



EPP 소개 및 포장재료 응용

Expanded Polypropylene and Packaging Materials

최 창 휴 / 호남석유화학 대덕연구소 박사

1. 서론

석기시대, 청동기시대, 철기시대와 같이 인류의 역사를 크게 구분 할 때 가장 많이 사용되는 기준 중 하나가 소재인 만큼 소재는 인류의 문명과 생활의 변화에 있어서 가장 큰 영향을 끼친다. 이러한 측면에서 볼 때, 이른바 우리는 현재 철기시대를 이어 플라스틱 시대에 살고 있다고 해도 과언이 아닐 만큼 우리는 수많은 플라스틱 속에서 살아가고 있다.

1938년 듀폰사에서 나일론을 개발한 것이 역사상 플라스틱의 최초 등장으로, 오랜 인류역사에서 채 100년이 되지 않는 짧은 시간 동안 매우 빠른 속도로 성장하여, 실제 우리나라의 경우 1년간 인당 플라스틱 소비량이 120kg을 넘어서고 있다고 한다. 플라스틱이 이렇게 빠른 속도로 성장하게 된 가장 큰 이유는 플라스틱이 가지고 있는 여러 가지 장점 때문이다.

플라스틱이 갖는 장점은 다른 소재 대비 가벼우면서도 튼튼하다는 기계적인 물성 측면과 녹이면 흐름성이 생겨 압출, 사출, 중공성형 등 다양한 성형공법을 통해 필름, 이형 압출물, 복잡

한 형태의 사출물 그리고 병 등 다양한 형태의 제품을 쉽게 만들 수 있다는 가공성 측면, 그리고 썩거나 녹이 슬거나 하여 수명이 짧은 다른 소재에 비해 오랫동안 사용할 수 있다는 내구성 측면 등을 들 수 있다. 이러한 우수한 특성들로 인해 플라스틱은 자동차, 건축, 전기, 전자 등 다양한 산업용 소재 뿐 아니라 의료용품, 생활용품, 포장용품 등 다양한 분야에서 폭 넓게 사용이 되고 있다.

1. 환경문제와 플라스틱 소재 동향

최근 들어 전 세계적으로 여러 분야에서 크게 이슈화되고 있는 분야 중 하나가 바로 친환경 문제이다. 유럽에서 시작하여 전세계적으로 확대되고 있는 폐전기전자제품처리지침(WEEE)이나 폐차처리지침(ELV)와 같은 규제들을 살펴보면 가전제품이나 자동차에 사용되는 소재의 재활용율을 해마다 의무적으로 높이고 있으며, 부가적으로 유해물질제한지침(RoHs)을 통해 납, 수은, 카드뮴, 6가 크롬 등의 중금속과 PBB, PBDE의 2가지 브롬계 화합물의 사용이

나 이들이 포함된 소재의 사용을 규제하고 있다.

이러한 규제는 플라스틱 소재에 있어서 재활용 성능의 강화와 독성물질에 대한 관리를 엄격하게 요구하고 있다. 하지만 여러 종류의 플라스틱이 한꺼번에 섞여 있을 경우 이들을 한꺼번에 녹이더라도 플라스틱의 종류마다 극성과 서로의 용해도가 달라 잘 섞이지 않아 재활용했을 경우 제품의 내구성이나 신뢰성에 문제가 발생할 수 있기 때문에 플라스틱도 종류별로 분리하여 재활용을 하여야 한다. 따라서 하나의 제품에 여러 종류의 플라스틱을 사용하였을 경우 완벽한 재활용을 위해서는 플라스틱 소재 별로 부품을 분해하여 재활용을 하여야 하지만, 이는 현실적으로 거의 불가능하기 때문에 플라스틱 산업계에서는 재활용 시 선별작업비용을 줄이고, 플라스틱의 재활용률을 높이기 위한 방법으로 여러 가지 종류의 소재를 사용하던 것을 한가지 계통의 소재로 통합화하는 방법을 채택하고 있다.

지금까지 통합화 소재로 가장 급부상하고 있는 소재는 폴리프로필렌으로 알려져 있다. 폴리프로필렌은 플라스틱 소재 중 비교적 가격이 저렴하면서도 우수한 기계적 물성과 내열성을 가지고 있으며, 뛰어난 성형성과 내구성 그리고 재활용성을 가지고 있는 소재이다. 뿐만 아니라 순수한 폴리프로필렌의 경우 그 비중이 0.9이하로 매우 가벼운 소재이며, 대표적인 무독성 플라스틱으로 유아용 수유병, 일회용 주사기, 음식물 포장재 등으로 사용되는 소재이다. 이러한 폴리프로필렌의 특성은 현재 소재산업계에서 요구하고 있는 조건과 거의 일치하고 있다.

현재 소재 산업계에는 우수한 기계적 물성 외에도 운반시 또는 자동차 소재로 채택시 연비개

선을 위한 경량화, 에너지 저감 및 탄소발생억제를 위한 제조 또는 가공 공정 단순화, 재활용 성능, 무독성 등을 요구하고 있다. 이러한 이유로 인해 폴리프로필렌의 시장성장률은 수 많은 종류의 플라스틱 소재 중에서 가장 높으며, 이 같은 동향은 오랫동안 지속될 것으로 예상되고 있다.

2. 폴리프로필렌계 기능성 플라스틱 소재 기술 개발 동향

앞에서 살펴본 바와 같이 폴리프로필렌이 통합화 소재로 채택이 되더라도 폴리프로필렌 단독으로는 수 많은 종류의 플라스틱이 담당하는 물성 영역을 모두 감당하는 것은 불가능하다. 일반적으로 폴리프로필렌의 굴곡탄성률(수직방향으로 가해지는 응력에 대해 저항하는 변형률. 값이 높을수록 강도가 높다)은 1,200MPa에서 2,000Mpa 사이에 있다. 하지만 용도에 따라 이보다 훨씬 더 강한 굴곡탄성률을 필요로 하는 경우와 반대로 이보다 훨씬 부드러운 굴곡탄성률을 요구하는 경우가 있다. 폴리프로필렌의 장점은 그대로 살리면서, 폴리프로필렌이 감당하지 못했던 영역까지 감당할 수 있도록 물성과 특성을 발현하는 기능성 플라스틱 소재가 활발하게 개발되고 있다.

예를 들어 폴리프로필렌에 보강재를 첨가함으로써 강도를 높여 엔지니어링플라스틱을 대체하고 있다. 최근에는 폴리프로필렌과 유리섬유 등을 복합재료화 함으로써 금속까지 대체할 수 있는 수준의 강도를 발현하기도 한다. 반대로 고무 등의 연질재료를 첨가하여 아주 부드러운 재질



로 만들어 실제 고무를 대체하기도 한다. 이렇게 기계적 물성을 개질 할 뿐만 아니라 성형성도 개질을 할 수 있다. 폴리프로필렌의 용융장력을 높여 일반 폴리프로필렌으로는 적용이 어려운 압출 발포나 진압공성형품 영역까지 활용범위를 넓히고 있다. 또한 대표적인 비극성 플라스틱인 폴리프로필렌에 극성기를 도입함으로써 폴리프로필렌에 프린팅, 페인팅 성능을 향상시키는 화학적 특성을 바꾸는 제품들도 개발되어 사용되고 있다.

PP가 플라스틱중에서 가장 많이 사용되는 플라스틱이니만큼 필름부터 상자, 용기, 발포체까지 아주 많은 영역에서 포장재료로 사용되고 있다. 포장재료의 역할은 내부의 내용물을 돋보이게 하는 역할도 있지만 보다 중요한 역할은 내용물을 보호하는 기능이라고 할 수 있다. 이러한 관점에서 발포체는 내용물의 보호에 있어서 외부로부터의 충격을 흡수할 뿐 아니라 보온, 보냉의 기능까지 부여할 수 있어 매우 중요한 포장재료라고 할 수 있다. 이 중에서 PP를 주재료로 한 발포체중 하나인 EPP에 대해 알아보고, 포장재료로의 응용 사례에 대해 알아보려고 한다.

3. 발포

3-1. 개요

발포의 사전적 정의는 액체 또는 고체 속에 기체 거품을 포함하고 있는 것이다. 이를 고분자발포체로 영역을 좁혀 정의하면 고분자 연속상 내에 기체상의 Cell이 System 전체에 걸쳐 존재하여 겉보기 밀도가 실질적으로 감소된 플라스틱을 의미한다. 아래 그림1에 폴리에틸렌 폼의 현미경사진을 나타내었다. 각각의 독립된 작은 공

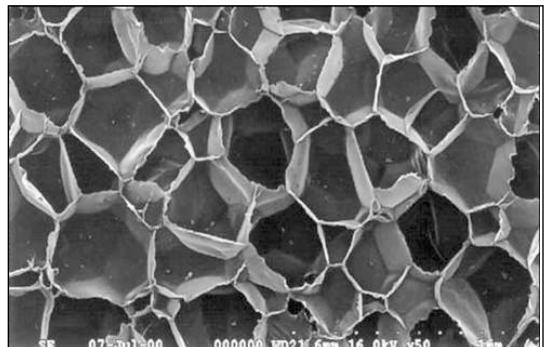
기의 방을 Cell이라고 부르며, Cell과 Cell사이의 경계이며 구조체 역할을 하는 부분을 Cell Wall이라 한다. 폴리에틸렌 폼에서는 연속한 Cell Wall의 성분이 바로 폴리에틸렌이다.

일반 소재에 비해 발포체가 가지는 특징은 무게 대비 우수한 기계적 강도를 갖는다는 점, 소리와 진동에 대한 흡수성이 뛰어나다는 점, 그리고 소리와 열의 차단성능이 우수하다는 점 등이다. 발포의 목적은 여러 가지가 있는데 이 목적에 따라 발포배율, 발포셀의 크기와 형태를 다르게 할 수 있다.

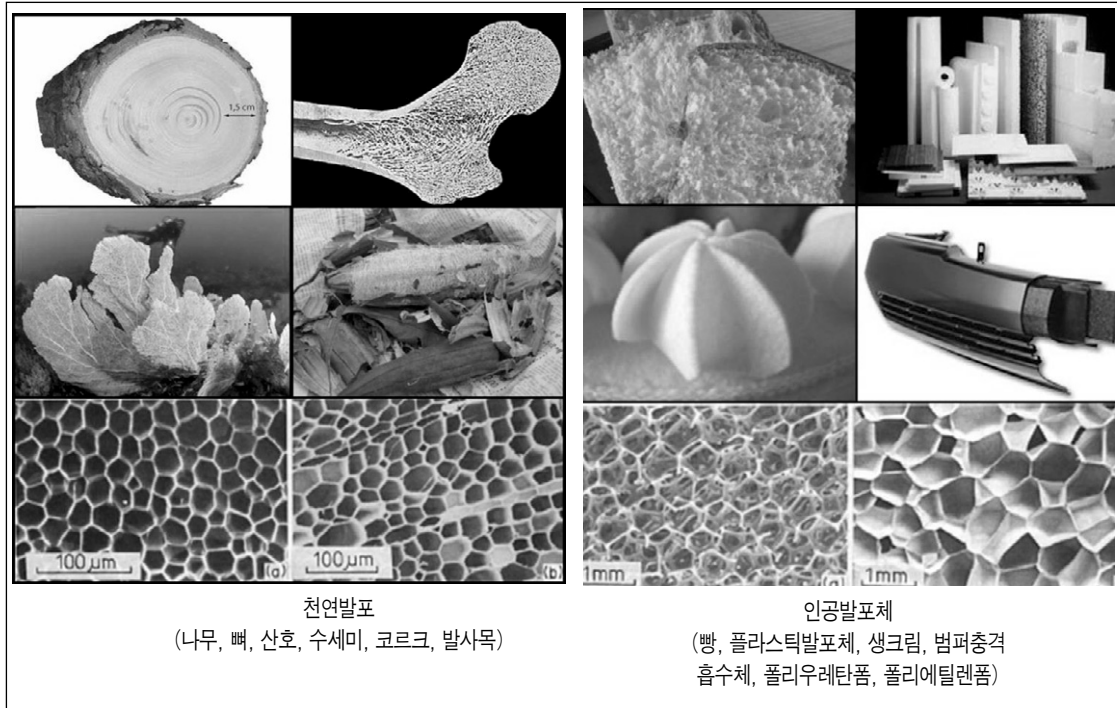
예를 들면 독립적인 기공으로 이루어진 발포셀을 Closed Cell, 이웃한 발포셀끼리 서로 연결되어 서로 공기가 통하는 발포셀을 Opened Cell이라고 하는데, 흡음을 목적으로 할 경우 Opened Cell이 많아지도록 발포공정을 조절하고, 단열을 목적으로 할 경우 Closed Cell이 많아지도록 발포공정을 조절하여야 한다.

또한 같은 종류의 소재를 같은 발포배율로 발포시키더라도 강도를 다르게 할 수 있다. 부드럽고 폭신평신했던 느낌의 발포체를 만들기 위해서는 발포체 내에 아주 작은 발포셀을 무수히 많이

[그림 1] 폴리에틸렌 폼



[그림 2] 우리 주변의 발포체



만들어 주며, 반대로 딱딱한 발포체를 만들기 위해서는 발포체 내에 비교적 큰 발포셀들을 적당히 만들어 주면 된다. 실제 우리 주변에서 자연의 섭리에 의해 만들어진 천연발포체부터 다양한 용도와 목적으로 만들어진 인공발포체까지 다양한 발포체를 볼 수 있는데 이를 [그림 2]에 나타내었다.

실제 동물의 뼈로 발포체로 관절부분은 발포체로 이루어져 있으며, 나무 또한 대표적인 발포체이다. 식탁에 자주 올라오는 빵이나 부드러운 케이크뿐 아니라 달콤한 초콜릿도, 아이스크림도 발포체이다. [그림 2]에서 인공발포체 중 제일 아래 발포체의 확대사진중에서 폴리우레탄폼

은 Opend Cell 구조이고 폴리에틸렌폼은 Closed Cell 구조이다.

3-2. 발포체의 종류

발포체를 구분하는 방법은 여러가지가 있지만 전통적으로 발포재료가 최종 발포체의 특성에 가장 많은 영향을 주기 때문에 재료에 따라 구분하는 것이 가장 일반적이다. 하지만 발포공정에 따라 역시 발포체의 특성이 달라지기 때문에 발포공정에 따라 분류하기도 한다. 아래 [표 1]에 발포공정에 따른 발포의 종류를 나타내었으며, 각 공정별로 주로 사용하는 소재와 적용분야를 나타내었다.



특 정

[표 1] 공정별 발포의 분류와 그에 따른 발포소재 및 적용 분야

공정	가공법	적용 소재	적용 분야
회분식 (Batch Process)	반응발포 Reactive foaming	PU, Phenolics	건자재, 자동차 소재, 포장재, 장난감, 가구,
	비드발포 Bead foaming	PS, PP, PE(LD),	식품포장, 포장재, 건자재, 자동차 소재, 가구
	블럭발포 Block foaming	TPU, EVA, Rubber	자동차 소재, 가구, 신발
연속식 (Continuous Process)	압출발포 Extrusion foaming	PS, PVC, PE, PP, PET	식품포장, 건자재, 장식품, 포장재, 의료용품
	사출발포 Injection foaming	PS, PP, PE	자동차 부품, 기타
	가교발포 Cross-linked foaming	PE, PP	스포츠용품, Thermoforming 자동차 부품

(Polymeric Foams, S.T.Lee)

4. EPP

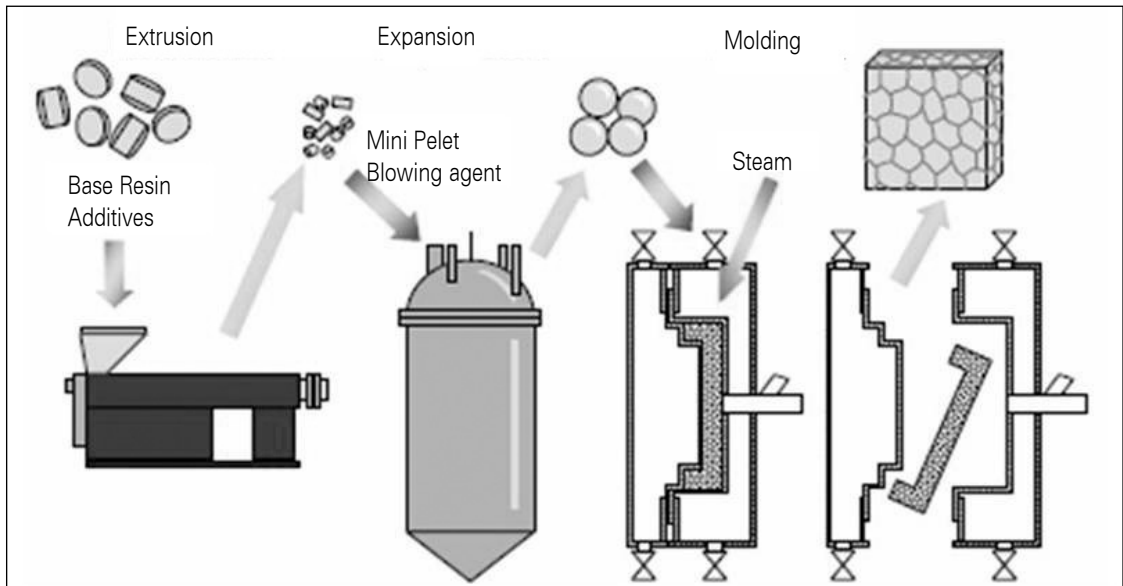
4-1. EPP 개요와 제조공정

EPP는 Expanded Polypropylene의 약자로 비드발포공정에 의해 제조된다([표 1] 참조).

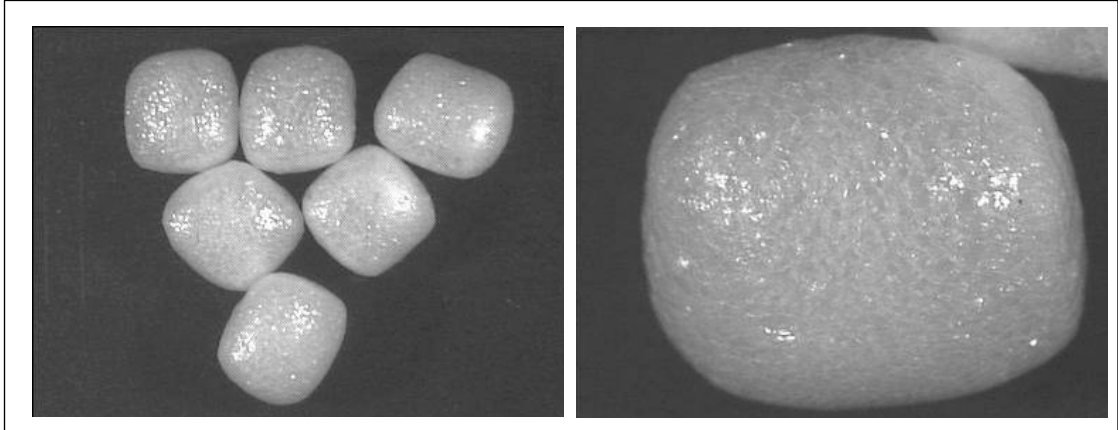
비드발포공정에 의해서는 EPP외에도 EPS(Expanded Polystyrene)와 EPE(Expa

nded Polyethylene)이 제조되는데 다우케미칼에서 생산, 판매하던 EPS의 상품명인 바로 스티로폼으로, EPS의 대명사가 되었다. 발포체의 형태와 제조공정에 있어서 EPS와 EPP는 기본적으로 유사하기 때문에 EPP의 형태와 제조공정을 이해하기 위해서는 EPS를 생각하면 쉽게 이해할 수 있다. [그림 3]에 EPP의 제조공정을

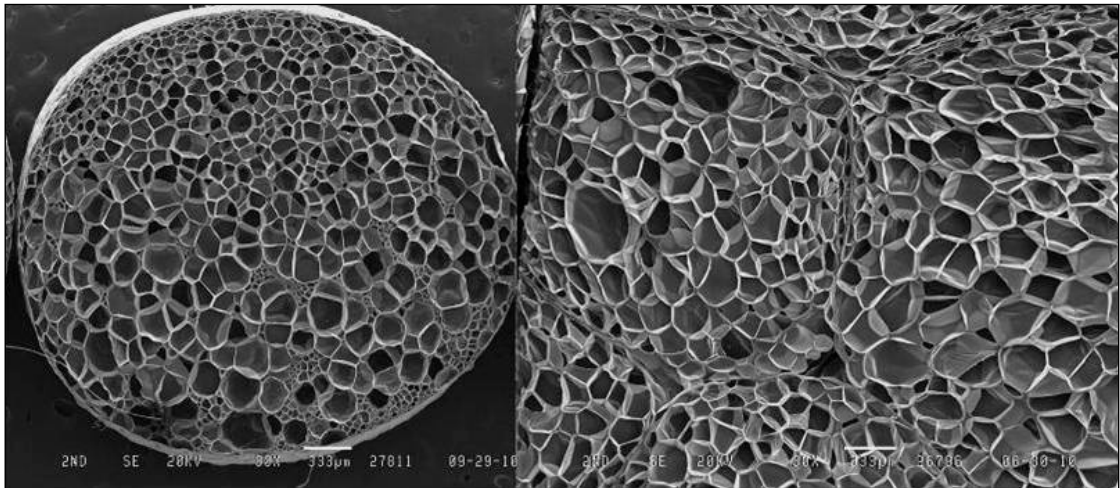
[그림 3] EPP 제조



[그림 4] EPP Bead의 외관(지름 3~8mm)



[그림 5] EPP Bead 및 성형품의 단면 형태



나타내었다. EPP의 제조공정은 크게 미니펠렛 제조공정, 발포공정, 그리고 성형공정으로 크게 3단계로 이루어져 있다. EPP에서 펠렛 하나가 발포공정 후에 비드 하나로 제조가 된다. 그런데 EPP의 경우 수십 배의 발포를 하게 되면 비드의 부피가 펠렛부피의 수십배가 되기 때문에 비드가 너무 커지면 성형공정에서 성형이 곤란해

진다. 이 때문에 일반적으로 발포 전에 0.1mg 정도의 아주 작은 미니펠렛을 제조한 다음 이를 물과 고압의 발포개스와 함께 발포장치에 넣고 약 130~150℃의 온도에서 수 시간 교반을 한다. 이때 주로 사용하는 발포개스는 예전에는 부탄등의 탄화수소가스를 많이 사용하였으나 최근에는 화재 및 폭발을 예방하고, 친환경 이슈 때



[표 2] EPP, EPS, EPE의 특성 비교

항목	EPP	EPS	EPE
압축강도	○	◎	△
파손성	○	×	△
탄성안정	○	△	△
유연성	○	×	△
항장력	◎	△	○
내약품성	◎	×	○
내열성	◎	△	△
치수정밀도	◎	◎	△
동적완충(1회)	○	○	○
동적완충(반복)	◎	×	○

문에 이산화탄소를 많이 사용하고 있다. 이 과정에서 고온, 고압하에서 PP 미니펠렛 내부에 발포가스가 스며들어가게 된다.

발포가스가 충분히 PP 미니펠렛 내부로 침투하여 안정화된 이후 발포장치의 개폐장치를 열어 물과 함께 PP 미니펠렛을 밖으로 내보내면, 고압하에서 PP 미니펠렛 내부에 있던 발포가스가 갑자기 압력이 떨어지게 되면서 PP 미니펠렛 외부로 빠져나가지 못하고 PP 미니펠렛 내부에서 부풀게 되면서 발포가 일어나 작은 구슬모양의 비드가 제조된다. 이후 탈수와 건조공정을 거친 EPP 비드는 다시 가압 탱크 속에서 일정 시간동안 가압을 한 후 성형기에 이송된 후 금형내부에서 고온의 수증기에 의해 순간적으로 표면이 녹아 최종 제품으로 탄생하게 된다. [그림 4]에 EPP Bead의 형태를, [그림 5]에 EPP Bead의 단면과 성형공정을 거친후 EPP의 단면을 현미경을 통해 본 형태를 나타내었다.

4-2. EPP의 특징

EPP는 기본적으로 발포체이기 때문에 발

포체가 갖는 특성 외에도 독특한 특성을 보이고 있다. 이러한 독특한 특성은 Bead Foam이기 때문에 가지는 구조특성과 PP를 사용하였기 때문에 가지는 소재특성을 동시에 가지고 있다.

먼저 구조적인 특성을 살펴보면, [그림 5]에서 볼 수 있듯이 대부분의 발포셀이 Closed Cell의 형태를 띠고 있어 높은 단열성능을 가지고 있다. 또한 EPP Bead 표면은 Cell이 작고, 내부로 갈수록 Cell이 커지기 때문에 표면은 매우 부드럽지만 내부에서는 강한 기계적물성을 가지고 있다.

또한 구형의 Bead들의 표면이 고온의 수증기에 의해 녹아서 융착이 되어 있는데 전체적으로 보면 연속적으로 벌집형태를 이루고 있어 뛰어난 구조적 물성을 가지게 된다. 그리고 PP가 가지는 화학성 기계적 특성을 그대로 나타내기 때문에, 뛰어난 내충격성, 탄성, 에너지흡수성, 내화학성, 내구성을 가진다.

[표 2]에 EPP와 EPS, EPE의 특성을 비교하여 나타내었다. EPP가 다른 비드폼 소재에 비해 가장 뛰어난 특성은 충격강도 및 충격흡수성능, 내화학성, 그리고 내구성 이 세 가지를 들 수 있다.

대부분 모든 면에서 비드폼중에서는 가장 뛰어난 특성을 보이지만 EPP의 경우 EPS에 비해 매우 고가의 소재로 적용에 한계가 있다.

4-3. EPP의 용도

위와 같은 특성 때문에 EPP는 충격강도 및 충격흡수성능이 요구되는 분야, 지속적으로 사용이 가능한 분야, 그리고 내화학성이 요구되는

[그림 6] EPP 사용예



자동차 부품

건축, 토목 재료

장난감, 유아용품

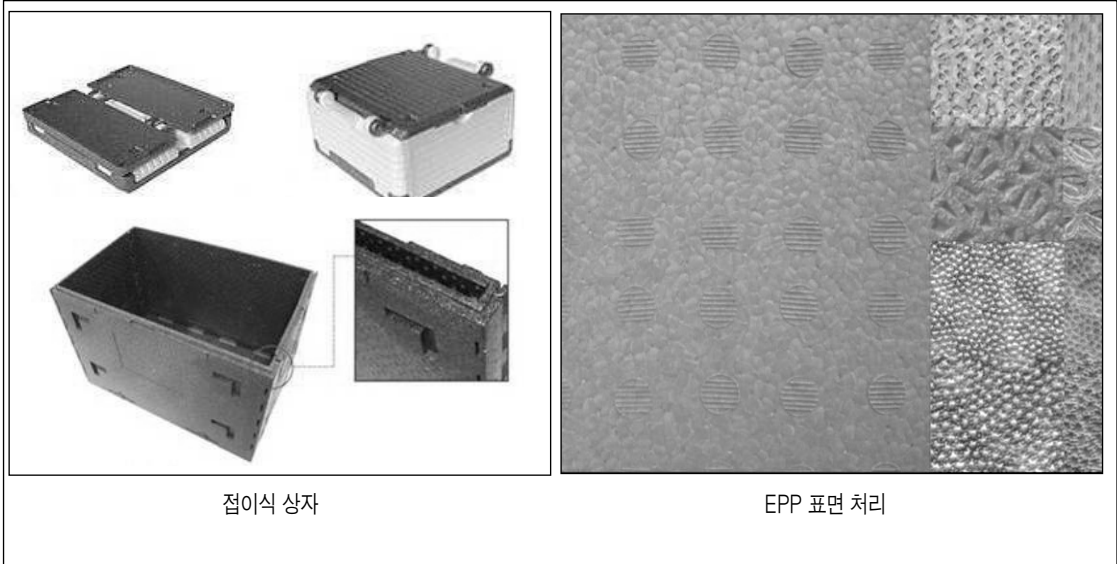
스포츠, 안전용품

식품 포장재

포장재



[그림 7] EPP 응용 기술



분야에 주로 채택이 되고 있다.

EPP가 충격흡수용으로 가장 많이 사용되는 분야는 바로 Energy Absorber 등의 자동차 부품과 헬멧 등의 안전용품 분야 그리고 모형항공기와 같은 어린이 장난감 분야이다.

지속적으로 사용해야 하기 때문에 내구성을 요구하는 분야로는 전기, 전자 제품의 중간재인 부품의 회수용 포장 상자 분야이다.

EPP는 충격흡수능력이 우수하며, 스스로 잘 파손이 되지 않아 기존 타소재에 대비하여 재사용회수가 훨씬 많기 때문에 부품생산업체에서 OEM 업체로 중간재로서 부품을 납품할 때 회수용 포장상자로 많이 활용되고 있다.

EPP를 적용시 내화학성 및 무독성을 요구하는 분야로는 식품포장재, 그 중에서도 재사용이 가능한 식품포장재 분야이다. [그림 6]에 EPP의 몇가지 사용예를 나타내었다.

4-4. EPP 포장재의 응용기술

EPP는 아직 시장에서 성장기 초기에 있는 재료로 현재 많은 기술들이 새롭게 개발되고 있는데 그 중 몇 가지를 소개하고자 한다. 지속적으로 사용이 가능한 회수용 포장상자의 경우, 내부에 제품이 있을 경우에는 문제가 없지만, 회수시 내부가 비어있기 때문에 용적이 너무 커서 운송효율이 떨어지는 문제가 있어 이를 해결하기 위한 다양한 접철식 상자를 개발하고 있다. 또한 EPP의 표면에 Bead의 형태가 그대로 보여 심미적으로 포장재 디자인에 한계가 있었는데, 다양한 금형표면 처리기술을 통해 이를 해결하고 있다. [그림 7]에 이러한 기술에 대해 나타내었다. 최근에는 이렇게 개발된 기술들을 바탕으로 호남석유화학의 PP, 하오기술의 EPP Bead, GPS Korea의 성형기술, 그리고 한솔PNS의 디자인을 조합하여 롯데백화점 납품용 고급 식품

[그림 8] 고급식품상자(송이버섯, 냉장육)



포장재를 개발하여 고객들로부터 호평을 받았는데 이를 [그림 8]에 나타내었다.

II. 결론

지금까지 친환경소재인 PP를 적용하였을 뿐 아니라 내구성이 우수하여 지속적으로 재사용이 가능한 EPP를 중심으로 친환경 이슈에 대응하는 플라스틱 산업동향에 대해 살펴보았다. 앞으로 이러한 친환경 이슈는 규제 등을 통해 더욱 강화 될 것으로 예상되기 때문에 이러한 흐름에 대응하기 위해 소재생산업체에서부터 성형업체, 사용업체에 걸쳐 다양한 기술개발이 더욱 절실히 요구된다.

특히 포장재는 상품이 최종 사용자에게 전달된 후 그 역할을 다 하게 되면 바로 폐기물로 바뀌어 버리는 경우가 많기 때문에 친환경 문제에 있어 가장 민감한 분야로 친환경 포장재 개발은

매우 중요한 사안이라고 할 수 있다.

따라서 포장재에 대한 참신한 아이디어와 정책 개발 그리고 친환경 포장재 개발을 위해 업체 전체의 투자와 노력이 필요할 것이다. ☐

기술원고를 모집합니다.

**포장과 관련된 신기술을
발표할 업체와 개인은
‘월간 포장계’ 편집실로
연락주시기 바랍니다.**

**편집실 : (02)2026-8655~9
E-mail : kopac@chollian.net**