한국금형공학회지, 제8권 제2호, 2014
J. Korea Society of Die & Mold Engineering, Vol.8 No.2, 2014 ISSN 2092-9692

이종제품 동시성형을 위한 세미스택 몰드의 균형충전에 관한 연구

이희철[1] · 이희진[1] · 김경호[2] · 황재영[2] · 김영식[2] · 류호연[†]
한국생산기술연구원[1,†] · 경성정밀(주)[2]

A Study on Filling Balance of Semi-stack Mold for Molding Simultaneously Different Products

Hui-Chul Lee[1] · Hee-Jin Lee[1] · Kyung-Ho Kim[2] · Jae-Young Hwang[2] · Young-Sik Kim[2] · Ho-Yeun Ryu[†]
Korea Institute of Industrial Technology[1,†]
Kyungsung Precision Co., Ltd.[2]
(Accepted November 00, 2014)

Abstract : Recently, semi-stack mold have been developed for satisfying the various elements required in the mold industry. The mold is possible using with general-purpose injection molding machine by weight reduction through the improvement of the mold structure. In order to do that, tension core, spiral cooling system and half runner system were applied. It is effective for increased productivity and decreased of loss to the materials. However, the mold is required the filling balance in order to improve the quality and efficiency. Thus this study performed that optimum design and analysis of semi-stack mold for filling balance.

Key Words : Semi-stack mold, Filling balance, Molding simultaneously, Different products

1. 서 론

금형산업은 수요산업구조가 초정밀화, 다양화 추세로 진행됨에 따라 초정밀화 및 특수목적형 특수금형 쪽으로 전개되고 있는 추세이다. 플라스틱 사출성형은 생산비용의 절감, 제품 디자인의 제약성 극복과 대량생산 측면에서 매우 중요한 역할을 수행하고 있다[1].

플라스틱 제품은 제조 산업의 성장에 따라 재료의 경량성, 성형성, 활용성 등으로 생활 전 반에 사용량이 점차 증가하고 있으며 신소재 개발 및 사출성형 기술의 발전으로 금속을 대체하는 기계 요소용 부품뿐만 아니라 초정밀 제품에도 폭넓게 사용되고 있다[2]. 이에 세계 금형산업은 금형설계 노하우를 활용한 시스템을 구축하여 정밀금형 및 다공정 복합 금형설계 기술개발에 박차를 가하고 있다.

국내 금형산업은 초정밀가공, 성형시간의 단축, 다수제품의 동시성형, 슬림화 및 경량화 등 다양한 기술이 적용되고 있으나 불량률 감소, 생산성 향상, 원가절감이 동시에 요구되고 있어 경제적이고 효율적인 금형개발이 필요한 시점이다.

이미 국외에서는 다수 캐비티로 제품을 대량생산하는 방식외에도 스택몰드(stack mold), 텐덤몰드(tandem mold) 등을 개발하여 이종제품을 사출성형하고 있다. Fig. 1과 같이 스택몰드는 2개의 금형이 서로 마주보게 겹쳐져 있는 형대로 한번의 형개폐로 2개 이상의 제품을 동시에 성형할 수 있어 제품원가 및 사이클타임을 절감할 수 있다. Fig. 2와 같이 텐덤몰드는 2개의 파팅면이 순차적으로 개폐되어 냉각시간 감소를 통한 생산성 향상이 가능하다. 하지만 스택몰드는 고중량의 중판(center block)을 지지하기 위해 사출성형기의 타이바(tie bar)에 서포

1,† 교신저자 : 한국생산기술연구원
E-mail : hyryu@kitech.re.kr

트 구조를 설치하거나 스택캐리어(stack carrier)를 설치해야하며, 텐덤몰드는 순차적인 성형과 냉각을 위해 CLS잠금장치를 장착해야만하고 유로설계에 따라 금형구조가 복잡하며 전용사출기를 사용해야 하여 추가 설치비용이 필요한 단점이 있다.

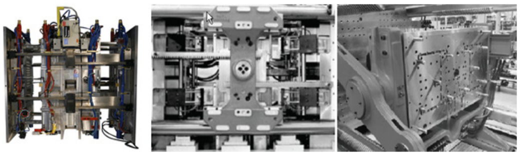


Fig. 1 Operation structure of stack mold, tie bar support and stack carrier

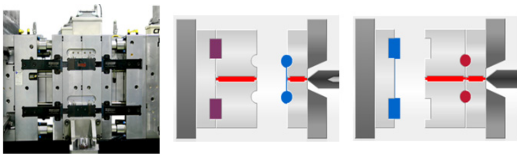


Fig. 2 Dperation structure of tandem mold

이에 최근 국내에서는 금형의 구조 개선을 통해 슬림화 및 경량화하고 범용사출기에서도 동시성형이 가능한 세미스택 몰드를 개발하여 연구중에 있다. 또한 세미스택 몰드의 효율 및 품질을 향상시키기 위해서는 2개(상하) 파팅면에 서로 다른 형상의 이종제품을 동시에 성형하는 것이 중요하다.

본 연구에서는 이종제품의 동시성형을 위해 세미스택 몰드의 사출성형시 균형충전을 위한 구조설계를 제안하고 사출성형해석을 통해 최적설계를 연구하고자 한다.

2. 세미스택 몰드

2.1 세미스택 몰드

세미스택 몰드는 1개의 제품 성형시 사출형제력으로 하나의 런너가 수직으로 하향 연장되는 2개의 노즐을 적용하여 게이트에서 중판의 캐비티(cavity)에 수지를 동시에 공급하는 구조이다. 사출실린더의 용량 증가가 불필요하며 유로의 단절없이 캐비티에 수지가 충진되어 수지의 고화를 막고 유로 내의 이물질 유입 가능성이 없는 특징이 있다. 이때 고정측과 가동측 사이에 배치된 중판(center plate)을 이용하여 고효율 및 고품질의 성형품을 위해 이종제품을 동시에 성형하여야 한다.

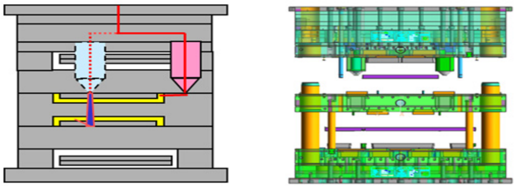


Fig. 3 Structure design concept of semi-stack mold

중판은 내부에 별도의 매니폴드(manifold)를 형성하지 않으며 이젝트판(ejector plate) 및 이젝트핀(ejector pin)을 제품에 따라 최적 배치함으로써 중판 크기의 최소화로 경량화하여 범용사출기에서도 사출성형이 가능하게 된다. 여기에 중판의 하단면으로 연장되는 노즐의 게이트 단부는 분리와 접촉을 반복하므로 Fig. 4와 같이 밸브게이트(valve gate) 보호용 부쉬(bush)를 장착해야 한다.

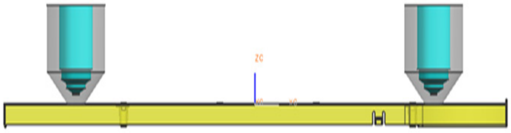


Fig. 4 Bush design to protect valve gate

가이드핀(guide pin)은 경량화된 중판의 유동 및 안정되게 지지하는 역할을 하며 별도의 보조장치가 없어도 위치정도를 가능하게 한다. 그리고 파팅록(parting lock)과 스톱볼트(stop bolt)를 사용하여 중판과 가동측 형판의 개폐를 순차적으로 작동하게 제어할 수 있다.

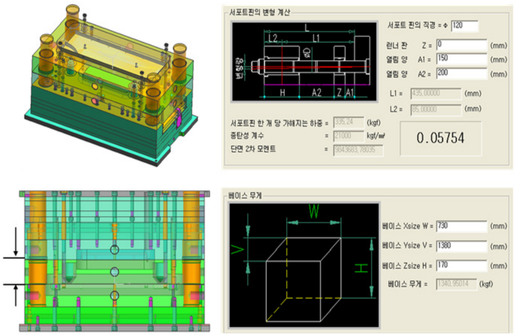
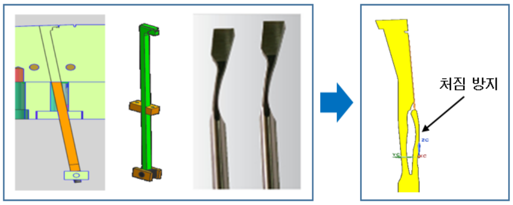


Fig. 5 Operation structure of tandem mold

2.2 텐션코어

기존의 언더컷 처리를 위한 경사코어(변형코어)

는 협소한 공간에서 사용이 제한되는 단점이 있어 한계점을 개선하고 금형 크기를 감소시키기 위한 구조로 Fig. 6과 같은 텐션코어(tension core)를 적용하였다. 기존의 탄성코어(spring core, 변형밀핀)와는 달리 파손을 방지하고 수명을 연장하기 위한 처짐 방지 기능을 추가 설계하였고 취출구조(원형밀핀, 사각밀핀, 취출블록)에 대해 최적화하였다.



(a) (b)

Fig. 6 (a)Transformation ejector pin and spring core (b)Tension core of semi-stack mold

2.3 스파이럴 냉각시스템

기존 Baffle 및 냉각시스템의 장단점 등을 개선 및 보완하여 냉각효율을 향상시키고 생산성을 높이기 위해 Fig. 7과 같은 스파이럴 냉각시스템을 적용하였다. Scroll 냉각방식으로 기존 냉각방식보다 냉각효과를 증대할 수 있으며 방열돌기 구조로 와류를 생성시켜 냉각수의 난류효과를 상승시키고 냉각수의 균일한 유입이 가능하게 한다. 또한 금형 내 잔류 냉각수 배출 효과를 증가시켜 금형 수명 연장 효과를 볼 수 있으며 금형조립 시간을 단축할 수 있는 장점이 있는 냉각시스템이다.

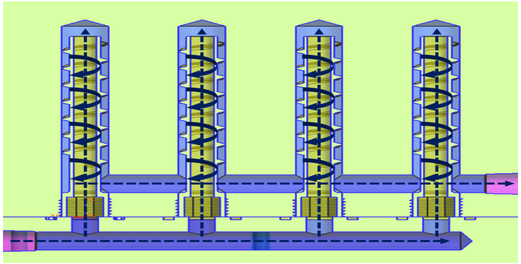


Fig. 7 Operation structure of tandem mold

2.4 할프런너 시스템

세미스택 몰드의 중량 감소 및 생산성을 향상시키기 위해 런너의 크기를 20%이상 감소시키는 구조의 Fig. 8과 같이 할프런너 시스템을 적용하였다. 세미스택 몰드의 구조상 기존 런너의 중량 과다로 인한 수지손실을 줄이고 게이트부의 불량을 감소시키는 역할을 한다. 할프런너 시스템 또한 설계를 위해 사출성형해석을 수행하여 최적의 크기를 결정해야만 한다.

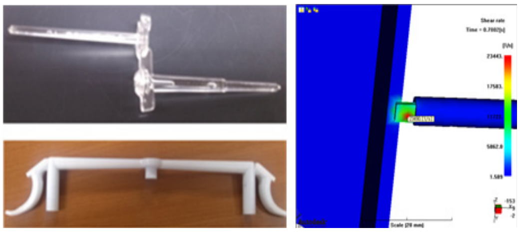


Fig. 8 Half runner system of semi-stack mold

3. 사출성형해석

3.1 사출성형해석 설계

성형공정 중 금형내 수지 유동시 수지의 점성은 온도와 전단속도에 의해 직접적인 영향을 받게 된다[3]. 이에 게이트의 크기는 전단률을 고려하여 성형품의 전개면적에서 게이트수만큼 나누어 재료상수와 부품두께 계수에 따라 계산한 값을 설계에 적용하였다. 게이트의 지름은 대부분 식(1)과 같이 사용하여 나타낼 수 있다.

$$d = nkA^{\frac{1}{4}} \tag{1}$$

d : 게이트의 지름 n : 재료상수
k : 부품두께 A : 성형품의 전개면적

또한 Fig. 9와 같이 런너의 수를 절반으로 하고 원뿔 형상과 같은 할프런너 시스템으로 설계하였다. 또한 런너의 지름과 길이는 유동저항에 영향을 미치고 압력저항은 더 큰 압력강하를 일으키는 원인이되므로 런너의 직경에 대한 최적설계를 수행하였다.

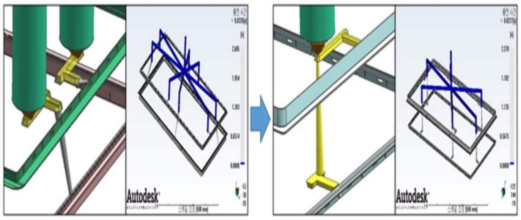


Fig. 9 Optimum design of runner and gate of semi-stack mold

3.2 사출성형해석 조건

본 실험에 사용된 사출기는 L사의 850톤 직압식 수평형 사출기이며 실험 금형은 세미스택 몰드로 균형충전을 위한 최적사출조건을 알아보기 위해 Table 1과 같이 사출성형해석 조건을 설정하여 AMI (Autodesk Moldflow Insight)를 이용하여 사출성형해석을 수행하고 성형비에 따른 사출압력을 알아보았다. 형상이 서로 다른 2개의 성형품 크기는 모두 680×380mm로 같다.

여기에 사용된 수지는 MIPS 수지로 무색무취의 내충격성이 좋은 단열재로 식품 보관용기 등에 많이 사용되고 있으며 Fig. 10과 같이 PVT 선도는 비교적 예측이 쉬운 편이다.

Table 1 The condition of injection molding analysis

Variable	Unit	Condition
Melt temperature	℃	230
Mold temperature	℃	60
Injection pressure (Max. 1730kg/cm^2)	%	60
Injection temperature	℃	87

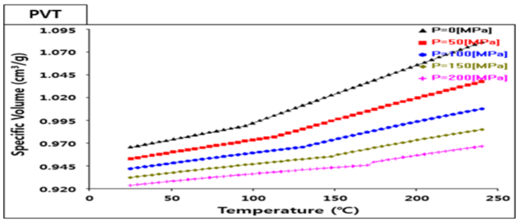


Fig. 10 The PVT of the resin MIPS

냉각채널 설계는 스파이럴 배플을 적용하였고 사출성형 제품의 변형 최소화를 위해 Fig. 11과 같이 냉각수 개별온도를 제어하여 해석을 수행하였다.

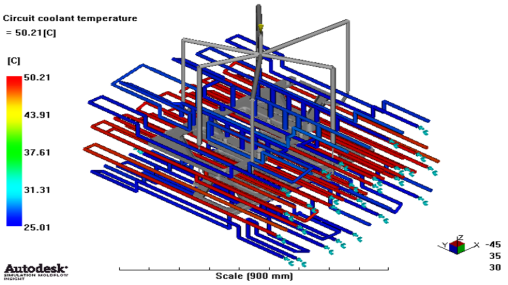


Fig. 11 Analysis cooling channel design by individual temperature control

3.3 사출성형해석 결과 및 분석

균형충전을 위한 최적설계를 위한 사출성형해석을 수행하였다. Fig. 12와 Fig. 13은 성형비율에 따른 사출압력을 나타낸 것으로 서로 다른 형상의 이종제품이 균일하게 충전이 된 것을 볼 수 있다. 사출압력이 49MPa일 때 30%의 성형비율로 나타났으며 56MPa일 때 50%, 64MPa일 때 70%, 70MPa일 때 90% 그리고 충전이 완료된 시점에서는 약 78MPa로 99% 이상의 충전이 균형적으로 잘 이루어진 것으로 나타났다.

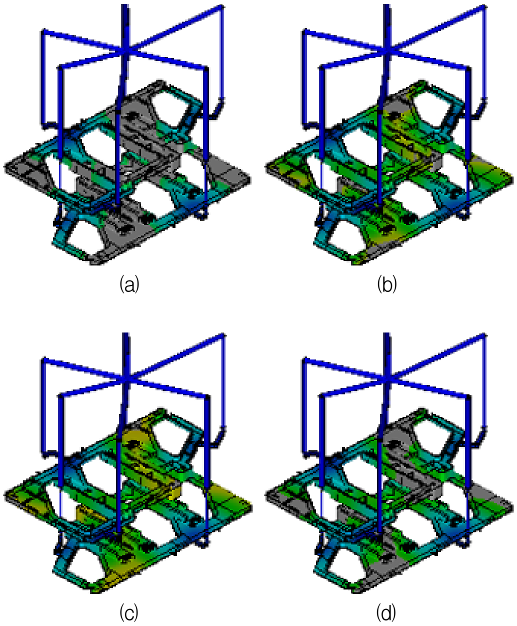


Fig. 12 Analysis results for filling balance of semi-stack mold

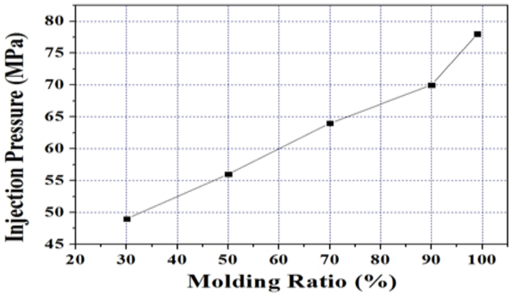


Fig. 13 Analysis results for filling balance

Fig. 14와 Fig. 15와 같이 사출압력 및 형체력의 결과로 균형충전이 완료된 시점의 사출압력

(injection pressure)은 78.44MPa로 최대사출압력인 170MPa의 50% 이내이고, 형체력(clamp force)은 666.5톤으로 적용사출기(850톤)의 85%인 722.5톤 이내로 나타나 사출성형시 안정적인 보압전환이 이뤄질 것으로 보인다.

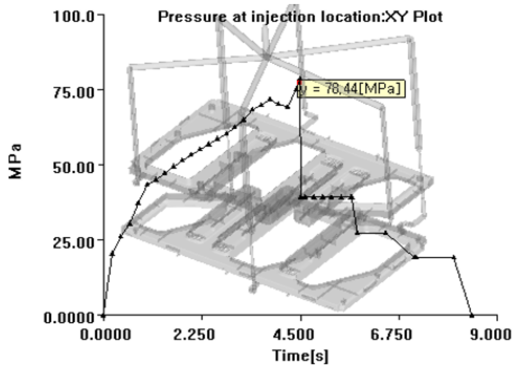


Fig. 14 Analysis results of injection pressure

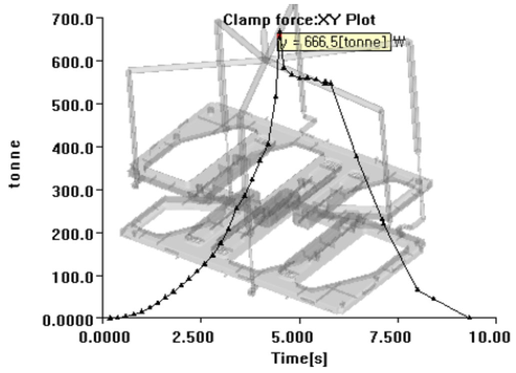


Fig. 15 Analysis results of clamp force

4. 결론 및 토의

최근 금형산업이 요구하는 다양한 요소를 만족하기 위한 세미스택 몰드를 개발하였다. 금형 구조 개선을 통한 경량화로 범용사출기에서도 성형이 가능하고 한번에 서로 다른 형상의 제품 성형이 가능하여 생산성 향상에 효과적이다. 그러나 제품의 품질 및 효율을 향상시키기 위해서는 이종제품의 동시성형이 가능한 세미스택 몰드에서 균형충전은 반드시 필요한 부분이다.

본 연구에서는 이종제품 동시성형을 위해 세미스택 몰드의 사출성형시 균형충전을 위한 구조설계로 사출성형해석을 통한 최적설계를 제안하였다.

세미스택 몰드의 구조 특성상 크기 감소를 위해 텐션코어를 적용하였고 효율 향상을 위해 스파이럴 냉각시스템을 적용하였다. 또한 수지의 손실을 줄이기 위해 할프런너 시스템을 적용하여 사출성형해석을 수행하였다. 사출성형해석 결과로 사출압력이 78.44MPa 일 때 99% 이상의 균형충전을 나타냈으며 형체력은 666.5톤으로 최대사출압력(170MPa)의 50% 이내, 적용사출기(850톤)의 85%로 확인할 수 있어 모두 사출성형시 안정적인 보압전환이 이뤄질 것으로 보인다.

본 연구에서는 균형충전을 위한 사출성형해석을 수행하고 금형구조 개선을 위한 연구를 실시하였지만, 온도편차에 대한 사출성형 제품의 변형을 최소화하기 위해 지속적인 연구가 필요할 것이다.

후 기

본 논문은 산업통상자원부에서 시행한 지역특화 산업육성사업의 일환으로 수행되었으며, 이에 감사드립니다.

참고문헌

1) 이영창, “사출성형 해석을 통한 Weldline 및 Flow mark 개선사례,” 한국정밀공학회지, 제30권, 제12호, 1295-1301, 2013.
2) 정영득, 장민규, “사출금형에서 균형충전을 위한 새로운 러너시스템 멜트버퍼,” 한국소성가공학회지, 제18권, 제2호, 122-127, 2009.
3) 권윤숙, 정영득, “균형충전을 위한 HR3P 금형 구조에서의 공정의 최적화,” 한국정밀공학회지, 제26권, 제3호, 98-102, 2009.
4) Kazmer, D. and Barkan, P., “Multi-cavity pressure control in the filling and packing stages of the injection molding process,” Polymer Engineering & Science, Vol. 37, Issue 11, pp. 1865-1879, 1997.
5) Li, C.G. and Li, C.L., “Plastic injection mould cooling system design by the configuration space method,” Computer-Aided Design, Vol. 40, Issue 3, pp. 334-349, 2008.
6) 박균명, 김청균, “런너밸런스 알고리즘을 이용한 멀티캐비티 최적성형에 관한 연구,” 한국정밀공

학회지, 제20권 제11호, 41-46, 2003.
7) 한성렬, 강철민, 한규택, 정영득, “핫러너 금형에서 다수 캐비티 사이에 발생하는 충전불균형에 관한 연구,” 한국정밀공학회지, 제22권 제9호, 173-178, 2005.
8) 최동조, 박홍석, “코어백 방식을 이용한 동시사출 성형 공정 최적화 연구,” 한국자동차공학회논문집, 제17권 제2호, 67-74, 2009.
9) 정현석, 유중학, “형체력에 따른 사출성형기 플렉스링크의 특성 분석,” 한국정밀공학회지, 제31권 제2호, 165-170, 2014.
10) T/Mould, http://tmould.de/deutsch/tandemwerkzeuge/tandemwerkzeuge/tandemwerkzeuge-informationen.html.