

사출금형의 냉각회로 종류에 따른 냉각효율의 비교

노건철¹ · 장민규¹ · 제덕근² · 최윤식³ · 정영득[†]

부경대학교 기계공학부¹, 제산정공², 한국폴리텍VI대학 메카트로닉스과³, 부경대학교 기계공학부[†]

Comparison of cooling effects according to cooling methods in injection mold

Keon-Cheol Noh¹ · Min-Kyu Jang¹ · Deok-Keun Je² · Yoon-Sik Choi³ · Yeong-Deuk Jeong[†]

Dept. of Mechanical Engineering, Pukyong National University¹

Jesan - Jeongkong²

Dept. of Mechatronics, Korea Polytechnic VI³

School of Mechanical Engineering, Pukyong National University[†]

(Accepted May 23, 2014)

Abstract : Plastic products are produced more than 70% of total processes by the injection molding. 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 time and system of cooling 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. This study shows comparative study about cooling efficiency of spiral channel and baffle and observed the variation of time to freeze of molding. As the result of CAE experiments, cooling rate by spiral channel had faster than baffle and as freeze time was decreased. Results of this study will be used widely to design for cooling system of injection mold.

Key Words : Injection mold, Cooling system, Baffle, Spiral channel

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 관한 연구개발이 이루어져 왔다. 플라스틱 제품은 압출이나 압축성형을 통하여 생산될 수 있으나 70% 이상이 사출성형을 통하여 생산되고 있다¹⁾. 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 있다²⁾. 또한, 냉각과정은 사출성형시

전체 성형시간의 60% 이상을 차지할 정도로 가장 많은 시간을 필요로 한다. 따라서 냉각과정의 시간을 단축시킨다면 플라스틱 제품의 생산성이 대폭 향상될 것이며, 제품의 가격경쟁력도 높아지게 될 것이다³⁾. 이러한 냉각과정의 중요성으로 인하여 사출성형 금형의 설계시 모든 냉각회로의 균형을 고려하는 것이 중요하며, 일반적으로 사용하는 냉각구조로는 직선형 냉각채널, 배플(baffle), 버블러(bubbler), 나선형(spiral) 등이 있다⁴⁾. Fig. 1은 baffle과 spiral 채널에 의한 냉각구조를 나타낸 것이며, 일반적으로 소형의 코어(core) 내측을 냉각시키기 위해 사용되며, 나선형 채널은 비교적 코어의 직경이 클 경우에 사용된다⁵⁾.

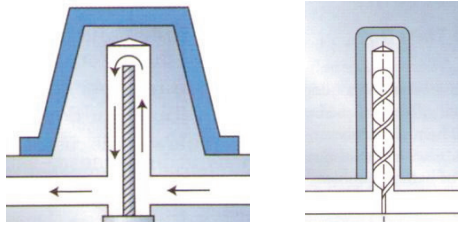
본 연구에서는 이러한 냉각구조 중 나선형 냉각채널과 baffle에 의한 냉각효율을 비교하였으며, baffle의 직경과 나선형 채널의 직경을 변경하였을

1. 부경대학교 기계공학부

† 교신저자 : 부경대학교 기계공학부

E-mail : ydjung@pknu.ac.kr

경우 그 냉각효율을 알아보기 위해 CAE해석 연구를 수행하였다. 본 연구의 결과는 사출성형시 냉각 시간을 단축하기 위한 냉각채널 설계에 도움이 될 것으로 생각된다.



(a) Baffle (b) Spiral channel
Fig. 1. Structure of spiral and baffle

2. 냉각채널에 따른 사출성형 CAE 해석

본 실험에 사용된 프로그램은 상용사출성형 해석 프로그램중의 하나인 Moldflow MPI 6.1을 사용하였으며, 대상 수지는 결정성 수지 PP (GS Caltex , Hi-Prene M540), 비결정성 수지 ABS(LG Chemical, AF380) 를 각각 적용하였다.

실험을 위한 해석조건은 Table 1과 같으며, baffle 및 나선형 채널의 직경, 수지 외의 사출성형 조건은 모두 고정하였다. Fig. 2는 Spiral 채널의 모델링에 대한 상세한 구조를 나타낸 것이다. baffle 및 나선형 회로의 직경은 25mm에서 55mm까지 10mm 단위로 총 4단계로 구성하였다. baffle의 하측에 연결되는 직선회로와 나선형의 냉각수 통로는 baffle 및 나선회로의 코어직경의 크기에 따라 비례하도록 크기를 결정하였다. 나선형 회로의 구조는 입수가 코어 하측에서 코어의 상측방향으로 흘러들어간 후, 나선형으로 흡을따라 출수가 되는 방식으로 설계하였다.

Table 1. Injection conditions for experiment

Injection setting	Unit	Value
Mold surface temperature	℃	40
Melt temperature	℃	230
Mold-open time	sec	5
Injection+packing+cooling time	sec	30
Filling control	-	Automatic
Velocity/pressure switch-over	-	Automatic
Coolant temperature	℃	25

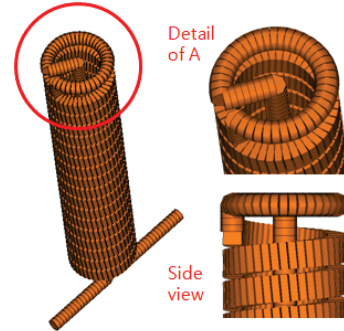


Fig. 2. Modeling of spiral channel

3. 실험 결과 및 고찰

본 냉각해석은 Fig. 3에서 나타낸 baffle과 스파이럴 냉각채널에 대한 크기를 Table 2와 같이 변경하여 CAE 냉각해석실험을 수행하였다.

본 실험의 결과로서 각 채널별, 수지종류별, baffle의 직경과 스파이럴의 직경 변화에 따른 성형품의 p1, p2, p3, p4 지점에서의 고화시간을 Fig. 4와 Fig. 5에 각각 나타내었다.

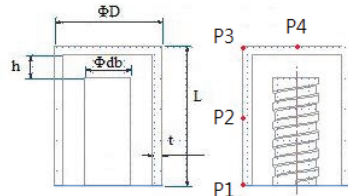


Fig. 3. Schematic diagram for cooling channel

Table 2. The specifications of Fig. 3

Symbol	Unit	Value
D	mm	80
db	mm	25, 35, 45, 55
L	mm	240
h	mm	20
t	mm	2.5

Fig. 4는 대상 수지가 PP인 경우에 대한 baffle 및 spiral 채널에 대한 고화시간을 막대 그래프로 나타내었다. 직경이 25mm일때와 35mm일때는 baffle과 spiral의 고화시간이 약간의 차이를 나타내었으나, 직경 45mm와 55mm일때는 많은 차이가 나는 것을 나타내었다.

Fig. 5는 대상 수지가 ABS인 경우에 대한 각 측정점에서의 고화시간을 나타낸 것으로서 pp와 유사한 경향을 나타내었다. 그러나 동일 지점에 대한 고화시간을 비교하면 ABS 수지가 약 15~20% 정도 고화시간이 단축된 것을 알 수 있다. 이것은 ABS수지의 비열($C_p : 1968 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$)이 PP의 비열($C_p : 2878 \text{ J/Kg}^\circ\text{C}$)보다 적기 때문에서 오는 결과라고 할 수 있다.

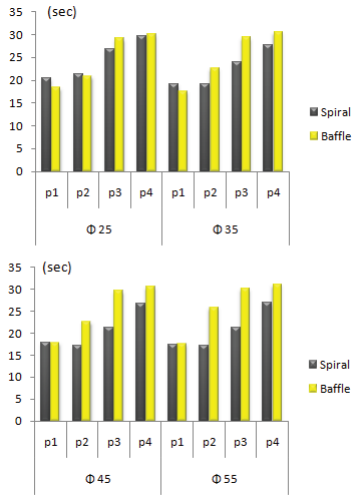


Fig. 4. Time to freeze in case of PP

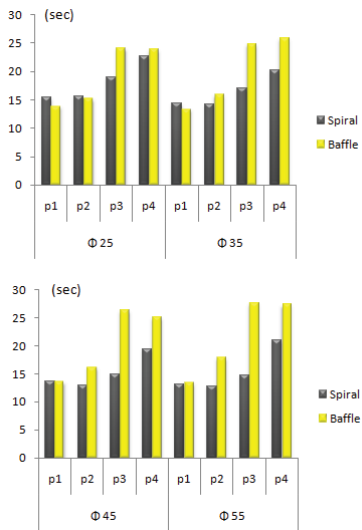


Fig. 5. Time to freeze in of case ABS

Fig. 6는 PP수지의 경우 baffle 과 spiral채널에 의한 고화시간의 차(baffle에 의한 고화시간 - spiral에 의한 고화시간)를 나타낸 것으로서 직경이 커질수

록 그 차가 커지는 것을 볼 수 있다. 각 측정 포인트 별로 살펴보면 p1에서의 차이는 거의 없지만, p2와 p3의 고화시간 차이는 많이 나는 것을 볼 수가 있다.

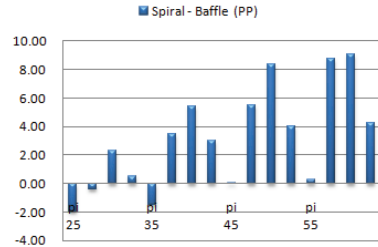


Fig. 6. Difference of Spiral - Baffle channel (PP)

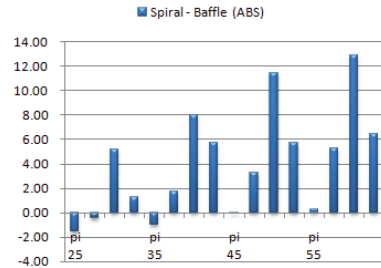


Fig. 7. Difference of Spiral - Baffle channel (ABS)

Fig. 7은 ABS수지에 대한 baffle 과 spiral 채널의 고화시간 차이를 나타낸 것으로서 pp수지와 유사한 경향을 보였다. 단지, 각 측정점에서의 고화시간은 pp보다 단축된 것을 알 수 있다. 앞서서도 언급했듯이 비열의 차이가 고화시간 역시 차이가 나는 것을 볼 수 있다.

4. 사례 연구

본 사례연구에 사용된 성형품은 정수기 필터용 케이스로서 Fig. 8에서 알 수 있듯이 직경 80mm, 길이 296mm, 살두께 3.5mm인 제품이다.



Fig. 8. Filter case

위 성형품을 대상으로 Fig. 9에서 보여주는 세 가지의 냉각구조에 대해 냉각해석을 수행한 후 최대 고화시간을 비교 하였다. type(a) 냉각형식은 캐비티는 직선채널, 코어는 baffle로 설계하였고, type(b) 냉각형식은 캐비티는 spiral, 코어는 baffle로 설계하였다, type(c) 냉각형식은 캐비티, 코어 모두 spiral로 설계하였다. 수지는 GS Caltex의 PP (Hi-Prene M540)를 사용하였고, 제품의 두께는 캐비티 부분은 3.5mm로 균일하고, 코어측은 2mm로 설계되었다. 냉각실험 결과, type(a)와 type(b)는 거의 동일한 냉각효과가 나타났다, 이유는 코어측 냉각의 효과가 캐비티측 냉각의 효과보다 많이 나타나서 캐비티의 냉각효과는 거의 표현되지 않는 것으로 생각된다. 반면 type(c)의 냉각효과는 약 2초정도 빨리 제품이

고화됨을 나타냈다. 그 결과를 Table 3에 나타내었다.

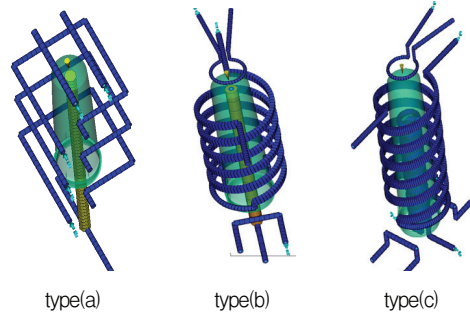


Fig. 8 Three type of cooling channel

Table 3. Freeze time each cooling channel

Cavity	Core	Time to freeze(sec)
Linear	Baffle	41.41
Spiral	Baffle	41.41
Spiral	Spiral	39.41

앞선 두 번의 실험에서 나선형 냉각채널이 baffle 구조보다 냉각효율이 더 높다는 것을 알 수 있었으며, 이는 이의 문헌에서 알려져 있는 사실과 부합된다⁶⁾. 이는 동일한 유속의 냉각수가 나선형 냉각채널과 baffle에서 흐르지만 baffle의 구조에 의한 냉각수 압력강하⁷⁾와 코너풀(coner pool) 효과에 의한 유동정체 현상으로 인하여 baffle내 냉각수의 냉각효율이 나선형 냉각채널보다 떨어지는 것이다. 따라서 금형 구조의 제한이 없는 경우, baffle구조보다 나선형 냉각채널을 사용하여야 높은 냉각효율을 가지는 금형을 설계 제작할 수 있을 것이다.

4. 결론

본 연구에서는 금형 코어의 냉각에 적용되고 있는 baffle과 spiral 채널에 대해 그 냉각성능을 사출성형 해석 프로그램인 Moldflow MPI 6.1을 사용하여 알아보기 위한 결정성 수지 pp와 비결정성 수지 ABS를 대상으로 CAE 실험 연구를 수행하였으며, 다음은 주요 연구결과이다.

- 1) 코어의 직경이 약 35mm이하에서는 baffle과

spiral채널의 냉각성능은 비슷하였으나, 직경 35mm 이상의 경우에는 spiral 채널의 냉각성능이 baffle보다 우수하게 나타났다.

- 2) 동일한 냉각회로의 경우에 수지종류를 다르게 한 경우에는 비결정성수지의 경우가 결정성 수지에 비해 약 30%정도 고화시간이 단축되었다.

- 3) 성형품의 고화시간 단축을 위해서는 코어내측의 냉각성능이 캐비티측의 냉각성능에 비해 더욱 영향을 많이 끼치는 것을 사례연구를 통해 알 수 있었다.

참고문헌

- 1) 강철민, “다수캐비티 사출금형에서 성형조건이 균형충전에 미치는 영향,” p. 2, 2005.
- 2) 정영득, 구분홍 공역, “사출성형해석에 의한 제품 및 금형설계,” 도서출판 인터비전, pp. 432-433, 2005.
- 3) 권태현, 박성진, 윤경환, 이상봉, 정영득 공역, “사출성형 CAE 설계지침,” 문운당, p. 109, 2004.
- 4) 洪明雄, “射出金形の 基本과 應用”, 機電研究社, pp. 173-192
- 5) Jay Shoemaker, "Moldflow Design Guide," HANSER, p. 158.
- 6) 浜田 著, “コストダウンのための金型温度制御,” シグマ出版, pp. 113-119, 1998.
- 7) J.P. Van der walt, "A Pressure Loss Coefficient for a Series of Injection Mold Cooling Baffle," Journal of injection molding technology, March 2005, Vol. 4, No. 1.