

플래시 발생 억제형 신발 중창 금형 개발에 관한 연구

허관도[#], 여흥태^{*}, 최영^{**}

A Study on the Development of Shoe Midsole Mold for Flash-less

Kwan Do Hur[#], Hong Tae Yeo^{*} and Young Choi^{**}

ABSTRACT

In this study, to develop a flash-less mold for forming of shoe-midsole, experiments and forming analysis were carried out. In order to reduce the extra-materials, the final preform has been modified by the experiment of pressure forming at the room temperature. To measure the contact status of parting surface of mold, the pressure film has been used. The midsole mold of the wedge structure type has been developed for the improvement of the contact status. The vertical pressing mold structure was introduced for the production of a flash-less midsole. By the investigation, flash of shoe-midsole was considerably reduced.

Key Words : Pressure forming (가압성형), Wedge structure (썰기구조), Extra-materials (잉여소재), Preform (예비성형체), Flash (플래시)

1. 서론

일반적으로 신발 창은 밑창(outsole), 중창(midsole) 및 안창(insole)으로 구분되며, 고무(rubber)나 파이론(Phylon) 또는 폴리우레탄(polyurethane) 등의 소재를 성형하여 만든 제품이다.¹

신발 중창의 경우 지면으로부터 충격이 발에 직접 전달되지 않도록 완화하는 기능과 뒤틀림 등을 방지하기 위한 장치들이 부착되는 제품이다. 이와 같은 중창의 제작을 위한 성형방법은 발포성형, 사출성형 및 가압성형 등이 있다. 일반적으로 가압성형의 경우 다른 성형 방법에 의한 제품에 비해 충격 완화 기능이 우수하므로 고급 운동화

제작에 많이 사용되고 있다.

가압성형(pressure forming)은 발포성형에 의해 제작된 예비성형체(preform)를 금형에 밀어넣고 상판과 하판에 작용하는 압축하중과 가열판으로부터 공급되는 열에 의해 압축 및 팽창하여 금형의 캐비티(cavity)를 채우면서 굳게 된다. 이때 캐비티의 체적보다 소재가 동일하거나 부족하게 되면 열을 충분히 공급받지 못하여 캐비티의 미충진이 발생할 수 있고 제품의 품질이 떨어진다. 그러므로 현재 작업공정에서는 제품 체적보다 많은 양의 예비성형체를 제작하여 투입하여 제품의 불량률을 줄이고 있다. 그러나 금형의 캐비티를 채우고 남은 잉여소재(extra-materials)는 플래시(flash)로 제품의 주

접수일: 2004년 7월 2일; 게재승인일: 2004년 11월 19일

교신저자: 동의대학교 기계공학부

E-mail: kdhur@deu.ac.kr Tel. (051) 890-1644

* 동의대학교 기계공학부

** 인제대학교 기계자동차공학부

위에 남게 된다. 또한 최근 신발 디자인이 화려하게 변하므로 중창의 디자인도 복잡하고 플래시 발생도 많아지는 추세이다. 결국, 플래시를 제거하기 위해 트리밍(trimming) 공정이 필요하므로 생산성은 낮아지게 되며 폐자재에 의한 환경문제도 야기된다.

그 외에 최근 Chung²등은 디자인이 복잡한 형상의 중창 성형을 금형을 빠르게 제작하기 위하여 통기성주형(porous casting mold)을 이용하는 방법에 대한 연구를 수행하였다.

본 연구에서는 신발 중창 성형용 금형에 대해 기존의 성형과정 및 구조에 따른 플래시 발생 원인을 유한요소해석과 실험에 의해 분석하여 개선된 금형구조를 개발하고자 한다.

2. 기존 금형구조 분석

2.1 중창 성형공정 분석

가압성형 공정에 의해 중창을 제작하는 공정을 Fig. 1에 나타낸다. 먼저 Fig. 1(a)와 같이 파이론 소재를 발포성형에 의해 예비성형체를 제작한 후 Fig. 1(b) 및 (c)와 같이 가압성형용 금형에 수작업에 의해 밀어넣고 Fig. 1(d)와 같이 금형의 상판을 닫고 프레스로 가압하는 과정에서 금형의 캐비티를 예비성형체가 채우게 되고 잉여소재는 금형 분할면 사이로 빠져 나오게 된다. 이때 닫혀진 금형은 온도 150℃의 가열판에 의해 100MPa의 압력으로 10분 정도 유지한다. 가열된 금형을 냉각 프레스로 이동하여 동일한 압력으로 약 40℃까지 냉각시켜 성형된 중창을 취출한다. 금형을 냉각시키지 않고 금형을 열게 되면 성형된 중창이 부풀어 올라 불량이 되므로 중창의 유동이 없도록 냉각시켜 취출하는 것이다.

2.2 금형 구조 분석 및 해석

현재 프레스로 가압하여 신발 중창을 제작하는 금형은 상판, 중판, 하판으로 구분되고 운동구조는 Fig. 2(a)와 같이 중판에 상판과 하판을 힌지(hinge)로 고정하여 회전운동으로 개폐가 되도록 한 것을 알 수 있다. Fig. 2(b)는 일반적인 중판 형상이고 Fig. 2(c)는 힌지로 체결된 금형의 형상이다.

초기 회전 가압과정에서 잉여소재가 밀려나가게 되며 힌지에서 가까운 부분 보다는 먼 부분의 금형 접촉면에서 플래시가 많이 발생하였다.

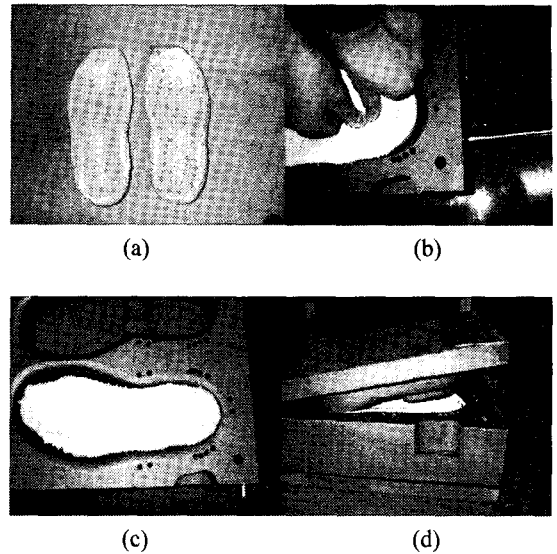


Fig. 1 The manufacturing process of midsole

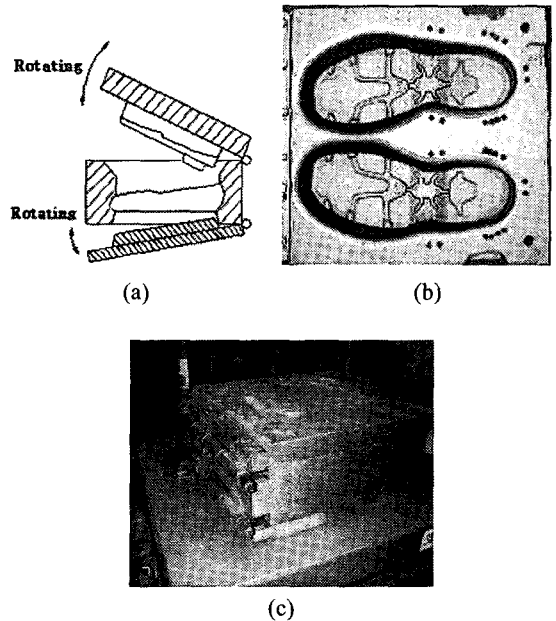


Fig. 2 The general shape of midsole mold

또한 예비성형체에 열을 공급하는 동안 높은 압력과 온도가 금형에 가해지게 되어 그 영향으로 금형이 변형을 한다. 그 결과 금형의 접촉정도에 영향을 주어 틈새로 플래시가 발생하게 된다.

성형시 금형의 변형을 확인하기 위해서 상용 유한요소해석 코드인 ANSYS³를 이용하였다. 실제

성형과정에서 금형의 변형은 구조상 상판과 하판은 수직방향으로 하중을 받아 중판에 전달하게 된다. 결국, 중판의 변형이 주된 것으로 플래시의 발생에 큰 영향을 끼치므로 중판의 변형을 중점적으로 관찰하였다.

해석에 사용된 기존 금형재료는 Al6061-O이고 Table 1에 나타내었다.⁴

Table 1 Material properties of midsole mold

Mat.	E(GPa)	S _y (MPa)	ν
Al6061-O	69	55	0.33

중창 성형용 금형의 상판과 하판의 유한요소 모델은 Fig. 3과 같다.

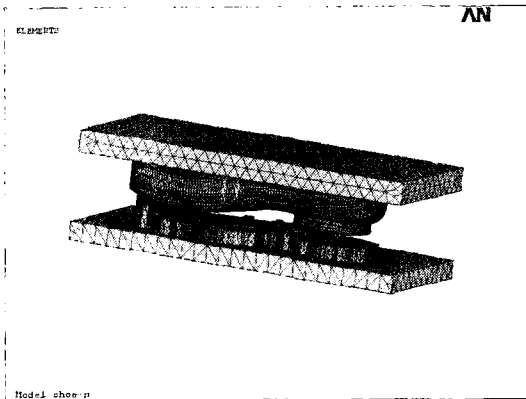


Fig. 3 FE-model of top and bottom plate

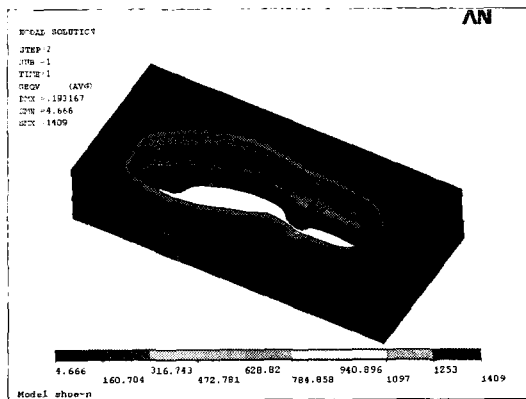


Fig. 4 Effective stress of middle plate

상판의 윗면에 100MPa의 압력 작용시 중판의 유효응력분포는 Fig. 4와 같다. 유효응력상태가 전반적으로 낮은 상태에 있는 것을 알 수 있다. 신발 중창의 옆면에 해당하는 부분에서 유효응력이 다른 부분보다 조금 높은 것은 구조상 상/하면에서 가압되기 때문이다.

중판의 X축 방향의 변위는 Fig. 5와 같다. 중창의 바깥쪽면이 음의 값이 나타나므로 화살표와 같이 바깥쪽으로 변형되어 접촉면이 분리될 수 있음을 알 수 있다. 즉, 중판의 변형에 의해 상판과 하판 접촉면의 간격이 넓어지는 경향을 알 수 있다.

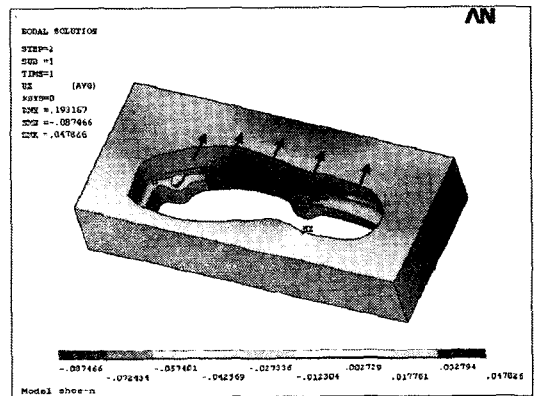


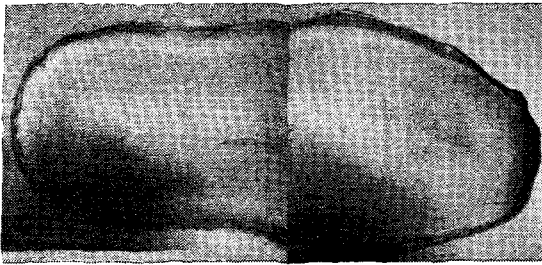
Fig. 5 Displacement of middle plate

3. 신발 중창 성형 개선 방안

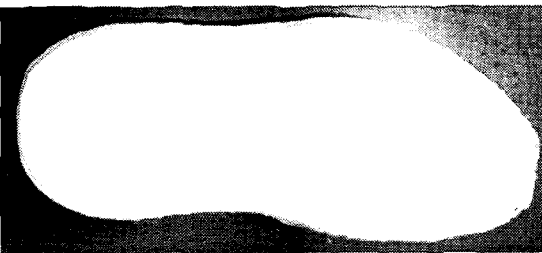
3.1 예비성형체 개선

플래시의 발생을 억제하기 위하여 예비성형체의 형상을 수정하였다. 삽입되는 예비성형체의 형상을 결정하기위해 기존 예비성형체를 삽입하여 상온에서 가압하여 예비성형체에 남은 자국에 의해 최종 예비성형체의 형상을 결정하였다.

Fig. 6은 기존 예비성형체에서 가압 초기에 플래시가 발생되는 부분을 Fig. 6(a)에 나타내었고 Fig. 6(b)는 이 부분을 제거하여 만든 최종 예비성형체의 형상이다. 실제 가압초기에 예비성형체가 금형 접촉면으로부터 떨어져 있도록 제작하여 가열 과정에서 팽창하여 금형 캐비티를 충전하도록 한 것이다.



(a) Before corrected preform



(b) After corrected preform

Fig. 6 The shape of preform

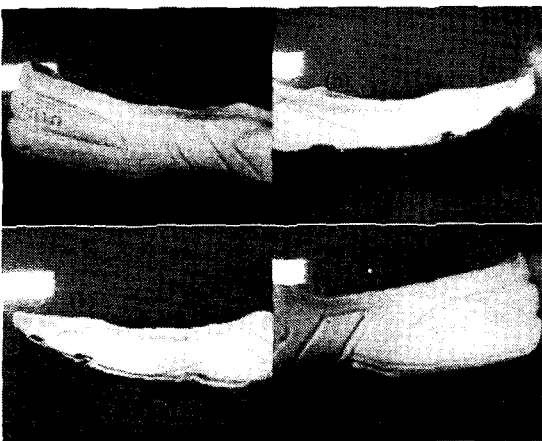
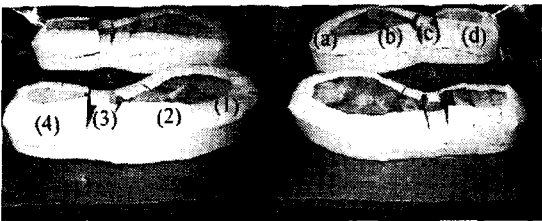


Fig. 7 Status of parting surface and flash of midsole

압력필름(pressure film)⁵을 이용하여 기존 금형의 분할면에서 접촉 정도를 측정하였으며 수정된

최종 예비성형체를 삽입하여 성형된 중창을 Fig. 7에 나타내었다. 위치(a)에서 (b)까지는 플래시 발생이 없는 양호한 상태를 나타내었다. 위치(c)의 경우 접촉상태는 양호하지만 캐비티의 모서리부분에서 접촉상태가 조금 불완전하므로 아주 작은 량의 플래시가 발생하였다. 위치(d)에서는 양호한 접촉상태이고 성형품에서 플래시가 발생되지 않았다.

이와 같이 기존 금형에서 접촉의 정도의 차이를 압력필름에 의해 부분적으로 정도가 떨어지는 부분이 존재하는 것을 알 수 있었으며 기존 금형에서 예비성형체의 개선에 의해 플래시 발생량을 줄일 수 있으며 분할면의 접촉 정도를 향상시키면 더욱 플래시 발생을 억제할 수 있음을 알 수 있다.

3.2 금형 구조 개선 및 해석

소재가 한쪽으로 밀려나가 플래시를 발생시키는 것을 방지하기 위하여 중창 금형의 가압구조를 회전형에서 회전 후 수직 가압구조로 변경하였다. 또한 기존 금형의 해석결과에서 가압시 바깥쪽으로 금형이 벌어지는 현상을 방지하기 위해 썸(wedge)을 부착하였다. 이때 썸기부의 간섭량은 1mm로 설계하였다. 이와 같은 회전 후 수직가압 및 썸구조를 Fig. 8에 나타내었다.

스프링에 의한 수직가압구조를 적용하기 위해서 Fig. 9와 같이 힌지의 구조를 수직이동이 가능하도록 변경하였다.

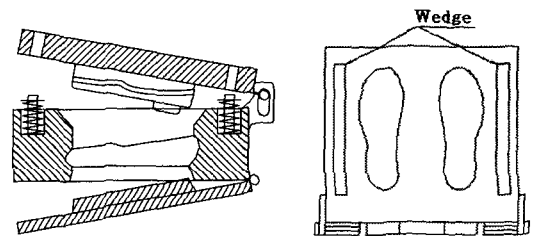


Fig. 8 Schematic of the developed mold



Fig. 9 The hinge configuration of the developed mold

Fig. 10은 개발된 금형 구조이며 상판(a)와 하판(d)에 썬기를 부착하고 중판의 윗면(b)과 아래면(c)에 홈을 두었다.

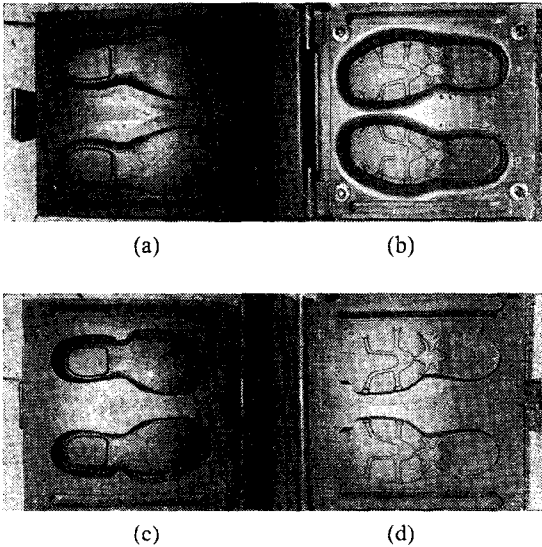


Fig. 10 Developed structure of shoe-midsole mold

나타나므로 기존금형보다 중판을 안으로 모아주는 효과가 있는 것을 알 수 있다.

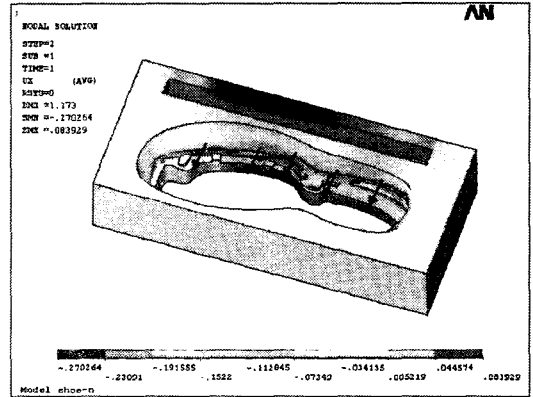


Fig. 12 Displacement of middle plate of new mold

개선된 금형의 분할면에서 접촉정도를 압력 필름을 이용하여 측정하였으며 최종 예비성형체를 삽입하여 성형한 중창의 취출전 상태를 Fig. 13에 나타내었다.

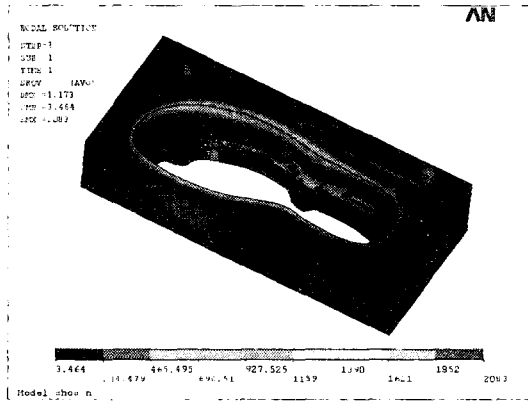


Fig. 11 Effective stress of middle plate of new mold

상판의 윗면에 100MPa의 압력 작용시 개발된 금형 중판의 유효응력분포를 Fig. 11에 나타내었다. 전반적으로 낮은 유효응력을 나타내고 있으며 썬기 접촉부와 신발 중창의 옆면에 해당하는 부분에 유효응력이 조금 높게 나타났다.

썬기 구조를 도입한 새로운 금형 중판의 X축 방향의 변위를 Fig. 12에 나타내었다. 썬기에 의해 캐비티 내면의 변위가 화살표 방향으로 양의 값이

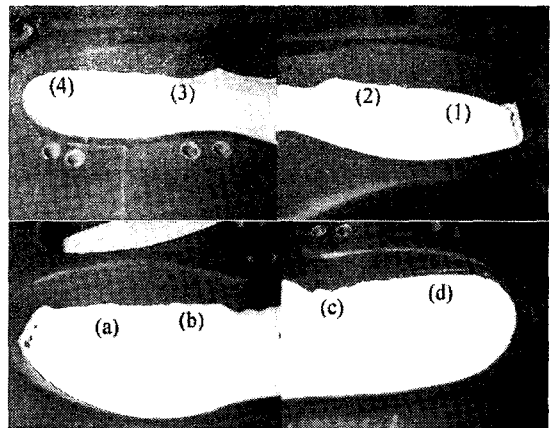
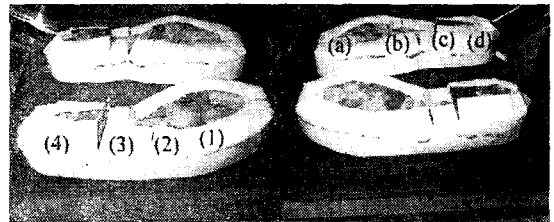


Fig. 13 The contact status of parting surface and flash of midsole for the new mold

이 결과는 기존 금형에 비해 개선된 금형에서의 접촉상태가 양호한 것을 알 수 있으며 위치 (b), (c) 및 (4)에서 금형의 접촉상태가 약간 불량하여 아주 적은 플래시가 발생하였다. 결국 썬기구조에 의해 중창 바깥쪽에서의 접촉정도를 개선하므로 플래시 발생을 억제된 것을 알 수 있다.

4. 결론

신발중창 성형을 위한 플래시 발생 억제형 금형 개발을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

- (1) 상온 가압성형 실험을 통하여 가압 초기에 잉여소재에 따른 플래시 발생 부분을 확인하여 예비성형체를 수정하였고 가압성형한 결과 신발 중창의 플래시 발생을 감소시킬 수 있었다.
- (2) 신발 중창 성형용 금형의 구조를 분석한 결과 삽입된 예비성형체를 중판을 중심으로 상판과 하판이 회전 가압하므로 가압공정에서 플래시 발생이 많은 구조이므로 상판을 회전 후 수직 가압구조로 변경하여 플래시 발생을 감소시킬 수 있었다.
- (3) 접촉압력 측정용 필름을 이용하여 분할면에서 접촉 정도를 측정하여 플래시 발생부를 예측할 수 있는 방법을 제시하였다.
- (4) 유한요소해석을 통하여 신발 중창 성형용 금형의 변형을 예측할 수 있었으며 금형 접촉면의 정도를 향상시킬 수 있었다.
- (5) 중창 성형용 금형에 썬기형 구조를 도입하여 분할면에서 접촉 정도를 향상시켜 플래시 발생을 억제하였다.

후 기

본 연구는 산업자원부에서 시행한 산업기술개발사업의 지원하에 수행되었음.

참고문헌

1. Lee, J. C., Shoemaking Materials, Global, 1998.
2. Chung, S. I., Jeong, D. S., Kim, D. K., Jeong, H. D. and Cho, K. K., "Rapid Tooling of Aluminum Shoes Mold," Journal of Korean Society of Precision

- Engineering, Vol. 16, No. 11, pp. 62-67, 1999.
3. ANSYS 6.0 User's Manual, 2001.
4. <http://www.matweb.com>
5. FUJIFILM, Prescale Film, <http://jbo-a.co.kr/film.htm>.