

폴리에스터 필름의 포장재 활용

김 영 철 · 박 충 규

1. 서 론

포장은 우리 사회·경제·문화·생활에 깊이 관여되어 있어, 그 역할 또한 중요하게 되고 있다. 그러나 최근 환경보호라는 측면에서 ISO14000, LCA, 용기 포장 리사이클법, PL법 등이 등장하면서 포장분야에서 일찍이 볼 수 없었던 격변의 시대를 맞이하게 되었다. 이는 포장이라는 분야가 우리 사회에 불가피한 요소로 되고 있는 것을 의미함과 동시에 21세기에 걸쳐 무엇보다도 중요한 역할을 담당할 것이라는 것을 암시하는 것이라 할 수 있다.

포장은 태고부터 식량을 보존하여 미래를 준비하는데서 발달한 기술로 고대부터 인류와 밀접한 관계를 유지해온 것이 사실이다. 근대에 있어 포장의 발전은 18세기의 산업혁명 이후라 볼 수 있고, 이는 대량생산, 대량판매, 대량소비의 시대가 출현함에 따라, 대량유통이란 목적을 달성하기 위해 이루어져 왔다. 19세기 말까지는 포장은 단지 보호를 목적으로 한 수송포장이 주를 이루었으며 20세기 들어 판매 촉진기능이 덧붙여지고 점차 새로운 기능들이 추가되기 시작하였다.

마찬가지로 포장재료도 포장과 밀접하게 관계를 유지하면서 사회의 변천에 대응하여 발달하여 왔다. 특히 포장 폐기물 처리에 따른 포장재료의 의식변화와 식품에 대한 위생의식의 향상이 포장재료의 품질 개선에 크게 기여하게 되었던 것이다. 시대배경의 변화에 따라 삶의 스타일이 변화하는 데에 대해 사

용하는 포장재료도, 사회의 요구에 따라 기능성을 부가한 개량재료로 개발되고 있다.

이러한 포장재료의 변화는 향후에도 사회환경의 변화와 생산자 및 소비자 요구의 다양화로 이루어지게 될 것이며 지금까지 포장재료의 부가 가치를 높이기 위하여 종래부터 열역학적 제어, 기계적 제어(연신, 압연, 성형, 절삭, 분쇄 등), 화학적 제어(인쇄, 접착, 도포막, 혼련혼합, 가교, 용해 등) 등에 따라 개질·복합기능을 가미하거나 물리적으로 메탈라이



김영철

1974 인하대학교 교본자공학과(학사)
1976 한국생필품연구원
1979 인하대학교 교본자공학과(석사)
1990 충남대학교 화학공학과(박사)
1991 일본 동경공대(객원 연구원)
1979~ 한국화학연구원 신뢰성평가센터
현재 책임연구원



박충규

1987 인하대학교 행정학과(학사)
1997~ (주)동명 대표이사
현재

Application for Package Material of Polyester Film

한국화학연구원(Young-Chul Kim, Reliability Assessment Center, Korea Research Institute of Chemical Technology, P. O. BOX 107, Yusong, Taejeon 305-600, Korea)

(주)동명(Chung-Gyu Park, Dong Myeong Chemical Co. Ltd, Gwang Ju-Eup, Gwang Ju-Gun, Gyeong Gi-Do 464-800, Korea)

징, 스퍼터링, 이온플레이팅하는 기술들이 일반화되어 왔다. 특히 여러 기술분야에 있어서 경제영역재료로서 발전하고 있다. 앞으로도 새로운 합성고분자·무기고분자의 소재, 새로운 구조조직의 형성에 따라 새로운 기능을 구비한 고분자필름이 시장화되어 갈 것이다. 본 관에서는 용도가 다양화되면서 필름이 가지는 기능도 비약적으로 향상되고 있는 폴리에스터 필름의 고기능화에 대한 방법과 용도를 중심으로 설명하고자 한다.

2. 본 론

폴리에스터는 1941년 영국의 Winfield 및 Dickson에 의해 발명되었으며, 1949년에 영국의 ICI와 1952년에 미국의 DuPont이 합성섬유의 공업화에 성공하였다.¹ 필름의 사업화는 폴리에스터의 대표적인 polyethylene terephthalate(PET)필름이 DuPont사에 의해 Mylar라는 상품명으로 처음으로 공업화된 이래 영국의 ICI를 비롯하여 독일의 Hoechst가 성공하였고 이어서 프랑스의 Rhone Poulenc과 Celanese가 사업화 하였으나 후일 Celanese는 Rhone Poulenc으로 사업을 이전하였다. 일본의 경우에는 1957년 ICI가 Toray와 Teijin에 섬유 관련 기술을 이전하였고, 이를 바탕으로 1959년 Toray가, 이어서 미쯔비시(현 Diafoil)가 필름의 사업화에 성공하였으며, 1970년에는 Teijin도 필름의 사업화에 참여하였다. 우리 경우에는 폴리에스터 관련 기술이 일본을 통하여 도입되어, 69년도에 PET 생산을 시작으로 현재 동양폴리에스터, 선경합섬(SKI), 제일합섬, 삼양사, 코오롱, 고려합섬, 동국화섬, 대한화섬, 동양나이론, 한국합섬 등이 섬유사업화를 하였으며, 필름의 경우에는 1978년 SKC의 사업화를 선두로 하여 1985년에 제일합섬과 코오롱이, 1989년에 동양나이론과 서통이 각각 참여하게 되었다. 폴리에스터 필름은 dimethylterephthalate(DMT) 또는 terephthalic acid(TPA)와 ethylene glycol(EG)를 축중합하여 만든 폴리에스터 수지를 제막 연신 가공한 후 급냉하여 비결정 상태의 sheet를 만들고 이것을 가열하면서 종방향과 횡방향으로 균일하게 연신하여 제조한다. 이후 고온에서 열 수축으로 인한 치수안정성의 저하를 방지하기 위하여 고온에서 장력 하에 열 고정 공정을 통하여 결정화 시킴으로써 범용고분자 필름보다 우수한 폴리에스터

필름을 제조하게 된다. 이와 같은 공정을 거쳐 강인성, 전기절연성, 내한내열성, 치수안정성, 내화학약품성, 투명성, 가스배리어성 등 필름에서 요구하는 품질 특성을 고루 갖추게 된다.

2.1 이축연신 PET 필름

미연신 상태의 폴리에스터 필름은 기계적 성질이 낮기 때문에 대부분의 경우 이축연신된 상태로 사용되고 있다. 이축연신 기술은 동시이축연신법과 축차이축연신법으로 분류되며 동시이축연신법이 축차이축연신 필름보다 연신성이 양호하나 설비가 복잡하거나 제막 공정이 불안정하여 두께 불량이 발생하기 쉽고 평면성이 떨어지기 때문에 고품질을 얻기가 어렵다. 축차연신법에서는 미연신 필름을, 종방향으로는 roll 사이의 속도 차를 이용하여 연신하고 횡방향은 tenter를 사용하여 연신하는데 어느 방향이든 관계없이 먼저 할 수 있다.

일반적으로 필름용으로 사용되는 폴리에스터 수지는 압출기에 공급하기 전에 충분히 건조하여 가수분해되는 것을 방지하여야 한다. 압출기에 공급된 폴리에스터는 280~320 °C로 가열 용융되어 2,000~4,000 poise의 점도를 갖는 용융체가 되는데 거의 newtonian fluid로 보아도 무방하다. 폴리에스터의 유리전이온도(T_g)는 70 °C 전후이며, T_g 이하에서 급속히 냉각하여 미연신 쉬트를 제조한다. 미연신 쉬트는 아직 결정화 과정을 거치지 않아서 기계적 성질이 미흡하기 때문에 이것을 이축연신하여 여러 특성을 개선할 수 있으며 필름제조 기술의 핵심이다. 기본적인 방법은 DuPont와² ICI의³ 특허에 소개되어 있다.

이축연신 PET 필름은 우수한 기계적 강도, 내열성, 표면성 등의 기본 특성을 축으로 하여 다양한 용도로 이용되고 있다.

2.2 PET 중합

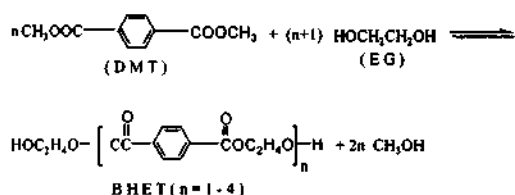
PET의 제조는 앞서 설명한 바와 같이 50여년의 역사로부터 여러 제조 방법들이⁴⁻¹¹ 제시되고 있으며 이중 공업적으로 이용되는 방법은 직접에스테르화 반응(TPA)법과 에스테르교환 반응(DMT)법이다.

국내는 물론, 미국, 일본 등에서 필름용 PET는 DMT법이 주종을 이루고 있으며, TPA법은 주로 섬유 제조시 사용되는 방법이다. Step 1에 두 방법의 합성 scheme을 보여 주었다.

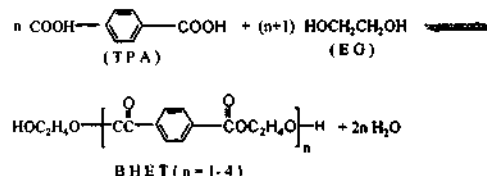
상기 반응식에서 알 수 있듯이 에스테르화 반응은 DMT와 EG 또는 TPA와 EG로 각각 매탄올과 물이 생성되면서 bis-(hydroxyethyl terephthalate)

Step 1. Esterification.

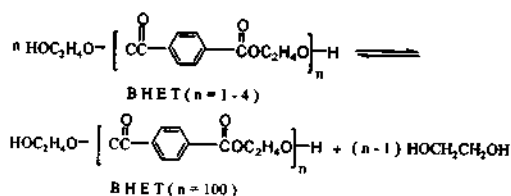
1) Transesterification (DMT법)



2) Direct Esterification (TPA법)



Step 2. Polycondensation.



(BHET)가 생성된다. 이 BHET는 실제 올리고머 상태로 고온 감압 하에 촉매 존재 하에서 중합하여 PET를 제조한다.

2.2.1 에스테르교환 반응(DMT)법

반응의 균일성, 용해시간 절약 및 설비의 효율화를 극대화하기 위하여 DMT를 150℃ 정도로 가열한 용융상태로 EG와 함께 반응기에 투입한다. DMT를 용융시 질소와 같은 불활성가스로 치환시켜 열산화방지 및 수분 가수분해를 방지한다. 에스테르화 반응온도는 160~220℃ 정도로, 생성되는 메탄올의 유출량을 확인함으로써 반응정도를 확인할 수 있다. EG/DMT의 몰 비는 보통 1.1~2.0이며 반응 촉매로는 Mn, Zn, Mg, Pb, Co의 아세테이트 염이 사용되고, 여기서 촉매농도는 DMT 1 mol에 대하여 $1 \sim 2 \times 10^{-4}$ mol이 유효하다.¹² 반응기구는 촉매가 EG를 글리콜옥사이드로 음이온화시켜 이 음이온이 카르보닐에 친핵 공격을 하여 반응이¹³ 일어나며 얻어지는 반응물은 중합도가 1~4인 BHET 올리고머이다.

2.2.2 직접에스테르화 반응(TPA)법

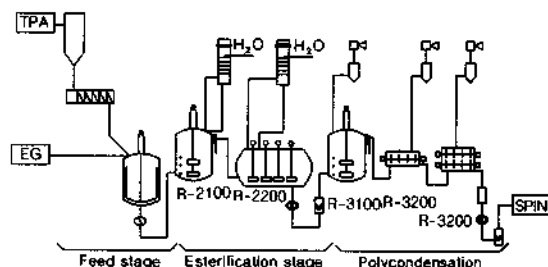


그림 1. PET의 연속축합 공정도.

그림 1과 같이 슬러리 저장조에서 TPA를 EG에 슬러리 분산시켜 에스테르 반응기와 그리고 중축합 반응기를 거쳐 제조된다. EG/TPA 몰 비는 1.05~1.2 범위, 에스테르화 반응온도는 240~260℃, 그리고 상압과 가압(1~2 kg/cm²G)방식이 모두 적용되고 있다. 촉매는 TPA 자체가 산(PKa=3.5 정도)으로 자동촉매 역할을 하여 다른 촉매 없이 반응이 이루어진다. 에스테르화 반응 정도는 EG와 TPA의 반응에 의해 유출되는 유출수의 양으로 반응 중에 확인할 수 있으며 또한 반응이 종결된 후에 올리고머를 채취하여 산가(Av)와 검화가(Sv)를 측정하게 되면 에스테르화율(E)(E(%)=(Av-Sv)/Av×100)을 검증할 수 있다.

현재 생산공정에서 채택하고 있는 에스테르화 반응율은 대부분 95~98% 수준이며 이때 산가는 350~450 eq/10⁶g로 반응시간이 평균 3.0~3.5시간 소요된다.

2.2.3 중축합 반응

중축합 반응은 DMT법과 TPA법에 의해 생성된 BHET 올리고머를 중합촉매 및 안정제 존재 하에 반응온도 285~290℃, 진공도 0.1~0.2 torr로 반응시켜 중합도 100 정도의 중합체(Step 2)를 얻는 반응이다. 반응의 종결시점은 용융점도와 관계되는 교반기에 걸리는 부하(전력값, torque)를 측정함으로써 알 수 있다. 중합 공정이 끝난 후 용융상태에서 장시간 방치하면 열분해 반응이나 가수분해 반응에 의해 중합체의 점도가 저하되기 쉬우므로 반응물은 가능한한 빨리 반응계 외로 배출시켜 물에 냉각하는 것이 유리하다.

2.3 필름 제막법

2.3.1 제막법

수지의 특성을 최대한으로 발휘시키기 위하여 또는 발현시키고자 하는 기능에 대하여 많은 제막기술이 개발되고 있다.

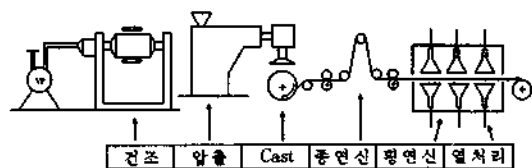


그림 2. PET 필름의 제조.

필름의 제막은 수지를 평면형상으로 성형하는 캐스팅 공정 외에도 캐스팅된 쉬트를 고강도화, 고내열화, 박막화하는 연신/열 고정 공정, 특히 공정 중에 필름에 표면처리(방전처리, 코팅, 라미네이트 등) 공정이 포함되고 있다.

캐스팅 방법에는 수지를 슬리트상 다이로부터 용융압출하여 냉각고화하는 용융 캐스팅법과 수지용액을 금속 벨트 또는 드럼에 흘러 건조하는 용액 캐스팅법이 있다. 연신방법으로는 플랫방식이 대표적이다. 연신 필름 제막법에는 장치 비용이 적은 동시 이축연신법으로 링상의 다이로부터 압출한 용융수지 튜브를 냉각 고화하지 않고 내부를 가압하여 풍선상으로 팽윤시키는 연신 인플레이션법도 있지만 두께 차이가 나기 쉽고 배향 결정화가 일어나지 않는 등 단점이 있어 강인화와 고내열화를 목적으로 한 필름에 적용되는 일이 적다.

수지 배향 결정화 거동의 제어로 일부에서는 플랫 연신을 이용한 동시 이축연신법이 사용되지만 대부분은 속도차이가 있는 가열/냉각 roll 사이에서 종방향 연신한 후에 터널상 오른 내에서 횡방향 연신 및 열 고정(배향 결정화)하는 축차 이축연신법이 사용된다. 그림 2에 장치 개략도를 보여 주었다.

2.3.2 필름특성과 제막법

필름의 기능 발현을 위해 제막법에 수반하는 제막 기술의 문제점을 해결하는 것이 우선이라고 생각되지만 오히려 각종 필름의 기본적인 특성을 이해하여 이에 적합한 제막법을 적용하는 것이 오히려 좋은 방법이 될 수도 있다.

수지의 기본적인 특성으로서는 용융성형이 가능한 열가소성 수지와, 용점이 관측되지 않는 비가소성 수지로 나누고 각각 안정상태로서 결정을 생성하는 결정성 수지와 결정을 생성하지 않는 비결정성 수지로 분류한다.

열가소성 수지의 필름화에는 일반적으로 생산성 면에서 용융 캐스팅법이 사용되지만 고도의 표면 정밀도, 두께 정밀도 등의 균일성의 관점에서는 용액 캐스팅법이 유리하다. 또 결정성 수지는 이축연신으

로 고강도화, 고내열화 할 수 있다. 연신에 따른 분자의 재배열에 의해 고강도화와 더불어 서로 인접한 분자사이에서 결정화되면 결정부분은 수지의 용점은 도까지 상태를 유지하기 때문에 고내열화가 가능하다. 한편, 이축연신하면 내충격성이나 내인열성이라 할 수 있는 인성이 저하되기 쉽고, 결정화도가 통상 40~60%의 범위로 필름자체가 불안정한 긴장상태를 유지하게 된다. 이 비결정부분은 유리전이 온도 이상에서 수축용력을 발생하기 때문에 필름 전체로서는 치수안정성을 나쁘게 하는 경향이 있다.

결정성 수지 필름을 고내열화하는 다른 방법으로는 캐스팅한 비결정성 쉬트를 열결정화하는 방법도 있다. 그러나 이방법은 분자내 결정인 구절을 생성하기 때문에 기계적 강도가 저하하는 문제점이 있다.

연신 조작에 의해 배향결정성이 강하게 나타나는 수지는 종연신한 후에 횡연신하려 해도 종방향의 배향이 고정되어 있기 때문에 찢어짐이 발생하게 됨으로 동시 이축연신이 오히려 적당하다. 즉 압출하려는 방향으로 자발적으로 강한 배향성을 갖는 결정성 수지의 이축연신 필름화가 어려운 것도 동일한 현상이다.

2.3.3 이축연신 효과

PET 필름은 이축연신에 의해 배향·결정화시킴에 따라 엔지니어링 플라스틱 필름으로서 우수한 특성을 발휘한다.

그림 3은 고분자 고차구조의 모델을 표시한 것이다. 연신을 하지 않은 캐스팅 필름은 그림 3(a)에 나타난 비결정상태로 기계적 강도는 약하고 유리전이 온도(67℃)를 넘으면 연화한다. 또한 이 상태에서 열결정화시키도 취성의 필름 밖에 얻을 수 없다. 비결정상태의 필름을 적절한 분자간력을 유지하면서 micro-Brown운동이 가능한 온도·속도 조건에서 이축연신시키면 배향결정화가 일어나 강인하면서도 우수한 기계강도, 치수안정성, 내열성을 갖는 PET 필름으로 된다(그림 3(b)).

2.3.4 연신 방식

이축연신 필름의 제조방법으로는 앞서 설명한 바와 같이 플랫방식과 인플레이션방식이 있으며, 이중 플랫방식에는 동시 이축연신법과 축차 이축연신법이 있다. 이축연신 PET 필름의 일반적 제조법으로는 플랫방식의 축차 이축연신법이라 할 수 있다.

그림 2에 PET 필름의 이축연신 공정의 모식도를 보여준 바와 같이 감압건조에 의해 수분을 제거시킨 PET는 압출기에서 용융되고, 고정밀여과기를 거쳐

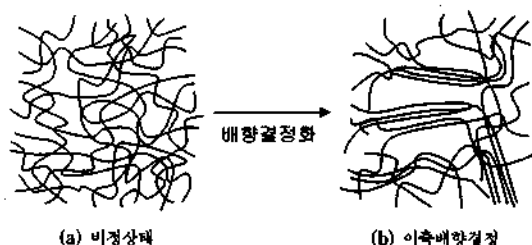


그림 3. 이축연신 고분자 구조.

이물질 제거 후 다이를 지나 쉬트상으로 압출된다. 이 용융 PET는 냉각 회전 드럼에서 냉각고화된 미연신 필름으로 되고 속도 차가 다른 roll을 거쳐 종방향으로 연신된다. 일축연신된 필름의 양단부를 클립에 물려 횡방향으로 연신하고, 다음에 열처리 공정을 거친 후 권취하여 PET 필름을 만든다. 이러한 이축연신법의 기본골격은 1952년에 출원된 DuPont의 특허에¹⁴ 기인한 것이지만 지금도 원료를 포함해 제법에 새로운 사고를 도입함으로써 PET 필름에 품질향상을 이룩하고 있다.

2.3.5 제막기술의 개발방향

종방향의 기계적 강도가 요구되는 용도에서는 횡연신배율에 비하여 종연신배율을 대폭 높이거나, 이축연신후 재 종연신을 행하여 강력화하는 방법이 이용되고 있으며, 또 강력화 필름으로 문제되고 있는 열수축율을 개선하기 위하여 재 열처리를 하고 있다. 또한 많은 응용분야에서 필름의 박막화는 이중고분자에 적층하여 이축연신가공하고 후에 박리시킴에 따라 박막필름의 제조가 가능하지만 이물질 제거나 기계정밀도의 진보가 없이는 이루어지기 어렵다.

생산성 향상은 광폭화와 더불어 권취 속도의 증대를 요구하며 이는 캐스팅 속도와 종연신배율의 향상으로 가능할 수 있다. 캐스팅 속도를 향상시키기 위한 방법으로는 고분자의 개질로 정전밀착성을 향상시키고 캐스팅 장치의 개량을 필요로 한다.¹⁵ 종연신배율을 올리면 필름의 물성 저하로 이어지기 때문에 이를 방지하기 위하여 연신해도 배향이 일어나지 않는 스파트로¹⁶ 현상을 이용하여 고배율 종연신을 하고 있다.

2.4 포장재로서 PET필름의 특성

PET필름의 특성중 중요사항을 열거하면 다음과 같다.

① 역학적 성질

PET 필름은 범용 플라스틱 필름 중에서 가장 큰 인장강도를 갖는다.

표 1. 기능성 포장재의 실례

고 방습성·고산소 배리어성 포장재	인열용이성 포장재
내약품 스트레스 크랙용 포장재	신선도 유지 포장재
냄새흡수용 포장재	전자렌지·오븐용 포장재
표지 부착용 포장재	내열 연성 포장재
대전방지용 포장재	반도전성 포장재
이슬 맺힘 방지용 포장재	항균성 포장재
방출속도 조절 막	무균 포장재
미세 다공성 필름	발열 포장재
가스 살균 포장재	방사선 살균포장재
수용성 포장재	

② 전기적 성질

절연파괴 전압이나 체적고유 저항 등 전기절연성이 우수하다.

③ 광학적 성질

가시광선 영역에서는 투명성이 우수하고, 파장 약 300 μm 이하의 자외선은 차단한다. 내후성은 구조의 최적화나 자외선 흡수제의 첨가에 의해 야외 폭로수명 10년 이상이 가능하다.

④ 가스투과성

투습성, 산소투과성은 비교적 작고, 양호한 가스투과성을 갖고 있다.

⑤ 화학적 성질

내약품성은 강알칼리를 제외하고 양호하다.

⑥ 열적 성질

내열성은 엔지니어링 플라스틱에 비하여 약하지만 연속사용온도가 100~130 $^{\circ}\text{C}$ 로 우수하다.

2.5 PET 필름의 고기능화

고분자 필름의 기능성을 이룩하는 요소는 표 1의 각 제품의 기능으로부터 이해할 수 있는 것처럼, 고강도·강인성, 산소투과·수증기투과에 대한 고도의 가스배리어성, 저분자 유기화합물의 비확산성·비흡착성, 높은 표면장력, 고융점·내열성, 낮은 표면고유저항 등, 각 재료가 갖는 기본적 특성으로부터 분자배향의 이방성 부여, 필름구조 내의 미세다공 형성, 제2성분의 첨가·혼합·복합화, 금형 디자인에 의한 형상형성 등의 가공기술사의 부가요소 등에 이르기까지 다양하다.

그림 4에 필름의 고기능화에 대한 접근 방법을 표시하였다. 이들은 각 요소기술의 혁신, 개량 혹은 조합에 의해 각종 고기능 필름이 개발되고 있다.

이외에 기능 부가는 제막후의 후가공 공정인 코팅, 라미네이트, 메탈라이즈, 성형 등에 의해 이루어지고 있다.

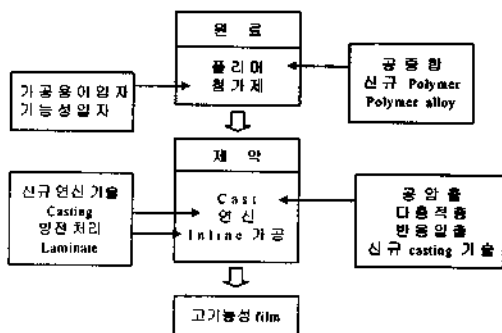


그림 4. PET 필름의 고기능화.

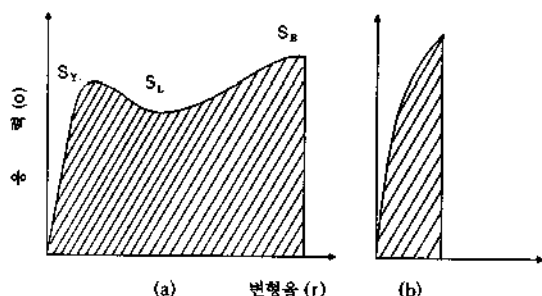


그림 5. 플라스틱재료의 응력·변형률 곡선.

2.5.1 강도·강인성

플라스틱재료의 응력-변형 곡선은 일반적으로 그림 5(a)에서 처럼 탄성한계, 소성변형, 파단강도(극한강도)를 나타내고 연신에 따른 배향결정화는 연신 방향에 따라서 탄성한계를 크게 하여 그림 5(b)와 같은 성질을 조장한다. 특히 연신 방향을 임의로 선정하는 것에 따라 임의로 고탄성율의 이방성을 얻는 것이 가능하다. 동시이축연신(나일론 6 필름)이나 용기의 3차원 블로우-연신(PET 용기)에 있어서는 면내 이방성이 작은 탄성율의 제품을 얻는다.

최근, 블로우-성형튜브의 직경방향의 변형을 동반하지 않는 일축연신튜브도 개발되고 있으며 이들을 각각 배향축축이 서로 다른 $+45^\circ$ 와 -45° 로 X자상으로 복합시켜 어느 방향에서도 인열이 일어나지 않는 필름을 만들고 있다.

2.5.2 가스배리어성

플라스틱 포장재료로의 사용량은 PE, PP 등의 폴리올레핀, 폴리스티렌(PS)이 많지만, 리사이클 문제로 PS의 사용량이 감소하고 있는 반면에 PET는 병류 포장재료로 급증하고 있다. 이러한 PET 필름은 포장재로서 가스배리어성을 향상시키기 위하여 PET 필름을 기재로 하고 PVDC를 코팅하여 이용

하고 있다.¹⁷⁻¹⁹

그러나 가스배리어 코팅재료로 주로 이용되어 오던 PVDC는 환경문제를 유발시켜 다른 재료로 대체되고 있는 실정이다. 대체재료로는 현재 실리카(SiO_x) 코팅필름이 상품화되고 있다. SiO_x 를 코팅하는 일반적인 방법은, 물리증착(PVD)의 진공증착법으로 후레이크상의 일산화규소(SiO)를 저화열이나 전자선(EB) 조사에 의해 가열 승화시켜 기재인 PET 필름상의 $\text{SiO}_{1.5-1.7}$ 의 형태로 500~1000 Å 증착시킨다. SiO_x PVD법에 의한 코팅필름의 산소투과도는 약 $2 \text{ cc/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ 이고, 수증기투과도는 $2 \sim 3 \text{ g/m}^2 \cdot 24 \text{ h}$ 이다. PVD법의 단점으로는 후레이크상의 일산화규소를 연속공급하는 것과 증착 라인속도를 상승하는 것이다. 또 드라이 라미네이션에 따른 다층화에는 가스배리어 성능이 떨어지지 않지만 대량생산시 압출에서는 고온의 수지가 접촉하기 때문에 증착층에 크랙이 발생해 가스배리어성이 저하하는 경향이 있다.

SiO_x 를 코팅하는 방법으로는 PVD법 이외에 화학증착(CVD)법이 있다. 이 방법은 액체 핵사메틸디실록산(HMDS) 등의 유기실리콘 화합물, 또는 기체 실란(SiH_4)을 원료로 하여 캐리어 가스인 배리어와 산화가스인 산소를 혼합, 진공 챔버내에 도입하고 고주파나 전자파로 Si를 플라즈마화한 후 산소에 의해 산화를 거쳐 PET 기재 상에 SiO_2 를 피막하는 것이다.

표 2에 회사별 코팅 필름의 제조 공정을 보여주었다. CVD법에 따른 SiO_x 코팅 층은, PVD법에 비해 고밀하고 배리어성이 양호하며 크랙발생이 적다는 평가결과가 얻어지고 있다. 특히 산소나 수증기에 대한 배리어성을 더욱 향상시키는 시도도 이루어지고 있다. 하나의 방법으로 이층 증착법이다.²⁰ 이 방법은 HMDS 등의 유기실리콘 화합물을 저온 플라즈마법으로 플라즈마화하여, 우선 플라스틱 기재 상에 유기실리콘 화합물 중합체의 피막을 형성하고 다음에 이 피막상에 SiO_2 피막을 형성하는 것이다. 이 이층증착법에 의해 얻어진 증착필름의 가스배리어성은 SiO_2 단층의 것에 비해 약 3배 이상의 결과가 얻어진다. 이러한 결과는 원자간력현미경(AFM)의 표면관찰에 의하면 1단계 코팅 플라즈마 처리에 의해 표면이 평활하게 되어 배리어성이 높아지는 것으로 판단된다.²¹

이와 같이 SiO_x 코팅필름의 고성능화, 증착속도의 고속화는 다양하게 전개되고 있다. 그러나 현실은

표 2. SiO_x 코팅 필름 제조 Process

Process		원료	상품명	회사명
PVD	저항가열	SiO	GT필름	동양인크(일본)
		SiO	GT필름	삼화폴리테크(일본)
		SiO	Tecbarrier	동양메타라이징(일본)
		Al	1011	Flex Product(미국)
		SiO ₂	TRANS PACK	4P(Van Leer)(독일)
		SiO	SILAMINATE	Galileo(이태리)
		SiO	DOB	ULVAC(일본)
		SiO	-	-
	EB가열	SiO	MOS	미지공업(일본)
		SiO	CERAMIS	Aluswiss
		SiO	-	Leybold(독일)
CVD	저온 플라즈마 전자파	유기구조 화합물	QLF	Airco Coating(미국)
		유기구조 화합물	SUPERBARRIER	PC Materials(미국)
		실란	-	ECD(미국)
		실란	-	ECD(미국)

산화규소 박막이 진동·굴곡 등 외부응력에 안내하지 못하여 균열·파괴가 일어나고, 재료로서의 안정성에 난점이 있어 배리어성에 고도의 신뢰성을 요구하는 용도에는 적용하기가 곤란하다.

무기산화물 코팅필름으로는 SiO_x 코팅필름 이외에도 산화알루미늄 증착필름이 있으며 이 필름은 PVD법으로 얻는데, 가스배리어성은 CVD법의 SiO_x 코팅필름과 거의 같은 것으로 알려졌다. 이외에도 영국의 Camvac사가 산화알루미늄을 PVD법으로 증발시켜, 플라즈마 CVD법으로 PET 필름에 코팅하는 기술을 개발하였고, 독일의 Laybold사에서도 EB와 마이크로웨이브를 병용한 PVD-CVD 병용 산화알루미늄 증착기를 개발하였다.²²

2.5.3 전도성·대전방지성

플라스틱 필름은 일반적으로 절연성이지만 전도성을 부여하는 개발이 이루어지고 있다. 종래에는 플라스틱소재에 전도성 충전제를 혼합·분산시켜 기능을 발휘시켰지만, 최근에는 소재 자체가 전도성을 갖거나 화학적으로 개질하여 전도성을 발휘시키고 있다. 폴리에틸렌은 σ결합만으로 되어 있어 전자는 공유결합을 형성하는데 기여하기 때문에 전자의 이동이 일어나지 않는다. 또한 PET 처럼 분자쇄의 일부에 π-결합이 편재화되어 있는 경우도 전자의 이동이 없어 절연성만 발휘된다. 이에 비해 폴리아세틸렌은 π-공액계가 분자쇄 전체에 걸쳐 있어 π-전자의 자유이동이 커지기 때문에 전도성을 발휘한다.

따라서 플라스틱 절연필름의 표면에 CVD법 등으로 전도성고분자를 박막화하여 대전특성을 제어하도록 하는 개발도 이루어지고 있다. 현재 가장 신뢰할 수 있는 대전방지 기술로는 알루미늄, 니켈, 크롬 등의 금속증착을 들 수 있으며 투명·반투명인 포장재료로 채용되고 있다.

2.5.4 광학기능성

금속계 재료는 활발한 자유전자를 갖고 있기 때문에 전자파가 입사하면 일부는 입사시키지만, 대부분은 반사시킨다. 마이크로파의 침입 시에도 금속 층이 박막이면 입사 흡수된 전자파는 발열하고, 투과한 전자파는 내부식품에 작용하여 발열 가열작용을 한다. 그러나 플라스틱재료는 구조에 자유전자를 갖고 있지 않아 반사·흡수가 없어 투과시킨다. 단지 광의 경우 재료 내부에 광 파장에 감응하는 만큼의 밀도의 불균일이 있으면 광은 요변·산란이 일어나게 되고 플라스틱재료에 이중결합이 존재하면 자외선영역에, 수산기나 아미노기가 존재하면 적외선영역의 파장에서 광명 흡수가 일어난다.

고분자 열로이는 2종 이상의 고분자 블렌드, 혹은 블록 공중합체를 지칭하며 실용 예가 극히 많다. 물론 실용화되고 있는 재료의 대부분이 내충격 강도의 개선, 스트레스크랙의 방지, 경제성의 목적이 있다고 해도 과언이 아닐 정도이다. 이와 같이 다성분체의 경우는, 필름층 내에 밀도의 불균일성, 결정상태의 불균일성에 따른 광의 요변, 흡수·산란이 일어나고, 투명감이 떨어지는 재료로 되는 일이 많다. 광학적 성질을 요구하는 입장으로서는 고분자 열로이화에 분자적 상용성, 균일 조직 구조화를 형성시키는 제조 공학적 배려가 필요하다. 최근에는 다층구조로서 각종 기능을 분산시켜, 강도적 요구성능, 경제적 요구, 광학적 요구성능을 포함하는 복합구조 집성체로 이루어지는 기능성 포장재료가 대부분을 이루고 있다. 한편, 완전히 광 요변이 없이 완전히 3차원적으로 불규칙한 분자배향을 갖는 비결정성·등방성의 필름도 액정표시 분야에서(액정관련 포장재료로서) 계속 중요한 위치를 차지하고 있다.

2.5.5 산소흡수성 포장재

가스배리어성을 갖는 포장재료를 기본으로 하여 철계 탈산소제를 혼합한 포장재가 파자, 떡, 가공식품, 조미·기호품, 생선식품 등에 광범위하게 적용되고 있다(그림 6). 그렇지만 식료품이나 레토르트 식품 등에 적용은 곤란하다. 반면에 용기 자체가 탈산소기능을 갖는 기능성 용기가 개발되고 있다. 최초



그림 6. 환원철 혼입 탈산소기능 용기.

로 개발된 것이 유기금속착체를 이용한²³ 것이고, 이후 산소흡수성 캄라이너이다.²⁴ 또한 PET(95~99%), MXD6 나일론(1~5%), 나프텐산 코발트(50~200 ppm)의 혼합 재를 음료용 PET로서 검토하고 양호한 결과도 얻고 있다.²⁴ 또 Sn의 환원작용을 응용해 산소를 흡수하는 재료도 개발되고 있다.^{25,26}

용기 전체가 플라스틱인 레토르트용으로 사용 가능한 환원제로는 옥시가드가 있다.^{27,28} 옥시가드는 특수한 환원 철과 열가소성 수지로 제조되어 있고 이를 사용한 포장용기는 산소배리어성에 탈산소기능이 추가되어 용기내의 산소농도를 비상하게 낮은 수준으로 유지할 수 있어 산소에 의한 식품의 산화노화를 방지하는 기능과, 호기성 균의 증식을 억제하는 기능을 갖고 있다.²⁹ 그림 7에 옥시가드를 이용함으로써 용기내의 산소 농도를 변화시켜 장기간에 걸쳐 저산소 상태를 유지하고 있는 결과를 보여 주었다.

2.5.6 PET, PEN계 Bottle

PET 단충 병은 음료수, 조미료, 세제, 식용유, 화장품, 술 등의 용도에 이용되며 이중 음료수의 이용이 가장 많고, 환경관련 리사이클 문제에도 불구하고 사용량이 급증하고 있는 실정이다.

PET 단충 병은 와인이나 맥주 등 산소의 영향을 받기 쉬운 내용물의 용기로는 가스배리어성이 충분하지 않다. 따라서 가스배리어성 PET 병으로는 PVDC 코팅병과 다층 병들이 실용화되고 있으며 대표적인 다층 병으로는 와인 병으로 이용되는 PET/MXD6 나일론 계 5층 병이 있다. 또 미국에서는 캐참용 병이 공압사출 블로우 성형으로 제조되는 PET/EVOH/PET/EVOH/PET의 5층 병이 사용되고 있다. 이병은 접착제를 사용하고 있지 않기 때문에 PET의 리사이클이 가능하다.

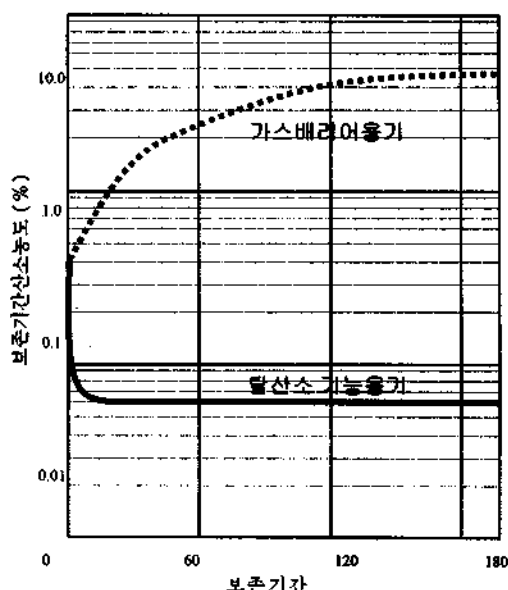


그림 7. 환원철 혼입 탈산소 기능 용기와 일반 가스배리어 용기의 산소 농도변화.

PET계 가스배리어성 병으로 지금까지 설명한 PVDC 코팅 PET 필름과 다층 PET 필름이 실용화되고 있지만 근래에 폴리에틸렌나프탈렌(PEN) 재료가 개발되었다. PEN은 PET에 비해 배리어 특성과 역학적 특성이 우수하고 또 유리전이온도가 높아 내열성에도 우수하며 내가수 분해성도 양호하다.³⁰ 그림 8에 PET/PEN 블렌드계 이축연신 블로성형병의 산소투과율을 보여주었다.³¹ 특히 PEN의 블렌드에 따라 배리어 특성이 개량되고 내열성의 개량도 가능하다. 현재 Skillpack사에서 시판되고 있다.³²

2.5.7 PET 라미네이트재의 확대

금속재료가 복합 사용된 포장재료로 알루미늄박과 라미네이트된 파우치는 30년 이상이나 사용되고 있으며, 특히 내용물의 보전성, 소지금속과의 밀착성, 가공내식성, 내열성 등 용기로서 우수한 특성을 부여하는 폴리에스테르 수지가, 라미네이트재로서 금속 병에 사용된 것은 약 15년 정도 되었다. 이들의 제조는 PET 필름이 라미네이트된 TFS판을 스트레치 드로우 가공법으로 두께가 감소된 병 모양으로 성형하여 이루어진다. 이를 드라이 성형이라 하고 성형후 도장을 필요로 하지 않기 때문에 배수문제, 배기문제가 없으며 더구나 공간과 인력의 최소화가 가능하고 in-line 관리의 고품질, 고효율의 시스템으로 가공성, 외장성, 강도 향상 등을 동시에 만족할 수 있으며 비용절감도 가능하다.³³

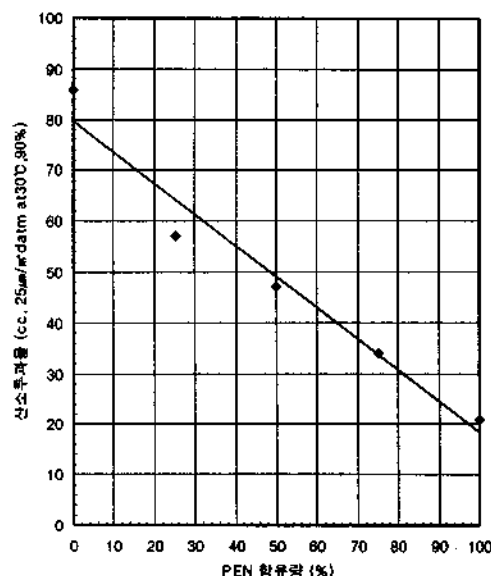


그림 8. PET/PEN 블렌드 이축연신 필름의 산소투과율.

2.6 포장재의 요구특성

① 액체식품의 용기포장

생산량과 적취량이 많은 액체식품의 제조 방법에 사용하는 용기는, 포장에 요구되는 기본적 기능인 내용물의 보호성(용기의 강도·화학적 안정성이 견고하다) 외에, 취급의 편리성, 상품의 어필성을 구비하는 것이 필요하다.

② 어류의 용기포장

어류는 세균성(특히 장염비브리오) 식중독이 많은 식품으로 날 것으로 먹는 것이 원인이 된다. 포장식품이라는 형태로는 문제가 없는 것으로 생각되지만, 어획으로부터 전처리, 유통, 가공에 도달하는 단계까지 사용하는 용기포장은 절대적으로 내용물의 위생적 보호성에 중점을 두지 않으면 안 된다. 이것은 최근 급증하고 있는 수입수산물에 있어서 더욱 필요하다.

③ 식육제품의 용기포장

식육업계에 있어 1996년 최대의 화제는 영국에서 문제로 된 광우병, 일본에서의 병원성 대장균 O-157, 현재 사회의 문제가 되고 있는 구제역의 발생 방지에 포장이 직접 관여할 수 있는 것은 아니지만, 포장재 자체가 오염되어 있지 않으면 후자의 2차 감염 방지에 기여할 수 있을 것이다.

2.6.1 생선식품의 포장

생선식품은 미생물의 발육, 수분의 증발, 지방의 산화 등에 따라 신선도가 떨어져, 이들의 방지책으

로서 포장재에 따라 산소나 빛, 수증기, 냄새 등이 내부로 침입되지 않도록 차단하기도 하고, 또 포장 기술에 따라 진공으로 하기도 하고, 가스를 충전하기도 하고, 혹은 탈산소제나 가스 흡수포제의 사용을 시도하고 있다.

예전에는 생선식품을 산채로 손님 앞에서 처리하여 종이나 플라스틱 필름 등으로 간단하게 포장, 손님에게 건네주었으나 금일에는 양판시스템이 정착하여 파우치포장이나 토레포장이 일반적이다. 슈퍼나 수협에서는, 생선식품의 패키지 작업을 외부 위탁에 의뢰하여 판매량의 상당부분은 포장 가공식품으로 납입받는다. 따라서 생선식품의 신선도 유지에 포장 기술을 효과적으로 활용하기 위해서는, 생물적, 화학적, 물리적 변질을 대상으로 한 온도관리나 위생관리, 포장시스템, 포장재료에 관한 주변기술 등의 총괄적인 기술력이 필요하다.

2.6.2 전자레인지 식품포장

최근 생활환경의 변화로 조리식품, 반조리식품의 요구가 높아가고 있고 이들 식품의 가열에는 종래 오븐 렌지가 주류를 이루고 있었으나 1990년대 중반부터 전자레인지의 보급이 증가하여 냉동식품, 레토르트식품, 칠드식품 및 무균화식품 등의 전자레인지 식품도 증가하고 있다.

2.6.2.1 냉동식품용 포장재료

냉동식품용 포장재료는 일반 포장재의 제물성을 만족시키는 물론, 냉동식품의 독특한 기능이 필요하다(그림 9).³⁴ 또한 형태디자인 및 인쇄디자인의 특성 등 상품성이 요구된다.

폴리에스터 재료는 냉동유연성 포장의 파우치로 이용되고 있다. 포장재료는 PET/PE, PET/VM(알루미늄 진공증착)-PE, NY/PE로 구성되어 있다.

2.6.2.2 레토르트 식품용 포장재료

레토르트 식품은 내용물을 충전하고 밀봉한 후, 레토르트 오븐에 넣어 100~135℃의 온도에서 가열·살균처리를 하기 때문에 포장재료의 요구품질로서는 내열수성, 산소배리어성이 우수해야 한다. 레토르트는 알루미늄박을 가스배리어재료로 이용한 차광성타입과 투명타입이 있다. 알루미늄타입의 포장재 구성재료로 대표적인 것은 PET/Al/NY/PP, PET/Al/PP가 있고 투명타입으로는 PET/NY/PP, PET/EVAc/PP, SiO_x 증착필름 등이 있다.

① SiO_x 증착필름(GL 필름)

산화규소를 기재인 PET 필름 또는 이축연신 나

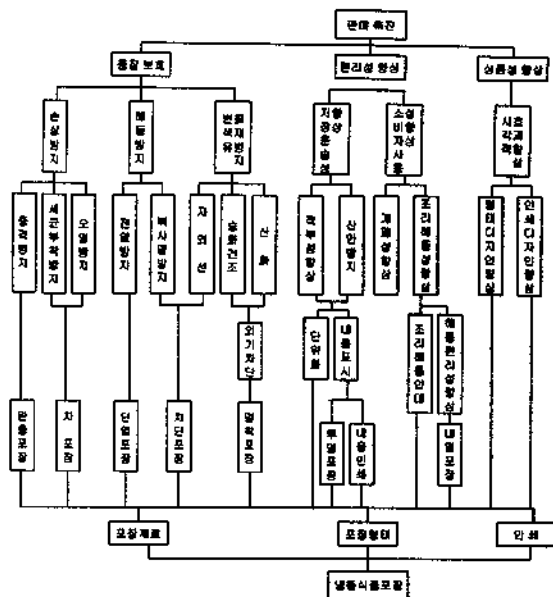


그림 9. 냉동식품포장 기능 계통도.

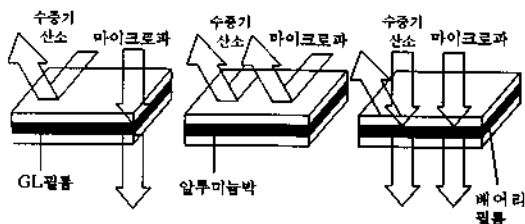


그림 10. GL 필름과 배리어 필름의 구성.

일론 필름에 증착시킨 필름이다. 특징으로는 투명성이 높고, 산소배리어성, 수증기배리어성, 보향성이 높은 필름이다(그림 10). 온도, 습도의 의존성이 낮으며 내열안정성이 높고 레토르트 살균, 전자레인지에서 조리·살균이 가능하다. 연소시 유독가스의 발생이 없고, 잔사도 거의 없어 냉동식품이나 레토르트 식품으로 널리 사용되고 있다.

2.6.3 의약품의 포장

의약품은 전형적인 다품종 소량제품으로 정제, 산제, 액제 등의 제형에 따라서 포장형태도 병, PTP, 튜브 등 다종 다양하다. 의약품에 대한 안전성·유효성, 신뢰성의 요구는 우선 높고 포장에도 고도의 품질을 요구하고 있다.

2.6.4 전자부품의 포장

전자부품에 있어서 정전기 대책의 중요성이 날로 증대하고 있다. 제전 대책으로서 그림 11과 같이 대전방지 포장은 유효하다. 전기기기 및 제어제의 대

부분이 전자부품이 사용되고 있고 IC, LSI 등 정전기 장애를 받기 쉬운 소자의 탑재에 정전기화되어 있다. 따라서 작업현장, 제품보관, 수송, 설치, 제품구성 등 전반적으로 정전기 장애에 대한 배려가 구축되고 있다. IC나 LSI처럼 비교적 저에너지의 정전기 영향을 받는 것부터 전자관이나 부품포장재 등 고에너지의 정전기 대책까지 다양하게 산재되어 있고 특히, 자동화시스템의 노이즈 장애에 따른 오작동의 방지기술은 급일 해결해야 할 중점기술로 되어 있다.

일반적으로 고유저항이 큰 물질의 마찰정전기 전하는 거의 완화되지 않고, 물질 내에서의 이동도 하지 않는다. 따라서 마찰이 반복되면 차체에 대전량이 크게 되고 전하밀도도 $10 \sim 5 \text{ C/m}^2$ 정도로 되면 불꽃방전을 일으키게 된다. 따라서 표면고유저항을 떨어뜨리던가 서서히 방전할 수 있는 어스 조치가 취해져야 한다.

대전방지 포장을 설계하는 경우, 기본 원리로 폐회로, 마찰대전전하의 서방, 정전장 shield를 유지시켜야 한다. 완전하게 결선된 회로(폐회로)에 있어서 어스되어 있지 않는 경우, 전하는 전체로 분산하고 일정한 상태로 안정화하게 된다. 반도체 소자의 수송이나 보관에 카본블랙의 혼입 우레탄 발포체나 금속박 라미네이트 또는 증착 필름이 이용되는 것은 이 원리에 따른 폐회로 구성을 위한 것이다. 마찰대전방지방법으로서 마찰전기제열이 유사한 물질로 구성되거나, 전도성재료의 적용으로 도체에 발생한 정전기를 완화(정전기의 발생을 방지하는 것은 아님)시키거나, 재료의 마찰계수를 작게 하고 마찰 에너지를 낮게 제어하기 위하여 전도성 윤활제(도포형 정전기 방지제)를 이용하여 표면의 활성화를 기본 원리로 하는 방법들이 채용되고 있다.

2.7 기술동향

2.7.1 PET 필름과 고기능 필름

PET는 유일하게 범용 고기능성 필름이라 할 수 있다. 특히 PET 필름은 비용 면에서 우위성을 갖고면서 성능 면에서도 극히 유연하여 다양한 요구에 대응할 수 있다. 따라서 신규 개발 필름은 PET 필름에 없는 특징 및 기능이 요구된다.

PET 수지는 결정성인 열가소성 수지이고 또 적당한 배향 결정성을 갖고 있기 때문에 넓은 범위까지 제막조건을 선택할 수 있고, 생산성이 높은 2차 연신법으로 다양한 특성을 갖는 PET 필름이 개발, 제조되고 있다.

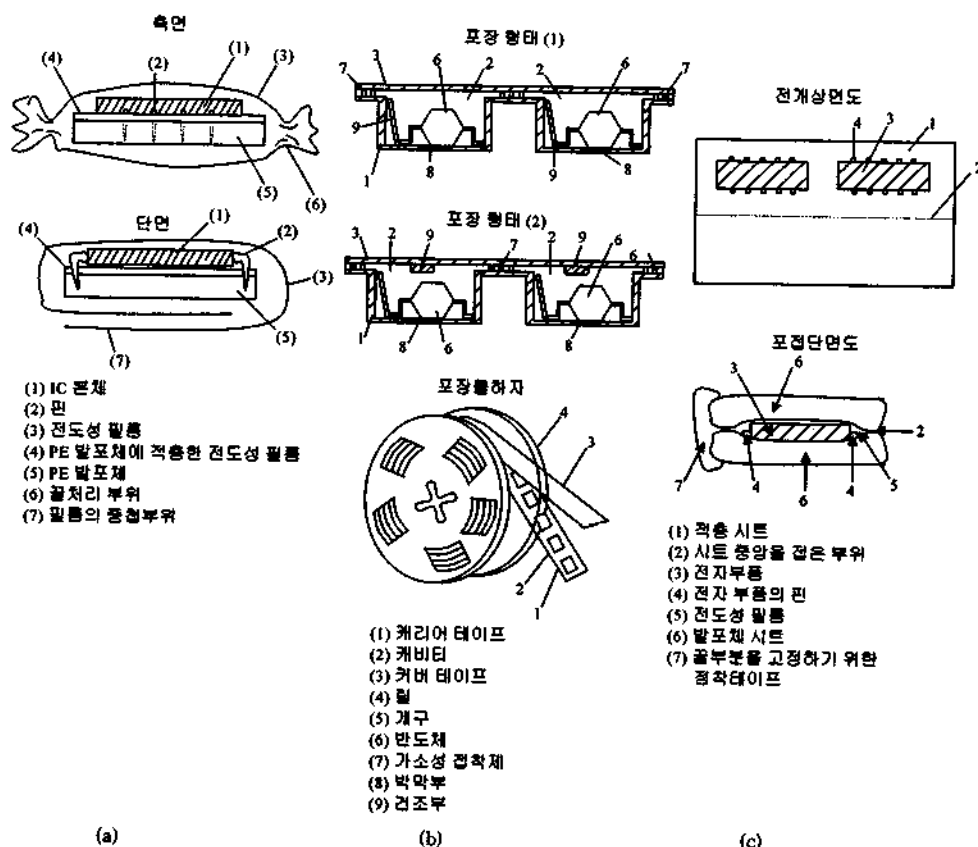


그림 11. (a) IC 소자의 보호 포장재. (b) 반도체 장치의 포장용 부재, (c) 다수핀 전자부품의 완충 포장재.

표 3. PET 필름의 주요 용도

의 료 포장재료	실, 금은사, 내약품사, 의료, 각종 식품포장재료, 약품포장, 공업제품, 부품포장
건 제 그래픽 아트	슬라컨트롤, 유리발산방지, 그린하우스 사진, 영화, 렌트겐 필름, 제판용지, 마스킹·교정용 필름, 트레이싱 필름
전기·전자	콘덴서 유도체, 모터·변압기 절연, FP 기관, 액정디스플레이용 재료
자기 기록 재료	오디오 테이프, 비디오 테이프, 플로피디스크, 정기관
일반 공업재료	잉크리본, OHP 필름, 점착테이프, 이형 필름, 각종 보호필름, 명판, 라벨

표 3에서 처럼 PET 필름은 고기능 필름의 용도에 속하는 전 분야를 망라하여 사용되고 있어, 신규 고기능 필름의 개발은 PET 필름을 통하여 조사하면 빠르게 접근할 수 있을 것이다.

2.7.2 박막 필름

박막 필름은 수지의 특성보다도 제막기술이 중요하다

므로 제막중의 필름 파단의 원인을 철저히 해석, 해결한 결과로 제조가 가능하게 된다. 이는 제조사의 know-how로 정확히 알 수 없지만, PET 필름이 급속히 박막화되고 있고 현재 두께 0.9 μm 까지 상시되고 있다. 그렇지만 필름 두께가 1 μm 부근이 되면 안정한 제막을 얻기 어려우며, 덧붙여 필름의 기계적 강도가 제막 후 증착, 권취 등 가공 공정에 지장을 주게 된다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 지지체 필름 위에 적층한 상태로 제막, 공급해 중간공정에서는 적층 필름 그대로 다루고 최종 단계에서 지지체 필름을 제거한다. 이 지지체 부착 필름은 다층 필름을 제조하는 기술을 응용한 것으로, 그림 12에서 처럼, 박막 필름으로 된 수지 층을 후 박리할 수 있기 때문에, 또 공급출하고 공연신 가능한 수지와 적층해 제막된다. 이 방법은 제막성이 좋은 PET 필름만이 아니고 PPS 필름 등도 박막화가 가능하다. 이러한 박막 필름은 콘덴서 유전체로도 유용하다. 이론적으로는 특히 커다란 내전압을 필요로 하지 않는 한, 박막 두께의 2층에 비해해 콘덴서의 소형화

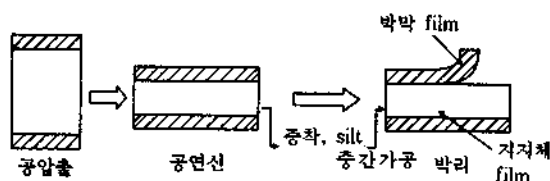


그림 12. 지지체부 박막 필름.

를 달성할 수 있다.

2.7.3 고강력 필름

고강도 고탄성 필름은 강력화 이축연신 PET 필름, 이축연신 PEN 필름, 이축연신 para계 아라미드 필름 등이 개발되고 있고, thermotropic 액정성 수지 필름도 이 방향을 지향하고 있다.

필름의 고강력화 개념은 가능한 한 강직한 분자를 고도로 배향시켜 고정하는 것으로, 이때 필름으로서 필요한 인성을 잃어서는 안 된다. 이로부터 고강력 필름은 결정성수지의 이축연신기술과 제막기술에 따라 강직한 분자를 고도로 배향시켜 고정하는 것으로 PEN 수지가 이에 해당된다.

2.7.4 내환경성(내열성) 필름

내환경성 중에서도 내열성은 가장 중요한 특성이다. 필름의 경우 성형용 수지와 같이 다량의 filler를 충전하여 내열성을 향상시키는 것은 어렵고, 또 제적에 대해 표면적이 크기 때문에 산화·노화의 영향을 받기 쉬워 수지에서의 내열성과 필름의 내열성을 비교할 수는 없다. 내열성 필름으로 여러 필름이 개발되고 있지만, 필름의 특성으로 보면 그림 13과 같이 이축연신 필름(고내열화1)과 미연신 필름(고내열화2)으로 나눌 수 있다(그림 중, PEEK, TPI는 결정성 수지이고 이축연신 필름으로도 개발되고 있지만, PEEK는 부분 열결정화 필름, TPI는 비결정 상태로서도 내열성이 높아 미연신 비결정 필름의 중심이 되고 있다).

내열성 이축연신 필름은, 결정성 수지를 이축연신하여 배향 결정화시킨 것이기 때문에 내열성만이 아니고 PET 필름과 동등 또는 그 이상의 강력화를 동시에 목표로 하고 있다. 이축연신 필름의 단기 내열온도는, 연신, 열 고정 조작에 의해 생성하는 배향결정의 용점에 지배된다. 결정용점은 수지의 용점에 가깝기 때문에 이들 필름의 단기 내열온도는 수지의 용점에 가깝다.

한편 수시간 이상의 장기 내열온도는 불안정한 비결정부분의 열분해, 열변형이 중요한 인자로 되기 때문에 단기 내열온도와 장기 내열온도의 차가 비교

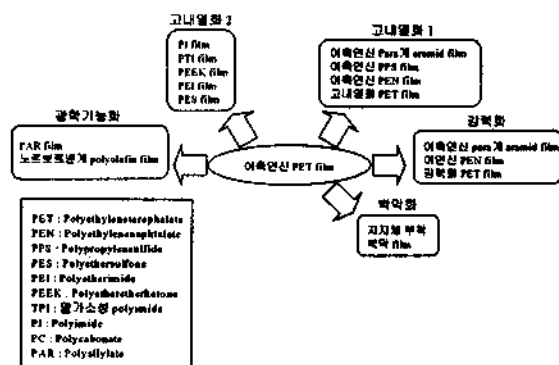


그림 13. PET 필름의 고기능화 기술.

적 크다. 바꾸어 말하면 이축연신 필름은 장기 내열온도보다 단기 내열온도가 높기 때문에 돌발적인 사고에 따른 국부적인 발열에 대해서도 강한 편이다.

이외에 내환경성에 관한 항목으로는 치수안정성, 내약품성, 기계적 강도 등이 중요하다. 일반적으로 기계적 강도는 이축연신 필름이, 치수안정성은 미연신 필름이 양호하고, 내약품성은 비결정성 필름이 용매 침입에 따른 가소화가 일어나기 쉽기 때문에 이축연신 필름이 우수하다. 고내열성 필름은 기기의 소형화, 고신뢰성화가 요구되는 전기전자 용도에서 많이 이용되고 최고의 내열성을 갖는 폴리이미드 필름이 플렉시블 프린트기판으로 널리 사용되고 있다.

2.7.5 광학기능 필름

수지의 성형체로서 투명성이나 광학 등방성 등 광학적 성능에 특징이 있는 필름으로 응용하기 위하여 PET 필름에서도 수지 내부의 이 물질들을 감소시킨 다든지 혹은 공기와의 굴절률 차에 기인한 반사를 중착 가공 등을 통하여 억제하는 방법으로 투명성을 향상시키는 것이 가능하지만, 결정성수지 필름은 생성된 결정에 의해 광산란이 있기 때문에 투명성에는 한계가 있고, 또 이축연신 필름은 분자가 고도로 배향하고 있기 때문에 불균일한 광학 이방성을 갖게 되어 한정된 범위 내에서 이용될 수 밖에 없다.

3. 결 론

이상에서 고기능성 포장용 재료로서의 폴리에스터 필름의 제조기술 및 기능요소를 기술하여 본 결과, 고분자 필름의 용도가 다양화되면서 포장재로 고기능성 필름이 개발되고 필름이 가지는 기능도 비약적

으로 향상되어 왔음을 알 수 있었다.

폴리에스터 수지는 기계적 특성 및 내후성이 우수하기 때문에 지금까지 많은 기술개발과 용도개발이 이루어져 왔으며, 포장재의 용도에 단일 소재로 모든 기능을 만족시킬 수 있는 것이 없기 때문에 앞으로도 폴리에스터 수지를 기재로 한 복합화 개발 연구는 계속해서 이루어질 것이다. 따라서 대부분의 포장재는 기능에 따른 소재의 조합에 의하여 포장재로서 가치를 발휘하고, 더 나아가 고기능화를 꾀할 수 밖에 없을 것이다. 이러한 범주 내에서 포장용 PET 필름도 후가공에 의한 타 소재와의 조합에 의하여 복합구조로부터 우수한 가스배리어성 발현으로 식품포장에 주로 응용되고 있으며 의약품 및 산업용 포장에 이르기까지 매우 다양한 용도로 상용화되고 있다.

일반적으로 기능성 포장재료의 시장은 범용고분자 재료에 비해 극히 소규모이고 때에 따라서는 필름이 갖는 특징, 즉 기능을 명확하게 하기 어려운 일도 있지만, 분명한 것은 새로운 포장재 필름은 경제의 선구적 역할을 할 것이고 또한 포장재료에만 머무는 일이 없이 정보산업까지 전개되어 지속적인 성장을 추구할 것이다. 결국 역학물성, 투과확산제어, 전기적 기능의 추구만이 아니고 전자기능의 추구, 광기능의 추구 등 에너지 변환재료로 향후 기술 개발에 지름길이 될 것이다.

참 고 문 헌

1. J. R. Whinfield, *Nature*, **158**, 930 (1946).
2. DuPont, US Pat. 2,823,421.

3. ICI, JP 34-8338.
4. J. R. Whinfield and J. T. Dickson, Brit. Pat. 578,079 (1946).
5. Celanese, US Pat. 2,551,732 (1951).
6. Wingfoot Corp., US Pat. 2,589,688 (1952).
7. ICI, JP 28-4660 (1953).
8. Brit. Celanese, Brit. Pat. 707,913 (1954).
9. ICI, JP 32-8944 (1956).
10. Brit. Celanese, US Pat. 2,922,779 (1960).
11. ICI, Brit. Pat. 1,387,335 (1975).
12. K. Tomita and H. Ida, *Polymer*, **16**, 185 (1975).
13. R. Mihail et al., *Studii Cercetari Chim.*, **6**, 161 (1958).
14. US Pat. 2,823,421.
15. 村内一夫, *ポリマーダイジスト*, **42**(1), 57 (1990).
16. A. B. Tompson, *J. Polym. Sci.*, **34**, 741 (1959).
17. 村井孝明, 廣田秀, *ジャパンプードサイエンス*, **33**(12), 73 (1994).
18. 吉井鶴二, *コンバーテック*, **20**(5), 33 (1992).
19. 山田宗機, *フードパッケージング*, **33**(9), 98 (1989).
20. 特開平 5-345831, 5-345833 (東洋製).
21. 渡辺英男, *フードパッケージング*, **33**(5), 87 (1989).
22. PPS REPORT, No. 54, p. 3 (Jan. 1995).
23. N. R. Buckenham, *Pack Alimentaire '90*, Proceedings (May 15-17, 1990).
24. *J. Packag. Techn.*, **5**(1), 37 (1991).
25. R. Folland, *Pack Alimentaire '90*, Proceedings (May 15-17, 1990).
26. 小山正泰, *食品工業*, **34**(20), 60 (1991).
27. 小山正泰, 小田泰, 山田宗機, *包装技術*, **27**(9), 92 (1989).
28. M. Koyama and Y. Oda, *Pack Alimentaire '92*, Proceedings (June, 1992).
29. 小山正泰, *ジャパンプードサイエンス*, **34**(10), 70 (1995).
30. J. M. Tibbot, *Future Pack '94*, Proceedings (1994).
31. *Technical Report from Amoco CO.*
32. *Packaging Week*, **10**(9), 1 (1994).
33. *THE CANMAKER*, **8**(Dec.), 31 (1995).
34. “식품포장편람”, p. 1755. 일본포장기술협회.