

## 船尾管 密封裝置의 開發에 관한 研究(II)

— 페이스 시일을 中心으로 —

金永植\* · 全孝重\* · 王之錫\* · 金義玠\*

A Study on the Development of Ship's Stern Tube Sealing System(II)

— Based on Face Seals —

Y.S. Kim, H.J. Jeon, J.S. Wang, U.K. Kim

### Abstract

The lip seals widely used nowadays in stern tube sealing system of ships have radial sealing contact with shafts or liners, on the other hand the face seals of stern tube sealing system have axial sealing contact with seat. Because of axial sealing contact, the face seals have a large number of merits such as durability of life, simplicity of structure, easy fitting and replacement, etc.

In this paper, for the purpose of development of face seals, the fundamental properties of axial sealing contact were analyzed and a trial face seal was designed and manufactured using N.B.R. rubber and Thordon which is widely used for bearing materials. The seal proper of trial face seal was made from N.B.R. rubber and the face insert was made from Thordon, thermosetting resins which are three dimensional, cross linked condensation polymers. The performance test of trial face seal was carried out on the test bench which was specially designed and manufactured. The results were satisfactory enough to be used in practical stern tube sealing system.

### 1. 序 論

油 潤滑式 船尾管 베어링에서 潤滑油 漏洩을 防止하기 위한 船尾管 密封裝置는 人造 合成 고무를 主原料로 하는 립 시일(Lip Seal)을 主로 使用하여 왔다. 모든 고무 製品들이 다 그러하듯이 립 시

일도 경화, 耐熱, 疲勞크랙, 립 先端의 磨滅 等の 問題가 항상 수반되었고, 여기에 립 시일의 斷面 形狀과 配置에 따르는 인터 스페이스(Inter-space)의 壓力變動에 의한 漏洩問題가 립시일의 適用限界와 수명을 短縮시켰다. 그러므로 립시일의 性能向上과 수명연장을 위한 꾸준한 研究가 지

이 論文은 1989년도 教育部 學術研究造成費에 의하여 研究되었음.

\* 正會員, 韓國海洋大學 船舶機械工學科

금도 활발하게 進行되고 있는 한편, 密封方式을 전혀 새로운 方式으로 바꾸려는 試圖이 이루어져, 그 結果로 開發된 密封方式이 페이스 시일(Face seal)을 利用하는 方式이다. 릿 시일의 密封이 半徑方向의 接觸에 의하여 이루어진다면 페이스 시일의 密封은 軸方向의 接觸에 의하여 이루어 지므로 接觸面의 磨滅限界가 더 커질 수 있다. 이것은 密封裝置의 수명이 길어질 수 있다는 것을 意味한다. 이와 같이 페이스 시일은 수명이 길고, 構造가 簡單하고, 裝着이 容易하며 교체하기 쉽다는 등의 長點이 있기 때문에 점차 많이 使用되는 추세에 있다. 그러나 페이스 인서트(Face Insert)와 시일 本體 및 시이트(Seat)의 材質을 어떻게 할 것인가의 問題가 아직 解決되지 않은 채 남아 있다.

本 研究에서는 페이스 시일에 관하여 作動 原理上的 特性을 규명하였고 페이스 시일의 適用例를 구체적으로 들어 說明하였으며, 베어링 材料로 많이 쓰이는 熱硬化性 합성수지인 쓰르돈(Thordon)을 페이스 인서트로 使用하는 페이스 시일의 開發을 目的으로 試製品을 設計·製作하여 密封試驗을 實施하였다. 實驗裝置는 實際의 船尾管을 모델로 하여 製作하였으며 한쪽은 海水를 채우고 다른쪽은 潤滑油를 채워서 이 사이에 페이스 시일 試製品을 裝着하였다. 軸을 變速 直流 모터에 의하여 一定速度로 回轉시키면서 漏洩 與否를 점점한 結果 페이스 시일 試製品이 훌륭하게 作動함을 確認하였다.

## 2. 페이스 시일(Face seal)의 基本 原理와 特性

지금까지 主로 쓰이고 있는 시일 링들은 대개 릿 시일로서 磨滅과 硬化 및 壓力變動에 의한 漏洩 可能性이 恒常 存在한다고 볼 수 있다. 왜냐하면 릿 先端의 變位가 半徑方向으로 이루어지므로 여기가 磨滅되었을 때 쉽게 셀 수가 있기 때문이다. 물론 材料의 彈性이 있고 高壓側에서 壓力이 作用하므로 조금 磨滅되었다고 해서 바로 새는 것은 아니지만, 시일링의 材質이 大部分 고무계통이므로 時間이 흐르면서 硬化되어 彈性이 점차 감소 되고 또한

高壓側의 壓力도 라이너와 릿 先端의 磨滅을 줄이기 위하여 너무 높게 할 수가 없음을 留意하여야 한다. 어쨌든 밀봉接觸이 半徑方向에서 이루어진다고 하는 것은 시일 링의 수명이 극히 제한적일 수 밖에 없음을 뜻하는데 이를 보이면 다음과 같다. 지금 Fig. 1(a)에서 보는 바와 같이 릿 시일을 裝着하고서 運轉함에 따라 라이너가 磨滅에 의하여 全圓周에 걸쳐서 홈이 파이는데 이 홈의 깊이를  $a$ 라 하고 릿시일 先端의 磨滅量을  $b$ 라고 한다. 그러면 이 릿시일이 새지 않기 위하여는 릿 先端이  $a+b$  만큼 半徑方向으로 變位하여야 하는데 이는 同圖(b)에서 보는 바와 같이 릿 先端의 內徑이  $a+b$  만큼 작아진다는 것을 뜻한다. 물론 이를 위하여 시일 링 周圍에 스프링을 裝着하고는 있지만 릿 先端의 內徑이 스프링이나 고무의 彈力에 의하여 작아질 수 있는 길이는 극히 제한적일 수 밖에

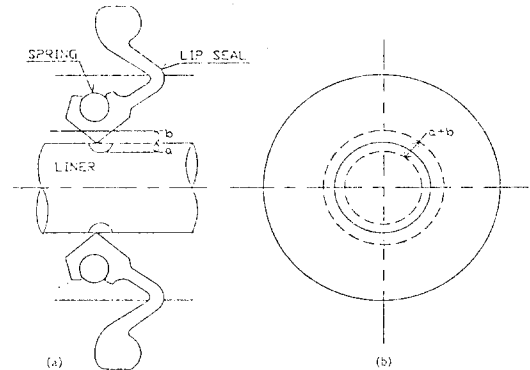


Fig. 1 Radial displacement of lip due to wear down

없고 따라서 릿시일의 수명이 길 수가 없다. 이와 같이 릿 先端이 半徑方向으로 變位한다는 것은 지극히 不自由스러우므로 Fig. 2와 같이 密封接觸이 軸方向으로 이루어지도록 하여 릿 先端이 軸方向으로 變位한다면 그 變位가 훨씬 더 自由스러워지고 릿 先端이나 라이너가 더 많이 磨滅되어도 密封을 維持할 수가 있고 따라서 시일 링의 수명이 길어질 수가 있을 것이다. 더구나 이 境遇에는 릿 先端의 半徑方向 彈力이 必要없으므로 磨滅面에 耐磨滅性 材料를 붙인다면 수명은 훨씬 더 길어질 수가 있을 것이다. 이와같이 軸方向의 密封接觸은 接觸面의 變位가 容易하므로 磨滅量이 많아도 되

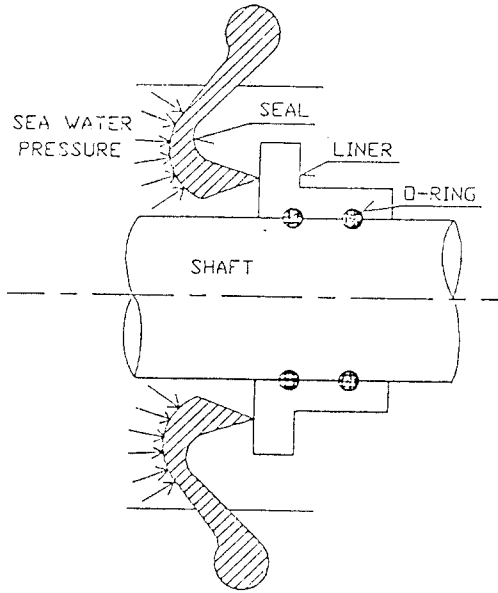
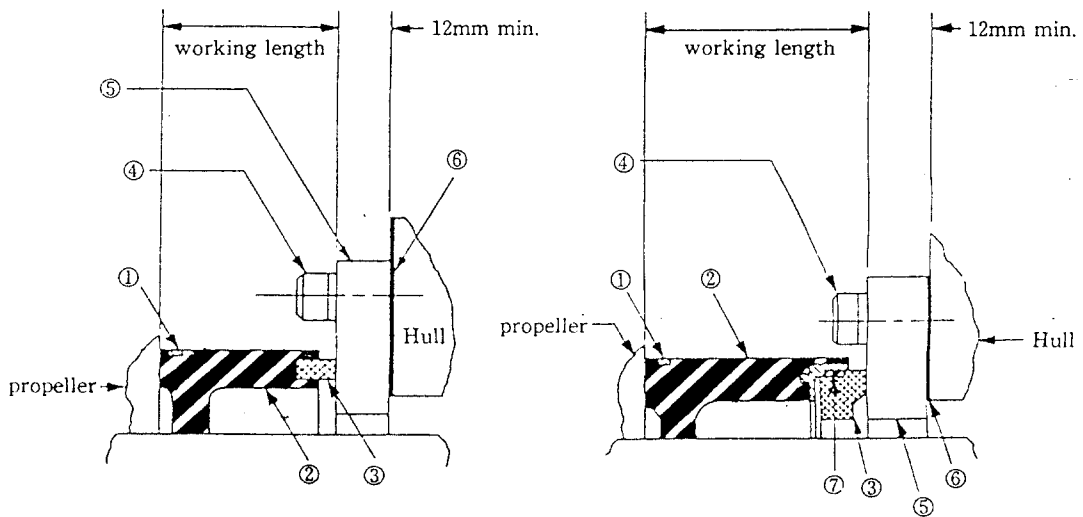


Fig. 2 Axial contact of lip

고 또한 半徑方向의 彈力이 必要없으므로 比較的 磨滅이 덜 되는 材料를 쓸 수가 있어 수명은 더욱 길어질 수가 있다. 이러한 原理를 利用하는 密封 裝置가 Fig. 3에 보이는 바와 같은 페이스 시일 (Face seal)이며 우선 構造가 簡單하고, 수명이

길어 經濟的이고, 裝着이 容易하고, 교체가 容易하다는 등의 長點이 있으므로 最近에 建造되는 船舶의 密封裝置에는 릿시일과 페이스 시일을 다 같이 使用하는 시스템으로 되어 있는 境遇가 많고 점차 릿시일에서 페이스 시일로 전환되어 가고 있는 추세이다. 그러나 페이스 시일에도, 어떻게 전 사용 수명년도에 걸쳐서 비교적 일정한 접촉력을 유지할 수 있을 것인가 라는 問題와 페이스 인서트(Face insert)와 시이트의 材質을 어떻게 할 것인가 하는 問題 및 시일바디(Seal body)와 페이스 인서트를 어떻게 接着시켜야 오래 견딜 것인가 하는 등의 問題가 있기는 하다.

릿시일이 하우징과 스페이서 링(Spacer ring) 또는 백업링(Back-up ring)에 둘러싸여 固定되어 있는 것과는 달리 Fig. 3에 보이는 페이스 시일은 軸에 固定되어 軸과 함께 回轉하고 시이트가 船體에 固定되어 있다. 이와는 反對로 시이트가 프로펠러 보스에 裝着되어 프로펠러와 같이 回轉하고 페이스 시일이 船體에 固定되어 있는 形式도 있다.



(a) Non-split type

(b) Split type

① Shroud ring ② Face seal body ③ Face insert ④ Seat fastening bolts ⑤ Seat ⑥ Packing ⑦ Face sealing strip

Fig. 3 Outboard face seals

### 3. 페이스 시일의 實例

Fig. 3은 船外側 페이스 시일을 나타낸 것이다. 페이스 시일 本體는 人造 고무 네오프렌이나 N. B. R. 系 고무를 使用하고 있으며 外周에 쉬라우드 링 (Shroud ring)을 끼울 수 있는 홈이 파여 있어 이것에 의하여 프로펠러 軸에 固定된다. 페이스 시일의 先端에는 페이스 인서어트를 設置하고 시이트와의 接觸에 의하여 密封이 이루어지도록 하고 있다. 페이스 인서어트는 마넨텍스 (Manetex)라고 하는 일종의 섬유강화 플라스틱 (Fibre reinforced plastics)으로 製作되고 있으며, Fig. 3의 (a)는 페이스 인서어트가 一體 (Non-split)로 되어 있어 교체하려면 프로펠러 軸을 빼어 내야 하는 反面, 同圖 (b)는 페이스 인서어트가 分割 (Split)形으로 되어 있어 磨滅되면, 프로펠러 軸을 빼내지 않고도 교체할 수 있도록 되어 있다. 이 境遇도 시일 本體는 磨滅되는 것이 아니기 때문에 교체할 필요가 없고 따라서 一體로 만든다.

시이트의 材料는 耐磨滅性和 耐蝕性 材料가 要求되는데 特히 船外側 시이트는 海水에 接하기 때문에 이에 의한 點蝕 (Fitting)이 안되는 材料를 써야 누설이 없다. 보통 니켈 함유 오스테나이트 철이나, 15%의 니켈을 포함하는 흑연·니켈주철을 사용하면 海水에 의한 腐蝕도 적고 좋은 運轉 성능도 보장된다. 보통 이 시이트는 누설 방지용 팩킹과 함께 등간격으로 배치된 볼트로 船體에 固定되어 있는데 페이스 인서어트가 分割形이면 이 시이트도 分割形이어서 프로펠러 軸을 빼내지 않고 페이스 인서어트를 교체할 때에 이 시이트를 떼어 내도록 되어 있고, 그래야만 페이스 인서어트가 빠져나오고 새로운 페이스 인서어트를 裝着할 수 있도록 되어 있다.

Fig. 3의 (a) 및 (b)는 船外側 페이스 시일과 시이트를 나타내는데 船內側 페이스 시일과 시이트도 船外側의 그것들과 거의 같으나 船內側의 페이스 시일은 쉬라우드 링으로 軸에 固定하는 것이 아니고 클램프 링 (Clamp ring)으로 軸에 固定하며, 시이트에 冷却水를 通過시켜 冷却하는 것만이 船外側과 다르다. 船外側은 시이트가 海水에

接하기 때문에 冷却할 必要가 없으나 船內側은 시이트를 冷却하지 않으면 페이스 인서어트가 견디지 못한다. 그러므로 시이트의 背面에 冷却水 通路를 파고 冷却水를 通過시켜 冷却한다.

Fig. 4는 페이스 시일은 裝着하고 있는 船尾管 베어링을 나타낸다. Fig. 3의 페이스 시일을 裝着하면 軸方向의 壓縮力에 의하여 Fig. 4에 보이는 바와 같이 시일全體의 外周가 숄통처럼 부풀어 오른다. 船外側 페이스 시일은 이 壓縮力을 프로펠러 보스가 지탱하여 주지만 船內側 페이스 시일은 이 壓縮力을 지탱하여 줄 것이 없다. 그러므로 쉬라우드 링에 의한 軸과의 마찰력에만 依存하기에는 이 壓縮力이 너무 크므로 쉬라우드 링을 없애고 클램프 링으로 페이스 시일의 뒤를 단단히 바쳐주고 있다. 이 클램프 링은 2조각으로 分割되어 있으며 2쌍의 볼트·너트에 의하여 軸에 단단히 固定된다. 船內側 시이트는 前述한 바와 같이 冷却水에 의하여 冷却하고 船尾管 베어링의 潤滑油壓力은 船外側 海水의 壓力보다 0.3bar 程度 높게 維持할 것이 추천되며 最大壓力은 0.8bar 以內가 되도록 하여야 한다. Fig. 3과 Fig. 4에 보이는 바와 같이 人造고무와 페이스 인서어트로 구성된 페이스 시일은 프로펠러 軸의 直徑이 330mm 정도의

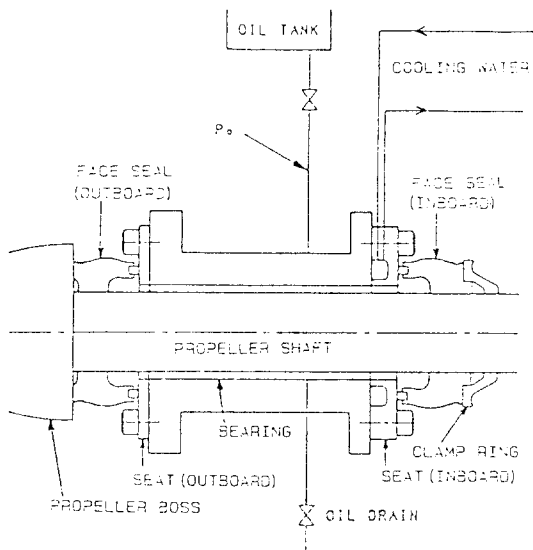
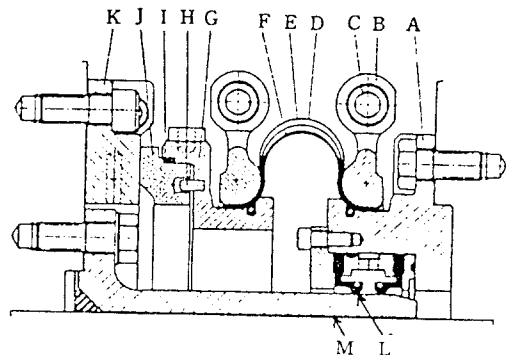


Fig. 4 Stern tube bearing with face seals

것까지 쓰이고 그 以上의 直徑을 가진 프로펠러 축은 다른 形式의 페이스 시일이 使用된다.

Fig. 5는 벨로우스형 페이스 시일(Bellows type face seal)을 裝着하고 있는 船外側 密封裝置를 나타낸 것으로서 릫시일과 並用하고 있는 例를 나타낸다. 磨滅部인 시이트 ㉔와 페이스 인서어트 ㉑는 各各 2조각으로 分割되어 있으므로 프로펠러 軸을 빼어내지 않고도 교체할 수 있다. 시이트는 프로펠러 보스에 등간격으로 배치된 탭볼트에 의하여 固定되어 있고 이것을 풀면 시이트가 빠져나오고 페이스 인서어트도 빼어 낼 수 있다. 페이스 캐리어(Face carrier) ㉓와 페이스 인서어트 ㉑ 사이에는 인조 고무로 만들어진 페이스 시일링 스트립(Face sealing strip) ㉒가 있어서 누설이 防止되고 있다. 이 形式의 가장 重要한 部分은 벨로우스 部分으로 페이스 캐리어 ㉓와 마운팅 링(Mounting ring) ㉑를 連結하여 주는 역할을 하면서 페이스 캐리어를 一定한 힘으로 눌러 페이스 인서어트와 시이트의 接觸力을 保障하여 주는 스프링 역할을 한다. 또한 이 벨로우스는 프로펠러의 振動과 衝擊을 흡수하고 프로펠러 軸系의 미스 얼라인먼트(Mis-alignment)가 있어도 페이스 인서어트가 시이트에 잘 接觸하게 하여주는 역할을 한다. 이 벨로우스는 세겹으로 되어 있는데 맨 안쪽 인터레이어(interlayer)는 네오프렌 고무로 되어 있어서 水密을 維持하고 바깥쪽 두 겹은 모넬 메탈로 되어 있다. 페이스 캐리어와 벨로우스 사이, 마운팅 링과 벨로우스 사이는 오링(O-ring)과 인터레이어로 水密을 維持하도록 클램프 링 ㉑로 단단히 조여져 있다. 인터레이어와 오링을 一體로 만든 境遇도 있다. 마운팅 링, 페이스 캐리어 및 클램프 링은 보통 포금으로 만들고, 시이트는 닉켈-오스테나이트 철로 만든다. 마운팅 링은 팩킹 조인트(Packing joint)를 대고 船體에 탭볼트로 固定된다. 페이스 시일과 릫 시일 사이의 空間으로 비워두며 드레인 파이프가 連結되어 있어 혹시 누설된 汗방울의 물이나 기름은 船內의 보이 드 스페이스 드레인 탱크(Void space drain tank)로 모이게 되어 있다. 여기에 모인 액체의 種類와 量을 보고 시일의 狀態를 判定할 수 있다. 이 形式에서는 船尾管 베어링 潤滑油의 壓力이 船外의 海水壓力보다 높을 必要가 없으므로 潤滑油

탱크는 그리 높지 않은 곳에 設置하여도 되고 따라서 潤滑油 壓力이 낮으므로 릫시일의 수명이 훨씬 길어지며 船內側 릫시일도 1개로써 充分하다. 또한 大形船에도 경하중용 潤滑油 탱크와 만재하중용 潤滑油탱크의 2개가 必要한 것이 아니고 潤滑油 탱크가 하나면 되고, 潤滑油 系統도 簡單하여 조작이 쉬운 長點이 있다. 船尾管베어링 潤滑油 壓力이 船外의 海水壓力보다 항상 낮으므로 해양 오염의 염려가 전혀 없다는 것도 큰 長點이 될 수 있다. Fig. 5에서 보는바와 같이 릫 시일은 2개로 되어 있는데 뒷쪽의 것은 앞 쪽을 향하여 設置되어 있고 앞쪽의 것은 뒤쪽을 향하여 設置되어 있다. 지금 船尾管 베어링에 潤滑油를 채우면 이 潤滑油는 앞쪽 릫시일을 통과하여 뒷쪽 릫시일에 前後壓力差를 준다. 이 壓力差 때문에 뒷쪽 릫시일의 先端이 라이나에 密着되어 密封을 維持하고 따라서 두개의 릫시일 다 充分한 潤滑을 하게 된다. 보통 때는 뒷쪽(프로펠러 쪽)의 릫시일만 密封役割을 하고 앞쪽의 릫시일은 아무 役割도 하지 않는다. 그러다가 어떤 理由로 페이스 시일이 제 機能을 못하여 누설되는 海水가 드레인 파이프로 감당하기 어려울 程度로 많아지면 페이스 시일과 릫시일 사이의 空間은 海水로 채워지고 이 壓力은 潤滑油側 壓力보다 높으므로 海水는 뒤쪽의 릫시일을 통과하여 앞쪽의 릫시일에서 차단된다. 이리하여 페이스 시일이 고장나도 潤滑油는 한 방울도 船外로 새



A MOUNTING RING  
B MAIN CLAMP RING  
C BUTT BOLTS  
D BACKING SPRING ASSY  
E BRIDGING SPRING ASSY  
F INTERLAYER  
G FACE CARRIER  
H FACE DRIVE PIN  
I FACE SEALING STRIP  
J FACE INSERT  
K SEAT  
M LIP SEAL  
L LINER

Fig. 5 Partially split, outboard, water excluding stern shaft seal

어 나가지 않고 앞쪽 릫시일의 前後 壓力差는 릫시일 先端을 라이나에 密着시켜 海水가 潤滑油側에 새어 들어 오는 것을 防止한다.

Fig. 5에서는 페이스 시일이 제 機能을 다 못할 境遇에 대비하여 릫시일과 並用하였는데 經驗에 의하면 그러한 境遇가 거의 없었으므로 릫시일을 없애고 페이스 시일만을 가지고 密封을 하게 되었다. Fig. 6은 船外側 페이스 시일을 나타내는데 Fig. 5와 똑 같고 다만 릫시일만 없었다. Fig. 7은 Fig. 6과 같이 쓰는 船內側 페이스 시일을 나타내는데 船外側과 다른 點은 기름이 튀기는 것을 防止하는 스플래쉬가야드(Splash guard)와 시이트를 구동하는 드라이브 클램프 링(Drive clamp ring)이 있다는 것이다. 이 形式의 密封裝置는 軸 直徑 300mm에서 1000mm의 것까지 쓰이고 있고 潤滑油側의 壓力는 海水側 壓力보다 0.3bar 程度 높게 維持될 것이 要望된다.

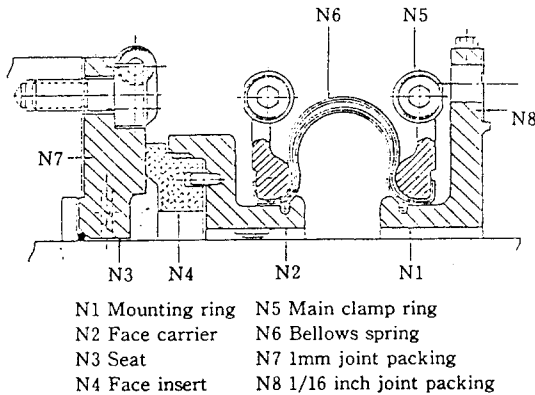


Fig. 6 Outboard face seal

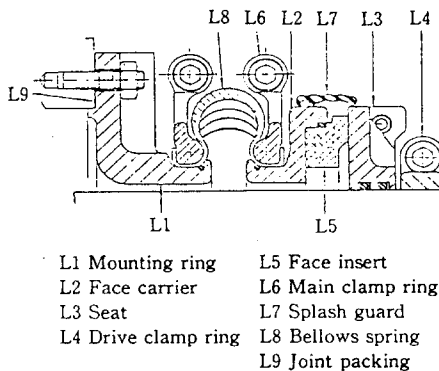


Fig. 7 Inboard face seal

#### 4. 페이스 시일의 試製品

페이스 시일을 開發하기 위하여 우선 試製品을 製作하였다. Fig. 8은 이 試製品의 斷面形狀과 各部의 寸수를 나타낸다. 이 페이스 시일은 軸徑 200mm 用으로 페이스 시일 本體는 N, B, R. 系 고무로 만들었으며 고무경도 70에 맞추었다. 페이스 인서트는 베어링 材料로 많이 쓰이는 쏘르돈(Thordon)이라는 一種의 熱硬化性 합성수지로 만들었다. 이 材料는 단단하고 질겨서 화이트 메탈이나 바비트 메탈 등 어떠한 베어링 材料보다도 耐磨減性, 潤滑性, 기타 베어링 材料로 갖추어야 할 性質의 面에서 우수한 材料로 알려져 있다. 特히 물潤滑의 境遇에는 리그남바이트 보다도 더 좋은 性能을 가지고 있다. Fig. 9는 물潤滑의 境遇와 기름潤滑의 境遇에 대하여 摩擦係數가 미끄럼 速度에 따라 變化하는 樣相을 나타낸다. 이 그림은 接觸壓力 620kPa(6.3kg/cm<sup>2</sup>)의 것으로 그림에서 보는 바와 같이 기름潤滑의 境遇는 아무 問題가 없고 물潤滑의 境遇는 미끄럼速度가 대략 1650mm/sec 以上이면 液體潤滑이 잘 되고 있음을 알 수 있다. 만약 接觸壓力이 620kPa 以下이면 이끄럼速

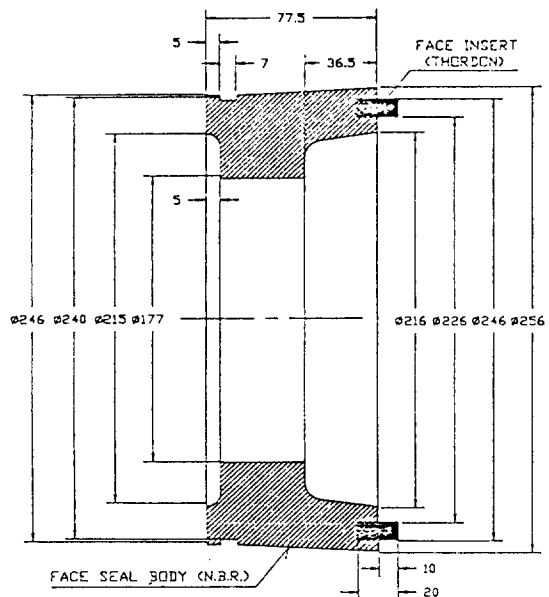


Fig. 8 The cross-section profile and dimensions of trial face seal

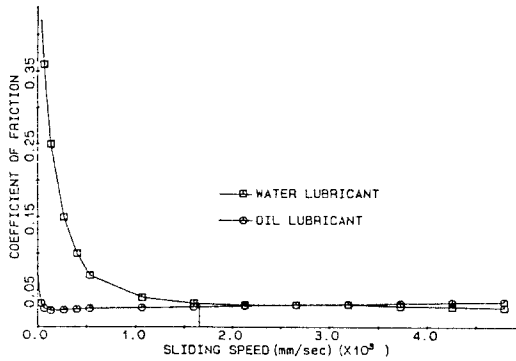


Fig. 9 Coefficient of friction between Thordon and mild steel

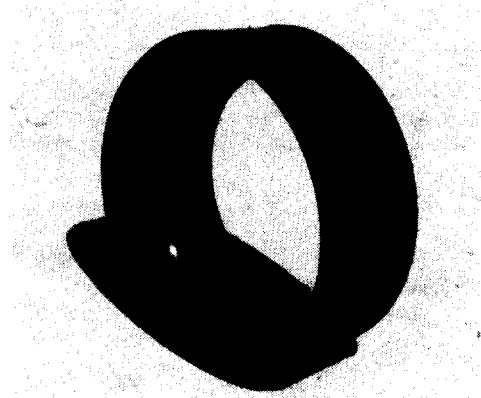


Photo. 1 Outside configuration of trial face seal

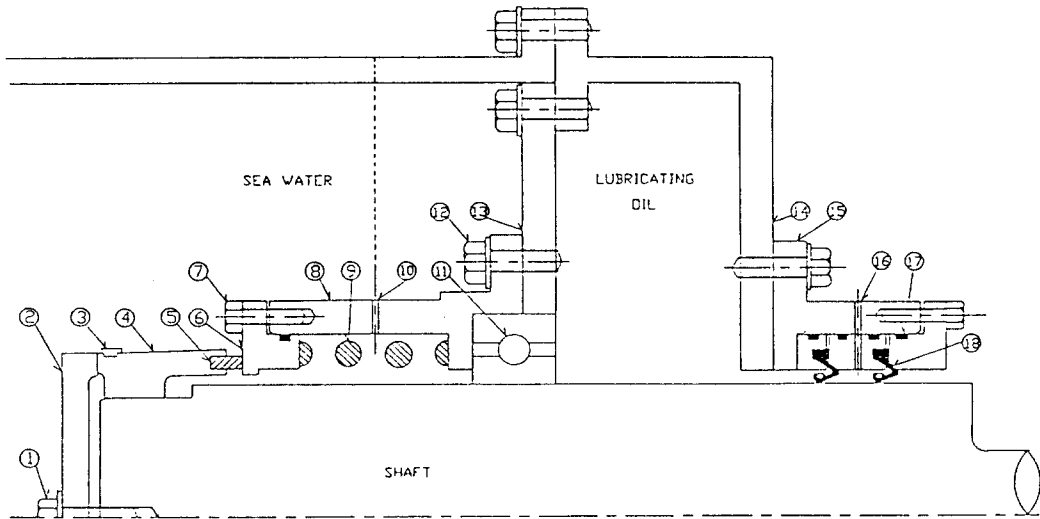
도가 1650mm/sec 以下에서도 물潤滑의 液體潤滑이 可能함은 말할 것도 없다. 本 試製品의 境遇 웨이스 인서어트의 치수를 考慮하여 볼 때 接觸壓力 620kPa은 468.7kg의 接觸力에 해당하고, 미끄럼 속도 1650mm/sec는 133.5 r. p. m.에 相當한다. 그러므로 本 試製品을 裝着할 때는 接觸力이 468.7kg 以下가 되도록 하고 回轉數는 133.5 r. p. m. 以上이 되도록 하면 安全함을 알 수 있다. Photo. 1은 웨이스 시일 試製品의 外觀을 나타낸다.

### 5. 實 驗

本 研究에서 開發한 試製品의 性能을 알아보기 위하여 實驗裝置를 製作하여 웨이스 시일을 裝着하고서 密封試驗을 實施하였다. Fig. 10은 實驗裝

置의 内部 構造를 나타낸다. 海水側(船外側)에 웨이스 시일을, 裝着하여 이것을 實驗할 수 있도록 하였다. 軸은 直徑 200mm로 한쪽은 볼 베어링 ⑪에 의하여 支持되어 있고 다른 쪽도 볼 베어링에 의하여 支持되어 있다. (이 그림에는 다른 쪽의 볼 베어링은 나와 있지 않음). 軸은 브이 벨트 풀리를 통하여 變速 直流 모터로 구동된다. 潤滑油側과 海水側 사이에는 다이아프람 ⑬을 設置하였고 여기에 시일 하우싱 ⑧을 設置하였다. 시이트 ⑥은 시이트 고정 볼트 ⑦에 의하여 시일하우싱에 設置되어 있고 시이트와 시일 하우싱 사이는 오링으로 密封을 維持하였다. 웨이스 시일 本體 ④는 軸에 억지끼움 되어 있는데 軸의 억지끼움자리 外徑은 180mm이고 웨이스 시일의 그 자리 內徑은 177mm이므로 常溫에서 그냥 끼울 수가 없었다. 그러므로 웨이스 시일 本體를 물에 담고 약 70°C로 加熱한 다음 끼워넣고 常溫으로 冷却된 다음 백업디스크(Back-up disc) ② 백업디스크볼트 ① 및 쉬라우드 링 ③으로 단단히 軸에 固定하였다. 웨이스 인서어트 ⑤와 시이트 ⑥사이에 一定한 接觸力을 保障하므로서 漏洩을 防止하기 위하여 압축 코일스프링 ⑨를 設置하였다. 시이트 고정볼트 ⑦을 약간 풀면 이 스프링의 壓縮力이 시이트를 밀어내고 따라서 웨이스 인서어트와 시이트 사이에 接觸力이 생긴다. 이 接觸力은 쉬라우드 링 ③을 풀고 백업디스크 볼트 ①로써 調整할 수 있도록 되어 있다. 調整이 끝나면 쉬라우드 링 ③은 다시 잠그어야 한다. 압축 코일스프링 ⑨는 外徑 276mm, 線材直徑 18mm, 有效卷數 3바퀴, 자유길이 135mm의 것이며 스프링 鋼으로 製作하였다. 스프링 常數는  $k=2.14\text{kg/mm}$ 로서 웨이스 인서어트와 시이트 사이의 接觸力은 80kg 내지 95kg에서 調整될 수 있도록 하였다. Photo. 2는 웨이스 시일 ④, 시이트 ⑥ 및 압축 코일스프링 ⑨의 外觀을 나타낸다.

外部 게이싱 ⑭와 다이아프람 ⑬의 사이에는 퍼머텍스(Permatex)라는 팩킹 컴파운드를 발라서 組立하였고, 다이아프람 ⑬과 시일 하우싱 ⑧의 사이 및 外部게이싱 ⑭와 시일 하우싱 ⑮의 사이에는 고무팩킹을 대고 組立하였으며 모든 組立用 볼트에는 銅 팩킹을 써서 潤滑油나 海水가 한방울도 새지 않도록 하였다.



① Back up disc bolt ② Back up disc ③ Shroud ring ④ Face seal body ⑤ Face insert ⑥ Seat ⑦ Seat bolt ⑧ Housing (outboard) ⑨ Compression coil spring ⑩ Air vent hole ⑪ Ball bearing ⑫ Housing bolt ⑬ Diaphragm ⑭ Outside casing ⑮ Housing (inboard) ⑯ Air vent hole ⑰ O-ring ⑱ Lip seal

Fig. 10 Experimental Apparatus

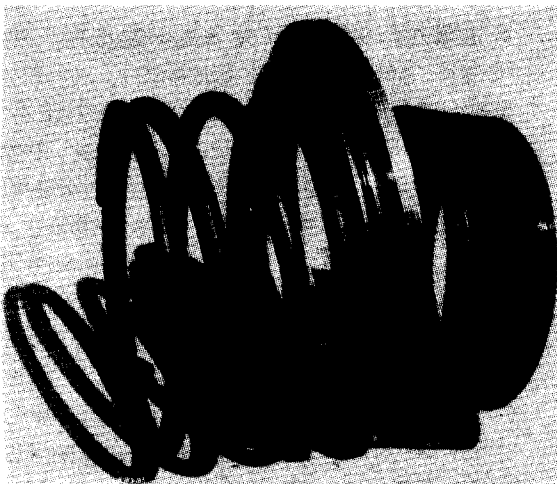


Photo. 2 Face seal, seat and compression coil spring

海水側 壓力은 헤드(Head)로서 2m, 潤滑油側 壓力은 헤드 5m를 維持하여 兩側의 壓力差는 약 0.27bar 程度 되도록 하였다.

實驗은 150 r.p.m.으로 回轉시키면서 各部의 發熱狀態, 漏洩如否 등을 點檢하였다. 1주일간 주

야로 運轉한 結果 페이스 시일이 裝着되어 있는 海水側에는 아무 問題가 없었다.

## 6. 結 論

油 潤滑式 船尾管 베어링의 潤滑油 密封裝置用 페이스 시일의 作動原理를 규명하고 試製品을 製作하여 性能實驗하여 본 結果 다음과 같은 結論을 얻었다.

(1) 船尾管 密封시일의 幾何的인 形態로는 半徑 方向으로 密封接觸이 이루어지는 方式보다는 軸 方向으로 密封接觸이 이루어지는 方式이 耐久性의 面에서 더 우수하다.

(2) 페이스 시일은 릿시일에 比하여 構造가 簡單하고 수명이 길어 經濟的이며 裝着과 교체가 容易하다.

(3) 베어링 材料로 쓰이는 熱硬化性 합성수지인 珪素珪酸은 페이스 시일 인서트로서 適合하다.

(4) 本 研究에서 開發한 페이스 시일은 그 性能 面에서 實用價値가 있음이 確認되었다.