

고투명 폴리프로필렌 시트

홍영기·김문선·장욱 / (주)SKC 중앙연구소 필름개발실

3-2. 제조 설비

기존의 대표적인 시트 성형 방법으로는 에어나이트법과 폴리싱롤법이 있다. 에어나이트법은 T-Die에서 압출된 막상(膜狀) 용융수지를 에어노즐에서 내뿜은 공기압으로 롤에 압착시켜 시트를 제조하는 방법으로 주로 얇은 시트의 성형법으로 사용되고 있으며 투명성 등 외관을 중요시하지 않는 시트생산에 이용한다. 또 폴리싱롤법은 T-Die에서 압출된 막상(膜狀) 용융수지를 금속롤의 접선부에서 압축하여 시트를 제조하는 방법으로 현재 두꺼운 시트 성형에 사용되고 있다.

그러나 이런 방법으로는 결정속도가 빠른 PP의 투명성을 조절하기 어렵다. 시트 성형은 롤을 이용한 방법이 많이 이용

되고 있으나 압력, 온도, 시간이라는 변수를 고려해 볼 때 아무리 저속으로 운전한다고 하더라도 단면의 경면화는 가능하나 양면을 동시에 경면화 시키기는 어렵다. 또 다단 방식으로 바꾸어도 PP수지의 쿠션성으로 인해 균일한 롤과의 균일한 터치가 어려우며 특히 300 μ 이하의 시트를 얻기는 더욱 어렵다.

고투명 PP시트를 얻기 위해서는 급냉하여 서서히 냉각되면서 α 형 결정이 주로 형성되어 투명성을 얻을 수 없다.

이러한 문제를 해결하기 위해 제시된 방법이 스틸 벨트방식이다(그림 6). 이 방법은 스틸벨트를 이용하여 벨트와 벨트, 롤과 벨트사이에서 가열, 가압, 냉각 등을 하는 공정으로 아크릴판을 생산하거나 합

판을 적층시킬 때 오래전부터 사용되었으나 최근 PP수지의 표면 광택을 높이는 공정에 적용되고 있다.

현재 SKC는 일종의 스틸 벨트 방식을 응용한 생산설비를 사용하고 있는데 고투명 시트의 제조에 적합할 뿐 아니라 다양한 두께의 시트를 생산할 수 있고 기존 Roll방식보다 2~3배 정도 빠른 성장 속도를 가지고 있다.

이 벨트식 설비는 Die에서 용융수지가 압출되면 구동롤, 가열롤, 냉각롤을 삼각형 형태로 싸고 있는 Steel Belt를 통하여 압연시킴으로써 고풍택성과 고투명성을 향상시킨다.

최근 이러한 벨트방식의 설비에 냉각수조를 첨가하여 용융수지의 급냉이 이루어질 수 있도록 개조한 설비가 소개되



포장강좌 1

고 있는데 이 설비는 Die C/R 부분은 벨트 방식의 설비와 유사하지만 스틸 벨트 다음부분에 바로 냉각수조가 연결되어 있어 용융 수지의 급냉이 가능하여 스페디카 결정 구조를 가지는 투명성 시트의 제조를 가능케 했다. PP시트의 구정 성장을 억제하고 투명성을 향상시키는 수단으로는 T-Die에서 압출된 막상 용융수지를 즉시 냉각 수조에 넣어 급냉하는 방법도 있다. 이러한 방법은 시트의 두께변동이나 줄무늬 발생 및 평활성 조절이 용이하지 않아 적용시 적절한 조건 설정이 필요하다. 또 급냉중에 생기는 반점은 결정의 함몰현상을 유발시키며 결국 광성 난반사를 일으키는 원인이 되기도 한다.

이러한 문제점을 해결하는 방법으로 벨트식 시트 인취기를 이용하여 시트의 두께 편차나 평활성을 개선하여 스킨층을 만들고 냉각수조로 유도시킴

으로써 균일냉각이 가능하여 균일한 시트가 얻어진다. 여기서 말하는 스킨층이라고 하는 것은 시트 표면만이 냉각고화되고 내부는 아직 반응용상태로 되어 있는 표면고화층을 말한다.

이러한 벨트방식이 벨트 용접, 연마에 따른 기술적인 문제가 아직 잔존해 있고 또 스틸벨트가 내구성에 한계를 가지고 있기 때문에 롤 직경을 벨트두께의 1,000배로 해야 한다는가 가격이 비싸다든가 하는 문제는 아직 있으나 현재까지는 유리하고 같은 투명성을 가진 PP고투명 시트를 얻을 수 있는 공정으로 평가받고 있다. 미국 및 수지 재질을 통하여 투명한 PVC와 PS, A-PET 시트생산에 켈린더 성형기술을 사용하고 있고, 최근 공정개선 및 수지 개질을 통하여 투명한 PP 시트생산에 성공하고 있지만 시트의 강도 및 광택을 볼 때 상당한 품질적 차이를 가지

고 있다. 그러나 켈린더 공정이 대량생산이 가능하고 설비가격이 저렴하며 관리가 용이하다는 측면에서는 검토할 가치는 있다.

[그림 5, 6]에서는 종래의 기술인 폴리싱롤법 및 에어나이프법과 벨트법의 특성과 생산된 PP투명시트의 물성비교를 하였다.

[표 5]에서 설명된 바와 같이 벨트식이 종래기술인 폴리싱롤법이나 에어나이프법보다 투명성이나 생산성 측면에서 우수함을 알 수 있다.

또 [표 6]에서는 동일한 시트 두께(300 μ)를 기준으로 볼 때 벨트방식으로 생산된 PP시트의 헤이즈와 광택도 물성이 가장 우수하다는 것을 나타내고 있다.

3-3. Blocking성과 Slip성

위에서 언급된 기술과 설비를 이용하여 고투명 PP시트를 생산하는데 있어서 가장 문제가 되고 있는 것은 시트간의 Blocking성과 Slip성에 대한 정확한 평가와 관리라고 할 수 있다.

시트의 투명성과 Blocking성, Slip성은 서로 상반 관계에 있

[표 5] 설비 특성비교

구분	벨트식	폴리싱롤법	에어나이프법
성형두께(μ)	100~500	400이상	200~500
성형속도(mm/min)	Max.30	Max.10	Max.20
생산성	◎	△	○
투명성	◎	○	×

[표 6] 설비별 PP시트 물성비교(300 μ 기준)

구분	벨트식	폴리싱롤법	에어나이프법	측정규격
헤이즈(%)	2.0~3.0	5.0~8.0	10~15	ASTM D 1003
광택도(%)	140~160	120~140	80~90	ASTM D 523

기 때문에 지나치게 투명성만을 추구하다 보면 Blocking성과 Slip성을 조절하기 어려워 정상적인 제품생산이 힘들어진다.

일반적으로 Blocking이라고 하는 것은 [그림 7]에 나타난 바와 같이 시트의 상하 운동시 발생하는 저항이며 Slip성은 좌우 운동시 발생하는 저항으로 정의되며 이러한 특성은 마찰력과도 밀접한 관계가 있다. 마찰은 물체가 움직이기 시작할 때 표면에 작용하는 정마찰과 움직이고 있는 물체의 표면에 작용하는 동마찰로 분류되는데

특히 경마찰과 연관성이 있는 것으로 보인다.

마찰력의 크기는 마찰계수로 나타내며 일반적으로 마찰계수와 Slip성의 관계는 반비례관계이며 마찰계수가 증가할수록 Slip성은 떨어진다.

Blocking성과 Slip성의 측정은 각각 [그림 8, 9]과 같은 방법으로 측정한다.

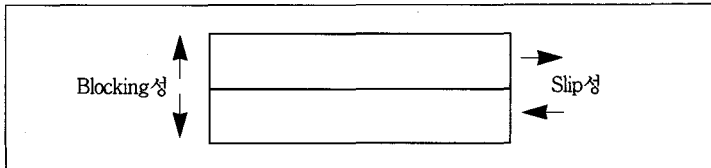
Blocking성을 측정하는 방법은 [그림 8]의 그림과 같이 시료(250mm×200mm)를 지지대에 고정시키고 두 겹의 시료 사이에 분리봉을 끼운다. 이 분

리봉 사이에 하중을 걸고 125mm/min의 속도로 이동시키면서 두겹의 시료가 분리되면서 분리봉에 걸리는 평균부하를 측정한다. 이때 사용하는 시료는 ASTM D 168 규정에 따라 전처리를 한 후 사용해야 한다.

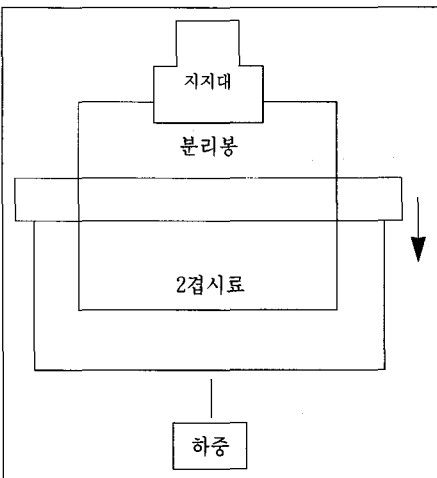
또 시트간의 Slip성은 [그림 9]와 같이 규정된 시편을 접착테이프를 이용하여 평판위에 붙이고 그 시편 위에 슬레이트를 올려놓고 150±30mm/min의 속도로 이동시켜, 시편의 130mm길이까지 이동했을 때의 응력을 측정하는 것이다.

이러한 Blocking성과 Slip성은 표면상의 분자 사슬구조특성과 접촉면적에 의해 결정되며 이는 수지의 개질 및 공정조건 개선으로 일정수준까지 조정은 가능하다.

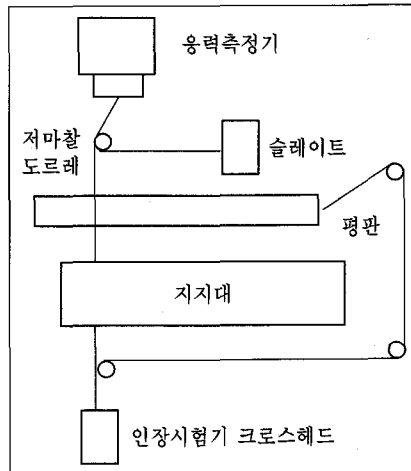
[그림 7] Blocking성과 Slip성의 정의



[그림 8] Blocking성 측정장치



[그림 9] Slip성 측정장치



4. 고투명 PP시트의 개발

시트의 광학적 특성은 사용하는 고분자의 종류 및 성형 방법, 조건에 따라 결정된다. 일반적으로 결정성 고분자에 비해 비결정성 고분자의 강 [표 7]에서



포장강좌 1

[표 7] 고투명 시트별 특성(○:양호~×:불량)

구분	투명성	강성	내열성	공정성	인쇄성	접착성	후가공성
PP	◎	○	◎	◎	△	△	◎
PVC	◎	◎	△	◎	○	◎	△
A-PET	◎	◎	×	△	△	△	○

[표 8] SKY-LAY(SK)의 Type별 특성과 용도

분류두께(μ)	특징	주요용도	비고
PH 150~400	- 고투명 - 양면 고프택	- Book-cover - 각종 Box 및 Cast - 교육용OHP	- Blocking 및 Slip성 개선
PF 200~400	- 고투명 - 우수한 잉크적성 - 단면 고프택 - 고기능성(항균, 방향)	- 문구Holder - 각종 Box 및 Cast	- 인열강도개선
PR 200~400	- 다양하고 균일한 사선 형성 - 단면 고프택	- 각종 Box 및 Cast	

* 고객의 요구수준에 맞는 선택적 물성부여
* 제품별 용도별로 다양하고 은은한 색깔부여

[표 9] 고투명 PP Sheet(품종명:PH)의 물성비교

항목두께	150(μ)	180(μ)	200(μ)	300(μ)	측정규격
빛투과율(%)	92	91	90	88	ASTM D 1003
헤이즈(%)	1.5	1.5	2.0	3.0	ASTM D 1003
광택도(%)	140	140	140	140	ASTM D 523

언급된 바와 같이 고투명 PP 시트는 강성이 다소 떨어지나 다른 소재에 비해 내열성, 광택성이 우수하며, 특히 후가공성 측면에서 장점이 있어, 문구나 케이스 등의 용도에서 각광을 받고 있다.

SKC는 93년부터 스틸벨트 방식을 사용하여 PP시트를 생산하고 있다. 초기에는 협소한 국내시장, 수지선택의 한계 등 어려운 환경속에서도 잦은 시행착오를 거쳤으나 현재는 [표 8]과 같은 3가지 제품을

내수와 일본시장을 중심으로 판매가 진행되고 있으며 품질적 우수성을 인정받아 점차 판매량이 증가하고 있다.

특히 고투명 PP 시트의 경우 위에서 언급된 기술을 복합적으로 응용하여 3여년에 걸친 연구를 통하여 개발된 제품으로 [표 9]에서 보는 바와 같이 투명성이 매우 우수함을 입증 받은 바 있으며 현재 생산성을 높이기 위한 작업이 이루어지고 있다.

또 단순한 고투명 PP시트의 개발에 만족하지 않고 인쇄성

적성 개선, 방담특성 부여 등을 통해 좀더 고기능성을 가진 제품을 생산하기 위한 노력도 아울러 동시에 진행하고 있다.

5. 결론

포장소재 중 15%를 차지하고 있는 플라스틱은 대량생산이 가능하고 자동화공업의 적용이 가능한 관계로 그 점유율은 높아만 가고 있다. 그러나 포장소재는 사회 수요, 환경변화에 따라 영향을 크게 받고 있으며 그런 의미에서 환경적인 문제, 경제적인 문제는 향후 포장재의 흐름에 결정적인 영향을 미칠 요소임에 틀림이 없다. 이러한 주위 여건에 따라 플라스틱 특히 투명 포장분야에서는 PP가 새로운 각광을 받을 수밖에 없다고 본다.

현재 고투명 PP시트의 개발이 가장 활발한 지역은 일본으로 출광석유화학(出光石油化學)을 비롯하여 5, 6개 업체가 제품을 생산하고 있으며 600~1,000톤/년(95년)의 시장이 형성되고 있는 것으로 보인다.

아직까지 가격이 고가이고 용도가 한정되어 있어 시장은 작으나 재생이 가능하고 환경적인 제약이 없다는 장점으로


그 수요는 폭발적으로 증가될 전망이다. 그러나 일본 출광석 유화학의 경우에서 알 수 있는 바와 같이 10여년의 개발을 통해 비로서 94년부터 '수퍼 퓨어레이'라는 상품명으로 정규 생산이 가능할 만큼 고난도 고분자 개발 기술과 공정 기술이 필요할 것으로 평가된다. 그 외 미국이나 유럽의 경우 초기단계에 머물고 있다.

그러나 [표 10]에서 나타난 바와 같이 사회의 생활형태와 인식이 변화함에 따라 다양한 PP 시트의 물성을 요구하고 있고 또 현재와 같은 개발과 추세라고 보면 향후 PP시트의 시장규모는 급격히 증가할 것으로 보인다.

국내의 경우 내부적으로는 아직까지 공해물질에 대한 구체적인 법적규제가 없어 기존 PVC나 PS 고투명 시트가 PP로 바뀌는 데는 많은 시간이 소요될 것으로 보이나 PP만이 갖는 특성과 일본 등 해외수출시 제한으로 점차 일부 업체에서 이를 사용하거나 검토하는 사례가 늘어나고 있는 상황이라 그 전망은 매우 높다.

이러한 고투명 PP시트가 주로 사용하는 용도는 화장품, 방향제 포장용 박스를 비롯해서 일용잡화, 문구, 의료, 가전제품의 포장용이 있으며 아울러 식품, 선물, 사진, 액자 등 기본소재로 앞으로 적용할 분야는 매우 넓다.

우리 모두가 알고 있는 바와 같이 포장의 기본적인 사명은 내용물의 보전, 물류의 효율화, 정보 전달이며 최근에는 환경오염의 방지가 떠오르고 있다. 따라서 포장재에 대한 평가도 이런 관점에서 이루어져야 하며 이런 면에서 볼 때 투명 PP시트는 검토할 가치가 충분히 있으며 성장 가능성도 매우 높다고 본다.

우리는 이미 과거 콘덴서용 PET필름의 소재 국산화를 통하여 체험한 소재 국산화의 중요성을 알고 있으며 소재의 개발은 생산업체 단독의 노력만으로는 그 의미가 없고 개발의 시작은 소비자들의 요구에서 이루어진다는 점을 고려해 볼 때, 고투명 PP시트가 포장소재의 일원으로 굳건히 자리잡기 위해서는 끊임없는 소재업체와 후가공업체간의 협력과 대화가 어느때 보다 필요하며, 이를 바탕으로 끊임없이 노력한다면 짧은 시간내에 우리 모두가 만족할 만한 결과를 얻을 수 있을 것으로 믿어 의심치 않는 바이다. 

[표 10] 사회동향과 PP시트 용도변화

사회 동향	주요 용도	PP에 대한 요구물성
<ul style="list-style-type: none"> ● 사회변화 ○ 인력부족 ○ 사회의 고령화 ○ 여성의 직장진출 활발 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 전자 레인지 용기 ○ 가공식품 용기 ○ 식품 보존 용기 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 내방사선성 ○ PP부직포 ○ 고내열(고결성, 복합) ○ 식품 포장 재료 ○ 고강성(고결성) ○ 가스Barrier성
<ul style="list-style-type: none"> ● 생활Style ○ 도시화 ○ 정보화사회 ○ 쾌적청결 지향 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 가정용품 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 투명성 ○ 내오염성 ○ 항균, 항충성, 무취성 ○ 보화성
<ul style="list-style-type: none"> ● 지구환경문제 ○ 자원고갈 ○ 오존층 파괴 ○ 쓰레기 처리 	<ul style="list-style-type: none"> ○ PVC대체제 ○ 차 내장 	<ul style="list-style-type: none"> ○ 광택, 투명성 ○ 광, 생물 분해성 ○ 재활용성
<ul style="list-style-type: none"> ● 생산성 ○ 원가절감 ○ 광폭쉬트 성형 		<ul style="list-style-type: none"> ○ 고 유동화 ○ 고 용융장력