

사출성형 CAE 프로그램을 이용한 코어 휨의 예측

문정연¹ · 광민혁¹ · 박태원² · 정영득[†]

부경대학교 기계공학부 기계공학전공¹ · 한국폴리텍 VII대학² · 부경대학교 기계공학부[†]

Prediction of Core Shift using Injection Molding CAE program

Jeong-Yeon Moon¹ · Min-Hyuk Kwak¹ · Tae-Won Park² · Yeong-Deug Jeong[†]

School of Mechanical Engineering, Pukyong National University¹

School of Computer Added Mold & Die Engineering, Korea Polytechnic VII College²

School of Mechanical Engineering, Pukyong National University[†]

(Accepted August 27, 2014)

Abstract : The Core-Shift is often generated on injection mold which have thin and long core. And Core-Shift brings out problems for thickness variation and product ejecting process. In this study, analysis of Core-Shift was performed according to change of materials of core(steel P-20, Be-Cu) and various polymers(PP, PC) by using MoldFlow MPI 6.1 which is commercial injection molding analysis program. As the results of analysis, the magnitude of Core-Shift was increased as being use polymer had lower fluidity and lower rigidity core. In the future, we will study the relationship between amount of Core-Shift and ejecting force.

Key Words : Core-Shift, Filling Balance Ratio(FBR), Injection Molding CAE, Moldflow

1. 서 론

플라스틱 재료의 사용은 산업의 성장과 더불어 현대 산업에는 없어서는 안 될 중요한 재료로 그 비중이 커져가고 있다. 플라스틱은 성형성 및 강도 등으로 인해 주로 제품의 외장에 사용되어 왔지만, 최근에는 금속을 대체하는 기계요소용 재료로도 사용이 확대되고 있다. 이에 따라, 플라스틱 제품은 치수정밀도, 외관품질, 강도 등의 품질 보증이 점차 엄격하게 요구되고 있다.

사출성형품의 불량중의 하나로 성형품의 살 두께의 변동을 들 수 있다. 이러한 살 두께 변동은 단순한 치수정밀도의 저하뿐만 아니라 사출성형시 성형품의 이젝팅을 불가하게 하여, 최초 제품개발 단계에서 금형전체를 불능상태로 만들어 심각한 개발상의 차질을 가져오게 된다. 살 두께의 변동은 사출성

형시 충전과정 중에 균형충전이 일어나지 않음으로서 발생되며 이러한 충전불균형 현상은 금형코어의 휨(core shift)을 유발하게 된다^{1,2)}.

본 연구에서는 산업용 배터리 커버(battery cover)를 대상으로 상용 사출성형CAE 프로그램 중의 하나인 몰드 플로우(Mold flow) MPI 6.1³⁾를 사용하여 코어 휨을 예측하는 절차를 제시한 후, 충전불균형 정도와 코어 휨의 발생량의 관계를 수지의 종류, 성형 조건 및 코어재질에 따라 고찰하고자 한다.

상대적으로 가늘고 긴 코어를 가지는 사출금형에서 발생하는 코어의 휨 현상을 해소하기 위한 방안으로 게이트 위치의 최적화에 의한 균형충전^{4,5)} 코어 재료의 강성도를 높이는 것을 고려할 수 있다. 이와 같은 코어 휨에 관계되는 균형충전의 정도와 코어재질이 어떠한 영향을 미치며, 그 정도를 비교하여 고찰하는 것이 본 연구의 목적이라 할 수 있다.

2. 몰드플로우(Mold Flow)프로그램을 이용한 코어 휨 예측

1. 부경대학교 기계공학부 기계공학전공

† 교신저자 : 부경대학교 기계공학부

E-mail : ydjung@pknu.ac.kr

2.1 해석을 위한 배터리 커버 모델링

몰드플로우 프로그램상에서 Core-Shift 해석을 위한 배터리 커버 모델링은 제품 메쉬(3D)와 코어 메쉬(3D)를 결합하여 코어하단부에 구속 설정(fixed constraint)을 통하여 제작하였다. Fig.1은 (a)제품 메쉬와 (b)코어 메쉬를 제작하고 (c)제품 메쉬와 코어 메쉬를 결합하여 (d)코어하단부에 구속설정이 행해진 과정을 보여주고 있다.

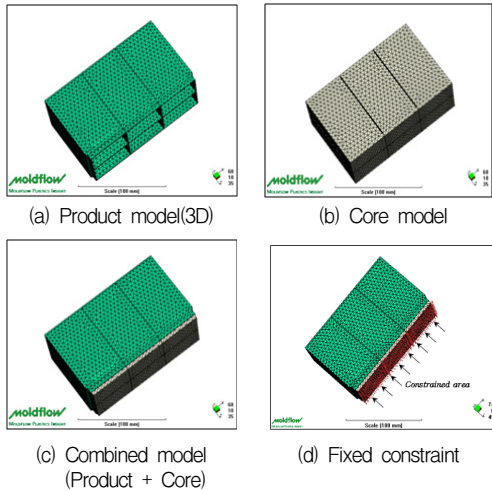


Fig. 1 Model for care shift Analysis

2.2 코어 휨 해석 절차

Core-Shift 해석⁶⁾은 몰드플로우를 이용하여 성형과정에서 일어나는 충전 불균형에 의한 수지내압의 차이 정도와 코어 휨의 발생량의 관계를 수지의 종류, 성형조건 및 코어재질에 따라 능동적으로 해석하며, 해석 절차는 Fig. 2와 같은 알고리즘에 따라 반복적인 절차를 통해 이루어진다. Solver에 지정된 일정량의 수지가 충전되고, Fill+Pack 해석을 통하여 코어에 가해지는 압력분포를 계산한다. 코어에 가해진 압력분포에 의하여 구조해석을 진행하며 코어의 균형 충진을 위한 러너 시스템 및 코어 재질 등을 수정 보완 한다. 위의 과정은 코어 휨이 목표치 이하로 될 때 까지 반복한다.

2.3 균형 충전비의 정의

Fig. 3에서 볼 수 있듯이 유동선단이 성형부 말단에 도착했을 때의 외측면의 충전길이(L)과 그 시점에서 내측면의 리브(rib)에서의 충전길이(l) 사이에서 발생하는 균형 충전 정도를 나타내기 위해 식 (1)

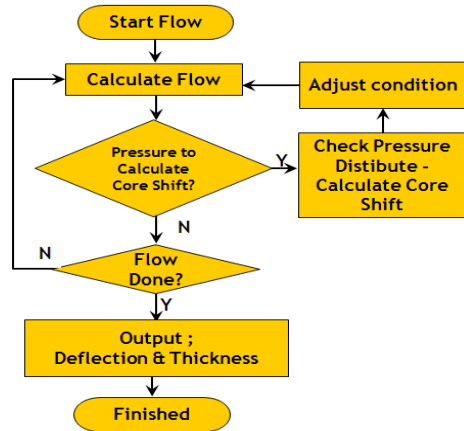


Fig. 2 Core shift-Analyze procedures

을 균형 충전비(Filling Balance Ratio:FBR)로 정의하였다. FBR은 1에 가까울수록 균형 충전이 이루어짐을 의미한다.

$$\text{균형충전비}(FBR) = \frac{l}{L} \dots\dots\dots (1)$$

L : 코어의 한쪽면 유동선단이 먼저 도달 했을 때 코어 높이

l : 코어의 한면에 부분적으로 유동선단이 도달 했을 때 코어 높이

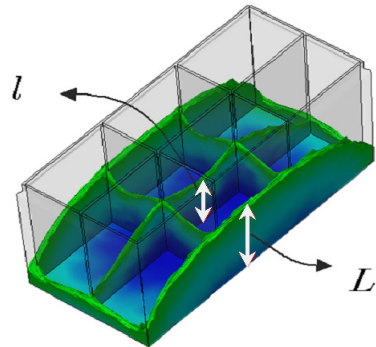


Fig. 3 Filling imbalance on the core

3. 사출성형 CAE의 코어 휨 해석

3.1 해석 대상품

본 실험에서 사용된 배터리 커버는 Fig 4에서 나타난 것과 같이 6개의 셀(Cell)을 보유한 가로, 세로, 높이(150mm×64mm×78mm)인 상대적으로 가늘고 긴 코어를 요구하는 성형 대상품 이다.

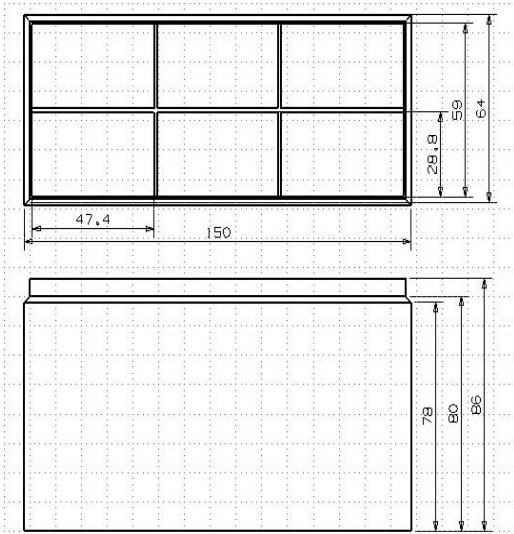


Fig. 4 Drawings of battery cover

3.2 해석조건

수지의 종류, 게이트의 위치 및 코어재질에 따라 Core-Shift 해석을 수행하기 위해 대상 수지는 비결정성 수지인 PC와 결정성 수지인 PP를 각각 사용하였다. 또한 게이트 위치에 따른 해석을 수행하기 위해 게이트를 Fig. 5 에서와 같이 게이트 위치를 게이트 1과 게이트 2, 게이트 3과 같이 세 가지의 조건으로 사용하였다.

Table 1 Properties of core material

Variable	Unit	Conditions	
		Steel P-20	Be-Cu
Mold density	g/cm ³	8.45	7.8
Mold specific heat	g/kg · °C	360	460
Mold thermal conductivity	W/m · °C	130	29
Elastic modulus	Mpa	131,000	200,000
poissons ratio		0.31	0.33

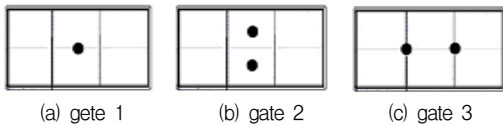


Fig. 5 Gate location

코어의 재료에 따른 변형해석을 위하여 재료를 Table 1에서와 같이 Steel P-20, Be-Cu으로 두 가지 재질에 대해 해석을 수행하였으며, 그 외의 성형 조

건인 금형온도, 사출압력과 성형온도는 Table 2와 같이 몰드플로우에서 추천한 성형조건으로 설정하여 실험을 행하였다.

Table 2 Injection molding conditions for CAE

Variable	Unit	Conditions	
		PP	PC
Melt temperature	°C	230	230
Mold temperature	°C	40	
Injection pressure (Max. 1550kg/cm ²)	%	80	
Injection time	s	3	
cooling time	s	20	

3.3 해석 결과 및 고찰

균형충전비와 코어휨을 예측하고 이를 개선하기 위해 사출 조건 중 게이트의 위치(3가지)와 수지의 종류(PP, PC), 코어의 재료(steel P-20, Be-Cu)를 변수로 두어, 이러한 변수가 균형충전비와 코어휨에 미치는 영향을 알아보았다. Fig. 6은 수지의 불균형 유동 흐름을 나타내고 있으며, Fig. 7은 Core-Shift된 상태를 나타내고 있다.

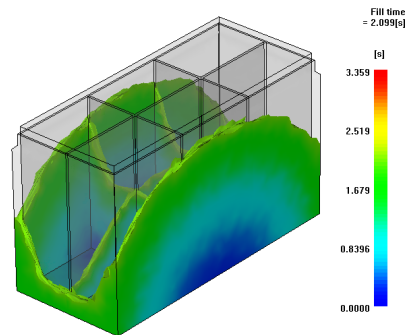


Fig. 6 Flow front of polymer

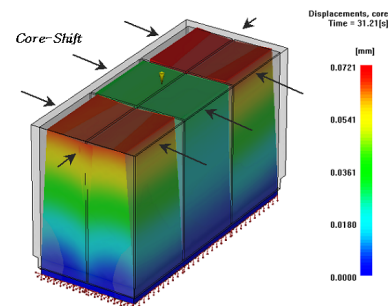


Fig. 7 Core-Shift Status

Fig. 8과 Fig. 9에서는 코어재료인 Steel P-20인 경우에 게이트 위치에 따라 균형충전비(FBR)과 코어의 휨을 수지 종류 (PP, PC)로 각각 나타낸 해석결과들이다. 균형충전비와 코어 휨 관계에서 균형 충전비가 1에 가까울수록 코어의 휨도 낮아지는 것을 볼 수 있다.

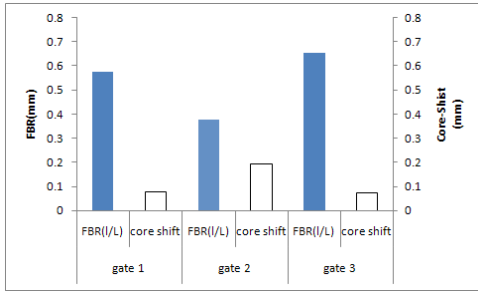


Fig. 8 Core-Shift vs. FBR according to various Gate location (polymer PP, material steel P-20)

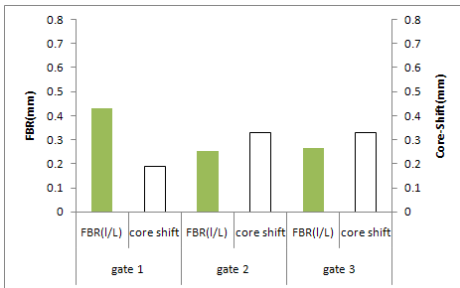


Fig. 9 Core-Shift vs. FBR according to various Gate location (polymer PC, material steel P-20)

Fig. 10과 Fig. 11에서는 코어재료인 Be-Cu인 경우에 게이트 위치에 따른 균형충전비(FBR)과 코어의 휨을 수지 종류 (PP, PC)로 각각 나타낸 해석결과들이다.

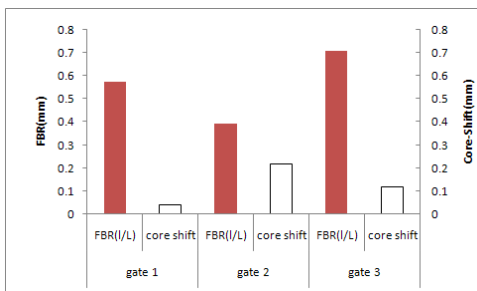


Fig. 10 Core-Shift vs. FBR according to various Gate location (polymer PP, material Be-Cu)

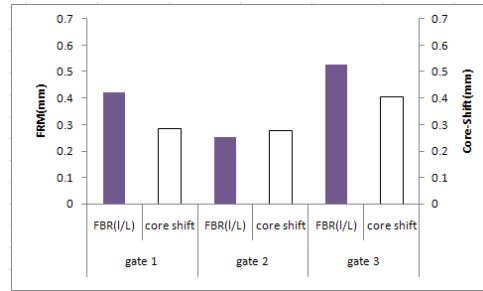


Fig. 11 Core-Shift vs. FBR according to various Gate location (fixed polymer PC, material Be-Cu)

앞의 두 결과와 비교해 볼 때 대체적으로 비슷한 분포를 보였으나 Be-Cu일 때와 Steel P-20일 때 Core-Shift는 Steel P-20더 적었으며, 수지변화에 따른 Core-Shift는 PC가 PP보다 더 크게 나타났다.

Fig. 12는 가장 낮은 FBR을 보인 Gate1에서의 코어 재료에 따른 FBR와 Core-shift를 비교한 것이다. Be-Cu와 Steel P-20에서의 FBR의 차이가 거의 없었지만 Be-Cu의 경우에는 Core-Shift가 증가하였다. 이는 재료인 Steel P-20의 강성도(Elastic modulus)가 Be-Cu보다 약 1.53 배 높기 때문에 오는 결과라고 판단된다.

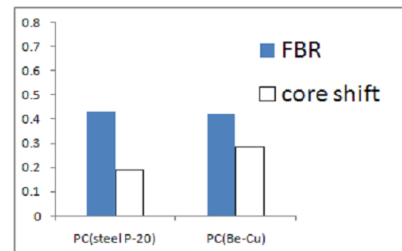


Fig. 12 Core-Shift variation according to core material (gate 1)

4. 결론

본 연구는 가늘고 긴 코어를 가지는 배터리 커버 사출금형을 대상으로 코어휨 현상을 상용 사출성형 CAE프로그램 중의 하나인 Moldflow MPI 6.1을 통해 균형충전도가 각기 다른 게이트종류 3가지와 PP, PC의 2가지 수지 그리고 Steel P-20, Be-Cu 2가지 코어 재료를 대상으로 하여 Core-Shift 해석연구를 수행하였다. 다음은 본 연구를 수행한 주요한 결과들이다.

- 1) 결정성수지인 PP, 그리고 코어재료를 Steel

P-20으로 고정하고 게이트위치를 변경하여 수행한 연구에서 균형충전비(FBR)가 작게 나타날수록 코어 휨의 발생량이 크게 나타나는 것을 알 수 있었다.

2) 비결정성수지 PC의 균형충전비(FBR)가 결정성수지 PP보다 낮게 나타났으며, PC의 경우가 PP보다 코어 휨이 더 크게 나타났다. 이는 비결정성수지 PC의 유동성이 결정성수지 PP보다 낮기 때문에 오는 결과로 판단된다.

3) 코어재료인 Be-Cu와 Steel P-20에서는 균형충전비의 차이가 거의 없었지만, Be-Cu의 경우에는 Steel P-20보다 Core-Shift가 증가하였다. 이는 Steel P-20의 강성도(rigidity)가 Be-Cu보다 높기 때문에 오는 결과로 판단된다.

4) 향후 연구과제로서 코어 휨(core shift)의 량과 이젝팅(ejecting) 힘과의 관계에 대한 연구가 필요하다.

후기

본 연구에 도움을 준 (주)몰드플로우 코리아와 이대회 차장 외 관계자 여러분에게 감사드립니다.

참고문헌

- 1) 정영득, 구본홍, “제품 및 금형설계”, 도서출판 인터비전, pp. 175-176.
- 2) J. P. Beaumont, "Runner and gating design handbook", HANSER Publishers, pp. 99-100.
- 3) 정영득, "사출성형 CAE: 도서출판 인터비전.
- 4) J. P. Beaumont, R. Nagel, R. Sheman, "Successful Injection Molding," HANSER Publishers, pp. 118-1126.
- 5) J. P. Beaumont. etal, "Soving Mold Filling Imbalances in Multi-Cavity Injection Molds".
- 6) <http://www.moldflow.com>.