

Polski Rejestr Statków

PRZEPISY

RULES

PUBLIKACJA NR 71/P
PUBLICATION NO. 71/P

BADANIA NIENISZCZĄCE ODLEWÓW STALOWYCH STOSOWANYCH NA ELEMENTY KADŁUBA

NON-DESTRUCTIVE TESTING OF HULL MARINE STEEL CASTINGS

2006

Publikacje P (Przepisowe) wydawane przez Polski Rejestr Statków są uzupełnieniem lub rozszerzeniem Przepisów i stanowią wymagania obowiązujące tam, gdzie mają zastosowanie.

Publications P (Additional Rule Requirements) issued by Polski Rejestr Statków complete or extend the Rules and are mandatory where applicable.



83-89895-94-3

83-89895-94-3

GDĄSK

Publikacja Nr 71/P – Badania nieniszczące odlewów stalowych stosowanych na elementy kadłuba – 2006, której podstawą są Zalecenia IACS (Recommendation No. 69 (Rev. 1, May 2004)), stanowi rozszerzenie wymagań Części IX – *Materiały i spawanie, Przepisów klasyfikacji i budowy statków morskich*.

Publikacja ta została zatwierdzona przez Zarząd PRS S.A. w dniu 25 maja 2006 r. i wchodzi w życie z dniem 1 sierpnia 2006 r.

Publication No. 71/P – Non-destructive Testing of Marine Steel Castings – 2006, based on the IACS Guidelines (Recommendation No. 69 (Rev. 1, May 2004)), is an extension of the requirements contained in *Part IX – Materials and Welding of the Rules for the Classification and Construction of Sea-going Ships*.

This *Publication* was approved by the PRS Board on 25 May 2006 and enters into force on 1 August 2006.

© Copyright by Polski Rejestr Statków, 2006

PRS/TW, 06/2006

ISBN 83-89895-94-3

SPIS TREŚCI

	Str.
1 Postanowienia ogólne	5
2 Personel	5
3 Stan odlewów	5
3.1 Obróbka cieplna	5
3.2 Przygotowanie powierzchni	5
4 Zakres badań	6
4.1 Wyroby	6
4.2 Strefy badania	6
5 Przebieg badań	7
5.1 Badanie wizualne	7
5.2 Badania powierzchni metodą magnetyczną i penetracyjną	7
5.3 Badania ultradźwiękowe	8
6 Kryteria akceptacji	9
6.1 Kryteria akceptacji przy badaniu wizualnym	9
6.2 Kryteria akceptacji przy metodzie magnetycznej lub penetracyjnej	9
6.3 Kryteria akceptacji przy metodzie ultradźwiękowej	10
7 Zapisy	11
8 Naprawa wad	12

CONTENTS

	Page
1 General	21
2 Personnel Requirements	21
3 Casting Condition	21
3.1 Heat Treatment	21
3.2 Surface Condition	21
4 Extent of Testings	22
4.1 Castings	22
4.2 Zones to be Tested	22
5 Testing Procedures	23
5.1 Visual Testing	23
5.2 Surface Crack Detection	23
5.3 Ultrasonic Testing	23
6 Acceptance Criteria	24
6.1 Visual Testing	25
6.2 Magnetic Particle or Liquid Penetrant Testing	26
6.3 Ultrasonic Testing	26
7 Reporting	27
8 Rectification of Defects	27

1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

1.1 Niniejsza *Publikacja* zawiera wytyczne dotyczące metod i zakresu badań nieniszczących odlewów, a ponadto określa minimalne standardy jakościowe, jakie muszą zostać spełnione w przypadku, kiedy nie podano innych wymagań.

1.2 *Publikacja* zawiera wytyczne dotyczące badania powierzchni metodami wizualną, penetracyjną i magnetyczną oraz badań objętościowych metodami radiograficzną i ultradźwiękową.

1.3 Wymagania zawarte w niniejszej *Publikacji* mogą być stosowane także do odlewów części maszynowych; należy wówczas uwzględnić stosowane materiały, kształt oraz naprężenia, na które będą one narażone.

2 PERSONEL

2.1 Personel wykonujący badania nieniszczące musi posiadać odpowiednią wiedzę i doświadczenie oraz certyfikat 2. stopnia potwierdzający jego kwalifikacje zgodny z wymaganiami normy PN-EN 473¹ w odpowiednim sektorze (lub wg normy ISO 9712²; inne uprawnienia będą osobno rozpatrywane przez PRS).

2.2 Personel nadzorujący przeprowadzanie badań nieniszczących oraz zatwierdzający procedury badań musi posiadać certyfikat 3. stopnia wg wymagań ww. normy.

3 STAN ODLEWÓW

3.1 Obróbka cieplna

3.1.1 Badania nieniszczące powinny być wykonywane na odlewach po końcowej obróbce cieplnej. Szczegółowe wymagania podano w punktach 3.2.1 i 3.2.3.

3.1.2 Jeżeli wytwórnia wykonywała badania pośrednie, to na życzenie inspektora powinna przedstawić ich wyniki do odbioru końcowego.

3.2 Przygotowanie powierzchni

3.2.1 Odlewy należy badać w końcowym stanie dostawy. Powierzchnia do badań musi być oczyszczona ze zgorzelin, brudu, oleju, smaru, farby, masy i pokryć formierskich oraz innych zanieczyszczeń mogących ujemnie wpływać na skuteczność badań i interpretację wskazań. W przypadku badania metodą magnetyczną dopuszcza się cienką powłokę farby zwiększającej kontrast.

¹ PN-EN 473:2002 – Badania nieniszczące. Kwalifikacja i certyfikacja personelu badań nieniszczących. Zasady ogólne.

² ISO 9712:2005 – Non-destructive testing. Qualification and certification of personnel.

3.2.2 Jeżeli w zleceniu nie podano inaczej, badania metodą magnetyczną należy przeprowadzać w obrębie 0,3 mm od powierzchni po końcowej obróbce szlifowaniem w przypadku użycia urządzenia na prąd zmienny (0,8 mm w przypadku urządzenia na prąd stały).

3.2.3 Badania ultradźwiękowe odlewów należy przeprowadzać po procesach obróbki skrawaniem lub śrutowania. Stan powierzchni badanych odlewów powinien zapewniać uzyskanie odpowiedniego sprzężenia akustycznego między głowicą a odlewem oraz uniknięcie nadmiernego zużycia głowicy.

4 ZAKRES BADAŃ

4.1 Wyroby

Badania powierzchni odlewów metodą magnetyczną lub penetracyjną dotyczą elementów kadłuba statku pokazanych na rysunkach od 1 do 6. W przypadku innych odlewów zakres badań i kryteria odbioru podlegają odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

4.2 Strefy badania

4.2.1 Badania powierzchni metodą magnetyczną lub penetracyjną należy przeprowadzać w strefach wskazanych na rysunkach od 1 do 6.

Badania należy przeprowadzać zgodnie z dokumentacją zatwierdzoną przez PRS. Należy w niej wyszczególnić zakres badań, przywołać procedurę badań, podać poziom jakości lub, jeśli to niezbędne, poziomy jakości dla różnych miejsc odlewu.

4.2.2 Oprócz stref wskazanych na rysunkach od 1 do 6, badaniom powierzchni metodą magnetyczną lub penetracyjną należy poddać następujące miejsca:

- na wszystkich dostępnych miejscach, w których występuje zaokrąglenie przejścia lub zmiana przekroju,
- w rejonie przygotowania spoin technologicznych, w pasie o szerokości 30 mm,
- w rejonie podpórek rdzeniowych,
- w rejonie miejsc naprawianych przez spawanie,
- w miejscach, w których usunięto nadlewy metalu przez cięcie palnikiem, zrywanie lub żłobienie elektropowietrzne.

4.2.3 Badania metodą ultradźwiękową należy przeprowadzić w strefach wskazanych na rysunkach od 1 do 6 oraz w następujących miejscach:

- na wszystkich dostępnych miejscach, w których występuje zaokrąglenie przejścia lub wyraźna zmiana przekroju,
- w rejonie przygotowania spoin technologicznych, w rejonie do 50 mm od brzegu spoiny,
- w miejscach naprawianych przez spawanie, jeżeli wada została wykryta metodą ultradźwiękową,
- w rejonie nadlewów,

- we wszystkich miejscach poddanych obróbce skrawaniem, szczególnie tych, które zostaną poddane dalszej obróbce (takich jak miejsca otworów na śruby).

W przypadku odlewów takich jak np. wsporniki sterów, na których po przeprowadzeniu badań wymienionych w punktach 4.2.1 do 4.2.3 nadal pozostają duże powierzchnie nie poddane inspekcji, powierzchnie te należy poddać dodatkowemu badaniu metodą ultradźwiękową wzdłuż prostopadłych linii siatki, odległych od siebie o 225 mm. Badanie należy przeprowadzić tylko z jednej strony.

5 PRZEBIEG BADAŃ

5.1 Badanie wizualne

Odlewy podlegające wymaganiom niniejszej *Publikacji* muszą być poddane kontroli wizualnej przez inspektora PRS, obejmującej 100% powierzchni tych odlewów. Oświetlenie badanych powierzchni powinno być zgodne z odpowiednimi normami krajowymi i międzynarodowymi (np. PN-EN 13018³).

Jeżeli nie uzgodniono inaczej, badania wizualne i badania metodami magnetyczną i penetracyjną powinny być wykonane w obecności inspektora PRS.

5.2 Badania powierzchni metodą magnetyczną i penetracyjną

5.2.1 Procedury badawcze, wyposażenie oraz materiały pomocnicze do badań powinny spełniać wymagania odpowiednich norm krajowych i międzynarodowych związanych z prowadzonymi badaniami (np.: PN-EN 571-1⁴, PN-EN 1369⁵).

Badanie powierzchni należy wykonywać metodą magnetyczną, z wyjątkiem następujących przypadków, w których badanie można wykonać metodą penetracyjną:

- austenityczne stale nierdzewne,
- interpretacja wskazań otwartych (patrz punkt 6.2.1), wykrytych podczas badań metodą wizualną lub magnetyczną,
- na polecenie inspektora PRS.

5.2.2 W przypadku badań metodą magnetyczną należy zwrócić uwagę na styk między odlewem a uchwyty urządzeń magnesujących w celu uniknięcia miejscowego przegrzania powierzchni odlewu. Przy odlewach po końcowej obróbce skrawaniem badanie magnetyczne należy wykonać ze szczególną ostrożnością, stosując specjalne nakładki zabezpieczające. Należy unikać używania nakładek z miedzianymi końcówkami z uwagi na możliwość przedostania się miedzi do badanego materiału.

5.2.3 W przypadku wykrycia wskazań podczas badania metodą magnetyczną lub penetracyjną, inspektor PRS podejmuje decyzję o akceptacji lub odrzuceniu wg kryteriów zawartych w rozdziale 6.

³ PN-EN 13018:2004 – Badania nieniszczące. Badania wizualne. Zasady ogólne.

⁴ PN-EN 571-1:1999 – Badania nieniszczące. Badania penetracyjne. Zasady ogólne.

⁵ PN-EN 1369:2002 – Odlewnictwo. Badania-magnetyczno-proszkowe.

5.3 Badania ultradźwiękowe

5.3.1 Badania metodą ultradźwiękową należy przeprowadzić metodą kontaktową, stosując głowice normalne i/lub kątowe. Procedury badań, defektoskopy ultradźwiękowe oraz warunki przeprowadzania badań muszą być zgodne z wymaganiami odpowiednich norm krajowych i międzynarodowych (np.: PN-EN 583-1⁶).

Badania metodą radiograficzną wymagają oddzielnego uzgodnienia z PRS.

5.3.2 Badaniu poddaje się tylko powierzchnie wykazane w uzgodnionej dokumentacji badania. Dokumentacja powinna zawierać miejsca określone w punkcie 4.2.3 wraz ze strefami badania określonymi dla danego wyrobu wg rysunków od 1 do 6.

5.3.3 Przy badaniach należy stosować głowice normalne o częstotliwości od 1 do 4 MHz (zaleca się głowice o częstotliwości 2 MHz). Jeśli to tylko możliwe, badanie należy przeprowadzić z obydwu prostopadłych powierzchni odlewu.

5.3.4 W celu monitorowania zmian sprężenia głowicy oraz tłumienia fal w materiale należy kontrolować echo dna. Jakikolwiek spadek amplitudy echa dna bez wykrycia defektów wymaga ponownego przebadania danego miejsca. Tłumienie w zakresie do 30 dB/m wskazuje na niezadowalający stan materiału po wyżarzaniu.

5.3.5 Powierzchnie obrabiane, szczególnie w pobliżu nadlewów i w otworach odlewów piasty tylnicy, należy poddać również badaniu podpowierzchniowemu (25 mm) przy użyciu głowicy dwuprzetwornikowej normalnej (0°).

Dodatkowe badania na powierzchniach obrabianych: szczególną uwagę należy zwrócić na miejsca, w których zostaną wywiercone otwory na śruby lub w których poprzez szlifowanie zostały usunięte nadlewy. Zaleca się także badanie powierzchni obrabianych otworów poprzez skanowanie w kierunku obwodowym głowicą kątową 70° w celu wykrycia warstwowych wad osiowo-promieniowych, takich jak naderwania. Promienie i wyoblenia należy badać głowicami kątowymi (o kątach 45°, 60° lub 70°).

5.3.6 Przed badaniem metodą ultradźwiękową należy dokonać kalibracji przy użyciu reflektora o średnicy 6 mm. Do tego celu można użyć próbki wzorcowej o grubości odpowiedniej dla badanego odlewu, z otworami płaskodennymi o średnicy 6 mm lub (jako najbardziej zalecana alternatywa) techniki OWR (Odległość-Wzmocnienie-Rozmiar).

Skale OWR dostarczone przez producenta głowicy określają, w decybelach, różnicę pomiędzy amplitudą echa dna i amplitudą sygnału od reflektora o średnicy 6 mm.

Dodając tę różnicę do wstępnie ustalonego poziomu czułości przez dopasowanie echa dna do poziomu odniesienia, np. 80%, otrzymamy nowy poziom odniesie-

⁶ PN-EN 583-1:2001 – Badania nieniszczące. Badania ultradźwiękowe. Część 1: Zasady ogólne.

nia, odpowiadający reflektorowi o średnicy 6 mm. Podobną procedurę można zastosować dla reflektorów o średnicy 12 lub 15 mm.

5.3.7 Po wykonaniu niezbędnych poprawek, wynikających z różnic w tłumieniu lub w stanie powierzchni pomiędzy wzorcem a odlewem, wszystkie wskazania przekraczające 6 mm w badanych strefach odlewu powinny zostać poddane ocenie wg kryteriów podanych w punkcie 6.3. Ocena ta powinna opierać się na dodatkowych badaniach głowicami kątowymi w celu uzyskania pełnego obrazu nieciągłości.

6 KRYTERIA AKCEPTACJI

6.1 Kryteria akceptacji przy badaniu wizualnym

6.1.1 Wszystkie odlewy muszą być wolne od pęknięć, wskazań podobnych do pęknięć, naderwań, rozerwań, jam skurczowych lub wskazań innych uszkodzeń. Grubość pozostałości po nadlewach lub wlewach powinna mieścić się w granicach tolerancji wymiarowych odlewu.

6.1.2 W uzasadnionych przypadkach inspektor PRS może zażądać wykonania dodatkowych badań metodą penetracyjną, magnetyczną lub ultradźwiękową w celu szczegółowej oceny nieprawidłowości powierzchni.

6.2 Kryteria akceptacji przy metodzie magnetycznej lub penetracyjnej

6.2.1 Przyjmuje się następujące definicje wskazań:

Wskazanie liniowe – wskazanie, którego długość jest co najmniej trzykrotnie większa od szerokości.

Wskazanie nieliniiowe – wskazanie o kształcie kolistym lub eliptycznym, o długości mniejszej niż trzykrotna szerokość.

Łańcuch wskazań – trzy lub więcej wskazań w jednej linii, z odstępami między ich krawędziami nie większymi niż 2 mm.

Wskazanie otwarte – wskazanie ujawniające się po usunięciu cząstek magnetycznych (rozmagnesowaniu) lub które może być wykryte przy badaniach metodą penetracyjną z wykorzystaniem penetrantów barwnych.

Wskazanie nieotwarte – wskazanie, które nie ujawnia się po usunięciu cząstek magnetycznych (rozmagnesowanie) lub które nie może być wykryte metodą penetracyjną z wykorzystaniem penetrantów barwnych.

Wskazanie właściwe – wskazanie, które powstaje w wyniku takiego stanu lub typu nieciągłości, który wymaga oceny. Za wskazanie właściwe może być uznane tylko takie, którego przynajmniej jeden wymiar przekracza 1,5 mm.

6.2.2 W celu oceny wskazań badaną powierzchnię należy podzielić na pasy odniesienia o szerokości 150 mm dla poziomu MT1/PT1 oraz na pola odniesienia o powierzchni 225 cm² dla poziomu MT2/PT2. Do oceny powierzchni należy wybrać

pas lub pole odniesienia o lokalizacji najbardziej niekorzystnej względem wskazania podlegającego ocenie.

6.2.3 Dla badań metodą magnetyczną (MT) i/lub penetracyjną (PT) wymagane są następujące poziomy jakości:

Poziom MT1/PT1 – miejsca przygotowania spoin technologicznych (fabrication weld) i miejsca naprawiane przez spawanie.

Poziom MT2/PT2 – pozostałe miejsca wskazane w 4.2.2.

Tabela 6.2.3 podaje dopuszczalną liczbę i rozmiary wskazań na pasie/polu odniesienia. Wymagany poziom jakości należy zaznaczyć w dokumentacji. Pęknięcia i naderwania są niedopuszczalne.

Tabela 6.2.3
Dopuszczalna liczba wskazań w pasie lub polu odniesienia

Poziom jakości	Maksymalna dopuszczalna liczba wskazań	Typ wskazania	Maksymalna ilość wskazań danego typu	Maksymalny rozmiar [mm] ²
MT1/PT1	4 na odcinku 150 mm	nieliniowe	4 ¹⁾	5
		liniowe	4 ¹⁾	3
		łańcuch	4 ¹⁾	3
MT2/PT2	20 w polu 225 cm ²	nieliniowe	10	7
		liniowe	6	5
		łańcuch	6	5
Uwagi:				
1) Co najmniej 30 mm między wskazaniami równoważnymi.				
2) Przy naprawach spawaniem maksymalny wymiar wynosi 2 mm.				

6.3 Kryteria akceptacji przy metodzie ultradźwiękowej

6.3.1 Kryteria akceptacji przy metodzie ultradźwiękowej podaje tabela 6.3.2. Zgodnie z punktem 4.2.1 poziomy jakości dla odpowiednich stref badania należy podać w dokumentacji.

Dla badań metodą ultradźwiękową (UT) wymagane są następujące poziomy jakości:

- Poziom UT1 – przy przygotowaniu brzegów do spawania (połączenia) między sekcjami na odcinku 50 mm od brzegu spoiny,
- na głębokości 50 mm od powierzchni po końcowej obróbce skrawaniem, włącznie z otworami na śruby,
 - we wszystkich dostępnych miejscach, w których występuje zaokrąglenie przejścia lub zmiana przekroju do głębokości 50 mm oraz do 50 mm od końca promienia,
 - zewnętrzna trzecia część grubości w strefach badanych ultradźwiękowo wg rysunków od 1 do 6 w odlewach narażonych na cykliczne naprężenia zginające, takich jak wspornik steru, ster, trzony sterowe,

- nieciągłości w badanych strefach określone jako pęknięcia lub naderwania.

- Poziom UT2 – inne miejsca poddawane badaniu ultradźwiękowemu wg rysunków od 1 do 6 lub planu badań,
- miejsca, poza miejscami o wymaganym poziomie jakości UT1, gdzie usunięto nadlewy i wlewy,
 - środkowa trzecia część grubości w strefach badanych ultradźwiękowo wg rysunków od 1 do 6 w odlewach narażonych na cykliczne naprężenia zginające.

6.3.2 Kryteria akceptacji dla badań ultradźwiękowych dla stref nie pokazanych na rysunkach od 1 do 6 podlegają oddzielnemu uzgodnieniu z PRS na podstawie przewidywanego poziomu naprężeń oraz rodzaju, wielkości i umiejscowienia wady.

Tabela 6.3.2
Kryteria akceptacji dla odlewów stalowych – badania ultradźwiękowe

Poziom jakości	Dopuszczalna średnica zgodnie z wykresem OWR ¹⁾	Dopuszczalna liczba wskazań ²⁾	Dopuszczalna długość wskazań liniowych ³⁾ [mm]
UT1	>6	0	0
UT2	12-15	5	50
	>15	0	0

Uwagi:

¹⁾ OWR – Odległość-Wzmocnienie-Rozmiar.

²⁾ Na powierzchni 300 x 300 mm.

³⁾ Pomierzone na powierzchni badania.

7 ZAPISY

7.1 Wyniki badań nieniszczących powinna zawierać co najmniej następujące informacje:

- .1 data badania;
- .2 identyfikacja osób wykonujących badanie łącznie ze stopniem uprawnień;
- .3 rodzaj odlewu;
- .4 identyfikacja wyrobu, np. numer;
- .5 kategoria stali;
- .6 rodzaj zastosowanej obróbki cieplnej;
- .7 etap badania;
- .8 miejsce i strefa badania;
- .9 stan powierzchni;
- .10 zastosowane normy i/lub instrukcje badania;
- .11 wyniki badania;
- .12 stwierdzenie akceptacji lub braku akceptacji,

- .13 umiejscowienie zanotowanych wskazań;
- .14 szczegóły dotyczące napraw przez spawanie, włącznie z rysunkami.

7.2 Dokumentacja badań metodami magnetyczną lub penetracyjną, oprócz informacji wymienionych w punkcie 7.1, powinna zawierać dodatkowo co najmniej następujące dane:

- dla badań metodą penetracyjną: typ używanego zestawu,
- dla badań metodą magnetyczną: sposób magnesowania, materiały dodatkowe, natężenie pola magnetycznego.

7.3 Dokumentacja badań metodą ultradźwiękową, oprócz informacji wymienionych w punkcie 7.1, powinna zawierać dodatkowo co najmniej następujące dane:

- użyty defektoskop, głowice, próbki wzorcowe, ośrodek sprzęgający.

8 NAPRAWA WAD

8.1 Wady i nieakceptowalne wskazania muszą być naprawione zgodnie ze wskazówkami podanymi w punktach 8.1.1 do 8.1.7.

8.1.1 Wadliwe fragmenty materiału można usunąć przez szlifowanie, przez dłutowanie i szlifowanie lub przez żłobkowanie i szlifowanie. Termiczne metody usuwania metalu można stosować jedynie przed końcową obróbką cieplną. Promień dna dla każdego z wyźłobień powinien wynosić w przybliżeniu trzykrotną głębokość wyźłobienia, a jego przejście w sąsiadującą powierzchnię powinno być łagodnie wyrównane do tej powierzchni.

8.1.2 Naprawę przez spawanie uznaje się za naprawę główną w następujących przypadkach:

- kiedy wysokość spoiny (grubość spawania) jest większa niż 25% grubości ścianki lub 25 mm, zaleźnie od tego, która wartość jest mniejsza,
- kiedy całkowita powierzchnia spoin na odlewie przekracza 2% jego powierzchni. (**Uwaga:** w przypadku kiedy odległość między dwiema spoinami jest mniejsza niż ich średnia szerokość, są one uważane za jedną spoinę).

Naprawy główne (wykonywane przez spawanie) wymagają zatwierdzenia przez PRS przed ich przeprowadzeniem. Naprawy należy wykonać przed końcową obróbką cieplną w piecu.

8.1.3 Naprawę przez spawanie uznaje się za naprawę mniejszą w przypadku, gdy całkowita powierzchnia spoiny (długość x szerokość) przekracza 500 mm², a nie są spełnione kryteria podane w punkcie 8.1.2.

Naprawy mniejsze nie wymagają zatwierdzenia przez PRS, ale na należących do dokumentacji rysunkach powinny zostać zaznaczone miejsca napraw. Naprawy te należy wykonać przed końcową obróbką cieplną w piecu.

8.1.4 Naprawę przez spawanie rozumie się jako naprawę kosmetyczną w przypadku wszystkich innych spoin, nie wymienionych w punktach 8.1.2 i 8.1.3.

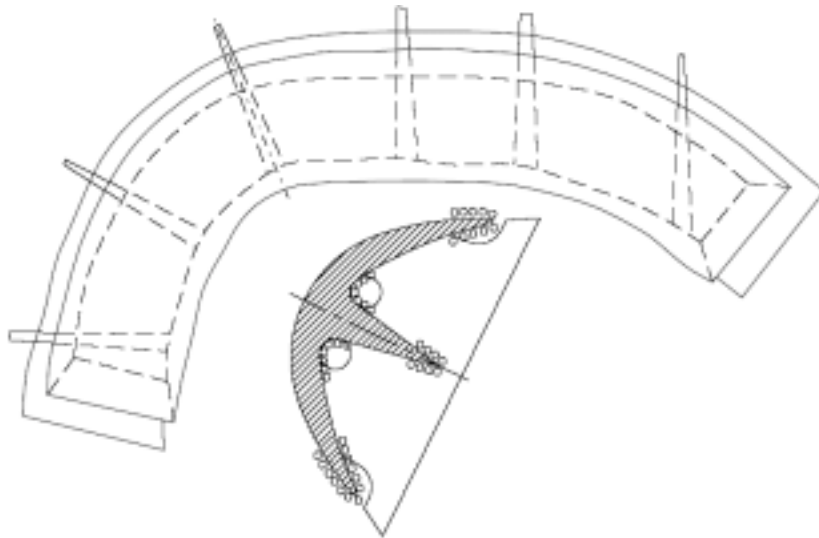
Naprawy kosmetyczne nie wymagają zatwierdzenia przez PRS, ale na należących do dokumentacji rysunkach powinny zostać zaznaczone miejsca napraw. Naprawy te mogą zostać przeprowadzone po końcowej obróbce cieplnej w piecu, ale w tym przypadku podlegają one miejscowemu wyżarzaniu odprężającemu.

8.1.5 Odlewy ze stali węglowych i węglowo-manganowych mogą wymagać podgrzewania wstępnego przed spawaniem, jak również odprężającej obróbki cieplnej po spawaniu, w zależności od składu chemicznego oraz wymiarów i umiejscowienia napraw przez spawanie. Obróbkę cieplną po spawaniu należy przeprowadzać w temperaturze nie niższej niż 550 °C.

8.1.6 Odlewy, w których wykryto wady wymagające naprawy, mogą zostać dopuszczone bez naprawy przez spawanie pod następującym warunkiem:

- wady te występują na powierzchni nie obrabianej skrawaniem, głębokość zalegania wady nie przekracza 15 mm lub 10% grubości (zależnie od tego, która wartość jest mniejsza), a długość usuniętej powierzchni nie przekracza 100 mm.

8.1.7 Naprawione elementy należy poddać ponownie tym samym badaniom, co przed naprawą oraz dodatkowym badaniom zgodnie z poleceniem inspektora PRS.

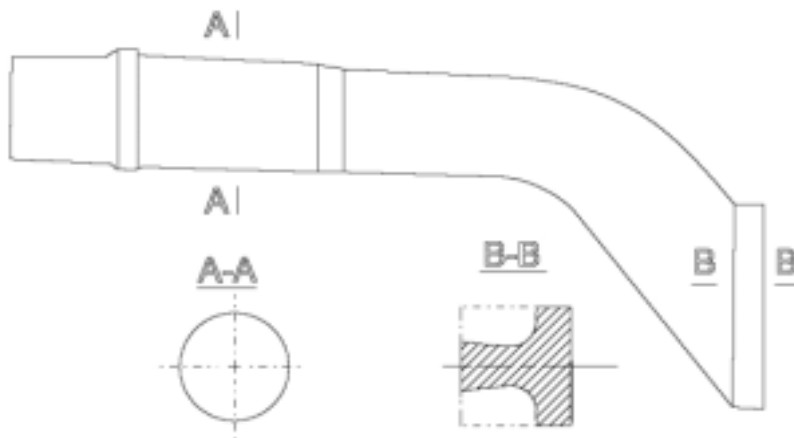


Uwagi:

Miejsca badań nieniszczących:

1. Wszystkie powierzchnie – badania wizualne.
2. Miejsca oznaczone (OOOO) – badania magnetyczne i badania ultradźwiękowe.
3. Szczegółowe zakresy badań i poziomy jakości podano w rozdziałach 4 i 6.

Rys. 1 – Tylnica

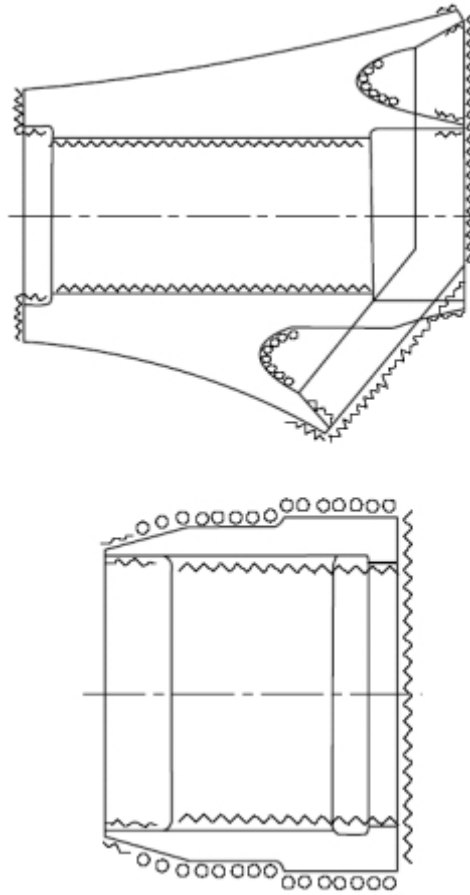


Uwagi:

Miejsca badań nieniszczących:

1. Wszystkie powierzchnie – badania wizualne, badania magnetyczne i badania ultradźwiękowe.
2. Szczegółowe zakresy badań i poziomy jakości podano w rozdziałach 4 i 6.

Rys. 2 – Trzon sterowy

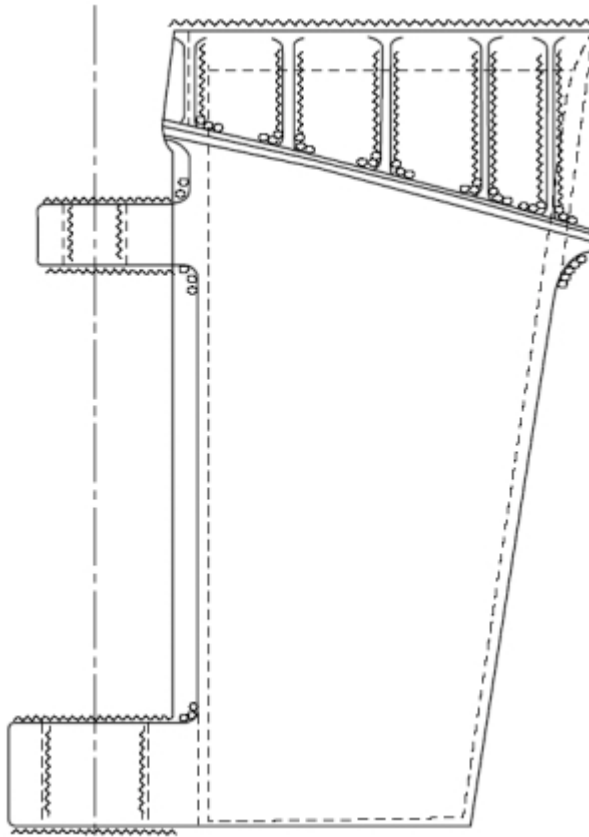


Uwagi:

Miejsca badań nieniszczących:

1. Wszystkie powierzchnie – badania wizualne.
2. Miejsca oznaczone (OOOO) – badania magnetyczne i badania ultradźwiękowe.
3. Miejsca oznaczone (^^^^^) – badania ultradźwiękowe.
4. Szczegółowe zakresy badań i poziomy jakości podano w rozdziałach 4 i 6.

Rys. 3 – Piasta tylnicy

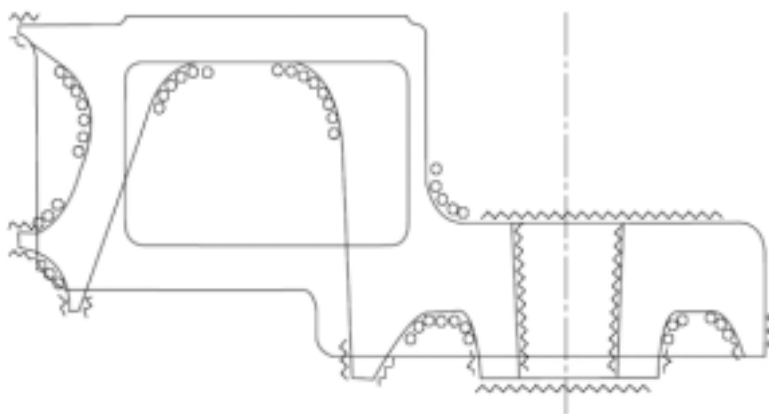


Uwagi:

Miejsca badań nieniszczących:

1. Wszystkie powierzchnie – badania wizualne.
2. Miejsca oznaczone (OOOO) – badania magnetyczne i badania ultradźwiękowe.
3. Miejsca oznaczone (^^^^^) – badania ultradźwiękowe.
4. Szczegółowe zakresy badań i poziomy jakości podano w rozdziałach 4 i 6.

Rys. 4 – Zawieszenie steru

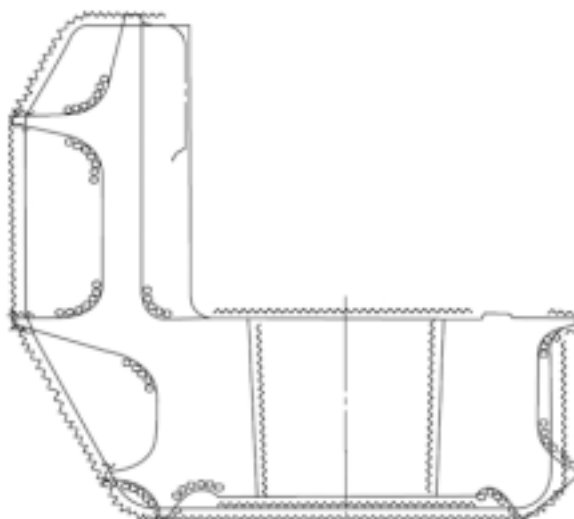


Uwagi:

Miejsca badań nieniszczących:

1. Wszystkie powierzchnie – badania wizualne.
2. Miejsca oznaczone (OOOO) – badania magnetyczne i badania ultradźwiękowe.
3. Miejsca oznaczone (^^^^^) – badania ultradźwiękowe.
4. Szczegółowe zakresy badań i poziomy jakości podano w rozdziałach 4 i 6.

Rys. 5 – Ster (część górna)



Uwagi:

Miejsca badań nieniszczących:

1. Wszystkie powierzchnie – badania wizualne.
2. Miejsca oznaczone (OOOO) – badania magnetyczne i badania ultradźwiękowe.
3. Miejsca oznaczone (^^^^^) – badania ultradźwiękowe.
4. Szczegółowe zakresy badań i poziomy jakości podano w rozdziałach 4 i 6.

Rys. 6 – Ster (część dolna)

**NON-DESTRUCTIVE TESTING OF HULL MARINE
STEEL CASTINGS**

1 GENERAL

1.1 This *Publication* contains guidelines on the extent, methods and recommended quality levels applicable to the non-destructive testing of marine steel castings, except in those cases where alternative criteria have been otherwise approved or specified.

1.2 This *Publication* contains guidelines on surface inspections by visual testing, magnetic particle testing and liquid penetrant testing as well as volumetric inspection by radiographic testing and ultrasonic testing.

1.3 Although no detailed guidelines are given for machinery components, the requirements in these guidelines may apply correspondingly considering their materials, kinds, shapes and stress conditions to which such components will be subjected.

2 PERSONNEL REQUIREMENTS

2.1 Personnel carrying out non-destructive testing shall have sufficient knowledge and experience and be qualified and certified to level 2. of EN 473¹ within the specified industrial sector (or standard ISO 9712² ; qualifications issued in compliance with other schemes are subject to PRS acceptance in each particular case).

2.2 Personnel responsible for the NDT activity including approval of procedures should be qualified and certified to level 3. of a.m. standards.

3 CASTING CONDITION

3.1 Heat Treatment

3.1.1 Non-destructive testing applied for acceptance purposes shall be conducted after the final heat treatment of the casting. For detailed requirements see paragraphs 3.2.1 and 3.2.3.

3.1.2 Where intermediate inspections have been performed, the manufacturer shall furnish the documentation of the results upon PRS Surveyor's request.

3.2 Surface Condition

3.2.1 Castings shall be tested in the final delivery condition free from any material such as scale, dirt, grease, paint and other impurities that might affect the effectiveness of the inspection and interpretation of indications. A thin coating of contrast paint is permissible when using magnetic particle techniques.

¹ EN 473:2000 – Non-destructive testing. Qualification and certification of NDT personnel. General principles.

² ISO 9712:2005 – Non-destructive testing. Qualification and certification of personnel.

3.2.2 Unless otherwise specified in the order, magnetic particle test shall be carried out within 0.3 mm of the final machined surface condition for AC techniques or within 0.8 mm for DC techniques.

3.2.3 Ultrasonic testing shall be carried out after the castings have been ground, machined or shot blasted to a suitable condition. The surfaces of castings to be tested shall be such that adequate coupling can be established between the probe and the casting and that excessive wear of the probe is avoided.

4 EXTENT OF TESTINGS

4.1 Castings

Castings to be tested by NDT methods are identified in Figures 1 to 6. The extent and criteria for the testing of other castings not listed in Figures 1 to 6 are subject to PRS acceptance in each particular case.

4.2 Zones to be Tested

4.2.1 Zones to be tested by magnetic particle test in nominated castings are indicated in Figures 1 through 6.

Testings shall be conducted in accordance with an inspection plan approved by PRS. The plan shall specify the extent of the testing, the testing procedure, the quality level or, if necessary, the level for different locations of the castings.

4.2.2 In addition to the areas identified in Figs. 1 to 6, surface inspections shall be carried out in the following locations:

- at all accessible fillets and changes of section,
- in way of fabrication weld preparation, for a band width of 30 mm,
- in way of chaplets,
- in way of weld repairs,
- at positions where surplus metal has been removed by flame cutting, scarifying or arc-air gouging.

4.2.3 Ultrasonic testing shall be carried out in the zones indicated in Figures 1 to 6 and also in the following locations:

- in way of all accessible fillets and at pronounced changes of section,
- in way of fabrication weld preparations for a distance of 50 mm from the edge,
- in way of weld repairs where the original defect was detected by ultrasonic testing,
- in way of riser positions,
- in way of machined areas particularly those subject to further machining such as bolt hole positions.

In the case of castings such as rudder horns, which may have a large surface area still untested after the inspections specified in paragraphs 4.2.1 to 4.2.3 have been applied, an additional ultrasonic testing of the untested areas shall be made along continuous perpendicular grid lines on nominal 225 mm centres, scanning from one surface only.

5 TESTING PROCEDURES

5.1 Visual Testing

Steel castings covered by this Publication shall be subjected to a 100% visual testing of all accessible surfaces by PRS Surveyor. Lighting conditions at the inspected surfaces shall fulfil the requirements specified in the relevant national or international standard (e.g. EN 13018³).

Unless otherwise agreed, the visual, magnetic particle and liquid penetrant testing shall be carried out in the presence of PRS Surveyor.

5.2 Surface Crack Detection

5.2.1 The testing procedures, apparatus, conditions and test media used for magnetic particle testing and liquid penetrant testing shall fulfil the requirements specified in the relevant national or international standards (e.g. EN 571-1⁴, EN 1369⁵).

Magnetic particle testing shall be carried out in preference to liquid penetrant testing except in the following cases:

- austenitic stainless steels,
- interpretation of open visual or magnetic particle indications (see paragraph 6.2.1),
- at the instruction of PRS Surveyor.

5.2.2 For magnetic particle testing attention shall be paid to the contact between the casting and the clamping devices of stationary magnetisation benches in order to avoid local overheating or burning damage in its surface. Prods are permitted on finished machined items provided they are applied with special care. Note that the use of solid copper at the prod tips must be avoided due to the risk of copper penetration.

5.2.3 When indications have been detected as a result of the surface inspection, acceptance or rejection shall be decided by PRS Surveyor in accordance with the requirements specified in Chapter 6.

5.3 Ultrasonic Testing

5.3.1 Ultrasonic testing shall be carried out using the contact method with straight beam and/or angle beam technique. The testing procedures, apparatus and conditions of ultrasonic testing shall fulfil the requirements specified in the relevant national or international standards (e.g. EN 583-1⁶).

Radiographic testing is subject to PRS approval in each particular case.

³ EN 13018:2001 – Non-destructive testing. Visual testing. General principles.

⁴ EN 571-1:1997 – Non-destructive testing. Penetrant testing. Part 1. General principles.

⁵ EN 1369:1996 – Founding. Magnetic particle inspection.

⁶ EN 583-1:1998 – Non-destructive testing. Ultrasonic examination. Part 1. General principles.

5.3.2 Only the areas indicated in the agreed inspection plan need to be tested. The plan shall include those locations nominated in paragraph 4.2.3 together with the scanning zones identified for the relevant casting in Figures 1 to 6.

5.3.3 Ultrasonic scans are to be done using a 0° probe of 1 ÷ 4 MHz (usually 2 MHz) frequency. Whenever possible scanning shall be performed from both perpendicular surfaces of the casting.

5.3.4 The back wall echo obtained on parallel sections shall be used to monitor variations in probe coupling and material attenuation. Any reduction in the amplitude of the back wall echo without evidence of intervening defects shall be corrected. Attenuation in excess of 30 dB/m indicates an unsatisfactory annealing heat treatment.

5.3.5 Machined surfaces, especially those in the vicinity of riser locations and in the bores of stern boss castings, shall be subjected to a near surface (25 mm) scan using a twin crystal 0° probe.

Additional scans on machined surfaces are of particular importance in cases where boltholes are to be drilled or where surplus material such as ‘padding’ has been removed by machining. Also, it is advisable to examine the machined bores of castings using circumferential scans with 70° probes in order that axial radial planar flaws such as hot tears can be detected. Fillet radii should be tested using 45°, 60° or 70° probes.

5.3.6 Before ultrasonic testing the reference sensitivity shall be established against a 6 mm diameter flat-bottomed disk reflector. Sensitivity can be calibrated either against a 6 mm diameter flat bottomed hole(s) in a reference block (or series of blocks) corresponding to the thickness of the casting provided that a transfer correction is made, or (as a preferred alternative) by using the DGS (distance-gain-size) method.

The DGS diagrams issued by a probe manufacturer identify the difference in dB between the amplitude of a back wall echo and that expected from a 6 mm diameter disk reflector.

By adding this difference to the sensitivity level initially set by adjusting a back wall echo to a reference height, e.g. 80%, the amended reference level will be representative of a 6 mm diameter disk reflector. Similar calculations can be used for evaluation purposes to establish the difference in dB between a back wall reflector and disk reflectors of other diameters such as 12 or 15 mm.

5.3.7 After any necessary corrections have been made for differences in attenuation or surface condition between the reference block and the casting, any indications received from the nominated zones in the casting that exceed the 6 mm reference level shall be marked for evaluation against the criteria given in paragraph 6.3. Evaluation shall include additional scans with angle probes in order that the full extent of the discontinuity can be plotted.

6 ACCEPTANCE CRITERIA

6.1 Visual Testing

6.1.1 All castings shall be free of cracks, crack-like indications, hot tears, cold shuts or other injurious indications. Thickness of the remains of sprues or risers is to be within the casting dimensional tolerance.

6.1.2 In justified cases additional magnetic particle, dye penetrant or ultrasonic testing may be required by PRS Surveyor for a more detailed evaluation of surface irregularities.

6.2 Magnetic Particle or Liquid Penetrant Testing

6.2.1 The following definitions relevant to indications apply:

Linear indication – an indication in which the length is at least three times the width.

Non-linear indication – an indication of circular or elliptical shape with a length less than three times the width.

Aligned indication – three or more indications in a line, with the spacing between their edges of 2 mm or less.

Open indication – an indication visible after removal of the magnetic particles or that can be detected by the use of contrast dye penetrant.

Non-open indication – an indication that is not visually detectable after removal of the magnetic particles or that cannot be detected by the use of contrast dye penetrant.

Relevant indication – an indication that is caused by a condition or type of discontinuity which requires evaluation. Only indication with any dimension greater than 1.5 mm shall be considered relevant.

6.2.2 To evaluate indications, the surface shall be divided into reference band length of 150 mm for level MT1/PT1 and into reference areas of 225 cm² for level MT2/PT2. The band length and/or area shall be taken in the most unfavourable location relative to the indications being evaluated.

6.2.3 For magnetic particle testing (MT) and/or liquid penetrant testing (PT) the following quality levels are required:

Level MT1/PT1 – fabrication weld preparation and weld repairs.

Level MT2/PT2 – other locations indicated in 4.2.2.

The allowable numbers and sizes of indications in the reference band length and/or area are given in Table 6.2.3. The required quality level shall be shown on the manufacturer's inspection plan. Cracks and hot tears are not acceptable.

Table 6.2.3
Allowable number and size of indications in reference band length/area

Quality level	Max. number of indications	Type of indication	Max number for each type	Max. dimension of single indication [mm] ²⁾
MT1/PT1	4 in 150 mm length	non-linear	4 ¹⁾	5
		linear	4 ¹⁾	3
		aligned	4 ¹⁾	3
MT2/PT2	20 in 225 cm ² area	non-linear	10	7
		linear	6	5
		aligned	6	5
Notes:				
¹⁾ 30 mm min. between relevant indications.				
²⁾ In weld repairs, the maximum dimension is 2 mm.				

6.3 Ultrasonic Testing

6.3.1 Acceptance criteria for ultrasonic testing are specified in Table 6.3.2. As stated in paragraph 4.2.1, the quality levels applicable to the zones to be tested shall be identified on an inspection plan.

For ultrasonic testing (UT), the following quality levels are required:

- Level UT1 – fabrication weld preparations for a distance of 50 mm, from the weld edge,
- 50 mm depth from the final machined surface including boltholes,
 - fillet radii to a depth of 50 mm and within distance of 50 mm from the radius end,
 - castings subjected to cycling bending stresses e.g. rudder horn, rudder castings and rudder stocks – the outer one third of thickness in the zones nominated for ultrasonic testing according to Figures 1 to 6,
 - discontinuities within the tested zones interpreted to be cracks or hot tears.
- Level UT2 – other locations nominated for ultrasonic testing according to Figures 1 to 6 or the inspection plan,
- positions outside the locations nominated for level UT1 testing where feeders and gates have been removed,
 - castings subject to cycling bending stresses – at the central one third of thickness in the zones of nominated for ultrasonic testing according to Figures 1 to 6.

6.3.2 Ultrasonic testing acceptance criteria for other castings areas not nominated in Figures 1 to 6 are subject to PRS approval in each particular case based on the anticipated stress levels and the type, size and position of the discontinuity.

Table 6.3.2
Ultrasonic acceptance criteria for steel castings

Quality level	Allowable disc shape according to DGS ¹⁾ [mm]	Max. number of indications to be registered ²⁾	Allowable length of linear indications ³⁾ [mm]
UT1	>6	0	0
UT2	12-15	5	50
	>15	0	0

Notes:
¹⁾ DGS – distance-gain-size.
²⁾ Grouped in an area measuring 300 x 300 mm.
³⁾ Measured on the scanning surface.

7 REPORTING

7.1 Reports of non-destructive testing shall include at least the following items:

- .1 date of testing,
- .2 names and qualification level of inspection personnel,
- .3 type of casting,
- .4 product identification, e.g. number,
- .5 grade of steel,
- .6 heat treatment,
- .7 stage of testing,
- .8 locations and zones for testing,
- .9 surface condition,
- .10 test standards and/or instructions used,
- .11 results,
- .12 statement of acceptance/non-acceptance,
- .13 locations of reportable indications,
- .14 details of weld repairs including sketches.

7.2 In addition to the items listed in 7.1, reports of surface crack detection inspections shall include at least the following items:

- for liquid penetrant testing: the consumables used,
- for magnetic particle testing: method of magnetising, test media and magnetic field strength.

7.3 In addition to the items listed in 7.1, reports of ultrasonic inspection shall include at least the following items:

- flaw detector, probes, calibration blocks and couplant used.

8 RECTIFICATION OF DEFECTS

8.1 Defects and unacceptable indications shall be repaired as indicated in paragraphs 8.1.1 – 8.1.7.

8.1.1 Defective parts of material shall be removed by grinding or by chipping and grinding or by arc air-gouging and grinding. Thermal methods of metal removal shall only be allowed before the final heat treatment. All grooves shall have a bottom radius of approximately three times the groove depth and shall be smoothly blended to the surface area with a finish equal to that of the adjacent surface.

8.1.2 Major weld repairs are those:

- where the weld depth is greater than 25% of the wall thickness or 25 mm whichever is less,
- where the total weld area on a casting exceeds 2% of the casting surface noting that where a distance between two welds is less than their average width, they shall be considered as one weld.

Major repairs require PRS approval before the repair is carried out. The repair shall be carried out before final furnace heat treatment.

8.1.3 Minor weld repairs are those where the total weld area (length x width) exceeds 500 mm² and the criteria specified in paragraph 8.1.2 do not apply.

Minor repairs do not require PRS approval, however they shall be recorded on a weld repair sketch as a part of the manufacturing procedure documents. These repairs should be carried out before the final furnace heat treatment.

8.1.4 Cosmetic weld repairs are all other welds not mentioned in paragraphs 8.1.2 – 8.1.3.

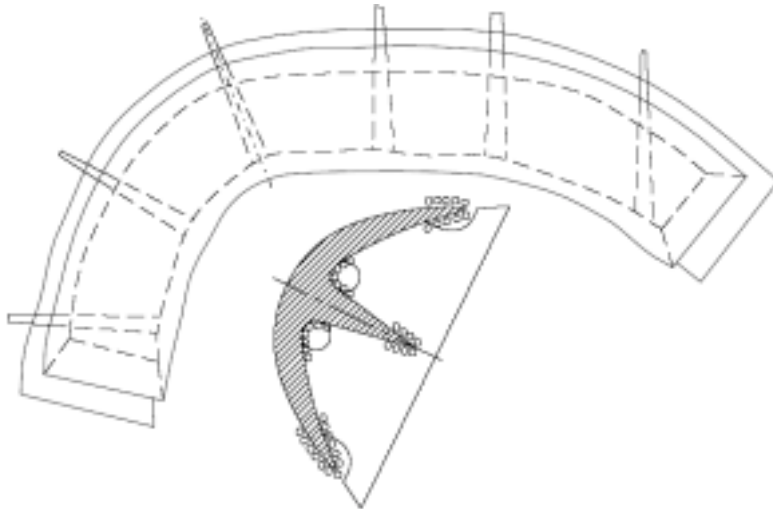
Cosmetic repairs do not require PRS approval, however they shall be recorded on a weld repair sketch as a part of the manufacturing procedure documents. These repairs may be carried out after final furnace heat treatment but are subject to a local stress relief heat treatment.

8.1.5 Castings in carbon or carbon manganese steel may require pre-heating prior to welding and also a post weld stress relieving heat treatment depending upon their chemical composition and the dimensions and position of the weld repairs. Post weld heat treatment shall be carried out at a temperature not less than 550 °C.

8.1.6 Castings subject to removal of defects may be supplied without welding repair under the following condition:

- on un-machined surfaces where the depth of defect removal does not exceed 15 mm or 10% of wall thickness, whichever is less, and the length of the removed part does not exceed 100 mm.

8.1.7 Parts which are repaired shall be tested by the same method as at initial inspection as well as by additional methods required by PRS Surveyor.

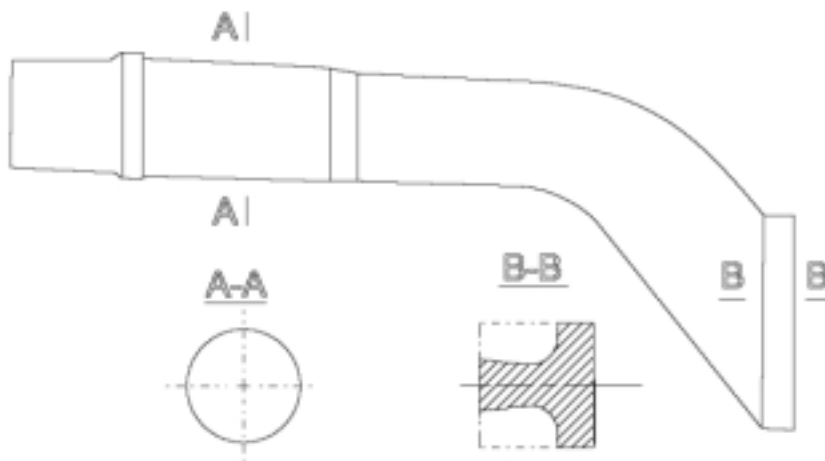


Notes:

Location of non-destructive testing:

1. All surfaces – visual testing.
2. Locations indicated with (OOOO) – magnetic particle and ultrasonic testing.
3. The detailed extents of testings and quality levels are given in Chapters 4 and 6.

Fig. 1 – Stern frame

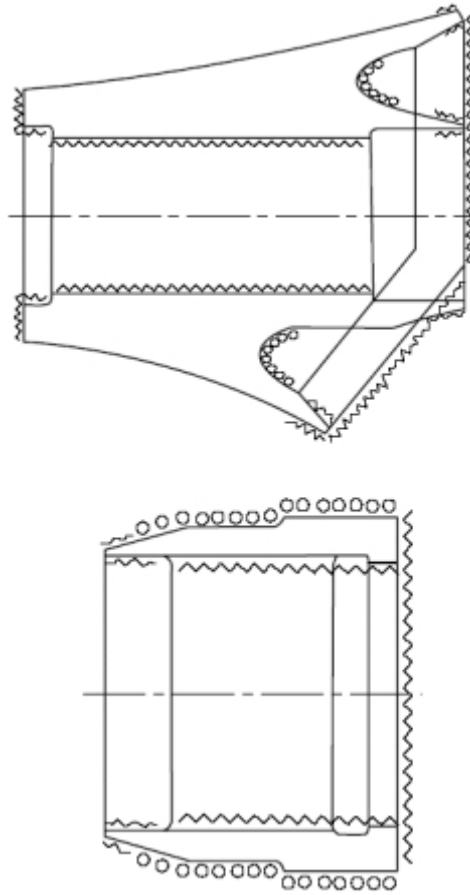


Notes:

Location of non-destructive testing:

1. All surfaces – visual testing, magnetic particle and ultrasonic testing.
2. The detailed extents of testings and quality levels are given in Chapters 4 and 6.

Fig. 2 – Rudder stock

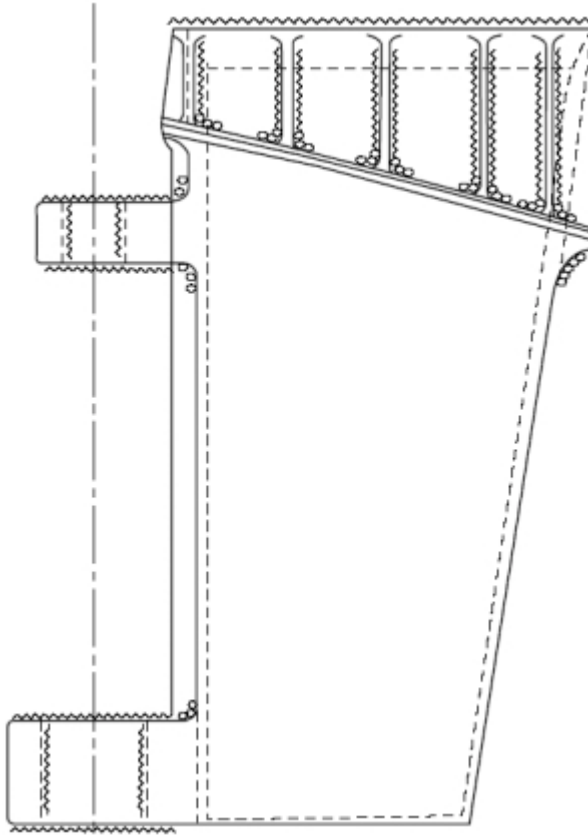


Notes:

Location of non-destructive testing:

1. All surfaces – visual testing.
2. Locations indicated with (OOOO) – magnetic particle and ultrasonic testing.
3. Locations indicated with (^^^^) – ultrasonic testing.
4. The detailed extents of testings and quality levels are given in Chapters 4 and 6.

Fig. 3 – Stern boss

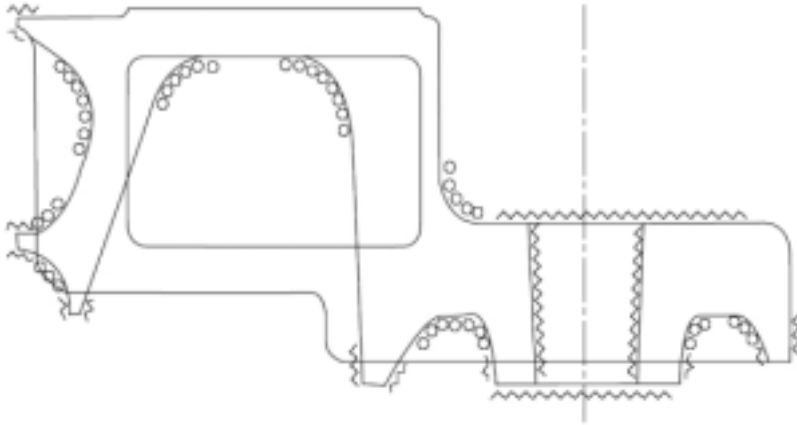


Notes:

Location of non-destructive testing:

1. All surfaces – visual testing.
2. Locations indicated with (OOOO) – magnetic particle and ultrasonic testing.
3. Locations indicated with (^^^^^^) – ultrasonic testing.
4. The detailed extents of testings and quality levels are given in Chapters 4 and 6.

Fig. 4 – Rudder hangings

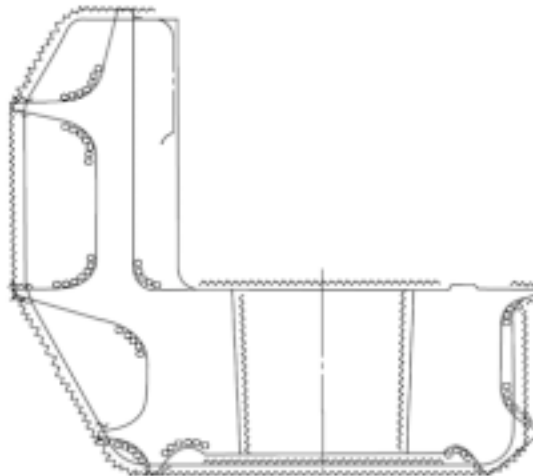


Notes:

Location of non-destructive testing:

1. All surfaces – visual testing.
2. Locations indicated with (OOOO) – magnetic particle and ultrasonic testing.
3. Locations indicated with (^^^^) – magnetic particle and ultrasonic testing.
4. The detailed extents of testings and quality levels are given in Chapters 4 and 6.

Fig. 5 – Rudder (upper part)



Notes:

Location of non-destructive testing:

1. All surfaces – visual testing.
2. Locations indicated with (OOOO) – magnetic particle and ultrasonic testing.
3. Locations indicated with (^^^^) – ultrasonic testing.
4. The detailed extents of testings and quality levels are given in Chapters 4 and 6.

Fig. 6 – Rudder (lower part)