

Jarosław CHMIEL, Jacek TROJANOWSKI
Akademia Morska, Szczecin

BADANIA ZUŻYCIA KADŁUBA ŚRÓDLĄDOWEJ JEDNOSTKI PŁYWAJĄCEJ

Słowa kluczowe

Korozja, erozja, kadłub, żegluga śródlądowa.

Streszczenie

W pracy przedstawiono wyniki badań poeksploatacyjnych blach stalowych poszycia kadłuba jednostki użytkowanej przez 30 lat w rejonie ujścia Odry. Stwierdzono znaczne zróżnicowanie intensywności zużycia korozyjnego i erozyjnego blach poszycia w zależności od ich położenia. Oceniono wpływ czynników eksploatacyjnych, przypisując podstawowe znaczenie takim grupom czynników jak narażenie określonych partii kadłuba na uszkodzenia mechaniczne oraz położenie względem głównych elementów układu napędowego jednostki.

1. Charakterystyka warunków eksploatacji i obiektu badań

Odra, której źródła znajdują się na terenie Republiki Czeskiej, jako rzeka graniczna płynąca między terytoriami Polski i Niemiec przyjmuje zanieczyszczenia z obszarów tych państw. Badania wód rzeki, prowadzone na przestrzeni ostatnich kilkunastu lat wykazują systematyczną poprawę jej jakości, szczególnie w górnym jej odcinku. Jest to bez wątpienia zasługą porządkowania gospodarki ściekowej. W obrębie miasta Szczecina widoczne jest pogorszenie czystości wód, spowodowane zbyt dużym obciążeniem ściekami. Jezioro Dąbie jest naturalnym zbiornikiem nieczystości komunalnych i przemysłowych spływają-

cych m.in. z Dąbia, Załomia, Śmierdnicy, Jezierzyc, Wielgowa i Sławociesza, a w okresie eksploatacji jednostki na jego akwenie nie były prowadzone prace pogłębiarskie. Woda zasobna jest w związku fosforu. W okresie letnim zawartość tlenu obniża się radykalnie poniżej $2 \text{ mg O}_2/\text{dm}^3$. Fermentacja osadów dennych powoduje ponadto wydzielanie się metanu i siarkowodoru [1, 2].

Badania składu chemicznego osadów dennych Jeziora Dąbie oraz wody unoszącej się bezpośrednio nad dnem wykazały przekroczenie dopuszczalnych zawartości metali ciężkich i wielopierścieniowych węglowodorów aromatycznych. Zawartość rtęci przekroczyła 1,6-krotnie dopuszczalną wartość. Muliste osady posiadają odczyn lekko kwaśny do zasadowego. Zawartość materii organicznej mieści się w granicach 10% do 24% [1, 2]. Płytkie wody śródlądowe można zatem uznać za środowisko, w którym występują zjawiska typowe dla korozji w wodzie jak i w glebie [3].

Obiektem badań była jednostka śródlądowa o długości 15,05 m, szerokości 3,10 m i zanurzeniu 0,75 m, użytkowana jako statek patrolowy i inspekcyjny administracji żeglugowej na śródlądowych akwenach szczecińskich w niewielkich odległościach od samego Szczecina. Akweny te, to przede wszystkim Odra Zachodnia, Regalica i Jezioro Dąbie.

2. Specyfika konstrukcyjna kadłubów jednostek śródlądowych

W przeciwieństwie do statków morskich, których kadłuby mają kształt zasadniczo wynikający funkcji jednostki i założonych parametrów eksploatacyjnych, kadłuby jednostek śródlądowych projektowane są pod kątem uzyskania możliwości realizacji podróży na akwenach o bardzo zmiennych warunkach nawigacyjnych, w szczególności charakteryzujących się małą głębokością. Wynika z tego podstawowa konieczność uzyskania małego zanurzenia jednostki, przy równocześnie możliwie dużej tzw. pełnotliwości kadłuba. W rezultacie dla kadłubów jednostek śródlądowych charakterystyczne jest występowanie znacznych powierzchni poszycia dennego o stosunkowo małej krzywiznie, tzn. jednostki te są w znacznym stopniu płaskodenne.

Typowa dla jednostek śródlądowych jest znacznie mniejsza, niż w przypadku jednostek morskich, grubość blach poszycia kadłuba. Wynika to z konieczności minimalizacji masy kadłuba, przy możliwości jednoczesnego uwzględnienia znacznie mniejszych, niż w przypadku statków morskich, naprężeń wywołanych falowaniem. Mniejsza grubość blach czyni je jednak wrażliwymi na działanie karbów wywołanych uszkodzeniami mechanicznymi lub korozją o charakterze wżerowym.

Specyficzną cechą jednostek śródlądowych, wynikającą z dążenia do minimalizacji zanurzenia, jest również stosowanie pędników śrubowych o stosunkowo małej średnicy i znacznej liczbie obrotów, przy czym częste jest umieszczanie ich pod stosunkowo płaską częścią kadłuba jednostki. Śruby takie wywo-

lują znacznie intensywniejsze zjawiska erozyjno-kawitacyjne niż wolnoobrotowe śruby statków morskich. Ze względu na zamulenie wody, wywołane podniesieniem cząstek stałych z dna, zjawiska te są dodatkowo wspomagane przez oddziaływania abrazyjne [4, 5].

3. Charakterystyka zniszczeń korozyjnych blach kadłuba

Kadłub jednostki spawany jest z blach stalowych odpowiadających gatunkom St3S i 18G2, przy czym stal o podwyższonej wytrzymałości stosowana jest w rejonie pokładu. Za dominujący typ korozji na zewnętrznych powierzchniach blach poszycia uważa się korozję tlenkową i wodorotlenkową żelaza o charakterze wżerowym. Zaobserwowano trzy charakterystyczne formy zniszczeń korozyjnych na zewnętrznej powierzchni kadłuba.

W części dziobowej poszycia oraz na poszyciu burt poniżej linii wodnej (rys. 1) przeważają duże, stosunkowo rzadko rozmieszczone ubytki o średnicy dochodzącej do 50 mm i głębokości ok. 2 mm. Z reguły ubytki te rozwijają się w miejscach mechanicznych uszkodzeń powłoki malarskiej, gdzie dochodzi do bezpośredniego kontaktu blach z wodą (rys. 2).

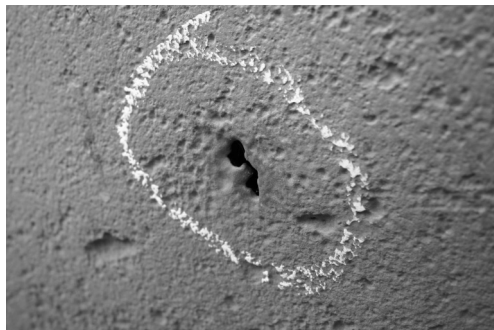


Rys. 1. Ubytki korozyjne poszycia burty



Rys. 2. Ubytki na poszyciu burt

W skrajnych przypadkach podczas oczyszczania kadłuba przez piaskowanie dochodziło do perforacji blach (rys. 3). Za jedną z przyczyn takiego rozwoju uszkodzeń uznać należy porastanie kadłuba, które jest czynnikiem sprzyjającym mikrouszkodzeniom powierzchni ochronnych poszycia. Naprawy powłok malarских i konserwacje kadłuba jednostki wykonywane były bardzo oszczędnie i wyłącznie w czasie wydokowania jednostki, spowodowanego poważniejszymi uszkodzeniami, takimi jak perforacja blach poszycia.



Rys. 3. Perforacja poszycia burty

Na pawęży, poniżej linii wodnej, występuje ciągły obszar stosunkowo niewielkich ubytków o średnicy rzędu 10 mm i głębokości do 2 mm. Taki charakter zniszczeń związany jest ze specyficznymi warunkami opływu rufy pawężowej, intensywnym mieszaniem i znacznym napowietrzeniem wody w tym obszarze (rys. 4).



Rys. 4. Uszkodzenia korozyjne pawęży

Sz szczególnie intensywna korozja, prowadząca do perforacji blach występowała w rejonie odbojnicy rurowej (rys. 5). Odbojnica ta jest spawana do kadłuba na wysokości pokładu. Jest to miejsce szczególnie narażone na uszkodzenia

podczas wykonywania manewrów dobijania do nabrzeży, a co za tym idzie narażone na korozję naprężeniową (rys. 6). Połączenie działania wody spływającej z pokładu, kondensacji pary wodnej wewnątrz odbojnicy oraz praktyczny brak zabezpieczeń antykorozyjnych wewnątrz, przy równoczesnym występowaniu odkształceń sprężystych i plastycznych sprawiły, że niszczenie korozyjne w tym obszarze przebiegało szczególnie intensywnie.



Rys. 5. Perforacja poszycia pod odbojnicą



Rys. 6. Uszkodzenia odbojnicy

Niszczenie wewnętrznej powierzchni blach kadłuba (rys. 7) związane jest głównie z:

- kondensacją pary wodnej na wewnętrznej powierzchni kadłuba poniżej linii wodnej,
- zastojami zanieczyszczonych wód zęzowych na poszyciu pomiędzy elementami zładu, tj. wręgami i podłużnicami (rys. 8),
- zaciekaniem wody z nieszczelności nadbudówek,
- mechanicznymi uszkodzeniami powłok malarskich wewnętrznej strony blach.



Rys. 7. Korozja wewnętrznej powierzchni burt

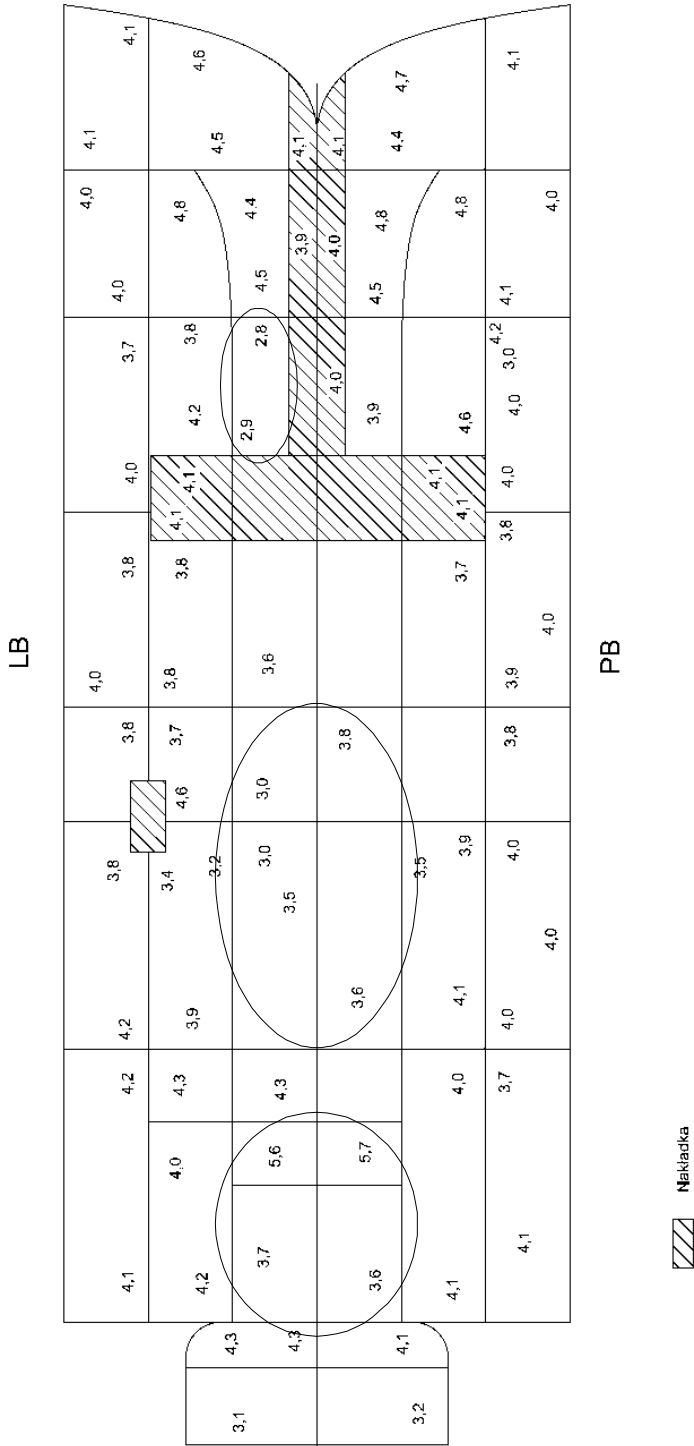


Rys. 8. Zniszczenia korozyjne wręgów i dna

4. Badania zmian grubości blach poszycia

Za interesujący parametr charakteryzujący zużycie uznano zmiany grubości blach kadłuba, które nastąpiły w okresie eksploatacji. Należy zaznaczyć, że w okresie tym dokonywano spradycznych napraw części poszycia. Naprawy te polegały na wspawaniu nakładek w miejscach, w których groziła przedwczesna perforacja kadłuba (rys. 2 i rys. 9). Pomiary grubości blach wykonano grubościomierzem ultradźwiękowym. Schematyczne zestawienie wyników pomiarów grubości burt i poszycia dna przedstawiono na rys. 9.

Zwracają uwagę trzy strefy, w których blachy poszycia wykazują znaczne zmniejszenie grubości. W strefie I – oddziaływania strumienia zaśrubowego występuje przyspieszone zużycie powierzchni zewnętrznych blach, związane z abrazyjnym oddziaływaniem wody zawierającej cząstki stałe z osadów dennych. Interesująca jest strefa II, która znajduje się bezpośrednio pod silnikiem jednostki. Zwraca uwagę fakt, że silnik jednostki posadowiony jest bez użycia podkładek wibroizolacyjnych, co sprzyja przenoszeniu się drgań na blachy poszycia. Dlatego też uznano, że zużycie w tej strefie przebiega wg mechanizmu korozji zmęczeniowej.



Rys. 9. Zestawienie wyników pomiarów grubości poszycia burt i dna. Zaznaczono miejsca napraw poszycia i strefy zużycia przyspieszonego

Strefa III, najbliższej dziobu, w przeciwieństwie do stref I i II, położona jest asymetrycznie względem osi kadłuba. Analiza konstrukcji jednostki oraz wyników inwentaryzacji przednaprawczej wskazuje, że w strefie III następowało gromadzenie się wody opadowej spływającej do zęzy przez nieszczelności okien nadbudówki oraz przecieków z węzła sanitarnego. Uszkodzenia ze strefy III przedstawiono również na Rys. 8.

Podsumowanie

Zużycie korozyjne blach kadłuba jednostki śródlądowej zależne jest od kilku grup czynników. Na zewnętrznych powierzchniach kadłuba, czynnikami decydującymi o rozwoju zniszczeń korozyjnych są mikrouszkodzenia powłok malarskich w wyniku porastania kadłuba oraz niewielkie uszkodzenia natury mechanicznej. Zauważyć należy, że uszkodzenia te są łatwe do zaobserwowania i naprawiane są podczas remontów bieżących, co skutecznie ogranicza ich dalszy rozwój.

Znacznie bardziej niebezpieczne, w świetle zebranego materiału, wydają się być zniszczenia rozwijające się na wewnętrznych powierzchniach blach poszycia i elementach zładu kadłuba oraz w przestrzeniach zamkniętych. Zniszczenia te rozwijają się w sposób niekontrolowany, niejednokrotnie aż do wystąpienia perforacji kadłuba. Fakt ich występowania może zostać stwierdzony dopiero podczas remontów średnich lub kapitalnych. Uszkodzenia te mogą wówczas osiągnąć taki stopień rozwoju, który wymusi konieczność wymiany fragmentów poszycia jednostki oraz elementów zładu. W ekstremalnych warunkach uszkodzenia te mogą doprowadzić do utraty pływalności jednostki.

W obrębie wnętrza kadłuba agresywnym szczególnie środowiskiem korozyjnym są wody zęzowe. Ich korozyjne działanie wspomagane jest przez zjawiska zmęczenia korozyjnego blach poszycia, w rejonach o szczególnie dużym natężeniu wibracji wytwarzanych przez zespoły napędowe. Jak jednak wskazuje praktyka, zjawiska te nie są należycie doceniane przez armatorów i załogi jednostek śródlądowych.

Bibliografia

1. Raport o stanie miasta Szczecina za rok 2004.
2. Materiały Regionalnego Zarządu Gospodarki Wodnej w Szczecinie (niepublikowane).
3. Bayliss D.A., Deacon D.H.: *Steelwork Corrosion Control*. Spon Press, London and New York, 2002.
4. Levy, A.V., Crook, P.: Erosion properties of alloys for the chemical processing industries. *Wear*, v 151, n 2, Dec 20, 1991, p. 337–350.

5. Wang, M.C., Ren, S.Z., Wang, X.B., Li, S.Z.: Study of sand slurry erosion of W-alloy white cast irons. *Wear*, v. 160, n. 2, Feb 1, 1993, p. 259–264.

Recenzent:
Tadeusz J. CHMIELNIAK

Wear investigations of an inland vessel's hull

Summary

The work presents the results of post exploitation examination of steel hull sheets of a vessel having operated in the mouth of the Odra River for 30 years. It has been found that the intensity of corrosive and erosive wear of the sheets largely depends upon their localization in the hull. The influence of different exploitation factors has been assessed, whereby exposition a particular parts of the hull to mechanical damages as well as their localization to main elements of the vessel's power system have been found to contribute mostly to the wear effects in question.

