

論 文

첨단복합방식재를 이용한 각종 선박구조물의 마찰마모손상의 최소화

김 윤 해* · 김 진 우**

Minimization of Friction and Wear Damage of Marine Structures by Using the
Advanced Anti-corrosive Composite Materials

Y. H. Kim · J. W. Kim***

〈 목 차 〉

Abstract	3. 실험재료 및 실험방법
1. 서 론	4. 실험결과 및 고찰
2. 해양환경에 노출된 각종 선박구조물의 부식 실태	5. 결 론 참고문헌

Abstract

The marine structures with sea water cooling system always expose to the oceanic atmosphere. Therefore, the protection of the equipments is very important. To investigate the effectiveness of advanced composite materials for the application in offshore environments, the tensile test, hardness test, undercutting property test, permeance test and the friction and wear test were carried out by using various applicable coating materials. The main results obtained can be summarized as follows ;

1. The micro-hardness of the Archcoat 502B showed the highest value.
2. The coefficient of friction of the Rigspray coating at the speed of 2.21m/sec showed the lowest value, and that of the Archcoat 502B coating at 1.08m/sec and 0.18m/sec indicated the lowest values.

* 한국해양대학교 기계소재공학과
 ** 경한산업(주)

3. The wear mass at the speed of 0.18m/sec and 1.08m/sec in dry condition showed the smallest values.
4. The Archcoat 502B coating is fitted to the dynamic instruments in the range of low speed and middle speed. Rigspray coating is fitted to the dynamic instruments in the range of high speed.
5. The wear mass of five kinds of coating materials at the range of low speed was very small, and those of the Archcoat 502B, Archcoat 402B and Rigspray coating at high speed range were quite smaller than those of the Modified Epoxy and Tar Epoxy.

Key Words : Glass fiber reinforced composite materials(편상 유리섬유강화 복합 재료), Friction coefficient(마찰계수), Friction speed(마찰속도), Property of friction and wear(마찰·마모특성)

1. 서 론

1937년 미국의 철강협회의 조사에 의하면, 1887년에는 철 구조물의 평균수명이 33년이었지만, 50년 후인 1937년에는 약43년으로 연장되었으며 그것은 방청·방식 기술의 진보에 의한 것이라고 보고되고 있다. 일반적으로 1950년에는 철 구조물의 사용 목표년수가 74년으로 된 것을 보면 오늘날의 철강구조물은 방청·방식에 의해서 반영구적인 사용년수를 갖는 것으로 추정되고 있다. 녹슬어 곤란하다고 하던 철(鐵)도 방청·방식을 하고, 보수를 계속하면 반영구적으로 철제품의 수명을 유지시켜 안전성을 지킬 수 있는 것이다^(1~4). 방청·방식법^(5, 6)은 공업의 발전과 함께 진보해 오고 있지만, 공업만에 그칠 수 없고 모든 산업을 위해서 중요한 것이다.

본 연구는 각종 구조물의 해수냉각설비와 항상 다량의 염분을 포함하는 해풍에 노출된 상태로 해양을 항해하는 선박의 경우, 부식이 심각하게 발생하여 빈번하게 수리하여야 하기 때문에 이들에 대한 가장 효과적이고 경제적인 방식법을 검토하기 위해 각종 유기라이닝 방식재와 새로이 개발된 최첨단복합방식재를 대상으로 각종 특성을 비교 검토하여 마찰마모손실을 최소로 함으로써 부식에 의한 직·간접적인 손실로부터 각종 구조물을 최대한 보호하는 것이 그 목적이다.

2. 해양환경에 노출된 각종 선박구조물의 부식실태

선박에는 여객선을 비롯해 유조선, 광석 운반선, 자동차 운반선, 일반 화물선, 특수 함정 그리고 어선등이 있다. 이들은 각기 다양한 항로와 운항조건으로 해양을 운항하므로 모든 교통기관 중에서도 부식으로 인한 안전상의 위협과 건조 비용에 대한 경제성 등의 관점에서 장기간의 수명을 요(要)하므로 방식문제는 매우 중요하다. 그래서 모든 선박은 신조선 인도 이후 정기적인 입거(入渠)·상가(上架) 또는 선상(船上)에서 차기 운항을 위한 점검사항과 함께 부위별로 선체보호, 기관보호를 위한 방식정비를 필요로 하며, 이때 부터를 통상적으로 수리선이라 칭한다. 그러나 수리선의 방식정비는 신조선 작업과 비교시 제한된 공사기간 안에서 부분적으로 진행되므로 완벽한 정비가 되지 못하는 경우가 있다. 따라서 초기의 완공은 필수적이고 재차(再次) 입거 수리시, 방식자재 등의 선택 및 시공절차 등에 많은 노력을 기울여야 하며, 안전성, 유지관리의 편리성, 경제성 등 종합적인 면에서 가장 합리적인 방식법을 선정해야 하는 점이 당면의 주요과제이다.

해수는 담수에 비해 일반적으로 부식작용이 심한데, 이는 해수가 염송이온(Cl^-)을 함유하고 있고 또한 가장 부식이 가혹하게 일어나는 환경인 3%

Cl⁻ 분위기이기 때문이다. 따라서 선박의 경우는 항상 다량의 염분을 포함하는 해풍에 노출된 채로 해양을 항해하므로 대기(大氣) 폭로에 의한 부식이 심하며 특히 야간의 기온저하로 인해 염분을 다량으로 포함한 강전해질이 강판위에 응집되므로써 국부적으로 부식되는 경우가 많다. 그 밖에 부식에 영향을 미치는 인자로는 온도, 염분농도, PH, 수중 오염물질 그리고 유속등이 있는데 그 중에서도 해수 중에서의 염소이온의 작용으로 내식성이 양호한 금속이라도 그 보호피막이 파괴되어 부식을 발생하는 경우를 종종 확인할 수 있다. 선박에서의 부식의 상태를 살펴 보면 다음과 같다.

- (1) 엔진블럭 오링 면(Engine Block O-Ring Face)의 침식·틈부식 상태 및 프로펠러 축의 슬리브(Sleeve)의 탈아연화 부식(Dezincification) 상태

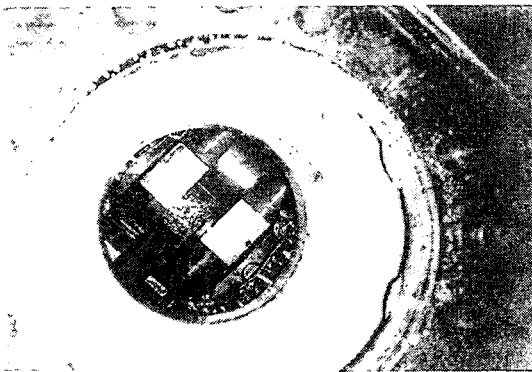


Photo. 1 Erosion · crevice corrosion in contact face of engine block O-ring

엔진 블록(Engine Block)의 해수냉각 장소는 해수의 온도 상승과 해수가 순환하는 과정에서의 침식-부식(Erosion Corrosion)현상은 응력작용 아래서의 부식과 전기화학적 부식등 인자가 복합적으로 작용한다. 이러한 부식현상은 주물로 제작되어진 엔진블럭 오링 접촉(O-Ring Contact)면에 국부적으로 틈부식 및 유동현상으로 인한 침식이 발생하여 급기야는 엔진오일(Engine Oil)

챔버(Chamber) 내부에 해수가 유입되므로 기계적 손상이 더욱 커지게 되고 안전운행에도 많은 문제점을 초래하게 된다. 또한 프로펠러 축(Propeller Shaft)의 글랜드 패킹(Gland Packing)면은 샤프트 슬리브(Shaft Sleeve)가 청동(Bronze)으로 제작되어져 있으나 계속 해수와 접촉되면서 글랜드 패킹(Gland Packing)과의 마찰로 인한 마모 부식이 일어나 탈아연(脫亞鉛)화 부식현상이 일어나며, 그 결과 해수의 유입이 시작되면서 집중적으로 부식이 진행되어 내부의 축모재(母材)에 부식이 촉진되었을 때는 축의 절단 등 대단히 위험한 사고를 유발하기도 한다

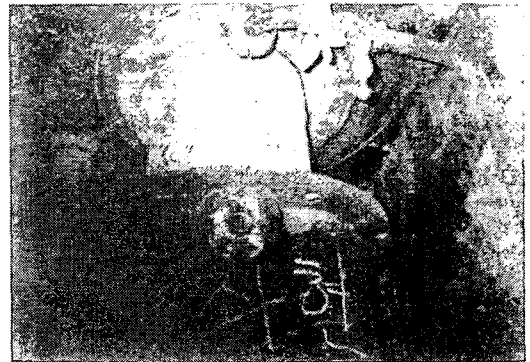


Photo. 2 Dezincification in propeller shaft sleeve

- (2) 선박의 타(舵;Rudder)와 콜트 노즐(Kort Nozzle)의 고속유수에 의한 캐비테이션 침식-부식상태

프로펠러 블레이드(Propeller Blade), 펌프 임펠러(Pump Impeller), 타(Rudder) 그리고 콜트 노즐(Kort Nozzle)등은 고속유수에 접하고 있으므로 그 부분이 양극이 되어 부식작용이 극대화되며 그 유속이 이상증가 하거나 와류 및 난류현상으로 인해 캐비테이션 침식-부식현상이 발생하게 된다. 이러한 현상은 금속의 재질에 따라 조금 차이가 있지만 아무리 좋은 소재일지라도 여러 환경의 요인으로 영구적인 방식 대책은 기대할 수 없는 실정이다. 특히, 대부분의 부품이 고가(高價)인 선박의 경우에 손상이 발견된 후 대체한다면, 비용이 많이 발생할 뿐만 아니라 선박의

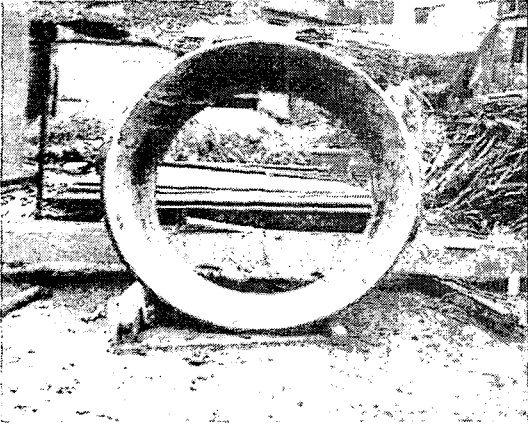


Photo. 3 Kort nozzle and propeller in ship's stern>

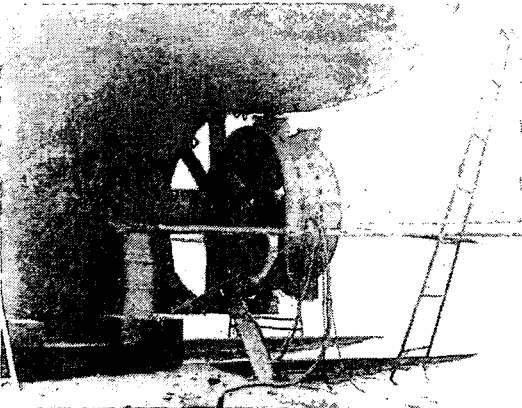


Photo. 4 Corrosion of kort nozzle

운항속도 등에 많은 차질을 가져온다.

(3) 선체 외판의 전기적인 부식으로 인한 피팅(Pitting) 상태

해수 중에서의 철판의 부식율은 연평균 0.1mm 정도이지만 국부부식과 공식(孔蝕;Pitting)으로 인해 비교적 조기에 손상되는 경우가 많다. ABS, KR, NK 그리고 LR등 각국 선급에서는 부식 허용도로서 선체 외판의 경우 본래 두께의 75% 전후에서 교환토록 하는 등의 내규를 정하고 있다. 그러나 선체 외판의 전기적인 부식 현상이 발생할 때 국부적으로 철판(Steel Plate)에 공식

(Pitting)이 심하게 발생하게 되며 용접선(Seam) 등이 움푹 패이는 부식현상을 종종 확인할 수 있다. 선령(船齡)이 오래되지 않은 어선의 경우, 이와 같은 현상이 발견될 때에는 오랜동안 입거(入渠;Dry Dock)·상가(上架;Slip Way)기간을 할애해야 하며, 또한 외판을 신환할 경우 내장재의 재(再)시공등 많은 경제적 부담을 안게 되는 실정이다.

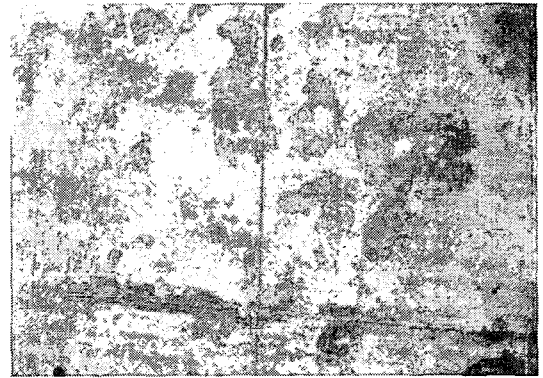


Photo. 5 Pitting in hull

(4) 청수탱크 내부의 도막 부풀음으로 인한 담수 부식상태

청수 중에서의 강한 부식은 해수에 비해 약하지만 도막에 대해서는 해수보다 가혹한 측면이 있다. 그것은 곧 침투압으로 인한 부풀음 작용이다. 이로 인하여 내부에 도막이 부풀고, 확산 탈



Photo. 6 Corrosion in fresh water tank of ship

착되어 용접선, 코너부위, Angle의 Edge부위등이 집중적으로 부식되어 수질 보전 및 장기적인 탱크 유지 관리에 많은 문제점을 갖고 있다. 또한, 도장재의 잘못된 선택으로 수질이 독성을 가지게 되는 어려운 문제점 등을 안기도 한다.

3. 실험재료 및 실험방법

3.1 실험재료

실험에 사용한 재료들은 최첨단 복합방식재인 ARCHCOAT 502B, ARCHCOAT 402B, RIGSPRAY, 그리고 기존의 방식재료는 Modified Epoxy, Tar Epoxy이며, 피복된 상대재료는 탄소강이고, 각 피복방식재의 특성은 다음과 같다.

(1) ARCHCOAT 502B : 부식성 무기화합물인 산, 알칼리, 염제등에 뛰어난 내화학성을 보이며 다만 화학물질의 종류와 농축 정도에 따른 차이는 있다. 내열성은 침전 내열온도가 Max. 85℃, 가스 내열온도가 Max. 140℃이다. 열경화성 비닐에스테르 수지와 미세한 크기(1/8 inch)의 침상의 유리입자가 복합화 되어있다.

(2) ARCHCOAT 402B : 뛰어난 내화학성을 보인다. 화학물질의 종류와 농축정도에 따른 차이는 있으며, 내열성은 침전 내열온도가 Max. 95℃, 가스 내열온도가 Max. 140℃이다. 열경화성 비닐에스테르 수지와 미세한 크기(1/6 inch)의 유리입자가 복합화 되어있다.

(3) RIGSPRAY : 부식이 심한 해양 환경분야에 집중적으로 사용할 수 있으며 다소 부식성이 덜한 화학물질에도 적용된다. 내열성은 침전 내열온도가 Max. 65℃이다. 열경화성 폴리에스테르 수지와 미세한 크기(1/64 inch)의 유리입자가 복합화 되어있다.

(4) Modified Epoxy : 특수 변성 에폭시 수지와 변성 아민을 경화제로 한 2액형의 도료로서, 붓, 롤러(Roller), 에어 스프레이(Air Spray)로 작업이 어느 장소에서도 가능하다. 또한, 표면의 어느 부분도 보수가 가능하다는 특징이 있다. 그리고 솔벤트(Solvent) 및 타르(Tar) 성분이 전혀

없어 도장에 대한 작업성 및 검사가 용이하다.

(5) Tar Epoxy⁽⁷⁻⁹⁾ : 가장 오래된 피복방법의 하나로 후막 도장이 가능하다는 특징이 있다. 도료를 프라이머(Primer) 도막 위에 도장하며, 붓, 롤러, 에어 스프레이로 작업이 어느 장소에서도 가능하다. 해양생물의 부착과 관련되어 손상을 입을 경우 내구성이 약하며, 정기적인 보수 및 비정기적인 보수가 필요하다.

3.2 실험방법

3.2.1 인장시험

인장시험은 표준 시험방법인 “ASTM D 638-80”의 ‘Standard Test Method of Tensile Properties of Plastics’을 적용하여 인장강도(Tensile Strength)와 연신율(Elongation)을 측정하였다. 시험기는 용량이 5Ton인 Instron사(Instron 4469) 모델로 Crosshead Speed가 1 mm/min인 조건으로 시험을 하였다.

3.2.2 마찰·마모시험⁽¹⁰⁻¹³⁾

본 실험에 사용한 마찰·마모시험기는 Pin on Disc Type 마찰·마모 시험기이다. 인가하중이 Pin에 직접 작용하고, 인가하중 자체만이 Disc에 인가되도록 하기 위해 밸런스(Balance) 바(Bar)를 수평으로 조작하였다. Disc와 Pin의 마찰에 의해 생긴 미끄럼 마찰력이 밸런스 바를 거쳐 Load Measuring Plate로 전달된 후 증폭기(Amplifier)을 통해 증폭되어, 증폭된 힘이 Pen Recorder상에 기록됨으로써 마찰력을 측정하여 마찰계수를 산출해내었다. 마찰시험시 상대마모 재료는 텅스텐 봉을 이용하였다. 실험 시, 인가하중은 7.14N으로 일정하게 하였고, 속도는 0.18m/sec, 1.08m/sec 그리고 2.21m/sec로 마찰속도를 변화시켜 마찰·마모 시험을 행하였다. 마찰시간은 건식상태에서 각 시편마다 1시간으로 동일하게 마찰·마모시험을 하였다.

3.2.3 미소경도 측정

각 피막 시험편의 경도는 바콜 경도시험기 (Barber-Colman Impressor, Colman Co.)를 사용하여 피막 단면부에서 각 피막의 미소경도 (micro-Hardness)를 측정하였다.

3.2.4 Disc 마모량 측정

디스크(Disc)의 마모량은 중량 측정기(Sartorius 社製 YDK01)를 사용하여 시험 전의 디스크 중량과 시험 후의 디스크 중량의 차이를 12회 측정하여 최대값과 최소값을 제외하고, 그 평균값을 마모량으로 하였다. 이때 마모분을 제거하기 위해서 초음파세척기로 세척한 후 중량을 측정하였다.

4. 실험결과 및 고찰

4.1 인장시험

Table 1에 인장시험 결과를 나타낸다. Archcoat 402B의 인장강도가 가장 높으며, Tar Epoxy의 인장강도가 가장 낮다. Rigspray는 Archcoat 402B의

인장강도 보다 약14% 정도 낮게 나타나고 있다.

4.2 내(耐)침투성 시험

일반적인 방식(防蝕) 시스템(System)은 부식성 물질이 보호막으로 침투하여 모재까지 도달하는 시간이 짧기 때문에 많은 실패를 거듭해 왔다. 그러나 편상유리로 보강된 복합유기 피복재는 입자의 미세한 크기와 순도성으로 아주 우수한 내침투성을 보인다. 즉, 유리입자의 크기가 아주 미세한 3-4 μm 이기 때문에 1mm Lining시 약 150여점의 유리 입자층이 형성되어 액체 또는 증기의 침투로부터 거의 완벽한 차단효과를 낼 수 있는 것으로 사료된다. 내침투성은 대부분의 방식용 피복재의 수명에 큰 영향을 미치는 요소이므로 Table 2에 각 제품에 대한 내침투성을 비교한 결과를 나타내었다.

4.3 내(耐)언더컷팅성 시험

일반적인 防蝕 시스템(Anti-Corrosion System)은 아주 단단하지만 기계적인 마모가 심한 장소에는 항상 손상의 우려가 있다. 그러나 제품의

Table 1 Mechanical Properties

Materials Mechanical properties	Archcoat 402B	Archcoat 502B	Rigspray	Modified Epoxy	Tar Epoxy
σ uts (kg/cm ²)	377	373	323	100	20
δ (%)	4.9	4.5	4.6	-	-

σ uts : Ultimate Tensile Stength ,

δ : Elongation

Table 2 Results of permeance test

Goods	PERMS	PERMS - INCH
Glass flake reinforced composite	0.0160	0.0007
Vinylester resin	0.1195	0.0154
Chopped strand laminated composites	0.0909	0.0079
Epoxy-based coating	7.3400	0.0147

우수한 **내언더컷팅(Undercutting)**성은 손상 부위를 국한시키는 특성이 있다. 다른 **代替 시스템(System)**들 즉, 얇은 도막의 코팅(Coating) 또는 고무 라이닝(Rubber Lining) 그리고 시트 라이닝(Sheet Lining)들은 심한 부식성 환경에 견디지 못하고 넓은 부위로 확산되어 탈락되기도 한다. 일반적으로 이러한 점들이 보다 비효율적인 경비지출과 가동 休止기간의 연장을 초래하게 되는 것이다. 유리입자는 라이닝(Lining)을 보강하고 접착력을 강화시킨다. 강판표면에 라이닝(Lining)된 시험편을 톱으로 잘라 10,000시간 이상의 염수 분무시험을 실시한 결과, 탈락현상이 없음을 확인할 수 있었다.

4.4 마찰·마모 시험

4.4.1 피막의 경도 특성

Fig. 2은 각 피막의 표면에 대한 미소경도를 측정된 결과를 나타낸 그래프이다. 이 결과에 의하면 Archcoat 502B 피막의 경도가 가장 높고, Archcoat 402B, Rig Spray, Modified Epoxy 그리고 Tar Epoxy 피막 順으로 경도가 낮아짐을 알 수 있다. 여기서 Archcoat 502B, Archcoat 402B, Rig Spray 피막 표면의 경도값이 40을 넘어 매우 경(硬)한 표면층임을 알 수 있고 Mod-

ified Epoxy, Tar Epoxy 피막 표면의 경도값이 5이하로 아주 연성이 풍부한 표면층임을 알 수 있다.

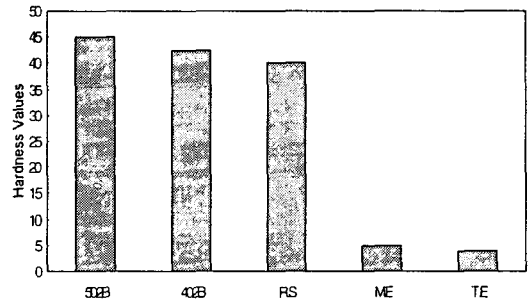


Fig. 1 Results of barcol hardness test

4.4.2 마찰거리에 따른 각 피막의 마찰계수의 특성 변화

Fig. 3~7은 각 표면에 대한 건식조건 하(下)에서, 인가하중 7.14N으로 마찰속도를 0.18m/sec, 1.08m/sec 그리고 2.21m/sec로 변화시켰을 때의 마찰거리에 따른 마찰계수의 변화를 나타낸 결과이다. 이 결과에 의하면 각 피막 시험편에서 마찰초기에는 마찰계수가 심하게 변화하나 마찰거리가 늘어남에 따라 마찰계수가 안정화 되어 가는 것을 알 수 있다.

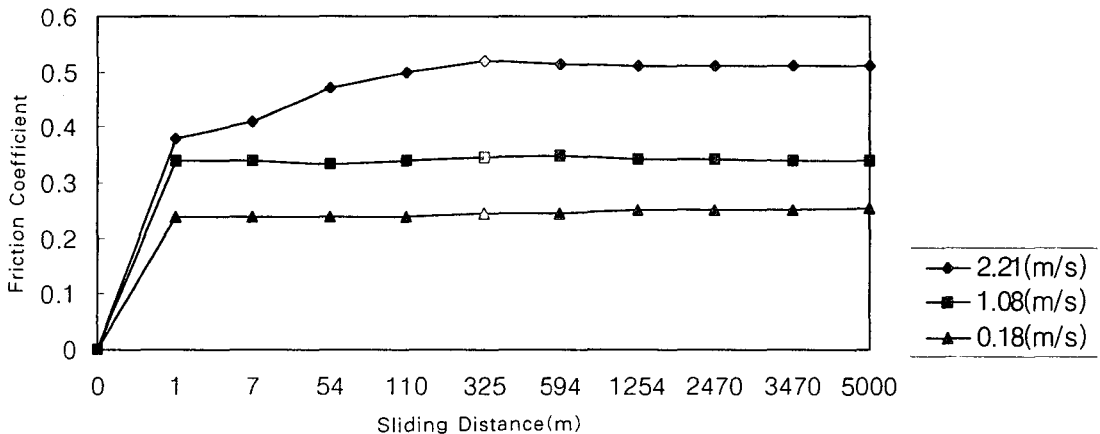


Fig. 2 Effect of friction speed on friction coefficient - Archcoat 502B

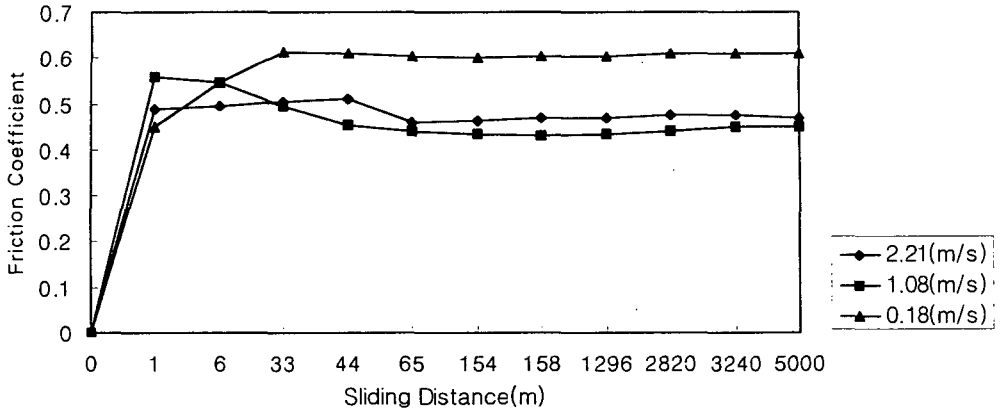


Fig. 3 Effect of friction speed on friction coefficient - Archcoat 402B

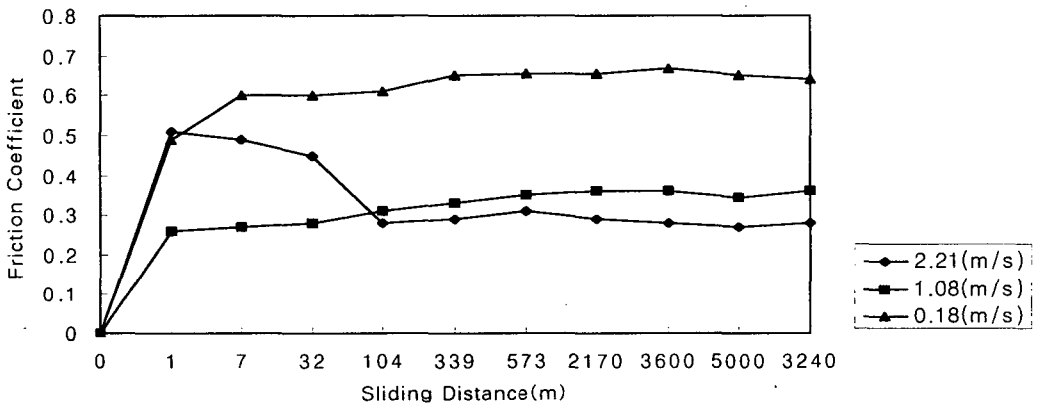


Fig. 4 Effect of friction speed on friction coefficient - Rigspray

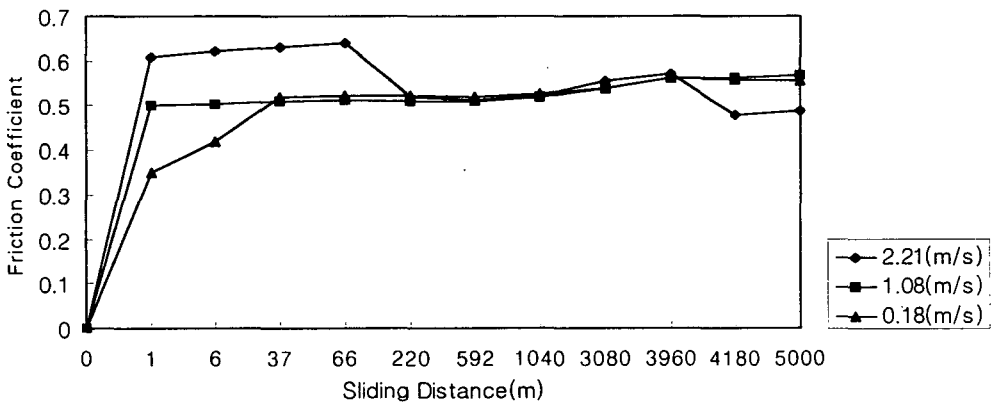


Fig. 5 Effect of friction speed on friction coefficient - Modified Epoxy

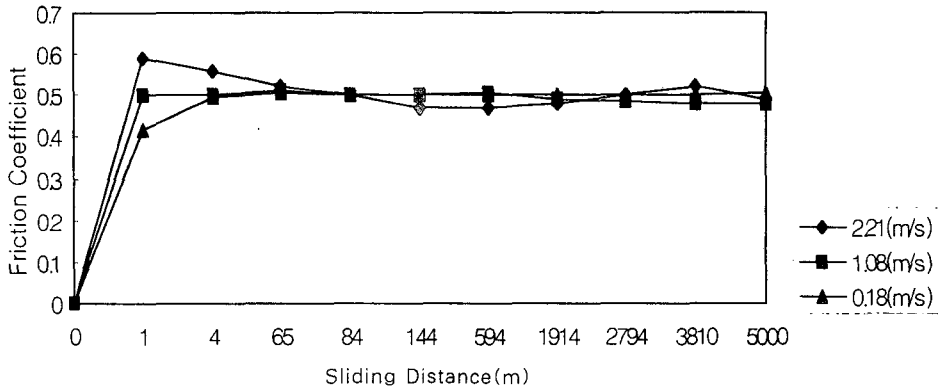


Fig. 6 Effect of friction speed on friction coefficient - Tar Epoxy

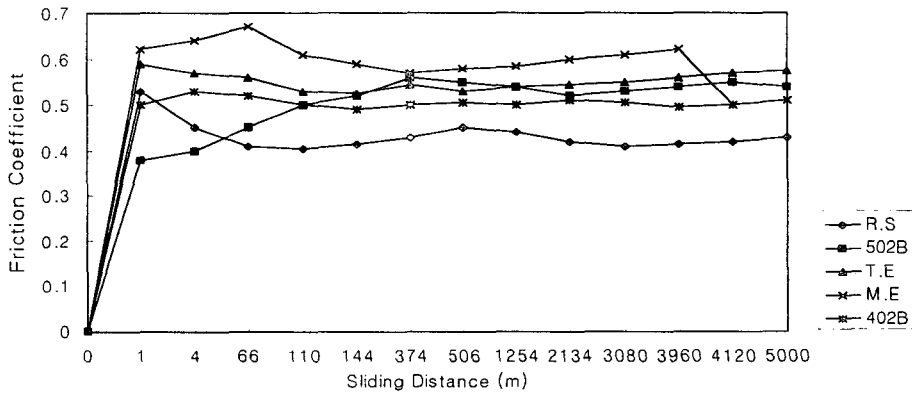


Fig. 7 Relationship between friction coefficient and sliding distance at 2.21m/sec

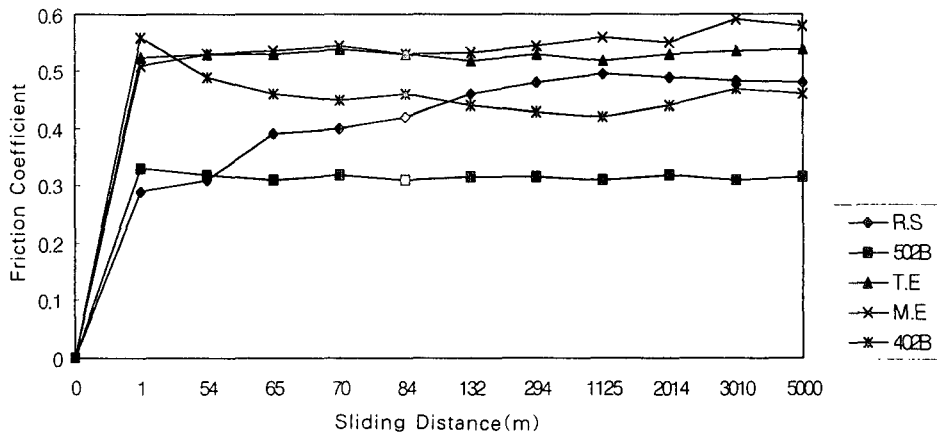


Fig. 8 Relationship between friction coefficient and sliding distance at 1.08m/sec

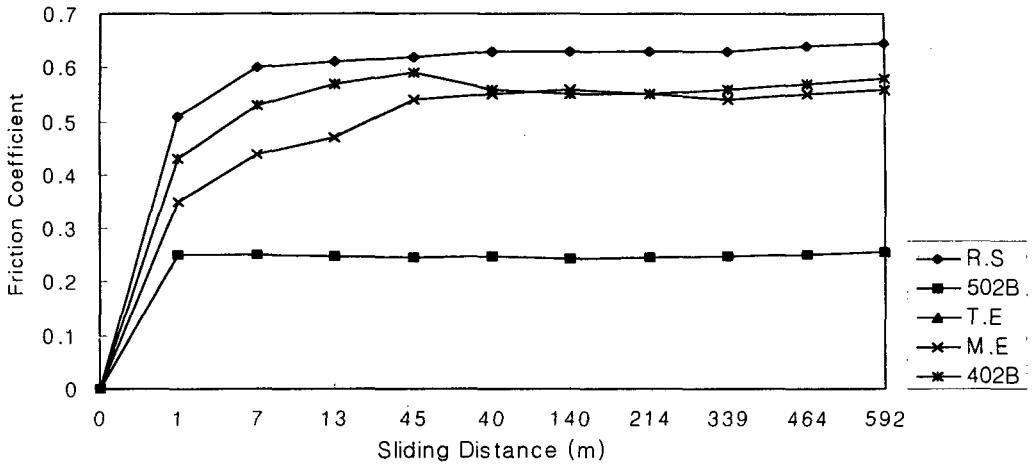


Fig. 9 Relationship between friction coefficient and sliding distance at 0.18m/sec

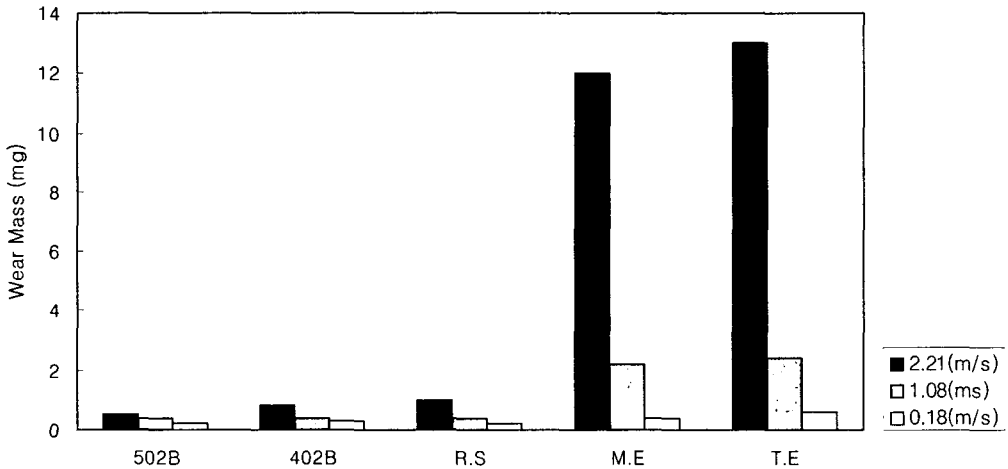


Fig. 10 Effect of friction speed on wear mass

硬한 표면인 Rigspray는 고속인 2.21m/sec에서 가장 낮은 마찰계수값을 나타내고, Archcoat 502B는 1.08m/sec와 0.18m/sec에서 가장 낮은 마찰계수값을 보이며, Archcoat 402B는 고속인 2.21m/sec의 마찰속도에서 낮은 마찰계수값을 나타냄을 알 수 있다. 그리고 Tar Epoxy, Modified Epoxy는 2.21m/sec, 1.08m/sec 그리고 0.18m/sec에서 거의 비슷한 마찰계수값을 나타낸다.

Fig. 8~10는 각 피막의 표면에 대한 건식 조건 하에서 인가하중 7.14N으로 실제 상황을 고려한 3가지의 마찰속도 2.21m/sec, 1.08m/sec 그리고 0.18m/sec에 대한 시편의 마찰계수 변화를 나타낸 것이다. 고속인 2.21m/sec에서 Rigspray와 Archcoat 402B가 가장 낮은 마찰계수 값을 나타낸다.

Modified Epoxy는 2.21m/sec의 속도, 마찰거리

4,000m에서 탈락마모가 발생하여 마찰면적이 감소되었기 때문에 마찰계수가 급격히 떨어짐을 알 수 있었다.

4.4.3 마찰속도에 따른 피막의 마모량 비교

Fig. 10은 본 실험에 사용된 각 피막을 건식 조건하에서 인가하중 7.14N으로 마찰속도가 2.21m/sec, 1.08m/sec 그리고 0.18m/sec일 때의 마모량을 비교한 결과이다.

硬한 피막이 軟한 피막보다 마모량이 적은 데, 이 결과에 의하면 2.21m/sec에서는 Archcoat 502B, Archcoat 402B 그리고 Rigspray 順으로 마모량이 적음을 알 수 있다. 마찰속도가 1.08m/sec에서도 경한 피막일수록 마모량이 적은 데, Archcoat 502B, Archcoat 402B, Rigspray, Modified Epoxy 그리고 Tar Epoxy 順으로 마모량이 적음을 알 수 있다. 모든 재료는 마찰속도가 2.21m/sec, 1.08m/sec 그리고 0.18m/sec로 줄어들수록 마모량이 감소한다.

5. 결론

본 연구에서 시험 비교된 최첨단 복합 신소재인 Archcoat 502B, Archcoat 402B 그리고 Rigspray등 라이닝(Lining)용 방식재는 해수중에 침지된 시설물 즉, 유속이 있거나 동적으로 가동되는 기계 내부에 Erosion·Pitting·Crevice·Galvanic Corrosion 그리고 Cavitation Erosion등의 국부부식이 발생하는 선박과 해양구조물, 발전소의 해수 냉각설비등의 해양설비에 적용했을 경우, 낮은 수분 투과율에 의한 내침투성·내침식성·내언더컷팅성·내마모성 그리고 보수성등이 우수한 것으로 판단되며, 이런 신소재를 기존의 시설물에 적용할 뿐만 아니라 해양설비 플랜트(Plant), 발전소의 해수 냉각설비, 신조선의 방식설계에 적용할 때 상당한 원가절감 효과를 얻을 수 있을 것으로 사료된다. 실험을 통해 얻어진 결과를 종합하면 다음과 같다.

1. 각 피막들의 경도값을 측정된 결과 Archcoat 502B의 경도값이 가장 높았으며, Archcoat 402B, Rigspray, Modified Epoxy 그리고 Tar Epoxy의 順으로 경도값이 낮아졌다.
2. 건식상태에서 마찰시간에 따른 각 피막의 마찰계수값을 비교한 결과 2.21m/sec에서 Rigspray의 마찰계수값이 가장 낮고, 1.08m/sec 및 0.18m/sec에서는 Archcoat 502B의 마찰계수값이 가장 낮게 나타남을 알 수 있으며, 건식상태에서 마찰속도에 따른 각 피막의 마모량은 0.18m/sec와 1.08m/sec의 마찰속도에서 모두 피막의 마모량이 가장 적고, 2.21m/sec의 마찰속도에서는 피막의 마모량이 가장 많았다.
3. 경도값, 마모량 그리고 마찰계수값을 모두 비교해 보았을 경우 Archcoat 502B, Archcoat 402B 그리고 Rigspray 피막이 매우 양호한 특성을 나타냄을 알 수 있다.
4. 고속인 2.21m/sec에서 마모량과 마찰계수를 비교한 결과 Rigspray가 내마찰특성이 가장 우수하며, 중속과 저속인 1.08m/sec와 0.18m/sec에서는 Archcoat 502B의 내마찰특성이 가장 뛰어나다. 따라서, Archcoat 502B의 경우에는 저속영역과 중속영역에 사용하기 적합하며, Rigspray의 경우는 고속영역에 적합한 피복재임을 알 수 있다. 저속인 0.18m/sec에서는 5가지 재료의 마모량이 비슷하지만, 고속에서는 Archcoat 502B, Archcoat 402B 그리고 Rigspray의 마모량이 훨씬 적어진다.

참고문헌

- [1] T.C.Willis, J. White, R. M. Jordan, and L. R. Hughes : 3rd Int. Conf. on Solidification.
- [2] T. C. Willis : Metals and Material, 4th , 1988, pp. 485.
- [3] Stafford, Datta and Googan : Coating and

- Surface Treatment for Corrosion and Wear Resistance, pp. 14~27.
- [4] 相坂 隆行, 坂元 鐵兵 : 耐磨耗性の向上と溶射, 溶射技術, 6月號, 1993.
- [5] 全大熙: 實用防蝕工學, 太化出版社, 1990, pp. 8~9.
- [6] 방식코팅방법, 냉동공조기술, Vol 12-5, 1995, pp. 57~68.
- [7] Clayton A. May, Epoxy Resins, Chemistry and Technology, Marcel Dekker Inc., 1998, pp. 885~926.
- [8] 日本플라스틱 技術協會: 플라스틱 技術, 大阪市工業研究所, 1996, pp. 86~92.
- [9] 플라스틱 材料講座[1], 에폭시 樹脂, 大光書林, 1994, pp. 13~31.
- [10] 天田重庚 : 溶射皮膜のトライボロジー, トライボロジスト 第40卷8號, 1995.
- [11] Klaus Friedrich : Friction and Wear of Polymer Composites, 1986, pp. 1~22.
- [12] 木村 好次, 岡部平八郎: トライボロジー概論, 養賢堂, 1994, pp. 175~214.
- [13] 松原 清: トライボロジー, 産業圖書, 1993, pp.1~10.