

Krajowe i międzynarodowe standardy naprawy statków

National and international standards for ship repair

Streszczenie

W artykule przedstawiono ogólne wymagania dotyczące standardów napraw w odniesieniu do uszkodzonych jednostek pływających na skutek kolizji, zużycia korozyjnego itp., celem przywrócenia pierwotnego stanu konstrukcji. Z uwagi na zbieżność wymagań zawartych w przepisach Międzynarodowego Stowarzyszenia Towarzystw Klasyfikacyjnych (IACS) i Polskiego Rejestru Statków S.A., wymagania odnośnie do materiałów, spawania i standardu jakości napraw przedstawiono w oparciu o publikację informacyjną nr 16/I PRS S.A.

Abstract

The paper presents the general requirements for standards for repair of damaged vessels as a result of the collision, corrosive wear, etc., in order to restore the original state of the structure. Due to the convergence of the requirements contained in the provisions of the International Association of Classification Societies (IACS) and the Polish Register of Shipping, the requirements for materials, welding and repair quality standards are based on information publications No. 16/I PRS S.A.

Międzynarodowe Stowarzyszenie Towarzystw Klasyfikacyjnych (IACS)

Międzynarodowe Stowarzyszenie Towarzystw Klasyfikacyjnych (IACS) jest organizacją składającą się z trzynastu morskich towarzystw klasyfikacyjnych z siedzibą w Londynie [7]. IACS jest organizacją pozarządową, lecz odgrywa znaczącą rolę w Międzynarodowej Organizacji Morskiej (IMO), która zapewnia pomoc techniczną i doradztwo oraz rozwija ujednolicone interpretacje międzynarodowych przepisów ustawowych, opracowywanych przez państwa członkowskie IMO.

IACS ma status doradcy przy Organizacji Morskiej i jest tylko organizacją pozarządową ze statusem obserwatora, który opracowuje i stosuje przepisy techniczne, będące odbiciem celów zawartych w ramach konwencji IMO. Związek pomiędzy międzynarodowymi przepisami morskimi, opracowanymi przez IMO i wymaganiami reguł klasyfikacyjnych statku dotyczących konstrukcji kadłuba i głównych systemów inżynierskich, jest skodyfikowany w Międzynarodowej Konwencji o Bezpieczeństwie Życia na Morzu (SOLAS).

Towarzystwa klasyfikacyjne promują „bezpieczeństwo morskie” i zajmują się głównie klasyfikacją jednostek pływających, mają swoje placówki

i przedstawicielstwa w najważniejszych portach na całym świecie, zatrudniając przy tym wysokiej klasy inspektorów i rzeczoznawców. Nadzór nad nowo budowaną jednostką sprawowanych jest dwuetapowy: zatwierdzenie dokumentacji i przegląd zasadniczy.

Jednostki pływające poddawane są przeglądom konwencyjnym oraz klasyfikacyjnym poprzez przeglądy roczne, pośrednie i w celu odnowienia klasy.

Międzynarodowe Stowarzyszenie Towarzystw Klasyfikacyjnych powstało 11 września 1968 r. w Hamburgu. Swoim zasięgiem i standardami klasyfikacyjnymi obejmuje ponad 90% światowego tonażu statków.

Do najważniejszych towarzystw klasyfikacyjnych należy zaliczyć: Lloyd's Register of Shipping LR; Bureau Veritas BV; Registro Italiano Navale RINA; American Bureau of Shipping ABS; Det Norske Veritas DNV; Germanischer Lloyd GL; Nippon Kaiji Kyokai NKK; Rosyjski Morski Rejestr Nawigacyjny RS; Hellenic Register of Shipping HR; Polski Rejestr Statków PRS; China Classification Society CCS i Korean Register of Shipping KR.

Polski Rejestr Statków został przyjęty do Międzynarodowego Stowarzyszenia Towarzystw Klasyfikacyjnych (IACS) w 1970 r. Dzięki temu w 1971 r. PRS został wpisany do klauzuli ubezpieczeniowej Ubezpieczycieli Londyńskich, co oznaczało stosowanie wobec statków z klasą PRS oraz przewożonych na nich towarów najkorzystniejszych stawek ubezpieczeniowych. Członkostwo w IACS spowodowało włączenie

Dr inż. Ryszard Pakos – Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny w Szczecinie.

PRS w prace naukowo-badawcze prowadzone przez instytucje stowarzyszone, dostęp do ich wyników oraz możliwość poznawania stosowanej na świecie metodologii postępowania nadzorczego. Pod koniec 2000 r. na skutek niespełnienia kryterium tonażu klasyfikowanej floty i ostrej walki konkurencyjnej na rynku międzynarodowym PRS został wykreślony z listy członków IACS, do której ponownie powrócił w czerwcu 2011 r., co zbiegło się z jubileuszem 75-lecia firmy.

Typowe przyczyny napraw

Najczęstszą przyczyną napraw jednostek pływających pływających są ich uszkodzenia na skutek kolizji bądź korozji spowodowanej agresywnym środowiskiem, w jakich eksploatowane są statki morskie i śródlądowe. Ubytki korozyjne pociągają za sobą duże straty wynikające z konieczności [5, 6]:

- zwiększenia grubości elementów konstrukcyjnych na nowych statkach ponad wartości wymagane względami wytrzymałościowymi, co powoduje zmniejszenie nośności statku;
- wymiany elementów konstrukcyjnych o przekroczonej grubości – na jednostkach w eksploatacji.

Aktywność korozyjna wody morskiej zależy od stopnia jej zasolenia, składu chemicznego i temperatury [5].

Na rysunkach 1÷4 przedstawiono przyczyny uszkodzeń jednostek pływających.



Rys. 1. Uszkodzenie rufy statku w wyniku kolizji
Fig. 1. Damage to the stern of the ship as a result of collision



Rys. 2. Uszkodzenie dziobu (forepik i nadburcie)
Fig. 2. Damage to the bow (forepeak and bulwarks)



Rys. 3. Odbudowa (przebudowa) dziobu barki
Fig. 3. Reconstruction of barge bow



Rys. 4. Wymiana poszycia dennego. Naprawa usztywnień rampy rufowej
Fig. 4. Replacing the hull bottom. Repair of stiffening stern ramp

Standardy napraw [1]

Wytyczne zawarte w publikacji informacyjnej nr 16/I Polskiego Rejestru Statków są spójne i odpowiadają wymaganiom zawartym w materiałach IACS [2], stąd też standardy napraw statków przedstawiono w oparciu o materiały PRS S.A. Przywołana publikacja obejmuje typowe naprawy oraz zawiera wytyczne dotyczące standardów najważniejszych rodzajów tych napraw. Tam, gdzie nie podano dodatkowych wymagań, poziom wykonawstwa przedstawiony w publikacji może być taki sam, jak wymagany w stosunku do wiązarów i usztywnień konstrukcji oryginalnej. Dla krytycznych ze względu na wytrzymałość miejsc kadłuba i tam, gdzie występują wysokie obciążenia, wymagane są bardziej surowe standardy wykonawstwa, które powinny być w każdym przypadku uzgodnione z PRS.

Materiały

Wymagania dotyczące materiałów stosowanych w naprawach są takie same, jak wymagania dotyczące materiałów dla nowych budów [3]. Powinny być one tej samej kategorii jak zatwierdzony materiał pierwotny. Alternatywnie mogą zostać zaakceptowane przez PRS materiały, spełniające uznane normy międzynarodowe lub krajowe, jeśli wymagania tych norm zapewniają równoważność w stosunku do wymagań dotyczących kategorii pierwotnej lub zostały uzgodnione z PRS. Ocena równoważności kategorii materiałów powinna

obejmować co najmniej następujące aspekty: obróbka cieplna (stan dostawy), skład chemiczny, właściwości mechaniczne i tolerancje.

W tabelicy I przedstawiono wymagania dotyczące oceny równoważności kategorii stali, natomiast w tabelicy II podano wytyczne doboru kategorii stali zgodnie z określonymi, uznanymi normami w porównaniu z kategoriami stali kadłubowych podanymi w przepisach PRS.

Przy doborze porównywalnych kategorii stali wg tej tabelicy należy uwzględnić wymagania podane w tabelicy I oraz wymagania dotyczące wymiarów wyrobu przedstawione w przepisach PRS.

Tablica I. Minimalny zakres i wymagania do oceny równoważności kategorii stali normalnych lub stali kadłubowych o zwykłej lub podwyższonej wytrzymałości [1]

Table I. Minimum range and requirements for assessing the equivalence of the category of normal steel or hull steel with normal or high strength [1]

Właściwości	Wymagania	Uwagi
Skład chemiczny	Zawartość: – C – równa lub niższa – P i S – równa lub niższa – Mn – w przybliżeniu taka sama, lecz nieprzekraczająca 1,6% – pierwiastki rozdrabniające ziarno – w tej samej ilości Wymagane jest stosowanie odtleniania	Suma Cu, Ni, Cr i Mo nie powinna przekraczać 0,8%
Właściwości mechaniczne	– wytrzymałość na rozciąganie – równa lub wyższa – granica plastyczności – równa lub wyższa – wydłużenie po rozerwaniu – równe lub wyższe – praca łamania – równa lub wyższa przy tej samej lub niższej temperaturze	Granica plastyczności nie powinna przekraczać wymagań minimalnych zawartych w przepisach PRS o więcej niż 80 MPa
Stan dostawy	Taki sam lub lepszy	Obróbka cieplna w następującej kolejności: – stan surowy (AR) – walcowanie regulowane (CR) – normalizowanie (N) – walcowanie cieplno-mechaniczne (TM) ¹⁾ – ulepszanie cieplne (QT) ¹⁾ ¹⁾ Stale walcowane cieplno-mechanicznie i stale ulepszone cieplnie nie są odpowiednie do formowania na gorąco.
Tolerancje	Takie same lub ostrzejsze	Dopuszczalna tolerancja zmniejszenia grubości: – płyty: 0,3 mm – kształtowniki: zgodnie z uznanymi normami

Tablica II. Kategorie stali porównywalnych z kategoriami stali kadłubowych o normalnej i podwyższonej wytrzymałości [1]

Table II. Categories comparable with the categories of hull steel with normal and high strength [1]

Kategoria	Kategorie stali wg przepisów PRS						Porównywalne kategorie stali				
	Granica plastyczności R_{eH} , min., MPa	Wytrzymałość na rozciąganie R_m , MPa	Wydłużenie po rozerwaniu A_{min} , %	Próba łamania		Temp. °C	ISO 630-80 4950/2/3 1981	EN EN 10025-93 EN 10113-93	ASTM A 131	JIS G3106	
				L	T						
A	235	400 - 520	22		+20		Fe 360B	S235JRG2	A	SM41B	
B					0	27	20	Fe 360C	S235J0	B	SM41B
D					-20	27	20	Fe 360D	S235J2G3	D	(SM41C)
E					-40	27	20	-	S275NL/ML	E	-
AH32					0			-	-	AH32	SM50B
DH32	315	440-570	22		-20	31	22	-	-	DH32	(SM50C)
EH3 2					-40			-	-	EH32	-
AH36					0			Fe510C	S355NM	AH36	SM53B
DH 36	355	490-630	21		-20	34	24	Fe510D	S355NM	DH36	(SM53C)
EH 36					-40			E355E	S355NL/ML	EH36	-
AH 40					0			E390CC	S420N/M	AH40	(SM58)
DH 40	390	510-660	20		-20	41	27	E390DD	S420N/M	DH40	-
EH 40					-40			E390E	S420NL/ML	EH40	-

Ogólne wymagania dotyczące spawania

Warunki dotyczące podgrzewania wstępnego należy określać na podstawie składu chemicznego materiałów w zależności od procesu i technologii spawania oraz stopnia sztywności złącza.

Przy temperaturze otoczenia poniżej 0°C należy stosować podgrzewanie wstępne do temperatury min. 50°C. W każdym przypadku należy zapewnić osuszenie strefy spawanej.

W tablicy III podano wytyczne dotyczące temperatury podgrzewania wstępnego dla stali o podwyższonej wytrzymałości. W przypadku stosowania procesu spawania automatycznego o zwiększonej ilości ciepła wprowadzanego, wartość temperatury można zmniejszyć o 50°C. Natomiast przy ponownym spawaniu lub naprawie spoin podane wartości należy zwiększyć o 25°C.

Spawanie poszycia kadłuba poniżej linii wodnej statków znajdujących się na wodzie dopuszczalne jest tylko dla stali o zwykłej i podwyższonej wytrzymałości dla granicy plastyczności nie większej niż 355 MPa i tylko w przypadku napraw miejscowych. Technologia spawania dotycząca innych stali o podwyższonej wytrzymałości lub w przypadku poważniejszych napraw poniżej linii wodnej podlega osobnemu rozpatrzeniu i uzgodnieniu przez PRS.

Spawanie poszycia kadłuba poniżej linii wodnej należy przeprowadzić z zastosowaniem elektrod lub procesów niskowodorowych. Elektrody niskowodorowe otulone, stosowane do spawania ręcznego, należy odpowiednio wysuszyć przed spawaniem w celu zminimalizowania zawartości wodoru w stopiwie.

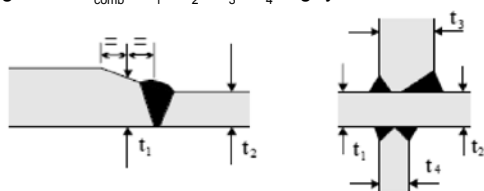
Tablica III. Temperatura podgrzewania wstępnego [1]
Table III. Temperature of preheating [1]

Równoważnik węgla ¹⁾	Zalecana minimalna temperatura podgrzewania wstępnego, °C		
	$t_{\text{comb}} \leq 50 \text{ mm}^2$	$50 \text{ mm} < t_{\text{comb}} \leq 70 \text{ mm}^2$	$t_{\text{comb}} > 70 \text{ mm}^2$
CEV ≤ 0,39	-	-	50
CEV ≤ 0,41	-	-	75
CEV ≤ 0,43	-	50	100
CEV ≤ 0,45	50	100	125
CEV ≤ 0,47	100	125	150
CEV ≤ 0,50	125	150	175

Uwagi:

$$1) \text{ CEV} = C + \frac{\text{Mn}}{6} + \frac{\text{Cr} + \text{Mo} + \text{V}}{5} + \frac{\text{Ni} + \text{Cu}}{15}, [\%]$$

2) suma grubości $t_{\text{comb}} = t_1 + t_2 + t_3 + t_4$, wg rysunków:

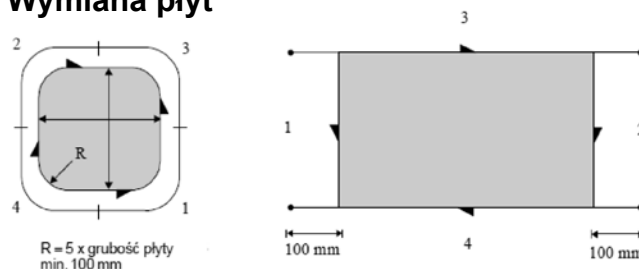


W celu osuszenia i zmniejszenia szybkości stygnięcia, konstrukcja powinna być przed spawaniem podgrzewana wstępnie palnikiem lub podobnym urządzeniem do temperatury min. 5°C lub podanej w technologii spawania.

Standardy jakości napraw

Zalecenia dotyczące wymiany płyt, elementów wewnętrznych, zakończenia nakładek, napawania węzłów korozyjnych oraz napraw pęknięć metodą spawania przedstawiono na rysunkach 5÷12 oraz w tablicach IV÷VIII.

Wymiana płyt



Rys. 5. Kolejność spawania wstawek [1]

Fig. 5. Inserts welding sequence [1]

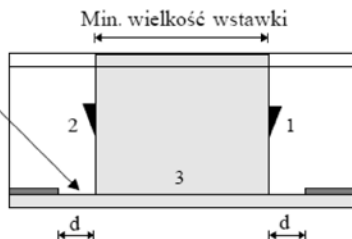
Tablica IV. Zalecenia przy wymianie płyt. [1]

Table IV. Recommendations for plates replacement [1]

Parametr	Standard	Wartość graniczna	Uwagi
Wymiary wstawki	Min. 300 x 300 mm, R = 5 x grubość blachy. Wstawki okrągłe: $D_{\text{min}} = 200 \text{ mm}$	Min. 200 x 200 mm min. R = 100 mm	
Kategoria materiału	Taka sama jak oryginalna lub wyższej kategorii		Patrz: materiały w naprawach
Przygotowanie krawędzi do spawania	Jak dla nowych konstrukcji		Przy niezgodności należy zwiększyć liczbę badań nieniszczących
Kolejność spawania	Patrz rys. 5. Kolejność spawania: 1 → 2 → 3 → 4		Dla wiązań głównych kolejność 1 i 2, poprzecznie do kierunku naprężenia głównego
Przesunięcie elementów	Jak w przypadku nowych budów		
Wykończenie spoin	Przepisy i publikacje PRS (p. materiały związane, poz. [3] i [4])		
Badania nieniszczące	Przepisy i publikacje PRS (p. materiały związane, poz. [3] i [4])		

Wymiana elementów wewnętrznych/usztywnień

Przed spawaniem usunąć spoinę pachwinową na długości wstawki oraz obu końców i dodatkowo na długości min. $d = 150$ mm



Rys. 6. Kolejność spawania wstawek usztywnień [1]
Fig. 6. Sequence of stiffening insert welding [1]

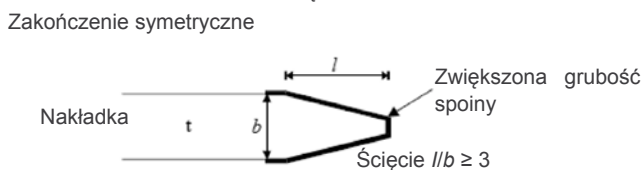
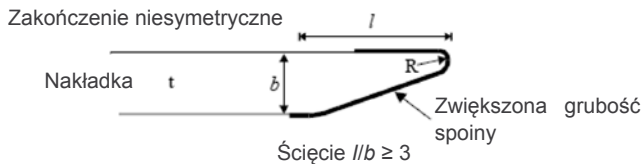
Tablica V. Zalecenia przy wymianie elementów wewnętrznych [1]
Table V. Recommendations for internal components replacement [1]

Parametr	Wartość standardowa	Wartość graniczna	Uwagi
Wymiary wstawki	Min. 300 mm	Min. 200 mm	
Kategoria materiału	Taka sama jak oryginalna lub wyższej kategorii		Patrz materiały w naprawach
Przygotowanie Krawędzi	Jak dla nowej budowy. Należy usunąć spoinę pachwinową między średnikiem i płytą na długości wstawki oraz z obu końców spoiny min. $d = 150$ mm		
Kolejność spawania	Patrz rys. 6: Kolejność spawania: 1 → 2 → 3		
Przesunięcie elementów konstrukcyjnych	Jak dla nowej budowy		
Wykończenie spoiny	Przepisy PRS (p. materiały związane, poz. [3])		
Badania nieniszczące	Przepisy i publikacje PRS (p. materiały związane, poz. [3] i [4])		

Zakończenia nakładek

Tablica VI. Zalecenia przy zakończeniu nakładek [1]
Table VI. Recommendations for closing of the weld in the cover plate [1]

Parametr	Wartość standardowa, mm	Wartość graniczna, mm	Uwagi
Ścięcie zakończenia	$l/b > 3$		Należy zwrócić szczególną uwagę na kształt zakończeń nakładek w miejscach podatnych na zmęczenie
Promień R	$0,1 \times b$	Min. 30 mm	
Materiał			Patrz – ogólne wymagania dla materiałów
Wielkość spoiny			W zależności od liczby i funkcji nakładek. Grubość spoiny należy zwiększyć o 15% przy końcu nakładki
Spawanie	Kolejność spawania od środka w kierunku swobodnych krawędzi		Patrz rys. 7. Przy spawaniu odcinków > 1000 mm należy zastosować spawanie krokowo-wsteczne



Rys. 7. Zakończenia nakładek [1]
Fig. 7. Closing of the weld in the cover plate [1]

Napawanie wżerów korozyjnych

Płytkie wżery można pokryć powłoką ochronną lub zaszpachlować. Wżery określa się jako płytkie, jeśli ich głębokość nie przekracza 1/3 wyjściowej grubości blachy.

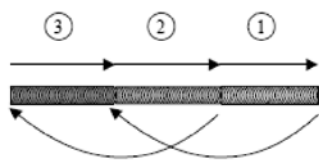


Rys. 8. Napawanie wżerów [1]
Fig. 8. Pit repair [1]

Tablica VII. Zalecenia dotyczące napawania wżerów korozyjnych [1]
Table VII. Recommendations for pit repair [1]

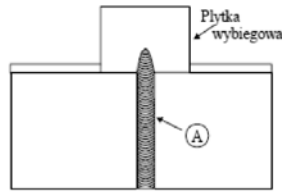
Parametr	Wartość standardowa	Wartość graniczna	Uwagi
Wymiar/głębokość	Wżery/rowki należy zaspawać równo z powierzchnią wyjściową	W przypadku zgrupowania wżerów lub rowków, albo gdy pozostała grubość jest mniejsza niż 6 mm, należy wymienić płytę	Patrz także: przepisy PRS (materiały związane, poz. [3])
Czyszczenie	Należy usunąć grube warstwy rdzy		
Podgrzewanie wstępne	Patrz: tablica III	Wymagane jest przy temperaturze otoczenia mniejszej niż 5°C	Do usunięcia wilgoci stosować zawsze palnik propanowy lub podobny
Kolejność spawania	Zmienić kierunek przy każdej kolejnej warstwie		Patrz także: przepisy PRS (materiały związane, poz. [3])
Wykończenie spoiny	Przepisy i publikacje PRS (p. materiały związane, poz. [3] i [4])		
Badania nieniszczące	Przepisy i publikacje PRS (p. materiały związane, poz. [3] i [4])	Min. 10% zasięgu wżerów	Zaleca się badania magnetyczno-proszkowe

Naprawy pęknięć metodą spawania



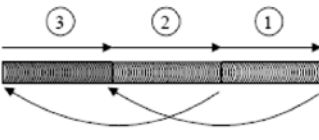
Rys. 9. Technika ściegu krokowo-wstecznego [1]

Fig. 9. Back-step sequence technique [1]



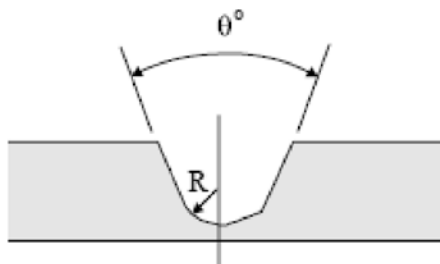
Rys. 10. Obróbka końca pęknięcia [1]

Fig. 10. Crack closing treatment [1]



Rys. 11. Kolejność spawania dla pęknięć o długości mniejszej niż 300 mm [1]

Fig. 11. Welding sequence for lower than 300 mm length cracks [1]



Rys. 12. Przygotowanie (brzeg U po lewej, V po prawej) [1]

Fig. 12. Toe of weld preparation (U in the left, and V in the right) [1]

Podsumowanie

W artykule omówiono wybrane standardy napraw statków na podstawie przepisów krajowych zawartych w wymaganiach Polskiego Rejestru Statków, spójnych z wymaganiami Międzynarodowego Stowarzyszenia Towarzystw Klasyfikacyjnych (IACS). Należy jednak zaznaczyć, że jest to tylko wybrany wycinek standardów, które obowiązują zarówno w budowie, jak i przy naprawach jednostek pływających.

Głównym celem tych standardów jest zapewnienie bezpieczeństwa życia, mienia i środowiska głównie przez tworzenie i weryfikację zgodności technicznych i inżynierskich standardów projektowania, budowy i cyklu eksploatacji statków, jednostek morskich i innych obiektów związanych z tą branżą.

Tablica VIII. Zalecenia przy naprawie pęknięć spawaniem

Table VIII. Recommendation for crack reparation by welding

Parametr	Wartość standardowa	Wartość graniczna	Uwagi
Przygotowanie krawędzi	$\Theta = 45+60^\circ$ $r = 5 \text{ mm}$		W przypadku pęknięć przechodzących przez całą grubość płyty naprawa jak dla nowej budowy. Dla innych: patrz rys. 12
Zakończenie pęknięcia	Nachylenie zakończenia 1:3		Dla pęknięć kończących się na krawędzi koniec spoiny powinien być obrabiany na płytce wybiegowej – patrz rys. 10
Zasięg	Na płycie długości maks. 400 mm. Usunąć pęknięcia oraz po 50 mm poza końcem pęknięcia	Na płycie maks. 500 mm. Pęknięcia liniowe nierozgałęzione	
Kolejność spawania	Patrz rys. 11	Dla pęknięć dłuższych niż 300 mm należy zastosować technikę krokowo-wsteczną (rys. 9)	Należy zawsze stosować elektrody niskowodorowe
Wykończenie spoiny	Przepisy i publikacje PRS (p. materiały związane, poz. [3] i [4])		
Badania nieniszczące	Przepisy i publikacje PRS (p. materiały związane, poz. [3] i [4])	Badania metodą magnetyczną lub penetracyjną 100% rowka	Badanie 100% pęknięć powierzchniowych – badanie metodą ultradźwiękową lub radiologiczną dla połączeń doczołowych

Literatura

- [1] Publikacja nr 16/I. Standardy budowy i naprawy statków. Gdańsk 2011.
- [2] IACS – Bulk Carriers – Guidelines for Surveys, Assessment and Repair of Hull Structure.
- [3] Przepisy klasyfikacji i budowy statków morskich. Część IX. Materiały i spawanie. Gdańsk 2011.
- [4] Publikacja nr 36/P. Przeglądy kadłuba zbiornikowców olejowych. Gdańsk 2010.
- [5] Chmielowski A.: Zabezpieczenie przeciwkorozyjne konstrukcji stalowych – powłoki malarskie. Wrocław 1977.
- [6] Doerffer J.: Technologia remontów statków. Wydawnictwo Morskie. Gdańsk 1974.
- [7] http://pl.wikipedia.org/wiki/Towarzystwo_klasyfikacyjne.