

신발 밑창 성형을 위한 플래시 방지형 금형 개발

박건형* · 여홍태** · 허관도***

Development of Flash-less Die for Forming of Shoe-Outsole

K. H. Park, H. T. Yeo and K. D. Hur

Abstract

In this study, to develop a flash-less die for forming of shoe-outsole, experiments and forming analysis were carried out. In order to reduce the extra-materials, offset method and mass distribution method are used in the preform design. To improve the accuracy of contact surface of dies, the contact status of dies are measured by using the pressure film. The vertical pressing die structure and the guide-gutter system have been developed for the discharge of extra-materials and re-pressing.

By the investigation, flash of shoe-outsole was considerably reduced.

Key Words : Extra-materials(잉여소재), Guide-gutter system(유도관체), Preform(예비성형체), Pressure Film(압력필름)

1. 서론

일반적으로 고무나 파이론(Phylon) 또는 폴리우레탄(poly urethan) 제품인 신발 솔(sole)을 금형에 의해 가압성형할 경우 최종 제품의 체적보다 상당히 많은 소재를 투입하여 제품을 생산하고 있다.

투입된 소재는 압축하중과 금형으로부터 열을 받아 팽창하여 금형 캐비티를 채우면서 가류되어 단단하게 굳게 된다. 이때 캐비티의 체적보다 소재가 동일하거나 적으면 가류가 충분히 이루어지지 않거나 가류된 이후 기계적인 성질이 낮게 되고 캐비티에 충전되지 않을 수 있으므로 현재 작업공정에서는 많은 양의 소재를 투입하여 제품불량 발생을 줄

이고 있다. 그러나 금형 캐비티를 충전하고 남은 잉여소재(Extra-materials)는 플래시(flash)로 제품의 주위에 남게 되고 이를 제거하는 트리밍(trimming)공정이 필요하게 된다.

현재 사용되고 있는 고무 성형을 위한 금형구조를 살펴보면 다음과 같다.⁽¹⁾ 압축 금형구조는 캐비티의 상부에 해당하는 부분이 상판에서 돌출되어 프레스로 가압시 캐비티 안의 소재를 가압 성형한다. 사출 금형구조는 사출기에 장착되어 소재를 런너로부터 스프루를 거쳐 캐비티에 충전시키는 형태의 금형이다.

최근에 개발된 트랜스퍼 금형구조는 압축 금형과 사출 금형의 장점을 조합한 구조로 소재가 포트(pot)에 투입되고 이를 상판이 누르면 사출

* 동의대학교 일반대학원 기계공학과
** 동의대학교 기계공학과
*** 동의대학교 기계공학과

기에서 소재가 스프루를 거쳐 캐비티에 충전되는 효과를 프레스에서도 얻을 수 있는 구조이다.⁽¹⁾

그러나 최근 신발 디자인을 보면 화려하고 곡률이 많으므로 밑창의 경우 소재의 흐름을 방해하며 소재 특성상 유동성이 적당하지 않으므로 사출식의 성형법 보다는 압축식 성형이 효과적일 수 있다. 또한 기존 설비에 추가되는 구조가 다소 많이 존재한다.

그러므로 본 연구에서는 공정상 플래시가 많이 발생하는 밑창 성형공정에 대해 기존 설비를 이용하면서 플래시 발생을 방지 또는 억제하는 금형구조를 개발하고자 한다.

2. 신발 밑창 예비성형체 설계

2.1 성형공정 분석

신발 밑창 제품에 사용되는 소재는 스티렌부타디엔고무(SBR : Styrene Butadiene Rubber) 로 가장 일반적인 합성고무이다. 특히 천연고무와 비교하면 내노화성, 내열성, 내마모성 등이 뛰어나지만 탄력성이 적고 동적발열이 크다.⁽²⁾

이와 같은 고무소재는 고무원료에 기타 첨가제를 섞어 일정한 두께의 판 형태로 뽑아낸다. 일반적으로 이것을 "생지"라고 부르고 있다.

밑창을 만들기 위해 먼저 생지를 일정 크기의 모양으로 재단을 한다. 그리고 일정 온도(약 150℃)까지 가열된 밑창 금형에 생지를 삽입한 후 가압하고 공기빼기와 재가압을 하여 일정 시간(약 10 분) 후 성형된 아웃 솔을 취출한다.

2.2 기존 공정의 해석 비교

본 연구에서는 밑창을 기존 금형으로 성형하는 과정을 평가하기 위하여 Superforge⁽³⁾ 를 이용해 보았다. 가류되지 않은 고무의 기계적 물성의 평가와 해석 S/W 에 적용하기는 매우 어렵고 부정확하다.

그래서 생지를 상온상태에서 등방성이고 비압축성으로 가정하고 인장시험⁽⁴⁾에서 얻은 응력-변형률 관계를 이용하여 해석을 시도해보았다. 또한 상온상태의 금형에 생지를 넣고 가압한 후 생지의 변형은 Fig. 1 과 같다. 투입소재 두께보다 깊은 캐비티 부분에서는 소재가 함몰되는 것을 볼 수 있고 밑창 외주에서는 가압초기에 이미 소재가 빠져나와 플래시로 남는 것을 알 수 있다.

그러므로 소재가 초기에 빠져나오는 것을 방지하면서 전체 캐비티를 채울 수 있는 구조가 필요하다.

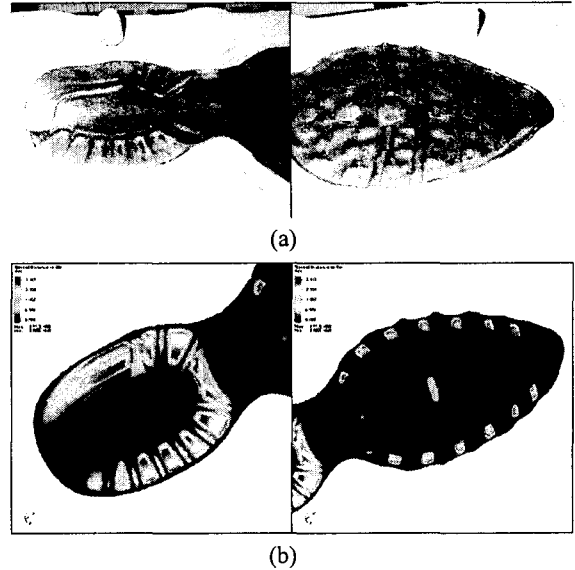


Fig. 1 A press forming of the outsole at the room temperature

2.3 예비성형체 설계

플래시 발생을 감소시키기 위해 밑창 예비성형체의 형상을 2 가지 방법을 적용해 보았다.

먼저 기존 예비성형체(preform)의 형상을 기초로 1mm 씩 안쪽으로 읍셋(offset)하여 성형 후 플래시 발생이 가장 적은 형상은 Fig. 2 와 같다. 이 결과는 투입소재 두께가 3.5mm 일 때 기존 예비성형체와 비교하면 앞쪽은 5mm, 뒤쪽은 1mm 읍셋된 것이다. 결국 기존의 방식에 비해 투입소재의 량이 줄어들기 때문에 플래시 발생이 감소할 수 있다.

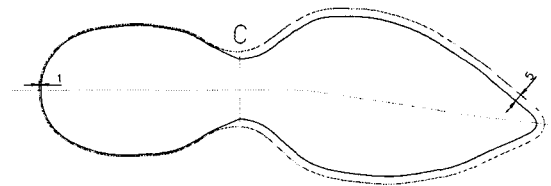


Fig. 2 Preform design by offset method

읍셋방법에 의해 예비성형체를 설계하는 것은 비합리적이므로 초기 형상설계를 Fig. 3 과 같은 방법에 의해 수행하였다.⁽⁵⁾ (1)은 밑창 금형의 캐비티에 해당하며, (2)은 A-A' 단면도를 나타낸다. (3)은 (2)의 상판과 만나는 부분의

길이를 기준 C 에서부터 각각의 영역에 대한 수평 거리로 변환 후 기존 밀창의 발형을 토대로 외형을 영역별로 분할한 것이다. (4)는 각각의 영역에 따른 3D 모델에서 체적을 계산 후 투입 소재의 두께를 입력시 자동으로 영역의 면적을 작도하는 프로그램을 개발하고 이를 이용하여 작도한 결과이다.

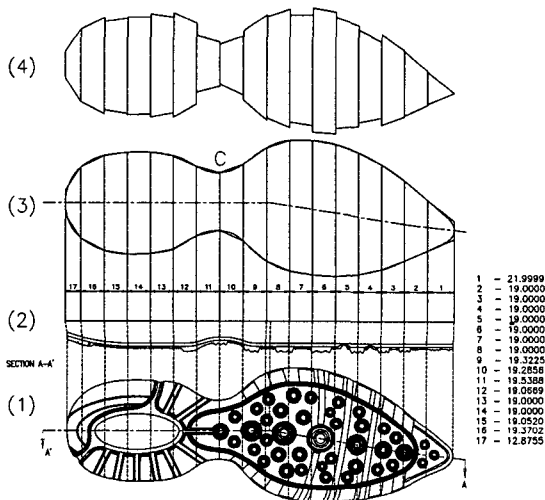


Fig. 3 Design procedure for mass distribution in the preforms

Fig. 3 의 (4)에서 각 영역의 경계에서 끝점이 서로 다르므로 이를 평균하여 최종적인 예비성형체를 읍셋에 의한 결과와 같이 Fig. 4 에 나타내었다.

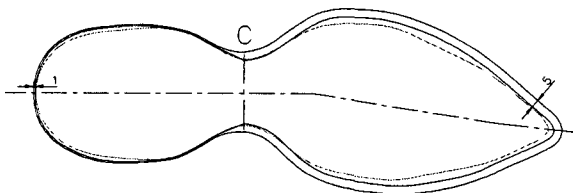


Fig. 4 Comparison of preforms

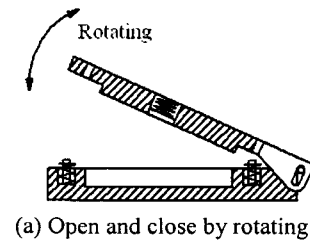
읍셋방법에 비해 각 부분의 체적을 이용한 작도 기법이 앞쪽부분에서 면적인 적은 것으로 나타났다. 이는 실제 체적을 이용하여 투입 소재량을 줄인 결과이다.

3. 밀창 금형의 구조 개선

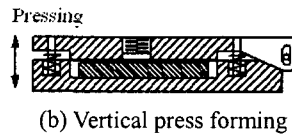
3.1 유도관체를 이용한 금형구조

기존의 밀창 금형의 구조를 분석한 결과 다음과 같이 구조를 개선하도록 하였다.

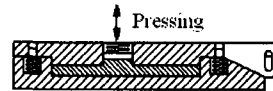
먼저 초기 소재 투입 후 상판을 닫을 때 이미 소재를 상판이 누르면서 회전 축에 가까운 곳에서 먼 곳으로 접촉되어 먼 쪽에서 플래시 발생이 많아진다. 이와 같은 현상을 방지하기 위하여 회전 후 직선운동에 의한 동시 가압이 가능하도록 기존 금형의 구조를 변경하였다. 또한 밀창 외주에 발생하는 플래시를 방지하기 위하여 미드솔과 접촉되게 되는 밀창 윗면에 잉여소재의 배출 및 재가압을 할 수 있는 구조로 Fig. 5 에 나타내었다.



(a) Open and close by rotating



(b) Vertical press forming



(c) Discharge of extra-material and re-pressing

Fig. 5 Schematic of the proposed dies

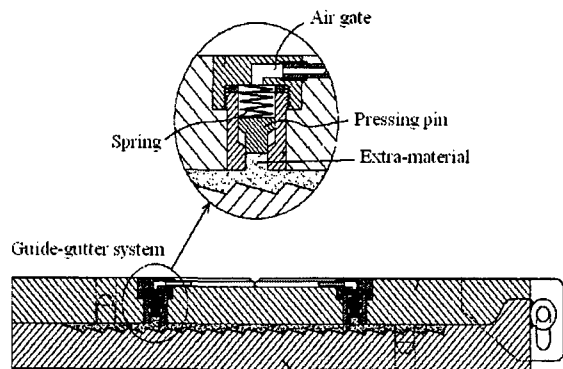


Fig. 6 Schematic of the guide-gutter system

개선된 금형은 스프링에 의해 공기빼기를 하는 과정이 상판의 프레스 가압력을 제거하면 이루어 지므로 간편하며 초기에 배출된 잉여소재는 투입 소재량을 조절하면 줄일 수 있으며 배출된 소재를 재가압하여 캐비티에 비충진된 부분을 보충해 줄 수 있다.

Fig. 6 은 공압에 의해 작동하는 유도관체(Guide-gutter system)를 개발하여 사용하였다. 그 결과 성형 초기에 외주에 발생할 플래시의 잉여소재를 유도관체의 도피홈으로 이동시키고 다시 공압에 의해 재가압하여 금형 캐비티의 완전 충진을 이룰 수 있었다.

4. 결과 및 고찰

본 연구에서 개발된 금형을 이용하여 성형하기 전에 금형 상판과 하판의 접촉면의 정도를 압력필름(Pressure film)을 이용하여 측정하였다. 압력필름은 필름에 가해지는 압력의 크기에 따라 색상이 다르게 나타나는 특성을 가지고 있다.⁽⁶⁾

Fig. 7 은 개발한 금형의 접촉면 상태를 측정한 것으로 전반적으로 양호한 것을 알 수 있다.

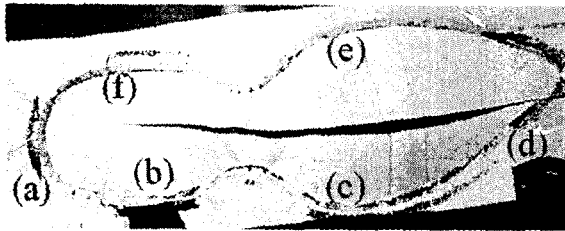


Fig. 7 Measurement of contact surface by pressure film

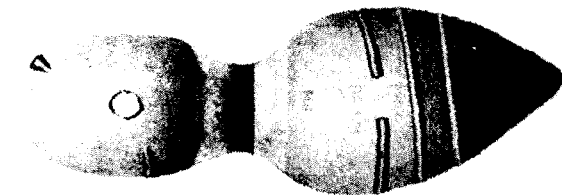


Fig. 8 Final shape of outsole

최종 성형된 밑창 제품은 Fig. 8 과 같이 밑창 외주에 플래시가 발생하지 않은 것을 알 수 있었다. 밑창 윗면의 유도관체가 있는 곳의 플래시 발생은 가공정도 및 향후 연구에 의해 개선할 수 있을 것이다.

5. 결론

본 연구에서는 기존 설비를 최대한 이용하면서 신발 밑창 성형을 위한 플래시 방지형 금형 개발을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

(1) 신발 밑창 성형공정 및 금형구조를 분석한 결과 회전 가압 구조에서 가압 초기에 플래시가 발생한다는 것을 알 수 있었다.

(2) CAE 를 이용하여 밑창 성형해석을 시도하여 적용성을 검토하였다.

(3) 읍셋기법 및 최종제품 채적에 따른 밑창 예비성형체의 설계를 수행하여 플래시 발생을 억제할 수 있었다.

(4) 접촉압력 측정용 필름을 이용하여 접촉면의 정도를 측정하여 플래시 발생부를 예측할 수 있는 방법을 제시하였고 고가의 장비없이 측정 가능하므로 정밀한 금형제작에 도움을 줄 수 있었다.

(5) 기존 설비에 바로 적용 가능하도록 밀폐 금형에서 잉여소재의 방출을 위한 유도관체를 구비한 금형구조 및 신발 밑창 성형을 위한 플래시 발생 방지형 밀폐금형을 개발하였다.

후기

본 연구는 산업자원부에서 시행한 산업기술개발사업의 지원하에 수행되었음.

참고 문헌

- (1) <http://www.hawthornerubber.com>
- (2) 이종철, 1998, 제화재료학, 도서출판 글로벌.
- (3) MSC.SuperForge 2002 User's Manual.
- (4) <http://www.axelproducts.com>
- (5) Edward M. Mielnik, 1991, METALWORKING SCIENCE AND ENGINEERING, McGraw-Hill, Inc., pp. 591 ~ 596.
- (6) FUJIFILM, Prescale Film, <http://www.jbo-a.co.kr/pre-film.htm>