

Core in Core 냉각기술을 적용한 플라스틱 사출성형 특성에 관한 연구

최윤서*, 박인승*, 양동호*, 하병철*, 허만우**, 이종찬*[#]

*금오공과대학교 기계설계공학과, **창성정공

A Study on the Characteristics of Plastic Injection Molding Using Core in Core Cooling Technology

Yun-Seo Choi*, In-Seung Park*, Dong-Ho Yang*, Byeong-Cheol Ha*,
Man-Woo Heo**, Jong-Chan Lee*[#]

*Department of Engineering Science and Mechanics, Kumoh National Institute of Technology.

**ChangSung Precision LTD.

(Received 18 January 2019; received in revised form 26 January 2019; accepted 3 February 2019)

ABSTRACT

Recently, plastic materials have become more diversified, and the development of materials with excellent mechanical properties and plasticity has enabled wider application, miniaturization, and refinement of injection molded products. As a result, the utilization of these products in household goods, electronics, automotive parts, and aircraft parts is increasing in almost all industries. Injection molded parts are often used externally on finished commercial products. This means that the injection mold industry is very important to the value of these products. For this reason, the industry is performing research on the precision and efficiency of the injection molding process. In this study, we investigated the applicability of the core in core cooling method to the problem of product deformation due to temperature variation in existing injection mold designs. We also characterized the cooling performance of an injection mold when using this cooling method.

Keywords : Injection Molding(사출금형), Cooling Performance(냉각성능), Deformation(변형)

1. 서 론

최근 플라스틱 소재가 다양화되고, 기계적 특성과 성형성이 뛰어난 소재의 개발로 사출성형 제품의 다변화, 소형화, 정밀화가 가능하게 되었다. 이에 따라 일반 생활용품 뿐만 아니라 전기전자 제품, 자동차 부품, 항공기 제품 등 거의 산업 전 분

야에 활용도가 높아지고 있다. 또한, 의장부품으로 사출제품의 사용도가 높기 때문에 완제품의 상품성을 향상하기 위해서는 사출금형 산업의 중요도가 높으며, 사출금형의 정밀화 및 효율성 향상에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다^[1].

본 연구에서는 기존 사출금형의 코어 온도편차에 의한 성형품의 변형문제를 해결하기 위해 고안된 Core in Core 냉각공법의 적용 가능성을 확인하고, Core in Core 냉각 공법을 적용한 사출금형에 대한 냉각성능 및 성형제품의 기계적 특성과 성형품질

Corresponding Author : jclee@kumoh.ac.kr

Tel: +82-54-478-7376, Fax: +82-54-478-7319

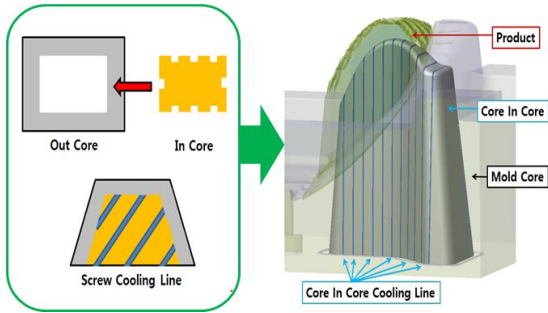


Fig. 1 The Concept of Core in Core cooling circuit

분석하고, 기존 Fin Type 냉각공법과 성능 비교를 진행하였다.

Core in Core 냉각공법은 플라스틱 용융수지와 금형이 접하는 코어 부분의 열을 효과적으로 냉각하고, 코어 형상에 최대한 근접한 냉각회로 구성을 통해 코어 표면의 온도편차를 최소화 할 수 있는 냉각기술로서, Fig. 1에서 보는바와 같이 Core in Core 냉각회로 구성을 위한 금형 구조는 성형품이 접촉하는 외부 코어와 냉각회로가 설계된 내부 코어가 삽입될 수 있도록 가공하여, 내부 코어를 삽입하는 구조이다. 그리고 외부 코어, 내부 코어의 밀폐성을 높이기 위해 O-Ring을 이용하여 조립하는 구조이다.

2. Core 표면 온도편차 분석

사출 시 용융된 수지가 고화될 때 성형품 표면의 냉각편차에 따른 변형 발생을 최소화하기 위해서는 금형 Core 표면의 온도가 균일해야 한다.

본 연구에서는 Core in Core 냉각공법을 적용한 금형과 기존 Fin Type 냉각공법을 적용한 금형의 Core 표면의 온도편차를 분석하였다⁴⁾.

2.1 실험장치

본 연구의 Core 표면 온도편차 실험은 열화상카메라를 이용하여 사출 Test 중 금형의 형계 시 Core 표면의 온도를 Fig. 2에서 보는바와 같이 사출성형기의 하단에서 측정하였다. 열화상카메라는 FLIR사

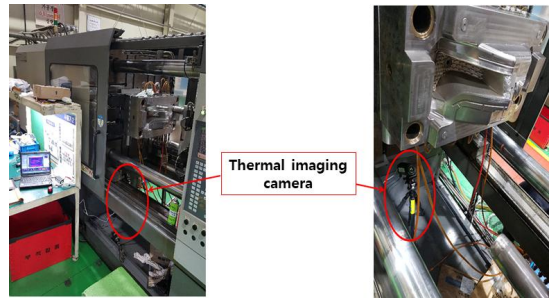


Fig. 2 Picture of put a thermal imaging camera

의 E95모델(온도측정범위: $-20 \sim 1500^{\circ}\text{C}$)을 이용하였으며, 사출성형기는 HYUNDAI사의 SPE-350모델(350ton급)을 이용하였다. 또한 냉각수 온도 및 유량을 컨트롤 할 수 있는 YUDO-SUNS사의 FOS-2000 금형온도제어시스템을 이용하였다.

2.2 실험방법

냉각공법 및 사출조건 변화에 따른 Core 표면의 온도편차를 분석하기 위해 2 Cavity의 사출금형에 냉각공법이 다른 코어 설계를 진행하여 좌·우측에 적용한 금형을 제작하였으며, 사출조건은 Table 1에서 보는바와 같이 사출압력, 냉각시간, 냉각수 온도를 매개변수로 하여 사출조건 변화와 냉각공법의 차이에 의한 Core 표면은 온도분포 변화에 대한 분석을 진행하였다³⁾.

Table 1 Injection molding condition of surface temperature deviation test

Mold Type	Core in Core Type, Fin Type
Material	PBT
Mold-open Time (sec)	5
Injection pressure (kg/cm ²)	80, 90, 100, 110, 120
Injection speed (mm/sec)	13.6
Injection time (sec)	7
Packing pressure (kg/cm ²)	50
Packing time (sec)	3
Cooling time (sec)	25, 30, 35, 40, 45
Coolant Temperature ($^{\circ}\text{C}$)	20, 30, 40
Coolant discharge volume (ℓ/min)	100

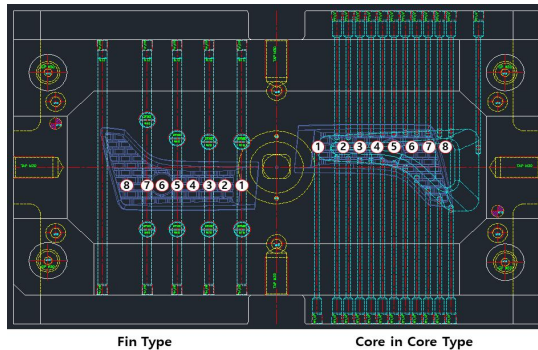


Fig. 3 Temperature measuring point on core surface

사출금형의 Core 표면 온도 측정포인트는 Fig. 3 과 같이 냉각회로를 고려하여 8개의 포인트를 측정 하였다.

2.3 실험결과

Fin Type 냉각회로를 적용한 사출금형의 Core 표면 온도편차는 18.5~30.4℃가 발생하였으며, 최대 온도편차가 발생한 사출조건은 사출압력 120kgf / cm², 냉각수 온도 20℃, 냉각시간 45sec 조건에서 발생하는 것으로 확인되었다.

온도편차는 냉각수의 온도가 낮아짐에 따라 편차가 커지며, 냉각시간이 감소함에 따라 온도편차가 커지는 것을 확인하였다.

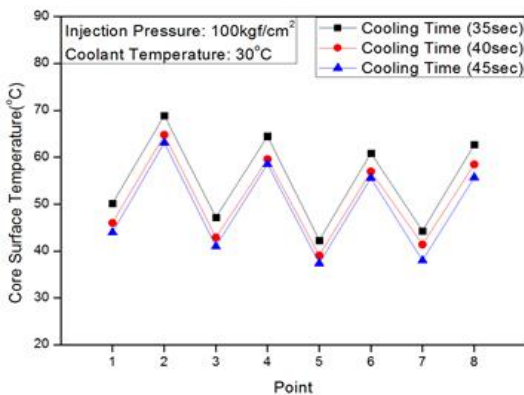


Fig. 4 Graph of result that core surface temperature (Fin Type)

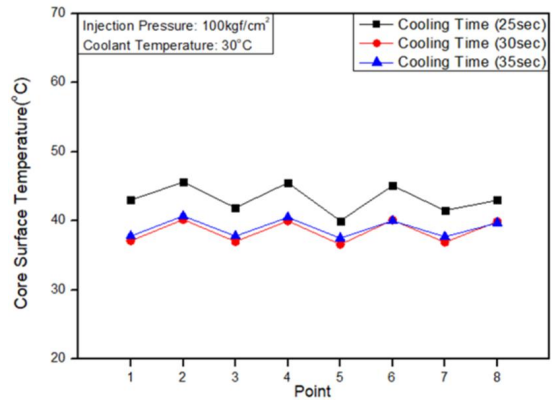


Fig. 5 Graph of result that core surface temperature (Core in Core Type)

Core in Core 냉각회로를 적용한 사출금형의 Core 표면 온도편차는 각 사출조건별 2.8~5.8℃가 발생하였으며, 최대 온도편차가 발생한 사출조건은 사출압력 80kgf/cm², 냉각수 온도 30℃, 냉각시간 25sec 조건에서 발생하는 것으로 확인되었으며, 실험 결과 최소 온도 편차는 사출압력 90kgf/cm², 냉각수 온도 30℃, 냉각시간 30sec 사출조건에서 온도편차는 2.8℃가 발생하였다.

Core in Core 냉각회로 방식이 Fin Type 냉각회로 방식 대비 냉각 효율이 높은 것으로 나타나고 있으며, Fin Type 대비 사출압력 약 75%에서 우수한 사출특성을 나타내고 있으며, 냉각 온도 약 65%, 냉각 시간 약 75%에서 성형성이 우수한 것으로 나타났다. 이는 생산경쟁력이 높다고 볼 수 있다.

위와 같은 결과는 냉각회로가 금형의 표면과 접하는 전열면적이 Core in Core 냉각회로 방식이 13.5배 더 넓으며, 코어 표면과 냉각회로의 거리가 짧기 때문에 온도편차가 좁은 것으로 판단된다.

3. 사출품의 인장 특성 분석

3.1 실험장치

냉각회로 형태변화에 따른 Core 표면 온도편차가 사출 성형품의 기계적 특성 중 경도에 미치는 영향



Fig. 6 Picture of Rockwell hardness test

을 분석하기 위해 성형품의 시편을 제작하여 Rockwell 경도측정기를 이용한 경도를 측정하였다. Fig. 6에 경도측정 장비의 형상을 나타내었다.

3.2 실험방법

금형 표면온도 편차에 따른 기계적 특성 중 경도를 분석하기 위해 경도 측정 Sample은 각 사출조건별 50회 예비 사출 후 10회의 사출을 통한 성형품 Sample을 제작하였다.

경도측정은 ASTM D785-08 규격에 준하여 Rockwell Scale M 기준으로 측정을 진행하였으며, 각 Sample의 인장강도 측정 시편은 Fig. 7과 같이 리플렉터 가이드면을 레이저 커팅 장비를 사용하여 시편을 제작하였다.

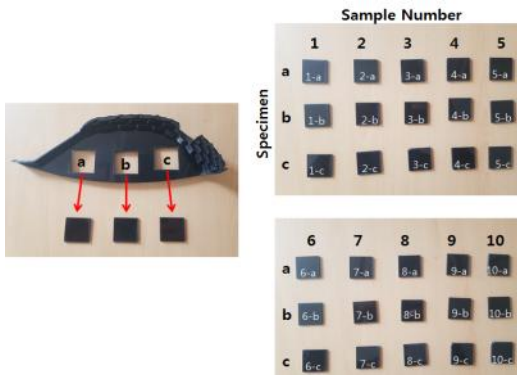


Fig. 7 Shape of specimen for hardness test

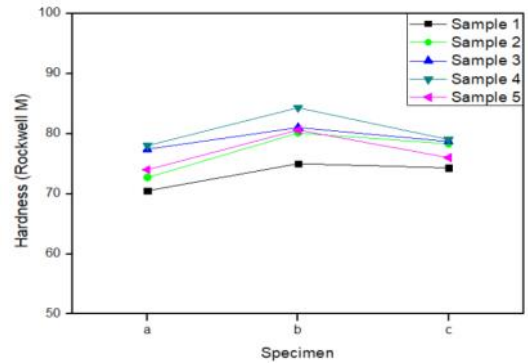


Fig. 8 Graph of result that hardness test (Fin Type)

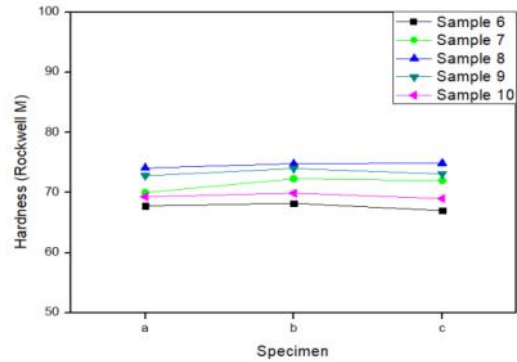


Fig. 9 Graph of result that hardness test (Core in Core)

3.3 실험결과

Fin Type 냉각회로를 적용한 사출금형의 성형품 경도는 각 사출조건별 71.1~84.3HRM으로 확인되었으며, 최대 경도값이 발생한 사출조건은 사출압력 120kgf/cm², 냉각수 온도 40℃, 냉각시간 40sec 조건에서 발생하는 것으로 확인되었으며, 실험 결과 최소 경도값은 사출압력 120kgf/cm², 냉각수 온도 20℃, 냉각시간 40sec 사출조건에서 경도 71.1HRM으로 확인되었다.

시편은 위치별 경도값의 차이는 최대 6.6 HRM의 차이가 발생하였으며, 사출압력 120kgf/cm², 냉각수 온도 40℃, 냉각시간 45sec 조건에서 나타났다.

Core in Core 냉각회로를 적용한 사출금형의 성형품 경도는 각 사출조건별 67.0~74.9HRM으로 확인되었으며, 최대 경도값이 발생한 사출조건은 사출

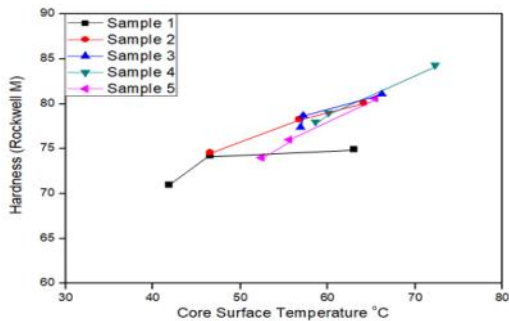


Fig. 10 Core surface temperature versus hardness

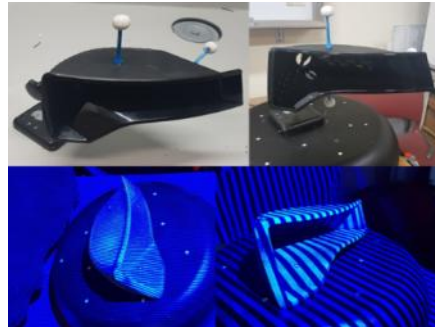


Fig. 11 Picture of 3D scanning process

압력 90kgf/cm², 냉각수 온도 40°C, 냉각시간 30sec 조건에서 발생하는 것으로 확인되었으며, 실험 결과 최소 경도값은 사출압력 90kgf/cm², 냉각수 온도 20°C, 냉각시간 30sec 사출조건에서 경도 67.0HRM으로 확인되었다.

시편은 위치별 경도값의 차이는 최대 2.3 HRM의 차이가 발생하였으며, 사출압력 90kgf/cm², 냉각수 온도 30°C, 냉각시간 30sec 조건에서 나타났다.

Core 표면의 온도에 따른 경도값 변화를 분석한 Fig. 10 그래프를 보면 온도가 증가함에 따라 경도값이 증가하는 경향이 뚜렷한 것을 확인할 수 있다.

Fin Type 냉각회로가 Core in Core 냉각회로 대비 경도가 높은 것으로 확인되었으며, Fin Type 냉각회로가 상대적으로 높은 Core 표면 온도를 보이기 때문에 수지의 유동성 향상에 따른 공급되는 수지의 양과 압력이 증가하여 수지의 밀도가 증가하게 되고, 배향성이 좋아 분자간 결합력이 증가하여 이러한 특성을 보이는 것으로 판단된다.

경도의 균일성을 비교하면 Fin Type 냉각회로의 경우 평균 편차가 약 6.46%를 보이고 있으며, Core in Core 냉각회로의 경우 평균 편차 약 1.44% 차이가 나는 것으로 확인되었다. 이러한 이유는 Core 표면의 온도편차에서 확인한 바와 같이 Core in Core 냉각회로의 온도편차가 좁기 때문에 균일한 기계적 특성을 보이는 것으로 판단된다.

4. 사출품의 변형 특성 분석

4.1 실험장치

냉각회로 형태변화에 따른 Core 표면 온도편차가 사출 성형품의 기계적 특성 중 변형에 미치는 영향을 분석하기 위해 MPT(Miniaturised Projection Technique)방식으로 30 μ m의 측정 정밀도를 가지는 BREUCKMANN사의 smartSCAN R2를 이용하여 성형품 모델링 대비 성형 시제품의 변형 분석을 진행하였다. Fig. 11은 3D Scanning 실험사진이다.

4.2 실험방법

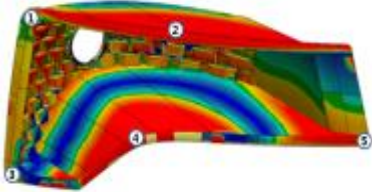
금형 표면온도 편차에 따른 성형품의 변형을 분석하기 위해 변형 측정 Sample은 각 사출조건별 50회 예비 사출 후 10회의 사출을 통한 성형품 Sample을 제작하였다. 3D Scanning 측정 시 형상 스캔의 정밀도를 향상하기 위해 시제품의 표면에 백색 분체 스프레이를 도색하여 시편을 제작하였다. 제작된 시편은 턴테이블에 위치하여 15°로 분할하여 360° 스캔을 통해 3D 모델링을 형상화하고, 성형품 모델링과 병합하여 변위에 대하여 분석하였다^[2].

4.3 변형 특성 분석 결과

Table 2에서 보는바와 같이 Fin Type 사출 성형품에서 예상했던 변위를 상회하는 최대 변위 6.11mm가 Point 2 부근에서 발생하였으며, 전체적인 변형 형상은 전형적인 Box Type 형상이 변형하는 안쪽으로 휨이 발생하였다.

Table 2 Result of comparison between Measurements and 3D modeling (Fin Type)

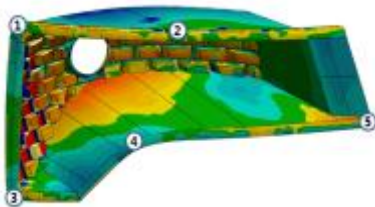
Result of Deformations that Comparison with 3D Modeling



Deformation(mm)					
Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Max.
1.67	5.76	0.34	5.16	0.98	6.11

Table 3 Result of comparison between Measurements and 3D modeling (Core in Core)

Result of Deformations that Comparison with 3D Modeling



Deformation(mm)					
Point 1	Point 2	Point 3	Point 4	Point 5	Max
0.05	0.10	0.37	0.58	0.44	0.61

Table 3에서 보는바와 같이 Core in Core 냉각회로를 적용한 사출 성형품은 전체적으로 변형 품질이 양호한 것으로 판단되며, 최대 변위는 Point 2부근에서 1.44mm가 발생하였다.

5. 결론

Core in Core 냉각공법을 적용한 사출금형의 냉각 성능 및 성형품의 특성을 분석한 결과 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. Core in Core 냉각공법을 적용한 사출금형의 Core 표면 온도측정 결과 최적의 사출조건에서 온도편차 2.8℃에 특성을 보였으며, 기존 Fin Type 냉각공법 대비 약 60%정도 온도편차를 개선할 수 있는 것으로 판단되었다.
2. 성형품의 변형에 대한 Core in Core 냉각공법과 Fin Type 냉각공법을 비교 분석한 결과 Core in Core 냉각공법을 적용한 금형이 약 76% 이상 향상된 변형 특성을 보였으며, 사출 성형의 품질 중 가장 중요한 지표인 변형에서 우수한 특성을 보였다.
3. Core in Core 냉각공법은 Core 표면의 온도를 균일하게 할 수 있는 특성으로 성형품질 및 생산성이 증시되는 성형품 생산에 유리할 것으로 판단되며, 균일한 기계적 특성을 가지는 성형품 생산이 가능할 것으로 판단된다.

후 기

“본 연구는 금오공과대학교 학술연구비(2018-104-025)를 지원받아 수행되었습니다.”

REFERENCES

1. Won, S. T., Heo, Y. M., Go, Y. B., Kim, G. H., Yoon, G. S., "Trends of Injection Molding Technology", Transactions of Materials Processing, Vol. 23 No.3, pp. 184-188, 2014.
2. Chang, D. H., Kang, S. I., "Heat Transfer Analysis in Spray Forming Process Using Front Tracking Finite Element Method", Transactions of the Korean Society of Mechanical Engineers - A, Vol. 22, No. 5, pp. 767-777, 1998.
3. Kim, K. M., Lee, G. Y., Son, D. H., Park, G., "A Study on Temperature Distribution Characteristics of Injection Mold Considering Thermal Contact Resistance", Plastic processing Vol. 20, No. 1, pp. 29-35, 2011.
4. La, M. W., Park, J. M., Kim, D. E., "A Study on Plastic Injection Molding of NanoStructured Surface with a Local Mold Heating System", Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 14, No. 4, pp. 8-13, 2015.