

Andrzej Młynarczak¹⁾

PRZYPADEK ZATARCIA ŁOŻYSK POCHWY WAŁU ŚRUBOWEGO

A CASE OF BEARINGS SEIZING IN SHAFT PIPE

STRESZCZENIE W artykule przedstawiono ewolucję sposobów smarowania łożysk pochwy wału śrubowego statków morskich. Przeprowadzono analizę przypadku zatarcia łożysk pochwy wału śrubowego na masowcu uniwersalnym, które spowodowało wadliwe rozwiązanie systemu alarmowego instalacji smarowania/chłodzenia łożysk. Zaproponowano modyfikację tego systemu, by nie dopuścić do takich awarii w przyszłości.

Słowa kluczowe:

pochwa wału śrubowego, łożysko kompozytowe, zatarcie, system alarmowy.

ABSTRACT The article presents the evolution in the ways of lubricating shaft pipes in seagoing ships. It performs an analysis of a case of seizing bearings in a shaft pipe installed in a bulk cargo ship which was caused by a faulty alarm system in the lubrication/cooling of the bearings system. It proposes a modification of the system in order to prevent such failures in the future.

Keywords:

shaft pipe, composite bearing, seizing, alarm system.

DOI: 10.5604/0860889X.1139633

¹⁾ Akademia Morska w Gdyni, Wydział Mechaniczny, 81-225 Gdynia, ul. Morska 81-87, e-mail: mlynek@am.gdynia.pl

WSTĘP

Pochwy wałów śrubowych służą do ułożyskowania i uszczelnienia wału w stewie rufowej statku. Konstrukcja pochwy wału śrubowego zależy od konstrukcji rufy statku, rodzaju zastosowanych łożysk i środka smarującego oraz typu zastosowanych uszczelnień. Początkowo pochwy wałów śrubowych wyposażone były w łożyska gwajakowe lub gumowe (mniejsze statki) smarowane/chłodzone wodą morską w systemie otwartym. Ograniczona dostępność gwojaku oraz budowa coraz większych statków wymusiły zmiany w konstrukcji pochwy wałów śrubowych. Zaczęto stosować łożyska metalowe smarowane/chłodzone olejem w systemie zamkniętym. Zastosowanie łożysk smarowanych olejem zawsze wiąże się z ryzykiem wycieku oleju z pochwy wału i coraz bardziej restrykcyjne przepisy dotyczące ochrony środowiska wymuszają na armatorach stosowanie proekologicznych rozwiązań. Postęp w technologii materiałów daje nowe możliwości, np. zastosowanie łożysk kompozytowych i powrót do otwartego systemu smarowania/chłodzenia tych łożysk wodą morską. Zdarzają się również warunki, w których armatorzy decydują się na zmianę proekologicznego, otwartego systemu smarowania/chłodzenia wodą na zamknięty system smarowania/chłodzenia olejem [4, 5]. Jest tak w przypadku zmiany rejonu pływania statku z żeglugi pełnomorskiej na przybrzeżną, kiedy występuje problem zanieczyszczenia wody piaskiem lub mułem. Żywotność łożysk pochwy wału śrubowego smarowanego wodą w obiegu otwartym byłaby wówczas bardzo ograniczona. Alternatywnym

INTRODUCTION

Stern tubes are used to house the bearings and seal the shaft in a stern frame. The design of a stern tube depends on the design of a ship's stern, the type of bearings, the lubrication agent, and the type of seals used. In the beginning stern tubes were equipped with water lubricated lignum vitae (a dense wood) or rubber (in the case of smaller vessels) a system of bearings in an open system. The limited availability of lignum vitae and building larger and larger ships led to changes in the design of stern tubes. Metal bearings lubricated/cooled with oil in a closed system came into use. The use of oil lubricated bearings is always connected with a risk of oil leaking from the stern tube. Stricter and stricter regulations relating to environment protection make ship owners employ more environment friendly solutions. The progress in material technology offers new possibilities, e.g. a use of composite bearings as well as the return to water lubricated/cooled stern tube bearings in the open system. There also occur conditions in which ship owners decide to change from the environment friendly open water lubrication/cooling system to the closed oil lubrication/cooling system [4, 5]. This happens when a ship changes her navigation area from the open sea navigation to the off-shore navigation. Then there occurs the problem of water impurity (high content of sand and mud). The longevity of stern tube water lubricated bearings would then be very limited. A use of composite

rozwiązaniem może być zastosowanie łożysk kompozytowych smarowanych specjalnym płynem przyjaznym środowisku naturalnemu (biologicznie rozkładalnym w wodzie morskiej).

W artykule przedstawiono ewolucję konstrukcji pochwy wału śrubowego statków morskich oraz przeanalizowano przypadek zatarcia łożysk pochwy wału śrubowego spowodowany wadliwym rozwiązaniem systemu alarmowego instalacji smarowania/chłodzenia łożysk.

EWOLUCJA METOD SMAROWANIA ŁOŻYSK POCHWY WAŁU ŚRUBOWEGO

Pochwy wałów śrubowych statków budowanych do połowy ubiegłego wieku wyposażano w smarowane/chłodzone wodą morską łożyska gwajakowe. Na mniejszych jednostkach stosowano łożyska gumowe.

Gwajakowiec (gwajak) to bardzo twarde, ciężkie (gęstość 1230 kg/m^3), wytrzymałe i trudno ścieralne drewno. Stąd stosowano je jako materiał łożyskowy w połączeniach mechanicznych. W Polsce odpowiednikiem gwajaku był lignofol — sprasowane pod wysokim ciśnieniem i w wysokiej temperaturze klepki dębowe. Pochwy wałów śrubowych z łożyskami gwajakowymi lub lignofolowymi uszczelniano tylko od strony siłowni za pomocą klasycznej dławicy ze sznura bawełnianego nasyczonego smarem stałym (rys. 1.). Od strony rufy statku stosowano osłonę, która zabezpieczała przed dostawaniem się do wnętrza pochwy większych zanieczyszczeń, ale

bearings lubricated with special, environment friendly liquid (bio-degrading in seawater) is an alternative solution.

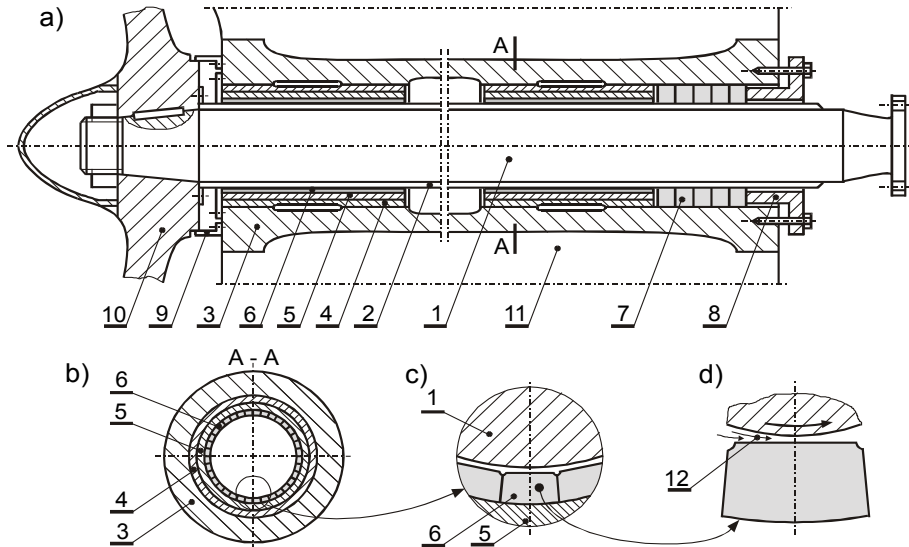
This article presents the evolution in the design of a tube stern tube in sea-going ships. It also analyzes the case of the stern tube bearing seizure caused by the faulty design of an alarm system in a lubrication/cooling system.

THE DEVELOPMENT OF METHODS USED FOR LUBRICATING A STERN TUBE

Prior to the 1950's, stern tubes were equipped with water lubricated/cooled lignum vitae bearings. Smaller vessels were equipped with rubber bearings.

Lignum vitae (guaiacum) is very hard, heavy (density: 1230 kg/m^3), tough and abrasion-resisting wood. Hence it was used as a bearing material in mechanical engineering. The equivalent of guaiacum in Poland was lignofol — oak blocks molded under high pressure and temperature. The stern tubes with guaiacum or lingofol bearings were sealed only in the area between the tube and the engine, using classic glands made of cotton cord saturated with solid lubricant (fig. 1). On the stern side of a ship some protection was used which prevented larger pollutants from coming inside but did not stop sand or mud and other small pollutants contained in the overboard water. Therefore the longevity of these bearings was not long and they had to be replaced regularly.

nie chroniła przed piaskiem, mułem i innymi drobnymi zanieczyszczeniami znajdującymi się w wodzie zaburtowej. Z tego powodu żywotność tych łożysk nie była duża i wymagały one regularnej wymiany.



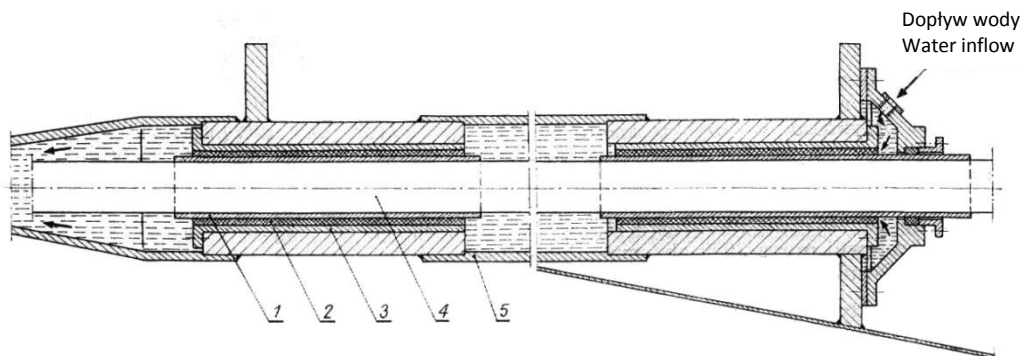
Rys. 1. Pochwa wału śrubowego z łożyskami gwajakowymi: a) przekrój wzdłużny, b) przekrój poprzeczny, c) powiększenie przekroju, d) powstawanie klina smarnego; 1 — wał śrubowy, 2 — tuleja wału śrubowego, 3 — pochwa wału śrubowego, 4 — tuleja pochwy wału śrubowego, 5 — obudowa klepek drzewa gwajakowego, 6 — klepka gwajakowa, 7 — pierścień uszczelniający, 8 — dławik, 9 — osłona, 10 — śruba, 11 — skrajnik rufowy, 12 — klin smarny

Fig. 1. The stern tube with guaiacum bearings : a) longitudinal section, b) cross-section, c) section enlargement, d) oil wedge formation; 1 — propeller shaft, 2 — propeller-shaft liner, 3 — stern tube, 4 — stern tube liner, 5 — guaiacum blocks housing, 6 — guaiacum block, 7 — seal ring, 8 — packing gland, 9 — housing, 10 — propeller, 11 — after-peak, 12 — oil wedge

Źródło / Source: Z. Górski, *Okrętowe mechanizmy i urządzenia pomocnicze, t. II, Trademar, Gdynia 2010 [Shipboard auxiliary mechanisms and appliances — available in the Polish].*

W rozwiązaniu przedstawionym na rysunku 2. pochwa wału śrubowego holownika portowo-redowego wyposażona jest w łożyska gumowe. Są one przepłukiwane czystą wodą pod ciśnieniem wytworzonym przez pompę. Woda dostaje się do łożyska przez otwór w czole dławicy. W niektórych rozwiązaniach gumę wzmacniano dodatkowo elementami metalowymi.

The stern tube of a tugboat operating in a harbor-roadstead presented in figure 2 is equipped with rubber bearings. They are flushed with water under pressure generated by a pump. The water reaches the bearing through a hole in the head of a stuffing-box. In some solutions the rubber was additionally reinforced with metal elements.



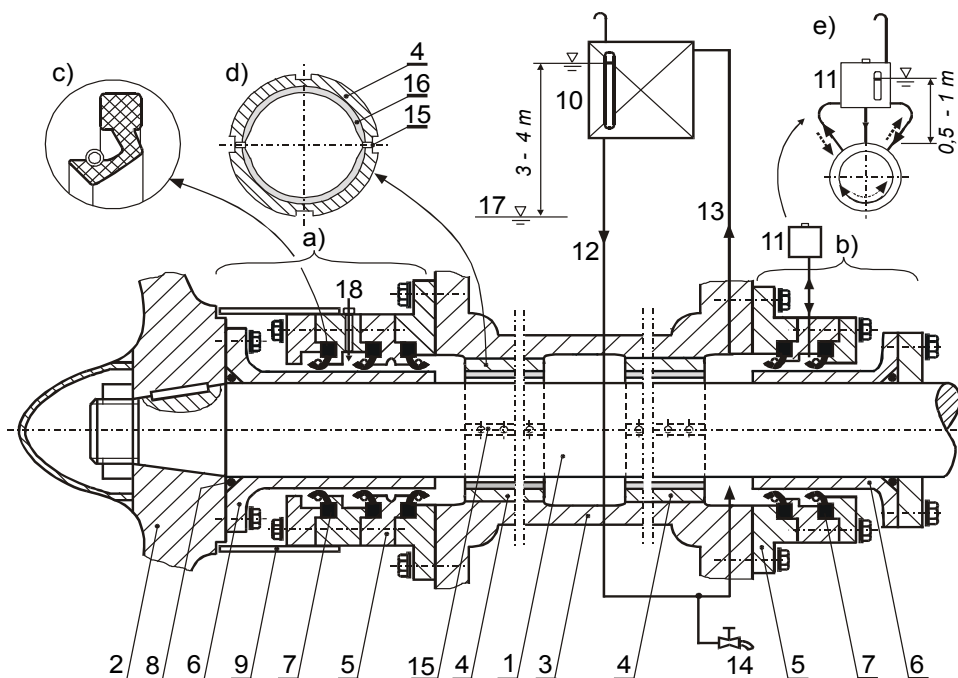
Rys. 2. Część łożyskowania wału śrubowego holownika: 1 — czop, 2 — panew gumowa, 3 — tuleja brązowa, 4 — wał, 5 — pochwa wału śrubowego

Fig. 2. A bearing mounting section of the propeller shaft in a tug boat: 1 — journal, 2 — rubber bearing bushing, 3 — bronze liner, 4 — shaft, 5 — stern tube

Źródło / Source: R. Pietrasik, *Woda jako smar w łożyskach ślizgowych*, 'Technika Smarownicza', 1974, No 3 [Water as lubricant in slide bearings — available in the Polish].

Budowa coraz większych statków wyposażonych w układy napędowe dużej mocy, o dużej średnicy i masie wałów śrubowych wymusiła zmiany w konstrukcji pochew wałów śrubowych. Zastosowano tuleje łożyskowe wylane metalicznym stopem łożyskowych (białym metalem) smarowane/chłodzone olejem. Ponieważ nośność łożyska jest wprost proporcjonalna do lepkości dynamicznej czynnika smarującego, a lepkość oleju jest znacznie wyższa od lepkości wody, łożyska te charakteryzowały się nie tylko dobrymi własnościami ślizgowymi, ale również dużą nośnością rozumianą jako zdolność do przenoszenia obciążeń [3]. Smarowanie olejem wymaga jednak zastosowania skutecznych uszczelnień zarówno dziobowych, jak i rufowych. Powszechne zastosowanie znalazły w tym przypadku uszczelnienia wargowe typu Simplex. Przykładowe rozwiązanie smarowanej/chłodzonej olejem pochwy wału śrubowego z uszczelnieniem Simplex przedstawiono na rysunku 3.

Building larger and larger ships equipped with high-power propulsion systems, together with heavy-weight propeller shafts of large diameter, led to changes in the design of stern tubes. Bearing liners made of bearing alloy (white metal) lubricated/cooled with oil started to be used. As the bearing capacity is directly proportional to the absolute viscosity of a lubricating agent, and the oil viscosity is much higher than the water viscosity, these bearings were characterized not only by good anti friction properties but also by high load capacity, understood as capacity for conveying loads [3]. Lubricating with oil requires using effective seals both fore and aft. In this case lip seals, Simplex type, have come into use. An example of an oil lubricated/cooled stern tube with Simplex seals is presented in figure 3.



Rys. 3. Pochwa wału śrubowego z łożyskami metalowymi: a) uszczelnienie rufowe, b) uszczelnienie dziobowe, c) przekrój pierścienia uszczelniającego, d) przekrój tulei łożyska, e) działanie zbiornika obiegowego;

1 — wał śrubowy, 2 — piasta śruby, 3 — pochwa wału, 4 — tuleja łożyska, 5 — obudowa pierścieni uszczelniających, 6 — tuleja wału śrubowego, 7 — pierścień uszczelniający typu wargowego, 8 — pierścień uszczelniający, 9 — osłona tylna, 10 — zbiornik oleju smarnego, 11 — zbiornik obiegowy oleju, 12 — rurociąg dopływu oleju, 13 — rurociąg odpowietrzający, 14 — odwodnienie, 15 — kanał dopływowy oleju, 16 — metal łożyskowy, 17 — wodnica ładunkowa, 18 — miejsce pomiaru opadu wału

Fig. 3. Stern tube with metal bearings: a) stern sealing, b) bow sealing, c) section of seal ring, d) section of bearing liner, e) circulating tank performance;

1 — propeller shaft, 2 — propeller hub, 3 — stern tube, 4 — bearing liner, 5 — seal rings housing, 6 — propeller-shaft liner, 7 — lip seal ring, 8 — seal ring, 9 — rear housing, 10 — lubricating oil tank, 11 — circulating oil tank, 12 — oil inflow pipeline, 13 — venting pipeline, 14 — dehydration, 15 — oil inflow passage, 16 — bearing metal, 17 — load waterline, 18 — point for measuring shaft misalignment

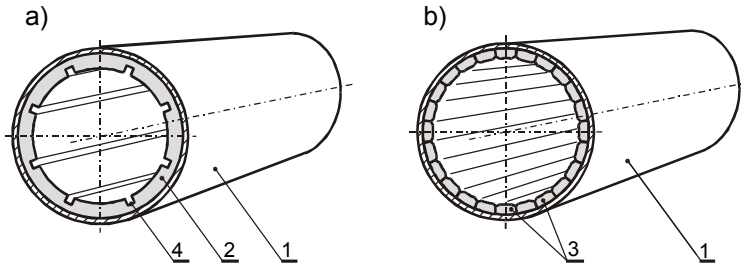
Źródło / Source: Z. Górski, *op. cit.*

Zastosowanie łożysk smarowanych olejem zawsze wiąże się z ryzykiem wycieku oleju z pochwy wału. W przypadku statków problem wyciekania oleju smarującego łożyska wałów głównych można rozpatrywać w dwóch aspektach: jako zanieczyszczenie wody zaburtowej

The use of oil lubricated bearings is always connected with a risk of oil leak from the stern tube. As for ships the problem of the leak from oil lubricating bearings in main shafts can be considered in two aspects: as pollution of overboard water or as loss in lubricant.

oraz straty smaru. Zastosowanie wody do smarowania łożysk pochwy wału śrubowego rozwiązuje problem. Duży postęp w technologii materiałów daje nowe możliwości. Na panwie łożysk ślizgowych smarowanych wodą można stosować (oprócz znanych wcześniej drewna i gumy) również tworzywa sztuczne (żywice fenolowe, silikonowe, epoksydowe oraz polimery). Z połączenia żywic z wypełniaczami, takimi jak włókno szklane i bawełniane, azbest, mika, grafit, MoS_2 , Fe, Al, Cu, Zn, brązy czy mosiądze, uzyskuje się kombinowane tworzywa łożyskowe, które cechują się dobrymi własnościami ślizgowymi przy smarowaniu wodą. Dodatkowo ciepło właściwe wody ($4,19 \cdot 10^6$ J/kg·deg) jest około dwa razy wyższe niż ciepło właściwe olejów smarujących ($1,67 \cdot 10^6$ – $2,09 \cdot 10^6$ J/kg·deg), co umożliwia intensywniejsze odprowadzanie ciepła tarcia z łożysk ślizgowych [2]. Ma to duże znaczenie w znajdujących coraz większe zastosowanie łożyskach kompozytowych (rys. 4.), które charakteryzują się małą przewodnością cieplną. Dobre własności kompozytu jako materiału łożyskowego, prostota konstrukcji i względy ekologiczne czynią to rozwiązanie bardzo atrakcyjnym. Łożyska kompozytowe smarowane są wodą lub specjalnym płynem przyjaznym środowisku, biologicznie rozkładanym w wodzie. To drugie rozwiązanie wymaga zastosowania uszczelnień rufowych i dziobowych, podobnie jak w łożyskach smarowanych olejem. Płyn smarujący krąży w specjalnej instalacji smarnej składającej się z pomp obiegowych, chłodnic i filtrów.

The use of water for lubricating stern tube bearings solves the problem. Substantial progress in material technologies offers new possibilities. Apart from the known earlier wood and rubber, plastics (phenol, silicon, epoxide resins and polymers) can be used on slide bearing bushings. Combining resins with fillers such as glass fiber, cotton fiber, asbestos, mica, graphite, MoS_2 , Fe, Al, Cu, Zn, bronzes or brasses, bearing materials which are characterized by good sliding properties when lubricated with water are formed. Additionally, the specific water heat ($4,19 \cdot 10^6$ J/kg·deg) is approximately higher than the specific heat of lubrication oils ($1,67 \cdot 10^6$ – $2,09 \cdot 10^6$ J/kg·deg), which allows more intensive conduction of heat from the slide bearings [2]. This is significant for composite bearings, which are gaining wider and wider use [fig. 4], as they are characterized by low heat conductivity. Good properties of composite as bearing material, design simplicity and environmental reasons make this solution very attractive. Composite bearings are lubricated with water or a special environment friendly liquid, bio-degrading in water. The latter solution requires using stern and bow seals, as with oil lubricated bearings. The lubricating liquid circulates in a special lubrication installation consisting of circulating pumps, coolers and filters.



Rys. 4. Łożyska thordonowe pochwy wału: a) z tuleją thordonową, b) z klepkami thordonowymi; 1 — obudowa łożyska, 2 — tuleja thordonowa, 3 — klepka thordonowa, 4 — rowek rozprowadzający środka smarującego

Fig. 4. Stern tube thordon bearings: a) with thordon liner, b) with thordon blocks; 1 — bearing housing, 2 — thordon liner, 3 — thordon block, 4 — lubricating agent distribution groove

Źródło / Source: Z. Górski, op. cit.

ANALIZA PRZYCZYŃ AWARII POCHWY WAŁU ŚRUBOWEGO

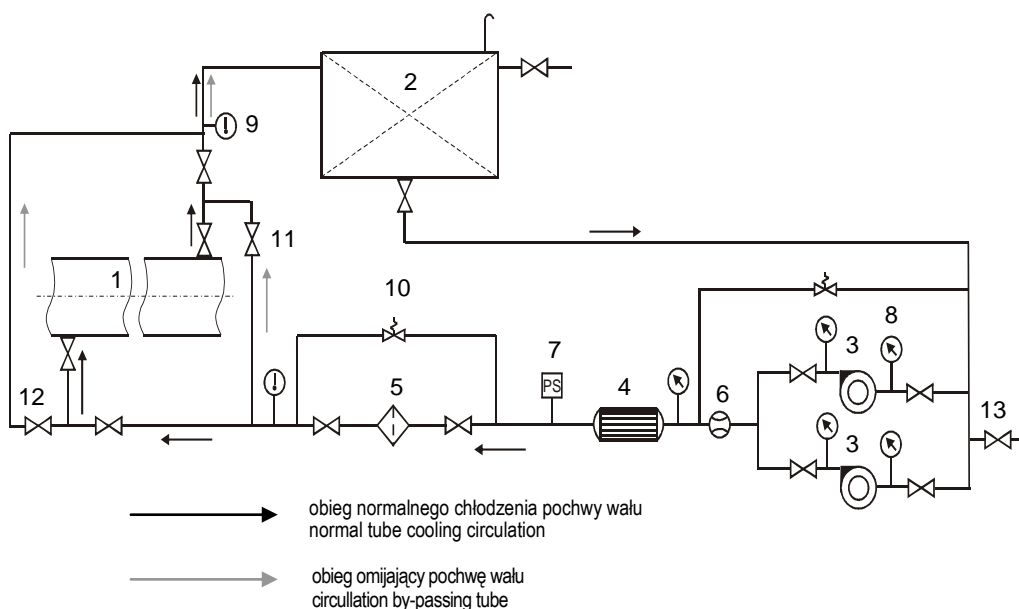
Na rysunku 5. przedstawiono rozwiązanie konstrukcyjne instalacji smarowania/chłodzenia łożysk pochwy wału śrubowego zastosowane na statku towarowym (masowiec uniwersalny). Smarowanie/chłodzenie łożysk realizowane jest wodą słodką, która krąży w obiegu zamkniętym: zbiornik grawitacyjny — pompy obiegowe — chłodnica — filtr — pochwa wału — zbiornik grawitacyjny. Pochwa wału śrubowego ma trzy tuleje łożyskowe wykonane z kompozytu. Dodatkowo zastosowano instalację umożliwiającą przepłukiwanie pochwy wału w odwrotnym kierunku. Instalacja ta składa się z dwóch linii omijających pochwę wału. Dla zamkniętego obiegu smarowania/chłodzenia łożysk pochwy wału wodą słodką instalacja ta nie jest potrzebna. Zwykle w tego typu rozwiązaniach istnieje dodatkowa możliwość awaryjnego smarowania/chłodzenia łożysk pochwy wału wodą morską z obiegu balastowego lub bezpośrednio

ANALYSIS OF CAUSES OF STERN TUBE FAILURE

Figure 5 presents an installation for lubricating/cooling stern tube bearings used on a bulk cargo ship. The bearings are lubricated/cooled with fresh water which circulates in a closed circulation system: gravitational tank — circulating pumps — cooler — filter — stern tube — gravitational tank. The stern tank has three bearing liners made of composite. Additionally, an installation for flushing the stern tube in the opposite direction was used. The installation consists of two lines bypassing the stern tube. The closed system of stern tube bearings lubricated/cooled with fresh water does not need this installation. Usually in this kind of system there exists an additional possibility for emergency lubrication/cooling of stern tube bearings with seawater from the main ballast circulation system or directly from the Kingston main. However, the seawater contains various types of pollution

z magistrali kingstonowej. Woda morska zawiera jednak różnego rodzaju zanieczyszczenia, które mogą osadzać się wewnątrz pochwy wału, dławiąc przepływ wody smarującej/chłodzącej. Odwrócenie kierunku przepływu wody przez pochwę jest w tym wypadku jedynym (niewyłączającym statku z eksploatacji), choć niekoniecznie skutecznym sposobem na usunięcie tych zanieczyszczeń.

which can settle inside the stern tube, throttling the flow of lubrication/cooling water. Redirecting the flow of water through the tube is in this case the only (not excluding the ship from use), but not necessarily effective, way of getting rid of the pollutants.



Rys. 5. Instalacja smarowania/chłodzenia pochwy wału śrubowego:

1 — pochwa wału śrubowego, 2 — zbiornik grawitacyjny wody chłodzącej, 3 — pompa, 4 — chłodnica, 5 — filtr, 6 — czujnik przepływu, 7 — czujnik ciśnienia, 8 — manometr, 9 — termometr, 10 — zawór bezpieczeństwa, 11 i 12 — zawory obiegu omijającego pochwę wału śrubowego, 13 — awaryjny dopływ wody morskiej

Fig. 5. The stern tube lubrication/cooling installation:

1 — stern tube, 2 — gravitational tank of cooling water, 3 — pump, 4 — cooler, 5 — filter, 6 — flow sensor, 7 — pressure sensor, 8 — manometer, 9 — thermometer, 10 — safety valve, 11 and 12 — valves in circulation by-passing stern tube, 13 — emergency inflow of seawater

Według dostępnej dokumentacji powąryjnej najbardziej prawdopodobną przyczyną zaistniałej awarii (zatarcia łożysk) było niedostateczne smarowanie/chłodzenie pochwy wału wynikające z omyłkowego otwarcia zaworów i skierowania 2014 (LV)

In accordance with the after-failure documentation available the most likely cause of the malfunction (bearing seizure) was insufficient lubrication/cooling of the stern tube which was the result of opening, by mistake, valves

części wody chłodzącej do jednej lub jednocześnie dwóch linii omijających. Sytuacja taka powinna skutkować zadziałaniem systemu alarmowego, który zasygnalizowałby obsłudze siłowni brak odpowiedniego przepływu wody smarującej/chłodzącej przez pochwę wału lub wysoką temperaturę pochwy wału. System alarmowy nie zadziałał w ten sposób, ponieważ:

- czujnik przepływu umieszczony jest za pompami obiegowymi i w związku z tym sygnalizuje tylko fakt istnienia przepływu w tym miejscu lub jego brak (sygnalizacja typu ON/OFF, tzn. pompa obiegowa jest załączona lub nie jest załączona);
- czujnik ciśnienia umieszczony za chłodnicą spełnia podobną rolę jak czujnik przepływu i nie ma bezpośredniego związku z tym, co „dzieje się” wewnątrz pochwy wału — nawet całkowite odcięcie przepływu wody chłodzącej przez pochwę wału i skierowanie jej tylko przez linie omijające nie powoduje zadziałania systemu alarmowego, gdyż spadek ciśnienia wody w miejscu zainstalowania czujnika nie jest na tyle znaczący (0,2 bara), by przekroczyć ustawiony na nim „próg zadziałania”.

W związku z powyższym system alarmowy analizowanej instalacji chłodzenia/smarowania łożysk pochwy wału nie jest wystarczający dla zapewnienia jej bezawaryjnego działania. System ten nie zabezpiecza przed skutkami błędu ludzkiego polegającego na niewłaściwym ustawieniu zaworów, co najprawdopodobniej stało się przyczyną awarii pochwy wału śrubowego.

and directing part of the cooling water to one or simultaneously to two by-passing lines. Such situation should have started the alarm system which would have sent a signal to the power plant crew warning that there was not sufficient lubrication/cooling water flowing through the tube or that the stern tube temperature was too high. The alarm system did not perform this way because:

- the flow sensor is located behind the circulating pumps and for this reason it signals only the fact of flow occurrence at this point or its absence (ON/OFF type signaling, i.e. the circulating pump is on or off);
- the pressure sensor is located behind the cooler and has the similar role as the flow sensor and it does not have a direct impact on what is ‘going on’ inside the stern tube — even the total cut-off of the cooling water flow and directing it through the by-passing lines does not cause the alarm system to start, as the drop in water pressure at the point of the sensor installation is not enough (0.2 bar) to exceed the ‘activation level’ preset on it.

In this connection the alarm system in the analyzed cooling/lubrication installation for the stern tube bearings is not sufficient to ensure its reliable performance. The system does not offer protection against the results of human error, i.e. improper setting of the valves, which most likely was the cause of the stern tube failure.

Takie umiejscowienie czujników byłoby do przyjęcia, gdyby nie istniała możliwość przepływu wody smarującej/chłodzącej łożyska pochwy wału śrubowego innymi drogami, a tylko przez pochwę wału. W praktyce sprowadza się to do sytuacji braku instalacji przepłukującej lub braku zabezpieczenia przed przypadkowym otwarciem zaworów instalacji przepłukującej (na przykład poprzez zastosowanie kołnierzy zaślepiających rurociągi omijające pochwę wału lub blokady zaworów w pozycji zamkniętej). Wówczas przepływ zmierzony w miejscu, w którym zainstalowano czujnik przepływu, byłby również przepływem wody przez pochwę wału śrubowego.

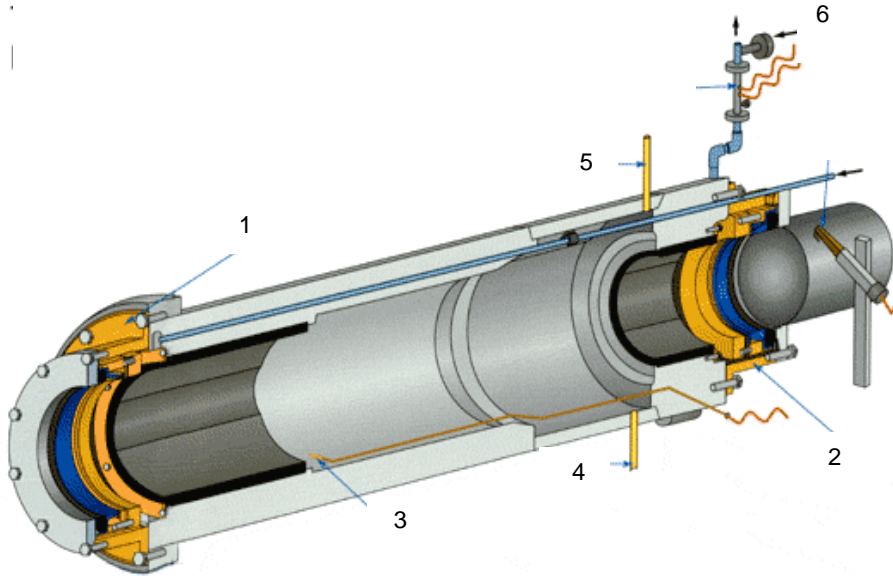
Zdaniem autora analizowana instalacja smarowania/chłodzenia łożysk pochwy wału śrubowego powinna być dodatkowo wyposażona w czujniki monitorujące temperaturę wewnątrz pochwy wału i bezpośrednio za nią. Rozwiązanie takie stosuje na przykład firma Thordon dla łożysk THORDON XL smarowanych/chłodzonych w obiegu zamkniętym biodegradowalnym środkiem smarnym THOR-LUBE składającym się w dziewięćdziesięciu procentach z wody słodkiej (rys. 6.).

Zasadniczymi elementami instalacji alarmowej (oprócz czujników przepływu i termostatów regulujących temperaturę środka smarnego niepokazanych na rysunku 6.) są dwa czujniki monitorujące temperaturę. Jeden umieszczony jest wewnątrz pochwy wału w rejonie łożyska rufowego (łożysko rufowe pracuje w najtrudniejszych warunkach ze względu na bliskość śruby napędowej), drugi bezpośrednio na odpływie czynnika smarnego z pochwy wału.

Such location of the sensors would be acceptable if it were not possible for the lubrication/cooling water of the stern tube bearings to flow through other ways, and if the only way was through the stern tube. In practice it boils down to the situation of absence of flush installation or absence of protection against accidental opening of the valves in the flushing installation (for example by using blank flanges on pipes by-passing the stern tube or by blocking valves in the shut-down position). Then the flow measured at the point in which the flow sensor is installed would also be the water flow through the stern tube.

In the author's opinion the analyzed lubrication/cooling installation of the stern tube bearings should be additionally fitted with sensors monitoring temperature inside the stern tube and directly behind it. Such a solution is used, for example, by the firm Thordon for bearings THORDON XL lubricated/cooled in the closed circulation system with a bio-degrading lubrication agent THOR-LUBE consisting, in 90%, of fresh water (fig. 6).

The main elements in the alarm installation (apart from the flow sensors and thermostats controlling the temperature of the lubrication agent not showed in figure 6) are two sensors monitoring the temperature. One is located inside the stern tube in the area of the stern bearing (the stern bearing works in the most difficult conditions because of the proximity to the propeller, and the other directly on the lubrication agent outflow from the stern tube.



Rys. 6. Pochwa wału z łożyskami firmy Thordon:
1 — uszczelnienie rufowe, 2 — uszczelnienie dziobowe, 3 — czujnik temperatury,
4 — odwodnienie, 5 — odpowietrzenie, 6 — awaryjny dopływ wody morskiej,
7 — odprowadzenie ładunku elektrostatycznego

Fig. 6. The stern tube with bearing made by the firm Thordon:
1 — stern sealing, 2 — bow sealing, 3 — temperature sensor, 4 — dehydration, 5 — venting,
6 — emergency inflow of seawater, 7 — carrying away of electrostatic charge

WNIOSKI

1. Względy ochrony środowiska wymuszają na armatorach stosowanie proekologicznych rozwiązań. W tym kontekście wydaje się, że łożyska kompozytowe smarowane wodą lub specjalnym płynem przyjaznym środowisku, biologicznie rozkładanym w wodzie, będą mieć coraz większe zastosowanie. Pozostaje problem nośności łożyska smarowanego wodą (lub płynem biodegradowalnym składającym się w dziewięćdziesięciu procentach z wody słodkiej), która zawsze będzie niższa od nośności łożyska smarowanego olejem.

CONCLUSIONS

1. For reasons of environmental protection ship owners use are required to use environment friendly solutions. In this context, it seems that composite bearings lubricated with water or a special environment friendly agent bio-degrading in water, will become more and more common in use. There remains however the problem of the load capacity of a bearing lubricated with water (or with bio-degrading fluid in 90% of fresh water) which will always be lower than the load capacity of a bearing lubricated with oil.

2. Zastosowanie czujników temperatury wewnątrz pochwy wału śrubowego jest jedynym skutecznym sposobem zabezpieczającym bezawaryjną pracę łożysk pochwy wału. W przypadku naruszenia warunków tarcia płynnego, które może nastąpić w efekcie zadziaania różnych czynników, w tym niedostatecznego smarowania/chłodzenia łożyska, pierwszym objawem jest wzrost temperatury łożyska — i przede wszystkim ten parametr powinien być monitorowany.
2. The use of temperature sensors inside the stern tube is the only effective way to ensure reliable performance of stern tube bearings. When the conditions of smooth friction deteriorate, which can occur as a result of action of various factors, including insufficient bearing lubrication/cooling, an increase in bearing temperature is the first indication and — it is, this parameter that should be monitored first.

BIBLIOGRAFIA / REFERENCES

- [1] Górski Z., *Okrętowe mechanizmy i urządzenia pomocnicze*, t. II, Trademar, Gdynia 2010 [*Shipboard auxiliary mechanisms and appliances* — available in the Polish].
- [2] Pietrasik R., *Woda jako smar w łożyskach ślizgowych*, 'Technika Smarownicza', 1974, No 3 [*Water as lubricant in slide bearings* — available in the Polish].
- [3] Włodarski J. K., *Uszkodzenia łożysk okrętowych silników spalinowych*, Wyd. Akademii Morskiej, Gdynia 2003 [*Bearing failures in marine internal combustion engines* — available in the Polish].
- [4] *Closed oil-lubrication stern tube system replaces merchant ship's water-lubricated bearings*, 'Sealing Technology', 2010, Issue 9, September.
- [5] *Rijkswaterstaat ship retrofitted with durable closed oil-lubricated system*, 'Sealing Technology', 2011, Issue 10, October.
- [6] *Stern tube seals designed for coastal water*, 'Sealing Technology', 2005, Issue 2, February.
- [7] *Wartsila acquires synthetic bearing business in the UK*, 'Sealing Technology', 2007, Issue 7, July.