# PRZEPISY
# KLASYFIKACJI I BUDOWY
# STATKÓW MORSKICH

## CZĘŚĆ IX
## MATERIAŁY I SPAWANIE

lipiec
2024

GDAŃSK

**PRZEPISY KLASYFIKACJI I BUDOWY STATKÓW MORSKICH**
opracowane i wydane przez Polski Rejestr Statków S.A., zwany dalej PRS, składają się z następujących części:

Część I – Zasady klasyfikacji
Część II – Kadłub
Część III – Wyposażenie kadłubowe
Część IV – Stateczność i niezatapialność
Część V – Fire Protection (tylko wersja angielska)
Część VI – Ship and Machinery Piping Systems (tylko wersja angielska)
Część VII – Główne i pomocnicze urządzenia maszynowe i wyposażenie
Część VIII – Instalacje elektryczne i systemy sterowania
Część IX – Materiały i spawanie

*Część IX – Materiały i spawanie – lipiec 2024,* została zatwierdzona przez Zarząd PRS w dniu 13 czerwca 2024 r. i wchodzi w życie z dniem 1 lipca 2024 r.

Z dniem wejścia w życie niniejszej *Części IX* jej wymagania mają zastosowanie, w pełnym zakresie, do statków nowych.

W odniesieniu do statków istniejących, wymagania niniejszej *Części IX* mają zastosowanie w zakresie wynikającym z postanowień *Części I – Zasady klasyfikacji.*

Rozszerzeniem i uzupełnieniem *Części IX – Materiały i spawanie* są następujące publikacje:

Publikacja 7/P – Naprawy śrub napędowych ze stopów miedzi,
Publikacja 23/P – Prefabrykacja rurociągów,
Publikacja 30/P – Zasady certyfikowania spawaczy
Publikacja 34/P – Kontrola połączeń spawanych pod wodą,
Publikacja 40/P – Materiały i wyroby niemetalowe,
Publikacja 48/P – Wymagania dla gazowców,
Publikacja 56/P – Zasady uznawania laboratoriów,
Publikacja 70/P – Badania nieniszczące odkuwek stalowych stosowanych na elementy kadłuba i urządzeń maszynowych,
Publikacja 71/P – Badania nieniszczące odlewów staliwnych stosowanych na elementy kadłuba,
Publikacja 74/P – Zasady kwalifikowania technologii spawania,
Publikacja 80/P – Badania nieniszczące,
Publikacja 117/P – Wymagania PRS dla statków innych niż gazowce stosujących LNG lub inne paliwa o niskiej temperaturze zapłonu.

© Copyright by Polski Rejestr Statków S.A., 2024

PRS/RP, 06/2024

# SPIS TREŚCI


Str.

**1 Postanowienia ogólne** ... 9
1.1 Zakres zastosowania ... 9
1.2 Określenia, definicje, oznaczenia, symbole, skróty i normy powołane ... 9
1.3 Zakres nadzoru ... 15
1.4 Dokumentacja techniczna ... 15
1.5 Uznawanie wytwórni materiałów / wyrobów ... 16
1.6 Uznawanie wytwórni konstrukcji spawanych ... 17
1.7 Nadzór nad produkcją materiałów i wyrobów ... 17
1.8 Świadectwo odbioru ... 18
1.9 Cechowanie ... 18

**2 Badania** ... 20
2.1 Wymagania ogólne ... 20
2.2 Laboratoria przeprowadzające próby i badania ... 20
2.3 Badania powtórne ... 21
2.4 Analiza chemiczna ... 21
2.5 Próba rozciągania ... 21
2.6 Próba udarności ... 25
2.7 Próba zginania ... 27
2.8 Próba Pelliniego (DWT) ... 28
2.9 Próba twardości ... 28
2.10 Badania makroskopowe i mikroskopowe ... 28
2.11 Próby ciągliwości rur ... 28
2.12 Próba ESSO ... 30
2.13 Badanie spawalności ... 34
2.14 Badania nieniszczące ... 34
2.15 Inne badania ... 34

**MATERIAŁY** ... 35

**3 Stale kadłubowe o zwykłej i o podwyższonej wytrzymałości** ... 36
3.1 Zakres ... 36
3.2 Uznanie wytwórni ... 36
3.3 Metody wytwarzania ... 37
3.4 Skład chemiczny ... 39
3.5 Stan dostawy ... 41
3.6 Własności mechaniczne ... 42
3.7 Stan powierzchni oraz jakość wewnętrzna ... 44
3.8 Kontrola stanu powierzchni i wykonania ... 46
3.9 Materiał do badań ... 49
3.10 Próbki do badań własności mechanicznych ... 50
3.11 Liczba próbek do badań ... 50
3.12 Badania powtórne ... 53
3.13 Cechowanie ... 53
3.14 Świadectwo odbioru ... 53
3.15 Dodatkowe wymagania dotyczące stali przeznaczonych do stosowania jako alternatywny sposób zabezpieczenia przed korozją zbiorników ładunkowych zbiornikowców olejowych .. 53
3.16 Dodatkowe wymagania dotyczące stali YP47 oraz stali odpornych na kruche pękanie ... 54

**4 Stale o wysokiej wytrzymałości** ... 58
4.1 Zakres ... 58

4.2 Uznanie ... 58
4.3 Metody wytwarzania ... 59
4.4 Skład chemiczny ... 59
4.5 Stan dostawy ... 61
4.6 Własności mechaniczne ... 61
4.7 Tolerancje wymiarowe ... 64
4.8 Stan powierzchni i jakość wykonania ... 64
4.9 Obróbka cieplna przez wyżarzanie odprężające lub innymi metodami ... 65
4.10 Wyposażenie do inspekcji ... 65
4.11 Identyfikacja materiału ... 65
4.12 Cechowanie ... 65
4.13 Świadectwo odbioru ... 65

**5 Stale o określonych własnościach w kierunku grubości materiału (stale TYPU „Z")** ... 67
5.1 Wymagania ogólne ... 67
5.2 Przewężenie procentowe ... 67
5.3 Próby ... 68
5.4 Cechowanie ... 70
5.5 Świadectwo odbioru ... 70

**6 Stale do budowy kotłów i zbiorników ciśnieniowych** ... 71
6.1 Wymagania ogólne ... 71
6.2 Gatunki stali ... 71
6.3 Skład chemiczny ... 71
6.4 Własności mechaniczne ... 73
6.5 Stan dostawy ... 75
6.6 Próby ... 76
6.7 Kontrola stanu powierzchni i wykonania ... 77
6.8 Cechowanie ... 77
6.9 Świadectwo odbioru ... 77

**7 Stale na konstrukcje pracujące w niskich temperaturach** ... 78
7.1 Stale na konstrukcje kadłuba ... 78
7.2 Stale do budowy zbiornikowców do przewozu skroplonych gazów ... 78
7.3 Stale na inne konstrukcje ... 78

**8 Stale odporne na korozję** ... 79
8.1 Wymagania ogólne ... 79
8.2 Skład chemiczny ... 79
8.3 Własności mechaniczne ... 79
8.4 Stan dostawy ... 80
8.5 Próby ... 81
8.6 Kontrola stanu powierzchni i wykonania ... 87
8.7 Cechowanie ... 87
8.8 Świadectwo odbioru ... 87

**9 Stale platerowane** ... 88
9.1 Wymagania ogólne ... 88
9.2 Skład chemiczny ... 88
9.3 Własności mechaniczne ... 88
9.4 Stan dostawy ... 88
9.5 Próby ... 88
9.6 Kontrola stanu powierzchni i wykonania ... 90
9.7 Cechowanie ... 90
9.8 Świadectwo odbioru ... 90

**10 Rury stalowe** ... 91
10.1 Wymagania ogólne ... 91
10.2 Metody wytwarzania ... 91
10.3 Skład chemiczny ... 91
10.4 Własności mechaniczne ... 91
10.5 Stan dostawy ... 95
10.6 Próby ... 95
10.7 Kontrola stanu powierzchni i wykonania ... 96
10.8 Cechowanie ... 96
10.9 Świadectwo odbioru ... 96

**11 Stale walcowane do wyrobu łańcuchów kotwicznych** ... 97
11.1 Wymagania ogólne ... 97
11.2 Metody wytwarzania ... 97
11.3 Stan dostawy ... 97
11.4 Skład chemiczny ... 97
11.5 Badania własności mechanicznych ... 97
11.6 Kontrola stanu powierzchni i wykonania ... 98
11.7 Dopuszczalna wadliwość ... 99
11.8 Cechowanie ... 99
11.9 Świadectwo odbioru ... 99

**12 Odkuwki stalowe** ... 100
12.1 Wymagania ogólne ... 100
12.2 Metoda wytwarzania ... 100
12.3 Jakość odkuwek ... 101
12.4 Skład chemiczny ... 101
12.5 Stan dostawy ... 102
12.6 Badania własności mechanicznych ... 103
12.7 Własności mechaniczne ... 109
12.8 Kontrola stanu powierzchni i wykonania ... 110
12.9 Naprawa uszkodzonych odkuwek ... 111
12.10 Identyfikacja odkuwek ... 112
12.11 Cechowanie ... 112
12.12 Świadectwo odbioru ... 112

**13 Odlewy ze staliwa** ... 113
13.1 Odlewy elementów kadłuba statku i maszyn okrętowych ze staliwa węglowego ... 113
13.2 Odlewy śrub napędowych ze staliwa stopowego odpornego na korozję ... 120

**14 Odlewy z żeliwa szarego** ... 127
14.1 Wymagania ogólne ... 127
14.2 Wytwarzanie ... 127
14.3 Jakość odlewów ... 127
14.4 Skład chemiczny ... 127
14.5 Stan dostawy ... 127
14.6 Badanie własności mechanicznych ... 127
14.7 Własności mechaniczne ... 129
14.8 Kontrola stanu powierzchni i wykonania ... 130
14.9 Naprawa uszkodzonych odlewów ... 131
14.10 Cechowanie ... 131
14.11 Świadectwo odbioru ... 131

**15 Odlewy z żeliwa sferoidalnego** ... 132
15.1 Wymagania ogólne ... 132

15.2 Wytwarzanie ... 132
15.3 Jakość odlewów ... 132
15.4 Skład chemiczny ... 132
15.5 Stan dostawy ... 132
15.6 Badanie własności mechanicznych ... 133
15.7 Własności mechaniczne ... 134
15.8 Kontrola stanu powierzchni i wykonania ... 135
15.9 Badania metalograficzne ... 135
15.10 Naprawa uszkodzonych odlewów ... 135
15.11 Cechowanie ... 136
15.12 Świadectwo odbioru ... 136

**16 Odlewy z żeliwa ciągliwego** ... 136

**17 Stopy miedzi** ... 137
17.1 Rury z miedzi i stopów miedzi ... 137
17.2 Odlewy ze stopów miedzi inne niż odlewy śrub napędowych ... 139
17.3 Odlewy śrub napędowych ze stopów miedzi ... 142

**18 Stopy aluminium** ... 148
18.1 Stopy aluminium przerobione plastycznie ... 148
18.2 Odlewy ze stopów aluminium ... 155

**19 Wymagania dotyczące produkcji kotwic** ... 159
19.1 Wymagania ogólne ... 159
19.2 Materiały ... 159
19.3 Produkcja kotwic ... 160
19.4 Badania i certyfikacja ... 161

**20 Łańcuchy kotwiczne i wyposażenie** ... 167
20.1 Wymagania ogólne ... 167
20.2 Materiały ... 167
20.3 Konstrukcja oraz wytwarzanie łańcuchów i wyposażenia ... 168
20.4 Próby i świadectwo odbioru łańcuchów kotwicznych ... 172
20.5 Badania i świadectwo odbioru elementów łączących łańcuch ... 176
20.6 Łańcuch przewłokowy wyposażenia ETA ... 177

**21 Liny stalowe** ... 179
21.1 Wymagania ogólne ... 179
21.2 Wykonanie ... 179
21.3 Próby ... 179
21.4 Kontrola stanu powierzchni i wykonania ... 181
21.5 Cechowanie ... 182
21.6 Świadectwo odbioru ... 182

**22 Liny włókienne** ... 183
22.1 Wymagania ogólne ... 183
22.2 Wykonanie ... 183
22.3 Próby ... 183
22.4 Kontrola stanu powierzchni i wykonania ... 185
22.5 Cechowanie ... 185
22.6 Świadectwo odbioru ... 185

**SPAWAWANIE** ... 181

**23 Spawanie** ... 187
23.1 Wymagania ogólne ... 187
23.2 Spawanie kadłubów i wyposażenia ... 188

23.3 Spawanie mechanizmów okrętowych ... 190
23.4 Spawanie kotłów i zbiorników ciśnieniowych ... 191
23.5 Spawanie rurociągów ... 192
23.6 Spawanie stali odpornych na korozję ... 192
23.7 Spawanie stali odpornych na korozję z innymi stalami ... 193
23.8 Spawanie stali platerowanych stalami austenitycznymi ... 193
23.9 Spawanie odkuwek stalowych i odlewów ze staliwa ... 193
23.10 Spawanie odlewów z żeliwa ... 194
23.11 Spawanie miedzi i jej stopów ... 194
23.12 Spawanie stopów aluminium przerobionych plastycznie ... 194
23.13 Lutowanie twarde ... 195

**24 Materiały dodatkowe do spawania** ... 196
24.1 Wymagania ogólne ... 196
24.2 Procedura uznawania ... 197
24.3 Wykonanie i badania płyt próbnych do badania materiałów dodatkowych do spawania stali kadłubowych ... 198
24.4 Ocena wyników badań materiałów dodatkowych do spawania stali kadłubowych ... 200
24.5 Badania elektrod otulonych do spawania ręcznego stali kadłubowych ... 203
24.6 Badanie materiałów dodatkowych do spawania automatycznego pod topnikiem stali kadłubowych ... 208
24.7 Badanie drutów samoosłonowych i drutów do spawania w osłonie gazów ochronnych ... 213
24.8 Badanie materiałów dodatkowych do spawania elektrożużlowego i elektrogazowego ... 216
24.9 Badanie materiałów dodatkowych do spawania jednostronnego na podkładkach ... 217
24.10 Badanie materiałów dodatkowych do spawania stali o wysokiej wytrzymałości ... 218
24.11 Badanie materiałów dodatkowych do spawania stali do budowy kotłów i zbiorników ciśnieniowych ... 222
24.12 Badanie materiałów dodatkowych do spawania stali przeznaczonych do produkcji mechanizmów, urządzeń i instalacji rurociągów ... 222
24.13 Badanie materiałów dodatkowych do spawania stali odpornych na korozję i stali platerowanych ... 222
24.14 Badanie materiałów dodatkowych do spawania miedzi, metali ciężkich i innych metali nieżelaznych ... 223
24.15 Badanie materiałów dodatkowych do spawania stopów aluminium ... 224
24.16 Próby uznaniowe materiałów dodatkowych do spawania w przypadku stali YP47 ... 226

**25 Wytwórnie wykonujące konstrukcje spawane** ... 228
25.1 Postanowienia ogólne ... 228
25.2 Procedura uznawania ... 229
25.3 Dokumentacja techniczna ... 229
25.4 Inspekcja wytwórni ... 230
25.5 Kwalifikowanie technologii spawania ... 230

**Załącznik A** – Procedura uznawania wytwórni stali kadłubowych ... 232
**Załącznik B** – Procedura uznawania wytwórni stali kadłubowych przeznaczonych do spawania z wysokim ciepłem wprowadzonym ... 244
**Załącznik C** – Procedura uznawania wytwórni stali przeznaczonych do stosowania jako alternatywny sposób zabezpieczenia przed korozją zbiorników ładunkowych zbiornikowców olejowych ... 248
**Załącznik D** – Wymagania dotyczące uznawania wytwórni stali o wysokiej wytrzymałości, przeznaczonych do budowy kadłubów statków do przewozu kontenerów ... 249
**Załącznik E** – Procedura uznawania wytwórni stali o wysokiej wytrzymałości na konstrukcje spawane ... 251
**Załącznik F** – Procedura uznawania procesu wytwarzania stali YP47 ... 260
**Załącznik G** – Procedura uznawania procesu wytwarzania stali odpornych na kruche pękanie ... 261

# 1 POSTANOWIENIA OGÓLNE

## 1.1 Zakres zastosowania

**1.1.1** *Część IX – Materiały i spawanie* ma zastosowanie do materiałów, w tym również materiałów dodatkowych do spawania, oraz procesów spawania stosowanych podczas budowy lub remontu niżej wymienionych elementów konstrukcji statku podlegających nadzorowi PRS:
- kadłub,
- mechanizmy i urządzenia maszynowe,
- kotły parowe i zbiorniki ciśnieniowe,
- wyposażenie kadłubowe,
- rurociągi.

**1.1.2** Wymagania *Części IX* mają ponadto zastosowanie do materiałów, w tym również materiałów dodatkowych do spawania, oraz procesów spawania, stosowanych podczas budowy lub remontu innych objętych nadzorem PRS konstrukcji.

**1.1.3** Przy doborze materiałów należy uwzględnić również mające zastosowanie wymagania zawarte w innych częściach *Przepisów* PRS.

**1.1.4** Materiały, które ze względu na skład chemiczny i własności mechaniczne nie odpowiadają warunkom określonym w niniejszej części Przepisów, podlegają w każdym przypadku odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

**1.1.5** Dodatkowe wymagania dotyczące materiałów, w tym materiałów pomocniczych do spawania oraz procesów spawania stosowanych przy budowie i remontach statków innych niż gazowce, stosujących LNG lub inne paliwa o niskiej temperaturze zapłonu, podano w *Publikacji 117/P – Wymagania PRS dla statków innych niż gazowce stosujących LNG lub inne paliwa o niskiej temperaturze zapłonu*.

**1.1.6** Materiały i wyroby niemetalowe pochodzenia organicznego i z tworzyw sztucznych, nieujęte w *Części IX* a podlegające nadzorowi PRS zgodnie z postanowieniami zawartymi w innych częściach *Przepisów*, powinny odpowiadać wymaganiom podanym w *Publikacji 40/P – Materiały i wyroby niemetalowe*.

## 1.2 Określenia, definicje, oznaczenia, symbole, skróty i normy powołane

Określenia i oznaczenia dotyczące ogólnej terminologii stosowanej w *Przepisach klasyfikacji i budowy statków morskich* (zwanych dalej *Przepisami*) zawarte są w *Części I – Zasady klasyfikacji*. Dla potrzeb *Części IX* wprowadza się dodatkowo określenia, definicje i oznaczenia wymienione w punktach 1.2.1 i 1.2.2.

### 1.2.1 Określenia i definicje

*Ciepło wprowadzone (energia liniowa)* – ilość energii cieplnej, wprowadzona do materiału spawanego podczas układania jednej jednostki długości ściegu spoiny.

*Hartowanie* (Q) – proces obróbki cieplnej, w którym stal jest nagrzewana do temperatury powyżej $A_{c3}$ i następnie chłodzona w celu utwardzenia struktury.

*Instrukcja technologiczna spawania* (WPS) – dokument podający szczegóły zmiennych parametrów wymaganych dla określonego zastosowania procesu spawania i zapewniający powtarzalność spełnienia wymagań jakościowych przez spawane złącza wykonane zgodnie z tym dokumentem.

*Kaliber łańcucha* [mm] – wielkość nominalna danego łańcucha odpowiadająca średnicy przekroju ogniwa zwykłego.

*Materiał dodatkowy do spawania* – materiał tworzący spoinę lub umożliwiający jej wykonanie; może to być np. elektroda otulona, pręt, drut, topnik lub gaz.

*Materiał podstawowy (rodzimy)* – materiał, z którego wykonany jest element poddany procesowi spajania.

*Niezgodność spawalnicza* – nieciągłość metaliczna w spoinie lub odchylenie od założonej geometrii kształtu spoiny.

*Normalizowanie* (N) – obróbka cieplna obejmująca austenityzowanie i następnie chłodzenie w powietrzu.

*Odcinek próbny* – kawałek materiału pobrany z wyrobu próbnego, z którego wykonuje się próbki do badań. W przypadku odlewów funkcję odcinka próbnego spełnia wlewek próbny (przylany lub odlany oddzielnie).

*Odpuszczanie* (T) – proces obróbki cieplnej w którym stal jest nagrzewana do temperatury poniżej $A_{c1}$ w celu przywrócenia ciągliwości poprzez poprawę struktury.

*Partia do badań* – liczba wyrobów (sztuk) lub masa wyrobów, które na podstawie badań przeprowadzonych na wyrobach przeznaczonych do badań zgodnie z wymaganiami *Przepisów* lub zamówienia są wspólnie odbierane lub odrzucane.

*Płyta próbna* – spawane złącze, wykonane w celu zbadania własności materiałów użytych do spawania, prawidłowości stosowanego procesu technologicznego lub w celu sprawdzenia kwalifikacji spawacza wykonującego złącze.

*Praca łamania* (*KV*) [J] – energia zużyta na złamanie próbki o określonej temperaturze.

*Protokół kwalifikowania technologii spawania* (WPQR) – protokół, który powinien zawierać wszystkie wymagane dane o spawaniu płyty próbnej oraz podawać wyniki wszystkich badań pospawanej płyty próbnej, przeprowadzonych podczas procedury kwalifikowania technologii spawania.

*Próbka* – pobrany z odcinka próbnego wycinek materiału określonego kształtu i wymiarów, na którym przeprowadza się wymagane badania własności mechanicznych, technologicznych i innych.

*Regu1owane wa1cowanie* (CR) *lub walcowanie normalizujące* (NR) – proces, w którym końcowe walcowanie przebiega w zakresie temperatur stosowanych w procesie normalizowania, co zapewnia otrzymanie własności mechanicznych odpowiadających własnościom po normalizowaniu.

*Spawanie jednostronne* – proces spawania, podczas którego całość spoiny wykonuje się tylko z jednej strony złącza spawanego.

*Spoina* – część spawanego złącza, składająca się z metalu stopionego w czasie spawania.

*Stan dostawy* – obróbka cieplna końcowa, jakiej poddany został materiał dostarczony do zamawiającego (np. stan surowy (AR), normalizowany (N), normalizowany i odpuszczony (NT), ulepszony cieplnie (QT), po walcowaniu termomechanicznym (TM), po regulowanym walcowaniu (CR), po wyżarzaniu izotermicznym (I) itp.).

*Stan surowy* (AR) – stan dostawy bez specjalnego dodatkowego walcowania i/lub obróbki cieplnej.

*Strefa wpływu ciepła* (SWC) – w spawanym złączu strefa metalu niestopionego przylegającego do spoiny, doznająca zmian własności strukturalnych, fizycznych, mechanicznych itp. pod wpływem ciepła wprowadzonego podczas spawania.

*Ścieg spoiny* – metal stopiony lub ułożony przy jednym przejściu źródła ciepła.

*Tablica połączeń spawanych* – wykaz informacji o poszczególnych spawanych połączeniach konstrukcji. Przypadki, w których wymagane jest przedstawienie tablicy spawanych połączeń oraz zakres informacji, które ma ona zawierać, określone są w *Przepisach*.

*Ulepszanie cieplne* (QT) – hartowanie i odpuszczanie w wysokiej temperaturze w celu otrzymania żądanych właściwości mechanicznych, a w szczególności dobrej ciągliwości i dobrej plastyczności.

*Walcowanie termomechaniczne* (TM) – proces kształtowania materiału, w którym końcowe odkształcenie plastyczne jest realizowane w charakterystycznym przedziale temperatur w celu uzyskania własności niemożliwych do uzyskania tylko przez obróbkę cieplną bez odkształcenia plastycznego. Walcowanie termomechaniczne może, ale nie musi obejmować przyspieszonego chłodzenia i może, ale nie musi obejmować hartowania bezpośredniego, po którym następuje odpuszczanie po walcowaniu termomechanicznym.

*Warstwa spoiny* – jeden lub kilka ściegów spoiny ułożonych obok siebie na tym samym poziomie.

*Wstępna instrukcja technologiczna spawania* (pWPS) – instrukcja technologiczna spawania, której poprawność zakłada wytwórnia, ale dla której jeszcze nie została przeprowadzona procedura kwalifikowania technologii spawania.

*Wyrób próbny* – wyrób przeznaczony do badań, wybrany z partii do kontroli i/lub badań.

*Wytwórnia* – przedsiębiorstwo (huta, kuźnia, odlewnia, walcownia, etc.) wykonujące materiały lub wyroby podlegające nadzorowi PRS.

*Wyżarzanie izotermiczne* (I) – proces obróbki cieplnej, w którym stal jest nagrzewana do temperatury powyżej $A_{c3}$, szybko schłodzona do temperatury poniżej $A_{c1}$, wytrzymana izotermicznie w tej temperaturze i następnie schłodzona. Celem procesu jest uzyskanie dobrej ciągliwości stali.

### 1.2.2 Oznaczenia

$A$ [%] – wydłużenie procentowe po rozerwaniu – trwałe wydłużenie długości pomiarowej po rozerwaniu, wyrażane w procentach początkowej długości pomiarowej $L_0$ ($L_0 = 5{,}65 \cdot \sqrt{S_0}$ dla próbek proporcjonalnych o przekroju prostokątnym, $L_0 = 5\ d_0$ dla próbek proporcjonalnych o przekroju okrągłym).

Dla próbek do badań proporcjonalnych, dla których początkowa długość pomiarowa nie równa się $5{,}65 \cdot \sqrt{S_0}$, oznaczenie $A$ należy uzupełnić indeksem, który jest współczynnikiem proporcjonalności, np.: $A_{11,3}$ – wydłużenie procentowe przy początkowej długości pomiarowej ($L_0$) odpowiadającej $11{,}3 \cdot \sqrt{S_0}$.

Dla próbek do badań nieproporcjonalnych, oznaczenie $A$ należy uzupełnić indeksem, który jest początkową długością pomiarową wyrażoną w milimetrach, np: $A_{200\,\mathrm{mm}}$ – wydłużenie procentowe przy początkowej długości pomiarowej ($L_0$) równej 200 mm.

Wartość wydłużenia jest miarodajna, gdy odległość między miejscem rozerwania a najbliższym znakiem końca długości pomiarowej na próbce wynosi co najmniej jedną trzecią początkowej długości pomiarowej ($L_0$).

*KV* [J] – praca łamania (energia zużyta na złamanie próbki) określona za pomocą młota wahadłowego typu Charpy na próbce z karbem w kształcie litery V (typu ISO-Charpy V), której wymiary podano w podrozdziale 2.6.

$R_e$ [MPa] – wyraźna granica plastyczności – naprężenie odpowiadające osiągniętemu podczas próby punktowi, w którym występuje przyrost odkształcenia plastycznego bez żadnego wzrostu siły. Wartości $R_e$ podane w *Części IX* i w innych częściach *Przepisów* (jeżeli nie postanowiono inaczej) należy utożsamiać z górną granicą plastyczności $R_{eH}$.

$R_{p0,2}$ [MPa] – umowna granica plastyczności (przy wydłużeniu nieproporcjonalnym) – naprężenie określone przy wydłużeniu nieproporcjonalnym, równym 0,2% długości pomiarowej ekstensometru ($L_0$); w przypadkach uzasadnionych technicznie dopuszcza się określenie umownej granicy plastyczności przy innych wydłużeniach w zakresie od 0,05 do 1,0%.

$R_m$ [MPa] – wytrzymałość na rozciąganie – naprężenie odpowiadające działaniu na próbkę największej siły rozciągającej.

*Z* [%] – przewężenie procentowe – największa zmiana pola przekroju poprzecznego, która następuje podczas próby rozciągania, wyrażona w procentach początkowej powierzchni przekroju poprzecznego ($S_0$).

### 1.2.3 Symbole i skróty

*A* – wydłużenie procentowe po rozerwaniu,
AR – stan surowy,
CR – regulowane walcowanie,
*D* – średnica trzpienia gnącego,
*d* – średnica próbki,
I – wyżarzanie izotermiczne,
*KV* – praca łamania,
MT – badania magnetyczno-proszkowe,
N – normalizowanie,
NDT – badania nieniszczące,
NR – walcowanie normalizujące,
NT – normalizacja i odpuszczanie,
PT – badania penetracyjne,
pWPS – wstępna instrukcja technologiczna spawania,
Q – hartowanie,
QT – ulepszanie cieplne,
$R_e$ – wyraźna granica plastyczności,
$R_m$ – wytrzymałość na rozciąganie,
$R_{p0,2}$ – umowna granica plastyczności (przy wydłużeniu nieproporcjonalnym),
RT – badania radiograficzne,
SWC – strefa wpływu ciepła,
t – grubość wyrobu,
T – odpuszczanie,
UT – badania ultradźwiękowe,

VT – badania wizualne,

WPQR – protokół kwalifikowania technologii spawania,

WPS – instrukcja technologiczna spawania,

Z – przewężenie procentowe.

### 1.2.4 Normy przywołane

PN-EN 515 – Aluminium i stopy aluminium – Wyroby przerobione plastycznie – Oznaczenia stanów.

PN-EN 573-1 – Aluminium i stopy aluminium – Skład chemiczny i rodzaje wyrobów przerobionych plastycznie – Część 1: System oznaczeń numerycznych.

PN-EN 573-2 – Aluminium i stopy aluminium – Skład chemiczny i rodzaje wyrobów przerobionych plastycznie – Część 2: System oznaczeń na podstawie symboli chemicznych.

PN-EN 1057 – Miedź i stopy miedzi – Rury miedziane okrągłe bez szwu do wody i gazu stosowane w instalacjach sanitarnych i ogrzewania.

PN-EN 1561 – Odlewnictwo – Żeliwo szare.

PN-EN 10028-2 – Wyroby płaskie ze stali na urządzenia ciśnieniowe – Część 2: Stale niestopowe i stopowe o określonych własnościach w podwyższonych temperaturach.

PN-EN 10029 – Blachy stalowe walcowane na gorąco grubości 3 mm i większej – Tolerancje wymiarów, kształtu i masy.

PN-EB 10160 – Badania ultradźwiękowe wyrobów stalowych płaskich grubości równej lub większej niż 6 mm (metoda echa).

PN-EN 10164 – Wyroby stalowe o podwyższonych własnościach plastycznych w kierunku prostopadłym do powierzchni wyrobu – Warunki techniczne dostawy.

PN-EN 10204 – Wyroby metalowe – Rodzaje dokumentów kontroli.

PN-EN 10216-2 – Rury stalowe bez szwu do zastosowań ciśnieniowych – Warunki techniczne dostawy – Część 2: Rury ze stali niestopowych i stopowych z określonymi własnościami w temperaturze podwyższonej.

PN-EN 10264-1 – Drut stalowy i wyroby z drutu – Drut stalowy na liny – Część 1: Wymagania ogólne.

PN-EN 10264-2 – Drut stalowy i wyroby z drutu – Drut stalowy na liny – Część 2: Drut ze stali niestopowej ciągniony na zimno na liny ogólnego przeznaczenia.

PN-EN 10314 – Metoda wyznaczania minimalnych wartości umownej granicy plastyczności stali w podwyższonych temperaturach.

PN-EN 12385-2 – Liny stalowe – Bezpieczeństwo – Część 2: Definicje, oznaczenia i klasyfikacja.

PN-EN 12385-4 – Liny stalowe – Bezpieczeństwo – Część 4: Liny splotkowe dla dźwignic.

PN-EN 12449 – Miedź i stopy miedzi – Rury okrągłe bez szwu ogólnego prze-znaczenia.

PN-EN 12451 – Miedź i stopy miedzi – Rury okrągłe bez szwu do wymienników ciepła.

PN-EN ISO 945-1 – Mikrostruktura żeliwa – Część 1: Klasyfikacja wydzieleń grafitu na podstawie analizy wizualnej.

PN-EN ISO 2307 – Liny włókienne – Wyznaczanie niektórych właściwości fizycznych i mechanicznych.

PN-EN ISO 3452-1 – Badania nieniszczące – Badania penetracyjne – Część 1: Zasady ogólne.

PN-EN ISO 3651-1 – Oznaczenie odporności na korozję międzykrystaliczną stali odpornych na korozję – Część 1: Stale odporne na korozję austenityczne i ferrytyczno-austenityczne (duplex) – Badanie korozyjne w środowisku kwasu azotowego (V) przez pomiar ubytku masy (próba Hueya).

PN-EN ISO 3651-2 – Oznaczenie odporności na korozję międzykrystaliczną stali odpornych na korozję – Część 2: Stale odporne na korozję austenityczne i ferrytyczno-austenityczne (duplex) – Badanie korozyjne w środowisku zawierającym kwas siarkowy (VI).

PN-EN ISO 3785 – Metale – Oznaczenie osi próbek względem przebiegu włókien wyrobu.

PN-EN ISO 6506-1 – Metale – Pomiar twardości sposobem Brinella – Część 1: Metoda badań.

PN-EN ISO 6507-1 – Metale – Pomiar twardości sposobem Vickersa – Część 1: Metoda badań.

PN-EN ISO 6508-1 – Metale – Pomiar twardości sposobem Rockwella – Część 1: Metoda badań (skale A, B, C, D, E, F, G, H, K, N, T).

PN-EN ISO 6892-1 – Metale – Próba rozciągania – Część 1: Metoda badania w temperaturze pokojowej.

PN-EN ISO 6892-2 – Metale – Próba rozciągania – Część 5: Metoda badania w podwyższonej temperaturze.

PN-EN ISO 7438 – Metale – Próba zginania.

PN-EN ISO 8492 – Metale – Próba spłaszczania.

PN-EN ISO 8493 – Metale – Próba roztłaczania.

PN-EN ISO 8494 – Metale – Próba wyginania kołnierza.

PN-EN ISO 8495 – Metale – Próba roztłaczania pierścienia.

PN-EN ISO 8496 – Metale – Próba rozciągania pierścienia.

PN-EN ISO 9001 – System zarządzania jakością – Wymagania.

PN-EN ISO 9554 – Liny włókienne – Wymagania ogólne.

PN-EN ISO/IEC 17025 – Ogólne wymagania dotyczące kompetencji laboratoriów badawczych i wzorcujących.

PN-EN ISO 17639 – Badania niszczące spawanych złączy metali – Badania makroskopowe i mikroskopowe złączy spawanych.

PN-ISO 1704 – Budowa statków – Łańcuchy kotwiczne rozpórkowe.

PN-ISO 3108 – Liny stalowe ogólnego przeznaczenia – Określenie rzeczywistego obciążenia niszczącego.

PN-H-92140 – Blacha stalowa jednostronnie platerowana stalą odporną na korozję.

ASTM A262-15 – Standard Practices for Detecting Suscebility to Intergranular Attack in Austenitic Stainless Steels.

ASTM A578 – Standard Specification for Straight – Beam Ultrasonic Examination of Plain and Clad Steel Plates for Special Applications.

ASTM E165-18 – Standard Test Method for Liquid Penetrant Examination.

ASTM E208-17 – Standard Test Method for Conducting Drop – Weight Test to Determine Nil – Ductility Transition Temperature of Ferritic Steels.

ASTM G66-99 – Standard Test Method for Visual Assessment of Exfoliation Corrosion Suscebility of 5xxx Series Aluminium Alloys (ASSET Test).

ASTM G67-04 – Standard Test Method for Determining the Suscebility to Intergranular Corrosion of 5xxx Series Aluminium Alloys by Mass Loss after Exposure to Nitric Acid (NAMLT Test).

IMO MSC.1/Circ. 1599/Rev. 2 Interim Guidelines on the Application of High Manganese Austenitic Steel for Cryogenic Service.

### 1.3 Zakres nadzoru

**1.3.1** Postanowienia ogólne, określające zakres i tryb wykonywania nadzoru, podane są w *Zasadach działalności nadzorczej*.

**1.3.2** Nadzorowi PRS podczas produkcji podlegają następujące materiały/wyroby:
- **.1** wyroby walcowane ze stali i stopów aluminium na kadłuby statków,
- **.2** wyroby walcowane ze stali na kotły i zbiorniki ciśnieniowe klasy I i II,
- **.3** rury stalowe na kotły i zbiorniki ciśnieniowe oraz rurociągi klasy I i II,
- **.4** odkuwki i odlewy części ważnych,
- **.5** odlewy śrub napędowych,
- **.6** łańcuchy kotwiczne i liny,
- **.7** kotwice,
- **.8** materiały dodatkowe do spawania.

**1.3.3** Nadzór PRS nad produkcją obejmuje:
- **.1** rozpatrzenie dokumentacji technicznej,
- **.2** inspekcję i nadzór nad próbami,
- **.3** wydanie dokumentów (*Świadectwa odbioru, Metryki, Zaświadczenia* itp.).

**1.3.4** Nadzór PRS nad spawaniem dotyczy konstrukcji podlegających nadzorowi PRS i obejmuje:
- **.1** sprawdzenie spełnienia wymagań zawartych w mających zastosowanie *Przepisach* PRS, dotyczących konstrukcji połączeń spawanych oraz zastosowania materiałów podstawowych i materiałów dodatkowych do spawania,
- **.2** sprawdzenie spełnienia wymagań dotyczących technologii prac spawalniczych, zawartych w *Części IX* i w uzgodnionej dokumentacji technologicznej,
- **.3** kontrolę połączeń spawanych zgodnie z wymaganiami zawartymi w *Publikacji 80/P – Badania nieniszczące*.

### 1.4 Dokumentacja techniczna

#### 1.4.1 Wymagania ogólne

**1.4.1.1** W podrozdziale 1.4 podano wymagania dotyczące dokumentacji technicznej i technologicznej, jaką należy uzgodnić z PRS w przypadku, gdy nadzór PRS obejmuje:
- nadzór nad produkcją materiałów/wyrobów (blachy, kształtowniki, odlewy, odkuwki itp.),
- nadzór nad wykonaniem konstrukcji spawanych.

Wyżej wymieniona dokumentacja powinna zostać dostarczona do PRS do uzgodnienia przed rozpoczęciem nadzoru.

**1.4.1.2** W przypadku gdy nadzór PRS dotyczy remontu konstrukcji spawanych, wymagania podrozdziału 1.4 należy traktować jako wytyczne, natomiast szczegółowy zakres wymaganej dokumentacji należy każdorazowo uzgodnić z PRS. Zakres dokumentacji wymaganej jest uzależniony od wielkości remontu.

### 1.4.2 Dokumentacja techniczna dotycząca materiałów / wyrobów

**1.4.2.1** Dokumentacja dotycząca materiałów i wyrobów powinna zawierać:
- kategorie (gatunki) materiałów według *Przepisów* i norm,
- charakterystykę materiału (wyrobu), jego skład chemiczny, własności mechaniczne i technologiczne; wymaganie to dotyczy tylko przypadków, gdy gatunek (kategoria) materiału nie został określony w *Przepisach* lub mających zastosowanie normach,
- przewidywaną technologię wykonania,
- opis procesu technologicznego,

**1.4.2.2** Zakres wymaganych informacji dotyczących procesów technologicznych należy każdorazowo uzgodnić z PRS.

### 1.4.3 Dokumentacja techniczna dotycząca konstrukcji spawanych

**1.4.3.1** Dokumentacja związana z nadzorowaniem konstrukcji spawanych powinna zawierać:
- dokumentację techniczną materiałów/wyrobów wymienioną w 1.4.2,
- dokumentację technologiczną związaną z pracami spawalniczymi, spełniającą wymagania niniejszej części *Przepisów* (rozdziały 23, 24, 25),
- plan badań nieniszczących, spełniający wymagania *Publikacji 80/P – Badania nieniszczące*,
- plan malowania zbiorników balastowych – dotyczy tylko statków o pojemności brutto 500 lub większej.

## 1.5 Uznawanie wytwórni materiałów / wyrobów

**1.5.1** Wytwórnie materiałów/wyrobów wymienionych w 1.3.2 oraz półwyrobów użytych do ich produkcji powinny mieć uznanie PRS.

**1.5.2** Wniosek o uznanie powinien zawierać następujące dane:
- charakterystykę materiału (np. jego skład chemiczny, własności mechaniczne, technologiczne itp.),
- przeznaczenie materiału, metody jego produkcji i kontroli,
- informacje o wsadzie (półwyrobach) do produkcji materiału,
- proponowany zakres uznania.

We wniosku należy również podać informacje na temat dotychczasowych doświadczeń wytwórni, związanych z produkcją materiałów będących przedmiotem uznania. Udzielone uznanie nie może być przekazywane filiom i innym wytwórniom, a wszelkie zmiany metod wytwarzania materiałów powinny być zgłoszone do PRS.

**1.5.3** Badania związane z uznaniem wytwórni przeprowadza się według *Programu prób,* opracowanego przez wytwórnię i uzgodnionego z PRS. Badania uznaniowe muszą być przeprowadzone pod bezpośrednim nadzorem PRS w laboratorium uznanym przez PRS.

**1.5.4** Uznanie procesu wytwarzania stali kadłubowych oraz wytwórni stali kadłubowych przeznaczonych do spawania z wysokim ciepłem wprowadzonym powinno być przeprowadzone według procedur podanych w Załącznikach A lub B rozdziału 3 *Części IX*.

**1.5.5** W ramach procedury uznaniowej PRS przeprowadza inspekcję w wytwórniach ubiegających się o uznanie.

**1.5.6** Odnowienie uznania następuje na wniosek wytwórni, po przeprowadzeniu ponownej inspekcji.

**1.5.7** Określona wyżej procedura uznaniowa obowiązuje również w przypadku, gdy wytwórnia wnioskuje o rozszerzenie dotychczasowego zakresu uznania lub wprowadza nowe metody wytwarzania materiałów, nieprzewidziane w *Części IX*.

### 1.6 Uznawanie wytwórni konstrukcji spawanych

Wytwórnie stalowych konstrukcji spawanych, tj. stocznie i inne zakłady, powinny mieć uznanie PRS zgodnie z wymaganiami podanymi w rozdziale 25. Program prób uznaniowych zależy od zakresu przewidywanych prac spawalniczych i powinien być uzgodniony z PRS.

### 1.7 Nadzór nad produkcją materiałów i wyrobów

#### 1.7.1 Nadzór bezpośredni

**1.7.1.1** Materiały/wyroby wymienione w punkcie 1.3.2, oprócz materiałów dodatkowych do spawania, podlegają nadzorowi bezpośredniemu PRS w czasie produkcji, obejmującemu oględziny i badania w zakresie wymagań zawartych w *Części IX*, właściwych norm lub uzgodnionych warunków technicznych.

Kontrole powierzchni, wymiarów oraz masy materiałów i wyrobów powinny być przeprowadzane przez wytwórnię. Wydanie przez PRS *Świadectwa odbioru* na materiał lub wyrób nie zwalnia wytwórcy od odpowiedzialności, jeżeli materiał lub wyrób okaże się wadliwy albo nie odpowiadający normom i warunkom technicznym co do wymiarów, masy i stanu powierzchni.

**1.7.1.2** Przed przeprowadzeniem badań odbiorczych wytwórnia powinna dostarczyć PRS następujące dane:
- nazwę, typ lub gatunek materiału,
- nazwę i numer normy,
- kategorię materiału według *Części IX* lub warunków zamówienia,
- stan dostawy,
- nazwę zamawiającego i obiekt (jeżeli jest znany), dla którego przeznaczony jest materiał,
- wielkość dostawy (liczba sztuk, masa itp.),
- numer wytopu, numer identyfikacyjny,
- numery prób lub próbek przygotowanych do badań.

**1.7.1.3** Badania odbiorcze materiałów przeprowadza się po zakończeniu operacji technologicznych, mających wpływ na własności materiału (np. po obróbce cieplnej).

#### 1.7.2 Nadzór pośredni

PRS prowadzi nadzór pośredni nad produkcją materiałów dodatkowych do spawania. Procedurę uznania materiałów dodatkowych do spawania podano w rozdziale 24.

PRS może uznać produkcję seryjną materiałów/wyrobów nieprzeznaczonych na elementy nośne nadzorowanych konstrukcji, produkowanych przez wytwórnie uznane zgodnie z podrozdziałem 1.5, których wykonawstwo spełnia wymagania jakościowe i wydać na te materiały *Świadectwo uznania typu wyrobu*. Świadectwo to upoważnia do wykonywania czynności inspekcyjnych oraz wystawiania odpowiednich dokumentów przez upoważnione służby techniczne wytwórcy.

Ogólne zasady wydawania *Świadectw uznania typu wyrobu* i sprawowania nadzoru pośredniego podano w *Zasadach działalności nadzorczej*.

### 1.8 Świadectwo odbioru

**1.8.1** *Świadectwo odbioru* jest wystawiane zgodnie z wymogami normy PN-EN 10204.

**1.8.2** W *Świadectwie odbioru* powinny znaleźć się, poza wymiarami geometrycznymi i wielkością dostawy (ilość sztuk, masa itp.) następujące informacje:
- nazwa zamawiającego i numer zamówienia oraz obiekt, dla którego jest przeznaczony materiał (jeżeli jest znany),
- numer wytopu, numer identyfikacyjny,
- nazwa wytwórni,
- kategoria materiału według *Przepisów* lub warunków zamówienia,
- skład chemiczny,
- stan dostawy,
- wyniki badań własności mechanicznych,
- wyniki badań technologicznych (jeśli były wykonane),
- wyniki badań korozyjnych (jeśli były wykonane).

**1.8.3** Jeżeli podczas nadzoru bezpośredniego wyniki badań spełniają wymagania *Części IX*, PRS wydaje *Świadectwo odbioru*. Przed wydaniem *Świadectwa odbioru* wytwórca powinien potwierdzić w formie pisemnej, że wyrób został wyprodukowany zgodnie z uzgodnioną technologią i że odpowiada wszystkim wymaganiom podanym w *Części IX*.

Akceptowaną przez PRS formą takiego potwierdzenia jest oświadczenie podpisane przez uprawnionego przedstawiciela wytwórcy o treści:

***Niniejszym potwierdza się, że wyrób został wyprodukowany według zatwierdzonej technologii i odpowiada wymaganiom określonym w Przepisach PRS.***

**1.8.4** Każde *Świadectwo odbioru* wydane przez wytwórcę na wyrób, na który zostało wystawione *Świadectwo uznania typu wyrobu*, powinno zawierać klauzulę następującej treści:

*WYRÓB UZNANY PRZEZ PRS*

*Świadectwo uznania typu wyrobu*

*Nr .....*

*Ważne do .....*

### 1.9 Cechowanie

**1.9.1** Cechowanie materiałów należy wykonywać zgodnie z postanowieniami uznanych norm, z uwzględnieniem poniższych wymagań.

**1.9.2** Jeżeli wyroby dostarczane są pojedynczo, to cechy należy umieszczać na każdym wyrobie.

**1.9.3** Jeżeli wyroby dostarczane są w wiązkach lub opakowaniach, to oznaczenie należy wykonać na dwóch przywieszkach, odpornych na działanie czynników atmosferycznych i przymocowanych do dwóch przeciwległych końców wiązki lub bezpośrednio na opakowaniu.

**1.9.4** Przy dostawie wyrobów małych rozmiarów sposób ich cechowania podlega uzgodnieniu z PRS.

**1.9.5** Wyroby należy w miarę możliwości cechować w takich miejscach, które później nie będą poddane obróbce mechanicznej.

**1.9.6** Cechy należy wykonać w sposób wyraźny i obramować jasną farbą, odporną na działanie czynników atmosferycznych.

**1.9.7** Cechy umieszczane na wyrobach powinny w każdym przypadku zawierać co najmniej następujące dane:

**.1** oznaczenie kategorii lub gatunku materiału,
**.2** nr wytopu, nr partii lub inne oznaczenie pozwalające na stwierdzenie przynależności wyrobu do partii, na którą wystawiono *Świadectwo odbioru*,
**.3** nazwę lub znak wytwórcy,
**.4** stempel kontroli wytwórcy,
**.5** numer *Świadectwa odbioru*,
**.6** stempel PRS.

Jeżeli w ocechowanych wyrobach zostaną stwierdzone wady niepozwalające na zastosowanie ich zgodnie z przeznaczeniem, cechy należy usunąć.

# 2 BADANIA

## 2.1 Wymagania ogólne

**2.1.1** Materiały podlegające nadzorowi PRS w czasie produkcji należy poddać badaniom. Rodzaj badań oraz kryteria oceny ich wyników powinny być zgodne z postanowieniami *Części IX*, chyba że inne części *Przepisów* zmieniają zakres badań.

**2.1.2** W niniejszym rozdziale określono warunki przeprowadzania badań, rodzaje i wymiary próbek oraz wymagania dotyczące ich wykonania.

Uzyskanie zgody PRS na zastosowanie metod badań lub rodzajów próbek różniących się od wymaganych w niniejszym rozdziale może nastąpić tylko w przypadkach, gdy te metody i próbki pozwalają na prawidłowe określenie i ocenę własności danego materiału.

**2.1.3** Rodzaje i metodyka przeprowadzania specjalnych badań materiału/wyrobu związanych ze szczególnymi warunkami jego stosowania oraz kryteria oceny ich wyników, jeżeli nie zostały one określone w *Przepisach*, powinny być uzgodnione z PRS.

**2.1.4** Podczas badań powinny być spełnione również wymagania odpowiednich norm lub warunków technicznych uzgodnionych z PRS.

**2.1.5** Odcinek próbny należy poddawać obróbce cieplnej razem (w jednym wsadzie) z wyrobem lub częścią, do której on się odnosi. Próbki do badań powinny być wykonane metodami niemającymi wpływu na własności materiału.

## 2.2 Laboratoria przeprowadzające próby i badania

**2.2.1** Postanowienia zawarte w niniejszym podrozdziale dotyczą laboratoriów przeprowadzających badania materiałów i wyrobów podlegających nadzorowi PRS.

**2.2.2** Badania powinny być wykonywane w laboratoriach uznanych przez PRS. Zasady uznawania laboratoriów podano w *Publikacji 56/P – Zasady uznawania laboratoriów*.

**2.2.3** Laboratoria uznanych przez PRS wytwórni produkujących materiały/wyroby mogą przeprowadzać analizy składu chemicznego materiałów/wyrobów, niezbędne przy odbiorze materiałów/wyrobów, bez potrzeby uzyskiwania ich uznania przez PRS do wykonywania tych czynności.

Protokoły lub sprawozdania tych laboratoriów z przeprowadzonych przez nie badań stanowią wystarczającą podstawę do wpisania danych dotyczących składu chemicznego do *Świadectwa odbioru*.

**2.2.4** PRS może jednorazowo uznać laboratorium albo uznać badania wykonane w laboratorium nieposiadającym *Świadectwa uznania* PRS, jeżeli spełnione zostaną następujące warunki:
- badania zostaną wykonane w obecności inspektora PRS (o ile to możliwe),
- wyposażenie pomiarowe jest okresowo sprawdzane,
- personel wykonujący badania posiada odpowiednie kwalifikacje,
- laboratorium posiada system zarządzania jakością.

**2.2.5** Próby i badania należy przeprowadzać w temperaturze odpowiadającej wymaganiom odpowiednich norm, jeżeli w innych rozdziałach *Części IX* nie ustalono inaczej.

**2.2.6** Maszyny wytrzymałościowe rozciągające/ściskające powinny być poddawane wzorcowaniu zgodnie z normą ISO 7500-1:2018 lub inną uznaną normą. Urządzenia do prób udarności powinny być kalibrowane zgodnie z normą ISO 148-2:2016 lub inną uznaną normą.

## 2.3 Badania powtórne

**2.3.1** W przypadku uzyskania negatywnych wyników badań mogą być przeprowadzone badania powtórne przy spełnieniu następujących warunków:

**.1** jeżeli negatywne wyniki badań zostały spowodowane miejscowymi wadami w materiale próbki, niewłaściwą obróbką próbek lub wadliwym działaniem urządzeń służących do przeprowadzania badań – badania należy powtórzyć na takiej samej liczbie próbek;

**.2** jeżeli wyniki próby rozciągania nie spełniają wymagań, wówczas należy pobrać dwie następne próbki z tego samego wyrobu. Jeżeli wyniki obu powtórnych prób spełniają wymagania *Części IX*, to wyrób, z którego pobrano dodatkowe próbki oraz pozostałe wyroby wchodzące w skład partii mogą być przyjęte. Jeżeli jedna lub obie z tych prób nie potwierdzą spełnienia wymagań, to wyrób należy odrzucić. Próby powtórne wymienione powyżej powinny być wykonane na próbkach pobranych z odcinka próbnego lub z materiału przylegającego do odcinka próbnego;

**.3** jeżeli średnia praca łamania (udarność) uzyskana z trzech próbek daje wynik nie spełniający wymagania lub jeżeli dwa wyniki są niższe od wartości wymaganej, lub jeżeli jeden wynik jest mniejszy niż 70 % tej wartości, to mogą być przeprowadzone badania na dodatkowym komplecie, złożonym z trzech próbek pobranych z tego samego wyrobu. Wyrób lub partia wyrobów może być odebrana tylko wtedy, gdy średnia ze wszystkich wyników pierwszej i drugiej serii prób będzie co najmniej równa wartości wymaganej oraz gdy wśród tych wszystkich wyników nie więcej niż dwa wyniki będą niższe od wartości wymaganej i nie więcej niż jeden z nich będzie mniejszy niż 70% tej wartości;

**.4** jeżeli własności materiału można polepszyć przez obróbkę cieplną, to po jej przeprowadzeniu należy wykonać powtórne badania na normalnej liczbie próbek;

**.5** jeżeli w celu uzyskania wymaganych wartości własności mechanicznych stali stopowych wytwórnia zmuszona jest do przeprowadzenia powtórnej obróbki cieplnej, to technologię tej obróbki należy uzgodnić z PRS;

**.6** jeżeli partia materiału została odrzucona na podstawie wyników prób niektórych wyrobów wchodzących w jej skład, to według uznania ich wytwórcy każdy z pozostałych wyrobów może być oddzielnie poddany badaniom. Te wyroby, których badania dadzą wyniki spełniające wymagania, mogą zostać przyjęte.

**2.3.2** PRS może zażądać powtórzenia badań, jeżeli miała miejsce pomyłkowa zamiana próbek lub wyników badań albo jeżeli wyniki badań nie pozwalają na określenie jakości materiału z wymaganą dokładnością.

## 2.4 Analiza chemiczna

W przypadku wykonywania analizy kontrolnej składu chemicznego gotowych wyrobów dopuszczalne odchyłki w porównaniu do analizy wytopowej należy przyjmować według odpowiednich norm lub według wymagań *Części IX*.

## 2.5 Próba rozciągania

**2.5.1** Podczas próby rozciągania mogą być wyznaczone następujące własności mechaniczne:

$R_e$ [MPa]; $R_p$ ($R_{p0,2}$; $R_{p1,0}$) [MPa]; $R_m$ [MPa]; $A$ ($A$; $A_{11,3;}$ $A_{50\ mm;}$ $A_{200\ mm}$) [%] oraz $Z$ [%].

Jeżeli nie jest określone inaczej, próbę rozciągania przeprowadza się w temperaturze otoczenia.

Oznaczenia własności mechanicznych uzyskanych podczas próby rozciągania metali w podwyższonych temperaturach powinny być uzupełnione indeksem górnym, informującym o temperaturze badania w °C (np. $R_m^{350}$, $R_e^{400}$, $A^{200}$, $Z^{300}$).

**2.5.2** Badanie wyraźnej granicy plastyczności, $R_e$, powinno być przeprowadzone przy ograniczeniach w zakresie odkształceń sprężystych podanych w tabeli 2.5.2.

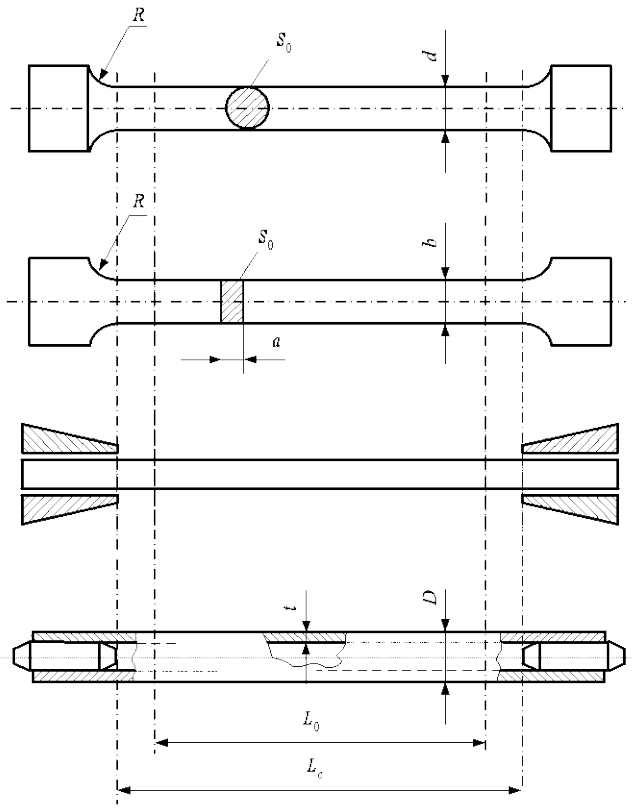
Dla stali austenitycznych i stali austenityczno-ferrytycznych (duplex) poza umowną granicą plastyczności, $R_{p0,2}$, lub wyraźną granicą plastyczności, $R_e$, może być określona dodatkowo umowna granica plastyczności, $R_{p1,0}$.

Po osiągnięciu granicy plastyczności wyraźnej lub umownej dla materiałów plastycznych, prędkość maszyny podczas próby rozciągania nie może być większa od prędkości odpowiadającej prędkości odkształcenia 0,008 $s^{-1}$. Dla materiałów kruchych, takich jak żeliwo, prędkość przyrostu naprężenia nie może przewyższać 10 MPa·$s^{-1}$.

**Tabela 2.5.2**

| Moduł sprężystości podłużnej $E$ [MPa] | Prędkość przyrostu naprężenia [MPa·$s^{-1}$] | |
|---|---|---|
| | min. | max |
| < 150 000 | 2 | 20 |
| ≥ 150 000 | 6 | 60 |

**2.5.3** Przy próbie rozciągania należy stosować próbki, których kształt i wymiary podano na rysunkach 2.5.3-1 do 2.5.3-4 i w tabeli 2.5.3. Dopuszczalne odchyłki wymiarowe i tolerancje kształtu próbek powinny być zgodne z wymaganiami ISO 6892-1:2019, ISO 6892-2:2018 lub innych uznanych norm.




Rys. 2.5.3-1

Rys. 2.5.3-2

Rys. 2.5.3-3

Rys. 2.5.3-4

Objaśnienia oznaczeń na rysunkach i w tabeli 2.5.3:

*d* – średnica próbki, [mm];
*a* – grubość próbki, [mm];
*b* – szerokość próbki, [mm];

$L_c$ – długość cylindrycznej/równoległej części próbki, [mm];
$L_0$ – początkowa długość pomiarowa, [mm];
$R$ – promień zaokrąglenia, [mm];
$S_0$ – początkowe pole przekroju poprzecznego próbki, [mm$^2$];
$D$ – średnica zewnętrzna rury, [mm];
$t$ – grubość wyrobu (ścianki), [mm].

Próbki proporcjonalne powinny mieć przekrój poprzeczny okrągły i $L_0 = 5d$ lub przekrój poprzeczny prostokątny i $L_0 = 5{,}65\sqrt{S_0}$ ($L_0$ powinna być większa niż 20 mm). Podstawowe wymiary próbek do próby rozciągania w zależności od ich typu podano w tabeli 2.5.3.

Wynik badania wydłużenia procentowego po rozerwaniu można uznać, gdy odległość między miejscem rozerwania a najbliższym ramieniem ekstensometru jest nie mniejsza niż jedna trzecia długości pomiarowej. Jednakże wynik można uznać bez względu na miejsce rozerwania, jeżeli wydłużenie procentowe po rozerwaniu jest równe wymaganej wartości lub większe.

Wydłużenie procentowe po rozerwaniu powinno być określane na próbkach proporcjonalnych. W uzasadnionych przypadkach PRS może wyrazić zgodę na wyznaczenie własności mechanicznych na próbkach innych niż proporcjonalne.

Dla próbek nieproporcjonalnych ze stali niestopowych lub stopowych nie poddanych przeróbce plastycznej na zimno wydłużenie plastyczne po rozerwaniu powinno być nie mniejsze niż obliczone według wzoru:

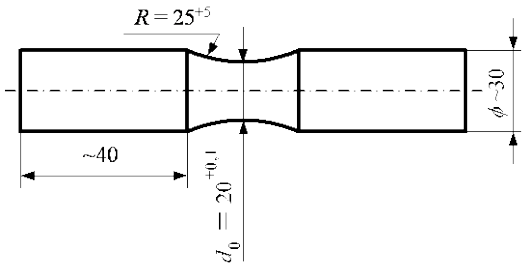
$$A_0 = 2A\left(\frac{\sqrt{S_0}}{L_0}\right)^{0,4} [\%] \qquad (2.5.3)$$

**Tabela 2.5.3**

| Lp. | Nazwa wyrobu | Rodzaj i wymiary próbki |
|---|---|---|
| 1 | Odkuwki, odlewy (z wyjątkiem odlewów z żeliwa szarego) | 1. Próbka proporcjonalna o przekroju poprzecznym okrągłym (rys. 2.5.3-1):<br>$d$ = 10 ¸ 20 mm (zalecana średnica próbki $d$ = 14 mm)<br>$L_0 = 5d$; $L_c \geq L_0 + d/2$;<br>$R$ = 10 mm ($R \geq 1{,}5\ d$ dla materiałów o $A \leq 10\%$ i żeliwa sferoidalnego) |
| 2 | Blachy, taśmy i kształtowniki | 1. Próbka proporcjonalna o przekroju poprzecznym prostokątnym (rys. 2.5.3-2):<br>$a = t$; $b$ = 25 mm;<br>$L_0 = 5{,}65\sqrt{S_0}$ ;<br>$L_c \cong L_0 + 2\sqrt{S_0}$ ; $R$ = 25 mm.<br>(Uwaga: Jeżeli zakres pomiarowy maszyny nie pozwala na zerwanie próbki o pełnej grubości $t$, próbkę można jednostronnie obrobić mechanicznie do żądanej grubości).<br>2. Próbka nieproporcjonalna o przekroju poprzecznym prostokątnym (rys. 2.5.3-2):<br>$a = t$; $b$ = 25 mm; $L_0$ = 200 mm; $L_c \geq 212{,}5$ mm; $R$ = 25 mm.<br>3. Próbka proporcjonalna o przekroju poprzecznym okrągłym o wymiarach jak w lp. 1, pobierana tak, aby jej wzdłużna oś symetrii leżała w płaszczyźnie równoległej do powierzchni wyrobu i była od niej oddalona o $1/4\ t$ lub zajmowała miejsce blisko tej płaszczyzny (dotyczy wyrobów o grubości $t \geq 40$ mm). |

| Lp. | Nazwa wyrobu | Rodzaj i wymiary próbki |
|---|---|---|
| 3 | Rury | 1. Próbka w postaci odcinka rury (rys. 2.5.3-4):<br>$L_0 = 5{,}65\sqrt{S_0}$ ; $L_c \geq 5{,}65\sqrt{S_0} + D/2$;<br>(jako $L_c$ przyjmuje się odległość między uchwytami maszyny lub końcami trzpieni – w zależności od tego, która z nich jest mniejsza).<br>2. Próbka wzdłużna w postaci paska wycięta ze ścianki o pełnej grubości (rys. 2.5.3-2):<br>$a = t$; $b \geq 12$ mm;<br>$L_0 = 5{,}65\sqrt{S_0}$ ; $L_c \cong L_0 + 2b$; $R = 10$ mm.<br>Nie jest wymagane spłaszczanie próbki na długości pomiarowej, lecz może ono mieć miejsce w główkach dla umożliwienia zaciśnięcia w uchwytach maszyny wytrzymałościowej.<br>3. Próbka proporcjonalna o przekroju poprzecznym okrągłym (rys. 2.5.3-1): jak w lp. 1 (próbki o przekroju poprzecznym okrągłym mogą być użyte pod warunkiem, że grubość jest wystarczająca, aby je obrobić mechanicznie do wymiarów podanych na rys. 2.5.3-1. Ich osie powinny być usytuowane w środku grubości ścianki). |
| 4 | Pręty i druty o średnicy $d \leq 4$ mm | Nieobrobiony mechanicznie odcinek pręta lub drutu (rys. 2.5.3-3):<br>$L_0 = 200$ mm; $L_c \cong L_0 + 50$ mm |
| 5 | Pręty i druty o średnicy $d > 4$ mm | Próbka proporcjonalna o przekroju poprzecznym okrągłym (rys. 2.5.3-1):<br>$d = 5$ ¸ 20 mm ; $L_0 = 5\,d$; $L_c \geq L_0 + d/2$ |

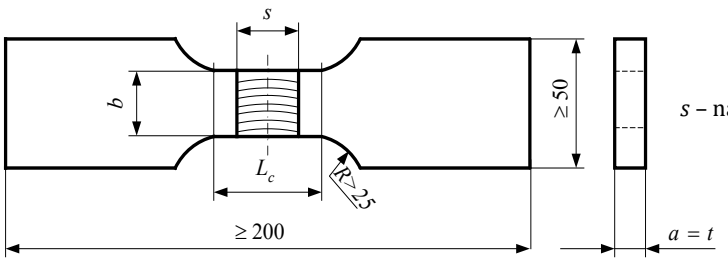
**2.5.4** Do próby rozciągania żeliwa szarego należy stosować próbkę o przekroju poprzecznym okrągłym, przedstawioną na rys. 2.5.4.




Rys. 2.5.4

**2.5.5** Do próby rozciągania stopów aluminium powinny być stosowane próbki o przekroju poprzecznym prostokątnym o grubości do 12,5 mm włącznie. Dla grubości $t > 12{,}5$ mm powinna być zastosowana próbka o przekroju poprzecznym okrągłym. Przy grubości do 40 mm oś wzdłużna próbki o przekroju poprzecznym okrągłym powinna być usytuowana w połowie grubości wyrobu. Przy grubości powyżej 40 mm oś wzdłużna próbki o przekroju poprzecznym okrągłym powinna być oddalona od powierzchni wyrobu o odległość równą ¼ grubości tego wyrobu.

**2.5.6** Do próby rozciągania złącza spawanego doczołowego należy stosować próbkę poprzeczną o przekroju prostokątnym z nadlewem usuniętym przy pomocy obróbki mechanicznej, równo z powierzchnią blachy. Próbka powinna mieć wymiary jak na rys. 2.5.6:




*s* – największa szerokość spoiny

Rys. 2.5.6

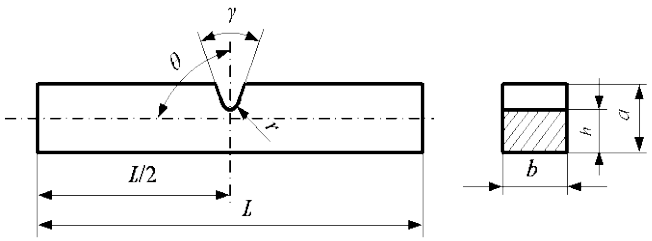
$a = t$
$b$ = 12 mm dla $t \leq 2$ mm
$b$ = 25 mm dla $t > 2$ mm
$L_c = s + 60$ mm
$R >$ 25 mm.

**2.5.7** Do próby rozciągania stopiwa należy stosować próbkę o przekroju poprzecznym okrągłym o wymiarach:
$d = 10 \pm 0{,}075$ mm
$L_0 = 50 \pm 0{,}5$ mm
$L_c \geq 55$ mm
$R \geq 10$ mm.

Za zgodą PRS mogą być użyte próbki o innych wymiarach, przy zachowaniu proporcji geometrycznych podanych w tabeli 2.5.3, pozycja 1.

## 2.6 Próba udarności

**2.6.1** Pracę łamania *KV* [J] należy badać na próbkach z karbem ostrym w kształcie litery V (typu ISO-Charpy V), wykonanych zgodnie z wymiarami i dopuszczalnymi odchyłkami podanymi na rys. 2.6.1 i w tabeli 2.6.1-1.




Rys. 2.6.1

Wymiary próbek do próby udarności podano w tabeli 2.6.1-1.

Próbki o szerokości 7,5 i 5 mm z karbem w kształcie litery V należy stosować tylko w przypadku wyrobów, z których nie można wyciąć próbek o szerokości 10 mm. Wartości pracy łamania, uzyskane na takich próbkach, powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 2.6.1-2.

**Tabela 2.6.1-1**
**Wymiary próbek do prób udarności**

| Oznaczenie wielkości | Wymiar nominalny | Dopuszczalne odchyłki |
|---|---|---|
| *L* | 55 mm | ±0,60 mm |
| *L*/2 | 27,5 mm | ±0,42 mm |
| *a* | 10 mm | ±0,06 mm |
| *b* | 10 mm | ±0,11 mm |
| | 7,5 mm | ±0,11 mm |
| | 5 mm | ±0,06 mm |
| *h* | 8 mm | ±0,06 mm |
| *r* | 0,25 mm | ±0,025 mm |
| *g* | 45° | ±2° |
| *q* | 90° | ±2° |

**Tabela 2.6.1-2**

| Wymiary próbki [mm] | Średnia wartość pracy łamania, *KV* [1], [J] |
|---|---|
| 10 x 10 x 55 | *KV* |
| 10 x 7,5 x 55 | 5/6 *KV* |
| 10 x 5 x 55 | 2/3 *KV* |

[1] *KV* – wymagana wartość pracy łamania podana w odpowiednich rozdziałach *Części IX*.

Na próbkach pobranych z blach, płaskowników i kształtowników karb należy naciąć prostopadle do powierzchni zewnętrznej wyrobu, pozostawiając co najmniej jedną z tych powierzchni w stanie surowym.

Pracę łamania, *KV*, należy określać na trzech próbkach, przy czym jedna z trzech uzyskanych wartości może być mniejsza od wartości wymaganej, lecz nie więcej niż o 30 %.

**2.6.2** Próbę udarności należy przeprowadzać na młotach wahadłowych typu Charpy, o początkowej energii uderzenia 300 J lub 150 J.

Odległość między podporami młota powinna wynosić: 40 ± 5 mm. Uderzenie młota powinno następować w płaszczyźnie symetrii karbu próbki, od strony przeciwnej do karbu, przy czym odległość między płaszczyznami symetrii: karbu i noża wahadła młota nie powinna przekraczać 0,5 mm.

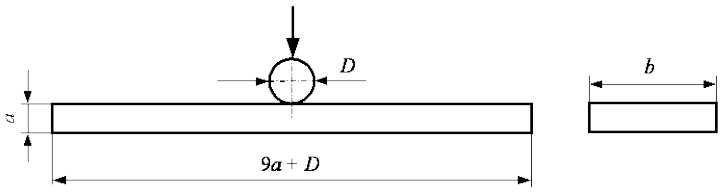
W przypadku badania udarności w obniżonej temperaturze, próbki należy pozostawić w ośrodku oziębiającym przez co najmniej 15 minut od chwili ustalenia się temperatury ośrodka. Przy temperaturze próby do –60°C wielkość przechłodzenia może wynosić do –4°C, przy czym w momencie łamania próbki odchyłka od wymaganej temperatury próby nie powinna przekraczać ±2°C.

**2.6.3** Próby udarności można przeprowadzać (według określeń przyjętych w PN-EN ISO 3785) na próbkach wzdłużnych (L) lub poprzecznych (T). Próbki wzdłużne są pobierane równolegle do wzdłużnej osi walcowanego lub wyciskanego wyrobu (zgodnie z głównym kierunkiem przebiegu włókien). Próbki poprzeczne są pobierane prostopadle do kierunków wzdłużnego i Z (kierunek Z jest zgodny z kierunkiem głównej siły odkształcającej materiał).

**2.6.4** Jeżeli jest wymagane określenie odporności na starzenie stali kadłubowych (warunki starzenia – odkształcenie 5% i wyżarzanie w temperaturze 250°C przez 1 godz.), to wymagania dla tej próby podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

## 2.7 Próba zginania

**2.7.1** Próbka o przekroju poprzecznym prostokątnym do próby zginania powinna być wykonana zgodnie z rys. 2.7.1. Krawędzie próbki po stronie rozciąganej powinny być zaokrąglone promieniem 1÷2 mm.




Rys. 2.7.1

Szczegóły dotyczące przeprowadzenia próby podano w normie PN-EN ISO 7438. Średnicę trzpienia gnącego i kąt, o jaki należy zgiąć próbkę – jeżeli nie określono ich w poszczególnych rozdziałach *Części IX* – należy dobierać według odpowiednich norm.

**2.7.2** Próby zginania odkuwek, odlewów itp. wyrobów należy przeprowadzać na próbkach o wymiarach przekroju:

$$a = 20 \text{ mm}; \qquad b = 25 \text{ mm}.$$

**2.7.3** Próby zginania blach, kształtowników i taśm należy przeprowadzać na próbkach o wymiarach:

$$a = t; \qquad b = 30 \text{ mm}.$$

Jeżeli grubość wyrobu jest większa niż 25 mm, próbka może być z jednej strony obrobiona mechanicznie do grubości 25 mm. W tym przypadku podczas próby trzpień gnący powinien być umieszczony po stronie powierzchni obrobionej.

**2.7.4** Próby zginania poprzecznego spawanych złączy doczołowych należy przeprowadzać na próbkach o wymiarach:

$$a = t; \qquad b = 30 \text{ mm}.$$

Przy próbie zginania złączy spawanych rozciąganiu należy poddać oddzielnie lico i grań spoiny, przy czym nadlewy należy obrobić mechanicznie, równo z powierzchnią blachy. Jeżeli grubość wyrobu jest większa niż 25 mm, próbka może być z jednej strony obrobiona mechanicznie do grubości 25 mm. W tym przypadku podczas próby trzpień gnący powinien być umieszczony po stronie powierzchni obrobionej.

**2.7.5** Próby zginania bocznego spawanych złączy doczołowych należy przeprowadzać na próbkach o wymiarach:

$$a = 10 \text{ mm}; \qquad b = t.$$

W przypadku, gdy grubość spawanych złączy $t \geq 40$ mm, to próbka do zginania bocznego może być podzielona na części o szerokości $b \geq 20$ mm, tak aby objąć całą grubość złącza.

**2.7.6** Próbki do zginania wzdłużnego spawanych złączy doczołowych powinny być wykonane zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 5173. Rozciąganiu należy poddać oddzielnie lico i grań spoiny.

## 2.8 Próba Pelliniego (DWT)

Próbę Pelliniego (DWT) należy wykonywać zgodnie z wymaganiami normy ASTM E208:2019, przy czym próbki stosowane do badań powinny mieć wymiary, w [mm]:

| | |
|---|---|
| Typ P-1 | 25 × 90 × 360, |
| Typ P-2 | 19 × 50 × 130 lub |
| Typ P-3 | 16 × 50 × 130. |

W przypadku wycinania próbek przy pomocy płomienia gazowego, ich wymiary należy zwiększyć o 25 mm, lecz nie mniej niż o grubość blachy.

Przynajmniej jedna strona próbki powinna mieć zachowaną powierzchnię surową po walcowaniu. Jeżeli w normach nie ustalono inaczej – orientacja próbki w stosunku do kierunku walcowania może być dowolna, ale powinna być jednakowa dla badanych próbek.

## 2.9 Próba twardości

Twardość należy określać sposobem Brinella (*HB*), Vickersa (*HV*), Rockwella (*HRC*) lub inną metodą uzgodnioną z PRS. Badania twardości należy wykonać zgodnie z wymaganiami odpowiednich norm (PN-EN ISO 6506-1, PN-EN ISO 6507-1, PN-EN ISO 6508-1).

## 2.10 Badania makroskopowe i mikroskopowe

Jeżeli jest to wymagane w *Przepisach*, badania makroskopowe i mikroskopowe należy wykonywać zgodnie z wymaganiami odpowiednich norm (PN-EN ISO 17639, PN-EN ISO 945-1 lub równoważnej).

## 2.11 Próby ciągliwości rur

### 2.11.1 Próba spłaszczania

Próbie spłaszczania należy poddać rury metalowe o średnicy zewnętrznej, $D$, nie większej niż 406,4 mm i grubości ścianki, $t$, nie większej niż $0{,}15D$.

Próbkę powinien stanowić odcinek rury o długości $L = 1{,}5D$, przy czym powinien być spełniony warunek: $10 \text{ mm} \le L \le 100 \text{ mm}$.

Jeżeli przepisy lub normy nie stanowią inaczej, odcinek rury należy spłaszczać do momentu, gdy odstęp $H$ między płytkami ściskającymi maszyny wytrzymałościowej będzie wynosił:

$$H = \frac{(1+c)t}{c+\frac{t}{D}} \text{ [mm]} \qquad (2.11.1)$$

$D$ – średnica zewnętrzna rury, [mm];
$t$ – nominalna grubość ścianki rury, [mm];
$c$ – współczynnik zależny od gatunku materiału (należy przyjmować według norm lub według odrębnego uzgodnienia z PRS).

Jeżeli wymaga się, aby próba spłaszczania była wykonywana aż do zetknięcia się wewnętrznych powierzchni ścianek rury, odstęp $H$ między płytkami ściskającymi powinien być nie większy niż $2{,}25t$.

Przy próbie spłaszczania rur spawanych spoina powinna znajdować się w płaszczyźnie usytuowanej prostopadle do kierunku spłaszczania i przechodzącej przez środek próbki. Wynik próby należy uznać za pozytywny, jeżeli po badaniu na próbce nie ma pęknięć lub naderwań.

Proste i wygładzone końce próbki należy przycinać prostopadle do osi rury. Szczegóły przeprowadzenia próby podano w normie PN-EN ISO 8492:2013.

### 2.11.2 Próba roztłaczania

Próbie roztłaczania należy poddać rury o średnicy zewnętrznej do 150 mm i o grubości ścianki do 9 mm. W próbkę wtłacza się pionowo trzpień stożkowy aż do osiągnięcia wymaganego stopnia roztłoczenia. Długość próbki $L$ powinna być równa dwóm średnicom zewnętrznym rury $D$ , jeżeli kąt zbieżności stożka $\beta$ jest równy 30° lub równa 1,5$D$, jeśli kąt $\beta$ jest równy 45° lub 60°. Próbka może być krótsza, pod warunkiem że po zakończeniu próby pozostała część cylindryczna jest nie mniejsza niż 0,5$D$. Prędkość przesuwu trzpienia nie może być większa niż 50 mm/min. Wynik próby należy uznać za pozytywny, jeśli po badaniu próbka nie ma pęknięć lub naderwań. Szczegóły próby podano w normie PN-EN ISO 8493:1998.

### 2.11.3 Próba rozciągania pierścieni

Próbie rozciągania pierścieni należy poddać rury stalowe o średnicy zewnętrznej $D$ wynoszącej 110 do 510 mm, o grubości ścianki, $t$, nie przekraczającej 30 mm i o stosunku $t/D$ nie większym niż 0,13.

Próbkę powinien stanowić odcinek rury o długości ~15 mm. Pierścień należy rozciągać aż do zerwania przy pomocy dwóch sworzni o średnicach nie mniejszych od potrójnej grubości ścianki rury.

W przypadku badania rur spawanych – podczas próby rozciągania pierścienia spoina powinna znajdować się w płaszczyźnie prostopadłej do kierunku rozciągania i przechodzącej przez środek próbki.

Prędkość przesuwu nie może przekraczać 5 mm/s. Pierścień powinien mieć równe i gładkie końce, cięte prostopadle do osi rury.

Wynik próby należy uznać za pozytywny, jeżeli po badaniu na obu powierzchniach nie występują wady powierzchniowe, a na przełomie – rozwarstwienia i objawy kruchości.

Szczegóły próby podano w normie PN-EN ISO 8496:2013.

### 2.11.4 Próba wywijania kołnierza

Próbka do wywijania kołnierza powinna mieć długość $L$ równą w przybliżeniu 1,5$D$. Może ona być krótsza, pod warunkiem że pozostały po próbie odcinek cylindryczny ma długość nie mniejszą niż 0,5$D$. Prędkość przesuwu trzpienia nie może przekraczać 50 mm/min.

Wynik próby należy uznać za pozytywny, jeśli podczas obserwacji nieuzbrojonym okiem nie są widoczne pęknięcia.

Szczegóły próby podano w normie PN-EN ISO 8494:2013.

### 2.11.5 Próba roztłaczania pierścienia

Próbka do próby roztłaczania pierścienia powinna mieć długość od 10 do 16 mm. Prędkość przesuwu trzpienia nie może przekraczać 30 mm/min. Próba polega na równomiernym i nieprzerwanym wtłaczaniu w próbkę trzpienia stożkowego o zbieżności 1:10 lub 1:5 aż do momentu osiągnięcia stopnia roztłoczenia określonego w normie PN-EN ISO 8495:2013.

Wynik próby należy uznać za pozytywny, jeśli podczas obserwacji nieuzbrojonym okiem nie są widoczne pęknięcia.

## 2.12 Próba ESSO

**2.12.1** Próbę ESSO stosuje się w celu oszacowania zdolności blach stalowych walcowanych o grubości nieprzekraczającej 100 mm do powstrzymania propagacji kruchego pękania, wyrażonej wartością współczynnika odporności na kruche pękanie $K_{ca}$.

**2.12.2** W niniejszym podrozdziale przyjęto następujące oznaczenia:

$t_s$ [mm] – grubość próbki,

$W_s$ [mm] – szerokość próbki,

$L_s$ [mm] – długość próbki,

$t_r$ [mm] – grubość blachy pośredniej,

$W_r$ [mm] – szerokość blachy pośredniej,

$L_r$ [mm] – długość blachy pośredniej,

$L_P$ [mm] – odległość między sworzniami,

$a$ [mm] – długość rzutu pęknięcia na powierzchnię normalną do kierunku działania obciążenia,

$a_a$ [mm] – maksymalna długość pęknięcia w miejscu powstrzymania propagacji kruchego pękania,

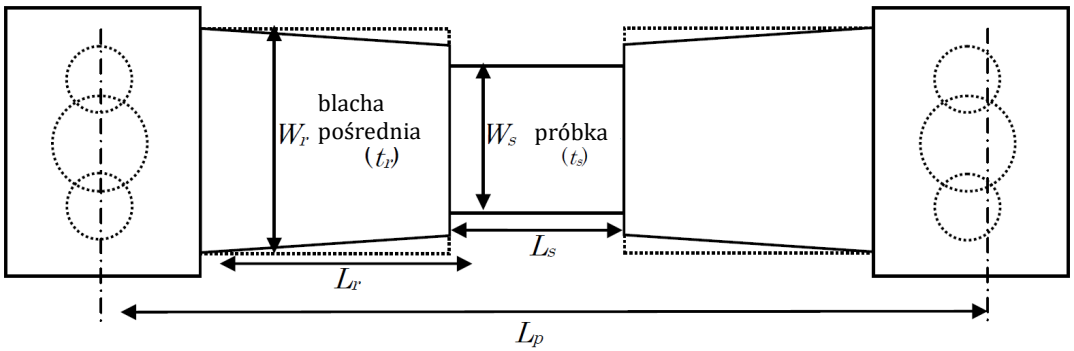
$T$ [°C] – temperatura próbki,

$dT/da$ [°C/mm] – gradient temperatury próbki,

$\sigma$ [N/mm$^2$] – naprężenia brutto w części badanej (*obciążenie* / $W_{sts}$).

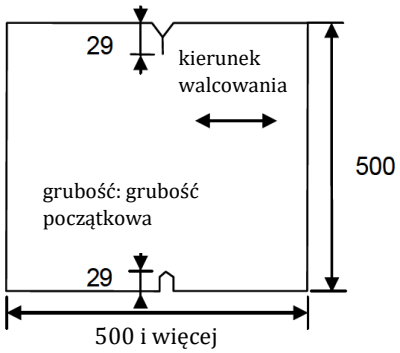
$K_{ca}$ [N/mm$^{3/2}$] – wartość współczynnika odporności na kruche pękanie $K_{ca}$.

**2.12.3** Niniejsze ma na celu zachęcić do wykonywania standardowej próby w celu oceny zmiany odporności na kruche pękanie w zależności od gradientu temperatury i uzyskanie odpowiadającej wartości współczynnika odporności na kruche pękanie $K_{ca}$. Rysunek koncepcyjny próbki, blachy pośredniej oraz uchwytów obciążających przedstawiono na rys. 2.12.3.




Rys. 2.12.3

**2.12.4** Kształt i wielkość standardowej próbki pokazano na rys. 2.12.4. Grubość i szerokość próbki powinny być zgodne z tabelą 2.12.4.




Rys. 2.12.4

**Tabela 2.12.4**
**Grubość i szerokość próbki**

| | |
|---|---|
| Grubość $t_s$ [mm] | 100 mm i mniej |
| Szerokość $W_s$ [mm] | 500 mm [1)] |

[1)] Jeżeli szerokość próbki nie może być mniejsza niż 500 mm, można przyjąć 600 mm.

Próbki mogą być pobrane z tej samej blachy stalowej.

Próbki należy pobrać w taki sposób, aby kierunek działania obciążenia był równoległy do kierunku walcowania blachy stalowej.

Grubość próbek powinna być taka sama jak grubość blachy stalowej, która ma być użyta do wykonania konstrukcji statku.

**2.12.5** Urządzenie do wykonania prób powinno składać się z hydraulicznej maszyny do prób rozciągania z wahliwymi uchwytami obciążającymi.

Odległość między sworzniami nie powinna być mniejsza niż 2000 mm. Odległość między sworzniami odnosi się do odległości między środkami średnic sworzni.

Aby dostarczyć energię udarową w celu wywołania pęknięć kruchych można stosować młot opadowy do prób udarnościowych lub karabin pneumatyczny.

Klin powinien mieć kąt większy od górnego karbu próbki, na który należy przyłożyć siłę otwierającą.

**2.12.6** Próbka powinna być zamocowana bezpośrednio w wahliwym uchwycie lub przyspawana do blachy pośredniej w jej całym przekroju. Długość całkowita próbki oraz blachy pośredniej nie powinna być mniejsza niż $3W_s$. Grubość i szerokość blachy pośredniej powinny być zgodne z tabelą 2.12.6.

**Tabela 2.12.6**
**Wymiary dopuszczalne blachy pośredniej**

| | |
|---|---|
| Grubość $t_r$ [mm] | $0.8t_s \le t_r \le 1.5t_s$ |
| Szerokość $W_r$ [mm] | $W_s$[1)] $\le W_r \le 2W_s$ |

[1)] Jeżeli blacha pośrednia ma grubość mniejszą niż próbka, to odbicie fali naprężeń będzie miało miejsce po stronie bezpieczniejszej dla celów oceny; zatem, uwzględniając rzeczywiste warunki przeprowadzania próby, dolną granicę przyjmuje się jako $0.8t_s$.

Termopary powinny być zamocowane w odstępach 50 mm w linii przedłużenia karbu próbki.

Jeżeli pęknięcie kruche wykazuje, według szacunkowej oceny, odchylenie od zakładanego przebiegu, to termopary należy umieścić w dwóch punktach oddalonych o 100 mm na linii działania obciążenia od linii przedłużenia karbu w środku szerokości próbki.

Jeżeli zajdzie konieczność wykonania pomiarów dynamicznych, to czujniki tensometryczne i czujniki pęknięć powinny być umieszczone w konkretnych miejscach.

Próbkę należy zamocować w maszynie badawczej razem z blachą pośrednią po spawaniu i wahliwym uchwytem obciążającym.

Należy zainstalować urządzenie udarowe. Konstrukcja urządzenia udarowego powinna umożliwiać prawidłowe przenoszenie energii uderzenia. Należy zainstalować odpowiedni uchwyt w celu minimalizacji wpływu obciążeń gnących na urządzenie udarowe.

**2.12.7** Aby wyeliminować wpływ naprężeń resztkowych lub skorygować odkształcenie kątowe, spowodowane spawaniem blachy pośredniej, przed schłodzeniem można zastosować obciążenie wstępne, mniejsze od obciążenia próbnego.

Można zastosować podgrzewanie i schładzanie z jednej strony przeciwnej do tej, na której zamocowano termoparę lub z obu stron.

Należy kontrolować gradient temperatury w zakresie od 0,25°C/mm do 0,35°C/mm w strefie szerokości od $0,3W_s$ do $0,7W_s$ w środkowej części próbki.

Kiedy zostanie osiągnięty dany gradient temperatury, należy utrzymywać temperaturę przez ponad 10 minut, po czym można zastosować określone obciążenie próbne.

Po utrzymaniu obciążenia próbnego przez co najmniej 30 sekund należy metodą udarową doprowadzić do pęknięcia kruchego.

Standardową energię uderzenia przyjmuje się od 20 do 60 J na 1 mm grubości blachy. Jeżeli charakterystyki zapoczątkowania pęknięć kruchych materiału bazowego są wysokie i trudno doprowadzić do pęknięcia kruchego, można zwiększyć energię uderzenia do górnej granicy, wynoszącej 120 J na 1 mm grubości blachy.

Kiedy zostaną potwierdzone: zapoczątkowanie, propagacja i powstrzymanie pęknięć, obciążenie zatrzymuje się. Temperatura normalna zostaje przywrócona i, jeśli zajdzie konieczność, więz zostaje zniszczony za pomocą cięcia gazowego, a próbka zostaje siłą zniszczona na maszynie badawczej lub po propagacji pęknięcia ciągliwego na adekwatną odległość na maszynie badawczej więz zostaje zniszczony za pomocą cięcia gazowego.

Po wymuszeniu przełomu należy wykonać zdjęcia powierzchni przełomu i drogi propagacji oraz zmierzyć długość pęknięcia.

**2.12.8** Należy zmierzyć odległość od wierzchołka próbki wraz z jej karbem do największej długości powstrzymanego pęknięcia w kierunku grubości blachy. Jeżeli powierzchnia pęknięcia wykazuje odchylenie od powierzchni normalnej do linii działania obciążenia na próbkę, to należy zmierzyć długość rzutu powierzchni normalnej do linii działania obciążenia na próbkę. W tym przypadku, jeżeli ślad powstrzymania pęknięcia kruchego jest wyraźnie widoczny na powierzchni przełomu, to pierwsze miejsce powstrzymania pęknięcia traktuje się jako miejsce powstrzymanego pęknięcia.

Na podstawie wyników pomiarów przy pomocy termopar należy wyznaczyć krzywą rozkładu temperatury i należy zmierzyć temperaturę powstrzymania pękania, odpowiadającą długości powstrzymania pękania.

Wartość współczynnika odporności na kruche pękanie, $K_{ca}$, należy wyznaczyć zgodnie z poniższym wzorem:

$$K_{ca} = \sigma\sqrt{\pi a}\sqrt{\frac{2W_s}{\pi a}\tan\frac{\pi a}{2W_s}}$$

**2.12.9** Raport z prób powinien zawierać:

**.1** Parametry techniczne maszyny badawczej, jej maksymalne obciążenie, odległość między sworzniami ($L_p$).

**.2** Wymiary uchwytu obciążającego: grubość blachy pośredniej ($t_r$), szerokość blachy pośredniej ($W_r$), długość próbki z blachą pośrednią ($L_s$+2$L_r$).

**.3** Wymiary próbki: grubość blachy pośredniej ($t_s$), szerokość próbki ($W_s$) i jej długość ($L_s$).

**.4** Warunki przeprowadzenia prób: naprężenia wstępne, naprężenia próbne, rozkład temperatury (rysunek lub tabela), energia uderzenia.

**.5** Wyniki prób: długość powstrzymania pękania ($a_a$), gradient temperatury w miejscu powstrzymania pękania, współczynnik odporności na kruche pękanie ($K_{ca}$).

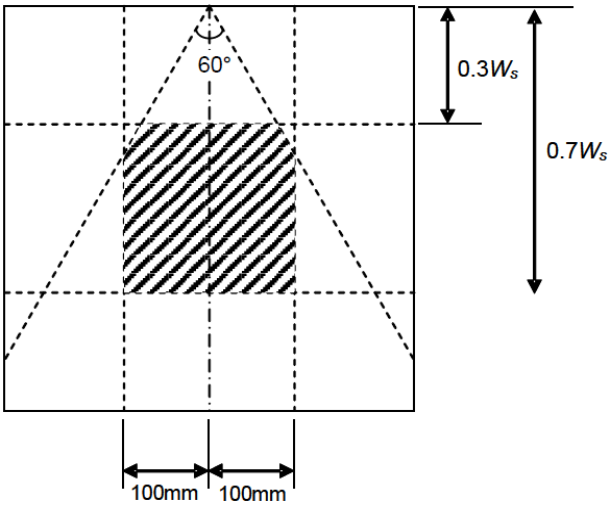
**.6** Wyniki pomiarów dynamicznych (jeżeli wykonano pomiary): prędkość propagacji szczelin, zmiana naprężeń.

**.7** Zdjęcia próbek; przebieg przełomu, powierzchnia przełomu.

Jeżeli poniższe warunki nie zostaną spełnione, to wyniki prób należy traktować jako wartości referencyjne:

**.1** Miejsce powstrzymania pęknięć kruchych powinno być w obszarze zakreskowanym, pokazanym na rys. 2.12.9. W tym przypadku, jeżeli miejsce powstrzymania pęknięć kruchych jest oddalone o więcej niż 50 mm od środka próbki w kierunku wzdłużnym próbki, to temperatura termopary znajdującej się w miejscu ±100 mm powinna mieścić się w granicach ±3°C od wskazania termopary umieszczonej w środku.

**.2** Pęknięcie kruche nie powinno mieć wyraźnego rozwidlenia pęknięcia podczas rozprzestrzeniania się.




Rys. 2.12.9

Dla skutecznych wyników prób zmierzonych w więcej niż 3 punktach należy określić równanie aproksymacji liniowej na podstawie wykresu Arheniusa oraz obliczyć $K_{ca}$ w żądanej temperaturze. W tym przypadku dane powinny istnieć dla obu stron, tj. po stronie wysokiej temperatury i po stronie niskiej temperatury wokół ocenianej temperatury.

## 2.13 Badanie spawalności

**2.13.1** Wymagania podane w niniejszym podrozdziale dotyczą wykonania badań spawalności prowadzonych przy uznawaniu materiału. PRS zastrzega sobie prawo zwiększenia lub zmniejszenia zakresu tych prób.

Próbie spawalności należy poddawać stal walcowaną, staliwo, stal kutą, jak również stopy aluminium, jeżeli materiały te przeznaczone są na konstrukcje spawane. Próba ta powinna być wykonana pod nadzorem bezpośrednim PRS.

**2.13.2** Badanie spawalności materiału należy przeprowadzać przy zastosowaniu tych metod spawania, które mają być zastosowane przy wykonywaniu konstrukcji spawanych podlegających nadzorowi PRS.

**2.13.3** Przy badaniu spawalności stali należy określić:
- **.1** skład chemiczny i własności mechaniczne materiału rodzimego,
- **.2** skłonność złącza spawanego do tworzenia pęknięć na zimno,
- **.3** odporność materiału rodzimego na starzenie, zgodnie z punktem 2.6.4,
- **.4** własności mechaniczne złącza spawanego.

**2.13.4** Badanie spawalności podane w punkcie 2.12.3 należy przeprowadzać na płytach próbnych pobranych z wyrobów o największej grubości, z co najmniej dwóch wytopów.

**2.13.5** Badanie spawalności materiałów metalowych innych niż stal należy przeprowadzać w oparciu o program badań uzgodniony z PRS.

## 2.14 Badania nieniszczące

**2.14.1** Jeżeli w innych częściach *Przepisów* nie podano inaczej, to badania nieniszczące materiałów i połączeń spawanych należy wykonać zgodnie z wymaganiami *Publikacji 80/P – Badania nieniszczące.*

**2.14.2** Badania odkuwek stalowych przeznaczonych na elementy konstrukcji kadłuba należy wykonać zgodnie z wymaganiami *Publikacji 70/P – Badania nieniszczące odkuwek stalowych stosowanych na elementy kadłuba i urządzeń maszynowych*.

**2.14.3** Badania odlewów staliwnych przeznaczonych na elementy konstrukcji kadłuba należy wykonać zgodnie z wymaganiami *Publikacji 71/P – Badania nieniszczące odlewów staliwnych stosowanych na elementy kadłuba.*

## 2.15 Inne badania

Dla niektórych wyrobów mogą być wymagane badania inne niż badania wymienione w podrozdziałach 2.4 do 2.13. W takich przypadkach badania te powinny być przeprowadzone zgodnie z procedurami uzgodnionymi z PRS.

# MATERIAŁY

# 3 STALE KADŁUBOWE O ZWYKŁEJ I O PODWYŻSZONEJ WYTRZYMAŁOŚCI

## 3.1 Zakres

**3.1.1** Wymagania zawarte w niniejszym rozdziale mają zastosowanie do stali spawalnych o normalnej i podwyższonej wytrzymałości, w postaci walcowanych na gorąco blach[1)], kształtowników i prętów przeznaczonych na konstrukcje i elementy kadłuba statku.

**3.1.2** Wymagania poniższe mają zastosowanie do wyrobów stalowych o grubościach:
– dla blach wszystkich kategorii – do 100 mm,
– dla kształtowników i prętów wszystkich kategorii – do 50 mm.

Wymagania w odniesieniu do wyrobów o większych grubościach podlegają odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

**3.1.3** Wymagania są opracowane dla czterech kategorii stali o zwykłej wytrzymałości (A, B, D, E), na podstawie wymagań dla próby udarności. Dla stali o podwyższonej wytrzymałości wymagania są opracowane dla trzech poziomów wytrzymałości (315, 355 i 390 MPa), z których każda jest podzielona na cztery odmiany plastyczności (A, D, E, F), zależnie od temperatury przeprowadzania próby udarności.

**3.1.4** Dodatkowe wymagania dotyczące blach, kształtowników i prętów o grubości do 50 mm wykonanych ze stali o zwykłej i o ulepszonej odporności na korozję, przeznaczone do stosowania jako alternatywny sposób zabezpieczenia przed korozją zbiorników ładunkowych zbiornikowców olejowych zgodnie z wydaną przez IMO rezolucją MSC.289(87) zostały określone w podrozdziale 3.15.

**3.1.5** Stal, której skład chemiczny, metody odtlenienia, stan dostawy lub własności mechaniczne różnią się od niniejszych wymagań, może być przyjęta na podstawie odrębnego uzgodnienia z PRS. Takie stale powinny mieć specjalne oznaczenie, np. do symbolu kategorii może być dodany na końcu znak „S".

**3.1.6** Stale kadłubowe odporne na zmęczenie wg wytycznych IACS (Recommendation No. 139) powinny mieć specjalne oznaczenie w symbolu kategorii „FR", np.: AH36-FR.

**3.1.7** Dodatkowe wymagania dotyczące stali YP47 oraz stali odpornych na kruche pękanie przeznaczonych do zastosowania na kontenerowcach podano w 3.16.

## 3.2 Uznanie wytwórni

**3.2.1** Stale kadłubowe określonej kategorii powinny być produkowane przez wytwórnie uznane przez PRS (patrz podrozdział 1.5). Przydatność każdej kategorii stali do przetwarzania i spawania powinna być sprawdzona podczas badań w wytwórni. Uznanie wytwórni powinno się odbywać według procedury podanej w Załączniku A. Dla stali przeznaczonych do spawania z dużą energią liniową (powyżej 50 kJ/cm) uznanie wytwórni jest przeprowadzane według procedury podanej w Załączniku B. Procedurę uznania wytwórni stali o ulepszonej odporności na korozję, o których mowa w 3.1.4, należy uzupełnić o wymagania podane w Załączniku C. Uznawanie wytwórni stali YP47 powinno odbywać się według procedury podanej w *Załączniku F*. Uznawanie wytwórni stali odpornych na kruche pękanie powinno odbywać się według procedury podanej w *Załączniku G*. Dla stali o ulepszonych własnościach zmęczeniowych tzw. odpornych na zmęczenie, procedura uznania powinna być uzupełniona o wymagania zawarte w wytycznych IACS (Recommendation No.139).

[1)] Użyte w niniejszym rozdziale słowo „blacha" obejmuje blachy i szerokie płaskowniki o szerokości 600 mm lub większej (blachy uniwersalne).

**3.2.2** Wytwórnia jest odpowiedzialna za zapewnienie skutecznych procesów produkcji i kontroli produkcji. Gdy kontrola jakości wykryje wyrób niespełniający wymagań, wytwórnia powinna zidentyfikować przyczynę powstania wad wyrobu oraz przedsięwziąć środki, zapobiegające powtarzaniu się tych wad. Ponadto wytwórnia powinna przedstawić PRS kompletny raport z postępowania wyjaśniającego przyczynę powstania wad. Proponowana w dalszej części produkcji częstość badania następnych wyrobów może być zwiększona, aby osiągnąć pewność co do jakości wyrobu.

**3.2.3** Jeżeli wytwórnia produkuje wyroby ze stali (wsadu) wytopionej w innym zakładzie, inspektorowi PRS nadzorującemu produkcję tych wyrobów należy dostarczyć *Świadectwo odbioru* wytwórcy wsadu, zawierające charakterystykę procesu wytwarzania danej stali, nazwę huty – dostawcy, numery wytopów oraz skład chemiczny.

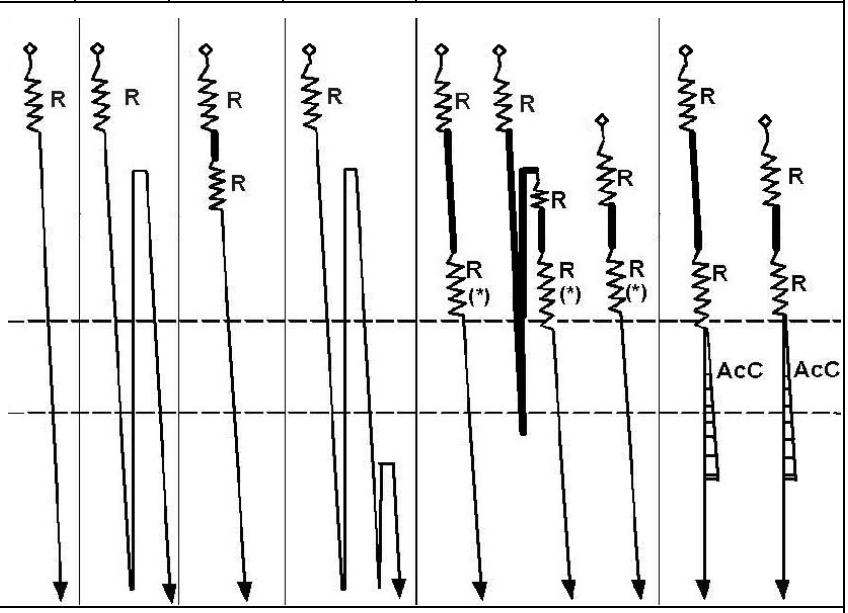
### 3.3 Metody wytwarzania

**3.3.1** Stal powinna być wytopiona w piecach martenowskich, elektrycznych, konwertorowych, tlenowych lub inną metodą uzgodnioną z PRS.

**3.3.2** Metoda odtlenienia stosowana dla każdej kategorii powinna odpowiadać wymaganiom podanym w tabelach 3.4.1-1 i 3.4.1-2.

**3.3.3** Metoda walcowania stosowana dla każdej kategorii powinna odpowiadać stanom dostawy podanym w tabelach 3.5-1 i 3.5-2. Schemat przebiegów procesów konwencjonalnych i walcowania termomechanicznego pokazano w tabeli 3.3.3.

**Tabela 3.3.3**
**Schemat przebiegów procesów konwencjonalnych i walcowania termomechanicznego**

| Struktura | Temperatura | Rodzaj przetwarzania | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Procesy konwencjonalne | | | | Procesy termomechaniczne |
| | | AR | N | CR (NR) | QT | TM |
| Austenit rekrystalizowany | Normalna temperatura grzania<br>Temperatura normalizowania lub austenityzowania |  | | | | |
| Austenit nierekrystalizowany | $A_{r3}$ lub $A_{c3}$ | | | | | |
| Austenit + ferryt | $A_{r1}$ lub $A_{c1}$ | | | | | |
| Ferryt + perlit (ferryt + bainit) | Temperatura odpuszczania | | | | | |

R
R
R

**Uwagi**: AR – stan surowy, N – normalizowanie, CR (NR) – regulowane walcowanie (walcowanie normalizujące), QT – ulepszanie cieplne, TM – walcowanie termomechaniczne (kontrolowany proces termo-mechaniczny), R – redukcja, (*) – walcowanie w obszarze dwufazowym (austenit + ferryt), AcC – przyspieszone chłodzenie.

Poniżej podano opis stosowanych procesów walcowania:

**.1** W stanie surowym (AR)

Proces polega na schładzaniu stali w czasie walcowania bez dalszej obróbki cieplnej. Temperatury walcowania oraz wykańczania mieszczą się typowo w zakresie rekrystalizacji austenitu i są wyższe od temperatury normalizowania. Właściwości wytrzymałościowe oraz ciągliwość stali uzyskane w tym procesie są ogólnie niższe od tych, które zostały uzyskane przez obróbkę cieplną po walcowaniu lub dla stali wytworzonej przy zastosowaniu bardziej zaawansowanych procesów.

**.2** Normalizowanie (N)

Normalizowanie polega na ogrzewaniu stali walcowanej powyżej temperatury krytycznej $A_{c3}$ oraz w dolnych wartościach zakresu rekrystalizacji austenitu w określonym czasie oraz przeprowadzenie chłodzenia powietrzem. Proces poprawia właściwości mechaniczne stali w stanie surowym poprzez rozdrobnienie ziarna oraz homogenizację struktury.

**.3** Regulowane walcowanie (CR), walcowanie normalizujące (NR)

Proces walcowania, w którym ostateczne odkształcanie prowadzone jest w zakresie temperatury normalizowania, z możliwością chłodzenia powietrzem, czego wynikiem jest stan materiału ogólnie równoważny uzyskanemu przez normalizowanie.

**.4** Ulepszanie cieplne (QT)

Hartowanie polega na ogrzewaniu stali do odpowiedniej temperatury powyżej wartości $A_{c3}$, utrzymaniu jej przez określony czas, a potem chłodzeniu przy użyciu odpowiedniego czynnika chłodzącego w celu utwardzenia mikrostruktury. Odpuszczanie następujące po hartowaniu jest procesem, w którym stal jest ponownie ogrzana do odpowiedniej temperatury nie większej od $A_{c1}$, i utrzymywana w tej temperaturze przez określony czas w celu odtworzenia ciągliwości poprzez poprawę mikrostruktury oraz zmniejszenia naprężeń własnych spowodowanych procesem hartowania.

**.5** Walcowanie termomechaniczne (TM), Proces kontrolowany termomechanicznie (TMCP)

Ta procedura polega na ścisłej kontroli zarówno temperatury stali jak i stopnia odkształcenia. Ogólnie w przypadku wysokiego stopnia odkształcenia proces jest prowadzony w pobliżu temperatury $A_{r3}$ i walcowanie może przebiegać w zakresie występowania dwóch faz. Przeciwnie do walcowania regulowanego (normalizującego), właściwości uzyskane w czasie walcowania TM (TMCP) nie mogą być odtworzone poprzez normalizowanie lub inną obróbkę cieplną.

Przyspieszone chłodzenie po zakończeniu walcowania TM może być także zaakceptowane po specjalnym zatwierdzeniu przez PRS. Ma to także zastosowanie gdy po zakończeniu walcowania TM stosuje się odpuszczanie.

**.6** Przyspieszone chłodzenie (AcC)

Przyspieszone chłodzenie jest procesem, którego celem jest poprawa właściwości mechanicznych przez regulowane chłodzenie z wydajnością większą niż chłodzenie powietrzem bezpośrednio po końcowym walcowaniu TM. Bezpośrednie hartowanie nie jest traktowane jako przyspieszone chłodzenie.

Właściwości materiału uzyskane w procesach TM oraz AcC nie mogą być odtworzone poprzez normalizowanie lub inną obróbkę cieplną.

W przypadku zastosowania procesu NR (CR) oraz TM z AcC/bez AcC, parametry procesu walcowania powinny być zweryfikowane przez PRS w trakcie procedury uznania wytwórni, i powinny być dostępne na życzenie inspektora. Wytwórnia jest odpowiedzialna za stosowanie odpowiednich parametrów procesu walcowania, zgodnie z wymaganiami 3.2.2. W tym celu aktualne zapisy dotyczące walcowania powinny być poddawane przeglądowi przez producenta i wyrywkowo przez inspektora.

W przypadku odchylenia od parametrów procesu walcowania, normalizowania lub ulepszania cieplnego, producent powinien podjąć działania wymagane w 3.2.2, akceptowane przez inspektora PRS.

## 3.4 Skład chemiczny

**3.4.1** Skład chemiczny powinien być określony przez wytwórcę na podstawie próbek pobranych z każdego wytopu i powinien odpowiadać wymaganiom podanym w tabelach 3.4.1-1 i 3.4.1-2. Dla blach o grubości powyżej 50 mm odstępstwa od składu chemicznego podanego w tabeli 3.4.1-1 muszą być uzgodnione z PRS.

**Tabela 3.4.1-1**
**Skład chemiczny i metoda odtlenienia stali kadłubowych o zwykłej wytrzymałości**

| Kategoria stali | A | B | D | E |
|---|---|---|---|---|
| Metoda odtlenienia stali | Dla $t \le 50$ mm uspokojona lub półuspokojona.[1] Dla $t > 50$ mm uspokojona. | Dla $t \le 50$ mm uspokojona lub półuspokojona. Dla $t > 50$ mm uspokojona. | Dla $t \le 25$ mm uspokojona. Dla $t > 25$ mm uspokojona drobnoziarnista. | Uspokojona drobnoziarnista |
| Skład chemiczny wg analizy wytopowej, [%] [4), 7), 8)] | Równoważnik węgla, $CEV = C + \frac{Mn}{6} \le 0{,}40\%$ (3.4.1-1) | | | |
| C max | 0,21[2)] | 0,21 | 0,21 | 0,18 |
| Mn min. | 2,5 x C | 0,80[3)] | 0,60 | 0,70 |
| Si max | 0,50 | 0,35 | 0,35 | 0,35 |
| P max | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,035 |
| S max | 0,035 | 0,035 | 0,035 | 0,035 |
| Al metaliczne min. | – | – | 0,015[5), 6)] | 0,015[6)] |

$t$ – grubość wyrobu

**Uwagi**:

1) Kształtowniki ze stali kategorii A o grubości do 12,5 mm mogą być za zgodą PRS wytwarzane ze stali nieuspokojonej.
2) Kształtowniki mogą być wykonywane ze stali o zawartości $C_{max} = 0{,}23\%$.
3) Jeżeli wyroby ze stali kategorii B poddawane są próbie udarności, to zawartość Mn może być obniżona do 0,60%.
4) Jeżeli dowolna kategoria stali jest dostarczana w stanie po walcowaniu termomechanicznym (TM), PRS może wyrazić zgodę na skład chemiczny różniący się od podanego w tabeli.
5) Dla stali kategorii D o grubości powyżej 25 mm.
6) Dla stali kategorii D o grubości powyżej 25 mm i stali kategorii E zamiast określenia zawartości Al metalicznego może być określona całkowita zawartość Al. W tym przypadku zawartość ta nie powinna być mniejsza niż 0,020%. Dodatek innych pierwiastków rozdrabniających ziarno może być dopuszczony za zgodą PRS.
7) PRS może ograniczyć zawartość pierwiastków wywierających negatywny wpływ na własności stali, np. Cu i Sn.
8) Jeżeli wytwórca w procesie wytopu stali wprowadza inne pierwiastki, to ich zawartość powinna być wykazana w *Świadectwie odbioru*.

**Tabela 3.4.1-2**
**Skład chemiczny i metoda odtlenienia stali kadłubowych o podwyższonej wytrzymałości**

| Kategoria stali [1] | AH32 DH32 EH32<br>AH36 DH36 EH36<br>AH40 DH40 EH40 | FH32<br>FH36<br>FH40 |
|---|---|---|
| Metoda odtlenienia stali | Uspokojona drobnoziarnista | |
| Skład chemiczny wg analizy wytopowej [%] [5), 7)] | | |
| C max | 0,18 | 0,16 |
| Mn | 0,90¸1,60 [2)] | 0,90¸1,60 |
| Si max | 0,50 | 0,50 |
| P max | 0,035 | 0,025 |
| S max | 0,035 | 0,025 |
| Al metaliczne min. | 0,015 [3), 4)] | 0,015 [3), 4)] |
| Nb | 0,02¸0,05 [4)] razem | 0,02¸0,05 [4)] razem |
| V | 0,05¸0,10 [4)] nie więcej | 0,05¸0,10 [4)] nie więcej |
| Ti max | 0,02 niż 0,12% | 0,02 niż 0,12% |
| Cu max | 0,35 | 0,35 |
| Cr max | 0,20 | 0,20 |
| Ni max | 0,40 | 0,80 |
| Mo max | 0,08 | 0,08 |
| N max | – | 0,009 (0,012 w przypadku obecności Al) |
| Równoważnik węgla CEV [6)] | | |

**Uwagi:**

1) Stale o podwyższonej wytrzymałości oznaczone są dodatkowo literą „H”.
2) W wyrobach o grubości do 12,5 mm minimalna zawartość Mn może być obniżona do 0,70%.
3) Może być określona całkowita zawartość Al zamiast określenia Al metalicznego. W tym przypadku zawartość ta nie powinna być mniejsza niż 0,020%.
4) Stal powinna zawierać aluminium, niob, wanad lub inne rozdrabniające ziarno pierwiastki, przy czym mogą one występować pojedynczo lub w zestawie. Jeżeli stosuje się je pojedynczo, to minimalna zawartość tych pierwiastków w stali powinna odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli. Jeżeli pierwiastki rozdrabniające ziarno występują w zestawie, to podane w tabeli minimalne zawartości nie są wymagane.
5) Jeżeli dowolna kategoria stali jest dostarczana w stanie po walcowaniu termomechanicznym (TM), PRS może wyrazić zgodę na skład chemiczny różniący się od podanego w tabeli.
6) Jeżeli jest to wymagane, równoważnik węgla, CEV, dla stali o podwyższonej wytrzymałości należy obliczać na podstawie analizy wytopowej, według wzoru:

$$CEV = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \text{ [\%]} \qquad (3.4.1\text{-}2)$$

Powyższe równanie ma zastosowanie jedynie dla stali węglowo-manganowych i informuje w sposób ogólny o spawalności stali.
7) Jeżeli wytwórca w procesie wytopu stali wprowadza inne pierwiastki, ich zawartość powinna być wykazana w *Świadectwie odbioru*.

**3.4.2** Wyniki analizy wytopowej składu chemicznego mogą być poddane kontroli według uznania inspektora PRS.

**3.4.3** Dla stali poddawanych walcowaniu termomechanicznemu (TM) równoważnik węgla obliczony według wzoru 3.4.1-2 powinien odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 3.4.3.

**Tabela 3.4.3**
**Równoważniki węgla dla stali o podwyższonej wytrzymałości o grubości do 100 mm, dostarczanych w stanie TM**

| Kategorie stali | Równoważnik węgla, CEV max, [%] 1) | |
|---|---|---|
| | $t \le 50$ | $50 < t \le 100$ |
| AH32, DH32, EH32, FH32 | 0,36 | 0,38 |
| AH36, DH36, EH36, FH36 | 0,38 | 0,40 |
| AH40, DH40, EH40, FH40 | 0,40 | 0,42 |

$t$ – grubość wyrobu w mm

1) W szczególnych przypadkach PRS może wymagać, w porozumieniu z wytwórcą, niższych wartości maksymalnych równoważnika węgla.

Po uzgodnieniu z PRS zamiast równoważnika węgla, CEV, może być określona wrażliwość na pękanie na zimno, $P_{cm}$, na podstawie wyników analizy wytopowej, według wzoru:

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B \ [\%] \qquad (3.4.3)$$

W takim przypadku maksymalna wartość $P_{cm}$ podlega uzgodnieniu z PRS (np. podczas realizacji procedury uznaniowej).

## 3.5 Stan dostawy

**3.5.1** Wszystkie wyroby powinny być dostarczane w stanie odpowiadającym wymaganiom podanym w tabelach 3.5.1-1 i 3.5.1-2.

**Tabela 3.5.1-1**
**Stan dostawy stali o zwykłej wytrzymałości**

| Kategoria stali | Grubość wyrobu $t$ [mm] | Stan dostawy |
|---|---|---|
| A, B | $t \le 50$ | surowy, N, CR lub TM |
| | $50 < t \le 100$ | N, CR lub TM 1) |
| D | $t \le 35$ | surowy, N, CR lub TM |
| | $35 \le t \le 100$ | N, CR lub TM 2) |
| E | $t \le 100$ | N lub TM 2) |

1) Po uzgodnieniu z PRS blachy ze stali kategorii A i B mogą być dostarczane w stanie surowym.

2) Po uzgodnieniu z PRS kształtowniki ze stali kategorii D mogą być dostarczane w stanie surowym pod warunkiem systematycznego uzyskiwania pozytywnych wyników prób udarności. Podobnie kształtowniki ze stali kategorii E mogą być dostarczane w stanie surowym lub po regulowanym walcowaniu (CR). Liczbę próbek do próby udarności należy określać według 3.11.2 lub 3.11.3.

**Tabela 3.5.1-2**
**Stan dostawy stali o podwyższonej wytrzymałości**

| Kategoria stali | Pierwiastki rozdrabniające ziarno | Grubość wyrobu $t$ [mm] | Stan dostawy |
|---|---|---|---|
| AH32<br>AH36 | Nb i/lub V | $t \le 12,5$ | surowy, N, CR lub TM |
| | | $12,5 < t \le 100$ | N, CR lub TM 2) |
| AH32<br>AH36 | Al lub<br>Al + Ti | $t \le 20$ | surowy, N, CR lub TM |
| | | $20\ t \le 35$ | N, CR TM lub surowy za zgodą PRS 1) |
| | | $35 < t \le 100$ | N, CR lub TM 2) |
| AH40 | dowolne | $t \le 12,5$ | surowy, N, CR lub TM |
| | | $12,5 < t \le 50$ | N, CR lub TM |
| | | $50 < t \le 100$ | N, TM lub QT |

| Kategoria stali | Pierwiastki rozdrabniające ziarno | Grubość wyrobu $t$ [mm] | Stan dostawy |
|---|---|---|---|
| DH32<br>DH36 | Nb i/lub V | $t \le 12,5$ | surowy, N, CR lub TM |
| | | $12,5 < t \le 100$ | N, CR lub TM [2] |
| DH32<br>DH36 | Al lub Al + Ti | $t \le 20$ | surowy, N, CR lub TM |
| | | $20 < t \le 25$ | N, CR TM lub surowy za zgodą PRS [1] |
| | | $25 < t \le 100$ | N, CR lub TM [2] |
| DH40 | dowolne | $t \le 50$ | N, CR lub TM |
| | | $50 < t \le 100$ | N, TM lub QT |
| EH32<br>EH36 | dowolne | $t \le 50$ | N lub TM [2] |
| | | $50 < t \le 100$ | N lub TM |
| EH40 | dowolne | $t \le 50$ | N lub TM lub QT |
| | | $50 < t \le 100$ | N, TM lub QT |
| FH32<br>FH36<br>FH40 | dowolne | $t \le 50$ | N, TM lub QT [3] |
| | | $50 < t \le 100$ | N, TM lub QT |

[1] Liczbę próbek do próby udarności należy określić według 3.11.2.

[2] Po uzgodnieniu z PRS kształtowniki ze stali kategorii AH32, AH36, DH32 i DH36 mogą być dostarczane w stanie surowym, pod warunkiem uzyskania pozytywnych wyników prób udarności. Podobnie kształtowniki ze stali kategorii EH32 i EH36 mogą być dostarczane w stanie surowym lub w stanie CR. Liczbę próbek do próby udarności należy określić według 3.11.2 lub 3.11.3.

[3] Po uzgodnieniu z PRS kształtowniki ze stali kategorii FH32 i FH36 mogą być dostarczane w stanie CR. Liczbę próbek do próby udarności należy określić według 3.11.3.

## 3.6 Własności mechaniczne

**3.6.1** W próbie rozciągania powinna być określona wyraźna granica plastyczności, $R_e$, lub, gdy nie można jej określić, umowna granica plastyczności, $R_p0,2$. Przy rozpatrywaniu zgodności materiału z wymaganiami *Przepisów* jedna z tych dwóch wartości powinna odpowiadać lub przewyższać wymaganą wartość granicy plastyczności, $R_e$.

**3.6.2** Wyniki badań własności mechanicznych wyrobów ze stali o zwykłej wytrzymałości powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 3.6.2-1, a ze stali o podwyższonej wytrzymałości – wymaganiom podanym w tabeli 3.6.2-2.

**Tabela 3.6.2-1**
**Własności mechaniczne stali kadłubowych o zwykłej wytrzymałości**

| Kategoria stali | Próba rozciągania | | | Próba udarności | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $R_e$ [MPa] min. | $R_m$ [MPa] | $A$ [%] min. | Temp. próby [°C] | Średnia wartość pracy łamania [J] min. | | | | | |
| | | | | | $t \le 50$ | | $50 < t \le 70$ | | $70 < t \le 100$ | |
| | | | | | L [3] | T [3] | L [3] | T [3] | L [3] | T [3] |
| A | 235 | 400,520[1] | 22[2] | +20 | – | – | 34 [5] | 24[5] | 41[5] | 27 [5] |
| B | | | | 0 | 27 [4] | 20 [4] | 34 | 24 | 41 | 27 |
| D | | | | –20 | 27 | 20 | 34 | 24 | 41 | 27 |
| E | | | | –40 | 27 | 20 | 34 | 24 | 41 | 27 |

$t$ – grubość wyrobu, [mm], L – próbka wzdłużna, T – próbka poprzeczna

[1] Dla kształtowników ze stali kategorii A, po uzgodnieniu z PRS, może być podwyższona górna granica wartości $R_m$ w całym zakresie grubości.

2) Wydłużenie procentowe po rozerwaniu, $A_{200}$, określone na próbkach nieproporcjonalnych o przekroju poprzecznym prostokątnym, powinno odpowiadać poniższym wymaganiom:

| Grubość $t$ [mm] | $t \le 5$ | $5 < t \le 10$ | $10 < t \le 15$ | $15 < t \le 20$ | $20 < t \le 25$ | $25 < t \le 30$ | $30 < t \le 40$ | $40 < t \le 50$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| $A_{200\ mm}$ [%] min. | 14 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |

3) Patrz punkt 3.6.3.

4) PRS może odstąpić od wymogu określania udarności wyrobów ze stali kategorii B o grubości do 25 mm.

5) Próba udarności wyrobów ze stali kategorii A o grubości powyżej 50 mm nie jest wymagana, jeżeli stal jest wytapiana z dodatkiem pierwiastków rozdrabniających ziarno, a wyroby poddawane są procesowi normalizowania w piecu. Za zgodą PRS wyroby po walcowaniu termomechanicznym (TM) mogą być odbierane bez próby udarności.

**Tabela 3.6.2-2**
**Własności mechaniczne stali kadłubowych o podwyższonej wytrzymałości**

| Kategoria stali | Próba rozciągania | | | Próba udarności | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $R_e$ [MPa] min. | $R_m$ [MPa] | $A$ [%] min. | Temp. próby [°C] | Średnia wartość pracy łamania [J] min. | | | | | |
| | | | | | $t \le 50$ | | $50 < t \le 70$ | | $70 < t \le 100$ | |
| | | | | | L 2) | T 2) | L 2) | T 2) | L 2) | T 2) |
| AH32 | 315 | 440,570 | 22 1) | 0 | 31 3) | 22 3) | 38 | 26 | 46 | 31 |
| DH32 | | | | –20 | 31 | 22 | 38 | 26 | 46 | 31 |
| EH32 | | | | –40 | 31 | 22 | 38 | 26 | 46 | 31 |
| FH32 | | | | –60 | 31 | 22 | 38 | 26 | 46 | 31 |
| AH36 | 355 | 490,630 | 21 1) | 0 | 34 3) | 24 3) | 41 | 27 | 50 | 34 |
| DH36 | | | | –20 | 34 | 24 | 41 | 27 | 50 | 34 |
| EH36 | | | | –40 | 34 | 24 | 41 | 27 | 50 | 34 |
| FH36 | | | | –60 | 34 | 24 | 41 | 27 | 50 | 34 |
| AH40 | 390 | 510,660 | 20 1) | 0 | 39 | 27 | 46 | 31 | 55 | 37 |
| DH40 | | | | –20 | 39 | 27 | 46 | 31 | 55 | 37 |
| EH40 | | | | –40 | 39 | 27 | 46 | 31 | 55 | 37 |
| FH40 | | | | –60 | 39 | 27 | 46 | 31 | 55 | 37 |

$t$ – grubość wyrobu, [mm]; L – próbka wzdłużna, T – próbka poprzeczna

1) Wydłużenie procentowe po rozerwaniu, $A_{200\ mm}$, określone na próbkach nieproporcjonalnych o przekroju poprzecznym prostokątnym, powinno odpowiadać poniższym wymaganiom:

| Kategoria stali | Grubość wyrobu, $t$ [mm] | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $t \le 5$ | $5 < t \le 10$ | $10 < t \le 15$ | $15 < t \le 20$ | $20 < t \le 25$ | $25 < t \le 30$ | $30 < t \le 40$ | $40 < t \le 50$ |
| | Wydłużenie $A_{200\ mm}$ [%], min. | | | | | | | |
| AH32, DH32, EH32, FH32 | 14 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 | 22 |
| AH36, DH36, EH36, FH36 | 13 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 | 21 |
| AH40, DH40, EH40, FH40 | 12 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 | 19 | 20 |

2) Patrz punkt 3.6.3.

3) Dla stali kategorii AH32 i AH36 PRS może wyrazić zgodę na zmniejszenie liczby próbek do próby udarności dla celów odbiorczych, pod warunkiem uzyskania pozytywnych wyników otrzymanych podczas badań wyrywkowych.

**3.6.3** Minimalną średnią wartość pracy łamania w próbie udarności Charpy V należy określać na próbkach pobranych wzdłuż kierunku walcowania (L). PRS lub zamawiający może wymagać określenia pracy łamania w próbie udarności Charpy V na próbkach poprzecznych (T). Jednakże wyniki badań określane na próbkach poprzecznych powinny być gwarantowane przez wytwórcę.

Podane w tabelach wartości odpowiadają standardowym próbkom 10×10×55 mm. Dla blach o grubości mniejszej niż 10 mm z próby udarności można zrezygnować za zgodą PRS lub zastosować próbki o mniejszej szerokości według punktu 2.6.1.

**3.6.4** Wartość średnia określana z kompletu trzech próbek powinna odpowiadać wymaganiom podanym w tabelach 3.6.2-1 i 3.6.2-2. Co najwyżej jedna z trzech uzyskanych wartości może być mniejsza od wartości wymaganej, lecz nie więcej niż o 30%.

**3.6.5** Próba udarności nie jest wymagana dla blach o grubości mniejszej niż 6 mm.

### 3.7 Stan powierzchni oraz jakość wewnętrzna

**3.7.1** Stal powinna być pozbawiona wad powierzchniowych uniemożliwiających jej zamierzone zastosowanie. Stan powierzchni gotowego materiału powinien być zgodny z uznaną normą, np. EN 10163 części 1, 2 i 3 lub normą równoważną akceptowaną przez PRS, jeśli nie ustalono inaczej w tym rozdziale.

**3.7.2** Wytwórca jest odpowiedzialny za spełnienie wymagań dotyczących wykończenia powierzchni. Powinien on podjąć niezbędne środki w trakcie produkcji oraz poddawać inspekcji wyrób przed jego dostawą. Na tym etapie jednak zgorzelina powstająca w procesie walcowania lub obróbki cieplnej może zakrywać nieciągłości lub wady powierzchni. Jeśli podczas późniejszego usuwania zgorzeliny lub obróbki, materiał zostanie uznany za wadliwy, PRS może wymagać jego naprawy lub odrzucenia.

**3.7.3** Metoda inspekcji stanu powierzchni powinna być zgodna z uznaną normą krajową lub międzynarodową uzgodnioną pomiędzy klientem a producentem i akceptowaną przez PRS.

**3.7.4** Po uzgodnieniu między klientem a wytwórnią stal może być zamawiana z lepszym wykończeniem powierzchni wykraczającym poza powyższe wymagania.

**3.7.5** W przypadku gdy blachy i szerokie płaskowniki zamawiane są z badaniami ultradźwiękowymi, powinny być one wykonane zgodnie z uznaną normą uzgodnioną z PRS.

**3.7.6** Producent odpowiada za weryfikację jakości wewnętrznej materiału. Jej akceptacja przez inspektora PRS nie zwalnia producenta z tej odpowiedzialności.

#### 3.7.7 Kryteria odbioru

##### 3.7.7.1 Niezgodności

Niezgodności, które mogą negatywnie wpływać na użytkowanie wyrobu, takie jak wżery, zawalcowane zgorzeliny, wgniecenia, ślady walcowania, zadrapania i wyżłobienia, uznawane za związane z procesem wytwarzania, są dopuszczalne niezależnie od ich ilości, jeśli mieszczą się w maksymalnych dopuszczalnych granicach Klasy A zawartych w normie EN 10163-2 lub w granicach określonych w uznanej normie równoważnej akceptowanej przez PRS, a pozostała grubość blachy lub szerokiego płaskownika spełnia postanowienia dotyczące średniej dopuszczalnej ujemnej wartości odchyłki określone w 3.8.1. Całkowita powierzchnia, na której występują niezgodności nie przekraczające określonych granic nie może przekraczać 15% całkowitej rozpatrywanej powierzchni.

##### 3.7.7.2 Wady

Powierzchnie, na których występują niezgodności, których głębokość przekracza granice dla Klasy A w normie EN 10163-2 lub maksymalne dopuszczalne granice określone w uznanej normie równoważnej akceptowanej przez PRS, powinny być naprawiane niezależnie od ich ilości.

Pęknięcia, szkodliwe skazy powierzchniowe, łuski (pokrywające materiał niemetalicznymi wtrąceniami), ślady piasku, rozwarstwienia oraz szwy o ostrych krawędziach (wady wydłużone) widoczne na powierzchni i/lub krawędzi płyty są uznawane za wady, które mogą wpływać negatywnie na zamierzone użycie wyrobu i które wymagają usunięcia lub naprawy, niezależnie od swych rozmiarów lub ilości.

### 3.7.7.3 Naprawa

#### 3.7.7.3.1 Naprawa przez szlifowanie

Szlifowanie można stosować pod warunkiem spełnienia poniższych warunków:

**.1** Nominalna grubość wyrobu nie zostanie zmniejszona o więcej niż 7% lub 3 mm, przyjmując wartość mniejszą;

**.2** Wielkość pojedynczej powierzchni szlifowania nie przekroczy 0,25 $m^2$;

**.3** Sumaryczna powierzchnia szlifowania nie przekroczy 2% całkowitej powierzchni po stronie podlegającej naprawie;

**.4** Powierzchnie szlifowania leżące w odległości od siebie mniejszej niż ich średnia szerokość należy uznać za jedną powierzchnię;

**.5** Sumaryczna głębokość szlifowania powierzchni leżących naprzeciwko siebie, po obu stronach blachy, nie powinna przekroczyć wartości podanych w .1.

Wady lub nieakceptowalne niezgodności powinny być całkowicie usunięte poprzez szlifowanie, a pozostała grubość płyty lub szerokiego płaskownika powinna spełniać postanowienia dotyczące dopuszczalnych ujemnych odchyłek podane w 3.8.1. Powierzchnie szlifowane powinny mieć łagodne przejście do powierzchni otaczającej. Całkowite usunięcie wady powinno być zweryfikowane przez badanie metodą magnetyczno-proszkową lub penetracyjną.

#### 3.7.7.3.2 Naprawy spawalnicze

Procedury i metody napraw spawalniczych należy zgłosić i zatwierdzić w PRS. Naprawy takich wad jak nieakceptowalne niezgodności, pęknięcia, łuski lub szwy powinny być poddane badaniu metodami magnetyczno-proszkową lub penetracyjną.

Miejscowe wady, które nie mogą być naprawione poprzez szlifowanie jak podano w 3.7.5.3.1, mogą być naprawione poprzez spawanie w uzgodnieniu z PRS, jeśli zostały spełnione poniższe warunki:

**.1** Powierzchnia pojedynczej wady nie przekroczy 0,125 $m^2$, a sumaryczna powierzchnia napawania nie przekroczy 2% całkowitej powierzchni po stronie podlegającej naprawie;

**.2** Odległość pomiędzy dwiema powierzchniami napawanymi nie może być mniejsza od ich średniej szerokości;

**.3** Grubość blachy w miejscu usuniętej wady nie będzie mniejsza niż 80% grubości nominalnej. W pojedynczych przypadkach inspektor może wyrazić zgodę na naprawę wad, których głębokość przekracza 20% nominalnej grubości blachy;

**.4** Jeśli głębokość naprawy przekracza 3 mm, PRS może wymagać badania metodą ultradźwiękową. W tym przypadku badanie ultradźwiękowe powinno być przeprowadzone zgodnie z zatwierdzoną procedurą;

**.5** Naprawa będzie wykonana przez uprawnionego spawacza, uznaną metodą dobraną do spawania określonej kategorii stali. Należy stosować elektrody o niskiej zawartości wodoru, osuszone zgodnie z wymaganiami producenta i zabezpieczone przed ponownym zawilgoceniem przed i podczas spawania.

**3.7.7.4** Wymagania dotyczące stanu powierzchni oraz warunków nie mają zastosowania do wyrobów w postaci prętów i elementów rurowych, które będą podlegają wymaganiom określonym przez wytwórcę.

## 3.8 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

### 3.8.1 Tolerancje wymiarowe

**3.8.1.1** Jeżeli nie uzgodniono inaczej z PRS lub nie określono wymagań dla tolerancji wymiarowych, to wówczas mają zastosowanie wymagania podane w 3.8.1.3.

**3.8.1.2** Tolerancje dotyczące długości, szerokości, płaskości oraz dodatnich odchyłek grubości powinny być zgodne z uznanymi normami krajowymi lub międzynarodowymi, jeśli nie jest to w inny sposób wymagane przez PRS.

**3.8.1.3** Dopuszczalne ujemne odchyłki grubości blach kadłubowych o grubości 5 mm lub większej nie powinny przekraczać 0,3 mm.

Odchyłki grubości blach kadłubowych o grubości poniżej 5 mm powinny być zgodne z uznanymi normami krajowymi lub międzynarodowymi, np. dotyczącymi klasy B z normy ISO 7452:2013. Ujemne odchyłki nie powinny jednak przekraczać 0,3 mm.

Dopuszczalne ujemne odchyłki grubości blach przeznaczonych do budowy urządzeń maszynowych (z wyjątkiem kotłów, zbiorników ciśnieni owych i niezależnych zbiorników przeznaczonych do transportu ciekłych gazów i chemikaliów) powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 3.8.1.3.

**3.8.1.4** Zamiast wymagań podanych w 3.8.1.3 można zastosować wymagania dla klasy C normy ISO 7452:2013 lub równoważnej wg. normy krajowej lub międzynarodowej, a w tym przypadku nie muszą być stosowane wymagania określone w 3.8.1.7 oraz 3.8.1.8.

Dodatkowo, jeśli zastosowano wymagania dla klasy C z normy ISO 7452:2013, wymagane jest aby huta wykazała do uznania PRS, że liczba pomiarów oraz rozkład punktów pomiarowych są właściwe do ustalenia, że wytwarzane płyty wzorcowe mają grubość nie niższą od określonej grubości nominalnej.

**3.8.1.5** Stosowanie innych wymagań dotyczących ujemnych odchyłek grubości, włącznie z odchyłkami dotyczącymi wyrobów przeznaczonych do budowy urządzeń dźwigowych, podlega odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

**Tabela 3.8.1.3**
**Dopuszczalne ujemne odchyłki grubości blach dotyczące wyrobów przeznaczonych do budowy konstrukcji maszynowych**

| Nominalna grubość blachy $t$ [mm] | Ujemne odchyłki grubości [mm] |
|---|---|
| $3 \le t < 5$ | –0,3 |
| $5 \le t < 8$ | – 0,4 |
| $8 \le t < 15$ | – 0,5 |
| $15 \le t < 25$ | – 0,6 |
| $25 \le t < 40$ | – 0,7 |
| $40 \le t < 80$ | –0,9 |
| $80 \le t < 150$ | –1,1 |
| $150 \le t < 250$ | –1,2 |

**3.8.1.6** Określone w 3.8.1.3 tolerancje dotyczące nominalnej grubości nie mają zastosowania do miejsc poddanych naprawie przez szlifowanie. W odniesieniu do takich miejsc obowiązują wymagania podrozdziału 3.7.7.3.1, jeśli PRS nie rozpatruje bardziej surowych wymagań zgodnie z uznaną normą.

**3.8.1.7** Średnia grubość wyrobu, tj. średnia arytmetyczna pojedynczych wyników pomiarów grubości wykonanych zgodnie z 3.8.1.8, nie powinna być mniejsza niż grubość nominalna.

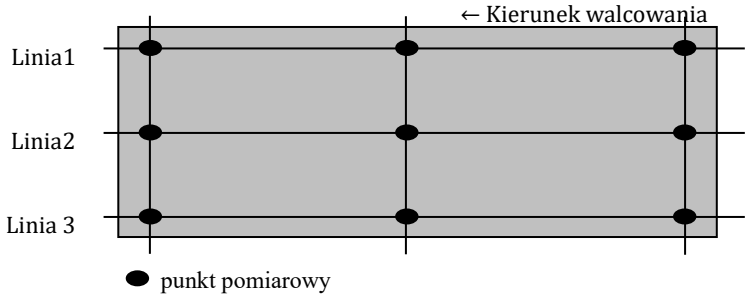
### 3.8.1.8 Pomiary grubości

**3.8.1.8.1** Pomiary grubości należy przeprowadzać metodą ręczną lub zautomatyzowaną.

**3.8.1.8.2** Instrukcje wykonywania pomiarów oraz zapisy z przeprowadzonych pomiarów należy udostępnić inspektorowi PRS, a na jego życzenie dostarczyć mu kopie.

**3.8.1.8.3** Pomiarów grubości należy dokonać zgodnie z poniższymi wytycznymi.

Pomiarów należy dokonać wzdłuż co najmniej dwóch z trzech linii równoległych do kierunku walcowania. Na każdej z tych wybranych linii należy dokonać pomiaru w co najmniej 3 punktach. Liczba punktów pomiarowych powinna być jednakowa na każdej linii. Rozmieszczenie punktów przedstawione jest na rys. 3.8.1.6.3-1.



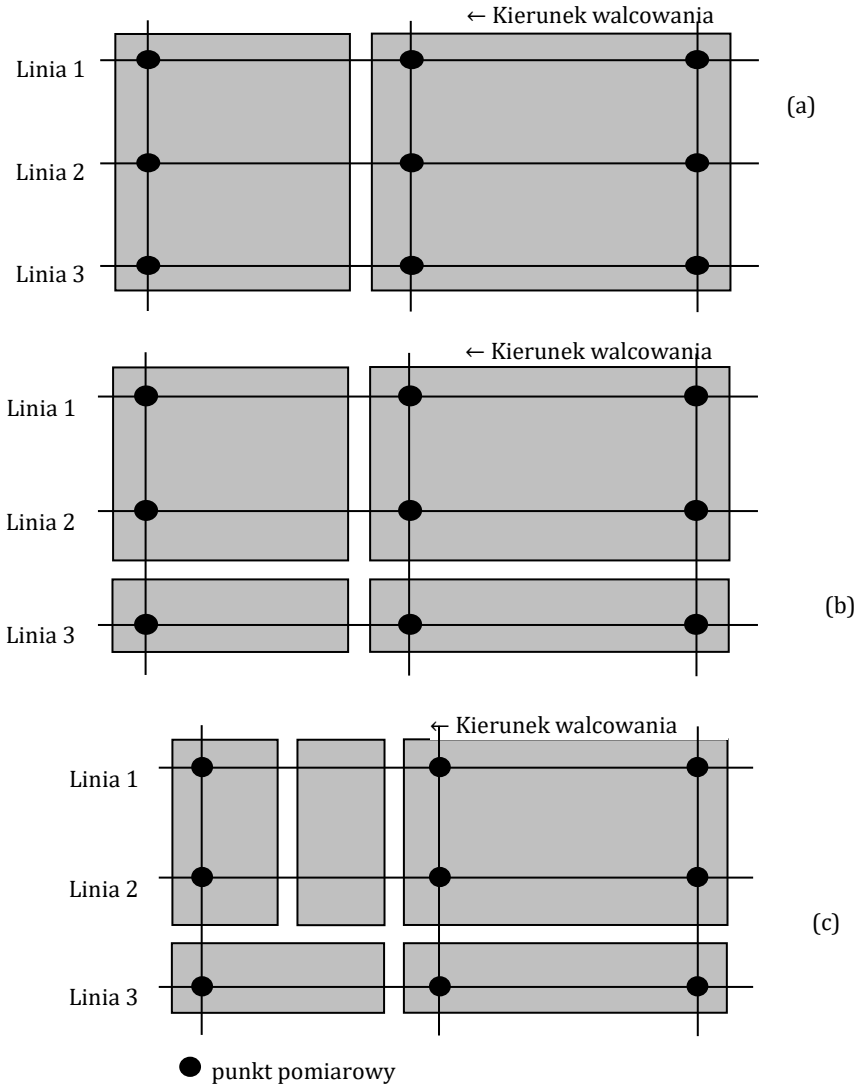

Rys. 3.8.1.8.3-1

Jeżeli pomiary grubości przeprowadzane są metodą zautomatyzowaną, skrajne punkty pomiarowe powinny być zlokalizowane co najmniej 10 mm, ale nie więcej niż 300 mm od wzdłużnych lub poprzecznych krawędzi wyrobu.

Jeżeli pomiary grubości przeprowadzane są ręcznie, skrajne punkty pomiarowe powinny być zlokalizowane co najmniej 10 mm, ale nie więcej niż 100 mm od wzdłużnych lub poprzecznych krawędzi wyrobu.

**Uwaga:**

Lokalizacja punktów pomiarowych odnosi się do wyrobów walcowanych bezpośrednio ze slabu lub wlewka, nawet jeżeli ma on być później cięty przez wytwórnię na mniejsze arkusze. Przykładowe sposoby odniesienia pomiarów do wyrobów powstałych po operacjach cięcia przedstawia rys. 3.8.1.6.3-2 (a, b, c).




Rys. 3.8.1.8.3-2

### 3.8.2 Identyfikacja materiału

**3.8.2.1** Wytwórca jest zobowiązany dostarczyć inspektorowi PRS informacje umożliwiające określenie pochodzenia materiału.

**3.8.2.2** Wytwórca stali powinien stosować system identyfikacji wlewków, kęsisk i gotowych wyrobów, który umożliwi określenie pierwotnego wytopu materiału.

### 3.8.3 Badania i inspekcja

**3.8.3.1** Wytwórca powinien zapewnić inspektorowi PRS niezbędne udogodnienia i dostęp do wszystkich części zakładu, pozwalające mu na sprawdzenie, czy wymagany przez *Przepisy* i zatwierdzony proces wyboru badanego materiału i poświadczenia badań jest przestrzegany oraz na weryfikację dokładności wyposażenia pomiarowego.

**3.8.3.2** Wymagane badania i kontrole powinny być przeprowadzone w miejscu wytwarzania, przed wysłaniem materiału. Próbki do badań i procedury powinny być zgodne z wymaganiami podanymi w rozdziale 2. Jeżeli nie ustalono inaczej, wszystkie próbki do badań powinny być wybrane i oznakowane przez inspektora PRS oraz zbadane w jego obecności.

**3.8.3.3** Dla blach grubych i uniwersalnych (szerokie płaskowniki) o grubości co najmniej 15 mm, zamówionych z określonymi własnościami w kierunku grubości materiału, należy przeprowadzić próbę rozciągania na próbkach pobranych prostopadle do powierzchni blachy, zgodnie z wymaganiami rozdziału 5.

**3.8.3.4** Za weryfikację wymiarów jest odpowiedzialny wytwórca stali. Odbiór przez inspektora PRS nie zwalnia wytwórcy stali z tej odpowiedzialności.

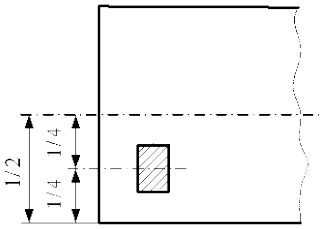
### 3.9 Materiał do badań

**3.9.1** Pojęcie „egzemplarz próbny" oznacza wybrany do badań wyrób walcowany z pojedynczego kęsiska, kęsu lub wlewka, jeśli jest on walcowany bezpośrednio na blachy, kształtowniki lub pręty. Partia oznacza określoną ilość podobnych wyrobów przedstawionych jako grupa do odbioru. Z wyrobów próbnych są pobierane odcinki próbne.

**3.9.2** Cały materiał partii przedstawionej do odbioru powinien pochodzić z wyrobów o tym samym kształcie np. z blach, szerokich płaskowników, kształtowników itp., z tego samego wytopu oraz w tym samym stanie dostawy. Odcinki próbne powinny być w pełni reprezentatywne dla materiału i nie powinny być wycinane z wyrobów próbnych przed zakończeniem obróbki cieplnej. Badane próbki nie powinny być obrabiane cieplnie oddzielnie.

**3.9.3** Jeżeli nie postanowiono inaczej, odcinki próbne do badań należy pobierać zgodnie z 3.9.3.1, 3.9.3.2 i 3.9.3.3.

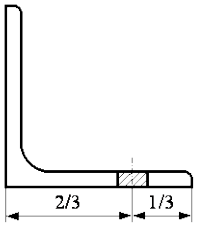
**3.9.3.1** W przypadku blach i płaskowników o szerokości ≥ 600 mm, odcinki próbne należy pobrać z jednego końca, tak aby ich oś znajdowała się pośrodku między osią wyrobu a jego brzegiem (rys. 3.9.3.1). Jeżeli nie uzgodniono inaczej, oś wzdłużna próbki do próby rozciągania (i ewentualnie próbki do próby zginania) powinna być usytuowana prostopadle do kierunku walcowania.



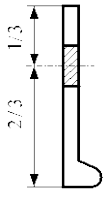

Rys. 3.9.3.1

**3.9.3.2** W przypadku płaskowników o szerokości < 600 mm, płaskowników łebkowych i innych kształtowników, odcinki próbne należy pobrać z jednego końca, tak aby ich oś leżała w odległości 1/3 od krawędzi płaskownika lub zewnętrznej krawędzi półki (rys. 3.9.3.2-1, 3.9.3.2-2, 3.9.3.2-3 i 3.9.3.2-4), a w przypadku małych kształtowników – możliwie jak najbliżej tego miejsca.

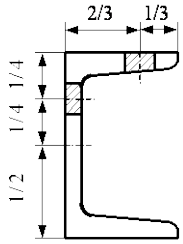
Z ceowników i dwuteowników (kształtowniki H) odcinki próbne można pobierać również ze środnika, wyznaczając ich osie na ok. 1/4 wysokości ceownika/dwuteownika (rys. 3.9.3.2-3 i 3.9.3.2-4). Osie wzdłużne próbek do próby rozciągania mogą być usytuowane równolegle lub prostopadle do kierunku walcowania.



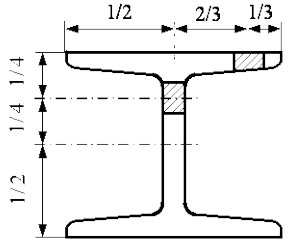

Rys. 3.9.3.2-1




Rys. 3.9.3.2-2



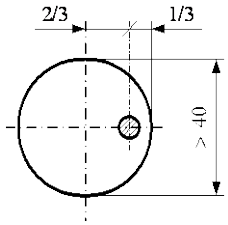

Rys. 3.9.3.2-3



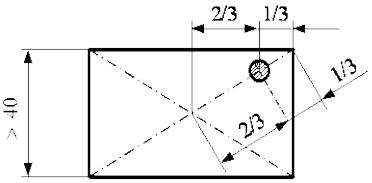

Rys. 3.9.3.2-4

**3.9.3.3** W przypadku prętów i wyrobów o podobnym kształcie, odcinki próbne należy pobrać z jednego końca, tak aby ich oś była równoległa do kierunku walcowania i znajdowała się w odległości:

- 1/3 promienia od zewnętrznej krawędzi w przypadku wyrobów o przekroju okrągłym (rys. 3.9.3.3-1),
- 1/3 długości połowy przekątnej od naroża w przypadku wyrobów o przekroju nieokrągłym (rys. 3.9.3.3-2).




Rys. 3.9.3.3-1




Rys. 3.9.3.3-2

## 3.10 Próbki do badań własności mechanicznych

**3.10.1** Próbki do próby rozciągania (i do ewentualnej próby zginania) oraz próbki do próby udarności należy pobierać z najgrubszego wyrobu wchodzącego w skład partii.

**3.10.2** Wymiary próbek do próby rozciągania powinny odpowiadać wymaganiom podanym w 2.5.3. Dla blach, taśm i kształtowników należy stosować próbki o przekroju poprzecznym prostokątnym. Próbki o przekroju poprzecznym okrągłym mogą być stosowane, jeżeli grubość wyrobu jest większa niż 40 mm lub w przypadku prętów i podobnych wyrobów. Dla prętów itp. wyrobów o małych przekrojach badane próbki powinny posiadać długość odpowiednią do powierzchni przekroju wyrobu.

**3.10.3** Próbki do próby udarności powinny posiadać nacięty karb Charpy V z krawędziami oddalonymi o 2 mm od powierzchni walcowanej. Ich dłuższa krawędź może być usytuowana wzdłużnie (L – patrz tabela 3.6.2-1 i 3.6.2-2) lub poprzecznie (T) do kierunku walcowania. Karb powinien być nacięty na powierzchni badanej próbki prostopadle do powierzchni walcowanej. Odległość karbu od krawędzi cięcia za pomocą palnika lub nożyc nie powinna być mniejsza niż 25 mm. Jeżeli grubość wyrobu przekracza 40 mm, próbki do badań udarności należy pobierać tak, aby ich wzdłużne osie były oddalone od powierzchni wyrobu o odległość równą ¼ grubości tego wyrobu.

## 3.11 Liczba próbek do badań

### 3.11.1 Liczba próbek do próby rozciągania

Jeżeli nie uzgodniono inaczej z PRS, z każdej przedstawionej do odbioru partii, której masa nie przekracza 50 t, należy pobrać jedną próbkę do próby rozciągania. Jeżeli masa partii przekracza 50 t, to należy pobrać dodatkową próbkę z każdych kolejnych 50 t lub ich części.

W przypadku, gdy grubość lub średnice wyrobów z tej samej partii różnią się między sobą o 10 mm lub więcej, należy pobrać dodatkową próbkę na każde 10 mm różnicy.

### 3.11.2 Liczba próbek do próby udarności (dla stali innych kategorii niż E, EH32, EH36, EH40, FH32, FH36 i FH40)

Szczegółowe informacje o wielkości partii materiałów do prób udarności podano w tabelach 3.11.2-1 i 3.11.2-2.

Jeżeli nie uzgodniono inaczej z PRS, należy pobrać co najmniej jeden komplet próbek do próby udarności (trzy próbki Charpy V) z jednego wyrobu wchodzącego w skład partii o masie do 50 t.

Jeżeli masa partii przekracza 50 t, to należy pobrać dodatkowy komplet próbek dla każdych kolejnych 50 t lub ich części. Jeżeli blachy – z wyjątkiem blach kategorii A o grubości powyżej 50 mm – są dostarczane w stanie po regulowanym walcowaniu (CR), próbki do próby udarności należy pobierać z każdej kolejnej partii o masie do 25 t.

Dla stali kategorii AH40 do DH40 o grubości powyżej 50 mm w stanie normalizowanym lub TM należy pobrać jeden komplet próbek dla każdej partii 50 t lub jej części. Dla tych stali w stanie QT należy pobrać jeden komplet próbek do próby udarności z każdego pasma blachy poddanej obróbce cieplnej.

Jeżeli po uzgodnieniu z PRS wyroby dostarczane są w stanie surowym (po walcowaniu na gorąco), to komplet próbek do próby udarności należy pobierać z każdej kolejnej partii lub jej części o masie do 25 t. W przypadku stali kategorii A o grubości powyżej 50 mm, dostarczanej w stanie surowym, komplet próbek do próby udarności należy pobierać z każdej kolejnej partii o masie do 50 t lub jej części.

**Tabela 3.11.2-1**
**Wymagane próby udarności dla stali kadłubowych o zwykłej wytrzymałości, w zależności od stanu dostawy**

| Kategoria stali | Metoda odtlenienia stali | Produkt | Stan dostawy (wielkość partii materiałów do prób udarności) [1] [2] | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Grubość materiału [mm] | | |
| | | | 10 12,5 20 | 25 30 35 40 50 | 100 |
| A | nieuspokojona | kształtowniki | dowolny (–) | nie stosowane | |
| | dla $t$ < 50 mm każda metoda z wyjątkiem stali nieuspokojonej, dla $t$ > 50 mm w pełni uspokojona | blachy | dowolny (–) | | N (–) TM (–) [3]<br>CR (50) AR* (50) |
| | | kształtowniki | dowolny (–) | | niestosowane |
| B | dla $t$ < 50 mm każda metoda z wyjątkiem stali nieuspokojonej, dla $t$ > 50 mm w pełni uspokojona | blachy | dowolny (–) | dowolny (50) | N (50) TM (50)<br>CR (25) AR* (25) |
| | | kształtowniki | dowolny (–) | dowolny (50) | niestosowane |
| D | w pełni uspokojona | blachy, kształtowniki | dowolny (50) | niestosowane | |
| | blachy w pełni uspokojone i drobnoziarniste | blachy | dowolny (50) | N (50) CR (50) TM (50) | N (50) CR (25) TM (50) |
| | | kształtowniki | dowolny (50) | N (50) TM (50) CR (50) AR*(25) | niestosowane |
| E | w pełni uspokojona i drobnoziarnista | blachy | N (każde pasmo), TM (każde pasmo) | | |
| | | kształtowniki | N (25), TM (25), CR* (15), AR* (15) | | niestosowane |

[1] Stan dostawy; N – normalizowanie, CR – kontrolowane walcowanie, TM – walcowanie termomechaniczne, AR* – walcowanie według specjalnego uznania PRS, CR* – kontrolowane walcowanie według specjalnego uznania PRS.

[2] (–) – liczba w nawiasach oznacza masę materiału w jednej partii w tonach.

[3] Patrz uwaga [5] w tabeli 3.6.2-1.

**Tabela 3.11.2-2**
**Wymagane próby udarności dla stali kadłubowych o podwyższonej wytrzymałości, w zależności od stanu dostawy**

| Kategoria stali | Metoda odtlenienia stali | Pierwiastki rozdrabniające ziarno | Produkt | Stan dostawy (wielkość partii materiałów do prób udarności) [1) 2)] Grubość materiału [mm] 10 | 12,5 | 20 | 25 | 30 | 35 | 40 | 50 | 100 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| AH32[3)] AH36[3)] | W pełni uspokojona, drobnoziarnista | Nb i/lub V | blachy | dowolny (50) | N (50), CR (50), TM (50) | | | | | N (50), CR (25), TM (50) | | |
| | | | kształtowniki | dowolny (50) | N (50), CR (50), TM (50) | | | | | niestosowane | | |
| | | Tylko Al lub z Ti | blachy | dowolny (50) | AR* (25) | | | | | | | |
| | | | | | N (50), CR (50), TM (50) | | | | | N (50), CR (25), TM (50) | | |
| | | | kształtowniki | dowolny (50) | N (50), CR (50), TM (50), AR* (25) | | | | | niestosowane | | |
| AH40 | W pełni uspokojona, drobnoziarnista | każdy | blachy | dowolny (50) | N (50), CR (50), TM (50) | | | | | N (50), TM (50), QT (każde pasmo obrabiane cieplnie) | | |
| | | | kształtowniki | dowolny (50) | N (50), CR (50), TM (50) | | | | | niestosowane | | |
| DH32 DH36 | W pełni uspokojona, drobnoziarnista | Nb i/lub V | blachy | dowolny (50) | N (50), CR (50), TM (50) | | | | | N (50), CR (25), TM (50) | | |
| | | | kształtowniki | dowolny (50) | N (50), CR (50), TM (50), AR* (25) | | | | | niestosowane | | |
| | | Tylko Al lub z Ti | blachy | A (50) | AR* (25) | nie stosowane | | | | | | |
| | | | | | N (50), CR (50), TM (50) | | | | | N (50), CR (25), TM (50) | | |
| | | | kształtowniki | dowolny (50) | N (50), CR (50), TM (50), AR* (25) | | | | | niestosowane | | |
| DH40 | W pełni uspokojona i drobnoziarnista | każdy | blachy | N (50), CR (50), TM (50) | | | | | | N (50), TM (50), QT (każde pasmo obrabiane cieplnie) | | |
| | | | kształtowniki | N (50), CR (50), TM (50) | | | | | | niestosowane | | |
| EH32 EH36 | W pełni uspokojona i drobnoziarnista | każdy | blachy | N (każde pasmo), TM (każde pasmo) | | | | | | | | |
| | | | kształtowniki | N (25), TM (25), AR* (15), CR* (15) | | | | | | niestosowane | | |
| EH40 | W pełni uspokojona i drobnoziarnista | każdy | blachy | N (każde pasmo), TM (każde pasmo), QT (każde pasmo obrabiane cieplnie) | | | | | | N (każde pasmo), TM (każde pasmo), QT (każde pasmo obrabiane cieplnie) | | |
| | | | kształtowniki | N (25), TM (25), QT (25) | | | | | | niestosowane | | |
| FH32 FH36 | W pełni uspokojona i drobnoziarnista | każdy | blachy | N (każde pasmo), TM (każde pasmo), QT (każde pasmo obrabiane cieplnie) | | | | | | niestosowane | | |
| | | | kształtowniki | N (25), TM (25), QT (25), CR* (15) | | | | | | niestosowane | | |
| FH40 | W pełni uspokojona i drobnoziarnista | każdy | blachy | N (każde pasmo), TM (każde pasmo), QT (każde pasmo obrabiane cieplnie) | | | | | | N (każde pasmo), TM (każde pasmo), QT (każde pasmo obrabiane cieplnie) | | |
| | | | kształtowniki | N (25), TM (25), QT (25) | | | | | | niestosowane | | |

[1] Stan dostawy; N – normalizowanie, CR – kontrolowane walcowanie, TM – walcowanie termomechaniczne, QT – ulepszanie cieplne, AR* – walcowanie według specjalnego uznania PRS, CR* – kontrolowane walcowanie według specjalnego uznania PRS.

[2] (–) – liczba w nawiasach oznacza masę materiału w jednej partii, w tonach.

[3] Patrz uwaga [3] w tabeli 3.6.2-2.

### 3.11.3 Liczba próbek do próby udarności (dla stali kategorii E, EH32, EH36, EH40, FH32, FH36 i FH40)

Z blach stalowych dostarczanych w stanie normalizowanym (N) lub po walcowaniu termomechanicznym (TM) komplet próbek do próby udarności należy pobierać z każdego pasma blachy. Z blach ulepszonych cieplnie komplet próbek należy pobierać z każdego pasma blachy poddanego obróbce cieplnej.

Z kształtowników jeden komplet próbek do próby udarności należy pobierać z każdej kolejnej partii lub jej części o masie do 25 t.

Jeżeli za zgodą PRS kształtowniki (oprócz kategorii EH40 i FH40) dostarczane są w stanie surowym lub po regulowanym walcowaniu (CR), jeden komplet próbek do próby udarności należy pobierać z każdej kolejnej partii lub jej części o masie do 15 t.

## 3.12 Badania powtórne

**3.12.1** Jeżeli wyniki próby rozciągania pierwszego odcinka próbnego wybranego zgodnie z podrozdziałem 3.9 nie spełniają wymagań *Części IX,* powinny być przeprowadzone badania powtórne zgodnie z 2.3.1.2.

**3.12.2** Powtórne próby udarności należy przeprowadzić zgodnie z 2.3.1.

## 3.13 Cechowanie

Cechowanie materiału powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9. Dodatkowo powinno zawierać poniższe oznaczenia:

- literą „S” dodaną na końcu symbolu kategorii dla stali przyjętej na podstawie odrębnego uzgodnienia z PRS, według punktu 3.1.4 (np. AH36S, ES),
- literami „TM” dodanymi po symbolu kategorii stali (np. EH35TM), jeżeli jest to wymagane przez PRS dla stali dostarczonej w stanie dostawy TM.

## 3.14 Świadectwo odbioru

W *Świadectwie odbioru* powinny znaleźć się dane wymagane w podrozdziale 1.8, zaś dla kształtowników o grubości do 12,5 mm wykonanych ze stali kategorii A powinna być dodatkowo podana informacja o metodzie odtlenienia.

## 3.15 Dodatkowe wymagania dotyczące stali przeznaczonych do stosowania jako alternatywny sposób zabezpieczenia przed korozją zbiorników ładunkowych zbiornikowców olejowych

**3.15.1** Niniejsze wymagania mają zastosowanie do blach, kształtowników i prętów wszystkich kategorii ze stali o zwykłej i o podwyższonej wytrzymałości i o ulepszonej odporności na korozję stosowanych zgodnie z wydaną przez IMO rezolucją MSC.289(87) o grubościach do 50 mm. Stale o ulepszonej odporności na korozję są to stale, których własności korozyjne w warunkach dna lub szczytu zbiornika ładunkowego zostały przebadanie oraz uznane i poza wymaganiami dla stali kadłubowych spełniają dodatkowe wymagania rezolucji MSC.289(87). Stale te nie są przewidziane do stosowania jako odporne na korozję poza rejonami określonymi w MSC.289(87). Jeśli nie określono inaczej, stosuje się wymagania określone w podrozdziałach 3.2 ÷ 3.14.

**3.15.2** Niniejsze wymagania nie mają zastosowania do stali o ulepszonej odporności na korozję stosowanych poza rejonami określonymi w wydanej przez IMO rezolucji MSC.289(87). Wymagania dla stali stopowych odpornych na korozję zostały określone w rozdziale 8.

**3.15.3** W trakcie prób uznaniowych należy przeprowadzić badanie korozyjne zgodnie z Załącznikiem C. Uznanie może być wydane do stosowania w określonym obszarze zbiornika ładunkowego:
– dolna powierzchnia pokładu wytrzymałościowego i sąsiednie konstrukcje,
– dolna powierzchnia poszycia dna wewnętrznego i sąsiednie konstrukcje,
– zarówno pokład wytrzymałościowy jak i poszycie dna wewnętrznego.

**3.15.4** Wytwórca powinien określić zależność między wszystkimi pierwiastkami mającymi wpływ na odporność stali na korozję. Zawartość pierwiastków wprowadzonych celowo ze względu na odporność na korozję powinna zostać zweryfikowana przed przyjęciem partii materiału. Weryfikacji należy dokonać na podstawie analizy wytopowej stali.

**3.15.5** Cechowanie materiału powinno być zgodne z 1.9 oraz 3.13. Jeżeli wyrób spełnia wymagania niniejszego podrozdziału, cechowanie powinno dodatkowo zawierać oznaczenie odporności korozyjnej, np. AH36 RCB. Należy stosować następujące oznaczenia odporności korozyjnej w zależności od przewidywanego obszaru zastosowania wyrobu:
– dolna powierzchnia pokładu wytrzymałościowego i sąsiednie konstrukcje – **RCU**,
– dolna powierzchnia poszycia dna wewnętrznego i sąsiednie konstrukcje – **RCB**,
– zarówno pokład wytrzymałościowy jak i poszycie dna wewnętrznego – **RCW**.

**3.15.6** Jeżeli materiał jest dostarczony w stanie po walcowaniu termomechanicznym (TM), oznaczenie powinno zawierać symbol TM umieszczony przed symbolem odporności korozyjnej, np. EH36 TM RCU Z35).

### 3.16 Dodatkowe wymagania dotyczące stali YP47 oraz stali odpornych na kruche pękanie

W tym podrozdziale podano wymagania dotyczące stali YP47 oraz stali odpornych na kruche pękanie przeznaczonych do zastosowania na kontenerowcach zgodnie z wymaganiami *Części II*. Jeśli nie określono inaczej, zastosowanie mają wymagania podrozdziałów 3.2 ÷ 3.14.

#### 3.16.1 Stale YP47

**3.16.1.1** Stale oznaczone jako YP47 odnoszą się do stali z określoną minimalną granicą plastyczności wynoszącą 460 MPa.

**3.16.1.2** Stale YP47 mogą być stosowane na wzdłużne elementy konstrukcyjne w rejonach pokładu górnego kontenerowców (takie jak wzdłużne zrębnice luków, mocnik górny zrębnicy luku oraz związane z nimi wzdłużniki, itp.). Zastosowanie stali YP47 na inne elementy konstrukcji kadłuba podlega specjalnemu rozpatrzeniu.

**3.16.1.3** W tym podrozdziale podano wymagania dotyczące stali YP47 przeznaczonej na elementy o grubości większej niż 50 mm i nie większej niż 100 mm w rejonie pokładu górnego kontenerowców. Zastosowanie elementów ze stali YP47 o grubościach poza podanym wyżej przedziałem podlega specjalnemu rozpatrzeniu przez PRS.

#### 3.16.2 Stale odporne na kruche pękanie

**3.16.2.1** Oznaczenie odporności na kruche pękanie mogą otrzymać stale YP36, YP40 oraz YP47, które spełniają dodatkowe wymagania dotyczące odporności na kruche pękanie oraz właściwości określonych w tym podrozdziale.

**3.16.2.2** Zastosowanie stali odpornych na kruche pękanie powinno spełniać wymagania *Części II Przepisów*, która obejmuje wzdłużne elementy konstrukcyjne w rejonie górnego pokładu kontenerowców (takie jak wzdłużne zrębnice luków, pokład górny, mocnik górny zrębnicy luku i związane z nim wzdłużniki, itp.).

**3.16.2.3** Stale odporne na kruche pękanie mają grubość powyżej 50 mm i nie więcej niż 100 mm, jak podano w tabeli 3.16.4.3-1.

### 3.16.3 Charakterystyki materiałowe stali YP47

**3.16.3.1** Charakterystyki materiałowe stali YP47 podano w tabelach 3.16.3.1-1 oraz 3.16.3.1-2.

**Tabela 3.16.3.1-1**
**Skład chemiczny oraz metoda odtlenienia stali YP47 nieposiadających własności odporności na kruche pękanie**

| Kategoria stali [1] | EH47 | |
|---|---|---|
| Metoda odtlenienia | Uspokojona drobnoziarnista | |
| Skład chemiczny wg analizy wytopowej, [%] [5], [6] | | |
| C max | 0,18 | |
| Mn | 0,90¸2,00 | |
| Si max | 0,55 | |
| P max | 0,020 | |
| S max | 0,020 | |
| Al metaliczne min. | 0,015 [1], [2] | |
| Nb | 0,02¸0,05 [2] | razem nie więcej od 0,12% |
| V | 0,05¸0,10 [2] | |
| Ti max | 0,02 | |
| Cu max | 0,35 | |
| Cr max | 0,25 | |
| Ni max | 1,0 | |
| Mo max | 0,08 | |
| Równoważnik węgla CEV max [3] | 0,49 | |
| Wrażliwość na pękanie na zimno $P_{cm}$ max [4] | 0,22 | |

**Uwagi**:

1) Może być określona całkowita zawartość Al zamiast określenia zawartości Al metalicznego. W tym przypadku zawartość ta nie powinna być mniejsza niż 0,020%.
2) Stal powinna zawierać aluminium, niob, wanad lub inne rozdrabniające ziarno pierwiastki, przy czym mogą one występować pojedynczo lub w zestawie. Jeżeli stosuje się je pojedynczo, to minimalna zawartość tych pierwiastków w stali powinna od-powiadać wymaganiom podanym w tabeli. Jeżeli pierwiastki rozdrabniające ziarno występują w zestawie, to podane w tabeli minimalne zawartości nie są wymagane.
3) Równoważnik węgla, CEV, należy obliczać na podstawie analizy wytopowej zgodnie ze wzorem 3.4.1-2.
4) Wartość wrażliwości na pękanie na zimno, $P_{cm}$ , powinna być obliczana zgodnie ze wzorem 3.4.3.
5) Jeżeli wytwórca w procesie wytopu stali wprowadza inne pierwiastki po zatwierdzeniu przez PRS, to ich zawartość powinna być wykazana w *Świadectwie odbioru*.
6) Zmiany w określonym składzie chemicznym mogą być wprowadzone jedynie po zatwierdzeniu przez PRS.

**Tabela 3.16.3.1-2**
**Stan dostawy, kategoria i własności mechaniczne stali YP47 nieposiadających własności odporności na kruche pękanie 1)**

| Stan dostawy | Kategoria | Próba rozciągania | | | Próba udarności | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Granica plastyczności [MPa] min. | Wytrzymałość na rozciąganie [MPa] | Wydłużenie [%] min. | Temperatura próby [°C] | Średnia wartość pracy łamania [J] min. | | |
| | | | | | | $50 < t \leq 70$ | $70 < t \leq 85$ | $85 < t \leq 100$ |
| | | | | | | L | L | L |
| TCMP 2) | EH47 | 460 | 570 ÷ 720 | 17 | –40 | 53 | 64 | 75 |

$t$ [mm] – grubość

**Uwagi**:

1) Dodatkowe wymagania dotyczące stali YP47 posiadających własności odporności na kruche pękanie podano w 3.16.4.
2) Inne stany dostawy będą rozpatrywane osobno przez PRS.

## 3.16.4 Charakterystyki materiałowe stali odpornej na kruche pękanie

**3.16.4.1** Stale odporne na kruche pękanie to blachy stalowe posiadające określone własności odporności na kruche pękanie oznaczane przez wytrzymałość na kruche pękanie, $K_{ca}$, lub temperaturę powstrzymania propagacji pęknięcia (CAT).

**3.16.4.2** Oprócz własności mechanicznych wymaganych dla stali kategorii EH36, EH40 oraz EH47, stale odporne na kruche pękanie powinny spełniać wymagania podane w tabelach 3.16.4.3-1 i 3.16.4.3-2.

**3.16.4.3** Własności odporności na kruche pękanie podane w tabeli 3.16.4.3-1 należy oceniać w odniesieniu do wyrobu zgodnie z procedurą zatwierdzoną przez PRS. Jeśli nie zostało to inaczej uzgodnione z PRS, próbki należy pobrać z każdego wyrobu.

**Tabela 3.16.4.3-1**
**Wymagania dotyczące własności odporności na kruche pękanie dla stali odpornych na kruche pękanie**

| Kategoria 1) | Grubość $t$ [mm] | Własności odporności na kruche pękanie 2) 6) | |
|---|---|---|---|
| | | Wytrzymałość na kruche pękanie $K_{ca}$ przy –10 °C [N/mm$^{3/2}$] 3) | Temperatura powstrzymania propagacji pęknięcia CAT [°C] 4) |
| BCA1 | $50 < t \leq 100$ | min. 6000 | –10 lub niżej |
| BCA2 | $80 < t \leq 100$ 7) | min. 8000 | 5) |

**Uwagi**:

1) Symbol "BCA1" lub "BCA2" powinien być dodany do oznaczenia kategorii stali (np. EH40-BCA1, EH47-BCA1, H47-BCA2, itp.).
2) Własności odporności na kruche pękanie dla stali odpornych na kruche pękanie powinny być zweryfikowane poprzez oznaczenie wytrzymałości na kruche pękanie $K_{ca}$ lub temperatury powstrzymania propagacji pęknięcia (CAT).
3) Wartość $K_{ca}$ powinna być uzyskiwana poprzez metody prób podane w Załączniku 3 do UR W 31, rev 2, Dec. 2019.
4) Wartość temperatury powstrzymania propagacji pęknięcia (CAT) powinna być uzyskana poprzez metodę prób podana w Załączniku 4 do UR W 31, rev. 2, Dec. 2019.
5) Kryterium temperatury powstrzymania propagacji pęknięcia (CAT) dla stali odpornych na kruche pękanie odpowiadające $K_{ca}$=8000 N/mm$^{3/2}$ podlega zatwierdzeniu przez PRS.

6) W przypadku zastosowania alternatywnych prób małej skali do badania wyrobu (próby odbioru partii), metody te powinny być zatwierdzone przez PRS, zgodnie z Załącznikiem 5 IACS UR W31.
7) Mogą być zatwierdzone mniejsze grubości wg uznania PRS.

**Tabela 3.16.4.3-2**
**Skład chemiczny oraz metoda odtlenienia stali odpornych na kruche pękanie**

| Kategoria stali | EH36-BCA1EH40-BCA1<br>EH36-BCA2EH40-BCA2 | EH47-BCA1<br>EH47-BCA2 |
|---|---|---|
| Metoda odtlenienia | Uspokojona drobnoziarnista | |
| Skład chemiczny wg analizy wytopowej, [%] 1), 6), 7) | | |
| C max | 0,18 | 0,18 |
| Mn | 0,90¸2,00 2) | 0,90¸2,00 |
| Si max | 0,50 | 0,55 |
| P max | 0,020 | 0,020 |
| S max | 0,020 | 0,020 |
| Al (metaliczne) min. | 0,015 2), 3) | 0,015 2), 3) |
| Nb | 0,02¸0,05 3) razem | 0,02¸0,05 3) razem |
| V | 0,05¸0,10 3) nie więcej | 0,05¸0,10 3) nie więcej |
| Ti max | 0,02 niż 0,12% | 0,02 niż 0,12% |
| Cu max | 0,50 | 0,50 |
| Cr max | 0,25 | 0,50 |
| Ni max | 2,0 | 2,0 |
| Mo max | 0,08 | 0,08 |
| Równoważnik węgla CEV max 4) | 0,47 0,49 | 0,55 |
| Wrażliwość na pękanie na zimno $P_{cm}$ max 5) | – | 0,24 |

**Uwagi**:

1) Skład chemiczny stali odpornych na kruche pękanie powinien być zgodny z powyższą tabelą, niezależnie od składu podanego w tabelach 3.4.1-2 oraz 3.16.3.1-1.
2) Zamiast określenia zawartości Al metalicznego może być określona całkowita zawartość Al. W tym przypadku całkowita zawartość Al nie może być mniejsza niż 0.020%.
3) Stal powinna zawierać aluminium, niob, wanad lub inne pierwiastki rozdrabniające ziarno, przy czym mogą one występować pojedynczo lub w zestawie. Jeżeli stosuje się je pojedynczo, to minimalna zawartość tych pierwiastków w stali powinna od-powiadać wymaganiom podanym w tabeli. Jeżeli pierwiastki rozdrabniające ziarno występują w zestawie, to podane w tabeli minimalne zawartości nie są wymagane.
4) Równoważnik węgla, CEV, należy obliczać na podstawie analizy wytopowej zgodnie ze wzorem 3.4.1-2.
5) Wartość wrażliwości na pękanie na zimno $P_{cm}$ powinna być obliczana zgodnie ze wzorem 3.4.3.
6) Jeżeli wytwórca w procesie wytopu stali wprowadza inne pierwiastki po zatwierdzeniu przez PRS, to ich zawartość powinna być wykazana w *Świadectwie odbioru*.
7) Zmiany w określonym składzie chemicznym mogą być wprowadzone jedynie po zatwierdzeniu przez PRS.

# 4 STALE O WYSOKIEJ WYTRZYMAŁOŚCI

## 4.1 Zakres

**4.1.1** Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do blach, szerokich płaskowników, kształtowników, prętów oraz rur bez szwu wykonanych z walcowanych na gorąco, drobnoziarnistych, spawalnych stali konstrukcyjnych wysokiej wytrzymałości, przeznaczonych do budowy konstrukcji w przemyśle morskim oraz offshore. Wymagania te nie mają zastosowania do stali przeznaczonych na konstrukcje kadłubów statków handlowych, które zostały objęte rozdziałem 3.

**4.1.2** Stale objęte tym zakresem wymagań podzielono na osiem poziomów granic plastyczności $R_e$: 420, 460, 500, 550, 620, 690, 890 i 960 MPa, a każdy z tych poziomów granic plastyczności, w zależności od temperatury próby udarności – na cztery odmiany plastyczności: A, D, E oraz F, z wyjątkiem poziomów 890 i 960 MPa, dla których odmiana F nie ma zastosowania. tabela 4.1.2 podaje listę kategorii.

**Tabela 4.1.2**

| | | | |
|---|---|---|---|
| A420 | D420 | E420 | F420 |
| A460 | D460 | E460 | F460 |
| A500 | D500 | E500 | F500 |
| A550 | D550 | E550 | F550 |
| A620 | D620 | E620 | F620 |
| A690 | D690 | E690 | F690 |
| A890 | D890 | E890 | |
| A960 | D960 | E960 | |

**4.1.3** Stale objęte zakresem tego rozdziału powinny być dostarczane w stanie normalizowanym (N)/ po walcowaniu normalizującym (NR), po walcowaniu termomechanicznym (TM) lub w stanie ulepszonym cieplnie (QT).

**4.1.4** Stale o grubości większej niż maksymalna grubość podana w tabeli 4.5.4 podlegają zatwierdzeniu PRS w każdym indywidualnym przypadku.

**4.1.5** Stale, których skład chemiczny, metoda odtleniania, stan dostawy lub własności mechaniczne różnią się od własności określonych w niniejszym rozdziale, podlegają zatwierdzeniu PRS w każdym indywidualnym przypadku. Takie stale powinny otrzymać specjalne oznaczenie.

## 4.2 Uznanie

**4.2.1** Stale o wysokiej wytrzymałości powinny być produkowane przez wytwórnie uznane przez PRS ze względu na typ i kategorię dostarczanej stali. Procedura uznawania została przedstawiona w Załączniku E.

**4.2.2** Wytwórnia jest odpowiedzialna za zapewnienie skutecznych kontroli jakości, procesów i produkcji w czasie wytwarzania, w ramach specyfikacji wytwarzania. Specyfikacja ta powinna być przedstawiona PRS.

**4.2.3** Gdy kontrola jakości wykryje wyrób niespełniający wymagań, wytwórnia powinna zidentyfikować przyczynę powstania wad wyrobu oraz przedsięwziąć środki zaradcze, zapobiegające powtarzaniu się tych wad. Ponadto należy dostarczyć do PRS kompletny raport z postępowania wyjaśniającego przyczynę powstania wad wyrobu. PRS może wymagać zwiększenia częstotliwości badania następnych wyrobów, tak aby był osiągnięty wyższy stopień pewności co do jakości tych wyrobów.

**4.2.4** Jeżeli walcownia produkuje wyroby walcowane po obróbce cieplnej z wsadu wytopionego w innej wytwórni, PRS powinien także uznać producenta wsadu.

### 4.3 Metody wytwarzania

**4.3.1** Stal powinna być wytopiona w piecach elektrycznych, konwertorach tlenowych lub inną metodą, zatwierdzoną przez PRS.

**4.3.2** Odgazowanie próżniowe powinno być stosowane do poniższych stali:
- wszystkie stale o ulepszonych własnościach w kierunku grubości materiału,
- stale kategorii A690÷A960, D690÷D960, E690÷E960 oraz F690.

**4.3.3** Stal powinna być całkowicie uspokojona.

**4.3.4** Stal powinna być rozdrobniona i mieć strukturę drobnoziarnistą (współczynnik równoważny ≥ 6 określony za pomocą badania mikrograficznego, zgodnie z normą ISO 643 lub alternatywną metodą badania). Metoda rozdrobnienia ziarna powinna być zgodna ze specyfikacją producenta.

**4.3.5** Stal powinna zawierać pierwiastki wiążące azot, zgodnie ze specyfikacją producenta.

### 4.4 Skład chemiczny

**4.4.1** Skład chemiczny stali powinien określić wytwórca poprzez badania w odpowiednio wyposażonym laboratorium, wykonane przez kompetentny personel. Metoda pobierania materiału do badań powinna odpowiadać warunkom stosowanym przy uznawaniu stali, przy zastosowaniu analizy wytopowej, przy użyciu tygla pośredniego lub próbki z formy w przypadku odlewania ciągłego. Końcowa analiza powinna być zgodna ze specyfikacją producenta oraz wymaganiami podanymi w tabeli 4.4.1. Należy zgłaszać wszystkie pierwiastki podane w tabeli 4.4.1.

**Tabela 4.4.1**
**Skład chemiczny stali o wysokiej wytrzymałości**

| Stan dostawy | | N/NR | | TM | | QT | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Kategoria stali | | A420÷A460<br>D420÷D460 | E420÷E460 | A420÷A890<br>D420÷D690 | E420÷E890<br>F420÷F690<br>D890 | A420÷A960<br>D420÷D690 | E420÷E960<br>F420÷F690<br>D890÷D960 |
| Skład chemiczny [%] | C maks. | 0,20 | 0,18 | 0,16 | 0,14 | 0,18 | |
| | Mn | 1,00÷1,70 | | 1,00÷1,70 | | maks. 1,70 | |
| | P maks. [1] | 0,030 | 0,025 | 0,025 | 0,020 | 0,025 | 0,020 |
| | S maks. [1] | 0,025 | 0,020 | 0,015 | 0,010 | 0,015 | 0,010 |
| | Al total min. [2] | 0,020 | | 0,020 | | 0,018 | |
| | Nb maks. [3] | 0,05 | | 0,05 | | 0,06 | |
| | V maks. [3] | 0,20 | | 0,12 | | 0,12 | |
| | Ti maks. [3] | 0,05 | | 0,05 | | 0,05 | |
| | Ni maks. [4] | 0,80 | | 2,00 [4] | | 2,00 [4] | |
| | Cu maks. | 0,55 | | 0,55 | | 0,50 | |
| | Mo maks. [3] | 0,10 | | 0,50 | | 0,70 | |
| | N maks. | 0,025 | | 0,025 | | 0,015 | |
| | O maks. [5] | – | | – | 50 ppm | – | 30 ppm |

[1] W przypadku kształtowników, zawartość P oraz S może być wyższa o 0,005% od wartości podanej w tabeli.
[2] Całkowity stosunek Al/N powinien wynosić co najmniej 2:1. Jeśli stosowane są inne pierwiastki wiążące azot, minimalna zawartość Al oraz stosunek Al/N nie mają zastosowania.

3) Całkowita zawartość Nb+V+Ti ≤ 0,26% oraz Mo+Cr ≤ 0,65%, nie ma zastosowania do stali w stanie QT (ulepszonym cieplnie).
4) Wyższa zawartość Ni podlega zatwierdzeniu PRS.
5) Wymagania dotyczące maksymalnej zawartości O mają zastosowanie tylko do kategorii D890, E890, D960 oraz E960.

**4.4.2** W specyfikacji producenta powinny być wyszczególnione pierwiastki stopowe, wiążące azot oraz rozdrabniające ziarno, oraz pierwiastki resztkowe, np. w przypadku dodania boru w celu wzmocnienia hartowności, maksymalna zawartość boru nie powinna być większa od 0,005%, należy także przekazać wyniki analizy tego pierwiastka.

**4.4.3** Wartość równoważnika węgla należy obliczać na podstawie analizy wytopowej. Wartości maksymalne podano w tabeli 4.4.3.

Wartość równoważnika węgla należy obliczać przy użyciu poniższych wzorów:

a) dla wszystkich kategorii stali:

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

b) dla kategorii A460, D460, E460, F460 i wyższych, zamiast wartości CEV można użyć wartości CET, według uznania producenta:

$$CET = C + \frac{(Mn+Mo)}{10} + \frac{Cr+Cu}{20} + \frac{Ni}{40}\,[\%]$$

c) w przypadku stali w stanie dostawy TM oraz QT o zawartości węgla nie większej od 0,12%, zamiast wartości CEV można stosować wartość wrażliwości na pękanie na zimno $P_{cm}$:

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B\,[\%]$$

**Tabela 4.4.3**
**Maksymalne wartości CEV, CET oraz $P_{cm}$**

| Kategoria stali | Stan dostawy | CEV, [%] | | | | | | CET [%] | $P_{cm}$ [%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Blachy | | | Kształtowniki | Pręty | Rury | | |
| | | $t \le 50$ mm | $50 < t \le 100$ mm | $100 < t \le 250$ mm | $t \le 50$ mm | $t \le 250$ mm lub $d \le 250$ mm | $t \le 65$ mm | | |
| AH420÷FH420 | N/NR | 0,46 | 0,48 | 0,52 | 0,47 | 0,53 | 0,47 | NA | NA |
| | TM | 0,43 | 0,45 | 0,47 | 0,44 | NA | NA | | |
| | QT | 0,45 | 0,47 | 0,49 | NA | NA | 0,46 | | |
| AH460÷FH460 | N/NR | 0,50 | 0,52 | 0,54 | 0,51 | 0,55 | 0,51 | 0,25 | NA |
| | TM | 0,45 | 0,47 | 0,48 | 0,46 | NA | NA | 0,30 | 0,23 |
| | QT | 0,47 | 0,48 | 0,50 | NA | NA | 0,48 | 0,32 | 0,24 |
| AH500÷FH500 | TM | 0,46 | 0,48 | 0,50 | NA | NA | NA | 0,32 | 0,24 |
| | QT | 0,48 | 0,50 | 0,54 | | | 0,50 | 0,34 | 0,25 |
| AH550÷FH550 | TM | 0,48 | 0,50 | 0,54 | NA | NA | NA | 0,34 | 0,25 |
| | QT | 0,56 | 0,60 | 0,64 | | | 0,56 | 0,36 | 0,28 |
| AH620÷FH620 | TM | 0,50 | 0,52 | NA | NA | NA | NA | 0,34 | 0,26 |
| | QT | 0,56 | 0,60 | 0,64 | | | 0,58 | 0,38 | 0,30 |
| AH690÷FH690 | TM | 0,56 | NA | NA | NA | NA | NA | 0,36 | 0,30 |
| | QT | 0,64 | 0,66 | 0,70 | | | 0,68 | 0,40 | 0,33 |
| AH890÷EH890 | TM | 0,60 | NA | NA | NA | NA | NA | 0,38 | 0,28 |
| | QT | 0,68 | 0,75 | | | | | 0,40 | NA |
| AH960÷EH960 | QT | 0,75 | NA | NA | NA | NA | NA | 0,40 | NA |

## 4.5 Stan dostawy

**4.5.1** Stan dostawy wyrobów ze stali o wysokiej wytrzymałości powinien być zgodny z procesem uznanym przez PRS. Stany te obejmują:
- stan po normalizowaniu (N)/po walcowaniu normalizującym (NR),
- po kontrolowanym walcowaniu termomechanicznym (TM)/z przyspieszonym chłodzeniem (TM+AcC)/z bezpośrednim hartowaniem i następującym po nim odpuszczaniem (TM+DQ), lub
- w stanie ulepszonym cieplnie (QT).

**Uwaga**: Bezpośrednie hartowanie po walcowaniu na gorąco z następującym po nim odpuszczaniem uważane jest za równoważne konwencjonalnemu ulepszaniu cieplnemu.

**4.5.2** Stopień przewalcowania kęsisk płaskich i kwadratowych, kęsów lub wlewków nie może być mniejszy niż 3:1.

**4.5.3** Grubość maksymalna kęsisk i kęsów w procesie ciągłego procesu odlewania powinna być zgodna z wymaganiami producenta.

**4.5.4** Maksymalna grubość blach, kształtowników, prętów oraz elementów rurowych powyżej której ma zastosowanie określony stan dostawy została podana w tabeli 4.5.4.

**Table 4.5.4**
**Grubości maksymalne**

| Stan dostawy | Maximum thickness [mm] | | | |
|---|---|---|---|---|
| | Blachy | Kształtowniki | Pręty | Rury |
| N | 250[2)] | 50 | 250 | 65 |
| NR | 150 | [1)] | | |
| TM | 150 | 50 | NA | NA |
| QT | 150[2)] | 50 | NA | 50 |

1) Grubości maksymalne kształtowników, prętów oraz elementów rurowych produkowanych z zastosowaniem walcowania normalizującego (NR) są mniejsze od tych, które dotyczą elementów dostarczanych w stanie normalizowanym (N) i powinny być uzgodnione z PRS.

2) Stosowanie stali dostarczanych w stanie normalizowanym (N) o grubości większej od 250 mm oraz w stanie ulepszonym cieplnie (QT) o grubości większej od 150 mm podlega szczególnemu rozpatrzeniu przez PRS.

## 4.6 Własności mechaniczne

### 4.6.1 Próba rozciągania

Próbki do próby rozciągania powinny być tak pobierane, aby ich osie wzdłużne były prostopadłe do kierunku końcowego walcowania – z wyjątkiem kształtowników, prętów, elementów rurowych i walcowanych płaskowników o szerokości nie przekraczającej 600 mm, dla których usytuowanie osi próbek może być wzdłużne lub poprzeczne, po uzyskaniu akceptacji PRS w każdym przypadku. Próbki poprzeczne o przekroju prostokątnym do próby rozciągania o pełnej grubości powinny być tak przygotowane, aby co najmniej jedna z walcowanych powierzchni próbki pozostała nieobrobiona. W przypadku gdy użycie próbek o pełnej grubości powoduje przekroczenie zakresu maszyny wytrzymałościowej, należy zastosować próbki poprzeczne o przekroju prostokątnym o niepełnym wymiarze reprezentujące pełną grubość lub pół grubości wyrobu zachowując jedną powierzchnię walcowaną. Alternatywnie mogą być zastosowane obrobione próbki o przekroju okrągłym. W tym przypadku, oś próbki powinna znajdować się w odległości $t/4$ od powierzchni wyrobu i dodatkowo dla grubości powyżej 100 mm w odległości $t/2$ od powierzchni wyrobu lub jak najbliżej tego położenia.

Własności mechaniczne stali o wysokiej wytrzymałości powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 4.6.1-1.

**Tabela 4.6.1-1**

| Kategoria stali | Próba rozciągania | | | | | | | Próba udarności Charpy V | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Granica plastyczności $R_e$ or $R_{p0.2}$ [1] [MPa] min. | | | Wytrzymałość na rozciąganie, $R_m$ [MPa] | | Wydłużenie $A$ [2] [%] min. | | Temperatura próby [°C] | Praca łamania $KV$ [J] min. | |
| | Grubość nominalna, $t$ [4] [mm] | | | | | | | | | |
| | ≥3≤50 | >50 ≤100 | >100≤250 | ≥3≤100 | >100≤250 | T | L [3] | | T | L |
| AH420 | 420 | 390 | 365 | 520÷680 | 470÷650 | 19 | 21 | 0 | 28 | 42 |
| DH420 | | | | | | | | –20 | | |
| EH420 | | | | | | | | –40 | | |
| FH420 | | | | | | | | –60 | | |
| AH460 | 460 | 430 | 390 | 540÷720 | 500÷710 | 17 | 19 | 0 | 31 | 46 |
| DH460 | | | | | | | | –20 | | |
| EH460 | | | | | | | | –40 | | |
| FH460 | | | | | | | | –60 | | |
| AH500 | 500 | 480 | 440 | 590÷770 | 540÷720 | 17 | 19 | 0 | 33 | 50 |
| DH500 | | | | | | | | –20 | | |
| EH500 | | | | | | | | –40 | | |
| FH500 | | | | | | | | –60 | | |
| AH550 | 550 | 530 | 490 | 640÷820 | 590÷770 | 16 | 18 | 0 | 37 | 55 |
| DH550 | | | | | | | | –20 | | |
| EH550 | | | | | | | | –40 | | |
| FH550 | | | | | | | | –60 | | |
| AH620 | 620 | 580 | 560 | 700÷890 | 650÷830 | 15 | 17 | 0 | 41 | 62 |
| DH620 | | | | | | | | –20 | | |
| EH620 | | | | | | | | –40 | | |
| FH620 | | | | | | | | –60 | | |
| AH690 | 690 | 650 | 630 | 770÷940 | 710÷900 | 14 | 16 | 0 | 46 | 69 |
| DH690 | | | | | | | | –20 | | |
| EH690 | | | | | | | | –40 | | |
| FH690 | | | | | | | | –60 | | |
| AH890 | 890 | 830 | NA | 940÷1100 | NA | 11 | 13 | 0 | 46 | 69 |
| DH890 | | | | | | | | –20 | | |
| EH890 | | | | | | | | –40 | | |
| AH960 | 960 | NA | NA | 980÷1150 | NA | 10 | 12 | 0 | 46 | 69 |
| DH960 | | | | | | | | –20 | | |
| EH960 | | | | | | | | –40 | | |
| L – próbka wzdłużna, T – próbka poprzeczna, NA – nie ma zastosowania | | | | | | | | | | |

**Uwagi:**

1. W przypadku próby rozciągania, należy określić górną granicę plastyczności ($R_{eH}$) lub, gdy granica plastyczności nie może być określona, umowną granicę plastyczności 0,2% ($R_{p0.2}$), a materiał uznawany jest za spełniający wymaganie jeśli którakolwiek z tych wartości spełnia lub przekracza określoną minimalną wartość granicy plastyczności.
2. W przypadku próbek nieproporcjonalnych o przekroju poprzecznym prostokątnym pełnej grubości o następujących wymiarach: $a = t$, $b = 25$ mm, $L_o = 200$ mm, wydłużenie powinno spełniać wymagania podane w tabeli 4.6.1-2.
3. Jeśli próbka na rozciąganie jest równoległa do końcowego kierunku walcowania, wynik próby powinien spełniać wymaganie dotyczące wydłużenia dla kierunku wzdłużnego (L).
4. W przypadku blach i kształtowników do takich zastosowań jak konstrukcje stelażowe na platformach offshore, itp., gdzie konstrukcja wymaga utrzymania wytrzymałości na rozciąganie na całej grubości, nie jest dozwolone zmniejszenie minimalnych określonych własności wytrzymałości na rozciąganie wraz ze zwiększeniem się grubości elementu.

W przypadku wyrobów o innych kształtach niż blachy i szerokie płaskowniki, dla których uzgodniono badania na próbkach wzdłużnych, wydłużenie procentowe po rozerwaniu powinno mieć wartość o 2% większą od wartości podanych w tabelach 4.6.1-1 i 4.6.1-2.

**Tabela 4.6.1-2**
**Minimalna wartość wydłużenia $A_{200\,mm}$ na próbkach nieproporcjonalnych o przekroju poprzecznym prostokątnym 1)**

| Poziom wytrzymałości | Grubość blachy $t$ [mm] | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | ≤ 10 | 10 < $t$ ≤ 15 | 15 < $t$ ≤ 20 | 20 < $t$ ≤ 25 | 25 < $t$ ≤ 40 | 40 < $t$ ≤ 50 | 50 < $t$ ≤ 70 |
| | Wydłużenie $A_{200\,mm}$ [%], min. | | | | | | |
| 420 | 11 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | 18 |
| 460 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 |
| 500 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 550 | 10 | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 |
| 620 | 9 | 11 | 12 | 12 | 13 | 14 | 15 |
| 690 | 9 2) | 10 2) | 11 2) | 11 | 12 | 13 | 14 |

**Uwagi:**
1. Tabelaryczne wartości minimum wydłużenia stanowią wymagania dla próbki w kierunku poprzecznym. Próbki dla poziomów wytrzymałości 890 oraz 960 MPa oraz próbki, które nie są objęte powyższą tabelą powinny być proporcjonalne o długości pomiarowej $L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$.
2. W przypadku blach stalowych o poziomie wytrzymałości 690 MPa i grubości nie większej od 20 mm, zamiast próbek o przekroju poprzecznym prostokątnym mogą być użyte próbki o przekroju okrągłym zgodnie z rozdziałem 2. Minimalne wydłużenie dla próbek do prób na rozciąganie w kierunku poprzecznym (T) wynosi 14%.

### 4.6.2 Próba udarności

Próbie udarności należy poddać co najmniej jeden zestaw próbek pobrany z każdej blachy po obróbce cieplnej zgodnie z wymaganiami podrozdziału 2.6.

Próbę udarności blach i płaskowników o szerokości powyżej 600 mm należy przeprowadzać, jeżeli nie uzgodniono inaczej z PRS, na próbkach poprzecznych Charpy V (patrz rys. 2.6.1). Próbę udarności płaskowników o szerokości do 600 mm oraz prętów i kształtowników należy przeprowadzać na próbkach wzdłużnych.

Wyniki prób powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 4.6.1-1.

Powinny być pobierane standardowe próbki blisko powierzchni blachy, tak aby jedna strona próbki znajdowała się nie dalej niż 2 mm od powierzchni walcowanej, jednakże dla wyrobów o grubości powyżej 50 mm próbki należy pobierać tak, aby ich osie wzdłużne znajdowały się w odległości równej (lub możliwie jak najbliższej) ¼ grubości oraz ½ grubości wyrobu od jego powierzchni.

Zwykle nie jest wymagana próba udarności dla grubości nominalnych mniejszych od 6 mm.

### 4.6.3 Liczba próbek

#### 4.6.3.1 Liczba próbek do próby rozciągania

Próbka do próby rozciągania powinna być pobrana wyrywkowo z każdej partii, której masa nie przekracza 25 ton i która pochodzi z tego samego wytopu, jest w tym samym stanie dostawy oraz tej samej grubości.

#### 4.6.3.2 Liczba próbek do próby udarności

W przypadku płyt stalowych w stanie dostawy N/NR lub TM, należy pobrać próbkę z każdej blachy. W przypadku stali w stanie QT próbkę należy pobrać z każdego pasma blachy poddanego obróbce cieplnej w jednym wsadzie. W przypadku kształtowników, prętów i elementów rurowych próbkę należy pobrać z każdej partii lub jej części o masie do 25 ton. W przypadku blach poddanych ciągłej obróbce cieplnej, zakres prób oraz liczba i miejsce pobrania próbek podlega akceptacji PRS w każdym indywidualnym przypadku.

### 4.6.4 Identyfikowalność

Identyfikowalność materiału próbnego, pobieranie próbek oraz procedury prób włącznie z wyposażeniem do prób w odniesieniu do prób właściwości mechanicznych powinny być zgodne z rozdziałem 3 niniejszej części *Przepisów*.

### 4.6.5 Badania powtórne

Jeżeli wyniki próby rozciągania lub próby udarności nie spełniają wymagań określonych w niniejszej części *Przepisów*, powinny być przeprowadzone badania powtórne, zgodnie z postanowieniami podrozdziału 2.3.

### 4.6.6 Próba rozciągania w kierunku grubości

W przypadku stali o ulepszonych własnościach w kierunku grubości lub jeśli wymaga tego PRS, należy przeprowadzić próby rozciągania w kierunku grubości zgodnie z wymaganiami rozdziału 5 niniejszej części Przepisów. Jeśli nie uzgodniono inaczej z PRS, wytrzymałość na rozciąganie w kierunku grubości powinna być nie mniejsza od 80% określonej minimalnej wartości wytrzymałości na rozciąganie.

## 4.7 Tolerancje wymiarowe

Jeżeli nie uzgodniono inaczej z PRS lub gdy nie określono wymagań w zakresie tolerancji wymiarowych, to wówczas mają zastosowanie wymagania podane w podrozdziale 3.8.

## 4.8 Stan powierzchni i jakość wykonania

Za kontrolę powierzchni oraz weryfikację wewnętrznej czystości materiału odpowiedzialny jest producent. Akceptacja przez inspektora PRS materiału, który później został uznany za wadliwy, nie może zwalniać producenta od tej odpowiedzialności.

Wszystkie materiały powinny być pozbawione pęknięć, łusek na powierzchni, szkodliwych rozwarstwień i podobnych wad.

Sposób przeprowadzania kontroli stanu powierzchni powinien być zgodny z uznanymi krajowymi i międzynarodowymi normami uzgodnionymi przez producenta z klientem.

Procedury napraw spawalniczych oraz sposoby raportowania napraw należy uzgodnić z PRS w każdym poszczególnym przypadku.

W przypadku wykonania naprawy przez szlifowanie, pozostała grubość blachy pod powierzchnią oszlifowaną powinna mieścić się w granicach ujemnych odchyłek grubości, zgodnie z wymaganiami podrozdziału 3.8.1 niniejszej *Części*.

Wymagania dotyczące wykończenia powierzchni powinny być zgodne z wymaganiami podrozdziału 3.7. niniejszej *Części*.

Jeśli jest to wymagane przez PRS, producent powinien wykonać badania ultradźwiękowe zgodnie z normą PN-EN 10160, Poziom S1/E1 lub normą ASTM A578, Poziom C.

### 4.9 Obróbka cieplna przez wyżarzanie odprężające lub innymi metodami

Stale uznane zgodnie z procedurą podaną w Załączniku E w odniesieniu do obróbki cieplnej są odpowiednie do wyżarzania odprężającego takiej jak obróbka cieplna po spawaniu lub po formowaniu na zimno, w celu zmniejszenia ryzyka kruchego pękania, zwiększenia wytrzymałości zmęczeniowej oraz stabilności wymiarowej przy obróbce skrawaniem.

### 4.10 Wyposażenie do inspekcji

Producent powinien zapewnić inspektorowi PRS niezbędne wyposażenie i dostęp do wszystkich właściwych części zakładu, umożliwiające mu sprawdzenie zgodności z zatwierdzonym procesem, dobór materiałów do prób oraz udział w próbach, także w celu zweryfikowania prawidłowości przeprowadzenia prób, kalibracji wyposażenia do prób oraz identyfikowalności materiałów.

### 4.11 Identyfikacja materiału

**4.11.1** Wytwórca jest zobowiązany dostarczyć inspektorowi PRS informacje umożliwiające określenie pochodzenia materiału.

**4.11.2** Wytwórca stali powinien posiadać system identyfikacji wlewków, kęsisk, kęsów i gotowych wyrobów, umożliwiający określenie pierwotnego wytopu materiału.

### 4.12 Cechowanie

Każdy gotowy wyrób powinien być ocechowany zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.9 niniejszej Części. Cecha powinna zawierać następujące elementy:

- kategorię stali,
- oznaczenie lub inicjały producenta,
- numer odlewu/wytopu, numer blachy lub równoważne oznaczenie identyfikujące,
- stan dostawy,
- stempel PRS.

Całe ocechowanie powinno być obwiedzione farbą lub inaczej oznakowane, tak aby było łatwo rozpoznawalne. Stale które zostały specjalnie zatwierdzone przez PRS i które odbiegają od wymagań tego rozdziału powinny posiadać literę „S” umieszczoną za znakiem identyfikacyjnym (np. EH620S).

### 4.13 Świadectwo odbioru

Inspektor PRS powinien otrzymać dwa egzemplarze protokołów z prób lub deklaracji wysyłki wszystkich odebranych materiałów. Powinny one zawierać opis, wymiary materiału, a także poniższe dane:

- nr zamówienia kupującego,
- oznaczenie wytopu oraz wyrobu,
- oznaczenie producenta,
- kategorię stali,
- analizę chemiczną, wartości CEV, CET lub $P_{cm}$,
- stan dostawy z danymi dotyczącymi obróbki cieplnej,
- wyniki prób własności mechanicznych, włącznie z oznaczeniem próby identyfikowalności,
- stan oraz wyniki inspekcji powierzchni materiału,
- wyniki badań ultradźwiękowych, jeśli ma to zastosowanie.

Od producenta wymagana jest pisemna deklaracja potwierdzająca, że materiał został wytworzony przy zastosowaniu zatwierdzonego procesu oraz że został poddany wymaganym próbom w obecności inspektora PRS i przeszedł je pomyślnie. Akceptowana jest poniższa formuła deklaracji w postaci pieczęci lub druku na każdym zaświadczeniu z prób, zaopatrzona w nazwę producenta i podpisana przez upoważnionego przedstawiciela producenta:

"Niniejszym poświadczamy, że materiał został wytworzony przy zastosowaniu zatwierdzonego procesu i pomyślnie przeszedł próby zgodnie z *Przepisami* PRS".

W *Świadectwie odbioru*, poza danymi wymaganymi w podrozdziale 1.8, powinna być podana informacja o stanie dostawy, z podaniem temperatury obróbki cieplnej.

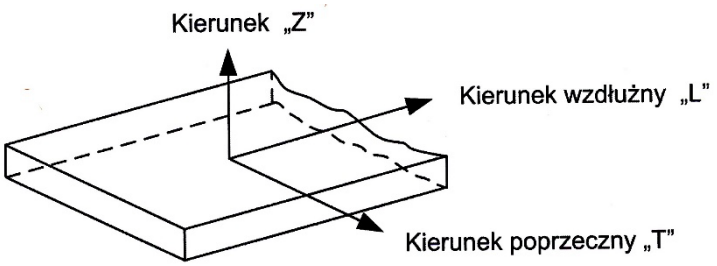
# 5 STALE O OKREŚLONYCH WŁASNOŚCIACH W KIERUNKU GRUBOŚCI MATERIAŁU (STALE TYPU „Z")

## 5.1 Wymagania ogólne

**5.1.1** Wymagania rozdziału 5, dotyczące blach grubych i uniwersalnych (szerokich płaskowników) o określonych własnościach w kierunku grubości materiału, stanowią uzupełnienie wymagań zawartych w rozdziałach 3 i 4. Mają one zastosowanie do blach grubych i uniwersalnych, o grubości co najmniej 15 mm, i służą zapewnieniu minimalnej ciągliwości w kierunku grubości (czyli w kierunku „Z" – patrz rys. 5.1.1). Wyroby o grubości mniejszej niż 15 mm podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Zastosowanie stali „Z" jest zalecane dla konstrukcji poddanych odkształceniom w kierunku grubości w celu zmniejszenia możliwości pęknięć lamelarnych. Określone są dwa rodzaje stali „Z":
– Z25 dla normalnych warunków,
– Z35 dla specjalnych zastosowań.

Własności mechaniczne w kierunku grubości są charakteryzowane przez wartości przewężenia procentowego podczas próby rozciągania.




Rys. 5.1.1

**5.1.2** Stale kategorii „Z" powinny być produkowane przez wytwórnie uznane przez PRS. Uznanie powinno przebiegać zgodnie z procedurą podaną w Załączniku A**.** Dodatkowo powinny być uwzględnione udoskonalenia technologii stalowniczej, takie jak rafinacja stali wapniem, odgazowanie próżniowe, przedmuchiwanie argonem oraz kontrola segregacji w środku grubości podczas odlewania ciągłego.

**5.1.3** Skład chemiczny stali powinien odpowiadać wymaganiom podanym w rozdziałach 3 i 4, z tym że maksymalna zawartość siarki, określona w analizie wytopowej, nie może przekraczać 0,008%.

## 5.2 Przewężenie procentowe

Średnia wartość przewężenia procentowego, *Z*, określona na co najmniej trzech próbkach pobranych prostopadle do powierzchni blachy, powinna wynosić nie mniej niż podano w tabeli 5.2. Tylko jeden wynik może być mniejszy od wartości średniej, ale nie może być mniejszy niż minimalna wartość dla danej kategorii (patrz rys. 5.3.4). Wynik mniejszy od wartości minimalnej jest powodem nieprzyjęcia próby.

**Tabela 5.2**
**Przewężenie procentowe stali o określonych własnościach w kierunku grubości**

| Rodzaj stali „Z" | Z25 | Z35 |
|---|---|---|
| Wartość średnia | ≥ 25% | ≥ 35% |
| Pojedynczy wynik | ≥ 15% | ≥ 25% |

Przewężenie procentowe należy obliczać według wzoru:

$$Z = \frac{S_0 - S}{S_0} \cdot 100 \quad [\%] \tag{5.2}$$

gdzie:
$S_o$ – powierzchnia przekroju poprzecznego próbki przed rozerwaniem, [mm²],
$S$ – powierzchnia przekroju poprzecznego próbki w miejscu rozerwania, [mm²].

## 5.3 Próby

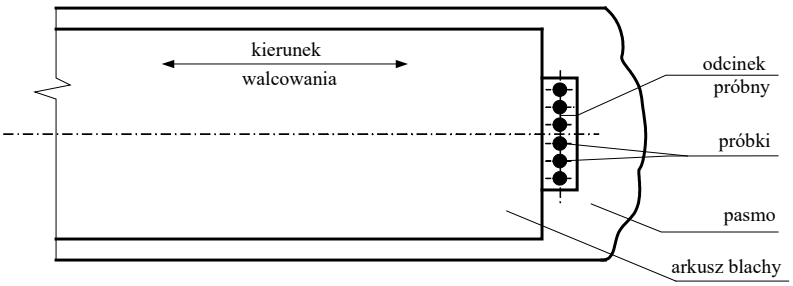
**5.3.1** Badania stali o zwykłej wytrzymałości, o podwyższonej wytrzymałości lub wysokiej wytrzymałości powinny zostać wykonane zgodnie z wymaganiami rozdziałów 3 lub 4. Dla stali typu „Z" przygotowanie próbek i procedury prób powinny odpowiadać dodatkowo wymaganiom niniejszego podrozdziału.

**5.3.2** Dla blach grubych i uniwersalnych (szerokich płaskowników) pobierany jest jeden odcinek próbny ze środkowej części blachy, z każdego końca arkusza reprezentującego wytop (tabela 5.3.2, rys. 5.3.2).

**Tabela 5.3.2**
**Wielkość partii zależnie od wyrobu i zawartości siarki**

| Wyrób | S > 0,005% | S ≤ 0,005% |
|---|---|---|
| Blachy | Każde pasmo | Maksimum 50 t dla wyrobu z tego samego wytopu o tej samej grubości i stanie dostawy |
| Blachy uniwersalne o grubości ≤ 25 mm | Maksimum 10 t dla wyrobu z tego samego wytopu o tej samej grubości i stanie dostawy | |
| Blachy uniwersalne o grubości >25 mm | Maksimum 20 t dla wyrobu z tego samego wytopu o tej samej grubości i stanie dostawy | |

Odcinek próbny należy wyciąć ze środkowej części blachy, jak pokazano na rys. 5.3.2, w miarę możliwości od strony górnej części wlewka.




Rys. 5.3.2

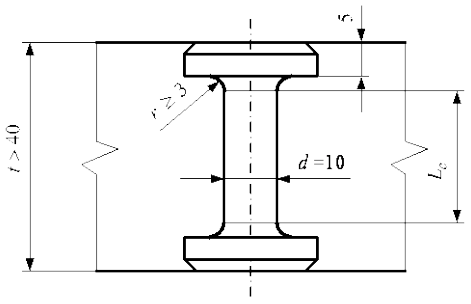
Odcinek próbny powinien mieć takie wymiary, aby można było z niego wyciąć sześć próbek.

**5.3.3** Próbie rozciągania poddaje się trzy próbki. Pozostałe trzy próbki mogą być wykorzystane do badań powtórnych.

Próbki do badań należy obrobić mechanicznie do wymiarów podanych na rys. 5.3.3-1 lub 5.3.3-2, w zależności od grubości $t$ badanej blachy.

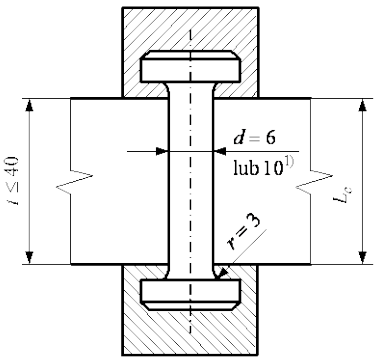
Długość cylindrycznej (równoległej) części próbki, $L_c$, powinna być nie mniejsza niż $2d$.

Jeżeli grubość wyrobu uniemożliwia wykonanie próbek o długości wystarczającej do ich prawidłowego zamocowania w uchwytach maszyny wytrzymałościowej, to końce próbek mogą być przedłużone przez napawanie, co zaznaczono na rys. 5.3.3-2 polem zakreskowanym lub przez przyspawanie odpowiedniego naddatku materiału o wytrzymałości na rozciąganie nie mniejszej niż wytrzymałość na rozciąganie badanego materiału.




Rys. 5.3.3-1

Próbki o przekroju poprzecznym okrągłym, włącznie z typem wykonanym przez napawanie, winny być przygotowane zgodnie z normą PN-EN 10164.

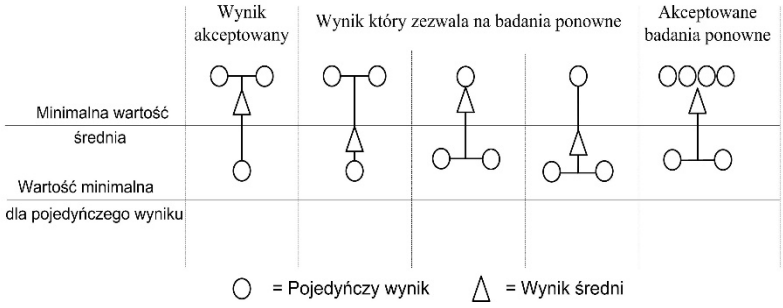



[1)] Z wyrobów o grubości $t > 25$ mm należy wycinać próbki o średnicy $d = 10$ mm

Rys. 5.3.3-2

**5.3.4** Wyniku próby można nie brać pod uwagę, a samą próbkę zastąpić inną, w przypadku stwierdzenia:
- uszkodzenia próbki podczas obróbki mechanicznej,
- niewłaściwie wykonanego spawania,
- pęknięcia próbki w spoinie lub strefie wpływu ciepła,
- nieodpowiedniego działania maszyny wytrzymałościowej lub niewłaściwego zamocowania próbki w jej zaciskach.

Rys. 5.3.4 pokazuje trzy przypadki, dla których dozwolone są badania powtórne. Badaniom takim poddawane są trzy dodatkowe próbki. Średnia wartość z wszystkich sześciu próbek winna być większa niż wymagana wartość średnia minimalna, z nie więcej niż dwoma wynikami poniżej wartości średniej.




Rys. 5.3.4. Wykres ilustrujący kryteria przyjęcia/odrzucenia i kryteria badań powtórnych

**5.3.5** W przypadku niespełnienia wymagań przy badaniach powtórnych albo następuje odrzucenie całej partii reprezentowanej przez badane pasmo, albo wymagane jest poddanie badaniom każdego pasma z tej partii.

**5.3.6** Jeżeli nie ustalono inaczej, wszystkie blachy ze stali typu „Z" powinny być poddane badaniom ultradźwiękowym. Kryteria oceny stopnia wadliwości blach należy uzgodnić z PRS. Pęknięcia biegnące od krawędzi w głąb blachy, jak również rozwarstwienia, są niedopuszczalne. Badania ultradźwiękowe powinny być przeprowadzane na każdym wyrobie w określonym stanie dostawy przy zastosowaniu głowic o częstotliwości 4 MHz. Badania należy przeprowadzić zgodnie z PN-EN 10160:1999, poziom jakości S1/E1 lub zgodnie z ASTM A 578:2017, poziom jakości C.

### 5.4 Cechowanie

Na każdym arkuszu blachy należy wybić cechy, które będą stanowić uzupełnienie stosowanego znakowania blach kadłubowych lub stali o wysokiej wytrzymałości, np. E-Z25, EH36-Z25 itp.

### 5.5 Świadectwo odbioru

W *Świadectwie odbioru*, poza danymi wymaganymi w podrozdziale 1.8, powinny być podane następujące informacje:

**.1** wartość przewężenia w kierunku grubości, [%],

**.2** kategoria stali z oznaczeniem dodatkowym (Z25 lub Z35).

# 6 STALE DO BUDOWY KOTŁÓW I ZBIORNIKÓW CIŚNIENIOWYCH

## 6.1 Wymagania ogólne

### 6.1.1 Zakres

**6.1.1.1** Wymagania zawarte w niniejszym rozdziale mają zastosowanie do blach ze stali niestopowych i stopowych do pracy w podwyższonych temperaturach, przeznaczonych na kotły, zbiorniki ciśnieniowe i wymienniki ciepła podlegające nadzorowi PRS. Określono również własności mechaniczne blach w podwyższonych temperaturach.

**6.1.1.2** Skład chemiczny i własności mechaniczne stali walcowanych, przeznaczonych do budowy zbiorników ciśnieniowych pracujących w niskich temperaturach, podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

### 6.1.2 Metoda wytwarzania

**6.1.2.1** Stal powinna być wytopiona w zasadowych piecach martenowskich, konwertorach tlenowych, piecach elektrycznych lub inną metodą uzgodnioną z PRS.

**6.1.2.2** Stal powinna być całkowicie uspokojona.

**6.1.2.3** Stopień przerobu blach pochodzących z wlewków odlewanych w sposób ciągły (COS) powinien być nie mniejszy niż 5:1. Inne wartości stopnia przerobu podlegają odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

## 6.2 Gatunki stali

Wymagania niniejszego rozdziału dotyczą blach ze stali niestopowych jakościowych (np. P235GH) oraz blach ze stali stopowych specjalnych (np. 16Mo3), o grubościach i w stanie dostawy jak podano w podrozdziałach 6.4 i 6.5.

## 6.3 Skład chemiczny

**6.3.1** Skład chemiczny stali niestopowych jakościowych i stopowych specjalnych przeznaczonych do pracy w podwyższonych temperaturach powinien odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 6.3.1.

**6.3.2** Dopuszczalne odchyłki analizy kontrolnej wyrobu dla podanych zakresów składu chemicznego powinny odpowiadać wymaganiom podanym w normie PN-EN 10028-2.

**6.3.3** Dla stali niestopowych jakościowych równoważnik węgla, CEV, należy określać według wzoru:

$$CEV = \mathrm{C} + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15} \ [\%] \qquad (6.3.3)$$

## Tabela 6.3.1
## Skład chemiczny (analiza wytopowa) [1)]

| Gatunek stali | [%] masy | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C | Si | Mn | P max. | S max. | $Al_{całkowite}$ | N | Cr | Cu [2)] | Mo | Nb | Ni | Ti max. | V | Inne |
| P235GH | ≤ 0,18 | ≤ 0,35 | 0,60÷1,20 | 0,025 | 0,015 | ≥ 0,020 | ≤ 0,012[4)] | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,020 | ≤ 0,30 | 0,03 | ≤ 0,02 | Cr+Cu+ Mo+Ni ≤ 0,70 |
| P265GH | ≤ 0,20 | ≤ 0,40 | 0,80÷1,40 | 0,025 | 0,015 | ≥ 0,020 | ≤ 0,012[4)] | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,020 | ≤ 0,30 | 0,03 | ≤ 0,02 | |
| P295GH | 0,08÷0,20 | ≤ 0,40 | 0,90÷1,50 | 0,025 | 0,015 | ≥ 0,020 | ≤ 0,012[4)] | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,020 | ≤ 0,30 | 0,03 | ≤ 0,02 | |
| P355GH | 0,10÷0,22 | ≤ 0,60 | 1,10÷1,70 | 0,025 | 0,015 | ≥ 0,020 | ≤ 0,012[4)] | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | ≤ 0,08 | ≤ 0,020 | ≤ 0,30 | 0,03 | ≤ 0,02 | |
| 16Mo3 | 0,12÷0,20 | ≤ 0,35 | 0,40÷0,90 | 0,025 | 0,010 | [5)] | ≤ 0,012 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | 0,25÷0,35 | – | ≤ 0,30 | – | – | – |
| 18MnMo4-5 | ≤ 0,20 | ≤ 0,40 | 0,90÷1,50 | 0,015 | 0,005 | [5)] | ≤ 0,012 | ≤ 0,30 | ≤ 0,30 | 0,45÷0,60 | – | ≤ 0,30 | – | – | – |
| 20MnMoNi4-5 | 0,15÷0,23 | ≤ 0,40 | 1,00÷1,50 | 0,020 | 0,010 | [5)] | ≤ 0,012 | ≤ 0,20 | ≤ 0,20 | 0,45÷0,60 | – | 0,40÷0,80 | – | ≤ 0,02 | – |
| 15NiCuMo Nb5-6-4 | ≤ 0,17 | 0,25÷0,50 | 0,80÷1,20 | 0,025 | 0,010 | ≥ 0,015 | ≤ 0,020 | ≤ 0,30 | 0,50÷ 0,80 | 0,25÷0,50 | 0,015÷ 0,045 | 1,00÷1,30 | – | – | – |
| 13CrMo4-5 | 0,08÷0,18 | ≤ 0,35 | 0,40÷1,00 | 0,025 | 0,010 | [5)] | ≤ 0,012 | 0,70÷1,15 | ≤ 0,30 | 0,40÷0,60 | – | – | – | – | – |
| 13CrMoSi5-5 | ≤ 0,17 | 0,50÷0,80 | 0,40÷0,65 | 0,015 | 0,005 | [5)] | ≤ 0,012 | 1,00÷1,50 | ≤ 0,30 | 0,45÷0,65 | – | ≤ 0,30 | – | – | – |
| 10CrMo9-10 | 0,08÷0,14[7)] | ≤ 0,50 | 0,40÷0,80 | 0,020 | 0,010 | [5)] | ≤ 0,012 | 2,00÷2,50 | ≤ 0,30 | 0,90÷1,10 | – | – | – | – | – |
| 12CrMo9-10 | 0,10÷0,15 | ≤ 0,30 | 0,30÷0,80 | 0,015 | 0,010 | 0,01÷0,04 | ≤ 0,012 | 2,00÷2,50 | ≤ 0,25 | 0,90÷1,10 | – | ≤ 0,30 | – | – | – |
| X12CrMo5 | 0,10÷0,15 | ≤ 0,50 | 0,30÷0,60 | 0,020 | 0,005 | [5)] | ≤ 0,012 | 4,00÷6,00 | ≤ 0,30 | 0,45÷0,65 | – | ≤ 0,30 | – | – | – |
| 13CrMoV9-10 | 0,11÷0,15 | ≤ 0,10 | 0,30÷0,60 | 0,015 | 0,005 | [5)] | ≤ 0,012 | 2,00÷2,50 | ≤ 0,20 | 0,90÷1,10 | ≤ 0,07 | ≤ 0,25 | 0,03 | 0,25÷ 0,35 | ≤ 0,002B ≤ 0,015Ca |
| 12CrMoV12-10 | 0,10÷0,15 | ≤ 0,15 | 0,30÷0,60 | 0,015 | 0,005 | [5)] | ≤ 0,012 | 2,75÷3,25 | ≤ 0,25 | 0,90÷1,10 | ≤ 0,07[8)] | ≤ 0,25 | 0,03[8)] | 0,20÷ 0,30 | ≤0,002B [8)] ≤0,015Ca [8)] |
| X10CrMo VNb9-1 | 0,08÷0,12 | ≤ 0,50 | 0,30÷0,60 | 0,020 | 0,005 | ≤ 0,04 | 0,03÷0,07 | 8,00÷9,50 | ≤ 0,30 | 0,85÷1,05 | 0,06÷ 0,10 | ≤ 0,30 | – | 0,18÷ 0,25 | – |

1) Pierwiastków niewymienionych w tabeli nie należy dodawać w sposób zamierzony bez zgody zamawiającego, z wyjątkiem pierwiastków służących do wykończenia wytopu. Powinny być przedsięwzięte wszelkie stosowne środki zapobiegające wprowadzeniu – ze złomu lub z innych materiałów użytych do wytopienia stali – tych pierwiastków, które mogą mieć szkodliwy wpływ na własności mechaniczne i przydatność stali.

2) Mniejsza od maksymalnej zawartość miedzi i/lub maksymalna suma zawartości miedzi i cyny, np. Cu + 6 Sn ≤0,33%, może być uzgodniona przy zapytaniu ofertowym i zamawianiu, np. ze względu na odkształcalność na gorąco, dla tych gatunków, dla których określona jest tylko maksymalna zawartość miedzi.

3) Dla wyrobów o grubości < 6 mm dopuszcza się zawartość manganu mniejszą o 0,20%.

4) Powinien być spełniony warunek Al/N ≥2.

5) Należy określić zawartość Al w wytopie i podać ją w *Świadectwie odbioru*.
6) Jeżeli odporność na pękanie wywołane wodorem odgrywa istotną rolę, wówczas przy zapytaniu ofertowym i zamawianiu może być uzgodniona minimalna zawartość chromu 0,80 %.
7) Dla wyrobów o grubościach większych niż 150 mm przy zapytaniu ofertowym i zamawianiu może być uzgodniona maksymalna zawartość węgla 0,17 %.
8) Ten gatunek może być produkowany albo z dodatkiem Ti + B, albo Nb + Ca. Dopuszcza się następujące minimalne zawartości: ≥ 0,015 % Ti oraz ≥ 0,001 % B w przypadku dodatku Ti + B; ≥ 0,015 % Nb oraz ≥ 0,0005 % Ca w przypadku dodatku Nb + Ca.

## 6.4 Własności mechaniczne

Własności mechaniczne w temperaturze pokojowej i granica plastyczności w podwyższonych temperaturach stali do budowy kotłów i zbiorników ciśnieniowych, określone na próbkach poprzecznych, powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabelach 6.4-1 i 6.4-2.

Własności mechaniczne wyrobów walcowanych o grubości powyżej 60 mm oraz dane dotyczące granicy pełzania 1% i wytrzymałości na pełzanie powinny odpowiadać wymaganiom podanym w normie PN-EN 10028-2.

**Tabela 6.4-1**
**Własności mechaniczne (próbki poprzeczne)** 1)

| Gatunek stali | Zwykły stan dostawy 2) | Grubość wyrobu $t$ [mm] | Próba rozciągania w temperaturze otoczenia | | | Praca łamania $KV$ [J] min. w temperaturze | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $R_e$ [MPa] min. | $R_m$ [MPa] | $A$ [%] | –20°C | 0°C | +20°C |
| P235GH | N 3) | ≤ 16 | 235 | 360÷480 | 24 | 27 | 34 | 40 |
| | | 16 < $t$ ≤ 40 | 225 | | | | | |
| | | 40 < $t$ ≤ 60 | 215 | | | | | |
| P265GH | N 3) | ≤ 16 | 265 | 410÷530 | 22 | 27 | 34 | 40 |
| | | 16 < $t$ ≤ 40 | 255 | | | | | |
| | | 40 < $t$ ≤ 60 | 245 | | | | | |
| P295GH | N 3) | ≤ 16 | 295 | 460÷580 | 21 | 27 | 34 | 40 |
| | | 16 < $t$ ≤ 40 | 290 | | | | | |
| | | 40 < $t$ ≤ 60 | 285 | | | | | |
| P355GH | N 3) | ≤ 16 | 355 | 510÷650 | 20 | 27 | 34 | 40 |
| | | 16 < $t$ ≤ 40 | 345 | | | | | |
| | | 40 < $t$ ≤ 60 | 335 | | | | | |
| 16Mo3 | N 4) | ≤ 16 | 275 | 440÷490 | 22 | 5) | 5) | 31 |
| | | 16 < $t$ ≤ 40 | 270 | | | | | |
| | | 40 < $t$ ≤ 60 | 260 | | | | | |
| 18MnMo4-5 | NT | ≤ 60 | 345 | 510÷650 | 20 | 27 | 34 | 40 |
| 20MnMoNi4-5 | QT | ≤ 40 | 470 | 590÷750 | 18 | 27 | 40 | 50 |
| | | 40 < $t$ ≤ 60 | 460 | 590÷730 | | | | |
| 15NiCuMoNb5-6-4 | NT | ≤ 60 | 460 | 610÷780 | 16 | 27 | 34 | 40 |
| | | 40 < t ≤ 60 | 440 | | | | | |
| 13CrMo4-5 | NT | ≤ 16 | 300 | 610÷780 | 19 | 5) | 5) | 31 |
| | | 16 < $t$ ≤ 60 | 290 | | | | | |
| 13CrMoSi5-5 | NT | ≤ 60 | 310 | 510÷690 | 20 | 5) | 27 | 34 |
| | QT | ≤ 60 | 400 | 510÷690 | | 27 | 34 | 40 |
| 10CrMo9-10 | NT | ≤ 16 | 310 | 480÷630 | 18 | 5) | 5) | 31 |
| | | 16 < $t$ ≤ 40 | 300 | | | | | |
| | | 40 < $t$ ≤ 60 | 290 | | | | | |

| Gatunek stali | Zwykły stan dostawy [2] | Grubość wyrobu $t$ [mm] | Próba rozciągania w temperaturze otoczenia | | | Praca łamania $KV$ [J] min. w temperaturze | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $R_e$ [MPa] min. | $R_m$ [MPa] | $A$ [%] | –20°C | 0°C | +20°C |
| 12CrMo9-10 | NT lub QT | ≤ 250 | 355 | 540÷690 | 18 | 27 | 40 | 70 |
| X12CrMo5 | NT | ≤ 60 | 320 | 510÷690 | 20 | 27 | 34 | 40 |
| 13CrMoV9-10 | NT | ≤ 60 | 455 | 600÷780 | 18 | 27 | 34 | 40 |
| 12CrMoV12-10 | NT | ≤ 60 | 455 | 600÷780 | 18 | 27 | 34 | 40 |
| X10CrMoVNb9-1 | NT | ≤ 60 | 445 | 580÷760 | 18 | 27 | 34 | 40 |

1) Dla wyrobów o grubościach > 60 mm (oprócz gatunku 12CrMo9-10) wartości własności podlegają odrębnemu uzgodnieniu z PRS.
2) Dla wyrobów o grubościach, dla których zwykłym stanem dostawy jest NT, wartości wytrzymałości na rozciąganie i pracy łamania dla stanu dostawy QT mogą być wyższe, uzgodnione z PRS.
3) Patrz 6.5.2.
4) Według wyboru wytwórcy ta stal może być także dostarczana w stanie NT.
5) Wartość może być uzgodniona przy zapytaniu ofertowym i zamawianiu.

## Tabela 6.4-2
## Minimalne wartości umownej granicy plastyczności $R_{p0,2}$ w podwyższonych temperaturach dla wyrobów o grubości do 60 mm [1]

| Gatunek stali | Grubość wyrobu [2, 3] $t$ [mm] | $R_{p0,2}$ [MPa], min., w temperaturze [°C] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
| P235GH | ≤ 16 | 227 | 214 | 198 | 182 | 167 | 153 | 142 | 133 | – | – |
| | 16 < $t$ ≤ 40 | 218 | 205 | 190 | 174 | 160 | 147 | 136 | 128 | – | – |
| | 40 < $t$ ≤ 60 | 208 | 196 | 181 | 167 | 153 | 140 | 130 | 122 | – | – |
| P265GH | ≤ 16 | 256 | 241 | 223 | 205 | 188 | 173 | 160 | 150 | – | – |
| | 16 < $t$ ≤ 40 | 247 | 232 | 215 | 197 | 181 | 166 | 154 | 145 | – | – |
| | 40 < $t$ ≤ 60 | 237 | 223 | 206 | 190 | 174 | 160 | 148 | 139 | – | – |
| P295GH | ≤ 16 | 285 | 268 | 249 | 228 | 209 | 192 | 178 | 167 | – | – |
| | 16 < $t$ ≤ 40 | 280 | 264 | 244 | 225 | 206 | 189 | 175 | 165 | – | – |
| | 40 < $t$ ≤ 60 | 276 | 259 | 240 | 221 | 202 | 186 | 172 | 162 | – | – |
| P355GH | ≤ 16 | 343 | 323 | 299 | 275 | 252 | 232 | 214 | 202 | – | – |
| | 16 < $t$ ≤ 40 | 334 | 314 | 291 | 267 | 245 | 225 | 208 | 196 | – | – |
| | 40 < $t$ ≤ 60 | 324 | 305 | 282 | 259 | 238 | 219 | 202 | 190 | – | – |
| 16 Mo3 | ≤ 16 | 273 | 264 | 250 | 233 | 213 | 194 | 175 | 159 | 147 | 141 |
| | 16 < $t$ ≤ 40 | 268 | 259 | 245 | 228 | 209 | 190 | 172 | 156 | 145 | 139 |
| | 40 < $t$ ≤ 60 | 258 | 250 | 236 | 220 | 202 | 183 | 165 | 150 | 139 | 134 |
| 18MnMo4-5 | ≤ 60 | 330 | 320 | 315 | 310 | 295 | 285 | 265 | 235 | 215 | – |
| 20MnMoNi4-5 | ≤ 40 | 460 | 448 | 439 | 432 | 424 | 415 | 402 | 384 | – | – |
| | 40 < $t$ ≤ 60 | 450 | 438 | 430 | 423 | 415 | 406 | 394 | 375 | – | – |
| 15NiCuMoNb5-6-4 | ≤ 40 | 447 | 429 | 415 | 403 | 391 | 380 | 366 | 351 | 331 | – |
| | 40 < $t$ ≤ 60 | 427 | 410 | 397 | 385 | 374 | 363 | 350 | 335 | 317 | – |
| 13CrMo4-5 | ≤ 16 | 294 | 285 | 269 | 252 | 234 | 216 | 200 | 186 | 175 | 164 |
| | 16 < $t$ ≤ 60 | 285 | 275 | 260 | 243 | 226 | 209 | 194 | 180 | 169 | 159 |
| 13CrMoSi5-5 (NT) | ≤ 60 | 299 | 283 | 268 | 255 | 244 | 233 | 223 | 218 | 206 | – |
| 10CrMo9-10 | ≤ 16 | 288 | 266 | 254 | 248 | 243 | 236 | 225 | 212 | 197 | 185 |
| | 16 < $t$ ≤ 40 | 279 | 257 | 246 | 240 | 235 | 228 | 218 | 205 | 191 | 179 |

| Gatunek stali | Grubość wyrobu [2, 3)] $t$ [mm] | $R_{p0,2}$ [MPa], min., w temperaturze [°C] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 50 | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 |
| | $40 < t \leq 60$ | 270 | 249 | 238 | 232 | 227 | 221 | 211 | 198 | 185 | 173 |
| 12CrMo9-10 | ≤ 60 | 341 | 323 | 311 | 303 | 298 | 295 | 292 | 287 | 279 | – |
| X12CrMo5 | ≤ 60 | 310 | 299 | 295 | 294 | 293 | 291 | 285 | 273 | 253 | 222 |
| 13CrMoV9-10 | ≤ 60 | 410 | 395 | 380 | 375 | 370 | 365 | 362 | 360 | 350 | – |
| 12CrMoV12-10 | ≤ 60 | 410 | 395 | 380 | 375 | 370 | 365 | 362 | 360 | 350 | – |
| X10CrMoVNb9-1 | ≤ 60 | 432 | 415 | 401 | 392 | 385 | 379 | 373 | 364 | 349 | 324 |

1) Wartości w tabeli odpowiadają dolnemu zakresowi pasma danego przebiegu krzywej, określonej zgodnie z EN 10314 w przedziale ufności około 98% (2s).
2) Dla wyrobów o grubościach przekraczających podane maksymalne grubości, wartości $R_{p0,2}$ w podwyższonych temperaturach powinny być uzgodnione z PRS.
3) Stan dostawy jest podany w tabeli 6.4-1 (patrz również uwaga 3 do tabeli 6.4-1).

## 6.5 Stan dostawy

**6.5.1** Stan dostawy wyrobów walcowanych o grubości do 60 mm powinien odpowiadać wymaganiom określonym w tabeli 6.5.1 oraz powinien być podany w *Świadectwie odbioru*. Stan dostawy wyrobów o grubości powyżej 60 mm podano w normie PN-EN 10028-2.

**Tabela 6.5.1**
**Stan dostawy stali do budowy kotłów i zbiorników ciśnieniowych**

| Grupa stali | Gatunek stali | Zwykły stan dostawy |
|---|---|---|
| Stale niestopowe jakościowe | P235GH | N [1)] |
| | P265GH | |
| | P295GH | |
| | P355GH | |
| Stale stopowe specjalne | 16Mo3 | N [2)] |
| | 18MnMo4-5 | NT |
| | 20MnMoNi4-5 | QT |
| | 15NiCuMoNb5-6-4 | NT |
| | 13CrMo4-5 | NT |
| | 13CrMoSi5-5 | NT, QT |
| | 10CrMo9-10 | NT, QT |
| | 12CrMo9-10 | NT, QT |
| | X12CrMo4 | NT |
| | 13CrMoV9-10 | NT |
| | 12CrMoV12-10 | NT |
| | X10CrMoVNb9-1 | NT |

1) Patrz 6.5.2.
2) Według wyboru wytwórcy stal ta może być także dostarczana w stanie NT.

**6.5.2** Dla stali niestopowych jakościowych normalizowanie może być zastąpione walcowaniem normalizującym.

**6.5.3** Wyroby ze stali niestopowych jakościowych mogą być także dostarczone w stanie surowym, jeżeli tak uzgodniono z PRS.

**6.5.4** Krytyczny parametr temperaturowo-czasowy, $P_{kryt}$, oraz możliwe kombinacje temperatury i czasu wytrzymania przy odprężaniu należy określać według normy PN-EN 10028-2.

## 6.6 Próby

### 6.6.1 Wymagania ogólne

Próbom należy poddać każdą blachę.

Jeżeli inne wymagania nie stanowią inaczej, to odcinki próbne należy pobierać zgodnie z wymaganiami podrozdziału 3.9.

Próbki do próby rozciągania i próby udarności należy pobierać tak, aby ich osie wzdłużne były prostopadłe do kierunku końcowego walcowania (próbki poprzeczne).

### 6.6.2 Badania obowiązkowe

Powinny być wykonane następujące badania:
- próba rozciągania w temperaturze +20°C,
- próba udarności,
- sprawdzenie wymiarów,
- kontrola wizualna stanu powierzchni.

### 6.6.3 Badania dodatkowe

Mogą być wykonane następujące badania dodatkowe, uzgodnione w warunkach zamówienia:
- próba rozciągania w temperaturze podwyższonej w celu określenia $R^t_{p0,2}$,
- analiza chemiczna,
- próba rozciągania w kierunku prostopadłym do powierzchni wyrobu (patrz rozdział 5),
- badania ultradźwiękowe.

### 6.6.4 Próba rozciągania w temperaturze otoczenia

W przypadku blach ze stali niestopowych, o grubości do 50 mm należy pobrać jedną próbkę z każdego odwalcowanego pasma.

W przypadku blach ze stali niestopowych o grubości powyżej 50 mm należy pobrać jedną próbkę z dowolnego końca, jeżeli odwalcowane pasmo nie przekracza 15 m, lub po jednej próbce z każdego końca, jeżeli odwalcowane pasmo przekracza 15 m.

W przypadku blach ze stali stopowych należy pobrać jedną próbkę z dowolnego końca, jeżeli odwalcowane pasmo nie przekracza 7 m, lub po jednej próbce z każdego końca, jeżeli odwalcowane pasmo przekracza 7 m.

Próba powinna być wykonana zgodnie z wymaganiami podrozdziału 2.5.

### 6.6.5 Próba rozciągania w temperaturach podwyższonych

Umowna granica plastyczności powinna być określona zgodnie z PN-EN ISO 6892-2.

Umowną granicę plastyczności w temperaturze wskazanej w zamówieniu należy określić na jednej próbce pobranej z każdego wytopu. Jeżeli w zamówieniu nie podano temperatury próby, to badanie należy przeprowadzić w temperaturze 300°C.

### 6.6.6 Próba udarności

Próbę udarności należy przeprowadzić zgodnie z wymaganiami podrozdziału 2.6.

Wszystkie wyroby walcowane o grubości 5 mm lub większej powinny być poddane próbie udarności w temperaturze określonej w tabeli 6.4-1. Komplet próbek Charpy V (3 próbki) należy pobrać w taki sam sposób, jak to określono w 6.6.1 dla próby rozciągania.

### 6.6.7 Inne badania

Jeżeli dla blach o grubości ≥ 6 mm uzgodniono badania ultradźwiękowe w celu sprawdzenia jakości wewnętrznej wyrobu, to należy stosować wymagania normy PN-EN 10160.

Badania inne (na przykład badania odporności na pękanie wywołane wodorem, badania kruchości stali CrMo) powinny być przeprowadzone zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 10028-2.

## 6.7 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

**6.7.1** Za kontrolę stanu powierzchni i weryfikację wymiarów jest odpowiedzialny wytwórca stali. Odbiór przez inspektora PRS nie zwalnia wytwórcy stali z tej odpowiedzialności.

**6.7.2** Powierzchnia blach powinna być gładka i czysta, bez pęknięć, naderwań, rozwarstwień, łusek, wtrąceń ciał obcych itp. wad.

**6.7.3** Wady powierzchniowe wynikające z metody wytwarzania są dopuszczalne bez naprawy, jeżeli rzeczywista grubość blachy w miejscu ich występowania mieści się w granicach określonych w mającej zastosowanie normie wymiarowej (np. PN-EN 10029).

**6.7.4** Naprawę wad powierzchniowych za pomocą spawania można stosować tylko za zgodą PRS.

**6.7.5** Wszystkie wyroby powinny być udostępnione inspektorowi PRS do końcowej inspekcji i sprawdzenia.

## 6.8 Cechowanie

Cechowanie materiału powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9.

## 6.9 Świadectwo odbioru

Dla wszystkich odebranych stali PRS wystawia *Świadectwo odbioru*, zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8.

# 7 STALE NA KONSTRUKCJE PRACUJĄCE W NISKICH TEMPERATURACH

## 7.1 Stale na konstrukcje kadłuba

Stale przeznaczone na konstrukcje kadłuba narażone na niskie temperatury powinny odpowiadać wymaganiom podanym w rozdziale 3.

Zasady doboru tych stali na poszczególne elementy konstrukcyjne podane zostały w *Części II – Kadłub*.

## 7.2 Stale do budowy zbiornikowców do przewozu skroplonych gazów

Stale w postaci blach, kształtowników, rur, odkuwek, odlewów i konstrukcji spawanych, stosowane do budowy zbiorników ładunkowych, ciśnieniowych, zbiorników przetwórczych, rurociągów ładunkowych i technologicznych, barier wtórnych i przyległych elementów konstrukcyjnych kadłuba związanych z przewozem skroplonych gazów powinny odpowiadać wymaganiom podanym w *Publikacji 48/P – Wymagania dla gazowców.*

Wysokomanganowe stale austenityczne stosowane do budowy zbiorników ładunkowych i paliwowych zbiornikowców LNG oraz statków o napędzie LNG powinny spełniać wymagania podane w *Tymczasowych wytycznych dotyczących wysokomanganowej stali austenitycznej w zastosowaniach kriogenicznych* (IMO MSC.1/Circ. 1599/Rev. 2).

## 7.3 Stale na inne konstrukcje

Stale przeznaczone na konstrukcje pracujące w niskich temperaturach, inne niż podano w podrozdziałach 7.1 i 7.2, podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

# 8 STALE ODPORNE NA KOROZJĘ

## 8.1 Wymagania ogólne

Wymagania zawarte w niniejszym rozdziale mają zastosowanie do spawalnych stali austenitycznych i stali austenityczno-ferrytycznych w postaci blach, płaskowników, prętów i kształtowników o grubości do 50 mm, przeznaczonych na konstrukcje kadłubów statków i zbiorników do transportu chemikaliów.

W zakresie składu chemicznego wymagania niniejsze mają zastosowanie również do warstwy plateru (patrz rozdział 9).

Możliwość zastosowania stali, których skład chemiczny i własności mechaniczne nie spełniają wymagań niniejszego rozdziału, w tym również stali odpornych na korozję, odpowiadających wymaganiom norm, podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Stale austenityczne mogą być używane do zastosowań, gdzie temperatura projektowa jest nie niższa niż –165°C.

## 8.2 Skład chemiczny

Skład chemiczny stali austenitycznych i stali austenityczno-ferrytycznych odpornych na korozję, według analizy wytopowej, powinien odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 8.2.

**Tabela 8.2**
**Skład chemiczny stali austenitycznych i stali austenityczno-ferrytycznych**

| Gatunek stali | | Skład chemiczny [%] | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| znak[1)] | wg AISI | C max | Si max | Mn max | P max | S max | Cr | Ni | Mo | Inne |
| Stale austenityczne | | | | | | | | | | |
| X2CrNi19-11 | 304L | 0,030 | 1,0 | 2,0 | 0,045 | 0,015 | 18,20 | 10,12 | | N ≤ 0,11 |
| X2CrNiMo17-12-2 | 316L | 0,030 | 1,0 | 2,0 | 0,045 | 0,015 | 16,5,18,5 | 10,13 | 2,0,2,5 | N ≤ 0,11 |
| X2CrNiMo17-13-3 | 316LN | 0,030 | 1,0 | 2,0 | 0,045 | 0,015 | 16,5,18,5 | 11,14 | 2,5,3,0 | 0,12 ≤ N ≤ 0,22 |
| X2CrNiMo18-15-4 | 317L | 0,030 | 1,0 | 2,0 | 0,045 | 0,015 | 17,5,19,5 | 13,16 | 3,0,4,0 | N ≤ 0,11 |
| – | 317LN | 0,030 | 1,0 | 2,0 | 0,045 | 0,015 | 18,20 | 12,5,15,0 | 3,0,4,0 | 0,14 ≤ N ≤ 0,22 |
| X6CrNiTi18-10 | 321 | 0,08 | 1,0 | 2,0 | 0,045 | 0,015 | 17,19 | 9,12 | – | 5xC ≤ Ti ≤ 0,70 |
| X6CrNiNb18-10 | 347 | 0,08 | 1,0 | 2,0 | 0,045 | 0,015 | 17,19 | 9,12 | - | 10xC ≤ Nb ≤ 1,0 |
| Stale austenityczno-ferrytyczne | | | | | | | | | | |
| X2CrNiMoN22-5-3 | S31803 | 0,030 | 1,0 | 2,0 | 0,035 | 0,015 | 21,23 | 4,5,6,5 | 2,5,3,5 | 0,10 ≤ N ≤ 0,22 |
| X2CrNiMoN25-7-4 | S32750 | 0,030 | 1,0 | 2,0 | 0,035 | 0,015 | 24,26 | 6,8 | 3,0,4,5 | 0,24 ≤ N ≤ 0,35 |

1) Wg PN-EN 10088-1.

## 8.3 Własności mechaniczne

Własności mechaniczne stali austenitycznych i stali austenityczno-ferrytycznych powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 8.3. Dla stali austenitycznych próba udarności jest wymagana, gdy temperatura projektowa jest niższa niż –105°C.

Dla stali austenityczno-ferrytycznych próba udarności jest wymagana, gdy temperatura projektowa jest niższa niż –20°C.

**Tabela 8.3**
**Własności mechaniczne stali austenitycznych i stali austenityczno-ferrytycznych w stanie przesyconym**

| Gatunek stali | | Rodzaj wyrobu [1] | Grubość max [mm] | Próba rozciągania | | | | Próba udarności dla grubości $t \geq 10$ mm | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | $R_{p0,2}$ min. [MPa] | $R_{p1,0}$ min. [MPa] | $R_m$ min. [MPa] | $A$ min. [%] | $t$ [°C] | $KV_L$ [2] [J] min. | $KV_T$ [2] [J] min. |
| Znak | Wg AISI | | | | | | | | | |
| Stale austenityczne | | | | | | | | | | |
| X2CrNi19-11 | 304L | C | 8 | 220 | 250 | 520÷700 | 45 | –196 | – | – |
| | | H | 13,5 | 200 | 240 | | | | 100 | 60 |
| | | P | 75 | 200 | 240 | 500÷ 700 | | | | |
| X2CrNiMo17-12-2 | 316L | C | 8 | 240 | 270 | 530÷ 680 | 40 | | – | – |
| | | H | 13,5 | 220 | 260 | | | | 100 | 60 |
| | | P | 75 | 220 | 260 | 520÷ 670 | 45 | | | |
| X2CrNiMo17-13-3 | 316LN | C | 8 | 300 | 330 | 580÷ 780 | 35 | | – | – |
| | | H | 13,5 | 280 | 320 | | | | 100 | 60 |
| | | P | 75 | 280 | 320 | | 40 | | | |
| X2CrNiMo18-15-4 | 317L | C | 8 | 240 | 270 | 550÷ 700 | 35 | | – | – |
| | | H | 13,5 | 220 | 260 | | | | 100 | 60 |
| | | P | 75 | 220 | 260 | 520÷ 720 | 40 | | | |
| – | 317LN | P | 50 | 300 | 340 | 520÷ 720 | 40 | | 41 | 27 |
| X6CrNiTi18-10 | 321 | C | 8 | 220 | 250 | 520÷ 720 | 40 | | – | – |
| | | H | 13,5 | 200 | 240 | | | | 100 | 60 |
| | | P | 75 | 200 | 240 | 500÷ 700 | | | | |
| X6CrNiNb18-10 | 347 | C | 8 | 220 | 250 | 520÷ 720 | 40 | | – | – |
| | | H | 13,5 | 200 | 240 | | | | 100 | 60 |
| | | P | 75 | 200 | 240 | 500÷ 700 | | | | |
| Stale austenityczno-ferrytyczne | | | | | | | | | | |
| X2CrNiMoN22-5-3 | S31803 | C | 8 | 500 | – | 700÷ 950 | 20 | +20 | – | – |
| | | H | 13,5 | 460 | – | | 25 | | 100 | 60 |
| | | P | 75 | 460 | – | 640÷ 840 | 25 | | | |
| X2CrNiMoN25-7-4 | S32750 | C | 8 | 550 | – | 750÷ 1000 | 20 | | – | – |
| | | H | 13,5 | 530 | – | | | | 100 | 60 |
| | | P | 75 | 530 | – | 730÷ 930 | | | | |

**Uwagi:**

[1] C – taśma walcowana na zimno, H – taśma walcowana na gorąco, P – blacha walcowana na gorąco

[2] $KV_L$ – praca łamania dla próbki wzdłużnej, $KV_T$ – praca łamania dla próbki poprzecznej

## 8.4 Stan dostawy

Wyroby ze stali austenitycznych i stali austenityczno-ferrytycznych, jeżeli nie ustalono inaczej w warunkach zamówienia, powinny być dostarczane w stanie przesyconym, a ich powierzchnia powinna być wytrawiona.

## 8.5 Próby

Próbom należy poddać każdą blachę (pasmo) po obróbce cieplnej zgodnie z wymaganiami rozdziału 2. Należy przeprowadzić analizę chemiczną oraz próbę rozciągania. Jeżeli jest to uzgodnione w warunkach zamówienia, to należy przeprowadzić próby wymienione w punktach 8.5.3 ÷ 8.5.5.

Próby opisane w punktach 8.5.1 i 8.5.2 są próbami obowiązkowymi, natomiast próby opisane w punktach 8.5.3, 8.5.4 i 8.5.5 są próbami obowiązkowymi tylko wówczas, gdy zostały uzgodnione w warunkach zamówienia.

### 8.5.1 Analiza chemiczna

Skład chemiczny należy określić na podstawie analizy wytopowej próbek pobranych z każdej kadzi. Wyniki tej analizy mogą być poddane analizie kontrolnej według uznania inspektora PRS.

### 8.5.2 Próba rozciągania

Z każdej partii poddanej badaniom należy pobrać przynajmniej jedną próbkę do próby rozciągania. Partię stanowią:
- w przypadku blach o grubości większej niż 10 mm: każde pasmo blachy;
- w przypadku blach dostarczanych w zwojach: każdy zwój, przy czym próbki należy pobrać z obu końców zwoju;
- w przypadku pozostałych wyrobów: wyroby wyprodukowane z jednego wytopu, o tym samym kształcie i wymiarach, jednego stanu dostawy i jednego stanu wykończenia powierzchni – w ilości nieprzekraczającej 10 ton.

W przypadku blach lub szerokich płaskowników o szerokości większej niż 600 mm, próbki powinny być usytuowane poprzecznie do kierunku walcowania. W przypadku pozostałych wyrobów próbki, według uznania wytwórcy, mogą być usytuowane wzdłużnie lub poprzecznie do kierunku walcowania.

### 8.5.3 Próba udarności

Udarność określa się według wymagań podanych w podrozdziale 8.3 oraz na żądanie podane w zamówieniu. Próbę udarności należy wykonać na trzech próbkach Charpy V.

### 8.5.4 Próba odporności na korozję międzykrystaliczną

Badania należy przeprowadzić na co najmniej dwóch próbkach pobranych z dwóch różnych wyrobów z każdego wytopu.

Próby laboratoryjne odporności na działanie korozji międzykrystalicznej stali odpornych na korozję należy przeprowadzać w oparciu o właściwe normy (np. według ASTM A262-02, PN-EN ISO 3651-1, PN-EN ISO 3651-2).

Próbki ze stali stabilizowanych tytanem i ze stali o zawartości C nie większej niż 0,03% należy badać w stanie po obróbce cieplnej uczulającej (wyżarzanie w temperaturze 700°C przez 30 minut i chłodzenie w wodzie).

Próbki z pozostałych stali należy badać w stanie dostawy.

### 8.5.5 Inne próby

Jeżeli uzgodniono to w warunkach zamówienia, to należy przeprowadzić inne próby np. próbę rozciągania w podwyższonej temperaturze, twardości, itp.

### 8.5.5.1 Badanie odporności stali na korozję w symulowanych warunkach pokładu górnego

Badanie wykonywane jest w celu potwierdzenia odporności na korozję stali, której zastosowanie ma być alternatywnym sposobem zabezpieczenia zbiorników ładunkowych na zbiornikowcu olejowym przed korozją, zgodnie z wydaną przez IMO rezolucją MSC.289(87).

#### 8.5.5.1.1 Warunki badania

Badanie w symulowanych warunkach pokładu górnego powinno spełniać jednocześnie następujące warunki:

**.1** Stal nierdzewna i stal ogólnego przeznaczenia powinny być badane jednocześnie.

**.2** Skład chemiczny stali ogólnego przeznaczenia powinien spełniać wymagania podane w tabeli 8.5.5.1.1. Własności mechaniczne próbki powinny być reprezentatywne dla stali przeznaczonej do zastosowania w danym miejscu na statku.

**Tabela 8.5.5.1.1**

<table>
<tr><th>C</th><th>Mn</th><th>Si</th><th>P</th><th>S</th><th>Al metaliczne min.</th><th>Nb max</th><th>V max</th><th>Ti max</th><th>Cu max</th><th>Cr max</th><th>Ni max</th><th>Mo max</th><th>pozostałe</th></tr>
<tr><td rowspan="2">0,13-0,17</td><td rowspan="2">1,00-1,20</td><td rowspan="2">0,15-0,35</td><td rowspan="2">0,010-0,020</td><td rowspan="2">0,002-0,006</td><td rowspan="2">0,015</td><td>0,02</td><td>0,10</td><td>0,02</td><td rowspan="2">0,1</td><td rowspan="2">0,1</td><td rowspan="2">0,1</td><td rowspan="2">0,02</td><td rowspan="2">każdy max 0,02</td></tr>
<tr><td colspan="3">łącznie max 0,12</td></tr>
</table>

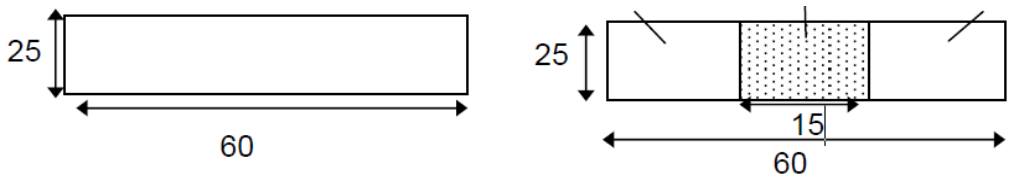
**.3** Badania stali nierdzewnej powinny trwać 21, 49, 77 i 98 dni. Badanie stali ogólnego przeznaczenia powinno trwać 98 dni. Badanie złącza spawanego powinno trwać 98 dni.

**.4** Należy wykonać po 5 próbek dla każdego czasu badania.

**.5** Wymiary każdej próbki powinny wynosić 25 ± 1 mm × 60 ± 1 mm × 5 ± 0,5 mm. Powierzchnia próbki powinna być wyszlifowana papierem ściernym #600. Próbka złącza spawanego powinna mieć wymiary 25 ± 1 mm × 60 ± 1 mm × 5 ± 0,5 mm i powinna obejmować 15 mm ± 5 szerokości spoiny, jak pokazano na rys. 8.5.5.1.1-1.

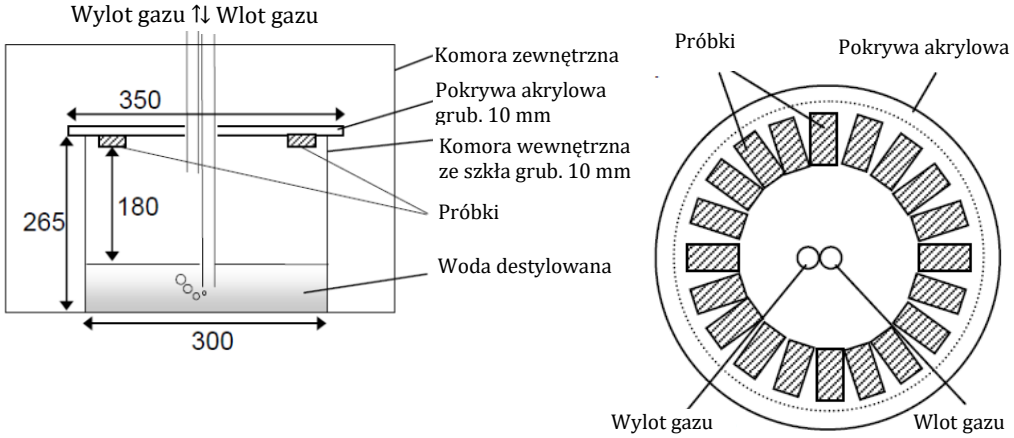
**.6** W celu uniknięcia wpływu na wynik badania, powierzchnia próbki, z wyjątkiem powierzchni badanej, powinna być zabezpieczona przed działaniem środowiska korozyjnego.

**.7** Aparatura badawcza powinna składać się z podwójnej komory, a temperatura w komorze zewnętrznej powinna być kontrolowana. Schemat urządzenia przedstawia rys. 8.5.5.1.1-2.




a) materiał podstawowy b) złącze spawane

Rys. 8.5.5.1.1-1.
Wymiary próbek do badania odporności na korozję w symulowanych warunkach pokładu górnego




Rys. 8.5.5.1.1-2.
Przykład urządzenia do badania odporności na korozję w symulowanych warunkach pokładu górnego

W trakcie symulacji warunków panujących na górnym pokładzie, badanie odbywa się w obecności wody destylowanej i gazu symulującego warunki panujące w zbiorniku (4 ± 1% $O_2$, 13 ± 2% $CO_2$, 100 ± 10 ppm $SO_2$, 500 ± 50 ppm $H_2S$, 83 ± 2% $N_2$). W trakcie badania należy zachować odpowiednią odległość między lustrem wody a powierzchnią próbek, żeby uniknąć rozpryskiwania wody destylowanej. Przepływ gazu powinien wynosić co najmniej 100 $cm^3$/min przez pierwsze 24 h i 20 $cm^3$/min po upływie tych 24 h.

**.8** Próbki powinny być utrzymywane w temperaturze 50 ± 2ºC przez 19 ± 2 h i 25 ± 2ºC przez 3 ± 2 h, a czas nagrzewania/chłodzenia powinien wynosić przynajmniej 1 h. Czas jednego pełnego cyklu powinien wynosić 24 h. Przy temperaturze próbek wynoszącej 50ºC temperatura wody destylowanej nie powinna przekraczać 36ºC.

### 8.5.5.1.2 Wyniki badania

Przed badaniem należy raportować następujące pomiary:

**.1** wymiary i masa próbek przed badaniem.

Po badaniu należy raportować następujące pomiary:

**.2** ubytek masy (różnica pomiędzy masą końcową i masą początkową) dla stali ogólnego przeznaczenia ($W_C$) i stali nierdzewnej ($W_{21}$, $W_{49}$, $W_{77}$ i $W_{98}$);

**.3** ubytek korozyjny stali ogólnego przeznaczenia ($CL_C$) oraz stali nierdzewnej ($CL_{21}$, $CL_{49}$, $CL_{77}$ i $CL_{98}$), który należy obliczyć korzystając z poniższych wzorów:

$$CL_C = \frac{10 \cdot W_C}{S \cdot D} \text{ [mm]} \quad (8.5.5.1.2.3\text{-}1)$$

$$CL_{21} = \frac{10 \cdot W_{21}}{S \cdot D} \text{ [mm]} \quad (8.5.5.1.2.3\text{-}2)$$

$$CL_{49} = \frac{10 \cdot W_{49}}{S \cdot D} \text{ [mm]} \quad (8.5.5.1.2.3\text{-}3)$$

$$CL_{77} = \frac{10 \cdot W_{77}}{S \cdot D} \text{ [mm]} \quad (8.5.5.1.2.3\text{-}4)$$

$$CL_{98} = \frac{10 \cdot W_{98}}{S \cdot D} \text{ [mm]} \quad (8.5.5.1.2.3\text{-}5)$$

gdzie:

$W_C$ [g] – ubytek masy stali ogólnego przeznaczenia (średnia z 5 próbek),
$W_{21}$ [g] – ubytek masy stali nierdzewnej po 21 dniach (średnia z 5 próbek),
$W_{49}$ [g] – ubytek masy stali nierdzewnej po 49 dniach (średnia z 5 próbek),
$W_{77}$ [g] – ubytek masy stali nierdzewnej po 77 dniach (średnia z 5 próbek),

$W_{98}$ [g] – ubytek masy stali nierdzewnej po 98 dniach (średnia z 5 próbek),
$S$ [cm$^2$] – pole powierzchni badanej,
$D$ [g/cm$^3$] – gęstość.

Badanie uważa się za przeprowadzone poprawnie, jeżeli wartość $CL_C$ wynosi pomiędzy 0,05 a 0,11 (stopień korozji wynosi pomiędzy 0,2 a 0,4 mm/rok). Stężenie $H_2S$ w symulowanym gazie może być zwiększone w celu dopasowania wartości $CL_C$.

**.4** współczynniki $A$ i $B$ stali nierdzewnej, wyliczone z wyników badania trwającego 21, 49, 77 i 98 dni metodą najmniejszych kwadratów.

Ubytek korozyjny stali nierdzewnej określony jest poniższym wzorem:

$$CL = A\ t^B \text{ [mm]} \qquad (8.5.5.1.2.4)$$

$A, B$ – współczynniki, [mm],
$t$ – czas trwania badania. [dni]

**.5** przewidywany ubytek korozyjny po 25 latach ($ECL$) wyliczony przy użyciu następującego wzoru:

$$ECL = A(25 \times 365)^B \text{ [mm]} \qquad (8.5.5.1.2.5)$$

#### 8.5.5.1.3 Wyniki badania złącza spawanego

Należy wykonać zdjęcie powierzchni granicy między materiałem podstawowym a materiałem spoiny, przy powiększeniu 1000×.

#### 8.5.5.1.4 Kryteria akceptacji

Wyniki badania powinny spełniać następujące warunki:

**.1** dla materiału podstawowego – $ECL \leq 2$ mm,

**.2** dla złącza spawanego – brak nieciągłości materiału (np. karbów) pomiędzy materiałem podstawowym a materiałem spoiny.

#### 8.5.5.1.5 Raport z badań

Raport z badań powinien zawierać następujące informacje:
- nazwa wytwórni,
- data badania,
- skład chemiczny i technologia zabezpieczenia antykorozyjnego stali,
- wyniki badań zgodnie z 8.5.5.1.2 i 8.5.5.1.3,
- ocena spełnienia kryteriów wymienionych w 8.5.5.1.4.

### 8.5.5.2 Badanie odporności stali na korozję w symulowanych warunkach dna wewnętrznego

Badanie wykonywane jest w celu potwierdzenia odporności na korozję stali stosowanych jako alternatywny sposób zabezpieczania przed korozją zbiorników ładunkowych zbiornikowców olejowych zgodnie z wydaną przez IMO rezolucją MSC.289(87).

#### 8.5.5.2.1 Warunki badania

Badanie w symulowanych warunkach dna wewnętrznego zbiornika ładunkowego powinno spełniać jednocześnie następujące warunki:

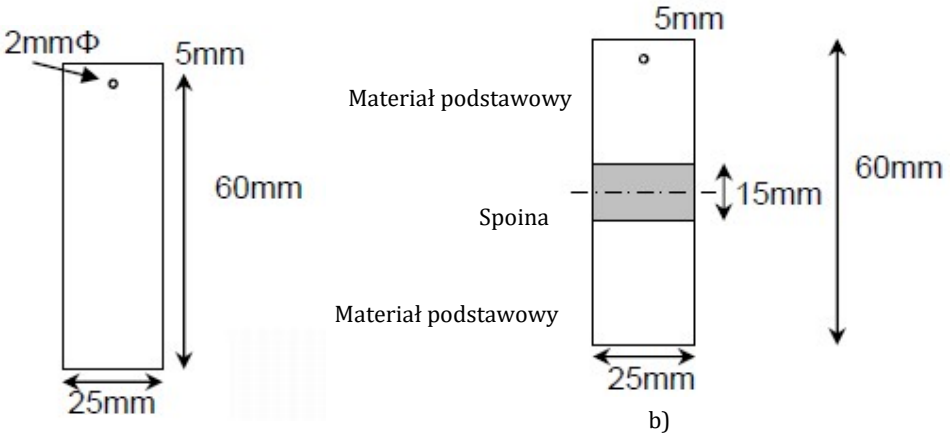
**.1** Badanie materiału podstawowego należy prowadzić przez 72 h, a badanie złącza spawanego przez 168 h.

**.2** Badaniu należy poddać co najmniej po 5 próbek z materiału podstawowego i złącza spawanego. W celu porównania co najmniej 5 próbek z materiału podstawowego ze stali ogólnego przeznaczenia należy poddać badaniu w takich samych warunkach.

**.3** Wymiary każdej próbki powinny wynosić 25 ± 1 mm × 60 ± 1 mm × 5 ± 0,5 mm. Próbka złącza spawanego powinna mieć wymiary 25 ± 1 mm × 60 ± 1 mm × 5 ± 0,5 mm i powinna obejmować 15 mm ± 5 szerokości spoiny, zgodnie z rys. 8.5.5.2.1-1. Powierzchnia próbki, z wyjątkiem otworu przeznaczonego do zawieszenia próbki, powinna być wyszlifowana papierem ściernym #600.

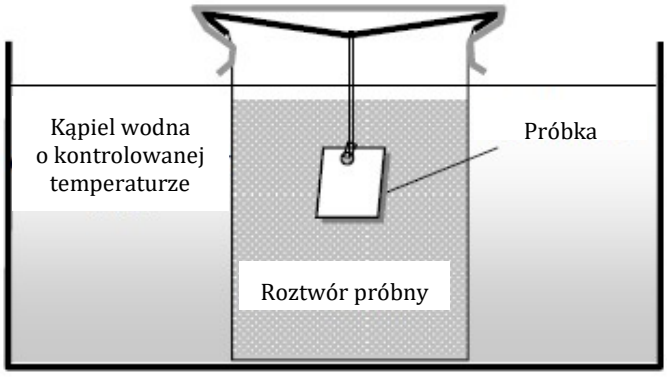
**.4** Próbki należy zawiesić w roztworze na nylonowej żyłce wędkarskiej o średnicy 0,3–0,4 mm. Przykład konfiguracji dla wykonania badania pokazany jest na rys. 8.5.5.2.1-2.

**.5** Roztwór próbny powinien zawierać 10% chlorku sodu i powinien mieć pH = 0,85, regulowane roztworem kwasu solnego. Roztwór powinien być wymieniany co 24 h w celu zminimalizowania zmiany pH roztworu. Objętość roztworu powinna być nie mniejsza niż 20 $cm^3$ na 1 $cm^2$ powierzchni próbki. Należy utrzymywać temperaturę roztworu na poziomie 30 ± 2°C.




Rys. 8.5.5.2.1-1.

Wymiary próbek do badania odporności na korozję w symulowanych warunkach dna wewnętrznego:
a) próbka z materiału podstawowego,
b) próbka ze złącza spawanego




Rys. 8.5.5.2.1-2.
Przykład konfiguracji dla wykonania badania odporności na korozję w symulowanych warunkach dna wewnętrznego

#### 8.5.5.2.2 Wyniki badania

Przed badaniem należy raportować następujące pomiary:

**.1** wymiary i masa próbek przed badaniem.

Po badaniu należy raportować następujące pomiary:

**.2** utrata masy (różnica między masą początkową i masą po badaniu),

**.3** stopień korozji ($CR$) wyznaczony przy pomocy następującego wzoru:

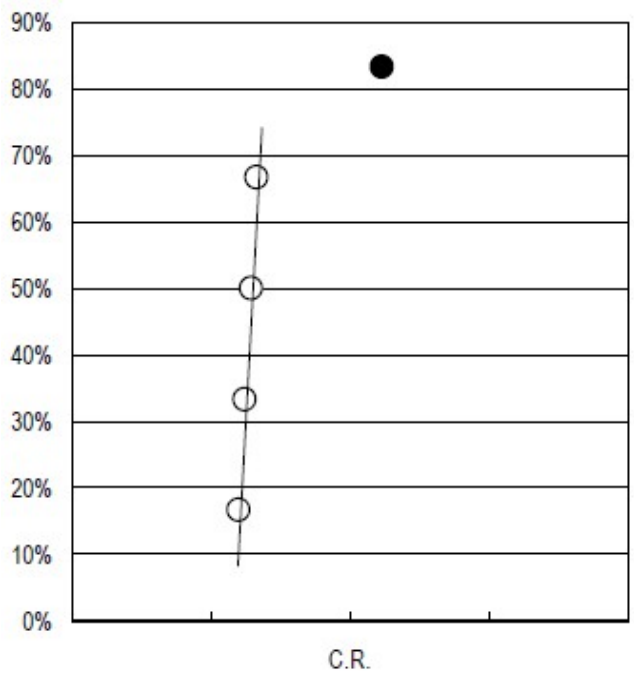
$$CR = \frac{365 \cdot 24 \cdot W \cdot 10}{S \cdot 72 \cdot D} \text{ [mm/rok]} \qquad (8.5.5.2.2)$$

gdzie:

$W$ – utrata masy, [g]
$S$ – pole powierzchni próbki, [cm$^2$]
$D$ – gęstość, [g/cm$^3$].

**.4** wykres statystycznego rozkładu wartości $CR$, wykonany w celu identyfikacji próbek posiadających rysy lub korozję lokalną (rys. 8.5.5.2.2); wartości $CR$, które odbiegają od normalnego rozkładu statystycznego należy wykluczyć z wyników,

**.5** wyliczenie średniej wartości $CR_{ave}$.




Rys. 8.5.5.2.1-2. Przykład wykresu wartości $CR$ na wykresie rozkładu normalnego.

Wartość oznaczoną ● należy odrzucić i wykluczyć.

#### 8.5.5.2.3 Wyniki badania złącza spawanego

Należy wykonać zdjęcie powierzchni granicy między materiałem podstawowym a materiałem spoiny, przy powiększeniu 1000×.

#### 8.5.5.2.4 Kryteria akceptacji

Wyniki badania powinny spełniać następujące warunki:

**.1** dla materiału podstawowego – $CR_{ave} \leq 1{,}0$ mm/rok,

**.2** dla złącza spawanego – brak nieciągłości materiału (np. skokowej zmiany grubości) pomiędzy materiałem podstawowym a materiałem spoiny.

#### 8.5.5.2.5 Raport z badań

Raport z badań powinien zawierać następujące informacje:
- nazwa wytwórni,
- data badania,
- skład chemiczny i technologia zabezpieczenia antykorozyjnego stali,
- wyniki badań zgodnie z 8.5.5.2.2 i 8.5.5.2.3,
- ocena spełnienia kryteriów wymienionych w 8.5.5.2.4.

### 8.6 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

Odpowiedzialność za jakość powierzchni gotowego wyrobu i jego wymiary, jak również za obecność wad wewnętrznych, ponosi wytwórca.

Badania końcowe przeprowadzone w obecności inspektora PRS nie zwalniają wytwórni od tej odpowiedzialności.

Blachy i inne wyroby powinny być w 100% poddane kontroli wizualnej przez wytwórcę, po obu stronach wyrobu.

Ujemne odchyłki wymiarowe grubości blachy są niedopuszczalne. Odchyłki wymiarowe kształtowników powinny odpowiadać wymaganiom podanym we właściwych normach.

Nieliczne miejscowe wady mogą być usunięte metodą szlifowania. Jednakże grubość blachy w miejscu szlifowanym nie może być mniejsza od nominalnej grubości wyrobu.

Naprawa wad o większej głębokości wymaga odrębnej zgody PRS. PRS może wymagać sprawdzenia jakości wyrobu metodami nieniszczącymi np. metodą ultradźwiękową.

### 8.7 Cechowanie

Cechowanie materiału powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9.

### 8.8 Świadectwo odbioru

W *Świadectwie odbioru* poza danymi wymaganymi w podrozdziale 1.8 powinny być podane następujące informacje:

**.1** dla stali austenitycznych: wartości zarówno $R_{p0,2}$ jak i $R_{p1,0}$,

**.2** wyniki wszystkich badań uzgodnionych w zamówieniu.

# 9 STALE PLATEROWANE

## 9.1 Wymagania ogólne

Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do blach stalowych platerowanych, stosowanych na konstrukcje kadłubów statków i zbiorników przeznaczonych do transportu chemikaliów.

Blacha platerowana może składać się z dwóch warstw (plater jednostronny) lub trzech warstw (plater po obu stronach blachy).

Warstwa plateru powinna być trwale połączona na całej powierzchni z warstwą podstawową. Połączenie to może być osiągnięte metodą walcowania, zgrzewania wybuchowego lub kombinacją tych metod.

Minimalna grubość warstwy plateru powinna wynosić 1,5 mm, jednakże w każdym przypadku podlega ona odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

Dopuszczalne odchyłki wymiarowe, dopuszczalne odkształcenia powierzchni blachy oraz dopuszczalne odchyłki grubości warstwy plateru powinny odpowiadać normom lub warunkom zamówienia.

## 9.2 Skład chemiczny

Skład chemiczny materiału warstwy podstawowej blach platerowanych, przeznaczonych na elementy stanowiące część konstrukcyjną kadłuba, powinien odpowiadać wymaganiom podanym dla stali kadłubowych.

Skład chemiczny materiału warstwy podstawowej blach platerowanych, przeznaczonych do budowy zbiorników niezależnych, tj. niebędących konstrukcją kadłuba, podlega odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

Jeżeli nie uzgodniono inaczej, warstwę plateru powinna stanowić stal austenityczna, odpowiadająca wymaganiom podanym w rozdziale 8.

Inspektor PRS może wymagać przeprowadzenia analizy kontrolnej składu chemicznego, zarówno materiału warstwy podstawowej, jak i plateru.

## 9.3 Własności mechaniczne

Własności mechaniczne blach platerowanych, sprawdzone na próbkach pobranych z blach w stanie dostawy, powinny odpowiadać wymaganiom dla materiału warstwy podstawowej.

## 9.4 Stan dostawy

Jeżeli nie uzgodniono inaczej, blachy z warstwą plateru ze stali austenitycznych należy dostarczać w stanie normalizowanym.

## 9.5 Próby

### 9.5.1 Warunki przeprowadzania prób

Jeżeli warstwę podstawową stanowi blacha kadłubowa, próbom podlega co piąta blacha, przy czym muszą być spełnione następujące warunki:
- materiał warstwy podstawowej powinien pochodzić z jednego wytopu,
- warstwa plateru powinna być tego samego gatunku,
- grubość nominalna blachy powinna być jednakowa,
- obróbka cieplna powinna być przeprowadzona w jednakowych warunkach.

W przypadku niespełnienia powyższych warunków lub gdy warstwę podstawową stanowi blacha ze stali kategorii E, EH32, EH36 lub EH40, albo blacha ze stali kotłowej – próbom należy poddać każde pasmo blachy przed pocięciem na arkusze.

Umiejscowienie próbek do badań powinno odpowiadać ogólnym warunkom podanym w niniejszej części *Przepisów,* dotyczącym materiału warstwy podstawowej.

Odległość próbki od krawędzi cięcia za pomocą palnika lub nożyc powinna być w każdym przypadku nie mniejsza niż 25 mm.

### 9.5.2 Próba rozciągania

Próbę rozciągania należy przeprowadzić na jednej próbce proporcjonalnej o przekroju prostokątnym wyciętej z pełnej grubości plateru. Wytrzymałość na rozciąganie należy określić według wzoru:

$$R_m = \frac{R_{m1} \cdot t_1 + R_{m2} \cdot t_2}{t_1 + t_2} \quad \text{[MPa]} \qquad (9.5.2)$$

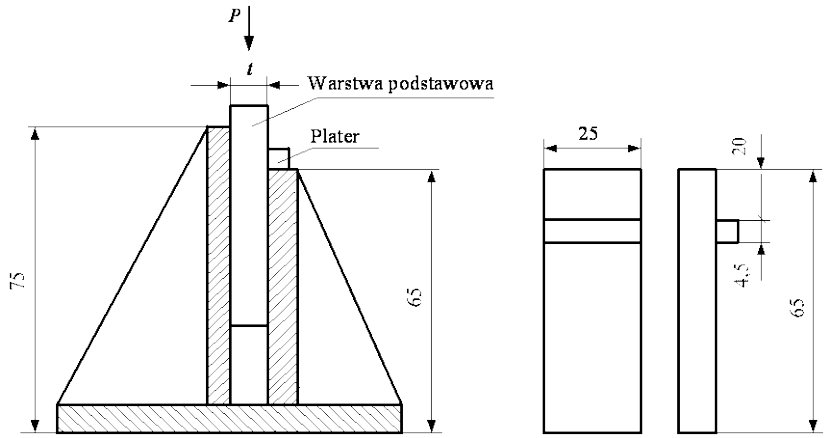
gdzie:

$R_{m1}$ – minimalna wytrzymałość na rozciąganie materiału warstwy podstawowej, [MPa];
$R_{m2}$ – minimalna wytrzymałość na rozciąganie plateru, [MPa];
$t_1$ – grubość warstwy podstawowej, [mm];
$t_2$ – grubość plateru, [mm],

### 9.5.3 Próba ścinania

Próbę ścinania (sprawdzenie przyczepności warstwy plateru) należy przeprowadzić na jednej próbce wyciętej poprzecznie do kierunku walcowania.

Zasadę przeprowadzenia próby oraz wymiary próbki do próby ścinania podano na rys. 9.5.3. Jeżeli nie uzgodniono inaczej, minimalna wytrzymałość na ścinanie powinna wynosić 140 MPa.




Rys. 9.5.3

### 9.5.4 Próba zginania

Próbę zginania należy przeprowadzić na dwóch próbkach wyciętych poprzecznie do kierunku walcowania.

Próbę należy przeprowadzić do równoległości ramion, przy użyciu wałka zginającego o średnicy:

$D = 2\,t$ dla $R_m \leq 490$ MPa;
$D = 3\,t$ dla $R_m > 490$ MPa,

gdzie: $R_m$ – wytrzymałość warstwy podstawowej.

Jedna próbka powinna mieć rozciąganą zewnętrzną powierzchnię warstwy podstawowej, a druga rozciąganą zewnętrzną powierzchnię warstwy plateru.

### 9.5.5 Próba odporności na korozję międzykrystaliczną

Jeżeli nie uzgodniono inaczej, badania odporności warstwy plateru na korozję międzykrystaliczną należy wykonać na próbce pobranej z każdego wytopu, zgodnie z wymaganiami ASTM A 262 Practice E lub innej równoważnej normy np. PN-EN ISO 3651-1, PN-EN ISO 3651-2.

### 9.5.6 Próba udarności

Jeżeli materiał warstwy podstawowej podlega sprawdzeniu udarności, to komplet składający się z trzech próbek powinien być pobrany z materiału warstwy podstawowej, zgodnie z wymaganiami podanymi w niniejszej części *Przepisów,* dotyczącymi tego materiału.

### 9.5.7 Badania nieniszczące

Sprawdzeniu przylegania plateru metodą ultradźwiękową podlega każda blacha.

Krawędzie blach o szerokości 50 mm powinny być przebadane w 100%, pozostała powierzchnia blachy powinna być przebadana w punktach jednakowo rozmieszczonych na powierzchni w odstępach nieprzekraczających 150 mm.

Warunki odbioru blach platerowanych powinny być uzgodnione z PRS.

## 9.6 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

Obydwie powierzchnie blach platerowanych powinny być równe i czyste, bez łusek, zawalcowań, zgorzeliny, wżerów, pęknięć, pęcherzy, zaszamotowań i śladów korozji widocznych gołym okiem.

Drobne wgniecenia po odpadnięciu zgorzeliny, rysy, wżery i zadrapania oraz ślady mechanicznego usuwania wad mogą być dopuszczone, jeżeli ich głębokość nie przekracza:
- w przypadku powierzchni plateru: 0,2 mm,
- w przypadku powierzchni warstwy podstawowej: ujemnej odchyłki grubości blachy.

Rozwarstwienia[1)] mogą być dopuszczone bez naprawy, jeżeli:
- wielkość pojedynczego rozwarstwienia nie przekracza 0,5 $dm^2$,
- sumaryczna powierzchnia rozwarstwień nie przekracza 2% powierzchni blachy,
- wady te nie osłabią wytrzymałości konstrukcyjnej zbiornika.

Na krawędziach blach o szerokości 50 mm rozwarstwienia są niedopuszczalne. W przypadku ich występowania mogą być one naprawione za pomocą spawania. Szczegóły naprawy należy każdorazowo uzgodnić z PRS.

## 9.7 Cechowanie

Cechowanie materiału powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9.

## 9.8 Świadectwo odbioru

W *Świadectwie odbioru* poza danymi wymaganymi w podrozdziale 1.8 powinny być podane następujące informacje:

**.1** numery wytopów materiału podstawowego i warstwy plateru,

**.2** oznaczenie wyrobu (np. BLACHA PLATEROWANA 10×1250×3000 DH32 X6CrNiTi18-10),

**.3** wyniki wszystkich badań uzgodnionych w zamówieniu.

[1)] Pod pojęciem „rozwarstwienia” należy rozumieć miejsca niezgrzane zgodnie z normą PN-H-92140.

# 10 RURY STALOWE

## 10.1 Wymagania ogólne

Wymagania zawarte w niniejszym rozdziale mają zastosowanie do podlegających nadzorowi PRS rur stalowych walcowanych na gorąco, rur ciągnionych lub walcowanych na zimno oraz rur spawanych, przeznaczonych do budowy kotłów, zbiorników ciśnieniowych, wymienników ciepła i instalacji rurociągów okrętowych. Rury te ze względu na zastosowanie mogą być rurami przewodowymi, do pracy w podwyższonych temperaturach, lub konstrukcyjnymi. Określono również własności mechaniczne w podwyższonych temperaturach. Wymagania dla stali w gatunkach niewymienionych w *Przepisach* podlegają odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

## 10.2 Metody wytwarzania

Wytwórnie rur powinny posiadać uznanie PRS.

Rury stalowe powinny być wytwarzane zgodnie z uzgodnionymi z PRS normami lub warunkami technicznymi.

Rury ze szwem mogą być wytwarzane metodą spawania lub zgrzewania elektrycznego (oporowo lub indukcyjnie).

## 10.3 Skład chemiczny

Skład chemiczny stali na rury, określony na podstawie analizy wytopowej, powinien odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 10.3. Stal na rury powinna być uspokojona, a zastosowanie stali półuspokojonej wymaga uzgodnienia z PRS.

## 10.4 Własności mechaniczne

Własności mechaniczne rur stalowych w temperaturze +20°C i granica plastyczności w temperaturach podwyższonych, określone na próbkach wzdłużnych, powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabelach 10.4-1 i 10.4-2.

Własności mechaniczne rur o grubości większej niż grubość podana w tabeli 10.4-2 oraz dane dotyczące granicy pełzania i wytrzymałości na pełzanie powinny odpowiadać wymaganiom podanym w normie PN-EN 10216-2.

**Tabela 10.3**
**Skład chemiczny (analiza wytopowa) stali na rury w % masy**

| Gatunek stali [1)] | C | Si | Mn | P max | S max | Cr | Mo | Ni | Al całk. | Cu | Nb | Ti max | V max | Inne |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| **Rury przewodowe** | | | | | | | | | | | | | | |
| P195TR1 | ≤0,13 | ≤0,35 | ≤0,70 | 0,025 | 0,020 | ≤0,30 | ≤0,08 | ≤0,30 | – | ≤0,30 | ≤0,01 | 0,04 | 0,02 | – |
| P235TR1 | ≤0,16 | ≤0,35 | ≤1,20 | 0,025 | 0,02 | ≤0,30 | ≤0,08 | ≤0,30 | – | ≤0,30 | ≤0,01 | 0,04 | 0,02 | – |
| P265TR1 | ≤0,20 | ≤0,40 | ≤1,40 | 0,025 | 0,020 | ≤0,30 | ≤0,08 | ≤0,30 | – | ≤0,30 | ≤0,01 | 0,04 | 0,02 | – |
| **Rury do pracy w podwyższonych temperaturach** | | | | | | | | | | | | | | |
| P195GH | ≤0,13 | ≤0,35 | ≤0,70 | 0,025 | 0,020 | ≤0,30 | ≤0,08 | ≤0,30 | ≤0,02 | ≤0,30 | ≤0,01 | 0,04 | 0,02 | – |
| P235GH | ≤0,16 | ≤0,35 | ≤1,20 | 0,025 | 0,020 | ≤0,30 | ≤0,08 | ≤0,30 | ≤0,02 | ≤0,30 | ≤0,01 | 0,04 | 0,02 | – |
| P265GH | ≤0,20 | ≤0,040 | ≤1,40 | 0,025 | 0,020 | ≤0,30 | ≤0,08 | ≤0,30 | ≤0,02 | ≤0,30 | ≤0,01 | 0,04 | 0,02 | – |
| 20MnNb6 | ≤0,22 | 0,15÷0,35 | 1,00÷1,50 | 0,025 | 0,020 | – | – | – | ≤0,06 | ≤0,30 | 0,015÷0,10 | – | – | – |
| 16Mo3 | 0,12÷0,20 | ≤0,35 | 0,40÷0,90 | 0,025 | 0,020 | ≤0,30 | 0,25÷0,35 | ≤0,30 | ≤0,04 | ≤0,30 | – | – | – | – |
| 8MoB5-4 | 0,06÷0,10 | 0,10÷0,35 | 0,60÷0,80 | 0,025 | 0,020 | ≤0,30 | 0,40÷0,50 | – | ≤0,06 | ≤0,30 | – | 0,06 | – | B=0,002÷0,006 |
| 14MoV6-3 | 0,10÷0,15 | 0,15÷0,35 | 0,40÷0,70 | 0,025 | 0,020 | 0,30÷0,60 | 0,50÷0,70 | ≤0,30 | ≤0,04 | ≤0,30 | – | – | 0,22÷0,28 | – |
| 10CrMo5-5 | ≤0,15 | 0,50÷1,00 | 0,30÷0,60 | 0,025 | 0,020 | 1,00÷1,50 | 0,45÷0,65 | ≤0,30 | ≤0,04 | ≤0,30 | – | – | – | – |
| 13CrMo4-5 | 0,10÷0,17 | ≤0,35 | 0,40÷0,70 | 0,025 | 0,020 | 0,70÷1,15 | 0,40÷0,60 | ≤0,30 | ≤0,04 | ≤0,30 | – | – | – | – |
| 10CrMo9-10 | 0,08÷0,14 | ≤0,50 | 0,30÷0,70 | 0,025 | 0,020 | 2,00÷2,50 | 0,90÷1,10 | ≤0,30 | ≤0,04 | ≤0,30 | – | – | – | – |
| 11CrMo9-10 | 0,08÷0,15 | ≤0,50 | 0,40÷0,80 | 0,025 | 0,020 | 2,00÷2,50 | 0,90÷1,10 | ≤0,30 | ≤0,04 | ≤0,30 | – | – | – | – |
| 25CrMo4 | 0,22÷0,29 | ≤0,40 | 0,60÷0,90 | 0,025 | 0,020 | 0,90÷1,20 | 0,15÷0,30 | ≤0,30 | ≤0,04 | ≤0,30 | – | – | – | – |
| 20CrMoV13-5-5 | 0,17÷0,23 | 0,15÷0,35 | 0,30÷0,50 | 0,025 | 0,020 | 3,00÷3,30 | 0,50÷0,60 | ≤0,30 | ≤0,04 | ≤0,30 | – | – | 0,45÷0,55 | – |
| 15NiCuMoNb5-6-4 | ≤0,17 | 0,25÷0,50 | 0,80÷1,20 | 0,025 | 0,020 | ≤0,30 | 0,25÷0,50 | 1,00÷1,30 | ≤0,05 | 0,50÷0,80 | 0,015÷0,045 | – | – | – |
| X11CrMo5 | 0,08÷0,15 | 0,15÷0,50 | 0,30÷0,60 | 0,025 | 0,020 | 4,00÷6,00 | 0,45÷0,65 | – | ≤0,04 | ≤0,30 | – | – | – | – |
| X11CrMo9-1 | 0,08÷0,15 | 0,25÷1,00 | 0,30÷0,60 | 0,025 | 0,020 | 8,0÷10,0 | 0,90÷1,10 | – | ≤0,04 | ≤0,30 | – | – | – | – |
| X10CrMoVNb9-1 | 0,08÷0,12 | 0,20÷0,50 | 0,30÷0,60 | 0,020 | 0,010 | 8,0÷9,50 | 0,80÷1,05 | ≤0,40 | ≤0,04 | ≤0,30 | 0,06÷0,10 | – | 0,18÷0,25 | N=0,03÷0,07 |
| X20CrMoV11-1 | 0,17÷0,23 | 0,15÷0,50 | ≤1,00 | 0,025 | 0,050 | 10,0÷12,5 | 0,80÷1,20 | 0,30÷0,80 | ≤0,04 | ≤0,30 | – | – | 0,25÷0,35 | – |
| **Rury konstrukcyjne** | | | | | | | | | | | | | | |
| Stale kadłubowe | według rozdziału 3 | | | | | | | | | | | | | |

## Tabela 10.4-1
## Własności mechaniczne rur stalowych

| Gatunek stali [1)] | Próba rozciągania w temperaturze otoczenia | | | | | | Próba udarności | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $R_e$ lub $R_{p0,2}$ dla grubości ścianki $t$ min. [MPa] | | | $R_m$ [MPa] | $A$ min. [%] | | Praca łamania $KV$ [J] min. w temperaturze [°C] | | | | |
| | | | | | | | L | | | T | |
| | $t \le 16$ | $16 < t \le 40$ | $40 < t \le 60$ | | L | T | 20 | 0 | –10 | 20 | 0 |
| **Rudy przewodowe** | | | | | | | | | | | |
| P195TR1 | 195 | 185 | 175 | 320÷440 | 27 | 25 | – | – | – | – | – |
| P235TR1 | 235 | 225 | 215 | 360÷500 | 25 | 23 | – | – | – | – | – |
| P265TR1 | 265 | 255 | 245 | 410÷570 | 21 | 19 | – | – | – | – | – |
| **Rury do pracy w podwyższonych temperaturach** | | | | | | | | | | | |
| P195GH | 195 | – | – | 320÷440 | 27 | 25 | – | 40 | 28 | – | 27 |
| P235GH | 235 | 225 | 215 | 360÷500 | 25 | 23 | – | 40 | 28 | – | 27 |
| P265GH | 265 | 255 | 245 | 410÷570 | 23 | 21 | – | 40 | 28 | – | 27 |
| 20MnNb6 | 355 | 345 | 335 | 500÷650 | 22 | 20 | – | 40 | – | – | 27 |
| 16Mo3 | 280 | 270 | 260 | 450÷600 | 22 | 20 | 40 | – | – | 27 | – |
| 8MoB5-4 | 400 | – | – | 540÷690 | 19 | 17 | 40 | – | – | 27 | – |
| 14MoV6-3 | 320 | 320 | 310 | 460÷610 | 20 | 18 | 40 | – | – | 27 | – |
| 10CrMo5-5 | 275 | 275 | 265 | 410÷560 | 22 | 20 | 40 | – | – | 27 | – |
| 13CrMo4-5 | 290 | 290 | 280 | 440÷590 | 22 | 20 | 40 | – | – | 27 | – |
| 10CrMo9-10 | 280 | 280 | 270 | 480÷630 | 22 | 20 | 40 | – | – | 27 | – |
| 11CrMo9-10 | 355 | 355 | 355 | 540÷680 | 20 | 18 | 40 | – | – | 27 | – |
| 25CrMo4 | 345 | 345 | 345 | 540÷690 | 18 | 15 | 40 | – | – | 27 | – |
| 20CrMoV13-5-5 | 590 | 590 | 590 | 740÷880 | 16 | 14 | 40 | – | – | 27 | – |
| 15NiCuMoNb5-6-4 | 440 | 440 | 440 | 610÷780 | 19 | 17 | 40 | – | – | 27 | – |
| X11CrMo5+I | 175 | 175 | 175 | 430÷580 | 22 | 20 | 40 | – | – | 27 | – |
| X11CrMo5+NT1 | 280 | 280 | 280 | 480÷640 | 20 | 18 | 40 | – | – | 27 | – |
| X11CrMo5+NT2 | 390 | 390 | 390 | 570÷740 | 18 | 16 | 40 | – | – | 27 | – |
| X11CrMo9-1+I | 210 | 210 | 210 | 460÷640 | 20 | 18 | 40 | – | – | 27 | – |
| X11CrMo9-1+NT | 390 | 390 | 390 | 590 ÷740 | 18 | 16 | 40 | – | – | 27 | – |

| | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| X10CrMoVNb9-1 | 450 | 450 | 450 | 630÷830 | 19 | 17 | 40 | – | – | 27 | – |
| X20CrMoN11-1 | 490 | 490 | 490 | 690÷840 | 17 | 14 | 40 | – | – | 27 | – |
| **Rury konstrukcyjne** | | | | | | | | | | | |
| Stale kadłubowe | Według rozdziału 3 | | | | | | | | | | |

**Tabela 10.4-2**
**Minimalna umowna granica plastyczności $R_{p0,2}$ w podwyższonej temperaturze**

| Gatunek stali | Grubość ścianki [mm] | Minimalna umowna granica plastyczności $R_{p0,2}$ [MPa] w temperaturze °C | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | 100 | 150 | 200 | 250 | 300 | 350 | 400 | 450 | 500 | 550 | 600 |
| P195GH | ≤16 | 175 | 165 | 150 | 130 | 113 | 102 | 94 | – | – | – | – |
| P235GH | ≤60 | 198 | 187 | 170 | 150 | 132 | 120 | 112 | 108 | – | – | – |
| P265GH | ≤60 | 226 | 213 | 192 | 171 | 154 | 141 | 134 | 128 | – | – | – |
| 20MnNb6 | ≤60 | 312 | 292 | 264 | 241 | 219 | 200 | 186 | 174 | – | – | – |
| 16Mo3 | ≤60 | 243 | 237 | 224 | 205 | 173 | 159 | 156 | 150 | 146 | – | – |
| 8MoB5-4 | ≤16 | 368 | 368 | 368 | 368 | 368 | 368 | 368 | – | – | – | – |
| 14MoV6-3 | ≤60 | 282 | 276 | 267 | 241 | 225 | 216 | 209 | 203 | 200 | 197 | - |
| 10CrMo5-5 | ≤60 | 240 | 228 | 219 | 208 | 165 | 156 | 148 | 144 | 143 | – | – |
| 13CrMo4-5 | ≤60 | 264 | 253 | 245 | 236 | 192 | 182 | 174 | 168 | 166 | – | – |
| 10CrMo9-10 | ≤60 | 249 | 241 | 234 | 224 | 219 | 212 | 207 | 193 | 180 | – | – |
| 11CrMo9-10 | ≤60 | 323 | 312 | 304 | 296 | 289 | 280 | 275 | 257 | 239 | – | – |
| 25CrMo4 | ≤60 | – | 315 | 305 | 295 | 285 | 265 | 225 | 185 | – | – | – |
| 20CrMoV13-5-5 | ≤60 | – | 575 | 570 | 560 | 550 | 510 | 470 | 420 | 370 | – | – |
| 15NiCuMoNb5-6-4 | ≤80 | 422 | 412 | 402 | 392 | 382 | 373 | 343 | 304 | – | – | – |
| X11CrMo5+I | ≤100 | 156 | 150 | 148 | 147 | 145 | 142 | 137 | 129 | 116 | – | – |
| X11CrMo5+NT1 | ≤100 | 245 | 237 | 230 | 223 | 216 | 206 | 196 | 181 | 167 | – | – |
| X11CrMo5+NT2 | ≤100 | 366 | 350 | 334 | 332 | 309 | 299 | 289 | 280 | 265 | – | – |
| X11CrMo9-1+I | ≤60 | 187 | 186 | 178 | 177 | 175 | 171 | 164 | 153 | 142 | 120 | – |
| X11CrMo9-1+NT | ≤60 | 363 | 348 | 334 | 330 | 326 | 322 | 316 | 311 | 290 | 235 | – |
| X10CrMoVNb9-1 | ≤100 | 410 | 395 | 380 | 370 | 360 | 350 | 340 | 320 | 300 | 270 | 215 |
| X20CrMoV11-1 | ≤100 | – | – | 430 | 415 | 390 | 380 | 360 | 330 | 290 | 250 | – |

## 10.5 Stan dostawy

Rury powinny być poddane obróbce cieplnej, jeżeli jest to przewidziane w innych częściach *Przepisów*, w normach lub w dokumentacji zatwierdzonej przez PRS. Rury walcowane lub ciągnione na zimno oraz rury spawane elektrycznie powinny być poddane normalizowaniu, normalizowaniu i odpuszczaniu lub ulepszaniu cieplnemu. Stan dostawy powinien odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 10.5. Szczegóły obróbki cieplnej ustala wytwórca, informując o tym PRS i zamieszczając informację w *Świadectwie odbioru*.

**Tabela 10.5**
**Stan dostawy stali na rury**

| Gatunek stali | Stan dostawy |
|---|---|
| P195TR1, P235TR1, P265TR1 | AR |
| P195TR1, P235TR1, P265TR1, P195GH, P235GH, P265GH, 20MnNb6, 16Mo3, 8MoB5-4 | N |
| 14MoV6-3, 10CrMo5-5, 13CrMo4-5, 10CrMo9-10, 15NiCuMoNb5-6-4, X11CrMo5+NT1, X11CrMo5+NT2, X11CrMo9-1+NT, X10CrMoVNb9-1, X20CrMoV11-1 | NT |
| X11CrMo5+I, X11CrMo9-1+I | I |
| 11CrMo9-10, 25CrMo4, 20CrMoV13-5-5 | QT |

## 10.6 Próby

**10.6.1** Rury należy poddawać badaniom partiami. Partię stanowią rury o jednakowej średnicy zewnętrznej i grubości ścianek, pochodzące z tego samego wytopu i poddane takiej samej obróbce cieplnej.

**10.6.2** Liczba rur w jednej partii nie powinna przekraczać:
- 400 sztuk – przy średnicy nie większej niż 76 mm,
- 200 sztuk – przy średnicy większej niż 76 mm.

Jeżeli liczba pozostałych rur jest mniejsza od połowy liczby sztuk podanej wyżej, należy zaliczyć je do tej samej partii, a jeżeli jest większa od połowy tej liczby, należy je uważać za oddzielną partię.

**10.6.3** Każdą partię rur należy poddać następującym próbom:
- rozciągania (celem określenia $R_e$, $R_m$ i $A$ – zgodnie z wymaganiami podrozdziału 2.5),
- rozciągania przy podwyższonej temperaturze (celem określenia $R_e^t$),
- udarności (zgodnie z wymaganiami podrozdziału 2.6),
- spłaszczania (zgodnie z wymaganiami punktu 2.11.1) lub rozciągania pierścieni (zgodnie z wymaganiami punktu 2.11.3),
- roztłaczania (zgodnie z wymaganiami punktu 2.11.2).

**10.6.4** W celu przeprowadzenia wymaganych badań należy z każdego odcinka próbnego wyciąć:
- jedną próbkę do próby rozciągania,
- trzy próbki do próby udarności (jeżeli grubość ścianki $t \geq 12$ mm),
- jedną próbkę do próby spłaszczania lub rozciągania pierścienia (dwie próbki w przypadku rur spawanych, przy czym jedną z nich należy badać tak, aby spoina znajdowała się w strefie zginania),
- jedną próbkę do próby roztłaczania.

Jeżeli nie uzgodniono inaczej, odcinki próbne należy pobierać z jednego końca co najmniej dwóch rur pobranych z partii.

**10.6.5** Próbę rozciągania przy podwyższonej temperaturze, próbę udarności, spłaszczania, rozciągania pierścieni lub roztłaczania należy przeprowadzić, jeżeli jest ona przewidziana w odpowiednich normach lub uzgodnionych z PRS warunkach technicznych, według których dokonuje się oceny wyników przeprowadzonych badań.

**10.6.6** Szczelność wszystkich rur należy sprawdzać przeprowadzając próbę wodną. Wielkość ciśnienia próbnego należy przyjąć zgodnie z normami lub z dokumentacją zatwierdzoną przez PRS.

Po uzgodnieniu z PRS można nie przeprowadzać próby wodnej, jeżeli wszystkie rury poddawane są badaniom ultradźwiękowym lub innym badaniom nieniszczącym.

Wszystkie złącza rur spawanych należy poddać badaniom ultradźwiękowym.

## 10.7 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

Za kontrolę stanu powierzchni i weryfikację wymiarów jest odpowiedzialny wytwórca rur. Odbiór przez inspektora PRS nie zwalnia wytwórcy z tej odpowiedzialności. Rury podlegają kontroli wizualnej i kontroli wymiarów na zgodność z wymaganiami przedmiotowych norm.

Oględzinom należy poddać każdą rurę. Na powierzchni rury nie powinno być wad w postaci pęknięć, naderwań i zawalcowań.

Dopuszcza się nieznaczne skaleczenia, wgniecenia, rysy, cienką warstwę zgorzeliny i płytkie łuski, jeżeli nie przekraczają one dopuszczalnych odchyłek wymiarowych wyrobu.

## 10.8 Cechowanie

Cechowanie rur powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9.

## 10.9 Świadectwo odbioru

W *Świadectwie odbioru*, poza danymi wymaganymi w podrozdziale 1.8, powinny być podane następujące informacje:

**.1** wyniki badań ciągliwości,
**.2** wyniki próby szczelności,
**.3** wyniki badań nieniszczących (jeżeli były wykonane),
**.4** wyniki innych badań, uzgodnionych w zamówieniu,
**.5** parametry obróbki cieplnej (jeżeli była wykonana).

# 11 STALE WALCOWANE DO WYROBU ŁAŃCUCHÓW KOTWICZNYCH

## 11.1 Wymagania ogólne

Wymagania zawarte w niniejszym rozdziale mają zastosowanie do prętów walcowanych, przeznaczonych do wyrobu łańcuchów kotwicznych i ich elementów łączących, podlegających nadzorowi PRS. Nadzorowi podlegają materiały kategorii 2 i 3.

## 11.2 Metody wytwarzania

**11.2.1** Materiały przeznaczone do wykonania łańcuchów kotwicznych i ich elementów łączących powinny pochodzić z wytwórni uznanych przez PRS. Uznanie PRS nie jest wymagane dla stali kategorii 1. PRS może wymagać, aby wytwórnia materiałów określiła własności mechaniczne prętów walcowanych, poddanych obróbce cieplnej zbliżonej do tej, jaką przewiduje się dla gotowych łańcuchów, zgodnie z tabelą 20.3.5.

**11.2.2** Wytwórnia materiałów lub producent łańcuchów kotwicznych powinni przedłożyć specyfikację dla stali kategorii 3. Każda partia prętów powinna posiadać *Świadectwo odbioru* zawierające co najmniej następujące dane: metodę wytwarzania, metodę odtlenienia stali, jej skład chemiczny, zastosowaną obróbkę cieplną i własności mechaniczne.

## 11.3 Stan dostawy

Jeżeli nie uzgodniono inaczej, pręty walcowane do wyrobu łańcuchów mogą być dostarczane w stanie surowym.

## 11.4 Skład chemiczny

Skład chemiczny stali określony na podstawie analizy wytopowej powinien odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 11.4. Stal powinna być całkowicie uspokojona.

**Tabela 11.4**
**Skład chemiczny prętów walcowanych**

| Kategoria stali | Skład chemiczny [%] | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | C max | Si | Mn | P max | S max | Al całk.[1] min. |
| 1 | 0,20 | 0,15,0,35 | min. 0,40 | 0,040 | 0,040 | – |
| 2[2] | 0,24 | 0,15,0,55 | max 1,60 | 0,035 | 0,035 | 0,020 |
| 3[3] | podlega odrębnemu uzgodnieniu z PRS | | | | | |

Uwagi:
1) Aluminium może być częściowo lub całkowicie zastąpione przez inne pierwiastki rozdrabniające ziarno.
2) Za zgodą PRS mogą być zastosowane inne pierwiastki stopowe.
3) Uspokojona drobnoziarnista.

## 11.5 Badania własności mechanicznych

**11.5.1** Własności mechaniczne stali do wyrobu łańcuchów i ich elementów łączących powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 11.5.1 Odcinki próbne powinny być w tym samym stanie dostawy jak gotowe łańcuchy kotwiczne i wyposażenie (patrz punkt 20.3.5).

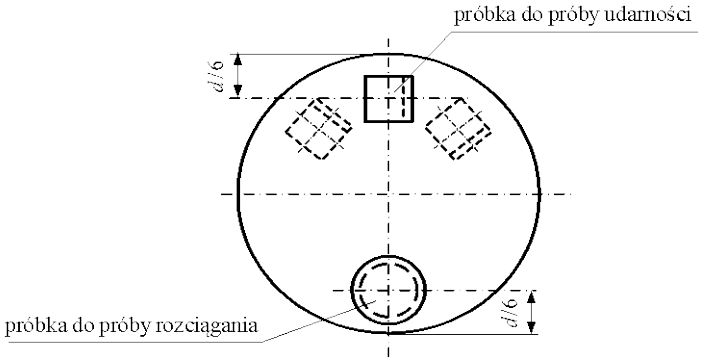
**Tabela 11.5.1**
**Własności mechaniczne stali do wyrobu łańcuchów**

| Kategoria stali | Próba rozciągania | | | | Próba udarności | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | $R_e$ [MPa] min. | $R_m$ [MPa] | $A$ [%] min. | $Z$ [%] min. | Temperatura próby [°C] | $KV$ 1) [J] min. |
| 1 | – | 370,490 | 25 | – | – | – |
| 2 | 295 | 490,690 | 22 | – | 0 | 27 2) |
| 3 | 410 | min. 690 | 17 | 40 | 0 3)<br>–20 3) | 60<br>35 |

Uwagi:
1) Wartość średnia obliczona z wyników badania trzech próbek. Jeden z wyników może być mniejszy od wartości wymaganej, lecz nie więcej niż o 30%.
2) Próba udarności stali kategorii 2 może być pominięta, jeżeli łańcuch kotwiczny jest dostarczany w stanie obrobionym cieplnie, podanym w tabeli 20.3.5.
3) Próba udarności jest przeprowadzana w pierwszej kolejności w temperaturze 0°C.

**11.5.2** Przedstawione do odbioru pręty należy podzielić na partie. W skład partii powinny wchodzić pręty pochodzące z tego samego wytopu, jednakowo obrobione cieplnie, których średnice nie różnią się więcej niż o 4 mm. Masa partii nie powinna przekraczać 50 t. Z każdej partii prętów lub jej części należy pobrać jedną próbkę do próby rozciągania i – jeżeli jest to wymagane – komplet próbek do próby udarności. Szczegółowe informacje dotyczące obróbki cieplnej muszą być podane przez wytwórcę łańcuchów kotwicznych.

**11.5.3** Próbki do próby rozciągania i do próby udarności powinny być usytuowane równolegle do osi pręta, w odległości równej (lub możliwie jak najbliższej) 1/6 średnicy pręta od powierzchni, zgodnie z rysunkiem 11.5.3.




Rys. 11.5.3. Usytuowanie próbek do próby udarności i próby rozciągania

**11.5.4** Badania własności mechanicznych oraz badania powtórne należy przeprowadzić zgodnie z wymaganiami rozdziału 2.

## 11.6 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

Jeżeli nie uzgodniono inaczej, odchyłki wymiarowe prętów na łańcuchy kotwiczne powinny mieścić się w przedziałach podanych w tabeli 11.6. Odchyłki wymiarowe średnicy prętów surowych mogą być tylko dodatnie.

**Tablica 11.6**
**Tolerancje wymiarowe prętów surowych**

| Średnica nominalna [mm] | Odchyłki wymiarowe średnicy [mm] | Owalność ($d_{max} - d_{min}$) [mm] |
|---|---|---|
| poniżej 25 mm | +1,0 | 0,6 |
| 25,35 | +1,2 | 0,8 |
| 36,50 | +1,6 | 1,1 |
| 51,80 | +2,0 | 1,5 |
| 81,100 | +2,6 | 1,95 |
| 101,120 | +3,0 | 2,25 |
| 121,160 | +4,0 | 3,0 |

## 11.7 Dopuszczalna wadliwość

Pręty powinny być wolne od wad zewnętrznych i wewnętrznych, uniemożliwiających zastosowanie ich zgodnie z przeznaczeniem.

Niewielkie wady powierzchniowe, mieszczące się w granicach dopuszczalnych odchyłek wymiarowych, mogą być usunięte metodą szlifowania.

## 11.8 Cechowanie

Pręty stalowe powinny być ocechowane co najmniej pieczęcią wytwórcy, kategorią stali oraz skróconym symbolem wytopu.

Cechowanie prętów do wyrobu łańcuchów powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9.

## 11.9 Świadectwo odbioru

Dla stali kategorii 2 i 3 PRS wystawia *Świadectwo odbioru* zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8.

# 12 ODKUWKI STALOWE

## 12.1 Wymagania ogólne

**12.1.1** Odkuwki stalowe, podlegające nadzorowi PRS zgodnie z wymaganiami podanymi w odpowiednich częściach *Przepisów*, powinny być wytwarzane i badane według poniższych wymagań.

**12.1.2** Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do odkuwek przeznaczonych na elementy kadłuba statku i maszyn okrętowych zaprojektowanych zgodnie z własnościami materiału określonymi w temperaturze +20°C.

**12.1.3** Wymagania niniejsze odnoszą się również do kęsów, kęsisk i wyrobów walcowanych o średnicy nie większej niż 250 mm, stosowanych zamiast odkuwek, z których wytwarza się przy pomocy obróbki mechanicznej wały, sworznie itp. części o prostym kształcie.

**12.1.4** Wymagania dotyczące odkuwek przeznaczonych do pracy w obniżonej 1ub podwyższonej temperaturze oraz odkuwek ze stali specjalnych (odpornych na korozję, nierdzewnych, kwasoodpornych, żaroodpornych itp.) podlegają odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

**12.1.5** Niewielkie gabarytowo, jednakowe odkuwki produkowane seryjnie mogą być za zgodą PRS kontrolowane i odbierane według odrębnych zasad, uzgodnionych z PRS.

## 12.2 Metoda wytwarzania

**12.2.1** Odkuwki powinny być wytworzone w wytwórni uznanej przez PRS.

**12.2.2** Stal wykorzystana do produkcji odkuwek powinna być wytworzona według technologii uzgodnionej z PRS. Zakład, w którym wytworzono stal powinien posiadać uznanie PRS. W przypadku gdy stal jest wytwarzana w zakładach, gdzie nie wytwarza się odkuwek, producent stali także powinien mieć uznanie PRS.

**12.2.3** Głowa i stopa wlewka, jako materiału wyjściowego do kucia, powinny być pozbawione jamy usadowej i szkodliwych segregacji, które mogłyby znaleźć się w gotowych odkuwkach.

**12.2.4** Stopień przekucia odkuwki powinien zapewniać czystość materiału, jednorodność struktury i odpowiednie własności mechaniczne po obróbce cieplnej oraz powinien być nie mniejszy od określonego w tabeli 12.2.4.

**Tabela 12.2.4**

| Sposób wytwarzania odkuwki | Całkowity stopień przekucia |
|---|---|
| Kuta z wlewka, kęsa lub kęsika | 3 : 1 jeżeli $L > D$<br>1,5 : 1 jeżeli $L \leq D$ |
| Kuta z wyrobu walcowanego | 4 : 1 jeżeli $L > D$<br>2 : 1 jeżeli $L \leq D$ |

**Uwagi:**

1. $L$, $D$ – długość, średnica odkuwki.
2. Stopień przekucia należy obliczać jako stosunek powierzchni przekroju poprzecznego przed przekuciem do jego powierzchni po przekuciu, przy czym w obliczeniach może być uwzględniona wstępna przeróbka plastyczna wlewka.
3. Stopień zgniotu prętów walcowanych stosowanych zamiast odkuwek powinien być nie mniejszy niż 6 : l.
4. Dla odkuwek produkowanych przez spęczanie, długość przy spęczaniu nie może być większa niż 1/3 długości przed spęczaniem lub, w przypadku stopnia przekucia co najmniej 1,5:1, większa niż ½ długości przed spęczaniem.

Grubość dowolnej części odkuwki w kształcie tarczy (np. odkuwki koła zębatego) powinna być nie większa niż połowa długości materiału wyjściowego, z którego odkuwka została uformowana metodą spęczania, jeżeli wstępny stopień przekucia materiału wyjściowego będzie nie mniejszy niż 1,5:1.

Jeżeli materiał wyjściowy został odcięty bezpośrednio z wlewka lub jego stopień przekucia jest mniejszy niż 1,5:1, to grubość dowolnej części tarczy powinna być nie większa niż 1/3 długości materiału wyjściowego.

Pierścienie, tuleje itp. rozkuwane odkuwki z otworami powinny być wykonane z materiału wyjściowego mającego wstępnie przebity otwór. Zastępczo, jako materiał wyjściowy, może być zastosowany wlewek z otworem. Grubość ścianki odkuwki powinna być nie większa niż połowa grubości ścianki materiału wyjściowego; w innych przypadkach materiał ten powinien być poddany odpowiedniej przeróbce plastycznej, zapewniającej stopień przekucia nie mniejszy niż 2:1.

**12.2.5** Jeżeli dla pewnych elementów wymagane jest zachowanie przebiegu włókien najbardziej korzystnego ze względu na układ obciążeń podczas pracy, to technologię przeróbki plastycznej należy uzgodnić z PRS, przy czym PRS może wymagać sprawdzenia struktury materiału i kierunku włókien.

**12.2.6** Jeżeli nie uzgodniono inaczej, to operacje cięcia gazowego, czyszczenia ogniowego lub żłobienia elektropowietrznego powinny być wykonane przed końcową obróbką cieplną. W zależności od składu chemicznego i grubości odkuwki, PRS może wymagać wstępnego podgrzania odkuwki przed tymi operacjami.

**12.2.7** Jeżeli dwie lub więcej odkuwek łączy się za pomocą spawania celem uzyskania ostatecznego kształtu wyrobu, to szczegóły tego procesu należy uzgodnić z PRS. W tym przypadku PRS może wymagać przeprowadzenia odpowiednich prób spawalności.

**12.2.8** *Publikacja 74/P Zasady kwalifikowania technologii spawania* zawiera wymagania dotyczące zasad kwalifikowania technologii spawania odkuwek stalowych, które mają być wykorzystane do produkcji elementów konstrukcji kadłuba oraz konstrukcji morskich.

**12.2.9** Spawacze, którzy mają wykonywać spawanie odkuwek stalowych na konstrukcje kadłuba powinni być kwalifikowani zgodnie z *Publikacją 30/P Zasady certyfikowania spawaczy*.

## 12.3 Jakość odkuwek

**12.3.1** Każda odkuwka powinna być pozbawiona wad wewnętrznych i powierzchniowych, uniemożliwiających jej zamierzone zastosowanie.

## 12.4 Skład chemiczny

**12.4.1** Odkuwki należy wykonywać ze stali uspokojonej i o takim składzie chemicznym, który zapewni uzyskanie wymaganych własności mechanicznych.

**12.4.2** Skład chemiczny dla każdego wytopu powinien być określany przez wytwórnię na próbce pobranej najlepiej podczas odlewania. Jeżeli jest wykonywane odlewanie wielokrotne w kolejnych spustach, wówczas należy stosować analizę wytopową.

**12.4.3** Skład chemiczny określony na podstawie analizy wytopowej powinien odpowiadać wymaganiom podanym w tabelach 12.4.3-1 i 12.4.3-2. Według uznania wytwórni mogą być dodawane odpowiednie pierwiastki rozdrabniające ziarno, takie jak aluminium, niob, wanad. Zawartość każdego z tych pierwiastków należy podać w *Świadectwie odbioru*.

**Tabela 12.4.3-1**
**Wartości graniczne składu chemicznego [1] dla odkuwek przeznaczonych na elementy kadłuba [6]**

| Typ stali | Skład chemiczny [%] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C max. | Si max. | Mn | P max. | S max. | Cr [4] max. | Mo [4] max. | Ni [4] max. | Cu [4] max. | Pozostałe składniki łącznie max. |
| Niestopowa | 0,23[2),3)] | 0,45 | 0,30-1,50 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,15 | 0,40 | 0,30 | 0,85 |
| Stopowa | [5)] | 0,45 | [5)] | 0,035 | 0,035 | [5)] | [5)] | [5)] | 0,30 | – |

[1)] Skład chemiczny w % masy, chyba że podany jest zakres.
[2)] Zawartość węgla może być większa, pod warunkiem że równoważnik węgla, CEV, obliczany według poniższego wzoru, jest nie większy niż 0,41%

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

[3)] Zawartość węgla dla odkuwek stalowych niestopowych nieprzeznaczonych na konstrukcje spawane może wynosić maksymalnie 0,65%.
[4)] Pierwiastki brane pod uwagę jako pozostałe.
[5)] Zawartość pierwiastków powinna być uzgodniona z PRS.
[6)] Trzony sterowe i ich czopy powinny być spawalne.

**Tabela 12.4.3-2**
**Wartości graniczne składu chemicznego[1)] dla odkuwek przeznaczonych na elementy maszyn**

| Typ stali | Skład chemiczny [%] | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | C max. | Si max. | Mn | P max. | S max. | Cr [4)] | Mo [4)] | Ni [4)] | Cu [4)] max. | Pozostałe składniki łącznie max. |
| Niestopowa | 0,23[2)3)] | 0,45 | 0,30-1,50 | 0,035 | 0,035 | max. 0,30 | max. 0,15 | max. 0,40 | 0,30 | 0,85 |
| Stopowa[5)] | 0,45 | 0,45 | 0,30-1.00 | 0,035 | 0,035 | min 0,40[6)] | min 0,15[6)] | min 0,40[6)] | 0,30 | – |

[1)] Skład chemiczny w % masy, chyba że podany jest zakres zawartości.
[2)] Zawartość węgla może być zwiększona ponad tą wartość, pod warunkiem że równoważnik węgla, CEV, jest nie większy niż 0,41%.
[3)] Zawartość węgla odkuwek stalowych C oraz C-Mn nie przeznaczonych na konstrukcje spawane może wynosić maksymalnie 0,65.
[4)] Pierwiastki brane pod uwagę jako pozostałe, pokazane są jako minimum.
[5)] Jeśli odkuwki stalowe są przeznaczone na konstrukcje spawane, proponowany skład chemiczny podlega uzgodnieniu z PRS.
[6)] Co najmniej jeden pierwiastek powinien spełniać kryterium minimalnej zawartości.

**12.4.4** Pierwiastki określone w oddzielnych specyfikacjach jako pozostałe składniki nie powinny być celowo dodawane do stali. Zawartość każdego z tych pierwiastków należy podać w *Świadectwie odbioru*.

## 12.5 Stan dostawy

**12.5.1** Odkuwki powinny być poddane obróbce cieplnej celem otrzymania odpowiedniej struktury i uzyskania wymaganych własności mechanicznych. Może to być:

a) W przypadku stali węglowych oraz węglowo-manganowych

- wyżarzanie zupełne,
- normalizowanie,
- normalizowanie i odpuszczanie,
- ulepszanie cieplne.

b) W przypadku stali stopowych
- normalizowanie,
- normalizowanie i odpuszczanie,
- ulepszanie cieplne.

Temperatura odpuszczania dla wszystkich rodzajów stali powinna być nie niższa niż 550°C. Jeżeli odkuwki na koła zębate nie są przeznaczone do utwardzania powierzchniowego, to może być dopuszczone odpuszczanie niskie.

Stan dostawy powinien spełniać wymagania konstrukcyjne i eksploatacyjne. Wytwórnia odpowiada za wybór metody obróbki cieplnej w celu uzyskania wymaganych właściwości mechanicznych.

**12.5.2** Obróbka cieplna powinna być przeprowadzona w piecach, które są wyposażone w urządzenia do kontroli i rejestracji temperatury. Wymiary pieca powinny być takie, aby możliwe było nagrzanie wsadu pieca jednolicie do wymaganej temperatury. Dla bardzo dużych odkuwek dopuszcza się alternatywne metody obróbki cieplnej, uzgodnione z PRS.

**12.5.3** Warunki obróbki cieplnej ustala wytwórca w zależności od składu chemicznego stali, przeznaczenia i wielkości odkuwki, z uwzględnieniem następujących uwag:
- do wsadu pieca winna być dołączona odpowiednia liczba termopar, tak aby możliwe były: pomiar i rejestracja temperatury oraz określenie równomierności rozkładu temperatur**,**
- jeżeli odkuwka jest ponownie przerabiana plastycznie na gorąco, to należy ją poddać ponownej obróbce cieplnej,
- jeżeli odkuwka ma być powierzchniowo hartowana, to szczegóły dotyczące tej operacji podlegają uzgodnieniu z PRS; w tym przypadku PRS może wymagać przeprowadzenia odpowiednich badań kontrolnych celem stwierdzenia, czy proponowany proces utwardzania gwarantuje uzyskanie założonej twardości, grubości warstwy i jednorodnej struktury,
- jeżeli po obróbce mechanicznej przewiduje się hartowanie indukcyjne, azotowanie lub nawęglanie, to odkuwki powinny być poddane odpowiedniej obróbce cieplnej (np. w przypadku wyrobów nawęglanych – wyżarzaniu zupełnemu lub normalizowaniu i odpuszczaniu), która stworzy dobre warunki do dalszej obróbki mechanicznej i utwardzenia powierzchni,
- jeżeli po ostatecznej obróbce cieplnej odkuwka podlega prostowaniu, to należy ją obrobić cieplnie celem usunięcia naprężeń powstałych w odkuwce. W celu uniknięcia negatywnych skutków w odniesieniu do końcowej obróbki cieplnej oraz pozostałej mikrostruktury oraz mechanicznych właściwości odkuwki wytwórnia powinna ściśle kontrolować temperaturę obróbki cieplnej.
- kuźnia ma obowiązek zachowywać zapisy o obróbce cieplnej, identyfikujące zastosowane piece, datę, temperaturę i czas wytrzymania; zapisy te powinny być przedstawione inspektorowi PRS na jego życzenie.

## 12.6 Badania własności mechanicznych

**12.6.1** Odkuwki powinny być przedstawione do odbioru pojedynczo lub partiami.

**12.6.2** Odkuwki o zbliżonych wymiarach i masie, pochodzące z jednego wytopu i poddane obróbce cieplnej w jednym wsadzie, mogą być odbierane jako partia. W tym przypadku dopuszcza się również pobieranie próbek bezpośrednio z odkuwki wchodzącej w skład partii lub z oddzielnego dokutego bloczka o podobnym stopniu przekucia, poddanego obróbce cieplnej jednocześnie z przynależnymi odkuwkami. Z każdej partii odkuwek należy pobrać co najmniej jeden komplet próbek.

**12.6.3** Wielkość odcinka próbnego powinna umożliwiać wycięcie z niego próbek do wymaganych badań i do prób powtórnych. Przekrój poprzeczny odcinka próbnego powinien być nie mniejszy niż przekrój poprzeczny tej części odkuwki, którą odcinek reprezentuje. Z wyjątkiem szczególnych przypadków, odcinki próbne powinny być kute razem z odkuwką. Jeżeli badany materiał pochodzi z oddzielnie kutej odkuwki, to wówczas powinien mieć stopień przekucia podobny do tego, który ma odkuwka podstawowa.

**12.6.4** Komplet próbek do badań powinien składać się z jednej próbki do próby rozciągania i, jeżeli jest to uzgodnione z PRS, z trzech próbek do próby udarności. Próbę udarności przeprowadza się wówczas, gdy:
– jest to podane w warunkach zamówienia,
– odkuwka jest przeznaczona na wał śrubowy z klasą lodową (patrz uwaga 2 w tabeli 12.7.1-2).

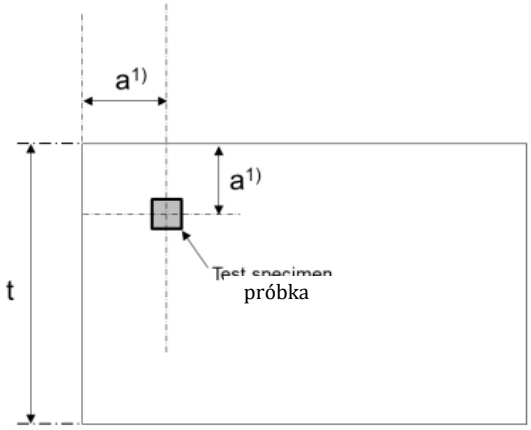
**12.6.5** Badane próbki powinny być wycinane tak, aby ich osie były usytuowane wzdłużnie lub poprzecznie do głównej osi każdego wyrobu. Próbki powinny być w miarę możliwości usytuowane tak, aby odległość od powierzchni odkuwki do najbliższej powierzchni próbki była nie mniejsza niż 0,10 średnicy lub grubości odkuwki.

**12.6.6** Próbki powinny być usytuowane następująco:

**.1** w przypadku odkuwek o grubości $t$ lub średnicy $D$ do 50 mm oś wzdłużna powinna przechodzić w odległości $t/2$ lub $D/2$ poniżej powierzchni poddanych obróbce cieplnej,

**.2** w przypadku odkuwek o grubości $t$ lub średnicy $D$ powyżej 50 mm oś wzdłużna powinna przechodzić w odległości $t/4$ lub $D/4$ (połowa promienia) lub 80 mm poniżej powierzchni obrabianej cieplnie (należy wybrać mniejszą z tych wartości). Oś wzdłużna próbki powinna być umieszczona w odległości od powierzchni poddanej obróbce jak pokazano na Rys. 12.6.6.

**.3** w przypadku odkuwek pierścieniowych lub tarczowych (umieszczenie próbek w przypadku takich odkuwek może być inne w stosunku do odkuwek wydłużonych lub tych o dowolnej formie), próbka poprzeczna powinna być pobrana w odległości t/2 dla grubości $t \leq 25$ oraz 12,5 mm poniżej powierzchni obrabianej dla grubości $t > 25$ mm, zarówno w kierunku pionowym, jak i poziomym. Tam gdzie jest to możliwe, dla grubości $t > 25$ mm, żadna z części materiału próbki nie powinna być pobrana bliżej niż 12,5 mm od powierzchni obrabianej, jak pokazano na Rys. 12.6.6.




[1)] $a$ jest odległością próbki od powierzchni poddanej obróbce cieplnej uwzględniając powyższe **.2** lub **.3**

Fig. 12.6.6

W przypadku gdy wytwórnia może wykazać, że proponowane miejsce lub kierunek pobrania próbki są bardziej reprezentatywne dla wymaganych właściwości mechanicznych elementu, może uzgodnić to z PRS. W takich przypadkach, proces obróbki cieplnej, proponowane miejsce lub kierunek, oraz uzasadnienie techniczne powinny być przedstawione PRS do zatwierdzenia.

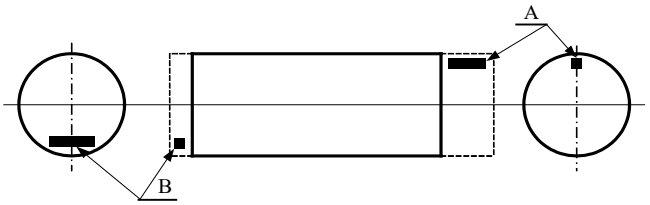
**12.6.7** Poniżej, w podpunktach .1 do .8, podano przykłady typowych odkuwek oraz wymagania dotyczące lokalizacji i liczby próbek do badań odbiorczych; wymagania te nie dotyczą odkuwek opisanych w punkcie 12.6.12.

Próbki usytuowane poprzecznie, stycznie i promieniowo do kierunku włókien w niniejszym rozdziale traktowane są jako próbki poprzeczne.

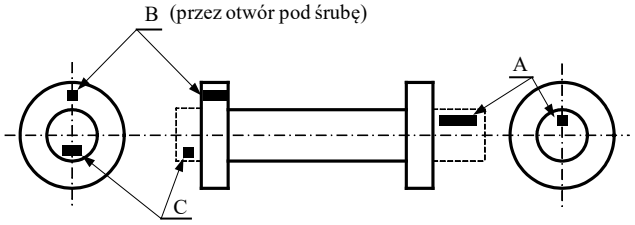
**.1** *Odkuwki wałów, trzonów sterowych, czopów, korbowodów itp. o kształcie wydłużonym*

Z każdej odkuwki należy pobrać 1 komplet próbek wzdłużnych, umiejscowionych według rysunków 12.6.7.1-1, 12.6.7.1-2 lub 12.6.7.1-3 w pozycji A. Po uzgodnieniu z inspektorem PRS może być pobrany komplet próbek poprzecznych według pozycji B, C, lub D, z wyjątkiem próbek pobranych zgodnie z rysunkiem 12.6.7.1-2, pozycja B, które należy traktować jako wzdłużne.

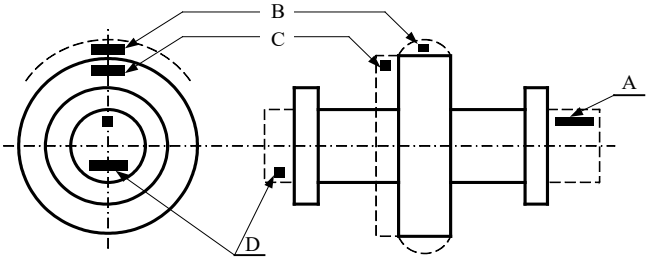
**Uwaga:**
Jeżeli masa odkuwki przekracza 4 t i równocześnie jej długość przekracza 3000 mm, to z odkuwki należy pobrać 2 komplety próbek, po jednym z każdego końca (masa i długość odkuwki w stanie „po kuciu", bez naddatków na próbki).




Rys. 12.6.7.1-1




Rys. 12.6.7.1-2

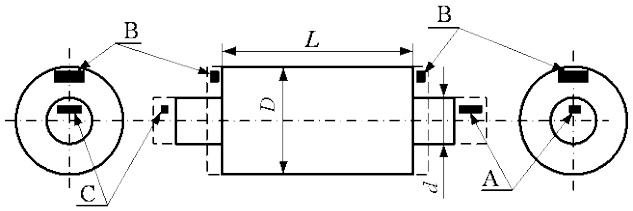



Rys. 12.6.7.1-3

**.2** *Odkuwki zębników*

Jeżeli średnica części uzębionej po obróbce mechanicznej przekracza 200 mm, to z każdej odkuwki należy pobrać 1 komplet próbek poprzecznych, umiejscowionych według rys. 12.6.7.2 w pozycji B, a jeżeli wymiary odkuwki nie pozwalają na pobranie próbek w tej pozycji, to próbki należy pobrać w pozycji C. Z zębników o średnicy nie przekraczającej 200 mm należy pobrać jeden komplet próbek wzdłużnych, jak pokazano na rys. 12.6.7.2 – pozycja A.

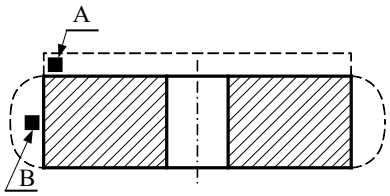
Jeżeli całkowita długość zębnika po obróbce mechanicznej przekracza 1250 mm, to z odkuwki należy pobrać 2 komplety próbek, po jednym z każdego końca.




Rys. 12.6.7.2

**.3** *Odkuwki kół zębatych*

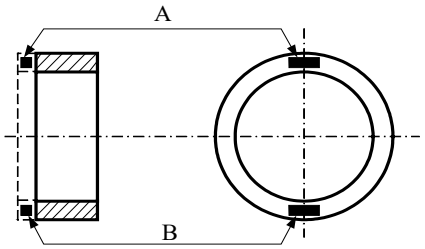
Z każdej odkuwki należy pobrać 1 komplet próbek poprzecznych, jak pokazano na rys.12.6.7.3 – pozycje A lub B.




Rys. 12.6.7.3

**.4** *Odkuwki wieńców kół zębatych* (wytwarzanych metodą rozkuwania)

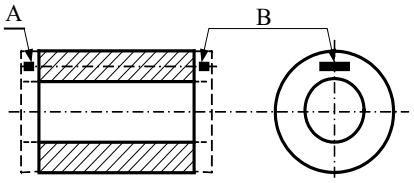
Z każdej odkuwki należy pobrać 1 komplet próbek wzdłużnych, jak pokazano na rys. 12.6.7.4 – pozycja A. Jeżeli średnica zewnętrzna wieńca po obróbce mechanicznej przekracza 2500 mm lub jeżeli masa odkuwki (w stanie „po obróbce cieplnej", z naddatkami na próbki) przekracza 3 t, to należy pobrać 2 komplety próbek, po jednym z przeciwstawnie położonych miejsc, jak pokazano na rys.12.6.7.4 – pozycja A i B.




Rys. 12.6.7.4

**.5** *Odkuwki tulei zębatych*

Z każdej odkuwki należy pobrać 1 komplet próbek poprzecznych, jak pokazano na rys. 12.6.7.5 – pozycja A lub B. Jeżeli długość tulei po obróbce mechanicznej przekracza 1250 mm, to należy pobrać dwa komplety próbek, po jednym z każdego końca.




Rys. 12.6.7.5

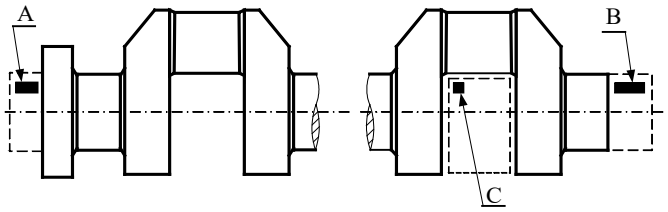
**.6** *Odkuwki ramion wykorbień wałów korbowych składanych*

Z każdej odkuwki należy pobrać 1 komplet próbek poprzecznych (miejsce pobrania należy uzgodnić z PRS).

**.7** *Odkuwki wałów korbowych kutych w całości*

Z każdej odkuwki należy pobrać 1 komplet próbek wzdłużnych, jak pokazano na rys.12.6.7.7 – pozycja A (od strony sprzęgła). Jeżeli masa odkuwki (patrz uwaga na końcu .1) przekracza 3 t, to należy pobrać 2 komplety próbek, po jednym z każdego końca (pozycja A i B).

Jeżeli kształt wykorbienia uzyskuje się metodą obróbki mechanicznej lub cięcia gazowego, to dodatkowo należy pobrać 1 komplet próbek poprzecznych z usuniętego materiału (pozycja C).

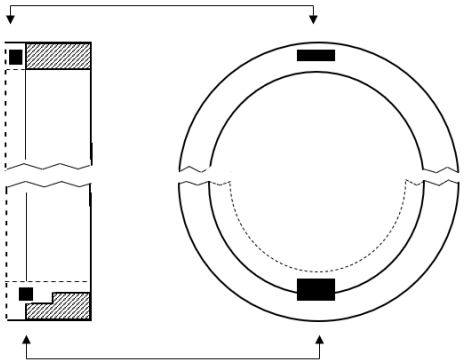



Rys. 12.6.7.7

**.8** *Odkuwki w formie pierścieni (np. pierścieni obrotowych)*

Należy pobrać jeden zestaw próbek z każdej odkuwki w kierunku poprzecznym, jak pokazano na Rys. 12.6.7.8. Jeśli końcowa średnica przekracza 2,5 m lub masa odkuwki (w stanie po obróbce cieplnej z naddatkami na próbki) przekracza 3 tony, należy pobrać dwa zestawy próbek ze skrajnie przeciwnych miejsc.

Przykłady przyjętych
pozycji poprzecznych



Rys. 12.6.7.8

**.9** *Odkuwki wałów korbowych i innych elementów o ściśle określonym kierunku włókien*

Liczbę próbek i ich umiejscowienie należy każdorazowo uzgodnić z PRS.

**12.6.8** Dla odkuwek matrycowych i odkuwek wałów korbowych, w odniesieniu do których mają zastosowanie wymagania punktu 12.2.7, liczbę i usytuowanie próbek należy uzgodnić z PRS, mając na uwadze zastosowaną technologię produkcji.

**12.6.9** Jeżeli po procesie kucia odkuwka zostanie podzielona na pewną liczbę części składowych poddanych obróbce cieplnej w jednym wsadzie, to liczbę próbek uzależnia się od całkowitej długości i masy odkuwki przed podzieleniem na części.

**12.6.10** Odcinki próbne powinny być wycinane z odkuwki po zakończeniu wszystkich operacji obróbki cieplnej; nie dotyczy to odkuwek przeznaczonych do nawęglania, a także innych przypadków, uzgodnionych z PRS.

**12.6.11** Dla odkuwek do nawęglania, jeżeli nie uzgodniono inaczej z PRS, należy przewidzieć (w miejscach określonych w punkcie 12.6.7) odpowiedni naddatek materiału do prób, umożliwiający pobranie próbek do badań wstępnych po procesie kucia i do prób końcowych po zakończeniu nawęglania. W tym przypadku, niezależnie od wymiarów i masy odkuwki, wymaga się pobrania próbek tylko z jednego miejsca.

Z naddatku na próby należy wyciąć odcinek próbny o średnicy równej 1/4 *D* lub 60 mm, w zależności od tego, która wartość jest mniejsza (*D* – średnica części uzębionej, po obróbce mechanicznej).

Odcinek próbny do badań wstępnych w hucie (na życzenie zamawiającego) należy poddać obróbce cieplnej zbliżonej do tej, jaką przewiduje się dla odkuwki, z pominięciem ośrodka nawęglającego.

Odcinek próbny do badań końcowych należy poddać obróbce cieplnej w jednym wsadzie z odkuwkami które reprezentuje, z pominięciem ośrodka nawęglającego.

Według uznania wytwórcy odkuwek lub urządzeń, odcinki próbne o dużym przekroju poprzecznym mogą być poddane procesowi nawęglania, lecz w tym przypadku próbki do badań powinny być obrobione mechanicznie do wymaganych wymiarów, przed końcowym hartowaniem i odpuszczaniem.

Inne sposoby odbioru odkuwek podlegających procesowi nawęglania oraz umiejscowienie próbek w odkuwkach nie wymienionych w 12.6.7.1 do 12.6.7.8 podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

**12.6.12** Odkuwki wyżarzane normalizująco, o masie jednostkowej do 1000 kg, lub ulepszane cieplnie, o masie jednostkowej do 500 kg, mogą być badane w partiach. Partia składa się z odkuwek o podobnych kształtach i wymiarach, wykonanych z tego samego wytopu, obrabianych cieplnie w tym samym wsadzie i z masą ogólną nieprzekraczającą odpowiednio 6 ton dla odkuwek wyżarzanych normalizująco i 3 ton dla odkuwek ulepszanych cieplnie.

**12.6.13** Pręty walcowane o średnicy do 250 mm stosowane zamiast odkuwek mogą być odbierane jako partia.

Partię stanowią:
- odcinki materiału pochodzące z jednego pręta podzielonego na pewną liczbę części składowych i obrobione cieplnie w jednym wsadzie, lub
- pręty o tej samej średnicy, pochodzące z jednego wytopu, obrobione cieplnie w jednym wsadzie i o sumarycznej masie nieprzekraczającej 2,5 t.

**12.6.14** Przygotowanie próbek i procedury stosowane do badań własności mechanicznych powinny być zgodne z odpowiednimi wymaganiami rozdziału 2. Jeżeli nie uzgodniono inaczej, wszystkie badania powinny być prowadzone w obecności inspektora PRS.

## 12.7 Własności mechaniczne

**12.7.1** W zależności od wymaganej minimalnej wytrzymałości na rozciąganie, wyraźna granica plastyczności, wydłużenie procentowe po rozerwaniu i przewężenie procentowe odkuwek ze stali niestopowych i stopowych powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 12.7.1-1 oraz w tabeli 12.7.1-2. Jeżeli proponowana stal ma wytrzymałość na rozciąganie pośrednią w stosunku do podanych niżej, to odpowiednie pozostałe wartości można uzyskać poprzez interpolację liniową. Własności mechaniczne winny być zgodne z wymaganiami podanymi w tabelach 12.7.1-1 i 12.7.1-2 stosownie do wymaganej minimalnej wytrzymałości na rozciąganie lub, jeśli daje się je zastosować, do wymagań uznanej specyfikacji.

**Tabela 12.7.1-1**
**Własności mechaniczne odkuwek stalowych na elementy kadłuba**

| Gatunek stali | $R_m$ min [1] [MPa] | $R_e$ min [MPa] | $A$ min [%] | | $Z$ min [%] | | $KV$ min [J] at 0°C [2] | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | L | T | L | T | L | T |
| Niesto-powa | 400 | 200 | 26 | 19 | 50 | 35 | 27 | 18 |
| | 440 | 220 | 24 | 18 | 50 | 35 | | |
| | 480 | 240 | 22 | 16 | 45 | 30 | | |
| | 520 | 260 | 21 | 15 | 45 | 30 | | |
| | 560 | 280 | 20 | 14 | 40 | 27 | | |
| | 600 | 300 | 18 | 13 | 40 | 27 | | |
| Stopowa | 550 | 350 | 20 | 14 | 50 | 35 | | |
| | 600 | 400 | 18 | 13 | 50 | 35 | | |
| | 650 | 450 | 17 | 12 | 50 | 35 | | |

[1] PRS może wymagać, aby wartości $R_m$ otrzymane podczas badań nie przekraczały wymaganych minimalnych wartości $R_m$ o więcej niż:
120 MPa dla $R_m$ min < 600 MPa
150 MPa dla $R_m$ min ≥ 600 Mpa.

[2] Szczególnemu rozpatrzeniu można poddać alternatywne wymagania dotyczące próby udarności Charpy V, w zależności od konstrukcji i zastosowania i po uzgodnieniu z PRS.

**Tabela 12.7.1-2**
**Własności mechaniczne odkuwek stalowych na elementy maszynowe** [2]

| Gatunek stali | $R_m$ min [1] [MPa] | $R_e$ min [MPa] | $A$ min [%] | | $Z$ min [%] | | Twardość [3] $HB$ | KV min. [J] [2][4] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | L | T | L | T | | Temp. próby | L | T |
| Niesto-powa | 400 | 200 | 26 | 19 | 50 | 35 | 110-150 | AT [5] | 27 | 18 |
| | 440 | 220 | 24 | 18 | 50 | 35 | 125-160 | | | |
| | 480 | 240 | 22 | 16 | 45 | 30 | 135-175 | | | |
| | 520 | 260 | 21 | 15 | 45 | 30 | 150-185 | | | |
| | 560 | 280 | 20 | 14 | 40 | 27 | 160-200 | | | |
| | 600 | 300 | 18 | 13 | 40 | 27 | 175-215 | | | |
| | 640 | 320 | 17 | 12 | 40 | 27 | 185-230 | | | |
| | 680 | 340 | 16 | 12 | 35 | 24 | 200-240 | | | |
| | 720 | 360 | 15 | 11 | 35 | 24 | 210-250 | | | |
| | 760 | 380 | 14 | 10 | 35 | 24 | 225-265 | | | |
| Stopowa | 600 | 360 | 18 | 14 | 50 | 35 | 175-215 | | | |
| | 700 | 420 | 16 | 12 | 45 | 30 | 205-245 | | | |

| Gatunek stali | $R_m$ min [1] [MPa] | $R_e$ min [MPa] | $A$ min [%] | | $Z$ min [%] | | Twardość [3] *HB* | KV min. [J] [2)4)] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | L | T | L | T | | Temp. próby | L | T |
| | 800 | 480 | 14 | 10 | 40 | 27 | 235-275 | | | |
| | 900 | 630 | 13 | 9 | 40 | 27 | 260-320 | | | |
| | 1000 | 700 | 12 | 8 | 35 | 24 | 290-365 | | | |
| | 1100 | 770 | 11 | 7 | 35 | 24 | 320-385 | | | |

1) PRS może wymagać, aby wartości $R_m$ otrzymane podczas badań nie przekraczały wymaganych minimalnych wartości $R_m$ o więcej niż:
150 MPa dla $R_m$ min < 900 MPa; 200 MPa dla $R_m$ min ≥ 900 MPa.

2) W przypadku materiałów zastosowanych na urządzenia maszynowe na które oddziaływuje temperatura wody morskiej, takich jak wały śrubowe oraz śruby wałów, przeznaczone na statki z klasami lodowymi IA Super, IA, IB, IC, badanie udarności Charpy V dla wszystkich gatunków stali powinno być przeprowadzane w temperaturze –10°C, a średnia wartość pracy łamania dla próbek wzdłużnych powinna wynosić minimum 27 J. Jeden z wyników może być mniejszy od wartości wymaganej, ale nie mniej niż o 30%.

3) Wartości twardości podano jedynie jako typowe wartości orientacyjne.

4) Szczególnemu rozpatrzeniu można poddać alternatywne wymagania dotyczące próby udarności Charpy V, w zależności od konstrukcji i zastosowania i po uzgodnieniu z PRS.

5) AT odnosi się do temperatur otoczenia (tj. +23°C±5°C), zgodnie z ISO 148-1:2016.

**12.7.2** Jeżeli PRS wymaga określenia twardości odkuwek, to próba ta powinna odpowiadać następującym warunkom:

– w przypadku kół zębatych pomiar twardości należy przeprowadzić, po całkowitej obróbce cieplnej, w czterech miejscach rozmieszczonych równomiernie na obwodzie koła, na którym zostaną nacięte zęby; jeżeli średnica koła zębatego po obróbce mechanicznej przekracza 2500 mm, to liczba miejsc pomiaru twardości powinna być zwiększona do ośmiu; jeżeli jednak szerokość wieńca zębatego przekracza 1250 mm, to pomiary twardości należy wykonać po obu stronach wieńca koła, po osiem na każdej stronie;
– w przypadku małych odkuwek wałów korbowych i kół zębatych, odbieranych jako partia, należy dokonać co najmniej jednego pomiaru twardości na każdej odkuwce;
– w przypadku odkuwek poddanych hartowaniu indukcyjnemu, azotowaniu lub nawęglaniu, wyniki pomiarów twardości powinny odpowiadać danym zawartym w zatwierdzonej dokumentacji.

**12.7.3** Jeżeli wyniki próby rozciągania nie spełniają wymagań *Przepisów,* to wówczas powinny być przeprowadzone badania powtórne, zgodnie z postanowieniami podrozdziału 2.3.

**12.7.4** Badania dodatkowe wymienione w punkcie 12.7.3 powinny być wykonane najlepiej na próbkach z materiału przylegającego do próbek pierwotnych, ale nie dla takiego samego usytuowania próbek lub odcinków próbnych.

**12.7.5** Jeżeli odkuwka lub partia odkuwek nie odpowiada wymaganiom *Przepisów*, to według uznania wytwórcy odkuwki te mogą być poddane powtórnej obróbce cieplnej i ponownie poddane badaniom odbiorowym.

### 12.8 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

**12.8.1** Wszystkie odkuwki powinny być przedstawione do pełnej kontroli wizualnej wszystkich dostępnych powierzchni przez wytwórnie i udostępnione inspektorowi PRS. Jeżeli jest to możliwe, powinna ona obejmować badania powierzchni wewnętrznych i otworów. Jeżeli nie uzgodniono inaczej, to za kontrolę wymiarów jest odpowiedzialny wytwórca.

**12.8.2** Jeżeli jest to wymagane przez *Przepisy* lub uznaną technologię spawania elementów składowych (patrz punkt 12.2.7), to przed odbiorem powinny być przeprowadzone badania nieniszczące, zaś wyniki powinny być zaprotokołowane przez wytwórcę.

**12.8.3** Jeżeli jest to wymagane przez odpowiednie *Przepisy* należy przeprowadzić badanie ultradźwiękowe odkuwek po ich wyszlifowaniu do stanu odpowiedniego do tego typu badania oraz po końcowej obróbce cieplnej. Tam gdzie to odpowiednie do kształtu i wymiarów badanej odkuwki należy wykonać zarówno badanie wzdłuż promienia, jak i wzdłuż osi.

**12.8.4** Metoda i zakres inspekcji, badania nieniszczące oraz kryteria akceptacji powinny być uzgodnione z PRS. Publikacja 70/P uznawana jest za przykład akceptowalnego standardu. W przypadku odkuwek produkowanych masowo, zakres badań powinien być uzgodniony z PRS.

**12.8.5** Jeśli nie uzgodniono inaczej, badania mogą być przeprowadzone przez wytwórnię, jednak inspektor PRS może życzyć sobie obecności w czasie prób w celu zweryfikowania czy badania prowadzone są zgodnie z uzgodnioną procedurą.

**12.8.6** Jeśli odkuwkę dostarczono w stanie “po kuciu” do szlifowania w innych zakładach, wytwórnia powinna zapewnić wykonanie odpowiednich badań ultradźwiękowych w celu zweryfikowania wewnętrznego stanu odkuwki.

**12.8.7** Jeśli zastosowano zaawansowane metody badania ultradźwiękowego, takie jak PAUT lub TOFD, przy ustalaniu ogólnego podejścia w zastosowaniu takich metod należy odnieść się do *Publikacji 80/P*. W takich przypadkach, poziomy akceptacji dotyczące kryteriów przyjęcia/odrzucenia mogą być zgodne z odpowiednim rozdziałem *Publikacji 70/P*.

**12.8.8** Jeżeli jest to wymagane w uznanych warunkach dla powierzchniowo hartowanych odkuwek, to w tym samym czasie powinny być wytworzone dodatkowe odcinki próbne. Te odcinki próbne powinny być następnie podzielone w celu określenia twardości, rozkładu i głębokości strefy lokalnego zahartowania i ich zgodności z wymaganiami uznanej specyfikacji.

**12.8.9** W przypadku gdy jakaś odkuwka podczas obróbki mechanicznej lub prób okaże się wadliwa, to należy ją odrzucić niezależnie od całej poprzedzającej procedury odbioru.

## 12.9 Naprawa uszkodzonych odkuwek

**12.9.1** Dopuszcza się wady powierzchniowe, jeżeli mieszczą się one w granicach naddatków na obróbkę mechaniczną. Niewielkie wady powierzchniowe, wykryte podczas oględzin lub badań nieniszczących, mogą być usunięte metodą szlifowania lub dłutowania i szlifowania. Całkowite usunięcie tych wad należy sprawdzić za pomocą badań magnetycznych lub penetracyjnych.

**12.9.2** Naprawa wad za pomocą spawania w przypadku odkuwek, z wyjątkiem tych które są poddawane naprężeniom zmęczeniowym, takich jak odkuwki na wały korbowe, jest możliwa po każdorazowym uzgodnieniu z PRS takiej naprawy. W takich przypadkach należy przedstawić PRS do zatwierdzenia szczegóły dotyczące zakresu i miejsca naprawy, proponowanej technologii spawania, obróbki cieplnej i późniejszych procedur inspekcji. Miejsca podlegające naprawie i wyniki kontroli należy uwidocznić na rysunku lub szkicu odkuwki.

**12.9.3** Wady mogą być usunięte pod warunkiem, że zostaną zachowane wymiary części. Uzyskane wyżłobienia powinny mieć promień zaokrąglenia dna równy w przybliżeniu co najmniej trzykrotnej wartości głębokości wyżłobienia i powinny być połączone z powierzchnią w taki sposób, aby nie było ostrych krawędzi.

**12.9.4** Producent odkuwek jest zobowiązany do zachowania zapisów o naprawie i późniejszych badaniach nieniszczących dla każdej naprawianej odkuwki. Zapisy powinny być przedstawione inspektorowi PRS na jego żądanie.

## 12.10 Identyfikacja odkuwek

**12.10.1** Wytwórca powinien posiadać system identyfikacji, który umożliwi dla gotowych odkuwek określenie pierwotnego wytopu materiału. Wytwórca powinien udostępnić inspektorowi PRS wszelkie dane, umożliwiające określenie pochodzenia materiału.

**12.10.2** Jeżeli małe odkuwki są wytwarzane w dużych ilościach, to wówczas zmodyfikowany system identyfikacji powinien być oddzielnie uzgodniony z PRS.

## 12.11 Cechowanie

Cechowanie odkuwek stalowych powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9. PRS może wymagać podania następujących danych:

**.1** kategoria stali,
**.2** numer wytopu, numer partii lub inne cechy, które mogą umożliwić prześledzenie pełnej historii wytwarzania odkuwki,
**.3** nazwę lub markę wytwórni,
**.4** ciśnienie próbne, tam gdzie ma to zastosowanie,
**.5** datę końcowej inspekcji,
**.6** numer świadectwa odbioru PRS,
**.7** pieczęć PRS.

## 12.12 Świadectwo odbioru

Dla odkuwek stalowych PRS wystawia *Świadectwo odbioru* zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8. W *Świadectwie odbioru*, poza danymi określonymi w podrozdziale 1.8, powinny znaleźć się następujące informacje:

**.1** *wyniki badań nieniszczących, jeśli były wykonane,*
**.2** parametry obróbki cieplnej, włącznie z temperaturą i czasem wygrzewania.

# 13 ODLEWY ZE STALIWA

## 13.1 Odlewy elementów kadłuba statku i maszyn okrętowych ze staliwa węglowego

### 13.1.1 Wymagania ogólne

**13.1.1.1** Odlewy części ważnych, podlegające nadzorowi PRS, zgodnie z postanowieniami zawartymi w *Przepisach*, powinny być wytwarzane i badane według poniższych wymagań.

**13.1.1.2** Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do odlewów ze staliwa węglowego, węglowo-manganowego i stali stopowej, które mają być wytwarzane przez spawanie, oraz kategorii nie przeznaczonych do spawania.

**13.1.1.3** Dodatkowe wymagania mogą być niezbędne w odniesieniu do odlewów przeznaczonych do pracy w obniżonej lub podwyższonej temperaturze, np. na statki z klasami lodowymi lub na kotły. Dodatkowe wymagania będą zwykle niezbędne w odniesieniu do odlewów przeznaczonych na jednostki offshore, w zależności od stosowanej temperatury eksploatacyjnej i środowiska.

**13.1.1.4** Podobnie, mogą być akceptowane odlewy stalowe węglowe lub węglowo-manganowe oraz ze stali stopowej, które spełniają specyfikacje techniczne lub właścicielskie, jeśli takie specyfikacje są w sposób uzasadniony równoważne powyższym wymaganiom lub są w inny sposób specjalnie zatwierdzone lub wymagane przez PRS.

### 13.1.2 Wytwarzanie

**13.1.2.1** Odlewy mogą być wytwarzane tylko przez wytwórnie uznane przez PRS i według technologii uzgodnionej z PRS.

**13.1.2.2** Operacje cięcia gazowego, oczyszczania palnikiem lub żłobienia elektropowietrznego powinny być przeprowadzone zgodnie z uznaną dobrą praktyką i powinny być wykonane przed końcową obróbką cieplną. Podgrzewanie wstępne może być zastosowane, jeżeli jest to konieczne z uwagi na skład chemiczny i/lub grubość odlewu. W razie potrzeby strefy wpływu ciepła powinny być obrobione mechanicznie lub wygładzone poprzez szlifowanie.

**13.1.2.3** Dla ważnych części składowych, włączając w to odlewy ze staliwa podlegające procesowi hartowania powierzchniowego, proponowana metoda wytwarzania wymaga specjalnego uzgodnienia z PRS.

**13.1.2.4** Jeżeli dwa lub więcej odlewów łączy się za pomocą spawania celem uzyskania ostatecznego kształtu wyrobu, to technologia spawania powinna być zatwierdzona zgodnie z Publikacją 74/P, a spawacze kwalifikowani zgodnie z Publikacją 30/I.

### 13.1.3 Jakość odlewów

Każdy odlew powinien być pozbawiony wad wewnętrznych i powierzchniowych, uniemożliwiających jego zamierzone zastosowanie. Wykończenie powierzchni powinno być wykonane zgodnie z zasadami dobrej praktyki i wymaganiami określonymi w uznanym planie kontroli jakości.

### 13.1.4 Skład chemiczny

**13.1.4.1** Odlewy staliwne należy wykonywać ze staliwa uspokojonego i o takim składzie chemicznym, który zapewni uzyskanie wymaganych własności mechanicznych.

**13.1.4.2** Skład chemiczny dla każdego wytopu powinien być określony przez wytwórnię na odcinkach próbnych, pobieranych najlepiej podczas zalewania formy. Jeżeli jest wykonywane odlewanie wielokrotne w kolejnych spustach, wówczas należy stosować analizę wytopową.

**13.1.4.3** Skład chemiczny powinien odpowiadać wymaganiom dotyczącym ogólnych wartości granicznych podanych w tabelach 13.1.4.3-1 oraz 13.1.4.3-2, odpowiednio, lub tam gdzie ma to zastosowanie, wymaganiom zatwierdzonej specyfikacji.

**Tabela 13.1.4.3-1**
**Wartości graniczne składu chemicznego odlewów ze staliwa przeznaczonych na elementy kadłuba i części maszyn, [%] masy (stale węglowe i węglowo-manganowe)**

| Typ staliwa | Zastosowanie staliwa | C max. | Si max. | Mn | S max. | P max. | Pozostałe pierwiastki, max. | | | | Pozostałe pierwiastki łącznie max. |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Cu | Cr | Ni | Mo | |
| Stale węglowe i węglowo-manganowe | Odlewy na konstrukcje niespawane | 0,40 | 0,60 | 0,50÷1,60 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,30 | 0,40 | 0,15 | 0,80 |
| | Odlewy na konstrukcje spawane | 0,23 | 0,60 | 0.50÷1.60 | 0,035 | 0,035 | 0,30 | 0,30 | 0,40 | 0,15 | 0,80 |

**Tabela 13.1.4.3-2**
**Wartości graniczne składu chemicznego odlewów ze staliwa przeznaczonych na elementy kadłuba i części maszyn, [%] masy (stale stopowe)**

| Typ staliwa | Zastosowanie staliwa | C max. | Si max. | Mn | S max. | P max. | Składniki stopowe [1], min. | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | | | Cu | Cr | Ni | Mo |
| Stale węglowe i węglowo-manganowe | Odlewy na konstrukcje niespawane | 0,45 | 0,60 | 0,50÷1,60 | 0,030 | 0,035 | 0,30 | 0,40 | 0,40 | 0,15 |
| | Odlewy na konstrukcje spawane | Wartości składników stopowych podlegają uzgodnieniu z PRS | | | | | | | | |
| 1) Co najmniej jeden ze składników powinien spełniać warunek minimalnej zawartości | | | | | | | | | | |

**13.1.4.4** Składniki stopowe wpływające na drobnoziarnistość struktury mogą być dodawane według uznania wytwórcy lub po uzgodnieniu z PRS.

### 13.1.5 Stan dostawy

**13.1.5.1** Odlewy staliwne powinny być poddane obróbce cieplnej celem otrzymania odpowiedniej struktury i uzyskania wymaganych własności mechanicznych. Odlewy mogą być dostarczane w jednym z poniższych stanów dostawy:

a) stale węglowe i węglowo-manganowe
   - wyżarzanie zupełne,
   - normalizowanie,
   - normalizowanie i odpuszczanie,
   - ulepszanie cieplne.

b) stale stopowe
   - normalizowanie,
   - normalizowanie i odpuszczanie,
   - ulepszanie cieplne.

Dla wszystkich rodzajów stali, temperatura odpuszczania nie powinna być niższa od 550°C.

Stan dostawy powinien spełniać wymagania konstrukcyjne i eksploatacyjne. Wytwórnia odpowiada za wybór metody obróbki cieplnej w celu uzyskania wymaganych właściwości mechanicznych.

**13.1.5.2** Wyżarzanie odprężające części, które powinny charakteryzować się dużą stabilnością wymiarową i małymi naprężeniami wewnętrznymi (np. wały korbowe, ramy fundamentowe itp.) należy przeprowadzać w temperaturze nie niższej niż 550°C, przy czym odlew do temperatury 300°C powinien być studzony razem z piecem.

**13.1.5.3** Obróbka cieplna powinna być przeprowadzona w piecach, które są wyposażone w urządzenia do kontroli i rejestracji temperatury. Wymiary pieca powinny być takie, aby możliwe było nagrzanie wsadu pieca jednolicie do wymaganej temperatury. Dla bardzo dużych odlewów dopuszcza się alternatywne metody obróbki cieplnej, uzgodnione z PRS. Do wsadu pieca powinna być dołączona odpowiednia liczba termopar, tak aby możliwe były: pomiar i rejestracja temperatury oraz określenie równomierności rozkładu temperatur.

**13.1.5.4** Jeżeli po zakończonej obróbce cieplnej odlew poddany został nagrzewaniu lub prostowaniu, to PRS może wymagać przeprowadzenia wyżarzania odprężającego celem usunięcia naprężeń. Wytwórnia powinna poddawać ścisłej kontroli temperaturę w celu uniknięcia negatywnych skutków dla końcowej obróbki cieplnej oraz powstałej mikrostruktury i mechanicznych właściwości odlewu.

**13.1.5.5** Odlewnia ma obowiązek zachowywać zapisy o obróbce cieplnej, identyfikujące zastosowane piece, datę, temperaturę i czas wytrzymania; zapisy te powinny być przedstawione inspektorowi PRS na jego żądanie.

### 13.1.6 Badania własności mechanicznych

**13.1.6.1** Materiał do badań umożliwiający przeprowadzenie wymaganych prób i ewentualnych prób powtórnych powinien być pobrany z każdego odlewu lub partii odlewów.

**13.1.6.2** Odlewy podobnego kształtu i wymiarów, pochodzące z jednego wytopu i razem obrobione cieplnie, mogą być odbierane jako partia. W tym przypadku próbki do badań mogą być odlane oddzielnie lub można je pobrać bezpośrednio z odlewu wchodzącego w skład partii.

**13.1.6.3** Dla każdego odlewu lub partii odlewów należy przewidzieć co najmniej jeden blok próbny. Bloki do badań mogą być pobierane bezpośrednio z odlewu, ze specjalnych nadlewów przylanych do odlewu lub odlewane oddzielnie.

**13.1.6.4** Producent powinien zapewnić, na ile to możliwe, blok testowy o długości 30 mm, przylany do odlewu lub pobrany bezpośrednio z odlewu (patrz Uwaga 1).

**Uwaga 1:** Wyniki próby reprezentują materiał odlewu oraz późniejszy proces obróbki cieplnej, ale nie muszą odzwierciedlać właściwości odlewu. Na właściwości te mogą mieć wpływ warunki krzepnięcia oraz szybkość chłodzenia podczas obróbki cieplnej, które z kolei zależą od grubości, rozmiarów, złożoności oraz kształtu odlewu. Blok testowy powinien służyć do sprawdzenia jakościowego wykazującego skuteczną kontrolę bieżących procesów i procedur obróbki cieplnej.

W przypadku odlewów, gdzie wymagane jest aby właściwości mechaniczne były wykazywane dla określonych grubości odcinków oraz gdy zostało to uzgodnione pomiędzy producentem oraz klientem, wówczas propozycje (patrz Uwaga 2) dotyczące alternatywnych układów bloków testowych (w zakresie rozmiaru oraz typu) powinny być przedstawione PRS do zatwierdzenia.

**Uwaga 2:** Rozmiary bloków do prób mechanicznych powinny pozwalać na to, aby parametry obróbki cieplnej oraz mikrostruktury odcinka odlewu odpowiadały parametrom odcinka wiodącego, tzn. odcinka do którego mają zastosowanie określone właściwości mechaniczne. Patrz także ISO 4885,2018; ISO683-1:2016 oraz ISO 683-2: 2016.

Alternatywnie, ustalanie rozmiaru oraz typu bloku testowego można przeprowadzać z wykorzystaniem analizy historycznych oraz statystycznych danych z prób, produkcji reprezentatywnego bloku testowego lub komponentu, oprogramowania symulacyjnego lub wszystkich wymienionych elementów łącznie.

**13.1.6.5** Jeżeli masa odlewu w stanie oczyszczonym przekracza 10 t lub jeżeli kształt odlewu jest skomplikowany, to należy pobrać co najmniej 2 bloki próbek z najcięższego odcinka, z miejsc położonych jak najdalej nawzajem od siebie. Jeżeli do wykonania jednego odlewu potrzebny jest metal

z więcej niż jednej kadzi, to komplet bloków próbek do badań należy pobrać z każdej kadzi. Powinny one być pobierane bezpośrednio z odlewu lub ze specjalnych nadlewów przylanych do odlewu, z miejsc maksymalnie od siebie oddalonych.

**13.1.6.6** Dla odlewów, w odniesieniu do których mają zastosowanie wymagania punktu 13.1.2.3, liczbę i usytuowanie bloków próbnych należy uzgodnić z PRS, mając na uwadze zastosowaną technologię produkcji.

**13.1.6.7** Jeżeli z jednego wytopu wytworzone są odlewy o masie jednostkowej poniżej 1000 kg, o zbliżonych kształtach i takiej samej obróbce cieplnej, to procedura badań partii może być przyjęta podobnie jak w punkcie 13.1.6.3, z użyciem oddzielnie odlanych bloków próbnych o odpowiednich wymiarach. Z każdej partii powinien być pobrany co najmniej jeden blok próbny.

**13.1.6.8** Bloki próbne powinny być oznakowane i oddzielone od odlewu po zakończeniu wszystkich operacji obróbki cieplnej.

**13.1.6.9** Z każdego bloku próbnego należy wyciąć co najmniej jedną próbkę do próby rozciągania oraz jeden zestaw próbek do próby udarnościowej.

**13.1.6.10** Przygotowanie próbek i procedury stosowane do badań własności mechanicznych powinny być zgodne z odpowiednimi wymaganiami rozdziału 2. Jeżeli nie uzgodniono inaczej, wszystkie badania winny być prowadzone w obecności inspektora PRS.

### 13.1.7 Własności mechaniczne

**13.1.7.1** W zależności od wymaganej minimalnej wytrzymałości na rozciąganie, wyraźna granica plastyczności, wydłużenie procentowe po rozerwaniu, przewężenie procentowe oraz wartości pracy łamania odlewów stalowych powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabelach 13.1.7.1-1 oraz 13.1.7.1-2. Jeżeli proponowane staliwo ma wytrzymałość na rozciąganie pośrednią w stosunku do podanych niżej, to odpowiednie pozostałe wartości można uzyskać poprzez interpolację liniową.

**Tabela 13.1.7.1-1**
**Własności mechaniczne odlewów ze stali przeznaczonych na spawane odlewy (wartości minimalne)**

| Gatunek staliwa | $R_m$ [1] [MPa] | $R_e$ [MPa] | $A$ [%] | $Z$ [%] | Próba udarności Charpy V [2] | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Temp. próby [°C] | $KV$ [J] |
| 200-400 | 400 | 200 | 25 | 40 | 0 | 27 |
| 220-440 | 440 | 220 | 22 | 30 | | |
| 240-480 | 480 | 240 | 20 | 27 | | |
| 260-520 | 520 | 260 | 18 | 25 | | |
| 280-560 | 560 | 280 | 15 | 20 | | |
| 300-600 | 600 | 300 | 13 | 20 | | |
| Stop | 550 | 355 | 18 | 30 | 0 | 27 |
| | 600 | 400 | 16 | 30 | | |
| | 650 | 450 | 14 | 30 | | |
| | 700 | 540 | 12 | 28 | | |

[1] PRS może wymagać, aby wartości $R_m$ otrzymane podczas badań nie przekraczały wymaganych minimalnych wartości $R_m$ o więcej niż 150 MPa.

[2] Szczególnemu rozpatrzeniu można poddać wymagania alternatywne dotyczące próby udarności Charpy V, w zależności od konstrukcji i zastosowania i po uzgodnieniu z PRS.

**Tabela 13.1.7.1-2**
**Własności mechaniczne odlewów ze stali przeznaczonych na niespawane odlewy urządzeń maszynowych (wartości minimalne)**

| Gatunek staliwa | $R_m$ [1] [MPa] | $R_e$ [MPa] | $A$ [%] | $Z$ [%] | Próba udarności Charpy V [2] | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | Temp. próby [°C] | Temp. próby [°C] |
| 200-400 | 400 | 200 | 25 | 40 | 0 | 27 |
| 220-440 | 440 | 220 | 22 | 30 | | |
| 240-480 | 480 | 240 | 20 | 27 | | |
| 260-520 | 520 | 260 | 18 | 25 | | |
| 280-560 | 560 | 300 | 15 | 20 | | |
| 300-600 | 600 | 320 | 13 | 20 | | |
| Stop | 550 | 340 | 16 | 35 | 0 | 27 |
| | 600 | 400 | 16 | 35 | | |
| | 650 | 450 | 14 | 32 | | |
| | 700 | 540 | 12 | 28 | | |

1) PRS może wymagać, aby wartości $R_m$ otrzymane podczas badań nie przekraczały wymaganych minimalnych wartości $R_m$ o więcej niż 150 MPa.
2) Szczególnemu rozpatrzeniu można poddać wymagania alternatywne dotyczące próby udarności Charpy V, w zależności od konstrukcji i zastosowania i po uzgodnieniu z PRS.
3) AT odnosi się do temperatury otoczenia (tj. 23°C±5°C) zgodnie z ISO 148-1:2016.

**13.1.7.2** Własności mechaniczne powinny być zgodne z wymaganiami podanymi w tabelach 13.1.7.1-1 oraz 13.1.7.1-2, stosownie do wymaganej minimalnej wytrzymałości na rozciąganie lub, jeśli daje się je zastosować, do wymagań uznanej specyfikacji.

**Uwaga 3: Patrz także punkt 13.1.6.4.**

**13.1.7.3** Jeżeli wyniki próby rozciągania nie spełniają wymagań Przepisów, to wówczas powinny być przeprowadzone badania powtórne, zgodnie z postanowieniami podrozdziału 2.3.

**13.1.7.4** Badania powtórne wymienione w punkcie 13.1.7.3 powinny być wykonane najlepiej na próbkach z tego samego odcinka próbnego. Jeżeli nie ma możliwości wykonania próbek do badań powtórnych z tego samego odcinka próbnego, to należy wybrać inny odcinek próbny reprezentatywny dla odlewu lub partii odlewów.

**13.1.7.5** Jeżeli odlew lub partia odlewów nie odpowiada wymaganiom *Przepisów*, to według uznania wytwórcy odlewy te mogą być poddane powtórnej obróbce cieplnie i ponownie poddane badaniom odbiorczym.

### 13.1.8 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

**13.1.8.1** Każdy odlew powinien być oczyszczony i odpowiednio przygotowany do sprawdzenia z wykorzystaniem odpowiednich metod, włączając trawienie, ługowanie, użycie szczotek drucianych, miejscowe szlifowanie, śrutowanie. Powierzchnie nie powinny być młotkowane lub obrabiane w taki sposób, który uniemożliwia rozpoznanie wad.

**13.1.8.2** Przed odbiorem wszystkie odlewy powinny być przedstawione inspektorowi PRS do kontroli wizualnej. Jeżeli jest to możliwe, powinna ona obejmować badania powierzchni wewnętrznych. Jeżeli nie uzgodniono inaczej, to za kontrolę wymiarów jest odpowiedzialny wytwórca.

**13.1.8.3** Jeżeli wymagają tego *Przepisy* lub uznana technologia spawania elementów składowych (patrz pkt. 13.1.2.4), to przed odbiorem powinny być przeprowadzone badania nieniszczące, zaś wyniki powinny być podane przez wytwórcę. Zasady oraz wymagania dotyczące badań nieniszczących odlewów staliwnych przeznaczonych na konstrukcję kadłuba są podane w *Publikacji 71/P – Badania nieniszczące odlewów staliwnych stosowanych na elementy kadłuba.*

**13.1.8.4** Jeżeli wymagają tego odpowiednie rozdziały *Przepisów*, to przed końcowym odbiorem odlewy powinny być poddane próbom ciśnieniowym. Próby te powinny być przeprowadzone w obecności inspektora PRS.

**13.1.8.5** W przypadku, gdy jakiś odlew podczas obróbki mechanicznej lub prób okaże się wadliwy, to należy go odrzucić, niezależnie od całej poprzedzającej procedury odbioru.

### 13.1.9 Naprawa uszkodzonych odlewów

**13.1.9.1** Wytwórnia powinna sprawować dokładne kontrole wszystkich operacji naprawy odlewów, ze względu na ich wymiary, obróbkę cieplną, kontrolę jakości.

**13.1.9.2** W przypadku gdy odlewy stalowe, z których usunięto wady, mają być użyte z naprawą spoin lub bez niej, konieczne jest uzyskanie zatwierdzenia PRS.

**13.1.9.3** Wady oraz nieakceptowalne wskazania powinny być naprawiane jak podano poniżej. Wadliwe części materiału mogą być usuwane przez szlifowanie, lub poprzez dłutowanie i szlifowanie lub żłobienie powietrzno-łukowe i szlifowanie. Metody termiczne usuwania metalu mogą być dozwolone jedynie przed końcową obróbką cieplną. Wszystkie żłobienia powinny być wykonane przy promieniu dna wynoszącym około trzykrotną głębokość rowka i powinny przechodzić łagodnie w powierzchnię metalu zachowując jego wykończenie.

**13.1.9.4** Po naprawie odlewu należy wykonać badanie nieniszczące zgodnie z 13.1.8.3.

**13.1.9.5** W przypadku gdy obszar wadliwy ma być naprawiany przez spawanie, należy zadbać o odpowiedni kształt żłobień, aby ułatwić dostęp w celu spawania. Powstałe rowki powinny być odpowiednio gładko wyszlifowane, a następnie należy zweryfikować całkowite usunięcie wadliwego materiału poprzez badanie MT lub PT.

**13.1.9.6** Płytkie rowki lub obniżenia powstałe po usunięciu wad mogą być akceptowane, jeśli nie spowodują nieakceptowalnego zmniejszenia wytrzymałości odlewu lub nie będą miały wpływu na zamierzone jego użycie, a głębokość usunięcia wady nie przekroczy 15 mm lub 10% grubości ściany, przyjmując wartość mniejszą. Powstałe rowki lub zagłębienia powinny być następnie wyszlifowane do gładkości, a następnie należy zweryfikować całkowite usunięcie wadliwego materiału poprzez badanie MT lub PT. Małe nieregularności powierzchni uszczelnione spawaniem należy traktować jako naprawę spoin, patrz 13.1.9.7.

### 13.1.9.7 Naprawa spoin

Oprócz wymagań podanych w 13.1.9.1÷13.1.9.6, naprawy spoin dotyczą następujące wymagania:

**13.1.9.7.1** W przypadku odlewów ze stali węglowej oraz węglowo-manganowej, naprawy spoin powinny być odpowiednio sklasyfikowane jako duże lub małe. W przypadku odlewów ze stali stopowej, naprawa wymaga zatwierdzenia PRS.

Naprawy duże to takie, gdy:
- głębokość naprawy przekracza 25% grubości ściany lub 25 mm, przyjmując wartość mniejszą, lub
- całkowita powierzchnia spoiny na odlewie przekracza 0,125 $m^2$ powierzchni, przy czym tam gdzie odległość pomiędzy dwiema spoinami jest mniejsza od ich przeciętnej szerokości, powinny być one uznawane za jedną spoinę.

Naprawy spoin nie klasyfikowane jako duże są uznawane jako małe i nie wymagają wykonania zgodnie z kwalifikowaną technologią spawania.

**13.1.9.7.2** W przypadku dużych napraw wymagane jest to, aby:

**.1** były one wykonane przed końcową dostawą w stanie po obróbce cieplnej

**.2** spełniały wymagania podane w 13.1.9.7.4

**.3** przed rozpoczęciem spawania, do zatwierdzenia PRS przedstawiono szczegóły dotyczące zakresu oraz umiejscowienia naprawy, proponowanej technologii spawania, obróbki cieplnej oraz procedury późniejszych inspekcji.

**13.1.9.7.3** W przypadku małych napraw:

**.1** wymagane jest to, aby były wykonane przed końcową dostawą w stanie po obróbce cieplnej

**.2** powinny spełniać wymagania podane w 13.1.9.7.4 (także w odniesieniu do zapisów, patrz 13.1.9.7.4.6 oraz .7

**.3** z wyjątkiem stali stopowych, nie jest wymagane wcześniejsze zatwierdzenie przez PRS, z wyjątkiem jak podano w .4)

**.4** PRS może zażądać, aby małe naprawy w rejonach krytycznych były traktowane jako duże.

**13.1.9.7.4** Poniższe wymagania dotyczą wszystkich napraw spoin (małych i dużych):

**.1** Wszystkie odlewy stali stopowych oraz wszystkie odlewy na wały korbowe powinny być odpowiednio nagrzewane przed spawaniem. Odlewy ze stali węglowej i węglowo-manganowej mogą także podlegać wymaganiu nagrzewania przed spawaniem w zależności od ich składu chemicznego oraz wymiarów i miejsca naprawy spoiny.

**.2** Technologie spawania powinny podlegać kwalifikowaniu i powinny być odpowiednie do stanu dostawy odlewu. Kwalifikowanie technologii spawania powinno spełniać wymagania Publikacji 74/P lub uznanej normy, np. ISO 11970:2016.

**.3** Spawanie powinni wykonywać kwalifikowani spawacze, z odpowiednim nadzorem, pod dachem, w miejscach nie narażonych na przeciągi i negatywne warunki pogodowe. Na ile to możliwe całe spawanie należy wykonywać w pozycji podolnej (płaskiej).

**.4** Materiały dodatkowe do spawania powinny mieć odpowiedni skład, dając stopiwo o właściwościach mechanicznych podobnych i nie gorszych od tych, którymi charakteryzuje się odlew macierzysty. Wytwórnia powinna przeprowadzać próby technologii spawania w celu wykazania, że mogą być uzyskane po obróbce cieplnej zadowalające właściwości mechaniczne, zgodnie z 13.1.5.1.

**.5** Po zakończeniu spawania odlewy należy poddać albo odpowiedniej obróbce cieplnej zgodnie z wymaganiami 13.1.5.1, albo wyżarzaniu odprężającemu w temperaturze nie mniejszej od 550°C w przypadku odlewów ze stali węglowej lub węglowo-manganowej. W przypadku odlewów ze stali stopowej, obróbka cieplna powinna być uzgodniona z PRS. Typ obróbki cieplnej będzie zależał od składu chemicznego odlewu oraz wymiarów, miejsca i charakteru naprawy i nie powinien on mieć wpływu na właściwości odlewu.

**.6** Po uprzednim uzgodnieniu z PRS, można szczególnie rozważyć pominięcie obróbki cieplnej po spawaniu lub zaakceptowanie miejscowego wyżarzania odprężającego, jeśli obszar poddany naprawie jest mały a szlifowanie odlewu jest w stanie zaawansowanym.

**.7** Po zakończeniu obróbki cieplnej miejsca poddane naprawie oraz przyległy materiał powinny być wygładzone przez szlifowanie i poddane sprawdzeniu przez badanie magnetyczno-proszkowe lub penetracyjne. Może być wymagane uzupełniające badanie ultradźwiękowe lub radiograficzne, w zależności od wymiarów i charakteru pierwotnej wady. Powinny być uzyskane zadowalające wyniki ze wszystkich postaci zastosowanego badania nieniszczącego.

**.8** Wytwórnia powinna utrzymywać pełne zapisy podające zakres i miejsce napraw każdego odlewu oraz szczegóły dotyczące technologii spawania i obróbki cieplnej zastosowanych do naprawy. Zapisy te powinny być dostępne dla inspektora PRS, a ich kopie udostępniane na żądanie.

**13.1.9.7.5** W przypadku stali, których C ≥ 0,23 lub CEV ≥ 0,45, WPQT, na którym oparta jest specyfikacja technologii spawania (WPS), powinno być kwalifikowane na materiale podstawowym, którego CEV nie powinien być niższy więcej niż o 0,02 w stosunku do CEV materiału, który ma być spawany (przykład: WPQT materiału z rzeczywistym CEV = 0.50 może być kwalifikowany z użyciem materiału, którego CEV ≥ 0.48).

### 13.1.10 Cechowanie

**13.1.10.1** Wytwórca powinien posiadać system cechowania, który umożliwi, dla gotowych odlewów, określenie pierwotnego wytopu materiału. Wytwórca powinien udostępnić inspektorowi PRS wszelkie dane, umożliwiające określenie pochodzenia materiału.

**13.1.10.2** Cechowanie odlewów staliwnych powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9.

**13.1.10.3** Jeżeli małe odlewy są wytwarzane w dużych ilościach, to wówczas zmodyfikowany system cechowania powinien być oddzielnie uzgodniony z PRS.

### 13.1.11 Świadectwo odbioru

Dla odlewów staliwnych PRS wystawia *Świadectwo odbioru* zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8. W *Świadectwie odbioru*, poza danymi określonymi w podrozdziale 1.8, powinny znaleźć się następujące informacje:

**.1** *wyniki badań nieniszczących (jeżeli były wykonane),*
**.2** parametry obróbki cieplnej, włącznie z temperaturą i czasem wygrzewania,
**.3** wyniki próby ciśnieniowej (jeżeli była wykonana).

## 13.2 Odlewy śrub napędowych ze staliwa stopowego odpornego na korozję

### 13.2.1 Wymagania ogólne

**13.2.1.1** Niniejsze wymagania mają zastosowanie do odlewów śrub napędowych, płatów i piast.

**13.2.1.2** Stopy, których skład chemiczny, własności mechaniczne oraz stan dostawy nie spełniają wymagań podrozdziału 13.2, mogą być dopuszczone na podstawie odrębnego uzgodnienia z PRS.

**13.2.1.3** Niniejsze wymagania mają zastosowanie również do napraw śrub napędowych ze staliwa stopowego, uszkodzonych podczas eksploatacji, które mogą być wykonane po uprzednim uzgodnieniu ich z PRS.

**13.2.1.4** Każdy odlew powinien być poprawnie wykończony i powinien być pozbawiony wad uniemożliwiających zastosowanie materiału zgodnie z przeznaczeniem.

Drobne wady odlewu, które można zauważyć po obróbce mechanicznej, takie jak małe wtrącenia piasku i żużla, małe niespawy i strupy, powinny być usunięte przez wytwórcę, zgodnie z 13.2.9.

**13.2.1.5** Wady odlewnicze, które mogą uniemożliwić zamierzone zastosowanie odlewów, np. duże wtrącenia niemetaliczne, jamy skurczowe, pęcherze gazowe, pęknięcia, są niedopuszczalne. Mogą one być usunięte przez zastosowanie jednej z metod opisanych w 13.2.9 i naprawiane w ramach ograniczeń określonych dla stref zagrożenia. Pełny opis i dokumentację przeprowadzonych napraw należy przedstawić inspektorowi PRS na jego żądanie.

### 13.2.2 Zatwierdzenie odlewni

**13.2.2.1** Śruby napędowe i ich części składowe powinny być wytwarzane przez odlewnie zatwierdzone przez PRS. Odlewy powinny być wytwarzane i poddawane próbom zgodnie z wymaganiami tego podrozdziału.

#### 13.2.2.2 Wniosek o zatwierdzenie

Wytwórnia jest odpowiedzialna za zapewnienie zgodności jakości, procesu oraz środków kontroli produkcji ze specyfikacjami wytwórcy. Specyfikacje wytwórni powinny być przedstawione PRS przy wstępnym zatwierdzeniu i powinny zawierać co najmniej: opis obiektów odlewni, specyfikację materiałową stali, rozwiązanie rynny spustowej i podajnika, procedury wytwarzania, procedury badań nieniszczących oraz napraw.

#### 13.2.2.3 Zakres prób zatwierdzających

Zakres prób zatwierdzających powinien być uzgodniony z PRS. Powinien obejmować prezentację wlewków próbnych materiału na śruby do prób zatwierdzających, w celu zweryfikowania czy skład chemiczny oraz własności mechaniczne tych materiałów zgodne są z tymi Przepisami.

#### 13.2.2.4 Obiekty do przeprowadzania kontroli

Odlewnia powinna posiadać odpowiednio wyposażone laboratorium, obsługiwane przez doświadczony personel, do przeprowadzania prób materiału formierskiego, analiz chemicznych, prób mechanicznych, badań mikrostruktury materiałów metalowych oraz badań nieniszczących. W przypadku gdy czynności te zlecane są innych firmom lub innemu laboratorium, należy podać dodatkowe informacje wymagane przez PRS.

### 13.2.3 Skład chemiczny

**13.2.3.1** Typowe staliwa stopowe, z których wykonywane są odlewy śrub napędowych pogrupowane są na 4 typy, w zależności od ich składu chemicznego podanego w Tabeli 13.2.3.1. Odlewy stalowe, których skład chemiczny różni się od wartości typowych podanych w Tabeli 13.2.3.1, będą podlegały specjalnemu zatwierdzeniu przez PRS.

**Tabela 13.2.3.1**
**Skład chemiczny typowych staliw stopowych odpornych na korozję na śruby okrętowe**

| Gatunek stopu (oznaczenie stopu) | C [%] max | Mn [%] max | Cr [%] | Mo[1)] [%] max | Ni [%] |
|---|---|---|---|---|---|
| Gatunek martenzytyczny (12Cr1Ni) | 0,15 | 2,0 | 11,5¸17,0 | 0,5 | max 2,0 |
| Gatunek martenzytyczny (13Cr4Ni) | 0,06 | 2,0 | 11,5¸17,0 | 1,0 | 3,5¸5,0 |
| Gatunek martenzytyczny (16Cr5Ni) | 0,06 | 2,0 | 15,0¸17,5 | 1,5 | 3,5¸6,0 |
| Gatunek austenityczny (19Cr11Ni) | 0,12 | 1,6 | 16,0¸21,0 | 4,0 | 8,0¸13,0 |
| [1)] Wartości minimalne powinny odpowiadać wymaganiom podanym w normach krajowych lub międzynarodowych. | | | | | |

**13.2.3.2** Wytwórnia powinna utrzymywać zapisy dotyczące analiz chemicznych odlewów produkcyjnych, które należy udostępniać inspektorowi, aby mógł upewnić się że skład chemiczny każdego z nich mieści się w określonych granicach.

### 13.2.4 Obróbka cieplna

Odlewy ze staliw z gatunku martenzytycznego należy poddać austenityzacji i odpuszczaniu, natomiast odlewy ze staliw z gatunku austenitycznego – przesycaniu.

Szczegóły obróbki cieplnej ustala wytwórca w zależności od składu chemicznego, kształtu i wielkości odlewu oraz wymaganych własności mechanicznych.

### 13.2.5 Własności mechaniczne

**13.2.5.1** Własności mechaniczne powinny być zgodne z wartościami podanymi w tabeli 13.2.5.1.

**Tabela 13.2.5.1**
**Własności mechaniczne typowych staliw stopowych odpornych na korozję na śruby napędowe**

| Oznaczenie stopu | $R_{p0,2}$ [MPa] min. | $R_m$ [MPa] min. | $A$ [%] min. | $Z$ [%] min. | $KV$ 1) [J] min. |
|---|---|---|---|---|---|
| 12Cr1Ni | 440 | 590 | 15 | 30 | 20 |
| 13Cr4Ni | 550 | 750 | 15 | 35 | 30 |
| 16Cr5Ni | 540 | 760 | 15 | 35 | 30 |
| 19Cr11Ni | 180[2)] | 440 | 30 | 40 | – |

1) Niewymagana dla ogólnych zastosowań i najniższych klas lodowych (L3 i L4). Dla pozostałych klas lodowych próby należy wykonać w temp. –10°C.
2) $R_{1,0}$ min. = 205 MPa.

**13.2.5.2** Własności mechaniczne należy określać na próbkach wyciętych z wlewka próbnego przylanego do płata lub piasty śruby. Grubość wlewka powinna być zgodna z uznaną normą. Wlewek ten, w miarę możliwości, powinien być umiejscowiony na płacie śruby w obszarze leżącym pomiędzy 0,5 do 0,6$R$ (gdzie $R$ jest promieniem śruby). Oddzielenie wlewka próbnego od odlewu powinno nastąpić po ostatecznej obróbce cieplnej, przy użyciu metod nietermicznych.

**13.2.5.3** W uzasadnionych przypadkach PRS może wyrazić zgodę na zastosowanie wlewków próbnych odlanych oddzielnie. Powinny być one zalane metalem z tego samego wytopu i poddane obróbce cieplnej razem z odlewami, które reprezentują.

**13.2.5.4** Należy wykonać co najmniej jeden komplet próbek do badań własności mechanicznych (jedna próbka do próby rozciągania i trzy do próby udarności, z wyjątkiem staliw z gatunku austenitycznego, dla których określenie udarności nie jest wymagane) materiału reprezentującego każdy odlew. Badania te należy przeprowadzić zgodnie z wymaganiami rozdziału 2.

**13.2.5.5** Śruby o zbliżonych wymiarach i średnicy nie większej niż 1 m, zalane metalem z tego samego wytopu i poddane obróbce cieplnej w jednym wsadzie, mogą być odbierane jako partia odlewów z zastosowaniem wlewka próbnego o kształcie i wymiarach jak na rys. 17.3.6.1. Z każdej partii złożonej z wielokrotności pięciu odlewów należy pobrać co najmniej jeden komplet próbek do próby rozciągania.

### 13.2.6 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

**13.2.6.1** Wszystkie gotowe odlewy powinny być przedstawione inspektorowi do kontroli wizualnej. Inspektor może wymagać lokalnego trawienia w celu wykrycia napraw za pomocą spawania.

**13.2.6.2** Odlewy powinny być pozbawione pęknięć, naderwań lub innych wad, których charakter i wymiary mogą uniemożliwiać zastosowanie odlewu zgodnie z przeznaczeniem.

**13.2.6.3** Kontrolę wymiarową odlewów oraz ustalenie tolerancji wymiarowych i geometrycznych powinien przeprowadzać wytwórca, zaś sprawozdanie z odpowiednich badań powinno być przedstawione inspektorowi PRS. Inspektor PRS może wymagać, aby kontrola wymiarowa była przeprowadzana w jego obecności.

**13.2.6.4** Wyważanie statyczne powinno być przeprowadzane dla wszystkich śrub, zgodnie z uznaną dokumentacją. Wyważanie dynamiczne jest konieczne dla śrub pracujących przy prędkościach obrotowych powyżej 500 obr/min.

### 13.2.7 Badania nieniszczące

#### 13.2.7.1 Definicja odchylenia skrzydła, stref zagrożenia

W celu powiązania zakresu badań nieniszczących z zagrożeniem spowodowanym wystąpieniem uszkodzeń i wad, skrzydło śruby dzieli się na trzy strefy zagrożenia oznaczone jako A, B lub C. Rozmieszczenie stref, związane z konstrukcją śruby (odpowiednio śruby o małym lub dużym odchyleniu skrzydła), jest podane w *Publikacji 7/P – Naprawy śrub napędowych ze stopów miedzi.*

#### 13.2.7.2 Kwalifikacja personelu wykonującego badania nieniszczące

Personel wykonujący badania nieniszczące powinien być certyfikowany zgodnie z wymaganiami *Publikacji 51/P – Zasady uznawania firm serwisowych.*

#### 13.2.7.3 Oględziny

Wszystkie gotowe odlewy powinny być w całości poddane oględzinom przez wytwórcę. Odlewy powinny być pozbawione pęknięć, naderwań lub innych wad, które ze względu na swój charakter, stopień lub zasięg, mogą uniemożliwiać stosowanie odlewów. Oględziny ogólne powinny być przeprowadzone przez inspektora PRS.

#### 13.2.7.4 Badanie penetracyjne

Procedura badania penetrantem ciekłym powinna być przedstawiona PRS i być zgodna z normą ISO 3452-1:2013 lub inną uznaną normą. Kryteria akceptacji podano w 13.2.8.

Dla wszystkich śrub napędowych, a także oddzielnie odlewanych skrzydeł i piast, powierzchnie zaliczane do stref A, B i C powinny być poddane badaniom penetracyjnym. Badanie strefy A powinno być wykonane w obecności inspektora, natomiast badanie stref B i C może być nadzorowane przez inspektora na jego życzenie.

W przypadku gdy wykonano naprawy przez szlifowanie lub spawanie, rejony poddane naprawie powinny być dodatkowo poddane badaniu penetracyjnemu, niezależnie od ich umiejscowienia i/lub strefy zagrożenia. Naprawy przez spawanie, niezależnie od ich miejsca, powinny być zawsze poddane ocenie wg. wymagań dla strefy A.

#### 13.2.7.5 Badanie magnetyczne

W przypadku odlewów ze stali nierdzewnej martenzytycznej zamiast badania penetracyjnego można zastosować badania magnetyczne.

Procedura badania magnetycznego powinna być przedstawiona PRS i powinna być zgodna z normą ISO 9934-1:2016 lub inną uznaną normą.

#### 13.2.7.6 Badania radiograficzne oraz ultradźwiękowe

Jeśli jest to wymagane przez PRS lub uznane za niezbędne przez wytwórnię, należy przeprowadzić dalsze badania nieniszczące (np. radiograficzne i/lub ultradźwiękowe). Kryteria akceptacji oraz zastosowane poziomy jakości powinny być uzgodnione miedzy wytwórnią a PRS, zgodnie z uznaną normą.

**Uwaga:**
Ze względu na wytłumianie ultradźwięków przechodzących przez odlew stali austenitycznej, w niektórych przypadkach badanie ultradźwiękowe może nie być praktycznie możliwe, w zależności od kształtu/typu/grubości materiału, oraz od kierunku wzrostu ziarna odlewu.

### 13.2.8 Kryteria akceptacji badania penetracyjnego oraz magnetycznego

#### 13.2.8.1 Definicje wskazań penetrantu

Wskazanie: w badaniu penetracyjnym wskazaniem jest wykrywalny “wysięk” ciekłego penetrantu z nieciągłości materiału, pojawiający się co najmniej 10 minut po jego zaaplikowaniu.

Właściwe wskazanie: jako właściwe do klasyfikacji wskazań należy uwzględniać tylko te z nich, których którykolwiek wymiar przekracza 1,5 mm.

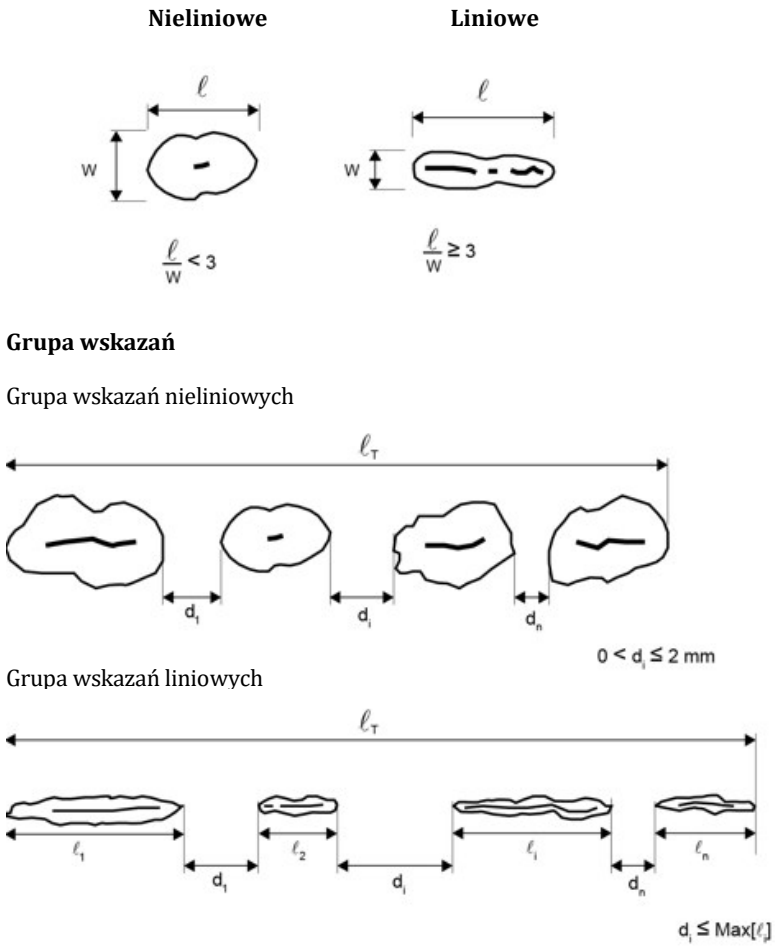
Wskazanie nieliniowe: wskazanie, którego największy wymiar jest mniejszy od trzykrotności jego najmniejszego wymiaru ($l < 3\ w$).

Wskazanie liniowe: wskazanie, którego największy wymiar jest równy lub większy trzykrotności najmniejszego wymiaru (i.e. $l \geq 3\ w$).

Grupy wskazań:

a) Nieliniowe wskazania tworzą grupę wskazań, jeśli odległość między nimi jest mniejsza od 2 mm i co najmniej trzy wskazania są zgrupowane w jednej osi. Grupa wskazań jest uznawana za wskazanie specyficzne, a jego długość jest równa całkowitej długości zgrupowania.
b) Liniowe wskazania tworzą grupę wskazań, jeśli odległość między dwoma wskazaniami jest mniejsza od długości najdłuższego wskazania.

Ilustrację wskazań penetrantu ciekłego przedstawiono na rys. 13.2.8.1.




Rys.13.2.8.1 Kształt wskazań

### 13.2.8.2 Warunki akceptacji

Powierzchnia poddawana inspekcji powinna być podzielona na obszary referencyjne po 100 $cm^2$. Obszar referencyjny może być kwadratowy lub prostokątny, a jego większy wymiar nie powinien przekraczać 250 mm.

Obszar poddany inspekcji powinien być wybrany w najbardziej niekorzystnym miejscu, w odniesieniu do ocenianych wskazań.

Rozmiary i liczba właściwych wykrytych wskazań nie powinny przekraczać wartości podanych w Tabeli 13.2.8.2.

Rejony, które są przygotowane do spawania, niezależnie od ich umiejscowienia, powinny być zawsze oceniane według kryteriów dla strefy A. To samo dotyczy rejonów spawania poddanych obróbce skrawaniem i/lub szlifowaniem.

**Tabela 13.2.8.2**
**Dopuszczalna liczba i rozmiary właściwych wskazań na powierzchni 100 $cm^2$ w zależności od strefy zagrożenia skrzydła**

| Strefa | Maksymalna sumaryczna liczba wskazań | Kształt wskazania | Maksymalna liczba wskazań w zależności od ich kształtu [1), 2)] | Maksymalny wymiar *d* lub *l* [3)] [mm] |
|---|---|---|---|---|
| A | 7 | nieliniowe<br>liniowe<br>grupa wskazań | 5<br>2<br>2 | 4<br>3<br>3 |
| B | 14 | nieliniowe<br>liniowe<br>grupa wskazań | 10<br>4<br>4 | 6<br>6<br>6 |
| C | 20 | nieliniowe<br>liniowe<br>grupa wskazań | 14<br>6<br>6 | 8<br>6<br>6 |

1) Pojedynczych wskazań nieliniowych mniejszych niż 2 mm w strefie A i mniejszych niż 3 mm w pozostałych strefach można nie brać pod uwagę.
2) Ogólna liczba wskazań nieliniowych może być równa maksymalnej sumarycznej liczbie wskazań, pod warunkiem że nie występują wskazania liniowe lub grupy wskazań.
3) *l* – wymiar głównej osi wskazania nieliniowego lub długość wskazania nieliniowego.

### 13.2.9 Naprawy wad

**13.2.9.1** Uszkodzone odlewy powinny być naprawiane zgodnie z wymaganiami podanymi w *Publikacji 7/P – Naprawy śrub napędowych ze stopów miedzi* oraz wymaganiami podrozdziału 23.9, jeżeli dają się zastosować.

**13.2.9.2** Staliwa w gatunkach martenzytycznych powinny być po naprawie spawaniem ponownie odpuszczone w piecu. W przypadku mniejszych napraw może być, po wcześniejszym uzgodnieniu z PRS, stosowane miejscowe wyżarzanie odprężające.

**13.2.9.3** Odlewnia powinna zachowywać zapisy dotyczące spawania, późniejszej obróbki cieplnej i przeprowadzonych kontroli, pozwalające odtworzyć historię naprawy każdego odlewu. Zapisy te podlegają sprawdzeniu przez inspektora PRS.

### 13.2.10 Cechowanie

**13.2.10.1** Wytwórca powinien stosować system cechowania, który dla gotowych odlewów umożliwi określenie pochodzenia pierwotnego wytopu. Wytwórca powinien udostępnić inspektorowi PRS wszelkie dane, umożliwiające określenie pochodzenia materiału, jeśli jest to wymagane.

Każdy gotowy odlew śruby napędowej powinien posiadać ocechowanie wytwórcy zawierające co najmniej następujące oznaczenia:

a) Numer wytopu lub inne oznaczenie, umożliwiające prześledzenie całego procesu powstawania odlewu;
b) Kategorię odlewanego materiału lub odpowiednie skrótowe oznaczenie;
c) Numer świadectwa PRS;
d) Symbol klasy lodowej, tam gdzie ma to zastosowanie;
e) Kąt odchylenia skrzydła śruby (dotyczy śrub o kącie odchylenia skrzydła większym niż 25°),
f) Datę końcowej inspekcji.

**13.2.10.2** Towarzystwo klasyfikacyjne powinno ocechować odlew po jego odbiorze.

### 13.2.11 Świadectwo odbioru

Dla każdej śruby napędowej PRS wystawia *Świadectwo odbioru* zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8. W *Świadectwie odbioru*, poza danymi określonymi w podrozdziale 1.8, powinny znaleźć się następujące informacje:

**.1** nazwę klienta oraz numer zlecenia,
**.2** oznaczenie statku, jeśli jest znane,
**.3** opis odlewu i nr rysunku odlewu,
**.4** średnica, liczba płatów, skok, kierunek obrotów,
**.5** kąt odchylenia skrzydła śruby (dotyczy śrub o kącie odchylenia skrzydła większym niż 25°)
**.6** końcowa waga,
**.7** nr identyfikacyjny odlewu,
**.8** szczegóły dotyczące obróbki cieplnej (czas i temperatura),
**.9** wyniki badań nieniszczących i szczegóły dotyczące procedury badań, jeżeli są one niezbędne,
**.10** zapisy o naprawach spawaniem, zgodnie z 13.2.9.3.

# 14 ODLEWY Z ŻELIWA SZAREGO

## 14.1 Wymagania ogólne

**14.1.1** Odlewy części ważnych z żeliwa szarego, przeznaczone na elementy kadłuba i maszyn okrętowych, podlegające nadzorowi PRS zgodnie z postanowieniami zawartymi w odpowiednich częściach *Przepisów*, powinny być wytwarzane i badane zgodnie z wymaganiami niniejszego rozdziału.

**14.1.2** Odlewy z żeliwa szarego produkowane seryjnie mogą być za zgodą PRS kontrolowane i odbierane według odrębnych zasad.

**14.1.3** Żeliwo szare jest podzielone na kategorie zależnie od wymaganej minimalnej wytrzymałości na rozciąganie.

## 14.2 Wytwarzanie

**14.2.1** Odlewy części ważnych z żeliwa szarego mogą być wytwarzane tylko przez producentów uznanych przez PRS i według technologii uzgodnionej z PRS.

**14.2.2** W celu usunięcia nadmiaru materiału z odlewów powinny być wykorzystane odpowiednie metody obróbki mechanicznej. Procesy cięcia cieplnego nie są dopuszczalne, poza wstępnymi operacjami poprzedzającymi obróbkę mechaniczną.

**14.2.3** Jeżeli odlewy tego samego typu są regularnie produkowane seryjnie, wytwórca powinien przeprowadzać badania niezbędne do sprawdzenia jakości odlewów prototypowych oraz wykonywać okresowo sprawdzenie weryfikujące efektywność technologii wytwarzania. Inspektor PRS powinien mieć zapewnioną możliwość uczestniczenia w tych badaniach.

## 14.3 Jakość odlewów

Odlewy powinny być pozbawione wad wewnętrznych i powierzchniowych, uniemożliwiających ich zamierzone zastosowanie. Wykończenie powierzchni powinno być wykonane zgodnie z zasadami dobrej praktyki i wymaganiami określonymi w uznanym planie kontroli jakości.

## 14.4 Skład chemiczny

Skład chemiczny odlewów z żeliwa szarego ustala wytwórca w zależności od wymaganych własności mechanicznych.

PRS może wymagać podania w *Świadectwie odbioru* składu chemicznego według analizy wytopowej.

## 14.5 Stan dostawy

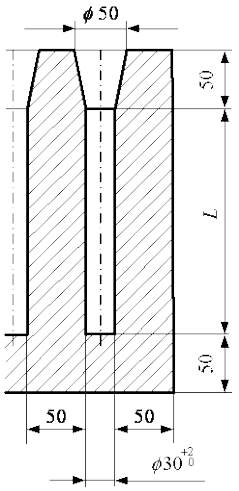
**14.5.1** Z wyjątkiem przypadków określonych w punkcie 14.5.2, odlewy mogą być dostarczane w stanie surowym lub obrobionym cieplnie.

**14.5.2** Dla niektórych zastosowań, na przykład do pracy w podwyższonych temperaturach lub gdy istotna jest stabilność wymiarów, dla odlewów niezbędne może być zastosowanie odpowiedniego odpuszczania lub wyżarzania odprężającego. Wyżarzanie odprężające należy przeprowadzić przed zabiegami obróbki cieplnej, mającymi na celu polepszenie obrabialności materiału odlewu.

## 14.6 Badanie własności mechanicznych

**14.6.1** Wlewek próbny, z którego pobrane będą próbki do badań podstawowych i ewentualnych badań powtórnych, powinien być przewidziany dla każdego odlewu lub partii odlewów.

**14.6.2** Jeżeli nie uzgodniono inaczej między producentem i zamawiającym, należy stosować wlewek próbny w kształcie pręta odpowiedniej długości i o średnicy 30 mm według PN-EN 1561 (rys. 14.6.2). Wymiar *L* powinien być określony w zależności od długości próbki na rozciąganie i uchwytów przyrządu maszyny wytrzymałościowej.



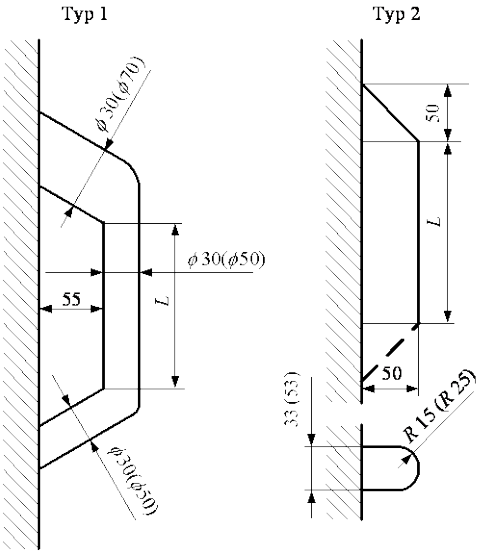

Rys. 14.6.2. Forma do wykonania wlewka próbnego

Powinien on być odlewany w położeniu pionowym w formie wykonanej z podobnych materiałów formierskich, jakich użyto do wykonania odlewu, i wybity z niej w temperaturze nieprzekraczającej 500°C.

Jeżeli w tej samej formie znajdują się dwa (lub więcej) wlewki próbne odlewane równocześnie, to minimalna odległość między wlewkami powinna wynosić 50 mm.

**14.6.3** Stosownie do uzgodnień między producentem i zamawiającym, badania mogą być przeprowadzone na wlewkach próbnych przylanych, w przypadku gdy grubość ścianki odlewu jest większa niż 20 mm i masa jest większa niż 200 kg.

Zalecane przez normę PN-EN 1561 typy wlewków próbnych przylanych pokazano na rys. 14.6.3. Wlewek typu 1 należy stosować do odlewów o grubości ścianki do 80 mm, a typu 2 do odlewów o grubości ścianki większej niż 80 mm.




Rys. 14.6.3. Wlewki próbne przylane

**14.6.4** Z wyjątkiem przypadków opisanych w punkcie 14.6.7, z każdej partii należy pobrać co najmniej jeden odcinek próbny.

**14.6.5** Z wyjątkiem przypadków opisanych w punkcie 14.6.6, partię stanowią odlewy pochodzące z tej samej kadzi odlewniczej, pod warunkiem że wszystkie są podobnego typu i o zbliżonych wymiarach. Maksymalna masa partii wynosi zwykle 2000 kg odlewów w stanie oczyszczonym. Pojedynczy odlew stanowi partię, jeżeli jego masa wynosi co najmniej 2000 kg.

**14.6.6** Przy produkcji ciągłej tej samej kategorii żeliwa PRS może wyrazić zgodę, aby odlewy wyprodukowane w ciągu 2 godzin mogły być zaliczone do jednej partii.

**14.6.7** Jeżeli jedna kategoria żeliwa jest odlewana w dużych ilościach, a jego produkcja jest nadzorowana poprzez systematyczną kontrolę procesu topienia np. przy pomocy próby klinowej, analizy składu chemicznego lub analizy termicznej, to wlewki próbne mogą być pobierane w dłuższych odstępach czasowych.

**14.6.8** Wszystkie wlewki próbne powinny być odpowiednio oznakowane, tak aby możliwa była ich identyfikacja z odlewami zasadniczymi, które reprezentują.

**14.6.9** Jeżeli odlewy dostarczane są w stanie obrobionym cieplnie, to wlewki próbne powinny być poddane obróbce cieplnej wspólnie z odlewem zasadniczym, który reprezentują. W przypadku próbek przylanych, ich odcięcie od odlewu powinno odbywać się po zakończeniu obróbki cieplnej.

**14.6.10** Z odlanego odcinka próbnego należy wykonać co najmniej jedną próbkę do próby rozciągania. Wymiary próbek powinny być zgodne z wymaganiami rozdziału 2. Zastosowanie próbek o innych wymiarach dopuszczalne jest jedynie po wcześniejszym uzgodnieniu z PRS.

**14.6.11** Wszystkie próby rozciągania powinny być przeprowadzone zgodnie z wymaganiami rozdziału 2. Jeżeli nie uzgodniono inaczej, wszystkie próby powinny być przeprowadzone w obecności inspektora PRS.

## 14.7 Własności mechaniczne

**14.7.1** Podstawą odbioru żeliwa szarego jest wytrzymałość na rozciąganie, zbadana na próbce o wymiarach zgodnych z 2.5.4. Wymaganą minimalną wartość wytrzymałości na rozciąganie należy podać w dokumentacji podlegającej zatwierdzeniu przez PRS, jednakże powinna ona być nie mniejsza niż 200 MPa.

W tabeli 14.7.1 podano wartości wytrzymałości na rozciąganie, $R_m$, określone na próbkach wyciętych z oddzielnie odlanych wlewków próbnych.

Własności mechaniczne próbek wyciętych bezpośrednio z odlewu podlegają odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

**Tabela 14.7.1**
**Wytrzymałość na rozciąganie żeliwa szarego**

| Kategoria żeliwa szarego | $R_m$ [MPa] min. | Oznaczenie (znak) żeliwa szarego wg PN-EN 1561 |
|---|---|---|
| 200 | 200 | EN-GJL-200 |
| 250 | 250 | EN-GJL-250 |
| 300 | 300 | EN-GJL-300 |
| 350 | 350 | EN-GJL-350 |

**14.7.2** Własności wytrzymałościowe próbek wyciętych z wlewków przylanych (rys. 14.6.3) podano w tabeli 14.7.2.

**14.7.3** Powierzchnie przełomu wszystkich badanych próbek powinny mieć strukturę ziarnistą i szary kolor.

**14.7.4** Wymagania dotyczące powtórnych badań własności mechanicznych podane są w 2.3.1.

**Tabela 14.7.2**
**Wytrzymałość na rozciąganie próbek obrobionych z wlewków przylanych w zależności od grubości ścianki odlewu**

| Kategoria żeliwa szarego | Grubość ścianki odlewu, $t$, [mm] | Wytrzymałość na rozciąganie, $R_m$, [MPa] min. | |
|---|---|---|---|
| | | Próbka przylana | Próbka wycięta z odlewu (tylko dla informacji) |
| 200 | $20< t \le 40$ | 170 | 155 |
| | $40< t \le 80$ | 150 | 130 |
| | $80< t \le 150$ | 140 | 115 |
| | $150< t \le 300$ | 130 | – |
| 250 | $20< t \le 40$ | 210 | 195 |
| | $40< t \le 80$ | 190 | 170 |
| | $80< t \le 150$ | 170 | 155 |
| | $150< t \le 300$ | 160 | – |
| 300 | $20< t \le 40$ | 250 | 240 |
| | $40< t \le 80$ | 220 | 210 |
| | $80< t \le 150$ | 210 | 195 |
| | $150< t \le 300$ | 190 | – |
| 350 | $20< t \le 40$ | 290 | 280 |
| | $40< t \le 80$ | 260 | 250 |
| | $80< t \le 150$ | 230 | 225 |
| | $150< t \le 300$ | 210 | – |

## 14.8 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

**14.8.1** Wszystkie odlewy należy oczyścić i odpowiednio przedstawić do badania. Powierzchnie nie powinny być młotkowane, śrutowane lub obrabiane w sposób uniemożliwiający rozpoznanie wad.

**14.8.2** Przed odbiorem wszystkie odlewy powinny być przedstawione do kontroli wizualnej, która – jeżeli to jest możliwe – powinna obejmować również powierzchnie wewnętrzne. Jeżeli nie uzgodniono inaczej, za kontrolę wymiarów jest odpowiedzialny wytwórca.

**14.8.3** Jeżeli istnieje podejrzenie, że odlew ma ukryte wady, to powinien on być poddany odpowiednim uzupełniającym badaniom nieniszczącym.

**14.8.4** Jeżeli wymagają tego odpowiednie rozdziały *Przepisów*, to przed końcowym odbiorem odlewy powinny być poddane próbom ciśnieniowym.

**14.8.5** Jeżeli podczas obróbki mechanicznej lub prób odlew okaże się wadliwy, to należy go odrzucić, niezależnie od całej poprzedzającej procedury odbioru.

## 14.9 Naprawa uszkodzonych odlewów

**14.9.1** Niewielkie wady powierzchniowe mogą być, po uzgodnieniu z inspektorem PRS, usunięte za pomocą szlifowania.

**14.9.2** Odlewy zawierające lokalne porowatości mogą być, po uzgodnieniu z inspektorem PRS, naprawiane przez impregnację za pomocą odpowiednich wypełniaczy z tworzyw sztucznych, pod warunkiem że stopień porowatości nie wpływa negatywnie na wytrzymałość odlewu.

**14.9.3** Naprawa wad odlewniczych za pomocą spawania jest niedopuszczalna.

## 14.10 Cechowanie

**14.10.1** Wytwórca powinien posiadać system cechowania, który umożliwi, dla gotowych odlewów, określenie pierwotnego wytopu materiału. Wytwórca powinien udostępnić inspektorowi PRS wszelkie dane, umożliwiające określenie pochodzenia materiału.

**14.10.2** Cechowanie odlewów z żeliwa szarego powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9. Dodatkowo należy podać wyniki próby ciśnieniowej, z wyszczególnieniem ciśnienia próbnego.

**14.10.3** Jeżeli małe odlewy są wytwarzane w dużych ilościach, to wówczas zmodyfikowany system cechowania powinien być oddzielnie uzgodniony z PRS.

## 14.11 Świadectwo odbioru

Dla odebranego odlewu z żeliwa szarego PRS wystawia *Świadectwo odbioru* zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8. W *Świadectwie odbioru*, poza danymi określonymi w podrozdziale 1.8, powinny znaleźć się następujące informacje:

**.1** ogólne informacje o obróbce cieplnej, jeżeli była wykonana,
**.2** wyniki próby ciśnieniowej, jeżeli była wykonana,
**.3** wyniki analizy chemicznej, jeżeli była wymagana.

# 15 ODLEWY Z ŻELIWA SFEROIDALNEGO

## 15.1 Wymagania ogólne

**15.1.1** Odlewy części ważnych z żeliwa sferoidalnego, przeznaczone na elementy kadłuba i maszyn okrętowych, podlegające nadzorowi zgodnie z postanowieniami zawartymi w odpowiednich częściach *Przepisów* – powinny być wytwarzane i badane zgodnie z wymaganiami niniejszego rozdziału.

**15.1.2** Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do odlewów z żeliwa sferoidalnego, przeznaczonych na elementy kadłuba i maszyn okrętowych, zaprojektowanych zgodnie z własnościami materiału określonymi w temperaturze otoczenia. Wymagania dotyczące odlewów przeznaczonych do pracy w podwyższonych lub obniżonych temperaturach podlegają odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

**15.1.3** Po uzgodnieniu z PRS odlewy z żeliwa sferoidalnego, produkowane seryjnie, mogą być odbierane według odrębnych zasad.

**15.1.4** Żeliwa sferoidalne są podzielone na kategorie zależnie od wymaganej minimalnej wytrzymałości na rozciąganie (tabela 15.7.1).

## 15.2 Wytwarzanie

**15.2.1** Odlewy części ważnych z żeliwa sferoidalnego mogą być wytwarzane tylko przez wytwórnie uznane przez PRS i według technologii uzgodnionej z PRS.

**15.2.2** Dla usunięcia nadmiaru materiału z odlewów powinny być wykorzystane odpowiednie metody obróbki mechanicznej. Procesy cięcia cieplnego nie są dopuszczalne, poza wstępnymi operacjami poprzedzającymi obróbkę mechaniczną.

**15.2.3** Jeżeli odlewy tego samego typu są regularnie produkowane seryjnie, wytwórca powinien przeprowadzać badania niezbędne do sprawdzenia jakości odlewów prototypowych oraz wykonywać okresowo sprawdzenie weryfikujące efektywność technologii wytwarzania. Inspektor PRS powinien mieć zapewnioną możliwość uczestniczenia w tych badaniach.

## 15.3 Jakość odlewów

Odlewy powinny być pozbawione wad wewnętrznych i powierzchniowych, uniemożliwiających ich zamierzone zastosowanie. Wykończenie powierzchni powinno być wykonane zgodnie z zasadami dobrej praktyki i wymaganiami określonymi w uznanym planie kontroli jakości.

## 15.4 Skład chemiczny

Jeżeli nie uzgodniono inaczej, to skład chemiczny odlewów z żeliwa sferoidalnego ustala wytwórca w zależności od wymaganych własności mechanicznych.

PRS może wymagać podania w *Świadectwie odbioru* składu chemicznego według analizy wytopowej.

## 15.5 Stan dostawy

**15.5.1** Z wyjątkiem przypadków określonych w punkcie 15.5.2, odlewy mogą być dostarczane w stanie surowym lub obrobionym cieplnie. Rodzaj obróbki cieplnej określa wytwórca, w zależności od składu chemicznego, przeznaczenia i kształtu odlewu.

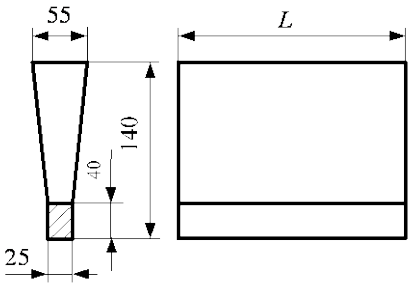
**15.5.2** Dla niektórych zastosowań, na przykład do pracy w podwyższonych temperaturach lub gdy istotna jest stabilność wymiarów, dla odlewów niezbędne może być zastosowanie odpowiedniego odpuszczania lub wyżarzania odprężającego. To odpuszczanie lub wyżarzanie odprężające należy przeprowadzić po obróbce cieplnej i przed obróbką mechaniczną skrawaniem. Żeliwa sferoidalne kategorii 350-22 i 400-18 powinny być poddane ferrytyzacji.

**15.5.3** Jeżeli wymagane jest miejscowe utwardzenie powierzchni, to szczegóły tego procesu należy uzgodnić z PRS.

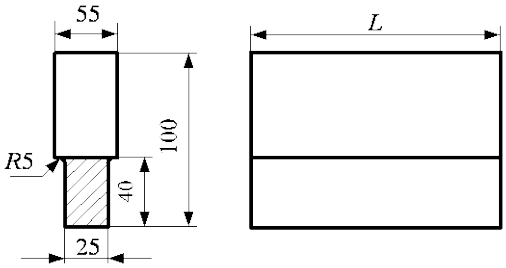
## 15.6 Badanie własności mechanicznych

**15.6.1** Wlewek próbny, z którego pobrane będą próbki do badań podstawowych i ewentualnych badań powtórnych, powinien być przewidziany dla każdego odlewu lub partii odlewów.

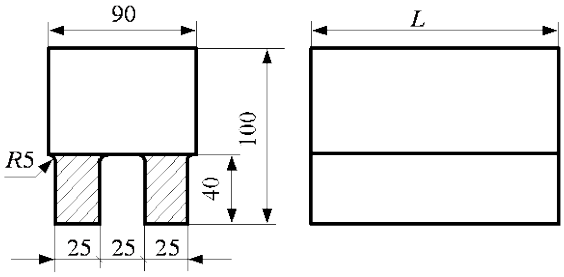
**15.6.2** Wymiary i kształt wlewków próbnych odlanych oddzielnie podano na rys. 15.6.2-l, 15.6.2-2 i 15.6.2-3, przy czym długość próbki, *L*, należy dobrać w zależności od kształtu próbki i sposobu mocowania jej w maszynie wytrzymałościowej.




Rys. 15.6.2-1




Rys. 15.6.2-2




Rys. 15.6.2-3

**15.6.3** Dla każdego odlewu należy przewidzieć co najmniej jeden odcinek próbny. Odcinki próbne mogą być wykonane ze specjalnych nadlewów przylanych do odlewu lub jako odcinki próbne odlane oddzielnie.

Po uzgodnieniu z PRS mogą być stosowane inne typy próbek lub – w przypadku odbioru partii odlewów – próbki mogą być wycinane bezpośrednio z odlewu wchodzącego w skład partii.

**15.6.4** Dla dużych odlewów, gdy do wykonania odlewu potrzebny jest metal z więcej niż jednej kadzi, należy dostarczyć odcinki próbne reprezentujące każdą kadź.

**15.6.5** Alternatywnie do wymagań punktu 15.6.3 można przyjąć procedurę badania partii odlewów o końcowej masie poniżej 1000 kg. Wszystkie odlewy w partii powinny mieć zbliżone kształty i wymiary oraz należy je odlewać z tej samej kadzi. Jeden oddzielny odcinek próbny powinien być dostarczony z każdych 2000 kg gotowych odlewów w partii.

**15.6.6** Jeżeli zastosowano oddzielne wlewki próbne, to powinny one być odlane do form wykonanych z tego samego materiału, jaki użyto do odlewów podstawowych. Odcinek próbny powinien być wybity z formy w temperaturze nieprzekraczającej 500°C.

**15.6.7** Odcinki próbne powinny być odpowiednio oznakowane, tak aby możliwa była ich identyfikacja z odlewami zasadniczymi, które reprezentują.

**15.6.8** Jeżeli odlewy są dostarczane w stanie obrobionym cieplnie, to odcinki próbne powinny być obrobione cieplnie razem z odlewem zasadniczym, który reprezentują.

**15.6.9** Z każdego odcinka próbnego powinna być pobrana jedna próbka do próby rozciągania i obrobiona do wymiarów podanych w rozdziale 2.

**15.6.10** Wszystkie próby rozciągania powinny być przeprowadzone zgodnie z wymaganiami rozdziału 2. Próby powinny być wykonane w obecności inspektora PRS, chyba że uzgodniono inaczej.

**15.6.11** Dodatkowo mogą być wymagane próby udarności. W tym przypadku z każdego odcinka próbnego powinien być przygotowany komplet trzech próbek uzgodnionego typu. Jeżeli są zastosowane próbki typu Charpy V, to wówczas wymiary i procedura badań powinny być zgodne z wymaganiami rozdziału 2.

## 15.7 Własności mechaniczne

**15.7.1** W zależności od wymaganej minimalnej wytrzymałości na rozciąganie umowna granica plastyczności i wydłużenie procentowe po rozerwaniu powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 15.7.1. Typowe twardości w skali Brinella, podane w tabeli, należy traktować jedynie jako informacyjne. Wymagania w tabeli dotyczą próbek z wlewków próbnych oddzielnie odlanych.

**Tabela 15.7.1**
**Własności mechaniczne wlewków próbnych odlanych oddzielnie z żeliwa sferoidalnego**

| Kategoria żeliwa sferoidalnego | Próba rozciągania | | | Twardość *HB* (orientacyjnie) | Próba udarności | | Struktura osnowy [1] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $R_m$ [2] [MPa] min. | $R_{p0,2}$ [MPa] min. | *A* [%] min. | | Temp. próby [°C] | *KV* [3] [J] min. | |
| 350-22 | 350 | 220 | 22[4] | 110,170 | +20 | 17(14) | F |
| 400-18 | 400 | 250 | 18[4] | 140,200 | +20 | 14(11) | F |
| 370-17 | 370 | 230 | 17 | 120,180 | – | – | F |
| 400-12 | 400 | 250 | 12 | 140,200 | – | – | F |
| 500-7 | 500 | 320 | 7 | 170,240 | – | – | F/P |
| 600-3 | 600 | 370 | 3 | 190,270 | – | – | F/P |
| 700-2 | 700 | 420 | 2 | 230,300 | – | – | P |
| 800-2 | 800 | 480 | 2 | 250,350 | – | – | P lub T |

**Uwagi:**

1) Składniki struktury: F – ferryt, P – perlit, T – struktura odpuszczania.
2) Dla pośrednich wartości $R_m$, wartości $R_{p0,2}$ i $A$ mogą być określone metodą interpolacji liniowej.
3) Wartości średnie, obliczone z trzech wyników. W nawiasie podano minimalną wartość pojedynczego wyniku.
4) W przypadku wlewków próbnych przylanych wartość $A$ może być niższa o 2 jednostki.

**15.7.2** Odlewy mogą być dostarczane z inną określoną minimalną wytrzymałością na rozciąganie, różniącą się od wymagań podanych w tabeli 15.7.1. Podlegają wówczas odrębnym wymaganiom uzgodnionym z PRS.

**15.7.3** Jeżeli nie uzgodniono inaczej, to należy określać jedynie wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie procentowe po rozerwaniu. Wyniki wszystkich prób własności mechanicznych powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 15.7.1.

**15.7.4** Wymagania dotyczące powtórnych badań własności mechanicznych podane są w 2.3.1.

**15.7.5** Własności mechaniczne określone na próbkach przylanych lub wyciętych bezpośrednio z odlewu podlegają odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

## 15.8 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

**15.8.1** Wszystkie odlewy należy oczyścić i odpowiednio przedstawić do badania. Powierzchnie nie powinny być młotkowane, śrutowane lub obrabiane w sposób uniemożliwiający rozpoznanie wad.

**15.8.2** Przed odbiorem wszystkie odlewy powinny być przedstawione do kontroli wizualnej, która – jeżeli to jest możliwe – powinna obejmować również powierzchnie wewnętrzne. Jeżeli nie uzgodniono inaczej, za kontrolę wymiarów jest odpowiedzialny wytwórca.

**15.8.3** Jeżeli istnieje podejrzenie, że odlew ma ukryte wady, to powinien on być poddany odpowiednim uzupełniającym badaniom nieniszczącym.

**15.8.4** Jeżeli wymagają tego odpowiednie rozdziały *Przepisów*, to przed końcowym odbiorem odlewy powinny być poddane próbom ciśnieniowym.

**15.8.5** Jeżeli podczas obróbki mechanicznej lub prób odlew okaże się wadliwy, to należy go odrzucić, niezależnie od całej poprzedzającej procedury odbioru.

## 15.9 Badania metalograficzne

**15.9.1** Odlewy wałów korbowych podlegają obowiązkowym badaniom metalograficznym.

**15.9.2** Z każdego odcinka próbnego należy pobrać co najmniej jedną próbkę do badań metalograficznych. Próbki do badań metalograficznych mogą być wycinane z próbek do próby rozciągania lub z oddzielnie odlanych bloczków, zalanych z tej samej kadzi co i odlew.

**15.9.3** W strukturze osnowy powinno znajdować się co najmniej 90% rozdrobnionego grafitu sferoidalnego. Dane o strukturze osnowy zawarte w tabeli 15.7.1 mają jedynie informacyjny charakter.

## 15.10 Naprawa uszkodzonych odlewów

**15.10.1** Niewielkie wady powierzchniowe mogą być, po uzgodnieniu z inspektorem PRS, usunięte za pomocą szlifowania.

**15.10.2** Odlewy zawierające lokalne porowatości mogą być, po uzgodnieniu z inspektorem PRS, naprawiane przez impregnację za pomocą odpowiednich wypełniaczy z tworzyw sztucznych, pod warunkiem że stopień porowatości nie wpływa negatywnie na wytrzymałość odlewu.

**15.10.3** Naprawa wad odlewniczych za pomocą spawania jest niedopuszczalna.

### 15.11 Cechowanie

**15.11.1** Wytwórca powinien posiadać system cechowania, który umożliwi w odniesieniu do gotowych odlewów określenie pierwotnego wytopu materiału. Wytwórca powinien udostępnić inspektorowi PRS wszelkie dane, umożliwiające określenie pochodzenia materiału.

**15.11.2** Cechowanie odlewów powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9. Dodatkowo należy podać wyniki próby ciśnieniowej, z wyszczególnieniem ciśnienia próbnego,

### 15.12 Świadectwo odbioru

Dla odebranego odlewu z żeliwa sferoidalnego PRS wystawia *Świadectwo odbioru* zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8. W *Świadectwie odbioru*, poza danymi określonymi w podrozdziale 1.8, powinny znaleźć się następujące informacje:

**.1** *ogólne informacje o obróbce cieplnej, jeżeli była wykonana,*
**.2** wyniki próby ciśnieniowej, jeżeli była wykonana,
**.3** wyniki analizy chemicznej, jeżeli była wymagana.

## 16 ODLEWY Z ŻELIWA CIĄGLIWEGO

Skład chemiczny, własności mechaniczne oraz zakres badań odlewów z żeliwa ciągliwego podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

# 17 STOPY MIEDZI

## 17.1 Rury z miedzi i stopów miedzi

### 17.1.1 Wymagania ogólne

**17.1.1.1** Wymagania podrozdziału 17.1 mają zastosowanie do rur wykonanych z miedzi oraz stopów miedzi przeznaczonych na elementy urządzeń i rurociągów okrętowych podlegających nadzorowi PRS.

**17.1.1.2** Postanowienia podrozdziału 17.1 dotyczą miedzi beztlenowej zawierającej fosfor, mosiądzów aluminiowych i stopów miedzi z niklem.

**17.1.1.3** Rury powinny odpowiadać wymaganiom odpowiednich norm np. PN-EN 12449, PN-EN 1057, PN-EN 12451 oraz dodatkowo wymaganiom niniejszych *Przepisów*. Uznanie innych norm lub warunków technicznych wymaga odrębnego uzgodnienia z PRS.

**17.1.1.4** Zastosowanie materiału różniącego się składem chemicznym, własnościami mechanicznymi lub stanem dostawy od wyżej wymienionych podlega odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

### 17.1.2 Metody wytwarzania

**17.1.2.1** Rury przeznaczone na rurociągi okrętowe klasy I i II powinny być wytwarzane w wytwórni uznanej przez PRS.

**17.1.2.2** Rury przeznaczone na rurociągi okrętowe klasy I i II powinny być wytwarzane jako ciągnione bez szwu. Rury na rurociągi klasy III mogą być wykonane jako ciągnione bez szwu lub spawane.

### 17.1.3 Skład chemiczny

**17.1.3.1** Skład chemiczny rur z miedzi i stopów miedzi powinien odpowiadać wymaganiom zawartym w odpowiednich normach lub warunkach technicznych uzgodnionych z PRS.

**17.1.3.2** Wartości graniczne składu chemicznego dla głównych pierwiastków stopowych powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 17.1.3.2.

**Tabela 17.1.3.2**
**Wartości graniczne dla głównych pierwiastków stopowych dla materiałów na rury z miedzi i stopów miedzi** [1)]

| Oznaczenie | Cu | Al | As | Fe | Mn | Ni | P | Pb | Zn |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Miedź Cu-DPH (CW024A) | 99,9 [2)] min. | – | – | – | – | – | 0,015÷ 0,040 | – | – |
| Mosiądz aluminiowy CuZn20Al2As (CW702R) | 76÷79 | 1,8÷2,3 | 0,02÷ 0,06 | 0,07 maks. | 0,10 maks. | 0,10 maks. | 0,01 maks. | 0,02 maks. | reszta |
| Stop miedzi z niklem[3)] CuNi10Fe1Mn (CW352H) | reszta | – | – | 1,0÷2,0 | 0,5÷1,5 | 9÷11 | 0,02 maks. | 0,02 maks. | 0,5 maks. |
| Stop miedzi z niklem[3)] CuNi30Mn1Fe (CW354H) | reszta | – | – | 0,4÷1,0 | 0,5÷1,5 | 30÷32 | 0,02 maks. | 0,02 maks. | 0,5 maks. |

1) Skład chemiczny maksimum lub zakres w % masy.
2) Łącznie z Ag do maks. 0,015%.
3) Jeżeli zamawiający podaje, że wyrób w czasie dalszej obróbki będzie spawany, wówczas nie mogą być przekroczone następujące wartości graniczne: Zn ≤ 0,05%; P ≤ 0,02 %; S ≤ 0,02 %; C ≤ 0,05 %.

### 17.1.4 Stan dostawy

Rury z miedzi powinny być dostarczone w stanie wyżarzonym lub półtwardym. Rury ze stopów miedzi powinny być dostarczone w stanie wyżarzonym.

### 17.1.5 Własności mechaniczne

**17.1.5.1** Własności mechaniczne w próbie rozciągania należy wyznaczać zgodnie z uznanymi normami na próbkach do badań przygotowanych z odcinków próbnych, pobranych zgodnie z tymi normami.

**17.1.5.2** Własności mechaniczne powinny spełniać wymagania uznanych norm oraz tabeli 17.1.5.2.

**Tabela 17.1.5.2**
**Własności mechaniczne materiału rur z miedzi i stopów miedzi**

| Oznaczenie, znak (numer) | Stan dostawy | $R_m$ [MPa] min. | $R_{p0,2}$ [MPa] min. | $A$ [%] min. |
|---|---|---|---|---|
| Miedź Cu-DPH (CW024A) | wyżarzony | 200 | 100 | 40 |
| | półtwardy | 250 | 150 | 20 |
| Mosiądz aluminiowy CuZn20Al2As (CW702R) | wyżarzony | 330 | 120 | 35 |
| Stop miedzi z niklem CuNi10Fe1Mn (CW352H) | wyżarzony | 290 | 100 | 30 |
| Stop miedzi z niklem CuNi30Mn1Fe (CW354H) | wyżarzony | 360 | 120 | 30 |

### 17.1.6 Próby

Rury należy poddać badaniom partiami. Wielkość partii oraz zakres prób powinny odpowiadać wymaganiom uznanych norm lub warunków technicznych uzgodnionych z PRS.

### 17.1.7 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

Za kontrolę stanu powierzchni i weryfikację wymiarów odpowiedzialny jest wytwórca rur. Odbiór przez inspektora PRS nie zwalnia wytwórcy z tej odpowiedzialności. Rury podlegają kontroli wizualnej i kontroli wymiarów, na zgodność z wymaganiami przedmiotowych norm.

Każda rura powinna być poddana badaniu za pomocą prądów wirowych lub próbie ciśnieniowej, zgodnie z wymaganiami uznanych norm.

### 17.1.8 Naprawa

Uszkodzenia rur mogą być naprawiane przez szlifowanie, pod warunkiem że zostaną zachowane tolerancje wymiarowe. Naprawa za pomocą spawania jest niedozwolona.

### 17.1.9 Cechowanie

Rury powinny być odpowiednio cechowane przez wytwórcę, tak aby możliwa była ich identyfikacja. Rury należy cechować zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.9. Wybijanie cech bezpośrednio na rurach jest niedozwolone.

### 17.1.10 Świadectwo odbioru

Dla odebranych rur PRS wystawia *Świadectwo odbioru* zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8. W *Świadectwie odbioru*, poza danymi określonymi w podrozdziale 1.8, powinny znaleźć się następujące informacje:

**.1** wyniki badań nieniszczących, jeżeli były wykonane,
**.2** wyniki próby ciśnieniowej, jeżeli była wykonana,
**.3** wyniki innych badań uzgodnionych w zamówieniu.

## 17.2 Odlewy ze stopów miedzi inne niż odlewy śrub napędowych

### 17.2.1 Wymagania ogólne

**17.2.1.1** Wymagania podrozdziału 17.2 mają zastosowanie do odlewów ze stopów miedzi, podlegających nadzorowi PRS podczas ich produkcji, przeznaczonych na elementy wyposażenia, urządzeń i rurociągów okrętowych.

**17.2.1.2** Wymagania podrozdziału 17.2 nie mają zastosowania do odlewów śrub napędowych ze stopów miedzi.

**17.2.1.3** Postanowienia podrozdziału 17.2 dotyczą mosiądzów, brązów oraz stopów miedzi z niklem.

**17.2.1.4** Odlewy powinny odpowiadać uznanym normom np. PN-EN 1982 oraz wymaganiom niniejszych *Przepisów*. Uznanie innych norm lub warunków technicznych wymaga odrębnego rozpatrzenia przez PRS.

**17.2.1.5** Uznanie materiału różniącego się składem chemicznym, własnościami mechanicznymi lub stanem dostawy od wyżej wymienionych podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS, z uwzględnieniem proponowanego zastosowania tego materiału.

### 17.2.2 Metody wytwarzania

**17.2.2.1** Wszystkie odlewy powinny być wytwarzane w odlewniach uznanych przez PRS.

**17.2.2.2** Wytapianie może odbywać się w piecach indukcyjnych, opalanych gazem lub ropą w procesie tyglowym lub innym, uzgodnionym z PRS.

**17.2.2.3** Wnęka formy powinna być wypełniona metalem poprzez przepływ laminarny. Układ wlewowy, nadlewy i formowanie powinny być wykonane zgodnie z dobrą praktyką odlewniczą.

### 17.2.3 Skład chemiczny

**17.2.3.1** Skład chemiczny dla każdego wytopu powinien odpowiadać wymaganiom zawartym w normach lub warunkach technicznych uzgodnionych z PRS.

**17.2.3.2** Jeżeli odlewy są wykonane z wlewków stopowych, to skład chemiczny podczas wytapiania może być przyjęty na podstawie *Świadectw odbioru* wytwórcy wlewków. Jeżeli do wytopu dodawany jest złom odlewniczy, to na życzenie inspektora PRS mogą być wykonywane badania uzupełniające składu chemicznego. Na elementy maszyn i urządzeń okrętowych, stykające się z wodą morską można stosować niżej wymienione stopy miedzi:

**17.2.3.3** CuSn11P-C, CuSn11Pb2-C, CuSn6Zn4Pb2-C, CuSn5Zn5Pb5-C, CuZn35Mn2Al1Fe1-C, CuZn34Mn3Al2Fe1-C, CuZn16Si4-C, CuAl10Ni3Fe2-C, CuZn39Pb1AlB-C, CuAl10Fe2-C, CuAl10Fe5Ni5-C, CuZn25Al5Mn4Fe3-C, CuNi10Fe1Mn1-C, CuNi30Fe1Mn1-C.

**17.2.3.4** Pierwiastki określone w specyfikacji jako pozostałe składniki nie muszą być celowo dodawane do wytopu, jednak ich zawartość powinna być określona w analizie składu chemicznego.

### 17.2.4 Stan dostawy

**17.2.4.1** Jeżeli odlewy są dostarczone w stanie obrobionym cieplnie, to obróbka cieplna powinna być przeprowadzona w odpowiednio zbudowanych piecach, które są wyposażone w urządzenia do kontroli i rejestracji temperatury. Wymiary pieca powinny być takie, aby możliwe było nagrzanie wsadu pieca jednolicie do wymaganej temperatury.

**17.2.4.2** Do wsadu pieca powinna być dołączona odpowiednia liczba termopar, tak aby możliwe były pomiar i rejestracja temperatury oraz określenie równomierności rozkładu temperatur.

**17.2.4.3** Odlewnia powinna rejestrować zapisy o obróbce cieplnej. Zapisy te powinny zawierać co najmniej identyfikację pieca, wsad, datę, temperatury i czasy wytrzymania. Zapisy te powinny być na życzenie PRS przedstawione do wglądu.

**17.2.4.4** Jeżeli odlew poddany został miejscowemu nagrzewaniu lub prostowaniu, to PRS może wymagać przeprowadzenia wyżarzania odprężającego.

### 17.2.5 Badania własności mechanicznych

**17.2.5.1** Odlewy należy poddawać badaniom partiami. Wielkość partii oraz zakres prób powinny odpowiadać wymaganiom norm lub specyfikacji technicznych uzgodnionych z PRS. Z partii należy pobrać co najmniej jeden komplet próbek do badań własności mechanicznych.

**17.2.5.2** W przypadku odlewów seryjnych, odlewanych z tego samego wytopu, należy pobrać co najmniej jeden komplet próbek do badań własności mechanicznych, reprezentatywny dla wszystkich odlewów z tego wytopu.

**17.2.5.3** Jeżeli do wykonania jednego odlewu potrzebny jest metal z więcej niż jednej kadzi, to komplet próbek do badań należy pobrać z każdej kadzi, chyba że materiał w kadzi pochodzi z tego samego wytopu.

**17.2.5.4** Wlewki próbne, z których pobierane są odcinki próbne, powinny być odlane jako oddzielnie odlane do form z układem wlewowym zapewniającym laminarny przepływ do wnęki formy. Wlewki próbne powinny odpowiadać rzeczywistym warunkom odlewania, jakie występują w odlewach, które reprezentują.

**17.2.5.5** Dla odśrodkowo odlewanych wkładek i tulei materiał do prób może być pobrany z końców tych odlewów.

**17.2.5.6** Wszystkie wlewki próbne powinny być odpowiednio oznakowane, tak aby możliwa była ich identyfikacja z odlewami, które reprezentują.

**17.2.5.7** Przygotowanie próbek i procedury badań własności mechanicznych powinny być zgodne z wymaganiami rozdziału 2.

### 17.2.6 Własności mechaniczne

**17.2.6.1** Własności mechaniczne w próbie rozciągania należy wyznaczać zgodnie z wymaganiami rozdziału 2, na próbkach do badań przygotowanych z odcinków próbnych pobranych zgodnie z 17.2.5.

**17.2.6.2** Własności mechaniczne powinny odpowiadać wymaganiom norm lub warunków technicznych uzgodnionych z PRS.

**17.2.6.3** Jeżeli wyniki badań własności mechanicznych nie spełniają wymagań norm lub warunków technicznych uzgodnionych z PRS, to powinny być przeprowadzone badania powtórne, zgodnie z postanowieniami podrozdziału 2.3.

### 17.2.7 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

**17.2.7.1** Wszystkie odlewy powinny być poddane badaniom wizualnym na dostępnych powierzchniach. Powierzchnie te powinny być oczyszczone i odpowiednio przygotowane do inspekcji, nie powinny być młotkowane lub obrabiane w inny sposób, który uniemożliwia identyfikację wad.

**17.2.7.2** Przed odbiorem odlewy powinny być przedstawione inspektorowi PRS do kontroli wizualnej. Inspektor PRS ma prawo wymagać lokalnego trawienia w celu ujawnienia miejsc naprawianych za pomocą spawania.

**17.2.7.3** Podczas kontroli wizualnej odlewy powinny być pozbawione cząstek przylegającego piasku, zgorzeliny, pęknięć, naderwań lub innych wad, które mogłyby uniemożliwiać ich pracę zgodnie z przeznaczeniem.

**17.2.7.4** Za kontrolę wymiarów jest odpowiedzialny wytwórca, chyba że uzgodniono inaczej z zamawiającym.

**17.2.7.5** Odlewy powinny być poddane badaniom nieniszczącym zgodnie z wymaganiami *Publikacji 80/P – Badania nieniszczące*.

**17.2.7.6** Jeżeli są wymagane badania penetracyjne, to powinny być wykonane gdy powierzchnie są po obróbce końcowej. Badania penetracyjne powinny być przeprowadzane w obecności inspektora PRS. Badania penetracyjne należy wykonać zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 3452-1 lub ASTM E165-02.

**17.2.7.7** Odlewnia powinna rejestrować zapisy o badaniach pozwalające zidentyfikować badaną próbkę z odlewem, który reprezentuje. Zapisy te powinny być udostępniane inspektorowi PRS do wglądu, na jego żądanie. Odlewnia powinna również dostarczyć inspektorowi PRS, na jego życzenie, protokół badań nieniszczących zawierający stwierdzenie o pozytywnym wyniku tych badań.

### 17.2.8 Naprawa uszkodzonych odlewów

**17.2.8.1** Wady odlewów mogą być naprawiane poprzez dłutowanie, frezowanie lub szlifowanie. Dłutowanie lub frezowanie powinno być zawsze połączone z następnym szlifowaniem. Uzyskane wyżłobienia powinny mieć promień zaokrąglenia dna równy w przybliżeniu co najmniej trzykrotnej wartości głębokości wyżłobienia i powinny być połączone z powierzchnią w taki sposób, aby nie było ostrych krawędzi. Miejsce naprawy powinno być poddane badaniom penetracyjnym.

**17.2.8.2** Jeżeli uzgodniono z PRS naprawę poprzez spawanie, to wyżłobienie w odlewie powinno być odpowiednio ukształtowane, aby umożliwić dobry dostęp podczas spawania.

**17.2.8.3** Wszystkie naprawy poprzez spawanie powinny być wykonane przez firmę uznaną przez PRS, według technologii uzgodnionej z PRS. Materiały dodatkowe powinny być dobrane odpowiednio do materiału rodzimego.

**17.2.8.4** Spoina w miejscu naprawy i materiał przylegający powinny być wyszlifowane. Wszystkie spoiny powinny być poddane badaniom nieniszczącym.

**17.2.8.5** Wytwórca powinien zachować zapisy o technologii spawania i obróbce cieplnej po spawaniu, dla każdego naprawianego odlewu. Zapisy te powinny być udostępnione inspektorowi PRS, na jego żądanie.

### 17.2.9 Cechowanie

**17.2.9.1** Wytwórca powinien posiadać system cechowania, który umożliwi, dla gotowych odlewów, określenie pierwotnego wytopu materiału. Wytwórca powinien udostępnić inspektorowi PRS wszelkie dane umożliwiające określenie pochodzenia materiału.

**17.2.9.2** Cechowanie odlewów powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9. Dodatkowo należy podać wyniki próby ciśnieniowej, z wyszczególnieniem ciśnienia próbnego.

### 17.2.10 Świadectwo odbioru

Dla odebranych odlewów PRS wystawia *Świadectwo odbioru* zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8. W *Świadectwie odbioru*, poza danymi określonymi w podrozdziale 1.8, powinny znaleźć się następujące informacje:

**.1** numer identyfikacyjny odlewu,
**.2** parametry obróbki cieplnej, włącznie z temperaturą i czasem wygrzewania,
**.3** wyniki badań nieniszczących (jeżeli były wykonywane),
**.4** wyniki próby ciśnieniowej (jeżeli była wykonana),
**.5** wyniki innych badań uzupełniających (jeżeli były wykonywane).

## 17.3 Odlewy śrub napędowych ze stopów miedzi

### 17.3.1 Wymagania ogólne

**17.3.1.1** Wymagania podrozdziału 17.3 mają zastosowanie do formowania, odlewania, kontroli i technologii naprawy nowych odlewów śrub napędowych, płatów i piast. Mogą one również być stosowane do napraw i kontroli śrub napędowych uszkodzonych podczas eksploatacji, które mogą być wykonywane po uprzednim uzgodnieniu z PRS.

**17.3.1.2** Śruby napędowe i ich elementy składowe powinny być wytwarzane w odlewniach uznanych przez PRS, zgodnie z wymaganiami podanymi w podrozdziale 1.5.

**17.3.1.3** Informacje dotyczące określeń (kąt odchylenia skrzydła, strefy zagrożenia itp.) oraz wymagania dotyczące napraw śrub napędowych są podane w *Publikacji 7/P – Naprawy śrub napędowych ze stopów miedzi.*

### 17.3.2 Formowanie i odlewanie

#### 17.3.2.1 Zalewanie

Zalewanie powinno być wykonywane do wysuszonych form odlewniczych, z wykorzystaniem odgazowanego płynnego metalu. Zalewanie powinno być kontrolowane w celu uniknięcia przepływu turbulentnego. Należy stosować odpowiednie środki techniczne i/lub procedury, uniemożliwiające przedostanie się żużla do wnętrza formy.

#### 17.3.2.2 Wyżarzanie odprężające

Wyżarzanie odprężające może być przeprowadzone w celu zmniejszenia naprężeń własnych. W tym przypadku wytwórca powinien przedstawić do uznania PRS specyfikację zawierającą szczegółowe dane o obróbce cieplnej. Temperatury i czasy wytrzymania podczas wyżarzania odprężającego podano w *Publikacji 7/P – Naprawy śrub napędowych ze stopów miedzi.*

### 17.3.3 Ogólna charakterystyka odlewów

#### 17.3.3.1 Dopuszczalna wadliwość

Każdy odlew powinien być poprawnie wykończony i powinien być pozbawiony wad uniemożliwiających zamierzone jego zastosowanie. Mniejsze wady odlewu, które mogą być zauważone po obróbce mechanicznej, takie jak małe wtrącenia piasku i żużla, małe niespawy i strupy powinny być usunięte przez wytwórcę (patrz *Publikacja 7/P – Naprawy śrub napędowych ze stopów miedzi*).

#### 17.3.3.2 Naprawa uszkodzonych odlewów

Wady odlewnicze, które mogą uniemożliwić zamierzone zastosowanie odlewów np. duże wtrącenie niemetaliczne, jamy skurczowe, pęcherze gazowe, pęknięcia, są niedopuszczalne. Powinny one być usunięte poprzez jedną z metod wymienionych w *Publikacji 7/P – Naprawy śrub napędowych ze stopów miedzi* i naprawiane w ramach ograniczeń określonych dla stref zagrożenia. Pełny opis i dokumentację przeprowadzonych napraw należy przedstawić inspektorowi PRS na jego żądanie.

### 17.3.4 Wymiary oraz tolerancje wymiarowe i geometryczne

**17.3.4.1** Wymiary oraz tolerancje wymiarowe i geometryczne są określone poprzez dane zawarte w uznanej dokumentacji lub warunkach zamówienia. Powinny one być udostępnione inspektorowi PRS podczas badań.

**17.3.4.2** Za dokładność i weryfikację wymiarów odpowiedzialny jest wytwórca, chyba że uzgodniono inaczej.

**17.3.4.3** Wyważanie statyczne powinno być przeprowadzane dla każdej śruby zgodnie z uznaną dokumentacją. Wyważanie dynamiczne jest konieczne dla śrub pracujących przy prędkościach obrotowych powyżej 500 obr/min.

### 17.3.5 Skład chemiczny i struktura odlewów

#### 17.3.5.1 Skład chemiczny

Typowe stopy miedzi przeznaczone na śruby napędowe są podzielone na cztery kategorie: Cu1, Cu2, Cu3 i Cu4. Skład chemiczny typowych stopów miedzi, z których wykonywane są odlewy śrub napędowych, podano w tabeli 17.3.5.1. Stopy różniące się składem chemicznym od podanych w tabeli 17.3.5.1 mogą być dopuszczone po uzgodnieniu z PRS.

**Tabela 17.3.5.1**
**Skład chemiczny typowych odlewniczych stopów miedzi na śruby napędowe**

| Kategoria stopu | Skład chemiczny, [%] | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | Cu | Al | Mn | Zn | Fe | Ni | Sn | Pb max |
| 1 | 52,62 | 0,5,3,0 | 0,5 ,4,0 | 35,40 | 0,5,2,5 | max 1,0 | max 1,5 | 0,5 |
| Cu2 (mosiądz Mn-Ni) | 50,57 | 0,5,2,0 | 1,0,4,0 | 33,38 | 0,5,2,5 | 3,0,8,0 | max 1,5 | 0,5 |
| Cu3 (brąz Ni-Al) | 77,82 | 7,0,11,0 | 0,5,4,0 | max 1,0 | 2,0,6,0 | 3,0,6,0 | max 0,1 | 0,03 |
| Cu4 (brąz Mn-Al) | 70,80 | 6,5,9,0 | 8,0,20,0 | max 6,0 | 2,0,5,0 | 1,5,3,0 | max 1,0 | 0,05 |

### 17.3.5.2 Charakterystyka metalograficzna

Zawartość fazy $\alpha$ w strukturze stopów Cu1 i Cu2, określona przez wytwórcę na prętach próbnych jako średnia wartość z pięciu pomiarów, powinna wynosić co najmniej 25%. Dla zapewnienia odpowiedniej ciągliwości i odporności na korozję zmęczeniową należy utrzymywać procentowy udział fazy $\beta$ na niskim poziomie. Z tego powodu równoważnik cynku, $C_{Zn}$, określony według wzoru 17.3.5.2, nie powinien przekraczać wartości 45%:

$$C_{Zn} = 100 - \frac{100 \cdot \%Cu}{100 + A} \ [\%] \qquad (17.3.5.2)$$

gdzie: $A$ – suma algebraiczna następujących składników stopowych:

1 · % Sn,
5 · % Al,
–0,5 · % Mn,
–2,3 · % Ni,
–0,1 · % Fe.

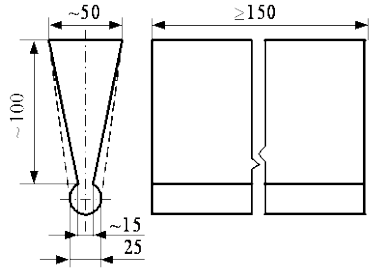
**Uwaga**: Znak minus przed pierwiastkami Mn, Ni i Fe wskazuje, że pierwiastki te wpływają na obniżanie udziału fazy *b* w strukturze stopu.

Głównymi składowymi struktury stopów Cu1 i Cu2 są fazy *a* i *b*. Ważne własności, takie jak ciągliwość i odporność na korozję zmęczeniową, są silnie zależne od udziału procentowego fazy *b* (zbyt wysoka zawartość procentowa fazy *b* ma negatywny wpływ na te własności). Dla zachowania odpowiedniej ciągliwości i odporności na korozję zmęczeniową udział procentowy fazy *b* powinien być niski. Pojęcie równoważnika cynku powinno być używane jako sprawdzenie, ponieważ łączy ono efekt skłonności różnych pierwiastków do tworzenia fazy *b* w strukturze.

## 17.3.6 Własności mechaniczne

### 17.3.6.1 Typowe stopy

Własności mechaniczne typowych stopów miedzi na śruby napędowe, określone na próbkach pobranych z oddzielnie odlanych wlewków próbnych wykonanych zgodnie z rys. 17.3.6.1, podano w tabeli 17.3.6.1.




Rys. 17.3.6.1

**Tabela 17.3.6.1**
**Własności mechaniczne typowych odlewniczych stopów miedzi na śruby napędowe określone na próbkach odlanych oddzielnie**

| Kategoria stopu | $R_{p0,2}$ [MPa] min. | $R_m$ [MPa] min. | $A$ [%] min. |
|---|---|---|---|
| Cu1 (mosiądz Mn) | 175 | 440 | 20 |
| Cu2 (mosiądz Mn-Ni) | 175 | 440 | 20 |
| Cu3 (brąz Ni-Al) | 245 | 590 | 16 |
| Cu4 (brąz Mn-Al) | 275 | 630 | 18 |

**Uwaga**: Własności te charakteryzują wytop i w zasadzie nie są one reprezentatywne dla własności mechanicznych odlewów śrub napędowych, które mogą być niższe nawet o 30% od określonych na próbkach wyciętych z wlewków próbnych odlanych oddzielnie.

Własności mechaniczne określone na próbkach przylanych podlegają odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

#### 17.3.6.2 Inne stopy

Zastosowanie stopów o własnościach mechanicznych niespełniających wymagań podanych w tabeli 17.3.6.1 podlega odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

### 17.3.7 Próby i badania

Dla odlewów śrub napędowych ze stopów miedzi należy przeprowadzić niżej wymienione próby i badania. Kształt i wymiary próbek do badań oraz procedury badań podane są w rozdziale 2.

#### 17.3.7.1 Skład chemiczny

Wytwórca powinien wykonać analizę chemiczną każdego wytopu.

#### 17.3.7.2 Próba rozciągania

W próbie rozciągania należy określić wytrzymałość na rozciąganie, umowną granicę plastyczności i wydłużenie plastyczne po rozerwaniu. Z każdego wlewka próbnego należy pobrać co najmniej jedną próbkę do próby rozciągania.

Generalnie próbki należy pobierać z oddzielnie odlanych wlewków próbnych (patrz punkt 17.3.6.1). Wlewek próbny powinien być odlany oddzielnie w formie wykonanej z tych samych materiałów formierskich, jakich użyto do wykonania odlewu śruby i powinien być studzony w tych samych warunkach co odlew.

Jeżeli odlewy poddawane są obróbce cieplnej, to wlewki próbne powinny być poddane obróbce cieplnej razem z odlewami, które reprezentują.

Jeżeli do badań przewiduje się stosowanie wlewków próbnych przylanych, to wymagana jest specjalna zgoda PRS. W miarę możliwości powinny być one usytuowane na płatach śrub w obszarze leżącym pomiędzy 0,5$R$ a 0,6$R$ (gdzie $R$ jest promieniem śruby). Oddzielenie wlewka próbnego od płata śruby powinno nastąpić przy użyciu metod nietermicznych.

#### 17.3.7.3 Badania mikroskopowe

Mikrostruktura stopów kategorii Cu1, Cu2 powinna być sprawdzona przez określenie procentowego udziału fazy $\alpha$. Dlatego z każdego wytopu należy pobrać co najmniej jedną próbkę do badań mikroskopowych. Procentowy udział fazy $\alpha$ powinien być określony jako średnia z 5 zliczeń.

#### 17.3.7.4 Kontrola jakości powierzchni i wymiarów

Odlewy śrub powinny być poddane badaniom wizualnym na wszystkich etapach ich wytwarzania. Cała powierzchnia odlewu powinna być poddana wszechstronnym badaniom wizualnym, w stanie końcowym, przez inspektora PRS. Badania te powinny obejmować również otwory.

Wymiary powinny być sprawdzone przez wytwórcę, zaś sprawozdanie z kontroli wymiarów powinno być dostarczone inspektorowi PRS. Kontrolę należy przeprowadzić w obecności inspektora PRS.

Inspektor PRS ma prawo wymagać lokalnego trawienia (np. za pomocą chlorku żelaza), w celu wykrycia napraw za pomocą spawania.

### 17.3.8 Badania nieniszczące

#### 17.3.8.1 Badania penetracyjne

Powierzchnie płatów i piasty zaliczone do strefy A należy poddać badaniom penetracyjnym w obecności inspektora PRS. Podział na strefy, wymagania i kryteria podane są w *Publikacji 7/P – Naprawy śrub napędowych ze stopów miedzi*.

Badania penetracyjne w strefach B i C powinny być wykonane przez wytwórnię. Inspektor PRS ma prawo wymagać, aby badania te zostały przeprowadzone w jego obecności.

Badaniom penetracyjnym należy poddać wszystkie miejsca z wadami usuwanymi metodą szlifowania lub spawania, niezależnie od stref, w których występują.

#### 17.3.8.2 Badania radiograficzne i ultradźwiękowe

Jeżeli zachodzi uzasadnione podejrzenie, że odlew nie jest wolny od wad wewnętrznych, inspektor PRS ma prawo wymagać przeprowadzenia badań radiograficznych i/lub ultradźwiękowych. Kryteria odbioru opracowane w oparciu o normy wytwórca powinien uzgodnić z inspektorem PRS.

**Uwaga**: Należy wziąć pod uwagę fakt, że absorpcja promieni X i gamma jest zdecydowanie silniejsza przez stopy miedzi niż przez stal. W związku z tym elementy śrub wykonanych z brązu lub mosiądzu o grubości do 50 mm zazwyczaj poddaje się badaniom radiograficznym promieniami X min. 300 kV, natomiast elementy o grubości do 160 mm – promieniami gamma Co 60. Ze względów, o których mowa wyżej, badania radiograficzne grubszych elementów nie są wykonywane. Z uwagi na duże tłumienie fal, badania ultradźwiękowe stopów Cu1 i Cu2 nie są miarodajne. Badania ultradźwiękowe można stosować do stopów miedzi kategorii Cu3 i Cu4.

#### 17.3.8.3 Dokumentowanie wad i kontroli

Wszystkie wady wymagające napraw przez spawanie odlewów powinny być udokumentowane, najlepiej na rysunkach lub specjalnych szkicach pokazujących ich wymiary i lokalizację. Ponadto powinna być opisana procedura kontroli. Dokumentacja powinna być przedstawiona inspektorowi PRS, przed wykonaniem napraw metodą spawania.

### 17.3.9 Cechowanie

Wytwórca powinien stosować system cechowania, który dla gotowych odlewów umożliwi określenie pochodzenia pierwotnego wytopu. Wytwórca powinien udostępnić inspektorowi PRS wszelkie dane, umożliwiające określenie pochodzenia materiału.

Cechowanie odlewów powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9. Dodatkowo należy podać następujące dane:

**.1** symbol klasy lodowej, jeżeli ma zastosowanie,
**.2** kąt odchylenia skrzydła śruby (dotyczy śrub o kącie odchylenia skrzydła większym niż 25°).

### 17.3.10 Świadectwo odbioru

Dla każdego odlewu śruby napędowej PRS wystawia *Świadectwo odbioru*, zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8. W *Świadectwie odbioru*, poza danymi określonymi w podrozdziale 1.8, powinny znaleźć się następujące informacje:

**.1** opis odlewu i nr rysunku odlewu;
**.2** średnica, liczba płatów, skok, kierunek obrotów;
**.3** końcowa masa;
**.4** wyniki badań nieniszczących i szczegóły dotyczące procedury badań, jeżeli są one niezbędne;

**.5** udział procentowy fazy $\alpha$ w strukturze stopów Cu1 i Cu2;
**.6** nr identyfikacyjny odlewu;
**.7** kąt odchylenia skrzydła śruby (dotyczy śrub o kącie odchylenia skrzydła większym niż 25°).

# 18 STOPY ALUMINIUM

## 18.1 Stopy aluminium przerobione plastycznie

### 18.1.1 Postanowienia ogólne

**18.1.1.1** Wymagania podrozdziału 18.1 mają zastosowanie do wyrobów ze stopów aluminium przerobionych plastycznie serii 5xxx (układu Al-Mg) i serii 6xxx (układu Al-Si-Mg), przeznaczonych do budowy kadłubów, nadbudówek i innych konstrukcji morskich. Nie mają one zastosowania do wyrobów ze stopów aluminium przeznaczonych na konstrukcje kriogeniczne, tj. pracujące w niskich temperaturach.

**18.1.1.2** Wymagania podrozdziału 18.1 mają zastosowanie do wyrobów o grubości od 3 do 50 mm włącznie.

Stosowanie wyrobów ze stopów aluminium o innych grubościach podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

**18.1.1.3** Odpowiednie oznaczenia stanów umocnienia i obróbki cieplnej wyrobów ze stopów aluminium, które w niniejszym podrozdziale określono jako „stan dostawy", są zgodne z wymaganiami normy PN-EN 515:2017.

**18.1.1.4** PRS może wyrazić zgodę na zastosowanie stopów aluminium niewymienionych w niniejszym rozdziale, jak również na inne stany dostawy. Wymaga to uzgodnienia z PRS oraz przeprowadzenia szczegółowych badań własności stopu, łącznie z odpornością na korozję, jak również analizy warunków jego zastosowania i spawania.

### 18.1.2 Uznanie wytwórni

Wszystkie gatunki stopów, łącznie z wsadem do ich produkcji, powinny być wytwarzane w wytwórniach uznanych przez PRS.

### 18.1.3 Rodzaje stopów i stan dostawy

W zależności od metody wytwarzania wyrobów, oznaczenie stopu i stan dostawy podano w tabelach 18.1.3-1 i 18.1.3-2.

**Tabela 18.1.3-1**
**Wyroby walcowane (blachy, taśmy, płyty)**

| Kategoria [1)] | Oznaczenie europejskie stopu[2)] | Stan dostawy [3)] |
|---|---|---|
| 5083 | EN AW-5083 [AlMg4,5Mn0,7] | O, H111, H112, H116, H321 |
| 5086 | EN AW-5086 [AlMg4] | O, H111, H112, H116 |
| 5383 | EN AW-5383 [AlMg4,5Mn0,9] | O, H111, H116, H321 |
| 5059 | – | |
| 5754 | EN AW-5754 [AlMg3] | O, H111 |
| 5456 | – | O, H111, H116, H321 |

1) Oznaczenie stosowane przy cechowaniu wyrobów.
2) Oznaczenie według PN-EN 573-1 oraz PN-EN 573-2.
3) O – wyżarzony, H111 – wyżarzony i lekko zgnieciony, H112 – lekko umocniony przez kształtowanie w podwyższonej temperaturze lub przez nadanie określonej wielkości zgniotu, H116 – umocniony zgniotem (dla stopów Al-Mg z Mg ≥ 4% o określonych własnościach mechanicznych i odporności na korozję warstwową), H321 – umocniony i stabilizowany (¼ twardy).

**Tabela 18.1.3-2**
**Wyroby wyciskane (kształtowniki, pręty, profile zamknięte)**

| Kategoria [1)] | Oznaczenie europejskie stopu[2)] | Stan dostawy [3)] |
|---|---|---|
| 5083 | EN AW-5083 [AlMg4,5Mn0,7] | O, H111, H112 |
| 5086 | EN AW-5086 [AlMg4] | |
| 5383 | EN AW-5383 [AlMg4,5Mn0,9] | |
| 5059 | – | H112 |
| 6005A | EN AW-6005A [AlSiMg(A)] | T5, T6 |
| 6061 | EN AW-6061 [AlMg1SiCu] | T6 |
| 6082 | EN AW-6082 [AlSi1MgMn] | T5, T6 |

1) Oznaczenie stosowane przy cechowaniu wyrobów.
2) Oznaczenie według PN-EN 573-1 oraz PN-EN 573-2.
3) H111 – wyżarzony i lekko zgnieciony, T5 – schłodzony z podwyższonej temperatury procesu kształtowania i następnie sztucznie starzony, T6 – przesycony i sztucznie starzony. Inne stany jak w tabeli 18.1.3-1.

**Uwaga:**

Stopy 6005A, 6061 nie powinny być stosowane w wyrobach mających bezpośredni kontakt z wodą morską, jeżeli nie zastosowano ochrony katodowej i/lub pokryć malarskich.

## 18.1.4 Skład chemiczny

**18.1.4.1** Wytwórca zobowiązany jest określić skład chemiczny każdego wytopu.

**18.1.4.2** Skład chemiczny stopów aluminium powinien odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 18.1.4.2.

**Tabela 18.1.4.2**
**Skład chemiczny stopów aluminium przerabianych plastycznie[1)]**

| Kategoria | Si [%] | Fe [%] | Cu [%] | Mn [%] | Mg [%] | Cr [%] | Zn [%] | Ti [%] | Inne [2)], każdy z osobna [%] | Inne [2)], ogółem [%] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 5083 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 0,4÷1,0 | 4,0÷4,9 | 0,05÷0,25 | 0,25 | 0,15 | 0,05 | 0,15 |
| 5383 | 0,25 | 0,25 | 0,20 | 0,7÷1,0 | 4,0÷5,2 | 0,25 | 0,4 | 0,15 | 0,05[5)] | 0,15[5)] |
| 5059 | 0,45 | 0,50 | 0,25 | 0,6÷1,2 | 5,0÷6,0 | 0,25 | 0,4÷0,9 | 0,20 | 0,05[6)] | 0,15[6)] |
| 5086 | 0,40 | 0,50 | 0,10 | 0,2÷0,7 | 3,5÷4,5 | 0,05÷0,25 | 0,25 | 0,15 | 0,05 | 0,15 |
| 5754 | 0,40 | 0,40 | 0,10 | 0,50[3)] | 2,6÷3,6 | 0,3[3)] | 0,20 | 0,15 | 0,05 | 0,15 |
| 5456 | 0,25 | 0,40 | 0,10 | 0,5÷1,0 | 4,7÷5,5 | 0,05÷0,20 | 0,25 | 0,20 | 0,05 | 0,15 |
| 6005A | 0,5 0,9 | 0,35 | 0,30 | 0,50[4)] | 0,4÷0,7 | 0,30[4)] | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,15 |
| 6061 | 0,4÷0,8 | 0,70 | 0,15÷0,4 | 0,15 | 0,8÷1,2 | 0,04÷0,35 | 0,25 | 0,15 | 0,05 | 0,15 |
| 6082 | 0,7÷1,3 | 0,50 | 0,10 | 0,4÷1,0 | 0,6÷1,2 | 0,25 | 0,20 | 0,10 | 0,05 | 0,15 |

1) Skład chemiczny w % masy maksimum, chyba że podany jest zakres.
2) Dotyczy Ni, Ga, V i umieszczonych w wykazie innych pierwiastków, dla których nie są pokazane określone ograniczenia.
3) Mn + Cr : 0,10 ÷ 0,60.
4) Mn + Cr : 0,12 ÷ 0,50.
5) $Zr_{max}$ = 0,20%. Suma dla innych pierwiastków nie zawiera cyrkonu.
6) Zr = 0,05 ÷ 0,25%. Suma dla innych pierwiastków nie zawiera cyrkonu.

**18.1.4.3** Wyniki analizy chemicznej dokonanej przez wytwórcę są akceptowane przez PRS z zastrzeżeniem, że podlegają one wyrywkowej kontroli według uznania inspektora PRS. W szczególności analiza chemiczna może być wymagana, gdy analiza kontrolna składu chemicznego gotowych wyrobów różni się od analizy wytopowej.

**18.1.4.4** Jeżeli wyroby ze stopów aluminium wytwarzane są ze wsadu dostarczonego przez inną wytwórnię, inspektorowi PRS należy przekazać pełną informację o wsadzie, zawierającą numery wytopów i wyniki analizy chemicznej każdego wytopu, dostarczoną przez tę wytwórnię.

### 18.1.5 Własności mechaniczne

Własności mechaniczne stopów aluminium w zależności od stanu dostawy powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabelach 18.1.5-1 i 18.1.5-2.

**Uwaga:** Należy uwzględnić spadek własności mechanicznych połączeń spawanych w porównaniu z materiałem rodzimym w stanach umocnionych zgniotem lub obrobionych cieplnie.

**Tabela 18.1.5-1**
**Własności mechaniczne wyrobów walcowanych o grubości $3 \le t \le 50$ mm** 3)

| Kategoria | Stan dostawy | Grubość $t$ [mm] | $R_{p0,2}$ [MPa] min lub zakres | $R_m$ [MPa] min lub zakres | $A$ [%] min 1, 3) | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $A_{50mm}$ | $A$ |
| 5083 | O | $3 \le t \le 50$ | 125 | 275 ÷ 350 | 16 | 14 |
| | H111 | $3 \le t \le 50$ | 125 | 275 ÷ 350 | 16 | 14 |
| | H112 | $3 \le t \le 50$ | 125 | 275 | 12 | 10 |
| | H116 | $3 \le t \le 50$ | 215 | 305 | 10 | 10 |
| | H321 | $3 \le t \le 50$ | 215 ÷ 295 | 305 ÷ 385 | 12 | 10 |
| 5383 | O | $3 \le t \le 50$ | 145 | 290 | | 17 |
| | H111 | $3 \le t \le 50$ | 145 | 290 | | 17 |
| | H116 | $3 \le t \le 50$ | 220 | 305 | 10 | 10 |
| | H321 | $3 \le t \le 50$ | 220 | 305 | 10 | 10 |
| 5059 | O | $3 \le t \le 50$ | 160 | 330 | 24 | 24 |
| | H111 | $3 \le t \le 50$ | 160 | 330 | 24 | 24 |
| | H116 | $3 \le t \le 20$ | 270 | 370 | 10 | 10 |
| | | $20 < t \le 50$ | 260 | 360 | | 10 |
| | H321 | $3 \le t \le 20$ | 270 | 370 | 10 | 10 |
| | | $20 < t \le 50$ | 260 | 360 | | 10 |
| 5086 | O | $3 \le t \le 50$ | 95 | 240 ÷ 305 | 16 | 14 |
| | H111 | $3 \le t \le 50$ | 95 | 240 ÷ 305 | 16 | 14 |
| | H112 | $3 \le t \le 12,5$ | 125 | 250 | 8 | |
| | | $12,5 < t \le 50$ | 105 | 240 | | 9 |
| | H116 | $3 \le t \le 50$ | 195 | 275 | 10 2) | 9 |
| 5754 | O | $3 \le t \le 50$ | 80 | 190 ÷ 240 | 18 | 17 |
| | H111 | $3 \le t \le 50$ | 80 | 190 ÷ 240 | 18 | 17 |
| 5456 | O | $3 \le t \le 6,3$ | 130 ÷ 205 | 290 ÷ 365 | 16 | |
| | | $6,3 < t \le 50$ | 125 ÷ 205 | 285 ÷ 360 | 16 | 14 |
| | H116 | $3 \le t \le 30$ | 230 | 315 | 10 | 10 |
| | | $30 < t \le 40$ | 215 | 305 | | 10 |
| | | $40 < t \le 50$ | 200 | 285 | | 10 |
| | H321 | $3 \le t \le 12,5$ | 230 ÷ 315 | 315 ÷ 405 | 12 | |
| | | $12,5 < t \le 40$ | 215 - 305 | 305 - 385 | | 10 |
| | | $40 < t \le 50$ | 200 ÷ 295 | 285 ÷ 370 | | 10 |

| Kategoria | Stan dostawy | Grubość $t$ [mm] | $R_{p0,2}$ [MPa] min lub zakres | $R_m$ [MPa] min lub zakres | $A$ [%] min [1, 3] | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $A_{50mm}$ | $A$ |

[1] Wydłużenie $A_{50mm}$ jest określane dla grubości ≤ 12,5 mm, zaś $A$ dla grubości powyżej 12,5 mm.
[2] 8% dla grubości równej lub mniejszej niż 6,3 mm.
[3] Podane w tabeli wartości dotyczą zarówno próbek wzdłużnych jak i poprzecznych.

**Uwaga:** Ze względu na odmienną obróbkę cieplną stopów w stanach dostawy O i H111 nie należy stosować podwójnego oznaczenia stanów dostawy (tj. 0/H111).

**Tabela 18.1.5-2**
**Własności mechaniczne wyrobów wyciskanych otwartych o grubości $3 \le t \le 50$ mm** [2]

| Kategoria | Stan dostawy | Grubość $t$ [mm] | $R_{p0,2}$ [MPa] min | $R_{m+}$ [MPa] min lub zakres | $A$ [%] min. [1, 2] | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | | $A_{50\ mm}$ | $A$ |
| 5083 | 0 | $3 \le t \le 50$ | 110 | 270 - 350 | 14 | 12 |
| | H111 | $3 \le t \le 50$ | 165 | 275 | 12 | 10 |
| | H112 | $3 \le t \le 50$ | 110 | 270 | 12 | 10 |
| 5383 | 0 | $3 \le t \le 50$ | 145 | 290 | 17 | 17 |
| | H111 | $3 \le t \le 50$ | 145 | 290 | 17 | 17 |
| | H112 | $3 \le t \le 50$ | 190 | 310 | | 13 |
| 5059 | H112 | $3 \le t \le 50$ | 200 | 330 | | 10 |
| 5086 | 0 | $3 \le t \le 50$ | 95 | 240 ÷ 315 | 14 | 12 |
| | H111 | $3 \le t \le 50$ | 145 | 250 | 12 | 10 |
| | H112 | $3 \le t \le 50$ | 95 | 240 | 12 | 10 |
| 6005A | T5 | $3 \le t \le 50$ | 215 | 260 | 9 | 8 |
| | T6 | $3 \le t \le 10$ | 215 | 260 | 8 | 6 |
| | | $10 < t \le 50$ | 200 | 250 | 8 | 6 |
| 6061 | T6 | $3 \le t \le 50$ | 240 | 260 | 10 | 8 |
| 6082 | T5 | $3 \le t \le 50$ | 230 | 270 | 8 | 6 |
| | T6 | $3 \le t \le 5$ | 250 | 290 | 6 | |
| | | $5 < t \le 50$ | 260 | 310 | 10 | 8 |

[1] Wydłużenie $A_{50mm}$ jest określane dla grubości ≤ 12,5 mm, zaś $A$ dla grubości powyżej 12,5 mm.
[2] Podane w tabeli wartości dotyczą zarówno próbek wzdłużnych, jak i poprzecznych.

### 18.1.6 Dopuszczalna wadliwość

**18.1.6.1** Wytworzony wyrób powinien być wolny od wad wewnętrznych i powierzchniowych, uniemożliwiających zastosowanie materiału zgodnie z przeznaczeniem.

**18.1.6.2** Drobne wady powierzchniowe, mieszczące się w granicach tolerancji grubości, mogą być usunięte metodą szlifowania lub obróbki mechanicznej.

### 18.1.7 Tolerancje wymiarowe

**18.1.7.1** Ujemne odchyłki grubości wyrobów nie mogą przekroczyć wartości podanych w tabeli 18.1.7.1.

**Tabela 18.1.7.1**
**Dopuszczalne ujemne odchyłki grubości dla wyrobów walcowanych**

| Grubość nominalna $t$ [mm] | Odchyłki grubości w zależności od nominalnej szerokości [mm] | | |
|---|---|---|---|
| | do 1500 | powyżej 1500 do 2000 | powyżej 2000 do 3500 |
| $3 \le t < 4$ | 0,10 | 0,15 | 0,15 |
| $4 \le t < 8$ | 0,20 | 0,20 | 0,25 |
| $8 \le t < 12$ | 0,25 | 0,25 | 0,25 |
| $12 \le t < 20$ | 0,35 | 0,40 | 0,50 |
| $20 \le t < 50$ | 0,45 | 0,50 | 0,65 |

**18.1.7.2** Tolerancje wymiarowe inne niż podane w tabeli 18.1.7.1 podlegają odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

### 18.1.8 Próby i badania

#### 18.1.8.1 Procedura badań

Kształt i wymiary próbek do badań oraz procedury badań powinny odpowiadać wymaganiom podanym w rozdziale 2.

#### 18.1.8.2 Badania nieniszczące

Badania nieniszczące wyrobów nie są wymagane. Jednakże oczekuje się od wytwórcy zastosowania odpowiednich metod badań nieniszczących w celu zapewnienia oczekiwanego poziomu jakości wyrobów.

#### 18.1.8.3 Wymiary

Wytwórca ponosi odpowiedzialność za kontrolę wymiarową wyrobów pod względem zgodności z wymaganiami podanymi w 18.1.7.

#### 18.1.8.4 Sprawdzenie poprawności połączenia zgrzewanego profili zamkniętych

Dla każdej partii wyrobów wytwórca zobowiązany jest wykazać poprawność połączenia zgrzewanego, przeprowadzając próbę makroskopową lub próbę roztłaczania. Próba roztłaczania powinna być przeprowadzona zgodnie z poniższymi wymaganiami:

**.1** co piąty profil powinien być poddany próbie po końcowej obróbce cieplnej. Z partii złożonej z 5 lub mniej profili badaniu należy poddać jeden profil. Jeśli długość profili przekracza 6 m, próbie należy poddać każdy z nich. Liczbę prób można zmniejszyć do co piątego profilu, jeżeli wyniki z pierwszych 3÷5 profili są pozytywne;

**.2** z każdego poddanego próbom profilu należy wyciąć dwie próbki, po jednej z każdego końca;

**.3** próbki należy wyciąć prostopadle do wzdłużnej osi profilu. Krawędzie próbki mogą być zaokrąglone przy pomocy pilnika;

**.4** długość próbki powinna być zgodna z wymaganiami podanymi w rozdziale 2;

**.5** próba powinna być przeprowadzona w temperaturze otoczenia. Polega ona na roztłoczeniu końca profilu przy pomocy hartowanego stalowego trzpienia stożkowego o kącie zbieżności wynoszącym co najmniej 60º;

**.6** próbkę należy uznać za niespełniającą wymagań, jeżeli stwierdzi się wyraźne rozszczepienie biegnące wzdłuż zgrzeiny, świadczące o braku ciągłości zgrzania.

### 18.1.8.5 Próba odporności na korozję

**18.1.8.5.1** Przerabiane plastycznie stopy aluminium kategorii 5083, 5383, 5059, 5086 i 5456, w stanach dostawy H116 i H321, przeznaczone do stosowania na konstrukcje kadłubowe lub inne morskie konstrukcje, gdzie spodziewany jest częsty bezpośredni kontakt z wodą morską, powinny być poddane próbie odporności na korozję warstwową i międzykrystaliczną.

**18.1.8.5.2** Dla wyżej wymienionych stopów wytwórnia powinna określić zależność pomiędzy mikrostrukturą i odpornością na korozję. Dla każdego stanu dostawy i zakresu grubości należy wykonać wzorcowe fotografie mikroskopowe wykonane przy powiększeniu 500×, zgodnie z wymaganiami określonymi w punkcie 9.4.1 z normy ASTM B928:2015. Powinny to być fotografie odcinków próbnych, które wykazują brak śladów korozji warstwowej oraz odporność na korozję wżerową w stopniu PB albo lepszym podczas wykonywania próby określonej w ASTM G66:2018 (ASSET). Próbki powinny ponadto wykazywać odporność na korozję międzykrystaliczną poprzez ubytek masy nie większy niż 15 mg/cm$^2$ podczas wykonywania próby określonej w ASTM G67:2018 (NAMLT). Po ustaleniu zależności między mikrostrukturą i odpornością na korozję, wzorcowe fotografie mikroskopowe i wyniki badań korozyjnych należy przedstawić do uznania przez PRS. Po uznaniu wzorcowych fotografii mikroskopowych nie może być zmieniana technologia produkcji.

Inne metody badań mogą być przyjęte po uzgodnieniu ich z PRS.

**18.1.8.5.3** Do przyjęcia partii wyrobu ze stopów wymienionych w 18.5.8.5.1 wymagane jest przeprowadzenie badania metalograficznego na jednym odcinku próbnym pobranym z jednego końca ze środka szerokości taśmy, blachy lub losowo wybranego kształtownika. Badanie metalograficzne należy przeprowadzić na odcinku próbnym prostopadłym do powierzchni walcowanej, przygotowanym zgodnie z wymaganiami punktu 9.6.1 z normy ASTM B928:2015. Porównanie mikrostruktury odcinka próbnego z wzorcowymi fotografiami mikroskopowymi materiału przyjętego powinno odbywać się w obecności inspektora PRS. Jeżeli mikrostruktura stopu wykazuje ciągłe wtrącenia fazy Al-Mg na granicach ziaren w stopniu większym niż na wzorcowych fotografiach mikroskopowych, o których mowa w 18.1.8.5.2, PRS decyduje o odrzuceniu partii lub przeprowadzeniu dodatkowych prób korozyjnych. Próby korozyjne powinny być wykonane zgodnie z ASTM G66:2018 i ASTM G67:2018 lub inną równoważną normą. Podczas wykonywania próby określonej w ASTM G66 próbka powinna wykazywać brak śladów korozji warstwowej oraz odporność na korozję wżerową w stopniu PB albo lepszym. Podczas wykonywania próby według ASTM G67:2018 próbka powinna wykazywać odporność na korozję międzykrystaliczną poprzez ubytek masy nie większy niż 15 mg/cm$^2$. Jeżeli wyniki badań spełniają powyższe kryteria, to partia jest przyjęta. W innym wypadku partia zostaje odrzucona.

**18.1.8.5.4** Jako alternatywę dla badań metalograficznych określonych w 18.1.8.5.3 dopuszcza się próbę, podczas której każda partia jest badana pod kątem odporności na korozję warstwową i międzykrystaliczną, zgodnie z ASTM G66 i G67 lub innymi równoważnymi normami, uwzględniając wymagania ASTM B928:2015. W takim przypadku wyniki badania powinny spełnić kryteria akceptacji określone w 18.1.8.5.3.

## 18.1.9 Pobieranie próbek

### 18.1.9.1 Określenie partii wyrobów

Partię stanowią wyroby:
- ze stopu tego samego gatunku i z tego samego wytopu,
- tego samego kształtu i o podobnych wymiarach (w przypadku blach – tej samej grubości),
- wyprodukowane w tym samym procesie technologicznym,
- poddane obróbce cieplnej w jednym wsadzie.

#### 18.1.9.2 Miejsce pobierania próbek

Podczas pobierania próbek obowiązują następujące zasady:
- z wyrobów walcowanych próbki należy pobierać w 1/3 szerokości od krawędzi wzdłużnej;
- z wyrobów wyciskanych próbki należy pobierać w rejonie od 1/3 do 1/2 odległości od krawędzi do środka najgrubszej jego części.

#### 18.1.9.3 Umiejscowienie próbki w wyrobie

**.1** ***Wyroby walcowane***

W zasadzie wymagane są próbki poprzeczne. Jeżeli jednak szerokość wyrobu nie pozwala na pobranie próbek poprzecznych lub wyrób jest dostarczany w stanie utwardzonym, dopuszcza się pobieranie próbek wzdłużnych.

**.2** ***Wyroby wyciskane***

Z wyrobów wyciskanych należy pobierać próbki wzdłużne.

**18.1.9.4** Po odcięciu próbek z wyrobu, każdą próbkę należy oznakować, uwzględniając umiejscowienie i kierunek walcowania.

### 18.1.10 Próbki do próby rozciągania

Rodzaj i umiejscowienie próbek do próby rozciągania powinny być zgodne z wymaganiami rozdziału 2.

### 18.1.11 Liczba próbek

#### 18.1.11.1 Liczba próbek do próby rozciągania

**.1** ***Wyroby walcowane***

Z każdej partii wyrobów należy pobrać jedną próbkę do próby rozciągania. Jeżeli masa partii przekracza 2000 kg, należy pobrać dodatkową próbkę do próby rozciągania dla każdych dodatkowych 2000 kg wyrobu lub ich części. W przypadku pojedynczych blach lub wyrobów dostarczanych w kręgach o masie większej niż 2000 kg każdy, wystarczy pobrać po jednej próbce do próby rozciągania z każdej blachy lub kręgu.

**.2** ***Wyroby wyciskane***

Z wyrobów o nominalnej masie mniejszej niż 1 kg/m należy pobrać z każdej partii jedną próbkę do próby rozciągania na każdy 1000 kg wyrobu lub jego część.

Z wyrobów o nominalnej masie od 1 do 5 kg/m należy z każdej partii pobrać jedną próbkę do próby rozciągania na każde 2000 kg wyrobu lub ich część.

Z wyrobów o nominalnej masie przekraczającej 5 kg/m należy pobrać z każdej partii po jednej próbce do próby rozciągania na każde 3000 kg wyrobu lub ich część.

#### 18.1.11.2 Weryfikacja poprawności połączenia zgrzewanego

Dla profili zamkniętych weryfikacja poprawności połączeń zgrzewanych powinna być wykonana dla każdego wytopu, według wymagań podanych w punkcie 18.1.8.4.

#### 18.1.11.3 Badania korozyjne

W przypadku wyrobów walcowanych ze stopów kategorii 5083, 5383, 5059, 5086 i 5456, w stanach H116 lub H321, badaniom należy poddać jeden odcinek próbny z partii.

### 18.1.12 Badania powtórne

**18.1.12.1** Jeżeli wyniki próby rozciągania pierwszego odcinka próbnego wybranego zgodnie z 18.1.11 nie spełniają wymagań *Przepisów*, to wówczas powinny być przeprowadzone dwa dodatkowe badania z tego samego odcinka. Jeżeli wyniki obu dodatkowych badań będą spełniać wymagania *Przepisów*, to ten odcinek i pozostałe odcinki z tego samego wytopu mogą być przyjęte.

**18.1.12.2** Jeżeli wyniki jednego lub obu dodatkowych badań nie będą spełniać wymagań *Przepisów*, to należy ten odcinek odrzucić, zaś materiał z partii może być przyjęty pod warunkiem, że pozostałe dwa odcinki próbne z wytopu zostaną zbadane, zaś wyniki będą spełniały wymagania *Przepisów*. Jeżeli dla któregokolwiek z dwóch pozostałych odcinków wyniki te nie będą spełniały wymagań *Przepisów*, to wytop należy odrzucić.

**18.1.12.3** Jeżeli w wyniku przeprowadzonych badań badany materiał nie odpowiada wymaganiom *Przepisów* dla deklarowanego stopu i stanu dostawy, to wówczas wytwórca powinien usunąć z tego wyrobu cechę PRS.

### 18.1.13 Cechowanie

**18.1.13.1** Wytwórca powinien posiadać system cechowania, który umożliwi dla gotowych wyrobów ze stopów aluminium określenie pierwotnego wytopu materiału. Wytwórca powinien udostępnić inspektorowi PRS wszelkie dane, umożliwiające określenie, jeżeli jest to wymagane, pochodzenia materiału.

**18.1.13.2** Cechowanie wyrobów powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9. Dodatkowo należy podać oznaczenie literą „M” po opisie stanu dostawy, jeśli przeprowadzono badanie korozyjne zgodnie z punktem 18.1.8.5, na przykład 5083 H321 M.

### 18.1.14 Świadectwo odbioru

Dla każdej odebranej partii wyrobów ze stopów aluminium PRS wystawia *Świadectwo odbioru*, zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8.

## 18.2 Odlewy ze stopów aluminium

### 18.2.1 Wymagania ogólne

**18.2.1.1** Wymagania podrozdziału 18.2 mają zastosowanie do odlewów ze stopów aluminium, przeznaczonych na elementy kadłuba statku lub mechanizmów okrętowych, podlegających nadzorowi PRS.

**18.2.1.2** Odlewy mogą być wytwarzane tylko przez wytwórnie uznane przez PRS i według technologii uzgodnionej z PRS.

**18.2.1.3** Wszystkie odlewy powinny być pozbawione wad wewnętrznych i powierzchniowych, uniemożliwiających ich zamierzone zastosowanie. Wykończenie powierzchni powinno być wykonane zgodnie z zasadami dobrej praktyki i wymaganiami określonymi w uznanym planie kontroli jakości.

**18.2.1.4** Oznaczenie stanów umocnienia i obróbki cieplnej wyrobów ze stopów aluminium, które w niniejszym podrozdziale określono jako „stan dostawy”, powinny być zgodne z wymaganiami normy PN-EN 515.

### 18.2.2 Skład chemiczny i własności mechaniczne

**18.2.2.1** Skład chemiczny i własności mechaniczne odlewniczych stopów aluminium powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 18.2.2.1.

**Tabela 18.2.2.1**
**Skład chemiczny i własności mechaniczne odlewniczych stopów aluminium**

| Kategoria (oznaczenie europejskie) | Skład chemiczny [1] (składniki podstawowe) [%] | Stan dostawy [2] | Własności mechaniczne [3] | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | $R_{p\,0,2}$ [MPa] min | $R_m$ [MPa] min | $A$ [%] min | $HB$ (wartości orientacyjne) |
| AlMg5(Si) (EN AC- 51400) | Mg = 4,5-6,5<br>Si ≤ 1,5<br>Mn ≤ 0,45<br>Al reszta | F | 100 | 160 | 3 | 60 |
| AlMg9 (EN AC- 51200) | Mg = 8-10,5<br>Si ≤ 2,5<br>Fe ≤ 1<br>Al reszta | T4 | 170 | 280 | 8 | 70 |
| AlSi9Mg (EN AC-43300) | Si = 9-10 | F | 90 | 170 | 2 | 55 |
| | Mg = 0,25-0,45 | | | | | |
| | Mn ≤ 0,1<br>Al reszta | T6 | 190 | 230 | 2 | 75 |
| AlSi11 (EN AC-44000) | Si = 10-11,8 | F | 70 | 150 | 6 | 45 |
| | Mg ≤ 0,45<br>Mn ≤ 0,1<br>A1 reszta | T6 | – | 180 | 6 | 50 |

**Uwagi:**

1) Dopuszczalne zawartości zanieczyszczeń należy przyjmować według uznanych norm, np. PN-EN 1706.
2) F – wytworzony (surowy), T4 – przesycony i naturalnie starzony, T6 – przesycony i sztucznie starzony.
3) Własności mechaniczne wyznaczone na próbkach odlewanych oddzielnie.

**18.2.2.2** Własności mechaniczne podane w tabeli 18.2.2.1 dotyczą odlewów wykonanych w formach piaskowych. Dla wyrobów odlewanych pod ciśnieniem lub wykonywanych w formach metalowych PRS może zażądać wyższych własności mechanicznych. W tym przypadku wartości własności mechanicznych i sposób pobierania odcinków próbnych należy uzgodnić z PRS.

**18.2.2.3** Stosowanie stopów o innym składzie chemicznym i innych własnościach mechanicznych niż podane w tabeli 18.2.2.1 podlega odrębnemu uzgodnieniu z PRS, przy czym w przypadku stosowania stopów różniących się pod względem składu chemicznego, PRS może zażądać sprawdzenia ich odporności na korozję.

### 18.2.3 Stan dostawy

**18.2.3.1** Jeżeli odlewy ze stopów aluminium poddawane są obróbce cieplnej, to jej rodzaj powinien być ustalony przez wytwórnię i wpisany do *Świadectwa odbioru*.

**18.2.3.2** Stan dostawy dla odlewów ze stopów aluminium podano w tabeli 18.2.2.1.

### 18.2.4 Próby

**18.2.4.1** Rodzaje i zakres prób odlewów ze stopów aluminium należy ustalać stosownie do wymagań podanych w tabeli 18.2.4.1.

Odcinki próbne mogą być pobierane ze specjalnych naddatków na odlewie lub odlane oddzielnie.

**Tabela 18.2.4.1**
**Zakres prób odlewów ze stopów aluminium**

| Grupa badań | Przeznaczenie | Przykłady zastosowania | Rodzaj prób | Zakres prób | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | | Wielkość partii | Liczba prób |
| **I** | Odlewy podlegające obciążeniu i działaniu korozji | Części silników spalinowych, pomp, sprężarek, wentylatorów, armatury | Analiza chemiczna | dla każdego wytopu | |
| | | | Próba rozciągania | 1 wytop | 2 |
| **II** | Części pracujące pod działaniem wysokiej temperatury, oleju, paliwa, itp. | Tłoki silników spalinowych, sprężarek | Analiza chemiczna | dla każdego wytopu | |
| | | | Próba rozciągania | 1 wytop | 1 |
| | | | Próba twardości | każdy odlew | 1 |

**18.2.4.2** Grubość odcinków próbnych powinna być nie mniejsza niż najmniejsza grubość ścianki odlewu. Chłodzenie odcinków próbnych powinno przebiegać w miarę możliwości w takich samych warunkach, w jakich odbywa się chłodzenie odlewu. Jeżeli odlewy przeznaczone są na elementy pracujące pod dużym obciążeniem, to grubość odcinków próbnych powinna być nie mniejsza niż grubość najbardziej obciążonej ścianki odlewu i powinna być podana na rysunku.

Jeżeli wymagane jest pobranie odcinków próbnych z naddatków na odlewie, zakres prób należy uzgodnić z PRS.

**18.2.4.3** W próbie rozciągania należy określić umowną granicę plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie procentowe po rozerwaniu. Za zgodą PRS granicy plastyczności można nie określać. Przy odbiorze odlewów tłoków o małych wymiarach PRS może zrezygnować z wykonania próby rozciągania, poprzestając tylko na próbie twardości.

### 18.2.5 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

Odlewy przeznaczone do odbioru powinny mieć usunięte: układ wlewowy, nadlewy, zalewki itp. oraz powinny być w stanie oczyszczonym. Powierzchnie nie powinny być młotkowane lub obrabiane w taki sposób, który uniemożliwi rozpoznanie wad.

Przed odbiorem wszystkie odlewy powinny być przedstawione inspektorowi PRS do badania wizualnego. Jeżeli jest to możliwe, powinna ona obejmować badania powierzchni wewnętrznych. Jeżeli nie uzgodniono inaczej, to za kontrolę wymiarów jest odpowiedzialny wytwórca.

Odlewy przeznaczone na wyroby pracujące pod dużym obciążeniem powinny być, na żądanie inspektora PRS, poddane badaniom nieniszczącym.

Jeżeli wymagają tego *Przepisy*, to odlewy powinny być poddane próbom ciśnieniowym przed końcowym odbiorem. Próby te powinny być przeprowadzone w obecności inspektora PRS. Na rysunku odlewu należy podać ciśnienie robocze w przestrzeni poddawanej próbie oraz ciśnienie próbne.

W przypadku, gdy jakiś odlew podczas obróbki mechanicznej lub prób okaże się wadliwy, to należy go odrzucić, niezależnie od całej poprzedzającej procedury odbioru.

### 18.2.6 Naprawa uszkodzonych odlewów

#### 18.2.6.1 Wymagania ogólne

Technologię naprawy odlewów wadliwych należy uzgodnić z PRS. Technologia usuwania wad i naprawy za pomocą spawania powinna być zgodna z wymaganiami rozdziału 23. Obszar uszkodzeń, który jest naprawiany przez spawanie, powinien być usunięty w sposób umożliwiający zastosowanie zalecanej technologii spawania. Uzyskane wyżłobienia powinny być wygładzone po całkowitym usunięciu materiału wadliwego i sprawdzone badaniami nieniszczącymi.

Producent odlewów jest zobowiązany do zachowania zapisów o naprawie i późniejszych badaniach nieniszczących dla każdego naprawianego odlewu. Zapisy te powinny być przedstawione inspektorowi PRS na jego żądanie.

#### 18.2.6.2 Naprawa przez spawanie

Jeżeli wytwórca uzgodni z PRS, że naprawa odlewu może być wykonana przez spawanie, to muszą być spełnione wymagania rozdziału 23.

Technologia spawania powinna być sprawdzona przez wytwórcę w celu wykazania, że po obróbce cieplnej opisanej w punkcie 18.2.3 będą osiągnięte wymagane własności mechaniczne.

### 18.2.7 Cechowanie

**18.2.7.1** Wytwórca powinien posiadać system cechowania, który dla gotowych odlewów umożliwi określenie pierwotnego wytopu materiału. Wytwórca powinien udostępnić inspektorowi dane umożliwiające określenie pochodzenia materiału.

**18.2.7.2** Cechowanie odlewów powinno być zgodne z wymaganiami pod-rozdziału 1.9.

**18.2.7.3** Jeżeli małe odlewy są wytwarzane w dużych ilościach, to wówczas zmodyfikowany system cechowania powinien być oddzielnie uzgodniony z PRS.

### 18.2.8 Świadectwo odbioru

Dla odlewów ze stopów aluminium PRS wystawia *Świadectwo odbioru*, zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8. W *Świadectwie odbioru*, poza danymi określonymi w podrozdziale 1.8, powinny znaleźć się następujące informacje:

**.1** wyniki badań nieniszczących (jeżeli były wykonane),
**.2** parametry obróbki cieplnej, włącznie z temperaturą i czasem wygrzewania,
**.3** wyniki próby ciśnieniowej (jeżeli była wykonana).

# 19 WYMAGANIA DOTYCZĄCE PRODUKCJI KOTWIC

## 19.1 Wymagania ogólne

### 19.1.1 Zakres

**19.1.1.1** Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do materiałów, produkcji, badań i odbioru kotwic, trzonów i szakli kotwicznych wytwarzanych ze staliwa, odkuwek stalowych lub poprzez spawanie blach stalowych i prętów.

**19.1.1.2** Każda zmiana konstrukcji i procesu wytwarzania powinna być uzgodniona z PRS.

### 19.1.2 Typy kotwic

Pod względem siły trzymania w morzu kotwice dzielą się na następujące typy (patrz *Część III – Wyposażenie kadłubowe*):

**.1** kotwice zwykłe:
- kotwica patentowa (Halla),
- kotwica admiralicji;

**.2** kotwice o podwyższonej sile trzymania (kotwice HHP);

**.3** kotwice o wysokiej sile trzymania (kotwice SHHP).

## 19.2 Materiały

### 19.2.1 Materiały na kotwice

Kotwice powinny być wytworzone z materiałów odpowiadających wymaganiom niniejszej części *Przepisów*, a mianowicie:

**.1** staliwne łapy, trzony, krętliki i szakle kotwiczne powinny być wytworzone i badane zgodnie z wymaganiami rozdziału 13 oraz powinny odpowiadać wymaganiom dla odlewów o konstrukcji spawanej. Staliwo powinno mieć rozdrobnione ziarno przez dodanie aluminium. Możliwość użycia innych kategorii staliw do wytwarzania krętlików podlega odrębnemu uzgodnieniu z PRS;

**.2** elementy kute kotwic, takie jak: czopy, trzony, krętliki i szakle powinny być wytworzone i badane zgodnie z wymaganiami rozdziału 12. Trzony, krętliki i szakle powinny odpowiadać wymaganiom dla stali niestopowych na konstrukcje spawane. Możliwość użycia innych kategorii stali do wytwarzania krętlików podlega odrębnemu uzgodnieniu z PRS;

**.3** walcowane kęsy, blachy i pręty do produkcji kotwic powinny być wytwarzane i badane zgodnie z wymaganiami rozdziału 3;

**.4** walcowane pręty przeznaczone do produkcji sworzni, krętlików i szakli powinny być wytwarzane i badane zgodnie z wymaganiami rozdziału 3.

### 19.2.2 Materiały na kotwice SHHP

**19.2.2.1** Poza spełnieniem wymagań określonych w punkcie 19.2.1, wymagane jest, aby materiały przeznaczone na kotwice SHHP miały określoną poniżej pracę łamania.

**19.2.2.2** Podstawową kategorię stali w spawanych kotwicach SHHP należy wybrać zgodnie z wymaganiami dotyczącymi grupy wiązań II, podanymi w *Części II – Kadłub*. Praca łamania materiałów dodatkowych do spawania powinna odpowiadać pracy łamania materiału rodzimego zgodnie z wymaganiami rozdziału 24. Praca łamania szakli kotwicznych kotwic SHHP powinna odpowiadać kategorii 3 łańcucha kotwicznego zgodnie z wymaganiami rozdziału 20. Średnia wartość pracy łamania próbek Charpy V z odlewów staliwnych przeznaczonych na kotwice SHHP w temperaturze 0° powinna wynosić minimum 27 J.

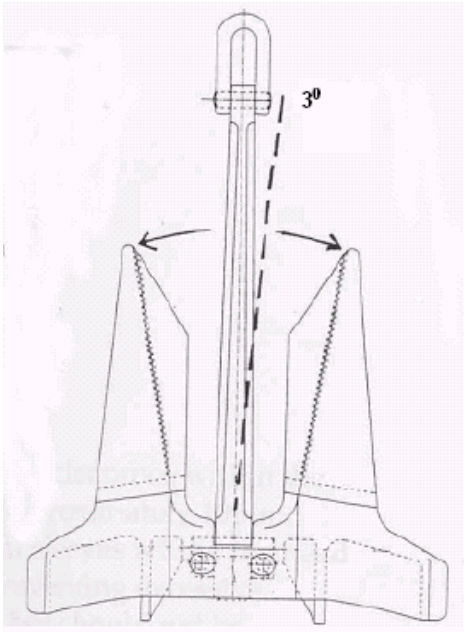
## 19.3 Produkcja kotwic

### 19.3.1 Tolerancje

**19.3.1.1** Luz z każdej strony trzonu, wewnątrz szakli, powinien być nie większy niż 3 mm dla małych kotwic o masie do 3 ton, 4 mm dla kotwic o masie do 5 ton, 6 mm dla kotwic o masie do 7 ton i 12 mm dla większych kotwic.

**19.3.1.2** Sworzeń szakli powinien być pasowany z otworami szakli, które powinny być ukosowane z zewnętrznej strony dla zapewnienia dobrego przylegania, kiedy sworzeń jest wciskany przy pasowaniu. Tolerancja sworznia szakli w otworze nie powinna być większa niż 0,5 mm dla sworznia o średnicy do 57 mm i 1,0 mm dla sworznia o większej średnicy.

**19.3.1.3** Dopuszczalny ruch poprzeczny trzonu nie powinien być większy niż 3 (rys. 19.3.1.3).




Rys. 19.3.1.3. Dopuszczalny ruch poprzeczny trzonu

### 19.3.2 Spawanie kotwic

Konstrukcja spawana wytwarzanych kotwic powinna być wykonana zgodnie z instrukcją technologiczną spawania uzgodnioną z PRS. Spawanie powinno być prowadzone przez wytwórnię uznaną przez PRS. Spawacze powinni posiadać aktualne uprawnienia PRS, materiały dodatkowe do spawania powinny być materiałami uznanymi przez PRS. Badania nieniszczące powinny być przeprowadzone zgodnie z wymaganiami punktu 19.4.2.

### 19.3.3 Obróbka cieplna

**19.3.3.1** Części składowe kotwic, odlewane lub kute, powinny być we właściwy sposób obrobione cieplnie, to znaczy wyżarzone zupełnie, normalizowane lub normalizowane i odpuszczane zgodnie z wymaganiami rozdziałów 12 i 13.

**19.3.3.2** Gotowe kotwice mogą wymagać wyżarzania odprężającego po spawaniu, zależnie od grubości spoiny. Wyżarzanie odprężające powinno być przeprowadzane, jeśli jest to wymagane przez uzgodnioną instrukcję technologiczną spawania. Temperatury wyżarzania odprężającego nie powinny przewyższać temperatury odpuszczania materiału rodzimego.

### 19.3.4 Ocena wadliwości

Wszystkie części powinny mieć czystą powierzchnię i być pozbawione pęknięć, karbów, wtrąceń i innych wad, które mogą pogarszać jakość wyrobu.

### 19.3.5 Naprawy

Jakiekolwiek konieczne naprawy kutych lub odlewanych kotwic wymagają zgody inspektora PRS i powinny być przeprowadzone zgodnie z kryteriami naprawy podanymi w rozdziałach 12 i 13. Naprawy wytworzonych kotwic wymagają zgody inspektora PRS i winny być przeprowadzone według uzgodnionej z PRS instrukcji technologicznej spawania. Podczas naprawy powinny być zachowane takie parametry spawania, jakie były stosowane przy produkcji kotwicy.

### 19.3.6 Montaż kotwicy

Montaż i pasowanie powinny być wykonane zgodnie z opracowanym planem. Zabezpieczenie sworznia kotwicy, sworznia szakli lub nakrętki krętlika przez spawanie powinno być wykonane zgodnie z uzgodnioną instrukcją.

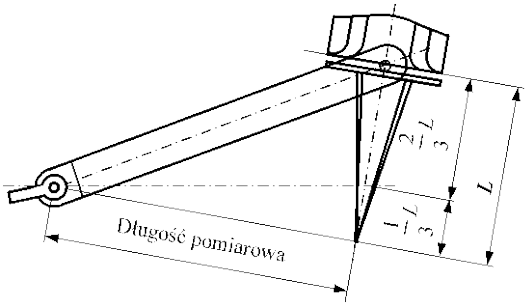
## 19.4 Badania i certyfikacja

### 19.4.1 Próby obciążenia kotwic

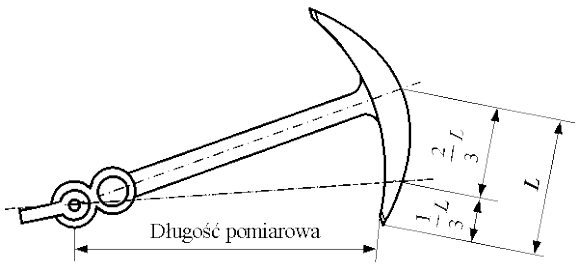
Próby obciążenia kotwic powinny być przeprowadzone przez uznaną firmę. Próby obciążenia kotwic powinny być przeprowadzone zgodnie z właściwymi wymaganiami podanymi niżej, zależnie od rodzaju kotwicy.

#### 19.4.1.1 Próby kotwic zwykłych

**.1** Obciążenie próbne, zgodne z podanym w tabeli 19.4.1.1, należy przyłożyć do ramienia kotwicy lub łapy, w miejscu znajdującym się – mierząc od skrajnego punktu ramienia/łapy – w 1/3 odległości pomiędzy skrajnym punktem ramienia/łapy a piętą kotwicy, jak podano na rys. 19.4.1.1-1 i 19.4.1.1-2.




Rys. 19.4.1.1-1. Kotwica patentowa (Halla)




Rys. 19.4.1.1-2. Kotwica typu admiralicji

W przypadku kotwic patentowych próbę należy wykonać jednocześnie dla obu ramion, najpierw po jednej stronie trzonu, a następnie po obróceniu – po jego drugiej stronie.

**.2** Wszystkie rodzaje kotwic należy poddać obciążeniu próbnemu zgodnie z tabelą 19.4.1.1.

**.3** Przed poddaniem kotwicy obciążeniu próbnemu kotwice odlewane należy poddać dokładnemu sprawdzeniu, czy nie posiadają wad uniemożliwiających zastosowanie ich zgodnie z przeznaczeniem. Po próbie należy sprawdzić, czy kotwica jest wolna od pęknięć itp. wad. Ponadto w przypadku kotwic patentowych należy sprawdzić, czy łapy obracają się swobodnie do pełnego kąta ich wychylenia $\left(45^{+3^{o}}_{-1^{o}}\right)$. Przy każdej próbie różnica pomiędzy długościami pomiarowymi (patrz rysunki 19.4.1.1-1 i 19.4.1.1-2), gdy najpierw przyłożono 1/10 wymaganego obciążenia, a następnie pełne obciążenie obniżono do 1/10 jego wartości, nie powinna przekraczać 1%.

**Tabela 19.4.1.1**
**Obciążenia próbne kotwic**

| Masa kotwicy [kg] | Obciążenie próbne [kN] | Masa kotwicy [kg] | Obciążenie próbne [kN] | Masa kotwicy [kg] | Obciążenie próbne [kN] | Masa kotwicy [kg] | Obciążenie próbne [kN] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 50 | 23,2 | 1250 | 239 | 5000 | 661 | 12500 | 1130 |
| 55 | 25,2 | 1300 | 247 | 5100 | 669 | 13000 | 1160 |
| 60 | 27,1 | 1350 | 255 | 5200 | 677 | 13500 | 1180 |
| 65 | 28,9 | 1400 | 262 | 5300 | 685 | 14000 | 1210 |
| 70 | 30,7 | 1450 | 270 | 5400 | 691 | 14500 | 1230 |
| 75 | 32,4 | 1500 | 278 | 5500 | 699 | 15000 | 1260 |
| 80 | 33,9 | 1600 | 292 | 5600 | 706 | 15500 | 1270 |
| 90 | 36,3 | 1700 | 307 | 5700 | 713 | 16000 | 1300 |
| 100 | 39,1 | 1800 | 321 | 5800 | 721 | 16500 | 1330 |
| 120 | 44,3 | 1900 | 335 | 5900 | 728 | 17000 | 1360 |
| 140 | 49,0 | 2000 | 349 | 6000 | 735 | 17500 | 1390 |
| 160 | 53,3 | 2100 | 362 | 6100 | 740 | 18000 | 1410 |
| 180 | 57,4 | 2200 | 376 | 6200 | 747 | 18500 | 1440 |
| 200 | 61,3 | 2300 | 388 | 6300 | 754 | 19000 | 1470 |
| 225 | 65,8 | 2400 | 401 | 6400 | 760 | 19500 | 1490 |
| 250 | 70,4 | 2500 | 414 | 6500 | 767 | 20000 | 1520 |
| 275 | 74,9 | 2600 | 427 | 6600 | 773 | 21000 | 1570 |
| 300 | 79,5 | 2700 | 438 | 6700 | 779 | 22000 | 1620 |
| 325 | 84,1 | 2800 | 450 | 6800 | 786 | 23000 | 1670 |
| 350 | 88,8 | 2900 | 462 | 6900 | 794 | 24000 | 1720 |
| 375 | 93,4 | 3000 | 474 | 7000 | 804 | 25000 | 1770 |
| 400 | 97,9 | 3100 | 484 | 7200 | 818 | 26000 | 1800 |
| 425 | 103 | 3200 | 495 | 7400 | 832 | 27000 | 1850 |
| 450 | 107 | 3300 | 506 | 7600 | 845 | 28000 | 1900 |
| 475 | 112 | 3400 | 517 | 7800 | 861 | 29000 | 1940 |
| 500 | 116 | 3500 | 528 | 8000 | 877 | 30000 | 1990 |
| 550 | 124 | 3600 | 537 | 8200 | 892 | 31000 | 2030 |
| 600 | 132 | 3700 | 547 | 8400 | 908 | 32000 | 2070 |
| 650 | 140 | 3800 | 557 | 8600 | 922 | 34000 | 2160 |
| 700 | 149 | 3900 | 567 | 8800 | 936 | 36000 | 2250 |
| 750 | 158 | 4000 | 577 | 9000 | 949 | 38000 | 2330 |

| Masa kotwicy [kg] | Obciążenie próbne [kN] | Masa kotwicy [kg] | Obciążenie próbne [kN] | Masa kotwicy [kg] | Obciążenie próbne [kN] | Masa kotwicy [kg] | Obciążenie próbne [kN] |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 800 | 166 | 4100 | 586 | 9200 | 961 | 40000 | 2410 |
| 850 | 175 | 4200 | 595 | 9400 | 975 | 42000 | 2490 |
| 900 | 182 | 4300 | 604 | 9600 | 987 | 44000 | 2570 |
| 950 | 191 | 4400 | 613 | 9800 | 998 | 46000 | 2650 |
| 1000 | 199 | 4500 | 622 | 10000 | 1010 | 48000 | 2730 |
| 1050 | 208 | 4600 | 631 | 10500 | 1040 | | |
| 1100 | 216 | 4700 | 638 | 11000 | 1070 | | |
| 1150 | 224 | 4800 | 645 | 11500 | 1090 | | |
| 1200 | 231 | 4900 | 653 | 12000 | 1110 | | |

**Uwaga:** Dla pośrednich wartości masy kotwicy obciążenie próbne należy określać za pomocą interpolacji liniowej.

#### 19.4.1.2 Próby kotwic o podwyższonej sile trzymania (HHP)

Kotwice o podwyższonej sile trzymania należy poddać obciążeniu próbnemu zgodnie z tabelą 19.4.1.1, przyjmując masę kotwicy zwiększoną o 33% (mnożnik 1,33). Pozostałe procedury dotyczące prób i badań powinny odpowiadać wymaganiom przewidzianym wyżej dla kotwic zwykłych.

#### 19.4.1.3 Próby kotwic o wysokiej sile trzymania (SHHP)

**.1** ***Obciążenie próbne kotwic***

Kotwice o wysokiej sile trzymania należy poddać obciążeniu próbnemu zgodnie z tabelą 19.4.1.1, przyjmując masę kotwicy zwiększoną o 100% (mnożnik 2). Pozostałe procedury dotyczące prób i badań powinny odpowiadać wymaganiom przewidzianym dla kotwic zwykłych.

**.2** ***Badanie kotwic i próby dodatkowe***

Po obciążeniu próbnym powierzchnia kotwicy o wysokiej sile trzymania powinna być poddana badaniom przy pomocy metody penetracyjnej lub metody magnetyczno-proszkowej.

Odlewane kotwice podlegają 100% kontroli powierzchni. Kryteria oceny wad powierzchni odlewu podlegają odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

Każdą odlewaną kotwicę należy poddać badaniom metodą ultradźwiękową, w miejscach pod usuniętymi nadlewami i układem wlewowym oraz w miejscach naprawianych spawaniem. Badanie metodą ultradźwiękową i kryteria oceny wad podlegają odrębnemu uzgodnieniu z PRS. Kotwice spawane podlegają badaniom w miejscach łączonych spawaniem.

W uzasadnionych przypadkach PRS może wymagać przeprowadzenia objętościowych badań nieniszczących, np. metodą ultradźwiękową lub radiograficzną, przekrojów wysoko obciążonych lub miejsc, co do których istnieje podejrzenie występowania wad.

Inspektor PRS ma prawo wymagać przeprowadzenia dodatkowych prób kotwic, np. próby ostukiwania młotkiem i próby zrzutu kotwic odlewanych.

### 19.4.2 Badania wyrobu

#### 19.4.2.1 Programy badań produktu

PRS decyduje, czy ma być zastosowany program badań A czy B.

**Tabela 19.4.2.1-1**
**Właściwe programy dla każdego rodzaju wyrobu**

| Lp. | Badanie wyrobu | Rodzaj wyrobu | | |
|---|---|---|---|---|
| | | Elementy odlewane | Elementy kute | Elementy wytworzone/spawane |
| 1 | Program A | Ma zastosowanie | Nie ma zastosowania | Nie ma zastosowania |
| 2 | Program B | Ma zastosowanie[1)] | Ma zastosowanie | Ma zastosowanie |

[1)] Należy przeprowadzić próbę udarności na próbkach Charpy V. Średnia wartość pracy łamania w temperaturze 0°C powinna wynosić minimum 27 J.

**Tabela 19.4.2.1-2**
**Wymagania badania produktu dla programów A i B**

| Program A | Program B |
|---|---|
| Próba zrzutowa | – |
| Próba ostukiwania młotkiem | – |
| Badanie wizualne | Badanie wizualne |
| Podstawowe badania nieniszczące | Podstawowe badania nieniszczące |
| – | Rozszerzone badania nieniszczące |

Zakres podstawowych i rozszerzonych badań nieniszczących zależnie od rodzaju kotwicy podano w tabelach 19.4.2.5-1, 19.4.2.5-2 i 19.4.2.6.

### 19.4.2.2 Próba zrzutowa

Każdy element kotwicy (łapa, trzon kotwicy) jest oddzielnie podnoszony na wysokość 4 m i zrzucany na stalową płytę. Płyta stalowa powinna być odpowiednio odporna na uderzenie zrzucanych elementów.

### 19.4.2.3 Próba ostukiwania młotkiem

Próba ostukiwania młotkiem przeprowadzana jest po próbie zrzutowej. Próba polega na uderzeniu młotkiem (o masie co najmniej 3 kg) w każdy z elementów kotwicy (łapę, trzon), zawieszonych nad podłożem za pomocą niemetalowego zawiesia i ocenie czystości dźwięku wydawanego przez ten element.

### 19.4.2.4 Badanie wizualne

Po próbie obciążenia powinno być przeprowadzone badanie wizualne wszystkich dostępnych powierzchni. Elementy badane nie powinny wykazywać pęknięć.

### 19.4.2.5 Podstawowe badania nieniszczące

Po próbie obciążenia powinny być przeprowadzone podstawowe badania nieniszczące, takie jak podano w tabelach 19.4.2.5-1 i 19.4.2.5.-2.

**Tabela 19.4.2.5-1**
**Zakres podstawowych badań nieniszczących dla kotwic zwykłych i kotwic o podwyższonej sile trzymania (HHP)**

| Lp. | Rodzaj elementu kotwicy | Metoda badań nieniszczących |
|---|---|---|
| 1 | Odlewy | PT lub MT |
| 2 | Spoiny wykonywane przy naprawie | PT lub MT |
| 3 | Elementy kute | Nie jest wymagane |
| 4 | Spoiny wyrobu | PT lub MT |

**Tabela 19.4.2.5-2**
**Zakres podstawowych badań nieniszczących dla kotwic o wysokiej sile trzymania (SHHP)**

| Lp. | Rodzaj elementu kotwicy | Metoda badań nieniszczących |
|---|---|---|
| 1 | Odlewy | PT lub MT i UT |
| 2 | Wszystkie powierzchnie odlewów | PT lub MT |
| 3 | Spoiny wykonywane przy naprawie | PT lub MT |
| 4 | Elementy kute | Nie jest wymagane |
| 5 | Spoiny wyrobu | PT lub MT |

### 19.4.2.6 Rozszerzone badania nieniszczące

Rozszerzone badania nieniszczące są przeprowadzane po próbie zrzutowej kotwic. Badania te należy przeprowadzić zgodnie z tabelą 19.4.2.6.

**Tabela 19.4.2.6**
**Zakres rozszerzonych badań nieniszczących dla kotwic zwykłych, kotwic o podwyższonej sile trzymania i kotwic o wysokiej sile trzymania**

| Lp. | Rodzaj elementu kotwicy | Metoda badań nieniszczących |
|---|---|---|
| 1 | Odlewy | PT lub MT i UT |
| 2 | Wszystkie powierzchnie odlewów | PT lub MT |
| 3 | Losowo wybrane miejsca odlewów | UT |
| 4 | Spoiny wykonywane przy naprawie | PT lub MT |
| 5 | Elementy kute | Nie jest wymagane |
| 6 | Spoiny wyrobu | PT lub MT |

### 19.4.2.7 Kryterium naprawy

Jeżeli podczas badań nieniszczących zostaną wykryte wady, wówczas naprawa powinna być wykonana zgodnie z punktem 19.3.5. Wady typu pęknięcia i bezdźwięczności (wykryte w próbie zrzutowej lub próbie ostukiwania młotkiem) są niedopuszczalne. Elementy z takimi wadami należy odrzucić.

### 19.4.3 Kontrola masy i wymiarów

Jeżeli nie uzgodniono inaczej, to za sprawdzanie masy i wymiarów jest odpowiedzialny producent. Sposób kontroli masy i wymiarów należy uzgodnić z inspektorem PRS. W masie kotwicy nie uwzględnia się masy krętlika, chyba że jest on integralną częścią kotwicy.

### 19.4.4 Badania powtórne

Wymagania dotyczące badań powtórnych podane są w podrozdziale 2.3.

### 19.4.5 Cechowanie

**19.4.5.1** Cechowanie kotwicy należy wykonać zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.9, uwzględniając dodatkowo podane niżej wymagania.

**19.4.5.2** Na kotwicy admiralicji i kotwicach z łapami stałymi cechy należy umieszczać na trzonie w pobliżu połączenia z łapami.

**19.4.5.3** Cechy powinny być wybite (wytłoczone lub odlane) na specjalnych występach lub obramowane ramką, np. wyżłobioną przecinakiem.

**19.4.5.4** Na kotwicach z ruchomymi łapami, odpowiadających wymaganiom *Przepisów*, cechy należy umieszczać na trzonie i każdej łapie. Na łapie cechy te powinny znajdować się w odległości około 2/3 od zakończenia pazura kotwicy, na środku linii do pięty kotwicy, z prawej strony łapy – patrząc od pięty kotwicy w kierunku trzonu.

**19.4.5.5** Dodatkowo na odlewie trzonu i łapy powinna być jednoznaczna identyfikacja wytopu.

### 19.4.6 Świadectwo odbioru

Dla odebranych kotwic PRS wystawia *Świadectwo odbioru*, zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8. W *Świadectwie odbioru*, poza danymi określonymi w podrozdziale 1.8, powinny znaleźć się następujące informacje:

**.1** typ kotwicy,
**.2** zastosowane obciążenia próbne,
**.3** parametry obróbki cieplnej,
**.4** cechy wybite (wytłoczone, odlane) na kotwicy.

### 19.4.7 Malowanie

Kotwice nie powinny być malowane, dopóki nie zostaną zakończone próby i kontrole.

# 20 ŁAŃCUCHY KOTWICZNE I WYPOSAŻENIE

## 20.1 Wymagania ogólne

### 20.1.1 Zakres

**20.1.1.1** Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do materiałów, konstrukcji, wytwarzania i badań łańcuchów kotwicznych i ich elementów łączących, przeznaczonych na statki klasyfikowane przez PRS.

**20.1.1.2** Jeżeli za zgodą PRS stosowane są krótkie ogniwa łańcuchów bezrozpórkowych, to muszą one odpowiadać wymaganiom norm lub warunków technicznych uzgodnionych z PRS.

**20.1.1.3** Wymagania dla wyposażenia holowania awaryjnego (*Emergency Towing Arrangements* – ETA) zostały podane w podrozdziale 20.6.

### 20.1.2 Kategorie łańcuchów kotwicznych

W zależności od nominalnej wytrzymałości na rozciąganie stali użytej do produkcji, łańcuchy kotwiczne z rozpórkami podzielono na kategorie 1, 2 i 3, natomiast łańcuchy kotwiczne bez rozpórek – na kategorie 1 i 2. Wartości $R_m$ dla tych kategorii podano w podrozdziale 11.5.

### 20.1.3 Uznanie wytwórni łańcuchów

Łańcuchy kotwiczne i wyposażenie powinny być wytwarzane w wytwórniach uznanych przez PRS.

## 20.2 Materiały

### 20.2.1 Zakres

Wymagania niniejszego podrozdziału mają zastosowanie do stali, odkuwek stalowych, odlewów staliwnych wykorzystywanych do wytwarzania łańcuchów kotwicznych i wyposażenia kotwicznego.

### 20.2.2 Wymagania dla wytwórni materiałów

**20.2.2.1** Wszystkie materiały stosowane do wytwarzania łańcuchów kotwicznych i wyposażenia kotwicznego powinny być dostarczone z wytwórni uznanych przez PRS. Uznanie nie jest wymagane dla wytwórni prętów stalowych kategorii 1.

**20.2.2.2** Dostawcy materiałów lub wytwórnie łańcuchów kotwicznych powinni przedstawić do wglądu specyfikację techniczną dla prętów stalowych kategorii 3. Specyfikacja techniczna powinna zawierać informacje takie jak technologia wytwarzania, sposób odtleniania, skład chemiczny, obróbka cieplna, własności mechaniczne itp.

### 20.2.3 Pręty stalowe

Pręty stalowe walcowane użyte do wyrobu łańcuchów kotwicznych, wyposażenia kotwicznego i ich elementów łączących powinny odpowiadać wymaganiom podanym w rozdziale 11.

### 20.2.4 Odkuwki stalowe

**20.2.4.1** Jeżeli nie postanowiono inaczej w niniejszym rozdziale – odkuwki stalowe, z których wykonuje się łańcuchy kotwiczne i ich elementy łączące, powinny odpowiadać wymaganiom podanym w rozdziale 12.

**20.2.4.2** Skład chemiczny powinien odpowiadać specyfikacji technicznej uznanej przez PRS. Wytwórca stali powinien określić skład chemiczny dla każdego wytopu.

**20.2.4.3** Materiał wyjściowy powinien być dostarczony w stanie walcowanym. Wykończone odkuwki powinny być obrobione cieplnie, tzn. normalizowane, normalizowane i odpuszczone lub ulepszone cieplnie zgodnie z zaleceniami podanymi w tabeli 20.3.5.1, w zależności od kategorii stali.

### 20.2.5 Odlewy staliwne

**20.2.5.1** Jeżeli nie postanowiono inaczej w niniejszym rozdziale – odlewy staliwne, z których wykonuje się łańcuchy kotwiczne i ich elementy łączące, powinny odpowiadać wymaganiom podanym w rozdziale 13.

**20.2.5.2** Skład chemiczny powinien odpowiadać specyfikacji uznanej przez PRS. Wytwórca staliwa powinien określić skład chemiczny dla każdego wytopu.

**20.2.5.3** Wszystkie odlewy powinny być obrobione cieplnie tzn. normalizowane, normalizowane i odpuszczone lub ulepszone cieplnie zgodnie z zaleceniami podanymi w tabeli 20.3.5.1, w zależności od kategorii staliwa.

### 20.2.6 Materiał rozpórek

**20.2.6.1** Rozpórki ogniw łańcucha powinny być wykonane ze stali walcowanej, kutej lub z odlewu staliwnego, równoważnym kategorii materiału, z którego wykonano łańcuch kotwiczny.

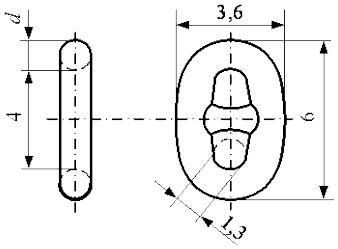
**20.2.6.2** Nie dopuszcza się stosowania rozpórek z innych materiałów, np. z żeliwa szarego lub sferoidalnego.

## 20.3 Konstrukcja oraz wytwarzanie łańcuchów i wyposażenia

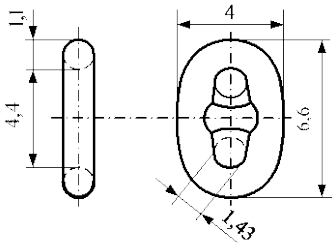
### 20.3.1 Konstrukcja

**20.3.1.1** Łańcuchy kotwiczne powinny być wytwarzane zgodnie z wymaganiami norm, np. PN-ISO 1704:2008. Typowe konstrukcje elementów łańcucha podano na rys. 20.3.1.1-1 do 20.3.1.1-7. Podane na rysunkach wymiary są krotnością średnicy nominalnej (kalibru) łańcucha.

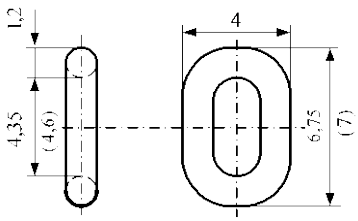
Wymiary podane w nawiasach dotyczą krętlika końcowego (zaburtowego) i ogniwa bezrozpórkowego, połączonego z tym krętlikiem.



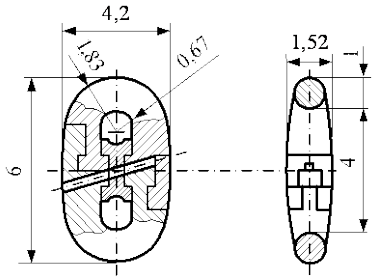

Rys. 20.3.1.1-1.
Ogniwo zwykłe rozpórkowe



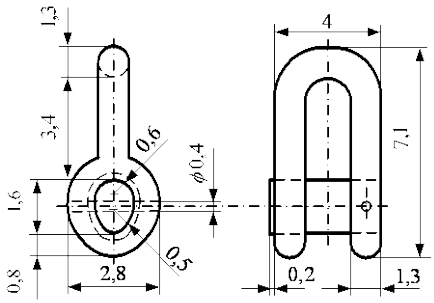

Rys. 20.3.1.1-2.
Ogniwo duże rozpórkowe



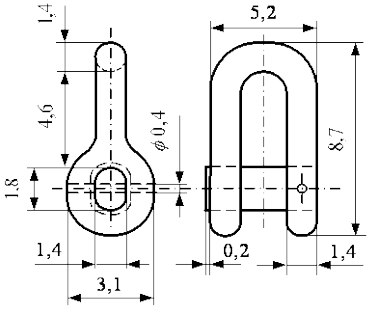

Rys. 20.3.1.1-3.
Ogniwo końcowe



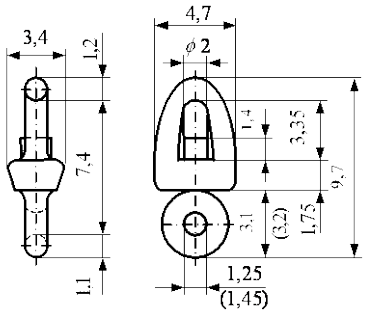

Rys. 20.3.1.1-4.
Łącznik Kentera




Rys. 20.3.1.1-5.
Szakla pośrednia




Rys. 20.3.1.1-6.
Szakla końcowa




Rys. 20.3.1.1-7.
Krętlik zwykły

**20.3.1.2** Przęsło łańcucha powinno składać się z nieparzystej liczby ogniw. Jeżeli konstrukcja łańcucha nie odpowiada podanym wyżej wymaganiom, jak również w przypadku elementów łączących wykonywanych metodą spawania – pełną dokumentację rysunkowo-technologiczną, łącznie z przewidywaną obróbką cieplną, należy dostarczyć do zatwierdzenia przez PRS.

### 20.3.2 Wymiary i tolerancje wymiarowe

**20.3.2.1** Kształt i wymiary ogniw i wyposażenia powinny odpowiadać normie PN-ISO 1704 lub dokumentacji uznanej przez PRS.

**20.3.2.2** Odchyłki wymiarowe średnicy nominalnej ogniwa, mierzone w jego części łukowej, nie powinny przekraczać wartości podanych w tabeli 20.3.2.2.

**Tabela 20.3.2.2**

| Średnica nominalna, $d$ , [mm] | Odchyłka wymiarowa ujemna [mm] | Odchyłka wymiarowa dodatnia [mm] |
|---|---|---|
| $d \le 40$ | –1 | 5% $d$ |
| $40 < d \le 84$ | –2 | |
| $84 < d \le 122$ | –3 | |
| $d > 122$ | –4 | |

**20.3.2.3** Powierzchnia przekroju poprzecznego, mierzonego w części łukowej ogniwa, powinna mieścić się w tolerancji dodatniej. Odchyłki wymiarowe w obrębie zgrzeiny powinny odpowiadać warunkom technicznym wytwórni, uzgodnionym z PRS.

Tolerancja średnicy ogniwa poza częścią łukową powinna zawierać się w przedziale (0 ÷ 5%)$d$.

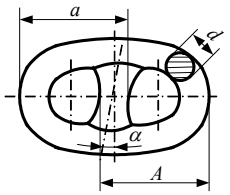
**20.3.2.4** Dopuszczalne odchyłki wymiarowe długości dowolnego odcinka łańcucha złożonego z 5 ogniw zwykłych od długości nominalnej tego odcinka, mierzone po obciążeniu próbnym, powinny mieścić się w przedziale 0% do +2,5%.

**20.3.2.5** Wszystkie pozostałe wymiary powinny odpowiadać tolerancji ±2,5% pod warunkiem, że wszystkie części ogniwa łańcucha są właściwie ze sobą połączone.

**20.3.2.6** Rozpórki powinny być umieszczone symetrycznie w środku ogniwa, prostopadle do jego osi wzdłużnej. Rozpórki ogniw końcowych na obu końcach przęsła mogą być umocowane asymetrycznie w stosunku do osi wzdłużnej ogniwa, dla zapewnienia swobodnego przemieszczania przyległych elementów łańcucha.

Jeżeli rozpórki ogniw łańcucha są dokładnie dopasowane i poprawnie zamocowane w ogniwach, dopuszcza się następujące odchyłki usytuowania rozpórek w stosunku do osi ogniwa (patrz rysunek 20.3.2.6):

$X$ – ekscentryczność umocowania rozpórki: max 10% wartości średnicy nominalnej;
$\alpha$ – kąt nachylenia rozpórki: max 4°.




$$X = \frac{A - a}{2}$$

Rys. 20.3.2.6. Umiejscowienie rozpórki w ogniwie

**20.3.2.7** Dopuszcza się następujące tolerancje wykonawcze elementów łączących łańcuch:
– średnicy nominalnej: 0% do +5%,
– pozostałych wymiarów: ±2,5%.

### 20.3.3 Technologia wytwarzania

**20.3.3.1** Łańcuchy kotwiczne rozpórkowe powinny być wytwarzane metodą elektrycznego zgrzewania iskrowego z prętów stalowych kategorii 1, 2 lub 3.

Dopuszcza się wytwarzanie ogniw metodą kucia matrycowego lub odlewania. Ogniwa łańcuchów bezrozpórkowych kategorii 1 i 2 o kalibrze do 26 mm mogą być wykonywane metodą elektrycznego zgrzewania zwarciowego.

**20.3.3.2** Elementy łączące łańcuchów, takie jak szakle, krętliki zwykłe i krętliki szaklowe powinny być wykonywane metodą kucia lub odlewania ze stali co najmniej kategorii 2, jednak nie niższej niż kategoria stali, z której wykonano łańcuch.

Wymienione wyżej elementy mogą być, za zgodą PRS, wykonywane również metodą spawania.

### 20.3.4 Spawanie rozpórek

Mocowanie rozpórek za pomocą spawania powinno być dokonywane na podstawie uzgodnionej z PRS technologii, z uwzględnieniem poniższych wymagań:
- rozpórki powinny być wykonane ze stali spawalnej niestopowej;
- rozpórki powinny być przyspawane do ogniwa tylko z jednej strony, po przeciwnej stronie zgrzeiny. Szczeliny pomiędzy rozpórką a ogniwem są niedopuszczalne;
- spawanie powinno być dokonane w pozycji podolnej przez spawaczy posiadających odpowiednie kwalifikacje, przy użyciu materiałów dodatkowych odpowiednich do kategorii stali;
- spawanie powinno być dokonane przed końcową obróbką cieplną łańcucha;
- spoiny nie powinny zawierać wad mogących obniżyć wytrzymałość ogniwa. Podtopienia, kratery itp. wady powinny być usunięte metodą szlifowania.

PRS może wymagać przeprowadzenia prób spawania rozpórek celem stwierdzenia, czy zaproponowana technologia jest właściwa.

### 20.3.5 Stan dostawy

**20.3.5.1** W tabeli 20.3.5.1 podano wymagany stan dostawy łańcucha i wyposażenia, w zależności od kategorii zastosowanej stali.

**Tabela 20.3.5.1**
**Stan dostawy łańcuchów kotwicznych i wyposażenia**

| Kategoria | Łańcuch kotwiczny | Wyposażenie |
|---|---|---|
| 1 | Stan surowy lub normalizowanie | – |
| 2 | Stan surowy lub normalizowanie [1)] | Normalizowanie |
| 3 | Normalizowanie, normalizowanie i odpuszczanie lub ulepszanie cieplne | Normalizowanie, normalizowanie i odpuszczanie lub ulepszanie cieplne |

**Uwaga:**

[1)] Łańcuchy kategorii 2, wykonane poprzez kucie lub odlewanie, powinny być dostarczone w stanie normalizowanym.

**20.3.5.2** Obróbka cieplna łańcucha i wyposażenia w każdym przypadku powinna być przeprowadzona przed próbami.

**20.3.5.3** Własności mechaniczne gotowych łańcuchów i wyposażenia powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 20.4.3.3.

### 20.3.6 Dopuszczalna wadliwość

**20.3.6.1** Poszczególne elementy łańcucha powinny mieć gładką powierzchnię wynikającą ze sposobu ich wykonania, bez pęknięć, karbów, wtrąceń i innych wad uniemożliwiających zastosowanie ich zgodnie z przeznaczeniem. Wady wynikające z metody produkcji, takie jak: wypływki, zalewki itp., powinny być usunięte.

**20.3.6.2** Nieznaczne wady powierzchniowe mogą być usunięte metodą szlifowania. Wgłębienia po szlifowaniu o głębokości nieprzekraczającej 5% średnicy nominalnej ogniwa mogą być dopuszczone.

## 20.4 Próby i świadectwo odbioru łańcuchów kotwicznych

### 20.4.1 Próby przy obciążeniach próbnym i rozrywającym

**20.4.1.1** Wykonane łańcuchy kotwiczne powinny w obecności inspektora PRS być poddane badaniom przy obciążeniach próbnym i rozrywającym. Podczas prób łańcuchy nie powinny pękać lub wykazywać pęknięć. Specjalną uwagę należy zwrócić na oględziny zewnętrzne zgrzein, jeżeli występują. Z tego powodu poddany próbom łańcuch nie może być pokryty farbą lub innym środkiem ochronnym przed korozją.

**20.4.1.2** Obciążeniu próbnemu należy poddać każde przęsło o długości około 27,5 m, na uznanym stanowisku badawczym.

**20.4.1.3** Projektowe i/lub normatywne obciążenia rozrywające oraz obciążenia próbne łańcuchów kotwicznych rozpórkowych zostały podane w Tabeli 20.4.1.3-1 dla średnicy łańcucha *d*, w mm. W tabeli 20.4.1.3-2 podano wartości obciążenia próbnego zaokrąglone w stosunku do powyższych obciążeń, które należy zastosować do prób i odbioru łańcuchów kotwicznych.

**Tabela 20.4.1.3-1**
**Obciążenia próbne i rozrywające łańcuchów kotwicznych rozpórkowych**

| Próba | Łańcuch kategorii 1 | Łańcuch kategorii 2 | Łańcuch kategorii 3 |
|---|---|---|---|
| Obciążenie rozrywające [kN] | $BL_1 = 9{,}80665 \times 10^{-3} \times d^2\,(44–0.08\times d)$ | $BL_2 = 1.4\ BL_1$ | $BL_3 = 2\ BL_1$ |
| Obciążenie próbne [kN] | $PL_1 = 0.7\ BL_1$ | $PL_2 = BL_1$ | $PL_3 = 1.4\ BL_1$ |

*d* – kaliber łańcucha (średnica nominalna), [mm].

**Tabela 20.4.1.3-2**
**Wartości obciążenia testowego łańcuchów kotwicznych rozpórkowych**

| Średnica łańcucha [mm] | Kategoria 1 | | Kategoria 2 | | Kategoria 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Obciążenie próbne [kN] | Obciążenie rozrywajace [kN] | Obciążenie próbne [kN] | Obciążenie rozrywajace [kN] | Obciążenie próbne [kN] | Obciążenie rozrywajace [kN] |
| 11 [1)] | 35,8 | 51 | 51 | 71,7 | 71,7 | 102 |
| 12,5 [1)] | 46 | 65,7 | 65,7 | 92 | 92 | 132 |
| 14 [1)] | 57,9 | 82 | 82 | 116 | 116 | 165 |
| 16 [1)] | 75,5 | 107 | 107 | 150 | 150 | 216 |
| 17,5 [1)] | 89 | 127 | 127 | 179 | 179 | 256 |
| 19 [1)] | 105 | 150 | 150 | 211 | 211 | 301 |
| 20,5 | 123 | 175 | 175 | 244 | 244 | 349 |
| 22 | 140 | 200 | 200 | 280 | 280 | 401 |
| 24 | 167 | 237 | 237 | 332 | 332 | 476 |
| 26 | 194 | 278 | 278 | 389 | 389 | 556 |
| 28 | 225 | 321 | 321 | 449 | 449 | 642 |
| 30 | 257 | 368 | 368 | 514 | 514 | 735 |
| 32 | 291 | 417 | 417 | 583 | 583 | 833 |
| 34 | 328 | 468 | 468 | 655 | 655 | 937 |
| 36 | 366 | 523 | 523 | 732 | 732 | 1050 |
| 38 | 406 | 581 | 581 | 812 | 812 | 1160 |
| 40 | 448 | 640 | 640 | 896 | 896 | 1280 |
| 42 | 492 | 703 | 703 | 981 | 981 | 1400 |
| 44 | 583 | 769 | 769 | 1080 | 1080 | 1540 |

| Średnica łańcucha [mm] | Kategoria 1 | | Kategoria 2 | | Kategoria 3 | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | Obciążenie próbne [kN] | Obciążenie rozrywajace [kN] | Obciążenie próbne [kN] | Obciążenie rozrywajace [kN] | Obciążenie próbne [kN] | Obciążenie rozrywajace [kN] |
| 46 | 585 | 837 | 837 | 1170 | 1170 | 1680 |
| 48 | 635 | 908 | 908 | 1270 | 1270 | 1810 |
| 50 | 686 | 981 | 981 | 1370 | 1370 | 1960 |
| 52 | 739 | 1060 | 1060 | 1480 | 1480 | 2110 |
| 54 | 794 | 1140 | 1140 | 1590 | 1590 | 2270 |
| 56 | 851 | 1220 | 1220 | 1710 | 1710 | 2430 |
| 58 | 909 | 1290 | 1290 | 1810 | 1810 | 2600 |
| 60 | 969 | 1380 | 1380 | 1940 | 1940 | 2770 |
| 62 | 1030 | 1470 | 1470 | 2060 | 2060 | 2940 |
| 64 | 1100 | 1560 | 1560 | 2190 | 2190 | 3130 |
| 66 | 1160 | 1660 | 1660 | 2310 | 2310 | 3300 |
| 68 | 1230 | 1750 | 1750 | 2450 | 2450 | 3500 |
| 70 | 1290 | 1840 | 1840 | 2580 | 2580 | 3690 |
| 73 | 1390 | 1990 | 1990 | 2790 | 2790 | 3990 |
| 76 | 1500 | 2150 | 2150 | 3010 | 3010 | 4300 |
| 78 | 1580 | 2260 | 2260 | 3160 | 3160 | 4500 |
| 81 | 1690 | 2410 | 2410 | 3380 | 3380 | 4820 |
| 84 | 1800 | 2580 | 2580 | 3610 | 3610 | 5160 |
| 87 | 1920 | 2750 | 2750 | 3850 | 3850 | 5500 |
| 90 | 2050 | 2920 | 2920 | 4090 | 4090 | 5840 |
| 92 | 2130 | 3040 | 3040 | 4260 | 4260 | 6080 |
| 95 | 2260 | 3230 | 3230 | 4510 | 4510 | 6440 |
| 97 | 2340 | 3340 | 3340 | 4680 | 4680 | 6690 |
| 100 | 2470 | 3530 | 3530 | 4940 | 4940 | 7060 |
| 102 | 2560 | 3660 | 3660 | 5120 | 5120 | 7320 |
| 105 | 2700 | 3850 | 3850 | 5390 | 5390 | 7700 |
| 107 | 2790 | 3980 | 3980 | 5570 | 5570 | 7960 |
| 111 | 2970 | 4250 | 4250 | 5940 | 5940 | 8480 |
| 114 | 3110 | 4440 | 4440 | 6230 | 6230 | 8890 |
| 117 | 3260 | 4650 | 4650 | 6510 | 6510 | 9300 |
| 120 | 3400 | 4850 | 4850 | 6810 | 6810 | 9720 |
| 122 | 3500 | 5000 | 5000 | 7000 | 7000 | 9990 |
| 124 | 3600 | 5140 | 5140 | 7200 | 7200 | 10280 |
| 127 | 3750 | 5350 | 5350 | 7490 | 7490 | 10710 |
| 130 | 3900 | 5570 | 5570 | 7800 | 7800 | 11140 |
| 132 | 4000 | 5720 | 5720 | 8000 | 8000 | 11420 |
| 137 | 4260 | 6080 | 6080 | 8510 | 8510 | 12160 |
| 142 | 4520 | 6450 | 6450 | 9030 | 9030 | 12910 |
| 147 | 4790 | 6840 | 6840 | 9560 | 9560 | 13660 |
| 152 | 5050 | 7220 | 7220 | 10100 | 10100 | 14430 |
| 157 | 5320 | 7600 | 7600 | 10640 | 10640 | 15200 |
| 162 | 5590 | 7990 | 7990 | 11170 | 11170 | 15970 |

[1] Średnice łańcucha kotwicznego poniżej 20,5 mm mają zastosowanie do statków ze wskaźnikiem wyposażenia poniżej 250.

**20.4.1.4** Obciążenie rozrywające należy określić na trzech – w przypadku łańcucha rozpórkowego lub pięciu – w przypadku łańcucha bezrozpórkowego, połączonych ze sobą ogniwach łańcucha, wykonanych i poddanych obróbce cieplnej jednocześnie i według tej samej technologii co przęsła, które reprezentują. Oddzielenie próbek od przęsła powinno nastąpić w obecności inspektora PRS. Obciążenie rozrywające łańcuchów należy przyjmować według tabel 20.4.1.3-1 oraz 20.4.1.3-2. Obciążenie rozrywające powinno być utrzymane przez minimum 30 sekund.

**20.4.1.5** W przypadku niemożności uzyskania odpowiedniego obciążenia dla prób łańcuchów o dużym kalibrze, np. ze względu na niewystarczającą moc maszyny wytrzymałościowej – rodzaj i zakres prób zastępczych podlega odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

### 20.4.2 Badania powtórne

**20.4.2.1** W przypadku uzyskania negatywnego wyniku próby rozrywania próbki 3-ogniwowej mogą być przeprowadzone próby powtórne po pobraniu z tego samego przęsła nowej próbki. Jeżeli wynik powtórnej próby będzie również negatywny – przęsło należy odrzucić.

Na życzenie wytwórcy mogą być pobrane dodatkowe próbki 3-ogniwowe z pozostałych przęseł i poddane próbie rozrywania. Jeżeli chociaż jeden wynik dodatkowej próby będzie niezadowalający, przynależne do partii przęsła należy odrzucić.

**20.4.2.2** W przypadku uzyskania negatywnego wyniku obciążenia próbnego, wadliwe ogniwa należy zastąpić nowymi, poddając je miejscowej obróbce cieplnej i przęsło poddać ponownie obciążeniu próbnemu. Ponadto należy wyjaśnić przyczynę negatywnego wyniku.

### 20.4.3 Badanie własności mechanicznych łańcuchów kotwicznych kategorii 2 i 3

**20.4.3.1** Próbki do określenia własności mechanicznych materiału gotowych łańcuchów kategorii 2 i 3 w liczbie podanej w tabeli 20.4.3.1 należy pobrać z co czwartego przęsła wchodzącego w skład partii. Dla łańcuchów kotwicznych wykonanych z odkuwek stalowych lub odlewów staliwnych, jeżeli wytop jest mniejszy niż cztery przęsła łańcucha, to partię stanowi wytop i wsad do obróbki cieplnej. Własności mechaniczne powinny być badane w obecności inspektora PRS. Usytuowanie próbek do badań pokazano na rys. 11.6.3. Badania należy przeprowadzić zgodnie z wymaganiami podrozdziału 11.6. Badania powtórne należy przeprowadzić zgodnie z 11.6.4.

**Tabela 20.4.3.1**
**Zakres prób gotowych łańcuchów i wyposażenia**

| Kategoria | Metoda wytwarzania | Stan dostawy [1] | Liczba próbek | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | | Próba rozciągania materiału podstawowego | Próba udarności | |
| | | | | Materiał podstawowy | Zgrzeina |
| 1 | zgrzewanie | surowy | NW | NW | NW |
| | | N | | | |
| 2 | zgrzewanie | surowy | 1 | 3 | 3 |
| | | N | NW | NW | NW |
| | kucie matrycowe lub odlewanie | N | 1 | 3 [2] | NS |
| 3 | zgrzewanie | N, NT, QT | 1 | 3 | 3 |
| | kucie matrycowe lub odlewanie | N, NT, QT | 1 | 3 | NS |

NW – nie jest wymagane, NS – nie jest stosowane.
[1] N – normalizowanie, NT – normalizowanie i odpuszczanie, QT – ulepszanie cieplne.
[2] Dla łańcuchów próba udarności Charpy V nie jest wymagana.

**20.4.3.2** W celu pobrania wymaganego kompletu próbek należy w przęśle przewidzieć dodatkowe ogniwo lub kilka ogniw (w przypadku łańcuchów małych kalibrów). Należy przestrzegać zasady, aby próbki do badań własności mechanicznych nie były pobierane z ogniwa przęsła, z którego były odcięte próbki 3-ogniwowe do próby rozrywania. Dodatkowe ogniwa powinny być wykonane i poddane obróbce cieplnej jednocześnie i według tej samej technologii co przęsło, które reprezentują. Dodatkowe ogniwa powinny być wykonywane analogicznie do wymagań podanych w podpunkcie 20.4.1.4.

**20.4.3.3** Własności mechaniczne materiału gotowych łańcuchów powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 20.4.3.3.

**Tabela 20.4.3.3**
**Własności mechaniczne materiału gotowych łańcuchów kotwicznych i wyposażenia**

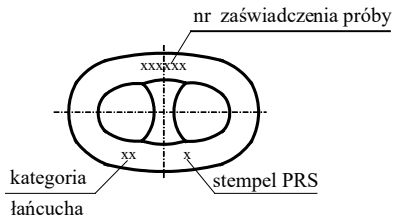
| Kategoria | Próba rozciągania | | | | Próba udarności [1] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | $R_e$ [MPa] min. | $R_m$ [MPa] | $A$ [%] min. | $Z$ [%] min. | Temp. próby [°C] | Praca łamania [J] min. | |
| | | | | | | Materiał podstawowy | Zgrzeina |
| 1 | NW | NW | NW | NW | NW | NW | NW |
| 2 | 295 | 490-690 | 22 | NW | 0 | 27 | 27 |
| 3 | 410 | min. 690 | 17 | 40 | 0 [2] | 60 | 50 |
| | | | | | –20 | 35 | 27 |

NW – nie jest wymagane.
[1] Wartość średnia obliczana z wyników badań trzech próbek. Jeden z wyników może być mniejszy od wartości wymaganej, lecz nie więcej niż o 30%.
[2] Badanie zazwyczaj przeprowadza się w 0°C.

## 20.4.4 Cechowanie

Cechowanie należy wykonać zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.9, z uwzględnieniem poniższych wymagań.

Na obu końcach przęseł oraz na wszystkich elementach łączących, które spełniły wymagania przewidziane w niniejszym rozdziale, należy wybić co najmniej cechy podane na rys. 20.4.4.




Rys. 20.4.4

## 20.4.5 Świadectwo odbioru

Dla odebranych łańcuchów PRS wystawia *Świadectwo odbioru* zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8. W *Świadectwie odbioru*, poza danymi określonymi w podrozdziale 1.8, powinny znaleźć się następujące informacje:

**.1** kaliber i waga,
**.2** obciążenia próbne i zrywające,
**.3** parametry obróbki cieplnej,
**.4** cechy wybite na łańcuchu.

## 20.5 Badania i świadectwo odbioru elementów łączących łańcuch

### 20.5.1 Badanie przy obciążeniu próbnym

Wszystkie elementy łączące łańcuch należy poddać obciążeniu próbnemu zgodnie z wymaganiami podanymi w tabelach 20.4.1.3-1 oraz 20.4.1.3-2, dotyczącymi danej kategorii i kalibru przynależnego łańcucha.

### 20.5.2 Badanie przy obciążeniu rozrywającym

**20.5.2.1** Z każdej wyprodukowanej partii (tej samej kategorii, wymiarów i poddanych obróbce cieplnej w jednym wsadzie), składającej się z nie więcej niż 25 sztuk szakli, krętlików, krętlików szaklowych, ogniw dużych i końcowych lub nie więcej niż 50 sztuk ogniw Kentera, do próby rozrywania należy wybrać losowo 1 element. Element poddany próbie nie może być użyty do wykonania łańcucha.

**20.5.2.2** PRS może odstąpić od próby na rozrywanie, jeżeli są spełnione jednocześnie poniższe warunki:
- obciążenie rozrywające było demonstrowane przy okazji badań uznaniowych elementów tej samej konstrukcji,
- zostały określone własności mechaniczne każdej partii,
- elementy łączące zostały poddane badaniom nieniszczącym, uzgodnionym z PRS.

**20.5.2.3** Elementy łączące, które pomyślnie przeszły próbę przy obciążeniach rozrywających odpowiednich dla kategorii łańcucha, mogą być użyte za zgodą PRS, jeżeli:
- materiał elementów łączących posiada wyższą kategorię aniżeli łańcuch (na przykład materiał elementu łączącego kategorii 3 dla łańcucha kategorii 2), lub
- kategorie materiałów elementów łączących i łańcucha są takie same, ale przy zwiększonych wymiarach elementy łączące pomyślnie przeszły próbę przy obciążeniu rozrywającym nie mniejszym niż 1,4-krotna wielkość obciążenia rozrywającego łańcuch.

### 20.5.3 Badania własności mechanicznych

**20.5.3.1** Z każdej partii wyrobów należy pobrać komplet próbek, składający się z 1 próbki do próby rozciągania i 3 próbek do próby udarności, pobranych zgodnie z wymaganiami podrozdziału 11.6.

**20.5.3.2** Wyniki badań powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 20.4.3.3. Badania powtórne winny być prowadzone zgodnie z zasadami podanymi w 20.4.2. Ogniwa duże i końcowe należy badać, o ile są one produkowane i obrabiane cieplnie razem z łańcuchem.

### 20.5.4 Cechowanie

Cechowanie elementów łączących należy wykonać zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.9, podając dodatkowo kategorię łańcucha.

### 20.5.5 Świadectwo odbioru

Dla odebranych elementów łączących PRS wystawia *Świadectwo odbioru* zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8. W *Świadectwie odbioru*, poza danymi określonymi w podrozdziale 1.8, powinny znaleźć się następujące informacje:

**.1** kaliber i waga,
**.2** obciążenia próbne i zrywające,
**.3** parametry obróbki cieplnej,
**.4** cechy wybite na elementach łączących,
**.5** długość.

## 20.6 Łańcuch przewłokowy wyposażenia ETA

### 20.6.1 Zakres

Wymagania niniejszego podrozdziału mają zastosowanie do łańcuchów przewłokowych wyposażenia ETA[1)] o obciążeniu roboczym 1000 kN (ETA1000) i 2000 kN (ETA2000). Łańcuchy przewłokowe innego rodzaju mogą być stosowane po uzgodnieniu z PRS.

### 20.6.2 Uznanie wytwórni

Łańcuchy przewłokowe wyposażenia ETA powinny być produkowane w wytwórniach uznanych przez PRS i według technologii uzgodnionej z PRS.

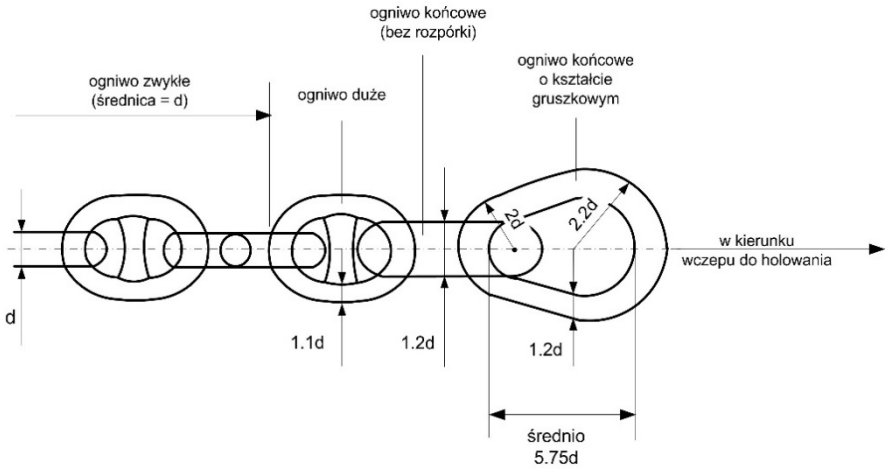
### 20.6.3 Materiały

Materiały stosowane do wytwarzania łańcuchów przewłokowych powinny odpowiadać wymaganiom podanym w podrozdziale 20.2.

### 20.6.4 Konstrukcja, wytwarzanie, badania i odbiory łańcuchów przewłokowych

**20.6.4.1** Łańcuchy przewłokowe powinny być konstruowane, wytwarzane, badane i odbierane zgodnie z wymaganiami podanymi w podrozdziałach 20.3, 20.4 i 20.5.

**20.6.4.2** Połączenie końca odcinka łańcucha ze wzmocnionym miejscem konstrukcji i jego wymiary są zależne od typu wyposażenia ETA. Drugi koniec łańcucha przewłokowego powinien być wyposażony w ogniwo o kształcie gruszkowym, pozwalające podłączyć łącznik odpowiedni do typu wyposażenia ETA i kategorii łańcucha przewłokowego. Typowy układ takiego końca łańcucha pokazany jest na rys. 20.6.4.2.




Rys. 20.6.4.2. Typowy zaburtowy koniec łańcucha przewłokowego

**20.6.4.3** Ogniwa łańcucha przewłokowego powinny być ogniwami zwykłymi (z rozpórką), kategorii 2 lub 3.

[1)] Łańcuch przewłokowy wyposażenia ETA – krótki odcinek łańcucha stanowiący zakończenie liny holowniczej lub liny cumowniczej i zabezpieczający przed przetarciem się tej liny o przewłokę; wyposażenie ETA (*Emergency Towing Arrangements*) oznacza wyposażenie służące do holowania statku, który w wyniku awarii utracił napęd lub możliwość sterowania.

**20.6.4.4** Obciążenie rozrywające powinno być równe co najmniej dwukrotnej wartości obciążenia roboczego. Dla każdego typu wyposażenia ETA kaliber ogniw łańcucha powinien być zgodny z wartościami podanymi w tabeli 20.6.4.4.

**Tabela 20.6.4.4**
**Kaliber ogniw łańcucha przewłokowego**

| Typ wyposażenia ETA | Średnica nominalna ogniwa *d* [mm] min. | |
|---|---|---|
| | Kategoria 2 | Kategoria 3 |
| ETA 1000 | 62 | 52 |
| ETA 2000 | 90 | 76 |

# 21 LINY STALOWE

## 21.1 Wymagania ogólne

**21.1.1** Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do lin stalowych, stosowanych w urządzeniach dźwignicowych, holowniczych, cumowniczych, kotwicznych i ratunkowych, podlegających nadzorowi PRS.

**21.1.2** Liny powinny być wykonywane w wytwórniach uznanych przez PRS i odpowiadać wymaganiom *Przepisów* lub warunków technicznych (norm) uzgodnionych z PRS.

## 21.2 Wykonanie

**21.2.1** Do wyrobu lin należy stosować druty stalowe o przekroju okrągłym, ocynkowane, klasy wytrzymałości 1570, 1770, 1960, lub 2160 MPa[1)].

Zastosowanie drutów o innej wytrzymałości podlega odrębnemu uzgodnieniu z PRS.

**21.2.2** Liny na olinowanie ruchome powinny być wykonane z drutów ocynkowanych jakości B[1)].

Liny na olinowanie stałe oraz liny holownicze, cumownicze i kotwiczne powinny być wykonane z drutów ocynkowanych jakości A[1)].

**21.2.3** Do wyrobu rdzeni włókiennych (FC) należy stosować nowe włókna naturalne (sizal, manila) lub nowe włókna chemiczne (polietylen, polipropylen, poliamid).

Rdzeń główny powinien być skręcony z co najmniej trzech splotek i na całej swej długości powinien być ciągły, mieć tę samą średnicę i budowę. W linach o średnicy mniejszej niż 8 mm dopuszcza się stosowanie rdzeni włókiennych w postaci jednej splotki.

**21.2.4** Jeżeli stosuje się rdzenie metalowe, to powinny to być niezależne liny stalowe (IWRC). Rdzenie metalowe w postaci splotek (WSC) mogą być użyte do lin o średnicy mniejszej niż 13 mm (w linach o większych średnicach tylko tam, gdzie uznana norma takie rozwiązanie dopuszcza), jak również we wszystkich linach wielowarstwowych.

**21.2.5** Jeżeli rdzeń metalowy wlicza się do przekroju nośnego liny, to druty zastosowane do jego wyrobu powinny być tej samej klasy wytrzymałości co druty liny.

**21.2.6** W gotowej linie wszystkie druty powinny być pokryte smarem chroniącym je przed korozją. Rdzenie z włókien naturalnych należy nasycić substancjami zabezpieczającymi przed korozją i gniciem, nierozpuszczalnymi w wodzie morskiej i niezawierającymi kwasów i zasad.

Do drutów i do rdzeni z włókien naturalnych należy stosować smary, które mogą mieszać się i nie wpływają szkodliwie na oba materiały.

## 21.3 Próby

**21.3.1** Każda lina powinna być poddana próbie rozciągania, aż do zerwania, celem określenia rzeczywistej siły zrywającej.

Ponadto nie mniej niż 10% ogólnej liczby drutów w linie powinno być poddane próbie przeginania dwukierunkowego, skręcania i sprawdzeniu powłoki cynkowej zgodnie z wymaganiami normy PN-EN 10264-2.

---

[1)] Oznaczenie wg normy PN-EN 10264-2.

**21.3.2** Minimalną siłę zrywającą linę, $F_{min}$, należy wyliczyć według wzoru (zgodnie z PN-EN 12385-2):

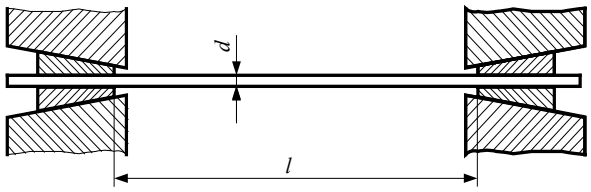
$$F_{min} = \frac{d^2 \cdot R_r \cdot K}{1000} \quad \text{[kN]} \qquad (21.3.2)$$

gdzie:
$d$ – średnica nominalna liny, [mm],
$R_r$ – klasa wytrzymałości liny,
$K$ – współczynnik minimalnej siły zrywającej linę (patrz tabela 21.3.7).

**21.3.3** Długość robocza odcinka próbnego do próby rozciągania liny powinna odpowiadać wartościom podanym w tabeli 21.3.3 i na rys. 21.3.3.

**Tabela 21.3.3**
**Długość próbki liny wg ISO 3108**

| Średnica liny $d$ [mm] | Minimalna robocza długość próbki $l$ [mm] |
|---|---|
| $d \le 6$ | 300 |
| $6 < d \le 20$ | 600 |
| $d > 20$ | 30 x $d$ |




Rys. 21.3.3

**21.3.4** Z każdej wyprodukowanej liny o długości do 10 000 m, o tej samej średnicy nominalnej, klasie wytrzymałości drutów, jakości ocynkowania i konstrukcji liny, do badań należy pobrać jeden odcinek próbny, zaś z lin o długości ponad 10 000 m – dwa odcinki próbne, po jednym z każdego końca.

**21.3.5** Podczas próby zrywania obciążenie należy zwiększać w sposób szybki do osiągnięcia 80% minimalnej siły zrywającej, wyliczonej wg wzoru (21.3.2), a następnie zwiększać obciążenie powoli, tak aby naprężenie w linie rosło z prędkością około 10 MPa/s.

**21.3.6** Rzeczywista siła zrywająca linę jest osiągnięta, gdy nastąpiło zerwanie chociażby jednej splotki. Jeżeli zerwanie próbki liny nastąpiło w odległości mniejszej niż 50 mm od miejsca mocowania, to w przypadku niespełnienia wymagań dotyczących minimalnej siły zrywającej badania należy uznać za niemiarodajne i powtórzyć je.

**21.3.7** W tabeli 21.3.7 podano liny stalowe ogólnego przeznaczenia, z uwzględnieniem klasy liny, konstrukcji splotki oraz współczynników minimalnej siły zrywającej.

**Tabela 21.3.7**
**Liny stalowe (wg PN-EN 12385-4)**

| Klasa | Przykłady przekroju poprzecznego konstrukcji [1] | Konstrukcja | | Współczynnik min. siły zrywającej linę z rdzeniem[3] | | |
|---|---|---|---|---|---|---|
| | | Lina [2] | Splotka | $K_1$ | $K_2$ | $K_3$ |
| 6×7 | 6×7-FC | 6×7 | 1-6 | 0,332 | 0,359 | 0,388 |
| 8×7 | 8×7-FC | 8×7 | 1-6 | 0,291 | 0,359 | 0,404 |
| 6×19 | 6×19S-FC<br>6×25F-FC | 6×19S<br>6×25F<br>6×19W<br>6×26WS | 1-9-9<br>1-6-6F-12<br>1-6-6+6<br>1-5-5+5-10 | 0,330 | 0,356 | |
| 8×19 | 8×19S-IWRC<br>8×25F-IWRC | 8×19S<br>8×25F<br>8×19W<br>8×26WS | 1-9-9<br>1-6-6F-12<br>1-6-6+6<br>1-5-5+5-10 | 0,293 | 0,356 | |
| 6×36 | 6×36WS-IWRC<br>6×41WS-IWRC | 6×31WS<br>6×36WS<br>6×41WS<br>6×49WS<br>6×46WS | 1-6-6+6-12<br>1-7-7+7-14<br>1-8-8+8-16<br>1-8-8-8+8-16<br>1-9-9+9-18 | 0,330 | 0,356 | |
| 8×36 | 8×36WC-IWRC | 8×31WS<br>8×36WS<br>8×41WS<br>8×49WS<br>8×46WS | 1-6-6+6-12<br>1-7-7+7-14<br>1-8-8+8-16<br>1-8-8-8+8-16<br>1-9-9+9-18 | 0,293 | 0,356 | |
| 6×35N | 6×35NW-FC | 6×28NW<br>6×23NW<br>6×34NW<br>6×35NW | 1-5-5+5/12<br>1-6-6+6/14<br>1-6-6+6/15<br>1-6-6+6/16 | 0,317 | 0,345 | |
| 6×19M | 6×19M-WSC | 6×19M | 1-6/12 | 0,307 | 0,362 | |
| 6×37M | 6×37M-FC | 6×37M | 1-6/12/18 | 0,295 | 0,395 | 0,346 |
| 18×7 | 17×7-FC<br>18×7-FC | 17×7<br>18×7 | 1-6<br>1-6 | 0,328 | 0,328 | |
| 34(M)×7 | 34(M)×7-FC | 34(M)×7<br>36(M)×7 | 1-6<br>1-6 | 0,318 | 0,318 | |
| 35(W)×7 | 35(W)×7 | 35(W)×7 | 1-6 | 0,360 | 0,350 | |

[1] Rodzaje rdzenia: FC – rdzeń włókienny, IWRC – rdzeń stalowy jako niezależna lina, WSC – rdzeń stalowy jako niezależna splotka.

[2] Konstrukcja splotek:
- o liniowym styku: S – Seale, W – Warrington, F – Filler,
- o połączonym styku liniowym: WS – Warrington/Seale,
- zwicie w wielu operacjach: M – styk punktowy, N – styk kombinowany.

[3] $K_1$ – współczynnik dla lin splotowych z rdzeniem włókiennym (liny jednowarstwowe) lub włókiennym środkiem (liny odporne na kręcenie),
$K_2$ – współczynnik dla lin splotowych z rdzeniem stalowym w postaci niezależnej liny,
$K_3$ – współczynnik dla lin splotowych z rdzeniem stalowym w postaci niezależnej splotki (liny odporne na kręcenie).

## 21.4 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

**21.4.1** Zgodność konstrukcji, średnicy i innych parametrów liny z wymaganiami niniejszego rozdziału i warunkami zamówienia podlega sprawdzeniu przez oględziny zewnętrzne i pomiary.

**21.4.2** Wolne końce wszystkich lin stalowych powinny być zabezpieczone przed rozkręceniem przez oplot.

Po usunięciu z końca liny oplotu zabezpieczającego, splotki i druty w splotkach nie powinny rozkręcać się w ogóle lub powinny rozkręcać się tylko tak, aby można je było łatwo przywrócić do prawidłowego położenia.

**21.4.3** Pomiar średnicy rzeczywistej należy wykonać na prostym odcinku nieobciążonej liny, w dwóch miejscach, oddalonych od siebie o co najmniej 1 m.

W każdym z tych miejsc należy dokonać dwóch pomiarów w dwóch prostopadłych do osi liny kierunkach, między dwiema przeciwległymi splotkami.

Liny o średnicy nominalnej 8 mm lub większej należy wykonać w tolerancji:
–1% do +4% – dla lin ze splotkami złożonymi wyłącznie z drutów,
–1% do +6% – dla lin ze splotkami z rdzeniami włókiennymi.

## 21.5 Cechowanie

Cechowanie powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9. Ponadto należy podać następujące dane:

**.1** konstrukcja (klasa liny),
**.2** długość liny,
**.3** nominalną średnicę liny,
**.4** minimalną siłę napinającą w kN,
**.5** nr kręgu (szpuli).

## 21.6 Świadectwo odbioru

Dla odebranych lin PRS wystawia *Świadectwo odbioru* zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8, z podaniem dodatkowo następujących danych:

**.1** średnica nominalna,
**.2** średnica rzeczywista liny,
**.3** długość,
**.4** konstrukcja,
**.5** skręt (typ, kierunek),
**.6** wytrzymałość drutu,
**.7** wykończenie powierzchni drutu,
**.8** rzeczywista siła zrywająca,
**.9** numer kręgu (szpuli).

# 22 LINY WŁÓKIENNE

## 22.1 Wymagania ogólne

**22.1.1** Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do lin włókiennych, stosowanych w urządzeniach holowniczych, cumowniczych, dźwignicowych, ratunkowych i innych urządzeniach na statkach podlegających nadzorowi PRS.

**22.1.2** Liny powinny być wykonywane w wytwórniach uznanych przez PRS i odpowiadać wymaganiom *Przepisów* lub warunków technicznych (norm) uzgodnionych z PRS.

## 22.2 Wykonanie

**22.2.1** Liny powinny być wykonywane z nowych włókien naturalnych (manila, sizal) lub chemicznych (poliamid, poliester, polipropylen, polietylen).

**22.2.2** Podstawowe parametry budowy lin kręconych lub plecionych powinny odpowiadać uzgodnionym z PRS normom przedmiotowym.

**22.2.3** Liny i ich splotki powinny być ciągłe, bez łączeń na znormalizowanej długości w dostawie lub mniejszej długości.

**22.2.4** Wykończenie lin powinno być wykonane zgodnie z PN-EN ISO 9554, aby zapewnić im stabilność wymiarów i skrętu, odporność na działanie światła słonecznego (dla włókien chemicznych), pleśni oraz bakterii (dla włókien naturalnych). Liny powinny być odporne na działanie produktów naftowych.

Liny poliamidowe i poliestrowe nie powinny zawierać w swej masie więcej niż 0,05% dwutlenku tytanu. Powinny one być poddane obróbce cieplnej, aby utrwalić skręt i ustabilizować wymiary.

**22.2.5** Liny powinny być znakowane nitką lub tasiemką, możliwą do rozpoznania pomimo zabrudzenia, zamoczenia lub wypłowienia w czasie użytkowania. Tasiemka powinna mieć co najmniej 3 mm szerokości i powinna być zadrukowana numerem odpowiedniej normy ISO oraz numerem referencyjnym identyfikującym producenta. Maksymalna odległość między dwoma kolejnymi znakami powinna wynosić 0,5 m.

## 22.3 Próby

**22.3.1** Każda lina powinna być poddana próbie rozciągania, aż do zerwania, celem określenia rzeczywistej siły zrywającej.

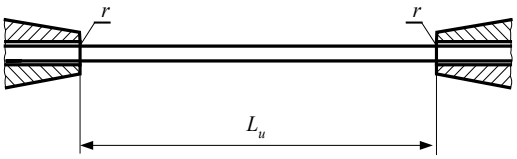
Każdy typ liny powinien być dodatkowo jednorazowo poddany starzeniu wg *Publikacji 40/P – Materiały i wyroby niemetalowe*, a następnie próbie rozciągania wg wymagań niniejszego rozdziału.

Własności mechaniczne nie powinny obniżać się o więcej niż 30% w stosunku do stanu początkowego.

**22.3.2** Długości efektywne odcinków próbnych oraz rodzaje urządzeń mocujących podano w tabeli 22.3.2 i na rysunkach 22.3.2-1, 22.3.2-2 i 22.3.2-3.

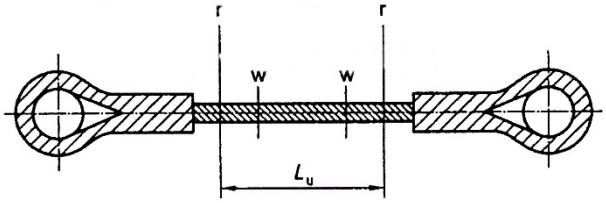
**Tabela 22.3.2**
**Długości efektywne wg PN-EN ISO 2307**

| Rodzaj liny | Rodzaj urządzenia mocującego | Minimalna efektywna długość $L_u$ [mm] |
|---|---|---|
| Liny z włókien chemicznych o numerze referencyjnym ≤ 10 | wszystkie rodzaje | 400 |
| Liny z włókien chemicznych o numerze referencyjnym > 10 i < 20 | "cors de chasse" | 400 |
| | kołki | 1000 |
| | zaciski klinowe | – |
| Liny z włókien chemicznych o numerze referencyjnym ≥ 20 | kołki | 2000 [1)] |
| Liny z włókien naturalnych | wszystkie rodzaje | 2000 |
| [1)] Jeżeli długość skrętu jest większa niż 360 mm, to $L_u$ należy zwiększyć do 5 długości skoku skrętu, jeśli to możliwe. | | |



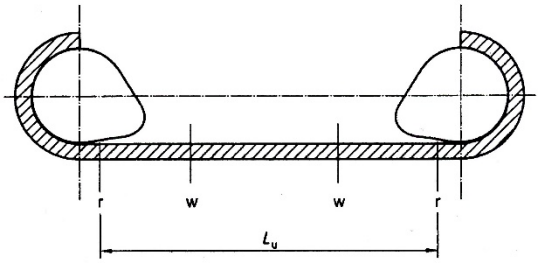

Rys. 22.3.2-1.
Długość efektywna mierzona bez naprężenia, $L_u$ , dla maszyny wytrzymałościowej z zaciskami klinowymi, mającej zastosowanie do lin o numerze referencyjnym < 20.

r – znaki ograniczające do znormalizowanego badania




Rys. 23.3.2-2.
Długość efektywna mierzona bez naprężenia, $L_u$ , dla maszyny wytrzymałościowej z kołkami na pętle, mającej zastosowanie do lin o numerze referencyjnym ≥ 20.

r – znaki ograniczające do znormalizowanego badania,
w – dwa znaki na próbce roboczej




Rys. 22.3.2-3.
Długość efektywna mierzona bez naprężenia, $L_u$ , dla maszyny wytrzymałościowej z zaciskami krążkowymi „cors de chasse", mającej zastosowanie do lin o numerze referencyjnym < 20.

r – znaki ograniczające do znormalizowanego badania,
w – dwa znaki na próbce roboczej

**22.3.3** Wyniki badań powinny odpowiadać wymaganiom podanym w normach lub warunkach technicznych uzgodnionych z PRS.

**22.3.4** Za zgodą zamawiającego, siła zrywająca, $F_c$, dla lin trzy-, cztero-, ośmio- i dwunastosplotkowych o numerze referencyjnym przekraczającym 44, może być obliczona według wzoru:

$$F_c = F_y\, n\, f_r \quad [\text{N}] \qquad (22.3.4)$$

$F_y$ – średnia wytrzymałość nitek, [N];
$n$ – liczba nitek w linie;
$f_r$ – współczynnik korygujący[1)].

**22.3.5** Wartość wydłużenia $E$, wyrażoną w procentach przy rozciąganiu liny z włókien chemicznych, należy obliczać według wzoru [1)]:

$$E = \frac{L_3 - L_2}{L_2} \cdot 100 \quad [\%] \qquad (22.3.5)$$

gdzie:

$L_2$ – długość pomiarowa pod naprężeniem wstępnym, [mm];
$L_3$ – początkowa długość pomiarowa dla siły rozciągającej równej 50 % określonej minimalnej siły zrywającej.

## 22.4 Kontrola stanu powierzchni i wykonania

Zgodność konstrukcji, obwodu i innych parametrów liny z normą lub warunkami technicznymi uzgodnionymi z PRS podlega sprawdzeniu przez oględziny zewnętrzne i pomiary.

Wadami dyskwalifikującymi linę są: pleśń, nadtopienia, zapach zgnilizny lub spalenizny.

Kryteria ponownego połączenia lub wycofania liny podane są w PN-EN ISO 9554.

## 22.5 Cechowanie

**22.5.1** Cechowanie powinno być zgodne z wymaganiami podrozdziału 1.9. Ponadto należy podać następujące dane:

**.1** materiał składowy,
**.2** identyfikację producenta i kraj pochodzenia,
**.3** numer referencyjny,
**.4** długość w dostawie,
**.5** deklarację zgodności z normą dotyczącą surowca.

## 22.6 Świadectwo odbioru

Dla odebranych lin PRS wystawia *Świadectwo odbioru* zgodnie z wymaganiami podrozdziału 1.8, z podaniem dodatkowo następujących danych:

**.1** surowiec,
**.2** budowa liny (ilość splotek, skręt, itp.),
**.3** obróbka liny,
**.4** numer referencyjny,
**.5** długość konfekcjonowania,
**.6** powołanie normy dotyczącej surowca.

---

[1)] Np. wg PN-EN ISO 2307.

# SPAWANIE

# 23 SPAWANIE

## 23.1 Wymagania ogólne

**23.1.1** Wymagania niniejszego rozdziału mają zastosowanie do konstrukcji objętych technicznym nadzorem PRS i dotyczą zarówno budowy tych konstrukcji, jak i ich remontu. Wytwórnia stosująca procesy spawania podczas budowy lub remontu tych konstrukcji powinna posiadać aktualne uznanie PRS do spawania w zakresie odpowiadającym wykonywanym pracom.

Spawacze powinni posiadać aktualne uprawnienia PRS stosowne do wykonywanych prac.

Nadawanie spawaczom uprawnień do spawania konstrukcji objętych technicznym nadzorem PRS odbywa się zgodnie z przepisami PRS zawartymi w *Publikacji 30/P – Zasady ceertyfikowania spawaczy* lub z wymaganiami uznanych standardów np.: IACS UR W32, serią norm PN-EN ISO 9606, ASME Sec. IX lub ANSI/AWS D1.1.

Spawanie wysokomanganowych stali austenitycznych stosowanych do budowy zbiorników ładunkowych i paliwowych zbiornikowców LNG oraz statków o napędzie LNG powinno spełniać wymagania podane w *Tymczasowych wytycznych dotyczących wysokomanganowej stali austenitycznej w zastosowaniach kriogenicznych* (IMO MSC.1/Circ. 1599).

Prace spawalnicze z użyciem stali odpornych na kruche pękanie powinny być prowadzone zgodnie z wymaganiami właściwymi dla każdej kategorii stali bez symbolu BCA1 lub BCA2 podanymi w rozdziale 3.

**23.1.2** Podczas spawania na otwartej przestrzeni, przy niskiej temperaturze powietrza lub przy znacznej wilgotności należy przewidzieć odpowiednie zabezpieczenie, zapewniające dobrą jakość wykonania połączeń spawanych. Podgrzewanie przed spawaniem w zależności od rodzaju i grubości spawanych materiałów oraz temperatury otoczenia powinno być uzgodnione z PRS.

**23.1.3** Dokumentacja konstrukcyjna powinna zawierać informacje o wszystkich złączach spawanych występujących w konstrukcji, określające: rodzaj złącza, typ spoiny, wymiar spoiny, wymiary rowka spawalniczego; w przypadku spawania doczołowego elementów różnej grubości należy podać sposób przejścia z grubości większej do mniejszej.

Informacje te mogą być podane bezpośrednio na rysunkach lub w oddzielnej *Tablicy spawania*, która powinna stanowić integralną część zatwierdzanej dokumentacji konstrukcyjnej, podlegającej zatwierdzeniu przez PRS.

**23.1.4** Brzegi elementów spawanych należy przygotować zgodnie z zatwierdzoną dokumentacją i metodami uznanymi przez PRS.

**23.1.5** Przygotowane do spawania brzegi należy oczyścić z oleju, zgorzeliny, rdzy, farb i produktów tworzących się na powierzchni blachy w temperaturach ujemnych, jak śnieg, szron, lód itp. Można spawać elementy pokryte farbą do czasowej ochrony, jeśli farba ta uznana została przez PRS, zgodnie z wymaganiami normy PN-EN ISO 17652.

**23.1.6** Spawanie konstrukcji należy wykonywać w takiej kolejności, aby nie powstawały nadmierne naprężenia i trwałe odkształcenia.

**23.1.7** Spawanie pod wodą oraz spawanie konstrukcji, które po drugiej stronie stykają się z wodą, wymaga uzgodnienia z PRS.

Kontrolę połączeń spawanych pod wodą należy przeprowadzać zgodnie z wymaganiami podanymi w *Publikacji 34/P – Kontrola połączeń spawanych pod wodą*.

**23.1.8** Przy wspawywaniu blach, płyt, łat itp. w zamknięty sztywny obwód należy zastosować środki technologiczne obniżające naprężenia spawalnicze. Za sztywny obwód uważa się wycięcie o zamkniętym obwodzie, którego jeden z wymiarów jest mniejszy od 60-krotnej grubości blachy w danym miejscu.

**23.1.9** Prostowanie konstrukcji spawanych można przeprowadzać w ograniczonym zakresie. Dopuszcza się prostowanie na gorąco z użyciem nacisku lub bez niego, przy czym niedopuszczalne jest powodowanie uszkodzeń powierzchni spoiny lub blachy. Temperatura nagrzewania przy prostowaniu na gorąco stali kadłubowych nie powinna przekraczać 650°C i nagrzewanie nie powinno powodować zmian strukturalnych materiału.

Prostowanie metodą podgrzewania z jednoczesnym chłodzeniem wodnym może być stosowane po uzgodnieniu z PRS technologii prostowania i potwierdzeniu kwalifikacji personelu.

Sposób nagrzewania i intensywność chłodzenia oraz maksymalna temperatura nagrzania powinny być ustalone w zależności od własności materiału i jego grubości.

**23.1.10** Obróbka cieplna po spawaniu wymagana jest w przypadkach konieczności usunięcia pozostających naprężeń. Rodzaj obróbki cieplnej należy ustalić w zależności od własności materiału i każdorazowo uzgodnić z PRS.

**23.1.11** Spawanie elementów ze stali kadłubowej, giętych na zimno, dopuszcza się bez obróbki cieplnej, jeżeli wewnętrzny promień gięcia jest większy od trzech grubości blachy.

**23.1.12** Materiały dodatkowe z kontrolowaną zawartością wodoru w stopiwie powinny być chronione przed wilgocią, a przed zastosowaniem suszone zgodnie z zaleceniami producenta.

## 23.2 Spawanie kadłubów i wyposażenia

**23.2.1** Do spawania poszczególnych kategorii stali kadłubowych o zwykłej i o podwyższonej wytrzymałości należy dobierać materiały dodatkowe o odpowiedniej kategorii zgodnie z tabelą 23.2.1-1, natomiast materiały dodatkowe do spawania stali o wysokiej wytrzymałości powinny być dobierane zgodnie z tabelą 23.2.1-2.

**Tabela 23.2.1-1**
**Dobór materiałów dodatkowych do spawania stali kadłubowych o zwykłej i o podwyższonej wytrzymałości**

| Kategoria materiału dodatkowego[3)] | Kategoria stali kadłubowej | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A | B | D | E | AH32 AH36 | DH32 DH36 | EH32 EH36 | FH32 FH36 | AH40 | DH40 | EH40 | FH40 |
| kt | x | | | | | | | | | | | |
| 1Y | x | | | | x[2)] | | | | | | | |
| 2 | x | x | x | | | | | | | | | |
| 2Y | x | x | x | | x | x | | | | | | |
| 2Y40 | 1) | 1) | 1) | | x | x | | | x | x | | |
| 3 | x | x | x | x | | | | | | | | |
| 3Y | x | x | x | x | x | x | x | | | | | |
| 3Y40 | 1) | 1) | 1) | 1) | x | x | x | | x | x | x | |
| 4Y | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | |
| 4Y40 | 1) | 1) | 1) | 1) | x | x | x | x | x | x | x | x |
| 5Y40 | 1) | 1) | 1) | 1) | x | x | x | x | x | x | x | x |

1) Materiały dodatkowe uznane do spawania stali kategorii AH40, DH40, EH40, FH40 mogą być stosowane, po uzgodnieniu z PRS, do spawania odpowiednich kategorii stali kadłubowych o zwykłej wytrzymałości.

2) Materiały dodatkowe kategorii lY mogą być stosowane do spawania stali o podwyższonej wytrzymałości o grubości do 25 mm.

3) Materiały dodatkowe do spawania półautomatycznego są dodatkowo oznaczone literą S, a do spawania automatycznego literami:
T – do spawania dwuwarstwowego, M–do spawania wielowarstwowego, TM–do spawania dwu- i wielowarstwowego.
Na przykład: 3YS, 3YT, 3YM, 3YTM, 3Y40S.

**Tabela 23.2.1-2**
**Dobór materiałów dodatkowych do spawania stali o wysokiej wytrzymałości**

| Kategoria materiału dodatkowego | Kategoria stali o wysokiej wytrzymałości | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | A420 D420 | E420 | F420 | A460 D460 | E460 | F460 | A500 D500 | E500 | F500 | A550 D550 | E550 | F550 | A620 D620 | E620 | F620 | A690 D690 | E690 | F690 | A890 D890 | E890 | A960 D960 | E960 |
| 3Y42 | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4Y42 | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5Y42 | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3Y46 | x | | | x | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4Y46 | x | x | | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 5Y46 | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 3Y50 | x | | | x | | | x | | | | | | | | | | | | | | | |
| 4Y50 | x | x | | x | x | | x | x | | | | | | | | | | | | | | |
| 5Y50 | x | x | x | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | | | | |
| 3Y55 | | | | | | | x | | | x | | | | | | | | | | | | |
| 4Y55 | | | | | | | x | x | | x | x | | | | | | | | | | | |
| 5Y55 | | | | | | | x | x | x | x | x | x | | | | | | | | | | |
| 3Y62 | | | | | | | | | | x | | | x | | | | | | | | | |
| 4Y62 | | | | | | | | | | x | x | | x | x | | | | | | | | |
| 5Y62 | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | | | | | | | |
| 3Y69 | | | | | | | | | | | | | x | | | x | | | | | | |
| 4Y69 | | | | | | | | | | | | | x | x | | x | x | | | | | |
| 5Y69 | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x | x | x | | | | |
| 3Y89 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | | |
| 4Y89 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | | |
| 3Y96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | | x | |
| 4Y96 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | x | x | x | x |

Materiały dodatkowe do spawania półautomatycznego są dodatkowo oznaczone literą S, a do spawania automatycznego wielowarstwowego – literą M.
Na przykład: 3Y69S, 3Y69M.

**23.2.2** Do spawania stali kadłubowej o podwyższonej wytrzymałości ze stalą kadłubową o zwykłej wytrzymałości można zastosować materiał dodatkowy o najniższej kategorii, którym można spawać jedną z tych łączonych stali.

**23.2.3** Do spawania stali o różniących się kategoriach należy stosować materiały dodatkowe przewidziane dla stali o wyższej kategorii lub dla stali o niższej kategorii.

**23.2.4** Materiały dodatkowe z kontrolowaną zawartością wodoru (np. elektrody zasadowe) powinny być stosowane do spawania następujących elementów:
- złączy montażowych między sekcjami,
- wszystkich złączy pasa lodowego zewnętrznego poszycia,
- elementów zładu wzdłużnego,
- złączy doczołowych elementów kadłuba o grubości powyżej 20 mm,
- elementów grubościennych (tylnica, dziobnica itp.),
- złączy doczołowych spawanych w warunkach zamkniętego sztywnego obwodu.

**23.2.5** Do spawania stali kategorii E, stali kategorii E ze stalą innej kategorii oraz stali kadłubowej o podwyższonej wytrzymałości i stali do budowy kotłów i zbiorników ciśnieniowych należy stosować materiały dodatkowe z kontrolowaną zawartością wodoru, spełniające wymagania dotyczące zawartości wodoru podane w tabeli 24.4.5.

Do spawania stali o wysokiej wytrzymałości należy stosować materiały dodatkowe z kontrolowaną zawartością wodoru, spełniające wymagania dotyczące zawartości wodoru w stopiwie podane w tabeli 24.10.6.

**23.2.6** Spoiny sczepne powinny być wykonywane tylko przez spawaczy posiadających aktualne uprawnienia PRS. Należy stosować materiały dodatkowe tej samej kategorii, jaka jest wymagana do spawania danej konstrukcji. Spoiny sczepne nie powinny mieć wad, które mogłyby pogorszyć jakość połączeń spawanych. Na życzenie inspektora PRS spoiny sczepne należy sprawdzić w celu wykrycia pęknięć lub innych wad. Jeżeli w miejscach sczepiania wystąpiły pęknięcia, należy je wyciąć do zdrowego metalu i ponownie zaspawać.

Dopuszcza się wykonywanie spoin sczepnych przez spawaczy nieposiadających uprawnień PRS, pod warunkiem że przed wykonaniem właściwego spawania spoiny te zostaną wycięte.

**23.2.7** Miejsca, w których mają być przyspawane uchwyty transportowe, powinny być wolne od pęknięć i rozwarstwień, co należy udokumentować stosownymi badaniami, np. badaniami UT.

**23.2.8** W przypadku zastosowania do stali YP47, długość ściegu krótkiego w spawaniu punktowym i naprawie spoin nie powinna być mniejsza niż 50 mm. Jeśli $P_{cm}$ jest mniejsze lub równe 0,19, można przyjąć długość ściegu krótkiego wynoszącą 25 mm po zatwierdzeniu przez PRS.

**23.2.9** W przypadku stali YP47 należy zastosować wstępne podgrzewanie do temperatury 50°C lub powyżej, jeśli temperatura powietrza wynosi 5°C lub poniżej. Jeśli $P_{cm}$ jest mniejsze lub równe 0,19, a temperatura powietrza wynosi poniżej 5°C, ale powyżej 0°C, można przyjąć alternatywne wymagania dotyczące ogrzewania wstępnego po zatwierdzeniu przez PRS.

## 23.3 Spawanie mechanizmów okrętowych

**23.3.1** Wymagania podrozdziału 23.3 dotyczą spawania konstrukcji mechanizmów wykonywanych z materiałów podstawowych i przy użyciu materiałów dodatkowych, spełniających wymagania zawarte w odpowiednich częściach *Przepisów*. Wykonywanie konstrukcji z materiałów innych niż określone w *Przepisach* powinno być uzgodnione z PRS.

**23.3.2** Doboru materiałów dodatkowych do spawania mechanizmów należy dokonywać stosownie do konkretnych gatunków stali, z uwzględnieniem wymagań podanych w 23.2.1, 23.2.2 i 23.2.4 oraz zaleceń producentów stali, szczególnie w przypadku stali innych niż stal kadłubowa.

**23.3.3** Jeżeli konstrukcje pracują w podwyższonej temperaturze lub stykają się z chemicznie aktywnymi ośrodkami, materiały dodatkowe do spawania należy dobierać z uwzględnieniem tych warunków.

**23.3.4** Przy spawaniu elementów mechanizmów okrętowych ze stali o grubości 30 mm lub większej powinny być stosowane materiały dodatkowe do spawania z kontrolowaną zawartością wodoru, zapewniające odporność złącza spawanego na powstawanie pęknięć na zimno. Wykonawca powinien poprzez technologiczne przedsięwzięcia ograniczyć możliwość tworzenia się tych pęknięć (przez zastosowanie środków takich jak podgrzewanie przed spawaniem, obróbka cieplna po spawaniu, ograniczenie minimalnej temperatury otoczenia przy spawaniu itp.).

**23.3.5** Zastosowanie spawania do wałów śrubowych i wałów korbowych wymaga w każdym przypadku uzgodnienia z PRS.

**23.3.6** PRS może zgodzić się na zastosowanie przy remoncie mechanizmów spawania, napawania, metalizacji i innych podobnych metod po uzyskaniu pozytywnych wyników prób, wykonanych według uzgodnionego z PRS programu i po stwierdzeniu możliwości zastosowania danej metody w konkretnym przypadku.

## 23.4 Spawanie kotłów i zbiorników ciśnieniowych

**23.4.1** Spoiny kotłów i zbiorników ciśnieniowych należy znakować w taki sposób, aby można było ustalić, który spawacz je wykonał.

Złącza wzdłużne i obwodowe kolektorów oraz walczaków kotłów i zbiorników ciśnieniowych należy wykonywać jako doczołowe.

W przypadku gdy nie można zastosować złącza doczołowego, wybrana konstrukcja połączenia i technologia wykonania podlegają odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Wzdłużne i obwodowe spoiny na płaszczach walczaków kotłów należy wykonywać z podpawaniem, z wyłączeniem przypadków, gdy współczynnik wytrzymałości złącza spawanego przyjęto jako równy 0,7 lub mniejszy.

Wykonywanie spoin czołowych jednostronnie na podkładkach formujących grań spoiny podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Wycięcia i otwory w płaszczu kotła należy w miarę możliwości umieszczać tak, aby nie przecinały one wzdłużnych lub obwodowych spoin walczaka i nie były do nich styczne. Minimalna odległość otworu od spoiny nie powinna być mniejsza niż 3 grubości blachy i nie powinna być mniejsza niż 50 mm.

Możliwość przyspawania do walczaka kotła montażowych elementów mocujących, uchwytów lub innych części podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

**23.4.2** Dobór materiałów dodatkowych do spawania kotłów i zbiorników ciśnieniowych należy przeprowadzać stosownie do konkretnych gatunków stali, które będą użyte do budowy, z uwzględnieniem wymagań podanych w 23.2.1, 23.2.2 i 23.2.4 oraz zaleceń producentów stali, szczególnie w przypadku stali innych niż kadłubowe.

**23.4.3** Do spawania kotłów i zbiorników klasy I należy stosować materiały dodatkowe z kontrolowaną zawartością wodoru np. elektrody zasadowe. Do spawania kotłów i zbiorników klasy II i III, jeżeli są one wykonane ze stali niestopowej o zwykłej wytrzymałości a grubość materiału nie przekracza 20 mm, dopuszcza się stosowanie materiałów dodatkowych, dla których nie kontroluje się zawartości wodoru w stopiwie.

**23.4.4** Podczas obróbki cieplnej kotłów i zbiorników ciśnieniowych należy stosować wymagania odpowiednich norm i uwzględniać zalecenia producenta stali.

Złącza spawane takich elementów, które ze względu na zbyt duże rozmiary lub specjalną konstrukcję nie mogą być poddane wyżarzaniu odprężającemu w całości, można po uzyskaniu zgody PRS wyżarzać częściami.

Wyżarzanie należy wykonywać przez równomierne podgrzewanie dostatecznie szerokiego obszaru wzdłuż spoiny, tj. na szerokości około 6 grubości blach.

**23.4.5** Przy wykonywaniu kotłów, zbiorników ciśnieniowych i wymienników ciepła zaliczonych do klasy I lub II należy dla sprawdzenia mechanicznych własności złączy wykonać złącza spawane próbne w następujących przypadkach:
- przy jednostkowej produkcji wyrobu,
- przy produkcji seryjnej – na pierwszym egzemplarzu oraz po wprowadzeniu zmian konstrukcyjnych lub po zastosowaniu nowych materiałów i nowych sposobów spawania.

PRS może wymagać wykonania złączy spawanych próbnych również dla wyrobów klasy III.

**23.4.6** Próbne złącza spawane należy mocować do kotła lub zbiornika w taki sposób, aby spoina złącza stanowiła przedłużenie spoiny wyrobu (konstrukcji). Spoinę złącza próbnego należy wykonać w takich samych warunkach technologicznych jak spoinę wyrobu.

Po przeprowadzeniu badań nieniszczących, ze złącza próbnego należy pobrać próbki i poddać je badaniom:
- 1 próbkę poprzeczną do próby rozciągania złącza spawanego,
- 1 próbkę do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem grani,
- 1 próbkę do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem lica,
- 3 próbki do próby udarności Charpy V.

Warunki wycinania próbek ze złączy próbnych i wykonania prób powinny odpowiadać wymaganiom podanym w podrozdziale 24.3, przy uwzględnieniu odpowiedniej metody i techniki spawania.

## 23.5 Spawanie rurociągów

Spawanie rurociągów powinno odbywać się zgodnie z wymaganiami *Publikacji 23/P – Prefabrykacja rurociągów*.

## 23.6 Spawanie stali odpornych na korozję

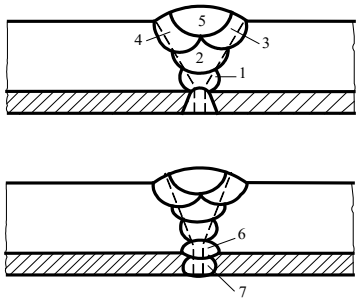
Podczas spawania stali odpornych na korozję, opisanych w rozdziale 8, należy:
- stosować uznane materiały dodatkowe do spawania odpowiednio dobrane, tak aby odporność na korozję złącza spawanego odpowiadała odporności na korozję materiału podstawowego, a własności mechaniczne złącza odpowiadały własnościom mechanicznym spawanych stali,
- spawać przy zastosowaniu ograniczenia ilości ciepła wprowadzonego,
- zapewnić zawartość ferrytu w spoinie na poziomie odpowiednim dla spawanych stali,
- zachować odpowiedni poziom czystości zapobiegający dostaniu się zanieczyszczeń do spoiny oraz zapobiegający uszkodzeniom lub zarysowaniom blachy i połączenia spawanego.

## 23.7 Spawanie stali odpornych na korozję z innymi stalami

Przy wykonywaniu spawanych połączeń stali odpornych na korozję z innymi stalami należy metodę spawania i materiały dodatkowe dobrać tak, aby gwarantowały uzyskanie spoiny o własnościach odpowiadających przeznaczeniu złącza.

## 23.8 Spawanie stali platerowanych stalami austenitycznymi

Podczas spawania stali platerowanych należy:
- stosować uznane materiały dodatkowe do spawania i odpowiednio dobrane, tak aby odporność na korozję złącza spawanego od strony plateru była podobna do odporności na korozję plateru,
- spawać przy zastosowaniu ograniczenia ilości ciepła wprowadzonego,
- w pierwszej kolejności należy spawać stal niestopową materiałami dodatkowymi odpowiednimi dla tej stali (ściegi 1-5, rys. 23.8),
- plater należy spawać co najmniej dwoma ściegami, przy czym pierwszy ścieg należy spawać materiałami o podwyższonej zawartości Cr i Ni, natomiast drugi materiałami odpowiednimi dla plateru. Pokazano to na rys. 23.8.




1-5 – ściegi należy wykonywać materiałami odpowiednimi dla stali niestopowej
6 – ścieg wykonywać materiałami o podwyższonej zawartości Cr i Ni
7 – ścieg wykonywać materiałami odpowiednimi dla plateru

Rys. 23.8. Sposób spawania stali platerowanych

## 23.9 Spawanie odkuwek stalowych i odlewów ze staliwa

**23.9.1** Wstępne podgrzewanie lub inne środki technologiczne, mające na celu polepszenia warunków spawania odkuwek stalowych i odlewów ze staliwa, należy stosować, niezależnie od temperatury otoczenia, w następujących przypadkach:
- jeżeli zawartość węgla w odlewie lub odkuwce wynosi ponad 0,25%,
- jeżeli zawartość węgla wynosi ponad 0,23% – w tych odlewach i odkuwkach, które wejdą w skład kadłuba statku ze wzmocnieniami lodowymi **L1A**, **L1** i **L2**, (odlewy i odkuwki tylnicy, dziobnicy, wsporniki wałów śrubowych itp. konstrukcji).

**23.9.2** Temperaturę podgrzewania i program obróbki cieplnej odkuwek i odlewów należy określać w zależności od konstrukcji, wymiarów i warunków eksploatacji, uwzględniając wymagania podane w 23.1.2 i 23.1.10.

**23.9.3** Wady nowych odkuwek i odlewów mogą być naprawiane z zastosowaniem procesu spawania dopiero po uprzednim sprawdzeniu spawalności materiału podstawowego, z uwzględnieniem charakteru pracy danego elementu. Możliwość naprawy wad za pomocą spawania w nowych odlewach w każdym przypadku podlega odrębnemu rozpatrzeniu przez PRS.

Naprawę wad za pomocą spawania należy przeprowadzić przed ostateczną obróbką cieplną. Po takiej obróbce naprawa wad za pomocą spawania może być dokonywana tylko w wyjątkowych przypadkach.

Wad powtarzających się systematycznie w większej liczbie odlewów i odkuwek nie należy usuwać za pomocą spawania.

**23.9.4** Naprawę wad odlewów z zastosowaniem procesu spawania należy przeprowadzać po oddzieleniu układu wlewowego i nadlewów oraz po dokładnym oczyszczeniu z materiałów formierskich, zgorzeliny, obcych wtrąceń itp.

Miejsca podlegające naprawie powinny być oczyszczone do zdrowego materiału w taki sposób, aby można było wszędzie zapewnić dobre wtopienie napoiny.

## 23.10 Spawanie odlewów z żeliwa

Naprawy wad w odlewach z żeliwa z zastosowaniem procesu spawania są w zasadzie niedopuszczalne.

W szczególnych przypadkach PRS może, po odrębnym rozpatrzeniu, wyrazić zgodę na naprawę za pomocą spawania.

## 23.11 Spawanie miedzi i jej stopów

Spawanie miedzi i jej stopów należy przeprowadzać zgodnie z wymaganiami obowiązujących norm. Naprawy śrub napędowych ze stopów miedzi z zastosowaniem procesu spawania powinny być przeprowadzane zgodnie z wymaganiami podanymi w *Publikacji 7/P – Naprawy śrub napędowych ze stopów miedzi*.

## 23.12 Spawanie stopów aluminium przerobionych plastycznie

**23.12.1** Spawanie stopów aluminium opisanych w podrozdziale 18.1 należy wykonywać stosując metody spawania oraz materiały dodatkowe dostosowane do materiału podstawowego, zapewniające dobrą jakość złączy spawanych i odporność na korozję.

**23.12.2** Złącza spawane powinny być w miarę możliwości rozmieszczone w rejonach najmniejszych naprężeń.

Spawanie powinno być wykonywane w możliwie dogodnej pozycji, w miarę możliwości w pozycji podolnej. Nadlewy spoin należy usuwać tylko w przypadkach uzgodnionych z PRS.

**23.12.3** Przed sczepianiem i spawaniem brzegi elementów należy oczyścić stalowymi drucianymi szczotkami ze stali nierdzewnej, a następnie odtłuścić odpowiednimi rozpuszczalnikami (acetonem, spirytusem itp.). Czas między czyszczeniem a spawaniem powinien być możliwie krótki, aby uniknąć ponownego zanieczyszczenia oczyszczonych powierzchni. Spoiny sczepne należy również dokładnie oczyścić, a podczas spawania wielowarstwowego należy oczyścić każdą poprzednią warstwę przed nałożeniem następnej.

**23.12.4** Drut i pręty spawalnicze ze stopów aluminium powinny mieć czystą i nieuszkodzoną powierzchnię; przed ich użyciem do spawania należy usunąć z nich warstwę tlenków.

**23.12.5** Przy spawaniu stopów aluminium można stosować podkładki stałe lub usuwalne. Podkładki usuwalne powinny być wykonane ze stali odpornej na korozję, a podkładki stałe – ze stopu aluminium tego gatunku, z którego są wykonane elementy spawane.

**23.12.6** Przy spawaniu dwustronnym, przed wykonaniem spoiny z drugiej strony należy wyciąć do czystego metalu grań spoiny z pierwszej strony – za pomocą ścinania, strugania, frezowania lub palnikiem plazmowym. Dopuszcza się wycinanie grani za pomocą szlifowania, pod warunkiem zastosowania specjalnych tarcz szlifierskich, przeznaczonych tylko do aluminium.

**23.12.7** Konstrukcje ze stopów aluminium można prostować na gorąco za pomocą płomienia acetylenowo-tlenowego. Technologię prostowania uwzględniającą rodzaj stopu, metodę prostowania i kwalifikacje personelu należy uzgodnić z PRS.

**23.12.8** W obrębie nitowanych połączeń konstrukcji ze stopów aluminium wszystkie podstawowe prace spawalnicze należy zakończyć przed rozpoczęciem prac niterskich.

**23.12.9** Spawanie innych stopów aluminium wymaga każdorazowo uzgodnienia z PRS.

## 23.13 Lutowanie twarde

Lutowane połączenia konstrukcji określonych w 1.1.1 podlegają nadzorowi PRS i powinny być wykonywane według uzgodnionych z PRS norm i dokumentacji technicznej.

# 24 MATERIAŁY DODATKOWE DO SPAWANIA

## 24.1 Wymagania ogólne

**24.1.1** Do spawania konstrukcji nadzorowanych przez PRS powinny być stosowane materiały dodatkowe uznane przez PRS.

**24.1.2** Materiał dodatkowy może być uznany przez PRS po przeprowadzeniu procedury uznawania, opisanej w podrozdziale 24.2. Materiały dodatkowe do spawania, niewyszczególnione w niniejszym rozdziale, mogą być uznane na podstawie badań przeprowadzonych według odrębnego programu uzgodnionego z PRS.

**24.1.3** Materiały dodatkowe do spawania stali kadłubowych o zwykłej i o podwyższonej wytrzymałości oraz do spawania stali o wysokiej wytrzymałości dzielą się na kategorie. Podstawą tego podziału są własności mechaniczne stopiwa i złączy spawanych wymagane dla danej kategorii materiałów dodatkowych do spawania. Zapis oznaczenia kategorii materiałów dodatkowych do spawania tych stali podano w 24.1.4.

**24.1.4** Na pierwszym miejscu oznaczenia kategorii znajduje się jedna z cyfr: 1, 2, 3, 4, 5, która określa wymaganą temperaturę badania udarności stopiwa oraz złączy spawanych: 1(+20°C), 2(0°C), 3(–20°C), 4(–40°C), 5(–60°C).

Litera Y dodana po cyfrze informuje, że materiał dodatkowy przeznaczony jest do spawania stali o podwyższonej wytrzymałości lub stali o wysokiej wytrzymałości.

Dodana po literze Y liczba: 40, 42, 46, 50, 55, 62, 69, 89 lub 96 określa wymaganą minimalną wartość granicy plastyczności stopiwa: 40(400 MPa), 42(420 MPa), 46(460 MPa), 50(500 MPa), 55(550 MPa), 62(620 MPa), 69(690 MPa), 89(890 MPa) lub 96(960 MPa).

**24.1.5** Kategorie 1, 2, 3 nadawane są materiałom dodatkowym przeznaczonym do spawania stali kadłubowych o zwykłej wytrzymałości.

Kategorie 1Y, 2Y, 3Y, 4Y nadawane są materiałom dodatkowym przeznaczonym do spawania stali kadłubowych o podwyższonej wytrzymałości, o $R_e \leq 355$ MPa. Kategoria 1Y ma zastosowanie tylko dla materiałów dodatkowych do spawania automatycznego.

Kategorie 2Y40, 3Y40, 4Y40, 5Y40 nadawane są materiałom dodatkowym przeznaczonym do spawania stali kadłubowych o podwyższonej wytrzymałości, o $R_e \leq 390$ MPa.

**24.1.6** Materiałom dodatkowym przeznaczonym do spawania stali o wysokiej wytrzymałości, o $R_e \leq 420$ MPa, nadawane są kategorie 3Y42, 4Y42, 5Y42; materiałom dodatkowym przeznaczonym do spawania stali o wysokiej wytrzymałości, o $R_e \leq 500$ MPa, nadawane są kategorie 3Y50, 4Y50, 5Y50 i konsekwentnie, materiałom przeznaczonym do spawania stali o $R_e \leq 550$ MPa – kategorie 3Y55, 4Y55, 5Y55; stali o $R_e \leq 620$ MPa – kategorie 3Y62, 4Y62, 5Y62; stali o $R_e \leq 690$ MPa – kategorie 3Y69, 4Y69, 5Y69, stali o $R_e \leq 890$ MPa – kategorie 3Y89, 4Y89, stali o $R_e \leq 960$ MPa – kategorie 3Y96, 4Y96.

**24.1.7** Materiały dodatkowe do spawania z kontrolowaną zawartością wodoru, w zależności od zawartości wodoru dyfuzyjnego w stopiwie, mogą być zaliczone do jednej z trzech grup oznaczonych symbolami: H15, H10, H5. Jednym z tych symboli uzupełniane są oznaczenia kategorii materiałów dodatkowych z kontrolowaną zawartością wodoru.

**24.1.8** Oznaczenia kategorii materiałów dodatkowych do spawania automatycznego uzupełnia się w zależności od techniki spawania następującymi symbolami:

– T – do spawania dwuwarstwowego, w którym każda warstwa spoiny utworzona jest tylko przez jeden ścieg,
– M – do spawania wielowarstwowego,
– TM – do spawania dwu- i wielowarstwowego.

Materiały dodatkowe do spawania półautomatycznego otrzymują przy oznaczeniu kategorii symbol S.

Materiały dodatkowe do spawania elektrożużlowego i elektrogazowego przy oznaczeniu kategorii otrzymują symbol V.

**24.1.9** Materiały dodatkowe uznane przez PRS można stosować do spawania tylko w takich pozycjach, do jakich zostały uznane.

**24.1.10** Uznanie PRS jest ważne tylko dla tego materiału dodatkowego, który został poddany badaniom uznaniowym (gatunek elektrody otulonej, kombinacja drut/topnik lub kombinacja drut/gaz osłonowy).

**24.1.11** Wszelkie zmiany własności i składu chemicznego uznanego materiału dodatkowego do spawania wymagają przeprowadzenia powtórnych prób uznaniowych.

**24.1.12** Podwyższenie kategorii lub rozszerzenie zakresu uznania może nastąpić na wniosek producenta materiałów dodatkowych, najlepiej przy okazji rocznych prób, ale tylko po przeprowadzeniu dodatkowych badań złączy. Zakres tych dodatkowych badań należy uzgodnić z PRS.

**24.1.13** Materiały dodatkowe produkowane w kilku filiach tego samego zakładu (jeżeli producent potwierdza identyczność procesu produkcyjnego) lub wg licencji, podlegają kompletnym badaniom uznaniowym w jednym zakładzie, a w pozostałych mogą być zredukowane do programu prób rocznych.

## 24.2 Procedura uznawania

### 24.2.1 Dokumentacja techniczna

Dokumentacja techniczna wytwórcy materiału dodatkowego do spawania przedstawionego do uznania go przez PRS powinna zawierać jako minimum następujące dane:
– nazwę zakładu – wytwórcy materiału dodatkowego,
– wnioskowaną kategorię materiału dodatkowego zgodnie z *Przepisami*,
– gwarantowany przez wytwórcę skład chemiczny stopiwa,
– gwarantowane przez wytwórcę własności mechaniczne i technologiczne stopiwa oraz złącza spawanego,
– zawartość wodoru w stopiwie dla materiałów z kontrolowaną zawartością wodoru,
– technologię spawania, ujmującą poszczególne pozycje spawania,
– krótki opis technologii produkcji materiału dodatkowego, metody kontroli procesu produkcji oraz metody kontroli materiału dodatkowego przedstawionego do uznania.

### 24.2.2 Inspekcja zakładu

Inspekcję zakładu – wytwórcy materiałów dodatkowych do spawania przeprowadza się w celu sprawdzenia, czy organizacja zakładu, metody produkcji i kontrola jakości zapewniają powtarzalną jakość produkcji.

W każdym zakładzie występującym po raz pierwszy o uznanie przez PRS produkowanych materiałów dodatkowych inspekcja powinna być przeprowadzona w okresie poprzedzającym uznanie.

Przy okazji inspekcji mogą być wybrane przez inspektora materiały dodatkowe, które zostaną użyte do prób uznaniowych.

Inspekcje zakładu powinny być przeprowadzane przynajmniej raz do roku, przy okazji prób corocznych prób kontrolnych.

W szczególnych przypadkach może być dopuszczony inny tryb postępowania.

### 24.2.3 Próby uznaniowe

Próby uznaniowe materiału dodatkowego uznawanego przez PRS obejmują pospawanie płyt próbnych do badań własności stopiwa oraz płyt próbnych do wykonania badań własności mechanicznych złączy.

Pobieranie materiałów dodatkowych do wykonania płyt próbnych, spawanie, pobieranie próbek do badań oraz ich badania powinny być wykonywane w obecności inspektora PRS lub osoby upoważnionej przez PRS. Materiały dodatkowe wybrane do wykonywania płyt próbnych powinny być wyprodukowane nie później niż rok przed rozpoczęciem spawania płyt próbnych.

Wyniki badań płyt próbnych powinny spełniać wymagania dla kategorii materiału dodatkowego, o którą występuje producent podczas uznawania materiału dodatkowego po raz pierwszy. Wyniki badań płyt próbnych wykonanych podczas kontrolnych badań rocznych powinny spełniać wymagania zgodne z dotychczas posiadaną kategorią.

### 24.2.4 Coroczne próby kontrolne

Badania kontrolne uznanych przez PRS materiałów dodatkowych odbywają się co najmniej raz do roku. Podczas prób rocznych PRS sprawdza utrzymywanie przez wytwórnię odpowiedniego poziomu jakości na wszystkich etapach produkcji uznanych materiałów dodatkowych. Szczegóły zakresu prób rocznych podano przy omawianiu warunków uznawania poszczególnych rodzajów materiałów dodatkowych. Próby te należy wykonywać w obecności inspektora PRS lub osoby upoważnionej przez PRS. Próby roczne oraz ich dokumentowanie powinny być zakończone przed upływem terminu ważności uznania.

**24.2.5** Coroczne próby kontrolne, na wniosek wytwórcy, mogą być wykorzystane do przeprowadzenia prób uznaniowych mających na celu podwyższenie dotychczasowej kategorii sprawdzanego materiału dodatkowego. W tym przypadku wymagane jest wykonanie oraz zbadanie dodatkowych złączy spawanych zgodnie z 24.5.7.

## 24.3 Wykonanie i badania płyt próbnych do badania materiałów dodatkowych do spawania stali kadłubowych

**24.3.1** Płyty próbne do badań własności stopiwa można wykonać ze stali kadłubowej dowolnej kategorii.

Płyty próbne do badania złączy doczołowych w zależności od kategorii materiału dodatkowego należy wykonywać ze stali jednej z kategorii podanych w tabeli 24.3.1.

**Tabela 24.3.1**
**Dobór stali do prób uznaniowych materiałów dodatkowych do spawania stali kadłubowych**

| Kategoria materiałów dodatkowych | Kategorie stali stosowane do prób |
|---|---|
| 1 | A |
| 2 | A, B, D |
| 3 | A, B, D, E |

| Kategoria materiałów dodatkowych | Kategorie stali stosowane do prób |
|---|---|
| lY | AH32, AH36 |
| 2Y | AH32, AH36, DH32, DH36 |
| 3Y | AH32, AH36, DH32, DH36, EH32, EH36 |
| 4Y | AH32, AH36, DH32, DH36, EH32, EH36, FH32, FH36 |
| 2Y40 | AH40, DH40 |
| 3Y40 | AH40, DH40, EH40 |
| 4Y40 | AH40, DH40, EH40, FH40 |
| 5Y40 | AH40, DH40, EH40, FH40 |

Wymiary płyt próbnych, tj. szerokość i długość, podano na poszczególnych rysunkach, natomiast tam gdzie nie podano długości, długość płyty próbnej powinna być taka, aby można było pobrać wymaganą ilość próbek.

**24.3.2** Przygotowanie płyt próbnych podlega nadzorowi inspektora PRS, a ich spawanie powinno odbywać się w obecności inspektora PRS. Ukosować można mechanicznie lub płomieniem acetylenowo-tlenowym. Ukosowane brzegi należy oczyścić ze zgorzeliny i innych zanieczyszczeń.

**24.3.3** Parametry spawania takie jak natężenie, napięcie, prędkość spawania powinny być zgodne z zaleceniami producenta materiałów dodatkowych, podanymi w WPS (*Welding Procedure Specification*) i zgodne z dobrą praktyką spawalniczą. W przypadku, gdy materiały dodatkowe mają być uznane do spawania zarówno prądem stałym jak i przemiennym, próby należy przeprowadzać spawając prądem przemiennym, przy czym PRS może wymagać prób spawania również prądem stałym.

**24.3.4** Płyty próbne należy spawać w temperaturze pokojowej, a kolejne warstwy nakładać po ostygnięciu warstw poprzednich do temperatury przynajmniej 250°C, lecz nie niższej niż l00°C. Płyt próbnych po spawaniu nie należy poddawać obróbce cieplnej.

**24.3.5** Płyty próbne do badania własności złączy doczołowych należy przed pocięciem na próbki poddać kontroli radiograficznej. Wyniki tej kontroli powinny potwierdzić brak niedopuszczalnych niezgodności.

**24.3.6** Należy przeprowadzić analizę chemiczną stopiwa.

**24.3.7** Wymiary próbek do badania własności mechanicznych stopiwa i złącza doczołowego podano odpowiednio w punktach 2.5.6, 2.5.7, 2.6, 2.7.

**24.3.8** Wzdłużna próbka, o przekroju okrągłym, do próby rozciągania stopiwa, określona w punkcie 2.5.7, powinna być pobrana ze środka grubości płyty i jej oś powinna leżeć w pionowej płaszczyźnie symetrii spoiny, jak pokazano na rys. 24.5.l.

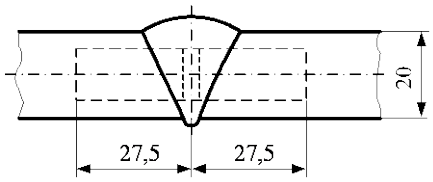
Wzdłużna oś próbki pobieranej z płyty próbnej, wykonanej techniką dwuwarstwową powinna pokrywać się z pionową płaszczyzną symetrii złącza i leżeć w środku warstwy spoiny wykonanej w drugiej kolejności. Próbki te przed wykonaniem badań mogą być wygrzewane w temperaturze nie wyższej niż 250°C i w czasie nieprzekraczającym 16 godzin, w celu usunięcia wodoru.

**24.3.9** Próbka poprzeczna do próby rozciągania złącza doczołowego pokazana na rys. 2.5.6 powinna mieć usunięty nadlew z obu stron spoiny, do poziomu materiału podstawowego.

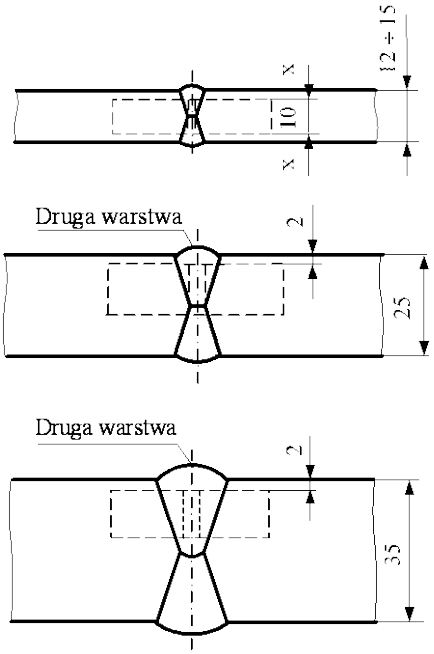
**24.3.10** Próbka do próby poprzecznego zginania złącza doczołowego powinna mieć usunięty nadlew z obu stron spoiny do poziomu materiału podstawowego. Krawędzie próbki mogą być zaokrąglone promieniem nie większym niż 2 mm.

**24.3.11** Próbka do próby udarności Charpy V, pokazana na rys. 2.6.1, powinna mieć oś wzdłużną prostopadłą do osi wzdłużnej spoiny. Próbki do badania udarności stopiwa i złączy spawanych techniką wielowarstwową powinny mieć oś wzdłużną w środku grubości płyty, jak pokazano na rys. 24.3.11-1, a próbki do badania udarności złączy spawanych techniką dwuwarstwową powinny być pobrane 2 mm poniżej płaszczyzny materiału podstawowego, od strony warstwy wykonanej w drugiej kolejności – jak pokazano na rys. 24.3.11-2. Karb powinien być nacięty w środku spoiny, prostopadle do powierzchni płyty próbnej – jak pokazano na rys. 24.3.11-1 i 24.3.11-2.

W przypadku spawania elektrogazowego i elektrożużlowego dodatkowo należy pobrać próbki do badania udarności z karbem w spoinie, ale znajdującym się 2 mm od linii wtopienia – jak pokazano na rys. 24.8.1.




Rys. 24.3.11-1.
Sposób wycinania próbki do badania udarności Charpy V ze złącza spawanego metodą wielowarstwową




Rys. 24.3.11-2.
Sposób wycinania próbki do badania udarności Charpy V ze złącza spawanego metodą dwuwarstwową

## 24.4 Ocena wyników badań materiałów dodatkowych do spawania stali kadłubowych

**24.4.1** Podczas próby rozciągania stopiwa należy określić granicę plastyczności, wytrzymałość na rozciąganie i wydłużenie. Podczas próby rozciągania złączy spawanych należy określić wytrzymałość na rozciąganie złącza i miejsce rozerwania próbki.

Wymagane własności mechaniczne podano w tabelach 24.4.4-1 i 24.4.4-2.

**24.4.2** Próbę zginania uznaje się za zadowalającą, jeżeli po zgięciu próbki o kąt 120° trzpieniem o średnicy równej 3-krotnej grubości próbki, po rozciąganej stronie próbki nie występują pęknięcia. Pęknięć o długości do 3 mm nie bierze się pod uwagę.

Próbki należy zginać tak, aby połowa całkowitej liczby próbek miała rozciągane lico spoiny, a pozostała połowa – grań spoiny.

**24.4.3** Badanie udarności należy przeprowadzać na trzech próbkach. Średnia wartość pracy łamania powinna odpowiadać wymaganiom określonym w tabelach 24.4.4-1 i 24.4.4-2.

Wielkość energii łamania dla jednej próbki może być mniejsza niż wymagana średnia, lecz wymaga się by wynosiła nie mniej niż 70% tej średniej.

Temperatura badania kategorii 2, 2Y, 2Y40, 3, 3Y, 3Y40, 4Y, 4Y40 and 5Y40 powinna być kontrolowana z dokładnością do ±2°C.

**24.4.4** Własności mechaniczne stopiwa powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 24.4.4-1, a własności mechaniczne złącza spawanego – wymaganiom podanym w tabeli 24.4.4-2.

**Tabela 24.4.4-1**
**Wymagane własności mechaniczne stopiwa**

| Kategoria materiału dodatkowego do spawania | Próba rozciągania | | | Próba udarności (próbka ISO-Charpy V) | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | | dla stopiwa z elektrod i ze spawania półautomatycznego | | dla stopiwa ze spawania automatycznego | |
| | $R_m$ [MPa] | $R_e$ [MPa] min. | $A$ [%] min. | Temperatura badania [°C] | Średnia wartość pracy łamania z trzech próbek [J] min. | Temperatura badania [°C] | Średnia wartość pracy łamania z trzech próbek [J] min. |
| 1 | 400,560 | 305 | 22 | +20 | 47 | +20 | 34 |
| 2 | | | | 0 | 47 | 0 | 34 |
| 3 | | | | –20 | 47 | –20 | 34 |
| 1Y | 490,660 | 375 | 22 | nie klasyfikuje się | | +20 | 34 |
| 2Y | | | | 0 | 47 | 0 | 34 |
| 3Y | | | | –20 | 47 | –20 | 34 |
| 4Y | | | | –40 | 47 | –40 | 34 |
| 2Y40 | 510,690 | 400 | 22 | 0 | 47 | 0 | 39 |
| 3Y40 | | | | –20 | 47 | –20 | 39 |
| 4Y40 | | | | –40 | 47 | –40 | 39 |
| 5Y40 | | | | –60 | 47 | –40 | 39 |

**Tabela 24.4.4-2**
**Wymagane własności mechaniczne złącza spawanego**

| Kategoria materiału dodatkowego do spawania | Próba rozciągania | Technologiczna próba zginania | Próba udarności (próbka ISO-Charpy V) | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | | | dla złączy wykonanych elektrodami i półautomatycznie | | | dla złączy wykonanych automatycznie | |
| | | | Temperatura badania [°C] | Pozycja spawania | | Temperatura badania [°C] | Średnia wartość pracy łamania z trzech próbek [J] min. |
| | Wytrzymałość na rozciąganie $R_m$ [MPa] min. | Kąt zginania [stopnie] min. | | podolna, naścienna, pułapowa | pionowa z dołu do góry i z góry w dół | | |
| | | | | średnia wartość pracy łamania z trzech próbek [J] min. | | | |
| 1 | 400 | 120 | +20 | 47 | 34 | +20 | 34 |
| 2 | | | 0 | 47 | 34 | 0 | 34 |
| 3 | | | –20 | 47 | 34 | –20 | 34 |
| 1Y | 490 | 120 | nie klasyfikuje się | | | +20 | 34 |
| 2Y | | | 0 | 47 | 34 | 0 | 34 |
| 3Y | | | –20 | 47 | 34 | –20 | 34 |
| 4Y | | | –40 | 47 | 34 | –40 | 34 |
| 2Y40 | 510 | 120 | 0 | 47 | 39 | 0 | 39 |
| 3Y40 | | | –20 | 47 | 39 | –20 | 39 |
| 4Y40 | | | –40 | 47 | 39 | –40 | 39 |
| 5Y40 | | | –40 | 47 | 39 | –40 | 39 |

**24.4.5** Zawartość wodoru w stopiwie materiału dodatkowego z kontrolowaną zawartością wodoru w stopiwie powinna być dla poszczególnych przypadków nie większa niż zawartość podana w tabeli 24.4.5. Materiały dodatkowe spełniające te wymagania nazywane są niskowodorowymi.

Nie przeprowadza się badań zawartości wodoru w stopiwie uzyskiwanym ze spawania drutem litym w osłonie gazów.

**Tabela 24.4.5**
**Dopuszczalna zawartość wodoru w stopiwie**

| Symbol zawartości wodoru dyfundującego w stopiwie | Dopuszczalna zawartość wodoru w stopiwie [$cm^3$/100 g stopiwa] max | |
|---|---|---|
| | Metoda rtęciowa<br>Metoda detekcji przewodności cieplnej (ISO 3690) | Metoda glicerynowa |
| H15(H) | 15 | 10 |
| H10(HH) | 10 | 5 |
| H5(HHH) | 5 | [1)] |

[1)] Nie jest stosowana.

**24.4.6** Jeżeli uzyskane wyniki próby rozciągania i zginania są niezadowalające, to należy ponownie przeprowadzić te same badania na podwójnej liczbie próbek.

Wyniki z ponownie przeprowadzonych badań powinny odpowiadać wymaganiom podanym odpowiednio w tabelach 24.4.4-1 i 24.4.4-2.

**24.4.7** Jeżeli wyniki próby udarności przeprowadzone zgodnie z 24.4.3 nie odpowiadają wymaganiom, można przeprowadzić badania uzupełniające kompletu złożonego z trzech próbek. Badania uzupełniające dopuszcza się, jeżeli nie więcej niż dwa otrzymane wyniki są poniżej wymaganej średniej, a z nich tylko jeden jest poniżej 70% wymaganej wartości.

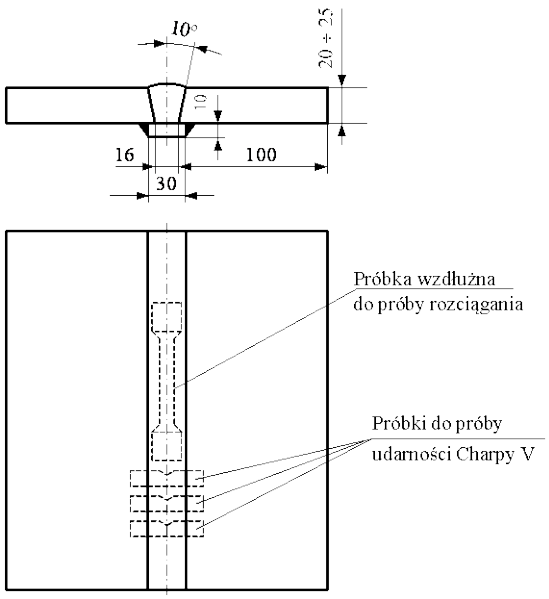
Średnia wyników trzech pierwszych i trzech uzupełniających próbek powinna odpowiadać wymaganiom, przy czym z sześciu otrzymanych wyników tylko dwa mogą być poniżej wymaganej wartości, a jeden z nich – poniżej 70% tej wartości.

**24.4.8** Za zgodą PRS mogą być przeprowadzone badania powtórne, jednak wówczas należy pospawać nową płytę próbną i wszystkie badania muszą być powtórzone, nawet te, które poprzednio dały wyniki zadowalające.

## 24.5 Badania elektrod otulonych do spawania ręcznego stali kadłubowych

### 24.5.1 Badania stopiwa

W celu określenia własności stopiwa należy wykonać dwie płyty próbne w pozycji podolnej, przy czym jedną płytę należy spawać elektrodą o średnicy 4 mm, a drugą – elektrodą o największej stosowanej średnicy. Jeżeli produkowane są elektrody o jednej średnicy, to wystarcza tylko jedna płyta próbna. Płyta próbna do badań stopiwa powinna być zgodna z rys. 24.5.1.




Rys. 24.5.1. Płyta próbna do badania stopiwa elektrod

Spoina powinna być wykonywana wielowarstwowo, przy czym każdą następną warstwę należy układać w kierunku przeciwnym do poprzedniej. Grubość każdej warstwy powinna być nie mniejsza niż 2 mm i nie większa niż 4 mm. Parametry spawania powinny być zgodne z wymaganiami podanymi w 24.3.3 i 24.3.4.

Z każdej płyty próbnej należy pobrać do badań:
- jedną próbkę wzdłużną, o przekroju okrągłym, do próby rozciągania,
- trzy próbki do próby udarności.

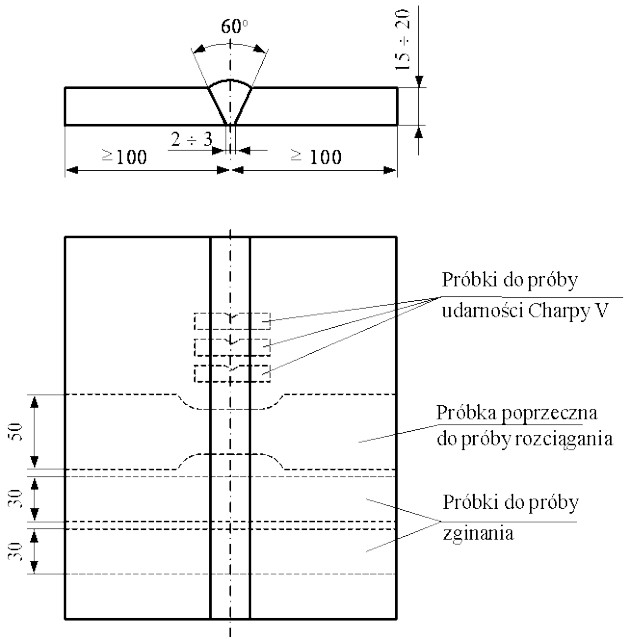
PRS może wymagać wykonania analizy chemicznej stopiwa.

Wyniki badań powinny być zgodne z tabelą 24.4.4-1.

### 24.5.2 Badania złącza spawanego

W celu określenia własności złącza doczołowego wykonanego w dowolnej pozycji spawania (podolnej, naściennej, pionowej lub sufitowej), dla której przeznaczone są elektrody, należy wykonać po jednej płycie próbnej dla każdej pozycji spawania, zgodnie z rys. 24.5.2.

Za zgodą PRS elektrody przeznaczone do spawania w pozycji podolnej i pionowej z dołu do góry mogą być stosowane do spawania w pozycji naściennej.




Rys. 24.5.2. Płyta próbna do badania złącza doczołowego spawanego ręcznie

Spawanie płyt próbnych w różnych pozycjach należy przeprowadzić z uwzględnieniem następujących wymagań:

- ***pozycja podolna:***
  pierwszy ścieg należy wykonać elektrodami o średnicy 4 mm, następne elektrodami o średnicy 5 mm lub większej – zgodnie z przyjętą praktyką. Dwie ostatnie warstwy należy spawać elektrodami o największej stosowanej średnicy;
- ***pozycja podolna, druga płyta próbna*** (druga płyta próbna w pozycji podolnej jest wymagana dla elektrod przeznaczonych do spawania tylko w pozycji podolnej):
  pierwszy ścieg należy wykonywać elektrodami o średnicy 4 mm, pozostałe – elektrodami o maksymalnej średnicy;
- ***pozycja naścienna****:*
  pierwszy ścieg należy wykonywać elektrodami o średnicy 4 mm lub 5 mm, następne ściegi – elektrodami o średnicy 5 mm;
- ***pozycja pionowa z dołu do góry i sufitowa:***
  pierwszy ścieg należy wykonać elektrodami o średnicy 3,25 mm, a następne ściegi wykonywać elektrodami o średnicy 4 mm lub 5 mm – zgodnie z praktyką lub zaleceniem wytwórcy;
- ***pozycja pionowa z góry na dół:***
  średnice elektrod do spawania należy stosować zgodnie z zaleceniami wytwórcy.

Podpawanie należy wykonywać po wycięciu grani spoiny do czystego metalu. Podpawać należy elektrodami o średnicy 4 mm – w tej pozycji, w jakiej wykonuje się spawanie podstawowe.

Parametry spawania powinny być zgodne z wymaganiami podanymi w 24.3.3 i 24.3.4. Po badaniach radiograficznych z każdej płyty próbnej należy pobrać do badań:
- 1 próbkę poprzeczną do próby rozciągania,
- 3 próbki do próby udarności,
- 1 próbkę do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem lica spoiny,
- 1 próbkę do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem grani spoiny.

Wyniki badań powinny być zgodne z wymaganiami określonymi w tabeli 24.4.4-2.

### 24.5.3 Badanie odporności stopiwa na powstawanie pęknięć na gorąco

PRS może wymagać przeprowadzenia badania odporności stopiwa na powstawanie pęknięć na gorąco.

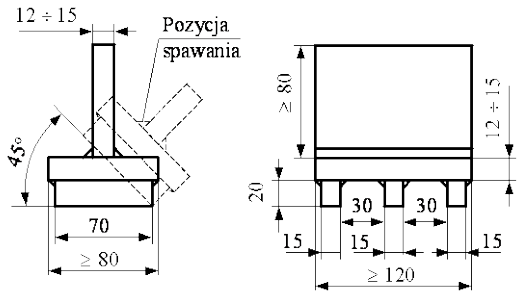
W tym celu należy wykonać trzy złącza teowe zgodnie z rys. 24.5.3. W miarę możliwości złącza należy wykonywać elektrodami o różnych średnicach.

Dolna krawędź płyty pionowej powinna być równa i szczelnie przylegać do powierzchni płyty dolnej.

Spoiny sczepne powinny się znajdować na czołowych powierzchniach płyt. Dolna płyta powinna mieć trzy dodatkowe poprzeczne usztywnienia zabezpieczające przed odkształceniem.

Obie spoiny pachwinowe należy wykonywać w pozycji podolnej.

Spoiny powinny być jednowarstwowe i wykonane przy użyciu maksymalnego natężenia prądu, zalecanego przez wytwórcę dla danego rodzaju i danej średnicy elektrod. Drugą spoinę należy spawać w przeciwnym kierunku, natychmiast po zakończeniu spawania pierwszej spoiny. Obydwie spoiny należy wykonywać z równomierną prędkością, bez ruchów wahadłowych.




Rys. 24.5.3. Złącze teowe do badania odporności stopiwa na powstawanie pęknięć na gorąco

Do wykonania spoiny o długości 120 mm powinna być w przybliżeniu zużyta elektroda o długości podanej w tabeli 24.5.3.

**Tabela 24.5.3**
**Długość stapianych elektrod przy badaniu pęknięć na gorąco**

| Średnica elektrody [mm] | Długość stopionej elektrody [mm] | |
|---|---|---|
| | I spoina | II spoina |
| 4 | 200 | 150 |
| 5 | 150 | 100 |
| 6 | 100 | 75 |

Po spawaniu należy usunąć żużel i po całkowitym ostygnięciu materiału przeprowadzić kontrolę powierzchni spoin metodami nieniszczącymi.

Spoinę wykonaną jako pierwszą należy usunąć mechanicznie, a drugą spoinę złamać w taki sposób, aby w trakcie łamania grań spoiny była rozciągana. Na przełomie spoiny nie powinno być pęknięć.

### 24.5.4 Określenie zawartości wodoru w stopiwie

**24.5.4.1** Określenie zawartości wodoru w stopiwie należy wykonać metodą rtęciową lub metodą detekcji przewodności cieplnej, zgodnie z normą ISO 3690:2018. Należy przygotować cztery płyty próbne. Temperatura próbek i minimalny czas utrzymania powinny być zgodne z Tabelą 24.5.4.1, w zależności od wybranej metody pomiaru.

**Tabela 24.5.4.1**

| Metoda pomiaru | Temperatura próby [°C] | Minimalny czas utrzymania [h] |
|---|---|---|
| Detekcja przewodności cieplnej [1] Chromatografia gazowa | 45 | 72 |
| | 150 | 6 |

[1] Dopuszczalne jest stosowanie metody gorącej ekstrakcji, pod warunkiem weryfikacji procedury prób w celu potwierdzenia, że wodór jest gromadzony i mierzony w sposób ciągły do czasu zebrania całego wodoru podlegającego dyfuzii.

Dopuszcza się, po uzgodnieniu z PRS, określanie zawartości wodoru w stopiwie przy zastosowaniu metody glicerynowej, ale tylko dla materiałów dodatkowych do spawania, oznaczonych H10 lub H15. Metoda glicerynowa pomiaru zawartości wodoru w stopiwie opisana jest w punkcie 24.5.4.2.

**24.5.4.2** Dla określenia zawartości wodoru należy ze stali kadłubowej dowolnej kategorii wykonać cztery próbki o wymiarach 12×25×125 mm i zważyć je z dokładnością do 0,1 g.

Na każdej próbce, na powierzchni 25×125 mm należy ułożyć pojedynczy ścieg długości około 100 mm, używając do tego celu elektrody o średnicy 4 mm i długości około 150 mm. W czasie układania ściegu natężenie prądu powinno wynosić 150 A, a długość łuku powinna być możliwie jak najkrótsza. Elektrody przed napawaniem powinny być suszone zgodnie z zaleceniami wytwórcy. Próbkę po napawaniu i usunięciu żużla należy umieścić w naczyniu z wodą, w celu ochłodzenia jej do temperatury +20°C. Czas od zakończenia napawania do wyjęcia próbki z wody nie powinien przekraczać 30 s. Po wyjęciu próbki z wody w ciągu następnych 30 s należy ją oczyścić, osuszyć i umieścić w aparacie pomiarowym.

W czasie wydzielania wodoru temperatura gliceryny powinna wynosić 45°C, a próbki powinny pozostać w niej przez 48 godzin. Po wyjęciu próbkę należy przemyć bardzo dokładnie pod bieżącą wodą, a następnie w alkoholu, po czym osuszyć strumieniem ciepłego powietrza.

Po ostygnięciu próbki do temperatury otoczenia należy ją zważyć z dokładnością do 0,1 g. Wydzielający się wodór powinien być mierzony z dokładnością do 0,05 $cm^3$, a jego objętość przeliczona na warunki normalne (temperatura 0°C i ciśnienie 760 mm Hg).

Zawartość wodoru w stopiwie napoiny należy przyjmować jako średnią z wyników badania czterech próbek. Uzyskane średnie wartości nie powinny być wyższe od podanych w tabeli 24.4.5, a żaden wynik uzyskany przy badaniu pojedynczej próbki nie powinien przekraczać tej wartości o więcej niż 20%.

### 24.5.5 Badania elektrod przeznaczonych do wykonywania spoin pachwinowych

Podczas badań elektrod przeznaczonych tylko do wykonywania spoin pachwinowych należy wykonać:

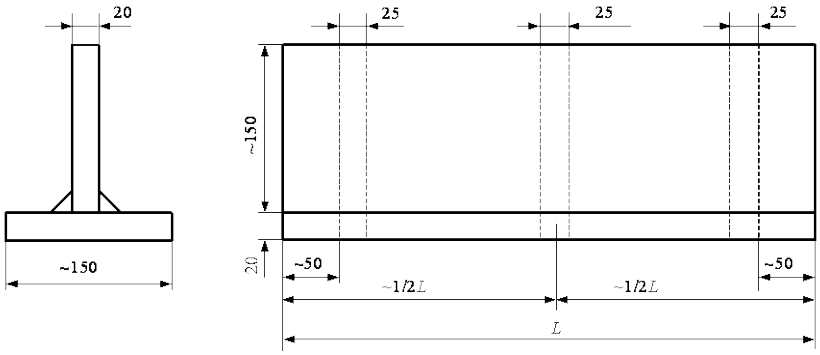
– płyty próbne do badań stopiwa, zgodnie z wymaganiami podanymi w 24.5.1,

– złącza teowe, zgodnie z rys. 24.5.5-1, po jednym dla każdej pozycji spawania, dla której przeznaczone są badane elektrody,
– badania zawartości wodoru w stopiwie dla elektrod z kontrolowaną zawartością wodoru.

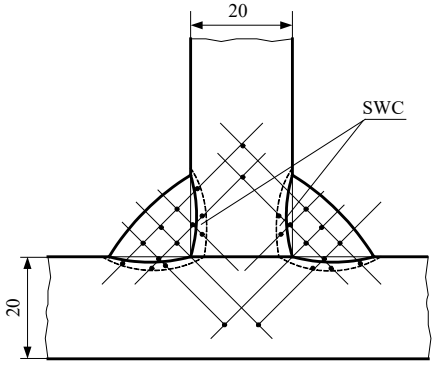
Złącza należy spawać w każdej pozycji, dla której przeznaczone są elektrody (nabocznej, pionowej z dołu do góry, pionowej z góry na dół, okapowej), stosując elektrody o średnicy zalecanej przez wytwórcę dla danej pozycji spawania.

Długość próbki powinna umożliwiać ułożenie spoiny przy stopieniu całej elektrody. Spoina powinna być z jednej strony układana elektrodą o największej stosowanej średnicy, a z drugiej – elektrodą o najmniejszej średnicy. Parametry spawania powinny być zgodne z zaleceniami producenta elektrod.

Z trzech odcinków o szerokości około 25 mm należy wykonać trzy próbki do badań makroskopowych i dokonać pomiaru twardości spoiny metodą Vickersa (HV), strefy wpływu ciepła i materiału rodzimego – zgodnie z rys. 24.5.5-1 i 24.5.5-2.




Rys. 24.5.5-1. Próbne złącze teowe do badania elektrod do wykonywania spoin pachwinowych




Rys. 24.5.5-2. Szkic do pomiaru twardości złącza

Twardość spoiny i strefy wpływu ciepła nie powinna być większa niż 350 HV (pod obciążeniem 98 N).

Dwa odcinki złącza teowego, pozostałe po wykonaniu próbek do badań makroskopowych, należy poddać próbie łamania. Z jednego odcinka złącza należy przy pomocy elektrożłobkowania lub mechanicznie usunąć spoinę wykonaną jako pierwszą, a drugą spoinę złamać w taki sposób, aby grań spoiny była rozciągana. Z drugiego odcinka złącza należy usunąć spoinę wykonaną jako drugą, a pierwszą poddać próbie łamania, tak jak w przypadku odcinka pierwszego. Na przełomach spoin nie powinno być pęknięć, braku przetopu i nadmiernej porowatości.

### 24.5.6 Badania elektrod do spawania grawitacyjnego

W przypadku elektrod przeznaczonych wyłącznie do spawania grawitacyjnego należy wykonać płytę próbną do badania stopiwa, zgodnie z rys. 24.5.1 i złącze teowe zgodnie z rys. 24.5.5-1.

Parametry spawania powinny być zgodne z zaleceniami producenta elektrod. Z wykonanych płyt próbnych należy pobrać próbki zgodnie z wyżej przywołanymi rysunkami. Wyniki badań stopiwa powinny spełniać wymagania zawarte w tabeli 24.4.4-1, natomiast wyniki badań połączeń kątowych powinny spełniać wymagania podane w 24.5.5.

Jeśli elektroda posiada już uznanie do spawania ręcznego, a jest również zalecana do spawania grawitacyjnego, to badania uzupełniające należy przeprowadzić dla złączy teowych wykonywanych grawitacyjnie.

### 24.5.7 Coroczne próby kontrolne

Wszystkie uznane elektrody podlegają corocznym badaniom kontrolnym. W ramach tych badań należy:

- dla elektrod przeznaczonych do spawania ręcznego wykonać dwie płyty próbne do badania stopiwa, zgodnie z rys. 24.5.1. Warunki wykonania płyt próbnych podano w 24.5.1, dotyczy to również elektrod uznanych tylko do wykonywania spoin pachwinowych;
- dla elektrod przeznaczonych wyłącznie do spawania grawitacyjnego należy wykonać jedną płytę próbną do badania stopiwa, zgodnie z rys. 24.5.1. Do wykonania tej płyty należy zastosować elektrodę najczęściej stosowaną.

Z wykonanych płyt próbnych należy pobrać próbki zgodnie z rys. 24.5.1, a wyniki badań powinny spełniać wymagania zawarte w tabeli 24.4.4-l.

Dla elektrod z kontrolowaną zawartością wodoru, oznaczonych H5 lub H10, PRS może wymagać badania zawartości wodoru w stopiwie.

Jeżeli przy okazji rocznych prób na wniosek wytwórcy mają być przeprowadzone badania w celu podwyższenia kategorii materiału dodatkowego, bez zmiany dotychczas uznanego poziomu własności mechanicznych stopiwa tj. $R_e$, $R_m$, $A$, to oprócz płyt próbnych do badania własności stopiwa należy wykonać płyty próbne do badania własności złączy doczołowych we wszystkich dotychczas uznanych pozycjach. Po badaniach radiograficznych z każdej z tych płyt próbnych należy pobrać po trzy próbki do próby udarności zgodnie z 24.5.2. Temperatura badania udarności powinna odpowiadać wnioskowanej wyższej kategorii materiału dodatkowego.

Jeżeli na wniosek wytwórcy ma być rozszerzony zakres uznania, tzn. materiał dodatkowy ma być uznany do spawania stali kadłubowych o wyższych własnościach mechanicznych niż wynikało to z dotychczasowego uznania, to podczas prób uznaniowych należy wykonać i zbadać płyty zgodnie z wymaganiami podanymi w 24.3, 24.5.1, 24.5.2 lub 24.10.

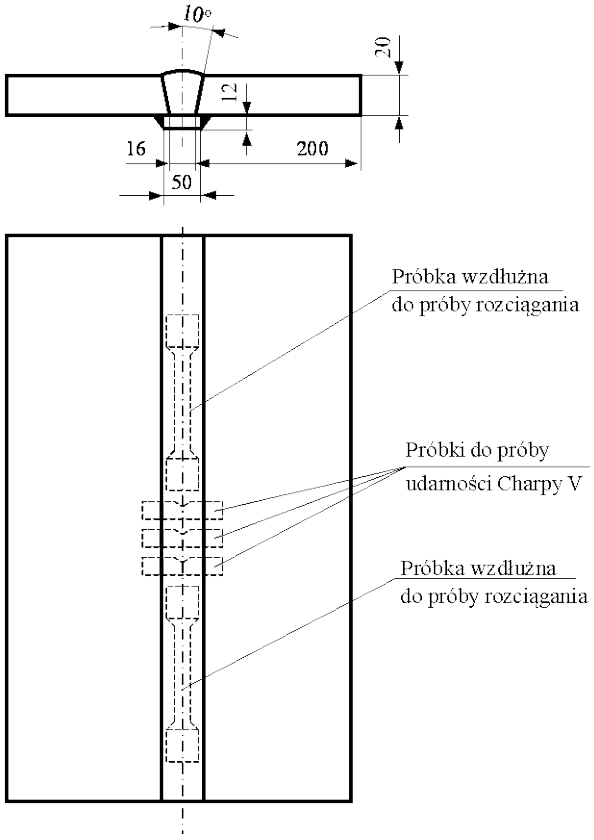
## 24.6 Badanie materiałów dodatkowych do spawania automatycznego pod topnikiem stali kadłubowych

Niniejsze wymagania mają zastosowanie do kombinacji drut/topnik do spawania automatycznego wielowarstwowego i dwuwarstwowego.

Jeżeli kombinacja drut/topnik ma zastosowanie do spawania obydwiema metodami, to należy przeprowadzić badania dla każdej metody.

### 24.6.1 Badanie stopiwa

W celu określenia własności stopiwa należy wykonać jedną płytę próbną w pozycji podolnej. Płyta próbna do badania stopiwa powinna być zgodna z rys. 24.6.1.




Rys. 24.6.1. Płyta próbna do badania stopiwa

Złącze powinno być spawane wielowarstwowo, przy czym każdą następną warstwę należy układać w kierunku przeciwnym do poprzedniej.

Ułożenie kolejnego ściegu powinno następować dopiero po ostygnięciu poprzedniego do temperatury poniżej 250°C, ale nie niższej niż 100°C.

Grubość każdej warstwy powinna wynosić co najmniej 4 mm, ale nie powinna być mniejsza od średnicy drutu użytego do spawania. Parametry spawania powinny być zgodne z wymaganiami określonymi w 24.3.3 i 24.3.4. Wyniki badań próbek pobranych z płyty próbnej powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 24.4.4-1.

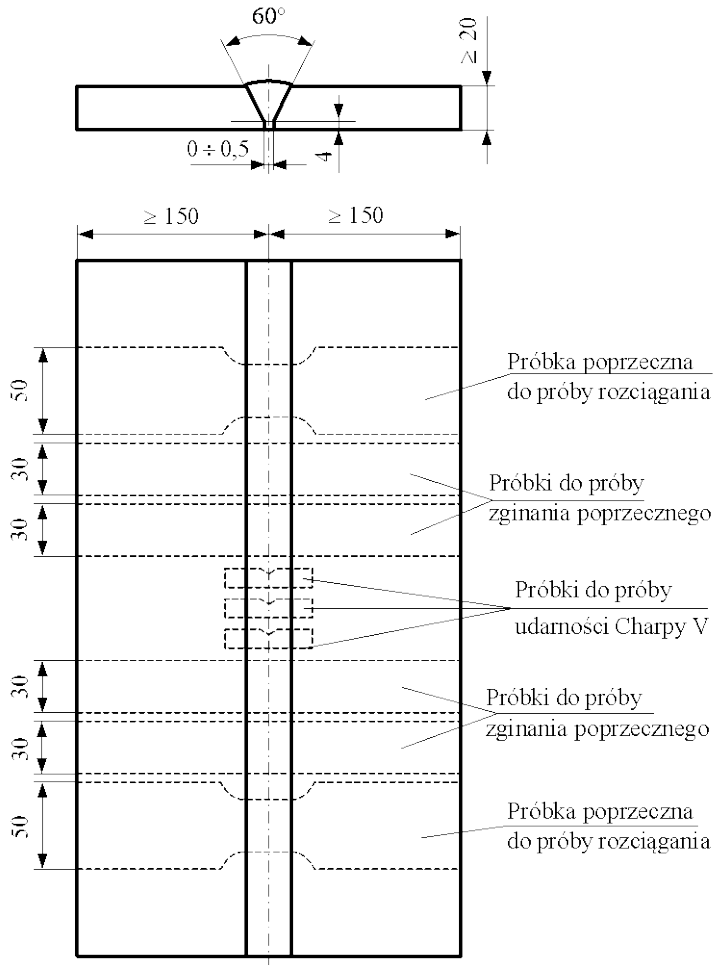
### 24.6.2 Badanie złącza spawanego wielowarstwowego

W celu określenia własności złącza doczołowego należy wykonać płytę próbną w pozycji podolnej, zgodnie z rys. 24.6.2. Parametry spawania powinny być zgodne z wymaganiami określonymi w 24.3.3 i 24.3.4.

Grań spoiny należy wyciąć do czystego metalu i następnie zaspawać.

Po badaniach radiograficznych należy pobrać do badań:
- 2 próbki poprzeczne do próby rozciągania,
- 3 próbki do próby udarności,
- 2 próbki do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem lica spoiny,
- 2 próbki do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem grani spoiny.

Wyniki badań próbek pobranych z płyty zgodnie z rys. 24.6.2 powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 24.4.4-2.



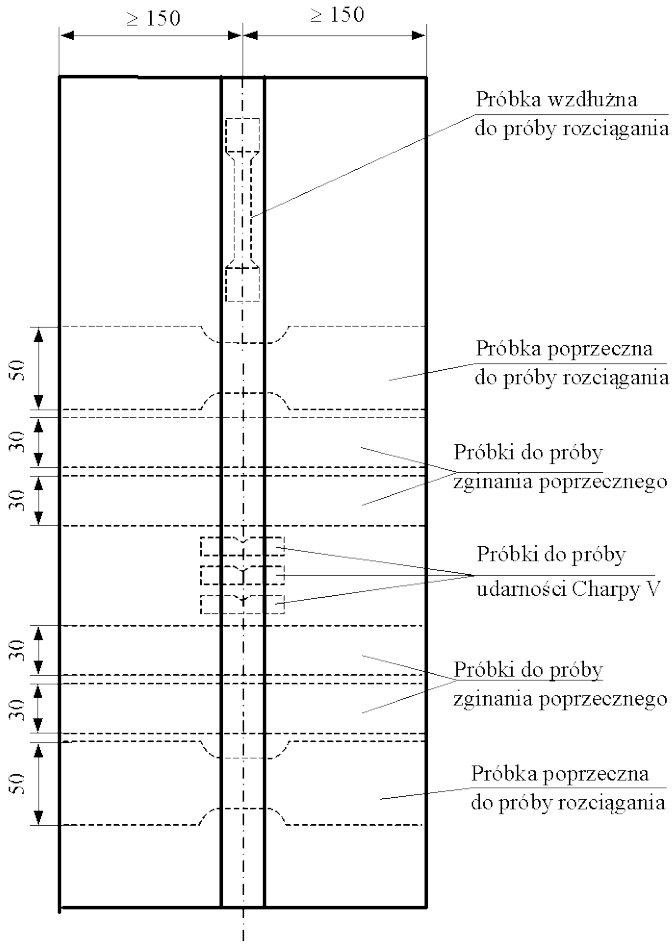

Rys. 24.6.2. Płyta próbna do badania złącza doczołowego wykonanego techniką wielowarstwową

### 24.6.3 Badanie złącza dwuwarstwowego

Przy uznawaniu kombinacji drut/topnik do spawania dwuwarstwowego należy wykonać płyty próbne złączy doczołowych zgodnie z rys. 24.6.3:

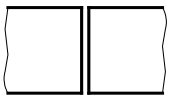
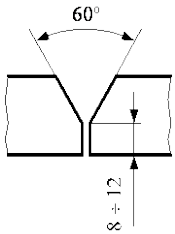
- dla kategorii 1 i 1Y należy wykonać jedną płytę próbną o grubości 12–15 mm i jedną o grubości 20–25 mm,
- dla kategorii 2, 2Y, 2Y40, 3, 3Y, 3Y40, 4Y, 4Y40 należy wykonać jedną płytę próbną o grubości 20–25 mm i jedną o grubości 30–35 mm.

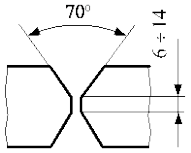
Przygotowanie brzegów płyt i średnica drutu powinny odpowiadać wymaganiom określonym w tabeli 24.6.3.




Rys. 24.6.3. Płyta próbna do badania złącza doczołowego wykonanego techniką dwuwarstwową

**Tabela 24.6.3**
**Przygotowanie brzegów płyt do badania złącza doczołowego wykonanego techniką dwuwarstwową**

| Grubość płyty próbnej [mm] | Przygotowanie brzegów | Maksymalna średnica drutu [mm] | Kategoria materiału dodatkowego |
|---|---|---|---|
| 12,15 |  | 5 | 1 |
| | | | 1Y |
| 20,25 |   | 6 | 1 |
| | | | 1Y |
| | | | 2 |
| | | | 2Y |
| | | | 2Y40 |
| | | | 3 |
| | | | 3Y |
| | | | 3Y40 |
| | | | 4Y |
| | | | 4Y40 |
| | | | 5Y40 |

| Grubość płyty próbnej [mm] | Przygotowanie brzegów | Maksymalna średnica drutu [mm] | Kategoria materiału dodatkowego |
|---|---|---|---|
| 30,35 |  | 7 | 2 |
| | | | 2Y |
| | | | 2Y40 |
| | | | 3 |
| | | | 3Y |
| | | | 3Y40 |
| | | | 4Y |
| | | | 4Y40 |
| | | | 5Y40 |

Odstęp między brzegami blach nie powinien być większy niż 1 mm. Płyty próbne należy spawać dwuwarstwowo. Po ułożeniu pierwszej warstwy, a przed ułożeniem drugiej, złącze powinno ostygnąć na wolnym powietrzu do temperatury poniżej 250°C, ale nie niższej niż l00°C. Parametry spawania powinny być zgodne z zaleceniami producenta materiałów dodatkowych i zgodne z dobrą praktyką spawalniczą.

Po badaniach radiograficznych z każdego wykonanego złącza należy pobrać:
– 2 poprzeczne próbki do próby rozciągania złącza,
– 3 próbki do próby udarności,
– 2 próbki do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem lica,
– 2 próbki do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem grani.

Z każdej płyty próbnej o grubości 20 mm i powyżej należy pobrać dodatkowo 1 próbkę wzdłużną do próby rozciągania materiału spoiny.

Wyniki rozciągania próbki wzdłużnej powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 24.4.4-1, a wyniki badań z pozostałych próbek powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 24.4.4-2.

### 24.6.4 Coroczne próby kontrolne

Uznane kombinacje drut/topnik podlegają corocznym badaniom kontrolnym.

Dla kombinacji przeznaczonych do spawania wielowarstwowego należy wykonać zgodnie z rys. 24.6.1 tylko płytę próbną do badania stopiwa, z której należy pobrać do badań:
– 1 próbkę wzdłużną, o przekroju okrągłym, do próby rozciągania,
– 3 próbki do próby udarności.

Dla kombinacji przeznaczonej do spawania wielowarstwowego i dwuwarstwowego, oprócz płyty próbnej do badania stopiwa jak dla spawania wielowarstwowego, należy wykonać jedną płytę próbną do badania własności złącza zgodnie z 24.6.3, stosując blachę o grubości min. 20 mm.

Po badaniach radiograficznych z tego złącza należy pobrać do badań:
– 1 próbkę poprzeczną do próby rozciągania złącza,
– 3 próbki do próby udarności,
– 1 próbkę do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem lica pierwszego ściegu,
– 1 próbkę do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem lica drugiego ściegu.

Dla kombinacji przeznaczonej tylko do spawania dwuwarstwowego należy wykonać tylko złącze doczołowe zgodnie z 24.6.3, stosując blachę grubości min. 20 mm.

Po badaniach radiograficznych z tego złącza należy pobrać do badań:
– 1 próbkę wzdłużną, o przekroju okrągłym, do próby rozciągania spoiny,
– 1 próbkę poprzeczną do próby rozciągania złącza,
– 3 próbki do próby udarności,
– 1 próbkę do próby zginania z rozciąganiem lica pierwszego ściegu,
– 1 próbkę do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem lica drugiego ściegu.

Jeśli kombinacja przeznaczona jest do spawania dwuwarstwowego stali kadłubowych o zwykłej oraz o podwyższonej wytrzymałości, to złącza spawane do corocznych badań kontrolnych należy wykonać ze stali o podwyższonej wytrzymałości.

Wyniki badań powinny spełniać wymagania podane w tabelach 24.4.4-l, 24.4.4-2.

## 24.7 Badanie drutów samoosłonowych i drutów do spawania w osłonie gazów ochronnych

Niniejsze wymagania mają zastosowanie podczas uznawania drutów litych i drutów proszkowych do spawania w osłonie gazowej oraz podczas uznawania drutów proszkowych samoosłonowych, przeznaczonych do:
– spawania półautomatycznego,
– spawania automatycznego wielowarstwowego jednym drutem,
– spawania automatycznego dwuwarstwowego jednym drutem.

W przypadku uznawania drutów do spawania w osłonie gazowej uznaniu podlega konkretna kombinacja drut/gaz.

### 24.7.1 Gazy osłonowe

Oznaczenie i składy gazów osłonowych podano w tabeli 24.7.1.

**Tabela 24.7.1**
**Składy gazów osłonowych do spawania**

| Oznaczenie mieszanki | | Skład mieszanki, objętościowo w % | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | $CO_2$ | $O_2$ | $H_2$ | Ar[1)] |
| M1 | 1 | > 0 do 5 | – | > 0 do 5 | reszta |
| | 2 | > 0 do 5 | – | – | reszta |
| | 3 | – | > 0 do 3 | – | reszta |
| | 4 | > 0 do 5 | > 0 do 3 | – | reszta |
| M2 | 1 | > 5 do 25 | – | – | reszta |
| | 2 | – | > 3 do 10 | – | reszta |
| | 3 | > 5 do 25 | > 0 do 8 | – | reszta |
| M3 | 1 | > 25 do 50 | – | – | reszta |
| | 2 | – | > 10 do 15 | – | reszta |
| | 3 | > 5 do 50 | > 8 do 15 | – | reszta |
| C | 1 | 100 | – | – | – |
| | 2 | reszta | > 0 do 30 | – | – |

[1)] 95% argonu może być zastąpione helem.

### 24.7.2 Określenie zawartości wodoru w stopiwie

Dla drutów proszkowych poddawanych badaniom uznaniowym w celu uzyskania kategorii: 2, 2Y, 2Y40, 3, 3Y, 3Y40, 4Y, 4Y40 należy przeprowadzić badania zawartości wodoru w uzyskanym stopiwie.

Dla określenia zawartości wodoru w stopiwie otrzymanym z drutów proszkowych należy wykonać próby opisane w 24.5.4, stosując zalecane przez producenta parametry spawania, a masa natopionego stopiwa na próbce powinna być podobna jak przy badaniu elektrod.

### 24.7.3 Badania drutów do spawania półautomatycznego

W ramach prób uznaniowych drutów do spawania półautomatycznego należy, w celu określenia własności stopiwa, wykonać dwie płyty próbne w pozycji podolnej zgodne z rys. 24.5.1, przy czym jedną płytę należy spawać drutem o najmniejszej stosowanej średnicy, drugą drutem o największej stosowanej średnicy. Jeżeli produkowany jest drut o jednej średnicy, wówczas należy przy jego użyciu wykonać jedną płytę próbną. Parametry spawania powinny być zgodne z zaleceniami producenta drutu i powinny odpowiadać parametrom stosowanym w praktyce. Grubość warstwy stopiwa winna wynosić od 2 do 6 mm.

Należy wykonać analizę chemiczną stopiwa.

Z każdej płyty próbnej stopiwa należy pobrać do badań:
- 1 próbkę wzdłużną o przekroju okrągłym, do próby rozciągania,
- 3 próbki do próby udarności.

Wyniki badań powinny spełniać wymagania podane w tabeli 24.4.4-1.

W celu określenia własności złącza doczołowego należy dla każdej zalecanej przez wytwórcę pozycji spawania wykonać płytę próbną, zgodnie z rys. 24.5.2. Do spawania pierwszej warstwy należy zawsze stosować drut o najmniejszej średnicy z zakresu uznawanych drutów. Następne warstwy płyty wykonywanej w pozycji podolnej należy spawać drutem o największej średnicy, a podczas spawania kolejnych warstw w płytach wykonywanych w innych niż podolna pozycjach spawania należy stosować drut o największej średnicy zalecanej przez wytwórcę dla danej pozycji spawania.

Jeżeli drut jest przeznaczony tylko dla pozycji podolnej, należy wykonać drugą płytę próbną z zastosowaniem drutu o innej średnicy niż drut zastosowany do spawania pierwszej płyty próbnej.

Jeżeli produkowany jest drut o jednej średnicy, należy wykonać tylko jedną płytę próbną.

Parametry spawania powinny być zgodne z zaleceniami producenta drutu podanymi w WPS, uwzględniającymi dobrą praktyką spawalniczą.

Po badaniach radiograficznych z każdego złącza należy pobrać do badań:
- 1 próbkę poprzeczną do próby rozciągania złącza,
- 3 próbki do próby udarności,
- 1 próbkę do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem lica,
- 1 próbkę do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem grani.

Wyniki badań powinny spełniać wymagania podane w tabeli 24.4.4-2. Druty przeznaczone wyłącznie do spawania spoin pachwinowych należy badać zgodnie z 24.5.5.

### 24.7.4 Badanie drutów do spawania automatycznego wielowarstwowego

Druty lite i proszkowe do spawania w osłonie gazów oraz druty proszkowe samoosłonowe, uznane do spawania półautomatycznego wielowarstwowego, uznaje się do spawania automatycznego wielowarstwowego bez potrzeby przeprowadzania badań uzupełniających.

Próby uznaniowe drutów do spawania automatycznego wielowarstwowego należy wykonywać zgodnie z niżej podanymi zasadami. W celu określenia własności stopiwa należy wykonać jedną płytę próbną w pozycji podolnej, zgodnie z rys. 24.6.1. Do badań należy zastosować średnicę drutu, która jest najczęściej stosowana w praktyce. Należy spawać parametrami zgodnymi z zaleceniami producenta materiałów dodatkowych i stosowanymi w praktyce. Grubość warstwy stopiwa winna być nie mniejsza niż 3 mm.

Należy wykonać analizę chemiczną stopiwa. Z płyty próbnej stopiwa należy pobrać próbki zgodnie z rys. 24.6.1, a wyniki badań powinny spełniać wymagania podane w tabeli 24.4.4-1.

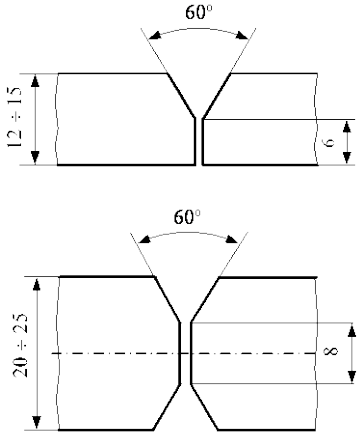
W celu określenia własności złącza doczołowego należy w pozycji podolnej wykonać płytę próbną zgodnie z rys. 24.6.2, a warunki spawania powinny być zgodne z warunkami określonymi w 24.3.3 i 24.3.4.

Z wykonanych płyt próbnych należy pobrać próbki zgodnie z rys. 24.6.2, a wyniki badań powinny spełniać wymagania podane w tabeli 24.4.4-2.

### 24.7.5 Badanie drutów do spawania automatycznego dwuwarstwowego

Próby uznaniowe drutów do spawania automatycznego dwuwarstwowego należy wykonywać zgodnie z 24.6.3, z uwzględnieniem poniżej podanych uwag:

– niezależnie od kategorii uznania należy wykonać dwie płyty próbne: jedną o grubości 12–15 mm, drugą o grubości 20–25 mm. Zalecany sposób ukosowania płyt próbnych podano na rys. 24.7.5;




Rys. 24.7.5. Płyty próbne do spawania automatycznego dwuwarstwowego

– jeśli wnioskowane jest uznanie materiału dodatkowego do spawania blach o grubości powyżej 25 mm, to należy wykonać dodatkowe dwie płyty próbne: jedną z materiału o grubości około 20 mm, a drugą z materiału o maksymalnej wnioskowanej grubości. Ukosowanie płyty powyżej 25 mm powinno być zgodne z zaleceniami producenta drutu, a także zastosowane średnice drutów i parametry spawania powinny być zgodne z jego zaleceniami.

Z wykonanych płyt próbnych należy pobrać próbki zgodnie z rys. 24.6.3, a wyniki badań powinny spełniać wymagania podane w tabelach 24.4.4-1 i 24.4.4-2.

### 24.7.6 Coroczne próby kontrolne

Uznane druty lite i proszkowe do spawania w osłonie gazów oraz proszkowe druty samoosłonowe podlegają corocznym badaniom kontrolnym.

W ramach tych badań należy:

– dla drutów przeznaczonych do spawania półautomatycznego wykonać jedną płytę próbną do badania stopiwa zgodnie z 24.7.3, przy użyciu drutu o jednej z uznanych średnic,
– dla drutów przeznaczonych do spawania automatycznego wielowarstwowego wykonać jedną płytę próbną do badania stopiwa zgodnie z 24.7.4,
– dla drutów do spawania automatycznego dwuwarstwowego wykonać jedną płytę próbną do badania własności złącza doczołowego zgodnie z 24.7.5, stosując blachę o grubości 20–25 mm.

Zastosowane średnice drutów do spawania płyt próbnych należy podać w protokole badań.

Z wykonanych płyt próbnych do badań stopiwa – spawanie półautomatyczne i automatyczne wielowarstwowe – należy pobrać do badań:
- 1 próbkę wzdłużną, o przekroju okrągłym, do próby rozciągania,
- 3 próbki do próby udarności.

Ze złącza doczołowego – spawanie automatyczne dwuwarstwowe – należy po badaniach radiograficznych pobrać do badań:
- 1 próbkę poprzeczną do próby rozciągania złącza,
- 3 próbki do próby udarności,
- 1 próbkę do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem pierwszego ściegu,
- 1 próbkę do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem drugiego ściegu,
- 1 próbkę wzdłużną o przekroju okrągłym do próby rozciągania spoiny, ale tylko wtedy, gdy drut jest uznany tylko do spawania dwuwarstwowego.

Dla drutów proszkowych, podczas corocznych prób kontrolnych PRS może wymagać zbadania zawartości wodoru w stopiwie.

## 24.8 Badanie materiałów dodatkowych do spawania elektrożużlowego i elektrogazowego

### 24.8.1 Badania złączy

Próby uznaniowe drutów do spawania elektrożużlowego i elektrogazowego należy wykonywać zgodnie z niżej podanymi zasadami.

Należy wykonać dwie płyty próbne zgodnie z rys. 24.8.1, jedną o grubości 20-25 mm, drugą o grubości 35-40 mm albo większej. Dobór stali na płyty próbne powinien być zgodny z tabelą 24.3.1. Dla materiałów dodatkowych do spawania stali o podwyższonej wytrzymałości do prób uznaniowych powinna być zastosowana stal o podwyższonej wytrzymałości z zawartością niobu.

Przygotowanie brzegów, odstęp, warunki spawania powinny odpowiadać zaleceniom wytwórcy materiałów dodatkowych.

Z wykonanych płyt próbnych po badaniach radiograficznych należy pobrać próbki do badań, zgodnie z rys. 24.8.1. Z każdej płyty próbnej należy pobrać do badań:
- 2 próbki wzdłużne, o przekroju okrągłym, do próby rozciągania,
- 2 próbki poprzeczne do próby rozciągania,
- 2 próbki do próby zginania poprzecznego,
- 2 próbki do próby zginania bocznego,
- 2 zestawy po 3 próbki do próby udarności; w jednym zestawie karb nacięty w osi spoiny, a w drugim karb nacięty w spoinie 2 mm od linii wtopienia,
- 2 próbki do badań makroskopowych.

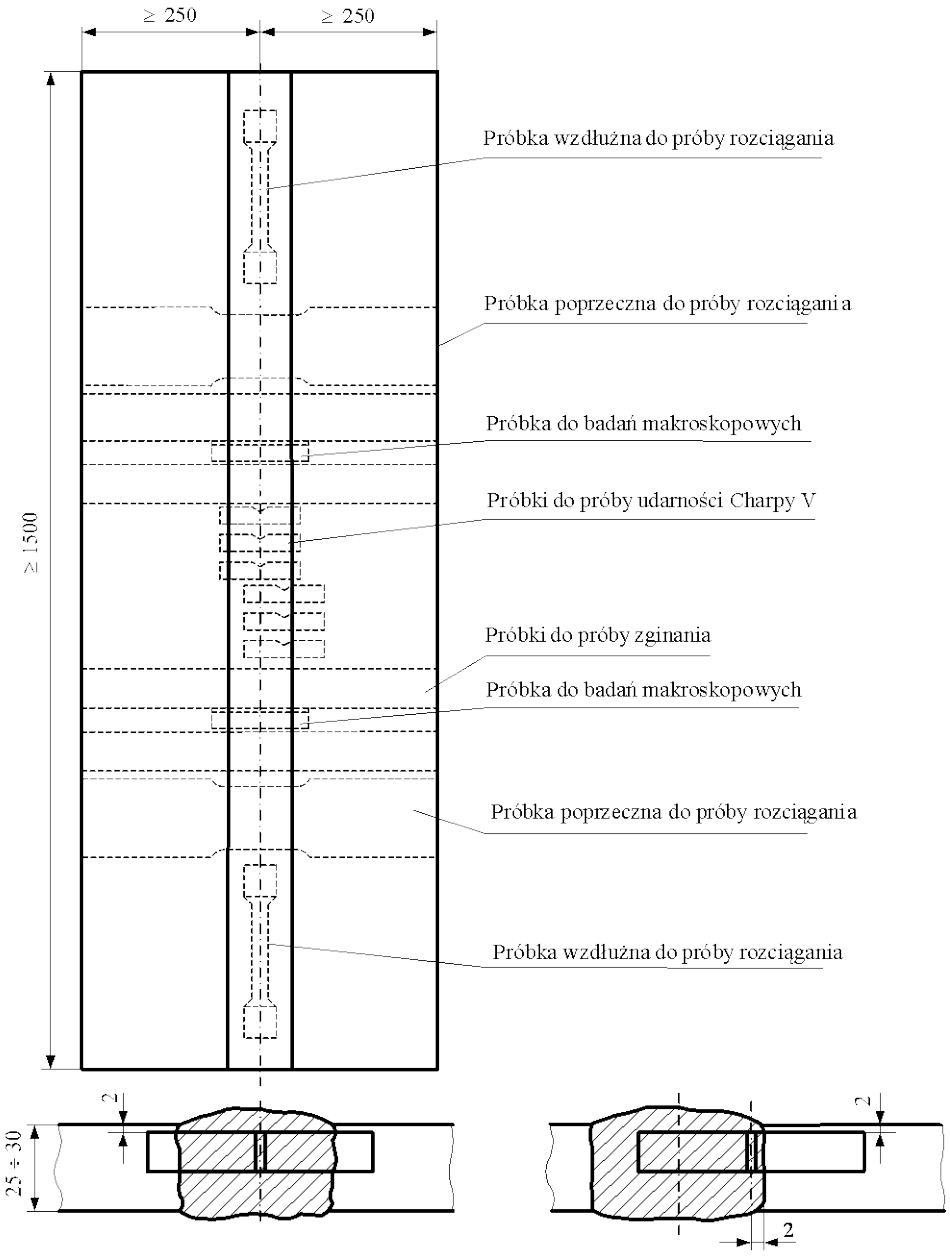
Wyniki próby rozciągania próbek wzdłużnych powinny spełniać wymagania podane w tabeli 24.4.4-1, a wyniki badań pozostałych próbek – spełniać wymagania podane w tabeli 24.4.4-2.

### 24.8.2 Coroczne próby kontrolne

Uznane materiały dodatkowe do spawania elektrożużlowego i elektrogazowego podlegają corocznym badaniom kontrolnym.

W ramach tych badań należy wykonać jedną płytę próbną z blachy o grubości 20–25 mm, zgodnie z wymaganiami podanymi w 24.8.1.

Z wykonanego złącza doczołowego po badaniach radiograficznych należy pobrać próbki zgodnie z rys. 24.8.1. Wyniki próby rozciągania próbek wzdłużnych powinny spełniać wymagania podane w tabeli 24.4.4-1, a wyniki badań pozostałych próbek – spełniać wymagania podane w tabeli 24.4.4-2.



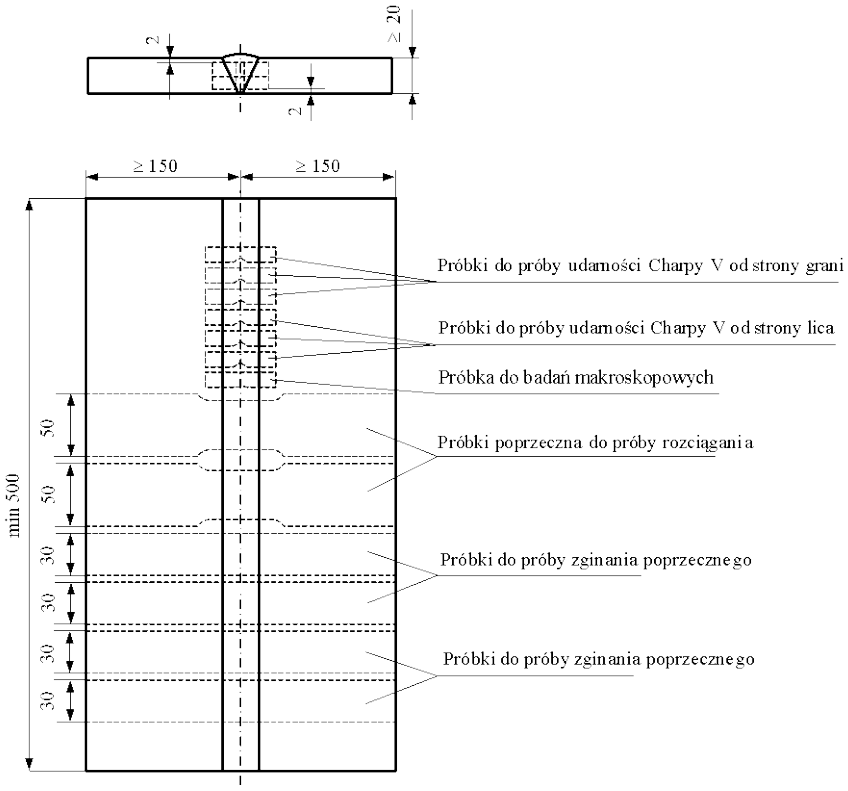

Rys. 24.8.1. Płyta próbna do badania własności złącza doczołowego wykonanego elektrożużlowo i elektrogazowo

## 24.9 Badanie materiałów dodatkowych do spawania jednostronnego na podkładkach

**24.9.1** Próby uznaniowe materiałów dodatkowych do spawania jednostronnego należy wykonywać zgodnie z wymaganiami podanymi w 24.5, 24.6 i 24.7, odpowiednio do metody spawania, przy uwzględnieniu poniżej podanych uwag.

Płytę próbną do badania stopiwa należy wykonać zgodnie z rys. 24.5.1 lub 24.6.1, w zależności od metody spawania.

W celu określenia własności złącza doczołowego, dla każdej zalecanej przez wytwórcę pozycji spawania należy wykonać płytę próbną o grubości 20–25 mm, zgodnie z rys. 24.9.




Rys. 24.9. Płyta próbna do badania własności złącza doczołowego wykonanego na podkładkach

Dla procesów spawania z dużą ilością ciepła wprowadzonego, w których minimalna grubość pojedynczych ściegów przekracza 6 mm, należy wykonać dodatkowo drugą płytę o grubości 35–40 mm. Z tej drugiej płyty oprócz próbek podanych na rys. 24.9 należy pobrać dodatkowo jeden zestaw 3 próbek do próby udarności; próbki te powinny mieć oś wzdłużną w środku grubości płyty, a karb nacięty w środku spoiny, jak pokazano na rysunku 24.3.11-1.

Przygotowanie brzegów, odstęp, warunki spawania powinny odpowiadać zaleceniom wytwórcy materiałów dodatkowych.

Własności mechaniczne stopiwa powinny być zgodne z podanymi w tabeli 24.4.4-l, a złącza spawanego – zgodne z podanymi w tabeli 24.4.4-2 dla odpowiednich kategorii materiałów dodatkowych.

Jeżeli materiały dodatkowe były wcześniej uznane przez PRS do spawania bez podkładek, to należy wykonać tylko płytę próbną do badania złącza spawanego, zgodnie z rys. 24.9.

## 24.10 Badanie materiałów dodatkowych do spawania stali o wysokiej wytrzymałości

**24.10.1** Materiały dodatkowe do spawania stali o wysokiej wytrzymałości, w zależności od rodzaju materiału dodatkowego, należy badać zgodnie z wymaganiami podanymi w 24.5, 24.6 i 24.7. Uznanie materiału dodatkowego do spawania automatycznego wymaga specjalnego rozpatrzenia przez PRS.

Płyty próbne należy wykonywać ze stali o wysokiej wytrzymałości, a przy wyborze kategorii stali do prób należy kierować się zasadami podanymi w tabeli 24.10.1.

**Tabela 24.10.1**
**Dobór stali do prób uznaniowych materiałów dodatkowych do spawania stali o wysokiej wytrzymałości**

| Kategoria materiału dodatkowego | Kategoria stali o wysokiej wytrzymałości |
|---|---|
| 3Y42 | A420, D420 |
| 4Y42 | A420, D420, E420 |
| 5Y42 | A420, D420, E420, F420 |
| 3Y46 | A460, D460 |
| 4Y46 | A460, D460, E460 |
| 5Y46 | A460, D460, E460, F460 |
| 3Y50 | A500, D500 |
| 4Y50 | A500, D500, E500, |
| 5Y50 | A500, D500, E500, F500 |
| 3Y55 | A550, D550 |
| 4Y55 | A550, D550, E550 |
| 5Y55 | A550, D550, E550, F550 |
| 3Y62 | A620, D620 |
| 4Y62 | A620, D620, E620 |
| 5Y62 | A620, D620, E620, F620 |
| 3Y69 | A690, D690 |
| 4Y69 | A690, D690, E690 |
| 5Y69 | A690, D690, E690, F690 |
| 3Y89 | A890, D890 |
| 4Y89 | A890, D890, E890 |
| 3Y96 | A960, D960 |
| 4Y96 | A960, D960, E960 |

Do wykonania płyty próbnej do badań stopiwa dopuszcza się zastosowanie stali o innej kategorii, ale tylko pod warunkiem, że ścianki boczne blach tworzących rowek spawalniczy zostaną napawane uznawanym materiałem dodatkowym, przed ich zamontowaniem.

Parametry spawania powinny być zgodne z zaleceniami producentów materiałów dodatkowych i producentów stali.

**24.10.2** Własności mechaniczne stopiwa otrzymanego z materiałów dodatkowych powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 24.10.2.

**Tabela 24.10.2**
**Wymagane własności mechaniczne stopiwa**

| Kategoria materiału dodatkowego | Próba rozciągania | | | Próba udarności (próbki Charpy V) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $R_e$ [MPa] min. | $R_m$ [MPa] | $A_5$ [%] min. | Temperatura próbki [°C] | Średnia wartość pracy łamania z trzech próbek, [J] min.[1)] |
| 3Y42<br>4Y42<br>5Y42 | 420 | 520 ¸ 680 | 20 | –20<br>–40<br>–60 | 47 |
| 3Y46<br>4Y46<br>5Y46 | 460 | 540 ¸ 720 | 20 | –20<br>–40<br>–60 | 47 |

| Kategoria materiału dodatkowego | Próba rozciągania | | | Próba udarności (próbki Charpy V) | |
|---|---|---|---|---|---|
| | $R_e$ [MPa] min. | $R_m$ [MPa] | $A_5$ [%] min. | Temperatura próbki [°C] | Średnia wartość pracy łamania z trzech próbek, [J] min.[1)] |
| 3Y50<br>4Y50<br>5Y50 | 500 | 590 ¸ 770 | 18 | –20<br>–40<br>–60 | 50 |
| 3Y55<br>4Y55<br>5Y55 | 550 | 640 ¸ 820 | 18 | –20<br>–40<br>–60 | 55 |
| 3Y62<br>4Y62<br>5Y62 | 620 | 700 ¸ 890 | 18 | –20<br>–40<br>–60 | 62 |
| 3Y69<br>4Y69<br>5Y69 | 690 | 770 ¸ 940 | 17 | –20<br>–40<br>–60 | 69 |
| 3Y89<br>4Y89 | 890 | 940 ÷ 1100 | 14 | –20<br>–40 | 69 |
| 3Y96<br>4Y96 | 960 | 980 ÷ 1150 | 13 | –20<br>–40 | 69 |

[1)] Odnośnie minimalnej pracy łamania, jak i prób uzupełniających, mają zastosowanie wymagania punktów 24.4.3 i 24.4.7.

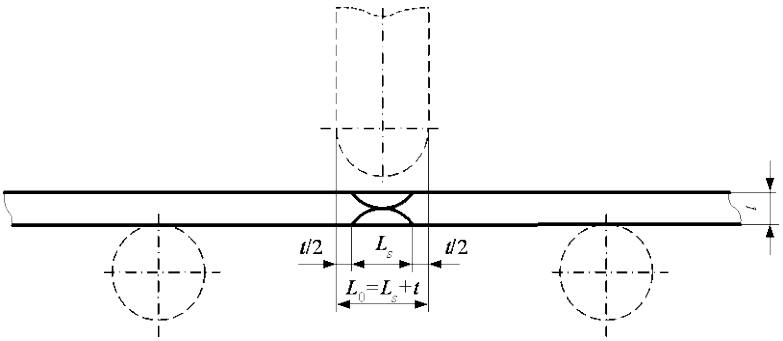
**24.10.3** Własności mechaniczne złączy spawanych powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 24.10.3.

**Tabela 24.10.3**
**Wymagane własności złącza spawanego**

| Kategoria materiału dodatkowego | Wytrzymałość na rozciąganie $R_m$ [MPa] min. | Próba udarności (próbki Charpy V) | | Zginanie | |
|---|---|---|---|---|---|
| | | Temperatura próbki [°C] | Średnia wartość pracy łamania z trzech próbek, [J] min. | Kąt zginania w stopniach[1)] | Średnica trzpienia gnącego $D/t$ [2)] |
| 3Y42<br>4Y42<br>5Y42 | 520 | –20<br>–40<br>–60 | 47 | 120 | 4 |
| 3Y46<br>4Y46<br>5Y46 | 540 | –20<br>–40<br>–60 | 47 | 120 | 4 |
| 3Y50<br>4Y50<br>5Y50 | 590 | –20<br>–40<br>–60 | 50 | 120 | 4 |
| 3Y55<br>4Y55<br>5Y55 | 640 | –20<br>–40<br>–60 | 55 | 120 | 5 |
| 3Y62<br>4Y62<br>5Y62 | 700 | –20<br>–40<br>–60 | 62 | 120 | 5 |
| 3Y69<br>4Y69<br>5Y69 | 770 | –20<br>–40<br>–60 | 69 | 120 | 5 |
| 3Y89<br>4Y89 | 890 | –20<br>–40 | 69 | 120 | 6 |
| 3Y96<br>4Y96 | 960 | –20<br>–40 | 69 | 120 | 7 |

1) Kąt zginania należy mierzyć po ukazaniu się pierwszych pęknięć, przy czym pęknięć nieprzekraczających 3 mm nie należy brać pod uwagę.
2) *D* jest średnicą trzpienia gnącego, *t* jest grubością próbki.

**24.10.4** Jeżeli podczas próby zginania nie zostanie uzyskany kąt podany w tabeli 24.10.3, to próbę można uznać za pozytywną, jeśli wydłużenie względne długości pomiarowej $L_0$ (rys. 24.10.4) spełnia wymagania podane w tabeli 24.10.2.




Rys. 24.10.4. Wymiary służące do określenia wydłużenia przy zginaniu

**24.10.5** Materiały dodatkowe do spawania stali o wysokiej wytrzymałości, z wyjątkiem kombinacji drut lity/osłona gazowa, powinny mieć sprawdzoną zawartość wodoru w stopiwie. Dla określenia zawartości wodoru należy stosować metodę rtęciową albo inną, taką jak metoda chromatografii gazowej, która współgra z metodą rtęciową pod względem szybkości chłodzenia, czasu przygotowania próbek spawanych i określenia zawartości wodoru.

**24.10.6** Dopuszczalną zawartość wodoru w stopiwie dla poszczególnych kategorii materiałów dodatkowych przeznaczonych do spawania stali o wysokiej wytrzymałości podano w tabeli 24.10.6.

**Tabela 24.10.6**
**Dopuszczalna zawartość wodoru w stopiwie materiałów przeznaczonych do spawania stali o wysokiej wytrzymałości**

| Kategoria materiału dodatkowego | Oznaczenie zawartości wodoru | Zawartość wodoru w stopiwie [$cm^3$/100 g] max. |
|---|---|---|
| 3, 4, 5Y42<br>3, 4, 5Y46<br>3, 4, 5Y50 | H10 | 10 |
| 3, 4, 5Y55<br>3, 4, 5Y62<br>3, 4, 5Y69<br>3, 4Y89<br>3, 4Y96 | H5 | 5 |

### 24.10.7 Coroczne próby kontrolne

Uznane materiały dodatkowe do spawania stali o wysokiej wytrzymałości podlegają corocznym badaniom kontrolnym.

W ramach tych badań należy wykonać płyty próbne do badań stopiwa, w zależności od rodzaju materiałów dodatkowych, zgodnie z rys. 24.5.1 albo 24.6.1.

Zakres badań powinien być taki sam jak podczas corocznych badań kontrolnych, zależny od rodzaju materiału dodatkowego, zgodnie z wymaganiami podanymi w 24.5.7, 24.6.4, 24.7.6.

W przypadku kategorii 3Y89, 4Y89, 3Y96 oraz 4Y96 wymagane jest coroczne badanie zawartości wodoru.

W szczególnych przypadkach PRS może wymagać dodatkowych prób np. złączy spawanych.

## 24.11 Badanie materiałów dodatkowych do spawania stali do budowy kotłów i zbiorników ciśnieniowych

Próby uznaniowe materiałów dodatkowych do spawania stali, opisanych w rozdziale 6, należy wykonywać zgodnie z wymaganiami podanymi w 24.5 do 24.7, przy uwzględnieniu podanych niżej uwag:

- płyty próbne należy wykonywać ze stali, dla której spawania materiały mają być stosowane;
- z płyty próbnej do badania stopiwa i złączy doczołowych należy dodatkowo pobrać trzy próbki ISO Charpy V do badania udarności po starzeniu (warunki starzenia – odkształcenie plastyczne 5% i wyżarzenie w temp. 250°C przez 1 godzinę). Warunki próby i wymagania podlegają odrębnemu uzgodnieniu z PRS;
- przy badaniu materiałów dodatkowych do spawania stali, pracujących w temperaturach wyższych niż 350°C, PRS może żądać przeprowadzenia badań na rozciąganie w maksymalnej temperaturze pracy, z określeniem umownej granicy plastyczności $R_{0,2}$. Badania i ocena wyników badań powinny być uzgodnione z PRS.

## 24.12 Badanie materiałów dodatkowych do spawania stali przeznaczonych do produkcji mechanizmów, urządzeń i instalacji rurociągów

Materiały dodatkowe uznane do spawania stali kadłubowej i stali do budowy kotłów i zbiorników ciśnieniowych mogą być również uznane, bez dodatkowych badań, do spawania stali przeznaczonej do produkcji mechanizmów, urządzeń i rurociągów, jeżeli wykonane są one ze stali o takich samych lub o podobnych własnościach.

We wszystkich innych przypadkach podczas badań materiałów dodatkowych dla tych konstrukcji należy stosować stale, do spawania których są one przeznaczone.

Badania należy przeprowadzić według programu uzgodnionego z PRS.

## 24.13 Badanie materiałów dodatkowych do spawania stali odpornych na korozję i stali platerowanych

**24.13.1** Próby uznaniowe materiałów dodatkowych do spawania stali odpornych na korozję, opisanych w rozdziale 8, należy wykonywać zgodnie z wymaganiami podanymi w 24.5, 24.6 i 24.7, przy czym płyty próbne należy wykonać ze stali, do spawania której mają być stosowane uznawane materiały. Dopuszcza się zastosowanie innej stali do wykonania płyty próbnej do badania stopiwa, ale tylko pod warunkiem, że ścianki boczne blach tworzących rowek spawalniczy zostaną napawane uznawanym materiałem dodatkowym, przed ich zamontowaniem.

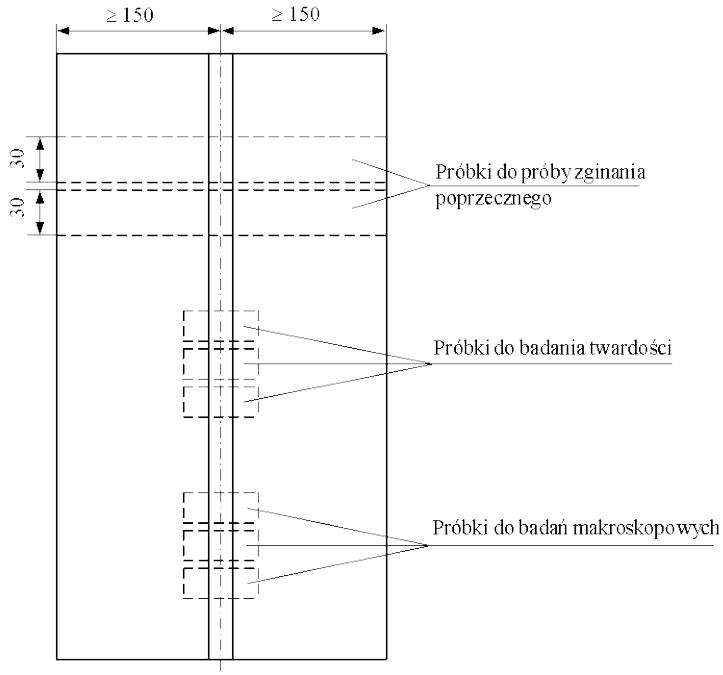
Wyniki badań prób powinny być dla stopiwa zgodne z wynikami gwarantowanymi przez wytwórcę, a dla złączy doczołowych – zgodne z własnościami minimalnymi stali, dla której są przeznaczone.

**24.13.2** W celu określenia własności złącza doczołowego wykonanego ze stali platerowanej należy wykonać dwie płyty próbne zgodnie z rys. 24.13.2-1, według uzgodnionej z PRS instrukcji spawania: jedną płytę z blachy platerowanej o grubości minimalnej, drugą o grubości maksymalnej, dla których przeznaczone są uznawane materiały. Z wykonanych płyt próbnych złączy doczołowych należy pobrać próbki zgodnie z rys. 24.13.2-1. Na próbce do próby zginania poprzecznego należy usunąć nadlew spoiny, nie więcej jednak niż do zrównania z powierzchnią plateru. Pomiar twardości należy przeprowadzić zgodnie z rys. 24.13.2-2.

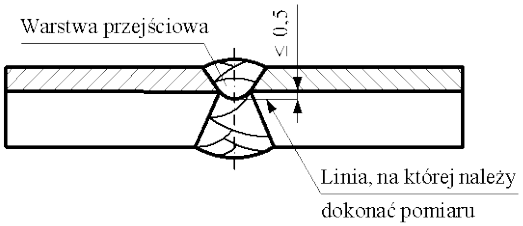
Przy blachach dwustronnie platerowanych należy z płyty próbnej pobrać do próby zginania podwójną liczbę próbek. Próbkę należy zginać tak, aby rozciągana była warstwa plateru. Pomiar twardości należy przeprowadzić jak pokazano na rys. 24.13.2-2.

W złączach, w których blacha jest dwustronnie platerowana, pomiar twardości powinien być przeprowadzony po obu stronach.

Twardość należy mierzyć metodą Vickersa (pod obciążeniem 98 N). Wyniki prób zginania powinny spełnić wymagania określone w 24.4.2, a wyniki pomiaru twardości należy przedstawić PRS do rozpatrzenia.




Rys. 24.13.2-1. Płyta próbna do badania własności złącza doczołowego ze stali platerowanej




Rys. 24.13.2-2. Próbka do badania twardości

## 24.14 Badanie materiałów dodatkowych do spawania miedzi, metali ciężkich i innych metali nieżelaznych

Podczas prób uznaniowych materiału dodatkowego do spawania danego gatunku materiału podstawowego do wykonania płyt próbnych powinien być zastosowany ten materiał podstawowy, do spawania którego przewidywany jest badany materiał dodatkowy.

Badania należy przeprowadzać według programu uzgodnionego z PRS.

## 24.15 Badanie materiałów dodatkowych do spawania stopów aluminium

**24.15.1** Wymagania podrozdziału 24.15 mają zastosowanie przy uznawaniu materiałów dodatkowych w postaci drutów lub prętów, przeznaczonych do spawania w osłonie gazów obojętnych, stopów aluminium przerobionych plastycznie, opisanych w podrozdziale 18.1.

Materiały dodatkowe zalecane do spawania tych stopów aluminium mogą mieć postać:
– prętów litych służących do spawania ręcznego w osłonie gazów obojętnych elektrodą wolframową (metoda TIG),
– drutów litych ciągłych służących do spawania w osłonie gazów obojętnych półautomatycznego lub automatycznego (metoda MIG) lub automatycznego elektrodą wolframową (metoda TIG).

**24.15.2** Oznaczenie kategorii materiałów dodatkowych do spawania stopów aluminium przerobionych plastycznie składa się z dwóch dużych liter.

Pierwsza litera charakteryzuje postać materiału dodatkowego:
R – pręt lity,
W – drut lity ciągły.

Druga litera charakteryzuje możliwość zastosowania materiału dodatkowego w zależności od kategorii stopu użytego do wykonania płyt próbnych:
A – 5754
B – 5086
C – 5083, 5383, 5456, 5059
D – 6005A, 6061, 6082.

Materiały dodatkowe, przy uznawaniu których do wykonania płyt próbnych zastosowano stopy AlMg o wyższej wytrzymałości na rozciąganie, mogą być stosowane do spawania stopów AlMg o niższej wytrzymałości na rozciąganie oraz do ich łączenia ze stopami AlSi.

**24.15.3** Dobór stopów aluminium do wykonania płyt próbnych podczas prób uznaniowych poszczególnych kategorii materiałów dodatkowych należy przeprowadzić zgodnie z tabelą 24.15.3-1.

Uznanie nadawane jest dla drutów i prętów w kombinacji z określonym gazem osłonowym wg tabeli 24.15.3-2, zastosowanym podczas prób uznaniowych.

Skład gazu osłonowego należy podać w sprawozdaniu z prób.

**Tabela 24.15.3-1**
**Dobór stopów aluminium do prób uznaniowych materiałów dodatkowych**

| Kategoria materiału dodatkowego | Kategorie stopów aluminium do prób | |
|---|---|---|
| | Oznaczenie stopu | |
| | Oznaczenie numeryczne | Symbol chemiczny |
| RA/WA | 5754 | AlMg3 |
| RB/WB | 5086 | AlMg4 |
| RC/WC | 5083 | AlMg4,5Mn0,7 |
| | 5383 | AlMg4,5Mn0,9 |
| | 5456 | AlMg5 |
| | 5059 | – |
| RD/WD | 6005A | AlSiMg(A) |
| | 6061 | AlMg1SiCu |
| | 6082 | AlSi1MgMn |

**Tabela 24.15.3-2**
**Składy ochronnych mieszanek gazowych stosowanych do spawania stopów aluminium**

| Oznaczenie mieszanki | Skład mieszanki, objętościowo w % | |
|---|---|---|
| | Argon (Ar) | Hel (He) |
| I – 1 | 100 | – |
| I – 2 | – | 100 |
| I – 3 | Reszta | 0 do 33 |
| I – 4 | Reszta | 33 do 66 |
| I – 5 | Reszta | 66 do 95 |
| S | mieszanki o specjalnym składzie [1)] | |

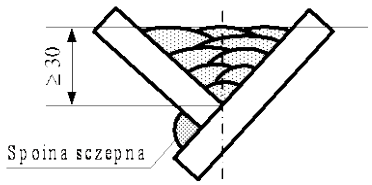
[1)] Mieszanki gazowe o innym składzie chemicznym mogą zostać uznane jako „gazy specjalne" na podstawie osobnych badań uzgodnionych z PRS.

**24.15.4** W celu określenia składu chemicznego stopiwa należy wykonać jedną płytę próbną zgodnie z rys. 24.15.4. Wymiary płyty, zależne od gatunku materiału dodatkowego i procesu spawania, powinny zapewnić odpowiednią ilość czystego stopiwa do analizy chemicznej.

Skład chemiczny materiału podstawowego użytego do próby powinien być odpowiedni do stosowanego spoiwa.

Skład chemiczny stopiwa powinien zostać określony przez wytwórcę i powinien być podany w świadectwie odbioru materiału dodatkowego.

Wyniki analizy chemicznej nie powinny przekraczać tolerancji określonych przez producenta.




Rys. 24.15.4. Płyta próbna do badania stopiwa

**24.15.5** Do badań własności złącza spawanego powinny być wykonane płyty próbne ze spoiną czołową z materiałów podstawowych podanych w tabeli 24.15.3-1 i zgodnie z zaleceniami producenta.

Płyty próbne o grubości materiału 10–12 mm powinny być wykonane dla każdej pozycji spawania (podolnej, naściennej, pionowej z dołu do góry i sufitowej) zalecanej przez wytwórcę danego materiału dodatkowego.

Za zgodą PRS materiały dodatkowe uznane do spawania w pozycji podolnej i pionowej z dołu do góry mogą być stosowane do spawania w pozycji naściennej.

Dodatkową jedną płytę próbną o grubości 20–25 mm należy pospawać tylko w pozycji podolnej.

Minimalne wymiary tych płyt to 350 mm x 350 mm. Przygotowanie brzegów, odstęp oraz parametry spawania powinny być zgodne z zaleceniami producenta badanych materiałów. Płyty próbne po spawaniu powinny w sposób naturalny ostygnąć do temperatury otoczenia.

Płyt próbnych oraz próbek do badań nie należy poddawać jakiejkolwiek obróbce cieplnej. Płyty próbne do badania materiałów dodatkowych kategorii D przed rozpoczęciem badań powinny być poddane przynajmniej przez 72 godziny naturalnemu starzeniu.

Po przeprowadzeniu badań radiograficznych z każdego złącza próbnego do badań należy pobrać:
- 2 próbki poprzeczne do próby rozciągania złącza,
- 1 próbkę do badań makroskopowych,
- 2 próbki do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem lica,
- 2 próbki do próby zginania poprzecznego z rozciąganiem grani.

Wymiary próbek do próby rozciągania powinny być zgodne z rys. 2.5.6, natomiast próbki do próby zginania powinny być wykonane zgodnie z 2.7.4.

**24.15.6** Własności mechaniczne złączy spawanych powinny odpowiadać wymaganiom podanym w tabeli 24.15.6.

Miejsce rozerwania próbki należy określić w sprawozdaniu.

**Tabela 24.15.6**
**Wymagane własności mechaniczne złącza spawanego**

| Kategoria materiału dodatkowego | Materiał podstawowy zastosowany do prób | Wytrzymałości na rozciąganie $R_m$ [MPa] min. | Technologiczna próba zginania[1)] | |
|---|---|---|---|---|
| | | | Średnica trzpienia gnącego | Kąt zginania min. |
| RA/WA | 5754 | 190 | 3$t$ | 180° |
| RB/WB | 5086 | 240 | 6$t$ | |
| RC/WC | 5083 | 275 | 6$t$ | |
| | 5383 lub 5456 | 290 | 6$t$ | |
| | 5059 | 330 | 6$t$ | |
| RD/WD | 6061, 6005A lub 6082 | 170 | 6$t$ | |

$t$ – Grubość próbki.

1) Badanie nie powinno wykazać nawet pojedynczych pęknięć o wielkości przekraczającej 3 mm (w jakimkolwiek kierunku). Naderwania występujące na brzegach próbki nie powinny być brane pod uwagę przy ocenie, z wyjątkiem tych, których przyczyną powstania jest przyklejenie.

Badania makroskopowe przeprowadza się w celu wykrycia takich wad jak: braki przetopu, pęcherze, wtrącenia, pęknięcia.

**24.15.7** Coroczne próby kontrolne obejmują:
- wykonanie płyty próbnej stopiwa zgodnie z wymaganiami podanymi w 24.15.4,
- wykonanie jednego złącza doczołowego o grubości 10÷12 mm w pozycji podolnej; próbki do badań należy pobrać zgodnie z wymaganiami podanymi w 24.15.5.

## 24.16 Próby uznaniowe materiałów dodatkowych do spawania w przypadku stali YP47

**24.16.1** Jeśli nie określono inaczej w tym podrozdziale, zastosowanie mają wymagania podane w 24.1 ÷ 24.10.

**24.16.2** Własności mechaniczne stopiwa oraz złączy spawanych materiałów dodatkowych dla stali YP47 powinny być zgodne z tabelami 24.16.2-1 oraz 24.16.2-2.

**Tabela 24.16.2-1**
**Wymagania dotyczące własności mechanicznych stopiwa**

| Próba rozciągania | | | Próba udarności (próbki Charpy V) | |
|---|---|---|---|---|
| $R_e$ [MPa] min. | $R_m$ [MPa] | $A_5$ [%] min. | Temperatura próby [°C] | Wartość średnia z trzech próbek, [J] min.[1)] |
| 460 | 570 ÷ 720 | 19 | –20 | 64 |

**Tabela 24.16.2-2**
**Wymagania dotyczące własności mechanicznych złącza spawanego**

| Wytrzymałość na rozciąganie $R_m$ [MPa] | Próba udarności (próbki Charpy V) | | Zginanie | |
|---|---|---|---|---|
| | Temperatura próby [°C] | Średnia wartość pracy łamania z trzech próbek, [J] min.[1)] | Kąt zginania [stopnie][1)] | Średnica trzpienia gnącego $D/t$ [2)] |
| 570 ÷ 720 | –20 | 64 | 20 | 4 |

**24.16.3** Szczególną uwagę należy zwrócić na końcowe spawanie, tak aby nie pozostały szkodliwe wady.

Należy całkowicie usunąć zamocowania uchwytów nie pozostawiając uszkodzeń, w przeciwnym wypadku postępowanie z zamocowaniem powinno być zaakceptowane przez PRS.

# 25 WYTWÓRNIE WYKONUJĄCE KONSTRUKCJE SPAWANE

## 25.1 Postanowienia ogólne

**25.1.1** Wszystkie wytwórnie, łącznie z filiami i podwykonawcami, stosujące procesy spawania podczas budowy i remontów konstrukcji podlegających technicznemu nadzorowi PRS powinny posiadać aktualne uznanie PRS do wykonywania prac spawalniczych w zakresie odpowiadającym wykonywanym pracom.

**25.1.2** Wytwórnia ubiegająca się o uznanie powinna określić szczegółowy zakres uznania, jakie chciałaby uzyskać. Powinna podać procesy spawania, których uznaniem jest zainteresowana, i dla każdego z tych procesów spawania określić zakres uznania, podając następujące dane:
- grupy i gatunki materiałów podstawowych, które zamierza spawać w ramach danego procesu spawania z podaniem typu wyrobu (blachy, rury),
- zakresy wymiarów materiałów podstawowych, tj. grubości dla blach oraz zakresy średnic i grubości ścianek dla rur,
- typ spoin (czołowe, pachwinowe),
- istotne szczegóły wykonania spoin czołowych i spoin pachwinowych,
- pozycje spawania.

**25.1.3** Wytwórnia podczas realizacji procedury uznawania powinna udowodnić i udokumentować, że w zakresie uznania o jakie wystąpiła, jej organizacja, zatrudniony personel, wyposażenie, stosowane w warunkach produkcyjnych procesy spawania, sposoby nadzoru procesów wytwarzania lub remontu konstrukcji spawanych oraz ich końcowej kontroli zapewniają powtarzalną jakość wykonywanych konstrukcji i spełnienie wymagań PRS.

**25.1.4** Wytwórnia powinna zatrudniać spawaczy posiadających aktualne uprawnienia PRS (patrz pkt 23.1.1), niezbędne do realizacji procesów spawania w zakresie uznania, o które występuje wytwórnia.

**25.1.5** Warunkiem wystawienia przez PRS *Świadectwa uznania* jest pozytywny wynik przeprowadzonej procedury uznawania. Szczegółowy zakres uznania podawany jest w Załączniku do *Świadectwa uznania.*

**25.1.6** *Świadectwo uznania* wystawione dla danej wytwórni obejmuje również oddziały tej wytwórni, o ile podlegają one temu samemu kierownictwu zarządzania jakością oraz temu samemu nadzorowi technicznemu.

**25.1.7** *Świadectwo uznania* wystawiane jest przez PRS na okres trzech lat. Warunkiem zachowania ważności przez ten okres jest przestrzeganie przez wytwórnię warunków podanych na *Świadectwie uznania*. Zgodnie z wymaganiami zawartymi w *Publikacji 80/P – Badania nieniszczące* wytwórnia powinna prowadzić analizę jakości wykonywanych prac spawalniczych, w oparciu o wyniki badań nieniszczących wykonanych spoin i co najmniej raz na sześć miesięcy określać procentowy współczynnik jakości złączy spawanych.

**25.1.8** Przed upływem terminu ważności *Świadectwa uznania* wytwórnia zainteresowana odnowieniem jego ważności powinna się zwrócić do PRS z wnioskiem o odnowienie ważności uznania. Powinno to nastąpić z odpowiednim wyprzedzeniem, tak aby możliwe było przeprowadzenie procedury odnawiania oraz wystawienie przez PRS *Świadectwa uznania* przed upływem ważności dotychczasowego świadectwa.

**25.1.9** Rozszerzenie zakresu uznania podanego w *Świadectwie uznania* może nastąpić na wniosek wytwórni w okresie ważności uznania lub przy okazji przeprowadzania procedury odnawiania ważności uznania. Postępowanie i wymagania są takie same, jak przy uznawaniu wytwórni.

## 25.2 Procedura uznawania

**25.2.1** Wytwórnia ubiegająca się o uznanie powinna zwrócić się do PRS z wnioskiem o rozpoczęcie procedury uznawania. Do wniosku powinna być dołączona dokumentacja techniczna zawierająca dane organizacyjne i techniczne wytwórni, określona w 25.3, oraz program kwalifikowania technologii spawania odpowiadający wnioskowanemu zakresowi uznania.

**25.2.2** Procedura uznawania obejmuje:
- rozpatrzenie dokumentacji technicznej dostarczonej przez wytwórnię,
- uzgodnienie programu kwalifikowania technologii spawania,
- nadzór nad przeprowadzanymi przez wytwórnię procedurami kwalifikowania technologii spawania odpowiadających zakresowi uznania,
- inspekcję wytwórni.

## 25.3 Dokumentacja techniczna

**25.3.1** Dokumentacja wytwórni występującej do PRS o uznanie do stosowania procesów spawania powinna zawierać następujące dane:
- nazwę wytwórni,
- schemat organizacyjny wytwórni,
- opis dotychczasowego doświadczenia zakładu w zakresie wykonywania lub remontu konstrukcji spawanych,
- rekomendacje wytwórni np. kopie świadectw uznania wydanych przez inne instytucje, kopie certyfikatów systemu zarządzania jakością itp.,
- wnioskowany zakres uznania zgodnie z 25.1.2,
- dane osoby pełniącej nadzór spawalniczy w wytwórni oraz pozostałego personelu nadzoru spawalniczego i personelu kontroli jakości, z podaniem wykształcenia, stażu pracy i posiadanych uprawnień,
- listę zatrudnionych spawaczy posiadających aktualne uprawnienia PRS; w przypadku spawaczy posiadających uprawnienia innych instytucji należy podać, przez kogo te uprawnienia zostały nadane,
- opis infrastruktury technicznej zakładu, niezbędnej do prawidłowego prowadzenia prac spawalniczych, określający: wyposażenie w hale produkcyjne, pomieszczenia magazynowe, w tym pomieszczenia przechowywania materiałów dodatkowych do spawania, urządzenia dźwigowe, urządzenia do obróbki mechanicznej wykorzystywane do przygotowania brzegów przed spawaniem, urządzenia do cięcia termicznego oraz urządzenia do spawania, z podaniem typu oraz roku produkcji, sprzęt do podgrzewania wstępnego, urządzenia do obróbki cieplnej po spawaniu, suszarki stacjonarne oraz stanowiskowe do materiałów dodatkowych do spawania, oprzyrządowanie spawalnicze,
- stosowane materiały podstawowe (gatunki, typ wyrobu, zakresy wymiarów),
- stosowane materiały dodatkowe do spawania,
- stosowane instrukcje technologiczne spawania (WPS) oraz inne dokumenty obowiązujące w wytwórni podczas realizacji procesów spawania np. dotyczące kolejności spawania, postępowania z materiałami dodatkowymi do spawania, kontroli jakości prac spawalniczych, przeprowadzania badań nieniszczących lub innych prób i badań.

Powyższe dane dotyczące wytwórni mogą być przekazane do PRS przez wypełnienie stosownego formularza PRS, do którego załącznikami będą kopie wymaganych dokumentów.

## 25.4 Inspekcja wytwórni

**25.4.1** Inspekcja wytwórni ma na celu weryfikację danych przedstawionych przez wytwórnię. Jeżeli wytwórnia realizuje procesy spawania w odrębnych oddziałach, które mają różną lokalizację, ale podlegają temu samemu kierownictwu zarządzania jakością oraz temu samemu nadzorowi technicznemu, to inspekcja obejmuje również te oddziały.

**25.4.2** Podczas inspekcji sprawdzane jest przygotowanie techniczne oraz organizacyjne wytwórni w zakresie realizacji procesów spawania będących przedmiotem uznania. Inspekcja wytwórni obejmuje weryfikację:

- personelu nadzorującego – poprzez weryfikację dokumentów potwierdzających przygotowanie teoretyczne, doświadczenie praktyczne oraz posiadane uprawnienia personelu nadzoru spawalniczego oraz pracowników kontroli;
- spawaczy – poprzez weryfikację ewidencji spawaczy, aktualności uprawnień spawaczy nadanych przez PRS odpowiadających zakresowi uznania, sposobów oznakowywania spoin przez wykonujących je spawaczy, identyfikatorów spawaczy;
- wyposażenia zakładu – poprzez weryfikację stanu urządzeń do cięcia, do spawania, do suszenia oraz przechowywania elektrod otulonych oraz topników do spawania łukiem krytym, ewidencji posiadanych urządzeń oraz sposobów nadzorowania i potwierdzenia okresowego sprawdzania;
- dokumentacji – poprzez weryfikację stosowanych instrukcji technologicznych spawania (WPS) oraz innych dokumentów obowiązujących w wytwórni podczas realizacji procesów spawania np. dotyczących kolejności spawania, postępowania z materiałami dodatkowymi do spawania, kontroli jakości prac spawalniczych, przeprowadzania badań nieniszczących lub innych prób i badań, jakości prac spawalniczych, aktualności posiadanych norm, zasad zapoznawania spawaczy z tą dokumentacją, możliwości dostępu do tej dokumentacji na stanowisku pracy, sposobów dokumentowania wykonywanych prac spawalniczych, dokumentów jakości prac spawalniczych, możliwości odtworzenia warunków spawania, możliwości identyfikacji wykonawców spoin;
- materiałów – poprzez weryfikację sposobów magazynowania materiałów podstawowych oraz materiałów dodatkowych do spawania, oznakowania materiałów podstawowych, zasad przygotowania materiałów dodatkowych do spawania.

## 25.5 Kwalifikowanie technologii spawania

**25.5.1** PRS prowadzi kwalifikowanie technologii spawania wg następujących wymagań:

- *Publikacji 74/P – Zasady kwalifikowania technologii spawania* – wymagania tej *Publikacji* mają zastosowanie podczas kwalifikowania technologii spawania stali kadłubowych o zwykłej i o podwyższonej wytrzymałości, stali o wysokiej wytrzymałości oraz stopów aluminium przeznaczonych do budowy kadłubów statków oraz innych konstrukcji morskich przeznaczonych na konstrukcje spawane, spawalnych odkuwek stalowych i odlewów staliwnych, a także stopów aluminium przerobionych plastycznie, spełniających wymagania podane w niniejszych *Przepisach* oraz materiałów im odpowiadających;
- *Publikacji 48/P – Wymagania dla gazowców* – wymagania dotyczące procedury kwalifikowania technologii spawania materiałów przeznaczonych do budowy zbiornikowców do przewozu skroplonych gazów;
- norm z serii PN-EN ISO 15614 lub według uzgodnionej specyfikacji (np. ASME, EEMUA, itp).

**25.5.2** Wytwórnia powinna opracować program kwalifikowania technologii spawania, odpowiadający zakresowi uznania, o które się ubiega. Do programu powinna być dołączona wstępna instrukcja technologiczna spawania (pWPS).

**25.5.3** Procedury kwalifikowania technologii spawania materiałów i wyrobów nieujętych w podanych wyżej *Publikacjach* powinny być przeprowadzane zgodnie z programem uzgodnionym z PRS. Program przedstawiony do uzgodnienia powinien uwzględniać specyficzne własności tych materiałów i wyrobów oraz wymagania obowiązujących w tym zakresie aktualnych norm.

**25.5.4** Po uzgodnieniu przez PRS tych dokumentów wytwórnia może przystąpić do realizacji procedury kwalifikowania technologii spawania pod bezpośrednim nadzorem inspektora PRS.

**25.5.5** Komplet dokumentów z przeprowadzonej procedury kwalifikowania technologii spawania powinien zawierać:
- wstępną instrukcję technologiczną spawania złącza próbnego (pWPS),
- uzgodniony program kwalifikowania technologii spawania,
- kopie świadectw odbioru materiałów podstawowych oraz spawalniczych materiałów dodatkowych zastosowanych do wykonania złącza próbnego,
- zapisy parametrów spawania złącza próbnego, potwierdzone przez inspektora nadzorującego,
- protokoły z wszystkich przeprowadzonych badań nieniszczących i niszczących złącza próbnego,
- protokół kwalifikowania technologii spawania (WPQR),
- instrukcję technologiczną spawania (WPS), będącą zapisem sprawdzonej podczas przeprowadzonej procedury kwalifikowania technologii spawania.

**25.5.6** Protokół kwalifikowania technologii spawania (WPQR) podpisany przez inspektora PRS stanowi podstawę do opracowania przez wytwórnię roboczych instrukcji technologicznych spawania (WPS), ale tylko w zakresie odpowiadającym zakresowi kwalifikacji, który wynika z przeprowadzonej procedury.

**25.5.7** Protokół kwalifikowania technologii spawania nie ma określonej daty ważności. Utrzymanie ważności uwarunkowane jest zachowywaniem przez wytwórnię podczas realizacji procesu spawania takich samych warunków technicznych, jakie były podczas procedury kwalifikowania tej technologii i jakie zapisane zostały w protokole kwalifikowania technologii spawania (WPQR).

**25.5.8** Zakresy kwalifikacji wynikające z przeprowadzonych z pozytywnym wynikiem procedur kwalifikowania technologii spawania stanowią podstawę do określenia zakresu uznania wytwórni.

**25.5.9** PRS może podczas procedury uznawania wytwórni uwzględnić procedury kwalifikowania technologii spawania, przeprowadzone przez wytwórnię pod nadzorem innych instytucji niezależnego nadzoru technicznego. Wytwórnia powinna dostarczyć do rozpatrzenia przez PRS komplet dokumentów dotyczących tych procedur zgodnie z 25.5.6.

# ZAŁĄCZNIKI

**Załącznik A**

## Procedura uznawania wytwórni stali kadłubowych

A1 PROCEDURA UZNAWANIA WYTWÓRNI PÓŁFABRYKATÓW ZE STALI KADŁUBOWYCH

### 1 Zakres

W części A1 z Załącznika A opisano procedurę uznawania procesu wytwarzania (jak podano w punkcie 3.2.1 z *Części IX*) półfabrykatów, takich jak wlewki, kęsiska płaskie, kęsiska kwadratowe i kęsy ze stali kadłubowych.

Procedura uznawania procesu wytwarzania obowiązuje podczas weryfikacji zdolności wytwórni do dostarczenia wyrobów o stabilnych, zadowalających własnościach. Wyroby te powinny przejść proces uznania zgodnie z wymaganiami podrozdziału 3.2 z *Części IX.*

### 2 Wniosek o uznanie

#### 2.1 Wymagane dokumenty

Wytwórca powinien dostarczyć do PRS wniosek o uznanie, proponowany program badań uznaniowych (patrz podrozdział 3.1) oraz następujące informacje:

**.1** nazwa i adres wytwórni, lokalizacja wytwórni, ogólne informacje dotyczące procesu wytwarzania, zakres produkcji, szacowana ogólna roczna produkcja wyrobów gotowych dla okrętownictwa oraz dla innych branż,

**.2** organizacja zakładu i system zarządzania jakością;
- schemat organizacyjny zakładu wytwórcy,
- lista personelu odpowiedzialnego za proces produkcji,
- organizacja i obsada personalna działu kontroli jakości,
- kwalifikacje personelu oceniającego jakość wyrobów,
- certyfikacja zgodności z systemami zarządzania jakością (jeżeli jest),
- *Świadectwa uznania* wydane przez inne instytucje klasyfikacyjne (jeżeli takie świadectwa są);

**.3** organizacja procesu wytwarzania;
- schemat blokowy procesu wytwarzania,
- pochodzenie i składowanie surowców,
- przechowywanie wytworzonych wyrobów,
- wyposażenie dla systematycznej kontroli podczas wytwarzania;

**.4** szczegółowe informacje o kontrolowaniu jakości i zarządzaniu jakością, a w szczególności informacje o:
- systemie stosowanym do identyfikacji materiałów na różnych etapach wytwarzania,
- wyposażeniu do analiz chemicznych oraz o procedurach stosowanych do ich skalowania
- oraz wykaz procedur dotyczących kontroli jakości i zarządzania jakością;

**.5** rodzaje wyrobów (wlewki, kęsiska płaskie, kęsiska kwadratowe, kęsy), kategorie stali (o zwykłej lub o podwyższonej wytrzymałości), zakresy grubości, oczekiwane własności materiałów takie jak:
- zakres składu chemicznego oraz analiza wielkości ziarna i mikrododatków stopowych dla różnych kategorii stali; jeżeli zakres składu chemicznego zależy od grubości i stanu dostawy, to te różne zakresy powinny być odpowiednio wyszczególnione,
- maksymalna wartość równoważnika węgla, CEV,

- maksymalna wartość wskaźnika $P_{cm}$ dla stali o podwyższonej wytrzymałości z małą zawartością węgla (C < 0,13 %),
- dane statystyczne dotyczące produkcji (z podaniem składu chemicznego i, jeżeli są dostępne dla wyrobów walcowanych, własności mechanicznych $R_e$, $R_m$, $A$, KV), wykazujące zdolność wytwórni do wyprodukowania wyrobów stalowych odpowiadających wymaganiom *Części IX*;

**.6** proces stalowniczy;
- proces wytapiania stali i pojemność pieca (pieców) lub konwertora (konwertorów),
- używane surowce,
- metoda odtlenienia i wprowadzania składników stopowych,
- odsiarczanie i instalacje odgazowania próżniowego (jeżeli są),
- metody odlewania stosowane przez wytwórnię: wlewki czy odlewanie ciągłe. W przypadku odlewania ciągłego: informacje dotyczące typu urządzenia do odlewania, technologia odlewania, metody zapobiegania ponownemu utlenianiu, kontrola wtrąceń i segregacji, zastosowanie elektromagnetycznego mieszania kąpieli, rafinacja wstępna, itp. (jeśli takie metody postępowania/kontroli mają zastosowanie),
- wymiary i masa wlewków lub slabów,
- obróbka wlewków lub slabów; procedury oczyszczania płomieniowego i złomowania,

**.7** dokumentacja badań uznaniowych przeprowadzonych pod nadzorem innych instytucji klasyfikacyjnych.

### 2.2 Dokumenty wymagane do zmiany warunków uznania

W następujących przypadkach:

**.1** zmiana procesu produkcyjnego (proces wytapiania, odlewanie, wyposażenie stalownicze, wyposażenie odlewnicze),
**.2** zmiana maksymalnych grubości (wymiarów),
**.3** zmiana składu chemicznego, dodatków stopowych, itp.,

wytwórca powinien wraz z wymaganymi dokumentami, określonymi w podrozdziale 2.1, dostarczyć do PRS wniosek o zmianę warunków uznania.

Jeżeli dokumenty takie, w całości lub w części, zostały już wcześniej dostarczone do PRS przy poprzednim uznawaniu danego produktu, to ponowne dostarczenie tych dokumentów nie jest wymagane, z wyjątkiem programu prób uznaniowych (patrz podrozdział 3.1).

## 3 Próby uznaniowe

### 3.1 Zakres prób uznaniowych

Zakres prób uznaniowych wyszczególniony jest w podrozdziale 3.6. Zakres ten może podlegać modyfikacji na podstawie wstępnych informacji dostarczonych przez wytwórcę.

Dotyczy to w szczególności zmniejszenia wymaganej liczby wytopów, grubości wyrobów i rodzajów stali podlegających badaniu lub całkowitej rezygnacji z prób uznaniowych. PRS może wyrazić na to zgodę w następujących przypadkach:

**.1** na podstawie już przyznanego uznania przez inną instytucję klasyfikacyjną oraz dokumentacji z prób uznaniowych przeprowadzonych pod jej nadzorem,
**.2** gdy dostępne są długoterminowe wyniki badań statystycznych dotyczących składu chemicznego i własności mechanicznych wyrobów walcowanych ze stali podlegającej uznaniu,
**.3** gdy chodzi o zmianę warunków uznania.

Z drugiej zaś strony, w przypadku nowych rodzajów stali lub nowych technologii wytwarzania, może być wymagane zwiększenie liczby badanych wytopów i zwiększenie grubości wyrobów podlegających badaniom.

### 3.2 Program prób uznaniowych

Gdy zakres badań proponowany przez wytwórcę odbiega od zakresu określonego w podrozdziale 3.6, wówczas program prób uznaniowych należy przed rozpoczęciem badań uzgodnić z PRS.

### 3.3 Nadzór nad próbami uznaniowymi

Próby uznaniowe powinny być przeprowadzone pod nadzorem inspektora PRS. Inspektor PRS nadzorujący próby uznaniowe ma prawo do przeprowadzenia inspekcji wytwórni w trakcie procesu wytwarzania. Jeżeli wytwórnia nie dysponuje wyposażeniem niezbędnym do przeprowadzenia badań, to badania powinny być przeprowadzone w uznanym laboratorium.

### 3.4 Wybór wyrobów do badań

Dla każdego rodzaju stali, dla każdego procesu wytwarzania (np. wytapiania, odlewania) i dla każdego rodzaju wyrobu próbom należy poddać wyrób o największej wnioskowanej grubości (wymiarze).

Wyboru wytopów do prób wyrobów dokonuje się w oparciu o typowy skład chemiczny, ze szczególnym uwzględnieniem określonych wartości CEV, $P_{cm}$ i dodatków stopowych rozdrabniających ziarno.

### 3.5 Położenie odcinków próbnych

Jeżeli nie uzgodniono inaczej, odcinki próbne powinny być pobrane z wyrobów (kęsiska płaskie, kęsiska kwadratowe, kęsy) z miejsca odpowiadającego głowie wlewka lub, w przypadku odlewania ciągłego, w sposób losowy.

### 3.6 Badania materiału półfabrykatów

#### 3.6.1 Rodzaje badań

Podczas uznawania półfabrykatów powinny być przeprowadzone następujące badania:

**.1** analiza chemiczna; całkowita analiza łącznie z pierwiastkami mikrostopowymi,

**.2** próba Baumanna (siarkowa).

Ponadto przy pierwszym uznawaniu oraz przy każdym odnowieniu uznania PRS może wymagać przeprowadzenia kompletnych badań wymienionych w rozdziale 3 z Części A2 niniejszego *Załącznika A*. Badania powinny być przeprowadzone dla wyrobów walcowanych wytworzonych z półfabrykatów o minimalnej grubości.

W przypadku urządzeń odlewniczych wielowylewowych (z kadzią pośrednią) kompletne badania gotowych wyrobów należy przeprowadzić dla jednego wlewka. Dla pozostałych wlewków wystarczające jest przeprowadzenie badań o mniejszym zakresie (analiza chemiczna i próba Baumanna). Do badań należy wybrać wlewek o najmniejszej grubości.

#### 3.6.2 Próbki do badań i procedura badań

Powinny być przeprowadzone następujące badania:

**.1** ***analiza chemiczna:***

powinny być wykonane zarówno analiza chemiczna gotowego wyrobu jak i analiza wytopowa. Należy sprawdzić zawartość następujących pierwiastków stopowych: C, Mn, Si, P, S,

Ni, Cr, Mo, Al, N, Nb, V, Cu, As, Sn, Ti oraz, dla stali wytwarzanych w piecach elektrycznych lub martenowskich, dodatkowo Sb i B;

**.2** ***próba Baumanna (siarkowa):***

powinna być pobrana odbitka z powierzchni wyrobu prostopadłej do osi wlewka lub kęsiska płaskiego. Odbitka Baumanna powinna mieć długość około 600 mm i powinna obejmować całkowitą grubość wyrobu.

## 4 Wyniki

Wszystkie wymagane informacje, wymienione w podrozdziale 2 z Części A2 niniejszego *Załącznika*, odnoszące się do wyrobów poddanych badaniom, powinny być zebrane przez wytwórcę i umieszczone w sprawozdaniach, które powinny zawierać wszystkie wyniki badań oraz zapisy operacji związanych z produkcją stali, odlewaniem i, jeżeli ma to zastosowanie, z walcowaniem oraz obróbką cieplną badanych wyrobów.

Sprawozdania te należy dostarczyć do PRS. Zależnie od wyników badań w *Świadectwie uznania* mogą być wyszczególnione indywidualne ograniczenia lub warunki badania.

## 5 Uznanie

Po pozytywnym wyniku inspekcji oraz prób uznaniowych PRS wydaje *Świadectwo uznania* określające co najmniej:

**.1** rodzaj wyrobu (wlewki, kęsiska płaskie, kęsiska kwadratowe, kęsy),
**.2** procesy: stalowniczy i odlewniczy,
**.3** zakresy grubości półfabrykatów,
**.4** rodzaje stali (o zwykłej lub o podwyższonej wytrzymałości).

## 6 Odnowienie uznania

*Świadectwo uznania* wystawiane jest z maksymalnie 3-letnim terminem ważności. Odnowienie uznania może nastąpić na wniosek wytwórni przed upływem terminu ważności uznania po przeprowadzeniu inspekcji potwierdzającej zachowanie warunków uznania.

Jeżeli w okresie ważności uznania wytwórca nie produkował uznanych kategorii wyrobów, PRS może, według własnego uznania, uzależnić przedłużenie uznania od przeprowadzenia badań uznaniowych lub przedłużyć uznanie na podstawie dokonanej przez siebie oceny wyników produkcji wyrobów podobnych kategorii.

Jeżeli z ważnych powodów inspekcja odnowieniowa nie może być przeprowadzona w okresie ważności *Świadectwa uznania*, wytwórca jest nadal uważany za uznanego, pod warunkiem że porozumienie dotyczące terminu przeprowadzenia tej inspekcji zostało zawarte przed upływem terminu ważności *Świadectwa uznania*. W takim przypadku, po przeprowadzeniu inspekcji odnowieniowej zakończonej wynikiem pozytywnym, PRS przedłuża ważność *Świadectwa uznania*, licząc okres ważności tego *Świadectwa* od daty upływu okresu ważności poprzedniego uznania.

## 7 Unieważnienie uznania

PRS może unieważnić uznanie w przypadku stwierdzenia:

**.1** uszkodzenia w produkcji, mającego wpływ na jakość wyrobu,
**.2** niezgodności wyrobu, ujawnionej podczas wytwarzania lub budowy,
**.3** nieprawidłowego funkcjonowania systemu kontroli jakości u wytwórcy,
**.4** zmian wprowadzonych przez wytwórcę bez uprzedniej zgody PRS, powodujących przekroczenie zakresu określonego w *Świadectwie uznania*,
**.5** poważnych niezgodności (wykrytych podczas badania wyrobów).

# A2 PROCEDURA UZNAWANIA WYTWÓRNI WYROBÓW WALCOWANYCH ZE STALI KADŁUBOWYCH

## 1 Zakres

W części A2 z *Załącznika A* opisano procedurę uznawania procesu wytwarzania (jak podano w punkcie 3.2.1 z *Części IX*) stali kadłubowych o zwykłej i o podwyższonej wytrzymałości.

Procedura uznawania procesu wytwarzania obowiązuje podczas weryfikacji zdolności wytwórni do dostarczenia wyrobów o stabilnych, zadowalających własnościach. Wyroby te powinny przejść proces uznania zgodnie z wymaganiami podrozdziału 3.2 z *Części IX*.

## 2 Wniosek o uznanie

### 2.1 Wymagane dokumenty

Wytwórca powinien dostarczyć do PRS wniosek o uznanie, proponowany program badań uznaniowych (patrz podrozdział 3.1) oraz następujące informacje:

**.1** nazwa i adres wytwórni, lokalizacja wytwórni, ogólne informacje dotyczące procesu wytwarzania, zakres produkcji, szacowana ogólna roczna produkcja wyrobów gotowych dla okrętownictwa oraz dla innych branż;

**.2** organizacja zakładu i system zarządzania jakością:
- schemat organizacyjny zakładu wytwórcy,
- lista personelu odpowiedzialnego za proces produkcji,
- organizacja i obsada personalna działu kontroli jakości,
- kwalifikacje personelu oceniającego jakość wyrobów,
- certyfikacja zgodności z systemami zarządzania jakością (jeżeli jest),
- *Świadectwa uznania* wydane przez inne instytucje klasyfikacyjne (jeżeli takie świadectwa są);

**.3** organizacja procesu wytwarzania;
- schemat blokowy procesu wytwarzania,
- pochodzenie i składowanie surowców,
- przechowywanie wytworzonych wyrobów,
- wyposażenie dla systematycznej kontroli podczas wytwarzania;

**.4** szczegółowe informacje o kontrolowaniu jakości i zarządzaniu jakością, a w szczególności informacje o:
- systemie stosowanym do identyfikacji materiałów na różnych etapach wytwarzania,
- wyposażeniu do badań własności mechanicznych, analiz chemicznych, badań metalograficznych oraz o procedurach stosowanych do ich skalowania,
- wyposażeniu do badań nieniszczących,

oraz wykaz procedur dotyczących kontroli jakości i zarządzania jakością;

**.5** rodzaje wyrobów (blachy, kształtowniki, kręgi), kategorie stali, zakresy grubości, oczekiwane własności materiałów takie jak:
- zakres składu chemicznego oraz analiza wielkości ziarna i mikrododatków stopowych dla różnych kategorii stali; jeżeli zakres składu chemicznego zależy od grubości i stanu dostawy, to wówczas te różne zakresy powinny być odpowiednio wyszczególnione,
- maksymalna wartość równoważnika węgla, CEV,
- maksymalna wartość wskaźnika $P_{cm}$ dla stali o podwyższonej wytrzymałości z małą zawartością węgla (C < 0,13 %),
- dane statystyczne dotyczące produkcji (z podaniem składu chemicznego i własności mechanicznych $R_e$, $R_m$, $A$, $KV$), wykazujące zdolność wytwórni do wyprodukowania wyrobów stalowych odpowiadających wymaganiom *Części IX*;

**.6** proces stalowniczy;
- proces wytapiania stali i pojemność pieca (pieców) lub konwertora (konwertorów),
- używane surowce,
- metoda odtlenienia i wprowadzania składników stopowych,
- odsiarczanie i instalacje odgazowania próżniowego (jeżeli są),
- metody odlewania stosowane przez wytwórnię: wlewki czy odlewanie ciągłe.

W przypadku odlewania ciągłego: informacje dotyczące typu urządzenia do odlewania, technologia odlewania, metody zapobiegania ponownemu utlenianiu, kontrola wtrąceń i segregacji, zastosowanie elektromagnetycznego mieszania kąpieli, rafinacja wstępna, itp. (jeśli takie metody postępowania/kontroli mają zastosowanie),
- wymiary i masa wlewków lub slabów,
- obróbka wlewków lub slabów, procedury oczyszczania płomieniowego i złomowania;

**.7** ponowne nagrzewanie i walcowanie;
- typ pieca i parametry obróbki,
- walcowanie, stopień przewalcowania kęsisk płaskich/kęsisk kwadratowych/kęsów (dla osiągnięcia końcowej grubości wyrobów), walcowanie i końcowe temperatury walcowania,
- obróbka usuwania zgorzeliny podczas walcowania,
- przepustowość klatek walcowniczych;

**.8** obróbka cieplna;
- typy pieców, parametry obróbki cieplnej i ich odpowiednia rejestracja,
- dokładność i sprawdzanie urządzeń kontrolujących temperaturę;

**.9** programowane walcowanie: dla wyrobów dostarczonych w stanie dostawy po regulowanym walcowaniu (CR) lub walcowaniu termomechanicznym (TM) powinny być podane następujące informacje dodatkowe dotyczące planu programowanego walcowania:
- opis technologii walcowania,
- temperatury normalizowania, rekrystalizacji, Ar3 oraz metody ich określania,
- normatywy kontroli typowych parametrów walcowania używane dla różnych grubości i kategorii stali (temperatury oraz grubości początku i końca przepustów, przerwa między przepustami, stopień przewalcowania, zakres temperatur i szybkość chłodzenia podczas przyśpieszonego chłodzenia – jeżeli ma miejsce) oraz zastosowane metody kontroli,
- wzorcowanie wyposażenia kontrolującego;

**.10** zalecenia dotyczące obróbki i spawania, szczególnie gdy wyroby są dostarczane w stanach dostawy CR lub TM:
- zalecenia dotyczące przeróbki plastycznej na zimno lub na gorąco, jeżeli przy normalnej praktyce stosowanej w stoczniach lub zakładach produkcyjnych zalecenia takie są potrzebne,
- minimalne i maksymalne ciepło wprowadzone, jeżeli te wartości różnią się od zwykle stosowanych w stoczniach lub zakładach (15÷50 kJ/cm).

**.11** dodatkowe informacje o procesie wytwarzania w przypadku, jeżeli jakaś część procesu wytwarzania jest przekazana do innych przedsiębiorstw lub zakładów produkcyjnych,

**.12** dokumentacja badań uznaniowych przeprowadzonych pod nadzorem innych instytucji klasyfikacyjnych.

## 2.2 Dokumenty wymagane do zmiany warunków uznania

W następujących przypadkach, jeżeli ma to zastosowanie:

**.1** zmiana procesu produkcyjnego (proces wytapiania, odlewanie, walcowanie, obróbka cieplna),

**.2** zmiana maksymalnych grubości (wymiarów),

**.3** zmiana składu chemicznego, dodatków stopowych itp.,
**.4** zlecenie walcowania, obróbki cieplnej, itp. podwykonawcy,
**.5** wykorzystanie kęsisk płaskich/kęsisk kwadratowych/kęsów wyprodukowanych przez wytwórnie nieposiadające uznania PRS,

wytwórca powinien wraz z wymaganymi dokumentami, określonymi w podrozdziale 2.1, dostarczyć do PRS wniosek o zmianę warunków uznania.

Jeżeli dokumenty takie, w całości lub w części, zostały już wcześniej dostarczone do PRS przy poprzednim uznawaniu danego produktu, to ponowne dostarczenie tych dokumentów nie jest wymagane, z wyjątkiem programu prób uznaniowych (patrz podrozdział 3.1).

## 3 Próby uznaniowe

### 3.1 Zakres prób uznaniowych

**3.1.1** Zakres prób uznaniowych wyszczególniony jest w podrozdziałach 3.6 i 3.7. Zakres ten może podlegać modyfikacji na podstawie wstępnych informacji dostarczonych przez wytwórcę.

Dotyczy to w szczególności zmniejszenia wymaganej liczby wytopów, ograniczenia zakresu grubości blach i kategorii podlegających badaniu lub całkowitej rezygnacji z prób uznaniowych. PRS może wyrazić na to zgodę w następujących przypadkach:

**.1** na podstawie już przyznanego uznania przez inną instytucję klasyfikacyjną oraz dokumentacji z prób uznaniowych przeprowadzonych pod jej nadzorem,
**.2** gdy dostępne są długoterminowe wyniki badań statystycznych dotyczących składu chemicznego i własności mechanicznych stali podlegającej uznaniu,
**.3** gdy uznanie dotyczy kilku kategorii stali o tym samym poziomie wytrzymałości, a metody wytwarzania i stan dostawy tych stali są podobne,
**.4** gdy uznanie dotyczy stali o podwyższonej wytrzymałości, o tym samym poziomie wytrzymałości co stal uznana wcześniej, a proces stalowniczy, metody odtlenienia i rozdrobnienia ziarna, proces odlewania oraz stan dostawy są takie same,
**.5** gdy chodzi o zmianę warunków uznania.

Z drugiej zaś strony, w przypadku nowych rodzajów stali lub nowych technologii wytwarzania, może być wymagane zwiększenie liczby badanych wytopów i zwiększenie zakresu grubości blach podlegających badaniom.

**3.1.2** W przypadku półfabrykatów pochodzących z różnych źródeł lub zmiany producenta półfabrykatów, od wytwórcy stali walcowanej jest wymagane uzyskanie uznania procesu wytwarzania stali walcowanej przy wykorzystaniu półfabrykatów od każdego producenta półfabrykatu i przeprowadzenie badań uznaniowych zgodnie z 3.6 i 3.7. Zmniejszenie zakresu lub całkowite odstąpienie od badań uznaniowych może być rozpatrzone przez PRS z uwzględnieniem następujących warunków poprzedniego uznania:

**.1** wytwórca stali walcowanej uzyskał wcześniej uznanie procesu wytwarzania wykorzystującego inne półfabrykaty, charakteryzujące się taką samą grubością, kategorią stali, pierwiastkami rozdrabniającymi ziarno i mikrododatkami stopowych oraz procesami stalowniczymi i odlewania,
**.2** wytwórca półfabrykatów uzyskał wcześniej uznanie dla pełnego procesu wytwarzania przy tych samych warunkach (proces wytapiania, metoda odlewania, walcowanie i obróbka cieplna).

### 3.2 Program prób uznaniowych

Jeżeli zakres badań proponowany przez wytwórcę odbiega od zakresu określonego w podrozdziałach 3.6 i 3.7, to program prób uznaniowych należy przed rozpoczęciem badań uzgodnić z PRS.

### 3.3 Nadzór nad próbami uznaniowymi

Próby uznaniowe powinny być przeprowadzone pod nadzorem inspektora PRS. Inspektor PRS nadzorujący próby uznaniowe ma prawo do przeprowadzenia inspekcji wytwórni w trakcie procesu wytwarzania. Jeżeli wytwórnia nie dysponuje wyposażeniem niezbędnym do przeprowadzenia badań, to badania powinny być przeprowadzone w uznanym laboratorium.

### 3.4 Wybór wyrobów do badań

Dla każdej kategorii stali, dla każdego procesu wytwarzania (np. wytapiania, odlewania, walcowania, obróbki cieplnej) i dla każdego rodzaju wyrobu próbom należy poddać wyrób o największej wnioskowanej grubości.

Dodatkowo, na początkowym etapie uznawania, PRS może wymagać przeprowadzenia prób dla jednego wyrobu o średniej grubości.

Wyboru wytopów do prób wyrobów należy dokonywać w oparciu o typowy skład chemiczny ze szczególnym uwzględnieniem określonych wartości CEV, $P_{cm}$ i dodatków stopowych rozdrabniających ziarno.

### 3.5 Położenie odcinków próbnych

Jeżeli nie uzgodniono inaczej, odcinki próbne powinny być pobrane z wyrobów (blachy, płaskowniki, kształtowniki, pręty) z miejsca odpowiadającego głowie wlewka lub, w przypadku odlewania ciągłego, w sposób losowy.

Położenie odcinków próbnych powinno być zgodne z wymaganiami punktu 3.9.3 z *Części IX*. Pojęcie „wyrób próbny" jest określone w punkcie 3.9.1 z *Części IX*, zaś kierunek próbek powinien odpowiadać końcowemu kierunkowi walcowania materiału, pokazanemu w tabeli 3.6.1.

### 3.6 Badania materiału podstawowego

#### 3.6.1 Rodzaje badań

Badania powinny być przeprowadzone zgodnie z zaleceniami pokazanymi w tabeli 3.6.1.

**Tabela 3.6.1**
**Badania materiału podstawowego**

| Rodzaj badania | Położenie odcinków próbnych i kierunek badanych próbek [1] | Uwagi | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Próba rozciągania | Górna i dolna powierzchnia, próbki poprzeczne [2] | W sprawozdaniu należy podać $R_e$, $R_m$, $A$ | | | |
| Próba rozciągania (po wyżarzaniu odprężającym) tylko dla stali w stanie TM | Górna i dolna powierzchnia, próbki poprzeczne [2] | Wyżarzanie odprężające w 600 °C (2 min/mm przez minimum 1 godz) | | | |
| Próba udarności [3] na próbkach niestarzonych | Górna i dolna powierzchnia, próbki wzdłużne | Temperatura badania [°C] | | | |
| A, B, AH32, AH36, AH40 | | +20 | 0 | –20 | |
| D, DH32, DH36, DH40 | | 0 | –20 | –40 | |
| E, EH32, EH36, EH40 | | 0 | –20 | –40 | –60 |
| FH32, FH36, FH40 | | –20 | –40 | –60 | –80 |

| Rodzaj badania | Położenie odcinków próbnych i kierunek badanych próbek [1] | Uwagi | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| A, B, AH32, AH36, AH40 | Górna powierzchnia, próbki poprzeczne [4] | +20 | 0 | –20 | |
| D, DH32, DH36, DH40 | | 0 | –20 | –40 | |
| E, EH32, EH36, EH40 | | –20 | –40 | –60 | |
| FH32, FH36, FH40 | | –40 | –60 | –80 | |
| Próba udarności [3] na próbkach starzonych [5] | Górna powierzchnia, próbki wzdłużne | Temperatura badania [°C] | | | |
| AH32, AH36, AH40 | | +20 | 0 | –20 | |
| D, DH32, DH36, DH40 | | 0 | –20 | –40 | |
| E, EH32, EH36, EH40 | | –20 | –40 | –60 | |
| FH32, FH36, FH40 | | –40 | –60 | –80 | |
| Analiza chemiczna [6] | Górna powierzchnia | Całkowita analiza łącznie z pierwiastkami mikrostopowymi | | | |
| Próba Baumanna (siarkowa) | Górna powierzchnia | | | | |
| Badania mikrostruktury | Górna powierzchnia | | | | |
| Określenie wielkości ziarna | Górna powierzchnia | Tylko dla stali drobnoziarnistych | | | |
| Próba Pelliniego (DWT) [4] | Górna powierzchnia | Tylko dla kategorii E, EH32, EH36, EH40, FH32, FH36, FH40 | | | |
| Próba rozciągania w kierunku grubości | Górna i dolna powierzchnia | Tyko dla kategorii z wymaganymi własnościami w kierunku grubości | | | |

[1] Dla taśm walcowanych na gorąco patrz punkt 3.6.2.
[2] Kierunek wzdłużny dla kształtowników i blach o szerokości mniejszej niż 600 mm.
[3] Dla każdej próby udarności wymagany jest jeden komplet próbek Charpy V, składający się z trzech próbek.
[4] Niewymagane dla kształtowników i blach o szerokości mniejszej niż 600 mm.
[5] Odkształcenie 5% + 1 godz w 250°C
[6] Oprócz analizy chemicznej wyrobu wymagana jest analiza wytopowa.

### 3.6.2 Próbki do badań i procedura badań

Próbki do badań i procedura badań powinny być zgodne z wymaganiami rozdziału 2 z *Części IX*. W szczególności mają zastosowanie następujące postanowienia:

**.1** ***próba rozciągania:***
- dla blach wykonanych z taśm walcowanych na gorąco powinna być pobrana dodatkowo jedna próbka do próby rozciągania, ze środka taśmy tworzącej krąg,
- dla blach o grubości powyżej 40 mm, gdy możliwości dostępnej maszyny wytrzymałościowej są niewystarczające do zbadania próbek o pełnej grubości, można zastosować próbki o przekroju poprzecznym prostokątnym, reprezentujące pełną grubość blachy. Alternatywnie mogą być pobrane dwie próbki proporcjonalne o przekroju poprzecznym okrągłym z osią wzdłużną leżącą w odległości ¼ od środka grubości blachy;

**.2** ***próba udarności:***
- dla blach wykonanych z taśm walcowanych na gorąco należy pobrać jeden dodatkowy komplet próbek ze środka taśmy tworzącej krąg,
- dla blach o grubości większej niż 40 mm należy pobrać dodatkowo komplet próbek do próby udarności z osiami znajdującymi się w środku grubości blachy,
- dodatkowo poza określeniem pracy łamania należy zbadać również przewężenie poprzeczne i procent udziału przełomu krystalicznego;

**.3** ***analiza chemiczna:***
powinny być wykonane zarówno analiza chemiczna gotowego wyrobu jak i analiza wytopowa. Materiał do analizy chemicznej wyrobu powinien być pobrany z próbki do próby rozciągania. Należy sprawdzić zawartość następujących pierwiastków stopowych: C, Mn, Si, P, S, Ni, Cr, Mo, Al, N, Nb, V, Cu, As, Sn, Ti oraz, dla stali wytwarzanych w piecach elektrycznych lub martenowskich, dodatkowo Sb i B;

**.4** ***próba Baumanna (siarkowa):***
powinna być pobrana odbitka z powierzchni blachy prostopadłej do osi wlewka lub kęsiska płaskiego. Odbitka Baumanna powinna mieć długość około 600 mm i powinna obejmować całkowitą grubość blachy;

**.5** ***badania mikrostruktury:***
fotografie mikrostruktury powinny być reprezentatywne dla całej grubości. Dla wyrobów o dużej grubości powinny być wykonane co najmniej trzy badania – przy powierzchni, w ¼ grubości oraz w środku grubości wyrobu. Wszystkie fotografie mikrostruktury powinny być wykonane przy powiększeniu 100× oraz, jeżeli wielkość ziarna ferrytu jest większa niż 10 według skali ASTM, dodatkowo przy powiększeniu 500×. Wielkość ziarna ferrytu powinna być określona dla każdej fotografii mikrostruktury;

**.6** ***próba Pelliniego (DWT):***
próba powinna być przeprowadzona zgodnie z wymaganiami podrozdziału 2.8 z *Części IX*. Powinna być określona temperatura przejścia w stan zerowej plastyczności (NDTT). Należy wykonać fotografie badanych próbek i załączyć do sprawozdania z prób;

**.7** ***próba rozciągania w kierunku grubości:***
próba powinna być przeprowadzona zgodnie z wymaganiami rozdziału 5 z *Części IX*. Wyniki próby powinny być zgodne z wymaganiami określonymi w rozdziale 3 z *Części IX*, dotyczącymi badanych kategorii stali.

### 3.6.3 Inne badania

W przypadku nowo opracowanych gatunków stali nieobjętych zakresem rozdziału 3 z *Części IX*, PRS może wymagać prób dodatkowych, takich jak próba CTOD, badanie odporności na pękanie na próbkach wielkogabarytowych (Double Tension Test, próba ESSO, Deep Notch Test, itp.) lub innych.

## 3.7 Badania spawalności

### 3.7.1 Zakres badań

Badania spawalności są wymagane dla blach i powinny być przeprowadzone zgodnie z punktem 2.12 w *Części IX* na odcinkach próbnych z blach o największej grubości. Badania są wymagane dla stali o zwykłej wytrzymałości kategorii E oraz dla stali o podwyższonej wytrzymałości.

### 3.7.2 Przygotowanie i spawanie złączy próbnych

Wymagane jest następujące przygotowanie do badań:

**.1** wykonanie jednego doczołowego złącza próbnego spawanego, z ciepłem wprowadzonym równym w przybliżeniu 15 kJ/cm,

**.2** wykonanie jednego doczołowego złącza próbnego spawanego, z ciepłem wprowadzonym równym w przybliżeniu 50 kJ/cm.

Doczołowe złącza próbne powinny być przygotowane ze spoiną usytuowaną poprzecznie do kierunku walcowania blachy, tak aby próbki do próby udarności były próbkami wzdłużnymi.

Preferowane jest ukosowanie na 1/2V lub na K.

Technologia spawania powinna być, o ile to możliwe, zgodna z normalną praktyką spawalniczą stosowaną w stoczniach dla badanego rodzaju stali.

Sprawozdanie z prób powinno zawierać instrukcję technologiczną spawania (WPS), według której zostały wykonane złącza próbne oraz kopie świadectw materiałów dodatkowych do spawania.

### 3.7.3 Rodzaje badań

Ze złączy próbnych powinny być pobrane następujące próbki do badań:

**.1** jedna próbka poprzeczna o przekroju prostokątnym do próby rozciągania;

**.2** komplet trzech próbek Charpy V, poprzecznych do spoiny, z karbem naciętym w linii wtopienia oraz w odległościach odpowiednio 2, 5 i minimum 20 mm od linii wtopienia. Linia wtopienia powinna być zidentyfikowana poprzez trawienie próbek w odpowiednim odczynniku. Temperatura próby powinna odpowiadać temperaturom określonym dla danej kategorii stali;

**.3** próbka do badań twardości HV5 na przekroju złącza. Odciski powinny być wykonane wzdłuż linii odległej o 1 mm od powierzchni blachy, od strony lica i grani, w następujący sposób:
- w linii wtopienia,
- w SWC co 0,7 mm od linii wtopienia, w kierunku materiału podstawowego (minimum 6 do 7 odcisków dla każdej SWC).

Maksymalna wartość twardości nie może być wyższa niż 350 HV.

Szkic złącza spawanego przedstawiający wymiary rowka, liczbę ściegów, odciski twardości powinien być załączony do sprawozdania z prób razem z makrofotografią poprzecznego przekroju złącza spawanego.

### 3.7.4 Inne badania

W przypadku nowo opracowanych gatunków stali nieobjętych zakresem rozdziału 3 z *Części IX*, PRS może wymagać dodatkowych prób, takich jak próby skłonności do pęknięć na zimno (CTS, Tekken, Cruciform, Implant, Bead-on-plate), CTOD lub innych.

## 4 Wyniki

Wszystkie wymagane informacje wymienione w rozdziale 2, odnoszące się do wyrobów poddanych badaniom, powinny być zebrane przez wytwórcę i umieszczone w sprawozdaniach, które powinny zawierać wszystkie wyniki badań oraz zapisy operacji związanych z produkcją stali, odlewaniem, walcowaniem i obróbką cieplną badanych wyrobów.

Sprawozdania te należy dostarczyć do PRS. Zależnie od wyników badań w *Świadectwie uznania* mogą być wyszczególnione indywidualne ograniczenia lub warunki badania.

## 5 Uznanie

Na podstawie pozytywnego wyniku inspekcji i prób uznaniowych PRS wydaje *Świadectwo uznania*.

## 6 Odnowienie uznania

*Świadectwo uznania* wystawiane jest z maksymalnie 3-letnim terminem ważności. Odnowienie uznania może nastąpić, na wniosek wytwórni, przed upływem terminu ważności uznania – po przeprowadzeniu inspekcji potwierdzającej zachowanie warunków uznania.

Jeżeli w okresie ważności uznania wytwórca nie produkował uznanych kategorii wyrobów, PRS może, według własnego uznania, uzależnić przedłużenie uznania od przeprowadzenia badań uznaniowych lub przedłużyć uznanie na podstawie dokonanej przez siebie oceny wyników produkcji wyrobów podobnych kategorii.

Jeżeli z ważnych powodów inspekcja odnowieniowa nie może być przeprowadzona w okresie ważności *Świadectwa uznania*, wytwórca jest nadal uważany za uznanego, pod warunkiem że porozumienie dotyczące terminu przeprowadzenia tej inspekcji zostało zawarte przed upływem ważności *Świadectwa uznania*. W takim przypadku, po przeprowadzeniu inspekcji odnowieniowej zakończonej wynikiem pozytywnym, PRS przedłuża ważność *Świadectwa uznania*, licząc okres ważności tego *Świadectwa* od daty upływu okresu ważności poprzedniego uznania.

## 7 Unieważnienie uznania

PRS może unieważnić uznanie w przypadku stwierdzenia:

**.1** uszkodzenia w produkcji, mającego wpływ na jakość wyrobu,
**.2** niezgodności wyrobu, ujawnionej podczas wytwarzania lub budowy,
**.3** nieprawidłowego funkcjonowania systemu kontroli jakości u wytwórcy,
**.4** zmian wprowadzonych przez wytwórcę bez uprzedniej zgody PRS, powodujących przekroczenie zakresu określonego w *Świadectwie uznania*,
**.5** poważnych niezgodności (wykrytych podczas badania wyrobów).

**Załącznik B**

# Procedura uznawania wytwórni stali kadłubowych przeznaczonych do spawania z wysokim ciepłem wprowadzonym

## 1 Zakres

W niniejszym *Załączniku* opisano procedurę uznawania wytwórni w celu potwierdzenia spawalności stali kadłubowych o zwykłej wytrzymałości i o podwyższonej wytrzymałości, przeznaczonych do spawania z wysokimi wartościami ciepła wprowadzonego (powyżej 50 kJ/cm).

Procedura potwierdzania spawalności powinna być stosowana według uznania wytwórcy i jest uzasadniona w razie potrzeby potwierdzenia, że stal ma zadowalającą spawalność przy wysokim cieple wprowadzonym spawania.

Spełnienie wymagań niniejszego *Załącznika* stanowi podstawę do uznania wytwórni wytwarzających kategorie stali o określonym składzie chemicznym oraz o specjalnej technologii wytwarzania i przetwarzania stali.

Niniejsza procedura nie ma zastosowania do kwalifikowania technologii spawania stosowanych przez wytwórnie konstrukcji spawanych.

## 2 Wniosek o uznanie

Wytwórca zainteresowany uznaniem powinien wystosować do PRS wniosek o uznanie, proponowany program badań uznaniowych (patrz podrozdział 3.2) oraz następujące dokumenty:

**.1** opis wyrobów podlegających uznaniu;
- kategoria,
- zakres grubości,
- metoda odtlenienia,
- metoda rozdrobnienia ziarna,
- zakres składu chemicznego,
- maksymalne wartości CEV i $P_{cm}$,
- statystyka wyników badań własności mechanicznych z dotychczasowej produkcji wyrobów (wyniki próby rozciągania i wyniki próby udarności Charpy V),

**.2** wykaz punktów kontrolnych wytwarzania, zapobiegających pogorszeniu ciągliwości SWC, gdy spawanie odbywa się z wysokimi wartościami ciepła wprowadzonego. Odnosi się to do kontroli składu chemicznego, procesu stalowniczego, walcowania, obróbki cieplnej, itp.;

**.3** wykaz punktów kontrolnych spawania, odnoszących się do poprawy własności wytrzymałościowych i ciągliwości złączy.

## 3 Próby

### 3.1 Zakres prób uznaniowych

Jeżeli nie uzgodniono z PRS inaczej, to próby uznaniowe dla uznawanej kategorii stali odbywają się wg następujących zasad:

**.1** próby uznaniowe dla najwyższej i najniższej odmiany plastyczności obejmują też pośrednie odmiany plastyczności;

**.2** próby uznaniowe dla stali o zwykłej wytrzymałości obejmują tylko ten poziom wytrzymałości;

**.3** próby uznaniowe dla jednego poziomu wytrzymałości stali o podwyższonej wytrzymałości obejmują tylko ten i niższy poziom wytrzymałości;

**.4** próby mogą być prowadzone oddzielnie przy zachowaniu tych samych procesów wytwarzania;

**.5** wyniki prób uznaniowych przeprowadzonych pod nadzorem innej instytucji klasyfikacyjnej mogą być zaakceptowane przez PRS po odrębnym rozpatrzeniu.

### 3.2 Program prób spawalności

Próby spawalności są wymagane dla blach i powinny być przeprowadzone zgodnie z wymaganiami podrozdziału 2.12 z *Części IX* przy uwzględnieniu wymagań niniejszego Załącznika.

Zakres programu prób przedstawiony jest w podrozdziale 3.5. Może on być zmodyfikowany zależnie od zakresu uznania. Dodatkowe złącza próbne i/lub badania mogą być wymagane szczególnie w przypadku nowych gatunków stali, nowych materiałów dodatkowych, nowych metod spawania lub gdy PRS uzna to za konieczne.

Gdy zakres prób różni się od tych podanych w podrozdziale 3.5, wówczas program prób należy przed rozpoczęciem badań uzgodnić z PRS.

### 3.3 Płyty próbne

Blachy podlegające badaniu powinny być wytwarzane według technologii uznanej przez PRS, zgodnie z wymaganiami *Załącznika A* z *Części IX*.

Dla każdego rodzaju technologii wytwarzania powinny być wybrane dwie blachy do badań o różnych grubościach. Grubsza (o grubości $t$) i cieńsza (o grubości równej $t/2$ lub mniejszej) blacha powinny być zaproponowane przez wytwórcę.

Niewielkie zmiany w technologii wytwarzania (np. w procesie TM) mogą być zaakceptowane bez badań, według uznania PRS.

### 3.4 Złącza próbne

Powinno być przygotowane jedno doczołowe złącze spawane ze spoiną usytuowaną poprzecznie do kierunku walcowania blachy. Ciepło wprowadzone podczas jego spawania powinno mieć wartość powyżej 50 kJ/cm.

Wymiary złącza spawanego powinny być wystarczająco duże, aby było możliwe pobranie wszystkich próbek wymaganych do badań wyszczególnionych w podrozdziale 3.5.

Technologia spawania powinna być, o ile to możliwe, zgodna z normalną praktyką spawalniczą dla rozpatrywanej kategorii stali, stosowaną w stoczniach.

W sprawozdaniu z prób powinny znaleźć się informacje określające: proces spawania, pozycję spawania, materiały dodatkowe (wytwórca, gatunek, kategoria, średnica, gaz ochronny), parametry spawania, sposób ukosowania, ciepło wprowadzone, temperaturę podgrzewania wstępnego, temperaturę ściegów pośrednich, liczbę ściegów itp.

### 3.5 Kontrole i badania złączy próbnych

Złącza próbne powinny być skontrolowane i zbadane zgodnie z poniższymi podpunktami .1 ÷ .8, chyba że uzgodniono z PRS inny zakres badań.

**.1** ***Kontrola wizualna***

Cała powierzchnia złącza powinna być jednorodna i wolna od niezgodności takich jak pęknięcia, podtopienia, wycieki, itp.

**.2** ***Badania makroskopowe***

Należy wykonać jedną reprezentatywną makrofotografię poprzecznego przekroju złącza spawanego w celu udokumentowania braku takich niezgodności spawalniczych, jak na przykład pęknięcia, wadliwy przetop, brak wtopienia itp.

**.3** ***Badania mikroskopowe***

Należy wykonać mikrofotografie (przy powiększeniu 100×) poprzecznego przekroju złącza, wzdłuż linii przechodzącej przez środek grubości próbki, w następujących miejscach:
- w środku spoiny,
- w linii wtopienia

oraz w odległościach 2, 5, 10 i co najmniej > 20 mm od linii wtopienia. Wyniki badań mają jedynie charakter informacyjny.

**.4** ***Badanie twardości***

Wzdłuż dwóch linii poprowadzonych na przekroju poprzecznym złącza, odległych o 1 mm poniżej powierzchni blachy, od strony lica i grani spoiny, należy wykonać pomiary twardości. Odciski HV5 powinny być wykonane w osi spoiny, w linii wtopienia oraz co 0,7 mm od linii wtopienia, w kierunku materiału podstawowego (minimum 6 do 7 pomiarów dla każdej SWC). Twardość maksymalna nie może być większa niż 350 HV.

**.5** ***Próba rozciągania złącza spawanego***

Ze złącza próbnego należy pobrać dwie próbki poprzeczne o przekroju prostokątnym do próby rozciągania. Próbki do badań i procedury badań powinny być zgodne z wymaganiami rozdziału 2 w *Części IX*. Wytrzymałość na rozciąganie nie powinna być mniejsza niż minimalna wartość wytrzymałości na rozciąganie, wymagana dla danej kategorii materiału podstawowego.

**.6** ***Próba zginania***

Ze złącza próbnego należy pobrać dwie próbki do próby zginania i poddać je zginaniu na trzpieniu o średnicy równej czterem grubościom próbki. Kąt zgięcia nie powinien być mniejszy niż 120°. Badane próbki powinny odpowiadać wymaganiom rozdziału 2 z *Części IX*. Dla blach o grubości $t \leq 20$ mm należy pobrać po jednej próbce do zginania poprzecznego z rozciąganiem oddzielnie lica i grani spoiny albo dwie próbki poprzeczne do zginania bocznego. Dla blach o grubości $t > 20$ mm należy pobrać dwie próbki poprzeczne do zginania bocznego. Wynik próby uznaje się za pozytywny, jeżeli po zgięciu próbki po stronie rozciąganej nie wystąpią pęknięcia lub inne otwarte wady o długości > 3 mm.

**.7** ***Próba udarności***

Próbki Charpy V do próby udarności (komplet trzech próbek) powinny być pobrane w odległości 2 mm od powierzchni blachy, od strony lica spoiny, z karbem naciętym prostopadle do powierzchni blachy.

Jeden komplet próbek poprzecznych do spoiny powinien być pobrany z karbem umieszczonym w linii wtopienia oraz w odległościach odpowiednio 2, 5 i minimum 20 mm od linii wtopienia. Linia wtopienia powinna być zidentyfikowana przez trawienie próbek w odpowiednim odczynniku.

Temperatury próby powinny odpowiadać temperaturom przewidzianym dla badanej kategorii stali.

Dla blach o grubości większej niż 50 mm, a w przypadku spawania jednostronnego dla blach o grubości większej niż 20 mm, należy pobrać jeden dodatkowy komplet próbek, od strony grani spoiny, z karbem usytuowanym w takich samych miejscach jak dla próbek pobranych od strony lica spoiny.

Średnia wartość pracy łamania w wymaganej temperaturze badania powinna odpowiadać wymaganiom podanym w tabelach 3.6.2-1 i 3.6.2-2 rozdziału 3 z *Części IX*, w zależności od kategorii stali i grubości. Jedna z trzech uzyskanych wartości może być mniejsza od wartości wymaganej, lecz nie więcej niż o 30%.

PRS może wymagać, według swojego uznania, dodatkowych badań w różnych temperaturach prób, w celu określenia temperaturowej krzywej przejścia w stan kruchy i procentowego udziału przełomu kruchego.

**.8** ***Inne badania***

PRS może wymagać, według swojego uznania, dodatkowych badań, takich jak: próba rozciągania próbek szerokich, próba rozciągania materiału SWC, próba skłonności do pęknięć na zimno (CTS, Cruciform, Implant, Tekken, Bead-on plate), CTOD lub innych (patrz podrozdział 3.2).

## 4 Wyniki

Wytwórca powinien dostarczyć do PRS kompletne sprawozdanie z badań, zawierające wszystkie wyniki i wymagane informacje związane z badaniami potwierdzającymi, wyszczególnionymi w rozdziale 3.

PRS dokonuje przeglądu i oceny sprawozdania z badań zgodnie z procedurą potwierdzenia spawalności.

## 5 Uznanie

Po zadowalającej ocenie sprawozdania z badań PRS wydaje *Świadectwo uznania*.

W *Świadectwie uznania* PRS umieszcza następujące informacje:

**.1** nazwa wytwórni,
**.2** oznaczenie kategorii stali z zapisem dopuszczalnej wartości ciepła wprowadzonego (patrz rozdział 6),
**.3** metoda odtlenienia,
**.4** metoda rozdrobnienia ziarna,
**.5** stan dostawy,
**.6** badane grubości blach,
**.7** proces spawania,
**.8** materiały dodatkowe (wytwórca, gatunek, kategoria),
**.9** zastosowane wartości ciepła wprowadzonego.

## 6 Oznaczenie kategorii

Przy wydaniu *Świadectwa uznania* obowiązuje zasada, że do oznaczenia kategorii uznawanej stali jest dodawana dopuszczalna wartość ciepła wprowadzonego np. EH36-W300 (w tym przypadku wartość dopuszczalna ciepła wprowadzonego jest równa 300 kJ/cm). Wartość ta jest nie mniejsza niż 50 i kończy się cyfrą 0.

**Załącznik C**

## Procedura uznawania wytwórni stali przeznaczonych do stosowania jako alternatywny sposób zabezpieczenia przed korozją zbiorników ładunkowych zbiornikowców olejowych

### 1 Postanowienia ogólne

**1.1** W niniejszym załączniku opisano procedurę uznawania na podstawie badań korozyjnych wytwórni stali kadłubowych o ulepszonej odporności na korozję.

**1.2** Uznanie należy przeprowadzić zgodnie z wymaganiami Załączników A1 i A2 z uwzględnieniem wymagań dotyczących badań korozyjnych zawartych w niniejszym Załączniku.

**1.3** Metoda badania i kryteria oceny powinny być zgodne z Dodatkiem do załącznika do wydanej przez IMO rezolucji MSC.289(87) *Performance Standard for Alternative Means of Corrosion Protection for Cargo Oil Tanks of Crude Oil Tankers*.

### 2 Wniosek

Wniosek o uznanie powinien zawierać następujące informacje:
- program badań korozyjnych oraz opis aparatury badawczej i środowiska próby,
- informacje techniczne związane z kryteriami oceny wyrobu celem potwierdzenia odporności na korozję,
- informacja o wpływie modyfikacji składu chemicznego na odporność na korozję,
- kategorie, nazwy handlowe i maksymalne grubości stali odpornych na korozję podlegających uznaniu; oznaczenia powinny być zgodne z 3.15.5 z *Części IX*,
- procesy spawania oraz nazwy handlowe materiałów dodatkowych do spawania stosowanych w trakcie procedury uznaniowej.

### 3 Program badań korozyjnych

**3.1** Wytwórnia powinna przedstawić program badań korozyjnych, który podlega uzgodnieniu przez PRS przed przystąpieniem do badań. PRS określa badania, w których wymagany jest bezpośredni nadzór inspektora PRS.

**3.2** Wybór próbek do badań powinien spełniać następujące wymagania**:**

**.1** Liczba próbek powinna być zgodna z wymaganiami Dodatku do Załącznika wydanej przez IMO rezolucji MSC.289(87).

**.2** Liczba badanych wytopów i pobranych z nich próbek powinna być wystarczająca, aby potwierdzić prawidłowy wpływ oraz zakres zawartości (górny i dolny limit) pierwiastków, które są dodawane w celu poprawy własności korozyjnych stali.

**.3** W celu spełnienia wymagania określonego w .2, PRS może wymagać dodatkowych badań.

**Uwaga:** Skład chemiczny stali powinien spełniać wymagania określone dla stali kadłubowych. Dodatek pierwiastków, których zawartość nie została określona, w celu polepszenia odporności na korozję, nie powinien w sumie przekroczyć 1% zawartości.

**3.3** Próby uznaniowe należy przeprowadzić zgodnie z uzgodnionym planem prób w obecności inspektora PRS. Inspektor powinien być także obecny w trakcie identyfikacji próbek.

**3.4** Raport z prób uznaniowych należy przedstawić do PRS. Wyniki prób korozyjnych podlegają ocenie według kryteriów określonych w Dodatku do Załącznika wydanej przez IMO rezolucji MSC.289(87).

**3.5** Na podstawie pozytywnej oceny wyników prób uznaniowych PRS wystawia *Świadectwo uznania*.

**Załącznik D**

# Wymagania dotyczące uznawania wytwórni stali o wysokiej wytrzymałości, przeznaczonych do budowy kadłubów statków do przewozu kontenerów

## 1 Postanowienia ogólne

**1.1** Niniejszy załącznik określa dodatkowe wymagania związane z uznawaniem wytwórni stali wysokiej wytrzymałości kategorii EH47 przeznaczonej do budowy kadłubów statków do przewozu kontenerów.

**1.2** Próbom uznaniowym należy poddać wyrób o największej grubości, pod warunkiem, że skład chemiczny nie ulega zmianie dla całego zakresu uznania**.**

## 2 Zakres prób

### 2.1 Próby materiału podstawowego

#### .1 *Próba udarności*

Próbę udarności należy przeprowadzić zgodnie z 2.6 z *Części IX*.

Jeżeli nie uzgodniono inaczej, odcinki próbne powinny być pobrane z wyrobów z miejsca odpowiadającego głowie wlewka lub, w przypadku odlewania ciągłego, w sposób losowy.

Odcinki próbne należy pobrać z jednego końca, tak aby ich oś znajdowała się pośrodku między osią wyrobu a jego brzegiem. Próbki należy pobrać odpowiednio do głównego kierunku walcowania w miejscach odpowiadających górnej i dolnej powierzchni blachy w następujący sposób:

- próbki wzdłużne – górna i dolna powierzchnia,
- próbki poprzeczne – górna powierzchnia,
- próbki starzone – górna powierzchnia.

Próby należy przeprowadzić na próbkach pobranych z połowy grubości oraz 1/4 grubości blachy.

Próbę należy przeprowadzić na komplecie złożonym z 3 próbek w temperaturze –40°C. W próbie należy określić pracę łamania, wydłużenie próbki oraz rodzaj przełomu.

Warunki starzenia do określenia odporności na starzenie określono w 2.6.4 z *Części IX*.

#### .2 *Badanie mechaniki pękania*

Należy przeprowadzić badanie mechaniki pękania metodą Deep Notch Test lub CTOD (Crack Tip Opening Displacement). Szczegóły przeprowadzenia próby należy uzgodnić z PRS.

#### .3 *Próba Pelliniego*

Należy przeprowadzić próbę Pelliniego (DWT) zgodnie z wymaganiami podrozdziału 2.8 z *Części IX*. W próbie powinna zostać określona temperatura przejścia w stan zerowej plastyczności (NDTT), która może stanowić podstawę uznania metody uznania procesów wytwórczych.

#### .4 *Próba ESSO*

Należy przeprowadzić próbę ESSO lub równoważną (np. Double Tension Test) w celu określenia odporności na kruche pękanie.

## 2.2 Próby spawalności

### .1 *Próba udarności*

Próbki do próby udarności należy pobierać w odległości 1/4 grubości blachy od lica spoiny z karbem prostopadłym do powierzchni blachy.

Należy pobrać komplet trzech próbek Charpy V, poprzecznych do spoiny, z karbem nacięty m w linii wtopienia oraz w odległościach odpowiednio 2, 5 i minimum 20 mm od linii wtopienia. Linia wtopienia powinna być ujawniona poprzez trawienie próbki. Dodatkowo należy pobrać jeden komplet próbek od strony grani spoiny z karbem umieszczonym w takiej samej orientacji i w takiej samej odległości jak dla próbek od strony lica.

Próbę należy przeprowadzić w temperaturze –40°C.

### .2 *Próba odporności na pękanie wodorowe*

Próbę należy przeprowadzić zgodnie z normą krajową lub międzynarodową, uzgodnioną z PRS.

### .3 *Badanie mechaniki pękania*

Należy przeprowadzić próbę CTOD lub Deep Notch Test w celu określenia mechaniki pękania.

**Załącznik E**

# Procedura uznawania wytwórni stali o wysokiej wytrzymałości na konstrukcje spawane

## 1 Zakres

Załącznik E przedstawia (jak określono w punkcie 4.2.1 niniejszej *Części*), procedurę uznawania procesu wytwarzania stali wysokiej wytrzymałości na konstrukcje spawane.

Wszystkie materiały powinny być wyprodukowane w zakładach, które zostały uznane przez PRS w zakresie typu, stanu dostawy, gatunku oraz grubości dostarczanej stali. Próby uznaniowe mają na celu udowodnienie przydatności każdej kategorii do kształtowania i spawania.

Procedura uznania wytwórni obowiązuje w zakresie weryfikacji zdolności producenta do dostarczania wyrobów o odpowiedniej i stabilnej jakości w ramach skutecznego procesu oraz działania środków kontroli produkcji, włącznie z programowanym walcowaniem, co jest wymagane w punkcie 4.2.2 niniejszej *Części* Przepisów.

## 2 Wniosek o uznanie

### 2.1 Wymagane dokumenty

Producent powinien przedstawić PRS wniosek o uznanie, proponowany program prób uznaniowych (patrz podrozdział 3.1) oraz następujące informacje:

**.1** nazwę i adres producenta, lokalizację wytwórni, ogólne dane dotyczące doświadczenia, zakresu produkcji, szacowanej ogólnej produkcji rocznej wyrobów gotowych;

**.2** działania organizacji oraz system zarządzania jakością:
- schemat organizacyjny,
- pracownicy odpowiedzialni za proces produkcji,
- pracownicy i organizacja działu kontroli jakości,
- kwalifikacje personelu wykonującego działania związane z jakością wyrobów,
- certyfikacja systemu zarządzania jakością (jeśli został ustanowiony),
- *Świadectwa uznania* wydane przez inne towarzystwa klasyfikacyjne;

**.3** wyposażenie produkcyjne:
- schemat procesu produkcyjnego,
- pochodzenie i przechowywanie surowców,
- przechowywanie wyrobów gotowych,
- wyposażenie do bieżącej kontroli podczas wytwarzania;

**.4** szczegóły dotyczące wyposażenia kontroli jakości, w szczególności:
- szczegóły dotyczące systemu stosowanego do identyfikacji materiałów na rożnych etapach wytwarzania,
- wyposażenie do prób mechanicznych, analiz chemicznych, badań metalograficznych oraz właściwych procedur kalibracji,
- wyposażenie do badań nieniszczących,
- wykaz procedur kontroli jakości oraz systemu zarządzania jakością;

**.5** typy wyrobów (blachy, kształtowniki, pręty, rury), ich stan dostawy, kategorie stali, zakresy grubości oraz oczekiwane właściwości materiałów, jak niżej:
- skład chemiczny oraz analiza pierwiastków rozdrabniających ziarno, wiążących azot, mikrostopowych oraz resztkowych dla różnych kategorii stali; w przypadku gdy skład chemiczny zależy od grubości oraz stanu dostawy należy podać odpowiednio różne zakresy,
- jeśli podczas procesu wytwarzania stali użyto Zr, Ca oraz metali ziem rzadkich do rozdrabniania ziarna lub modyfikacji wtrąceń, zawartość tych elementów powinna być podana w specyfikacji wytwarzania,
- zakładane wartości równoważnika węgla zgodnie z paragrafem 4.4.3 niniejszej *Części*,

– statystyki z produkcji dotyczące składu chemicznego oraz właściwości mechanicznych ($R_e$, $R_m$, $A$ oraz $KV$), które wykażą zdolność zakładu do produkcji wyrobów stalowych zgodnie z wymaganiami niniejszej *Części*;

**.6** proces wytwarzania stali:
– proces wytapiania stali i pojemność pieca (pieców) lub konwertora (konwertorów),
– stosowane surowce,
– metody odtleniania, rozdrabniania ziarna, wiązania azotu oraz wprowadzania dodatków stopowych,
– instalacje do odsiarczania, odwodorowania, przetwarzania siarczków, obróbki kadziowej oraz odgazowania próżniowego, jeśli są,
– metody odlewania stosowane przez wytwórnię: wlewki lub odlewanie ciągłe. W przypadku odlewania ciągłego: informacje dotyczące typu urządzenia do odlewania, technologia odlewania, metody zapobiegania ponownemu utlenianiu, kontrola wtrąceń i segregacji, zastosowanie elektromagnetycznego mieszania kąpieli, rafinacja wstępna itp. (jeśli takie metody postępowania/kontroli mają zastosowanie),
– metody kontroli szybkości chłodzenia odlewania/krzepnięcia,
– wymiary i masa wlewków lub slabów,
– obróbka wlewków lub slabów; procedury oczyszczania płomieniowego i złomowania;

**.7** ponowne nagrzewanie i walcowanie;
– typ pieca i parametry obróbki,
– walcowanie: stopień przewalcowania kęsisk płaskich/kęsisk kwadratowych/kęsów (dla osiągnięcia końcowej grubości wyrobów), temperatury walcowania i wykańczania,
– obróbka usuwania zgorzeliny podczas walcowania,
– przepustowość klatek walcowniczych;

**.8** obróbka cieplna;
– typy pieców, parametry obróbki cieplnej i ich odpowiednia rejestracja,
– dokładność i sprawdzanie urządzeń kontrolujących temperaturę;
– temperatura austenityzacji, temperatura rekrystalizacji oraz temperatura $A_{r3}$ oraz metody określania parametrów,
– opis procesu hartowania i odpuszczania;

**.9** programowane walcowanie: dla wyrobów dostarczonych w stanie dostawy po regulowanym walcowaniu (CR) lub walcowaniu termomechanicznym (TM) powinny być podane następujące informacje dodatkowe dotyczące planu programowanego walcowania:
– opis technologii walcowania,
– temperatury austenityzacji, rekrystalizacji, $A_{r3}$ oraz metody ich określania,
– normatywy kontroli typowych parametrów walcowania używane dla różnych grubości i kategorii stali (temperatury oraz grubości początku i końca przejść, przerwa między przejściami, stopień przewalcowania, zakres temperatur i szybkość chłodzenia podczas przyśpieszonego chłodzenia – jeżeli ma miejsce) oraz zastosowane metody kontroli,
– wzorcowanie wyposażenia kontrolującego;

**.10** zalecenia dotyczące obróbki i spawania, szczególnie gdy wyroby są dostarczane w stanach dostawy NR lub TM:
– zalecenia dotyczące obróbki plastycznej na zimno lub na gorąco, jeżeli przy normalnej praktyce stosowanej w stoczniach lub zakładach produkcyjnych zalecenia takie są potrzebne,
– minimalne i maksymalne ciepło wprowadzone oraz zalecana temperatura podgrzewania wstępnego/ściegów pośrednich;

**.11** dodatkowe informacje dotyczące procesu wytwarzania, w przypadku gdy którakolwiek z jego części została zlecona innej firmie lub zakładowi produkcyjnemu;

**.12** dokumentacja badań uznaniowych przeprowadzonych pod nadzorem innych instytucji klasyfikacyjnych.

### 2.2 Dokumenty wymagane do zmiany warunków uznania

W następujących przypadkach:

**.1** zmiana procesu produkcyjnego (proces wytapiania, odlewanie, walcowanie i obróbka cieplna),
**.2** zmiana maksymalnych grubości (wymiarów),
**.3** zmiana składu chemicznego, dodatków stopowych, itp.,
**.4** podzlecenie walcowania, obróbki cieplnej, itp.,
**.5** zastosowanie kęsisk płaskich/kęsisk kwadratowych/kęsów wyprodukowanych przez innych producentów, którzy nie posiadają uznania PRS.

wytwórca powinien wraz z wymaganymi dokumentami, określonymi w podrozdziale 2.1, dostarczyć do PRS wniosek o zmianę warunków uznania.

Jeżeli dokumenty takie, w całości lub w części, zostały już wcześniej dostarczone do PRS przy poprzednim uznawaniu danego produktu, to ponowne dostarczenie tych dokumentów nie jest wymagane, z wyjątkiem programu prób uznaniowych (patrz podrozdział 3.1).

## 3 Próby uznaniowe

### 3.1 Zakres prób uznaniowych

**3.1.1** Zakres prób uznaniowych wyszczególniony jest w podrozdziałach 3.6 i 3.7. Zakres ten może podlegać modyfikacji na podstawie wstępnych informacji dostarczonych przez wytwórcę.

Dotyczy to w szczególności zmniejszenia wymaganej liczby wytopów, grubości blach i kategorii stali podlegających badaniu lub całkowitej rezygnacji z prób uznaniowych. PRS może wyrazić na to zgodę w następujących przypadkach:

**.1** na podstawie już przyznanego uznania przez inną instytucję klasyfikacyjną oraz dokumentacji z prób uznaniowych przeprowadzonych pod jej nadzorem,
**.2** gdy dostępne są długoterminowe wyniki badań statystycznych dotyczących składu chemicznego i własności mechanicznych wyrobów walcowanych ze stali podlegającej uznaniu.

Z drugiej zaś strony, w przypadku nowych rodzajów stali lub nowych technologii wytwarzania, może być wymagane zwiększenie liczby badanych wytopów i zwiększenie grubości wyrobów podlegających badaniom.

**3.1.2** W przypadku kęsów od różnych dostawców lub zmiany dostawcy, wymagane jest aby producent stali walcowanej uzyskał zatwierdzenie procesu produkcyjnego stali walcowanej przy użyciu kęsów od każdego z dostawców kęsów i przeprowadził próby zatwierdzające zgodnie z 3.6 oraz 3.7. Zmniejszenie zakresu lub zwolnienie z prób zatwierdzających może być rozpatrzone przez PRS, z uwzględnieniem poprzedniego zatwierdzenia, w następujących przypadkach:

**.1** producent stali walcowanej posiada już zatwierdzenie swojego procesu produkcyjnego z użyciem innych półproduktów posiadających tą samą grubość, kategorię stali, elementy rozdrabniające ziarno oraz mikrostopowe, proces wytopu oraz odlewania.
**.2** producent półproduktu posiada zatwierdzenie całego procesu produkcyjnego dla tych samych warunków (wytop, odlewanie, walcowanie oraz obróbka cieplna) dla tych samych kategorii stali.

### 3.2 Program prób uznaniowych

Gdy zakres badań proponowany przez wytwórcę odbiega od zakresu określonego w podrozdziałach 3.6 i 3.7, wówczas program prób uznaniowych należy przed rozpoczęciem badań uzgodnić z PRS.

### 3.3 Nadzór nad próbami uznaniowymi

Próby uznaniowe powinny być przeprowadzone pod nadzorem inspektora PRS w wytwórni. Inspektor PRS nadzorujący próby uznaniowe ma prawo do przeprowadzenia inspekcji wytwórni w trakcie procesu wytwarzania. Jeżeli wytwórnia nie dysponuje wyposażeniem niezbędnym do przeprowadzenia badań, to badania powinny być przeprowadzone w uznanym laboratorium.

### 3.4 Wybór wyrobów do badań

Dla każdego rodzaju stali, dla każdego procesu wytwarzania (np. wytapiania, odlewania, walcowania oraz stanu dostawy) i dla każdego rodzaju wyrobu próbom należy poddać wyrób o największej wnioskowanej grubości (wymiarze).

Dodatkowo, w przypadku pierwszego uznania, PRS może wymagać wyboru jednego wyrobu o przeciętnej grubości.

Wyboru wytopów do prób wyrobów dokonuje się w oparciu o typowy skład chemiczny, ze szczególnym uwzględnieniem określonych wartości CEV, CET, $P_{cm}$ i dodatków stopowych rozdrabniających ziarno.

### 3.5 Położenie odcinków próbnych

Jeżeli nie uzgodniono inaczej, odcinki próbne powinny być pobrane z wyrobów (blacha, płaskownik, kształtownik, pręt i element rurowy) z miejsca odpowiadającego głowie wlewka lub, w przypadku odlewania ciągłego, w sposób losowy.

Położenie odcinków próbnych powinno być zgodne z wymaganiami punktu 3.9.3 niniejszej *Części*. Pojęcie „wyrób próbny” zostało określone w punkcie 3.9.1 niniejszej *Części*, zaś kierunek próbek w odniesieniu do końcowego kierunku walcowania materiału, powinien być zgodny z Tabelą 3.6.1 niniejszego Załącznika.

Położenie odcinków próbnych do próby rozciągania oraz próby udarności Charpy w odniesieniu do grubości blachy powinno być zgodne z paragrafem 3.6.2 Załącznika A2.

### 3.6 Badania materiału podstawowego

#### 3.6.1 Rodzaje badań

Badania powinny być przeprowadzone zgodnie z zaleceniami pokazanymi w tabeli 3.6.1.

**Tabela 3.6.1**
**Badania materiału podstawowego**

| Rodzaj badania | Położenie odcinków próbnych i kierunek badanych próbek [1)] | Uwagi |
|---|---|---|
| Badanie składu chemicznego [1)] | Górna powierzchnia | Należy podać zawartość C, Mn, Si, P, S, Ni, Cr, Mo, Al, N, Nb, V, Ti, B, Zr, Cu, As, Sn, Bi, Pb, Ca, Sb, O, H<br>Obliczenie CEV/CET<br>Obliczenie $P_{cm}$ , jeśli ma zastosowanie |
| Próba Baumanna (siarkowa) | Górna powierzchnia | Odbitkę [2)] należy pobrać z krawędzi blachy prostopadłej do osi wlewka lub kęsiska płaskiego. Odbitki te powinny być długości ok. 600 mm i pobrane ze środka wybranej krawędzi, tzn. na osi środkowej wlewka, i powinny obejmować pełną grubość blachy. |

| Rodzaj badania | Położenie odcinków próbnych i kierunek badanych próbek [1] | Uwagi |
|---|---|---|
| Badanie mikrostruktury [3] | Górna powierzchnia | a) Określanie wielkości ziarna. Należy określić wielkość ziarna ferrytu i/lub austenitu pierwotnego;<br>b) Wszystkie fotografie mikrostruktury powinny być wykonane przy powiększeniu 100× oraz 500×;<br>c) Zawartość wtrąceń niemetalicznych/czystość: Producent powinien kontrolować poziom wtrąceń niemetalicznych oraz ilość, wielkość i rozkład zanieczyszczeń. Zastosowanie mają normy dotyczące metod badań mikrostruktury ISO 4967 lub równoważne. Producent może stosować alternatywne metody wykazywania wtrąceń niemetalicznych i zanieczyszczeń. |
| Próba rozciągania | Górna i dolna powierzchnia, próbki wzdłużne i poprzeczne | Należy podać wartości $R_e$, $R_m$, $A$, $Z$ oraz stosunek $R_e/R_m$ . |
| Próby udarności [3], próbki niepoddane starzeniu kategorii [4] | Górna i dolna powierzchnia, próbki wzdłużne i poprzeczne | Temperatura próby [°C] |
| AH420÷AH960 | | +20 / 0 / –20 / |
| DH420÷DH960 | | 0 / –20 / –40 / |
| EH420÷EH960 | | 0 / –20 / –40 / –60 |
| FH420÷FH690 | | -20 / -40 / –60 / –80 |
| Próby udarności [3] próbki poddane starzeniu [4,5] | Górna powierzchnia – próbki wzdłużne i poprzeczne | Temperatura próby [°C] |
| AH420÷AH960 | | +20 / 0 / –20 / |
| DH420÷DH960 | | 0 / –20 / –40 / |
| EH420÷EH960 | | 0 / –20 / –40 / –60 |
| FH420÷FH690 | | –20 / –40 / –60 / –80 |
| Próba Pelliniego (DWT) [6] | Górna powierzchnia | Należy określić temperaturę przejścia w stan zerowej plastyczności (NDTT) i wykonać zdjęcia próbek i załączyć je do sprawozdania z badań. |
| Próba rozciągania w kierunku grubości | Górna i dolna powierzchnia | Tyko dla kategorii z ulepszonymi własnościami w kierunku grubości |
| Próba spawalności [7] | | |
| a) Doczołowe złącze próbne spawane | Górna powierzchnia | Próba poprzecznego rozciągania spoiny, próba udarności Charpy na metalu spoiny, linia wtopienia (FL), FL+2 mm, FL+5 mm, FL+20 mm, badanie makrostruktury i inspekcja twardości, CTOD przy –10°C w strefie gruboziarnistej wpływu ciepła. |
| b) Doczołowe złącze próbne, obróbka cieplna po spawaniu, jeśli ma zastosowanie | Górna powierzchnia | |
| c) Próba pękania spoiny Y (próba wodorowa) | Górna powierzchnia | |

[1] Oprócz analizy chemicznej wyrobu wymagana jest analiza wytopowa. Materiał do analizy wyrobu powinien być pobrany z próbki do próby rozciągania. Odchylenia wyników analizy wyrobu od analizy wytopowej powinny być dopuszczalne zgodnie z wartościami granicznymi podanymi w specyfikacji producenta.

[2] Inne próby niż próba siarkowa służące badaniu segregacji mogą być zastosowane po akceptacji przez PRS.

[3] Dla każdej próby udarności wymagany jest jeden komplet próbek Charpy V, składający się z trzech próbek.

[4] Oprócz pracy łamania należy określić wydłużenie próbki oraz rodzaj przełomu.

[5] Odkształcenie 5% + 1 godz w 250°C. Do próby starzenia należy wybrać najgrubszą blachę.

[6] Wymagane tylko dla blach.

[7] Do badania spawalności należy wybrać blachę o największej grubości.

### 3.6.2 Próbki do badań i procedura badań

Próbki do badań i procedury badań powinny być zgodne z wymaganiami rozdziału 2 z niniejszej *Części Przepisów*.

### 3.6.3 Inne próby

W przypadku nowo opracowanych gatunków stali nieobjętych zakresem rozdziału 3 niniejszej *Części*, PRS może wymagać prób dodatkowych, takich jak próba CTOD, badanie odporności na pękanie na próbkach wielkogabarytowych (Double Tension Test, próba ESSO, Deep Notch Test itp.) lub innych.

## 3.7 Badania spawalności

### 3.7.1 Zakres badań

**3.7.1.1** W przypadku stali o poziomie wytrzymałości 420, 460, 500 MPa badania spawalności należy przeprowadzać na odcinkach próbnych z blach o największej grubości. Badania stali wyższych kategorii mogą obejmować kategorie o niższej wytrzymałości i udarności.

Wymagane jest następujące przygotowanie do badań:

**.1** wykonanie jednego doczołowego złącza próbnego spawanego, z ciepłem wprowadzonym równym w przybliżeniu 15 kJ/cm,

**.2** wykonanie jednego doczołowego złącza próbnego spawanego, z ciepłem wprowadzonym równym w przybliżeniu 50 kJ/cm, dla stali w stanie dostawy N/NR oraz TM i 35 ± 3.5 kJ/cm dla stali w stanie dostawy QT.

**.3** wykonanie jednego doczołowego złącza próbnego spawanego z tym samym ciepłem wprowadzonym jak w .2 z obróbką cieplną po spawaniu,

**.4** jeśli stal jest przeznaczona do procesów spawania z duża ilością ciepła wprowadzonego, należy dodatkowo poddać próbie jedno doczołowe złącze próbne w stanie surowym oraz jedno złącze doczołowe w stanie PWHT, z których oba są spawane z maksymalną podlegającą uznaniu ilością ciepła wprowadzonego.

**3.7.1.2** W przypadku stali o wytrzymałości 550, 620, 690, 890 oraz 960 MPa, badania spawalności należy przeprowadzać na odcinkach próbnych z blach o największej grubości o najwyższym poziomie udarności dla każdego poziomu wytrzymałości. Jeśli skład chemiczny wyższej kategorii jest reprezentatywny dla kategorii niższej, wymagania dotyczące prób niższych kategorii stali mogą zostać złagodzone według uznania PRS.

Do badań należy przygotować:

**.1** jedno doczołowe złącze próbne spawane z ciepłem wprowadzonym równym 10±2 kJ/cm, w stanie surowym,

**.2** jedno doczołowe złącze próbne spawane z maksymalnym ciepłem wprowadzonym proponowanym przez producenta, w stanie surowym; maksymalne dopuszczalne ciepło wprowadzone powinno być podane w *Świadectwie uznania*,

**.3** w przypadku gdy producent wnioskuje o uznanie dla stanu PWHT (obróbka cieplna po spawaniu), należy wykonać dodatkowo jedno doczołowe złącze próbne spawane z maksymalnym wprowadzonym ciepłem proponowanym przez producenta tak jak w .2, z obróbką cieplną po spawaniu.

### 3.7.2 Przygotowanie i spawanie złączy próbnych

Doczołowe złącza próbne blach w stanie dostawy N/NR powinny być przygotowane ze spoiną usytuowaną poprzecznie do kierunku walcowania blachy, tak aby próbki do próby udarności były próbkami wzdłużnymi.

Doczołowe złącza próbne blach w stanie dostawy TM/TM+AcC/TM+DQ oraz QT powinny być przygotowane ze spoiną usytuowaną równolegle do kierunku walcowania blachy.

Doczołowe złącza próbne blach wyrobów długich, kształtowników oraz bezszwowych elementów rurowych w dowolnym stanie dostawy powinny być przygotowane ze spoiną usytuowaną poprzecznie do kierunku walcowania blachy.

Preferowane jest ukosowanie na 1/2V lub na K.

Technologia spawania powinna być, o ile to możliwe, zgodna z normalną praktyką spawalniczą stosowaną w stoczniach dla badanego rodzaju stali.

Sprawozdanie z prób zawierające instrukcję technologiczną spawania (WPS) oraz kopie świadectw materiałów dodatkowych do spawania, które zostały użyte do przygotowania złączy próbnych należy przedstawić PRS do weryfikacji.

### 3.7.3 Technologia obróbki cieplnej po spawaniu

Stale dostarczone w stanie dostawy N/NR lub TM/TM+AcC/TM+DQ powinny być poddane obróbce cieplnej przez czas wynoszący co najmniej 1 godzinę na 25 mm grubości (nie może być krótszy niż 30 minut i nie musi być dłuższy od 150 minut) przy maksymalnej temperaturze wytrzymania 580°C, chyba że zostało to inaczej uzgodnione z PRS.

Stale dostarczone w stanie dostawy QT powinny być poddane obróbce cieplnej przez czas wynoszący co najmniej 1 godzinę na 25 mm grubości (nie może być krótszy niż 30 minut i nie musi być dłuższy od 150 minut) przy maksymalnej temperaturze wytrzymania 550°C i co najmniej 30°C niższej od wcześniejszej temperatury odpuszczania, chyba że zostało to inaczej uzgodnione z PRS.

Ogrzewanie i chłodzenie powyżej 300°C powinno odbywać się w sposób kontrolowany, tak aby ogrzewać/chłodzić materiał równomiernie. Szybkość chłodzenia od maksymalnej temperatury wytrzymania do 300°C nie powinna być mniejsza od 55°C/h.

### 3.7.4 Rodzaje badań

Ze złączy próbnych powinny być pobrane następujące próbki do badań:

**.1** jedna próbka poprzeczna o przekroju prostokątnym do próby rozciągania (1 próbka o pełnej grubości lub próbki o mniejszej szerokości obejmujące przekrój o pełnej grubości);

**.2** komplet trzech próbek Charpy V, poprzecznych do spoiny i wyciętych 1-2 mm poniżej powierzchni, z karbem naciętym w linii wtopienia oraz w odległościach odpowiednio 2, 5 i minimum 20 mm od linii wtopienia. Dodatkowy zestaw 3 próbek z grani wymagany jest do każdej wymienionej wcześniej pozycji, dla grubości blachy $t \geq 50$ mm. Linia wtopienia powinna być oznaczona poprzez trawienie próbek w odpowiednim odczynniku. Temperatura próby powinna odpowiadać temperaturom określonym dla danej kategorii stali;

**.3** próbka do badań twardości HV5 na przekroju złącza. Odciski powinny być wykonane wzdłuż linii odległej o 1-2 mm od powierzchni blachy, od strony lica i grani, w następujący sposób:
- w linii wtopienia,
- w SWC co 0,7 mm od linii wtopienia, w kierunku materiału podstawowego (minimum 6 do 7 odcisków dla każdej SWC).

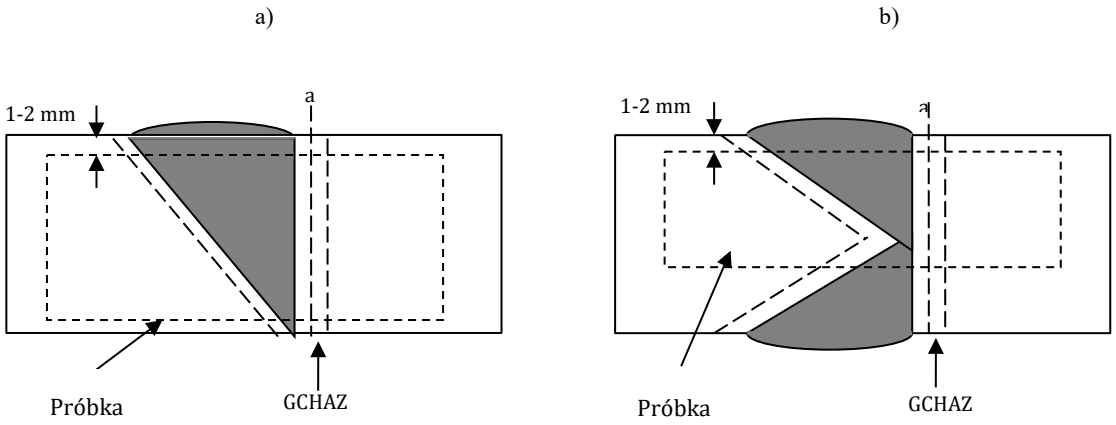
Maksymalna wartość twardości nie może być wyższa niż:
- 350 HV dla stali o poziomie wytrzymałości 420 oraz 460 MPa,
- 420 HV dla stali o poziomie wytrzymałości 500, 550, 620 oraz 690 MPa,
- 450 HV dla stali o poziomie wytrzymałości 890 oraz 960 MPa.

Do sprawozdania z prób należy załączyć szkic złącza spawanego przedstawiający wymiary rowka, liczbę ściegów, odciski twardości razem z makrofotografią poprzecznego przekroju złącza spawanego.

**.4** Próbki CTOD powinny być pobrane z doczołowego złącza próbnego określonego w 3.7.1.1.2 lub 3.7.1.2.2. Próbę CTOD należy wykonać zgodnie z normą EN ISO 15653 lub równoważną:

- w przypadku blachy o grubości do 50 mm dopuszcza się geometrię próbki (B = W). W przypadku blach grubszych od 50 mm, próbki mogą mieć mniejsze wymiary (50 × 50 mm) i powinny one być pobrane w odległości 50 mm od krawędzi powierzchni na szerokości 50 mm. Szczegóły przedstawiono na Rys. 3.7.4-1;
- próbki powinny mieć nacięty karb w kierunku grubości materiału;
- pęknięcie powinno być zlokalizowane w gruboziarnistej części strefy wpływu ciepła (GCHAZ),
- próbki powinny być w stanie surowym lub obrobionym cieplnie po spawaniu, jeśli ma to zastosowanie,
- na każdym złączu doczołowym należy przeprowadzić trzy próby przy temperaturze –10°C.

W przypadku poziomu wytrzymałości 690 MPa i powyżej, odwodorowanie próbek surowych można wykonać poprzez niskotemperaturową obróbkę cieplną, przed próbą CTOD. Zalecana jest temperatura obróbki cieplnej 200°C przez 4 godziny, a dokładne parametry powinny być odnotowane przy wynikach próby CTODt.




Rys. 3.7.4

a) dla blach o grubościach $t \leq 50$ mm, próbki CTOD powinny być pobierane w pełnej grubości
b) dla blach o grubościach $t > 50$ mm, należy pobrać próbki o grubości maks. 50 mm z warstwy podpowierzchniowej.

### 3.7.5 Próba wrażliwości na pękanie

Należy przeprowadzić próbę wrażliwości na pękanie (próba wodorowa) zgodnie z uznaną normą krajową lub międzynarodową, np. GB/T4675 lub JIS Z 3158 dla próby pękania spoiny typu Y. Należy określić minimalną temperaturę podgrzewania wstępnego oraz ustalić zależność tej temperatury od grubości.

### 3.7.6 Inne badania

W przypadku nowo opracowanych gatunków stali nieobjętych zakresem rozdziału 4 z *Części IX*, PRS może wymagać dodatkowych prób.

## 4 Wyniki

Wszystkie wymagane informacje, wymienione w rozdziale 2 niniejszego *Załącznika*, odnoszące się do wyrobów poddanych badaniom, powinny być zebrane przez wytwórcę i umieszczone w sprawozdaniach, które będą zawierać wszystkie wyniki badań oraz zapisy operacji związanych z produkcją stali, odlewaniem, walcowaniem oraz obróbką cieplną badanych wyrobów.

Sprawozdania te należy dostarczyć do PRS. Zależnie od wyników badań w *Świadectwie uznania* mogą być wyszczególnione indywidualne ograniczenia lub warunki badania.

## 5 Uznanie

Po pozytywnym wyniku inspekcji oraz prób uznaniowych PRS wydaje *Świadectwo uznania*.

## 6 Odnowienie uznania

*Świadectwo uznania* wystawiane jest z maksymalnie 3-letnim terminem ważności. Odnowienie uznania może nastąpić na wniosek wytwórni przed upływem terminu ważności uznania po przeprowadzeniu inspekcji potwierdzającej zachowanie warunków uznania.

Jeżeli w okresie ważności uznania wytwórca nie produkował uznanych kategorii wyrobów, PRS może, według własnego uznania, uzależnić przedłużenie uznania od przeprowadzenia badań uznaniowych lub przedłużyć uznanie na podstawie dokonanej przez siebie oceny wyników produkcji wyrobów podobnych kategorii.

Jeżeli z ważnych powodów inspekcja odnowieniowa nie może być przeprowadzona w okresie ważności *Świadectwa uznania*, wytwórca jest nadal uważany za uznanego, pod warunkiem że porozumienie dotyczące terminu przeprowadzenia tej inspekcji zostało zawarte przed upływem terminu ważności *Świadectwa uznania*. W takim przypadku, po przeprowadzeniu inspekcji odnowieniowej zakończonej wynikiem pozytywnym, PRS przedłuża ważność *Świadectwa uznania*, licząc okres ważności tego *Świadectwa* od daty upływu okresu ważności poprzedniego uznania.

## 7 Unieważnienie uznania

PRS może unieważnić uznanie w przypadku stwierdzenia:

**.1** uszkodzenia w produkcji, mającego wpływ na jakość wyrobu,
**.2** niezgodności wyrobu, ujawnionej podczas wytwarzania lub budowy,
**.3** nieprawidłowego funkcjonowania systemu kontroli jakości u wytwórcy,
**.4** zmian wprowadzonych przez wytwórcę bez uprzedniej zgody PRS, powodujących przekroczenie zakresu określonego w *Świadectwie uznania*,
**.5** poważnych niezgodności (wykrytych podczas badania wyrobów).

**Załącznik F**

# Procedura uznawania wytwórni stali YP47

## 1 Zakres

**1.1** W *Załączniku F* opisano (jak podano w p. 3.2.1 tej *Części*) procedurę uznawania procesu wytwarzania stali YP47.

**1.2** Jeśli nie podano inaczej w tym *Załączniku*, należy postępować zgodnie z postanowieniami *Załącznika A2*.

## 2 Próby uznaniowe

### 2.1 Zakres prób uznaniowych

Punkty 3.1.3 i 3.1.4 *Załącznika* A2 nie mają zastosowania do zatwierdzania wytwórcy stali YP47.

Wyroby pobrane do prób powinny reprezentować maksymalną zatwierdzaną grubość. W przypadku gdy docelowy skład chemiczny zmienia się wraz z grubością, należy poddać próbom wyrób o maksymalnej grubości dla każdego określonego składu chemicznego.

### 2.2 Rodzaje prób

#### 2.2.1 Badanie odporności na pękanie

Należy przeprowadzić badanie mechaniki pękania metodą Deep Notch Test lub Crack Tip Opening Displacement (CTOD). Szczegóły przeprowadzenia próby należy uzgodnić z PRS.

#### 2.2.2 Próba spawalności

##### 2.2.2.1 Próba pękania spoiny typu Y (Próba odporności na pękanie wodorowe)

Sposób przeprowadzenia próby powinien być zgodny z uznanymi normami krajowymi, takimi jak ISO 17642-2:2005. Kryteria akceptacji należy uzgodnić z PRS.

##### 2.2.2.2 Badanie odporności na pękanie

Należy przeprowadzić badanie mechaniki pękania metodą Deep Notch Test lub Crack Tip Opening Displacement (CTOD). Szczegóły przeprowadzenia próby oraz jej wyniki należy uzgodnić z PRS.

#### 2.2.3 Inne próby

Oprócz prób opisanych w 2.2.1 oraz 2.2.2 tego Załącznika, należy przeprowadzić próby uznaniowe wymagane dla stali, opisane w Załączniku A2. Wymagane mogą być inne próby według uznania PRS.

**Załącznik G**

# Procedura uznawania wytwórni stali odpornych na kruche pękanie

## 1 Zakres

**1.1** W *Załączniku G* opisano (jak podano w p. 3.2.1 tej *Części*) procedurę uznawania procesu wytwarzania stali odpornych na kruche pękanie.

**1.2** Jeśli nie podano inaczej w tym *Załączniku*, należy postępować zgodnie z postanowieniami *Załącznika A2* i/lub *Załącznika F*.

## 2 Wniosek o uznanie

### 2.1 Wymagane dokumenty

Wytwórca powinien dostarczyć do PRS dokumenty wymagane w Załączniku A2 oraz poniższe dokumenty:

**.1** Sprawozdania z wewnętrznych prób wytwórni dotyczących własności odporności na kruche pękanie stali przeznaczonych do uznania;
**.2** Program prób uznaniowych dotyczących własności odporności na kruche pękanie (patrz 3.1 tego *Załącznika*);
**.3** Procedury prób produkcyjnych dotyczących własności odporności na kruche pękanie.

## 3 Próby uznaniowe

### 3.1 Zakres prób uznaniowych

**3.1.1** Zakres programu prób uznaniowych został podany w p. 3.2, 3.3 oraz 3.4 tego *Załącznika*. W przypadku podobnego procesu wytwarzania oraz mechanizmu zapewniania własności odporności na kruche pękanie uznawanych stali, w odniesieniu do zakresu prób uznaniowych zastosowanie ma punkt 3.1 *Załącznika A2*. W przypadku stali YP47 posiadających własności odporności na kruche pękanie, paragrafy 3.1.3 oraz 3.1.4 Załącznika A2 nie mają zastosowania.

**3.1.2** Wyroby pobrane do prób powinny reprezentować maksymalną zatwierdzaną grubość. W przypadku gdy docelowy skład chemiczny zmienia się wraz z grubością, należy poddać próbom wyrób o maksymalnej grubości dla każdego określonego składu chemicznego.

**3.1.3** Jeśli PRS uzna to za niezbędne, można zwiększyć liczbę odcinków próbnych oraz próbek w oparciu o wewnętrzne sprawozdania z prób dotyczących własności odporności na kruche pękanie uznawanych stali, podanych w p. 2.1.1.

### 3.2 Rodzaje prób

**3.2.1** Oprócz prób uznaniowych opisanych w *Załączniku A2* i/lub *Załączniku F* należy przeprowadzić próby odporności na kruche pękanie zgodnie z p. 3.3 tego *Załącznika*.

**3.2.2** W przypadku wnioskowania o dodatkowe oznaczenie własności odporności na kruche pękanie w odniesieniu do stali YP36, YP40 oraz YP47, których proces wytwarzania został uznany przez PRS (tj. gdy docelowy skład chemiczny oraz sposób wytwarzania są podobne, a proces wytwarzania stali, metoda odtleniania oraz rozdrabniania ziarna, sposób odlewania i stan dostawy są te same), należy wykonać badania odporności na kruche pękanie, analizy chemiczne, próby rozciągania oraz próby udarności Charpy V, zgodnie z tym *Załącznikiem* oraz *Załącznikiem A2*.

### 3.3 Pobieranie próbek oraz procedura prób odporności na kruche pękanie

**3.3.1** Próbki do próby odporności na kruche pękanie powinny być pobierane tak, aby ich oś wzdłużna była równoległa do końcowego kierunku walcowania blach próbnych.

**3.3.2** Kierunek obciążenia przy próbie odporności na kruche pękanie powinien być równoległy do końcowego kierunku walcowania blach próbnych.

**3.3.3** Grubość próbek do próby odporności na kruche pękanie powinna wynosić pełną grubość blach próbnych.

**3.3.4** Próbki oraz próbki powtórne powinny być pobierane z tej samej blachy płyty próbnej. Jeśli własności odporności na kruche pękanie są oceniane przy zastosowaniu wartości $K_{ca}$, a wynik próby odporności na kruche pękanie nie spełnia wymagań, mogą być wykonane dalsze próby odporności na kruche pękanie. W tym przypadku, ocena dotycząca akceptowalności powinna być wykonana przy zastosowaniu wartości odporności na kruche pękanie $K_{ca}$ wszystkich odcinków próbnych (wyniki prób wstępnych, prób niespełniających wymagań oraz prób dodatkowych powinny być włączone do sprawozdania z prób).

**3.3.5** Grubość blachy do prób powinna stanowić maksymalną grubość podlegającą uznaniu.

**3.3.6** W przypadku gdy do oceny odporności na kruche pękanie stosowana jest wartość $K_{ca}$, próba odporności na kruche pękanie powinna być przeprowadzana zgodnie z IACS UR W31 Annex 3. Jeśli do oceny odporności stosowana jest wartość CAT, próba odporności na kruche pękanie powinna być przeprowadzana zgodnie z IACS UR W31 Annex 4.

### 3.4 Inne próby

Oprócz prób opisanych w p. 3.3 tego *Załącznika*, mogą być wymagane dodatkowe próby uznane za niezbędne przez PRS.

## 4 Wyniki

Ocenę wyników prób należy przeprowadzić zgodnie z *Załącznikiem A2.*

Oprócz powyższego, wyniki części składowych prób oraz procedury prób powinny być zgodne z programem prób zatwierdzonym przez PRS. W przypadku gdy do oceny odporności na kruche pękanie stosowane są wartości $K_{ca}$ lub CAT, wytwórnia powinna także przedstawić PRS sprawozdania z prób odporności na kruche pękanie zgodnie z IACS UR W31 Annex 3 dla $K_{ca}$ oraz IACS UR W31 Annex 4 dla CAT.

## 5 Uznanie i certyfikacja

Po pomyślnym zakończeniu inspekcji i prób, PRS wydaje *Świadectwo uznania wytwórni* określające kategorie stali wraz z dodatkowym symbolem “BCA1” lub “BCA2” (np. EH40-BCA1, EH47-BCA1, EH47-BCA2, itp.).

## 6 Odnowienie uznania

Wytwórca powinien dodatkowo przedstawić PRS aktualne zapisy dotyczące procesu wytwarzania uznanych stali odpornych na kruche pękanie, w okresie ważności Świadectwa uznania.

**Uwaga**: Skład chemiczny, własności mechaniczne, własności odporności na kruche pękanie (np. wyniki prób odporności na kruche pękanie lub wyniki alternatywnych prób w małej skali) oraz grubości nominalne należy przedstawić w postaci histogramów lub tabeli statystycznych.

## Lista zmian obowiązujących od 1 lipca 2024

| *Punkt* | *Zakres* | *Źródło* |
|---|---|---|
| 3.16.4.3 | Specyfikacje materiałowe stali odpornych na kruche pękanie | IACS UR W31 Rev. 3 May 2023 |
| 13.1.6.3, 13.1.6.4, 13.1.6.5, 13.1.6.6, 13.1.7.2 | Odlewy stalowe – próby mechaniczne | IACS UR W8 Rev. 4 May 2024 |
| Załącznik F 2.1, 2.2.2.1 | Procedura zatwierdzania dla producenta stali YP47 | IACS UR W31 Rev. 3 May 2023 |
| Załącznik G 3.1.1, 3.1.2, 3.1.3, 3.2.2, 3.3.4 | Procedura zatwierdzania dla producenta stali odpornych na kruche pękanie | IACS UR W31 Rev. 3 May 2023 |