

표면 코팅을 위한 고성능 수용성 에폭시 수지에 관한 연구

김 용 호 · 이 광 원 · 김 영 재[†]

금호피앤비화학(주)
(1999년 10월 25일 접수)

A Study on the High Performance Waterborne Epoxy Resin for Surface Coating

Yong-ho Kim, Kwang-won Lee, Young-jae Kim[†]

Kumho P&B Chemicals, Inc. Yosu 550-290, Korea

(Received October 25, 1999)

요 약: 코팅(coating) 산업에서 유기 용제의 방출 감소를 유도하는 환경 규제에 부응하기 위하여 환경 친화적인 수용성 에폭시 수지가 개발 되어 왔다. 각 개발 단계를 거칠 때마다 전 단계의 부족한 기술을 보완하기 위하여 새로운 수용성 에폭시 수지가 개발되어 왔다. 처음엔 수용성 에폭시 수지는 콘크리트 공사(masonry)에 주로 사용되었으며, 제2세대에는 콘크리트 공사 뿐만 아니라 금속 표면을 보호하는 분야에도 이용되어져 왔다. 제3세대 수용성 에폭시 수지는 내식성(corrosion resistance)을 좋게 하고 휘발성 유기물질(volatile organic compound)의 수준을 낮게 해주는 장점이 있어 고성능의 표면 코팅 프라이머(primers)를 제조하는데 이용되고 있다. 이 논문은 당사에서 최근에 개발한 수용성 에폭시 수지를 이용하여 에폭시 프라이머를 배합할 수 있는 중요한 가이드라인을 제시했다. 정확한 에폭시 수지-경화제 시스템을 확립하기 위하여 에폭시 수지와 경화제의 비율을 최적화 하는데 중점을 두었다.

ABSTRACT: Waterborne epoxy resins have been developed in order to meet environmental regulations for reduction of the emission of organic solvents from coating industry. As each generation has filled a performance gap in the previous technology, new waterborne epoxy resin has developed. Initially, waterborne epoxy resins were used primarily on masonry, but the subsequent generations have found utility for the protection of metallic substrates as well. Indeed, the third generation systems have been formulated to produce the high performance industrial maintenance primers which possess the desirable combination of good corrosion resistance and low volatile organic compound levels. This paper outlines the important guidelines for formulating waterborne epoxy primers from waterborne epoxy resin that has recently developed in our company. The importance of using the appropriate resin-curing agent system at the optimized epoxy to amine ratio is stressed.

Keywords : waterborne epoxy resin, curing agent, primer.

[†] 대표저자(e-mail : kyj@kpb.co.kr)

I. 서 론

에폭시 수지는 지난 50여년 동안 표면 코팅의 바인더(binder)로서 사용되어져 왔다.¹⁻² 사용 초기에는 에폭시 수지는 바닥 마감재, 자동차 프라이머, 유지보수 코팅에 사용하였는데 거의 용제형 코팅(solvent-based coatings)이었다. 용제형 코팅은 에폭시 수지와 아민(amine) 경화제를 조화시킨 2액형 상온 경화 시스템(two-pack ambient-cure system)을 사용하였는데 이 시스템을 사용할 경우 뛰어난 내용제성(solvent resistance)과 내화학성(chemical resistance)을 얻을 수 있어 주로 중방식 탱크 라이닝(heavy-duty tank linings), 유지보수 코팅(maintenance coatings)에 사용하여 왔다. 현재에도 내용제성, 내화학성과 내식성(corrosion resistance)이 요구되는 분야에 다양하게 사용되고 있다. 그러나 용제형 코팅의 큰 단점은 코팅시 유기 용제가 방출된다는 점이다.

코팅 산업이 발달함에 따라 유기 용제의 방출을 규제하는 환경 관련 법규가 제정되었다. 이러한 환경 규제에 부응하기 위하여 유기 용제 대신에 물을 사용하는 수용성 에폭시 수지를 개발하게 되었다. 수용성 에폭시 수지/수용성 경화제 시스템은 최근에 상온 경화 코팅 분야에서 많은 관심의 대상이 되고 있다.³ 수용성 에폭시 수지/수용성 경화제 시스템을 사용한 코팅의 최종 목표는 건조 시간(drying time), 가사시간(pot life), 내용제성, 내화학성, 내식성과 같은 모든 물성을 용제형 코팅에서 얻을 수 있는 것과 동등한 수준으로 유지하는 것이다. 수용성 에폭시 수지/수용성 경화제 시스템의 가장 중요한 장점은 휘발성 유기 물질 방출을 감소시킬 수 있다는 점이다. 금속 프라이머 배합의 경우, 수용성 에폭시 수지/수용성 경화제 시스템을 사용할 때 방출되는 휘발성 유기 물질 레벨은 120~240 g/l 으로 전통적인 용제형 시스템을 사용할 때 방출되는 480 g/l에 비해

월등하게 휘발성 유기 물질 레벨을 줄일 수 있다고 보고되고 있다.⁴ 또한 수용성 에폭시 수지/수용성 경화제 시스템을 코팅에 적용시켜 얻을 수 있는 특성에 대하여도 보고되고 있다.⁵⁻¹⁰ 이는 코팅 할 때 방출되는 유기 용제의 방출 감소를 유도하는 환경 규제에도 부응하는 것이어서 수용성 에폭시 수지/수용성 경화제 시스템은 앞으로도 계속 발전해 나갈 것이다.

수용성 에폭시 시스템을 사용하여 표면 코팅용 프라이머를 제조할 때 배합 기술자(formulator)는 수용성 에폭시 시스템의 장점과 단점을 잘 파악하여 응용해야 한다. 이 논문의 목적은 당사에서 최근에 개발한 수용성 에폭시 수지를 이용하여 에폭시 프라이머를 배합할 수 있는 중요한 가이드라인을 제시하는데 그 목적이 있다. 정확한 수용성 에폭시 수지/수용성 경화제 시스템을 확립하기 위하여 수용성 에폭시 수지와 수용성 경화제의 비율을 최적화 하는데 중점을 두었다.

II. 실험

1. 시약 및 재료

수용성 에폭시 수지는 금호피앤비화학(주)의 KER 510을 사용하였다. 이것은 epichlorohydrine, bisphenol-A와 유화제를 중합 반응시켜 물에 에멀전화 시킨 것이다. 기본적인 물성은 고형분 함량 55 wt%, 당량 510 g/eq, 점도는 25 °C에서 6000 cps 이다. 에폭시 수지의 경화제로는 Air Products사의 수용성 경화제인 Epilink 700과 Epilink 660을 사용하였다. 이것들은 폴리아민을 에폭시 수지와 유화제로 변성시켜 물에 에멀전화 시킨 것이다. Epilink 700의 기본적인 물성은 고형분 함량 55 wt%, 활성수소당량 300 g/eq, 점도는 25 °C에서 7 Pa·s이다. Epilink 660의 기본적인 물성은 고형분 함량 70 wt%, 활성수소당량 200 g/eq, 점도는 25 °C에서 20 Pa·s

이다.

2. 혼합

수용성 에폭시 수지에 수용성 경화제를 에폭시/경화제 당량 비율별(1/0.8~1/1.2)로 각각 혼합하여 사용하였다.

3. 물성시험

3.1 건조시간

수용성 에폭시/경화제를 당량 비율로 혼합한 혼합물을 유리판 위에 Film Applicator (Erichsen사, Model 360)를 이용하여 100 μm 의 두께로 도막을 형성시킨 다음 25 $^{\circ}\text{C}$, 55 %RH에서 건조시키면서 Drying time recorder (Erichsen사, Model 504)를 사용하여 건조 시간을 측정하였다.

3.2 가사시간(Pot-Life)

수용성 에폭시/경화제를 당량 비율로 혼합한 혼합물 100 g을 취하여 T-Cam Gel Time Tester (Techne사, Model GT-3/F925P)를 사용하여 겔화되는 시간을 측정하였다.

3.3 경도

수용성 에폭시/경화제를 당량 비율로 혼합한 혼합물을 유리판 위에 Film Applicator를 이용하여 100 μm 의 두께로 도막을 형성시킨 다음 25 $^{\circ}\text{C}$, 55 %RH에서 2주일 동안 건조시킨다. Pendrum Hardness Tester (BYK-Gardner사, Model 5854)를 사용하여 경도를 측정하였다.

3.4 접착력

수용성 에폭시/경화제를 당량 비율로 혼합한 혼합물을 마강판 (Steel Panel) 위에 Film Applicator를 이용하여 100 μm 의 두께로 도막을 형성시킨 다음 25 $^{\circ}\text{C}$, 55 %RH에서 2주일 동안 건조시킨다.

도막을 Cross Cut Tester (BYK-GARDNER, Model Cat. No. 5121)를 사용하여 1mm 간격으

로 가로와 세로로 금을 그어 100칸을 형성한 다음 그 위에 셀로판테이프를 밀착시킨 후 45 $^{\circ}$ 로 잡아당겨 떨어지지 않는 도막의 수를 측정하였다 (Cross Cut & Tape Test).

3.5 굽힘성(Bending Test)

수용성 에폭시/경화제를 당량 비율로 혼합한 혼합물을 마강판 (Steel Panel) 위에 Film Applicator를 이용하여 100 μm 의 두께로 도막을 형성시킨 다음 25 $^{\circ}\text{C}$, 55 %RH에서 2주일 동안 건조시킨다. 시험편을 Conical Mandrel Bend Tester (BYK-GARDNER, Model Cat. No. 5750)로 180 $^{\circ}$ 로 굽힌다. 굽혀진 부분의 크랙 (Crack) 유무를 확인하여 굽힘성을 측정하였다.

3.6 충격강도(Impact Test)

수용성 에폭시/경화제를 당량 비율로 혼합한 혼합물을 마강판 (Steel Panel) 위에 Film Applicator를 이용하여 100 μm 의 두께로 도막을 형성시킨 다음 25 $^{\circ}\text{C}$, 55 %RH에서 2주일 동안 건조시킨다. 시험편의 충격강도를 Impact Tester (Toyoseiki, Model H-50)를 사용하여 측정하였다.

3.7 광택 유지도(Gloss Retention)

수용성 에폭시/경화제를 당량 비율로 혼합한 혼합물을 유리판 위에 Film Applicator를 이용하여 100 μm 의 두께로 도막을 형성시킨 다음 25 $^{\circ}\text{C}$, 55 %RH에서 2주일 동안 건조시킨다. 도막 표면에 Gloss Meter (BYK-GARDNER, Model 4520)를 사용하여 60 $^{\circ}$ 일때의 광택 유지도를 측정하였다.

3.8 MEK(Methyl Ethyl Ketone) Resistance

수용성 에폭시/경화제를 당량 비율로 혼합한 혼합물을 마강판 (Steel Panel) 위에 Film Applicator를 이용하여 100 μm 의 두께로 도막을 형성시킨 다음 25 $^{\circ}\text{C}$, 55 %RH에서 2주일 동안 건조시킨다. 가제에 MEK를 묻혀 시험편을 문지른

다. 왕복을 1회로 하여 도막이 다 달아져 마강 판이 보이기 시작하는 횟수를 측정한다.

3.9 내수성(Water Resistance)

수용성 에폭시/경화제를 당량 비율로 혼합한 혼합물을 유리판 위에 Film Applicator를 이용하여 100 μm 의 두께로 도막을 형성시킨 다음 25 $^{\circ}\text{C}$, 55 %RH에서 2주일 동안 건조시킨다. 시험편을 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서 증류수에 침지시켜 유리판으로부터 도막이 분리되는 시간을 측정하였다.

3.10 내용제성(Solvent Resistance)

수용성 에폭시/경화제를 당량 비율로 혼합한 혼합물을 유리판 위에 Film Applicator를 이용하여 100 μm 의 두께로 도막을 형성시킨 다음 25 $^{\circ}\text{C}$, 55 %RH에서 2주일 동안 건조시킨다. 시험편을 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서 용제(Xylene, Ethanol, Methyl Ethyl Ketone, Cellosolve Acetate)에 침지시켜 유리판으로부터 도막이 분리되는 시간을 측정하였다.

3.11 내화학성(Chemical Resistance)

수용성 에폭시/경화제를 당량 비율로 혼합한 혼합물을 유리판 위에 Film Applicator를 이용하여 100 μm 의 두께로 도막을 형성시킨 다음 25 $^{\circ}\text{C}$, 55 %RH에서 2주일 동안 건조시킨다. 시험편을 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서 Acid 또는 Base (10 % NaOH, 10 % HCl, 10 % H_2SO_4 , 5 % CH_3COOH)에 침지시켜 유리판으로부터 도막이 분리되는 시간을 측정하였다.

3.12 열분석

경화물의 유리전이온도(Tg)를 알아보기 위하여 열분석기(Seiko사, Model DSC220C)를 사용하였다. 온도 프로그램은 25 $^{\circ}\text{C}$ 에서 시작하여 분당 10 $^{\circ}\text{C}$ 로 승온시켜 마지막 온도를 250 $^{\circ}\text{C}$ 로 설정하여 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

KER 510과 Epilink 700 또는 Epilink 660의 배합 비율에 따른 화학양론적인 효과를 알아보기 위하여 당량 비율을 변화시켜 시험한 물성 결과는 다음과 같다.

1. 건조시간

Fig. 1은 에폭시/경화제 당량 비율에 따른 건조시간 결과를 나타낸 것이다. Epilink 700을 사용할 경우 건조 시간은 12~13시간 30분을 나타냈으며 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1.2일 때 12시간으로 가장 빨랐고, 다음이 당량 비율이 1:1일 때 12시간 10분이었으며, 제일 느린 것은 당량 비율이 1:0.8일 경우의 13시간 30분이었다. Epilink 660을 사용할 경우 건조시간은 13시간 45분~24시간을 나타냈으며 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1.2일 때 13시간 45분으로 가장 빨랐고 다음이 1:1일 때의 14시간 50분이었으며, 제일 느린 것은 당량 비율이 1:0.8일 경우의 24시간이었다. 이와같은 사실로 보아 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1.2일 경우에 빠른 건조 시간을 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 이것은 에폭시와 경화제 사이의 당량 비율이 최소한 1:1.2일 때 에폭시 수지와 경화제 사이의 가교밀도 상승이 더 빠르게 진행되기 때문인 것으로 사료된다.

2. 가사시간(Pot-Life)

Fig. 2는 에폭시/경화제 당량 비율에 따른 가사시간 결과를 나타낸 것이다. Epilink 700을 사용할 경우 가사시간은 150~191분을 나타냈으며 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일 때 150분으로 가장 빨랐고 다음이 당량 비율이 1:1.2일 때의 163분이었으며 제일 느린 것은 당량 비율이 1:0.8일 경우의 191분이었다. Epilink 660을 사용할 경우 가사시간은 488~498분을 나타냈으며 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일

때 488분으로 가장 빨랐고 다음이 당량 비율이 1:1.2일 때의 495분이었으며 제일 느린 것은 당량 비율이 1:0.8일 경우의 498분이었다. 이와같은 사실로 보아 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1인 경우에 빠른 가사 시간을 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 에폭시 수지와 아민 경화제 간의 경화반응에서 반응은 에폭시드-에폭시드, 에폭시드-아미노기, 에폭시드-수산기 간의 반응으로 간주할 수 있는데 과량의 에폭시 사용시에는 에폭시드는 모두 반응성이므로 가교밀도는 상승시키지만 아민 경화제 과량시에는 에폭시드-아미노기 반응외에는 미반응으로 남기 때문에 가교밀도 상승을 저해하여 가사시간을 연장시키는 것으로 생각된다.

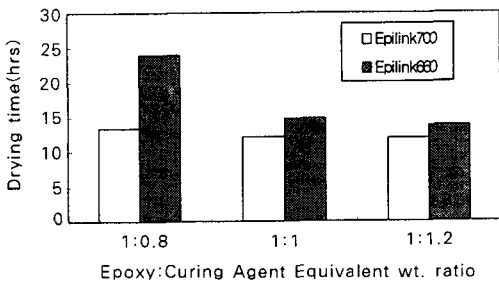


Fig. 1. Drying time behavior of unpigmented films

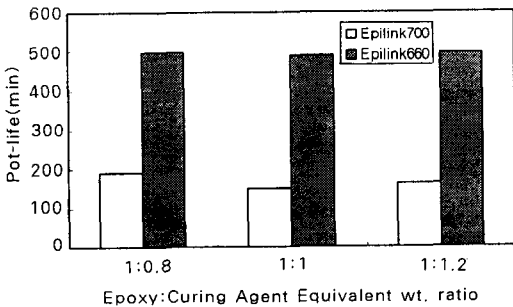


Fig. 2. Pot-life behavior of unpigmented films

3. 경 도

Fig. 3은 에폭시/경화제 당량 비율에 따른

Pendrum 경도를 나타낸 것이다. Pendrum 경도는 기준이 170이다. Epilink 700을 사용할 경우 Pendrum 경도는 80~100으로 나타났으며 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일 때 100으로 가장 높았으며 다음이 당량 비율이 1:0.8일 때의 96이었으며 제일 낮은 것은 당량 비율이 1:1.2일 경우의 80이었다. Epilink 660을 사용할 경우 Pendrum 경도는 79~88을 나타냈으며 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일 때 88로 가장 높았고 다음이 당량 비율이 1:0.8일 때의 83이었으며 제일 낮은 것은 당량 비율이 1:1.2일 경우의 79이었다. 이와같은 사실로 보아 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1 경우에 가장 높은 경도를 얻을 수 있음을 알 수 있었다. 이것은 에폭시와 경화제 사이의 당량 비율이 1:1일 때 화학양론적인 관계가 성립되어 가교 밀도가 높아진 것에 기인한 것으로 사료된다.

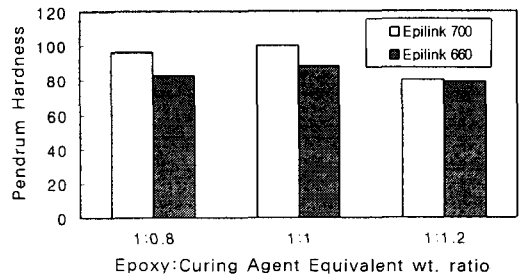


Fig. 3. Pendrum Hardness behavior of unpigmented films

4. 접착력

Fig. 4는 에폭시/경화제 당량 비율에 따른 접착력을 나타낸 것이다. Epilink 700을 사용할 경우 접착력은 90~95%로 모두 좋은 결과를 나타냈다. 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1과 1:1.2일 때 95%의 접착력을 나타냈고 당량 비율이 1:0.8일 때 90%의 접착력을 나타냈다. Epilink 660을 사용할 경우 접착력은 95~100%로 나타났으며 에폭시/경화제 당량 비율이

1:0.8일 때 100%로 가장 좋았고 다음이 당량 비율이 1:1일 때와 1:1.2일 때의 95%이었다. 이와같은 사실로 부터 에폭시/경화제 당량 비율에 관계없이 아주 양호한 접착력을 얻을 수 있었다. 분자량이 큰 에폭시를 사용함에 따라 강인성이 증대되고 미반응으로 남는 에폭시 수지에 걸려있는 극성인 수산기(-OH)가 피도체로 사용한 극성인 철재판과 강하게 밀착되어 우수한 접착력을 나타낸 것으로 생각된다.

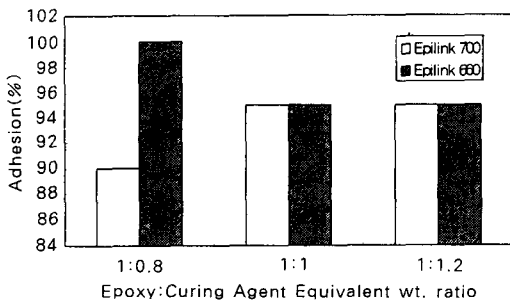


Fig. 4. Adhesion behavior of unpigmented films

5. 굽힘성(Bending Test)

에폭시/경화제 당량 비율에 따른 굽힘성을 확인하였다. 확인한 결과 도막에 아무 이상이 없음을 알 수 있었다. 경화제 종류 및 에폭시/경화제 당량 비율에 관계없이 굽힘성은 모두 양호하였다. 이것은 본 시스템의 우수한 유연성뿐만 아니라 접착력에 기인한 것으로 사료된다.

6. 충격강도(Impact Test)

에폭시/경화제 당량 비율에 따른 충격 강도를 측정하였다. 충격강도는 경화제 종류 및 에폭시/경화제 당량 비율에 관계없이 앞면(Direct), 뒷면(Reverse) 모두 1kg×50cm 이상을 나타냈다. 이것은 본 시스템의 접착력이 우수할 뿐만 아니라 유연성이 양호한 것에 기인한 것으로 사료된다.

7. 광택 유지도(Gloss Retention)

Fig. 5는 에폭시/경화제 당량 비율에 따른 광택 유지도를 나타낸 것이다. 광택 유지도는 Epilink 700을 사용할 경우 111~140을 나타냈다. 에폭시/경화제 당량 비율이 1:0.8일 때 140으로 가장 광택 유지도가 좋았고 다음이 당량 비율이 1:1일 때의 128이었으며 제일 떨어지는 것은 당량 비율이 1:1.2일 경우의 111이었다. Epilink 660을 사용할 경우 광택유지도는 135~140을 나타냈으며 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일 때 140으로 가장 좋았고 다음이 당량 비율이 1:0.8일 때 136이었으며 1:1.2일 때는 135이었다. 이와같은 사실로 부터 Epilink 700을 사용할 경우는 에폭시/경화제 당량 비율이 증가할수록 광택 유지도가 떨어졌다. 반면 Epilink 660을 사용할 경우는 에폭시/경화제 당량 비율에 관계없이 비슷한 결과를 보여줬다.

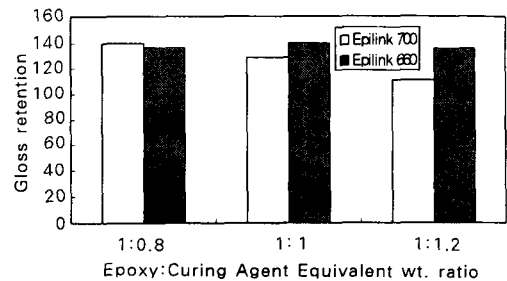


Fig. 5. Gloss retention behavior of unpigmented films

8. MEK(Methyl Ethyl Ketone) Resistance

Fig. 6은 에폭시/경화제 당량 비율에 따른 MEK Double Rubbing Test 결과를 나타낸 것이다. MEK Resistance는 Epilink 700을 사용할 경우 100~134를 나타냈다. 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일 때 134으로 가장 좋았으며 다음이 당량 비율이 1:0.8일 때의 105이었으며 제일 떨어지는 것은 당량 비율이 1:1.2일 경우의

100이었다. Epilink 660을 사용할 경우 MEK Resistance는 90~110을 나타냈으며 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일 때 110으로 가장 좋았고 다음이 당량 비율이 1:1.2일 때 100이었으며 제일 떨어지는 것은 당량 비율이 1:0.8일 때의 90이었다. 이와 같은 사실로부터 경화제의 종류에 관계없이 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일 때 가장 MEK Resistance가 양호하다는 사실을 알 수 있었다. 이것은 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일 때 가교 밀도가 가장 높아져 MEK가 도막을 침투하지 못하는 사실에 기인한 것으로 사료된다.

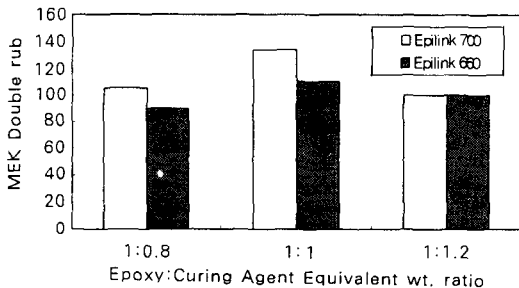


Fig. 6. MEK resistance behavior of unpigmented films

9. 내수성(Water Resistance)

내수성은 경화제 종류 및 에폭시/경화제 당량 비율에 관계없이 모두 90일 이상이 지나도 도막에 이상이 없음을 나타내 주어 내수성이 우수함을 알 수 있었다.

10. 내용제성(Solvent Resistance)

내용제성을 측정하기 위한 용제로 Methyl Ethyl Ketone과 Cellosolve Acetate를 선택하였다. 선택한 이유는 일반적으로 에폭시 수지가 케톤류와 아세테이트 계통에 약한 것으로 알려져 있기 때문이다. 또한 용제를 다양화하기 위하여 xylene과 ethanol에 대한 내용제성도 측정

하였다. 상기 4가지 용제에 대한 내용제성은 경화제 종류 및 에폭시/경화제 당량 비율에 관계없이 모두 90일 이상이 지나도 도막에 이상이 없음을 나타내 주어 내용제성이 우수함을 알 수 있었다.

11. 내화학성(Chemical Resistance)

10% NaOH에 대한 내화학성은 경화제 종류 및 에폭시/경화제 당량 비율에 관계없이 모두 90일 이상을 나타내 주어 10% NaOH에 대한 내화학성이 우수함을 알 수 있었다. Fig. 7~Fig. 9는 에폭시/경화제 당량 비율에 따른 내화학성 결과를 나타낸 것이다. Epilink 700을 사용할 경우 10% HCl에 대한 내화학성은 35~52일로 나타났으며 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일 때 52일로 가장 좋았으며 다음이 당량 비율이 1:0.8과 1:1.2일 때의 35일이었다. Epilink 660을 사용할 경우 10% HCl에 대한 내화학성은 31~35일로 나타났으며 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일 때 35일로 가장 좋았으며 다음이 당량 비율이 1:0.8일 때 33일 이었으며 1:1.2일 때는 31일이었다. Epilink 700을 사용할 경우 10% Sulfuric acid에 대한 내화학성은 당량 비율이 1:1일 때 35일로 가장 좋았으며 다음이 당량 비율이 1:1.2일 때의 31일 이었으며 당량 비율이 1:0.8일 경우에는 30일 이었다. Epilink 660을 사용할 경우 10% Sulfuric acid에 대한 내화학성은 당량 비율이 1:1일 때 86일로 가장 좋았으며 다음이 당량 비율이 1:0.8일 때의 52일 이었으며 당량 비율이 1:1.2일 경우에는 35일 이었다. Epilink 700을 사용할 경우 5% Acetic acid에 대한 내화학성은 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일 때 27일로 가장 좋았으며 다음이 당량 비율이 1:0.8과 1:1.2일 때 20일 이었다. Epilink 660을 사용할 경우 5% Acetic acid에 대한 내화학성은 에폭시/경화제 당량 비율이 1:0.8과 1:1일 때 86일로 가장 좋았으며

당량 비율이 1:1.2일 때는 20일이었다. 이와 같은 사실들로 보아 산에 대한 내화학성은 경화제 종류에 관계없이 에폭시/경화제 당 에폭시 수지와 경화제 사이의 가교 밀도가 에랑 비율이 1:1일 때 가장 우수하였다. 이것은 폭시/경화제 당량 비율이 화학양론적인 비율인 1:1일 때 아주 높게 형성되어 내화학성이 좋아지는

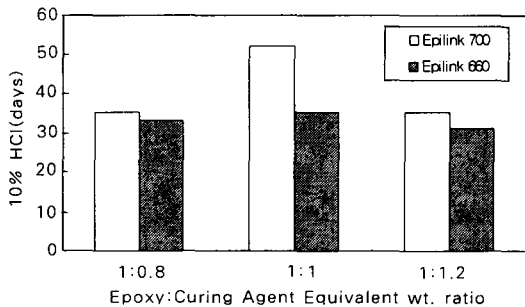


Fig. 7. Chemical resistance behavior of unpigmented films

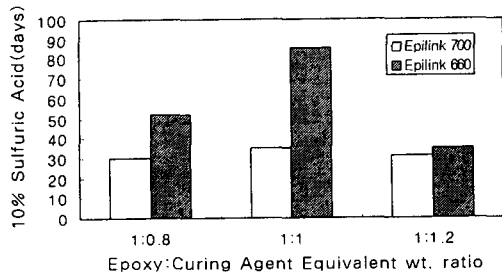


Fig. 8. Chemical resistance behavior of unpigmented films

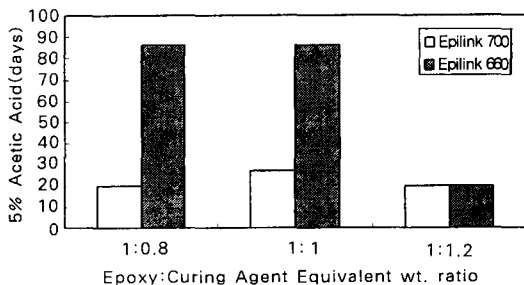


Fig. 9. Chemical resistance behavior of unpigmented films

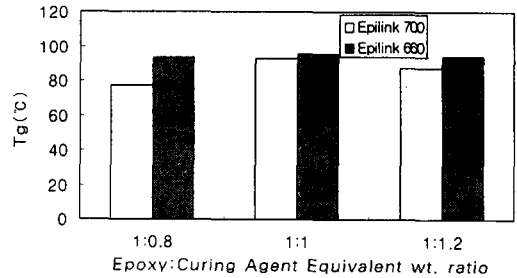


Fig. 10. DSC(Tg) behavior of unpigmented films

것으로 사료된다.

12. 열분석

Fig. 10은 에폭시/경화제 당량 비율에 따라 혼합한 경화물에 대한 DSC로 측정된 Tg 결과를 나타낸 것이다. Epilink 700을 사용할 경우 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일 때 Tg가 92.6 °C로 가장 높았으며 다음이 당량 비율이 1:1.2일 때의 87.7 °C였으며 가장 낮은 것은 당량 비율이 1:0.8일 때의 77.3 °C이었다. Epilink 660을 사용할 경우 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일 때 Tg가 95.7 °C로 가장 높았으며 다음이 당량 비율이 1:1.2일 때의 94.3 °C였으며 가장 낮은 것은 당량 비율이 1:0.8일 때의 93.6 °C 이었다. Tg는 경화제 종류에 관계없이 에폭시/경화제 당량 비율이 1:1일 때 가장 높았다. 이것은 에폭시 수지와 경화제 사이의 가교 밀도가 에폭시/경화제 당량 비율이 화학양론적인 비율인 1:1일 때 아주 높게 형성된다는 사실에 기인한 것으로 사료된다.

IV. 결 론

당사에서 최근에 개발한 수용성 에폭시 수지인 KER 510과 수용성 경화제인 Epilink 700/Epilink 660을 배합하여 실험한 결과는 다음과 같다.

수용성 에폭시 수지를 수용성 폴리아민 경화제로 경화시켰을 경우 에폭시/경화제 당량 비율이 화학양론 적인 양보다 적은 1:0.8일 경우 접착력과 광택유지도 물성이 증대되고 화학양론적인 양인 1:1일 때는 가사시간, Pendrum 정도, MEK Resistance, 내화학적성, Tg 물성이 증대된다. 그리고 당량 비율이 화학양론적인 양보다 큰 1:1.2일 때는 건조시간이 빨라진다는 사실을 알 수 있다.

굽힘성, 내수성, 내용제성은 경화제 종류 및 에폭시/경화제 당량 비율에 관계 없이 좋은 결과를 나타냈다.

그러므로 배합 기술자는 얻고자 하는 최종 물성에 따라 당사에서 개발한 수용성 수지와와 본 실험에서 사용된 수용성 경화제의 배합 비율을 선택할 수 있다.

참 고 문 헌

1. Henry Lee and Kris Neville "Handbook of Epoxy Resins" ch. 24, McGraw-Hill, Inc., New York, 1980.
2. Roy W. Tess, "Epoxy Resins, Chemistry and Technology", ed. by Clayton A. May, 2nd ed., ch. 8, Marcel Dekker, Inc., New York, 1988.
3. J. D. Elmore and H. T. Dickman, "Design of Resins for Ambient Cure Waterborne Epoxy Coatings", Presented at the Waterborne & Higher Solids Coatings Symposium, March 10-12, 1980, New Orleans, LA, USA.
4. M. A. Jackson, *Polymers Paint Colour Journal*, 180(4270), 608-621 (1990).
5. J. Chou, *Eur. Polym. Paint Colour J.*, 184(4356), 413 (1994).
6. J. Chou, *Polymer, Paint and Colour Journal*, September, 7 (1994).
7. U. S Patent 3,962,165
8. U. S Patent 3,959,106
9. E. C. Galgoci and P. C. Komar, *Proc. 21st Waterborne Higher-Solids and Powder Coatings Symp.*, Pt. II, 54. (1994).
10. S. Arora Kartar, Jason L. Chou, David, John Papalos., "Structure-Property Relationship of Waterborne Epoxy Coatings Based on Novel Self-dispersible Epoxy Resins" Presented at the Waterborne & Higher Solids Coatings Symposium, Feb. 22-24, 1995, New Orleans, LA, USA.