

페PET보틀의 발포시트화 기술

坪根王泰平井孝明/積水化成成品工業(株) 中央研究所 押出技術開發센터

1. 머리말

PET보틀은 미국에서 처음 개발돼 일본에서는 1977년에 장유 용기로써 등장했다. 그 후 폐기물대책의 목표가 세워지고, 1982년에 청량음료용으로 인정됐다. 1991년 '재생원료의 이용과 촉진에 관한 법률'이 시행되고 1993년 6월 청량음료, 장유, 주류의 PET보틀이 제2종 지정 제품으로서 정령·지정됐다. 동년 9월에는 토치키縣에 최초의 PET보틀 재생공장이 건설돼 리사이클이 시작됐다.

이 공장은 연간 5,000톤의 처리능력을 가지고

있다고 하지만 아직 회수량이 적고, 가동률은 50% 정도가 되고 있다(표 1). 게다가 1995년 6월에 '용기포장리사이클법'이 성립돼 1997년 4월부터 재생품화 의무가 생기게 되고, PET보틀의 리사이클율을 높였다.

그러나 회수된 PET보틀의 리사이클원료의 용도는 미국과 달리 일본에서는 아직 충분하다고는 말할 수 없다.

당사는 1991년에 PET수지의 발포체 '셀페트·시트'를 상시한 이래, 셀페트의 생산 판매를 하고 있지만, 셀페트의 제조용원료로서 PET보틀의 리사이클원료를 이용해 발포체를 만들 수 있다면 셀페트의 칩을 사용할 수 있는 기술에 응용할 수 있어 셀페트의 코스트다운이 이루어질 뿐만 아니라 PET보틀의 리사이클에 크게 공헌할 수 있는 것은 아닌가 라고 말하고 있기 때문에 PET보틀의 리사이클원료로 발포체를 만드는 기술의 연구를 진행해 왔다.

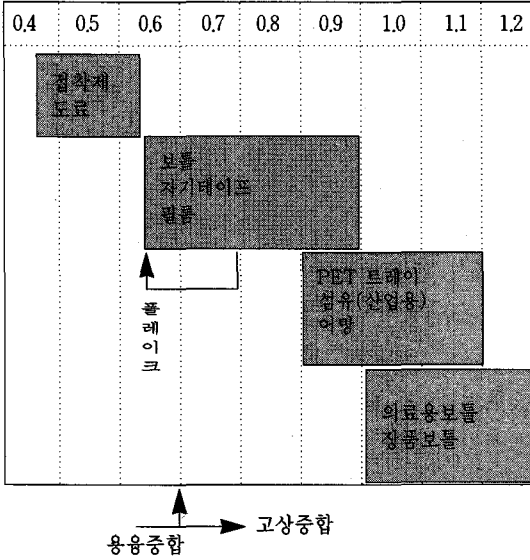
[표 1] 일본에서의 PET보틀의 생산량과 회수량
('96년 2월 PET보틀협회 회 작성)

식품용	생산량 (t)	회수량 (t)	회수률 (%)
'91	107,622	42	0.03
'92	115,991	176	0.2
'93	123,798	528	0.4
'94	150,282	1,366	0.9
'95	142,110	2,594	1.8
'96	145,700	4,200	2.9

2. 기술의 개요와 특징

압출기에 PET수지를 투입하고 용융압출을 할 경우 수지의 형상과 물성이 압출 안정성과

[그림 1] N치와 용도



품질열화의 원인이 되는 것은 주지의 사실이다.

일반적으로 페 PET보틀을 재이용하는 경우는 우선 플레이크만으로는 압출기에서 사용하기 어렵기 때문에 팰릿으로 재가공하지만 이 때 가수분해, 산화분해, 열분해를 일으키고 PET 수지는 열화한다.

일반적으로는 이 열화를 적게 하기 위해 140~160℃에서 4~8시간 건조가 행해진다. 이 건조 공정은 설비투자와 런닝코스트가 들기 때문에 크게 코스트 업이 돼 페PET보틀의 재이용에 있어서는 커다란 부담이 된다.

당사는 이 과제에 대처하기 위해 페PET보틀 플레이크(이하 플레이크)를 그대로 압출기에 투입하여 발포체를 만드는 시스템을 연구해 완성했다.

또 일반적으로 플레이크를 원료로서 압출기에 이용하면 물성이 크게 저하되지만, 이 점에 관해서도 검토를 거듭한 결과 버진원료를 사용

[그림 2] PET 보틀의 재생형

- ① 보틀 수집
- ② 중량분리 : 내용물이 들은 보틀, 유리병이 제거된다
- ③ 보틀뚜껑열기 : 씻기 좋게 하기위해
- ④ 염화비닐·보틀분리 : X선
- ⑤ 보틀의 세정 : 알칼리성 열수로 씻는다.
라벨, 배이스캡, 쓰레기분리
- ⑥ 차색병의 분리
- ⑦ 음식분쇄 : 투명보틀만 분리
- ⑧ 각반세정 : 알칼리성 세정액에 침적, 각반세정한다.
- ⑨ 비중분리
- ⑩ 플레이크 건조
- ⑪ 풍선분리 : 라벨, 미분말을 제거한다.
- ⑫ 알루미늄·금속의 분리 : 정전기
- ⑬ 린스비중분리 : 접착제 등을 제거한다.
- ⑭ 플레이크 건조
- ⑮ 미분제거 : 후루이로 가루를 제거한다.
- ⑯ 포장
- ⑰ 출하

한 경우와 거의 동등한 물성을 가진 재생 PET 발포체(이하 재생셀페트)를 만들 수가 있으며, 시트(이하 재생셀페트·시트), 板物, 블록모양의 각 소재로 했다.

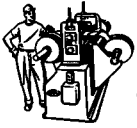
3. 리사이클기술

3-1. PET수지

PET수지의 제법은 2종류의 모노머를 사용한다. 테레프탈산과 에틸렌글리콜과의 축합반응(에스테르반응)에 의해 물을 얻을 수 있으며 다음에 나타내는 화학반응식을 가진 PET(폴리 에틸렌테레프탈레이트)가 된다.

(화학반응식)

H₂O, EG가 계내에 존재하면 해중합한다.



이 축합반응은 가역반응이기 때문에 수지중에 약간 수분이 남으면 가열용융시에 분해반응을 일으키고, 물성의 저하를 촉진하게 된다.

PET수지는 이러한 물성을 가지기 때문에 취급이 어렵고 PET보틀의 리사이클기술을 검토할 때 고려해야 할 과제의 하나가 되고 있다.

예를들면 미건조의 PET수지를 200℃ 이상으로 사용하면 극한점도(IV치)가 0.1이상 저하돼 버린다.

3.2. PET보틀용의 수지

PET보틀용의 수지는 IV가 0.6~1.2정도의 것이 사용되고 있다. 그 용도를 [그림 1]에 나타냈다.

이들 물성이 다른 폐PET보틀이 혼재된 모양으로 모여져 재생 공장에서의 분쇄에 의해 플레이크가 되기 때문에 품질이 떨어지게 된다.

3.3. 플레이크

플레이크는 [그림 2]에 나타난 것처럼 많은 공정을 거쳐 만들어진다.

플레이크를 제품에 리사이클할 경우 버진원료에 10% 이상 혼합하면 IV치가 크게 저하되지만 발포체의 경우도 마찬가지로 크게 물성 저하를 보일 수 있다.

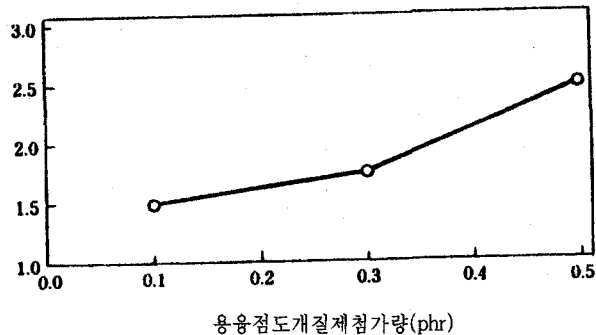
플레이크를 사용가능토록 하기에 현상이나 IV치의 벗어남 및 물성의 저하를 카바하는 기술이 필요하게 된다

4. PET발포체

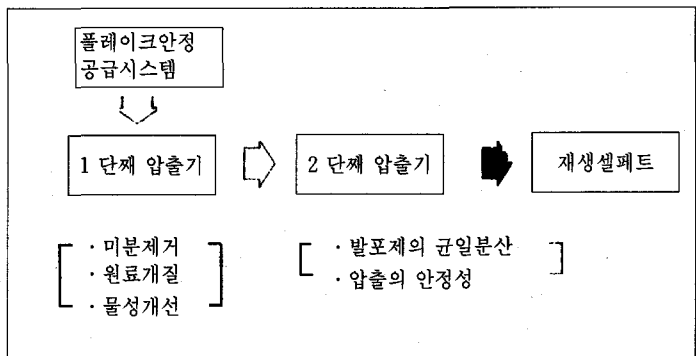
4.1. 재생 PET발포체

PET수지의 발포적성 점도영역은 거의 없지만 플레이크는 PET보틀 가공시의 열이력에 의한 수지분해만이 아니고 플레이크로의 가공처리 중 세정공정이며, 게다가 수지분해를 일으킬 수 있기 때문에 버진의 PET수지보다도 발포적성 점도영역이 좁고, 발포시키는 것이 한층 곤란했다. 그러나 이 과제를 해결하는데 장시간을 요했지만 용융점도개질제와 특별히 디자인한 추출기를 이용해 플레이크를 增粘시키는 것에 의해 이 과제의 해결에 성공했다. [그림 3] 압

[그림 3] 압출기에 있어서PET 수지재질재료와 용융점도의 변화



[그림 4] 재생 셀페트제조시스템



[표 2] 재생셀페트·시트의 개발초기품과 현재품의 물성비교

구분		개발초기품	현재품
인열시험	최대점강도	90	97
인장시험	최대점강도	80	97
	파단점신장률	32	100
내후성 (시간)	최대점강도	(30)	63
		(120)	110
	파단점신장률	(30)	738
		(120)	56
내유성	최대점강도	68	81
	파점신장률	33	158
평균기포		264	114

출기에서의 PET수지의 분자량 증가율과 용융점도개질제와의 관계를 나타낸 것이다. 그러나 플레이크를 사용하려면 두말할 것도 없이 여러가지의 연구와 설비상의 문제해결이 필요했다.

이것에 대해서 우리는 플레이크에 특수처리를 하는 것, 설비의 대폭적인 개선, 구체적으로는 [그림 3]에 나타난 것과 같이 플레이크의 안정공급, 점도개질, 물성개선 등의 목적에 맞춰 압출기를 역할별로 분할하고 각각의 역할에 맞는 최적 디자인을 각부에 도입한 것을 시스템으로서 조합시키는 것에 따라서 버진원료의 발포체와 동등한 물성을 가진 PET발포체를 안정 생산하는 것에 성공했다. 동시에 플레이크를 효율적으로 마음대로 사용할 수 있는 기술도 완성됐다.

본 기술은 원료건조설비와 같은 설비투자를 필요로 하지 않고 플레이크를 주원료로서 그대로 사용할 수 있으며, 물성적으로도 버진원료를 사용했을 때와 같은 정도의 발포체, 즉 재생 PET발포체를 얻을 수가 있다.

4.2. 재생셀페트 제조시스템

재생셀페트 제조시스템[그림 4]은 ①플레이크전용으로 디자인된 스크류와 공급량을 제어하는 방법을 조합시킨 플레이크 안정공급시스템 ②미건조의 플레이크에서 수분을 제거하는 기능과 저점도의 플레이크를 발포 가능한 용융점도까지 상승시키고, 동시에 열화된 플레이크의 물성을 개선하는 기능을 가진 압출시스템 ③발포제를 균일하게 분산시킴과 동시에 안정압출

을 달성하는 압출시스템을 조합시킨 시스템이며, 이 시스템은 대규모 건조기를 가진 종래의 셀페트 제조시스템과는 크게 다르다.

4.3. 재생셀페트시트의 물성

플레이크에 의한 재생셀페트

시트는 기포가 거칠 뿐만 아니라 깨지기 쉽고 딱딱한 성질을 가지고 있지만 플레이크에 특수한 처리를 하는 것에 의해 이것들이 개선되며, 버진원료를 이용한 셀페트·시트와 동등한 성질을 나타내게 됐다.

또 플레이크에는 기본적으로 물성열화가 있지만, 재생셀페트시트의 물성은 그 열화에 크게 좌우되지 않고 컨트롤할 수 있다.

[표 2] 및 [그림 5, 6, 7]에 버진원료를 사용한 셀페트시트물성을 100이라고 할 경우에 있어서 플레이크로 시작한 재생셀페트의 개발 초기품과 현재품의 물성비교의 일례를 나타냈다.

이 표에서 인열, 인장물성, 기포지름은 버진 PET원료를 사용한 셀페트 시트와 동등한 수준



까지 개선됐을 뿐만 아니라 내후성, 내유성에 있어서는 오히려 대폭 개선된 것을 알 수 있다.

5. 앞으로의 전개

5-1. 발포기술

당사는 이미 상시하고 있는 셀페트의 응용기술에서 두께 0.5~2.0mm, 배율 1.5~7배 정도의 PET발포시트, 플레이크를 재펠릿화시키지 않고 원료로서 사용하며, 버진원료를 이용한 경우와 같은 정도의 물성을 유지하는 기술을 확립했다.

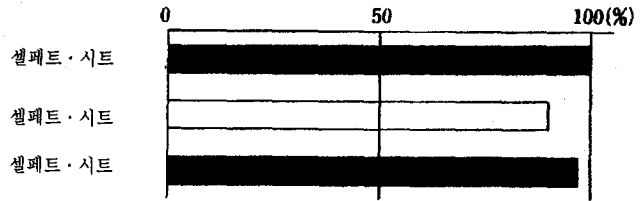
또 동시에 발포시트를 성형기에서 가열성형가공한 후, 타발공정에서 발생하는 로스도 펠릿화하지 않고, 압출기에 투입하여 사용할 수 있는 기술도 완성했다.

이 압출성형가공시스템의 완성에 의해 셀페트제품의 대폭적인 코스트다운을 기대할 수 있다. 앞으로는 재생셀페트 시트의 스펙확대와 기술의 응용범위를 넓혀 용도확대를 도모할 것이다.

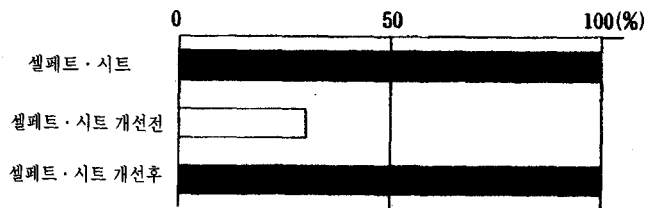
5-2. 시장

재생PET발포체의 확판산업제품의 포장재로서 弱電, 가전, 자동차부품 등에 사용하는 것을 목표로 재생셀페트가 지닌 성형신장의 좋음을 이용해 완충설계를 활용해 소재·저코스트로 제공한다. 그 외에 후르츠팩이나 PET보틀 포장용 칸막이재의 개발도 추진하고 있으며, 장래 유망한 시장이다.

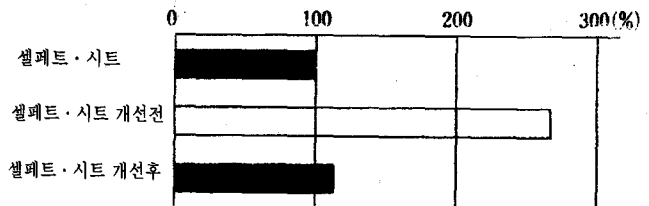
〔그림 5〕 인열시험비교



〔그림 6〕 인장시험 (파단점 신장률) 비교



〔그림 7〕 평균기포지름비교



건축내장재, 콘크리트판넬, 지붕의 받침재, 양생시트, 단열비창의 심재, 벽재 등 경량으로 내열성, 단열성을 살린 분야에 폭넓은 전개가 가능하다.

5-2-1. 차량내장재

차량내장재의 개발로 내열성, 성형성의 좋음을 살려, 다른 소재와 복합화해 추진한다. 부직포 등의 접합으로 천정재로서의 개발도 기대할 수 있다.

5-2-2. 일용잡화, 袋物

강도, 유연함과 봉제가공성을 살려 袋物, 바인더나 스포츠용품의 심재도 좋은 분야이다.

5-3. 특허

본기술은 기본특허를 포함 광범위한 특허를 출원해 이미 권리화하고 있으며, 또 이 밖에도 많은 특허를 출원중이다. 또 국내외에서의 본기술에 대한 반향도 크고, 당사의 재생셀페트기술의 개발의 성공은 널리 세계에 공헌할 수 있을 것이라 믿고 있다.

6. 맺음말

당사는 '제품의 생산에서 리사이클까지 사업자로서의 책임을 적극적으로 수행해 간다'는 것

을 기본이념으로 다면적인 리사이클을 전개하고 있다. 그 역사는 오래돼 昭和40년대에 과잉포장문제가 클로уз업된 때부터 발포스티롤제품의 회수, 재이용으로 체인지해 많은 성과를 올려 왔다.

이번에 기술한 '페PET보틀의 리사이클기술'은 당사의 기본이념에 따른 것으로 개발한 것이다. 이제부터라도 가능한 한 환경부하 경감대책, 리사이클로의 노력을 해나가고, 그것이 단순한 회수, 처리가 아니라 보다 가치가 있는 용도제품으로의 유효활용에 중점을 두고, 리사이클의 효율과 경제성을 높이는 것으로 사업으로서의 영속성 있는 활동을 가능하게 할 것이다. ☐

● 한용교포장인상 제정 ●

(사) 한국포장협회는 포장업계에 종사하는 포장인들의 자긍심과 활력을 불어넣기 위해 「한용교포장인상」을 제정했습니다.

한용교((주) 원지산업 대표이사) 초대회장의 기금조성으로 마련된 「한용교포장인상」은 포장인 여러분의 몫입니다. 포장산업의 발전과 번영을 위해 노력하는 포장인 여러분들의 버팀목이 되리라 확신합니다.

(사)한국포장협회 편집부