특 집

열용융 접착제

선우국일 • 홍윤희

1. 서 론

열용융(Hot Melt, HM) 접착제는 상온에서 고체상의 물질로 용매에 용해하거나 분산시키지 않고 100% 고형분만을 열에 용융시켜 액상으로 만들어 사용하는 접착제이다.

용융상태에서 피착면에 도포된 후 피착제표면 및 주위에 열을 발산함으로 냉각고화가 된다. 타 용제형 접착제나 수분산형 접착제 등에 비해 건조 과정이 필요없어 작업공간이 작게 필요하며 접착속도가 빠른 특징을 가지고 있다. 고속 접착력은 생산라인의 자동화 및 생산성 증대를 가능케하여 생산성 향상, 인건비 절감, 도포량 조절로 인한 원료량 감소 등 상당한 경제성을 갖고 있다. 또한 광범위한 소재에 대한 접착이 가능하여 포장, 제본, 목공, 섬유, 제화, 자동차, 전기전자 등 여러분야에 이용되고 있으며, 향후에도 더 광범위한 분야에 사용범위가 늘어날 전망이다.

2. HM 접착제 조성

2.1 기본수지

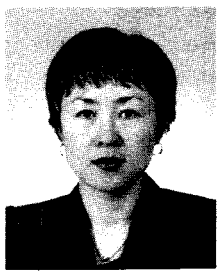
HM접착제의 물성중 가장 중요한 접착력과 응집력에 큰 영향을 주는 것이 기본 수지이다. 별도 배합이 필요없이 사용하는 polyester, polyamide, polyurethane계 수지는 수지 합성시 사용목적과 도포 방법 등에 맞는 필요한 물성을 수지 단독으로 충족시킬수 있도록 설계된다. 한편, ethylenevinylacetate (EVA), styrenic block copolymer (SBC) 등 대부분의 수지는 점착부여(tackifier) 수지나 wax 등 타 조성물과의 배합을 통해 요구 물성을 충족시키고 있다. 이 경우에도 배합을 통해 변화시킬수 있는 한계가 있으며, 조성물 선택 및 사용량 등도 기본 수지와의 상용성 등을 고려해야 하므로 기본 수지가 접착제 물성 전반에 가장 큰 영향력을 주는 요소임에 분명하다.

여기에서 기본 수지로 사용되는 고분자중 중요한 수지의 특징 및 물성등을 살펴보는 것이 좋겠다.

2.1.1 폴리에틸렌(PE)

에틸렌으로 형성된 폴리에틸렌수지의 기본 구조는 $-CH_2-$의 반복이며, 말단은 이중결합이나 메틸기로 구성되어 있다. 에틸렌은 반응시 head-to-tail의 정상적인 구조로 반응되지만 간혹 비정상적인 구조를 형성하게 된다. 이럴 경우 side chain이 형성되거나 불포화 구조형성이 일어난다. 이러한 irregularity는 반응방법 및 조건에 따라 다르며 물질의 밀도 차이로 구별된다. 즉, irregularity가 적을 경우 분자량이 더 길게 형성되고 또한

선우국일
1975~1980 서울대학교 화학공학과(학사)
1980~현재 선경인더스트리 중앙연구소 책임연구원
1994.8~1994.12 American Graduate School of International Management 단기 MBA 이수



홍윤희
1980~1984 미국 Rhodes College 화학과 (학사)
1984~1988 미국 University of North Carolina 화학과(박사)
1988~1992 미국 Hercules Incorporated사 중앙연구소(선임연구원)
1992~현재 선경인더스트리 중앙연구소 (선임연구원)

Hot-melt Adhesives
선경인더스트리 중앙연구소(Kook-Il Sunwoo and Yoon-Hee Hong, Sunkyong Industries Corporate R&D Center 600 Jungja-1-Dong, Changan-Ku, Suwon-Si, Kyungki-Do 440-745, Korea)

분자간 packing이 dense하여 고밀도 HDPE를 형성하고, 좀더 irregular한 부분이 많을 경우 저밀도 LDPE가 형성된다.

접착제용 PE는 주로 melt flow index 수치로 판단을 하고 있으며 MFI 2~20가 사용되고 있다. 주로 사용되는 PE의 평균분자량은 8,000에서 10,000이며 단독 사용이 되기도 하지만 약 15~20%의 점착부여수지와 함께 배합되어 사용이 된다.

2.1.2 에틸렌 초산비닐(EVA)

HM접착제에 가장 많이 사용되는 수지이다. HM접착제용으로 사용되는 수지는 주로 초산비닐 함량이 18~40% 사이이고, MI는 2~200사이이다. 수지내 초산비닐 함량과 분자량에 의해 수지의 물성이 결정된다.

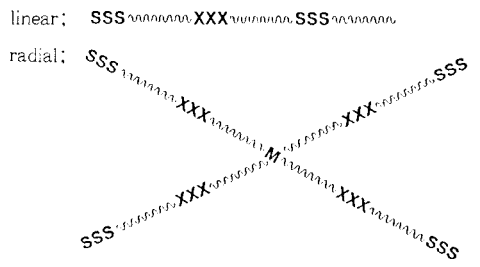
초산비닐 함량이 높을수록 순수 PE의 결정성 파괴가 더 이루어져 저온물성, 유연성 등이 우수하고, 극성기의 도입으로 인해 여러가지 용매에 대한 용해성, 접착력, hot tack 등이 좋은 수지가 된다. 반면 hydrocarbon계 점착부여수지나 paraffin 등 일반적으로 많이 사용되는 접착제 조성물과의 상용성과 내 blocking성이 저하되기 때문에 VA함량이 30% 이상인 수지는 꼭 필요한 경우에만 사용된다. 일반적으로 VA함량이 18~30%인 것이 배합시 유리하며, VA함량이 높을수록 열안정성이 감소된다.

수지의 MI는 수지의 분자량의 척도이다. 같은 VA함량을 가진 수지도 MI가 1 이하에서 500정도까지 다양하며 MI가 낮은, 즉 분자량이 큰 수지일수록 heat seal 강도, 유연성, hot tack, 응집력 등이 우수하고 용융점도가 높으며 open time이 짧다.

EVA는 대체로 점도가 높고 내열도가 취약하여 사용에 한계가 있으나, 가격이 저렴하고 광범위한 접착력을 갖도록 배합기술로 유도가 가능하여 많이 쓰이고 있다. 배합이 필수적이며, 배합시 EVA를 35~40%, 점착부여수지를 35% 그리고 왁스를 25~30% 정도 첨가하는 것이 기본이나, 사용 분야 및 적용시 작업방법에 따라 최종 배합이 결정된다.

2.1.3 Styrenic Block Copolymers (SBC)

Styrene block copolymer는 "living" polymerization에 의해 block 형성을 원하는 순서대로 단량체(monomer)를 투입하므로써 만들어진 고분자(polymer)이다. block 수와 길이를 원하는대로 조정할 수 있으며, 또한 구조도 선형(linear)구조 또는 별모양 같은 radial 구조를 형성할 수도 있다. 이 두 구조의 차이는 solubility와 melt viscosity의 차이에서 현저하게 나타나는데 같은 분자량을 가진 경우 radial type이 더 낮은 용융점도를 가지고 있다. Styrene 다음의 block은 isoprene이나 butadiene으로 형성하는데 SIS는 주로 점착용(PSA)수지로 사용되며 SBS가 일반 HM용(non-PSA)으로 사용된다.



SIS 사용이 전체 SBC의 3분의 2를 차지한다. Butadiene으로 block이 형성된 경우 반응이 1,4 addition과 1, 2 addition이 있으므로 SBS의 midblock을 수소화 반응시킬 경우 SEBS라 한다.

SBC는 thermoplastic이며 block끼리 물리적 결합(entanglement)에 의해 상온전후에서 고무적 성질을 보유하는 독특한 수지이다. SBS와 SIS는 둘다 -80℃ 이하까지 flexible하며 내열성은 styrene의 T_g인 90~100℃이다. 전기절연성이 우수하며, SEBS는 UV-aging까지 보유하고 hydrolytic 안전성이 우수하여 내산성이나 내알칼리성이 요구되는 용도에 적합하다.

주로 배합을 하여 사용되고 있으며 보통 25~30% SBC, 45~50% 점착부여수지와 약 25%의 오일 등으로 혼합하여 사용되고 있다.

2.1.4 Ethylene Acrylic Copolymers

Ethylene-acrylic acid copolymer (EAA), ethylene-methacrylic acid copolymer (EMAA), ethylene-methylacrylate 등 산(acid)이나 에스테르(ester) group을 포함한 고분자로 EVA보다 나중에 접착제 시장에 진출을 하였다. 이 copolymer들은 중합시 ethylene과 동시에 중합을 하여 합성된 random polymer들이다. Acrylic group은 PE chain의 결정화 형성을 막아주며, 용융온도나 용융점도 등에 변화를 주는 한편 사용되는 monomer 종류에 따라 접착력 및 강도 등에 많은 차이를 보인다.

EAA	극성표면에 강한 접착력 비극성 표면에 낮은 접착력
EMAA	우수한 hot tack과 heat seal 강도 보유 극성표면에 우수한 접착력
EMA	우수한 heat sealability 비극성 표면에 우수한 접착력

표 1. Ethylene Copolymer의 비교표

	EAA	EMA	EMAA	EEA	EVA (18%VA)	LDPE	Ionomer
〈접 착〉							
종 이	◎	◎	◎	○~◎	○~◎	○	◎
OPP	×	◎	×	×	×	○	×
Coated cellophane	×	◎	×	×	×	×	×
AL-foil	◎	×	◎	×~○	×	×	◎
Hot tack	◎	○	◎	○	×~○	○	◎
Seal 강도	○	○	◎	○	○	◎	◎

◎ 우수, ○ 양호, × 불량

2.1.5 Polypropylene 수지

Propylene monomer의 연결 구조에 따라 isotactic, syndiotactic 등 여러가지 구조를 가질 수 있으나, 핫멜트 접착제용 수지로는 amorphous 구조를 가지며 평균분자량 3,000에서 10,000사이의 수지가 사용된다. Amorphous polypropylene (APP)은 inherent tack을 보유하고 있어 단독 사용이 가능하고, tackifier를 사용할 경우 타 olefinic 수지보다 작은양 사용이 가능하다.

2.1.6 Polyamide

접착제로 사용되는 polyamide는 주로 diacid와 diamine의 반응에 의해 만들어진다. 접착제용으로 사용되는 PA는 nylon계와 dimer acid계가 있는데 그 기본 차이는 구성원료이다. 분자량은 2,000에서 20,000사이이며 분자량이 높을수록 인장강도, 신율, 점도 등이 높으나 연화점에는 크게 차이가 나타나지 않는다. HMA용은 산가가 낮게 반응을 하고 있다.

Nylon계는 dibasic acid와 diamine 또는 caprolactam과 같은 ring 구조를 갖는 monomer를 사용하여 합성이 되며 polar group (amide)과 non-polar (hydrocarbon)의 portion을 조절하므로써 melting point와 기타 물리적 물성의 변화를 유도한다. Polar한 표면에 대한 접착이 우수하며, 응집력이 우수하여 의복의 심지 fusible interlining이나 tin 깡통의 side-seaming에 사용된다. 이런 용도의 PA는 주로 nylon 6, nylon 6,6′와 nylon 12 terpolymer type 들이다.

Dimer acid계 PA는 식물성 fatty acid를 dimerize 시킨 dimer acid를 주 diacid로 하여 diamine과 반응을 시켜 합성된 PA이다. 주 원료인 dimer acid는 C18인 fatty acid가 주성분으로 합계 C36이며 acid group이 2개이므로 bulky한 hydrocarbon은 non-polar substrate와, polar한 amide group과 또한 말단기에 있는 amine acid는 polar 표면에 대한 접착력을 유도하므로 광범위한 표면에 대한 접착이 가능할 뿐 아니라 표면에너지 차이가 많은 다른 표면, 즉 steel/PVC 또는 Al/PE 등의 접착이 가능하다. 주로 단독으로 사용되지만 경우에 따라 타 수지와 mixing이 필요할 때 광범위한 상용성을 보여 EVA를 포함하여 polyisobutylene과 같은 수지에도 완전 또는 partial 상용성을 보유하므로 여러 종류의 수지와 formulation하여 사용할 수도 있다.

Melt viscosity가 낮고 setting이 빨라 고속 생산시 유용한 접착제이다. 경우에 따라 높은 점도나 저속 setting이 필요시 타 수지나 filler와 blending을 하여 조절이 가능하다. 사용되는 dimer acid의 질에 따라 형성되는 분자량 및 물성의 차이를 보인다. 저급 grade도 가격이 EVA 등 범용수지보다 높아, 높은 물성이 요구되는 전기전자, 신발, 자동차, 가구 등에서도 특히 고품질이 요구되는 분야에 주로 이용되고 있다. 가구용 등 filler가 다량 함유되어 사용되는 용도의 접착제는 가격이 비교적 낮은 반면, 고분자량의 순수 polyamide가 필요한 분야에 사용되는 PA수지는 고가이다.

2.1.7 Polyester

Hot melt 접착제용으로 사용되는 polyester계 수지는 saturated polyester로 terephthalic acid와 isophthalic acid를 주 acid로 사용하여 1,4-butanediol과 합성하여 이루어진 수지이다. PES수지는 크게 modify하지 않고 사용하고 있으나 경우에 따라서 filler 등과 혼합하여 사용하기도 한다. 내수성, 내약품성, 열안정성, non-porous 표면과의 접착력, 내유성 등의 특징을 가지고 있으며 특히 polyester계 부직포나 직물 등에 대한 접착력이 우수하고 의복의 interlining이나 label 부착에 필요한 washability를 가지고 있다. 주로 적용되는 분야는 의류접착, 자동차의 내장제 등의 접착, 신발용, 가전제품 등이다.

2.1.8 Polyurethane 수지

대부분의 HMA용 수지는 thermoplastic이다. 그래서 구조용이나 높은 내열도(150℃ 이상)를 요구하는 분야에서는 사용의 한계가 있다. 이러한 단점을 보완하기 위해 개발된 것이 thermoset type HMA이고 그중 PU수지가 상품화 되어 있다.

PU HM용 수지도 compounding 과정을 거치지 않고 단독사용되고 있다. HM용 PU는 도포전 상온에서 thermoplastic 고체이며 free isocyanate을 함유하고 있다. 일반 HMA와 같이 고온에서 녹여서 용융상태에서 적용이 되며, 냉각과 동시에 setting이 되므로 단시간내 setting이 된다. Setting후에도 free isocyanate group이 대기 수분과 반응을 하여 경화를 하여 thermoset의 특성까지 가지게 되므로 우수한 내열성 및 내 용제성을 보유한 접착제가 된다. 고가제품으로 주로 적용되는 분야로는 내열성, 내구성, 유연성 등이 요구되는 자동차 부품부착, 고급가구, 판넬작업, 고급서적 제본 등이나 그 용도는 점차 확산되어가고 있는 추세이다. 우수한 접착력을 보유하기 때문에 일반접착제 대비 적은량을 사용하여 우수한 접착을 얻을 수 있다.

2.2 점착부여 수지

HMA용 수지중 EVA나 SBC 등 몇몇 수지는 용융점도가 높고 고화시간이 길어 단독사용이 거의 불가능하다. 용융점도가 높을 경우 적용가능한 점도가 되도록 가열을 하면 에너지 손실뿐 아니라 수지의 분해로 인한 물성의 저하와 긴 고화시간을 초래하여 HMA의 큰 장점을 잃게 된다.

점착부여 수지는 저분자량 수지로, 기본 수지와 혼합하여 사용할 경우 접착제의 용융점도를 낮추고 경우에 따라 **표 2**에 나타난 것 같이 관능기를 부여하기도 하여 접착초기 젖음(wetting)과 접착력을 향상하며 고화시간

표 2. 접착부여 수지 종류 및 관능기 유무

구 분	상 세 구 분	관능기 유무
석유수지	방향족(스틸렌, 인덴 등)	무
	지방족(C_5, C_9, C_5/C_9 등)	무
	혼 합(지방족/방향족)	무
로 진	Wood	유
	Gum	유
	Tall oil	유
	수소화된 수지	유
Terpene	α 및 β pinene계	무
	D-limonene계	무
	Styrenated terpene계	무
	Terpene phenol	유
고 무	부틸고무 등	무

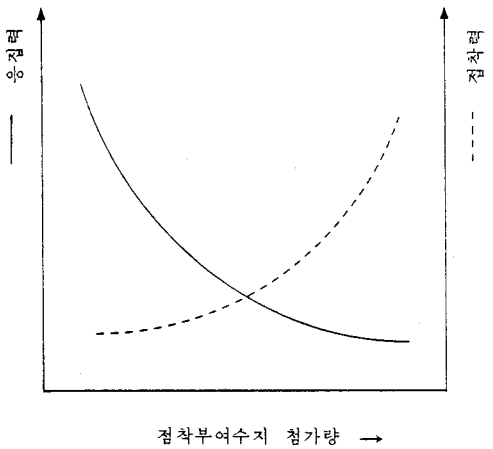


그림 1. 점착부여 수지 첨가시 응집력과 접착력의 변화.

(open time과 setting time) 등의 조절이 가능하게 한다. 수지의 종류는 크게 석유수지계, 로진계, terpene계로 나뉘는데 다양한 분자량, 연화점 및 유리전이온도 등을 갖는 수지중 선택을 하여 사용할 수 있다. 선택시 고려사항으로는 기본 수지와의 상용성, 점도조절, 적용온도와 사용조건에서의 휘발성 및 열안정성 등이 있다. 점착부여제 첨가시 **그림 1**과 같이 응집력은 떨어지고 접착력은 향상하게 되는데 그 정도는 수지에 따라 크게 차이가 나기 때문에 수지 선택이 중요하다. 또한 용도에 따라 응집력과 접착력의 balance를 고려하여 사용량을 결정해야 한다.

2.3 왁 스

핫멜트 접착제에 왁스를 첨가하여 얻는 효과는 용융점도의 저하, 비극성 표면에 대한 젖음성 향상, blocking 방지, 고화시간의 조정 등이 있다. 왁스를 사용할 경우 기본 수지의 강도 저하가 나타나고 대량 사용시 이형가능성까지 있으므로 필요 이상으로 쓰지 않는 것이 좋다. 주로 포장, 제본 등 강도를 요구하지 않는 분야에 다량사용이 가능하며, 가격이 저렴하여 전체 접착제 배합가격을 낮추기 위해 사용된다.

HM용 왁스로 paraffin wax가 가장 많이 쓰이나 microcrystalline wax, PE wax, Fischer Tropsch wax 등도 쓰인다. Paraffin wax는 가격이 저렴하고 내blocking성 및 고화시간 단축의 효과는 있으나 접착제의 응집력 저하 현상이 두드러지게 나타나게 된다. 결정화 정도나 크기를 조절하기 위해 microcrystalline wax 등과 병행하여 사용할 경우 접착력의 향상 등을 도모하기도 한다.

최근에 관능기를 가진 wax들이 많이 개발되므로써 여러 계통수지와 상용성이 향상되어 wax사용 범위 및 분야가 다양해지고 있다. 특히 극성(polar)고분자와의 상용성이 우수하여 극성고분자의 배합시 조성물 선택의 폭이 넓어지고 있다.

2.4 가소제

가소제는 HM접착제의 용융온도 및 용융점도의 저하를 유도하여 가공을 용이하게 하기 위해 사용되어 왔다. 용융점도 저하를 위해서는 점착부여수지가 주로 쓰이므로 가소제는 최근에 주로 극성 고분자에 유연성 및 접착성을 부여하기 위해 사용되고 있다. 일반적으로 극성 고분자는 저온에서 딱딱하게 되므로 유연성이 있는 타 고분자와 배합하여 유연성을 향상시키는 방법이 사용되어 왔다. 그러나 그러한 방법에 의한 유연성 향상은 한계가 있다. 더욱 효과적인 방법은 저분자량 극성가소제를 사용하여 유연성을 부여하고 내한성 등 저온 물성을 향상시키는 것있다. 이러한 방법은 주로 점착제용 HMA에 많이 사용되고 있다. 그밖에 용융점도 저하, 고화속도 조절, 피착제의 젖음성 향상, tack성 부여 등 wax와 점착부여수지의 역할을 하기도 한다. 가소제로 쓰이는 것은 적용 조건을 고려하여 일반용제에 비해 분자량이 크고 비점이 높은 것을 선택하는데 경우에 따라서 가소제와 점착부여수지를 공동사용할 필요가 없이 가소제만으로 원하는 물성을 얻기도 한다. 다량 사용시 접착 강도가 낮아지므로 사용량 조절이 필요하다. 액체 가소제와 달리 고체 가소제를 사용하게 되면 인장강도 등의 저하 정도가 작으며 용융상태에서 점도조절과 set time과 open time 조절이 가능하게 된다.

가소제 선택시 타 첨가제와 마찬가지로 수지와의 상용성, 가소효율정도, 휘발성, 고온 안정성 등이 고려되어야 하며 용도에 따라 전기절연성 및 불연성 등도 동시에 고려하는 것이 필요하다.

2.5 충진제

충진제의 주역할은 흐름성을 조절하는데 있다. 점도를 높이기 위해서는 입자가 작은 무기질을 사용하는데 탄산칼슘, 바라이트나 클레이 등이 많이 사용되며, 표면적이 큰 실리카 등은 용융물질내에 구조를 형성하여 thixotro-

py 등의 성질을 부여하기도 한다. 충진제 사용의 또다른 효과는 전체 접착제 가격 절감, 치수안정성, 기계적 강도 증가 등이 있다. 이 경우 과다 사용으로 인한 접착력 감소 등을 고려하여 적당량을 사용하여야 한다. 대개 접착력이 크게 요구되는 분야에서는 거의 쓰이지 않거나 소량만이 사용된다. 그밖에 열전도율, 난연성, 전기특성 등을 충족시키기 위하여 충진제를 선택하여 사용하기도 한다. 대표적인 무기충진제와 그 특성은 **표 3**에 간단하게 정리되었다.

2.6 산화방지제

산화방지제의 사용여부 및 선택은 기본 수지 또는 첨가제 종류와 접착제 사용도에 따라 결정되어진다. 즉 가격적인 이유나 물성조정 등의 필요로 인하여 열안정성이 약하여 쉽게 산화될 수 있는 구조를 포함하고 있는 물질이 배합시 포함될 수 있다. 기본 수지의 열안정성은 좋으나 고열에서 산화되기 쉬운 점착부여제 등을 사용하였을 경우 그 점착부여제로 인하여 접착제 전체의 열안정성 또는 사용시 산화로 인한 물성변화 등을 유발시킬 수 있다. 산화방지제를 사용하므로 산화 및 분해로 인한 점도의 변화, 황변현상, 접착력 저하 및 내구성 저하 등의 개선이 가능하다.

사용방법에 따라 사용량 등을 결정할 수 있다. 즉 'gun' application처럼 짧은 시간동안 단 한번의 용융을 거쳐 사용되는 경우는 극히 소량이 필요하여 수지 제조업체에서 첨가한 양 정도로도 충분하다. 그러나 오랜 시간 동안 고온에서 용융상태로 저장되어 사용이 되는 경우는 산화 가능성이 높으므로 충분한 양이 첨가되어야 한다. 많은 산화 방지제들이 실온에서는 효과가 우수하나 고온에서 사용시 증발이나 자체 구조변화 등으로 인하여 효과가 감소하는 경향이 있으므로 사용조건 등을 고려하여 잘 선택하여야 한다(**표 4** 참조).

표 3. 대표적인 무기충진제와 그 특징

충진제	조 성	특 징
탄산칼슘	$CaCO_3$	치수안정성, 가격절감
탈크	$3MgO \cdot 4SiO_2 \cdot H_2O$	탄성, 치수안정성, 가격절감
바라이트	$BaSO_4$	내약품성
카오린 클레이	$Al_2O_3 \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$	탄성, 치수안정성, 내약품성, 가격절감, 내열도
알루미나	Al_2O_3	치수안정성, 전기저항
카본블랙	C	흑색착색, 열전도성, 전기전도성, 가격절감
실리카	SiO_2	흐름성조절, 전기전도 또는 저항성조절, 치수안정성

표 4. 접착제 배합 조성물과 그 특성

구 분	특 성
고 분 자	• 주 조성물 • 강도 및 응집력 부여 • 기계적 물성
점착부여 수지	• Hot tack 상승효과 • 젖음성 (wetting) 향상 • Open time 조정 • 접착력 증가효과
왁 스 류	• 용융점도 감소 • 젖음성 (wetting) 향상 • 원가절감 • 실온강도 감소 가능 • Setting speed 조절
가 소 제	• 점도 감소 • 젖음성 (wetting) 향상 • 유연성 향상 • 내한성 향상 • Set time과 Open time 조정
무기 충진제	• 원가 절감 • 점도 상승 • 절연성, 전도성, 난연성등 부여가능
산화방지제	• 작업시 산화방지 • 내구성 향상

3. 접착제 선택

접착제란 고체로 형성된 물체간의 접촉결합을 이루게 하는데 사용된다. 그러기 위해서는 액상상태에서 적용되어야 하며 접합시키고자 하는 물체들의 완전결합을 위해 결국 고체화 되어야 한다. 용제형은 용제가 기화됨으로써 접착제가 고체화 되고, 가교형은 가교과정이 진행되면서 고분자 분자량의 상승과 함께 고체화 되며, HM형은 용융상태의 액상 물질이 냉각과정을 통해 고체화가 된다. 어떤 과정을 거쳐, 어떤 형태로 접착을 시킬지 결정하는 것은 피착제 종류 및 모양, 작업성 및 설비 등을 고려하여 이루어진다. 특히 접착력을 포함한 접착제 물성은 접착제 도포 과정시 피착제 표면과 접촉정도, 도포량, 고체화 되는 과정 등에 따라 동일한 제품을 사용할 경우도 다른 결과를 나타내낼 수 있기 때문에 제품 생산시 가장 조절이 용이한 방법을 선택한다. HM형 접착제 사용을 결정한 상태에서 적절한 접착제 종류(수지종류 및 배합)를 선택할 때 고려사항중 몇 가지를 살펴보기로 한다.

3.1 표면에너지

접착제가 피착제 표면에 침투과정을 거쳐 균일한 막을 형성하기 위해서는 피착제의 표면에너지가 액체인 접착제의 표면에너지 보다 높아야 하며 그 차이가 작을수록 접착이 잘 되는 것은 접착제외 잉크나 도료 등 결합형성이 필요한 모든 분야에 잘 알려져 있다. 결국 접착제가 피착제에 잘 결합하기 위해서는 intimate contact이 이루어져야 하며, 그러기 위해서는 퍼짐성(spreading)과 침투성(wetting)이 있어야 하는데 피착제의 표면에너지가 더 높을 때 그러한 현상이 나타날 수 있다는 것이다. 표면에너지가 낮은 polyethylene과 polypropylene 같은 피착제를 표면처리없이 붙이기 쉬운 접착제가 많지 않은

것이 그 이유이다. 이것을 극복하기 위해 표면에너지가 낮은 피착제를 표면처리 등을 통하여 피착제의 표면에너지를 높이고 있다. 그리하여 피착제의 표면에너지가 접착제(액체)의 표면에너지 보다 높게 유도하여 접착력 향상을 꾀한다.

표면에너지 차가 많은 다른 두 피착제를 접착시킬 필요가 있을 때 접착제의 표면에너지와의 관계를 잘 고려하여 선택하여야 한다. 어느쪽 표면과의 긴밀한 접착이 더 필요한지 또는 피착제 종류에 따라 예측되는 접착난이도를 고려하여 접착제를 선택하여야 한다.

3.2 접착제의 용융점도

일반적으로 점도가 낮은 액체의 도포가 용이하다. 그러나 원하는 도포량, 생산속도, 피착제 표면의 형태에 따라 낮은 점도가 꼭 이상적이 아님을 알 수 있다. 점도가 너무 낮으면 도포 두께 조절이 어렵고 접착을 원하는 부위 옆으로까지 접착제가 번져 작업이 깨끗하지 못하다. 또한 접착부위마다 다른 접착두께를 초래하기도 한다. 한편, 점도가 너무 높으면 피착제 표면이 충분히 젖거나 퍼지지 못한 상태로 접착과정이 끝나 불완전한 접촉 형성으로 접착력이 크게 감소하게 된다. HM접착제는 용융온도에 따라 용융점도가 달라진다. 따라서 접착제 도포시 용융온도에 따라 접착력의 차이가 현저히 나타난다. 피착제에 도포시 피착제의 온도 그리고 피착제와 도포기 사이의 거리의 유지가 일정하지 않을 경우 접착력이 달라질 수 있다. 일차 피착제에 도포후 이차 피착제와의 접착시간 및 접착후 압력 등 접합조건 등도 중요한 요소이다.

수지의 종류에 따라 또는 배합정도에 따라 온도별 점도의 변화도 크게 다르다. **그림 2**의 접착제 B는 완만한 변화를 보인다. 온도 T_1에서는 같은 용융점도를 가진 것처럼 보이나 T_1에서 1차 피착제에 도포를 하더라도 2차 피착제와 접촉시 용융점도가 많이 다르고, 2차 피착제 표면 및 작업속도를 고려하여 접착제를 선택하여야 한다. 또한 접착도포 방법에 따라 도포시 용융점도의 범위가 설정된다. 접착제 C는 점도가 높아 목공용 등으로 사용이 가능해 보인다.

또한 같은 종류의 피착제를 접착하여도 생산속도에 따라 적절한 점도의 접착제가 선택이 되기도 한다. 접착속도가 느리면 낮은 점도, 원하는 생산속도가 빨라질수록 hot tack이 좋고 온도별 점도 변화가 큰 제품을 사용하는 것이 바람직하다. 가장 바람직하기는 짧은 set time과 긴 open time을 갖는 접착제이다. HM접착제 사용시 도포 방법에 따라 접착제가 장시간 용융상태로 사용된다. 이러한 경우 열분해나 반응 등으로 용융점도가 변하여 접착물성에 큰 변화를 가져올 수도 있다. HM접착제의 열안정성은 필수적이며 사용방법에 따라 허용되는 열안정성 정도를 고려하여 HM접착제 수지 및 기타 조성물이 선택되어야 하겠다.

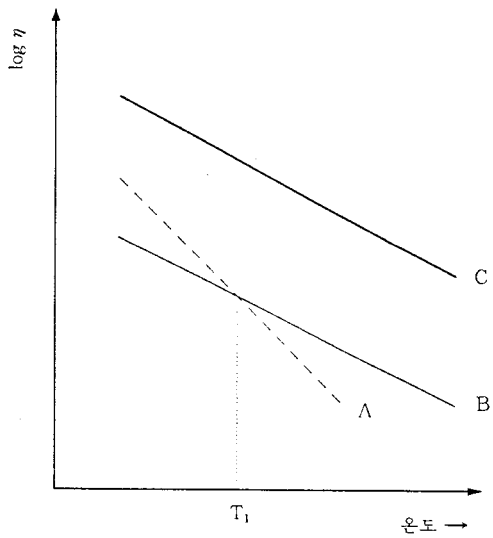


그림 2. HM형 접착제의 온도별 용융점도 변화 비교.

3.3 접착강도

접착제와 피착제간의 결합력을 접착력(adhesive strength)라고 하며, 접착제 자체의 힘을 응집력(cohesive strength)라고 한다. 접착제가 사용된 제품의 용도에 따라 요구되는 접착력과 응집력의 범위가 있을 것이다. 영구사용을 목적으로 하지 않은 용도(예 ; 점착테이프류, box포장 등)에 사용될 때 peeling시 접착면의 파괴(adhesive failure)가 바람직한지 또는 접착제의 파괴(cohesive failure)가 바람직한지가 결정되어야 할 것이다. 접착강도는 adhesive strength와 cohesive strength를 통칭하는 용어이며 접착제와 피착제간의 mechanical interlocking과 chemical interaction, 그리고 접착제끼리의 chemical interaction과 entanglement 등의 physical 결합 등 여러가지 요소에 의해 결정된다. 일반적으로 접착 강도를 지배하는 가장 큰 요소는 화학적 결합력이다. 즉 접착제와 피착제간의 결합은 극성 또는 반응성(2° 포함) 관능기의 존재 및 interaction 정도에 밀접한 관계가 있다. 또한 접착제 조성물질간의 화학적 interaction이 높을수록 강한 응집력을 보유하게 된다.

접착강도가 요구될수록 high performance 접착제인 폴리아미드(PA) 또는 폴리에스테르(PES)계 수지 사용이 필요하고, 구조용으로는 반응성 HM접착제인 폴리우레탄(PU)계 수지를 선택하는 것이 바람직하다. 접착이 된 제품의 용도에 따라 접착제가 받는 stress의 종류도 다양하다. 일반적으로 접착제는 compression이나 shear stress에는 강한 편이나 tension이나 기타 stress의 강도 및 주기에 따라 접착제 선택이 달라진다. 일반적으로 딱딱한(rigid) 접착제는 shear에는 강하나 tension에는 취약하다. Cleavage나 peel mode에 견디기 위해서는 외부

로부터 받은 stress를 joint에 골고루 분포하여 local stress를 덜어 줄 수 있는 flexible한 접착제가 바람직하다. 이런 점이 수지의 선택이나 배합시 고려될 때, 원하는 접착강도를 갖는 접착제 선택이 가능하다.

3.4 접착제 사용시 필요물성

접착강도외에 접착제에 요구되는 물성은 여러가지가 있다. 대부분이 접착제로 조립된 제품의 사용시 환경변화 등에 접착력을 유지하며 견딜수 있는지를 예측하는 방법으로 사용된다. 내한성 및 내열성의 범위, 유연성 측정, 조성물간 상용성 측정 등으로 사용가능한 온도범위 설정 및 노화현상 등을 예측할 수 있다. 내열성을 추정하기 위하여 연화점에서 shear adhesion failure온도, peel fail 온도, POP-open온도 등까지 용도에 따라 다양한 실험을 하게 된다. 대부분의 측정항목은 KS나 ASTM 등 규격화된 측정방법이 있으나 그 방법이 물성 예측에 크게 기여하지 못하는 경우도 있다. 더욱 현실과 가까운 물성 예측을 하기 위하여 여러가지 측정 방법이 고안되고 있다. 선경인더스트리에서도 점탄성 및 유변물성 등 여러가지 이론을 토대로 물성 예측을 조금 더 정확히 해낼 수 있는 방법을 개발하고 있다.

3.5 물성대비 가격

이상적인 접착제와 사용이 가능한 접착제를 구별하는 것이 중요하다. 접착제의 물성이 아무리 우수하여도 그것이 사용되는 제품 생산시 흡수 가능한 접착제 가격대를 넘어가게 되면 사용될 수 없다. 폴리아미드나 폴리에스테르계 그리고 최근에 개발된 polyurethane계 HM접착제는 용융점도도 비교적 낮고 setting time이 빠르고 접착력도 우수하다. 반면 EVA나 SBC계 접착제는 대체로 점도가 높고 setting time이 느리고 접착강도도 낮은 편이다. 그러나 EVA계 접착제가 가장 많이 사용되고 있다. 그 큰 이유는 접착부위 면적당 사용량이 다소 많더라도 가격이 낮아 부담이 적고 접착력이 크게 요구되지 않는 광범위한 분야에 적용이 가능하기 때문이다. 반면에 내열성이 요구되는 분야에 단순히 가격이 저렴하다는 이유로 값싼 접착제를 선택한다면 생산된 물건의 품질이 저하되어 제품이 제 구실을 제대로 하지 못하거나 불량률이 높아 사용자는 더 큰 부담을 안게 된다. 물성과 가격 등을 잘 고려하여 가장 적절한 접착제를 선택하는 것이 중요하다.

표 5에 범용 EVA계 접착제, 폴리아미계 접착제와 폴리에스테르계 접착제의 특성이 간단하게 요약되어 있다. 구체적인 접착강도자료가 없이도 내열성, 기계적 강도, 고화시간 및 용융점도 등을 고려해 볼 때 원하는 용도에 따라 선택해야할 수지 종류를 결정하는 것이 그다지 어렵지는 않다.

표 5. 수지별 특성 비교표

항 목	EVA	Polyester	Polyamide
내 한 성	보통~양호	보통	보통~양호
내 열 성	나쁨	우수	양호~우수
기계적 강도	보통	우수	양호~우수
내 후 성	보통	양호	보통~양호
용 융 점 도	높음	보통	낮음
고 화 시 간	느림	보통~빠름	보통~빠름
용 도	범용	접착강도요구분야	접착강도요구분야
비 고	• 가격 저렴하여 접착강도가 크게 요구되지 않은 광범위 분야에 적용	• 표면이 매끈한 극성계 피착제 접착에 우수	• 광범위한 표면에 대한 접착가능 • 표면에너지 차이가 큰 피착제 종류 접착시 유리

4. HM 접착제 사용분야

HM접착제가 주로 사용되는 분야는 제본(bookbinding), 일회용 위생용품(disposables), 목재(woodworking), 조립(product assembly), 포장(packaging) 등이다. 각 분야마다 제품의 수준에 따라 요구되는 물성의 차이가 다소 있을 수 있으나 분야별 특성을 요약해 보면 **표 6**과 같다.

5. HM 접착제의 특징

HM접착제는 타 접착제에 비해 많은 장점을 가지고 있다. 그중 중요한 몇 가지를 열거하면 다음과 같다.

가. 접착 속도가 빠르며 자동화가 가능하다.
나. 광범위한 접착성을 갖는다.
다. 도포량 조정이 용이하다.
라. Thermoplastic형이라 재활용이 가능하다.
마. 무용제형이라 환경 친화적이다.
바. 작업환경이 안전하고 무해하다.

표 6. 용도별 요구특성

구 분	특 성
제 본	• 양호한 기계적 성질(유연성, 인장강도) • 양호한 접착력
목 재	• 비교적 높은 점도 • 양호한 기계적 성질 • 내열성
조 립	• 우수한 접착력 • 우수한 기계적 성질 • 내열성
포 장	• 빠른 고화시간 • 낮은 점도
일회용 위생용품	• 낮은 점도 • 양호 또는 우수한 열안정성 • 투명 및 무색 • PE 등 비극성 표면에 대한 접착력

사. 비교적 작은 작업공간이 필요하다.

아. 내 약품성이 양호 또는 우수하다.

HM접착제의 단점으로는 가교형보다 내열성이 약하고 접착력이 작업조건에 따라 차이를 보이는 점 그리고 용제형에 비해 단가가 높다는 점 등이다. 내열성이 필요한 분야에는 polyamide나 polyester계를 사용할 수 있고, 더 높은 내열성이 필요시 경화가 가능한 반응성 polyurethane계를 사용할 수 있다. HM접착제가 생산성이 우수하고 환경 친화적이라는 큰 장점 때문에 선진국에서는 보급이 이미 확대되었고 국내에서도 점차 보급이 크게 확대될 전망이다.