

포장산업에서의 친환경 접착제

이용주 · 임동혁 · 김현중

서울대학교 산림과학부 환경재료과학전공

바이오복합재료 및 접착과학 연구실

(2010년 5월 26일 접수)

1. 서 론

한국산업규격(KS T 1001)에 의하면 포장(packaging)이라 함은 물품의 수송, 보관, 취급, 사용 등에 있어서 그것의 가치 및 상태를 보호하기 위하여 적절한 재료, 용기 등을 물품에 부여하는 기술 또는 그 상태를 말하며, 이것을 단위(날개) 포장, 내부 포장 및 외부 포장의 3종류로 대별한다[1]. 상품은 포장에 의해 품질이 보증되고 내용물의 손상을 방지할 수 있으며 수송 및 물류 효율을 높여서 땅값이 비싼 도시 공간을 유용하게 이용할 수 있다는 여러 장점이 있다[2].

포장산업은 숨겨진 거대한 산업이라고 불리는데, 다양한 산업과 학문에 보이게 또는 보이지 않게 연관되어 있기 때문에 겉으로 드러나는 것보다 그 중요성은 매우 크다고 할 수 있다. 포장산업은 펄프·종이산업, 플라스틱·화학공업, 금속산업, 유리산업, 목재산업, 전기·전자산업, 기계산업 등 여러 다른 종류의 업종과 연관되어 구성되어 있고 또한 관련되는 학문이나 기술이 물리, 화학, 생물 등 기초과학과 재료공학, 생물과학, 화공식품, 인간공학, 응용과학에 이르기까지 실로 다양하게 업종과 업종간의 복합 연관되는 업제산업(業際産業)인 동시에, 학문과 학문이 연계되어야 하는 학제산업(學際産業)인 종합과학적인 분야이다[3]. 포장에서 사용되는 재료는 종이·판지, 플라스틱, 금속, 유리, 목재, 점·접착제 등이 있다. 이중 접착제는 포장 재료비 중 약 3% 정도를 차지하고 있다[4,5]. 작은 비중이라고 할 수 있지만 거의 모든 포장재에서 접착제는 필수적으로 사용되기 때문에 포장에서 접착제의 중요성은 크다고 할 수 있다.

포장에서 사용되는 접착제는 골판지와 상자의 제작과 sealing, 포장 재료들의 lamination, label과 점착테이프 등 크게 세 가지로 구분해 볼 수 있다[4-6]. 각각에 사용되는 접착제들은 다시 용제형과 수성형(water-borne), 핫멜트(hotmelt), UV curing 타입으로 분류 할 수 있다. 따라서 본 지에서는 포장에서 사용되는 접착제의 생산 방법과 용도에 따른 분류와 최근 동향에 대해 알아보도록 하겠다.

2. 본 론

2.1. 생산방법에 따른 포장용 접착제의 분류

포장에 사용되는 접착제는 용제형(solvent-borne)과 수성(water-borne), 그리고 핫멜트(hotmelt)와 UV curing 타입 네 가지로 나눌 수 있다.

2.1.1. 용제형 접착제(Solvent-borne adhesives)

포장에 사용되는 접착제의 네 종류 중에서 가장 적게 쓰이고 사용량도 가장 빠르게 감소하고 있는 추세다. 사용되는 분야도 수성이나 핫멜트 접착제가 기술적으로 사용될 수 없는 곳에 한정된다. Rubber-resin 용제형 접착제는 라벨(label)이나 테이프 같은 점착제로 쓰이고 있으나, 가격, 안전, 생산성, 그리고 무엇보다도 환경 규제 때문에 수성이나 핫멜트로 대체되려는 움직임이 강하게 일어나고 있다. 10년 후에 모든 rubber-resin 용제형 점·접착제는 대부분 대체 될 것으로 예측된다[7].

용제형 폴리우레탄(polyurethane)접착제는 플라스틱 필름의 라미네이션(lamination)을 위한 연포장(flexible packaging)에 널리 사용된다. 이런 다층 필름 구조는 bag이나 파우치(pouch), 스낵류의 포장, boil-in-bag food pouch에 적용된다. 이 접착제는 접착력, 인성(toughness), 유연성, 투명성, 내열성에서 이상적인 물성을 갖고 있지만 이것 또한 대체되어 가고 있다.

2.1.2. 수성 접착제(Water-borne adhesives)

가장 오래된 형태이고 포장에 사용되는 접착제 중에서 가장 큰 부피를 차지하고 있다. 환경 규제로 인해 1980년 대부터 대부분 용제형에서 수성으로 바뀌기 시작했다. 수성 접착제의 장점으로서는 쉽고 안전한 취급, 에너지 효율, 낮은 가격, 높은 강도가 있다. 수성 접착제는 다시 천연계와 합성계 두 개의 카테고리로 나뉜다[7,8].

천연계 수성 접착제: 초기부터 40년대까지 포장용 접착제는 자연물질에서 유도된 것들이었고, 여전히 시장에서 많은 부분을 차지하고 있지만, 점차 대체되고 있는 추세다. 종류로는 starch/protein/animal glue/casein/natural rubber latex가 있다[7].

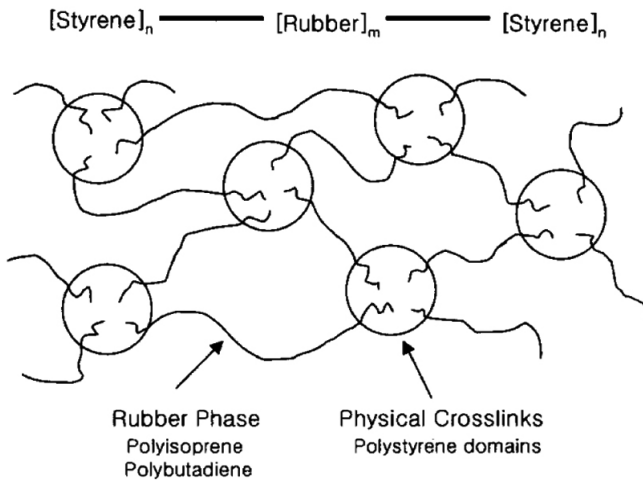


Figure 1. Styrene block copolymer의 구조.

합성계 수성 접착제: 가장 널리 사용되는 접착제이다. 대부분 resin 에멀전(emulsion)이고, 물에 PVA (poly(vinyl acetate))가 분산된 것이다. 여기에 poly(vinyl alcohol)이나 2-hydroxyethyl cellulose ether 같은 water soluble protective colloids와 가소제, 충전제, 용제, 소포제, 방부제(preservatives)가 함유되어 있다. 이런 에멀전은 thin milky fluid부터 thick한 nonflowing paste까지, 액상(liquid) 형태이다. 이것들은 form, seal, label cases, cartons, tubes, bags, bottle까지 폭넓게 사용된다. 최근에는 합성계 수성 접착제가 더 응용이 쉽기 때문에 천연접착제를 대체하고 있다. 이들은 종이와 유리를 접착하는 것 뿐 아니라 플라스틱과 금속의 접착까지 가능하다[7].

합성계 수성 접착제 중에서 대표적인 것으로, 수성 아크릴계 점·접착제를 예로 들 수 있다. 아크릴 에멀전 접착제는 친환경적이고 내후성과 코팅과정에서 가공의 편리함 때문에 라벨에 널리 사용되고 있다[8].

2.1.3. 핫멜트 접착제(Hotmelt adhesives)

핫멜트는 지난 25년 동안 포장용 접착제 중에서 가장 빠른 성장을 한 중요한 분야이다. 대부분은 case와 carton에서 빠른 속도로 큰 부피를 차지해가고 있다. 핫멜트는 100% 고체로 이루어져있고 열가소성(thermoplastic)이라서 실온에서 고체 상태고, 열을 가하면 액체 상태로 변하지만, 열을 식히면 다시 고체형태로 돌아온다. 핫멜트는 빠른 결합형성, 짧은 경화시간이라는 장점이 있지만 열을 견디는데 한계가 있고, 온도를 상승시키면 쉽게 응집력을 잃을 수 있다는 단점이 있다. 따라서 핫멜트는 대부분의 포장에 적합하지만 hot-fill 이나 bake-and-serve같은 곳에는 적용할 수 없다[7].

핫멜트 접착제는 기본수지에 따라서 올레핀계, 고무계, 폴리에스테르계, 폴리아미드계로 구분한다. 핫멜트

Table 1. Scheme of radical photo-polymerization

Initiation	Photo-initiation	$PI \xrightarrow{h\nu} R \cdot$
	Chain-start	$R \cdot + M \rightarrow R-M \cdot$
Propagation		$R-M \cdot + M \rightarrow R-M_n \cdot$
Transfer		$R-M_n \cdot + TH \rightarrow R-M_n-H + T \cdot$
Termination	Recombination	$R-M_n \cdot + T/R \cdot \rightarrow R-M_n-T/R$
	Quenching	$R-M_n \cdot + Q-H \rightarrow R-M_n-H + Q$
	Disproportionation	$2 R-CH_2-CHX \cdot \rightarrow R-CH_2-CH_2X + R-CH =CHX$

접착제는 기본적으로 다음과 같은 성분으로 구성되어 있다[9,10].

- ① 기본수지: 에틸렌 비닐 알코올(ethylene vinyl alcohol) 공중합체, 에틸렌 비닐아세트산(ethylene vinyl acetate) 공중합체, 폴리아미드(polyamide), 폴리에스테르(polyester), 스티렌-이소프렌(styrene-isoprene) 공중합체 등
- ② 점착 부여제: 로진, 로진 유도체, 석유수지 등
- ③ 왁스 : 파라핀 왁스(paraffin wax), 저 분자량 왁스 등
- ④ 산화방지제: phosphite, benzofuranone, thiolester[11] 배합비에서 제일 많은 양을 차지하는 것이 기본수지이고, 기본수지 중 핫멜트 접착제에 가장 많이 사용되는 것은 EVA 공중합체이다. 그 이유는 vinyl acetate 함량을 변화시켜 melt index value의 범위를 조절할 수 있고, 다양한 기재에 우수한 접착력을 보이며, 가격이 싸기 때문이다. 점착부여제를 통해서 물성을 조절할 수 있으며 왁스는 용융 점도를 변경하거나 가격을 낮추기 위해서 사용한다[10]. 이 외에도 핫멜트 접착제는 고온과 빛에 의한 산화로 분해가 진행될 수 있으므로 추가적으로 산화방지제나 광안정제(light stabilizer)를 넣어 주기도 한다[11,12].

Figure 1은 SBC (styrene block copolymer)의 구조를 나타낸 것이다. 고무상 블록(rubber phase)의 종류에 의해 SIS (styrene-isoprene-styrene), SBS (styrene-butadiene-styrene) 등으로 불린다. SBC 핫멜트 접착제에서 스티렌 블록은 물리적 가교가 가능해서 응집력을 높여주고 고무상 블록은 유연성을 부여한다[13].

2.1.4. UV-curing 접착제

UV 경화란 Table 1과 같이 일반적으로 UV 조사에 의해서 광개시제(photoinitiator)로부터 생성된 라디칼(radical)이나 양이온(cation)에 의해 개시반응이 시작되어 반응성을 가진 모노머(monomer)나 올리고머(oligomer)가 연속 반응을 통해 경화되는 과정이다. UV 경화는 포장산업에서 접착제 뿐만이 아니라 인쇄용 잉크에도 많이 쓰이고 있다[14]. UV 경화는 용제형, 수성, 핫멜트형 접