

## 송전철탑 도장용 도료 성능 개선

백승도 최중혁 김태영 민병욱 위화복 원봉주  
한국전력공사

### Improvement In Transmission Tower Coating Paint Quality

Seung-Do. Baik Jong-Hyuck. Choi Tai-Young. Kim Byeong-Wook. Min Hwa-Bok. Wi Bong-Ju. Weon  
Korea Electric Power Corporation

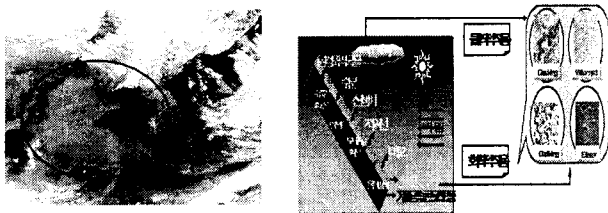
**Abstract** - 최근 대기환경 악화로 송전용 철탑 도장의 열화가 촉진되어 내후성이 강한 신도료를 송전철탑에 적용이 필요하게 되었다. 도료 제조업체의 신도료로 도장시편을 제작하여 옥외에 폭로후 전문기관에서 성능을 확인하였으며, 이를 토대로 도료의 재질을 실리콘 아크릴우레탄계로 변경하였으며, 철탑용 도료 성능시험 기준을 강화하여 철탑 재도장에 따른 유지보수 비용 절감이 될 수 있도록 개선하였다.

#### 1. 서 론

우리나라는 대기오염, 황사, 폭설 및 폭염지역의 증가 등 부식 환경이 날로 악화되고 있어 금속재료의 부식이 촉진되고 있으며, 이러한 부식에 의한 직접적인 손실은 선진국의 경우 GNP의 3-5%를 차지할 정도로 막대하며, 우리나라의 경우 그 규모가 200-250억 달러에 달할 것으로 보고되고 있다. NASA 발표에 의하면 동북아시아 지역은 중국의 산업화로 공해물질(산성비, 황사, 분진) 증가로 세계 최대 공해지역으로 발표된 바 있으며, 우리나라 또한 대기오염 및 대기환경 악화(자외선, 오존, 아황산가스 등)로 철탑도장 열화 및 탈색이 촉진되어 철탑 재도장에 따른 유지 보수 비용 절감을 위한 대책 마련이 시급한 실정이다.

한편 한국전력에서는 송전철탑의 부식을 방지하기 위하여 이러한 특징을 지니는 중방식 도료를 사용하고 있다. 환경친화 및 항공장애 표시를 위해 하도용으로는 에폭시계, 상도용은 우레탄계 도장 시스템을 적용하고 있다. 하도용으로 사용하는 에폭시계 도료는 방식성 및 부착성이 우수하고, 상도용으로 사용하는 우레탄계 도료는 내후성이 우수하여 장기간 동안 색상 및 광택의 변화가 적은 특징을 가지고 있다.

신도료를 사용하여 1회 도장으로 어느 정도의 부착강도, 내부식성 및 내후성을 가질 수 있는가를 실험을 통해 확인하였다. 또한 도장된 시편편을 1년 동안 현장에서 옥외 폭로하여 도료의 성능변화를 확인하였으며, 이를 토대로 송전철탑 도장 도료 및 성능시험 기준을 개선하여 철탑도장 주기를 연장이 가능토록 하였다.



〈그림 1〉 환경오염 물질 진입경로 〈그림 2〉 도막의 열화 메커니즘

#### 2. 본 론

##### 2.1 중방식 도료의 종류 및 특징

중방식 도료란 "Heavy duty coating" 또는 "High performance protective coating" 등으로 표현되지만 의미 그대로 교량, 해상구조물, 원자력발전소, 각종 플랜트, 컨테이너, 선박 등 심한 부식 환경에 놓여 있는 대형 철 구조물을 부식 환경으로부터 장기간 보호하기 위한 도료를 말한다. 이러한 중방식 도료의 특징은 첫째, 해상, 해중, 수중, 해안 공업지역 등과 같이 심한 부식 환경에서 견딜 수 있는 도료 및 도장시스템으로 5-10년 이상의 장기 방식성능을 유지할 수 있을 것. 둘째, 후도막 도장이 가능하여 도장 횟수를 줄일 수 있을 것. 셋째, 방청성 외에 내수성, 내해수성, 내약품성, 내후성 등이 우수하여 보수도장 비용을 줄일 수 있을 것. 넷째, 또한 최근의 환경보호에 대비한 각종 규제에 만족하는 환경 친화적 도료로서 안정성, 경제성, 자원 보존성 등이 우수할 것.

##### 2.2 금속의 부식현상

부식은 크게 나누어 건식부식(dry corrosion)과 습식부식(wet corrosion)이 있으며, 건식부식은 금속표면에 액체인 물의 작용 없이 일어나는 부식이며, 일반적으로 고온산화, 고온가스에 의한 부식 등이 이에 속하고, 습식부식은 액체인 물 또는 전해질 용액에 접하여 발생하는 부식으로서 우리 주변에서 경험하는 부식의 대부분은 습식 부식이다.

##### 2.3 중방식 도료에 요구되는 성질

- 가. 방청성, 내수성, 내습성이 좋을 것.
- 녹의 발생을 방지하기 위해서는 산소나 물을 통과시키지 않는 것이 가장 효과적이기 때문에 도막은 산소 투과성 및 흡수성이 적어야 한다. 또한 도막상의 수가용 성분은 부식을 촉진시키기 때문에 가능한 한 배제해야 한다.
- 나. 내이온 투과성, 내산성, 내알칼리성이 좋을 것.
- 아황산가스, 염소가스, 탄산가스, 염화물, 유산염, 탄산염, 산-알칼리등과 같이 철강류의 녹을 촉진시키는 유해물을 통과시키지 않아야 한다.
- 다. 물리적 성질이 우수할 것. 도막의 경도 및 탄성이 좋아야 하며, 충격이나 마찰에 따라 도막에 상처, 결함 등의 발생이 일어나기 쉽기 때문에 물리적 성질이 우수해야 한다.
- 라. 내후성, 내수성이 좋을 것.
- 도장초기에는 어느 도료나 녹 방지효과가 크지만, 비, 바람, 햇빛 등에 노출되다가 혹은 물이 침투되어 녹 방지효과가 단기간에 떨어지는 것은 중방식 도료로서는 적합하지 않다.
- 마. 보수도장성, 도장작업성이 우수할 것.
- 바. 금속면이나 상도에 대한 밀착성이 우수할 것.
- 사. 두꺼운 도막이 가능할 것.
- 아. 환경친화형 도료일 것.

##### 2.4 철탑도장 도료 성능 비교

〈표 1〉 철탑도장 도료 성능 비교표

구 분	폴리 우레탄계 (현행)	실리콘 아크릴 우레탄계
수지종류	유기수지	유기 및 무기수지
내 후 성	광택 및 색상보유력 보통	내후성, 광택, 색상 보유력 우수
부 착 성	아연도금면 부착력 취약	아연도금면 부착력 보통
화학구조	우레탄 결합	우레탄 결합과 실록산 결합(Si-O)
도료단가	가격 저렴 (약 11,000원/l)	가격 높음 (약 21,000원/l)

##### 2.5 도료의 성능평가

###### 2.5.1 평가개요

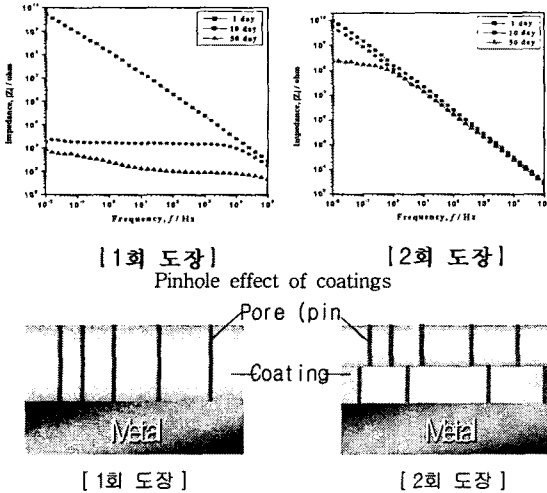
- 대상도료 : 폴리 우레탄계(현행), 실리콘 아크릴 우레탄계(신도료)
- 평가기간 : 2004.2 - 2005.10 (21개월)
- 평가기관 : 전력연구원, 한국화학시험연구원
- 평가항목 : 부착강도시험, 염수분무시험, 내후성시험, 옥외폭로시험

2.5.2 도장회수 검토

□ 검토내용 : 실리콘아크릴우레탄계 도료 1회 도장 가능여부  
□ 검토결과 : 1회도장 불가 → 2회 도장 (현행유지)

- 교류임피던스 시험결과 1회도장의 경우 부식방지 특성 저하
- 단층 도막보다 다층 도막이 부식을 차단하여 부식방지에 유리
- 일본의 경우 철탑 3회 도장(하·중·상도) 시행, 건교부 2회이상

Impedance 도막방식 평가



2.6 성능평가

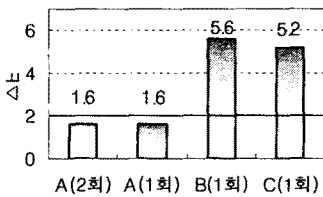
도료의 성능시험은 철탑도장용 도료의 성능은 가공송전운영부기준에 따라 평가하였으며 옥외폭로시험(1년)에 대한 기준은 한국 전력에서도 규정되어 있지 않기 때문에 도료의 성능시험 규격을 적용하여 평가하였다

[부착강도시험]

- 표면의 부착물이 떨어지기 전에 표면이 견딜 수 있는 수직의 힘을 측정하는 시험
- 시험방법: 시험 원통(부착 원통)에 접착제를 바른 후 시편 도장에 접착제를 경화되도록 부착력 시험기를 이용 강도를 측정
- 평가방법: 기준 인장강도를 정하여 양부판정(한전 200psi 이상)
- 판정기준: 아연도금 소지면 200psi 이상

[축진내후성시험]

- 인공광원(카본아크, 제노아크)과 온도, 습도 등을 조절하여 가혹한 환경조건하에서 재료의 열화를 평가하는 방법
- 시험방법
  - 제노-아크 광원에 의한 노출 시험방법
  - 자외선 형광 램프에 의한 노출 시험방법 (QUV 축진내후성시험)
  - 자외선 카본-아크 램프에 의한 노출 시험 방법
- 평가항목: 형태, 치수, 외관 색, 광택, 팽창수축률 및 물성
- 판정기준: 300시간 시험 후 ΔE값 2 이하



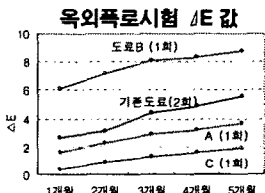
[부착강도]

[염수분무시험]

- 해안가에 건설된 교량, 해상구조물이 염해에 대한 내구성 평가 시험방법
- 중성염수분무시험: 산화나트륨을 pH 6.5-7.2 범위에서 분무
- 아세트산염수분무시험: 아세트산을 pH 3.1-3.3 범위에서 분무
- 캐스분무시험: 소금 용액에 염화구리를 첨가하여 분무
- 평가방법: 외관 등을 현미경으로 부식 발생까지의 시간을 평가
- 판정 기준: 1000시간 시험후 부풀음, 발생이 없을 것

[옥외폭로시험]

- 기후 환경인자에 의한 구조물의 열화를 자연환경 하에서 평가
- 시험방법
  - 직접폭로시험, 언더글라스(under glass) 폭로시험
  - 용력재하 폭로시험, 블랙박스(black box) 폭로시험
  - 태양추적 폭로시험, 태양추적 집광폭로시험
- 평가방법: 시편 표면의 외관검사, 색차, 부착강도 평가



(그림 3) 옥외폭로시험

2.7 성능 평가 결과

가. 5개월 동안 옥외폭로한 C회사의 우레탄계 2회 도장과 B회사의 실록산계 1회 도장에 있어서 색차(ΔE)의 경우는 우레탄계 2회 도장은 5.6인데 반해 실록산계 1회 도장은 1.9로 나타났다. 부착강도의 경우 우레탄 2회 도장은 368psi 이지만, 실록산 1회 도장은 448psi로 실록산계 1회 도장이 기존의 우레탄 2회 도장보다 우수한 부착력을 나타내었다.

나. 1회 도장 시스템은 대체로 얇은 도막두께를 형성할 뿐만 아니라, 피홀 등의 도장과정에서 발생할 수 있는 도막결함에 의해 쉽게 금속소지가 노출될 수 있는 가능성을 가지고 있다. 그러나 다중도막의 경우는 1회 도장에서 발생할 수 있는 결함들을 보완하여 도막에 의한 외부 부식인자들의 차단 기능을 발휘할 수 있다.

다. 2회 도장을 원칙으로 하는 송전 첩탑의 경우 상도에 우레탄계를 이용하는 것보다 아크릴우레탄계를 상도로 이용하는 것이 3배 정도 우수한 색차 특성을 가진다. 따라서 아크릴우레탄계는 항공장에철탑, 환경친화형 철탑에 적합하다고 판단된다.

3. 첩탑 도장기준 강화

기존의 성능시험과 추가된 옥외폭로시험에 합격한 도료만 송전첩탑 도장 원료에 적합한 것으로 기준을 강화하였다.

3.1 송전첩탑 도료

3.1.1 현행 첩탑도료

- 하도용 도료: 에폭시계 페인트(방청력, 부착력 양호)
- 상도용 도료: 우레탄계 페인트(내후성, 내탈색성 양호)

<표 2> 첩탑 도장종류별 도료 및 도장 도막두께

도장종류	하도(下塗)		상도(上塗)	
	도료	도막두께	도료	도막두께
부식방지도장	에폭시계	50±5μm	에폭시계	50±5μm
항공장예도장	에폭시계	50±5μm	폴리우레탄계	50±5μm
환경친화도장	에폭시계	50±5μm	폴리우레탄계	50±5μm

3.1.2 도료성능

- 부착성능: 아연도금 소지면 200 PSI 이상 (ANSI N 512-1974)
- 내후성능: 염수분무시험 1,000시간 (ASTM B117-73)
- 탈색성능: 300시간 시험하여 Δ값이 2이하

3.1.3 도장기준

- 도장회수: 2회 도장 (하도 1회, 상도 1회)
- 도막두께: 건조도막두께 100±10μm (하도 50±10μm, 상도 50±10μm)
- 설계도료: 고효능 용적비 60% 페인트

3.2 첩탑도장 도료기준 변경

<표 3> 첩탑 도료 변경 비교표

구분	현행	변경
부식방지도장	에폭시계 페인트	현행과 동일
항공표시, 하도	에폭시계	현행과 동일
환경친화도장 상도	폴리우레탄계	실리콘 아크릴 우레탄계

3.3 첩탑도장 도료 성능시험기준 강화

- 축진내후성시험 (실리콘 아크릴 우레탄계 도료)
  - 현행: 300시간 WOM 시험(자외선 카본 아크 노출시험)
  - 개정: 600시간 QUV 시험(자외선 형광램프 노출시험)
- 부착강도시험 (에폭시계 및 실리콘 아크릴 우레탄계 도료)
  - 현행: 도금 소지면에서 200 PSI 이상
  - 개정: 도금 소지면과 하도간, 하도와 상도간 300 PSI 이상

3. 결 론

송전첩탑의 도장은 고공에서 작업을 시행하므로 도장과정에서 발생할 수 있는 도막결함에 의해 쉽게 금속소지가 노출될 수 있으므로 외부 부식인자들의 차단 기능을 발휘 할 수 있도록 현행과 같이 2회 도장을 시행하는 것이 바람직 할 것으로 판단된다. 송전첩탑에 하도용 도료인 에폭시계는 도료 제조기술이 발달되어 부착성능이 향상되었으므로 부착강도를 상향 조정함이 타당할 것으로 판단되며, 또한, 상도용 도료의 재질을 실리콘 아크릴우레탄계로 변경하고 축진내후성시험을 자외선 카본아크 노출시험(WOM시험) 300시간에서 자외선 형광램프 노출시험(QUV)으로 변경하여 도료의 내후 성능을 향상하여 첩탑 제조장 주기 단축에 따른 유지 보수 비용 절감이 필요할 것으로 판단된다.

[참 고 문헌]

- [1] 가공송전선로 표준시공요령, 한국전력공사 2000.4
- [2] 일본도장공업협회 건축도장정립 1994
- [3] 고려화학 도료와 도장기술 2000
- [4] 산업자원부 공업재료의 축진복합싸이클 내식성 시험 및 평가방법 표준화 기술 개발에 관한 연구 2004