



---

**AKTYWNA OCHRONA OKRĘTOWYCH SYSTEMÓW WODNYCH  
PRZED KOROZJĄ I PORASTANIEM – PRZEGLĄD PROBLEMÓW**

**ACTIVE PROTECTION OF VESSEL SEA SYSTEMS AGAINST  
CORROSION AND FOULING – PROBLEMS OVERVIEW**

Tomasz Kaniak

Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny/  
Serwisant systemów aktywnej ochrony katodowej firmy MME  
e-mail: t.kaniak@gmail.com

Słowa kluczowe: korozja, porastanie, technologia podwodna, chłodnica zaburtowa, anoda, miedź, kingston, rurowciąg.

Keywords: corrosion, marine fouling, underwater technology, sea water, coolers, anode, copper, pipe line.

**Streszczenie**

W artykule omówiono zjawiska występujące w systemach poboru wody morskiej. Przedstawiono wybrane przypadki eksploatacyjne systemów wykorzystujących wodę morską, problematykę związaną z zabezpieczeniem tych systemów przed porastaniem i korozją, w szczególności w odniesieniu do kingstonów, rurowciągów i chłodnic zaburtowych.

**Summary**

In the article the phenomena occurring in the water uptake systems are discussed. There are presented some exploitation cases of the systems using sea water and problems related to preventing these systems against marine fouling and corrosion, particularly parts of the systems like seachests, pipes and boxcoolers.

## 1. Wprowadzenie

Problemy z korozją i porastaniem na statkach w wodach morskich dotyczą wszystkich jego zanurzonych elementów. Do takich elementów zaliczamy kingstony i chłodnice zaburtowe. Przyczyną zmniejszonej efektywności systemów wykorzystujących wodę morską jest porastanie i procesy korozyjne. Problemy te w dużej mierze zostały rozpoznane i stworzono metody walki z tego typu zagrożeniami. Dla statków morskich kluczowym aspektem jest sprawność systemów wykorzystujących wodę morską. Ze względu na charakterystykę wody morskiej są to systemy statku, w których panują sprzyjające warunki do rozwoju organizmów morskich (fauny i flory). Przestrzenie te także narażone są na intensyfikację procesów korozyjnych [1].

Okrętowe instalacje wykorzystujące wodę morską spełniają bardzo ważną rolę w prawidłowym i bezpiecznym funkcjonowaniu statku. Wodą morską chłodzone są m.in. obiegi oleju, wody słodkiej do chłodzenia silnika głównego i agregatów pomocniczych itd. Sprawność tych systemów jest więc bardzo istotna dla bezpiecznej eksploatacji siłowni okrętowych.

Poza dużą agresywnością korozyjną środowiska morskiego, kingstony narażone są na negatywny wpływ organizmów żywych rozwijających się w rejonach ich umiejscowienia. Porastanie instalacji wykorzystujących wodę morską jest bardziej intensywne w wodach przybrzeżnych, co jest spowodowane występujących w nich znaczną ilością substancji odżywczych. Do najmniejszych organizmów, jakie spotykamy należą bakterie i okrzemki, większymi organizmami są pąkle, omułki, ostrygi i mszywioty [2].



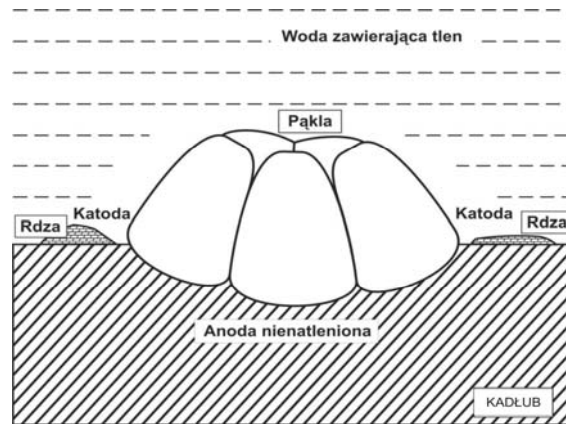
Rys. 1. Przykład intensywności porastania chłodnicy zaburtowej w obszarze Morza Północnego po 1 roku eksploatacji [źródła własne]

Skutki, jakie wywiera osadzanie się organizmów w rurociągach i na wymiennikach ciepła to [1,3]:

- obniżenie wymiany cieplnej,
- zredukowanie przepływu wody morskiej w skutek zmniejszenia przekroju,
- lokalne przegrzanie w rurkach wymienników ciepła,

- korozja metali pod wapiennymi pancerzykami pąkli.

Pierwszymi kolonizatorami powierzchni metalu są mikroorganizmy tworzą one biofilm. Warstwę zawierając komórki i produkty zewnątrzkomórkowe. Tworzy ona śluzową powłokę na powierzchni elementów. Powłoka ta sprzyja rozwojowi mikroorganizmów, a z czasem staje się idealnym podkładem do pojawienia się większych osadników fauny i flory [9].



Rys. 2. Korozja powodowana przez pąkle, [8]

Wyraźny jest związek porostania z korozją, należy więc jemu zapobiegać. Mówiąc o korozji mikrobiologicznej przede wszystkim mamy na myśli działanie bakterii, aczkolwiek niekorzystnie wpływają także glony, jak i zwierzęta np.: pąkle, przy czym zniszczenie metali powodowane jest głównie przez produkty przemiany materii np.: dwutlenek węgla, siarkowodór, amoniak oraz kwasy organiczne i nieorganiczne. Bakterie same nie powodują niszczenia metali, jednak ich produkty przemiany materii już tak np.: dwutlenek węgla, siarkowodór, amoniak oraz kwasy organiczne i nieorganiczne. Rośliny zmieniają warunki natlenienia środowiska. Organizmy żywe, takie jak grzyby i bakterie, oddziałują niekorzystnie na pokrycia malarskie. Pośrednią przyczyną jest wzrost i rozmnażanie się mikroorganizmów, co powoduje wytworzenie się rozmaitych osadów, a to z kolei obecność właśnie tych osadów sprzyja powstawaniu ogniw korozyjnych wskutek nierównomiernego dostępu tlenu do powierzchni danego metalu. Do najbardziej znanych bakterii należą bakterie żelazowe. Efektem ich przemian metabolicznych jest kwas siarkowy, który jest katalizatorem korozji żelaza. Częstym efektem działalności bakterii jest powstawanie guzłkowatych narośli – pod grubiejącą warstewką narośli tworzy się środowisko beztlenowe, co może prowadzić do powstawania ogniw korozyjnych lub rozwoju bakterii beztlenowych. Pod domkami pąkli zachodzi intensyfikacja procesów korozyjnych [8, 9].

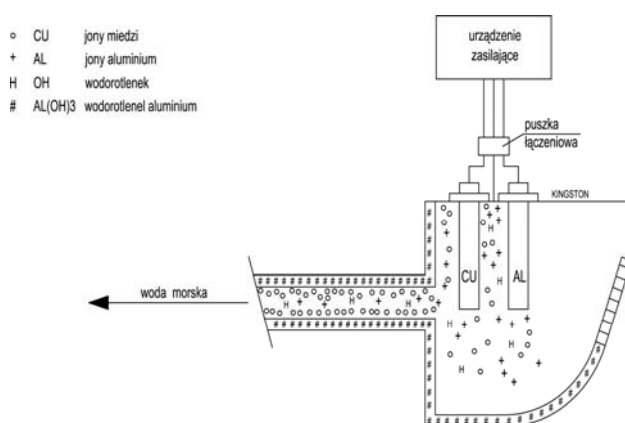
## 2. Elementy i procesy charakterystyczne dla ochrony przed porastaniem i korozją

Kingstony zazwyczaj zabezpiecza się powłokami malarskimi o zwiększonej odporności na porastanie względem powłok wykorzystywanych do zabezpieczenia kadłuba. Dodatkowo montuje się anody cynkowe lub aluminiowe, które spowalniają procesy korozyjne.

Jednym ze sposobów zapobiegania porastaniu jest: dozowanie inhibitorów, które powodują zmniejszenie szybkości korozji w wyniku zahamowania procesów anodowych lub kato-

dowych albo obu procesów jednocześnie. Najskuteczniejsze jest wykorzystywanie inhibitorów w systemach zamkniętych. Nie jest opłacalne używanie inhibitorów dla układów otwartych, np. dla zabezpieczenia kadłuba statku.

Na rys. 3. przedstawiony jest schemat działania systemu ochrony przed porastaniem i korozją instalacji wodnych. Efekt ten uzyskuje się poprzez otrzymanie odpowiedniego stężenia jonów aluminium, miedzi lub żelaza, które powstają w procesie elektrolitycznego roztworzenia anodowego. Rys. 3 przedstawia sposób wydzielania się jonów z prętów miedzianego i aluminiowego. Jony miedzi tworzą środowisko niesprzyjające rozwojowi fauny i flory morskiej, a w rezultacie chronią elementy systemu przed porastaniem organizmami żywymi. Natomiast jony aluminium tworzą warstewkę wodorotlenku aluminium na konstrukcji chronionej, tym samym spowalniając procesy korozyjne. Może dochodzić do łączenia się jonów miedzi i aluminium. Powstają wówczas związki kompleksowe, które osadzają się na powierzchni elementów zanurzonych chroniąc je przed porastaniem i częściowo przed korozją [9].



Rys. 3. Schemat systemu antyporostowego dla skrzyni zaburtowej-kingstonu [ 3,7]

Miedź jako mikroelement, jest potrzebna organizmom do prawidłowego funkcjonowania, jednakże przekroczenie dopuszczalnego jej stężenia, które jest różne dla różnych organizmów, negatywnie oddziałuje na ich procesy metaboliczne. Wzbogacenie wody morskiej w jony miedzi zmienia więc jej charakter na niesprzyjający rozwojowi organizmów żywych. Czynniki wpływające na akumulację jonów miedzi w organizmach to temperatura, pH, ilość rozpuszczonych jonów miedzi w wodzie i prędkość przepływu cieczy. Negatywnym objawem działania miedzi jest spadek wydzielania tlenu fotosyntetycznego. Jony miedzi reagują też z grupami SH białek błonowych zmieniając ich właściwości. Organizmy mogą akumulować pewną ilość jonów miedzi bez szkody dla siebie, jednakże nie są skłonne pozostawać w takim środowisku. Uzyskuje się tym samym efekt odstraszenia niepożądanych organizmów [10, 4, 5].

Przy zastosowaniu anod miedzianych do ochrony chłodnic zaburtowych, w bezpośrednim otoczeniu anody może osadzić się osad wapienny jest to proces niepożądany. Firma MME stworzyła system umożliwiający wyeliminowanie tego problemu. Instaluje się specjalne katody w pobliżu anody. Realizuje się taką ochronę poprzez zmienne napięcia na anodach i okresową chwilową zmianę polaryzacji. Dzięki takim zabiegom uzyskuje się efekt odspajania warstwy wapiennych osadów [3].

Do spowolnienia procesów korozyjnych używa się anod aluminiowych lub żelaznych. Jony aluminium łączą się z jonami OH<sup>-</sup> powstałymi podczas reakcji tlenu z wodą i wolnymi elektronami z reakcji roztworzenia aluminium. Jony tworzą wraz z jonami OH<sup>-</sup> na powierzchni elementów chronionych wodorotlenek aluminium Al(OH)<sub>3</sub> pasywujący powierzchnię elementów i chroniący je przed korozją.

Ochronę przed korozją rur ze stopów miedzi uzyskujemy się poprzez doprowadzenie do układu jonów żelaza. Można je dostarczyć poprzez roztworzenie anodowe pręta żelaza lub dawkowanie elektrolitu roztworu siarczanu żelaza [9].

### **3. Środowisko pracy systemów wodnych**

Porastanie kingstonów, rurociągów jak i chłodziw zaburtowych występuje niezależnie od obszaru pływania. Zmienia się jego intensywność w zależności od zawartości substancji odżywczych i temperatury wody zaburtowej.

W przypadku kingstonów, porastanie występuje już w samej skrzyni kingstonowej, następnie w rurociągach, filtrach wody i na końcu na wymiennikach ciepła (jeżeli woda używana jest do chłodzenia).

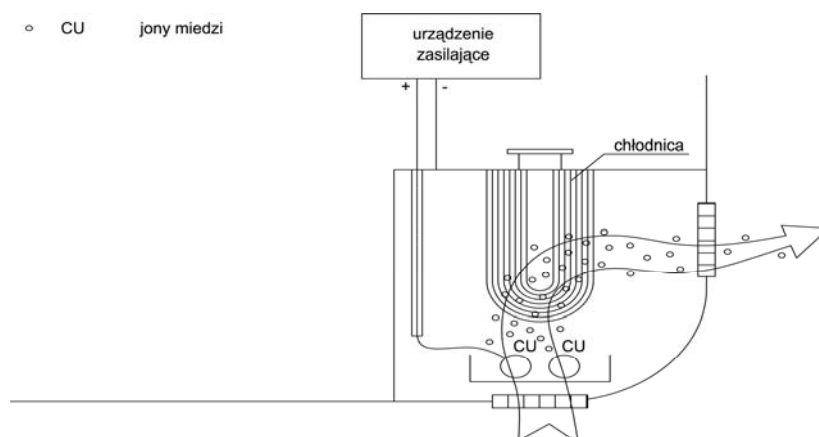
Chłodziwa zaburtowe narażone są na porastanie fauną i florą morską. Przy czym wpływ ciepła na intensywność porastania jest znaczący. Woda nagrzewa się w obszarze skrzyni zaburtowej i w ten sposób powstaje środowisko bardziej sprzyjające rozwojowi fauny i flory. Przyjmując, że temperatury wód mórz i oceanów, w regionach żeglownych, wahają się od -1°C do 33°C, różnica temperatur pomiędzy chłodziwą a wodą omywającą chłodziwo, może sięgać max 60–70°C. Temperatura wód ma wpływ na intensywność porastania. Większość roślin i zwierząt rozpatrywanych przyczyniających się do porastania konstrukcji, wykazuje intensywniejszy wzrost w wyższych temperaturach. Przykładowo pąkle wolniej rozwijają się w temperaturach poniżej 15°C, a ich rozwój jest bardzo intensywny w temperaturach 25–30 °C [5]

Woda chłodząca silnik ma temperaturę około 60–70°C, co wynika z najkorzystniejszych warunków pracy silnika. Temperaturę wody chłodzącej można przyjąć o kilka stopni niższą na chłodziwo zaburtowe, co w rezultacie daje nam temperatury rzędu 50–60°C. Teoretycznie przy takich temperaturach nie powinno zachodzić zjawisko porastania (zbyt wysoka temperatura dla organizmów występujących w toni wodnej). Należy jednak pamiętać o nierównomierności wymiany ciepła ze względu na przepływ. Temperatura chłodziwa zależna jest także od chwilowej mocy silnika wykorzystywanej w danym momencie – przykładowo: dla statków podczas postoju, pracują tylko agregat, co daje niewiele ciepła odpadowego. W warunkach eksploatacyjnych możemy zaobserwować intensywne porastanie chłodziw zaburtowych.

Temperatura wody zaburtowej ma znikomą wpływ na sprawność systemu antyporostowego. Czynnikiem decydującym o sprawności systemu jest zasolenie wody i prędkość przepływu czynnika [7].

### **4. Metody zapobiegania porastania i korozji chłodziw zaburtowych i kingstonów**

Ochronę kingstonów i chłodziw zaburtowych przed porastaniem uzyskuje się poprzez dawkowanie jonów miedzi. Jony te uwalniane są cylindrycznych prętów miedzianych o zawartości miedzi 99,9%, uzyskiwanej procesie elektrolitycznym. Do prętów miedzianych jest doprowadzany prąd stały, w ten sposób pręt miedziany roztwarza się w procesie elektrolizy, wydzielając jony miedzi. Wartość prądu ustala się na podstawie przepływu, gabarytów chronionej przestrzeni i regionów pływania. W wyniku zużycia anody wzrasta napięcie podawane na anodę, co wynika ze zmniejszenia powierzchni anody.



Rys. 4. Schemat działania systemu przeciwporostowego [ 3,7]

Urządzenie Ionpac firmy Gefico wykorzystuje powyższą zasadę do wstępnej zjonizowania wody morskiej. W ten sposób można realizować ochronę rurociągów poprzez wstępne roztwarzanie anody miedzianej w zbiorniku przygotowawczym. Woda przepływająca przez zbiornik jest wzbogacana jonami miedzi i dalej wprowadzana jest do układu, który zabezpieczony jest przed porastaniem.

Innym sposobem, już rzadziej stosowanym, jest wprowadzanie do przestrzeni chłodnic, rurociągów lub kingstonów substancji chemicznych. Realizuje się to poprzez rurki dozujące i układ dozujący wstrzykujący chemikalia w ilości ustalonej zależnie od zapotrzebowania.

Kolejnym, nowatorskim podejściem do kwestii porastania chłodnic zaburtowych jest propozycja firmy Nord Heat – woda podgrzewana jest takiej temperatury, która zabija wszelkie formy życia. Instalacja podgrzewająca jest integralną częścią chłodnicy zaburtowej i chroni jedynie ją.

## Literatura

- [1] Bim J., *Ochrona przed korozją i porastaniem okrętowych instalacji chłodzącej wody morskiej*, Centrum Techniki Okretowej, Gdansk, wrzesień 1993.
- [2] Stankiewicz A., Malinowski Sz., *Rekomendowany przez Instytut Morski system galwanicznej ochrony katodowej w obiegach morskiej wody chłodzącej okrętowych wymienników ciepła*, XXIV Konwersatorium Korozji Morskiej, 17-19.09.2001, Instytut Morski w Gdańsku, Zakład Korozji Morskiej, Gdańsk 2011.
- [3] Materiały reklamowe firm Material Metingen Europe.
- [4] Antifouling Copper Anode Bibliographic Data: CN201793746 (U) – 2011.04.13.
- [5] Copper Alloy for Preventing Fouling of Marine Life Bibliographic Data: JP61235527 (A) – 1986.10.20.
- [6] <http://www.heatnord.de>
- [7] <http://www.gea-bloksma.com/Principles.388.0.html>
- [8] Baszkiewicz J., Kamiński M., *Podstawy korozji materiałów*, Oficyna Wydawnicza Politechniki Warszawskiej, Warszawa 1997.
- [9] Domański J., Cieślak J., Borowski S., *Biofouling statków i sposoby jego zwalczania*, „Ochrona Przed Korozją” 2011, vol. 54, nr 11, s. 622–626.
- [10] Baszucki P., *Wpływ preparatów antyglonowych na wybrane grupy roślin wodnych*, Uniwersytet Wrocławski, Wydział Nauk Przyrodniczych Biologia, Wrocław, s. 13–16.