

PETG 수지를 이용한 화장품 캡 사출성형에서 형판 밀착도와 플래시 발생 특성에 관한 연구

조진표*, 김다은**, 조교빈**, 김홍석**, 현승균*, 김광희*

*인하대학교 제조혁신전문대학원

** (주)연우

e-mail : realwind@inha.ac.kr

A Study on the Characteristics of Flash Generation and Plate Clamping in Injection Molding of Cosmetic Caps Using PETG Resin

Jin-Pyo Cho*, Kim Da Eun**, Cho kyo bin**, Kim hong suck**, Seung-Gyun

Hyun*, Kwang-Hee Kim*

*Manufacturing Innovation School, Inha University

** Yonwoo. CO., Ltd.

요 약

본 연구는 PETG 수지를 이용한 화장품 캡 사출성형 과정에서 나타나는 플래시(flash) 결함 문제를 개선하고자 수행되었다. 최근 화장품 시장의 고급화 트렌드로 인해, 유리나 유사한 투명성과 뛰어난 내충격성을 지닌 PETG가 고급 용기 제조에 각광받고 있다. 그러나 PETG 소재는 유동성이 매우 높은 편은 아니며, 냉각 과정이 민감하여 사출성형 시 플래시를 비롯한 표면 흐름흔적(flow mark) 및 탄화(degradation) 등의 결함이 빈번히 발생한다.

특히 금형의 고정측 형판과 사출기 형판 간 밀착도가 불량할 경우 플래시가 집중적으로 발생하는 경향이 있다. 본 연구에서는 이러한 문제를 해결하기 위해, 형판 밀착도를 향상시키고자 고정측 형판에 테이핑을 실시하거나 얇은 보조 형판을 추가 부착하는 방법을 적용하였다.

그 결과, 금형 밀착력이 개선되어 사출성형 시 틈새가 효과적으로 감소하였으며, 플래시 결함의 발생 빈도와 정도가 크게 줄어드는 것을 확인할 수 있었다. 또한 제품 표면 품질이 향상되어 후공정 없이 양산 가능한 수준의 품질을 확보하였다. 본 연구는 PETG를 사용한 고급 화장품 캡 생산 공정에서 품질 안정성과 생산 효율성을 동시에 높이는 실질적인 방법을 제시했다는 점에서 의의가 있다.

1. 서론

최근 화장품 산업에서는 제품의 기능성과 더불어 외관적 고급감을 강조하는 트렌드가 강화되고 있다. 이에 따라 투명성과 광택이 뛰어나면서도 내구성이 우수한 소재에 대한 수요가 급증하고 있으며, PETG(Polyethylene Terephthalate Glycol) 수지는 이러한 요구를 충족시키는 대표적인 플라스틱 소재로 각광받고 있다. PETG 수지는 유리나 유사한 외관을 가지면서도 가볍고 깨지지 않는 특성 덕분에 고급 화장품 용기의 주요 소재로 빠르게 확산되고 있다. 그러나 PETG 수지는 중등 이상의 유동성(flowability)과 민감한 냉각 특성으로 인해 사출성형 공정에서 다양한 품질 문제가 발생할 수 있으며, 특히 플래시(flash), 표면 흐름흔적(flow mark), 탄화(degradation) 등의 불량이 빈번하게 보고되고 있다.

사출성형에서 플래시란, 금형이 완전히 밀착되지 않은 상태에서 수지가 금형의 분할선(parting line)이나 게이트 주변 등의 틈을 통해 누출되어 제품 외부에 얇게 돌출된 수지막이 형성되는

현상을 의미한다. 플래시가 발생하면 제품의 외관 품질이 저하될 뿐만 아니라, 후가공 공정에서 제거 작업이 추가되어 생산성이 저하되고 비용이 상승하는 문제로 이어진다. PETG 소재의 경우, 제품 외관 개선을 위해 금형 충전 압력이 높아지는 경향이 있어 플래시 발생에 더욱 취약하다.

특히 본 연구에서는 사출기의 고정측 형판과 금형 고정부 간의 밀착도가 불량할 경우 플래시가 집중적으로 발생한다는 현장 관찰에 주목하였다. 추가적으로, 연구 대상 금형은 콜드 런너(cold runner) 방식을 채택하고 있어 제품 간 간격을 넓히기 어려웠으며, 제품 배치가 로케이트링 하단부에 위치하는 구조적 제약이 존재하였다. 이러한 조건은 제품이 형판 간 밀착도가 낮은 부위에 배치되도록 하여, 플래시 발생의 주요 원인으로 작용하였다.



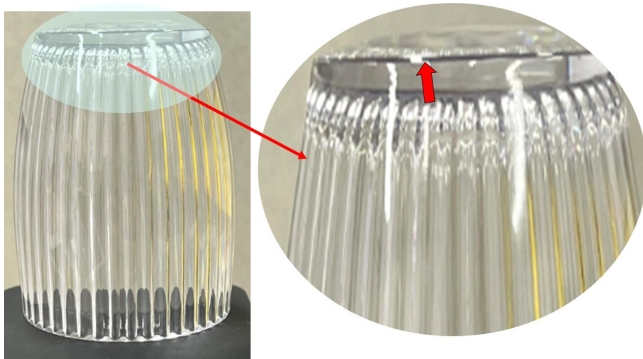
[그림 1] PETG 적용 투명 화장품 CAP

2. 연구방법 및 경계조건

2.1 연구방법

본 연구에서는 PETG 수지를 적용한 화장품 캡 사출성형 공정에서 플래시(flash) 발생 현상을 집중적으로 분석하였다. PETG 소재는 흐름성이 좋지 않은 특성을 가지며, 화장품 캡 제품의 외관 수축을 개선하기 위해 사출압력을 높게 설정하는 것이 필요하다.

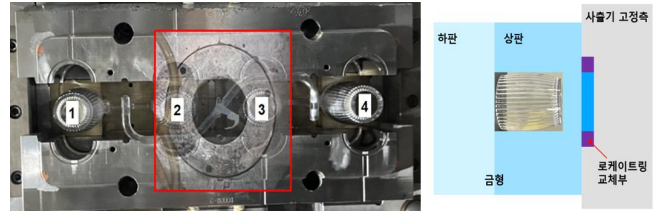
따라서, 금형 체결 상태에 따라 미세한 틈이 발생할 경우 수지가 쉽게 누출되어 플래시가 발생하는 경향이 뚜렷하게 나타났다. 특히 사출성형 공정 중 제품 상단부 주변에서 플래시가 발생하는 현상이 관찰되었다.



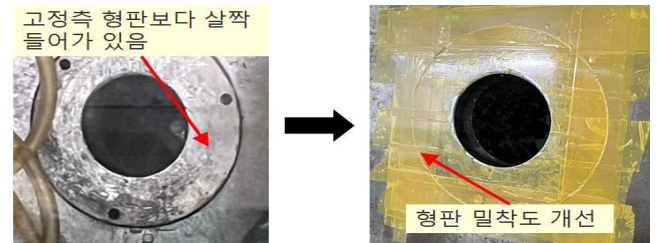
[그림 2] 화장품 CAP 플래시(Burr) 발생 현상

[그림 2]은 제품 상단부에 발생한 플래시 불량을 촬영한 이미지로, 금형 분할선 부위에서 수지가 누출되어 돌출막이 형성된 것을 확인할 수 있다.

본 연구에서 사용된 사출기는 금형 고정측 형판과의 접촉부가 일체형이 아닌 교체형 구조로 설계되어 있으며, 제품 배치가 로케이팅 하단에 위치하는 특성상 형판 밀착 불균일이 발생하기 쉬운 구조적 문제를 가지고 있었다. 이러한 구조적 특성은 사출성형 공정 중 형체력 분산을 초래하여 금형 체결 부위에 미세한 틈이 발생하고, 결과적으로 플래시 발생 빈도 증가로 이어졌다.



[그림 3] 4 캐비티 금형과 로케이팅 고정 위치



[그림 4] 고정측 형판 밀착도 개선

[그림 3]에서 보는 것과 같이 제품 #2, #3 위치는 로케이팅 안쪽에 배치되어 있어, 사출시 사출기 고정측 형판에서 받쳐주는 힘이 충분하지 못하였다. 이로 인해 슬라이드 중앙부가 벌어지는 현상이 발생하였으며, 그 결과 플래시가 발생한 것으로 판단된다.

이를 해결하기 위해, [그림 4]와 같이 고정측 형판과 금형 고정부 사이에 테이핑(taping)을 실시 하거나, 얇은 보조 형판(shim plate)을 추가 부착하는 방법을 적용하였다. 밀착 불균일을 개선하기 위한 구조적 보완 조치를 수행 하였다.

[그림 5]는 형판 밀착도를 개선 후 사출성형 진행한 결과이다. 제품 상단부와 슬라이드 파팅부에서 발생하던 플래시가 현저히 감소 되거나 나타나지 않았다. 테이핑과 보조 형판 추가를 통해 금형 체결력이 향상되면서 사출 압력 하중이 균일하게 분산되었고, 이에 따라 제품 표면 품질이 안정적으로 확보되었다. 최종 사출된 제품은 외관 불량 없이 양품 기준을 만족하였으며, 후가공 공정 없이 바로 사용 가능한 수준의 품질을 달성할 수 있었다.



[그림 5] 밀착도 개선 후 양산 샘플

4. 결론

본 연구에서는 PETG 수지를 적용한 화장품 캡 사출성형 과정에서 발생하는 플래시 및 단차 문제를 분석하고, 그 원인과 개선 방안을 도출하였다.

제품 상단부의 플래시와 슬라이드 파팅부 단차의 주요 원인은 금형 자체의 결함이 아니라, 금형 고정측 형판과 사출기의 로케이트링 교체부 밀착도가 형체력 전달에 영향을 준다는 점을 확인하였다.

특히 제품 #2, #3이 로케이트링 파이 안쪽에 배치되어 사출 시 사출기 고정측에서 받쳐주는 힘이 부족했고, 이로 인해 슬라이드 중앙부가 벌어지면서 앵글러핀 파손 및 단차가 발생하는 문제가 나타났다.

이를 해결하기 위해 사출기 로케이트링 교체부에 테이핑(taping)을 실시 하거나, 얇은 보조 형판(shim plate)을 추가 부착하는 방법을 적용하였다. 밀착 불균일을 개선하기 위한 구조적 보완 조치를 수행하여 불량률 개선했다.

추가적으로 금형 설계 시 제품 배치를 로케이트링 파이 영역 밖으로 배치하는 방법과 양산 사출은 고정측 형판의 로케이트링 부가 일체형으로 설계된 사출기를 사용하는 것이 바람직할 것으로 판단된다.

[후기]

본 논문은 인하대학교 제조혁신전문대학원 석사학위 프로젝트 진행과 학위논문 제출을 위해 발표한 논문입니다.

참고문헌

- [1] 정홍주. "사출성형 플래시 생성기구와 분할선 간격에 대한 연구." 국내석사학위논문 조선대학교 대학원, 2023.
- [2] 황순환. "CAE 및 머신러닝 기법을 활용한 사출 성형 최적화에 관한 연구." 국내박사학위논문 한성대학교 대학원, 2021.
- [3] 안선영. "사출 공정에서 온도센서를 활용하여 최적 공정조건 예측." 국내석사학위논문 고려대학교 대학원, 2024.
- [4] 황병연. "Moldflow를 이용한 사출금형 열전달 및 수지유동 복합해석을 통한 사출 성형품 하이그로시 표면 구현." 영남대학교, 2013.
- [5] 조성민. "사출성형해석을 통한 성형조건에 따른 사출성형 품질의 영향 고찰." 금오공과대학교 대학원, 2023.