

에폭시가 함유된 PVC졸 실란트의 물성

이 승 진 · 김 현 교* · 박 환 만 · 조 원 제 · 하 창 식†

부산대학교 고분자공학과, *LG전자 생산기술센터

(1999년 5월 20일 접수)

Properties of Epoxy Modified PVC-sol Sealants

Seung-Jin Lee, Hyun-Kyo Kim*, Hwan-Man Park, Won-Jei Cho and Chang-Sik Ha†

Dept. of Polymer Science and Engineering, Pusan National University, Pusan 609-735, Korea

*LG Electronics Co. Ltd., Manufacturing Technology Center, Changwon 641-711, Korea

(Received May 20, 1999)

요약: 본 연구에서는 PVC졸 실란트에 요구되는 접착성 개선제에 대한 연구의 일환으로 에폭시가 2개(epoxy A)인 것과 4개인 것(epoxy B)을 각각 첨가하였을 때 PVC졸 실란트의 제반물성에 미치는 영향을 연구하였다. PVC졸은 디옥틸프탈레이트(DOP)로 PVC를 가소화시켜 제조된 것이다. 에폭시 수지 A의 경우는 에폭시 수지 함량이 증가할수록 PVC졸 실란트의 점도가 감소하였고, 첨가제 CaCO₃가 첨가된 에폭시 PVC졸 실란트의 점도는 에폭시 수지 종류에 관계없이 CaCO₃ 함량이 증가할수록 점도가 증가했다. 45°C 열 수조상에서 점도 변화는 에폭시 수지 종류 또는 함량에 관계없이 점도가 감소하였는데 이는 에폭시가 PVC졸 실란트에 안정제의 역할을 한 것으로 판단되었고, CaCO₃가 함유된 경우는 그 함량이 증가할수록 점도가 증가한 것은 충전효과로 판단되었다. 에폭시가 첨가된 PVC졸 실란트의 열적 안정성은 다소 개선되었다. 인장 강도는 에폭시 수지 A의 함량이 낮은 경우는 인장 강도 및 신율이 증가하고, 높은 함량에서는 오히려 감소했다. 에폭시 수지 B의 경우는 에폭시 함량이 증가할수록 인장 강도와 신율은 증가하는 현상이 보였다. 충전제 함량이 많을수록 충전제 함량이 적은 PVC졸 보다는 인장 강도는 낮은 현상을 보였다. 전기적 특성에서는 tan δ의 값이 0.1정도(0.1±0.04)이고 비유전율 ε_r값은 0.5정도(0.5±0.04)이므로 좋은 절연체로 판단되었다.

ABSTRACT: In this work, the effects of the addition of epoxy on the properties of PVC-sol sealants were investigated. PVC-sol was plasticized with dioctyl phthalates(DOP). Two kinds of epoxy resins having different epoxy equivalent weight (E.E.W.) were used. It was found that the properties of the PVC-sol sealants were significantly affected by the contents and types of the added epoxy resins. The viscosity behaviors of the epoxy-modified sealants, in the case of epoxy A addition, the viscosity was decreased with increasing the epoxy contents, but in the case of CaCO₃ addition, the viscosity was increased with increasing the CaCO₃ contents. The viscosity of epoxy modified sealants aged at 45°C waterbath was decreased with increasing

†대표저자(e-mail: csha@hyowon.pusan.ac.kr)

epoxy contents, since the epoxy acted on the sealants as a stabilizer. The thermal stability of the PVC-sol sealants was slightly improved by adding epoxy. The tensile strength and elongation of sealants modified with epoxy A (two functionalities of epoxy) were increased with increasing the epoxy contents up to a certain epoxy contents but was decreased with further increasing the epoxy contents. In the case of CaCO_3 addition, the tensile strength of sealants were decreased with increasing the CaCO_3 contents. In view of the electrical properties, such as $\tan \delta (0.1 \pm 0.04)$ and $\epsilon_r (0.5 \pm 0.04)$, it was found that the epoxy modified sealants were as good as insulators.

Keywords : sealant, PVC-sol, epoxy, viscosity, tensile strength, electrical property.

I. 서 론

PVC졸은 코팅, 디핑, 회전성형, 그리고 성형코팅등 다양한 여러 응용분야에 적용되며,¹⁻³ 최근에는 의료용으로 인공심장에 까지 응용이 보고 되고 있다.⁴ 자동차 산업에서 응용되는 예로 자동차의 바디셀러로서의 사용을 들 수 있는데 PVC졸과 철판과의 나쁜 접착이 큰 문제점으로 지적되어 왔으며 따라서 접착성 개선제가 요구 되었다. 이런 관점에서 본 연구자들은 전보⁵⁻⁶에서 PVC졸에 대한 접착성 개선제로 폴리아미드 수지를 첨가하고, 첨가된 폴리아미드 수지가 PVC졸의 제반 물성에 미치는 영향을 연구한 바 있다. 전보에서, PVC졸의 유연학적, 기계적 물성 등이 첨가된 폴리아미드 수지의 종류와 첨가량에 크게 의존하는 것을 밝힌 바 있다.

본 연구에서는 접착성 개선제로, 에폭시(epoxy)수지를 PVC졸에 첨가하였다. Epoxy수지는 PVC의 안정제로서 여러가지에 이용되고 안정제로서의 작용에 인장 강도, 접착성 향상의 효과를 가지고 있다.⁷ 또한 경화 epoxy수지는 점도, 접착성, 내약품성 및 전기적 성질이 우수하므로 구조물의 접착제 및 hard coating제 등으로 널리 사용된다. 이러한 우수한 성질은 다른 종류의 플라스틱에서는 찾아보기가 힘들다. Epoxy 수지중에서 예로부터 가장 많이 사용하고 있는 Type은 Bisphenol A와 ECH(Epichlorohydrine)의 축합 반응에 의해서 생성한 DGEBA(Diglycidyl

Ether Bisphenol-A)이다.⁸⁻⁹ 이는 뛰어난 접착력, 내약품성, 내열성 등 경화 물성이 우수하여 다방면에 응용되는 범용 Epoxy수지이다. 이 수지의 경화물은 경화제의 종류(polyamide수지, 지방족 및 방향족 Amine, 산무수물)와 희석제, 기타 첨가제에 따라 각각 다른 특성을 가지며 일반적으로 가장 광범위하게 사용되는 대표적인 액상 Epoxy수지이며, 적용 분야로서 도료, 코팅제, 함침제, 전기 전자 주형, 토목 건축 구조물의 접착 등에 이용된다.¹⁰⁻¹¹

본 연구에서는 접착성 개선제로 첨가한 epoxy의 종류와 함량에 PVC졸 실란트의 제반물성 즉, 점도와 틱소트로피(thixotropy) 등의 유연학적 물성과 열적특성, 기계적 및 전기적 특성에 미치는 영향을 연구하였다.

III. 실험

1. 실험재료

Table 1은 본 연구에서 사용된 재료와 그 특성을 나타낸 것이다. PVC수지는 중합도가 1600인 paste resin LG화학제품 LP-170을 사용하였고 가소제는 DOP, 에폭시 수지는 에폭시기가 2개인 국도화학 제품인 YD-128(Epoxy-A)와 반응기가 4개인 LG화학제품 LER-430(Epoxy-B)을 사용하였으며, CaCO_3 -S인 원료를 사용하였다.

Table 1. Materials and Characteristics

Material	Characteristics	Sources
PVC Resin	Grade : LP-170 DP : 1600 K-Value : 75 Bulk Density : 0.36(cc/gr)	LG Chemical
DOP	Specific Gravity : 0.986 B. P.(°C/mmHg) : 231/5 Vapor Pressure(mmHG, 200°C) : 1.3	LG Chemical
Epoxy A	Grade : YD-128 Epoxy equivalent weight(E.E.W.) (g/eq.) : 184-190 Viscosity(cps at 50°C) : 11,500-13,500	Kukdo Chemical
Epoxy B	Grade : LER-430 Epoxy equivalent weight(E.E.W) (g/eq.) : 110-130 Viscosity(cps at 50°C) : 8,000-14,000	LG Chemical
CaCO ₃	Grade : CaCO ₃ -S Bulk Density : 0.5g/cc Paryicle Size : 6μ	Cheil Industrial Co.

Table 2. Formulation of epoxy modified PVC-sol Sealants

Recipe No.	1	2	3	4	4-1	4-2	5	6	7
PVC	66	66	66	66	66	66	66	66	66
DOP	34	34	34	34	34	34	34	34	34
*Epoxy	-	0.5	1	2.5	2.5	2.5	5	10	15
CaCO ₃	-	-	-	-	20	40	-	-	-

*Epoxy(A : YD-128, B : LER-430)

2. 시편 제조

Stainless steel로 된 비이커에 PVC 페이스트 수지 330g과 DOP 170g을 넣었다. 여기에 epoxy 수지를 함량별로 또는 종류별로 혼합하여 약 5분간 잘 섞고 mixer로 1500rpm에서 7분간 충분히 교반한 후 탈포기에서 10분간 진공 처리하였다. 제조된 시편의 배합비를 Table 2에 나타내었다.

3. 측정 방법

본 연구에서는 시료의 점도와 thixotropic index, 열적안정성, 인장 물성, 전기적 물성 및 경도를 측정하였는데, 자세한 측정방법은 전보⁵⁻⁶에 기술한 바와 같다. 점도는 JIS K-6830-2-7항에 따라, 인장 물성은 JIS K-7113항, 경도는 JIS K-6911-5-16항에 따라 측정¹²하였다. 시료의 열적 안정성은 열중량 분석기 TGA(Shimadzu DT-30)으로 측정하였으며, 전기적 물성은 precision Tan δ와 비유전율 ε_r을 Hewlett-pack 4329기와 C bridge meter(Tettex AG instrument Type 2812 HB)로 측정하였다.

III. 결과 및 고찰

1. 점 도

Fig. 1은 에폭시 수지가 첨가된 PVC졸 실란트의 25°C에서의 점도에 미치는 에폭시 종류와 함량의 영향을 나타낸 그림이다. 에폭시 종류에 관계없이 시간에 따라 PVC졸의 점도가 증가하나 일정시간 후에는 일정해지는 경향을 보여주고 있다. PVC졸 자체(에폭시 0phr 첨가시)는 6일까지 점도가 증가하다가 일정한 값을 보이나, 에폭시 A가 첨가될수록 빠른시간내에 점도가 일정해지는 것을 알 수 있다. 즉, 에폭시 A가 함유된 PVC졸 실란트는 에폭시 함량이 1phr까지는 6일까지 시간적 변화에 따라 점도가 큰 폭으로 증가하지만 에폭시 함량이 5phr 이상에서는 시간적 변화에 따른 점도가 작게 상승하고 3일 후부터는 안정되는 경향을 보여주고 있다. 에폭시 수지 B의 경우는 에폭시 수지의 함량 증가에 따른 PVC졸 실란트의 점도는 시간에 따라 계속적으로 증가하고 있다. 에폭시 수지 A의 경우 에폭시 수지 함량이 증가할수록 PVC졸 실란트의 점도가 하강하는 현상은 PVC졸 실란트에 에폭시 수지가 안정제로 작용하여 PVC졸이 어느 정도 안정화 되는 현상을 보이기 때문인 것으로 생각된다. 에폭시 수지 B의 경우는 시간이 증가할수

록 점도가 증가하는 현상은 에폭시 수지 B가 A보다 점도가 높고 반응 관능기(functional group)가 4개이므로 PVC졸과의 상호작용이 더 크고 따라서 계(system) 전체가 더 복잡한 점성 거동을 보여 주기 때문인 것으로 생각한다. 에폭시 B 경우 에폭시가 소량이라도 첨가되면 PVC졸 실란트의 점도가 증가해야

하지만, 5phr까지는 오히려 에폭시를 첨가하지 않은 경우보다 점도가 감소하였다가 더 많은 에폭시가 첨가될수록 다시 점도가 증가하는데, 이는 에폭시 A 경우 처럼 B도 안정제의 역할을 하기 때문인 것으로 생각된다.

한편, 가소제를 상당량 첨가한 연질 PVC제품에는

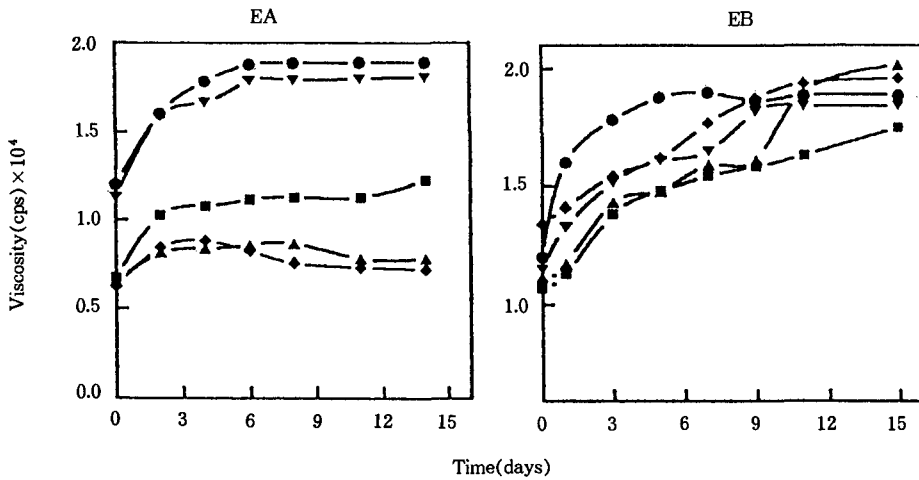


Fig. 1. Viscosity change with time of the PVC-sol sealants modified with different types and contents of epoxy at 25°C.(● : 0phr, ▼ : 1phr, ■ : 5phr, ▲ : 10phr, ◆ : 15phr)

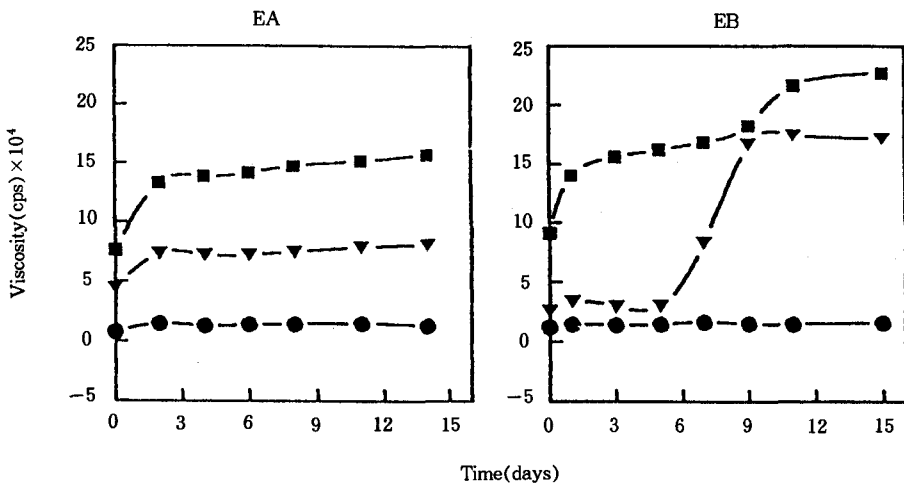


Fig. 2. Viscosity change with time of the epoxy modified PVC-sol sealants with different CaCO₃ contents at 25°C.(● : 0phr, ▼ : 1phr, ■ : 5phr, ▲ : 10phr, ◆ : 15phr)

충진제가 가끔 사용된다. PVC 페이스트의 유동성, 점도 조절을 목적으로 할 때는 미량의 Silica나 Bentonite를 이용하지만 증량을 목적으로 하는 경우에는 CaCO_3 가 주로 이용된다.¹³ Fig. 2는 충진제 CaCO_3 함량의 증가에 따른 에폭시 변성 PVC졸 실란트의 점도

의 시간에 따른 변화를 나타낸 것으로 에폭시 수지 종류에 관계없이 충진제 함량이 증가할수록 계 전체의 고형분 증가 효과로 점도가 높아지는 경향을 보여주고 있다.

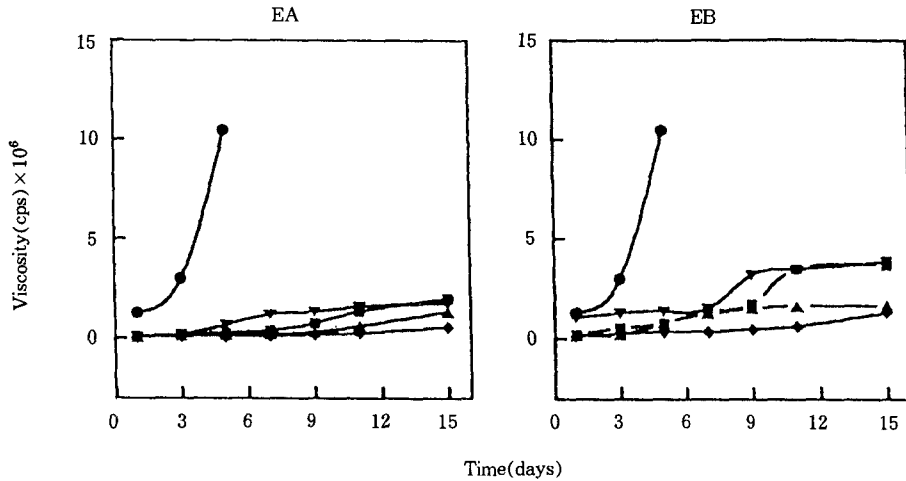


Fig. 3. Viscosity change with time of the PVC-sol sealants modified with different types and contents of epoxy after heat aging at 45°C in water bath (Measurements were done at 25°C).
 (● : 0phr, ▼ : 0.5phr, ■ : 1phr, ▲ : 2.5phr, ◆ : 5phr)

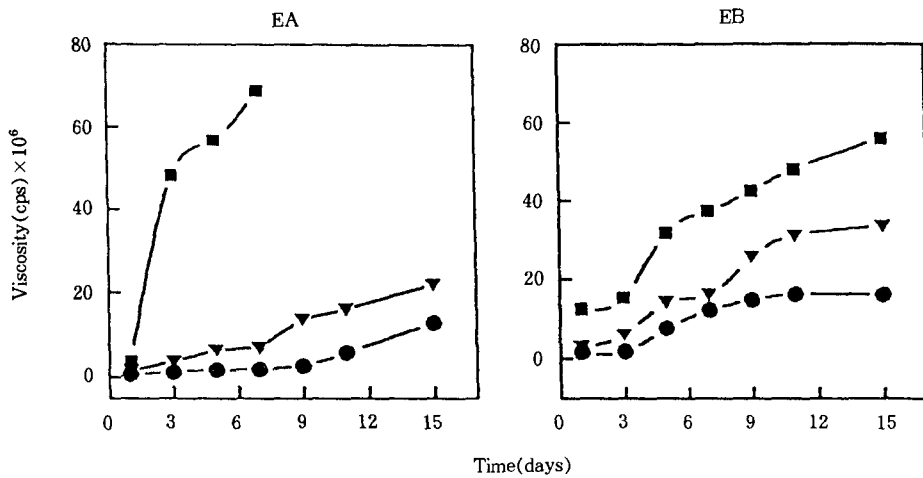


Fig. 4. Viscosity change with time of the epoxy modified PVC-sol sealants with different CaCO_3 contents after heat aging at 45°C in water bath (Measurements were done at 25°C).
 (● : 0phr, ▼ : 20phr, ■ : 40phr)

2. 열 수조에서의 저장 안정성

Fig. 3은 45°C에서 열 수조 저장 상태에서의 시간적 변화에 따른 에폭시 변성 PVC졸 실란트의 점도 변화를 나타낸 것으로 에폭시 수지의 종류나 혹은 함량에 관계없이 에폭시로 변성되지 않은 PVC졸에 비해 에폭시 수지의 첨가물 점도가 현저히 감소하며 에폭시 함량이 증가할수록 그 증가폭은 크게 둔화되며 시간에 따라 거의 일정한 점도를 보이고 있으며 이 결과는 Fig. 1과 같이 에폭시에 의한 안정화에 기인한다고 생각된다. 다만 에폭시 수지의 안정화는 저온보다 고온(45°C)에서 더 효과적으로 일어남을 알 수 있다. Fig. 4는 충전제 CaCO₃함량의 증가에 따른 열 저장(45°C에서의 수조) 상태에서의 에폭시 첨가 PVC졸 실란트의 점도의 시간적 변화를 나타낸 것으로 에폭시 수지 종류에 관계없이 충전제 양이 증가할수록 열 저장 상태에서의 점도가 증가하는 현상을 나타내고 있다.

3. Thixotropy

에폭시 수지의 함량 증가에 따른 에폭시 첨가 PVC

졸 실란트의 시간에 따른 thixotropic index를 Fig. 5에 나타내었다. 에폭시 종류에 관계없이 시간에 따른 변화는 거의 없지만 에폭시 수지 함량이 증가할수록 시간에 따라 thixotropic index 값이 낮아지는 경향을 보여 주고 있다. 이는 에폭시 수지 함유량이 증가할수록 에폭시 수지에 의한 가소제의 용매화가 더 효과적으로 일어난다는 사실을 의미한다.

Fig. 6은 충전제 함량의 증가에 따른 에폭시 첨가 PVC졸 실란트의 시간에 따른 thixotropic index의 변화를 관찰한 것으로 충전제 함량이 많을수록 에폭시 수지 종류에 관계없이 thixotropic index가 큰 값으로 나타났으나 시간적 변화에 대한 에폭시 PVC졸 실란트의 thixotropic index는 에폭시 수지의 종류에 관계없이 시간에 따라 약간 증가하는 경향을 보이기는 하나, 전체적으로 보아서는 그 변화가 크지 않은 것으로 나타났다.

그런데 에폭시 수지에 사용된 대부분의 충전제는 전단 속도에 상대적으로 영향받지 않은 점도를 나타낸다. 약간의 충전제들은 낮은 전단 속도에서는 높은 점도를, 높은 전단 속도에서는 낮은 점도를 나타낸다. 입자들은 낮은 전단 속도에서 Van der Waals 힘에 의

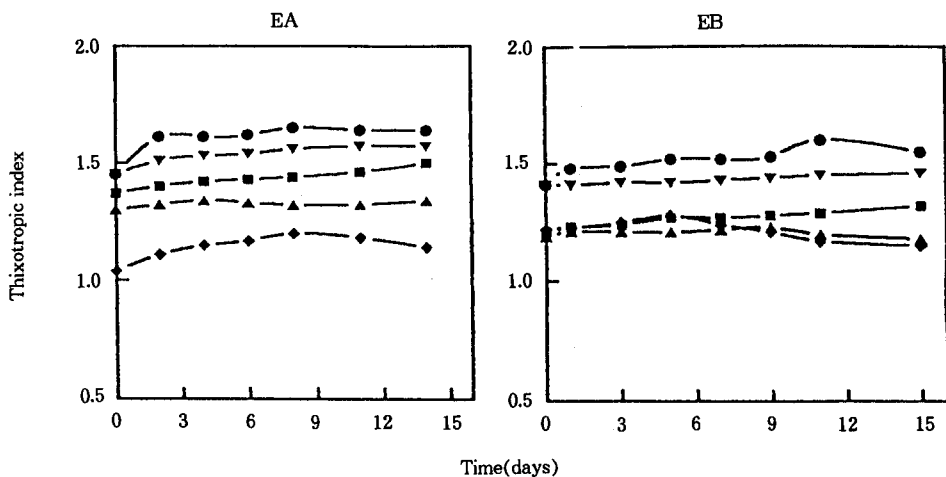


Fig. 5. Time change of thixotropic index of the PVC-sol sealants modified with different types and contents of epoxy at 25°C.(● : 0.5phr, ▼ : 1phr ■ : 2.5phr, ▲ : 5phr, ◆ : 10phr)

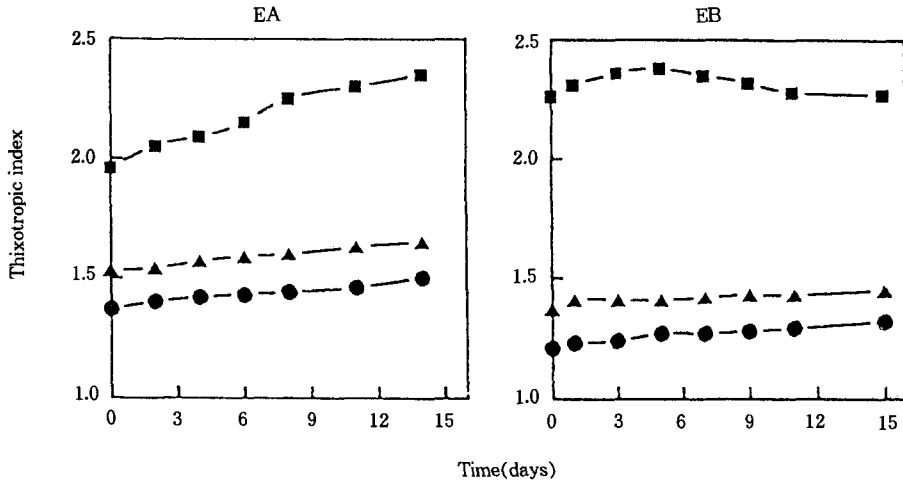


Fig. 6. Time change of thixotropic index of the epoxy modified PVC-sol sealants with different CaCO_3 contents.(● : 0phr, ▼ : 20phr ■ : 40phr)

해 결합되어 있고 반면에 높은 전단 속도에서 입자들은 힘이 더 이상 미치지 않는 정도로 떨어져 있다. 즉, 점도에 미치는 이러한 전단속도의 영향과 에폭시 수지 첨가로 인한 입자들간의 인력의 변화 등이 복합적으로 작용하여, 에폭시 수지가 첨가되면 함량에 관계없이 thixotropy가 시간에 따라 거의 변화가 없는 것으로 생각된다. 충전제의 일반적인 효과는 pot life를 변화시키고 발열과 수축을 감소시킨다. Pot life의 늘어남은 일반적으로 충전제 첨가의 기능이다. 충전제 사이의 차이점은 그들의 비열과 열 전도도의 차이 때문에 관찰되어진다.

4. 열적 안정성

에폭시 수지가 첨가된 PVC졸 실란트의 열적 안정성을 Fig. 7에 나타내었다. 에폭시 수지의 종류에 관계없이 함량이 증가할수록 300℃ 이상의 고온에서의 열적 안정성이 증가한 것을 나타내고 있다. 특히, 에폭시 수지가 15phr 함유되었을 때는 두 에폭시 경우 모두 초기분해온도와 잔류무게분율(weight residue %)이 PVC졸 만의 경우에 비해 1.5배 정도 증가한다. Fig. 8은 에폭시 수지가 첨가된 PVC졸 실란트의

CaCO_3 함량의 증가에 따른 열적 안정성을 나타낸 것을 에폭시 수지 종류에 관계없이 CaCO_3 함량이 증가할수록 열적 안정성이 큰 차이는 보이지 않고 약간 증가하는 현상을 나타내고 있다.

5. 인장 물성

에폭시 수지의 함량 증가에 따른 인장 강도, 신율의 영향을 Fig. 9에 나타내었다. 에폭시 B의 경우 수지 함량이 증가할수록 인장 강도, 신율은 증가하는 현상을 나타내고 에폭시 A의 경우 수지 함량이 증가할수록 인장 강도는 6phr 첨가까지는 증가하고 더 이상 첨가시 오히려 감소하지만 신율은 증가하는 현상을 보여주고 있다. 에폭시 함량 증가에 따른 100% Modulus는 에폭시 수지 종류에 관계없이 에폭시 함량이 증가할수록 낮아지는 현상을 보여주고 있다. 이러한 현상은 관능기가 큰 에폭시 수지 B(관능기:4)가 적은 에폭시 수지 A(관능기:2)보다 경화 시에 경화 속도가 더 빠르고 또한 높은 경화도를 보이기 때문인 것으로 생각된다. 또한 이러한 차이는 PVC와 가소제인 DOP 사이에서 에폭시 수지가 오히려 윤활제 및 상용 화제로 작용하기 때문에 에폭시 B의 첨가로 점도는

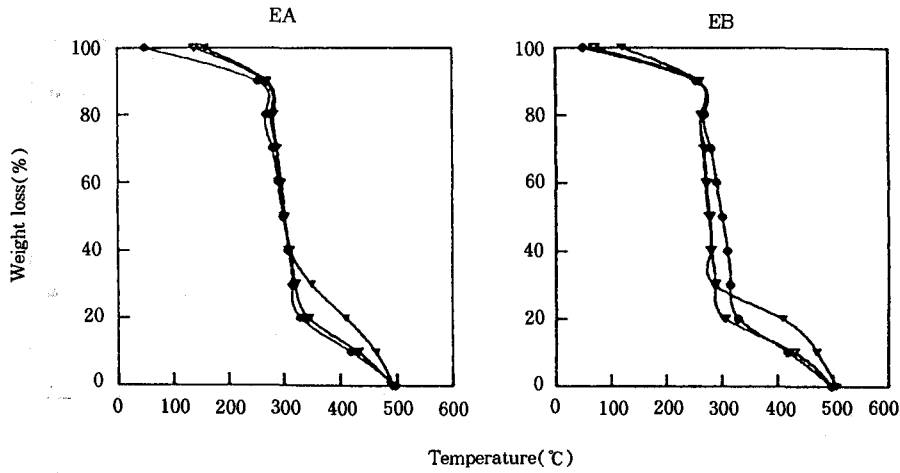


Fig. 7. Thermal stability of the PVC-sol sealants modified with different types and contents of epoxy.(The curing temperature was fixed at 140°C for 20min) (● : 0phr, ▽ : 2.5phr, ▼ : 15phr)

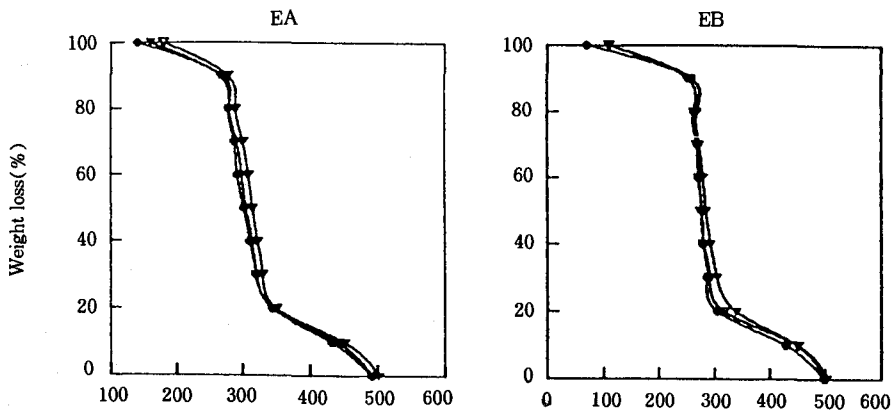


Fig. 8. Thermal stability of the epoxy modified PVC-sol sealants with different CaCO₃ contents.(Curing temperature was fixed at 140°C for 20min) (● : 0phr, ▽ : 2.5phr, ▼ : 15phr)

감소하지만, 대신 PVC졸과의 상호작용이 증가하였기 때문에 에폭시의 높은 강도특성이 효과적으로 작용하여 인장 물성이 증가하지만 에폭시 A 경우, 자체의 높은 강도에도 불구하고 높은 점도로 말미암아, 낮은 함량에서는 인장 강도가 증가하지만 높은 함량에서는 감소하는데 이는 PVC졸과의 상용성이 나빠, 일반적인 비상용성 블렌드계에서 보는 바와 같은 물성열화

현상을 보이는 것으로 생각된다.

Fig. 10의 윗 그림은 경화 시간을 20분으로 고정시키고 경화 온도를 증가시킴으로 에폭시 수지 함량의 증가에 따른 에폭시 첨가 PVC졸의 인장 강도를 나타낸 그림으로 경화 온도가 증가할수록 함량의 증가에 따른 에폭시 첨가 PVC졸의 인장 강도는 증가하는 현상을 나타냈고, 아래 그림은 경화 온도는 140°C로 조

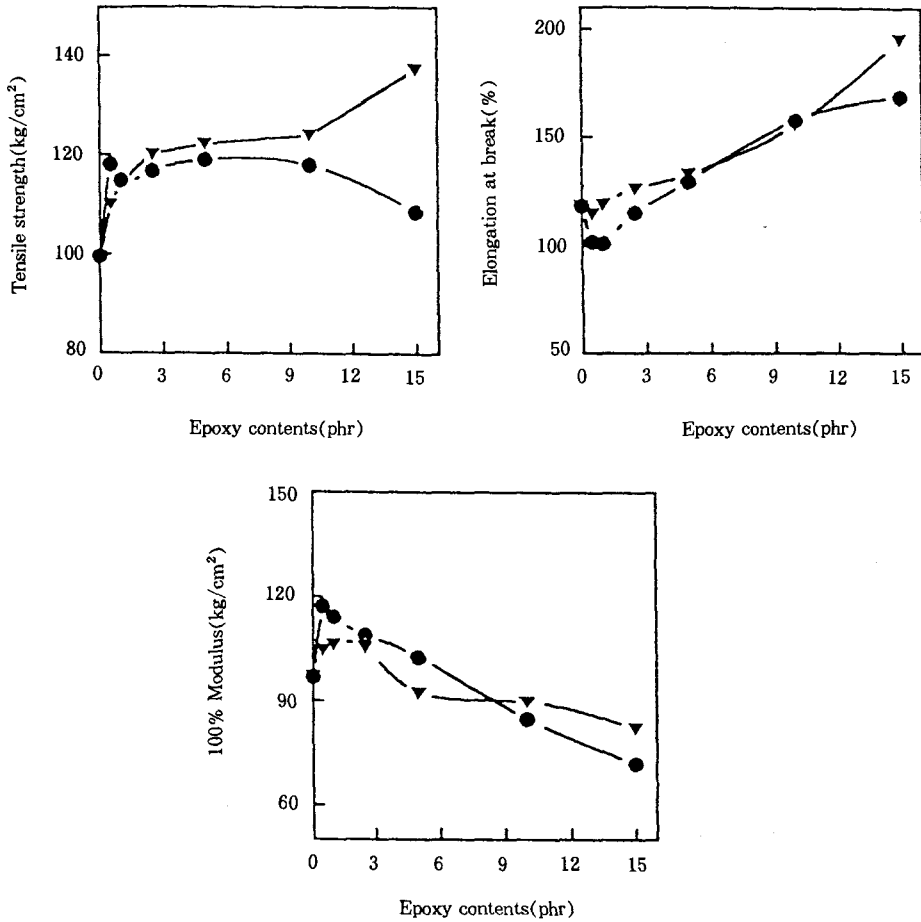


Fig. 9. Tensile strength elongation at break and 100% modulus of the PVC-sol sealants modified with different types and contents of epoxy. (● : EA, ▼ : EB) (Sealants were cured at 140°C for 20min)

정시키고 경화 시간을 증가시킴으로 에폭시 수지 함량의 증가에 따른 에폭시 첨가 PVC졸의 인장 강도를 나타낸 것으로 에폭시 수지에 관계없이 경화 시간을 증가시킴으로 에폭시 함량 증가에 따른 인장 강도는 에폭시 함량에 관계없이 약간 증가하지만 거의 일정한 값을 나타낸다. 한편 에폭시 종류에 대한 영향은 Fig. 9에서 이미 고찰한 바 있다. Fig. 10에서 경화시간이나 경화온도가 증가할수록 인장 강도가 증가되는 현상은 경화시간과 경화 온도의 증가에 따라 경화도가 증가하기 때문이다. 또한 계마다 최적의 경화반응을 일으키는 경화 온도와 경화시간이 있는데, 에폭시가 함

유된 PVC졸 경우, 경화시간보다는 경화온도가 더 지배적인 영향을 미치는 것으로 생각된다. Fig. 11은 경화시간을 20분으로 고정시키고 경화온도를 증가시킬 때 CaCO₃ 함량 증가에 따른 에폭시 첨가 PVC졸의 인장 강도의 영향을 본 것이다. 경화온도가 증가할수록 가교도의 증가로 에폭시 수지 종류에 관계없이 인장 강도가 증가하는 현상을 보였고, 반면에 CaCO₃ 함량이 증가할수록 인장 강도는 감소하는 일반적인 현상을 보이고 있다. 한편, 경화온도를 140°C로 고정시키고 경화시간 증가에 따른 CaCO₃ 함량 증가에 대한 에폭시 첨가 PVC졸의 인장 강도의 영향을 Fig. 12에

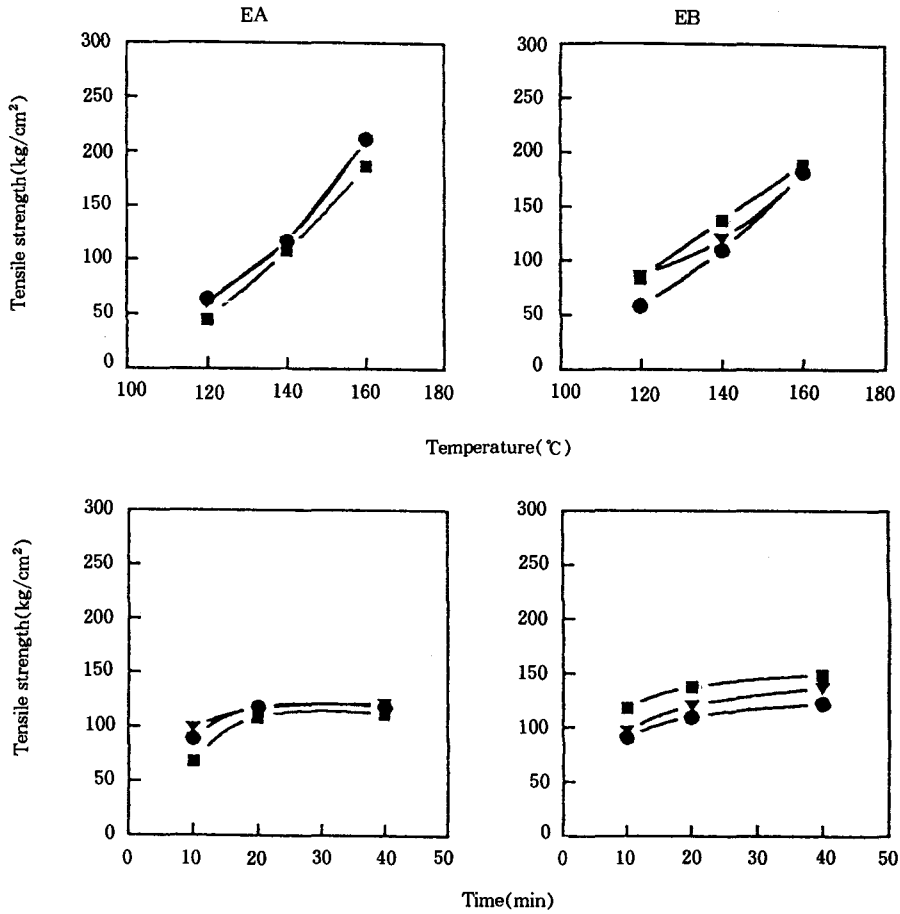


Fig. 10. Effect of curing temperature and time on the PVC-sol sealants modified with different types and contents of epoxy. (● : 0.5phr, ▼ : 2.5phr ■ : 15phr)
(Curing temperature was fixed at 140°C, Curing time was fixed for 20min)

나타내었다. 경화시간이 증가함에 따라 CaCO₃가 첨가된 PVC졸의 인장 강도는 에폭시 수지의 종류에 관계없이 약간은 증가하지만 CaCO₃ 함량이 증가될수록 에폭시 수지로 개질된 PVC졸 경우와 마찬가지로 인장 강도는 감소하는 경향을 보였다. Fig. 11과 비교하면 CaCO₃가 첨가될 때에도 Fig. 10에서와 마찬가지로 경화시간에 대한 영향은 경화온도에 대한 영향보다 작게 나타남을 알 수 있다.

6. 전기적 성질

에폭시 수지 A, B의 함량 증가에 따른 PVC졸 실란트의 tan δ의 영향을 Fig. 13에 나타냈다. tan δ의 값은 에폭시 수지 A의 함량 증가에 관계없이 일정한 값을 보여주고 에폭시 수지 B의 경우 에폭시 함량이 2.5phr까지는 증가하다가 2.5phr 이상에서는 감소하는 현상을 보여주고 있다. 그러나 대부분 0.1±0.04 내외의 일정한 값을 보여주었다. 에폭시 A의 경우는 에폭시 A가 첨가되지 않은 경우에 비해서는 절연성이 향상되나, 그 함량의 영향은 크지 않은 것으로 나타났

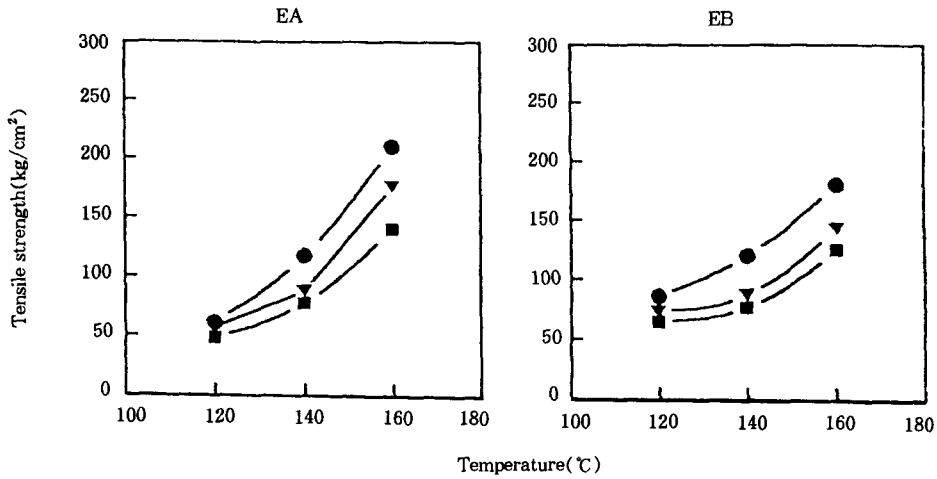


Fig. 11. Effect of curing temperature on the tensile strength of the epoxy modified PVC-sol sealants with different CaCO₃ contents.(Curing times was fixed at 20min) (● : 0.5phr, ▼ : 2.5phr ■ : 15phr)

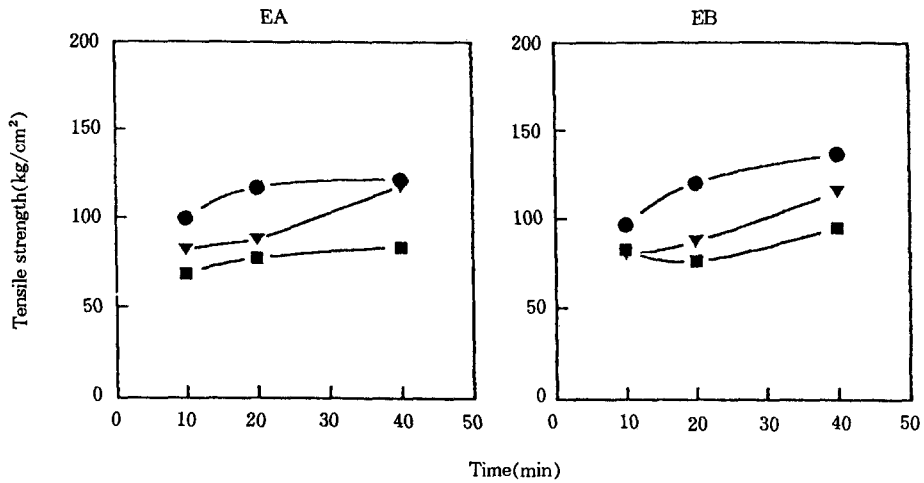


Fig. 12. Effect of curing time on the tensile strength of the epoxy modified PVC-sol sealants with different CaCO₃ contents.(Curing temperature was fixed at 140°C) (● : 0.5phr, ▼ : 20phr ■ : 40phr)

다. 그런데 에폭시 B의 경우 소량(2.5phr)의 에폭시가 첨가될 때 $\tan \delta$ 값이 최대 값을 보이는 현상은 복합재료에서도 흔히 관찰되는 회석효과에 의한 것으로 보인다.¹⁴ 즉, 소량의 에폭시 첨가에 의해 PVC-DOP-에폭시 사이의 상호작용으로 $\tan \delta$ 값이 영향을

받는 것으로 생각된다. 한편, 비유전율 ϵ_r 은 에폭시 종류와 함량에 관계없이 모두 0.5 ± 0.05 정도의 일정한 값을 보였고 이로부터 0.1 ± 0.04 의 $\tan \delta$ 의 측정 결과와 함께 에폭시가 첨가된 PVC졸은 모두 좋은 절연체로 판단된다.¹⁴

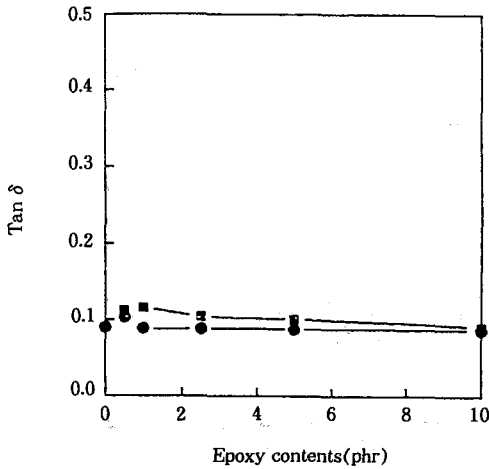


Fig. 13. Tan δ characteristics of the PVC-sol sealants modified with different types and contents of epoxy.(● : EA, ▼ : EB)

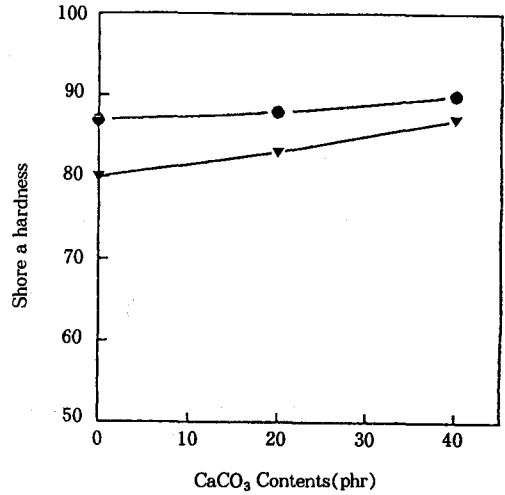


Fig. 15. Hardness of the epoxy modified PVC-sol sealants with different CaCO₃ contents. (● : EA, ▼ : EB)
(Sealants were cured at 140°C for 20min)

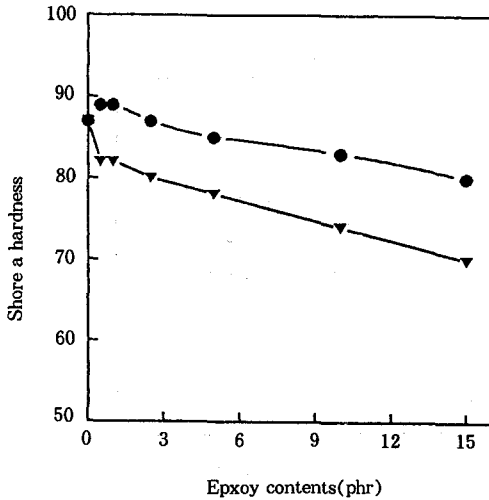


Fig. 14. Hardness of the PVC-sol sealants modified with different types and contents of epoxy.(Sealants were cured at 140°C for 20min) (● : EA, ▼ : EB)

7. 경 도

에폭시 수지 함량 증가에 따른 에폭시 첨가 PVC졸의 경도를 Fig. 14에 나타내었다. 에폭시 수지 함량이 증가할수록 에폭시 수지 종류에 관계없이 PVC졸의 경도는 낮아지는 현상을 보여주고 있다. 이는 사용된

에폭시 자체의 낮은 경도에 기인한 것으로 생각되며, 에폭시 수가 높은 에폭시 B의 경우, PVC졸과의 상호 작용이 에폭시 A보다 더 크기 때문에 경도감소 효과가 더 크게 나타난 것으로 생각된다. Fig. 15는 첨가제 CaCO₃ 함량의 증가에 따른 에폭시 첨가 PVC졸의 경도를 나타낸 것이다. CaCO₃의 함량이 증가할수록 PVC졸의 경도가 약간 증가하나 에폭시 수지의 종류나 함량의 영향에 비해서는 거의 영향이 없는 현상을 나타낸다.

IV. 결 론

이상에서 에폭시 수지가 첨가된 PVC졸 실란트의 물성에 대해 연구한 결과,

1. PVC졸의 점도는 에폭시 수지의 첨가로 감소하며 에폭시 수지 A를 첨가한 PVC졸 실란트의 경우는 에폭시 수지 함량이 증가할수록 PVC졸 실란트의 점도가 감소한 반면 CaCO₃가 첨가된 에폭시 PVC졸 실란트의 점도는 에폭시 수지 종류에 관계없이 CaCO₃ 함량이 증가할수록 점도가 증가했고, 45°C 열 수조상

에서 점도 변화는 에폭시 수지 종류 또는 함량에 관계 없이 점도가 감소하였는데 이는 에폭시가 PVC졸 실란트에 안정제의 역할을 한 것으로 판단되었고, CaCO_3 가 함유된 경우는 그 함량이 증가할수록 충전 효과로 점도가 증가하는 현상을 보였다. 또한, Thixotropic index는 에폭시 함량이 증가할수록 감소하였고 CaCO_3 함량이 증가할수록 에폭시 수지 종류에 관계 없이 thixotropic index가 높게 나타났다.

2. 에폭시 수지를 첨가한 PVC졸 실란트의 열적 안정성이 다소 개선되는 것으로 나타났으나, 에폭시 수지의 종류에 따라서는 차이가 없었다.

3. 인장 강도는 에폭시 수지 B를 첨가한 PVC졸 실란트의 함량이 증가할수록 인장 강도, 신율이 증가했고, 에폭시 수지 A를 첨가한 PVC졸 실란트의 경우는 낮은 함량에서는 인장 강도는 증가하지만 높은 함량에서는 감소하는 현상이 보였다. 에폭시 수지 종류에 관계없이 경화 온도 또는 경화 시간이 증가함에 따라 증가하는 현상이 나타났고, 충전제 함량이 많을수록 충전제 함량이 적은 PVC졸 보다도 인장 강도는 낮은 현상을 보였다. 또한 경도는 에폭시 수지 함량이 증가할수록 에폭시 수지 종류에 관계없이 낮아지는 현상을 보였다.

4. 전기적 특성에서는 비유전율 ϵ_r 는 에폭시 수지 A, B의 함량에 관계없이 일정한 값(0.5 ± 0.04)을 나타냈고 $\tan \delta$ 의 값은 에폭시 수지 A를 첨가한 PVC졸 실란트의 경우, 에폭시 수지 A의 함량에 관계없이 거의 일정한 값을 나타냈으나, 에폭시 수지 B의 경우를 첨가한 PVC졸 실란트는 수지 함량이 2.5phr까지는 $\tan \delta$ 값은 증가하다가 수지 함량이 2.5phr 이후로는 감소하는 현상을 보였다. 에폭시 함량이나 종류에 관계없이 $\tan \delta$ 의 측정치가 1% 이하(0.1 ± 0.04)인 것으로 나타난 것으로 보아 이들은 모두 좋은 절연체로 판단되었다.

참 고 문 헌

1. C. Preininger and G. J. Mohr, *Anal. Chim. Acta*, **342**, 2, 207 (1997).
2. *Chemical Week*, **Jan.** 7, 26 (1998).
3. J. Sundbo, B. Saethre, and S. Pedersen, *J. Appl. Polym. Sci.*, **67**, 5, 849 (1998).
4. T. Yamabe, A. Fukutome, S. Kobayashi, S. Nanka, M. Yoshizawa, K. Yoshizawa, K. Tabayashi, H. Takeda, and S. Nitta, *Int'l. J. Artif. Org.* **21**(5), 279 (1998).
5. 이승진, 김현교, 박환만, 조원제, 하창식, *Elastomer*, **34**, 1, 53 (1999).
6. 이승진, 이원기, 강태규, 조원제, 하창식, *Elastomer*, **33**, 5, 345 (1998).
7. C. A. May and Y. Tanaka, Ed., "Epoxy Resins: Chemistry and Technology", p. 373, Marcel Dekker, New York, 1973.
8. H. Lee and K. Neville, "Handbook of Epoxy resins", McGraw-Hill, New York, 1967.
9. M. W. Ranny, "Coatings: Recent Development", *Chemical Technol. Review*, No. 64, 1992.
10. K. Dusek Ed., "Epoxy Resins and Composites", Springer-Verlag, Berlin, 1986.
11. G. Potter, "Users of Epoxy Resins", London Newnes-Butterworths, London, 1975.
12. 일본규격협회, "JIS Handbook Plastic", p. 243, Tokyo, 1985.
13. S. Abe and J. Sumitomo, "新版 Plastic配合劑" pp. 123-130, 大成社, Tokyo, 1986.
14. 김현교, 하창식, *Polymer (Korea)*, **18**(5), 793 (1994).