

고무 성형제품의 Wasteless 금형 개발에 대한 연구

최노진* · 허영민* · 강성수** · 박상봉***

Development of Wasteless Mold for rubber molding Part

N. J. Choi, Y. M. Huh, S. S. Kang and S. B. Park

Abstract

The application of rubber product is a quite extensive field and has several problems in point of mass-production. The inhibitive factors at the general rubber mold are occurrence of flash, loss of raw material by curing for sprue and runner, environmental pollution by scrap junked after extraction of product and the unavailable mold structure for automation. The existence of flash at the rubber mold requires extra-process for removing or finishing it. As the reason, we can't help avoiding deterioration of quality and rising of cost. Hence we promptly need to research for the efficient structure of mold and the preventive transforming technique of the flash without any loss of raw material in advance. This monograph is a study for Wasteless rubber mold that give us a solution for several problems happened at the general rubber mold.

Key Words : Transfer mould, Flashless, Rubber, Cold chamber, Flow Analysis

1. 서 론

고무는 일상생활은 물론 기계 및 자동차 공업 분야에서도 많이 사용되는 중요한 기계재료로서 재료의 생산원가가 저렴하고 특유의 유연성과 가공성 및 탄성 등 많은 장점을 가지고 있으며 다른 금속재료나 무기 재료로는 해결할 수 없는 기능적인 특성을 가진다. 이러한 고무 제품을 얻기 위한 성형가공 기술에는 압축법(Compress molding), 이송법(Transfer molding), 그리고 사출법(Injection molding)이 적용되고 있는데 이러한 각각의 성형 기술은 금형구조상의 문제에 의해 버(burr)의 발생, 스프루 및 러너 가류화에 따른 손실, 제품 취출 후 폐기되는 스크랩으로 인한 환경문제 발생, 후공정에 따른 품질저하 및 원가 상승, 자동화를 수행할 수 없는 금형 구조등으로 인해 제품 개발, 금형 제작 및 대량생산에서 취약점을 가진다. 최

근 고분자 성형에 사출(Injection molding)기술이 적용되어 그에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있지만 그 적용은 일부 플라스틱 재료에 국한되어 있고 고무성형에 대한 연구는 미진한 실정이다. 그리고 고무 성형의 특성상 충전 후 가류공정 시 많은 압력손실로 인하여 높은 사출압을 요구하게 되어 일반 사출기술을 사용하게 되면 고가의 설비를 필요로 하게 된다. 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위해서 압축성형과 사출성형의 이점을 조합한 트랜스퍼 성형방식을 사용하여 파팅 라인(Parting line)에서의 사출압에 대한 금형의 형체결력을 효과적으로 향상시켜 버(burr)를 최소화하고 콜드 챔버를 이용한 스프루, 러너에 따르는 소재의 손실을 방지하는 Wasteless 금형구조를 설계하였다. 그리고 성형시 문제점을 해결하기 위한 유동해석을 수행하여 그 결과를 금형제작에 반영 하였으며 성형실험을 수행하여 검토하였다.

* 부산대학교 정밀기계공학과 대학원

** 부산대학교 기계공학부

*** 동의공업대학 금형설계과

2. 본 론

2.1 포트식 트랜스퍼 금형구조의 분석

플라스틱 산업에서 많이 사용되는 사출법(Injection molding)은 멀티 캐비티 성형시 러너밸런스의 제어가 어려우며 러너 시스템에 따른 재료의 손실, 충전시 높은 사출압을 요구하며 압축성형의 경우에는 소재의 정확한 사출체적의 계산을 위한 계량공정을 요구한다. 포트식 트랜스퍼 금형 방식은 프레스 성형기를 이용하는 것으로서 Fig. 1에 나타나 있다.

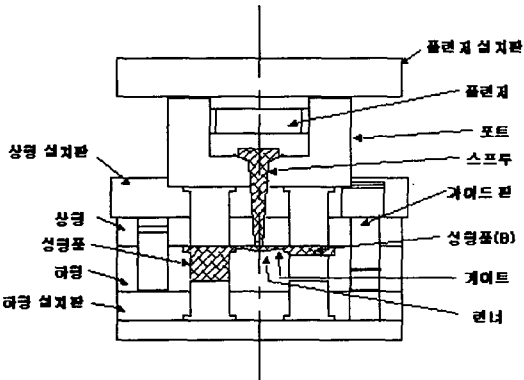


Fig. 1 Port type Transfer mold

상하의 금형 사이에 가소화한 고무를 넣어 가류·성형에 적합하게 가열하여 플런저로 압축하고 스프루, 러너, 게이트를 지나 충전하여 사출 형태로 제품을 성형하게 되는데 소재가 캐비티에 완전 충전되는 가정하에 재료를 밀어내는 플런저의 힘은 가공 중에 금형을 밀착시키게 되어 압축금형과 사출금형에 비해 금형의 형체결력과 밀착체결 능력이 향상되어 제품성형의 정밀한 치수제어가 가능하게 되고 버(burr)의 방지 측면에서 효과적인 구조를 갖고 있다. 그러나 성형 후에는 포트 안에 남아있는 고무가 가황이 되기 때문에 가황된 고무를 제거하고 새로운 고무소재를 매 성형시 투입해야 하는 문제점을 가지게 된다.

2.2 콜드 챔버를 이용한 트랜스퍼 금형 구조

스프루, 러너의 가류에 의한 재료손실의 문제를 해결하기 위해서 포트부의 노즐과 금형가열부 사이를 단열시킬 수 있는 콜드 챔버를 이용한 구조

로 금형을 설계하였다. Fig. 2는 포트내 재료의 미가류 상태를 유지하기 위한 콜드 챔버를 이용한 금형의 간략도를 나타낸다.

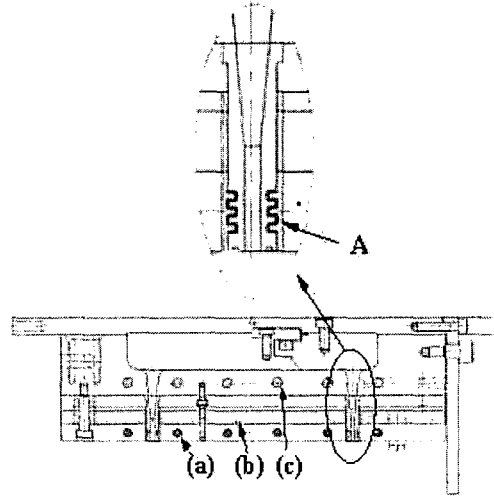


Fig. 2 Schematic of Cold chamber

(a)는 성형부의 온도를 올려 가교가 일어나기 위해 히터가 설치된 부분이며 (b)는 히터의 열이 포트에 전달되는 것을 방지하기 위한 단열판이고, (c)는 포트내 고무재료의 미가류 상태를 위한 냉각수를 나타낸다. 확대도에서 A 부는 히터에서의 열이 노즐로의 전달을 막기 위한 단열부를 나타낸다. 성형용 수지는 40~70℃에서 미가류 상태를 유지하여 연속적인 성형작업이 수행된다.

2.3 유동해석

본 연구에서는 Clip-fuel tube module 제품을 사례로 고무의 카본블랙 함유량에 따른 소재의 물성치¹⁾를 성형용 수지인 SC 415 Co B에 적용하였으며 성형해석은 Moldflow사의 MPI 3.1을 사용하였다.

유동해석에 따른 미성형 여부의 분석, 압력분포를 통한 성형기계의 최대허용압력을 계산하고, 예측된 에어트랩의 방지를 위한 에어 벤트의 설치여부를 판단하였다.

2.2.1 유동패턴

충진해석결과 캐비티는 미충진 없이 성형되었으며 Fig. 3은 유동패턴을 나타내고 있다.

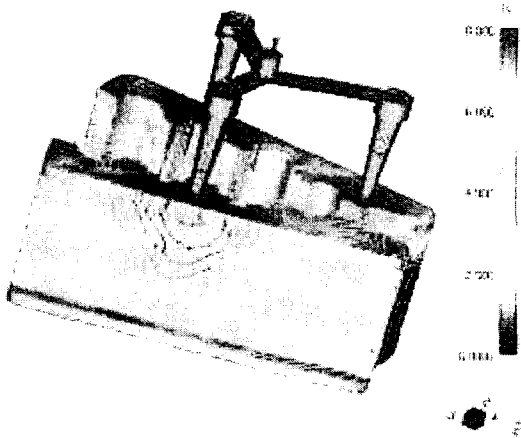


Fig. 3 Flow pattern

2.2.2 압력분포

Fig. 4는 충전이 완료된 후의 압력분포를 나타낸다.

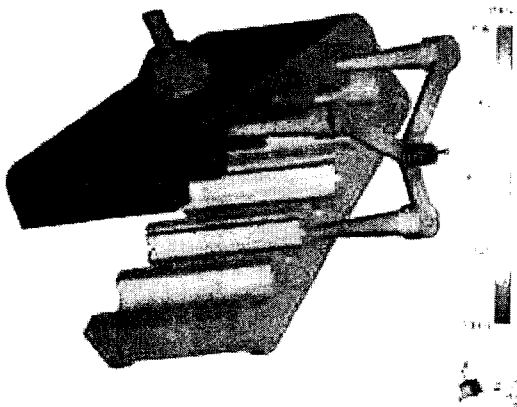


Fig. 4 Pressure distribution end filling

캐비티에서 1.0~3.2MPa의 압력 분포를 보이고 있으며 최대 압력분포를 보이는 게이트 에서는 약 10MPa로 나타난다. 제품성형에 필요한 성형압력의 예측은 성형기의 용량 및 성형 캐비티 수를 결정할 수 있게 한다.

2.2.3 에어 트랩

Fig. 5는 성형시 에어트랩을 나타내고 있다. 에어트랩이 발생된 곳은 소재가 최후에 충전되는 부위로서 미충진이나 스코치와 같은 표면결점을 생성하게 되는데 적절한 에어 벤트를 주면 해결



Fig. 5 Distribution of air-trap

할 수 있을 것으로 생각된다. 에어 벤트의 크기는 고분자에 대하여 0.025~0.038mm가 추천된다.

3. 성형실험 및 결과

3.1 성형실험 장비

제작된 금형은 200 ton 유압프레스 기계로 테스트하였다.

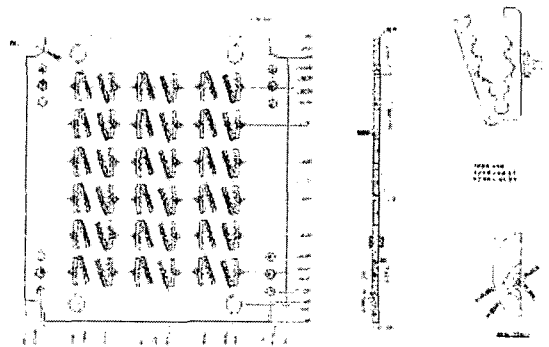


Fig. 6 Drawing of Clip-fuel tube mold

3.2 성형공정

Table 1에서 성형실험 조건을 나타내고 있다. 가류시간은 300 s로 하였으며 금형의 온도제어기에 의해 상금형과 하금형의 온도를 190℃를 유지하도록 하였다.

Table 1 Molding Test Process

Contents	Test Condition
Material	SC415CoB
Upper plate heat(°C)	190
Lower plate heat(°C)	190
Curing time (sec)	300
Fill time (sec)	8
Max machine injection Pressure (MPa)	16.7
Cooling Temp(°C)	50
Cavity number	36

3.3 성형실험 결과

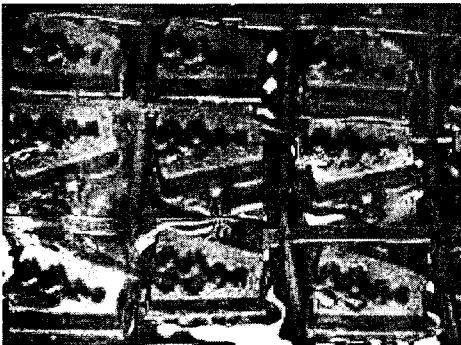


Fig. 7 (a) Clip-fuel tube module by general rubber Mold

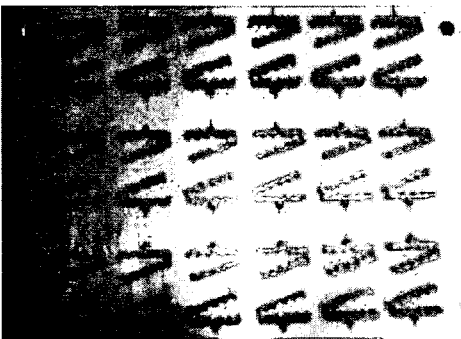


Fig. 7 (b) Clip-fuel tube module by Wasteless rubber Mold

Fig. 7(a)에서는 기존의 금형을 이용하여 성형시 오버 플로우(over flow) 및 버가 발생하는 것을

나타내고 있으며 콜드 챔버를 적용한 금형에서의 성형시 Fig. 7(b)에는 오버플로우 및 버는 발생하지 않았다.

4. 결 론

본 연구에서 개발하고자 한 Wasteless 금형에 대한 결론은 다음과 같다.

- (1) 포트식 트랜스퍼 금형을 이용한 고무제품의 성형으로 오버플로우 및 버를 방지하여 가공소재를 절감하는 동시에 후 공정(사상공정)의 생략으로 공정수를 단축하였다.
- (2) 스프루, 러너의 가류화에 따른 소재의 손실을 콜드 챔버를 이용하여 가류를 방지하고 포트에 잔류한 미가류 소재는 연속적인 가공에 이용할 수 있게 하여 재료의 절감을 가져왔다.
- (3) 사출체적을 계산하기 위한 계량공정의 생략이 가능하게 되었다.
- (4) 트랜스퍼 성형해석에 사출성형 CAE를 적용하였으며 그 결과를 검토하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부에서 시행한 산업기술개발사업의 지원하에 수행되었음.

참 고 문 헌

- (1) 김재원, 김칠수, 김희동, “사출성형 금형설계”, 원창출판사.
- (2) 서정선, “고무가공기술” 수서원, 1997.
- (3) Park Sang Bong, To Ba Van, Division of Mechanical Engineering “Multi-cavity Injection Molding of EPDM Rubber for Wire Hose-Nipple Automotive Articles”.
- (4) Yong-Min Huh, “A Study on CAE and Die design of Clip Rubber Product Concerning EPDM Material Properties”, Department of Mechanical and Precision Engineering Graduate School, Pusan National University.
- (5) Moldflow Corporation, “MPI/REACTIVE MOLDI-NG manual”.