

CAP 금형의 사출성형공정에 대한 해석

신장순¹·오상륜¹·김유진[#]·허영무²·윤길상²

Analysis of Injection Molding Process for CAP Mold

J. S. Shin, S. R. Oh, Y. J. Kim, Y. M. Huh, G. S. Yoon

Abstract

Generally, when the injection molds are made in advanced nations, the improvement of a quality and production rate is obtained by using CAE. In this paper, the methodology which is possible to reduce the cycle time of injection molding process is studied by using the cooling analysis with CAE(Moldmax). In case of changing the cooling system design with the analysis result of CAE, the maximum reduction of the cycle time runs into 30 percent. Finally, the average reduction of the cycle time is 17.8 percent.

Key Words : CAE, Injection mold, Cooling analysis, Moldflow, Moldmax

1. 서 론

최근 전세계적으로 IT, BT, NT의 급속한 발달로 인해 관련 제품의 초고속화, 초정밀화, 고기능화, 소형화, 복합화가 추구하고 있으며, 이러한 추세는 다른 산업 분야로까지 광범위하게 확산되고 있는 실정이다. 이에 따라 외국은 물론 국내에서도 새로운 형태와 다양한 기능을 갖춘 제품이 계속 등장하고 있고, 이에 대한 수요도 나날이 급증하고 있으며, 이러한 제품의 제작을 위한 가공, 생산기술 또한 계속 발전되고 있다. 일상 생활에서 흔하게 접할 수 있는 생활용품 분야도 이러한 흐름에 예외는 아니므로 현재 기능적, 심미적으로 뛰어난 용기에 대한 수요가 급증하고 있고, 이러한 추세는 앞으로도 더욱 확장될 전망이다. 생활용품 산업은 제품의 특성상 대량 생산이 요구되기 때문에 제품의 생산은 주로 금형(金型, Die &

Mould)에 의존하고 있다. 따라서 생활용품 산업의 발달을 위해서는 금형 기술의 발달이 필수적인데, 특히 생활용품 금형의 대부분을 차지하는 플라스틱 사출금형에 대한 설계, 제작 및 성형과 관련된 기술개발 요구가 크게 증가하고 있다. 선진국의 경우 오래 전부터 금형 관련 기술개발에 주력하여 부품 및 각종 설계 변수 관련 Know-How가 DB로 구축되어 이를 설계에 적극 활용함으로써 모든 설계 과정의 표준화와 함께 금형과 성형품의 정밀도 및 생산성을 향상시켰다. 여기에 금형 구조 및 성형 해석 과정을 결합시킨 Engineering 설계기법을 도입하여 고정밀, 고부가가치 금형을 개발, 제작하고 있으나 우리나라의 경우는 설계와 해석이 결합된 선진국형 Engineering 설계가 매우 미흡한 실정이다. 우리나라 대부분의 금형업체들은 금형의 설계 후 별도의 시험금형의 제작이나 많은 시사출 과정을 통해 금형 및 성형의 문제점

1. ㈜제이엠피 기술연구소

2. 한국생산기술연구원 정밀금형팀

교신저자: ㈜제이엠피 기술연구소, egkim@j-mp.co.kr

을 해결하는 방식을 취하고 있다. 그러나 금형 설계 시 선진국과 같은 컴퓨터를 이용한 금형 구조 및 성형에 대한 해석(CAE)의 과정을 수행할 경우 금형 설계상의 오류를 사전에 방지할 수 있고, 불필요한 시험금형의 제작 및 시사를 횡수를 줄임으로써 금형의 제작기간을 단축시켜 생산성을 향상시킬 수 있으며, 금형 및 제품의 품질에 대한 신뢰도도 높일 수 있다.

최근 고부가가치 금형 설계 및 제작 능력을 바탕으로 하는 금형 선진국과, 낮은 인건비를 바탕으로 가격 경쟁력에서 우위를 보이고 있는 중국, 인도 등의 신흥 금형 국가와의 경쟁 속에서 많은 어려움을 겪고 있는 국내 금형 업체들의 현실을 고려했을 때, 금형 구조 및 성형에 관한 해석 기술의 연구 및 적극적인 활용으로 고부가가치, 고정밀 금형 기술을 개발하여 선진국형 금형 산업 구조를 갖추는 것이 우리나라 금형 제조기업의 사활을 결정할 수 있는 중요한 요인이 될 것이므로 이 분야에 대한 연구가 절실히 필요하다.

본 연구에서는 금형 코어의 종류 및 냉각디자인, 그리고 수지의 종류에 따라서 성형 사이클 시간을 얼마나 단축시킬 수 있는지를 해석하였다.

2. 코어와 수지의 종류에 따른 냉각해석

본 연구에 적용된 금형은 영국 Uni-lever社와 공동개발한 Dove 250ml CAP 금형이다. 생활용품 금형의 특성상 본 금형의 성형제품은 매우 복잡한 형상과 얇은 두께를 갖기 때문에 성형상 많은 어려움을 가지고 있다. 이를 해결하기 위해 Fig. 1에서와 같이 각각의 코어들의 재질에 따른 냉각 해석을 실시하였다

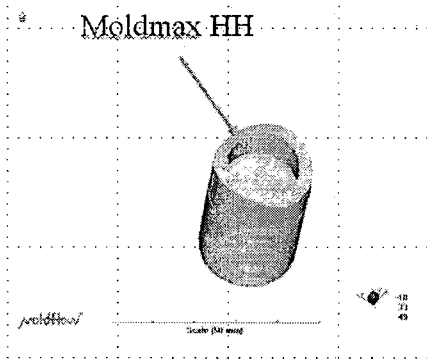


Fig. 1(a) Core A type (Insert core)

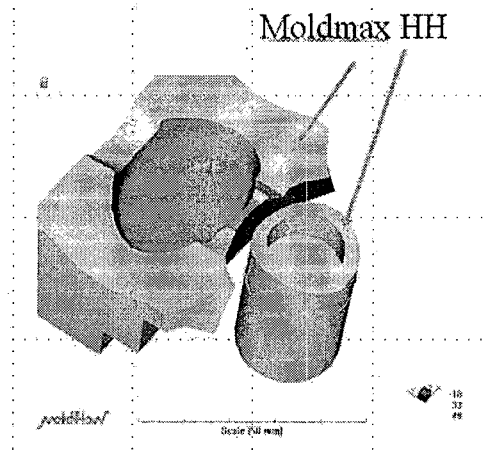


Fig. 1(b) Core B type (Slide core & Insert core)

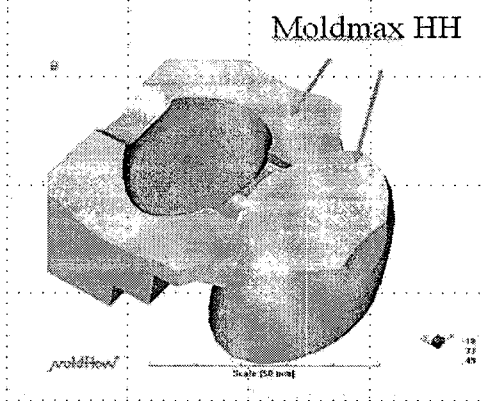


Fig. 1(c) Core C type
(Slide core & Insert core & Lower main core)

수지의 경우는 0.13 W/m deg.C(Resin B), 0.167 W/m deg.C(Resin C)을 사용하여 냉각 해석을 실시하였다. 열전도 0.167 W/m deg.C 은 호모 폴리머, 고유동 수지, 핵제 첨가, 슬립제가 첨가된 것으로 추측된다.

Fig. 2 와 같이 각각의 지점에서의 제품 및 금형의 온도를 냉각 해석결과를 바탕으로 분석하였다. (Fig. 4, Fig. 5)

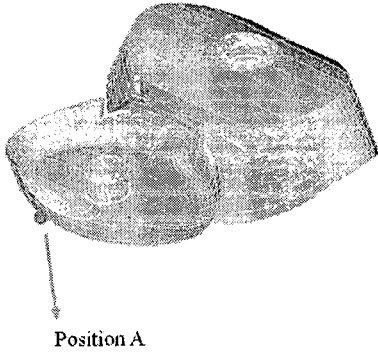


Fig. 2(a) Temperature check position(A)

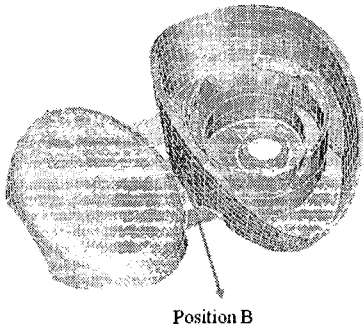


Fig. 2(b) Temperature check position(B)

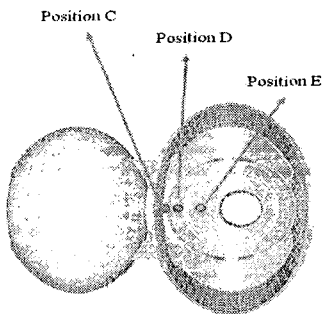


Fig. 2(c) Temperature check position(C, D, E)

먼저 인서트 코어, 냉각디자인 A, 수지는 Resin B 로 하여 성형 해석을 하였더니 싸이클 타임이 18 초였다. 이를 기준으로 하여 각각의 경우에 따라 얼마나 싸이클 시간을 얼마나 단축 시킬 수 있는지를 분석하였다.

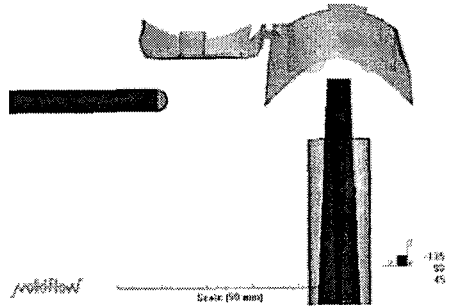


Fig. 3(a) Original cooling design

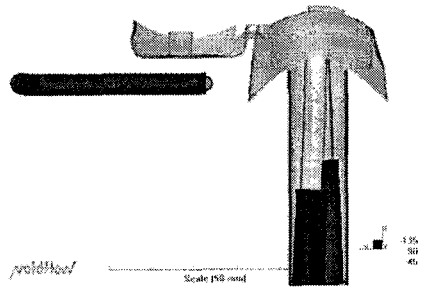


Fig. 3(b) Modified cooling design

Fig. 3 에서 알 수 있듯이 먼저 냉각 라인의 디자인 변경으로 현재 상태의 문제로 지적되고 있는 Position B, C 부분의 제품 및 금형 온도가 떨어진다. 하지만 Position D 의 경우 간접 냉각의 효과가 거의 나타나지 않았으며 Position E 부분은 배플이 제품에 더 가까워진 이유로 금형 온도가 떨어짐을 볼 수 있다.

슬라이드-하측 코어 일부분을 Moldmax 를 사용하여 냉각라인을 기존보다 제품 쪽으로 이동하고 브레이징과 배플을 추가하고 배플을 제품 쪽으로 이동한 변경된 냉각디자인을 사용하면 기존 냉각 디자인보다 냉각시간을 2~2.5 초를 단축시킬 수 있었다. 슬라이드-하측 코어 전체를 Moldmax 사용하여 냉각 디자인을 변경하였을 경우에는 기존 방식보다 냉각 시간을 3~ 3.5 초정도 단축시킬 수 있었다(Fig.4).

위와 같은 결과를 토대로 슬라이드-하측 코어 전체를 하이 싸이클 용 수지를 사용할 경우 얼마

no.	Input Condition (입력조건)										결과										부연 설명
	Inlet Temp.	Melt Temp.	Mold Close & Open Time + Eject Time	Resin Type	냉각 라인 디자인	Slide Core 재질	Lower Main Core 재질	Insert Core 재질	Cooling Core 재질	Cycle Time	Position A	Position B	Position C	Position D	Position E						
	입수구 온도	수지 온도	형개폐 취출시간	수지 종류	-	-	-	-	-	sec	균형 온도	제품 온도	균형 온도	제품 온도	균형 온도	제품 온도	균형 온도	제품 온도			
unit	deg.C	deg.C	sec	-	-	-	-	-	sec	deg.C	deg.C	deg.C	deg.C	deg.C	deg.C	deg.C	deg.C	deg.C			
0	13	245	7	Resin B	Design 1	Stavax	Stavax	Moldmax	Stavax	18									기준 온도 벗어남		
1	13	245	7	Resin B	Design 2	Moldmax	Stavax	Moldmax	Stavax	13	32	98	80	60	57	42	41	43	기준 온도보다 낮은 온도 표시 냉각 라인 2 sec ~ 2.5 sec 입력		
2	13	245	7	Resin B	Design 2	Moldmax	Stavax	Moldmax	Stavax	14	32	88	75	70	43	42	41	41			
3	13	245	7	Resin B	Design 2	Moldmax	Stavax	Moldmax	Stavax	15	31	80	70	66	41	47	44	42			
4	13	245	7	Resin B	Design 2	Moldmax	Stavax	Moldmax	Stavax	16	30	72	60	55	40	40	40	40			
5	13	245	7	Resin B	Design 2	Moldmax	Stavax	Moldmax	Stavax	17	29	68	55	50	44	43	43	43			
6	13	245	7	Resin B	Design 2	Moldmax	Stavax	Moldmax	Stavax	18	28	65	50	45	42	42	42	42			
7	13	245	7	Resin B	Design 2	Moldmax	Moldmax	Moldmax	Stavax	13	32	98	75	70	46	50	52	기준 온도보다 낮은 온도 표시 냉각 라인 3 sec ~ 3.5 sec 입력			
8	13	245	7	Resin B	Design 2	Moldmax	Moldmax	Moldmax	Stavax	14	31	88	70	68	29	35	45		38	46	
9	13	245	7	Resin B	Design 2	Moldmax	Moldmax	Moldmax	Stavax	15	30	80	65	60	28	39	34		40	37	43
10	13	245	7	Resin B	Design 2	Moldmax	Moldmax	Moldmax	Stavax	16	30	72	55	50	27	35	34		36	36	
11	13	245	7	Resin B	Design 2	Moldmax	Moldmax	Moldmax	Stavax	17	29	68	50	48	27	33	34		33	36	36
12	13	245	7	Resin B	Design 2	Moldmax	Moldmax	Moldmax	Stavax	18	28	65	45	43	26	30	32		32	34	34

Fig. 4 The cooling analysis result of each case

no.	Input Condition (입력조건)					Target Values (목표값)			결과
	Coolant Inlet Temp.	Melt Temp.	Mold Close & Open Time + Ejection Time	Resin Type	Core Type	Ejection Temp.	Frozen Percentage at Ejection	Target average mold Temp.	
unit	deg.C	deg.C	sec	-	-	deg.C	%	deg.C	sec
1	15	245	7	Resin A	Core A	75	80	35	19.5
2	15	245	7	Resin B	Core A	75	80	35	18.3
3	15	245	7	Resin C	Core A	75	80	35	17.6
4	15	245	7	Resin A	Core B	75	80	35	18.7
5	15	245	7	Resin B	Core B	75	80	35	16.3
6	15	245	7	Resin C	Core B	75	80	35	15.8
7	15	245	7	Resin A	Core C	75	80	35	18.8
8	15	245	7	Resin B	Core C	75	80	35	15.6
9	15	245	7	Resin C	Core C	75	80	35	13.8

Fig. 5 The cooling analysis result along resins

나 싸이클 시간을 단축시킬 수 있는지 알기 위해 Moldflow 를 사용하여 성형 해석을 실시하였다 (Fig.5). 코어 Type A 는 수지에 따라 싸이클 시간 1.9 초 차이가 나타났으며 코어 Type B 는 수지에 따라 싸이클 시간 2.9 초 차이가 나타났다. 마지막으로 코어 Type C 는 수지에 따라 싸이클 시간 5 초 차이가 나타났다. 이는 보편적으로 분자량이 작을수록, 즉 MI 값이 클수록, 결정화 시간이 짧기 때문에 싸이클 시간을 줄일 수 있다.

3. 결론

본 연구에서는 복잡한 형상과 얇은 두께를 가지는 생활용품 CAP 금형에 대해 사출 성형 테스트 전에 3-D 성형해석을 수행하였다. 이 과정을 통해 금형 코어의 종류 및 재질, 냉각디자인, 그리고 수지의 종류에 따라서 성형 싸이클 시간을 얼마나 단축시킬 수 있는지 해석하였다(Table.1,2). Table.1 과 2 를 비교하면 알 수 있듯이, 코어 B type 의 경우 현 상태에서 싸이클 시간을 수지에 따라 0.8~2 초 정도 앞당길 수 있으며, 코어 C type 의 경우는 현 상태에서 싸이클 시간을 수지에 따라 0.7~3.8 초 정도 앞당길 수 있다. 특히 고유동 수지를 사용할 경우, 수지온도를 245 deg. C 에서 230deg. C 로 낮출 경우 싸이클 시간을 0.7~1.2 초 정도로 앞당길 수 있다. 전체적으로 두 type 모두 싸이클 시간을 1.4 초 정도 앞당길 수 있을 것으로 판단된다.

3-D 성형해석을 실제 금형 설계, 제작에 적용시킨 결과 다음과 같은 효과를 얻을 수 있었다.

(1) 금형설계 및 성형공정에 공학적 해석기법을 적용하고 이를 설계에 반영하여 사출성형 중 발생할 수 있는 금형의 변형에 따른 성형 오차를 설계 단계에서부터 줄임으로써 금형 및 성형제품의 품질에 대한 신뢰성 향상, 생산공정 단계 및 작업 시간 단축을 통한 생산성 향상 및 경쟁력 강화와 새로운 시장개척 및 수입대체 효과 증진의 기반을 마련하였다.

(2) 지속적인 3-D 성형 해석 데이터 구축과 해석

Table 1 Current process time

Process	Time
Mold Closing(형단힘)	1.2
Mold Clamped(형체결)	0.3
Filling(충진)	0.5
Holding(보압)	1.5
Cooling(냉각)	9
Plastification(계량)	4.5
Mold Opening(형열림)	1.2
Demolding(취출)	4
Mold Break(지연시간)	0.3
Cycle Time	18

Table 2 Improvement process time

Process	Time
Mold Closing(형단힘)	1.2
Mold Clamped(형체결)	0.3
Filling(충진)	0.5
Holding(보압)	1.5
Cooling(냉각)	5
Plastification(계량)	4.5
Mold Opening(형열림)	1.2
Demolding(취출)	3
Mold Break(지연시간)	0.3
Cycle Time	18

기법 정착을 통한 기술 경쟁력 강화 및 다양한 형상이나 신규 제품에 대한 기술적 대응 능력 확보를 가능하게 하였다.

참 고 문 헌

- [1] J. L. Bassani, 1977, Yield characterization of metals with transversely isotropic plastic prop-erties, Int. J. Mech. Sci., Vol. 19, pp. 651 ~ 656.
- [2] Menges, Michael, Mohren, 2001, How to Make Injection Molds, 3rd edition, Hanser, pp. 271~329.
- [3] 권태헌 외 4 명, “사출성형 CAE 설계지침”, 문운당, 2002