

문화재 보존처리자료

이 용 희
(국립중앙박물관)

문화재 보존처리재료

1. 머리말

문화재 보존처리에 현재 적용되고 있는 재료들은 그 종류를 일일이 열거할 수 없을 정도로 많다. 그러나 보존처리 실행 과정에서 수지재료(resins)처럼 중요한 역할과 기능을 담당하는 것은 흔하지 않다. 보존처리에 사용되는 수지는 아교나 밀풀, Beeswax와 같이 전통적으로 사용되어온 것에서부터 1960년대에 석재 강화처리에 처음으로 적용된 실리콘(Silicone)계 합성수지에 이르기까지 그 종류가 다양하다. 이들 중 다수는 천연 또는 합성의 폴리머(polymer : 重合體)들이며 각 보존처리 분야에서 광범위하게 이용되고 있다.

문화재 보존처리에서 실용화된 수지재료는 그 원료 물질과 합성방법의 차이에 따라 각기 다른 재질적 특성을 지니고 있고 피복제, 접착제, 강화제 등 그 사용목적에 따라 선택된다. 특히 이들 수지재료는 그 특성상 대상물과 직접 접촉되거나 일체화되어 장기간 잔류하게 되므로 보존처리에서 차지하는 비중만큼이나 대상물에 미치는 영향도 크다. 과거 문화재 보존처리에 사용되었던 수지들 중 어떤 것은 문화재 보존처리에 적합하지 않다는 것이 이미 확인되었고 일부는 아직 그 영향이 분명하게 확인되지 않았을 지라도 잠재적 유해성이 있는 것으로 알려져 있다. 때문에 보존처리에 사용되는 수지재료는 그 것이 전통적으로 사용되었던 것이든 또는 새롭게 개발된 신물질(新物質)이든 간에 실제 적용에 앞서 그 고유의 특질과 대상물에 미치는 영향, 보존재료로서의 적합성 등이 충분히 검토되어야 한다.

본문은 현재 문화재 보존처리를 위해 자주 사용되는 수지재료를 중심으로 보존처리 담당자가 기본적으로 고려하여야 할 사항 그리고 적용 시 참고할 수 있는 재질 특성들을 요약 정리한 것이다.

2. 수지(Resin)의 적용

수지는 보존처리에서 1) 강화 2) 접착 3)피복 4) 보강 및 충전 또는 지탱을 위한 재료로 이용된다. 이것은 접촉되는 대상물과의 친밀성에 따라 분류된 것이며 보다 밀접한 접촉은 재료의 특성이 대상물에 더 많은 영향을 준다.

보존처리에 적용할 수지재료 선택에 있어서 세부적인 조건을 제시하기 어렵지만 공통적으로 요구되는 사양은 다음과 같다.

1. 경화과정에서 대상물에 영향을 미치지 않아야 한다.
2. 필요시 언제라도 대상물에 아무런 해가 없이 제거될 수 있어야한다(가역성).
3. 대상물을 물리 화학적으로 변화시키지 않아야 한다.
4. 내구성이 있어야 한다.
5. 작업자가 쉽게 다룰 수 있고 유해성이 적어야 한다.

2.1. 강화

강화처리는 다른 처리에 비해 더욱 비가역적이므로 안정성이 분명하게 입증된 물질만이 사용되어야 한다. 필요한 최소량의 강화제가 처리 대상물 내부에 침투 결합되어야 하고 강화물질 자체는 그것을 제거할 때 대상물에 크게 영향을 미치지 않을 정도로 약해야 한다. 내부에 침투하여 응고되는 강화제는 경계면의 응력을 줄이기 위해 가능한 한 균일하게 분산되어야 한다.

2.2. 접착

접착에 사용된 수지는 대상물로부터 손상 없이 제거할 수 있어야 한다. 열가소성수지는 보통 40℃ 이상의 유리전이온도(Tg : Glass transition temperature)를 갖는다. 연질의 열가소성수지[Tg 15℃이하]는 다공성물질에 사용할 수 없으며 임시고정을 위해 사용되는 접착제는 보다 높은 가역성이 요구된다.

2.3. 피복

반영구적이 아닌 피복 재료는 40℃이하의 유리전이온도를 가져야한다. 가장 완벽한 피복은 여러 개의 얇은 피복층을 겹쳐서 형성하는 방식에 의해 만들어질 수 있다. 최대 채도

의 표면색상을 얻기 위해서는 수지용액의 점성이 낮아야하고 처리 대상물의 표면과 굴절률이 잘 조화되는 상태로 굳어져야 한다. 최소한의 색변화를 위해서는 그와 반대로 겔화된 정도의 점성용액을 이용한다.

2.4 경화(Setting) 과정

수지는 대부분의 경우 액상 혹은 점도와 같이 가소성이 높은 상태로 사용된 후 경화 과정을 거쳐 고체로 굳어진다. 수지의 경화는 다음 중 하나 또는 2가지가 혼합된 형태로 진행된다.

1. 수지용액이 용매 증발에 의해 굳어진다(아크릴수지, 초산비닐수지). 이들 수지는 가열하면 액상으로 변하고 냉각하면 다시 굳어지는 열가소성을 갖는다.
2. 뜨거운 상태의 용액으로 사용된 후 식으면서 겔화되고, 이것은 다시 용매 증발에 의해 보다 단단한 고체로 변화된다(아교, 어교).
3. 예비 중합된 액상으로 사용되며 화학반응에 의해 중합체로 굳어진다(에폭시수지, silicone수지).

대부분의 수지들은 액체 상태에서 고체로 굳어질 때 수축이 일어나며 그 수축정도는 수지의 종류에 따라 다르다. 실리콘 고무와 같이 적은(<0.5%) 것도 있지만 어떤 폴리머수지는 부피가 5분의 1로 줄어든다.

3. 폴리머수지(polymer resin)의 특성

보존처리에서 사용되는 대다수 수지들은 천연물이건 합성물이건 폴리머(polymers)에 기초한다. 이들 폴리머수지는 바르거나 뿌려졌을 때 막을 형성하는 특징이 있으며 단량체(monomer)라고 불리는 작은 단위물질로부터 중합된 것이다. 폴리머수지의 특성은 분자량, 유리전이온도(Glass transition temperature), 기계적 강도, 안정성과 같은 몇 가지 항목들에 의해 표현될 수 있으며 그 것은 물질의 화학적 구조, 물리적 상태 그리고 어떻게 적용될 것인가에 따라 결정된다.

3.1. 분자량

분자는 원자의 화학적 조합이다. 때문에 많은 분자들은 원자집단의 화학식으로 표시할 수 있다(예 : $C_6H_{12}O_6$,glucose). 또한 분자량은 모든 구성원자의 원자량의 합으로 계산할

수 있다. 폴리머의 분자량은 이와 유사한 방법으로 얻어지며 단일 분자의 분자량은 그 중합정도 (DP : degree polymerization)에 따라 반복된 단위 단량체의 곱으로 결정될 수 있다.

- 예 : DP 1,150의 polyethylene은 단량체의 분자량이 28이므로 분자량은 $28 \times 1150 = 32,200$ 이다.

- 혼합물의 분자량

같은 시료에서 서로 다른 분자량 계산이 가능하며 이는 주목되는 분자의 차이점을 점을 강조하기 위해 이용된다. 2종류의 분자량은 평균분자량의 수(Mn) 그리고 평균분자량의 질량(Mw)으로 나타낸다. Mn은 시료속의 분자수가 고려될 때(예 : 에폭시수지 말단기의 화학적 반응을 고려할 때) 사용된다. Mw는 각각의 분자질량의 분포가 성질을 결정할 때(예 : 강도, polyethylene glycols의 성질) 중요하다. 폴리머들은 큰 분자들이 흐름을 방해하기 때문에 용액의 점도를 상승시킨다. 따라서 폴리머의 열화에 따른 분자량 감소는 그 것의 상대적인 점성도 측정에 의해 확인할 수 있다.

3.2. 유리전이온도(Glass transition temperature)

폴리머수지의 유리전이온도(Tg)는 강화제, 접착제 또는 피복제를 선택하는데 있어서 중요하다. 그리고 그 높고 낮음은 폴리머의 부드러움을 나타내는 기준이 된다.

지나치게 연한 폴리머는 접착 면에 유동이 생기거나 수지피막에 오염물질이 흡착되기 쉽다. 반대로 너무 강도가 강한 폴리머는 충격을 받거나 물체에 움직임에 적절히 대응하지 못하여 균열이 생길 수 있다.

폴리머는 낮은 온도로부터 가열하면 여러 가지 상태를 거친다. 아주 낮은 온도에서 폴리머는 냉각되어 깨지기 쉬운 고체가 된다. 온도가 올라가면 고무같이 물렁물렁한 상태로 변하는데 이 변화는 급격하지 않지만 약간의 온도차에서 일어난다. 이와 같이 가열에 의해 물질의 상이 변하는 시점의 온도를 유리전이온도 ,Tg(glass transition temperature) 라고 한다. 유리전이온도는 폴리머수지의 물리, 화학적 성질을 결정한다.

- 열가소성수지(thermoplastics)

가열하면 연화되어 유동하고, 냉각하면 다시 굳어지는 성질을 가진 폴리머수지를 말하는

데 쉽게 결정화되지 못하고 무정형을 갖는다(아크릴, 염화비닐, 폴리에틸렌수지 등).

- 열경화성수지(thermoset resins)

열 또는 자외선을 가하거나 촉매 또는 반응물(Cross-linking agent)을 첨가하여 분자간의 가교반응을 일으켜 경화되는 폴리머수지로 소위 3차원 망을 형성한다. 결정형구조이므로 유리전이온도보다 높은 녹는점을 Tm(Melting point)를 갖는다. 매우 높은 가교결합밀도를 가지고 있고 용매에 녹지 않는다(에폭시, 실리콘, 멜라민수지 등).

3.3. 기계적 특성

폴리머수지들은 천연수지인 Dammar와 같이 약하고 부서지기 쉬운 물질로부터 강하고 유연성이 높은 고무처럼 다양한 물성은 지닌다. 폴리머수지의 기계적 특성은 분자량, Tg 등 여러 요소들에 의해 결정된다. 일반적으로 탄성계수가 큰 딱딱한 물체는 잡아 늘이거나 휘기위해 많은 힘이 필요하다. 반면 몇몇 탄성이 없는 열가소성수지는 작은 힘에도 쉽게 늘어나며 탄성한계점을 넘으면 영구변형이 일어난다. 폴리머수지는 그 용도에 따라 인장강도, 압축강도, 꺾임강도 등 여러 가지 기계적 특성들이 고려되어야 한다. 하지만 보존처리의 목적으로 사용할 때 필요이상의 강도는 오히려 해가될 수 있다.

3.3.1. 경도(硬度)

폴리머수지의 경도 측정은 압입(壓入)저항성, 표면 굽힘, 유연성, 충격 흡수성의 4가지 항목을 포함한다. 압입경도는 일반적으로 고무 제품에 사용하며 부드러운 실리콘고무는 20정도의 경도를 뽀뽀한 고무는 70의 경도를 갖는다. 표면경도는 주로 수지피막의 표면을 날카로운 도구로 긁은 후 그 손상의 정도로 평가한다. 폴리머수지 피복물의 경도나 회복력은 Sward rocker 경도[진자(振子)를 시료 표면에서 요동시켜, 감쇠상태(減衰狀態)로 알아내는 방법]로 표현되기도 하는데 판상의 유리는 100, Poly(vinyl acetate)의 얇은 막은 63의 경도를 가진다.

4. 폴리머수지의 열화

열화는 물성이 떨어지는 모든 변화를 말한다. 폴리머수지의 열화 형태로는 황변화, 변형과 탄성력 손실, 약화 또는 난용해, 수축, 흐름, 오염 그리고 얼마간 시간이 경과된 후에

진행되는 대상물과의 반응을 들 수 있다. 폴리머수지의 열화 요인은 빛, 열, 그리고 활성 산소처럼 폴리머가 본래부터 가지고 있는 취약성이며 이들 모두가 복잡하게 상호작용을 하면서 진행된다. 열화로 나타나는 가장 중요한 화학적 변화는 분자사슬 사이의 가교결합(Cross-linking), 사슬분열 그리고 주 사슬 또는 곁사슬의 산화이다. 또한 이들 화학적 변화는 폴리머수지의 불용성 증가, 강도의 감소, 극성증가, 변색의 결과가 된다.

4.1. 열에 의한 열화

폴리머수지의 열적 열화는 보다 복잡한 상황에서 일어나는 것으로 생각되지만 그 반응기구(reaction mechanism)는 잘 알려져 있지 않다. 그러나 상당수 폴리머수지들은 반복 또는 지속적인 가열에 의해 심각하게 열화 된다는 것이 분명하며 실온상태 또는 직사광선에 의해서도 영향을 받을 수 있다.

4.2. 빛에 의한 열화

보존에 이용되는 폴리머수지들은 불가피하게 빛에 노출된다. 빛은 작은 에너지 묶음인 양자들의 흐름이다. 각각 다른 색의 빛은 다른 에너지[파장]의 양자들로 구성되어 있으며 붉은 색은 에너지가 가장 낮고 푸른색은 큰 에너지를 가지고 있다. 가시광선보다 파장이 짧은 자외선[315~380nm는 UV-A, 280~315nm는 UV-B, 100~280nm는 UV-C]은 그보다 더 많은 에너지를 갖고 있다. 각각의 화학반응은 최초의 화학적 결합을 분해하는데 필요한 최소한의 에너지가 있어야 하며 따라서 에너지가 가장 큰 자외선은 폴리머수지의 보다 많은 화학적 결합을 분해할 수 있다.

4.3. 산화

열과 빛이 활성화 에너지를 제공할 지라도 가장 큰 손상을 입히는 원인은 산화반응이다. 산화는 모든 종류의 유기물에서 발생하는 것이지만 각 물질의 산화에 대한 저항성은 크게 다르다. Polyethylene은 60°C에서 명확히 산화되는 것에 반하여 Poly(methyl methacrylate)는 170°C에서도 안정하다. 셀룰로오즈(cellulose) 유도체 같은 폴리머들은 자신의 분자사슬에 산소를 포함하고 있기 때문에 안정성이 낮다.

산화는 본질적으로 폴리머 내에 형성된 자유기(Free radical)와 산소의 반응이다.

산화반응은 다음 4단계로 정의 되어진다. 1) 개시단계[노출조건에서 폴리머의 적응]

2) 유도단계[폴리머 내에 과산화기들 형성] 3) 안정된 산화단계[반응기들의 반응] 4) 쇠퇴단계[반응기들의 소모단계]. 폴리머는 초기 산화과정에서부터 열화가 진행되며 황변화, 사슬의 분열 또는 가교결합 등 모든 결과들이 낮은 단계의 반응 직후에 일어난다. 모든 폴리머수지들은 시간이 흐름에 따라 느리게 혹은 빠르게 산화되어간다. 천연수지들의 광산화반응(photo-oxidation)은 분자의 극성증가의 결과로 나타나며 이런 현상은 Paraloid-B72나 극단적으로 안정한 폴리머에서도 관찰된다.

4.4. 그 밖의 열화요인

무기질 또는 유기질의 많은 안료들은 폴리머들의 산화를 증가시킨다. 또한 폴리머수지는 적용 대상물의 기질에 의해 영향을 받는다. 그 예로 부식된 유리는 표면이 알칼리성을 띄며 접착제와 도료의 가수분해로 인한 열화를 초래할 수 있다. 열화 및 다른 반응들은 금속/폴리머수지의 접촉면을 따라 빠르게 진행될 수 있다.

4.5. 가교결합과 분열

열가소성수지들은 이론적으로 용매에 의해 제거될 수 있을 것이다. 그러므로 어떤 이유 때문에 제거되지 않게 된다는 것은 중요한 의미를 지닌다. 용매에 의해 쉽게 용해되지 않는 이유 중의 하나는 제어하기 어려운 3차원적 망을 형성하는 폴리머 사슬들 간의 가교결합 때문이다. 이 반응역시 일반적인 가교결합 반응과 같은 과정으로 진행되지만 인위적으로 가교결합한 수지[예 : 에폭시]에서 보다 훨씬 더 긴 시간이 필요하다.

가교결합에 대응하는 반응은 폴리머 사슬의 분열이다. 각 분열에 대응해 폴리머의 분자량은 반으로 줄어들게 되며 심각하게 약해진다. 이러한 현상은 열가소성수지와 열경화성수지 모두에서 일어날 수 있다.

5. 용매

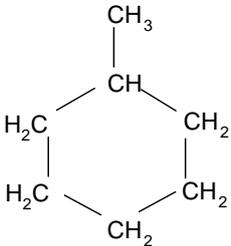
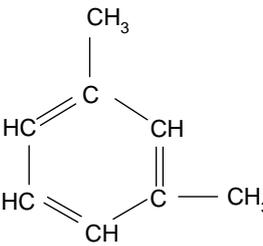
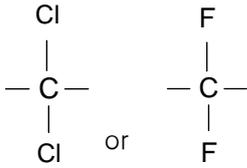
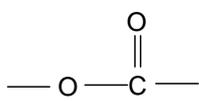
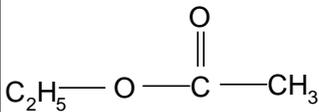
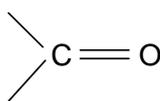
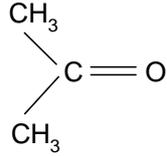
여기서 말하는 용매는 기본적으로 용질과 가역적인 상호작용을 하는 액상 유기용매이다. 용매는 보존처리에서 3가지의 주 용도로 사용된다. 1) 오염물질의 제거 2) 폴리머수지의 용해 3) 폴리머수지의 제거. 용매를 선택할 때는 화학적 계열, 순도, 비중, 증발율 등 반듯이 고려해야 할 특성들이 있으며 점성도, 끓는점, 인화성이나 독성 같은 것도 중요한 성질

이다.

5.1. 화학적 계열(Class), 순도

유기용매는 대개 그 분자의 가장 반응성이 큰 부분에 의해 분류된다. 가장 많이 사용되는 계열은 Table1에 정리되어 있다. 한 계열에 속하는 각각의 용매는 그 계열의 다른 용매들과 성질이 비슷하다. 보존처리에 사용되는 용매의 순도는 적어도 98% 이상이어야 한다. 그리고 가능하면 비 휘발성 물질이 없어야 하고 색이 있는 불순물도 포함되지 않아야 한다.

Table 1. Chemical classes of solvent

Class	Characteristic group	Example	
Aliphatic (지방족)	$H-(CH_2)_n-H$	$CH_3-(CH_2)_5-CH_3$ or C_7H_{16}	Heptane
Naphthenic	$-C_6H_{11}$ (cyclohexyl)		Methyl cyclohexane
Aromatic	$-C_6H_5$ (phenyl)		<i>m</i> -Xylene or 1,3-dimethyl benzene
Halogenated		Cl_3C-CH_3	1,1,1-Trichloroethane
Ether	$-O-$	$C_2H_5-O-C_2H_5$	Diethyl ether
Esther			Ethyl acetate
Ketone			Acetone
Alcohol	$-OH$	CH_3-CH_2-OH	Ethanol

5.2. 증발율

실내 온도에서 용매가 증발하는 비율은 증기압, 기화열, 용질 등과 같은 요소들에 의해 좌우된다. 용매들은 증발율에 따라 다음의 3개 군으로 분류할 수 있다.

- A) 고 휘발성 용제 >1.5
- B) 중 휘발성 용제 1.5-0.4
- C) 저 휘발성 용제 <0.4

증발율은 tritoly-phosphate 10% 용액으로부터 그 용매의 증발에 의해 측정되는데 *n*-butyl acetate를 기준 1로 한 것이다.

고 휘발성 용제는 수지피막(resin film) 형성시간을 단축시키는데 사용되는데 유동적인 용액을 정체과정 없이 빠르게 수지피막으로 변화시켜준다. 증발하는 기체는 열을 빼앗으며 이런 작용은 용액(용매)을 냉각시킨다. 냉각작용은 둘러싸고 있는 공기의 온도를 이슬점 이하로 낮출 수 있으며 대기로부터 수분을 응축시킨다. 만약 이 응축된 물이 용액에 녹아 든다면 폴리머는 침전될 것이다. 이것은 결과적으로 수지피막을 혼탁하게 하거나 백화현상을 초래하게 된다. 반면에 물이 용제에 용해되지 않는다면 그 물기는 수지피막을 거칠게 하거나 광택이 없게 만든다. 이러한 현상은 butanol, butan-2-ol, methyl acetate, ethyl acetate와 같이 물과 공비혼합물(azeotrope)을 만들기 좋은 중-저급의 휘발성을 가진 용매를 혼합하여 줌으로서 개선할 수 있다.

6. 폴리머수지 소개

6.1. Poly(vinyl acetate) PVAc

PVAc는 자유라디칼(Free-radical) 중합방법에 의해 bulk, 용액, 현탁액(懸濁液) 또는 유상액(乳狀液: emulsion)으로 조제된다.

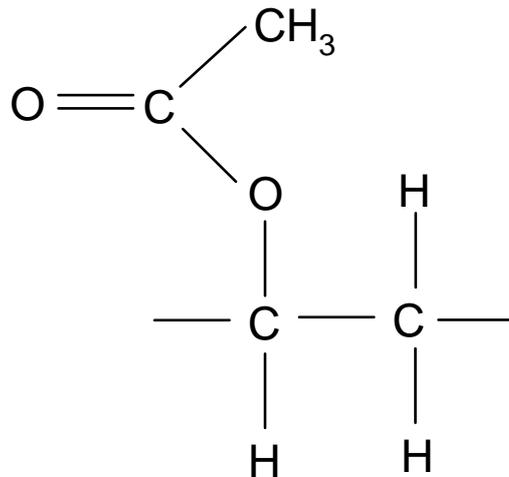


Figure 1. PVAc 단위 단량체

PVAc 동성 중합체는 분자량의 범위가 넓다. PVAc의 유리전이온도는 실온(18-29°C)에 가까우며 이것이 질감과 점착성에 기여하지만 먼지가 흡착되기 쉽고 오랜 기간이 지나면 흐름현상(cold flow)이 나타날 수 있다. 순수한 알코올에는 녹지 않으나 적은양의 물을 첨가하면 용해가 가능하다. PVAc는 수분에 팽윤되어 불투명한 백색이 되지만 건조시키면 다시 투명한 필름 상으로 된다. PVAc는 광노화(光老化)에 가장 안정된 폴리머수지 중 하나이다. PVAc는 산화와 그 밖에 작은 변화를 겪는데 그 것은 명확하지 않은 가교결합이나 공기 중에서의 열화이다. PVAc는 30~40년 이상이 경과된 후에 피접착물로부터 분해될 수 있는 것으로 나타나있다.

- 보존처리

PVAc는 1930년대에 프레스코(fresco) 벽화를 떼어 옮기기 위한 화면보호처리용 접착제로 처음 이용되었다. 그 후 도기의 걸칠, 그림의 lining, 뼈의 접착제, 그림의 복원을 위한 medium에 이르기 까지 보존처리 각 분야로 적용이 확대되었다.

6.1.1. PVAc 분산제(Dispersions)

동성중합체(homo-polymer)의 PVAc 분산제는 좋은 수지피막(resin film) 형성을 위해 비교적 높은 온도(20℃)가 필요하다. 따라서 현재 통용되고 있는 PVAc 분산제들은 혼성중합체(copolymer)로 5℃이하의 온도에서도 수지피막 형성한다. PVAc 분산제들은 특히 저장에 있어서 불안정하고 대상물에 영향을 줄 수 있는 Acetic acid를 방출한다.

PVAc분산제로 만들어진 피막은 물에 적셔졌을 때 붕괴될 수 있지만 재 용해는 되지 않는다. PVAc 분산제는 유화제(乳化劑)의 사용으로 인해 비분산형 폴리머 보다 피막이 빨리 황변화 될 수 있다.

6.2. 아크릴 수지(Acrylic Resin)

보존처리에 사용되는 아크릴 중합체의 대부분은 2개 계열의 단량체로부터 만들어진다. 아크릴산(acrylic acid) 으로부터 유도된 Acrylate와 메타크릴산(methacrylic acid)으로부터 유도된 Methacrylate가 그것이다. 여기에 더하여 아크릴로니트릴(acrylonitrile)과 cyanoacrylate의 2가지 단량체 집단이 보존처리 재료로 사용된다. 대표적인 아크릴수지인 PMMA, Poly(methyl methacrylate)는 열, 산소/UV(ultraviolet) 노화에 대해 매우 안정적이다. 그렇지만 이 고등의 Methacrylate 폴리머들은 자외선에 노출되면 가교결합을 한다. 아크릴 도료는 건조 필름 내의 용매방출속도가 느리므로 오랜 시간 용매를 보유한다. 그 예로 Paraloid-B72 수지피막에 포함된 toluene은 2개월 이상 강하게 붙들려 있는 것으로 나타났다. 반면에 *p*-Xylene은 건조 초기의 습윤 상태에서는 서서히 증발하지만 그 이후에는 자유로이 증발해 버린다. 이것은 용매의 극성차이 때문에 생기는 현상이다.

수분 반응성 접착제인 cyanoacrylate는 단량체로부터 중합되어진다. cyanoacrylate 의 중합 반응은 접착대상물 표면의 수분 막에서 일어난다. 그러므로 표면의 상태와 대기 중 상대습도의 영향을 받는다. 상업용제품은 급속한 중합을 막기 위해 가소제 혹은 안정제를 함유하며 경화 전 접착부위 밖으로 용액이 유출되는 것을 방지하기 위해 증점제를 첨가하기도 한다. 경화과정에서 분자량이 매우 큰 폴리머들이 형성되는데 이 경우 장기간의 침적이 필요하기는 하지만 Acetone에 푼 적시는 방법으로 접착부위를 분리할 수 있다. cyanoacrylate는 장기간 빛에 노출되면 강도를 잃어버리고 알칼리 환경에서는 가수분해에 의해 열화 된다.

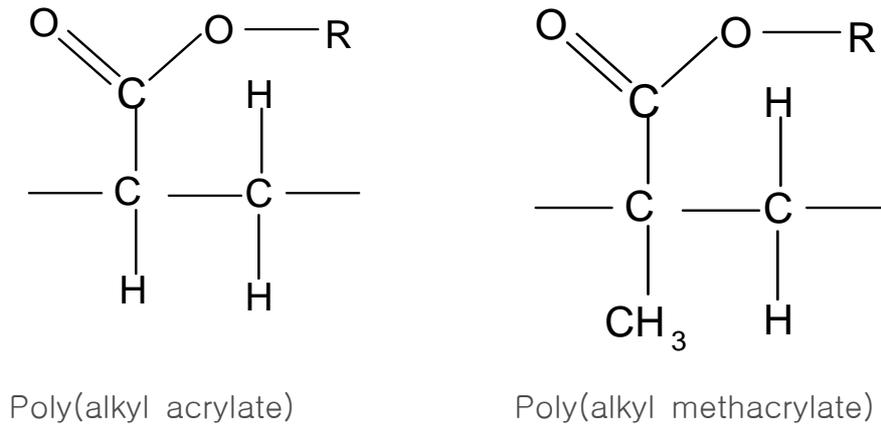
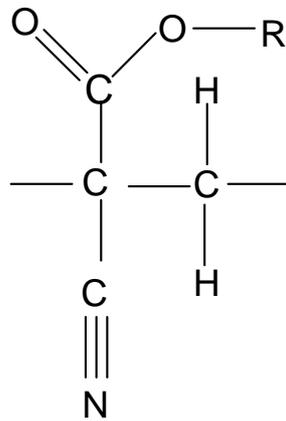


Figure 2. 아크릴 중합체, 단량체. 알킬기(-R)는 중합체의 종류에 따라 달라진다.



Poly(alkyl cyanoacrylate)

Figure 3. 시아노아크릴레이트 단위 단량체. 알킬기(-R)는 중합체의 특질에 따라 달라진다. R 은 methyl, ethyl or butyl 이다.

-보존처리

보존처리에서 자주 사용되는 Paraloid B-72는 P(EMA/MA)의 혼성중합체이다. 이 폴리머 수지는 느린 속도이긴 하지만 산화와 그 밖의 다른 반응들이 진행되면서 서서히 변질된다. 그러나 일반적인 상온노출에서 불용성이 되거나 현저히 열화하지 않는다. Paraloid B-72는 알코올을 제외한 toluene, Xylene, Ethyl acetate, Acetone 등의 유기용매에 잘 녹으며 *p*-Xylene은 가장 좋은 용매로 알려져 있다.

Paraloid B-72는 은이나 금동제 유물의 피복 그리고 부식된 동(Cu)이나 동합금, 철기유물의 강화처리에 주로 이용되며 취약한 건조 목재의 강화처리에 일부 쓰인다. 또한 파손된 유리나 도자기의 가역적인 접착, 벽화가 그려진 흙벽의 보강, 뼈의 강화처리 작업에도 매우 유용하다. Paraloid B-72는 보존처리분야에서 분명하게 검증된 상태로 사용되는 몇 안 되는 폴리머수지이다.

cyanoacrylate는 1970년대에 유리의 접착제로도 제안되었으며 현재도 이가 잘 맞는 도자기와 유리제품의 접착에 이용된다. 하지만 cyanoacrylate는 대다수 유리표면의 알칼리 환경에서 분해된다. cyanoacrylate는 빠른 시간에 접착 반응이 일어나며 접착된 부분은 밀착성이 높아 다시 분리하기가 어렵다.

6.2.1. 아크릴분산제(Acrylic Dispersion)

아크릴 분산제는 PVAc 분산제에 비해 황변화에 대한 저항성이 커서 종이의 접착, 벽화, 뼈 등의 보존처리에 추천되었다. 아크릴분산제는 아교와 함께 단청안료의 채색을 위한 medium으로 사용되고 있으며 연질 토기, 유적 토양의 강화처리에 이용되고 있다.

6.3. Poly(ethylene glycol) PEG

PEG는 ethylene oxide로부터 중합된 polyethylene oxides의 상업적 약어이다.

PEG는 보통 수용액으로 사용되는데 물에서의 점성과 수용액의 고화 온도는 등급선택의 기준이 된다. 다공성물질에 대한 PEG분자의 침투속도와 그 양은 분자의 크기 그리고 확산되어지는 공극에 크기에 달려있다. PEG가 물속으로 확산되는 속도는 용액의 점성과 분자량이 증가되면 감소되지만 온도와 농도경사가 커지면 증가한다. PEG는 흡습성이 있고 습기변화에 대한 이력현상(hysteresis) 있다. 몇몇 유기용매는 물에 민감한 대상물에 자극을 주지 않고도 PEG를 적용하고 제거하는데 이용될 수 있다.

많은 PEG 제품들은 물에 녹아 산성 용액이 되며 공기 중에 노출된 상태에서는 산화가

진행된다. 심각할 정도의 산화는 분자량 감소와 함께 고체상의 PEG를 실온에서 고화 될 수 없는 물질로 변형시킨다. PEG의 산화를 막는 가장 좋은 방법은 공기, 특히 산소와의 접촉을 가능한 한 차단하는 것이다. 또한 PEG는 개방된 노출 환경에서 오랫동안 가열되면 분해되어 유해한 기체와 유기산을 생성한다. PEG의 열화는 용액 속에 존재하는 금속 이온에 의해 촉진되며 이 금속이온들은 산화된 폴리머의 산기와 반응하여 수용성 또는 불용성의 염이 될 수 있다. Stainless steel 만이 PEG에서 생성된 유기산에 노출되었을 때 상당한 정도의 부식 저항성을 갖는다.

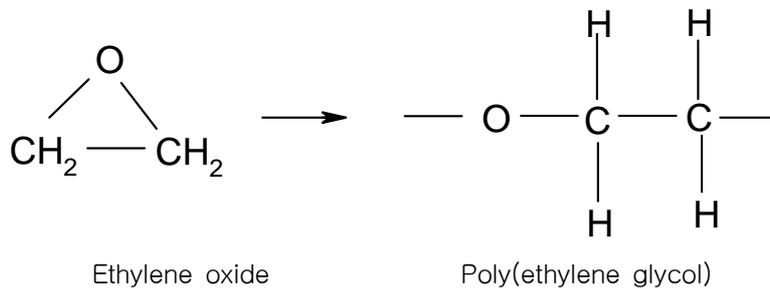


Figure 4. poly-ethylene glycol 단위 단량체

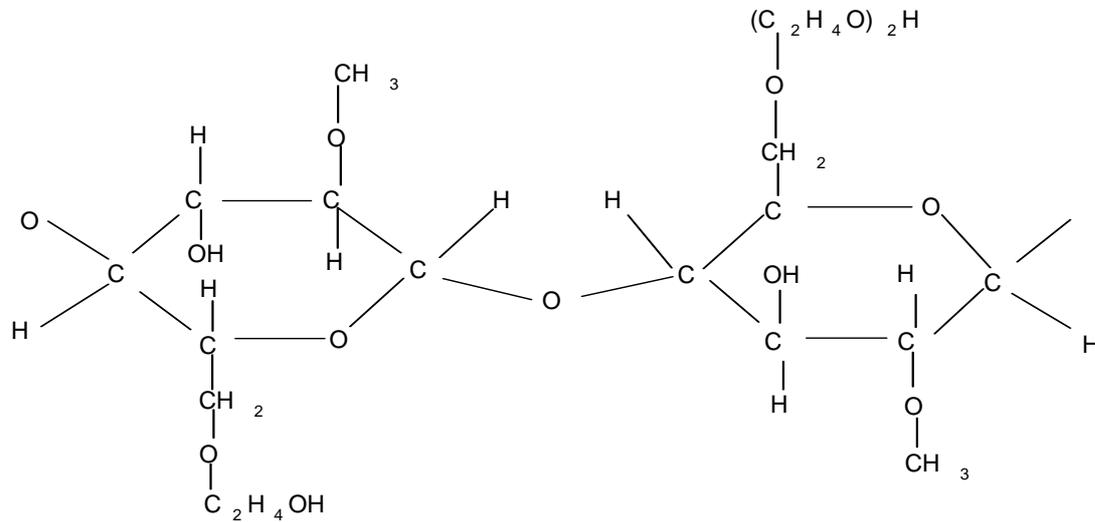
-보존처리

수침목재 함침강화제로서 PEG의 사용은 1950년대부터 시작된다. 젖은 유물을 PEG 수용액에 바로 함침하거나 제3부틸알콜(t-butanol) 또는 메탄올(Methyl Alcohol) 같은 유기용매로 먼저 탈수한 후 PEG용액에 함침 하는 방법이 이용된다.

수침목재의 치수안정화처리에는 2가지 등급의 PEG가 단계적으로 혹은 함께 이용될 수 있다: 분자량 200-400의 저분자 PEG는 세포벽의 미세구조에서 물과 치환되며 ; 분자량 2,000-4,000의 PEG는 냉각 고화되어 목재 내부의 큰 공극들을 충전 한다. PEG는 물과 그 밖의 용매에 잘 용해되는 폴리머로서 목재 외에도 가죽으로 만들어진 물건의 습윤제나 윤활제 사용될 수 있으며 이 경우 분자량 300-400범위의 흡습성이 있는 액상 PEG가 추천된다. 또한 비슷한 등급의 PEG가 대나무 바구니, 초제(草製) 유물의 유연성을 증가시키는데 사용된다. PEG는 현재까지도 목재를 포함한 수침유기물의 보존처리에서 가장 많이 이용되는 폴리머수지이다.

6.4. 셀룰로오즈(Cellulose)계 수지

목재 펄프(pulp)를 원료 물질로 하여 만들어진 셀룰로오즈 ether의 특질은 분자사슬의 단위 그루코스(glucose)에 첨가된 alkyl기의 수 : DS(Degree of substitution)로, 또 그 것의 hydroxyalkyls는 단위 그루코스에 첨가된 alkene-oxide기의 몰수 : MS(Molar substitution)로 평가된다. 일반적으로 치환도 낮은 것은 수용성의 다소부서지기 쉬운 물질들이다. 반대로 치환도가 높아지면 유기용매에 대한 용해도 그리고 가소성이 증가한다. 과립형의 제품은 물을 첨가하면 엉켜서 덩어리가 되는 분말제품보다 물에 쉽게 용해지만 30분 이상 충분히 교반시켜야만 잘 용해된 용액을 얻을 수 있다.



DS, Degree of substitution $(-CH_3) = 2/2 = 1$
 MS, Molar substitution $(-C_2H_4O-) = 3/2 = 1.5$

Figure 5. methyl hydroxyethyl cellulose의 2단위 단량체(추정도), methyl기의 치환도 그리고 ethoxy기의 몰 치환을 보여준다.

6.4.1. Non-ionic ethers

셀룰로오즈 에서 형성된 ethers는 alkyl 과 그 hydroxy alkyl의 2가지 형태로 나누어진다. EC(ethyl cellulose)를 제외하면 그 에테르들은 모두 찬물에 용해되며 요변성(thixotropy)의 점성용액이 된다. 그 폴리머 수용액은 가열에 대한 반응의 차이로 구별된다. MC(methyl cellulose)는 등급에 따라 50-90℃로 가열했을 때 겔을 형성하며 그 겔은 냉각 시 다시 녹는다.

HPC(hydroxypopyl cellulose)와 EHEC(ethyl hydroxyethyl cellulose)는 40-45℃로 가열했을 때 침전하는데 반하여 HEC(hydroxy ethyl cellulose)는 가열상태에서 용액으로 남아 있다. 이들은 각 ether의 형태에 따라 유기용매에 대한 용해도가 변한다. EC는 오직 유기용매에만 용해된다. HPC는 물과 극성용매에 녹는다.

MC, EHEC 그리고 HEC는 dimethyl formamide, dimethyl sulphoxide 같은 오직 몇 가지 유기용매에만 녹는다. 그 alkyl ether들, MC 그리고 EHEC의 수용액은 HEC나 HPC와는 달리 생물열화에 대해 저항성이 있다.

-보존처리

수용성의 MC는 종이 보존처리에서 접착제와 강화제로 사용되었다. 또한 벽화의 가역적인 화면보호처리, 직물의 접착제로도 이용되었다. MC는 전분과 폴리머 분산제의 작업성 개량을 위해 첨가되었다. HPC는 에탄올 2% 용액으로 비수용성 처리가 필요한 곳에서 안료의 강화처리를 위해 사용되었다. HPC는 다른 셀룰로오즈 폴리머들과 같이 안료의 색을 어둡게 만들지 않는다.

6.4.2. 셀룰로오즈 nitrate, CN

Cellulose nitrate는 농축 질산과 황산 혼합물에 적셔진 펄프로부터 만들어진다. 접착제와 도료로 사용되는 것은 치환도(DS)가 보통 2.0-2.2이며 2등급 제품의 분자량은 25,000 정도이다. CN은 높은 유리전이온도를 갖고 있으므로 대개의 경우 가소제가 혼합된 상태로 사용된다. 전형적인 접착제는 20%의 CN, 5%의 가소제, 75%의 용매로 구성되어있다. CN은 용매가 빠르게 증발되어 건조하고 강한 피막을 형성하는 이점 때문에 도료와 접착제로 꾸준히 이용되고 있다. CN은 CA(cellulose acetate)보다 불안정한 물질이다. CN은 실온에서 산화와 가수분해의 상호 작용으로 열화되며 이는 산성 불순물과 빛에 의해 촉진된다. 이들 반응은 분자량의 감소 그리고 질소산화물과 산을 생성하는 결과가 되며 황변화도 일

어난다. CN은 용액상태에서 금속산화물과 반응하여 겔 형태로 굳어질 수 있다. 그 반응성은 납이 가장 크고 calcium, 은, 주석, 철, 구리와 아연의 순이다.

-보존처리

가소화된 Cellulose nitrate(CN)가 보존처리에 처음으로 사용된 것은 19세기 말부터 이다. CN은 그 이후에도 많은 개량을 거쳐 여러 종류의 상업용 접착제로 만들어졌으며 지금도 가정이나 학교에서 사용하는 대표적인 접착제 중의 하나가 되었다.

CN은 사용하기 편리하도록 튜브형태로 만들어져 있고 시간이 오래 지난 후에도 쉽게 용해 제거할 수 있기 때문에 도,토기나 철기 등의 보존처리 분야에서 접착제로 계속 사용되고 있다. 현재 보존처리 현장에서 많이 사용하는 세메다인-C(일본)는 Cellulose nitrate와 poly(vinyl acetate)를 혼합하여 제조한 접착제 이다.

6.5. 천연 수용성 폴리머수지

6.5.1. Starch(전분)

전분의 구성요소는 2가지 형태로 대별되는데 Amylose는 긴 선 모양의 분자이며 분자량은 40,000 - 650,000 이다. Amylopectin은 분자가 매우 크며 상징적인 분자량은 10^7 - 10^8 에 이른다. Amylose, Amylopectin은 용액 중이나 건조된 필름에서 특성의 차이를 가진다. Amylose의 선 모양 구조는 용액으로부터 건조되면서 강한 필름을 형성한다. Amylopectin은 약한 비결정질의 필름을 형성한다. Amylose를 물에 녹이기 위해서는 높은 온도가 필요하다(80-150°C) 1%의 용액을 냉각하면 겔 상태가 되고 분자들은 부분적으로 정렬된다. Amylopectin은 약간의 겔을 형성하는 경향과 함께 점성용액 형태로 찬물에서 녹는다. 전분에서 Amylose와 Amylopectin의 비율은 건조된 피막(film)과 필의 특성을 결정한다. Amylose의 비율이 높은 옥수수과 밀 전분은 냉각 시 겔을 형성하는 원인이 된다. 고분자량의 Amylopectin은 좀더 오래 동안 분산상태를 유지할 것이며 고점성의 용액을 만든다. Amylose는 자외선 노출환경에서 광산화와 가수분해에 의해 분자사슬이 끊어지고 유기산을 생성한다.

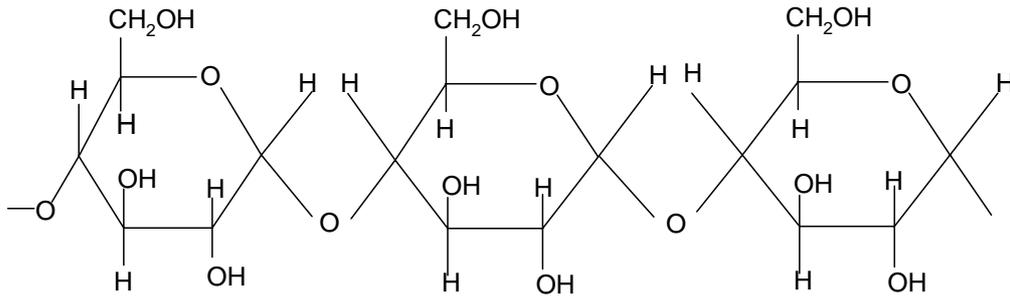


Figure 6. Amylose의 분자사슬

-보존처리

밀이나 쌀, 혹은 이들의 전분으로 만든 풀은 전통적으로 서화류나 책 같은 지류 문화재의 표구와 보존처리에 이용되고 있다. 전통표구에 사용되는 밀풀은 호밀가루 혹은 밀가루를 과량의 물에 풀어서 침전시키고, 이후 숙성시켜 불순물을 제거한 다음 침전된 전분과 적당량의 물을 혼합하여 가열교반 하는 방법으로 제조한다.

6.5.2. 아교(Glue)

아교의 주성분인 젤라틴(Gelatine)은 동물의 피부와 뼈에 포함된 단백질인 콜라겐(collagen)을 재료로 만들어진다. 동물의 가죽으로부터 만들어진 아교는 분자량이 가장 크고 겔 상태 또는 필름상태에서의 강도가 높다. 어교는 어류의 껍질이나 부레[민어]로부터 만들어진다. 아교는 차가운 물속에서 겔의 형태로 부풀어 오르며 어교는 6℃ 정도 그리고 아교는 30-50℃로 가열하면 용융된다. 젤라틴(gelatine)은 정제된 아교의 형태이며 3가의 금속이온, 탄닌 또는 알데히드와 반응하면 불용성이 된다. 이것은 산, 알칼리 그리고 효소에 의해 빠르게 열화 된다. 젤라틴(gelatin)은 상대습도 25%의 실온에서 고무 같은 성질을 갖지만 그 유리전이온도는 210℃이다.

-보존처리

아교는 합성수지가 발달하기 전에 가장 접착성이 강한 접착제 중 하나였다. 아교는 전통 방식을 따르는 목가구와 공예품, 칠기 등의 제작과 보수작업에서 현재도 사용되고 있다. 아교를 포름알데히드로 처리하면 곰팡이의 생성을 막을 수 있으나 이는 젤라틴은 불용화와 가교결합을 야기 시킨다. 어교는 아교와 쓰임새가 비슷하지만 접착력이 약하여 아교와 혼용하는 경우가 많고 화각(畫角) 공예품 수리 등에 제한적으로 이용된다.

6.6. 유용성 천연수지

6.6.1. 담말(Dammar)

담말은 다양한 *Diptocarpaceae* 종의 여러 나무로부터 얻어지는 탄화수소계의 Tri-terpenoid 수지이다. 담말은 10%정도의 담말왁스(Dammr wax)를 포함하고 있으며 탄화수소계 용매에만 용해된다. 담말은 매우 부서지기 쉬운 수지이고 쉽게 굵히며 유연성이 거의 없다. 담말수지 용액은 높은 상대습도 하에서 건조될 기포를 만드는 황산암모늄의 작은 결정이 표면에 생성한다. 담말수지 피막은 건조하는 동안 주름이 생길 수 있으며 그 주름은 밑에 있는 용액의 유동과 함께 수지의 초기산화가 일어난다. 각각의 담말분자는 공기 중에서 자외선에 노출되는 동안 산소분자를 흡수한다. 이것은 용해를 위해 필요한 용매의 극성의 증가시킨다. 광산화 하는 동안의 열화나 가교결합이 눈에 띄지는 않지만 수지피막들은 더욱 깨어지기 쉽게 된다. 담말의 황변화는 대개 열적 산화에 의해 일어나는 것으로 알려져 있다.

-보존처리

담말은 회화의 광택 피복에 이용되며 수지의 부서지기 쉬운 성질 때문에 건성유와 같은 가소제를 혼합하는 경우가 많다. 그러나 이들은 함께 산화되면서 급속하게 불용성이 된다. 또한 테레빈유 같은 용제는 황변화의 발생빈도를 증가시킨다.

담말은 수침목재의 변형방지나 강화처리에 이용되기도 하는데 유기용매에 대한 용해도가 높지 않아 분해가 많이 진행된 대상물에는 적합하지 않다.

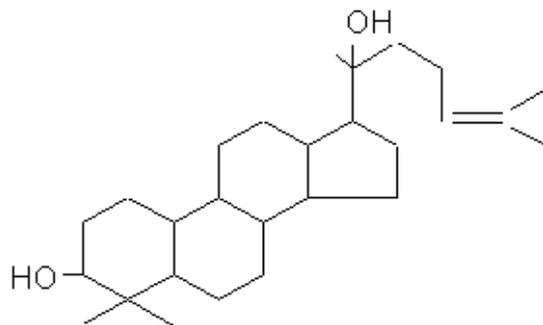


Figure 7. 담말의 구성 성분인 dammarenediol

6.6.2. 봉밀납(Beeswax)

봉밀납은 꿀벌의 벌통으로부터 얻어지고 녹는점 63°C 정도에서 여과에 의해 정제한다. 봉밀납은 탄화수소, 에스테르, 유리지방산(free fatty acid) 등의 복잡한 혼합물이며 소수의 용매에만 약간 녹는다. 용해도는 온도에 따라서 상당히 증가한다. 비록 산화 때문에 노랗게 변색 되더라도 이집트 무덤에서 천년이상 용융이 가능한 상태로 남아있던 예가 있을 만큼 안정한 물질이다. 봉밀은 천연수지, 충전제와 섞어서 그림의 relining[안감대기]을 하는데 이용 되었으며 금속의 피복 강화제로도 사용되었다.

6.7. 가교결합 폴리머수지

6.7.1. Silicone 수지

실리콘 수지들의 화학적 성질은 그 것을 구성하는 유기 화합물 만큼이나 다양하다. 대표적인 실리콘 합성물은 Methyltriethoxysilane이며 실리콘 원자는 Si-Si결합이 아닌 Si-O-Si(Siloxane)와 같이 산소를 사이에 두는 형태로 사슬을 형성한다.

Silanes : 보존처리에 사용되는 Silane(SiH_4) 유도체들은 tetraethoxysilane(synonyms ethylsilicate, tetraethyl silicate, TEOS)과 같이 tri 또는 tetra-기능기 유도체이다. 중합은 물의 작용으로 시작되며 가수분해와 응결에 의한 것이다. tetra-기능기의 단량체로부터 형성된 폴리머는 실리카겔과 유사할 것이다. Methyltrimethoxysilane과 같은 tri-기능기 단량체는 비슷한 형태로 반응하지만 Si-C결합을 존속시킨다. 이 단량체로부터 형성된 폴리머는 용제와 광산화에 대한 저항성을 갖고 있고 강인하지만 유연성은 없다. Silanol(Si-OH) 기들은 화학적 연쇄를 생성하기 위해 표면의 -OH기와 반응한다.

유기접착제와 상호작용을 하는 기능기를 가지고 있는 Trialkoxysilanes은 무기질 대상물의 표면과 접착제사이의 화학적 결합을 견고하게 만들 수 있다. 때문에 이것들은 coupling agent로 이용된다.

Siloxanes : 실리콘오일(silicone oil)과 실리콘고무의 분자사슬 구성단위는 dimethyl-siloxane이며 phenyl, fluorinate alkyls와 같은 유기치환기들이 특별한 목적으로 이용된다. 이들 실리콘합성물은 다양한 분자량과 함께 묽은 액상으로부터 점성의 반 액상에 이르기까지 여러 형태로 만들어진다. 그 분자사슬은 적당한 반응기가 분자 안에 존재하면 가교결합을 할 수 있다. 대부분의 실은 경화 형 실리콘 RTV고무는 응축 반응에 의해 굳어진다. RTV고무는 2part type과 수증기의 확산에 의해 경화가 개시되는 1액 형이 있다.

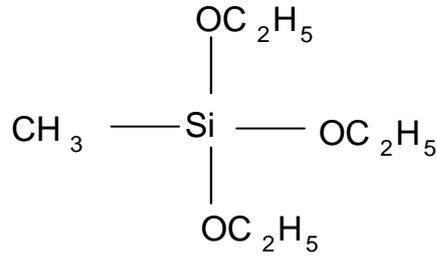


Figure 8. Methyltriethoxysilane

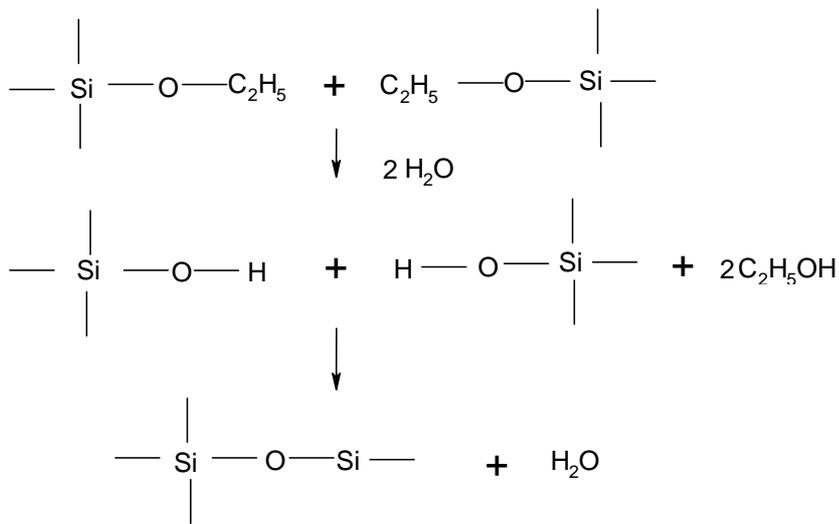


Figure 9. 물의 존재 하에서 ethoxysilane의 응결 중합.

-보존처리

Silane은 풍화된 돌의 보존처리 특히 강화처리에 적용되었다. tetraethoxysilane (TEOS)은 여러 암석재료와 중합된 겔의 유사성 때문에 돌의 강화처리에 이용되었다. 하지만 과거에는 고분자의 반 중합 silane의 존재로 인해 깊은 침투가 저지되었다. 또한 일부 silane 유도체는 석재에 침투된 후 수분과 반응하여 결정화 되면서 풍화된 돌에 미세한 균열을 생성한다고 알려져 있다.

Methyltrialkoxysilane은 1960년대부터 돌의 발수제로 만들어져 사용되었다. Silane의 침투성은 휘발성이 낮은 용제를 사용하거나, 표면 침적 방식의 강화처리, 불 투과성 증발방지 피복 등으로 개선될 수 있다.

독일 Wacker사의 OH-100은 예비 중합된 tetraethoxysilane(TEOS)과 에탄올을 용매로 하는 tinbutyldilaurate 촉매로 구성되어 있으며 유럽에서 발수성이 없는 침투 강화제로 추천되고 있다. Silane을 포함한 실리콘수지의 적용은 아직 발전단계에 있으며 외부에 있는 대형 석물과 같은 것에 대해서는 해결해야 할 문제가 남아있다. 모든 Silane이 장기적으로 대상물에 해를 주지는 않을 것이지만 그 반응은 비가역적이다.

6.7.2. 에폭시수지

에폭시수지는 2부분으로 구성된다 - 하나는 epoxide[에틸레옥사이드 환(環)]이고 또 다른 하나는 epoxide와 반응하여 가교 결합하는 경화제이다. epoxide나 가교결합성분의 변경에 의해 광범위한 종류의 Polymer들이 만들어질 수 있으며 촉매나, 희석제, 가소제를 이용한 물성조절도 가능하다. 에폭시계 접착제들과 충전용 수지들은 높은 강도와 함께 다양한 재료의 대상물에서 우수한 접착력을 발휘한다. 에폭시수지는 액체상태와 이 후의 겔상태의 2단계에서 최대 5% 정도 수축이 되며 수축력은 실온경화형 수지의 경우 4.4MPa에 달한다. 공업용 epoxide수지는 비스페놀 A의 diglycidyl ether

(DGEBA)로 점성의 저 중합체이다. 그 분자사슬 내의 Benzene은 수지가 짧은 시간 안에 견고한 Polymer로 경화되게 한다. 실온경화형 에폭시 수지의 경화제는 지방족(aliphatic) amin과 amide이다. 무수산과 같은 다른 물질은 고온경화에 사용되어진다.

모든 amin은 독성이 있으며 이러한 이유 때문에 불쾌한 냄새가 적고 풀반죽 또는 용액상의 Polyamide들이 가정용 에폭시를 위해 만들어졌다. 저점성의 amin들은 심각한 피부자극을 일으키고, 독성의 가스를 발생 시키며 흡습성이 되게 한다. 그리고 구리합금을 부식시키는 원인이 될 수 있다. 방향족 DGEBA는 빛과 자외선 흡수에 의해 황변화되는 경향이 있다. 대다수 공업용의 제품들은 황변화의 원인이 되는 불순물들을 함유하고 있지만 지방족 에폭시들은 방향족 에폭시수지보다 황변화 될 여지가 적다.

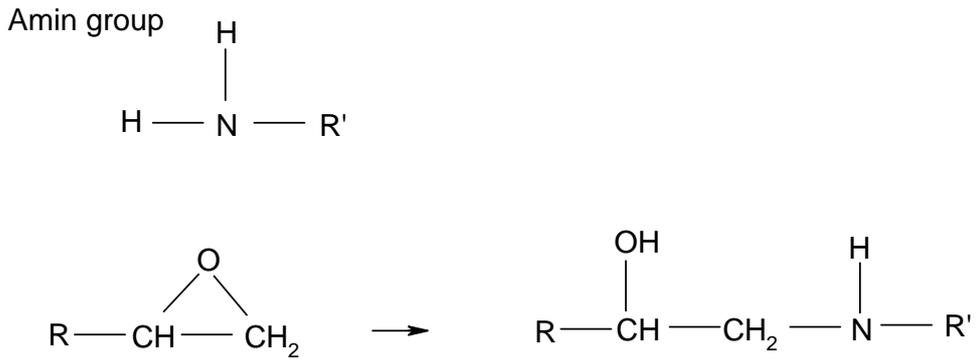
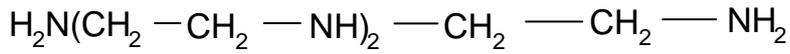
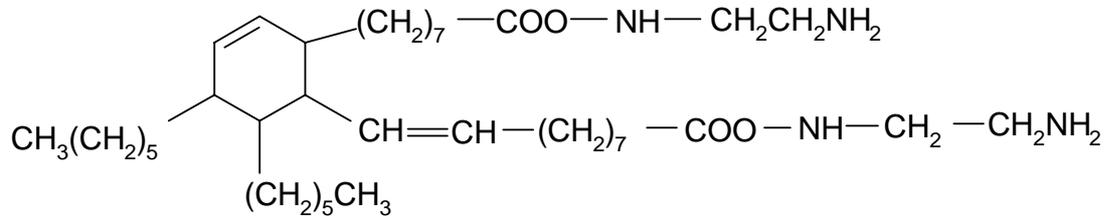


Figure 10. Epoxy-amine의 가교결합 반응



Triethylene tetramin(TETA) : 저점도, 속경화성, 피부독성



Polyamide : 점성, 저독성

Figure 11. amine 가교결합제

-보존처리

에폭시접착제는 1950년대에 목재, 금속 그리고 도자기의 접착, 목재 강화제로 개발되었으며 높은 강도와 공간 충전 능력 때문에 석물의 복원과 강화를 위해서도 사용되었다. 석조물의 보존처리에서는 특정 과제를 위해 조제된 에폭시 접착제가 사용되는 것이 보통이다. 1980년대 이후 일본과 우리나라에서도 목조건물과 석물 보존처리 분야에서 에폭시 수지가 이용되기 시작 하였다. 석물 보존처리에서는 파손 절단된 부분의 접합과 결손부 복원에 이용되지만 풍화된 석재의 강화처리를 위한 목적으로는 쓰이지 않는다-과거 유럽 지역에서 시도한 바 있으나 실패함-. 목조건물 보수작업에서는 총해를 입어 부식 손상된 부재의 빈 공간을 채워주거나 균열이 발생한 부재를 보강하기 위해 사용된다. 특히 건축 구조상 쉽게 교체할 수 없는 부재의 수리, 손상 범위가 작아 재사용이 가능한 부재를 수리할 때 주로 적용된다. 충전 또는 보강에 쓰이는 에폭시수지는 목재 복원재로 고안된 고점성 제품(예 : Araldite SV427, HV427), 또는 저 점성의 에폭시수지에 목분(木粉 또는 톱밥), Phenol-microballoon 같은 filler를 혼합하여 물성을 조절한 것을 사용한다. 건물의 하중 지탱과 관련된 부재를 수리 보강하는 경우에는 보다 높은 강성을 부여하기 위해 유리섬유, 탄소섬유와 같은 보강재를 함께 이용할 수 있다. 에폭시수지는 여타 폴리머수지에 비해 물성이 우수하고 환경에 대한 내구성도 높은 재료이지만 비가역적인 특성이나 수축 시 나타나는 높은 응력, 황변화 등 단점도 적지 않다.

7. 맺음말

그 동안 산업발전에 힘입어 많은 종류의 수지재료들이 개발되었지만 이 중에서 보존처리에 실제로 이용되었거나 적용 가능한 것으로 보이는 수지의 비율은 매우 낮다. 이는 요구되는 특성이 산업분야에서 중요시되고 강조되고 것과는 다르고 문화재라는 특정 대상물에 대해 보다 높은 안정성 확보와 검증을 필요로 하기 때문이다. 따라서 보존처리자들은 이와 같이 제한된 조건하에서 접착과 강화, 피복 등 각 보존처리의 분명한 목적에 따라 그에 적합한 수지들(Resins)을 선택하여야 한다. 그러나 실제 처리에서는 수지의 특질 혹은 물성을 잘 알고 있었다 할지라도 장기적으로 대상물에 미치는 영향을 예상치 못하고 사용하는 경우가 간혹 있을 수 있다. 또 과거의 적용 예나 상업적으로 공표된 물성과 일반화

된 용도를 보다 많이 참조하기도 한다. 물론 이 경우에도 당장은 별다른 문제가 되지 않을 수 있다. 하지만 보존처리자는 처리실행에 앞서 수지재료 자체의 특성 뿐 아니라 대상물과의 상호작용으로 일어날 수 있는 잠재적인 손상의 가능성 까지도 고려해야 한다. 이것은 보존처리자의 중요한 의무이며 점진적이고 겉으로 드러나지 않는 문화재의 손상을 방지하는 유일한 대책이다. 끝.