

LDPE를 이용한 압출코팅 가공

한수영/한화그룹 종합연구소 상품개발연구8팀 주임연구원

목차

1. 머리말
 - 1-1. 압출코팅의 개요
 - 1-2. 압출코팅용 LDPE의 응용분야
2. 압출코팅용 장치
3. 압출코팅용 LDPE의 특성
 - 3-1. LDPE를 이용한 압출코팅의 특성
 - 3-2. 기본물성
4. LDPE의 특성과 압출코팅 가공성의 관계
 - 4-1. Neck-in
 - 4-2. 접착성
 - 4-3. 고속 가공성
5. 최종 제품의 물성
 - 5-1. 열봉합 특성
 - 5-2. Hot-Tack성
6. 맺음말

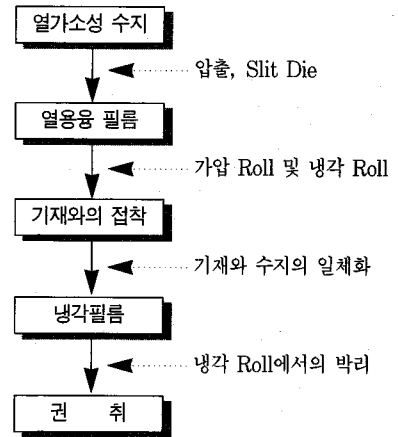
1. 머리말

1-1. 압출코팅의 개요

출피복, 또는 압출 Coating이란 폴리에틸렌(Polyethylene; PE) 등과 같은 열가소성 고분자 재료를 Slit Die로부터 반응용 상태(열 용융상태)의 필름으로 압출하여 종이, 필름(폴리에스터, 나일론 등) 등의 연속된 Carrier 필름이나 시트(Sheet)재료에 가압용 고무 Roll과 냉각 금속 Roll 사이에서 압착, 결합시킨 후 냉각 Roll에서 박리시켜 권취하는 것을 주공정으로 하는 가공법이다.

[그림 1]과 [그림 2]에 나타난 바와 같이 이 가공법의 특징은 고속으로 기재인 재료에 고점도 고분자를 연속해서 Coating하는 것으로 용제 Coater 나 각종 접착제를 이용하는 라미네이션(Lamination) 방법에 비해 다음과 같은 장점을 가지고 있다.

▲기재와 Coating 하는 수지와



(그림 1) 압출코팅의 개략적 공정도

결합은 기계적, 화학적방법에 의해서 얻어진다. 따라서, 건조장치, 용제회수장치 등의 설비투자비용이 필요없다.

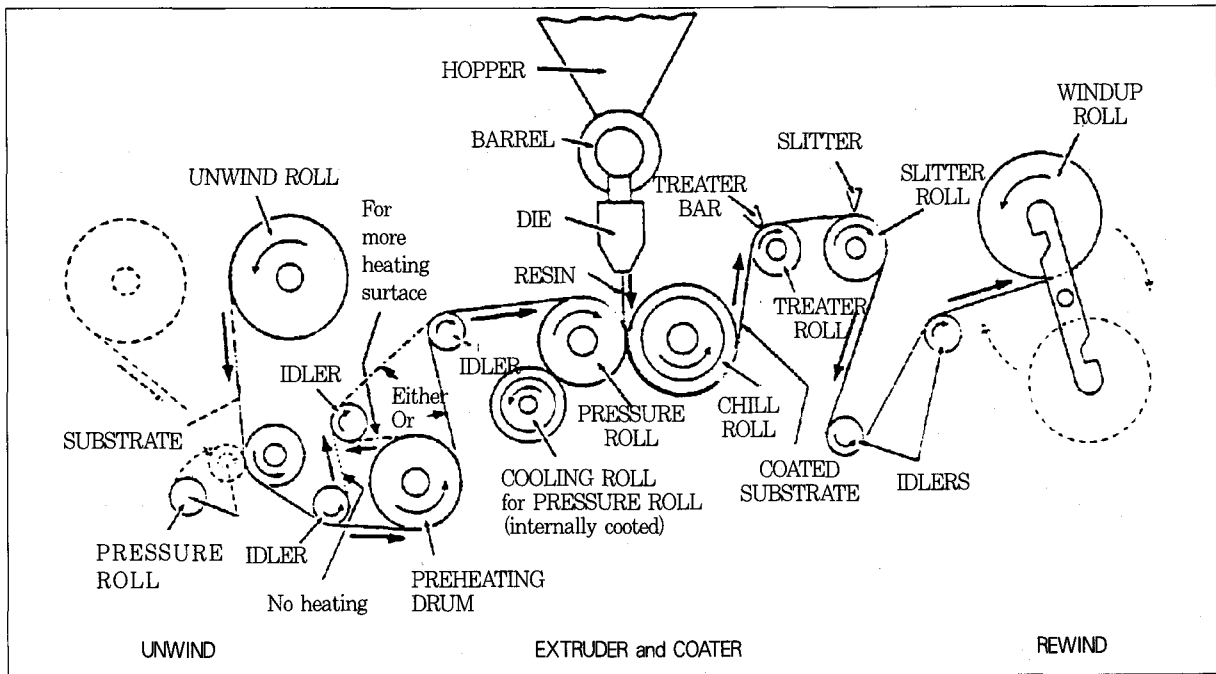
▲다이스(Dies)의 폭을 자유자재로 조정할 수 있기 때문에 필요한 수지막의 폭을 임의로 조정할 수 있다.

▲가공속도와 수지도출량의 조정에 의해서 가공막의 두께를 광범위하게(10~100 μ m) 조절할 수 있다.

▲폴리에틸렌 등의 열가소성 고분자 재료를 셀로판, Al foil, 종이류, 직포 또는 부직포류, 플라스틱 필름류 등의 표면에 Coating 함으로써 이들 재료에 용이하게 열봉합성을 부여할 수 있다. 마찬가지로 이들 기재 필름이나 시트에 여러가지 물리적 성질이나 가스·수분 차단성, 내화학약품성, 내유성 등 포장재료에 요구되는 특성을 조합 또는 부여할 수 있다.

▲각종 폴리에틸렌, 폴리올레핀 수지, 폴리아미드(주로 나일론 수지), 폴리에틸렌 테레프탈레이트

(그림 2) 압출코팅의 공정 개요도(필름용, Single형)



(Polyethylene Terephthalate ; PET), 폴리에틸렌 비닐알콜수지 (Polyvinyl alcohol ; EVOH) 등 광범위한 열가소성 수지를 이용할 수 있다.

▲미리 필름을 형성시킨 후 Lamination하는 드라이 라미네이팅 (Dry-Laminating)과 웨트 라미네이팅 (Wet Laminating)에 비교하여 가격이 저렴하다.

이상과 같이 압출코팅은 다양한 재료의 기재를 활용할 수 있을 뿐 아니라 요구되는 특성을 가진 재료를 Coating함으로써 복합된 필름의 고기능화가 급속히 진전되어 왔다. 또 가공설비의 고도화로 광범위한 분야로까지 이용되고 있으나 본고에서는 압출코팅용 열가소성 재료로 가장 폭넓게 이용되고 있는 고압법 저밀도 폴리에틸렌 (Low Density Polyethylene ; LDPE)을 중심으로 서술하고

자 한다.

1-2. 압출코팅용 LDPE의 응용분야
LDPE를 이용한 압출코팅 가공은 1950년대 후반에 시작되었으나 LDPE의 우수한 가공성과 경제성으로 괄목할 만큼 성장하게 되었다. 현재 국내에서 LDPE를 이용한 압출코팅 분야의 용도는 아래와 같이 크게 나눌 수 있다.

가. 유연포장

배향된 폴리프로필렌 (Oriented Polypropylene ; OPP), 셀로판, PET, 나일론, Al foil 및 각종 증착 필름과 같은 플라스틱 필름의 압출코팅에 사용된다.

나. Industrial Papers

Industrial Paper는 주로 크라프트 (Kraft)지나 K-Liner지를 코팅하여 다층백의 생산에 사용된다. LDPE의 코팅은 주로 이러한 용도의 차단코팅에 사용된다.

다. 방습포

방습포는 타포린 (Tarpaulin)이라고도 하는데 강도가 우수한 고밀도 폴리에틸렌 (High Density Polyethylene ; HDPE)을 제사, 제직한 원단에 완전한 방수효과를 주는 LDPE 코팅을 하여 방습포로 활용한다. 주 용도는 레저시트, 천막지 등으로 이용된다.

라. 페이퍼 캔 (Paper Can)

paper Can은 다른 용도에 비해 상대적으로 수요가 적으나 밀도가 높은 LDPE 또는 용융지수 (Melt Index ; MI)가 높은 LDPE가 이용된다.

마. Coated Paper Board

이것은 주로 우유상자 (Cartoin)에 사용되는 제품으로 냉동식품포장, 또는 신선한 육류의 포장 및 다과의 포장에 사용된다.

이상과 같이 일반적 용도에서

[표 1] 압출코팅용 LDPE의 기능과 용도

제품형태	기재 접착층	LDPE의 기능	
		접착성	Heat-Seal 층(Sealant)
Plastic 계 (식품 및 의약품 포장재)	Plastic Film AI박 Cellophane, 종이	접착 성능 가공성(생산성) Low Cost	Heat-Seal 성 과대강도 식품위생성(무첨가)
종이 Pack	판지 AI박	"	Heat-Seal 성 내 Pin-Hole 성 식품위생성(무첨가)
Kraft 포장 지	Kraft 종이 종이, 판지	접착성 가공성(생산성) 방습성, 보강효과	-
박리지 접착 Tape	Kraft 종이 종이, 섬유	접착성 가공성 침투방지	-
Gloss Sheet	HDPE PP-Yarn 부직포	접착성 가공성 보강효과 방수성	-

LDPE의 주된 기능은 [표 1]에 나타난 바와 같이 각 적용제품의 열봉합층 또는 서로 다른 두 재료간의 층과 층을 접합하는 접착층으로 활용되고 있다.

2. 압출코팅용 장치

압출코팅의 주목적은 기재에 균일한 두께의 얇은 LDPE 등의 열용융수지막을 성형, 접착시키는 것으로 압출기의 호퍼(Hopper)에 투입된 수지가 압출기에서 가소화되어 스크린 팩(Screen Pack), 어댑터(Adapter)를 경유하여 Slit형태의 Coating T-Oies를 통해 균일한 두께의 막을 통해 압출시켜 기재와 압착, 접착시키는 것을 주공정으로 하기 때문에 기본적으로는 아래와 같은 장치들로 구성되어 있다.

- (1) 공급부
- (2) 접착촉진 처리부

- (3) 압출·성형막 형성부
- (4) 압착·냉각, 박리부
- (5) 끝부분 마무리(Trimming)부
- (6) 권취부
- (7) 구동부

3. 압출피복용 LDPE의 특성

3-1. LDPE를 이용한 압출코팅의 특성

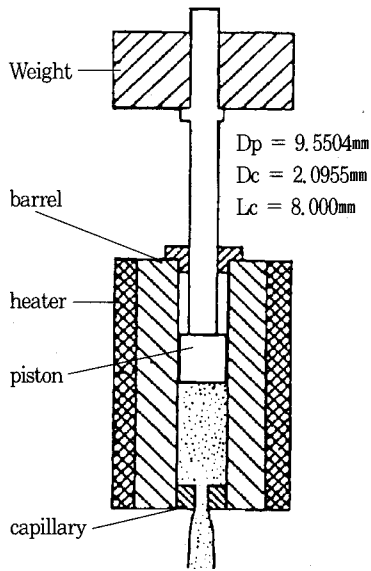
LDPE를 이용한 압출코팅 방법은 미국 Du Pont 사에 의해 개발된 성형가공 방법으로 플라스틱의 일반 성형방법, 즉 Inflation 필름가공, 사출성형, 중공성형 등의 수지를 용융하여 그 형태와 결정성을 물리적으로 변화시킴으로써 제품을 얻는 것에 비하여 압출코팅 가공은 매우 고온가공을 하는 것이 두드러진 특성 중의 하나이다. 이와같이 고온가공이 필요한 것은 성형시의 수지막을 산화시켜 무극성 특성을 갖는

LDPE의 표면에 카르보닐기(-C=O)를 생성시킴으로써 기재와 적당한 접착력을 주기 위한 것으로 가공중에 일종의 화학반응을 일으키는 것이 다른 성형법과 큰 차이가 있다. 상업적인 가공속도에서 공기 산화를 일으키기에 충분한 온도(280~340℃)를 수지에 주었을 때 수지의 열안정성과 용융수지막의 안정성 등에서 LDPE보다 우수한 수지는 없다고 해도 과언이 아니다. LDPE의 이러한 우위성과 상대적으로 가격이 저렴한 경제성을 고려할 때 압출코팅 성형에서 LDPE가 가장 폭넓게 사용되고 있는 것은 매우 당연한 결과이다. 따라서, 우리가 압출코팅가공에 있어서 가공성과 최종제품의 특성을 이해하기 위해서는 압출코팅용 LDPE의 제품특성을 먼저 알아볼 필요가 있다.

3-2. LDPE의 기본물성

고압법에 의해 만들어지는 LDPE는 보통 1,000~2,000정도의 높은 기압과 높은 온도에서 에틸렌(Ethylene)을 과산화물과 산소 등을 개시제로 하여 라디칼(Radical) 중합반응으로 제조한다. 중요한 분자구조의 인자로서는 분자량, 분자량 분포, 단쇄분지, 장쇄분지의 4가지이다. 압출코팅용 LDPE의 주요 물성으로는 이들과 상관되는 용융장력(Melt Tension; MT)과 팽창비(Swell Ratio; SR)를 들 수 있다. 따라서 LDPE를 비롯한 일반적인 PE로 모두 이러한 인자들의 조합에 의해서 용도와 가공특성에 알맞는 제품을 설계, 생산하고 있다. LDPE는 다른 올레핀계 고분자에 비해 분자량 분포의 조절이 용이하며 장쇄분지의 수가

(그림 3) 용융지수의 측정장치



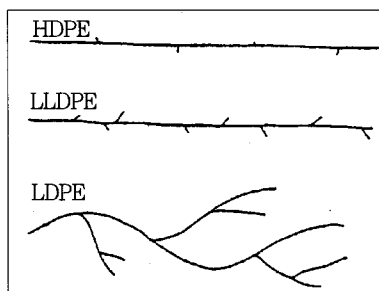
많은 분포가 넓은 특성을 갖는데 이러한 것이 우수한 압출코팅 가공성을 갖게 하는 요인이 되고 있다.

이중 MT와 SR은 LDPE 수지의 용융점탄성 현상과 관계되는 것으로 분자량과 분자량 분포에 의해 영향을 받게 된다.

가. 분자량과 용융지수

LDPE를 비롯한 대부분의 고분자의 가장 기본적인 특성은 분자량이 보통 단일·화합물보다 100~1,000 정도나 크다. 이와같은 고분자량은 고분자의 기본적인 특성이지만 그 측정이 쉽지 않으므로 측정이 간단한

(그림 4) 폴리에틸렌의 구조 모형



용융지수(Melt Index ; MI)가 분자량의 지표로써 널리 사용되며, 분자량과 상관된 물성은 때때로 MI를 매개로써 평가하는 경우가 많다. MI란 (그림 3)과 같이 2,160g의 하중을 피스톤상에 가했을 때 190℃의 용융체가 특정의 모세관을 통해 10분간 압출되는 중량이다. 따라서 MI는 고분자의 유통성을 나타내는 지표이고 MI가 낮을수록, 즉 점도가 높을수록 상대적으로 분자량이 높다는 것을 의미한다. 일반적으로 압출코팅용 LDPE는 보통 2~15g/10분의 MI를 갖고 있다.

나. 밀도와 단쇄분지

LDPE를 비롯한 고분자의 중합시 고분자 주쇄에 분지 (결가지, Branch)가 생성되게 된다. 이 분지의 크기와 분포 등은 반응기구에 따라 차이가 있지만 LDPE의 경우 에틸이나 부틸 등의 가지가 생기게 된다. 이때 생성된 에틸기를 단쇄분지 (Short Chain Branch ; SCB)라 하고, 부틸 이상의 길이를 가지는 가지를 장쇄분지(Long Chain Branch ; LCB)라 한다. LDPE와 같은 결정성 고분자는 주쇄가 일정한 배열을 가지는 결정을 이루게 되는데 단쇄분지나 장쇄분지는 결정과정에 영향을 주어 고분자의 밀도를 저하시키게 된다. 특히 고압공정에서 생성되는 단쇄분지의 경우 결정과정에서 크게 영향을 미치게 되며, 어떠한 공정에서도 이

(표 2) 밀도에 따른 폴리에틸렌의 분류 (ASTM D 1248)

TYPE	밀도	분류
TYPE I	0.910-0.925	저밀도 폴리에틸렌 (LDPE)
TYPE II	0.926-0.940	중밀도 폴리에틸렌 (MDPE)
TYPE III	0.941-0.959	고밀도 폴리에틸렌 (HDPE)
TYPE IV	0.960이상	고밀도 폴리에틸렌 (HDPE)

와같은 차이에 의해 생성되는 고분자의 성격은 그 고분자의 밀도를 측정함으로써 폴리에틸렌을 나눌 수 있다 (표 2).

다. 분자량 분포

LDPE에 있어서 MI와 밀도 외에 중요한 규격중의 다른 하나는 분자량 분포이다. 고분자물질의 분자길이는 분포를 보이고 있으며, 어떤 분포를 갖는 것에 대해서 평균값만으로는 분포의 성격을 규정할 수 없다. 따라서 분자량에 대한 분포를 명시하게 된다. 분자량 분포는 다음과 같이 중량 평균 분자량과 수평균 분자량의 비인 분산도(Polydispersity)로써 표시할 수 있다(그림 5).

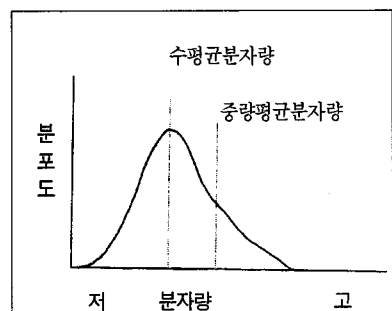
$$\text{분산도(Polydispersity)} = \frac{\text{중량 평균분자량}(M_w)}{\text{수평균 분자량}(M_n)}$$

여기서 수평균 분자량은 전체 분자들의 총분자량을 분자의 수로 나눈 것이다. 반면, 중량 평균분자량은 동일 크기 분자들의 총분자량에 그 분자들의 분자량을 곱한 후 전체의 것을 합한 분자량을 전체분자들의 총분자량으로 나눈 것이다.

$$M_w = \frac{\sum (\text{각 크기의 분자들의 총분자량} \times \text{각 분자의 분자량})}{\text{전체 분자들의 총분자량}}$$

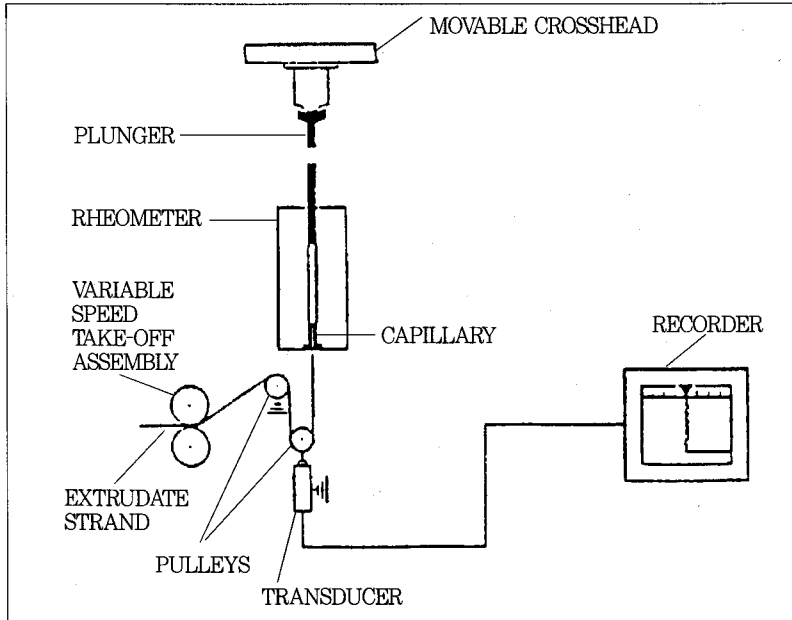
이와같은 분자량분포는 분자량의 분포를 명기하는 외에도 고분자의 가공성과 상당히 밀접한 관계를 가지게 된다. 일반적으로 분자량분포가 넓은

(그림 5) 평균 분자량과 분자량 분포도

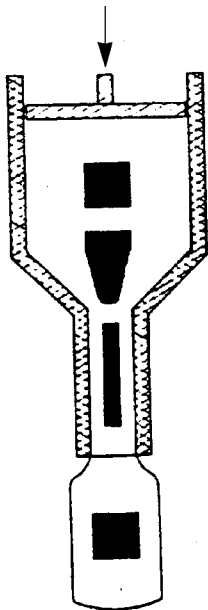


특 집

(그림 6) 용융장력 측정장치



(그림 7) 고분자 용융체의 Die Swell 현상



수축 가공성이 급격히 상승하게 된다.

라. 용융장력(MT)

용융장력은 일정한 속도를 MI 측정장치에서 압출되어 나오는 실을 일

정한 직경까지 연신하기 위해 필요한 장력으로 분자량과 분자량분포에 의해 영향을 받게 된다. 일반적으로 MT는 MI가 낮고 분자량분포가 넓을수록 증가하게 된다. 이 MT를 측정하게 되면 사용하는 LDPE수지의 압출코팅 가공성을 예측할 수 있는데 이에 대한 자료도 매우 많다.

마. 팽창비(SR)

팽창비(SR)는 유동성과 함께 가공성에 관계하는 중요한 성질이다. LDPE의 SR은 압출물이 Die를 빠져나올 때 원래의 모세관 직경보다 크게 부풀어 오르는데 이러한 현상을 Die Swell이라 하며, 이 Die Swell은 아래의 식에 의해 팽윤비(SR)로 나타내어지게 된다.

$$\text{팽윤비 (SR)} = \frac{ds \cdot do}{do} \times 100$$

여기서 ds는 표준조건(2,160g, 190°C)에 있어서 압출되는 실의 직경이고, do는 오리피스스의 직경이다.

(그림 7)은 Die Swell의 효과를 도식한 것으로 온도가 높을수록 SR은 감소하는데 이것은 고온일수록 배향된 분자가 빨리 풀리기 때문이다. 분자구조적으로 볼 때 SR은 분자량분포, 장쇄분자에 커다란 영향을 받는다. 또 분자량, 즉 MI도 SR에 영향을 주는데 MI가 낮을수록 SR은 커진다. 압출코팅용 LDPE의 SR은 50~80%의 범위로 설정되어 있다.

이상과 같은 압출코팅용 수지의 기본 특성에서 이러한 기본물성의 조합을 어떻게 하며, 또 구조인자를 어떻게 변화시키느냐가 압출코팅용 수지의 설계에 있어서 관건이 된다. 왜냐하면 이들 각 인자는 뒤에서 언급할 가공성과 제품물성과 상호배치되는 것이 많기 때문이다.

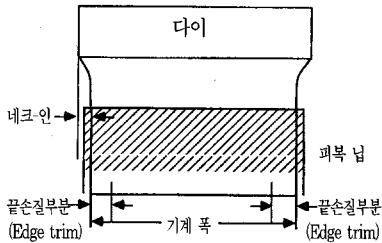
4. LDPE의 특성과 압출코팅가공성의 관계

출코팅용 LDPE의 특성은 앞서 언급하였듯이 가공성과 Coating된 복합필름제품의 최종 물성에 중요한 영향을 미치게 된다. 일반적으로 압출코팅에 있어서의 가공성은 접착성, 넥-인(Neck-in), 고속가공성, 두께균일성, 공명현상(Draw-Resonance), 발연, Rell 박리성 등 매우 많으나 본고에서는 가장 기본적인 가공성인 Neck-in과 접착성, 고속가공성과 LDPE와의 특성에 대한 상관성을 살펴보기로 한다.

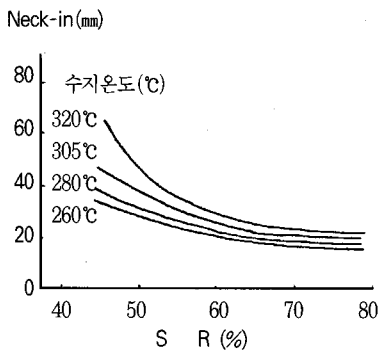
4-1. Neck-in

반용융상태의 수지를 Slit로부터 압출하게 될 때 수지 양끝의 부분이

[그림 8] Neck-in의 개념도



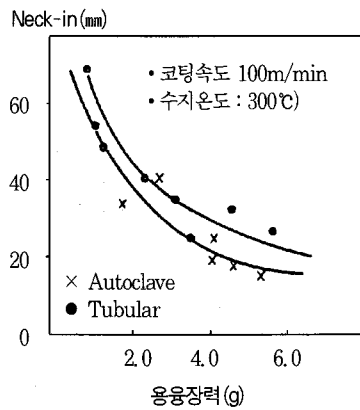
[그림 9] SR과 Neck-in의 관계



수지막의 폭보다 좁아지는 현상을 나타내게 된다. 이러한 축소현상을 Neck-in이라 부르고 이 축소된 폭을 계량화함으로써 Neck-in의 크고, 작음을 평가하고 있다. Neck-in은 [그림 8]에 나타낸 바와 같이 용융필름의 표면장력과 수지의 탄성회복 및 인취방향으로의 인장응력의 균형에 의해 결정된다. 따라서 용융상태에서의 수지의 장력은 수지의 장쇄분자에 비례하게 된다. 그러므로 Neck-in에 대하여는 SR이 지배적이지만 부수적으로 MI도 영향을 미치게 된다. 즉 SR이 크면 동일한 조건에서 수지의 탄성효과가 커지기 때문이다(그림 9).

또, MT가 클수록 Neck-in은 감소하게 되는데 동일한 MT를 가진 LDPE라 할지라도 LDPE의 중합형

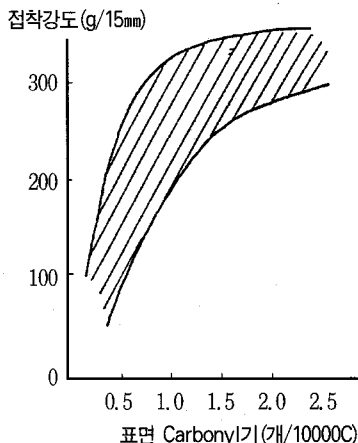
[그림 10] MT와 Neck-in의 관계



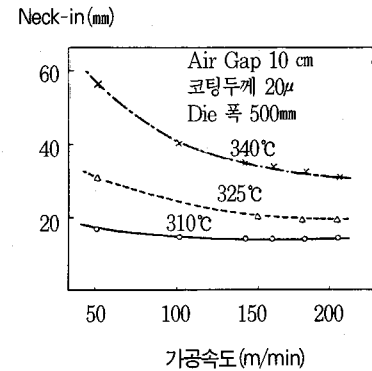
태에 따라 Neck-in 특성은 달라진다. 즉, 오토클레이브형 반응기에 의해 만들어지는 LDPE가 Tubular 반응기에 의해 제조되는 LDPE에 비해 Neck-in이 적다. 이는 분자량분포의 차이에 따른 것인데 오토클레이브형 LDPE가 일반적으로 분자량 분포가 넓기 때문이다(그림 10).

한편, Neck-in은 근본적으로는 수지의 기본특성에 의존하나 가공조건에 의해서도 크게 영향을 받는다. 일반적으로 수지온도, 에어갭, 가공속도 등이 Neck-in에 영향을 미치는데 수지온도가 높고 에어갭이 길며, 가

[그림 12] 표면 산화도와 접착성



[그림 11] 가공온도, 가공속도와 Neck-in의 관계



공속도가 느릴수록 Neck-in은 커진다(그림 11). SR이 작고 MT가 작은 수지일수록 이러한 가공조건 변화에 따라 Neck-in의 변화도 크다.

4-2. 접착성

압출코팅에 있어서 가장 중요한 요구특성중의 하나가 기재필름과 압출코팅된 성형필름과의 접착력이다. 이는 기재와 압출코팅되는 LDPE의 접착이 불량하게 될 경우 복합필름의 제조라는 압출코팅가공의 가장 근본적인 목적에 부합이 되지 않기 때문이다. 기재에 접착력을 부여하는 기능은 LDPE의 화학적, 물리적 접착에 기인한다. 화학적 접착이란 LDPE를 고온가공함으로써 LDPE 용융수지막의 표면에 생성되는 크성기가 기재와의 화학적 친화성으로 생기는 접착이다. 즉, 산화된 수지의 표면이 기재와 수소결합이나 판데르발스(Van der Waals) 결합을 유지하므로써 생기는 결합인 것이다. 따라서 단쇄분자가 많아 밀도가 낮고 수지내 이중결합이 많은 수지가 LDPE 수지 표면에 산화를 일으키기 쉽기 때문에 접착에 유리하다(그림 12).

특 집

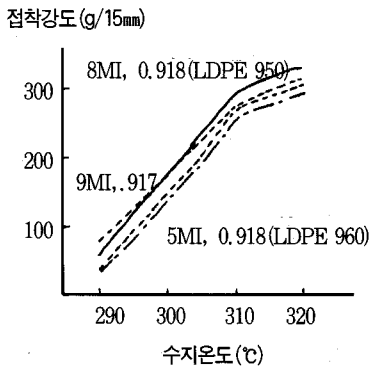
당연히 에어캡을 조정함으로써 적절한 접착강도를 얻어야 할 것이다.

4.3. 고속가공성

고속가공성은 어느 정도까지 용융수지막을 얇게 연신할 수 있는가 하는 성능을 측정하는 것으로 Draw-down성, 또는 뽐힘성이라고도 한다. 고속가공성에 대해서는 MI의 영향이 크지만 SR도 관계가 있다. MI가 크고 SR이 작아 MT가 낮은 수지일수록 고속가공성이 좋다(그림 15).

가공조건으로는 수지의 온도가 큰 영향을 주는데 (그림 16)과 같이 온도가 높을수록 고속가공성은 향상되나 다이 출구의 수지 온도가 330℃ 이상이 되면 수지의 점탄성을 잃어 인취속도보다 수지가 더 빨리 늘어지는 공명현상(Draw-Resonance)이 발생하여 두께편차가 생기는 원인이 된다. 또한 고속가공성은 압출기 내에서 혼련상태가 양호할수록, 다이널랜드가 길수록 유리하다. 고속가공성은 경제성의 측면에서 매우 중요하기 때문에 적절한 수지와 가공조건 설정이 무엇보다 중요하다 하겠다.

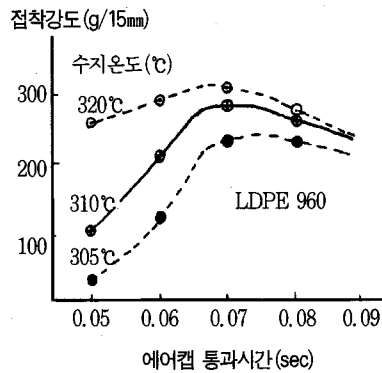
(그림 13) MI변화에 따른 접착강도의 변화



한편, 물리적 접착은 용융된 수지가 기재에 침착 및 침투됨으로써 투착효과(Anchor Effect)와 소성변화에 의한 융착효과, 모세관효과 등과 같은 역학적인 접착에 의해 접착이 일어나는 현상이다. 따라서, 수지특성으로는 MI가 높아 용융점도가 낮고 SR이 낮아 용융탄성이 낮은 제품이 동등가공조건에서는 접착성이 좋아지게 된다(그림 13).

가공조건에서는 수지온도를 높게 하면 용융점도가 떨어져서 기재내의 침투력이 좋아지며 에어캡에서의 산화를 촉진하기 때문에 접착력을 증가시키는데 유효하다. 또한 용융수지막

(그림 14) 에어캡 통과시간과 접착강도

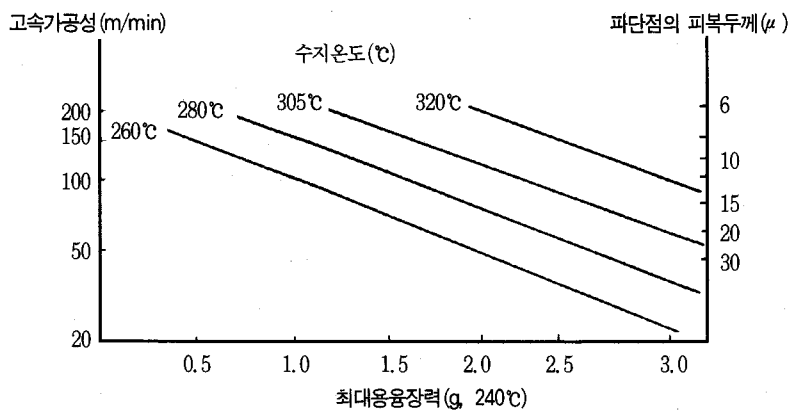


의 접착은 에어캡 통과시간에 따라 좌우되는데 에어캡 통과시간이 길면 산화는 촉진되지만 수지표면의 냉각효과가 크게 되어 기재와의 접착부분에서 용융점도가 상승하여 접착강도가 저하된다(그림 14). 따라서 적절한 에어캡의 조정으로 접착력을 향상시켜야 하는데 실험적으로는 에어캡 통과시간이 0.07~0.08sec일 때 접착력이 가장 좋다는 것이 증명되어 있다. 에어캡 통과시간은 아래와 같은 식으로 구할 수 있다.

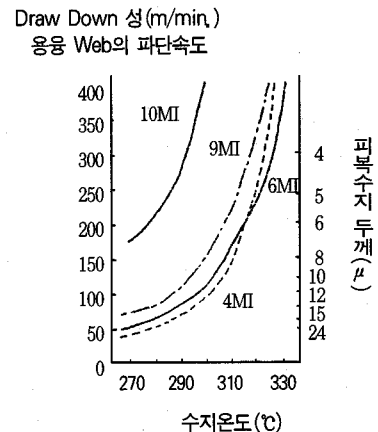
$$\text{에어캡 통과시간(millisecond)} = \frac{\text{에어캡(mm)}}{\text{가공속도(m/min)}} \times 60$$

따라서 가공속도를 변경할 경우

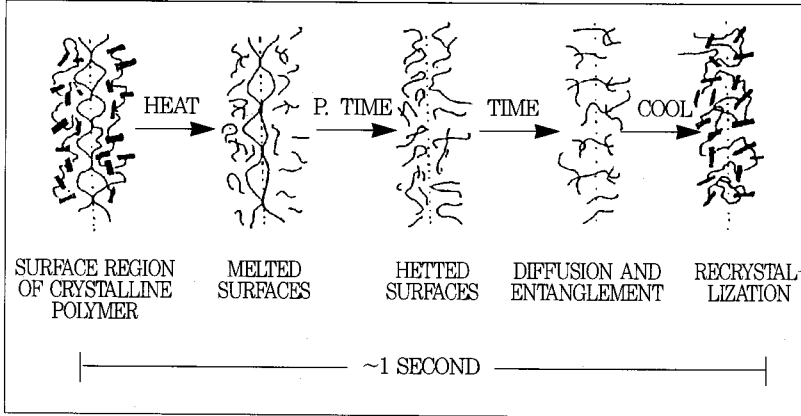
(그림 15) 최대 용융장력과 고속가공성



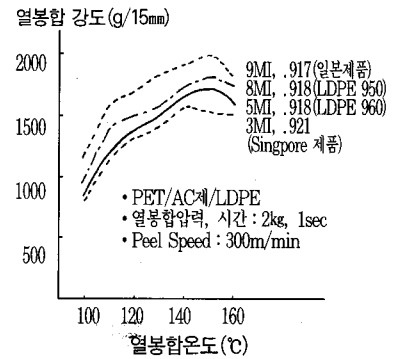
(그림 16) 수지온도와 고속가공성



(그림 17) LDPE의 열융합특성의 Model도



(그림 18) MI에 따른 열융합특성



5. 최종제품의 물성

주 기재인 필름에 LDPE를 압출 코팅하는 가장 기본적인 목적은 복합필름에 열융합 특성을 부여함으로써 내용물을 포장, 보호하기 위함이다. 그러나 실제로 내용물을 포장하는 최종 공정에서는 열융합층으로 압출코팅되어 있는 LDPE에 요구되는 특성은 열융합강도 외에 저온 열융합 강도, Hot-Tack성, 이물질 오염 열융합강도, 개구성 등 여러 가지가 있다. 사용되는 수지특성은 열융합강도와 열융합 조건의 범위 등 앞서 언급한 각종 제품특성에 영향을 미친다. 따라서 주기재 필름의 강도가 사용된 수지의 최대 열융합강도를

지배하게 되며 기재필름과 수지의 접착성도 크게 영향을 미친다. 그러나, 본고에서는 수지의 접착특성을 가공성 측면에서 이미 언급하였기에 열융합특성과 Hot-Tack성과 LDPE 수지특성의 상관성에 대해서 알아보기로 한다.

5-1. 열융합 특성

열융합특성은 압출코팅되는 수지의 종류에 따라 큰 차이를 나타내나 LDPE의 경우 수지의 Coating두께와 수지의 기본적인 특성에 영향을 크게 받는다.

즉, 열융합성이 (그림 17)과 같이 수지 Coating막의 용융, 상호융착, 냉각고화의 과정으로 이루어 지기 때문에 수지의 밀도와 MI, 분자량분포

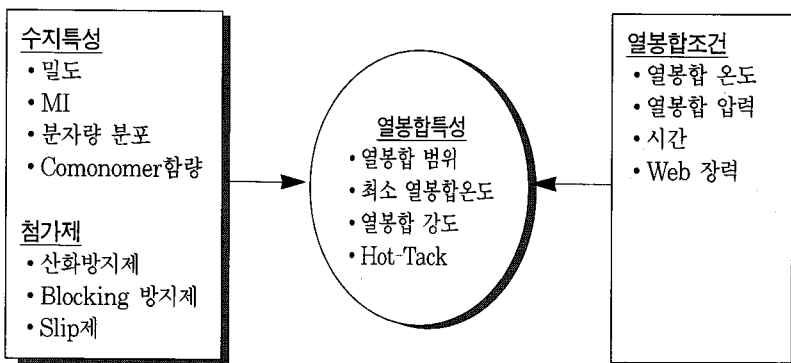
등이 직접적으로 관여하게 된다(표 3).

이와 같은 열융합특성은 크게 2가지 관점에서 볼 수 있는데 하나는 저온 열융합성이고, 또 하나는 열융합강도라고 할 수 있다. 저온 열융합강도는 불충분한 온도조건에서의 Seal 특성을 어느 정도의 열융합강도를 나타내느냐하는 것과 일치된다. 따라서 열융합특성의 개념상 비교적 낮은 온도에서 용해가 되기 위해서는 수지의 용해열이 낮고, 용점이 낮은 저밀도의 수지가 유리하다. 아울러 점도가 낮아 계면흐름성이 좋은 높은 MI를 가진 LDPE 제품이 유리하다.

(그림 18)에서 보는 바와 같이 낮은 온도에서도 동등한 열융합강도를 나타내는 데 있어서 밀도가 낮고 MI가 높은 제품이 우수함을 알 수 있다. 그러나 MI가 높은 제품이 우수함을 알 수 있다. MI가 낮은 제품이 유리하나 고속포장시 과도한 열융합온도와 긴 열융합시간이 요구되기 때문에 생산성 문제가 있어 저온 열융합 특성과 고려해서 적절한 특성을 가지는 제품을 선택하여야 한다.

가공 조건으로써는 LDPE수지의 산화가 너무 과도하게 진행되면 저온 열융합성과 열융합강도는 저하된다.

(표 3) 열융합에 영향을 미치는 인자



특 집

(그림 19). 따라서 LDPE의 접착에 필요한 최소한의 수지산화물을 시킬 수 있는 가공조건의 선정이 필요하다. 또 열융합특성은 압출코팅 가공된 제품의 보존상태에도 영향을 받게 된다. (그림 20)은 수지의 가공온도를 변화시키면서 가공한 초기산화도가 다른 압출코팅제품의 열융합강도의 경시변화를 나타낸 것이다. 즉 산화도가 큰 제품은 초기의 열융합강도도 저하되지만 경시변화도 훨씬 크다는 것을 알 수 있다.

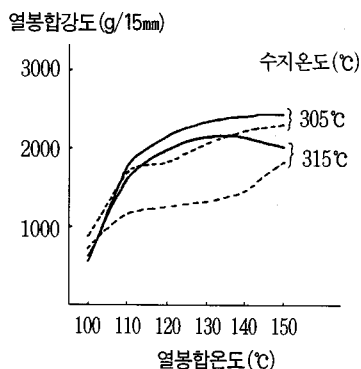
5-2. Hot-Tack성

Hot-Tack성은 압출코팅된 수지면을 상호 융착시키고 난 후 열융합면이 완전히 냉각고화되지 않았을 때의 강도로 열간 Seal성이라고도 한다. 따라서 Hot-Tack성은 열융합 직후에 냉각고화되지 않은 용융 Seal 면에 외력을 작용해서 박지되는 정도로 평가한다.

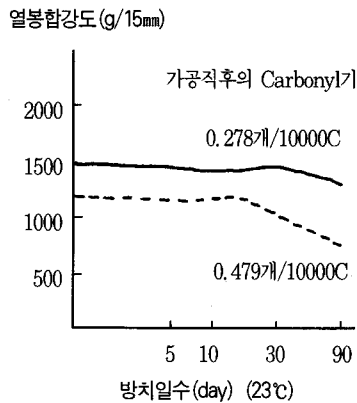
Hot-Tack성은 내용물을 고속으로 자동충진 포장하는 제품에는 필수적인 요구특성이기도 하다.

LDPE 수지특성으로써는 MI가 낮고 밀도가 낮아서 수지점도가 높은 것이 유리하며 적절한 산화도를 가지는 제품이 좋다. 그러나 압출코팅용

(그림 19) 수지의 산화도와 열융합 특성



(그림 20) Coating막의 산화도와 열융합성의 경시변화



LDPE 제품의 경우 앞서 언급한 여러 가지 가공성의 측면에서 사용할 특성이 거의 결정되기 때문에 가공조건(특히 에어캡 통과시간)을 적절히 하여 수지의 과도한 산화로 상호 융착성이 저해되는 것을 방지하고 적정 열융합조건을 선정하여 포장속도를 조절하는 것이 중요하다.

6. 맺음말

국내에 압출코팅 가공기준이 도입된 지 약 30여년이 되었다. 초기 압출코팅 가공은 국민의 식생활변화와 소비행태가 다양하지 못하고 열악했던 관계로 제품수준의 개선보다는 대량생산의 설비체제 구축에 급급했던 것이 사실이다. 그러나 최근에 이르러 식생활이 다양화되고 사회가 전문화, 고도화됨에 따라 포장재의 적층재료와 기술도 매우 첨단화되어 가고 있다. 그 일례로 최근 국내에서 급속히 확산되고 있는 다층 복합재료의 개발, 응용으로 Tandem 및 Tandem-Coextrusion기의 도입과 LDPE 외에 EVA, LLDPE,

EAA, EMAA, Ionomer, EVOH 등 다양한 소재가 그 전문성을 찾아 적용되고 있다. 이것

은 기술적으로 거의 일본에 의지하고 있다시피한 국내 압출코팅 업계의 자립을 위한 시금석이라 할 수 있겠다.

새로운 제품개발은 수지공급업체, 가공업체 및 최종 소비자가 유기적인 관계를 맺고 노력할 때만이 좋은 결실을 맺을 수 있기 때문에 상호 정보 교환 및 기술교류를 적극적으로 추진해 나가야 할 것이다.

부족한 경험과 짧은 지식으로 정리한 이 글이 포장업계에 종사하는 분들에게 조금이나마 보탬이 되었으면 한다.

【참고문헌】

1. 加工技術研究會, プラスチック フリルム・レジン材料總覽 1989.
2. 加工技術研究會, 最新 ラミネート 加工便覽, 1989.
3. W. Michaeli, Extrusion Dies, Hanser Publishers, Munich Vienna New York, 1984.
4. TAPPI PRESS, Polymers, Lamination and Coatings Conference, 1992.
5. 土屋 博隆, PACKPIA, 7(49), 1993.
6. 濱口啓一, FOOD PACKAGING, 7(95), 1988.
7. ibid, 8(78), 1988.
8. Merton R. Oeds, Package Engineering, 11, 1976.
9. H. K. Ficker, Plastics and Rubber Processing and Applications 14(2), 103, 1990.
10. 山崎, 高分子, 41(6), 406, 1992.
11. R. Kuhu, Anger. Makrowol. Chem, 40, 361, 1974.
12. P.A. Small, Ploymer, 13(11), 536, 1972.
13. G. Luft, J. Macromol., Sci., A20(3), 385, 1983.
14. E. I. du Pont de Ne mours & Co., 기술자료