

잠재적 화재·폭발 위험 지역 작업용  
녹전환형 중방식 코팅제의 특성에 관한 연구

**A Study on the Properties of the Heavy Duty Rust-Converting  
Agent used in the Potential Hazard Areas of Fire & Explosion**

강 영 구\*

Young-Goo Kang

(1998년 4월 29일 접수, 1998년 8월 5일 채택)

**ABSTRACT**

This study was concerned with the development of a heavy duty rust-converting agent, the function of which is to form metal complex coatings, containing vinyl halide-acrylic terpolymer emulsion, defoamer, emulsifying agent, glass flakes, chelating agent such as gallotannic acid, gallic acid, and pyrogallol acid, and other additives.

The resulted emulsion products(Sample No. 1~No. 5) were characterized through test either in the forms of emulsions, which include Viscosity, Penetration rate, Acidity and Film drying rate test, or in the forms of coated layer on rusty steel substrates by FT-IR, which include hardness, gloss, salt spray, adhesion and flame retardant test.

The test results are as follows ; Penetration rate(0.1~0.4 mm/min), Solid content(70%), Acidity (pH 1.8~2.0), Specific gravity(1.30~1.35), Film drying rate(108min, RH 40% ; 150min, RH 80%), Gloss(83~92, incident angle 60° ; 88~97, incident angle 85°), Pencil hardness(4H~5H), Adhesion (100/100), Salt spray test(>720Hr), LOI(%) value(38%), Vertical burning test(UL 94-v-1). According to the various performance of specimens show above, the evaluation of the availability of this heavy duty rust-converting agent can be concluded that all the samples(No. 1~No. 5) are capable of being used in the field of chemical plant and in the hazard areas of fire and explosion potential. It was observed that the properties of sample No. 2, especially gloss and hardness, were much better than that of the other samples.

\* 호서대학교 산업안전공학과

## 1. 서론

금속으로 현재 가장 널리 사용되고 있는 재료는 철강재이며 이들은 대기중, 수중, 지중, 화학약품 등의 부식환경에 의해 부식이 발생된다<sup>1,2,3</sup>. 특히 잠재적인 화재 및 폭발위험성이 존재하는 장소인 화학공장, 정유공장, 식품추출가공공장, 주유소 및 유류저장 Tank, LNG, LPG 및 기타 고압가스 관련설비, 유조선 등에 있어서의 부식은 대형사고위험에 따른 심각한 안전문제가 대두된다<sup>4</sup>. 따라서 철강 구조물·설비·기기 등의 부식에 따른 안전성을 확보하기 위해 사용환경, 내용년수, 보수용 용이성등을 고려하여야 한다<sup>5</sup>.

현재 철강구조물, 설비에 대한 안전과 수명연장을 위해 중방식의 한 방법으로 maintenance 형태의 도장을 실시하나 기존 중방식 페인트 혹은 코팅제 등에 의한 설비의 방식은 시간에 따라 도막결함 및 열화조건에 따라 부식이 발생된다<sup>2,6</sup>. 이와 같은 형태의 부식을 억제하기 위해 각종 위험물을 취급하는 작업장에서는 maintenance 방식 도장을 실시하여야 하나 운전중에는 화재, 폭발등의 위험성이 높아 그 작업성에 많은 제약이 따른다. 예를 들면 화학공장은 작업장에 따라 일정기간 운전후 오버홀 작업을 실시하며, 긴급작업시에는 가연성 위험물질의 누출 위험성이 높으므로 maintenance 도장 형태의 방식작업을 수행하기가 매우 어려운 실정이다<sup>7</sup>.

지금까지는 maintenance 도장형태의 중방식 도료로 에폭시계, 프탈산계, 페놀계, 우레탄계, 불소계, 염화고무계 등이 널리 사용되어 왔다<sup>8,9</sup>. 그러나 강재면에 이와 같은 성분의 중방식 도료를 이용하여 도장작업을 수행할 경우 중방식도료의 주성분인 가연성 유기용제의 사용에 따른 화재 폭발 위험성과 그리고 공정상 탈지, 녹제거, 피막처리, 일차도장, 이차도장 등의 다단계의 위험한 공정을 거치게 되며 특히, 탈지, 녹제거 작업시 물리적 방법<sup>10,11</sup>인 Blasting, Hammering, Flame cleaning 그리고 Induction heating에 의한 작업공정은 고온, 불꽃, 정전기 등을 발생시키므로 중방식 페인트의 구성 성분중 대량의 가연성 유기용제에 의한 화재 폭발위험성과 또한 유기용제 증독위험성도 내포하고 있어

이들 도료의 maintenance 방식 도장에 대한 적용은 상당한 제한이 따르고 있다. 여기에 중방식도료의 대부분은 납, 크롬, 아연등의 중금속화합물과 타르상물질, 과산화물, 아민류의 경화제등이 유해성분으로 포함되어 있어 이에 따른 건강장해도 유발되고 있다<sup>12</sup>.

이와 같은 화재, 폭발, 건강 위험성을 탈피하기 위한 maintenance 용 중방식도료에 대한 연구의 한 방법으로 지금까지 이 분야에 대한 연구로서 수성형태의 maintenance 형 중방식도장<sup>13</sup>에 국한하여 연구되어 왔으나 이 방법 또한 플랜트 등의 강재면에 존재하는 녹제거 공정등의 위험한 다단계 공정을 필요로 한다. 이에 최근 녹제거 공정이 필요치 않고 또한 수성 금속착물형태의 중방식 코팅제의 연구가 일부 진행되고 있는 실정이다<sup>14,15</sup>.

본 연구에서는 금속착물을 이용한 난연 신소재 개발<sup>16</sup>의 일환으로 위험물을 취급하고 있는 각종 플랜트에서 잠재적 화재 및 폭발위험성을 유발하는 별도의 녹제거 공정을 포함한 도장전후 처리공정을 필요로하지 않고 또한 발생된 녹이 금속착물형태로 반응하여 도막의 구성성분으로 되는 본질적인 난연 및 폭발위험성 그리고 유기용제 증독위험성이 낮은 새로운 수성 에멀전재 형태의 녹전환 착물반응형 중방식 코팅제를 제조하여 이들에 대한 첨가제의 종류 및 온도변화에 따른 점도특성시험, 침입속도시험, 고형분함량시험, pH특성시험, 비중측정시험, 도막건조 및 건조도막특성시험, 도막경도시험, 도막광택특성시험, 도막부착력시험, 염수분무시험, 도막난연성시험 등을 수행하여 녹전환형 중방식 코팅제로서의 적용가능성을 검토하고자 한다.

## 2. 실험방법

### 2.1 녹전환형 중방식 코팅제의 제조

각 원료별 혼합비는 예비시험을 통해 얻어진 한계도막 구성조건<sup>17~24</sup>에 따라 Table 1과 같이 혼합하였다.

시료 No. 1기준으로 H<sub>2</sub>O 150g에 소포제로 SAN NOPCO NXZ 1.0g(SAN NOPCO KOREA)을 가하여 분산시킨다. 여기에 킬레이트제로 Poly-

GDT(국내 P사품) 40g을 분산한다. 분산된 현탁액에 반응개시제로 Poly-X(국내 P사품) 20g을 가하여 1시간 이상 교반후 유화제로 계면활성제 DOW FAX 2A1(Dow Chemical, USA)을 3.0g 가하여 분산후 여기에 팽윤성과 요변성 2차 부역을 위한 Coalescent agent로 Ethylene glycol butyl ether를 8.0g을 가한다. 계속하여 Aerosil-300(Degussa AG, Germany)을 1차 물성조정용의 점도 및 요변성 조절용<sup>25)</sup>으로 0.5%, 1.0%, 1.5%, 2.0%, 2.5%의 농도로 각각 가하여 교반한 후 내식성 첨가제로 Glass flake RCF-140A(Japan Glass사) 30g을 가하고 여기에 도막 구성 성분으로 Vinyl halide-acrylic terpolymer emulsion(Zeneca USA)<sup>15)</sup> 700g을 가하여 1시간 동안 완전 분산시킨다. 이것을 1000g의 에멀전 용액이 될 때까지 H<sub>2</sub>O를 첨가하여 물성이 각각 다른 시료 No. 1~No. 5(Aerosil 농도변화 0.5%~2.5%)의 녹전환 착물반응형 중방식 코팅제를 백색의 수성 에멀전형태로 얻었다.

Table 1 Suggested formulation for the preparations of the heavy duty rust-converting agents

(unit : g)

Substance	Composition				
	Sample No. 1	Sample No. 2	Sample No. 3	Sample No. 4	Sample No. 5
Vinyl halide-acrylic terpolymer emulsion	700 (70%)				
Poly-X	20 (2%)				
Poly-GDT	40 (4%)				
Dow FAX 2A1	3 (0.3%)				
Ethylene Glycol Butyl Ether	8 (0.8%)				
Glass flake RCF-140A	30 (3%)				
SAN NOPOCO NXZ	1 (0.1%)				
Aerosil-300	5 (0.5%)	10 (1.0%)	15 (1.5%)	20 (2.0%)	25 (2.5%)
H <sub>2</sub> O	193 (19.3%)	188 (18.8%)	183 (18.3%)	178 (17.8%)	173 (17.3%)

2.2 실험 장치 및 방법

2.2.1 녹전환 중방식 코팅제의 점도 특성 및 침

입반응 속도시험

점도 측정은 Brookfield 점도계(Model DV II +, Brookfield U.S.A)를 이용하여 60RPM에서 10~60℃ 범위의 온도에서 측정되었다.

점도 및 요변성 조절용 Aerosil-300의 첨가농도 변화비에 따라 시료 No. 1(Aerosil 0.5 wt (%))~No. 5(Aerosil 2.5wt(%))의 농도범위에 따라 점도를 각각 측정하였다.

그리고 시료 No. 1~No. 5를 20℃ 온도에서 침적하여 항온건조후 얻어진 도막의 두께를 Digital thickness gauge(Tester Sangyo Co., Ltd, Japan)로 측정하였다.

침입 반응 속도는 Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 분말(200mesh)을 13 Φ×10mm 길이의 원통형태로 성형기(Model C, FRED. S CAVER INC. USA)로 2ton의 성형압으로 성형하여 원통시편상에 제조된 코팅제(시료 No. 1~No. 5)를 가하고 비교하기 위해 시료 No. 1과 같은 조성에서 Glass flake를 넣지 않은 코팅액(Aerosil 0.5% 첨가)을 같은 방법으로 가하여 일정시간(30분) 경과후 그 반응 침투 깊이를 각각 측정하였다.

2.2.2 고형분함량·pH·비중 측정 및 도막 건조특성 시험

고형분함량 시험은 Drying oven(Model 13-HDO, 국제 사이엔)으로 105℃에서 항량 건조하여 고형분의 중량을 측정하였다. pH 측정은 pH meter(Hanna 8417)를 사용하여 측정하였다. 그리고 비중측정시험은 KS A0601의 비중계 방법에 따라 측정하였다.

도막 건조 속도 시험은 항온항습조(WS-110 A, 왕산엔지니어링)를 이용하여 RH 40%, 80%에서 온도 10~90℃ 범위에서 대략 100μm의 건조도막 기준두께로 각각 측정되었으며 유체의 이동속도는 자연대류형과 2m/sec 유동속도에서 수행되었다.

2.2.3 건조도막의 FT-IR 분석 및 도막광택·경도·부착력 시험

No. 1~No. 5의 시료를 녹발생된 SS41 재질의 시편상에 각각 코팅하여 상온에서 1시간 방치후 얻은 흑색의 코팅막을 Drying oven상에서 24시간(105℃) 건조하였다. 건조된 코팅층의 시료를

일부 채취하여 KBr disk법으로 500~4000cm<sup>-1</sup>의 wavenumber의 범위에서 FT-IR spectrometer(Bomem Michelson-MB, USA)로 스펙트럼을 얻었다.

도막광택측정시험은 60°, 85° 입사형의 방법으로 측정기기는 Gloss meter(TC-108DP/A, Tokyo Denshoku)를 이용하여 측정하였다. 도막경도시험은 연필경도시험(KS D6711)으로 SS41 시편에 100μm 두께의 도막기준(24Hr 상온 건조)으로 시험하였으며 KS G2603에 지정된 규정 연필(2H~9H, MARS LUMOGRAPH, Germany)을 이용하여 수행하였다. 도막의 부착력시험은 Cross cut시험(KS D6711)으로 후막이므로 2mm 간격으로 그어 KS A1528 규정의 셀로판 접착 테이프로 박리시험을 수행하였다.

### 2.2.4 도막 염수 분무시험 및 난연성 시험

염수 분무시험기(정도시험기, TS-ISO-2)를 이용하여 KS D9502-92 방법에 따라 5%-NaCl 용액으로 수행하였다.

LOI측정시험은 ASTM D2863의 방법에 따라 수행하였으며 수직 연소 시험은 UL 94v의 방법에 따라 실시하였으며 시편의 두께는 1/16"를 기준으로 하였다.

## 3. 결과 및 고찰

### 3.1 녹전환 중방식 코팅제의 점도 특성시험

수성형태의 페인트는 주위온도와 습도에 따라 건조 특성에 커다란 영향을 미친다<sup>13)</sup>. 자연건조의 경우 특히 고습도에서는 수분증발 속도가 매우 느려 건조가 극단적으로 지연되어 도막 두께의 저하와 도막가장자리 부위에 흘러내리는 현상이 발생한다<sup>13)</sup>.

따라서 이것을 개선하기 위해 특수한 rheology특성을 나타내는 Aerosil-300의 첨가에 의해 요변성 및 점도특성 개선<sup>25)</sup>에 의해 흐름발생현상의 억제에 따른 도막 평활화와 저점도 범위에서 도막두께가 두껍게 확보될 수 있었다.

Fig. 1에 Aerosil-300의 농도변화(0.5, 1.0, 1.5, 2.0, 2.5%)와 온도변화(10, 20, 30, 40, 50, 60°C)에 따른 점도특성 곡선을 나타내었다.

일반적으로 Aerosil의 첨가 농도증가에 따라 점도가 증가하였으며 온도증가에 따라서 점도는 감소하는 특성을 보였다.

시료 No. 1의 Aerosil 0.5wt(%) 농도의 경우 10°C에서 점도는 320 cps에서 시료 No. 5의 2.5 wt(%) 농도에서 상당히 증가된 420 cps의 값을 나타내었다. 또한 상온영역인 20°C에서는 270 cps(Aerosil 0.5wt%)와 375 cps(Aerosil 2.5wt%)의 점도값을 각각 나타내었다.

60°에서 Aerosil 0.5wt(%)농도의 경우 매우 낮은 120 cps를 나타내었으며 2.5wt(%)농도에서는 230 cps의 점도값을 각각 나타내었다.

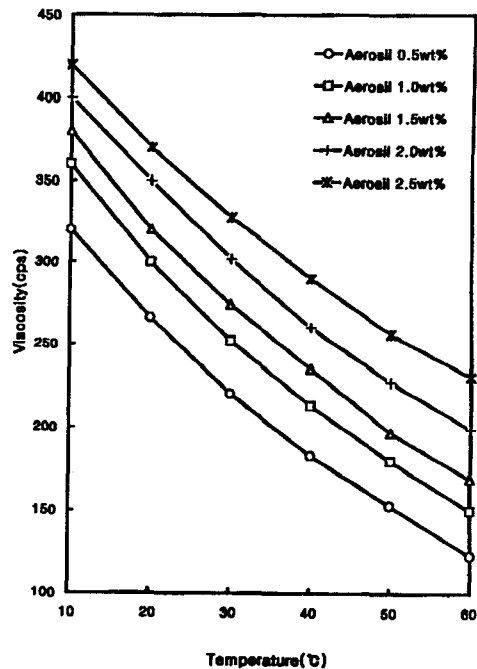


Fig. 1 Viscosity-Temp. curves plotted as a function of Aerosil-300 concentration [wt(%)]

### 3.2 침입반응 속도시험

Table 2의 침입반응속도시험은 녹전환 반응속도와 그 침입도를 조사해 보기위한 시험으로 침입반응속도는 0.1~0.4mm/분의 비교적 빠른 속도로 반응이 진행되었다.

시료 No. 1성분에 Glass flake가 첨가되지 않고 Aerosil 0.5% 농도시료의 경우 가장 빠른 0.5

mm/분의 침입반응속도에 비해 Glass flake첨가(3%)와 Aerosil 2.5%첨가 농도인 시료 No. 5번의 경우 가장느린 침입반응속도를 나타내었다. 이것은 점도증가효과 및 Glass flake입자에 의한 emulsion의 반응저지효과에 의한 것으로 생각된다.

Table 2 Penetration rates(mm/min) for the resulted products

		* Aerosil 0.5wt(%)				
Sample No	1	2	3	4	5	1' (Without glass flake)
Penetration rate	0.4	0.35	0.25	0.2	0.1	0.5

### 3.3 고형분함량·pH 및 비중 측정시험

녹전환 중방식 코팅제에 포함되어 있는 고형분의 함량은 도막두께에 직접 영향을 미치므로 시험 방법(2.2.2)에 따라 수행한 결과 녹전환 중방식 코팅제에 포함되어있는 폴리머 및 각종 첨가제에 의한 고형분 함량은 일반 방식형 코팅제와 비교하면 상당히 높은 70%의 값을 나타내었다. 이것은 건조 코팅도막의 두께가 일반 방식형 코팅제보다 두꺼운 70~130 $\mu$ 이라는 앞의 시험결과(2.2.1)와 잘 일치하고 있다. 녹전환 코팅에 열전지의 기본물성시험으로 pH 측정, 비중 측정 시험을 각각 수행한 결과 No. 1~No. 5의 시료들의 pH는 1.8~2.0의 범위의 값을 나타내었으며 이것은 Vinyl halide-acrylic 에멀전에서는 비교적 안정된 값으로 나타난 것이다. 비중측정시험을 한 결과 시료 No. 1~No. 5의 시료들은 1.30~1.35 범위의 값을 각각 나타내었다.

Table 3 pH values for the resulted products

Sample No	1	2	3	4	5
pH	1.8	1.8	2.0	2.0	2.0

### 3.4 도막 건조특성 시험

도막의 건조특성을 조사하기 위해 RH 40 및 80%에서 도막건조 시험(도막두께 100 $\mu$  기준, 시료 No. 2)을 행하여 Fig. 2와 같은 결과를 얻었다.

온도 10 $^{\circ}$ C에서 RH 40의 경우 건조 소요시간은 108분 정도 소요되는데 비해 RH 80의 경우 150

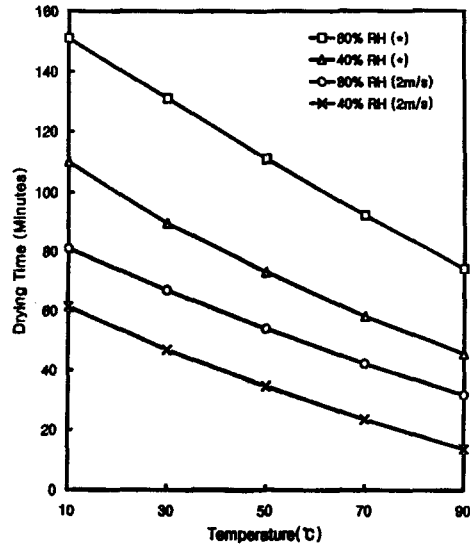


Fig. 2 Drying curves for the resulted rust-converting agent (\*: Without forced circulation)

분의 시간이 소요되었다. 이것은 건조속도가 상대습도에 상당히 영향을 받는다는 것을 나타내는 것이다.

그러나 순환속도 2 m/sec의 속도로 유동 시에는 RH 40%에서 상당히 짧은 60분 정도의 건조속도를 나타내었다. 이에 비해 RH 80%(2m/sec 순환속도)의 경우 건조속도는 80분 정도의 소요시간으로 나타났(2.2.2 시험참조).

온도상승에 따라 건조시간은 급격히 단축되어 90 $^{\circ}$ C의 경우 RH 40의 경우 소요시간은 42분 소요되었으며 RH 80의 경우는 80분 정도 소요되어 이 또한 고온에서 건조속도가 습도에 많은 영향을 받는다는 것을 나타낸 것이다. 순환속도 2m/sec의 속도로 유동 건조시는 RH 40의 경우 건조속도가 대폭 단축되어 15분으로 완료되었으며 RH 80의 경우도 35분의 소요시간으로 나타났.

Fig. 3은 온도 20 $^{\circ}$ C에서 Aerosil 300의 농도범위 0.5~2.5%에서 녹전환 반응에 의해 생성된 건조도막의 평균두께를 나타낸 것이다.

중점 및 요변성 부여제인 Aerosil의 농도 증가에 따른 점도증가에 따라 1회 코팅 건조 도막의 두께는 후막 primer도료 수준의 70~130 $\mu$ 의 범위에 있어 중방식 코팅제로 적합한 것으로 나

타났다.

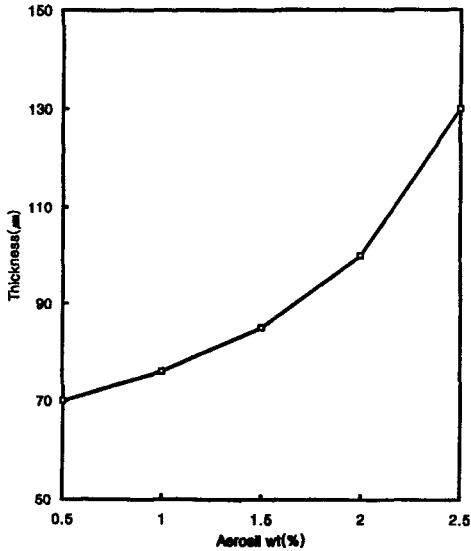


Fig. 3 Viscosity-Thickness curve at 20°C plotted as a function of Aerosil-300 concentration [wt(%)]

### 3.5 건조 도막 기본 특성과 FT-IR 시험

일반적으로 중방식 도료는 철재상 완전 녹이 제거된 상태에서 코팅되는 것에 반해 본 연구에서의 착물반응형 녹전환 중방식 코팅제는 이와 근본적으로 다른 도막 구성 mechanism을 갖는다.

즉 도막의 주요 구성성분인 백색의 폴리머 에멀전에 포함되어 있는 poly-GDT 킬레이트제에 의해 철재상 존재하는 녹이 녹전환 착물반응 (Fig. 4)에 따라 Fe-Gallic acid complex, Fe-Pyrrogallic acid complex, Fe-Gallotannic acid complex로의 complexation에 의해 생성된 흑색 혼합물의 형태로 생성되어 도막의 구성성분으로 된다. 주요 성분의 제안된 녹전환 착물반응식과 그 생성물 (Fig. 4) 그리고 도막의 개략도<sup>11)</sup>를 Fig. 5에 각각 나타내었다.

Fig. 6은 FT-IR 스펙트럼으로 Table 1에 제시된 혼합비에 따라 제조된 녹전환형 중방식 코팅제 시료중 sample No. 2를 SS41시편상에 코팅하여 complexation 반응하여 얻어진 흑색의 코팅막층을 건조 채취한 시료로 Nujol Mull 방법을 적용하였으나 스펙트럼의 peak 분리가 좋지

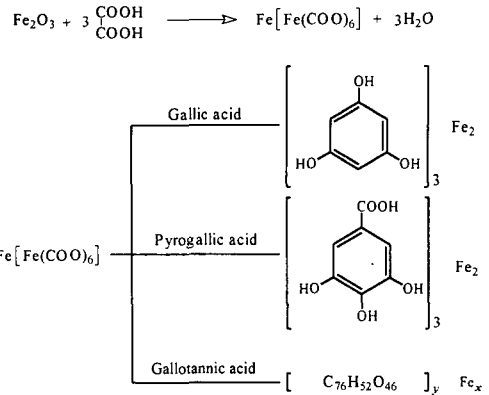


Fig. 4 Proposed reaction scheme of the complexes

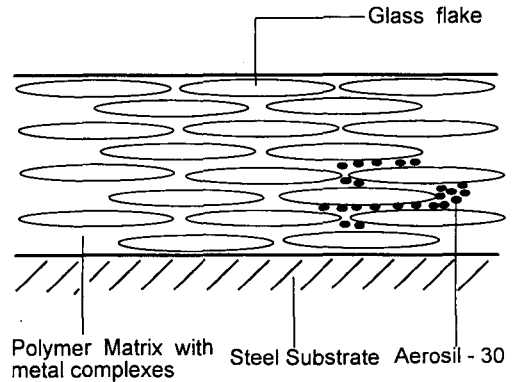


Fig. 5 Proposed model structure of the coated layer

않아 KBr disk방법에 따라 500~4,000cm<sup>-1</sup> wavenumber 범위에서 얻어진 FT-IR 스펙트럼이다. 전형적인 Vinyl halide-acrylic copolymer의 스펙트럼<sup>26,27)</sup>으로 나타났으며 다성분의 혼합물의 존재에 의해 많은 peak들이 심하게 중복되어 있고 또한 curing에 의해 각 peak들이 broad하게 나타나 assignment는 부분적으로 가능했다.

Table 4에 녹전환형 중방식 코팅제의 코팅막층 시료에 대한 스펙트럼의 각 peak에 따른 wavenumber(cm<sup>-1</sup>)와 이들에 대한 assignment를 각각 나타내었다.

604cm<sup>-1</sup>부근의 비교적 강한 peak와 650cm<sup>-1</sup> 부근의 peak는 CH<sub>2</sub>=CHCl, CH<sub>2</sub>=CCl<sub>2</sub> 등의 vinyl halide에 존재하는 C-Cl group에 따른 Stretching vibration들이다<sup>26,27)</sup>.

762cm<sup>-1</sup>의 peak와 1049cm<sup>-1</sup>의 peak는 CH<sub>2</sub>-

CHCl-CH<sub>2</sub>CCl<sub>2</sub> group<sup>26,27)</sup>과 Fe-Gallic acid complex, Fe-Pyrogallic acid complex, Fe-Gallotannic acid complex<sup>28)</sup>에 의한 peak로 생각된다.

1220cm<sup>-1</sup>의 강한 peak는 acrylate에 포함되어 있는 C-O-C group의 Stretching vibration에 의한 것으로 assignment 할 수 있다<sup>26,27)</sup>.

1308cm<sup>-1</sup> 그리고 1365cm<sup>-1</sup>부근의 2개의 peak는 CHCl group의 C-H Bending mode에 의한 것이며 1430cm<sup>-1</sup>부근의 peak는 CH<sub>2</sub>=CH group의 CH<sub>2</sub> Bending mode에 의한 것으로 각각 assignment 할 수 있다<sup>26,27)</sup>.

1740cm<sup>-1</sup>부근의 강한 peak는 acrylate의 C=O Stretching vibration에 의한 것으로 2863cm<sup>-1</sup>, 2928cm<sup>-1</sup> 그리고 2962cm<sup>-1</sup>부근의 중간~비교적 강한 peak들은 C-H group에 따른 Stretching vibration으로 각각 assignment 할 수 있다<sup>26,27)</sup>.

3345cm<sup>-1</sup>부근의 broad한 peak는 일반적으로 OH group에 의한 peak로 부착수와 유기산류에 포함되어 있는 OH group에 의한 것으로 각각 assignment 할 수 있다.

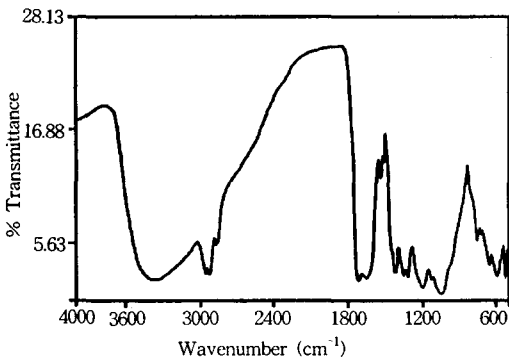


Fig. 6 FT-IR spectrum obtained from the coated layer on the rusty steel substrate (KBr disk)

3.6 도막광택·경도·부착력 시험

녹이 발생된 SS41시편상에 1회 코팅 건조도막에 대한 중방식급의 녹전환 코팅제로서의 적용 가능성을 알아보기 위해 도막광택시험(Table 5), 연필경도시험(Table 6), 부착력시험을 각각 수행하였다.

Table 5의 도막광택시험은 표면 치밀도 및 거

Table 4 The IR-Spectral data and their assignment for the coated layers

Wavenumber (cm <sup>-1</sup> )	Assignment
604	C-Cl Stretching vibration
650	"
762	Peak due to CH <sub>2</sub> CHCl-CH <sub>2</sub> CCl <sub>2</sub> group and Fe-Tannic, Fe-Gallic, Fe-Pyrogallic acid complex
1049	"
1220	C-O-C Stretching vibration
1308	CH Deformation (CHCl group)
1365	"
1430	CH <sub>2</sub> Deformation
1670	(?)
1740	C=O Stretching vibration (ester)
2864	C-H Stretching vibration
2928	"
2962	"
3345	Peak due to -OH group

칠기의 상태와 연관이 있는 것으로 60° 입사각 광택시험에서는 83~92의 광택도 범위이며 85° 입사각 광택시험은 88~97의 광택도를 나타내었다. 특히 No. 1~No. 3의 시료들은 일반 중방식 도료에 비해 상당히 높은 값을 나타낸 것에 비해 시료 No. 4와 No. 5는 60° 입사각시험에서 88과 83 그리고 85° 입사각시험에서 93과 88의 값을 각각 나타내어 다소 낮은 값을 나타내었다. 이것은 착물화·반응중 Aerosil성분의 일부 분리 현상에 따른 표면으로의 석출에 의한 원인으로 보인다.

Table 6의 연필경도시험에서 경도는 4H~5H의 범위에 있어 일반도료에 비해 상당히 높은 경도를 나타내었으며 일반 중방식 paint에 필적하는 경도값을 나타내었다. 특히 시료 No. 2와 시료 No. 3의 경우가 조금 더 높은 5H의 경도를 나타내었는데 이것은 Glass flake의 충전효과에 의한 영향으로 생각된다.

부착력시험은 시료 No. 1~No. 5 모두 100/100의 양호한 부착력을 나타내었다.

3.7 도막 염수 분무시험

Table 7은 건조도막에 대한 내식특성을 알아보기 위한 염수분무시험을 한 결과를 나타낸 것

Table 5 Gloss(%) test results for the coated layers

Sample No Incident angle	1	2	3	4	5
60°	92	92	91	88	83
85°	97	97	97	93	88

Table 6 Hardness for the coated layers

Sample No Hardness test	1	2	3	4	5
Hardness	4H	5H	5H	5H	4H

이다. 시료 No. 1~시료 No. 5 모두 720시간이상의 중방식특성을 나타내었는데 이것은 첨가된 Glass flake의 도막내 다층구조상의 평면배열 (Fig. 5 참조)에 따른 염수의 투과억제효과와 침입경로가 길어지는데 따른 염수의 침입억제효과<sup>29,30)</sup>에 의한 것과 발생된 녹이 미반응된 킬레이트제에 의한 2차 녹전환 반응효과에 따른 것으로 생각된다.

Table 7 Salt spray test results for the coated layer

Sample No Salt spray test	1	2	3	4	5
Time (Hr)	> 720	> 720	> 720	> 720	> 720

### 3.8 도막 난연성시험

도막의 난연특성을 조사하기 위해 LOI측정을 ASTM D2863의 방법에 따라 수행한 결과 시료 No. 1~No. 5 모두 LOI(%) 기준으로 38의 값을 나타내어 상당한 난연성이 있는 것으로 판단된다. 또한 수직연소시험을 UL방법에 따라 1/16" 두께의 시료 No. 1~No. 5의 시료에 대해 수행하였다. 시료모두 난연등급 UL 94 V-1등급으로 나타내어 상당한 난연성이 있는 것으로 판단된다.

## 4. 결론

이상과 같이 새로운 수성 에멀전재제 형태의 금속 착물반응형 녹전환 중방식 코팅제를 제조하여 첨가제의 종류 및 온도에 따른 점도특성, 침입속도, 고형분함량, pH특성, 비중측정시험, 도막건조 및 건조도막특성, 도막광택특성, 도막

경도, 도막부착력시험, 염수분무시험, 도막난연성시험 등을 수행한 결과 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 온도변화(10~60℃)와 Aerosil-300의 첨가농도변화(0.5~2.5%)에 따라 최대 420cps(10℃, Aerosil 2.5wt(%)에서 최저 125cps(60℃, Aerosil 0.5wt(%)의 점도변화를 나타내었으며 침입반응속도(0.1~0.4mm/min), 고형분함량(70%), pH(1.8~20), 비중(1.30~1.35) 범위의 특성을 각각 나타내었다.
  - 2) 건조소요시간은 온도 10℃에서 RH(%) 40의 경우 건조 소요시간은 108분 정도 소요되었으며 RH 80의 경우 150분의 시간이 소요되었다. 이것은 건조속도가 상대습도에 상당히 영향을 받는다는 것을 나타낸 것으로 사료되며 1회 건조도막의 코팅층의 두께는 후막 Primer도로 수준의 70~130μ의 범위에 있어 중방식 코팅제로 적당한 것으로 나타났다.
  - 3) 도막광택은 60° 입사각에서는 시료 No. 1, No. 2는 각각 92의 값을 나타내었으며 85° 입사각에서는 시료 No. 1, No. 2는 각각 97의 높은 광택도와 함께 도막경도는 4H~5H의 범위의 높은 경도값을 나타내었다. 도막부착력 시험은 No. 1~No. 5 시료 모두 100/100급의 양호한 부착특성을 나타내었다.
  - 4) 염수분무시험은 시료 No. 1~No. 5 모두 720시간 이상의 중방식 특성을 나타내었으며 도막난연특성시험은 시료 No. 1~No. 5 모두 LOI(%)값 38의 지수를 나타내었고 또한 수직연소시험에서 난연등급 UL 94 V-1등급을 나타내는 높은 난연특성을 보였다.
- 위의 각 특성을 통한 중방식형 코팅제(시료 No. 1~No. 5)의 적합성을 평가해 본 결과 시료 No. 1~No. 5 모두 잠재적 화재·폭발 위험 지역 작업용 녹전환형 중방식 코팅제로 사용 가능할 것으로 판단되나 그중 시료 No. 2가 광택도 및 경도부분에서 다른것에 비해 뛰어난 성능지수를 나타내었다.

## 참 고 문 헌

- 1) Corrosion Data Survey, Metals Section,



- 6th Ed., NACE, Pub., 1985.
- 2) 日本鋼構造協會, 重防食 塗料の實際, 山海堂, 1988.
  - 3) P.A. Schweitzer, Corrosion Engineering Handbook, Marcel Dekker, Inc., 1996.
  - 4) 山本洋一, さびを防ぐ事典, 産業調査會, pp. 358~391, 昭和59.
  - 5) M. Fujisaku, "Corrosion Allowance and the Actual State of Materials in Chemical Plants", Corrosion Engineering, Vol. 37, No. 5, pp. 286~293, 1988.
  - 6) E. Takeshima, T. Kawano, H. Takamura, "Study on the method of Predicting Service of Coated Steel sheet", J of the Japan. Soc. fo. colour material, Vol. 56, No. 1, pp. 9~21, 1983.
  - 7) 岸原純雄, プラント エンジニア, "危険物工場の清掃作業改善", Vol. 17, No. 10, pp. 84~87, 1987.
  - 8) R.B. Seymour, Handbook of Organic Coatings, Elsevier Science Pub. Co. Inc. 1990.
  - 9) M. Kobayashi, 塗裝技術, 重防食塗裝の現場管理とトラブルと対策, Vol. 30, No. 13, pp. 81~86, 1991.
  - 10) 浅原熙三, 金屬表面技術便覽, pp. 173~217, 日刊工業新聞社, 昭和58.
  - 11) S. Tamehiro, K. Ueki, 塗料と塗裝, pp. 145~181, 日本化學會, 1980.
  - 12) H.R. Hamburg, W. M. Morgans, Hess's paint Film Defects, pp. 332~404, Chaman and Hall, 1979.
  - 13) R. Sibata, "新規な常乾型水性防食塗料", 工業塗裝, No. 119, pp. 63~66, 1991.
  - 14) B. Balmforth, "Industry Novel Applications of Co-ordination complexes Anti-Corrosives", in J.A.G. Drake, Chemicals for the Automobile Industry, The Royal Society of Chemistry, pp. 38~46, 1991.
  - 15) C.H. Hare, Protective Coatings, Technology Publishing Company, 1994.
  - 16) H. Kim and Y-G. Kang, "A Study on the Flame Retardant Effect for Metal Complexes Cellulose Hybrid Insulator" J. Korean Institute Industrial Safety, Vol. 10, No. 3, pp. 62~67, 1995.
  - 17) R. Woodbridge, Principles of Paint Formulation, Chapman and Hall, NY, USA, 1991.
  - 18) S. Paul, Paint and Surface Coating Technology, John wiley & sons Ltd., 1985.
  - 19) E.W. Flick, Handbook of Painting Raw Materials, Noyes Publications, USA, 1989.
  - 20) R.R. Myers, J.S. Long, Treatise on Coatings, Vol. 4, "Formulations" Marcel Dekker, NY. USA, 1975.
  - 21) E.S. Daniels, E.D. Sudol. & M.S. El-Aasser, Polymer Latexes, American Chemical Society, 1992.
  - 22) H. Warson, Synthetic Resin Emulsions, Ernest Benn Limited, London, pp. 228~245, 1978.
  - 23) E.W. Flich, Water-based Paint Formulations, Noyes Data Corporation, 1978.
  - 24) N.I. Gaynes, G.N. Danziger, F.C. Kinsler, Formulation of Organic Coatings, D. VAN. NOSTRAND CO. INC., pp. 189~230, 1982.
  - 25) R. Bode, H. Buehler, D. Feuge, Versuche zur Dispergierung einer pyrogenen Kieselsäure in UP-Harzen ruit Sonólator und Dissolver, Kautschuk+Gummi·Kunststoffe, Vol. 30, Nr. 11, pp. 825~832, 1988.
  - 26) Sadtler Research Lab., The Infrared Spectra Atlas of Monomers and Polymers, pp. 303~324, pp. 394~412, Sadtler Research Lab., 1983.
  - 27) D.R. Brezinski, An Infrared Spectroscopy Atlas for the Coating Industry, Vol. 1, pp. 37~51, 4th Ed, Federation of Socoities for Coatings Technology, 1991.
  - 28) C.J. Pouchert, The Aldrich Library of FT-IR Spectra, Vol. 1, p. 544(Gallotannic acid), p. 1103(Pyrogallic acid), Vol. 2, p. 232 (Gallic acid), Aldrich chemical Co. Inc., 1985.

- 29) T. Taki, H. Tanabe, T. Tsuji, T. Shinohara, Anti-Corrosive Mechanism of Glass Flake Filled Coating(II), J. of the Japan Society. of Colour material, Vol. 56, No. 1, pp. 22~27, 1983.
- 30) A. Huruya, T. Shinohara, T. Taki, S. Yamada, Anti-Corrosive Mechanism of Glass Flake Filled Coating, J. of the Japan Society. of Colour material, Vol. 52, No. 10, pp. 553~560, 1979.
-