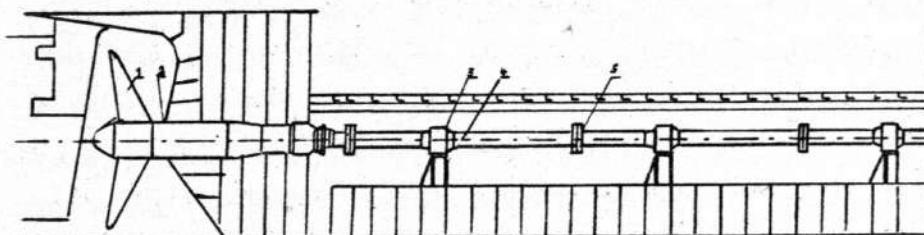


Joanna Deutsch
Eugeniusz Wojtowicz

MATERIAŁY NA OKRĘTOWE ŁOŻYSKA RUFOWE

Materiały na łożysko rufowe

Statki napędzane są różnego rodzaju silnikami poprzez wał i śrubę napędową. Długość wału, jak i łożyskowanie wału wewnątrz statku nie sprawia większego problemu /rys.1/. Natomiast łożys-

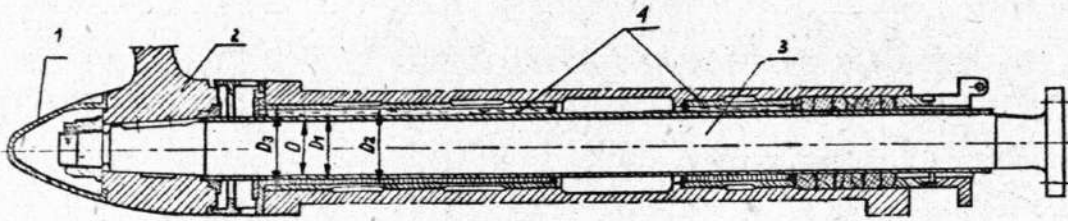


Rys. 1. Linia wału

1- śruba napędowa, 2-łożysko rufowe, 3-łożysko wału pośredniego, 4-odcinek wału, 5-sprzęgło

kowanie końcówki wału, na której umieszczona jest śruba napędowa, konstruktorom oraz eksploatacjom stwarza dużo kłopotów. Przyczyną tego zjawiska jest fakt, że łożysko pracuje w bardzo trudnych warunkach obciążeniowych i w obecności wody. W związku z tym materiał stosowany na łożysko rufowe musi być odporny na ścieranie, nasiąkliwość i powinien posiadać dużą wytrzymałość na ściskanie. Dotychczas najczęściej stosowanymi materiałami na łożysko były: gwajak, tworzywa sztuczne, guma, stopy metali i lignofol.

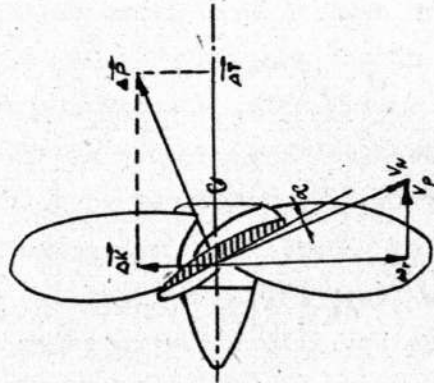
Końcowa część wału śrubowego spoczywa w dwóch łożyskach wyłożonych wykładziną z różnych materiałów /rys. 2/. łożyska te różnią się od siebie tym, że od strony przedziału maszynowego łożysko jest zwykle krótsze, natomiast od strony śruby napędowej - dłuższe, to ostatnie bowiem pracuje w bardzo trudnych



Rys. 2. Przekrój łożyska rufowego.

1-pokrywa nakrętki, 2-śruba napędowa, 3-wał śrubowy, 4-łożyska rufowe

warunkach ze względu na bezpośrednią współpracę z wodą morską. Ostatni odcinek wału zakończony jest stożkiem, na którym osadzona jest śruba napędowa wykonana najczęściej z brązu. Współczynnik sprawności śruby waha się w szerokich granicach i zależy w znacznym stopniu od doboru zasadniczych elementów śruby, od prawidłowego profilowania skrzydeł i od dokładności obróbki powierzchni. Śruba napędowa narażona jest na dość znaczne obciążenia. W związku z tym na śrubę działają siły poosiowe i promieniowe, które obciążają łożysko /rys. 3/.

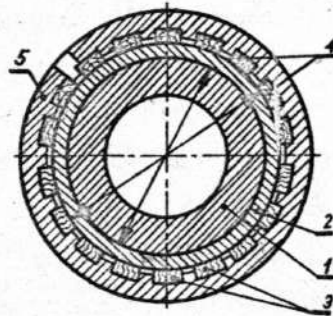


Rys. 3. Rozkład sił na śrubie napędowej

Jak widać na rysunku, w czasie pracy działa na śrubę siła hydrodynamiczna P . Rozkładając ją na składową osiową T i promieniową K , otrzymujemy odpowiedni napór śruby. Siły promieniowe zwiększają się i obciążają łożysko dodatkowo w przypadku manewrowania statkiem.

Jak już wspomniano, łożysko rufowe pracuje pod powierzchnią wody, w związku z tym jego zużycie czy uszkodzenie pociąga za sobą przestój statku, ponieważ wymiana takiego łożyska powoduje najczęściej demontaż wału, który musi odbywać się najczęściej w stoczni. Z tego też powodu materiały stosowane na łożyska muszą zapewniać niezawodność statku w czasie eksploatacji. Jak dotychczas, konstruktorzy najchętniej stosują drewno gwajakowe.

Gwajak rośnie w strefie podzwrotnikowej i odznacza się bardzo ciężkim, mocnym i żywicznym drewnem o dużej zawartości tłuszczu roślinnego i małym współczynniku tarcia. Panew łożyska gwajakowego wyłożona jest listwami uprzednio dodatkowo moczonymi w wodzie lub oleju. Konstrukcja łożyska przedstawiona jest na rys. 4.



Rys. 4. Przekrój poprzeczny z wkładkami gwajakowymi łożyska rufowego:

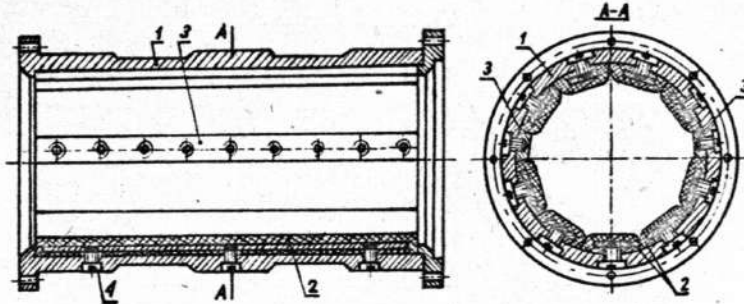
1-wał śrubowy, 2-tuleja wału śrubowego,
3-dolne wkładki gwajakowe, 4-górne wkładki gwajakowe, 5-tuleja mocująca wkładki gwajakowe.

Jak wykazały przeprowadzone badania na Politechnice Gdańskiej, łożysko gwajakowe jest odporne na ścieranie, wytrzymuje duże naciski i cechuje się małą nasiąkliwością. Na podstawie doświadczeń ustalono, że gwajak najkorzystniej pracuje wówczas, gdy średnica wału śrubowego jest rzędu powyżej \varnothing 200 mm i przy maksymalnych obrotach 225-230 na minutę. W przypadku zastosowania gwajaku w łożyskach dla wałów o średnicach poniżej \varnothing 200 mm i powyżej 225-230 obrotów na minutę, zużycie gwajaku jest wielokrotnie szybsze. Trwałość łożyska zależy również w dużej mierze od warunków eksploatacji jednostki.

Przyczynami wpływającymi na szybsze zużywanie gwajaku w trakcie eksploatacji są: niewłaściwy skok poszczególnych piór śruby napędowej, niewłaściwe wyważenie śruby napędowej, zła centryczność linii wału /niezgodność z wymogami tolerancyjnymi ustalonymi przez PRS/, duży luz tulei osadczycy powodujących drgania, duże luzy między czopem a tuleją gwajakową łożyska powodujące wybijanie klepek, węzeł drgań linii wału, mniejsza średnica wału śrubowego niż wymaga konstrukcja rufy statku.

Innym rodzajem materiału stosowanego na łożyska rufowe są tworzywa plastyczne /tekstolit/ i gumowe. łożyska z mas plastycznych znalazły zastosowanie przy budowie mniejszych jednostek, jak np. motorówki. Stwierdzono jednak, że tekstolit jest twardy i następuje szybkie zużycie czopa wału. łożyska gumowe znajdują zastosowanie przy małych średnicach wałów śrubowych do 120 mm i przy małych obrotach 320-340 obr/min. Tuleje gumowe wykonane są w specjalnych kształtach, np.: ze spiralnym rowkiem na powierzchni wewnętrznej dla przepływu wody spełniającej rolę smaru, w kształcie gwiazdy. łożyska tego typu przedstawia rys. 5. Przy dużych średnicach wałów śrubowych zamiast tulei gumowych stosuje się listwy metalowe obłożone nawulkanizowaną gumą. Kształtem przypominają one listwy gwajakowe i podobnie układa się je w tulejach. Również w małych jednostkach pływających stosuje się na łożysko-

wanie wału śrubowego stopy łożyskowe, które powinny się charak-



Rys. 5. Wykładzina gumowa łożyska rufowego.

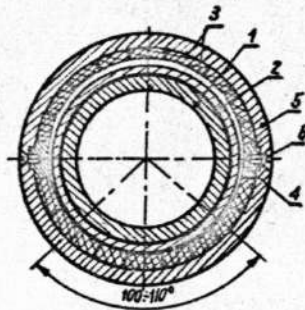
1-tuleja łożyskowa, 2-wkładka gumowa metalowa

teryzować następującymi cechami: małym współczynnikiem tarcia, nie powinny od-rywać się od tulei łożyska, powinny wytrzymywać duże naciski. Poza wymienionymi materiałami na łożyskowanie wału śrubowego stosuje się również lignofol.

Lignofol jest tworzywem drzewnym otrzymywanym przez sklejenie pod ciśnieniem na gorąco forniru o grubości od 0,1 - 1,0 mm wodoodpornym klejem bakielitowym. Wysokość zastosowanego ciśnienia decyduje o stopniu zagęszczenia drewna i ciężarze właściwym / do około $1,45 \text{ G/cm}^3$ /. Zależne od kierunku włókien w sąsiednich warstwach forniru rozróżnia się: lignofol równoległo-włóknisty, którego włókna we wszystkich warstwach mają ten sam kierunek, lignofol równoległo-włóknisty, w którym włókna co 10. warstwy mają kierunek prostopadły do pozostałych, lignofol krzyżowo-włóknisty, w którym kierunki włókien sąsiednich warstw tworzą kąt 90° , oraz lignofol gwiaździsto-włóknisty, w którym kierunki włókien sąsiednich warstw tworzą kąt $15 - 20^\circ$.

W wyniku przesylenia drewna bakielitem i znacznego zagęszczenia lignofol ma dobre własności wytrzymałościowe. Rozróżniamy dwa rodzaje lignofolu: zwykły i samosmarowny, który zawiera do 20% oleju.

Konstrukcja łożysk, których wewnętrzne powierzchnie wyłożone są wykładziną z lignofolu jest podobna do konstrukcji łożysk gwajakowych /rys. 6./.



Rys. 6. Wykładzina z lignofolu łożyska rufowego:

- 1-wał śrubowy, 2-tuleja wału śrubowego,
- 3-wkładka lignofolowa, 4-listwa ustalająca,
- 5-tuleja łożyskowa, 6-wkręt.

Przeprowadzone na Politechnice Poznańskiej i Politechnice Gdańskiej badania lignofolu pozwalają stwierdzić, że zużycie panwi lignofolowych jest podobne do zużycia panwi wykonanych ze stopów metali w przypadku ciągłej pracy. Jednak należy zaznaczyć, że lignofol podlega tutaj nasiąkliwości, co powoduje niekiedy zakleszczanie się wałów.

Jednym z ważnych zagadnień dotyczących łożyska rufowego, jest jego zużywanie się na skutek czego powstają luzy. Będą one różne dla różnych materiałów. Dla przykładu można podać, że materiały, które podlegają nasiąkliwości, teoretycznie zużywać się będą powoli, ponieważ każdy ubytek wypełniać się będzie pęcznieniem. W związku z tym przepisy PRS podają tabele dopuszczalnych luzów montażowych i dopuszczalnych luzów zużycia w zależności od średnic wału.

W tabeli 1. przedstawiono luzy montażowe dla łożysk gwajakowych, ustalone przez normy resortowe.

Tabela 1.

Średnica wału w mm	Łożysko gwajakowe luzy w mm	Zużycie, przy którym łożysko powinno być wymienione
do 100	1,40	3,00
101 - 150	1,60	3,25
151 - 200	1,80	3,50
201 - 250	2,00	3,75
251 - 300	2,20	4,00
301 - 400	2,60	4,50
401 - 500	3,00	5,00

Tabela 2.

Średnica czopa wału	L u z	
	montażowy	dopuszczalny w eksploatacji
	stop cyny	stop cyny
do 100	0,55 - 0,65	3,60
101 - 150	0,60 - 0,70	3,90
151 - 200	0,65 - 0,75	4,20
201 - 250	0,70 - 0,80	4,50
251 - 300	0,70 - 0,90	4,80
301 - 350	0,80 - 1,00	5,40
351 - 400	0,80 - 1,00	5,40
401 - 450	0,85 - 1,15	6,00
451 - 500	0,85 - 1,15	6,00

W tabeli 2. przedstawiono luzy montażowe dla łożysk wylanych stopem, ustalone przez normy resortowe. Na podstawie przeprowadzonych w Politechnice Poznańskiej w Instytucie Maszyn Roboczych badań dotyczących zużycia lignofolu możemy stwierdzić,

że zużycie to jest stosunkowo niewielkie. Uzyskane wyniki zestawiono w tabeli 3.

Tabela 3.

Orzeczenie jednostkowe	Droga tarcia w m	Srednie zużycie w U%	Srednia wartość wchłonięcia wody w N %
15	6000	0,36	1,46
	12000	1,27	3,03
	18000	1,53	3,70
20	6000	0,70	1,63
	12000	1,53	3,08
	18000	2,53	3,80
25	6000	0,82	1,9
	12000	1,88	3,10
	18000	2,70	3,90

W tabeli 3. przedstawiono zużycie panwi lignofolowych oraz wchłonięcie wody przy stałej prędkości obrotowej 500 obrotów na minutę i obciążeniu jednostkowym wynoszącym 15 kg/cm², 20 kg/cm² i 25 kg/cm².

Na podstawie przeprowadzonych badań można stwierdzić, że pęcznienie - nasiąkliwość jest stosunkowo duża w porównaniu ze zużyciem. W związku z tym może zaistnieć zakleszczenie się wału. Wystąpić to może najczęściej w przypadku postoju statku, stąd technolodzy stosując w małych jednostkach lignofol, zapewniali odpowiednio duże luzy i dlatego pęcznienie panwi lignofolowych nie powodowało zakleszczania się wałów. Stwierdzono również podczas badań, że łożyska lignofolowe nasiąkają wodą do pewnej granicy, a następnie następuje stabilizacja.

Na podstawie analizy przeprowadzonych badań można stwierdzić, a/ wykonane łożyska z odpowiednio dużymi luzami nie powodują zakleszczania się wału,

- b/ łożyska przed wykonaniem powinny być moczone do wilgotności około 15%,
- c/ najlepszym lignofolem okazał się lignofol samosmarowany gwiaździsty,
- d/ łożyska z lignofolu mogą być stosowane do niewielkich jednostek pływających,
- e/ współczynniki tarcia łożyska są bardzo małe.

B i b l i o g r a f i a

- [1] Białkowski J., Badania łożysk wału pośredniego pewnej jednostki w funkcji stanu morza i niektórych parametrów konstrukcyjnych. Praca doktorska, Politechnika Gdańska, Gdańsk 1962 r.
- [2] Cudny K., Analiza obciążeń łożysk linii wałów pewnej serii okrętów i optymalizacja konstrukcji łożyska oporowego w celu zwiększenia jego twardości. Zbiór prac nr 38, Wyższa Szkoła Marynarki Wojennej, Gdynia 1973.
- [3] Fuller D.D., Teoria i praktyka smarowania, PWT Warszawa 1960.
- [4] Korewa W., Zygmunt K., Podstawy konstrukcji maszyn, cz. II, WNT Warszawa 1969.
- [5] Krawczenko W.S., Klestow L.A., Charin A.A., Wałoprowody płastmasowych sudów, Izdatielstwo Sudostrojenije, Lenin-grad 1973.
- [6] Maciakowski R., Kochanowski M., Zajączkowski J., Analiza konstrukcji łożysk ślizgowych okrętowych linii wałków, Zeszyty Naukowe Politechniki Gdańskiej nr 138, Gdańsk 1968.
- [7] Maciakowski R., Analiza prac łożysk ślizgowych okrętowych linii wałów w świetle współczesnych metod obliczeniowych, Budownictwo Okrętowe nr 10, 1965.
- [8] Przepisy klasyfikacji i budowy statków morskich, cz. VII p. 2.9. Polski Rejestr Statków, Gdańsk 1974.