

선박 도장의 역사와 흐름

이종연 (현대미포조선)

1. 서문

도료와 도장의 주 목적은 피도물의 보호와 미관이다. 하지만 최근 들어 선저 부위에 해양생물의 부착 방지를 위한 방오 도료, 화재 발생시 인명 보호를 위한 내화 도료, 기타 특수 기능성, 최근 환경보호를 위한 규제 물질인 휘발성 유기화합물(Volatile Organic Compounds; VOCs) 함유를 배제하거나 최소화한 무용제 및 수용성 도료 등이 다양하게 개발되고 있다.

특히, 환경문제에 관련하여 국가별로 입장차이는 있지만 전반적으로 관련법규 강화를 통해 오염원을 규제하고 있으며, 미국과 유럽을 중심으로 그 소비재에서 산업재 등의 모든 산업 영역으로 영향력을 확대해 나가고 있는 상황이다. 이러한 일련의 요구사항을 반영하여 국제표준화기구(International Standard Organization; ISO)에서도 1996년부터 환경경영관련 국제인증(ISO 14001)을 통해 기업이 지속적으로 환경경영시스템 구축여부를 평가해 주고 있다.

이미 건축 도료에서는 한국공기청정협회에서 실내공기 오염물질로 새집증후군이나 아토피성 피부염을 유발하는 물질로 알려진 포름알데히드(Formaldehyde; HCHO)와 휘발성 유기화합물 방출량이 적은 제품에 친환경 건축자재인증(Healthy Building Materials Certification; HB)을 부여하고 있다. 소비자들도 환경과 건강에 대한 관심이 커짐에 이 같은 인증을 획득한 제품의 수요가 점차적으로 늘고 있는 추세다. 따라서 21세기를 향한 가장 중

요한 과제로서 강화된 환경 규제에 부응하는 환경친화적 제품을 개발하는 것이 급선무이며, 선박용 도료에도 친환경 제품에 대한 개발과 적용에도 보다 적극적인 노력이 필요하다.

한편 2008년 유조선 ‘허베이 스피리트’호 기름 유출로 인해 서해안 해양 생태계에 커다란 피해를 입힌 것처럼, 해난사고 발생시 해양생물에 치명적인 영향을 줄 수 있는 위험물을 선적하고 있는 선박의 안전을 위해 도료의 기본적인 물성인 소지보호 성능 개선을 통하여 부식으로 인한 선박의 안정성 위험을 최소화하는 노력이 필요하다.

이러한 관심이 IMO(국제해사기구)를 통해서 해수 탱크에 적용하는 도료 제품에 대한 사전 성능 검증 및 엄격한 도장 관리를 규정하는 보호도장 성능 기준(IMO Resolution MSC.215(82) / Performance Standard for Protective Coating; PSPC)을 모든 선박에 적용하고 있으며, 적용 부위도 화물창 및 Void Space로 점차적으로 확대해 나가고 있는 추세다.

현재 조선 산업을 포함한 모든 제조업계는 자원의 효율적인 이용을 위한 친환경 제품의 생산과 에너지 효율의 제고에 대한 필요성이 늘고 있다. 조선 산업에 필수적으로 사용되는 도료에도 내구성 및 기능성 향상을 통해 선박의 안정성과 에너지의 효율성을 최대한 높이는 동시에 환경오염을 최소화할 수 있는 제품에 대한 관심과 대응이 중요하다. 이를 위해 선박도료에 대한 전반적인 이해와 도료의 발전사를 통해 미래의 진행 방향에 대하여 검토를 하고자 한다.

11. 개론

A. 선박 도료의 정의와 분류

1. 도료의 정의

도료란 '유동 상태에서 피도물에 피막 층을 형성 하면서 고착, 고화하여 사용하고자 하는 용도에 맞는 기능을 갖는 도막을 형성하는 것'이다. 도료의 주요 기능은 피도물의 노화 및 부식환경으로부터 제품을 보호하고 색상을 부여하여 미관을 향상 시키는 역할이다.

2. 도료의 구성

도료의 수지, 안료, 용제, 첨가제 등 다양한 구성 성분으로 이뤄진 복합체로 도료내의 주요 역할은 아래와 같다.

- 1) 수지(Resin): 도료의 기본적인 골격으로 도료에 사용되는 수지의 성질에 따라 도막성능이 크게 좌우된다. 과거에는 식물 등에서 추출되는 천연수지가 사용되었으나, 현재는 화학원료로 합성되는 수지를 사용하여 천연수지 대비 큰 분자량을 갖는 유기 화합물로 구성되어 있다.
- 2) 안료(Pigment): 물 또는 용제 등에 녹지 않는 고형 성분으로, 용도에 따라 색상을 부여하는 착색

안료, 녹 발생을 방지하는 방청안료, 내구성 및 살오염성을 갖게 하는 체질 안료 등이 있다.

- 3) 용제(Solvent): 수지를 용해하거나 도료의 점도를 조절하는 성질을 가진 물질로, 일반적으로 액상도료에 혼합되어 있는 액체를 말한다.
- 4) 첨가제(Additives): 도막의 물리적, 화학적 기능을 최적화 하기 위해 첨가되는 소량의 물질로 분산제, 가소제, 색분리 방지제 등이 있다.

3. 도료의 분류

도료는 크게 물을 용제로 사용하는 수성도료와 유기계 용제를 사용하는 유성도료로 나뉘며, 선박 도료의 경우 해양 환경과 같은 심한 부식 환경 조건에서 철과 같은 구조물을 장기간 보호하기 위해 중방식도료로써 유성 도료가 주로 사용되고 있으며, 수지의 종류에 따라 아래와 같이 구분될 수 있다.

- 1) 아연말 도료(Zinc Rich Primer): 아연말을 다량으로 배합하여 음극보호 작용을 통해 철의 부식으로부터 보호하는 도료로 수지의 종류에 따라 무기계 및 유기계로 구분된다. 보통 장기간의 내구성이 요구되거나 보수도장이 어려운 해양구조물에 적용되며, 또한 내산성이 요구되는 전용 화학제품 운반선의 탱크도장 도료로 적용되고 있다.
- 2) 염화고무 도료(Chlorinated Rubber Type Paint): 경화제 없이 용제 휘발을 통해 도막이 형성되는 자연 건조형 1액형 도료로, 내수성 및 작업성이 우수하고 가격이 저렴하여 범용적으로 사용되고 있다. 오랜 기간 사용되었지만 선박의 경우 내열 성능 및 내마모성이 열세로 인해 에폭시계 도료로 전환되는 추세다.
- 3) 에폭시 도료(Epoxy Resin Type Paint): 중방식 도료에서 요구되는 내수성, 내마모성, 내약품성이 우수하여 현재 선박의 기본 방청 도료나 화물창의 내부 도료로 가장 범용적으로 사용되고

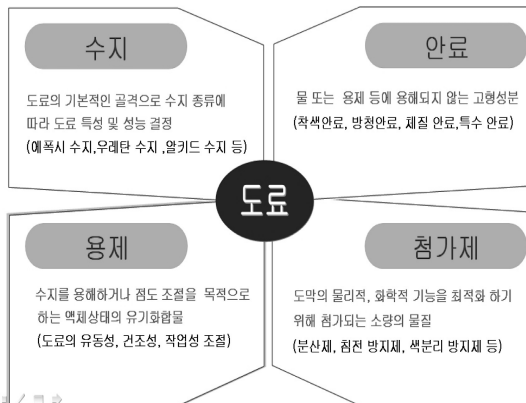
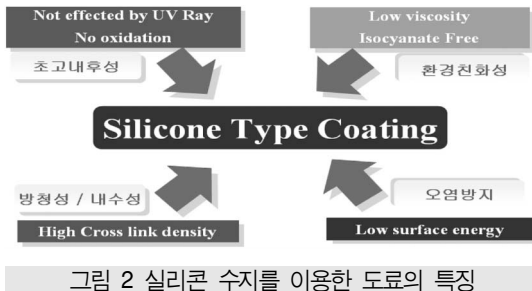


그림 1 도료의 구성요소

있다. 하지만 에폭시 수지 특성상 내후성 열세와 재도장 기간에 제약이 있는 단점이 있어 최근에는 용도에 따라 다른 수지와 공중합이나 첨가제를 통해 물성을 개선 시킨 도료가 개발되어 적용되고 있다.

- 4) 폴리우레탄 도료(Polyurethane Resin Type Paint): 내후성 및 내약품성이 우수하여 공업지역이나 해양 환경에도 양호한 외관을 유지할 수 있어 선박의 외부표면 부위에 상도 도료로 적용되고 있다. 그러나 경화제로 직업성 천식이나 폐장염을 유발시킬 수 있는 유해물질인 이소시아네이트(Isocyanate; N=C=O)가 포함되어 있어 도장 작업 시 적절한 안전조치가 요구되고 있다.
- 5) 알키드 도료(Alkyd Type Paint): 공기와 산화 건조 반응을 통해 도막을 형성하는 1액형 도료로 과거에는 가격이 저렴하고 작업성이 우수하여 범용적으로 사용되었으나, 에폭시 도료에 대비 내방식성이 열세하여 점차적으로 적용부위는 줄어들고 있으나 아직까지도 경제성과 내화성이 우수하여 선박의 거주구와 엔진룸 내부에 적용되고 있다.
- 6) 실리콘 도료(Silicone Type Paint): 약 600°C까지 내열성을 가지고 있어 선박의 연돌과 내열관에 적용하고 있으며, 최근에는 실리콘으로부터 합성된 폴리실록산을 이용한 초내후성 상도 도료와 실리콘 고무의 낮은 표면장력과 탄성을 이용한 방오도료가 개발되어 적용 확대되고 있다.



B. 선박 도료의 발달

1. 선박 도료의 기원과 발달

나무의 수액에다 짐승들의 피, 우유, 과즙과 여러 가지 색상을 내는 흙을 안료로 혼합해서 그린 동굴 벽화로 추정 시 약 1만 5000년 이전부터 인류가 도료를 사용했다. 선박의 경우 고대 그리스 시대의 문헌에 선저 부위에 타르(Tar)가 사용된 기록으로 추정해 볼 때 목재의 부식방지나 해양동물의 부착을 방지하기 위한 방오 효과를 얻기 위해 오래 전부터 도료가 이용되고 있었던 것으로 추정된다.

그러나, 현재 도료와 유사한 형태, 즉 수지를 용매에 희석하여 사용하는 도료가 등장한 것은 합성수지 및 연속도장이 가능한 스프레이 건이 개발되어 사용되기 시작한 1950년대부터이다. 선박도료 역시 목선에서 강선으로 건조되면서 해양환경에서 철재를 부식으로 보호하기 위한 방청도료의 비중이 큰 중방식용 도료가 개발되어 널리 사용되고 있다.

2. 선박 도료 기술 현황

선박 도료는 해양 환경에서 부식되기 쉬운 철재를 보호하기 위해 기본적으로는 우수한 방청성이 요구되며, 내화확성이나 방오성 같은 부가 기능성이 요구되는 부위는 특화된 전용도료 또는 2종 이상의 도료를 조합한 도장시스템을 통해 도막 성능을 극대화 하는 방향으로 개발되고 있다. 일반적으로 도장시스템은 하도/중도/상도로 구분되어 부위별로 특성에 맞게 추천되고 있다. 하도는 방청도료를, 상도는 내후성 도료나 방오도료와 같은 기능성 도료로 적용되며, 중도는 하도와 상도간의 부착성을 높이고자 할 때 적용된다.

1) 방청도료(Anti-corrosion Paint) :

과거 역청질계(Bituminous Resin) 도료로부터 근래에는 합성수지를 이용한 알키드, 염화고무, 폴리에스테르, 에폭시 등 다양한 수지를 이용한 방청도

료로 적용되고 있으나, 현재는 1회 도장으로 후도막의 고성능 도막이 가능한 하이빌드형 에폭시 도료가 대체를 이루고 있다.

- ① 하이빌드형 도료 (High Build Type Paint): 해양 구조물 또는 선박과 같은 대형 철강 구조물을 건조하기 위해 설비가 대형화되고 도장면적이 증대됨에 따라, 기존 저막형 도료로는 도장 횟수가 많아지므로 건조비가 증가하고 환경오염 가능성이 증가되어, 1회 도장 만으로도 가능한 후막형의 고성능 도료가 개발되고 있다. 또한 유지보수 비용을 획기적으로 감소시킬 수 있는 무보수 (Maintenance Free)형 제품으로 계속적으로 개발되고 있다. 기존 방청도료는 도료 성분 중 방청 안료가 방청성능에 크게 영향을 주지만, 하이빌드형 도료에서는 도료 내 수지의 특성에 의해 방청성에 큰 영향을 미치게 되어, 선박에서는 내해수성, 내약품성, 내열성 성능이 우수한 에폭시 수지를 이용한 도료가 많이 사용되고 있다.
- ② Tar-Free Epoxy 도료: 콜타르를 함유한 도료는 내해수성이 우수하여 많이 적용되어 왔으나, 타르 함유에 따라 밝은 색상을 구현할 수 없는 경우가 나타나고, 타르를 함유한 도료를 하도로 적용 시 상도 도막까지 타르성분이 배어 나와서 외관을 손상시키는 Tar-Bleeding 현상이 나타나며,

또한 타르물질 자체의 인체 유해성이 제기되어, 타르성분을 함유하지 않은 Tar-Free 도료로 전환되고 있는 추세다. IMO에서는 1990년 초부터 Tar-Free 제품을 사용토록 권유하고 있으며, 특히 해수 탱크의 경우에는 IMO PSPC 4.4에 밝은 색상 사용 규정을 통해 Tar-Free 제품 적용을 요구하고 있다.

- ※ 방청도료 관련 규제 사항: 철관 부식으로 인한 선박의 강도 저하에 따른 해상 사고 방지 및 피해 확산을 막기 위해 IMO에서 신규 건조되는 선박의 해수 탱크는 성능이 검증된 제품 적용과 도장 자격조건을 지닌 감리자를 통해 엄격히 도장 품질을 관리토록 하는 IMO PSPC 규정이 적용 중에 있고, 적용 부위도 Void Space 및 기타 화물창으로 확대되는 추세이다.
- ③ 무용제 도료(Solvent-Free Paint): 최근 휘발성 유기화합물의 저감 대책으로 솔벤트의 함유가 적은 고고형분 도료 또는 이를 전혀 포함하지 않은 무용제 도료에 대한 요구가 증가 되고 있는 추세다. 특히 무용제 도료의 경우 환경친화적이며 고성능을 가진 후도막이 가능한 장점이 있으나, 짧은 가사 시간과 저온에서 경화지연에 따른 작업성 열세 및 고가의 원료 사용으로 인한 비용 상승되는 단점이 있다. 현재는 청수탱크에 1회 도장시 약 300~2,000 μ m 사양으로 적용되고 있다.

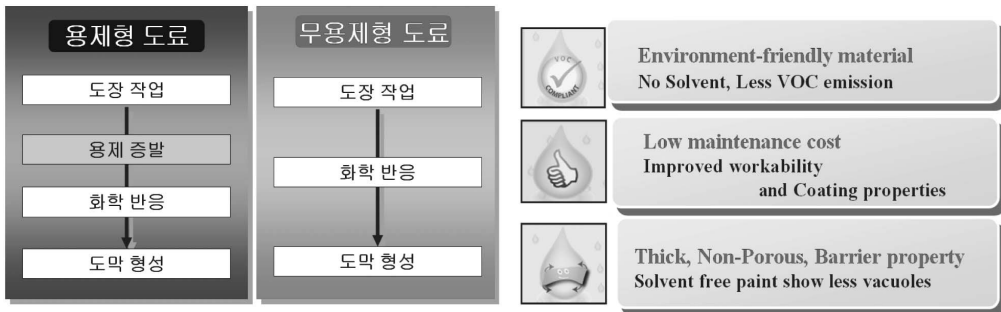


그림 3 용제 및 무용제 도료의 경화 메커니즘 비교와 무용제 도료의 장점

④ 수용성 도료(Water Borne Paint): 유기(Thinner) 용제 대신에 물을 용제나 희석제로 사용하므로 환경보호 측면 및 인체유해 예방을 위해 최근에 관심을 끌고 있는 도료이나, 아직까지는 유기 용제형 도료와 비교 시 방식 성능, 가격, 작업성 면에서 열세로 광범위하게 사용하기 어려우며, 방청성이 크게 요구되지 않은 선박의 거주구나 엔진룸 내부 도료로 적용되고 있다.

2) 방오 도료(Anti-Fouling Paint):

선박 외부 해수 침적 부위에는 해양생물 즉, 물때, 해초류, 따개비등이 선체 표면에 부착하여 번식하게 되면서 운항 시 저항으로 인하여 선속 저하 및 연료비 증가로 인한 경제적 손실을 가져오게 된다. 이러한 해양생물 오염으로부터 피해를 줄이기 위해 과거부터 현재까지 아래 표와 같이 제품 적용되어 오고 있다.

년대	주요 내용
고대	피치, 구리 피복
~ 1700년대	납 피복이 사용되었으나 강선에 부식을 가속화시켜 1682년도에 사용 금지
~ 1860년대	황산구리를 이용한 금속염 사용
~ 1970년대	산화구리와 산화수은을 송진과 혼합 사용
1970년 이후	산화구리를 다양한 합성수지 및 송진과 혼합 1) Conventional Type: 해수에 녹지 않는 불용성 수지 사용 2) CDP(Controlled Depletion Polymer) Type: 수용성 수지 사용 3) SPC(Self Polishing Copolymer) Type: 유기주석을 포함한 수지 이용
2000년 이후	해양 생태계 파괴를 막기 위한 유기주석의 국제 규제 법안 발표 1) Tin-Free SPC Type: 주석을 구리, 아연, 규소로 대체한 자기 마모형 수지 이용 2) Foul-Release Type: 표면장력이 낮은 실리콘 수지를 이용한 해양생물 부착 억제

현재는 주석 성분이 없는 자기마모형 (Tin-Free SPC Type) 도료가 가장 많이 사용되고 있고, 원유 가격 상승과 각종 환경 규제에 대응하여 환경친화적 제품으로 방오제를 사용하지 않는 저마찰형 (Foul-Release Type) 도료가 점차적으로 증가되고 있다. 일부 연안 선박이나 소형 선박은 경제적인 이유로 일반형 (Conventional Type) 도료와 자기봉괴형 (CDP Type) 도료도 함께 사용되고 있다. 각 종류별 특징은 아래와 같다.

- ① 일반형 (Conventional Type) : 비닐계 또는 염화고무 수지와 같은 불용성 수지에 방오제를 혼합하여 사용하며, 방오제 확산속도에 따라 방오 성능이 결정되므로 2년 이내로 반복적인 도장이 필요하다. 도료 자체의 가격은 저렴하나 방오제가 용출된 자리에 공극이 형성되므로 보수 시에는 잔존 방오도료 도막을 제거해야 하므로 전처리 비용이 추가 발생하는 단점이 있다.
- ② 자기봉괴형 (CDP; Controlled Depletion Polymer Type): 비닐계 또는 염화고무를 로진과 혼합하여 해수에 용해될 수 있는 수지에 방오제를 혼합하여 사용하며, 방오성능은 로진의 용해속도에 의존하게 됨에 따라 30개월까지는 유지되나, 용해 속도가 불 균일하여 시간이 경과될 수록 표면조도가 매우 거칠어지게 되어 보수 시에는 표면조도를 줄이기 위한 실러 도장이나 잔존 방오도료 제거가 필요하다.
- ③ 자기마모형 (SPC; Self Polishing Copolymer Type): 건조한 조건에서 불용성 수지로 존재하며 해수와 접촉 시 가수화 반응을 통해 수용성 수지로 변화되어 부풀음층을 형성하여 일정 선속에서 해수와의 마찰로 도막이 미세하게 마모되는 메커니즘의 방오도료이다. 비록 가격은 비싸지만 60개월까지 장기간 동안 방오성능이 유지되며 운항기간 동안 평활한 표면을 유지함으

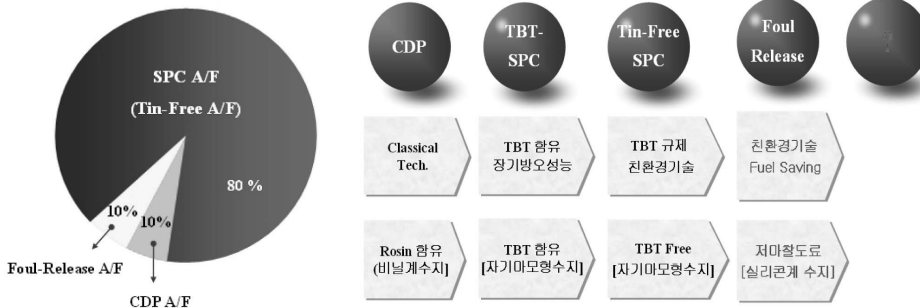


그림 4 방오 도료 시장 현황 및 개발진행 방향

로써 기존 일반형 및 자기봉괴형 보다 탁월한 연료 저감 및 보수비용 절감의 효과를 보여주고 있다. 1970년대 말부터 2000년 초까지는 유기주석 화합물을 이용한 자기마모형 도료가 사용되었으나, 현재는 IMO 규제에 따라 주석 대신 구리, 이연, 규소를 이용한 틴프리(Tin-Free) 자기마모형 수지를 이용한 방오도료가 사용되고 있다.

- ④ Foul-Release Type(저마찰용): 실리콘 또는 불소와 같은 표면장력이 매우 작은 수지를 이용한 도료로 도장 표면에 해양생물이 부착 될 경우 운항 중 해수와의 마찰로 쉽게 제거가 되는 도료이다. 고가의 수지 사용으로 제품가격이 비싸고 작업성이 기존 방오도료보다 나쁘지만, 방오제를 사용하지 않는 도료이므로 환경 친화적이고 선체 표면조도가 작아 해수 마찰 저항 감소에 따른 연료절감 효과를 기대할 수 있어 점차 사용이 늘고 있다.

3) 내후성 도료:

도료의 기본 목적인 외관 향상을 위해 적용되는 도료로 보통 방청도료를 하도로 적용 후 직사광선으로 인한 변색이나 도막의 노화에 따른 물성 저하를 막기 위해 상도로 적용되는 내후성이 우수한 제품을 뜻한다. 과거에는 염화고무나 비닐계 수지를 이용한 도료가 많이 적용되었으나 현재는 상대적으

로 내열성 및 내마모성 등이 우수한 변성 에폭시나 우레탄 수지를 이용한 도료가 상도로 범용적으로 사용되고 있다. 또한 우레탄 도료의 내후성보다 우수하면서도 단점인 작업성을 크게 개선시킴과 동시에 최근 인체유해성 논란이 있는 이소시아네이트를 포함하지 않은 친환경 도료로써 실리콘으로부터 합성된 폴리실로산 수지를 이용한 상도 도료가 점진적으로 확대되고 있는 추세이다.

4) 기타 기능성 도료:

선박의 주요 목적은 화물과 인원을 운송하는 것이며, 이를 선적하기 위해 다양한 형태의 화물공간, 운항 시 필요한 선원 거주 구역 및 엔진 구역이 필요로 하며, 그리고 각 구역에 맞는 적절한 도료가 적용된다.

- ① 화물창 도료: 산적화물선의 경우 화물의 선적과 하역 시에 발생 가능한 물리적 마찰과 충격에 대한 내성이 강한 에폭시 수지를 이용한 내마모성 도료가 많이 사용된다. 쌀, 옥수수 등과 같은 곡물류 선적 시 인체 유해성 여부 확인을 위하여 영국 국가의료서비스기관(NHS Trust)이나 미국 식품의약국(FDA) 및 미국 국가위생협회(NSF)와 같은 인증기관에 무오염 도료에 대한 인증이 요구되고 있다. 그리고 IMO에서도 선적화물 안전 실무규칙(Code of Safe Practice for Solid Bulk

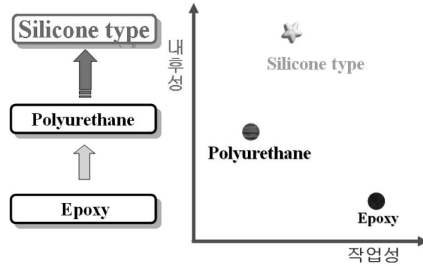
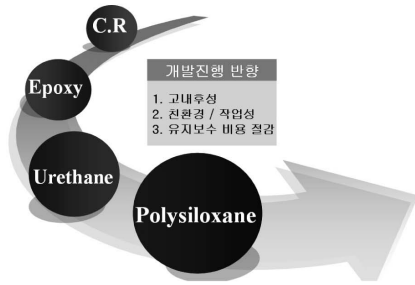


그림 5 수지 종류별 내후성 및 작업성 비교

Cargoes; BC Code)을 통해 선적화물별 위험을 관리토록 조치하고 있으며, 화물에 따른 도료의 내성여부도 검토를 추진하고 있다.

또한, 액체화물을 선적하는 원유 운반선 또는 일반 석유정제품/화학제품 운반선의 경우, 선적화물의 위험도와 종류에 따라 화학적 내성 실험을 통해 검증된 도료를 적용하므로 화물오염 방지 및 첩관 소지를 보호하고, 석유/화학 제품의 안전한 운송을 위해 1986년 7월 1일부터 IMO에서 제정한 IBC Code (International Code for the Construction and Equipment of Ships Carrying Dangerous Chemical in Bulk)에 준하여 건조 및 설비를 요구하며, 화물의 위험도에 따라 IMO Type 1,2,3로 구분하여 선박을 설계토록 하고 있다.

그리고 도료별로 화학성분의 차이가 있기 때문에 IBC Code에 규정된 화물 선적 시에는 도료의 내성 여부 확인이 요구되며, 유조선의 화물창에 대해서도 보호도장 적용을 위해 2007년 10월부터 지속적인 협의(IMO MSC.83)가 진행되고 있다. 현재는 일반적으로 화학적 내성이 뛰어나 에폭시계 수지가 많이 사용되며, 일반 석유정제 제품의 경우에는 순수에폭시계 도료가, 내약품성이 요구되는 화학제품에는 페놀리에폭시계 도료가, 부식성이 강한 화학제품 경우에는 무기징크계도료가 각각 사용되고 있다.

② 거주구용 도료: 거주구나 엔진룸 내부도료의 경

우 화재 발생시 대피 시간 확보를 위해 화재 확산이 적은 내화성 도료가 요구되며, 현재까지는 알키드 도료가 많이 적용되었으나, 향후 휘발성 유기화합물 저감 정책에 따라 에폭시계 수용성 도료 적용이 점진적으로 확대될 것으로 보인다.

- ③ 청수탱크 도료: 식수를 저장하는 청수 탱크에는 무독성 여부 확인을 위한 미국식품의약국(FDA)의 음용수 인증실험이 요구되며, 과거에는 용제형 도료가 많이 사용되었으나 환경규제와 초기에 휘발성분에 의한 식수 오염을 최소화 하기 위해 무용제 도료가 많이 적용되고 있다.
- ④ ICE Going용 도료: 북극 연안이나 북극해를 운항하는 ICE Brake 또는 ICE Going Ship처럼 윙과의 마찰로 인한 도막손상이 예상되는 부위에는 유리섬유를 함유하여 내마모성을 향상시킨 제품이나 저마찰성 물성을 지닌 후도막 형의 무용제 도료가 많이 적용되고 있다.

III. 도료의 향후 발전 방향

1. 도료 산업

도료공업은 일반 석유화학공업과 달리 석유화학제품, 천연수지 및 합성수지, 금속 및 비금속, 유기·무기안료와 각종 보조제(첨가제) 등 광범위한 화공재료를 원자재로 사용하는 종합적인 화학공업으로 많은 배합설계와 응용시험을 통한 축적된 고

도의 기술집약이 요구되는 정밀화학공업이다. 화학 및 재료 산업 그리고 생산 기술의 발달로 도료 역시 다양한 신기술이 접목 되어 고성능 및 작업 효율을 통해서 생산성이 높아져 다양한 기능성을 포함한 제품이 개발, 상품화되고 있다.

그러나 현재 진행 중인 핵심은 환경 친화적인 제품에 대한 수요와 규제이다. 현재 친환경 제품은 단순히 최종제품이 인체나 자연 환경에 유해여부와 더불어 생산 단계에서 친환경 재료 사용여부 확인 및 제품 폐기시 재활용까지 모든 프로세스에서 환경적 요구사항을 반영함을 의미할 때, 제품의 중간재로써 필수불가결하게 적용되는 도료 역시 친환경 제품의 요구에 따라 개발의 필요성이 증대되고 있다.

현재는 도료의 물성을 올리기 위해 자체적으로 자연에 존재하지 않는 합성 수지를 이용하는 관계로, 생산 과정부터 도료 적용 중, 도장 후까지 유기화학물질이 발생되며 이로 인해 생산자, 작업자뿐만 아니라 최종 소비자까지 호흡기 장애, 불쾌감, 구토 및 두통, 알레르기, 현기증 등을 야기할 수 있는 잠재적 가능성이 존재한다.

또한 도료 및 도장기술과 관련된 유해물질 규제는 독일의 경우 대기오염방지 기술지침(TA-LUFT)으로 불리는 법률로 엄격하게 규제를 하고 있다. 일본의 경우는 유럽과 같은 강력한 규제를 실시하고 있지는 않지만, 2001년부터 일본 환경성에서 제정

한 오염물질 배출과 이동 신고규약(Pollutant Release and Transfer Register; PRTR)을 통해 유해물질 방출을 제한하려고 노력하고 있고, 이 법규에 도료에서 가장 많이 사용되고 있는 유기용제인 톨루엔, 자일렌이 포함되어 있어 도료와 도장산업에 영향을 주고 있다. 이것은 도료의 제조과정에는 방출되지 않으나 도장 후에 발생되기 때문에 도료의 제조자보다 사용자에게 심각한 문제로서 인식시키는 계기가 되고 있다.

우리 나라의 휘발성 유기화합물 관련 규정은 1995년 대기환경보존법 제 28조 2항에 '휘발성 유기화합물의 규제에 관한 규정'으로 시작하여, 대상물질을 점차 확대해 나가고 있어, 휘발성 유기화합물을 함유한 화학도료를 대체할 수 있는 신 제품 개발이 시급한 실정이다.

이런 문제점을 극복하기 위해 최근 도료업계에서는 무공해, 자원절약형도료를 지향하고 있으며 무공해도료의 연구방향으로 분체도료, 무용제도료, 고형분 도료, 수용성 및 연료 절감형 도료 개발 등 다각적으로 연구개발 중이다. 이 중 수용성 도료 및 무용제형 도료 개발은 다른 무공해 도료에 비하여 형태가 종래의 유기 용제형 도료와 유사해서 현행 도장설비로 사용할 수 있다는 장점 때문에 많은 연구가 진행 중이다.

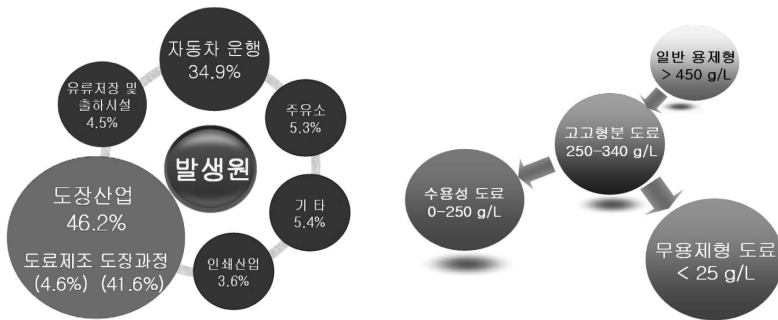


그림 6 국내 휘발성 유기화합물 발생원에 따른 배출량 비교 및 도료 종류별 배출량 비교

2. 선박용 도료 산업

선박용 도료의 경우 해양에서의 혹독한 부식환경 하에서 강재를 보호하기 위한 고성능의 방식성능요구와 도장환경을 조정하기 쉬운 실내가 아닌 옥외에서 도장작업이 대부분 진행되는 점을 감안하면 물을 기본으로 하는 수성보다는 유성 도료가 적용되어 왔다. 현재는 휘발성 유기화합물의 배출 규제로 인하여 무용제 도료 및 물을 희석제로 사용하면서도 유성도료의 성능을 유지할 수 있는 수용성 도료의 적용 확대를 검토하고 있다. 그리고 선저 부위에 적용되는 도료는 단순히 방오 성능 외에도 선박 운항 시 선체 저항을 줄여 줌으로써 연료 절감 효과를 통해 이산화탄소의 배출량을 감소시킬 수 있는 실리콘이나 불소 수지를 이용한 저마찰 방오 도료의 적용이 확대되고 있는 추세이다.

도료는 인공적으로 합성된 화학물질이므로 환경 오염 및 인체에 유해한 물질이 포함될 가능성이 있기 때문에, 전 세계적으로 사용원료 선택과 제조공정을 엄격하게 규제 받고 있는 실정이다. 도료업계에서도 이러한 문제점을 인식하여 환경 친화적인 도료 개발에 박차를 가하고 있는 상황이며, 도료 사용자 역시 기존 제품에 대한 선호보다는 친환경 도료에 긍정적인 검토 및 적용 확대를 위한 노력을 통해 궁극적으로는 친환경 도료의 지속적인 보완연구 및 개발이 이뤄질 수 있는 환경을 조성할 필요가 있다.

또한, 조선 산업에 필수 불가결하게 사용되고 있는 선박도료도 내구성 및 기능성 향상을 통해 선박의 안정성과 에너지의 효율성을 최대한 높이는 동시에 환경오염을 최소화할 수 있는 제품에 대한 적극적인 관심과 대응이 요구된다.



그림 7 도료의 향후 발전 방향

참고문헌

1. KCC Corporation (<http://www.kccworld.co.kr>) 홈페이지
2. 선박안전기술공단 (<http://www.kst.or.kr>) 홈페이지
3. 한국선급 (<http://www.krs.co.kr>) 홈페이지
4. 국립환경과학원 (<http://www.nier.go.kr>) 홈페이지
5. 한국환경산업기술원 (<http://ecolabel.keiti.re.kr>) 홈페이지
6. 미국선급 (<http://www.eagle.org>) 홈페이지 Guidance Notes on The Inspection, Maintenance and Application of Marine coating system ⚓

이종연 | 현대미포조선 선체구조설계부 차장



- 1971년 11월 생
- 1996년 울산대학교 조선/해양공학과
- 관심분야: P/C Tanker, PCTC, Bulker Container, LPG
- 연락처: 052-250-3779
- E-mail: jylee@hmd.co.kr