

재활용이 가능한 PET 플라스틱 단일재질 화장품 용기 적용성 연구

조진표*, 김홍석**, 현승균*, 김광희*

*인하대학교 제조혁신전문대학원

** ㈜ 연우

e-mail:realwind@inha.ac.kr

A Study on the Application of Recycled Polyethylene Terephthalate (PET) Plastic Single Material Cosmetics Container

Jin-Pyo Cho*, Hong-seok Kim**, Seung-Gyun Hyun*, Kwang-Hee Kim*

*Manufacturing Innovation School, Inha University

**Yonwoo CO., Ltd.

요약

생활 수준이 향상됨에 따라 고가의 제품 판매가 늘어나고 있으며, 이에 따라 제품 내용물 뿐만 아니라 포장 재질의 고급화 수반되고 있다. 화장품의 경우 고가의 제품으로 용기에 여러번에 걸친 후가공 후처리를 통하여 브랜드의 특성을 부각시키기 위해 고급스럽게 제작하는 경향이 있다. PET 재질의 플라스틱은 미국 플라스틱산업협회(Plastics Industry Association)에서 ASTM RIC(International Resin Identification Coding System) No. 1 제품으로 재활용성 및 재사용이 가능한 친환경 제품이다. 본 연구에서는 사출용 PET 테스트를 위해 ㈜연우 프리몰드 제품인 ECO UP & DOWN 용기로 선정하였는데, 이 제품은 One Material Pump 적용으로 내 용기 세트 분리배출이 용이하고 투명 외용기로 클린 뷰티 이미지를 구현하였고 캡리스 구성으로 플라스틱 사용량을 절감한 제품이다. PET 제품의 주요 문제인 수축 및 결정화 문제를 개선하기 위해서는 높은 수지 가공온도와 low Shear rate(전단율), Runner시스템 내에서 Pressure Drop(압력강하)를 최소화하기 위해 기존 Cold Runner시스템을 Hot Runner시스템으로 변경하여 적용 하으며, Hot Runner 적용 시 기존 Cold runner 방식의 57Mpa에 비하여 충전압력이 38% 다운된 35Mpa로 해석되었다. 또한 시사출을 통하여 Hot Runner 방식을 적용한 결과 백탁 현상을 개선하였다. Hot Runner 적용 후 시사출 진행 시 냉각이 완료된 시점에 Gate 부분의 온도가 높아 Valve Pin에 수지가 접촉된 상태로 취출 되면서 Gate부 뜯김(Sticky) 발생하였는데, 게이트 주변에 확산접합(Diffusion Bonding)방식의 냉각라인을 형성하여 냉각온도를 68.2℃로 유지 할수 있었으며 뜯김 온도인 72℃ 이하로 PET용기의 백탁 및 뜯김 문제를 해결하였다.

1. 서론

생활 수준이 향상됨에 따라 고가의 제품 판매가 늘어나고 있으며, 이에 따라 제품 내용물 뿐만 아니라 포장 재질의 고급화 수반되고 있다. 화장품의 경우 고가의 제품으로 용기에 여러번에 걸친 후가공 후처리를 통하여 브랜드의 특성을 부각시키기 위해 고급스럽게 제작하는 경향이 있다. 이 경우 많은 제조 비용이 들어가고 후가공을 거친 제품들은 탄소 발자국 측면에서 보면 고에너지 사용으로 탄소 배출이 높고, 친환경 측면에서 재활용, 재사용이 어렵다. 만약, 후 가공 없이 제조하는 기법을 화장품 용기에 적용하면 제조 과정과 재활용 측면에서 저탄소에 많은 기여할 것으로 판단된다. 1988년 미국 플라스틱산업협회(Plastics Industry Association)에서 ASTM RIC(International Resin Identification Coding System)를 제정 하였는데, 플라스틱 제품에 표시되는 숫자와 문자로 이루어진 코드 시스템으로 PET 제품이 재활용성이

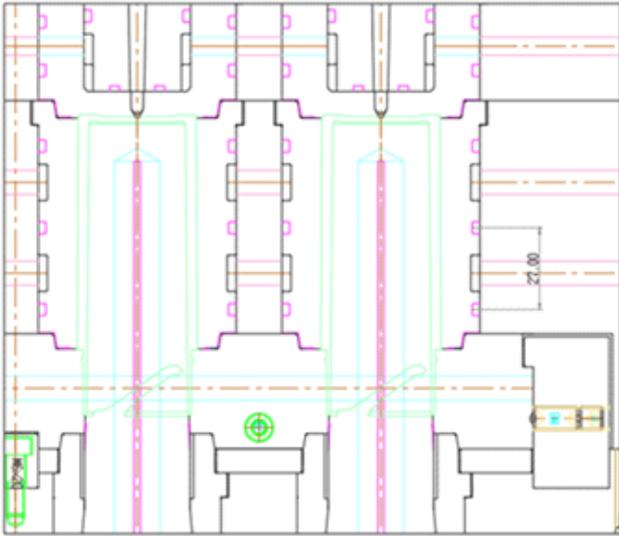
가장 큰 제품으로 화장품 용기에 적용될 경우 두께감이 있고, 투명성으로 유리같은 심미적 효과가 높아 고급스러운 제품군을 제조 할 수 있다. 그러나, 고온으로 사출 또는 인발 작업시 고온 결정화에 따라 백탁(열을 가하면 결정화로 인해 불투명하게 변하는 현상)이 발생하므로 두꺼운 제품을 가공하는데 한계가 있어 사출 화장품 용기에 적용하기 위한 백탁 방지 기술을 검토해 보고자 한다.

2. PET 적용한 패키징 방법

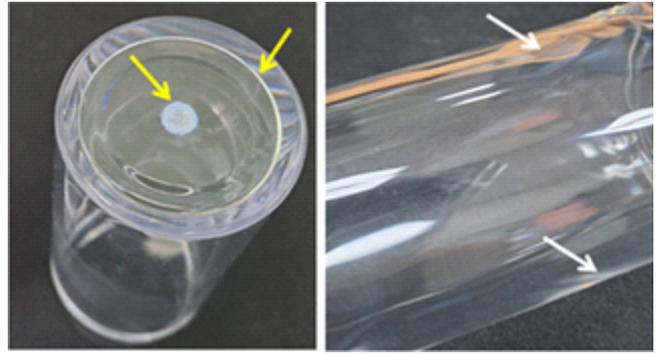
2.1 PET 재료의 특성

PET(Polyethylene Terephthalate)는 미국 플라스틱산업협회(Plastics Industry Association)의 ASTM RIC(International Resin Identification Coding System)의 Recycle number#1으로 플라스틱 군에서 재활용, 재이용성이 제일 높다.

[그림 5와 6]에 본 연구에서는 사용한 금형과 금형 조립도를 표시하였고, [그림 7]에 사출 일반적인 사출조건으로 사출한 제품을 나타내었다. 사출 조건을 바꾸어 가며 4번의 성형을 실시하였으며 노란 화살표로 표시한 부분에 백탁 현상과 흰색 화살표로 표시한 몸통부 수축현상이 발생하였다.



[그림 5] Eco 용기 금형 조립도

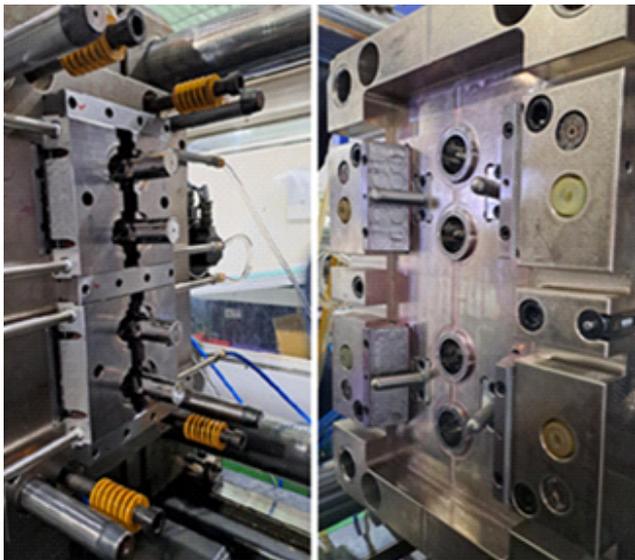


(a) 백탁현상 (b) 몸통부 수축
[그림 7] Eco 용기 사출 결과

3.2 PET 품질 개선

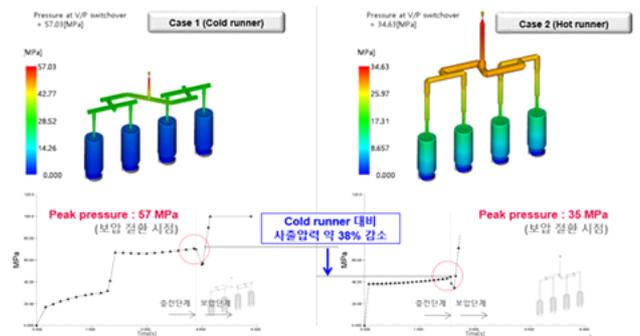
3.2.1 백탁 개선 Hot Runner 적용

주요 문제인 수축 및 결정화 문제를 개선하기 위해서는 높은 수지 가공온도와 low Shear rate(전단율), Runner시스템 내에서 Pressure Drop(압력강하)를 최소화하기 위해 기존 Cold Runner시스템을 Hot Runner시스템으로 변경하여 적용하였다.



[그림 6] Eco 용기 금형 상하측 사진

몸통부 수축 문제는 Gate부(1.8T)가 먼저 취출 온도에 도달하면서 몸통부(3.5T) 수축보상을 위한 보압 압력이 전달이 제대로 안되는 것이 원인으로 파악되고, Gate부 백탁 문제는 결정성 수지의 결정화가 원인인 것으로 판단된다. 결정화는 구경/결정의 크기가 빛의 파장인 400nm보다 크면 빛이 투과 못해 불투명해지면서 백탁 문제가 발생하는데, 보압 압력이 커질수록 백탁 부분이 확대 되었다.



[그림 8] Cold Runner와 Hot Runner의 충전압력 비교

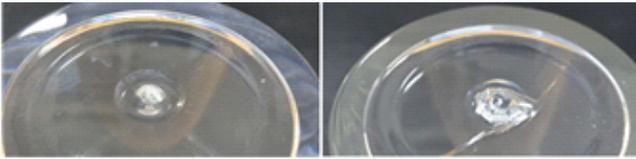
Hot Runner 적용 시 기존 Cold runner 방식의 57Mpa에 비하여 충전압력이 38% 다운된 35Mpa로 해석되었다. Hot Runner 방식을 적용하여 백탁 현상을 개선하였다.



[그림 9] Hot Runner 적용 개선 Sample

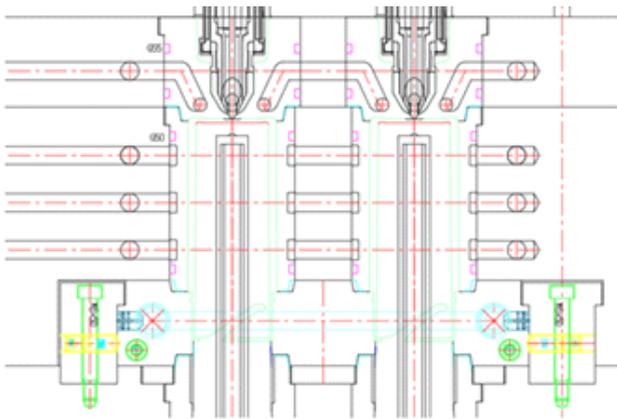
3.2.2 게이트부 뜯김(Sticky)개선 금형 냉각 적용

Hot Runner 적용 후 시사출 진행 시 Gate부 뜯김(Sticky) 발생으로 제품 Crack 및 외관 불량이 발생했는데, Sticky 현상에 대해서 예상되는 원인으로 냉각이 완료된 시점에 Gate 부분의 온도가 높아 Valve Pin에 수지가 점착된 상태로 취출되면서 뜯겨지는 것으로 판단되었다.



[그림 10] Hot Runner 제품 뜯김 현상

물성 검토 결과 사출용 PET수지는 특정온도(72°C) 이후에서 Sticky한 성질을 나타내는 것을 알 수 있었는데, 낮은 금형 온도를 통해 수지를 충분히 냉각시켜 취출할 경우 Gate Sticky 현상을 개선할 수 있다. 해석을 통한 검토결과 냉각 종료(25s) 후 게이트 온도는 95.0°C로 고화시작 온도 보다는 약 28.8°C 높은 결과를 보였으며, 냉각 40s초 시점에 게이트부 온도는 95.0 °C로 안정화되는 결과를 보였다. 해석 결과를 바탕으로 게이트 주변에 냉각라인을 형성하였으며, 냉각을 위해 일반적인 냉각 가공방법(GunDrill)이 아닌 원형 모양의 냉각 레이아웃을 위하여 확산접합(Diffusion Bonding)을 적용했다.



[그림 11] 확산접합(Diffusion Bonding) 냉각라인 금형조립도

냉각라인 적용결과 Gate부 최고 온도는 68.2°C로 Sticky 현상 없었으며, 제품 외관 표면에 Insert Core 분할라인 허용 된다면 Gate Bush 재질을 열전달계수가 높은 동합금 계열로 적용하면 보다 안정적인 제품 생산이 가능할 것으로 판단된다.

4. 결론

본 연구에서는 플라스틱 재활용성과 친환경적 그리고 완제품의 심미성이 뛰어난 PET 플라스틱 재료의 사출성에 대한 검토를 수행하였다. 주된 결과는 다음과 같다.

주요 문제인 수축 및 결정화 문제를 개선하기 위해서는 높은 수지 가공온도와 low Shear rate(전단율), Runner시스템 내에서 Pressure Drop(압력강하)를 최소화하기 위해 기존 Cold Runner시스템을 Hot Runner시스템으로 변경하여 적용하였으며, Hot Runner 적용 시 기존 Cold runner 방식의 57Mpa에 비하여 충전압력이 38% 다운된 35Mpa로 해석되었다. 또한 시사출을 통하여 Hot Runner 방식을 적용한 결과 백탁 현상을 개선하였다.

Hot Runner 적용 후 시사출 진행 시 냉각이 완료된 시점에 Gate 부분의 온도가 높아 Valve Pin에 수지가 점착된 상태로 취출되면서 Gate부 뜯김(Sticky) 발생하였는데, 게이트 주변에 확산접합(Diffusion Bonding)방식의 냉각라인을 형성하여 냉각온도를 68.2°C로 유지 할수 있었으며 뜯김 온도인 72°C 이하로 PET용기의 백탁 및 뜯김 문제를 해결하였다.

참고문헌

- [1] 한림연구보고서 144, < 포스트 플라스틱 시대를 위한 정책 제안 > 2022
- [2] <https://plasticseurope.org/knowledgehub/plasticsthe-facts-2022>
- [3] https://blog.lgchem.com/2020/09/16_pcr_abs/