig. 3은 냉각라인의 이해를 돕기 위한 간단한 냉각라인의 예다. 제품윗면과 아랫면 쪽으로 냉각라인이 지나가며 제품의 형상에 따라 간단히 일자의 냉각라인이 될 수도 있고 보다 복잡한 형태의 냉각라인이 설계 되어 질 수도 있다. 그러나 단순하던 복잡하던 냉각의 목적은 제품 품질 향상에 있다.

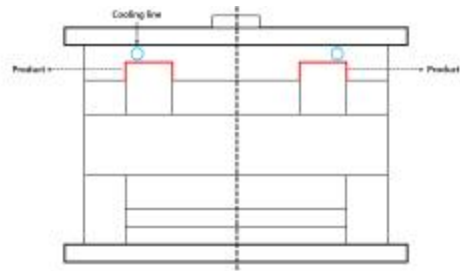


Fig. 3 Cooling line diagram

2.3. 기체 보조냉각의 구조 및 실험

본 연구에서는 일반적인 유체 냉각라인과 별도로 공간을 확보하여 기체 냉각을 위한 라인을 만들었다. 사출 시 냉각시간을 무한정 늘릴 수 없기에 냉각시간을 단축하면서도 보다 나은 품질을 위한 기체 보조냉각을 진행하였다. Fig. 4는 본 연구에 쓰인 유체 및 기체 보조 냉각을 설명한 그림이다.

기체 보조 냉각의 성능을 확인하기 위한 실험으

로, 한 금형 내에 동일 제품(좌, 우 제품)에 한쪽은 유체 냉각, 다른 한쪽은 유체 및 기체 냉각을 동시에 진행 하였다. 두벌의 금형으로 진행시 주변 온도, 습도, 등의 문제점이 있기에 최대한 같은 조건에서 비교 분석하기 위해 한 금형 내에 좌, 우 제품이 있는 금형을 선택 하였다. 같은 시간에 두 조건이 동시에 나오기 때문에 비교 분석이 용이하고 조건 역시 제품마다 틀어질 수 있는 변화 조건을 최소화 하였다. 나온 제품은 육안 검증과 3차원 치수 측정을 통해 제품의 외관 품질과 제품의 변형률 확인을 통해 기체 보조냉각의 효과를 검증하고자 한다.

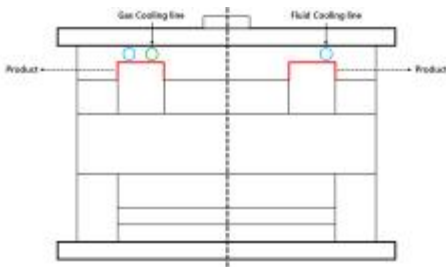


Fig. 4 Gas-assisted cooling diagram

3. 사출 성형 시험

3.1. 성형 제품 정보

본 논문에 적용된 제품은 자동차 Inside Release Handle Cover Plate 금형으로 1×1×1 이다. LH와 RH가 한 번의 사출로 한 개씩 나오는 금형이다. 제품의 이해를 돕고자 Fig. 5에 첨부 하였다. 본 논문에 적용된 제품은 차량의 내부 문 열림 손잡이의 볼트 부분을 감추어 주기 위한 제품으로 외관 품질을 중요시 하는 제품으로, 상대 제품인 Door Trim과의 Matching도 중요하기에 제품의 X, Y, Z방향 변형률 역시 중요하다. 본 연구에 이 제품을 택한 이유 역시 외관 품질 및 변형률에 민감한 제품이기에 선택 하였다.

Fig. 6은 본 연구에 사용되어진 금형의 열림 사진이며 유체냉각과, 유체 냉각 및 기체 보조 냉각을 표시 하였다. 상측, 즉 제품의 외곽 면 쪽에 기체 보조 냉각을 설치하였으며 외관의 품질을 육안으로 좀 더 잘 보고자 금형 표면을 가공 하였다. Fig. 7은 실제 금형을 이용해 생산해낸 제품의

사진이다. 왼쪽의 제품이 유체 냉각과 기체 보조 냉각을 한 제품이고, 오른쪽의 제품이 유체 냉각만을 사용한 제품이다.



Fig. 5 Location of inside release handle cover plate

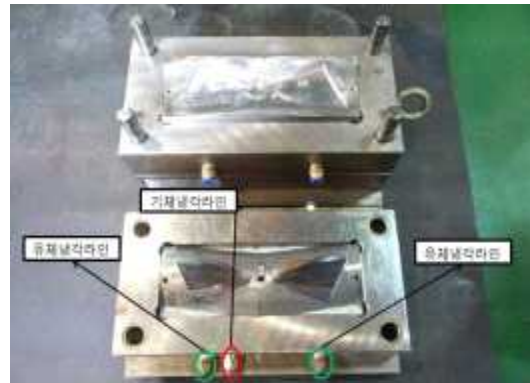


Fig. 6 Image of injection mold and cooling line



Fig. 7 Product of inside release handle cover plate

3.2. 성형조건

사출 성형 조건은 유체냉각, 기체 보조냉각이라는 큰 변수를 두고 압력, 사출 시간, 냉각시간을 하위 변수로 두고 시험을 하였으며, 총 27개의 조건을 Table 1과 같이 설정하고 시험을 진행하였다.

Table 1 Injection molding conditions

No.	Air, fluid cooling			Fluid cooling		
	pressure (MPa)	velocity (mm/s)	cooling time (s)	pressure (MPa)	velocity (mm/s)	cooling time (s)
#1	25	25	18	25	25	18
#2	35	25	18	35	25	18
#3	45	25	18	45	25	18
#4	25	35	18	25	35	18
#5	35	35	18	35	35	18
#6	45	35	18	45	35	18
#7	25	45	18	25	48	18
#8	35	45	18	35	45	18
#9	45	45	18	45	45	18
#10	25	25	15	25	25	15
#11	35	25	15	35	25	15
#12	45	25	15	45	25	15
#13	25	35	15	25	35	15
#14	35	35	15	35	35	15
#15	45	35	15	45	35	15
#16	25	45	15	25	45	15
#17	35	45	15	35	45	15
#18	45	45	15	45	45	15
#19	25	25	21	25	25	21
#20	35	25	21	35	25	21
#21	45	25	21	45	25	21
#22	25	35	21	25	35	21
#23	35	35	21	35	35	21
#24	45	35	21	45	35	21
#25	25	45	21	25	45	21
#26	35	45	21	35	45	21
#27	45	45	21	45	45	21

현재 이 금형을 가지고 사용하는 조건은 냉각시간은 18초이고 압력과 사출시간은 조금씩 변화를 준다고 한다, 이에 시험 시에 가장 먼저 냉각시간 18초를 먼저 하였고 그 다음에 15초로 냉각시간을 줄인 조건을 시험한 이유는 생산현장에서 냉각시간을 줄여보고자 함이다. 제품은 조건별로 5개를 사출했으며 처음과 마지막 제품은 품질을 고려해 폐기 처리하였다. 두 번째 제품으로 육안 확인을 검증 하였으며 세 번째 제품으로 3차원 Scan을 진행 하였다.

3.3. 사출기 정보 및 원재료 정보

Fig. 8은 시험에 사용한 사출기로 현재 연구에 사용한 금형 및 동일한 Cover Plate를 사출하는 사출기이다. 사출기 제원은 70ton이고 정기 점검을 마치고 인증 받은 사출기이다.

본 시험에 사용되어진 원재료는 PP GF 30%이

다. PP는 폴리프로필렌(Polypropylene)으로 유백색, 불투명, 반투명 범용 수지 중에서 가장 가볍다. PP는 결정성 수지에 속하며, PE (Polyethylene)에 비해 항복점, 인장강도, 압축강도, 광택, 내열성, 스트레스 균열, 내약품성이 좋다. 또한 내충격성이 강하고 헌지성이 좋아 수백 번 반복 굽힘에도 견딜 수 있다. 단점으로는 PE에 비해 저온충격 강도가 낮고, 사출 성형 시 배향성이 강하므로 변형되기 쉽다는 것이다.

황산이나 질산에 약하며 자외선에도 약하다. 금형 설계 시 및 제작 시 유의해야할 사항으로 헌지가 있는 성형품일 경우 충전 부족, 헌지부의 웰드라인 발생 등을 방지하기 위해 게이트 위치에 주의 할 필요가 있다. 또한 변형을 방지하기 위해 다 점 게이트로 하는 것이 좋다. 또한 결정성 수지이기 때문에 제거해야 할 열량이 많으므로 충분한 냉각이 가능한 냉각 회로로 해야 하며 균일한 금형 온도가 되도록 해야 한다. 성형 수축률은 0.8~15% 정도이다.

시험에 사용한 PP GF30%는 저온 강성과 내충격성을 키우기 위해 GF를 첨가한 원재료이다. 상대제품에 체결 시 어느 정도의 강도가 필요하고 Door 수리 시 본 제품을 분리 후 재 사용해야 하기에 PP에 GF가 포함되어진 원재료를 사용하였다. 사출조건이 잡기가 아주 까다로운 원재료는 아니며 외관 역시 보기가 까다로운 원재료는 아니다. Table 2는 원재료의 물성표이다.



Fig. 8 Injection molding machine

3.4. 시험 제품 검증

3.4.1. 표면상태 육안 검증

제품 육안 검증은 제품의 외관만을 검증하는 걸로 표면의 웰드, Burr, 수축, 미성형 등을 확인한다. 모든 제품을 육안 확인한 결과 기체 보조냉각을 진행한 LH쪽이 수축, 웰드가 덜하게 나타났다. 육안 확인으로 볼 때 기체 보조 냉각이 성형품 외관에 영향을 미쳤음을 알 수 있다. 같은 냉각시간이었지만

Table 2 Property table

Measurements at 23°C		The values of properties are for natural grade.			
Properties	Standards	Unit	Values		
			RH 0-23 °C	RH 50-23 °C	
Physical	Specific gravity	ASTMD792	-	1.2	←
	Mould shrinkage (flow)	Rhodia	%	0.2~0.4	←
	Mould shrinkage (transverse)	Rhodia	%	0.4~0.6	←
Mechanical	Tensile strength at yield	ASTMD638	MPa	95	←
	Elongation at break	ASTMD638	%	3	←
	Flexural stress at break	ASTMD790	MPa	135	←
	Flexural modulus	ASTMD790	MPa	6150	←
	Izod notched impact strength	ASTMD256	J/m	110	←
	Rockwell hardness	ASTMD786	Rscale	105	←
Thermal	Melting point	ASTMD3418	°C	163	←
	Heat Deflection Temperature 4.6kgf/cm ²	ASTMD648	°C	160	←
	Heat Deflection Temperature 18.6kgf/cm ²	ASTMD648	°C	150	←
	Coefficient of linear thermal expansion	ASTMD696	°C	-	-
	Flammability	UL94		HB	←
Electrical	Dielectric strength	ASTM D149	kV/mm	-	-
	Dissipation factor 1MHz	ASTMD150		-	-
	Volume resistivity	ASTMD257	E14. ohm·cm	-	-
	Arc resistance (tungsten electrode)	ASTMD495	Second	-	-

유체만으로 냉각을 한 성형품에 비해 기체 보조 냉각을 같이 한 성형품이 금형에서 냉각이 되어져 추출되어짐에 따라 외관 형상이 좋아진 것으로 보인다. 시험조건 #13은 유체 냉각과 유체 및 기체 냉각

사이의 차이가 두드러진 조건이다. Fig. 9는 시험조건 #13에서 유체 냉각과 기체 보조 냉각을 진행한 제품으로 사진으로 보이듯 표면에 수축이나 웰드 현상이 보이지 않는다. 표면이 깨끗하고 테두리 Burr이나 미성형이 발생 하지 않았다.

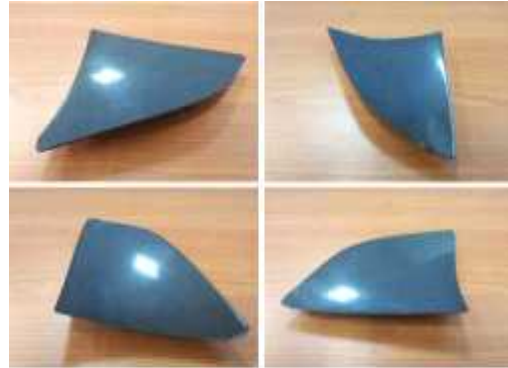


Fig. 9 Products using fluid cooling and gas-assisted cooling

Fig. 10은 시험조건 #13에서 유체 냉각만 진행한 제품으로 사진으로 보이듯 표면에 수축이 발생해 제품으로써 사용할 수 없는 품질 상태가 나타났다. 빨간 원이 수축이 발생한 부분을 표시한 것이다. 미성형이나 Burr는 발생하지 않았으나 수축의 발생으로 외관 품질에 문제가 발생하였다.

제품 육안 검증 결과를 종합해 보면 유체 냉각만으로 성형한 제품은 모두 수축이 발생하였으나 유체 냉각과 기체 보조 냉각으로 성형한 제품의 경우 수축이 발생한 조건이 6개로 확인히 줄어든 것을 확인할 수 있었다.



Fig. 10 Products using fluid cooling

3.4.2. Mold Flow Data

시험 전 사전점검 및 변형률 확인을 위한 자료이고 검증 보조 자료로 쓸 것이다. Fig. 11은 3차원 제품 Data 및 게이트 위치, 제품의 수축이 발생관련 Data, 제품 사출 압력 Data를 나타내고 있다.

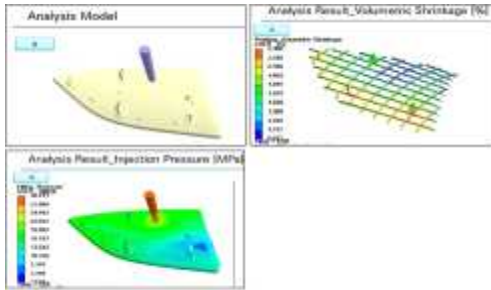


Fig. 11 Product Data, Product Shrinkage Data, Product Injection Pressure Data (clockwise)

Fig. 12는 X, Y, Z 방향의 제품 변형량을 나타내는 자료다. X 방향은 상대제품관의 조립 시 Gap 발생에 영향을 주는 변형이고, Y, Z 방향 변형량은 제품조립에 영향을 미치는 변형이다.

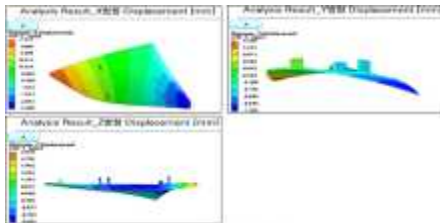


Fig. 12 X, Y, Z direction deformation (clockwise)

Fig. 13은 제품의 총 변화량은 표시한 사진이다. 전체 적으로 변화가 되며 상대물 조립과 Gap, 조립 불량으로 이어질 수 있다. Mold Flow Data만으로는 문제가 생길 변화량은 보이지 않고 있어 금형을 진행 하였다.

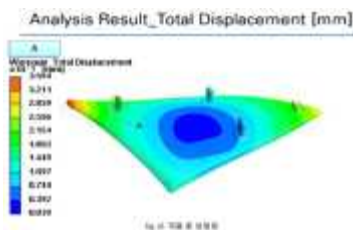


Fig. 13 Total deformation of product

Table 3은 총 변화량과 X, Y, Z방향, 사출 최적 압력을 수치로 표기한 것이다. Mold Flow 상 총 변화량은 0 ~ 0.36mm이고 최적의 사출 압력은 31MPa이다. 이 자료를 근거로 하여 금형을 진행하였다. 게이트 역시 Mold Flow Data를 참조하여 정하였다^{9,10}.

Table 3 mold flow result

Maximum injection pressure (MPa)	X directional deformation (mm)	Y directional deformation (mm)	Z directional deformation (mm)	Total deformation (mm)
31	-0.25 ~ 0.24	-0.12 ~ 0.15	-0.07 ~ 0.26	0 ~ 0.36

3.4.3. 제품 치수 확인(3D Scan)

3차원 측정기는 물체의 표면 위치를 검출할 수 있는 프로브가 3차원 공간을 이동하면서 공간 좌표를 검출하고 그 데이터를 컴퓨터가 처리함으로써 3차원적인 크기나 위치 또는 방향 등을 측정할 수 있는 만능 측정기이다. 3차원 측정기의 장점은 대량 생산 시 실시간 품질 관리가 가능하다. 복잡한 형상을 간단하게 측정할 수 있다. 데이터 설정 시 시간을 절약할 수 있다. 다른 시스템과의 데이터 통신이 편리하다. 3차원 측정기 사용상의 주의사항으로는 3차원 측정기의 각 축은 정밀하게 이동하므로 측정대 위에 정밀 수준기를 올려 수평으로 설치해야 하고, 설치 후에도 수평을 점검해야 한다. 진동이 있는 경우는 측정값에 격차가 발생하므로 설치 장소 근처에 진동이 있는 경우는 측정기 주위에 도랑을 파는 등의 진동에 대책해야 한다. 측정기는 20±1℃, 습도 50~60%의 항온실에 설치해 사용해야 한다. Fig. 14는 본 연구에 사용된 3차원 측정기다. 이동이 가능하며 관절 회전 각도가 작은 제품으로 비접촉으로 정확한 치수를 잴 수 있을 뿐만 아니라 제품 데이터와 겹쳐서 치수를 확인 할 수 있는 3차원 측정기다.

제품 치수 확인은 3차원 Scan 장비를 이용하여 조립에 영향을 미치는 각 모서리의 세 포인트가 이상적인 치수에서 벗어나는 변형량을 측정하였다. Fig. 15는 세 포인트를 표시한 것이다. Table 4는 3차원 스캔 결과를 정리한 Data이다. 데이터의 절댓값 평균을 보면 P1에서는 동일한 변형량을 얻었지만 P2 및 P3에서는 유체만을 이용한 냉각이 2배 이상의 변형이 발생한 것을 볼 수 있다. 본 연구에서 진행 시 처음 예상한 결과 기대치로 나왔으며 기체 보조 냉각을 통해 제품의 외관품질 말고도 변형량까지도 좋아진 것을 볼 수 있다.

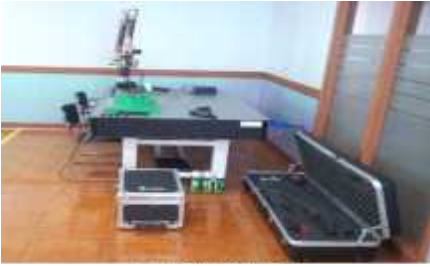


Fig. 14 3D measuring instrument



Fig. 15 Measurement point

Table 4 3D scan result

No.	Gas & Fluid			Fluid		
	P1 deformation (mm)	P2 deformation (mm)	P3 deformation (mm)	P1 deformation (mm)	P2 deformation (mm)	P3 deformation (mm)
#1	0.05	-0.08	-0.06	-0.07	0.07	0.12
#2	0.02	-0.06	-0.01	0.12	-0.1	0.1
#3	-0.07	0.01	0.02	-0.09	0.1	0.12
#4	0.04	-0.11	-0.01	-0.06	0.15	0.18
#5	0.04	-0.01	0.01	-0.06	0.15	0.13
#6	0.13	-0.02	-0.07	-0.09	0.07	0.15
#7	0.03	-0.02	0.02	-0.08	0.17	0.01
#8	-0.02	-0.01	0.13	-0.06	0.13	0.12
#9	-0.09	0.31	-0.01	-0.06	0.13	0.12
#10	0.04	0.13	0.16	-0.05	0.13	0.11
#11	-0.05	0.03	0.02	0.1	0.15	-0.1
#12	0.02	-0.02	-0.03	-0.08	0.12	0.01
#13	0.12	-0.11	0.02	0.04	0.22	0.17
#14	0.17	-0.02	-0.02	-0.04	0.09	-0.01
#15	0.01	0.13	-0.01	-0.09	0.13	0.17
#16	0.09	0.01	-0.02	-0.06	0.13	0.08
#17	0.14	-0.03	-0.04	-0.01	0.08	0.15
#18	-0.02	0.04	0.09	-0.01	0.13	0.17
#19	-0.02	0.07	-0.03	-0.06	0.03	0.17
#20	0.14	-0.05	0.01	-0.06	0.09	0.09

#21	0.02	-0.01	0.2	-0.06	0.08	0.1
#22	0.03	0.12	-0.03	-0.04	0.01	0.1
#23	0.04	0.01	-0.04	-0.09	0.22	0.1
#24	-0.03	0.1	0.13	-0.06	0.08	0.1
#25	0.16	-0.01	-0.05	-0.09	0.11	0.01
#26	0.04	-0.06	-0.03	-0.08	0.16	0.1
#27	0.14	0.01	-0.04	-0.07	0.13	0.09
average	0.066	0.059	0.049	0.066	0.117	0.107

4. 시험 조건에 따른 제품과의 관계

27가지의 시험 조건별로 볼 때 양산 조건과 가장 비슷한 냉각시간인 18초(시험조건 #1 ~ 9)의 제품이 치수 변형률이 가장 낮게 나왔다. 또한 Mold Flow에서 나온 최적의 압력 조건인 31MPa와 근접한 조건인 35MPa(시험조건 #2, 5, 8, 11, 14, 17, 20, 23, 26)의 사출 압력의 제품이 치수 변형률이 낮게 나왔다. 이렇게 치수 변형률이 낮게 나온 군에서도 기체 보조 냉각을 한 쪽이 더 치수 변형에 안정적이었다. 이를 볼 때 유체 냉각 제품보다 기체 보조 냉각을 진행 했을 경우 보다 외관과 치수가 안정되어진 품질의 제품을 얻을 수 있다.

5. 결론

본 논문은 사출 금형에서 일반적으로 사용하는 유체 냉각 외에 추가적으로 기체 보조 냉각을 하였을 경우 제품에 미치는 영향을 찾고 기체 보조 냉각을 통한 금형 냉각의 최적화를 찾고자 하였다. 이를 위해 제품 육안 확인과 3차원 측정기를 통한 제품의 치수 변형률을 확인했다.

1) 제품 육안 검증을 통해 제품을 확인한 결과 기체 보조 냉각으로 성형한 제품의 수축 발생은 유체 냉각 제품의 약 20% 만큼 감소하였다. 또한 Burr와 웰드도 발생하지 않았다.

2) 동일한 성형 조건에서 제품의 3점의 치수 변형률을 분석한 결과 P1에서는 유의한 차이가 없었으나 P2 및 P3에서는 기체 보조 냉각의 경우가 유체 냉각에 비해 약 50% 감소된 치수 변형률이 나타났다.

기체 보조 냉각을 사출금형 전체에 적용할 시

제품 외관의 불량을 최소화, 높은 형상 정밀도, 안정적인 성형, 냉각시간 감소에 따른 생산성 향상을 기대할 수 있다고 판단하였다.

참고문헌

- 1) SH. Park, "Investigation into the Development of Uniform and Rapid cooling Mould Incorporating Conformal Cooling Channels," Graduate School of Chosun University. 2010.
- 2) K. Park, "Rapid heating / Cooling Technology for High Efficiency Injection Mold Temperature Control," J. of the Korean Society of Mech. Eng. Vol. 51, Issue 4, pp. 37-40, 2011.
- 3) Zarkdas, D. M, "Prediction of cooling time in injection molding," Advances in Polymer Technol. Vol. 22, No. 3, pp. 188-208, 2003.
- 4) Menges, "How to make injection molds," HANSER, 2001.
- 5) J.H. Choi, D.H. Park, C.H. Park, B.O. Rhee and D.H. Choi, "Design optimization of injection mold for minimizing temperature deviation," Annual Conference Proceedings, KSAE, pp. 2566-2572, 2009.
- 6) K.J. Hong, D.H. Choi and M.S. Kim, "Progressive quadratic approximation method for effective constructing the second-order response surface models in the large scaled system design," Proceedings of KSME(A), Vol. 24, No. 12, pp. 3040-3052, 2000.
- 7) B.S. No, Y.D. Jeong, "The fluidity and hardness of the recycled thermoplastic elastomer in the injection molding process," J. D&M Eng., Vol. 1, No. 1, pp. 39-44, 2007.
- 8) S.H. Jeong, J.H. You, "A study on the shrinkage deviation in PC-Collors by the injection molding conditions," J. D&M Eng., Vol. 9, No. 1, pp. 14-17, 2015.
- 9) S.W. Ko, S.J. Jeong, "Injection molding 3D CAE applications for estimating filling imbalance using a new runner system meshing," Vol. 6, No. 2, pp. 31-36, 2012.
- 10) Y.B. Moon, B.S. Ko, "Injection molding and structure analysis for design of glass insert injection mold," Vol. 2, No. 3, pp. 6-9, 2008.