

## 멤브레인형 LNG 운반선용 고강도 워시프라이머 개발

송은하<sup>†\*</sup>, 이성균\*, 정몽규\*, 백광기\*

현대중공업 산업기술연구소\*

Development of Newly Formulated High-strength Wash Primer  
for Membrane LNG Carrier

Eunha Song<sup>†\*</sup>, SungKyun Lee\*, MongKyu Chung\* and Kwangki Baek\*

Hyundai Industrial Research Institute, Hyundai Heavy Industries. Co. Ltd.\*

### Abstract

Wash primer was applied to cargo tank of Membrane-LNG Carrier (M-LNGC) for *corrosion resistance and high bond-strength with the mastic*. However, a lack of bond-strength verification at high thickness wash primer coating resulted in strict coating thickness control. Therefore wash primer was controlled below DFT(Dry Film Thickness) 30 $\mu$ m. In order to develop the wash primer satisfying GTT (GAZ TRANSPORTAION TECHNIGAZ) standard even at high thickness, we evaluated coating properties such as wash primer/mastic bond-strength, corrosion resistance, as well as workability for the newly formulated wash primer materials. The newly formulated wash primer had high bonding-strength to mastic even at high thickness and had proper corrosion resistance and workability suitable to yard condition.

※Keywords: Wash primer (워시프라이머), M-LNGC (멤브레인형 LNG 운반선), High-strength (고강도), Mastic (마스틱), High-thickness coating (후도막), Corrosion resistance (방청성), Sag resistance (흐름성), Workability (작업성)

### 1. 서론

경제성을 이유로 전 세계적으로 멤브레인형 LNG 운반선의 발주가 증가하고 있다. Mark III 타입(type)의 멤브레인형 LNG 운반선은 단열재 시공 과정에서 마스틱(mastic)이 부착되는 선체 내벽에는 방청재료를 워시프라이머(wash primer)를 도포하여 선체 내벽의 부식 방지 및 마스틱과의 접착성을 증대시킨다. 워시프라이머와 마스틱은 시공 조건에 따라 물성 및 접착 특성의 변화가 발생하게 되므로 시공 이전에 LNG 화물창 설계 및 건조기술을 보유한 GAZ TRANSPORTATION TECHNIGAZ (GTT)로부터 현장시험(production test)을 실시하여 승인을 받도록 되어 있다. 기존의 워시프라이머는 건조막 두께 30 $\mu$ m 으로 시공하여 GTT 승인 기준인 접착 강도 12 MPa 이상의 강도를 만족하였다. 그러나 도막 두께가 두꺼워질수록 접착 강도가 낮아져 시공 시 철저히 도막 관리를 하도록 요구되어 왔다. 또한 Sa 2.5 (조도: 70~80 $\mu$ m)로 표면 처리된 블록에 30 $\mu$ m 이하의 도막을 도포할 경우 근본적으로 균일한 도막 두께를 얻기 불가능할 뿐 아니라 (A. M. berendsen, 1989), 저도막 방청성이 숓프라이머(shop primer)에 비해 현저히 떨어지므로 제작 공정을 거쳐 탑재하는 동안 다량의 발청 결함에 의해 수정 작업이 본 작업의 30%에 육박하게 되었다. 또한 이러한 이중 작업 시에는 기준치를 초과하는 후도막이 형성되었으며, 후도막에서는 워시프라이머의 강도에 대한 검증이 미비하여 과도한 클레임(claim)이 예상되고 있었다.

뿐만 아니라, 화학반응에 의해 도막이 형성되는 2 액형 도료와 달리 워시프라이머는 용제 증발에 의해 도막이 형성되므로 한번의 작업으로 후도막을 형성시키기 어렵고, 건조막 기준으로 15 $\mu$ m 내외에서는 흘러내림(sagging)이 발생하여 도막 두께 조절을 위해 저도막으로 여러 번 도장을 해야 하는 번거로움이 있었다.

본 연구에서는 후도막에서도 워시프라이머와 마스틱 사이의 접착 강도가 GTT 기준을 만족하는

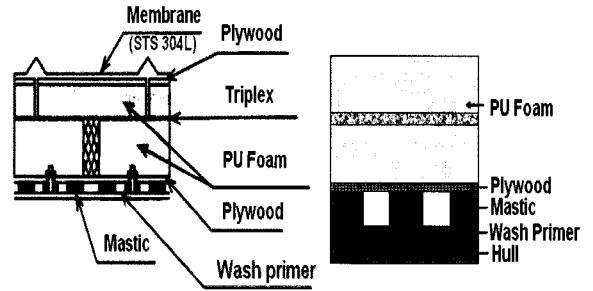


Fig. 1 Cargo containment system of Membrane LNGC

고강도 워시프라이머를 개발하여 이중 작업 및 작업 공수를 절감하고자 하였다. 또한 후도막 시공 시 발생하는 흘러내림 문제를 해결할 수 있도록 도로 원료 배합을 변경하여 작업의 불편함을 최소화하고 생산성 향상을 도모하고자 하였다.

### 2. 문헌 조사

#### 2.1 워시프라이머의 특성

워시프라이머는 폴리비닐부티랄(Poly Vinyl Butyral, PVB) 수지와 인산으로 구성되는 프라이머(primer)의 일종이나, 철금속 (알루미늄, 주석, 양철판, 구리 등)에 대한 후속 도장의 부착성을 향상시키기 위해 전처리제로 주로 사용되어 왔다. 워시프라이머가 바탕 금속과의 높은 부착성을 가지는 것은 프라이머 성분의 일부가 바탕의 금속과 반응해서 화학적 생성물을 만들기 때문이다. 워시프라이머에 사용되는 폴리비닐부티랄 수지는 다른 도로 수지에 비해 분자량이 크므로 용제에 녹여 용액 상태로 사용된다. 분자량이 크기 때문에 작업성 향상을 위해서는 고형분용적비(Solid Volume Ratio, SVR)가 낮을 수밖에 없고, 휘발성 유기화합물 함량(Volatile Organic Content, VOC)이 높은 문제점이 있다 (Clive H. Hare, 1995). 따라서 한번 시공으로는 후도막 시공이 불가능하며, 원하는 도막 두께를 얻기 위해서는 여러 번 덧도장을 해야 하는 번거로움이 있다.

도장 이후에 용제가 증발하고 나면 폴리비닐부

티랄 수지는 분자간 거리가 가까워져 분자간 2 차 결합이 형성되므로 수분과 다른 화학 물질들의 침투를 저해하여 용제의 증발만으로 내화학적과 내수성을 가지는 고강도의 도막을 형성시킬 수 있는 특징을 가지고 있다. 분자량이 클수록 내화학성이나 장벽효과가 증대되므로 분자량이 큰 수지들이 상업적으로 선호 받고 있다. 그러나 분자량이 큰 수지는 용액을 고점도로 만들게 되므로 고형분용적비를 낮출 수밖에 없는 단점이 있다. 일반적으로 워시프라이머도료의 고형분용적비는 15~25 %이며, 한번에 시공 가능한 도막 두께는 건도막 기준으로 25~50 μm 정도이다 (Clive H. Hare, 1994). 또한 워시프라이머 내에 존재하는 인산(H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>, Phosphoric acid)은 철의 표면을 불용성의 인산염으로 바꾸어 도료와의 밀착성을 좋게 하고 도장효과를 증대시킨다. 피막의 주성분은 스트렌나이트(Stren-gite, FePO<sub>4</sub>·2H<sub>2</sub>O)와 산화철(γ-Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>)의 조성물이며, 비정질의 박막으로서 도막의 밀착성이 우수하다 (K. Mequanint et al., 2003).

2.2 워시프라이머 도막과 접착 강도의 관계

접착 강도는 도막과 피도물과의 계면 상호 작용력과 도막내 응집력에 의해 결정된다. 따라서 접착 강도를 증가시키기 위해서는 피도물과의 접착력을 증대시키고, 도막 자체의 응집력을 향상시켜야 한다. 피도물과의 접착력은 철의 표면을 불용성의 인산염으로 바꾸는 인산의 양에 관계되며, 도막 자체의 응집력은 폴리비닐부티랄 수지의 분자량, 수지 종류, 안료 및 첨가제의 함량에 의해 좌우된다. 수지의 분자량이 클수록 2 차 결합이 증가되므로 도막의 응집력이 크며, 안료 및 첨가제의 함량이 많으면 수지 분자의 2 차 결합을 방해하는 요소가 많아지므로 응집력은 저하된다.

따라서 본 연구를 통해 후도막 시공 시에도 GTT 의 규격을 만족할 수 있고, 저도막에서도 비교적 방청성이 우수하며, 한번에 후도막 시공이 가능하도록 흐름성이 향상된 신규 도료를 개발하고자 하였다.

3. 실험방법

3.1 시편 제작

워시프라이머와 마스틱 사이의 접착 강도를 평가하기 위해 시편은 GTT M1001 규격에 따라 Fig. 2 와 같은 형상으로 제작하였으며 워시프라이머는 건도막 두께가 각각 30, 60, 100 μm 이 되도록 도장하여 2 주간 건조한 후 그 위에 마스틱 을 1.5mm 두께가 되도록 시공하여 2 주간 경화시켰다.

3.2 도료 분석

기존 도료의 물성을 파악하여 신규 개발 도료의 배합(formulation)을 변화시키고자 하였다. 수지 성분 분석을 위하여 FT-IR 을 측정하고, 분자량 측정을 위해 GPC(Gel Permeation Chromatography)를 사용하였다. 또한 도막 형성 메커니즘

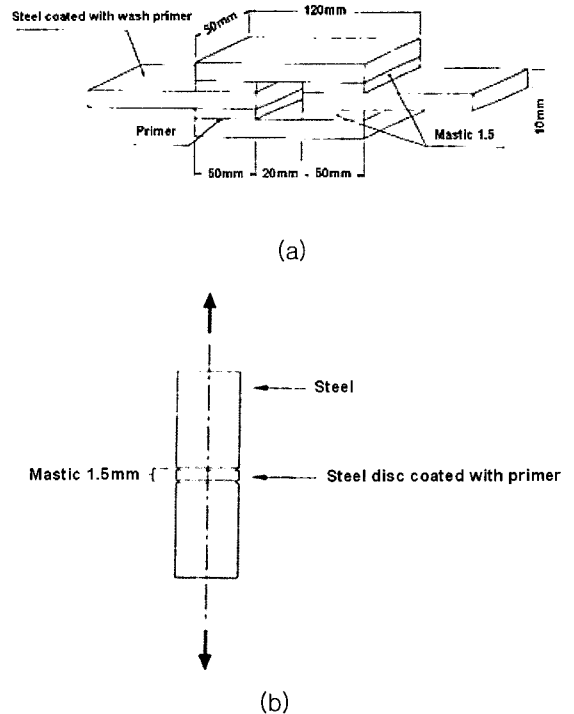


Fig. 2 Adhesion strength test specimens: (a) shear strength, (b) tensile strength

을 파악하기 위해 상온에서 30 분 간격으로 7 일 간 In-Situ FT-IR 을 측정하였다.

**3.3 전단 강도 및 인장 강도 평가**

상온(R.T.) 전단강도 시험은 Fig. 3(a)에 나타난 바와 같이 만능시험 장비를 이용하여 실시하였으며, 저온(-25°C) 전단강도 시험의 경우에는 Fig. 3(b)에서 보는 바와 같이 만능시험장비에 저온 챔버(chamber)를 설치하고 챔버 내에 액체 질소(N<sub>2</sub>)를 주입하여 챔버 내의 온도를 설정온도(-25°C)로 유지한 후 시험을 수행하였다. 시편 표면에 서모커플(thermo-couple)을 설치하여 분위기 온도가 아닌 시편의 온도가 설정온도가 되었을 때 시험을 실시하였다.

**3.4 방청성 평가**

NORSOK M501 시험법에 의해 염수분무 72 시간 (35°C, NaCl 5%) 이후 상온 건조 18 시간, 그리고 QUV 80 시간 (U.V-4 시간, 응축-4 시간, 8 시간/1 회)을 순환/반복하는 사이클(cycle) 축진 시험을 실시하였으며, 총 7 사이클 동안 시험을 진행한 후 그 결과를 관찰하였다.

**3.5 작업성 평가**

500mm×1000mm 시편에 도장기 압력과 틱, 희석비를 변화시켜 스프레이 하여 신규 개발된 도료의 흐름성(sag-resistance)을 평가하였다.

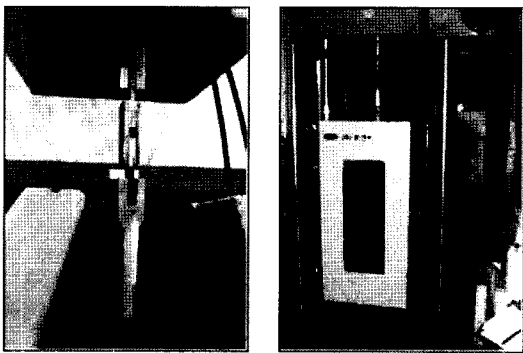


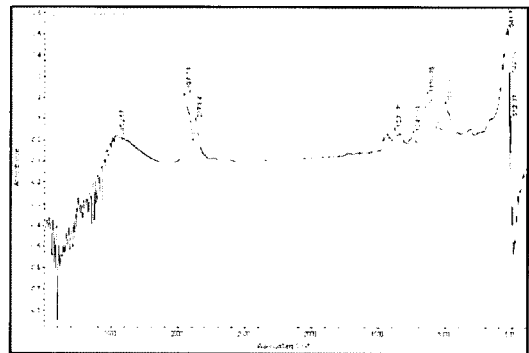
Fig. 3 Adhesion strength test ; (a) room temperature, (b) low temperature

**4. 연구 결과**

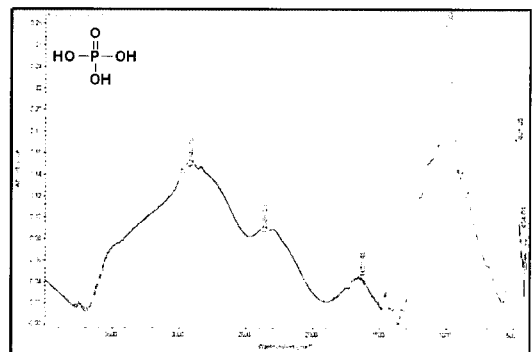
**4.1 기존 도료 분석**

FT-IR 을 이용하여 도료의 구조를 살펴본 결과, Fig. 4 에서 보는 바와 같이 워시프라이머수지는 폴리비닐부티랄(Poly vinyl butyral, PVB)이며 첨가제의 주성분은 인산(phosphoric acid, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)임을 확인하였다.

Fig. 5(a)은 주재(폴리비닐부티랄, PVB)를 7 일간 5 시간 간격으로 In-Situ FT-IR 을 측정할 결과이며, Fig. 5(b)은 주재와 첨가제(인산)를 혼합한 이후 7 일간 5 시간 간격으로 측정된 스펙트럼이다. 그림에서 보듯이 Fig. 5(a), (b) 모두 시간이 경과하더라도 피크(peak)의 변화가 관찰되지 않았다.

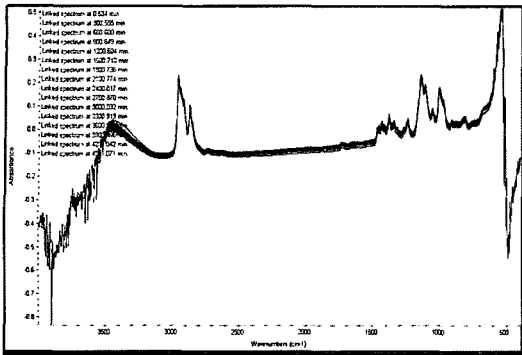


(a)

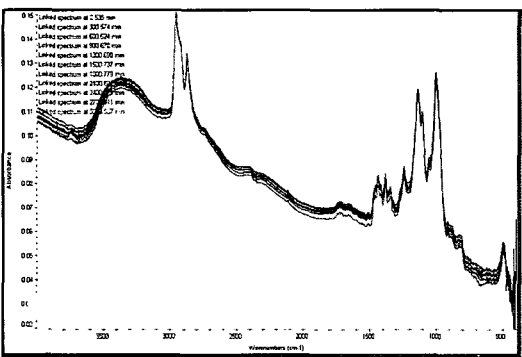


(b)

Fig. 4 FT-IR spectrum of wash primer: (a) PVB resin, (b) H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>



(a)



(b)

Fig. 5 In-Situ FT-IR spectrum; (a) PVB only, (b) Mixture of PVB and H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>

이는 주재와 첨가제가 화학적 반응 없이 용제 증발에 의해서만 도막이 형성되기 때문이다.

일반적인 2 액형 도료가 주재와 경화제의 가교 반응(1 차 결합에 해당)에 의한 도막 형성 메커니즘을 가지는 반면, 워시프라이머는 열가소성 물질로 용제 증발에 의한 도막 형성 메커니즘을 가진다. 용액 상태에서는 멀리 떨어져 있던 폴리비닐부티랄 분자들이 용제가 방출되고 건조가 진행되면서 분자간 거리가 가까워지고 분자간 반데르발스 인력(Van der Waals force)이나 쌍극자 쌍극자 힘(Dipole-dipole interaction) 혹은 무극성 분자 사이의 힘(London force)등과 같은 2 차 결합이 발생하여 도막은 응집력을 지니게 된다.

또한 워시프라이머는 다른 도료에 비해 분자량이 큰 수지로 구성되어 있어 분자간 엉킴현상(Entanglement)이 발생하는데 이것 또한 도막내 응집력을 높이는 원인이 된다. Fig. 6 과 같이 1 차 결합은 아니지만, 용제 증발에 의해 유도된 2 차 결합과 분자간 엉킴 현상에 의해 도막내 응집력이 증가하게 되는 것이다. 워시프라이머의 전단 접착 강도에 영향을 줄 수 있는 또 다른 요인은 첨가제로 사용되는 인산(Phosphoric acid, H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub>)이다. 인산은 철 표면을 다공성으로 만들어 도막과 기계적 결합(Mechanical interlocking)을 유도하는 동시에 폴리비닐부티랄 수지와 2 차 결합에 의한 PVB-H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> 복합체(complex)를 형성하며 이 복합체는 철과 반응하여 철 표면에 포스포필라이트(phosphophilite)와 같은 불용성 피막(Passivation)을 형성한다. 피막 형성에 대한 메커니즘을 Fig. 7 에 나타내었다.



Fig. 6 Mechanism of coating film formation

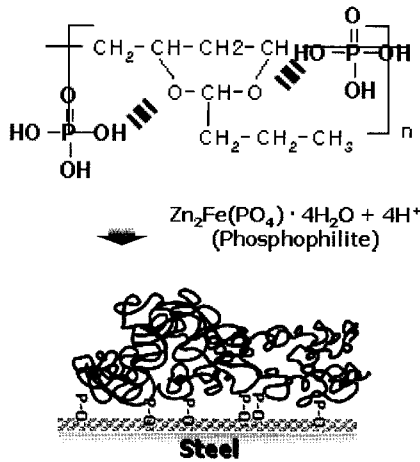


Fig. 7 Passivation at steel surface by the PVB-H<sub>3</sub>PO<sub>4</sub> complex

4.2 신규 도료 배합 변화

워시프라이머의 접착 강도는 도막과 소지면 사이의 상호 작용력과 워시프라이머 도료 자체의 응집력에 좌우되므로 접착 강도를 높이기 위해서는 도막내 응집력을 향상시켜야 한다. 폴리비닐부티랄 수지의 분자량이 크고 안료 크기가 작으며 도막 내에서 안료가 차지하는 비율이 낮을수록 수지 분자간 2 차 결합 및 엉킴현상이 증가하여 도막내 응집력을 향상시킬 수 있다. 그러나 수지의 분자량을 증가시키게 되면 도료 점도가 증가하여 용제의 희석비가 높아지게 되고 결국 도장 작업 시 흘러내림의 문제를 야기할 수 있으므로 수지의 분자량은 기존 도료와 동등하게 하고 (GPC 분석 결과: Mw 90,000~100,000) 수지의 엉킴현상을 방해할 수 있는 주제내에 폴리비닐부티랄 이외의 페놀(phenolic) 수지를 제거하였다.

수지의 분자량을 동등하게 하는 대신 고형분용적비를 증가시키고 비교적 휘발성이 강한 용제로 변경하여 건조가 빠르면서 한번 도장으로 후도막(D.F.T. 30μm 이상) 시공이 가능하도록 배합을 조절하였다. 또한 기존 도료가 방청성이 좋지 않아 야드 적치 기간 중 다량의 발청 결함을

Table 1 Change of formulation

		기존	NEW 1	NEW 2	NEW 3
SVR		13%	16.3%	14.8%	15.3%
수지	종류	PVB + Phenol	PVB	PVB	PVB
	분자량	90~100K	95K	95K	95K
안료	ZnCrO <sub>4</sub>	4 ~ 6 %	8~10 %	5 ~ 8 %	5 ~ 8 %
	무기	8 ~ 12%	10~20 %	10~20 %	10~20 %
H <sub>3</sub> PO <sub>4</sub>		10~15 %	15~20 %	15~20 %	15~20 %

유발하였던 문제를 해결하기 위하여 신규 도료 배합시 방청 안료(ZnCrO<sub>4</sub>)의 함량을 증가시켰다.

그리고 인산의 함량을 증가시켜 도막과 철 소지면 사이의 부착력을 증진시켜 궁극적으로 워시프라이머와 철 소지면의 접착 강도를 증가시키고자 하였다. Table 1 에 신규 배합 (NEW 1)에서부터 최종 배합 (NEW 3)까지 신규 도료 배합 변화에 대한 내용을 요약 정리하였다. NEW 1 의 경우 상온(20°C) 접착 강도는 양호하나 저온(-25°C) 접착 강도가 GTT 기준 강도를 만족하지 못하였으며, NEW 2 의 경우 상온, 저온 모두 접착 강도는 우수하나 당사가 요구하는 작업성을 만족하지 못하였다.

4.3 전단 강도 및 인장 강도 평가

4.3.1 전단 강도 시험

도막 두께별로 워시프라이머가 도포된 시편에 마스틱을 시공하여 제조한 더블랩 조인트(double lap joint) 시편 (Fig. 2 (a))의 전단 강도를 상온 및 저온에서 평가하였다. 시험 결과, Fig. 8, Fig. 9 에서 보는 바와 같이 저온 조건에서 NEW 1 은 D.F.T 30μm 에서도 겨우 기준 강도를 만족하였고(10.1 MPa), NEW 2 와 NEW 3 은 후도막 (D.F.T. 100μm)에서도 각각 상온 14.2 MPa, 12.2 MPa, 저온 16.5 MPa, 15.1 MPa 로 GTT 기준 강도를 만족하는 우수한 결과를

나타냈다. NEW 1 에 비해 NEW 2 와 NEW 3 의 접착 강도가 높은 것은 Table 2 에서 보는 바와 같이 도막내 안료 함량이 낮고 수지량이 많아 상대적으로 수지간 영결현상과 2 차 결함이 증가되어 도막내 응집력이 향상되었기 때문이다.

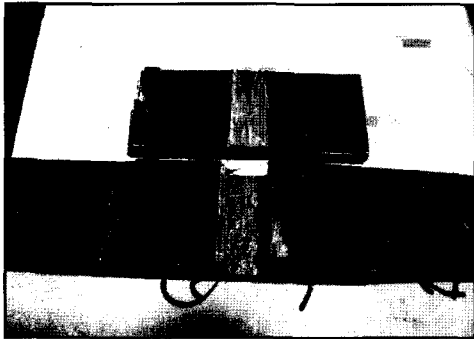


Fig. 8 Specimens after shear adhesion strength test (cohesion failure of wash primer)

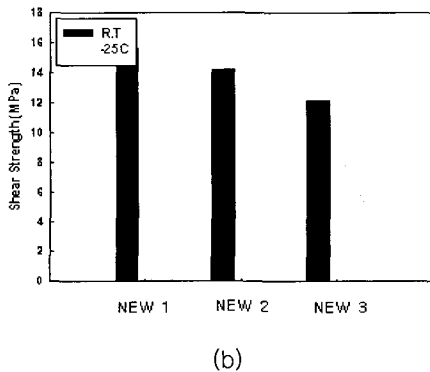
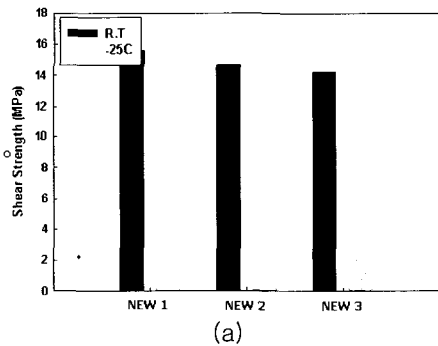


Fig. 9 Shear strength test result: (a) at DFT 30µm, (b) at DFT 100µm

#### 4.3.2 인장 강도 시험

전단강도가 상대적으로 낮은 NEW 1 을 제외한 NEW 2 와 NEW 3 에 대하여 도막 두께별로 wash primer 가 도포된 시편에 mastic 을 시공하여 제조한 인장 시편 (Fig 2. (b))의 인장 강도를 상온 및 저온에서 평가하였다. DFT 30µm 에서 NEW 2 의 경우 상온 및 저온에서 각각 15.1 MPa, 16.2MPa 로 GTT 기준 강도 (10 MPa 이상)를 만족하였고, NEW 3 의 경우에도 상온 및 저온에서 각각 16.5 MPa, 21.2 MPa 로 높은 인장강도를 가짐을 확인하였다.

#### 4.3.3 해수 침지 후 전단 강도 시험

해수 침지 시험은 ballast 탱크의 파손으로 인한 해수 유입이 wash primer/mastic 접합부에 미치는 영향을 평가하기 위한 것으로 GTT 규격에서는 double-lap joint 시편을 해수에 침지한 후 2 주, 4 주, 6 주가 각각 경과한 이후에 상온에서 전단 응력을 평가하도록 규정하고 있다. NEW 1 을 제외한 D.F.T. 30µm 이 도포된 NEW 2 와 NEW 3 wash primer 시편을 해수에 침지한 후 2 주, 4 주, 6 주가 각각 경과한 이후에 전단 응력을 평가하였다. 평가 결과 Table 2 에서 보는 바와 같이 해수 침지 6 주가 경과하였을 때 전단 강도가 약간 감소하는 경향을 보였으나, GTT 규격(상온 전단강도의 80% 이상)은 만족하는 결과를 보였다. 해수 침지에 의해 전단 강도가 감소한 이유는 내수성이 상대적으로 약한 wash primer 가 해수에 의해 도막 물성이 저하되었기 때문으로 판단된다.

Table 2 Shear strength test result after sea-water immersion at DFT 30µm

	2 weeks	4 weeks	6 weeks
NEW 2	14.3	14.8	13.9
NEW 3	15.0	14.8	13.1
GTT standard	≥ 80% of @ 20°C		

#### 4.4. 방청성 평가

##### 4.4.1 옥외 폭로 시험 결과

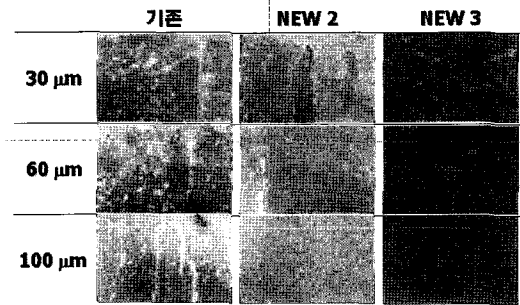
Sa 2.5 로 표면 처리된 시편에 wash primer 를 도막 두께별로 도포하고, 6 개월간 옥외 노출하여 방청성을 비교 평가하였다. 평가 결과 기존 wash primer DFT 30 $\mu$ m 시편에서 미미한 발청이 관찰되었으며 60 $\mu$ m, 100 $\mu$ m 시편은 발청 현상이 관찰되지 않았다. NEW 1, NEW 2, NEW 3 은 전 도막 두께에서 모두 발청 없이 양호한 도막 상태를 유지하고 있었다.

4.4.2 Norsok M501 시험 결과

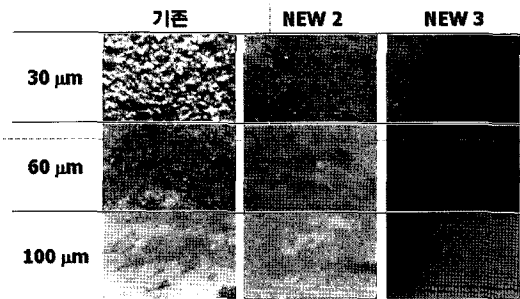
접착 강도가 낮은 NEW 1 을 제외한 기존 wash primer 와 NEW 2, NEW 3 도료에 대해 촉진 내구성 시험 방법인 Norsok M501 에 따라 총 7 cycle 동안 방청성 시험을 하였다. Fig. 10 에서 보는 바와 같이 1cycle 시험시 기존 도료는 DFT 60 $\mu$ m 까지 도막 전체에 점녹이 발생한 반면, NEW 2 와 NEW 3 은 DFT 30 $\mu$ m 에서만 약간의 점녹이 관찰되었고 다른 도막 두께에서는 양호한 상태를 유지하고 있었다. 7 cycle 이 지난 이후의 기존 wash primers 30 $\mu$ m 는 발청이 심하게 진행되어 흑색의 사산화삼철( $Fe_3O_4$ )이 형성된 것을 관찰할 수 있다. 그러나 NEW 2 와 NEW 3 도료는 기존 도료에 비해 월등히 우수한 방청성을 지니는 것을 관찰할 수 있었다. 따라서 NEW 2, NEW 3 은 DFT 30 $\mu$ m 으로 시공하여도 기존 wash primer 가 PE 장을 거쳐 탑재하는 동안 발생하였던 다량의 발청 결함이 대폭 감소할 것이라 예측된다.

4.5 작업성 평가 결과

현장 적용 가능성을 살펴보기 위하여 NEW 2 와 NEW 3 에 대한 작업성을 평가하였다. 현장에서 주로 사용하는 517 tip 을 사용하여 스프레이 패턴과 sag-resistance 를 관찰하였다. NEW 2 도료는 517 tip 을 사용하였을 경우 소지면의 은폐가 완전치 못하였고 519 tip 을 사용하였을 경우 DFT 기존 30 $\mu$ m 에서 sagging 현상이 발생하였다. 첨가제 함량과 안료 함량을 조절한 NEW 3 도료는 517 tip 으로 한번 시공에 DFT 30 $\mu$ m 까지 시공하여도 sagging 이 발생하지 않았다. 그 결과를 Table 3 에 정리하였다.



(a)



(b)

Fig. 10 Norsok M501 test result: (a) 1cycle, (b) 7cycle

Table 3 Workability test results

	NEW 2	NEW 3
Spray pattern	양호	양호
DFT 30 $\mu$ m	Sagging	우수
DFT 80 $\mu$ m	시공 불가	Sagging

5. 결론

후도막으로 시공하여도 wash primer/Mastic 간 접착 강도가 GTT 의 규격을 만족하는 고강도 wash primer 개발을 위해 기존 wash primer 와 신규 개발 wash primer 에 대한 전단 강도 시험, 인장 강도 시험, 내해수성 평가, 방청성 평가 및 작업성을 평가하고 다음과 같은 결론을 얻었다.



1) 다양한 분석 장비를 통해 기존 도료를 분석하고 도막 형성 메커니즘을 파악하여 고강도 도료 개발 기술을 확보하였다.

2) 신규 개발된 고강도 wash primer 는 후도막 시공에도 높은 Mastic 접착 강도를 보여주었다.

3) 신규 도료 개발로 당사 조건에 맞는 방청성과 작업성을 확보하였으며, 도료 물성 문제에 의한 보수 도장 및 도료 손실을 최소화할 것으로 기대된다.

## 6. 현업 적용

본 연구 결과는 현재 GTT 승인을 득하여, 당사 멤브레인 LNG 화물창 부위의 프라이머로 적용 예정에 있다 (Internal document n° 951, 2007). 본 도료를 적용함으로써 30%에 육박하던 보수 작업 공수를 절감할 수 있고, 2 회 도장 시스템이었던 당사 시공 기준을 1 회 도장 시스템으로 변경 가능하므로 작업 공수를 대폭 절감할 수 있다. 뿐만 아니라 후도막에서도 GTT 요구 물성을 만족함으로써 후도막 시공시 우려되었던 부착 불량 문제를 해소할 수 있다.

## 참 고 문 헌

- M. Berendsen, 1989, Marine Painting Manual, Kluwer Academic Publishers, London
- Clive H. Hare, 1994, Protective Coatings, Technology Publishing Company, Pittsburgh.

- Clive H. Hare, 1995, " Vinyl and Chlorinated Rubber," Journal of Protective Coatings & Linings, December, pp. 41-58.
- K. Mequanint, R. Sanderson, H. Pasch, 2003, " Adhesion Properties of Phosphate- and Siloxane-containing Polyurethane Dispersions to steel: An Analysis of the Metal-Coating Interface," Journal of Applied Polymer Science, Vol. 88, pp. 900-907
- Internal document n° 951, Approval Testing Report for Paint Referenced Kovinyl Wash primer VP185, GTT MarkIII Containment System for LNG Carrier, June, 2007



< 송 은 하 >



< 이 성 균 >



< 정 용 규 >



< 백 광 기 >