

재활용성 향상을 위한 화장품용 메탈프리 펌프 및 유니소재 패키징 개발

유상규¹ · 강호상² · 오재영^{1*}

한국건설생활환경시험연구원
주식회사 삼화

Development of Metal-free Pump and Uni-material Packaging for Cosmetics to Improve Recycling

Sang Kyu Ryu¹, Ho Sang Kang², and Jae Young Oh^{1*}

Korea Conformity Laboratories
SAMHWA Co.,Ltd.

Abstract Cosmetic packing materials tend to be difficult to recycle when discarded due to the cosmetic industry's pursuit of aesthetics, functionality, and high value-added design. Pump packaging, which is widely used for the good preservation and discharge of cosmetics contents, is difficult to be separated and recycled because of a metal spring, which is in charge of pump resilience. In this study, a polypropylene spring was developed to replace the existing metal spring to improve the recyclability of the pump packaging for cosmetics, and was uni-materialized by applying to the cosmetic packing materials with 0.2 ml of discharge amount. In addition, performance test was conducted to verify the equivalence with the existing metal spring pumps as grounds for the commercialization of metal-free uni material pump packaging. The decompression leak test showed no leakage and displayed 14.8~17.5 N of pressing strength, 2.3~8.8 % of deviation in dispensing volume, and 4 occasions of pumping for initial discharge.

Keywords metal free pump, plastic spring, uni-material packaging, recycling, environmental packaging

서 론

펌프는 기압 차이를 이용하여 유체(공기, 액체)를 한쪽 구멍에서 흡입, 다른 쪽 구멍으로 밀어내거나 토출하도록 하는 장치로 화장품의 사용이 일상화되면서 기초화장품뿐만 아니라 색조화장품 등 여러 제품에 활용되고 있으며, 편리성이 높은 펌프 용기에 대한 수요도 점점 높아지고 있다. 화장품용 펌프는 디스펜서 펌프, 에어리스 펌프 등 종류에 따라 다르지만, 일반적으로 캡(Cap), 체크밸브(Check Valve), 스프링(Spring), 하우징(Housing) 등 최소 8개 이상 부품의 조합으로 구성된다. 스프링은 탄성력을 이용하여 펌프가 반복적으로 상하 운동을 할 수 있도록 해주며, 체크밸브는 압력의 유실을 방지하고 하우징은 캡의 마찰력으로 진공압을

발생할 수 있도록 한다. 이러한 기능을 위해서는 각 부품에 따라 적절한 소재를 가공하여 사용하고 있지만 최근 국내외에서 환경오염으로 인한 다양한 규제로 펌프 기술은 환경 규제를 회피할 수 있는 기술 개발도 요구되고 있다.

국내의 경우 환경부는 재활용 의무생산자가 이와 같은 부분을 보완하고 재활용이 쉬운 포장재를 사용하도록 유도하기 위해 2019년부터 '포장재 재질-구조 등급표시제¹⁾'를 실시하고 있으며, 특히 2022년부터 2개 이상의 소재 및 재질이 혼합된 복합재질포장재 중 각 재질을 도구 없이 분리하기 힘든 포장재는 '도포·첩합' 표시 대상으로 재활용이 불가능한 제품으로 분류하고 있다²⁾. 해외의 경우 유럽연합(EU)에서 2030년까지 모든 플라스틱 포장재를 재사용/재활용이 가능한 것으로 교체하는 정책을 추진하고 있으며, 일본에서는 폐기물의 감량화(Reduce), 재사용(Reuse), 재활용(Recycle)의 3R 이니셔티브(Initiative)를 통해 순환형 사회 구축을 목표로 하고 있다³⁾. 이러한 정책에 따라 화장품 업계에서도 재활용이 용이한 용기 개발에 많은 투자를 하고

*Corresponding Author: Jae Young Oh
Korea Conformity Laboratories, 199, 1st Gasan Digital Road, Gumi-gu, Seoul, 153-803 Korea
E-mail: jyoungo@kcl.re.kr

있으나, 지난 수십 년간 펌프 부품 중 스프링은 내구성 및 내부식성을 확보하기 위해 금속 소재(SUS 304)를 대부분 적용해 왔으며 이는 화장품 용기의 분리배출을 어렵게 만드는 요인이 되고 있다. 전 세계적으로 연간 150억 병 이상의 플라스틱 화장품 용기가 생산되지만, 재활용률은 9%에 불과한 실정이며, 국내 화장품 대기업 제품 중 재활용이 가능한 비율도 18.7% 이내이다⁴⁾. 특히 환경부에서 2019년 실시한 출고·수입된 화장품 7,983개 중 64% 이상의 제품이 ‘재활용 어려움’ 등급을 받았으며, 화장품 용기 중에서도 펌프 부분은 내부에 금속 스프링이 들어있고, 소비자가 분리 배출할 수 없는 구조로 되어 있어 재활용이 거의 불가능했다.

세계 화장품 용기 시장 규모는 2015년 252억 달러에서 연평균 5% 증가하여, 2020년에는 323억 달러로 성장 해오고 있으며, 이중 펌프/디스펜서 유형은 2012년 약 37억 달러에서 연평균 6% 증가하여 2018년 약 52억 달러로 추정된다⁵⁾. 따라서, 화장품용 펌프의 재질 단일화를 통한 국내 시장 점유 확대 및 세계시장 진출을 위해서는 기술적 차별화를 통한 가격경쟁력 확보와 기존 제품 수준의 품질 성능 개선을 통한 신뢰성의 확보가 절실하다.

본 연구에서는 기술적 차별화를 위해 Fig. 1에서와 같이 Polypropylene(PP), Stainless Steel(SUS 304), Polyethylene(PE), Polyacetal(POM) 등 4가지의 복합소재를 사용한 기존 펌프 대신 Fig. 2에 나타난 단일소재(PP)의 스프링, 피스톤, 가이드, 디스크를 적용하여 재활용이 용이한 단일소재의 펌프를 고안하였고, 실험적 시행착오를 통해 기존 복합재질 펌프의 품질 기준에 대응하는 펌프 제작 기술 확보와 성능 개선을 이루고자 하였다.

재료 및 방법

1. 펌프의 구성 및 실험재료

단일소재를 적용한 0.2 ml/ 고성능 펌프는 노즐, 캡, 밸브, 스프링, 하우징카바, 피스톤, 가이드, 하우징 및 디스크로의

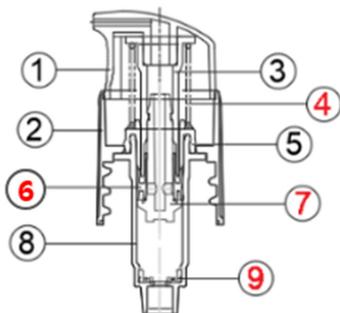


Fig. 1. Pump structure and materials : ① Nozzle(PP); ② Cap(PP); ③ Check Valve(PP); ④ Sping(SUS 304); ⑤ Housing cover(PP); ⑥ Piston(PE); ⑦ Guide(POM); ⑧ Housing(PP); ⑨ Disc(PE).

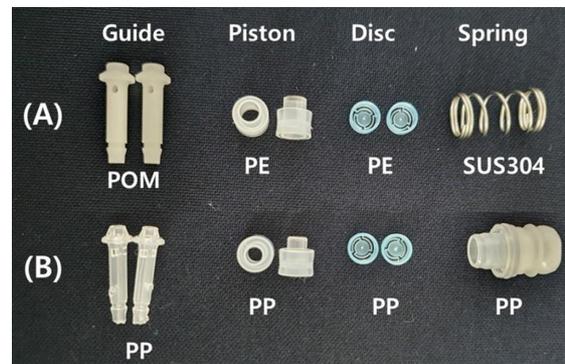


Fig. 2. Unification of materials for pump parts using polypropylene(PP): (A) Before change; (B) After change.

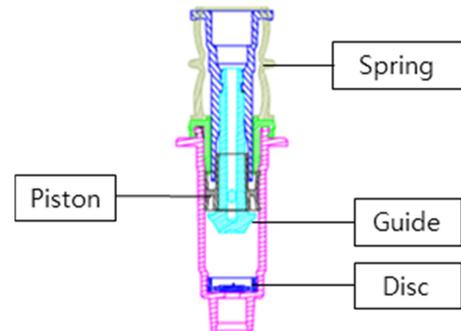


Fig. 3. Structure of 0.2 ml/ high-performacne pump using mono-material parts.

조립체로 구성되어 있으며, Fig. 3에 나타내었다.

기존 펌프 제품에서 소재가 다른 4개의 부품(스프링, 가이드, 피스톤 및 디스크)을 폴리프로필렌(PP) 계열로 변경하여 재활용 용이성을 확보하고자 하였다. 우선 화장품 펌프의 분리배출 재활용 저해 요소인 금속 스프링(Spring)은 소재의 경도별 복원력 측정 및 두께 조절을 통해 탄성 복원력이 구비된 소재를 적용하였다.

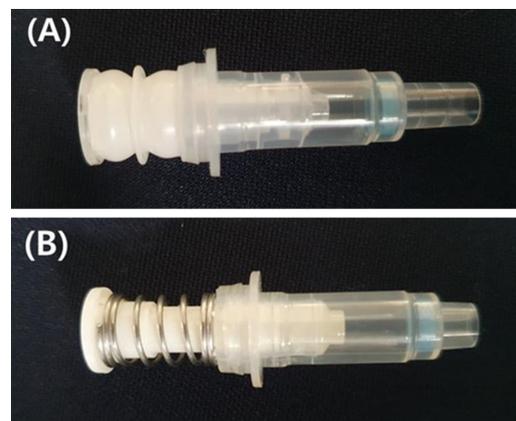


Fig. 4. 0.2 ml/ pump for cosmetics : (A) mono-material pump; (B) existing product.

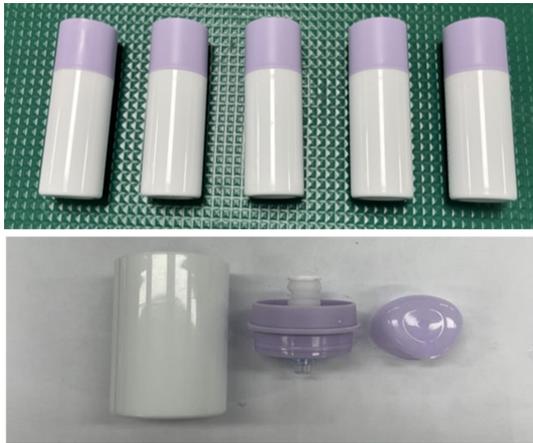


Fig. 5. Cosmetic containers using 0.2 ml pump for performance test.

가이드(Guide)의 경우 기존 폴리아세탈(POM) 소재 대비 취약한 윤활성을 보완하기 위해 가이드와 피스톤 간의 마찰 거리를 최소화하였으며, 피스톤(Piston)은 기존 폴리에틸렌(PE) 소재 대비 하우징(Housing)과 마찰력이 과다하여 펌프의 미복귀 현상으로 차기 토출 시 토출량이 부족하고 노즐부로 누액되는 문제가 발생하여 하우징과 측벽 마찰부 면적 축소 및 마찰로 인한 변형을 줄이고자 내열성 소재를 적용하였다. 디스크(Disc)는 연질 소재로 성형성을 확보하고 체크밸브(Check valve)의 기능을 원활히 구현할 수 있도록 금형을 수정하여 최적 두께를 확보하였다. 이러한 펌프의 성능을 평가하기 위하여 단일소재 0.2 ml 펌프가 부착된 화장품 용기 5개를 준비하였다.

2. 실험방법

2.1. 감압누설

액상의 내용물을 담은 펌프 용기의 밀폐성을 확인하기 위해 대한화장품협회(Korea Cosmetic Association, KCA) 화장품 용기 시험 중 감압누설 시험방법⁶⁾에 따라 진공 오븐(~0.1 MPa, HISCO, Korea)에서 실험을 수행하였으며, 압력 변화에 따른 감압시험 전후의 화장품 용기 및 펌프의 외관을 확인하여 균열 및 액의 누설 여부를 비교 확인하였다.

2.2. 누름강도

펌프 용기의 화장품을 펌핑 시 펌프버튼의 누름 강도를 측정하기 위해 대한화장품협회 화장품 용기 시험 중 펌프 누름강도 시험방법⁷⁾에 따라 압축시험기(Gauge&Acuator, SHIMPO, Japan)를 사용하여 펌프가 완전히 압축될 때의 강도를 측정하고 그 값을 비교하였다.

2.3. 토출량

토출량은 1회 펌핑 시 펌프 노즐을 통해 나오는 내용물의 양으로 단일소재 0.2 ml 펌프 개발품의 토출량을 확인하

기 위하여 초기 10회 토출량 값을 측정하고, 250회 토출 후 10회 토출량을 측정한 후 수요처 및 기존 0.2 ml 펌프 제품의 자체 품질 기준에 만족하는지 그 값을 비교하였다.

2.4. 초기 공타

펌프 용기의 화장품을 펌핑 시 내용물이 나오지 않는 것을 공타라 하며, 단일소재 0.2 ml 펌프 개발품의 초기 공타(최초로 내용물이 토출되기까지 공타 횟수)를 측정하여 수요처 및 기존 펌프 제품의 자체 품질 기준에 만족하는지 그 값을 비교하였다.

결과 및 고찰

대한화장품협회 단체표준에서는 펌프의 감압누설 시험 용기 및 펌프에서 균열 및 누설이 발생하지 않아야 하며, 펌프의 누름 강도는 29.4 N 이하를 품질 기준으로 제시하고 있다. 또한 펌프의 토출량 및 초기 공타는 수요처의 품질 기준에 따르는데 토출량은 10회 이상 펌핑하여 내용물이 연속적으로 나오는 시점부터 토출되는 무게를 측정하여 초기 10회 평균 토출량과 250회 토출 후 10회 토출량의 평균값이 설계 표준(0.2g) 대비 편차 $\pm 10\%$ 이내를 만족해야 하며, 초기 공타의 경우 10회 이내를 제시하고 있다. 단일 재질을 적용한 고성능 0.2 ml 펌프의 성능시험 결과 Table 1에 나타난 바와 같이 감압누설 시험은 용기 내부에 내용물을 규정 용량(50 g)만큼 충전한 후 진공 압력(300 mmHg) 조건에서 10분간 유지하였으며, 이후 시료를 꺼내 액의 누설, 용기의 균열 또는 다른 손상 부분을 확인한 결과 이상이 없음을 확인할 수 있었다. 또한 Table 2에 나타난 바와 같이 펌프의 누름강도 테스트 결과도 단체표준 기준치에 만족하는 것을 확인할 수 있다. 그리고, 펌프의 토출량 시험 결과 Table 3 및 4에 나타난 바와 같이 설계 표준 기준 $\pm 10\%$ 이내를 만족하는 것으로 확인할 수 있었다. 초기 공타의 경우 기존 금속 스프링 소재의 펌프가 공타 4~5회 정도로 나타나는데 Table 5에 나타난 바와 같이 단일소재 펌프의 공타는 평균 4회로 기존 제품과 대등한 품질 수준임을 확인할 수 있다.

Table 1. Decompression leak test results of mono-material 0.2 ml pump

Test item	Test condition		Result
	Pressure (mmHg)	Time (min)	
Sample 1	300	10	No leak and crack
Sample 2			No leak and crack
Sample 3			No leak and crack
Sample 4			No leak and crack
Sample 5			No leak and crack

Table 2. Pressing strength test results of mono-material 0.2 m/ pump

Test item	Test result		Average(N)
	Pressing strength		
	kgf	N	
Sample 1	1.53	15.0	15.7
Sample 2	1.51	14.8	
Sample 3	1.62	15.8	
Sample 4	1.79	17.5	
Sample 5	1.57	15.3	

Table 3. Dispensing volume test(#1) results of mono-material 0.2 m/ pump

Test item		Test result		
		Dispensing volume (g, 10 times)	Dispensing volume (g, average)	Deviation(%)
Sample 1	#1	2.157	0.2157	7.9
	#2	2.134	0.2134	6.7
	#3	2.132	0.2132	6.6
Sample 2	#1	2.115	0.2115	5.7
	#2	2.086	0.2086	4.3
	#3	2.156	0.2156	7.8
Sample 3	#1	2.059	0.2059	2.9
	#2	2.152	0.2152	7.6
	#3	2.119	0.2119	6.0
Sample 4	#1	2.047	0.2047	2.3
	#2	2.176	0.2176	8.8
	#3	2.161	0.2161	8.0
Sample 5	#1	2.088	0.2088	4.4
	#2	2.089	0.2089	4.5
	#3	2.053	0.2053	2.7

Table 4. Dispensing volume test results(#2) of mono-material 0.2 m/ pump

Test item	Test condition	Test result		
		Dispensing volume (g, 10 times)	Dispensing volume (g, average)	Deviation (%)
Sample 5	After pumping at 250 times	2.054	0.2054	2.7

Table 5. Number of pumping for initial discharge of mono-material 0.2 m/ pump

Test item	Test result (the number of times)	Average (the number of times)
Sample 1	4	4
Sample 2	4	
Sample 3	4	
Sample 4	4	
Sample 5	4	

따라서, 실험 결과를 통해 본 연구에서 제안한 단일소재 를 이용한 화장품용 0.2 m/ 고성능 펌프의 성능을 확인할 수 있었으며, 향후 화장품 용기뿐만 아니라 세제, 욕실 제 품 등 다양한 생활용품 적용할 수 있을 것으로 기대한다.

요 약

화장품용 펌프는 복합재질의 내부 부품들과 복잡한 구조 로 인하여 소비자들이 재질별로 분리 배출할 수 없는 구조 를 이루고 있으며, 특히 금속 스프링을 사용하고 있어 재활 용물이 현저히 떨어졌다. 하지만 최근 국내·외에서 환경오 염으로 인한 다양한 규제 및 소비자의 인식 변화로 친환경 적인 제품의 수요도 급격히 증가하고 있으며, 이에 따라 화 장품 업계에서도 재활용률을 높이기 위해 다양한 시도가 진 행되고 있다. 또한 아직 국내·외 플라스틱 화장품 용기의 재활용률이 20% 내외로 낮은 상황에서 친환경 화장품 용 기 세계시장 선점과 국내 포장산업 활성화를 위해서는 기 술적 차별화와 동시에 선진기업 수준의 품질 성능을 갖춘 화장품용 고성능 펌프의 개발이 필요하다. 따라서, 본 연구 에서는 단일재질(PP)로 구성된 0.2 m/ 고성능 펌프를 개발 하였으며, 실험을 통해 감압 시 내용물의 누수와 용기 변형 이 없으며, 누름강도 14.8~17.5N, 토출량 편차 2.3~8.8%, 초기 공타 4회로 기존 금속제 스프링을 사용한 복합소재 펌프와 대등한 수준의 품질 성능을 확인할 수 있었다. 또한, 단일소재를 사용하였기 때문에, 향후 국내·외 친환경 화 장 품 용기 시장 점유율 확대와 함께 플라스틱 재활용률 향상 에 기여할 것으로 기대된다.

감사의 글

본 연구는 산업통상자원부 디자인산업기술개발사업(과제 번호 : 20015474)에 의하여 수행되었음.

참고문헌

1. 자원의 절약과 재활용촉진에 관한 법률 “제9조의3”, 2021, 환경부.
2. 분리배출 표시에 관한 지침 “제2조의3”, 2021. 환경부.
3. 화장품 용기 · 포장재 등급 표시 시행에 따른 산업계 동향 및 이슈, 2020, 한국보건산업진흥원.
4. 녹색연합 보도자료, 2021.02.25., 화장품 업계는 90% 재활용 안되는 예쁜 쓰레기를 책임져라.
5. 연구개발특구진흥재단. 2017. 연구개발특구기술 글로벌 시장 동향 보고서.
6. 단체표준 KCA S TM C2, 감압누설 시험방법, 2005, 대한화 장품협회.
7. 단체표준 KCA S TM C10, 펌프 누름강도 시험방법, 2005, 대한화장품협회.