

Novel Thin Film Coating Technology of PET Bottle by Hot-Wire CVD Device

# PET보틀의 신규 박막성형기술

木下 悟 / 기린홀딩스(주) R&amp;D본부 패키지가이노베이션연구소

## I. 서론

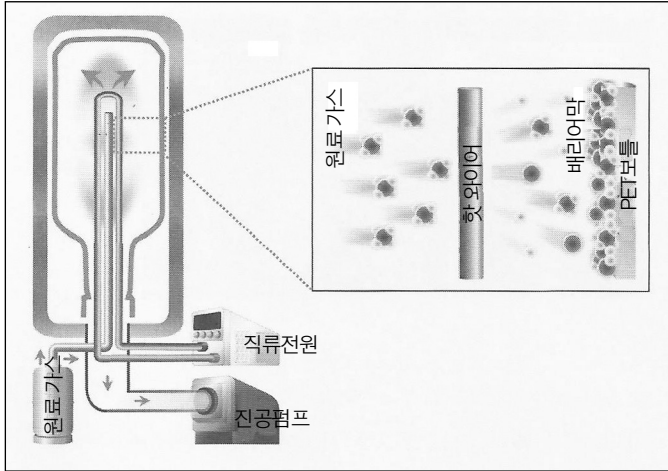
일본의 기린홀딩스주식회사는 2020년 2월에 '기린그룹 환경비전 2050'을 내세우고, '용기포장을 지속가능하게 순환하는 사회'의 실현을 목표로 하고 있다. 고객의 편의성을 고려하면서 자원을 절감하기 위한 기술을 개발·활용해 지속가능한 용기포장의 전개를 추진함과 동시에 사회 과제 해결을 위해 노력하고 있다.

PET보틀은 가볍고, 잘 깨지지 않고, 투명할 뿐만 아니라 형상의 자유도가 높다는 장점이 있다. 그러나 자원 절감을 위해 과도하게 보틀을 경량화하면 가스 투과로 인해 내용물에 영향을 미칠 우려가 있다. 지금까지도 다양한 기술을 투입해 이러한 문제점을 극복하려는 노력이 시도되고 있다. PET보틀에서 이용되고 있는 주요한 가스투과억제기술에는 배리어층을 포함한 다층화, 폴리아미드 등 가스투과성이 낮은 재료의 블렌드, 스캐빈저(scavenger)의 블렌드 등이 있는데, 리사이클적성 관점에서는 박막형성에 의한 가스배리어가 가장 유리하다. 그래서 동사에서는 높은 가스배리어성을 가진 동시에 기존 가스배리어성 박막으로 보이는 정색(着色)이나 중성 영역에서의 배리어성능 과제를 개선하는 것이 가능한 신규 박막형성기술을 개발했다.

## II. 핫 와이어 CVD법의 선정

박막형성방법의 선정을 위해 반도체 업계에서 검토되어온 평판박막형성법의 원리를 조사하고, 입체성형물에 대한 성막이 가능한지, 장치구성이 간소한지, 설비의 초기비용(initial cost)과 유지비용(running cost)이 기존 기술보다도 경제성이 있는지, 음료용기 제조 속도에 대응할만큼 고속화할 수 있는지 등을 지표로 했다. 후보에 든 원리 가운데 가장 유망한 방법은 핫 와이어 CVD법이였다.

[그림 1] 성막장치의 구성 및 성막



PET병들은 크기 및 형상이 매우 다양하게 이용되고 있는데, 핫 와이어 CVD법으로 하면 핫 와이어의 길이를 바꾸거나 배치를 바꾸는 것으로 용이하게 대응할 수 있다는 장점이 있다. 또한 핫 와이어 CVD법은 저렴한 직류전원으로 와이어를 가

열해 원료를 분해하고, 박막성형할 수 있고, 용기 1개당 진공챔버를 설치할 필요가 없는 등 경제성 면에서 유리한 점이 많다. 더욱이 성막 유닛을 간소화할 수 있기 때문에 기존 음료용 성막장치에서 볼 수 있는 레인식 또는 로터리식 장치에 탑재가 가능해 핫 와이어 CVD법을 선정했다. 다음에 성막장치 및 성막방법의 개발을 소개한다.

### III. PET병용 성막장치

반도체용 핫 와이어 CVD장치는 진공챔버 안에 넣은 성막 대상의 평판에 평행이 되도록 핫 와이어를 배치하고, 서로 마주보는 위치에서 원료를 도입해 핫 와이어에 접촉시켜 원료의 분해와 성막을 동시에 하고 있다.

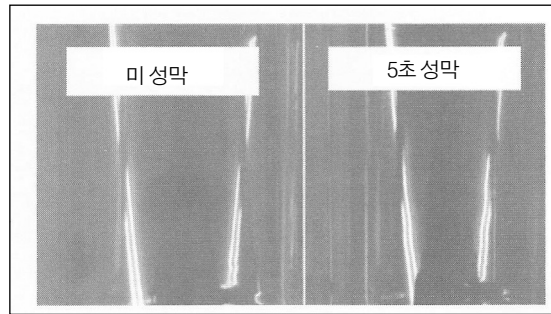
한편 PET병 등 입체성형물의 내면을 성막하기 위해서는 핫 와이어 및 원료 도입관을 병틀 안에 삽입할 수 있는 형상으로 배치할 필요가 있기 때문에 [그림 1]에 나타난 배치와 같이 진공펌프, 원료 도입관, 핫 와이어 및 그것을 가열하는 직류전원 등으로 구성된 성막장치를 고안했다.

핫 와이어로 사용하는 금속은 고융점에서 인체에 대한 안전성이 높은 원소여야만 하기 때문에 탄탈(Ta)을 선정했다.

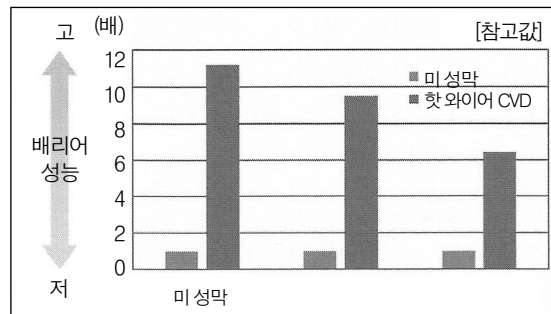
### IV. 성막조건의 검토

무색투명한 박막을 만들기 위해 염소함유화합물을 중심으로 원료를 선정했다. 목표인 높은 가스배리어성, 투명성, pH내성을 만족하는 박막 원료로써 ①반응성이 높은 실레

[그림 2] 미 성막 보틀 및 성막 보틀의 외관



[그림 3] 스베리어 성능의 비교



정 및 pH내성시험을 실시했다.

## V. 박막성능의 분석

XPS에 의한 조성해석을 하니 염소, 산소, 탄소가 검출되었다. 또한 Si2p 스펙트럼에서는 특징적인 Si-Si소 결합의 피크(99.0eV)가 검출되었기 때문에 SiOC 막이 형성되었다는 것을 알게 되었다.

보틀 속 표면의 SEM상에서는 평활한 박막이 형성된 것이 관찰되었다. 또한 성막시간을 5초로 한 경우의 보틀을 분광광도계 및 눈으로 관찰하니 색조는 미 성막에 가깝고, 무색투명하다고 말할 수 있는 정색(呈色)이었다([그림 2]).

또한 [그림 3]에 나타난 것처럼 전형적인 성막조건에서 미 성막의 보틀에 대해 산소 : 10배 이상, 탄산가스 : 8배 이상, 수증기 : 6배 이상의 배리어성능을 가진다는 것을 확인할 수 있었다.

더욱이 각종 배리어성 박막은 강(強) 산성 용기에는 내성이 있다고 알고 있어서 pH6~pH10의 완충액을 사용해 온도 40℃, 습도 50%의 조건 하에서 7일 및 30일간의 보존 처리를 실시했다. 보존기간 종료 후 처리 보틀의 산소투과율과 미 처리 성막보틀

인(silane)이 포함되고, ②폭발성이 낮고, ③활성종이 콤팩트하고, ④미래적으로 원료 합성의 경제성을 기대할 수 있는 것을 고려해 비닐실레인(vinylsilane)을 선정했다.

핫 와이어의 가열온도는 유기 염소계 화합물에 대한 선행사례를 참고해 2,000℃로 했다.


개발한 성막장치를 이용해 진공 챔버 안에서 PET보틀을 설치하고, 약 1Pa로 만든 후 원료인 비닐실레인을 도입하면서 핫 와이어를 가열해 PET보틀 내면에 가스배리어성 박막을 성막했다. 이때 얻어진 박막에 대해 XPS 분석, SEM 관찰, 가스배리어 측

의 산소투과율을 비교했다. 그 결과, 핫 와이어 CVD법으로 가스배리어성 박막을 성막한 병들은 pH6~pH9에서의 보관에서 산소배리어성의 저하는 보이지 않았다. 기존 가스배리어성 박막과 비교해 폭넓은 pH 내성을 가지고 있다는 것을 확인했다.

## VI. 결론

박막성형장치의 구성이 간소하고, 초기비용을 저감할 수 있는 가능성이 높은 핫 와이어 CVD법을 응용해 PET병들에 가스배리어성 박막을 성형하는 시스템을 구축했다. 또한 고온으로 원료를 분해해 박막성형을 할 때에 중요한 요소가 되는 핫 와이어의 재료와 원료의 최적 조합을 발견했다.

이번에 개발한 핫 와이어 CVD법을 이용한 신규 성막기술에 의해 기존 PET병용 가스배리어성 박막에서는 실현할 수 없었던 중성영역의 수용액에 대한 안정성, 미 성막품에 가까운 투명성, 실용적인 가스배리어성을 겸비한 고성능 PET병들을 제공할 수 있게 되었다.

향후에는 음료용 용기는 물론, 조미료 및 식품이나 화장품의 용기, 나아가 세포배양용 포장재 등 헬스사이언스영역에서도 활용할 수 있을 것으로 보고 그 가능성에 대해 더욱 검토해나갈 예정이다. 



**(사)한국포장협회**  
**회원가입 안내**



**(사)한국포장협회**

TEL. (02)2026-8655

E-mail : kopac@chollian.net