

# 포장용 플라스틱의 기초이론

이 수 근 / 신성대학 산업포장과 교수

## 1. 개요

### 1-1. 플라스틱의 정의

플라스틱은 고분자 유기물로 보통 최종의 상태는 고체이지만, 열이나 압력 등의 작용으로 유동화되어 자유롭게 성형할 수 있는 재료를 말한다.

그리스어의 Plastikos에서 나온 영어의 Plastic은 원래 '마음대로 형태를 뜰 수 있는', '가소성의' 라는 형용사이지만 명사로도 사용된다. 플라스틱은 합성수지라고도 불리는데 이것은 송진이나 셀락(shellac, 니스의 원료) 등의 천연수지에 대비해서 쓰이는 말이다.

플라스틱의 가장 독특한 특징 중의 하나는 잘 조절된 열과 압력에 의해 녹여 압출 등의 방법으로 성형하여 고체화할 수 있는 것이라 하겠다. 또한 비교적 화학적으로 안정하며 물리적 성질 또한 우수한 편이다.

ISO에서는 플라스틱이란 '폴리머를 주성분으로 하여 최종의 제품을 성형하는 과정의 어딘가에서 유동에 의한 형상이 부여되는 재료, 단 고무는 제외한다' 라고 정의하고 있다. KS 용어(KS A 1006)에서도 플라스틱은 '고분자 물질을 주원료로 하여 인공적으로 유용한 모양으로 만들어진 고체이다. 다만 섬유나 고무, 도료, 접

착제 등은 제외한다. 열가소성과 열경화성으로 구분되며 필름, 시트, 각종의 성형품으로 가공할 수 있다' 라고 정의하고 있다. 또 두께가 250 $\mu$ m 미만의 플라스틱 막 형상을 plastic film, 두께가 250 $\mu$ m 이상인 얇은 판 형상을 plastic sheet로 정의하고 있다.

플라스틱 필름이나 시트를 특징짓는 가장 중요한 특성으로서는 두께 및 인장특성, 밀도, 파열강도, 충격강도, 인열강도, 편축성, 내절도, 열접착성, 미끄러짐성, 블록성, 헤이즈, 광택성, 투광성, 물질 전이성, 화학적 안정성, 수분투과도, 치수안정성, 광학특성 등이 있다. 이러한 특성은 중합체의 다양한 결합형태에 따라 크게 달라진다. 따라서 플라스틱의 성질을 이해하기 위해서는 이러한 중합체의 결합형태에 따른 특성들을 충분히 이해하여야 한다.

### 1-2. 플라스틱의 제조

플라스틱은 단량체(monomer)라고 불리우는 일정한 분자량을 가진 물질의 공유결합으로 형성된 중합체(polymer)이다. 단량체는 상온과 상압 하에서는 주로 가스나 액체 상태이나 제조된 중합체 즉 폴리머는 상온과 상압 하에서 주로 고체 상태이며 단량체와는 달리 분자량 분포를 가

지고 있다. 폴리머는 분자량이 큰 물질을 말하는데 실제로 그것들의 분자량의 크기와 구조에 따라 고분자를 분류하는 것이 편리하다. 따라서 약 1,000~20,000의 분자량을 가진 물질을 저폴리머(low polymer)라고 하고 20,000 이상으로부터 수백만에 해당하는 분자량을 가진 물질을 고폴리머(high polymer)라고 하는데 더 합리적인 정의는 구조적 반복단위(repeating unit)의 수에 기초를 두는 것이다. 왜냐하면 반복단위가 1,000~2,000 보다 크게 되면 폴리머의 성질이 분자량에 무관하기 때문이다.

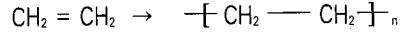
분자량이 작은 저분자화합물과 분자량이 큰 고분자화합물 사이에는 여러가지 성질상의 차이점을 가지는데 분자량이 큰 고분자화합물은 저분자화합물에서 볼 수 없는 여러 가지 화학적 및 물리적, 기계적 성질 등을 가지게 된다. 고분자 물질이 실생활에 사용되는 것은 주로 단단하고 질긴 성질 즉 기계적 성질이 좋은 점이나 탄성체를 이루는 점 또는 쉽게 변형하지 않는 점 등의 특성 때문이다.

플라스틱은 단량체의 종류와 중합 방식에 따라서 첨가중합(addition polymerization)과 축합중합(condensation polymerization)으로 구분할 수 있다.

### 1-2-1. 첨가중합(addition polymerization)

하나의 단위체가 또 다른 단위체에 결합되며 합성되는데 이 때 부산물의 생성은 전혀 없다. 폴리머의 중합은 연쇄반응에 의해 이루어지는데 자유라디칼이라 불리우는 비공유 전자를 가진 것이나 이온계 물질에 의해 진행된다. [그림 1]의 에틸렌의 경우처럼 화학반응에 의해 올레핀의 이중결합이 열리고 두 개의 단위체가 결합하

(그림 1) 폴리에틸렌의 첨가중합



여 이량체인 다이머(dimer)가 된다. 그 후 다른 단위체의 첨가로 삼량체, 사량체 등이 되며 최종적으로 수많은 반복체의 첨가로 폴리에틸렌의 폴리머가 중합된다.

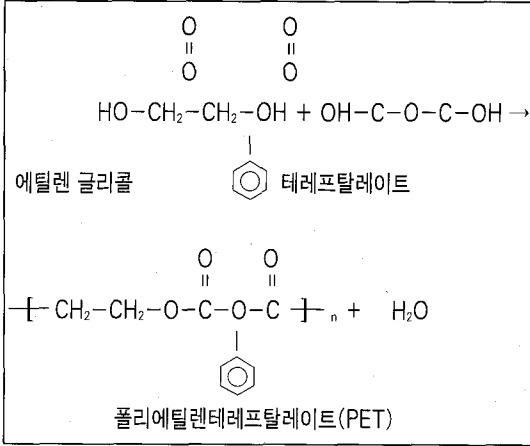
폴리에틸렌의 경우 중합하는 동안 두 종류의 폴리에틸렌이 만들어질 수 있는데 에틸렌이 성장하는 사슬의 끝에만 첨가하는 직선상의 형태와 단위체가 반복적인 장소에 첨가되는 가지상을 만들 수 있다. 이러한 차이점은 구조와 특성 등에도 차이가 나며 물성이나 기계적 성질, 가공법 등에도 차이가 난다. 이러한 예로는 저밀도 폴리에틸렌(LDPE)과 고밀도 폴리에틸렌(HDPE)을 각각 들 수 있다. 첨가중합에 의한 플라스틱으로는 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리염화비닐, 폴리염화비닐리덴, 폴리스티렌 등이 있다.

### 1-2-2. 축합중합(condensation polymerization)

축합중합은 카르복실기(-COOH) 및 히드록실기(-OH), 아미노기(-NH<sub>2</sub>)와 같은 작용기를 가지고 있는 두 개 또는 그 이상의 분자가 물 또는 암모니아와 같은 저분자물을 잃고 서로 반응하여 합성하는 것이다. 축합반응에서 생성되는 물은 증류방법으로 제거할 수 있다.

단위체 작용기 수는 결국 단위체가 반응할 수 있는 경우와 같으며 직선상이나 가지상의 폴리머 중합을 위해서 작용기는 적어도 두개는 되어야 하며 가교(cross link)를 위해서도 작용기는 적어도 두개 이상은 되어야 한다.

(그림 2) 폴리에틸렌테레프탈레이트의 축합중합



축합중합에 의한 플라스틱으로는 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 나일론, 폴리우레탄 등이 있다.

### 1-2-3. 플라스틱의 제조공정

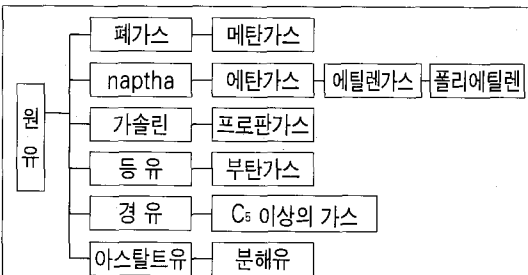
원유를 정제하면 (그림 3)과 같은 성분으로 나누어진다.

이중 나프타를 고온에서 가열 분해시키면 탄화수소로 된 각종 가스 혼합성분이 얻어진다.

이 혼합가스는 압축 및 증류, 냉각, 분리 등의 공정을 거치면서 비중이 높고 탄소수가 적은 가스부터 순서대로 각종 가스의 순수한 성분으로 분리된다.

이렇게 얻어진 고순도의 가스는 여러가지 중합반응에 의해 각각의 합성수지로 된다.

(그림 3) 플라스틱 제조공정도



### 1-3. 열가소성 수지와 열경화성 수지

일반적으로 플라스틱은 그 화학구조에 의해서 다음과 같이 열가소성 플라스틱(thermo plastic)과 열경화성 플라스틱(thermo setting)으로 분류된다.

열가소성 플라스틱이란 가열하면 연화되고 유동성이 되며, 이 사이에는 아무런 화학변화가 일어나지 않지만, 물리적으로 용융 되기 때문에 냉각하면 원래의 상태로 돌아가며 이것을 반복할 수 있는 플라스틱을 말한다. 대부분 포장용으로는 열가소성 플라스틱이 주로 사용되며 종류는 다음과 같다.

- 폴리에틸렌 (polyethylene, PE)
- 폴리프로필렌 (polypropylene, PP)
- 폴리스티렌 (polystyrene, PS)
- ABS (acrylonitrile-butadiene-styrene)
- 합성고무 (synthetic rubber)
- 폴리염화비닐 (polyvinyl chloride, PVC)
- 폴리염화비닐리덴 (polyvinylidene chloride, PVDC)
- 폴리아미드 (polyamide, PA, Nylon)
- 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (polyethylene terephthalate, PET)
- 폴리카보네이트 (polycarbonate, PC)
- 알콜 (polyvinyl alcohol, PVA, PVOH)
- 아이오노머 (ionomer)
- 에틸렌 비닐 아세테이트 (ethylene-vinyl acetate, EVA)
- 에틸렌 비닐 알콜 (ethylene-vinyl alcohol, EVOH)
- 폴리아크릴로나이트릴 (polyacrylonitrile : PAN)

반대로 열경화성 플라스틱은 가열하면 연화하

여 유동성을 나타내지만 이 과정에서 축합반응에 의한 열중합으로 인해 유동성이 없어지게 되며, 영구적으로 경화하여 재가열해도 원래대로 되돌려지지 않는 플라스틱을 말한다.

즉, 열이나 압력에 의한 가공과 중합체 구조상의 교차결합(cross-linking)으로 영구히 고정되어 가열이나 화학적 처리에 의해 다시 연화되지 않는다. 둘 이상의 작용기를 가진 단위체들은 공유결합으로 3차원적으로 고정된 구조를 가지고 있어 개개의 폴리머 분자들의 분리가 불가능하다. 이러한 폴리머에 열을 가하면 녹지 않고 타버리게 된다. 열경화성 플라스틱의 종류는 일반적으로 다음과 같다.

- 페놀수지 (phenol resin)
- 요소수지 (urea resin)
- 멜라민수지 (melamine resin)
- 에폭시수지 (epoxy resin)
- 불포화폴리에스테르수지 (non saturated polyester resin)
- 페놀포름알데하이드 (phenolformaldehyde)
- 우레아포름알데하이드 (ureaformaldehyde)
- 유리강화 폴리에스터 (glass fibre reinforced polyesters)

위의 열경화성 플라스틱 수지 중에 포장용으로 많이 사용되고 있는 것은 페놀포름알데하이드, 우레아포름알데하이드, 유리강화 폴리에스

터 등이다.

페놀포름알데하이드와 우레아포름알데하이드는 주로 병뚜껑으로, 유리강화 폴리에스터는 대형 상자용으로 사용되고 있다. 페놀포름알데하이드 원료는 검은 갈색이거나 검정색이며 부서지기 쉽다.

섬유나 목재조각 등을 필러로 첨가함으로써 제조단가를 낮추고 충격강도를 높이는 효과를 볼 수 있다. 페놀포름알데하이드는 물에 강한 특성 때문에 의약품 뚜껑에 많이 사용되고 있다. 그러나 현재는 PP 뚜껑으로 대체되고 있는 실정이다.

우레아포름알데하이드는 흰색이나 파스텔색으로 생산될 수 있으며 약간 더 비싸며 흰색 때문에 셀룰로오스를 필러로 쓰고 있다. 두 재료가 모두 화학반응에 강하며 주로 뚜껑으로 쓰인다. 유기용제에 불용성이며 약산, 약알칼리에 견딘다.

우레아포름알데하이드는 화학적으로 안정하고 색깔을 다양하게 할 수 있는 장점 때문에 화장품의 뚜껑에 많이 사용되고 있다.

유리강화 폴리에스터는 무게비 강도가 크며 화학반응과 용제에 안정되어 있다. 강산과 약알칼리를 제외한 대부분의 유기, 무기산에 강하다. 하지만 강알칼리에는 분해된다. 주로 저장탱크와 대형 운반 컨테이너로 사용된다.

(표 1) 열가소성과 열경화성 플라스틱의 특성

구분	열가소성 플라스틱	열경화성 플라스틱
열변형온도	보통 150℃에서 변형	보통 150℃에서 견딤
성형능력	사출성형 등의 능률적, 연속적 공법을 쓸 수 있음	입축, 적층, 성형 등의 가공법으로 능률적이지 못함
재활용	재활용이 쉬움	재사용이 어려움
투명성	대부분 투명	불투명 또는 반투명
충진 강화제	대부분 사용하지 않음	제품성 향상을 위해 사용

#### 1-4. 플라스틱의 일반적인 특성

종이, 유리, 금속 등의 재료에 비해 플라스틱은 종류가 많고 각각 고유의 특성을 가지고 있어서 내용물을 보존하기 위한 다양한 재료를 선정할 수 있으며 재료의 종류와 형태에 따라 가공법을 다양하게 결정할 수 있다. 플라스틱의 일반적인 장단점을 살펴보면 다음과 같다.

##### ▲ 플라스틱의 장점

- 가볍고 녹이 슬지 않는다.
- 투명하여 내용물이 잘 보인다.
- 적당한 물리적 강도를 가지고 있다.
- 방습성이 우수하다
- 방수성이 우수하다.
- 내약품이 우수하다
- 내유성이 우수하다.
- 내열, 내한성이 좋아 위생적이다.
- 내후성이 좋다
- 착색이 자유로우며 미려하다.
- 가공방식이 다양하다.
- 후가공이 손쉽다.
- 시설비에 비해 생산성이 높다.

##### ▲ 플라스틱의 단점

- 열에 약하고 타기 쉽다.
- 굽힘에 대부분 약하다.
- 용제에 약한 재질이 많다.
- 독성이 있는 재질이 있다.
- 연소시 유해가스가 발생하는 것이 있다.
- 열경화성 재질은 재생할 수 없다.
- 대부분의 재질이 잘 썩지 않는다.

플라스틱의 출현으로 특히 식품포장의 대전환을 가져왔으며, 포장방법 또한 급속도로 발전되기도 하였다. 진공포장, 가스충전포장, 장기보존포장, 무균포장, 열수축 포장 등의 개발은 물론

이를 바탕으로 식품개발의 활성화를 가져온 포장재이기도 하다.

## 2. 포장용 플라스틱의 종류 및 특성

플라스틱의 인장강도 및 신장률, 충격강도 등의 기계적 성질들은 평균분자량이 증가할수록 어느 한계까지는 증가한다.

그러나 어느 한계점 이상에서는 평균 분자량이 증가하더라도 기계적 성질들은 증가하지 않는다. 이러한 성질들은 분자량 분포에 따라 서로 민감하게 작용하는데 분자량 분포가 좁을수록 더 높은 기계적 성질을 나타낸다. 플라스틱의 가공성, 유동성, 열접착성 역시 평균분자량과 분자량 분포도에 따라 좌우된다. 열접착 온도는 분자량이 증가할수록 증가하며 접착온도 범위는 반대로 감소한다.

플라스틱의 성질을 결정짓는 가장 중요한 성질 중의 하나가 열전이온도 즉, 유리전이온도(Tg)와 용융온도(Tm)이다. 폴리머는 유리전이온도 이하에서 에너지가 충분하지 못하여 사슬이 움직일 수 없으나 유리전이온도가 되면 사슬이 분절 즉 세그먼트(segment) 운동을 하기 시작하며 용융온도에서는 폴리머 사슬들이 자유롭게 움직일 수 있는 유동성을 갖게 된다.

세그먼트 운동은 폴리머 사슬의 강성도에 의존하며 분자간 결합이나 대칭성에도 의존한다. 극성도가 높은 폴리머는 비극성 폴리머보다 전이온도가 높다. 분자간 결합력이 작고 응집에너지가 작은 폴리머 사슬은 유연한 사슬로 응력을 받으면 쉽게 꺾힐 수 있는 고무적 탄성체의 폴리머이나 응집에너지가 높은 폴리머는 응력에 대한 강한 저항으로 엔지니어링 플라스틱과 같은

높은 강도를 나타낸다.

폴리머 사슬의 강성도나 유연성은 자유회전운동에도 영향을 받는다. 폴리프로필렌의 폴리머 사슬이 자유롭게 움직이는 유동점인 용융 온도가 폴리에틸렌의 용융점보다 높은 것은 폴리에틸렌과는 달리 사슬에 커다란 메틸기가 붙어 있어 폴리머 사슬이 회전운동을 하는데 더 높은 에너지가 필요하기 때문이다. 사슬 구조에 이중결합이나 고리구조가 있어도 유연성은 감소한다.

폴리머의 3차원적인 사슬 구조는 사슬의 구조적 규칙성 및 자유진동과 회전운동, 분자간의 결합 유발 특성 그룹, 사슬의 치환 그룹 등에 영향을 받는다. 분자구조의 규칙성에는 화학적 및 기하학적 규칙성이 있다. 이를 입체 규칙도(tacticity)라 한다.

규칙적인 폴리머란 하나의 연속적인 배열에 한가지 종류의 입체배열 반복단위만 있다. 고밀도 폴리에틸렌의 경우 구조적 규칙성 때문에 결정화도가 매우 높지만(65~90%), 저밀도 폴리에틸렌은 가지사슬같이 발생은 때때로 불규칙성이어서 결정화도가 낮다(40~50%).

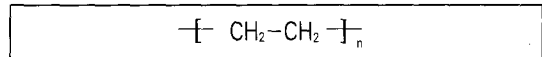
폴리프로필렌은 메틸기의 위치에 따라 입체 규칙도가 다르다. 메틸기가 골격구조의 한쪽 방향으로만 배치된 isotactic 구조와 메틸기가 골격구조 위아래로 교대 배치된 syndiotactic 구조, 골격구조의 위아래 무작위로 배치된 atactic 구조가 있다. isotactic 및 syndiotactic 폴리프로필렌은 결정성으로 용융점이 높고 쉽게 용해되지 않으나 atactic 폴리프로필렌은 무정형으로 용융점이 낮다. 위와 같이 입체 규칙도 및 결정화도는 플라스틱의 물성에 많은 영향을 주는데 다음의 [표 2]는 결정성 상태와 무정형 상태일 때의 여러 가지 물성의 차이점을 보여주고 있다.

[표 2] 열가소성 플라스틱의 결정성 차이에 따른 물성의 변화

구 분	결정성(crystalline)	무정형(amorphous)
투명성	없음	있음
내화학성	매우 우수	나쁨
내크랙성	없음	있음
수축성	높음	낮음
강도	높음	낮음
점도	낮음	높음
용융점	있음	없음
종류	PE, PP, PET, Nylon, PMMA	PS, PVC, PC, ABS

## 2-1. 폴리에틸렌 (polyethylene, PE)

[그림 4] 폴리에틸렌의 구조

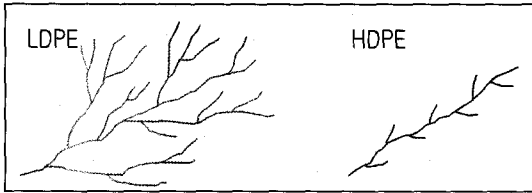


폴리에틸렌은 에틸렌가스의 첨가반응에 의한 중합체의 일종이다. 폴리에틸렌은 식품포장에 쓰여진 칫 올레핀계 중합체이다.

1933년에 영국의 ICI사에 의해 저밀도 폴리에틸렌이 처음 소개되었고 1960년에 이르러서야 본격적으로 상업화되었다. 이후 강도나 열적 특성, 열접착성, 기계적성 등이 계속 보완되어 오늘날 아래와 같은 다양한 폴리에틸렌계통의 중합체들이 포장용으로 쓰이고 있다.

국내에서는 1973년부터 생산하고 있다. 폴리에틸렌은 에틸렌을 저압법, 중압법, 고압법 등으로 중합제조되는데 그 방법에 따라 생성되는 폴리에틸렌의 성질이 달라진다. 고압법은 에틸렌을 소량의 산소나 과산화물 존재하에 1000~3000 기압의 압력에서 150~300℃의 온도로 가열하여 중합시킨다. 이 방법으로 밀도가 0.915~0.920 범위의 유연한 저밀도 폴리에틸렌이 생성되며 이것은 주 사슬 중에 분자구조가 있어서 결정화도가 작다. 저압법은 유기금속물

(그림 5) 폴리에틸렌의 분자구조



질의 촉매 존재하에 상온, 상압에서 에틸렌을 중합시키는 방법이다. 이 방법으로 제조되는 폴리에틸렌은 밀도가 0.94~0.96 범위의 고밀도 폴리에틸렌이 생성된다. 이것은 결정성이 우수하여 내열성과 기계적 성질이 우수하다.

중압법은 ziegler 촉매를 비롯한 몇 가지 중합촉매하에 30~90 기압에서 중합시키는 방법이다.

이 방법으로 제조되는 폴리에틸렌은 저압법에서 제조된 것과 비슷한 성질을 나타낸다.

폴리에틸렌은 밀도에 따라서 다음과 같이 분류한다.

- 저밀도 폴리에틸렌 : 0.910~0.925g/cm<sup>3</sup>
- 중밀도 폴리에틸렌 : 0.926~0.940g/cm<sup>3</sup>
- 고밀도 폴리에틸렌 : 0.941~0.950g/cm<sup>3</sup>

폴리에틸렌의 밀도가 높아지면 강성, 경도, 융점, 열변형온도, 내약품성, 가스·수증기 차단성이 향상되고 반대로 밀도가 낮아지면 충격성, 투명성, 열접착성이 향상된다. 또한 일반적으로 밀도가 높아지면 결정화도는 증가한다. 폴리에틸렌 필름의 제조법에는 인플레이션법과 T-다이법, 켈린더법이 있다. 일반적으로 고압법 폴리에틸렌 필름의 약 80% 이상은 인플레이션법에 의한 필름이고 나머지는 T-다이법에 의한 필름이다.

### 2-1-1. 저밀도 폴리에틸렌 (low density polyethylene, LDPE)

저밀도 폴리에틸렌은 포장용으로 가장 많이

쓰이는 플라스틱 필름으로 호모폴리머이며 열가소성으로 가지구조를 가지고 있다. 이 중합체의 다중가지구조가 유연성 및 열접착성, 기계적성, 투명성 등을 좋게 하는 역할을 하며 이는 가지수, 분자량, 분자량 분포에 따라 달라진다.

일반적으로 유연하며 내충격성, 기계적성, 내유성, 내화학성, 열봉합성이 좋다. 결정화도가 고밀도 폴리에틸렌보다 작아 투명성이 좋으나 방습성, 가스차단성은 고밀도 폴리에틸렌보다 떨어진다.

저밀도 폴리에틸렌은 식품이나 옷 포장, 공업용 포장, 농업용 필름, 가정용 필름이나 용기, 수축 또는 랩 필름 등에 다양하게 쓰인다. 저밀도 폴리에틸렌 자체나 다른 폴리에틸렌 계열 레진 등과 라미네이션, 코팅 등의 형태로 많이 쓰인다.

밀도가 0.091g/cm<sup>3</sup> 미만의 폴리에틸렌은 V-LDPE, 0.90 g/cm<sup>3</sup> 미만의 폴리에틸렌은 U-LDPE로 분류된다.

#### ▲ 저밀도 폴리에틸렌의 특성

- 비중이 낮다(0.92).
- 유연성이 풍부해 Squeeze성이 부여된다.
- 유전률(전기통화율)이 매우 낮다.
- 수분차단성이 우수하다.
- 열융착성이 우수해 제대 및 봉합이 용이하다.
- 내한도가 -70℃로서 내한성이 좋아 냉동식품의 포장에 적합하다.
- 투명성이 좋은 편이다.
- 내약품성이 좋다.

산·알카리 및 유기용제에 녹지 않아 이들의 용기로 사용이 가능하지만 toluene이나 xylene(크실렌-물감의 원료, 용제)에는 용해된다.

- 냄새나 독성이 없어 식품포장에 적합하다.
- 수지원료비가 저렴하여 포장비 부담이 적다.

- 열수축성이 있다.
- 수축응력은 약하나 수축률이 크며 강도가 세다.
- 가공성과 기계적 강도가 우수하다.
- 연포장부터 중포장에 이르기까지 각종 강도의 필름을 얻을 수 있다.
- 연화점이 낮다. (80~100℃)
- 왁스와 같은 외관을 갖는다.
- 가스투과성이 높다.

방향성이 강한 식품 포장용으로는 적합하지 않지만 과일이나 야채, 육류 등 신선도 유지를 위해 적당한 기체투과성이 요구되는 제품의 포장용으로는 적당하다.

- 신장률이 크고 인장강도가 낮다.
- 내유성이 좋지 않다.
- 접착제의 사용으로 인한 접착효과가 나쁘다.
- 인쇄적성 좋지 않다.

비극성으로 잉크 접착이 나쁘기 때문에 코로나 방전처리로 표면을 산화시켜 인쇄를 가능하게 해야 한다. 하지만 신장률이 커서 정밀도를 필요로 하는 인쇄는 어렵다.

- 정전기가 발생, 자동포장적성이 좋은 편이 아니다.

### 2-1-2. 중밀도 폴리에틸렌 (medium density polyethylene: MDPE)

중밀도 폴리에틸렌은 저밀도 폴리에틸렌 보다 강하고 단단하며 투과성은 낮다. 약간 높은 온도에서 제조된다는 것 외에 제조방법은 저밀도 폴리에틸렌과 비슷하다.

용도로는 압출코팅·라미네이션, 드라이 라미네이션, 무용제 라미네이션용의 열봉합 필름재료로서 액상, 보일식품, 레토르트식품 등의 포장용으로 이용된다.

저밀도 폴리에틸렌과 비교하면 다음과 같은 특징이 있다.

#### ▲ 중밀도 폴리에틸렌의 특성

- 투명성이 조금 떨어진다.
- 내열성은 10℃ 정도 향상된다.
- 수분차단성이 향상된다.
- 내유성이 향상된다.
- 내스트레스크래킹(stress cracking)성 우수
- 열접착 온도가 약간 상승한다.
- 열접착강도 및 협작물부착 열접착강도가 우수하다.

### 2-1-3. 고밀도 폴리에틸렌 (high density polyethylene: HDPE)

고밀도 폴리에틸렌은 우유빛의 비극성이며, 선형 열연화성 플라스틱으로 두번째로 포장용으로 가장 많이 쓰이는 플라스틱이다. 분자구조는 호모폴리머로 길고 직선형이며 가지는 적다. 따라서 결정화도가 높아 내수성, 기계적성, 내화학성이 우수하고 불투명하다. 전형적인 용도는 다음과 같다.

- 블로우 몰딩 : 세제, 주스, 식수, 화학용 드럼
- 사출 몰딩 : 물동이, 유제품류, 병뚜껑
- 사출블로우 몰딩 : 화장품, 의약품, 샴푸 등
- 식품포장류 : 간이쇼핑백, 냉동식품, 페이스트상 제품의 덮개 라이너

#### ▲ 고밀도 폴리에틸렌의 특성

- 종이와 같은 촉감을 준다.
- 저밀도 폴리에틸렌이 비해 인장강도가 높고 신장률이 낮다.
- 개구성이 좋다.
- 강성이 좋다.
- 내열성이 좋다(연화온도 : 120~135℃).



[표 3] LDPE와 HDPE의 물성비교

특성	단 위	LDPE	HDPE
밀도	g/cm <sup>3</sup>	0.915-0.925	0.945-0.965
인장강도	MN/m <sup>2</sup>	6.90-15.8	21.4-37.9
신장율	%	200-600	50-600
연화온도	℃	80-100	120-135
투습도 <sup>1</sup>	g/m <sup>2</sup> .24h	15-20	5
O <sub>2</sub> 투과도 <sup>2</sup>	cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .24h.1atm	6,500-8,500	1,600-2,000
CO <sub>2</sub> 투과도 <sup>3</sup>	cm <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .24h.1atm	30,000-40,000	8,000-10,000

\*1 투습도 : 필름 두께 25μm, 습도 90%RH, 온도 38℃ 기준

\*2 O<sub>2</sub>투과도 : 필름 두께 25μm 기준

\*3 CO<sub>2</sub>투과도 : 필름두께 25μm 기준

- 유전률이 매우 낮다.
- 수분차단성이 우수하다.
- 내약품성이 우수하다.
- 내유성이 양호하다.
- 유백색의 반투명이다.
- 가공온도가 저밀도 폴리에틸렌보다 높고 성형능률이 저밀도 폴리에틸렌보다 낮다.
- 접착제의 사용으로 인한 접착효과가 나쁘다.
- 인쇄적성이 나쁘다.
- 강성이 있어 주무르면 금속성의 소리가 난다.

### 2-1-4. 선형 저밀도 폴리에틸렌 (linear low density polyethylene, LLDPE)

저밀도 폴리에틸렌은 압력이 2000~3000kg/cm<sup>2</sup>의 초고압에서 래디칼 중합반응에 의하여 제조되기 때문에 많은 에너지가 필요하다. 따라서 이러한 초고압을 유지하는데 필요한 많은 에너지를 절약하기 위하여 저기압에서 저밀도 폴리에틸렌을 제조하는 방법을 연구한 결과 1977년 미국의 유니온 카바이트에서 에틸렌과 알파 올레핀의 공중합 반응에 의하여 저밀도 폴리에틸렌 제조에 성공하였다.

이 방법은 7~45kg/cm<sup>2</sup>의 저압에서 생산하는 아주 획기적인 에너지 절약 방법으로 하여 제조한 것이 선형 저밀도 폴리에틸렌(LLDPE)이라고 하는 저밀도 폴리에틸렌이다. 선형저밀도 폴리에틸렌은 저밀도 폴리에틸렌과 비슷한 밀도에 훨씬 강한 특성을 가지고 있다. 결정화도가 높고 더 딱딱하여 녹는 점이 10~15℃ 가량 높다.

#### ▲ 저밀도 폴리에틸렌과 비교한 특성

- 인장강도 및 인열강도, 충격강도 등의 기계적 강도가 우수하다.
- 내열성이 좋다.
- 내한성이 좋다.
- 내유성이 우수하다.
- 내스트레스크래킹성이 우수하다.
- 열접착성이 우수하다.
- 열접착강도가 우수하다.
- 열간 hot tact성이 우수하다.
- 협잡물부착 열접착성이 우수하다.

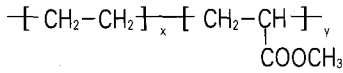
그러나 저밀도 폴리에틸렌은 높은 투명성과 코팅성 때문에 선형 저밀도 폴리에틸렌보다 여전히 더 많이 쓰이고 있다.

선형 저밀도 폴리에틸렌의 주요 용도로는 스트레치필름 및 중량물 수송용 포대, 산업용포대 등으로 이용되고, 압출라미네이션 및 드라이라미네이션, 무용제 라미네이션용의 열봉합 재료로서 내열·내유성을 필요로 하는 보일용 식품, 된장 등의 발효식품 포장용으로 이용된다. 이밖에 저밀도 폴리에틸렌보다 밀도가 낮은 0.91 이하의 초저밀도 폴리에틸렌(ULDPE)이 있다.

### 2-2. 에틸렌 비닐 아세테이트 (ethylene-vinyl acetate, EVA)

에틸렌과 비닐아세테이트(초산비닐)의 공중합

[그림 6] 에틸렌 비닐 아세테이트의 구조



체로서 제조방법으로는 고압라디칼 중합법, 용액라디칼 중합법, 에멀전 중합법 등 여러가지가 있지만, 공업적으로 생산된 것은 1960년에 DuPont社의 고압라디칼 중합법으로 생산된 것이 최초이다. 포장용 필름에 사용되는 것은 비닐 아세테이트의 함유량이 약 25% 이하의 것이다.

비닐아세테이트의 양이 증가할수록 필름의 신장률과 열접착 온도는 낮아지는 반면 충격강도, 인열강도, 투과도는 증가한다.

비닐아세테이트의 함유량이 25% 이상인 것은 주로 접착제나 왁스류의 첨가제로 사용된다.

필름으로서의 주요 용도는 단체(單體)로서 농업용 필름, 스트레치 필름, 보호필름 등에 이용된다. 라미네이트 필름으로는 압출·드라이·무용제의 각종 필름 재료로 사용되어 된장·액체 스프 등의 식품용 포장재, 건조식품 포장재, 건조재 등의 봉합재 필름으로 사용되고 있다.

특히 액체 내용물의 씰런트로도 적당하다.

필름용으로는 비닐 아세테이트의 함량 18%가 유연포장으로 많이 쓰이는데 이는 필름이 저온 하에서도 유연성이 있고 저온 열접착성과 hot tack성이 좋기 때문이다.

#### ▲ 에틸렌 비닐 아세테이트의 특성

- 유연성이 좋고 질기다.
- 열접착성이 좋다.

특히 비닐아세테이트의 함유량에 따라 저온 열접착성이 양호하다(저온 특성이 좋다).

- 협잡물부착 접착성이 좋다.
- 내핀홀성이 우수하다.

- 비닐아세테이트 함량 증가로 충격강도 향상
- 비닐아세테이트 함량이 증가하면 광학성과 광택성이 좋아진다.

- 비닐아세테이트 함량이 증가하면 수증기, 산소, 이산화탄소 등 가스투과성이 증가한다.

· 에틸렌 비닐 아세테이트는 유연한 극성기를 가지고 있어서 비닐아세이트의 함량이 많을수록 점착성, 접착성이 양호하게 된다.

- 유연성이 좋다.
- 내한성이 좋다.

#### ▲ 에틸렌 비닐 아세테이트의 용도

· 중포장대 : 충격강도, 열봉합성, 내한성 등의 특성을 살려 비료용을 비롯한 중포장대로서 사용되고 있다. 비닐아세테이트의 함량은 5wt% 정도로 폴리에틸렌과 비슷한 성질을 갖는다.

· 농업용 필름 : 비닐아세테이트 함량이 10~20wt%인 것

· 연포장 : 폴리프로필렌, 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 나일론, 알루미늄 등과 복합되어 식품 포장용으로 사용된다. 비닐아세테이트의 함량은 10wt% 이하이다.

· 액체식품 : 식용류, 식초, 술, 약품, 세제 등의 액체포장에 사용되는데 포장 형태가 bag-in-box 형식이 많다. 비닐아세테이트의 함량은 10wt% 이하이다.

· 스킨팩 : 일용품, 잡화, 기계부품, 공구류 등의 스킨포장에 사용된다. 비닐아세테이트의 함량은 10wt% 이상이다.

· 스트레치 포장 : 비닐아세테이트의 함량은 10~20wt%이다.

· 유연성 컨테이너(Flexible Container) : 곡물, 설탕 등 대량 수송용

(다음 호에 계속)