

РЕГІСТР СУДНОПЛАВСТВА УКРАЇНИ

**ПРАВИЛА
КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ
МОРСЬКИХ СУДЕН**

Бюлетень змін і доповнень № 6



Київ 2025

Регістр судноплавства України

Бюлетень змін і доповнень № 6 до Правил класифікації та побудови морських суден видання 2020 року зі змінами, внесеними бюлетенями змін і доповнень №№ 1, 2, 3, 4, та 5 затверджений згідно з діючим положенням і вводиться в дію з 01.01.2026 року.

При підготовці Бюлетеня №6 враховані:

- уніфіковані вимоги МАКТ W7 (Rev.4 Feb 2022), W8 (Rev.3 Mar 2022 + Rev. 4 Mar 2024), W17 (Rev.6 Sep 2021), W23 (Rev. 2 Corr.1), W24 (Rev.4 July 2021), W27 (Corr.1 July 2020+Rev. 3 Sep 2023), W31 (Rev.2 Dec 2019 + Rev.3 Mar 2023), W33 (Dec 2019 + Rev.1 May 2020), W34 (Dec 2019); I2 (Rev.4 Dec 2019);

- резолюції ІМО МЕРС.331(76), МЕРС.358(78); МСC.307(88); МСC.567(109); МСC.97/22 Add.1 Annex 7;

- вимоги ISO 6216:1980; ISO 6217:1982; ДСТУ EN ISO 12944-6, ДСТУ EN ISO 15614-2, ДСТУ EN ISO 9692-1, ДСТУ EN ISO 25239-3, ДСТУ EN ISO 26239-5, ДСТУ EN ISO 5817, ДСТУ EN ISO 19285, ДСТУ EN ISO 15626; ДСТУ ISO 2553.

Внесені зміни на основі аналізу правил інших класифікаційних товариств.

Додатково враховані пропозиції підрозділів Регістру судноплавства України та користувачів цих Правил.

Офіційне видання

Регістр судноплавства України

Регістр судноплавства України, 2025

ЗМІСТ:

ПРАВИЛА КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ МОРСЬКИХ СУДЕН

ЧАСТИНА II КОРПУС

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:----- 5

ЧАСТИНА II КОРПУС

1. ПРИНЦИПИ ПРОЄКТУВАННЯ----- 6

3. ВИМОГИ ДО КОНСТРУКЦІЙ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДЕН----- 8

ЧАСТИНА III ПРИСТРОЇ, ОБЛАДНАННЯ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:----- 9

ЧАСТИНА III ПРИСТРОЇ, ОБЛАДНАННЯ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил----- 10

УЛАШТУВАННЯ І ОБЛАДНАННЯ ПРИМІЩЕНЬ, ІНШІ ПРИСТРОЇ ТА ОБЛАДНАННЯ----- 10

14 МАНЕВРЕНІСТЬ----- 11

ЧАСТИНА IV ОСТІЙНІСТЬ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:----- 12

ЧАСТИНА IV ОСТІЙНІСТЬ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил:----- 13

2 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОСТІЙНОСТІ----- 13

4 ВИМОГИ ДО ОСТІЙНОСТІ ПЛАВУЧИХ КРАНІВ І КРАНОВИХ СУДЕН, ПОНТОНІВ, ДОКІВ
ТА СТОЯНКОВИХ СУДЕН----- 13

ЧАСТИНА VI ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:----- 16

ЧАСТИНА VI ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил:----- 17

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ----- 17

3 ПРОТИПОЖЕЖНЕ ОБЛАДНАННЯ І СИСТЕМИ----- 17

6 ВИМОГИ ДО ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДЕН----- 17

ЧАСТИНА VII «МЕХАНІЧНІ УСТАНОВКИ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:----- 18

ЧАСТИНА VII «МЕХАНІЧНІ УСТАНОВКИ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил:----- 19

2 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ----- 19

5 ВАЛОПРОВОДИ----- 19

ЧАСТИНА VIII СИСТЕМИ І ТРУБОПРОВОДИ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:----- 20

ЧАСТИНА VIII СИСТЕМИ І ТРУБОПРОВОДИ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил:----- 21

3 ТРУБОПРОВОДИ ІЗ ПЛАСТМАС----- 21

12 СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ----- 21

13 ПАЛИВНА СИСТЕМА----- 21

ЧАСТИНА XI ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:----- 22

ЧАСТИНА XI ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил:----- 23

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ----- 23

23 ВИМОГИ ДО ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ СУДЕН, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ
ПРИРОДНИЙ ГАЗ, ЯК ПАЛИВО----- 23

ЧАСТИНА XIII МАТЕРІАЛИ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:----- 24

ЧАСТИНА XIII МАТЕРІАЛИ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил	27
1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	27
2. МЕТОДИ ВИПРОБУВАНЬ	27
3. СТАЛЬ І ЧАВУН	44

ДОДАТОК 1 ДО ПІДРОЗДІЛУ 3.15

4. МІДЬ І СПЛАВИ НА ОСНОВІ МІДІ	105
5. АЛЮМІНІЄВІ СПЛАВИ	110
6. ПЛАСТМАСИ І МАТЕРІАЛИ ОРГАНІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ	110
7. ЯКІРНІ І ШВАРТОВНІ ЛАНЦЮГИ	119
9. ТИТАНОВІ СПЛАВИ	119
12 ПРОДУКТИ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВО	120

ЧАСТИНА XIV ЗВАРЮВАННЯ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:	127
---	-----

ЧАСТИНА XIV ЗВАРЮВАННЯ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил	132
1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	132
2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ДО ЗВАРЮВАННЯ	132
3. КОНТРОЛЬ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ	164
4. ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ	182
5. ДОПУСК ЗВАРЮВАЛЬНИКІВ	184

ЧАСТИНА XVI КОНСТРУКЦІЯ ТА МІЦНІСТЬ КОРПУСІВ СУДЕН ІЗ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил	185
--	-----

ЧАСТИНА XVI КОНСТРУКЦІЯ ТА МІЦНІСТЬ КОРПУСІВ СУДЕН ІЗ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил:	189
1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ	189
2. МАТЕРІАЛИ	189
3. КОРПУС І НАДБУДОВИ СУДЕН	191
4. БАЛКИ НАБОРУ	199
5. МІЦНІСТЬ КОРПУСУ ТА НАДБУДОВИ СУДНА	199

ДОДАТОК ДО ЧАСТИНИ XVI

1. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН БАЛОК	200
СТІЙКІСТЬ БАЛОК ²	200
3. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ОДНОШАРОВИХ ПЛАСТИН ПРИ ВИГІНІ	200
4. СТІЙКІСТЬ ОДНОШАРОВИХ ПЛАСТИН ПРИ СТИСНЕННІ	201
5. СТІЙКІСТЬ ОДНОШАРОВИХ ПЛАСТИН ПРИ ЗСУВІ	202
6. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ТРИШАРОВИХ ПЛАСТИН ПРИ ЦИЛІНДРИЧНОМУ ЗГІНІ	203
7. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ТРИШАРОВИХ ПЛАСТИН ПРИ ЦИЛІНДРИЧНОМУ ЗГІНІ ПРИ ДІЇ МІСЦЕВИХ НАВАНТАЖЕНЬ	205
8. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ТРИШАРОВИХ ПЛАСТИН ПРИ ВИГІНІ	206
9. СТІЙКІСТЬ ТРИШАРОВИХ ПЛАСТИН	217

**ПРАВИЛА КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ
МОРСЬКИХ СУДЕН ЧАСТИНА II КОРПУС**

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:

Розділи/підрозділи/ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
Розділ 1	Назва розділу викладається в новій редакції		
1.1.3	До тексту пункту додані нові визначення: « Водотоннажність судна », « Водотоннажність судна порожнем »		
Розділ 2			
2.11.2.4	Доповнюється новим пунктом із додатковими вимогами щодо фундаментів головних двигунів		
2.11.3	Текст пункту викладається в новій редакції. Доповнюється вимогами до розмірів фундаментів дизельгенераторів		
Розділ 3			
3.11.2.1.2	Відповідно до УВ МАКТ І2 (Rev.4 Dec 2019) внесені доповнення щодо визначення L_{ul}	УВ МАКТ І2 (Rev.4 Dec 2019)	
3.11.2.1.3 , 3.11.2.3.2.1.1 , 3.11.2.3.2.1.2 , 3.11.2.3.2.2	Одиниця водотажності D_{ul} «кт» замінюється на «тис.тонн»		
3.11.2.3.4.2	Зміст таблиці 3.11.2.3.4.2 відкоригований		
3.11.2.4.1	Зміни редакційного характеру		

ЧАСТИНА II КОРПУС

1. ПРИНЦИПИ ПРОЄКТУВАННЯ

Текст пункту 1.1.3 доповнений новими визначеннями: «**Водотоннажність судна Δ** – маса судна, що дорівнює масі витиснутої ним води під час його перебування на плаву у статичному положенні, т;

Водотоннажність судна об'ємна ∇ - об'єм підводної частини судна з урахуванням зовнішньої обшивки, включаючи всі закріплені виступаючі підводні частини, м³.».

2. ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО КОНСТРУКЦІЇ КОРПУСУ

2.11.2 Доповнюється підпунктом 2.11.2.4 наступного змісту:

«**2.11.2.4** Якщо фундаментна рама головного двигуна і упорний підшипник встановлюються безпосередньо на настил подвійного дна, під опорними частинами фундаментної рами і упорного підшипника необхідно передбачати вварні опорні листи товщиною не менше необхідної згідно з 2.11.3.1, 2.11.3.3 і 2.11.3.4 (див. також рис. 2.11.2.3). Розміри вварних опорних листів повинні забезпечувати розміщення упорних елементів і кріплення механізму і бути принаймні не менше опорних частин фундаментної рами механізму. При встановлюванні фундаментної рами і упорного підшипника на настил подвійного дна в районі їх встановлення повинні бути передбачені по ширині кожного вварного опорного листа два кільсони або кільсон і напівкільсон (стрингер), верхня частина яких висотою не менше 0,2 висоти кільсона повинна мати товщину, що дорівнює товщині потовщеного листа, або по всій висоті мати товщину, необхідну згідно з 2.11.3.1, 2.11.3.3 і 2.11.3.4 для стінки фундаменту.

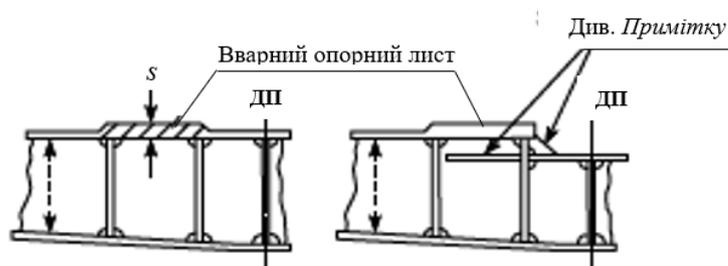


Рис. 2.11.2.4

Примітка до рис. 2.11.2.4. Книці повинні бути якомога більшими. Книці можуть не встановлюватися, щоб уникнути взаємодії з балками фундаменту двигуна, відповідно до рекомендацій виготовлювача двигуна.».

Текст пункту 2.11.3 замінюється наступним:

«2.11.3 Розміри конструкцій фундаментів.

2.11.3.1 Мінімальна товщина s деталей фундаментів під малооборотні головні механізми з частотою обертання до 250об/хв (двигуни внутрішнього згорання, парові машини) повинні бути не менше визначених за формулою:

$$s = a\sqrt[3]{Q} + \Delta s \quad (2.11.3.1)$$

де: Q – маса механізму у робочому стані, т;

a – коефіцієнт, значення якого наведені в табл. 2.11.3.1-1;

Δs – поправка відповідно до табл. 2.11.3.1-2.

Таблиця 2.11.3.1-1

Фундамент	Деталі фундаменту		
	Опорний лист	Стінка	Бракета, книця
Під головний двигун внутрішнього згорання	4,65	3,0*	2,5
Під головний газотурбінний двигун, головний турбозубчастий агрегат, головний дизель-генератор і гребний електродвигун	4,15	2,7	2,5
Під головний котел і котлоагрегат	3,65	2,4	2,4

*В конструкції фундаментів, які мають по 2 стінки з кожного борту товщину зовнішніх стінок можливо прийняти рівній товщині бракет і книць.

Таблиця 2.11.3.1-2

Q/N^* , кг/кВт	Δs , мм
Від 10 до 15 включно	7
Більше 15 до 20 включно	5
Більше 20 до 30 включно	4
Більше 30 до 45 включно	5
Більше 45	2
* N – потужність механізму, кВт	

2.11.3.2 Мінімальна товщина s деталей фундаментів під головні котли і котлоагрегати повинна бути не менше визначеною за формулою (2.11.3.1) з урахуванням поправок, наведених в табл.2.11.3.2.

Таблиця 2.11.3.2

Маса Q , т	Δs , мм
до 20	4
Більше 20 до 50 включно	3
Більше 30 до 100 включно	2
Більше 100 до 200 включно	1
Більше 200	0

2.11.3.3 Мінімальна товщина s деталей фундаментів під середньооборотні головні механізми з частотою обертання від 250 до 750об/хв (двигуни внутрішнього згорання, дизель-генератори) повинні бути не менше визначених за формулою:

$$s = \sqrt[3]{N} \quad (2.11.3.3)$$

де: N – потужність механізму, кВт;

k – коефіцієнт, значення якого наведені в табл. 2.11.3.3.

Таблиця 2.11.3.3

Деталі конструкції фундаменту	k
Опорний лист (поясок)	2,3
Вертикальна стінка	1,6
Бракети, книці	1,3

2.11.3.4 Мінімальна товщина s деталей фундаментів під високооборотні головні механізми з частотою обертання понад 750об/хв (двигуни внутрішнього згорання, паротурбінні і газотурбінні двигуни, турбогенератори, дизель-генератори) повинні бути не менше визначених за формулою:

$$s = 1,2a(0,33Q + 0,018N + 0,7 \cdot 10^{-3} \cdot z \cdot d^2)^{1/3} + \Delta s, \text{ мм} \quad (2.11.3.4)$$

де: a – коефіцієнт відповідно з табл. 2.11.3.1-1;

Q – маса механізму, т;

N – потужність механізму, кВт;

z – кількість болтів для кріплення;

d – діаметр болта для кріплення, мм;

Δs – поправка відповідно з табл. 2.11.3.4.

Таблиця 2.11.3.4

Частота обертання n , об/хв.	Δs , мм
Від 750 до 1000 включно	0
Більше 1000 до 1500 включно	2
Більше 1500 до 2000 включно	4

Більше 2000	6
-------------	---

2.11.3.5 Мінімальну товщину s_f деталей фундаментів з алюмінієвих сплавів слід визначати перерахунком відповідної товщини в'язей сталевих конструкцій фундаментів за формулою:

$$s_f = 0,9\sqrt{R_{eH}/R_{p0,2}}, \text{ мм} \quad (2.11.3.5)$$

де: s – товщина в'язей сталевих конструкцій, мм

R_{eH} – границя плинності сталі, МПа

$R_{p0,2}$ – границя плинності алюмінієвого сплаву, МПа.

2.11.3.6 Мінімальну товщину s деталей фундаментів під допоміжні та інші механізми допускається визначати за формулами, наведеними вище.

3. ВИМОГИ ДО КОНСТРУКЦІЙ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДЕН

Текст пункту **3.11.2.1.2** доповнюється другим абзацом наступного змісту: «Для суден з незвичайним розташуванням кормової і носової частини визначення довжини L_{ul} підлягає окремому розгляду Регістром.».

В пунктах **3.11.2.1.3**, **3.11.2.3.2.1.1**, **3.11.2.3.2.1.2** і **3.11.2.3.2.2** одиниця виміру водотоннажності D_{ul} «кт» замінюється на «тис. тонн».

Зміст таблиці 3.11.2.3.4.2 відкоригований наступним чином:

«Таблиця 3.11.2.3.4.2 Коефіцієнти пікового тиску

Конструктивний елемент		Коефіцієнт пікового тиску PPF_i
Обшивка	При поперечній системі набору	$PPF_p = (1,8 - s) \geq 1,2$
	При поздовжній системі набору	$PPF_p = (2,2 - 1,2s) \geq 1,5$
Шпангоути при поперечній системі набору	За наявності розносних стрингерів	$PPF_t = (1,6 - s) \geq 1,0$
	При відсутності розносних стрингерів	$PPF_t = (1,8 - s) \geq 1,2$
Основний набір днища		$PPF_s = 1,0$
Несучі стрингери		$PPF_s = 1,0$ при $S_w \geq 0,5 \cdot w$
Поздовжні бортові балки		$PPF_s = 2,0 - 2,0 \cdot S_w/w$
Рамні шпангоути		при $S_w < 0,5 \cdot w$
де: s – шпация основного поздовжнього або поперечного набору, м; S_w – шпация рамного набору, м; w – ширина ділянки розподілу льодового навантаження, м.».		

В тексті пункту **3.11.2.4.1** вираз «Необхідна мінімальна товщина» замінюється на вираз «Мінімальна товщина»

ЧАСТИНА III ПРИСТРОЇ, ОБЛАДНАННЯ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:

Розділи/підрозділи/ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
Розділ 8			
8.12	Доповнений вимогами щодо улаштування і обладнання лоцманських суден відповідно до стандартів ISO 6216:1980 і ISO 6217:1982		
Розділ 14			
14.5	Доповнений новим пунктом з вимогами до маневреності лоцманських суден		

ЧАСТИНА III ПРИСТРОЇ, ОБЛАДНАННЯ І ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил

УЛАШТУВАННЯ І ОБЛАДНАННЯ ПРИМЩЕНЬ, ІНШІ ПРИСТРОЇ ТА ОБЛАДНАННЯ

До розділу додано новий підрозділ **8.12** наступного змісту: «**8.12 ДОДАТКОВІ ВИМОГИ ДО ЛОЦМАНСЬКИХ СУДЕН**»

8.12.1 Загальні вимоги

.1 Для забезпечення швартування лоцманських суден до високобортних суден повинні встановлюватися кіпові планки, конструкція яких забезпечує відхилення швартового троса в напрямку, близькому до вертикального.

Місця установки кіпових планок повинні вибиратися так, щоб натяг швартового троса не призводив до створення моментів, що кренять, небезпечних для остійності лоцманського судна.

.2 Для забезпечення безпеки лоцмана при висадці-прийманні при хвилюванні носова частина палуби лоцманських суден повинна бути максимально вільною від обладнання і мати неслизьке покриття.

Встановлювана на палубі в районі прийому лоцмана штанга-поручень, якщо така є, повинна знаходитися по можливості ближче до діаметральної площини. При встановленні по бортах штанга-поручень повинна відстояти від борту на відстані, що забезпечує безпеку лоцмана при крені судна і забезпечувати можливість схопитися за поручень в той час, коли він іншою рукою тримається за забортний трап.

Площа палуби в носовій частині повинна бути достатньою для прийому лоцмана з забортного трапа і з платформи підйомника.

.3 Для безпечного переміщення лоцмана по судну з кожного борту повинен бути передбачений прохід шириною не менше 600 мм з поручнем по надбудові.

.4 Всі лоцманські судна повинні бути обладнані кранцями і привальними брусами, які ефективно пом'якшують удари об корпус транспортного судна.

.5 Місце, з якого здійснюється посадка лоцмана, повинно бути освітлено таким чином, щоб світло не засліплювало лоцмана, судно, що приймає лоцмана та членів команди, які обслуговують пристрій для спуску та підйому.

8.12.2 Фарбування лоцманських суден

8.12.2.1 Фарбування лоцманських суден

Залежно від розмірів судна, що дозволяють нанести розпізнавальні знаки і використовувати найбільш ефективно зовнішнє фарбування, встановлюються два варіанти фарбування:

- для суден з висотою надводного борту на міделі 1 м і більше – корпус жовто-оранжевого кольору, надбудова (рубка) білого кольору (рис. 8.12.2.1-1 і 8.12.2.1-2);

- для суден з висотою надводного борту на міделі менше 1 м – корпус і надбудова (рубка) жовто-оранжевого кольору (рис. 8.12.2.1-3).

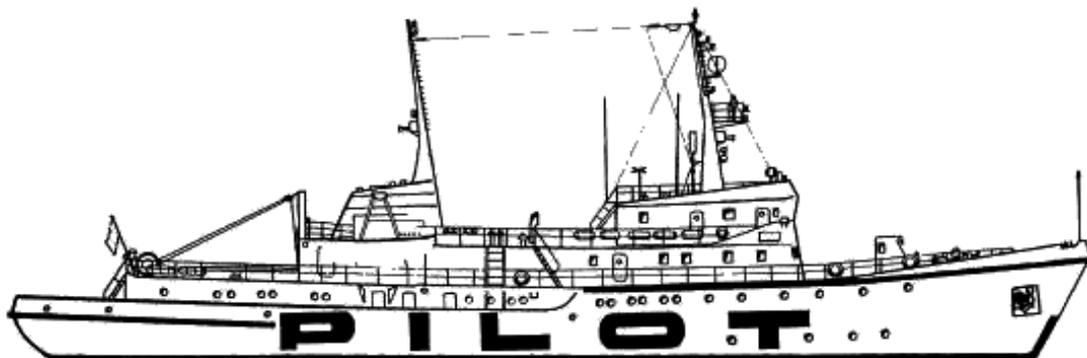


Рис. 8.12.2.1-1

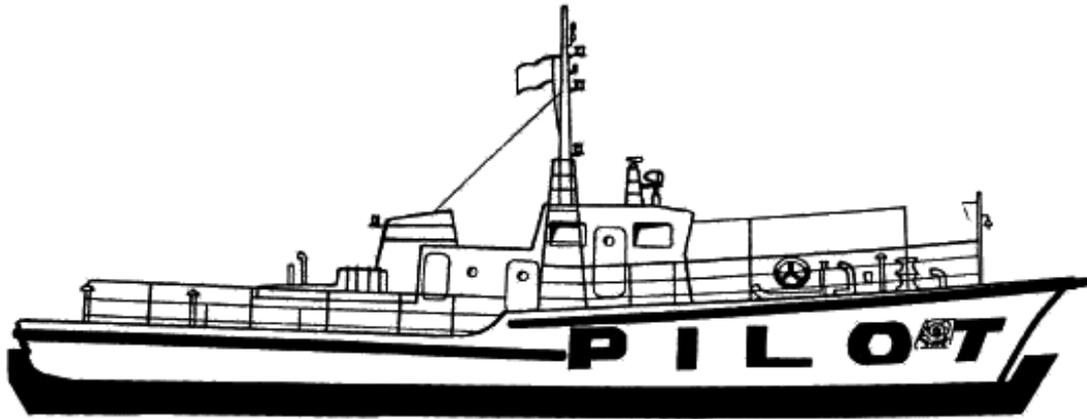


Рис. 8.12.2.1-2

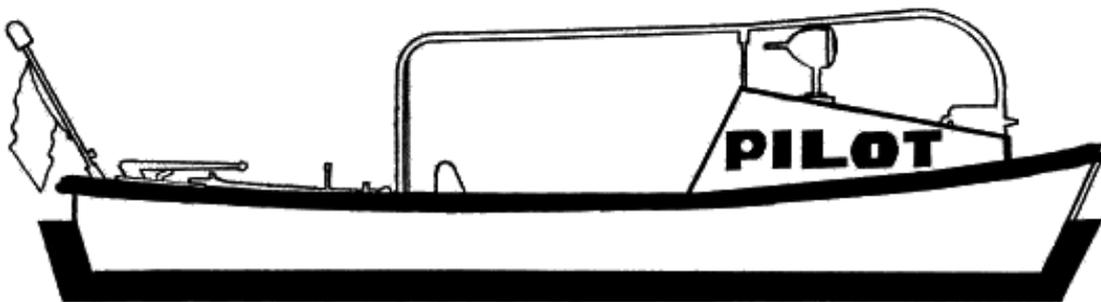


Рис. 8.12.2.1-3

8.12.2.2 Вимоги до кольору

Для фарбування поверхонь у жовто-оранжевий колір повинні застосовуватися фарби світлого, насиченого, чистого жовто-оранжевого тону. Червоно-оранжеві тони не допускаються. Еталони кольору встановлюються національними/міжнародними стандартами.

8.12.2.3 Розпізнавальні написи

.1 Лоцманські судна повинні мати розпізнавальний напис «PILOT» чорного кольору.

.2 На лоцманських суднах з висотою надводного борту 1 м і більше напис «PILOT» слід наносити на корпус з обох бортів (рис. 8.12.2.1-1 і 8.12.2.1-2). Висота літер повинна бути не менше половини висоти надводного борту на міделі. Рекомендується додатково наносити такий напис на лобовій перегородці надбудови з висотою літер не менше 250 мм.

.3 На лоцманських суднах з висотою надводного борту менше 1 м напис «PILOT» слід наносити на стінках рубки або на спеціальних щитах на надбудові з обох бортів (рис. 8.12.2.1-3). Висота літер повинна бути не менше 250 мм.

У разі малих розмірів або з урахуванням конструктивних особливостей лоцманського судна допускається нанесення напису на даху рубки. Якщо на даху рубки недостатньо місця для напису «PILOT», має бути нанесено зображення у вигляді чорного кола з білою літерою «P» всередині (основа літери має бути повернена в бік носа судна).

14 МАНЕВРЕНІСТЬ

До розділу доданий новий пункт **14.5** наступного змісту: «**14.5** Лоцманські судна повинні мати маневрені характеристики, що дозволяють виконувати свої функції в несприятливих вітрохвильових умовах з урахуванням встановлених обмежень по експлуатації судна. З цією метою рекомендується обладнати їх двовальними силовими установками з гвинтом регульованого кроку (ВРШ), дизель-електричними установками, що забезпечують можливість найменшого ходу, поворотними насадками або гвинтостерновими колонками.

ЧАСТИНА IV ОСТІЙНІСТЬ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:

Розділи/підрозділи/ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
Розділ 1			
1.5.5	Уточнено визначення зважування судна		
Розділ 4	Назва розділу викладається в новій редакції		
Частина 2			
2.1.5.1	До таблиці 2.1.5.1-3 додаються зміни редакційного характеру		
2.1.5.7	Доповнено новим пунктом із вимогами до визначення періоду качки T для лоцманських суден		
4.1.1.1	Пункт викладений в новій редакції відповідно до Резолюції ІМО MSC.97/22/Add.1 Annex 7	Резолюція ІМО MSC.97/22/Add.1 Annex 7	
4.3	Підрозділ викладається в новій редакції	Аналіз правил інших класифікаційних товариств	
4.4	Підрозділ викладається в новій редакції	Аналіз правил інших класифікаційних товариств	

ЧАСТИНА IV ОСТІЙНІСТЬ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил:

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.5.5 Наприкінці першого абзацу текст пункту доповнюється виразом наступного змісту: «(визначення дослідним шляхом водотоннажності судна порожнем та абциси центра ваги)».

2 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ОСТІЙНОСТІ

До таблиці 2.1.5.1-3 додаються наступні зміни: у другому рядку першого стовпця додається вираз: «Необмежений»; третій рядок першого стовпця доповнюється виразом: «**A-R1**».

Підрозділ 2.1 доповнений новим пунктом **2.1.5.7** наступного змісту: «**2.1.5.7** Лоцманські судна повинні мати період хитавиці T , с, не менше:

- $9c$ при водотоннажності $\geq 250t$;

- $6c$ при водотоннажності $< 250t$.

Період хитавиці повинен розраховуватися за формулою, наведеною в експлікації до формули 2.1.5.1.

Лоцманські судна, власні характеристики яких не забезпечують цих параметрів, повинні бути обладнані пристроями, що підвищують плавність хитавиці (заспокоювачами, стабілізаторами, скуловими кілями і т. д.).

4 ВИМОГИ ДО ОСТІЙНОСТІ ПЛАВУЧИХ КРАНІВ І КРАНОВИХ СУДЕН, ПОНТОНІВ, ДОКІВ ТА СТОЯНКОВИХ СУДЕН

Назва розділу замінюється на наступну: «**4 ВИМОГИ ДО ОСТІЙНОСТІ ПЛАВУЧИХ КРАНІВ І КРАНОВИХ СУДЕН, ПОНТОНІВ, ПЛАВУЧИХ ДОКІВ ТА СТОЯНКОВИХ СУДЕН**».

Текст пункту **4.1.1.1** викладається в новій редакції: «**4.1.1.1** Цей підрозділ поширюється на судна із словесною характеристикою **Floating crane** – плавкран і **Crane vessel** – кранове у символі класу (див. **2.2.60** частини I «Класифікація»)».

Для суден, кілі яких були закладені (див. **1.2.2** частини I «Класифікація») або які перебували в подібній стадії побудови 1 січня 2020 року або після цієї дати, зайнятих вантажопідіймальними операціями (див. **1.2.1** частини I «Класифікація»), а також до суден, переобладнаних для виконання вантажопідіймальних операцій після цієї дати, застосовуються вимоги, наведені в **3.11.10** цієї частини Правил.».

Підрозділ 4.3 викладається в новій редакції:

4.3 ПЛАВУЧІ ДОКИ

4.3.1 Загальні положення

4.3.1.1 Вимоги цього підрозділу поширюються на судна із словесною характеристикою **Floating dock** – плавдок у основному символі класу (див. **2.2.60** частини I «Класифікація»), призначених для експлуатації в захищених водах.

4.3.1.2 В цьому підрозділі встановлюються вимоги, які дозволяють переконатися у тому, що плавучий док має достатню як поперечну, так і поздовжню остійність при зазначених умовах експлуатації.

4.3.1.3 Усі розрахунки повинні виконуватися без урахування крену і диференту плавучого дока.

4.3.1.4 Розрахунки остійності плавучого дока у непошкодженому стані повинні визначатися з урахуванням найсуворіших умов під час його експлуатації, включаючи вплив рідких вантажів.

4.3.1.5 Урахування впливу рідких вантажів проводиться відповідно до **1.4.7**.

Поправка на вплив вільних поверхонь рідкого баласту повинна обчислюватися при рівнях заповнення цистерн, що відповідають фактичним у варіанті навантаження, що розглядається.

4.3.1.6 Доки, які зазнали переобладнання або капітального ремонту, повинні мати остійність, яка відповідає вимогам, зазначеним у цьому підрозділі.

4.3.1.7 Визначення і пояснення, що застосовуються у цьому підрозділі зазначені в **3.16.1.2** частини II і в **1.2** цієї частини Правил.

4.3.2 Варіанти навантаження

4.3.2.1 Остійність плавучих доків повинна перевірятися за таких варіантів навантаження:

- .1** Плавучий док з суднами на докових опорних пристроях (кільблоках і клітках) з верхньою частиною кільблоків на рівні води.
- .2** Плавучий док з суднами на докових опорних пристроях (кільблоках і клітках) з палубою понтона доку (стапель-палуби) на рівні води.
- .3** Плавучий док з суднами на докових опорних пристроях (кільблоках і клітках), з рівнем води нижче палуби понтона доку (стапель-палуби).
- .4** Плавучий док, повністю занурений до мінімального надводного борту від топ-палуби.

4.3.3 Умови достатньої остійності плавучого дока у непошкодженому стані

4.3.3.1 При будь-яких варіантах навантаження відповідно до **4.3.2** початкова метацентрична висота h_0 не повинна бути менше 1м.

4.3.3.2 Кут крену плавучого доку, визначений згідно **4.3.4.1**, при динамічно прикладеному кренувальному моменті від тиску вітру в найнесприятливіших умовах докування не перевищує допустимого кута нахилення для докових кранів у неробочому стані або 1,5 градуси, зважаючи на те, що менше.

4.3.3.3 Кут крену плавучого доку, визначений згідно **4.3.4.2**, при статично прикладеному кренувальному моменті M_d , спричиненому роботою докових кранів, не повинен перевищувати 0,5 градуса.

4.3.3.4 Кут диференту ψ , визначений згідно **4.3.4.3**, при статично прикладеному диферентуючому моменті від дії маси кранів з максимальним вантажем при самому найнесприятливому випадку їх розташування на плавучому доку, не перевищує кута, при якому забезпечується надійна робота кранів, або кута входу стапель-палуби у воду, зважаючи на те, що менше.

4.3.3.5 Крім того, залишковий надводний борт повинен відповідати таким вимогам:

- .1** при варіанті навантаження **4.3.2.1.3** значення залишкового надводного борту до стапель-палуби плавучого дока повинно бути не менше 0,075м;
- .2** при варіанті навантаження **4.3.2.1.4** значення залишкового надводного борту до верхньої палуби башт доку (топ-палуби) повинно бути не менше 1,0м.

4.3.4 Критерій погоди

4.3.4.1 Кут крену плавучого доку при динамічно прикладеному кренувальному моменті M_v від тиску вітру в найнесприятливіших умовах докування визначається за формулою, град:

$$\sin\theta = M_v / (9,81 \cdot h \cdot \Delta), \quad (4.3.4.1)$$

де: $M_v = 0,001 \cdot p_v \cdot A_v \cdot z$, кН·м;

p_v – тиск вітру, приймається рівним 490Па;

z – відстань центру парусності від площини діючої ватерлінії, м;

A_v – площа парусності, м², згідно з **1.4.6**;

Δ – водотоннажність плавучого дока при конкретних умовах докування, т;

h – виправлена початкова метацентрична висота (з поправками на вільні поверхні), м.

4.3.4.2 Кут крену плавучого доку при статично прикладеному кренувальному моменті, спричиненому роботою докових кранів визначається за формулою, град:

$$\sin\theta = M_d / (h \cdot \Delta), \quad (4.3.4.2)$$

де: $M_d = \sum P_i \cdot l_i$, тм;

P_i – максимальна вантажопідйомність кожного докового крана з одного борта, т;

l_i – максимальний виліт кожного крана, виміряний від осі симетрії дока, м;

h і Δ - див. **4.3.4.1**.

4.3.4.3 Кут диференту при статично прикладеному диферентуючому моменті від дії маси кранів з максимальним вантажем при самому найнесприятливому випадку їх розташування на плавучому доку визначається за формулою, град:

$$\psi = 57,3 \cdot M_{\psi} / (\Delta \cdot H), \quad (4.3.4.3)$$

де: M_{ψ} - диферентуючий момент від дії маси кранів з максимальним вантажем при самому несприятливому випадку їх розташування на плавучому доку, кН·м;

Δ – водотоннажність, т;

H - виправлена поздовжня метацентрична висота плавучого доку (з поправкою на вільні поверхні), м.

4.3.5 Надводний борт

4.3.5.1 Надводний борт плавучого дока

Після заповнення водою всіх баластних танків нижче палуби безпеки, з урахуванням повітряних подушок у верхній частині танків і припускаючи, що на кільблоки не діє жодне навантаження, надводний борт дока не повинен бути менше 1000мм і повинен забезпечувати достатній запас плавучості на випадок випадкового заповнення водою одного відсіку вище палуби безпеки.

4.3.5.2 Надводний борт понтона плавучого дока

Надводний борт понтона плавучого дока, завантаженого судном з масою, що дорівнює дедвейту плавучого дока, не повинен бути менше:

– 300мм, виміряного в осі симетрії понтона, а вимірювання повинно проводитися при такому положенні докових кранів, яке не викликає диференту.

При диференті, викликаному доковими кранами, розташованими на одному кінці дока і завантаженими масою, що дорівнює їх максимальній вантажопідйомності, мінімальна відстань між палубою понтона (стапель-палубою) (на внутрішній бічній стінці) і ватерлінією не повинна бути менше 50мм.

4.3.5.3 Безпечна висота отворів

Безпечна висота комінгсів повітряних труб баластних танків, що закінчуються нижче топ-палуби, повинна становити 400 мм або більше, виміряних від граничної лінії занурення.

Підрозділ 4.4 викладається в новій редакції:

«4.4 СТОЯНКОВІ СУДНА

4.4.1 Цей підрозділ поширюється на судна із словесною характеристикою **Berth - connected ship – стоянкове** у символі класу (див. 2.2.60 частини I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден).

4.4.2 Остійність стоянкового судна вважається достатньою, якщо:

.1 метацентрична висота відповідає вимогам 2.3 з урахуванням можливих в експлуатації випадків розподілу пасажирів по палубах;

.2 кут крену при дії вітрового кренувального моменту, визначеного за формулою (4.3.4.1), не перевищує гранично допустимого.

4.4.3 Остійність судна при динамічно прикладеному кренувальному моменті від дії вітру перевіряється щодо найгіршого, з точки зору остійності, варіанту навантаження.

4.4.4 Як гранично допустимий береться кут входу у воду кромки палуби надводного борту чи обносів або кут виходу з води середини скули або 10°, дивлячись на те, який з цих кутів менше.»

ЧАСТИНА VI ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:

Розділи/підрозділи/ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
Розділ 1			
1.4.1.4	Зміни редакційного характеру		
1.4.1.10	Доповнено додатковими вимогами щодо планів протипожежного захисту		
Розділ 3			
3.2.6.8	Зміни редакційного характеру		
6			
6.8.2.1	Уточнені вимоги до конструктивного протипожежного захисту суден, які використовують природний газ як паливо	Резолюція ІМО MSC.567(109)	
6.8.2.2	Уточнені вимоги для трюмних приміщень для зберігання палива	Резолюція ІМО MSC.567(109)	

ЧАСТИНА VI ПРОТИПОЖЕЖНИЙ ЗАХИСТ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил:

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Підпункт **1.4.1.4** доповнюється наступним текстом: «Пожежні крани повинні бути пронумеровані.».

Пункт **1.4.1** доповнюється новим підпунктом **1.4.1.10** наступного змісту: «**10** перелік та розташування пронумерованих отворів (дверей, люків, вентиляційних отворів), які повинні бути закриті перед випуском вогнегасної речовини в приміщення, захищені системою об'ємного пожежогасіння.».

3 ПРОТИПОЖЕЖНЕ ОБЛАДНАННЯ І СИСТЕМИ

Текст пункту **3.2.6.8** доповнюється наступним: «і пронумеровані.».

6 ВИМОГИ ДО ПРОТИПОЖЕЖНОГО ЗАХИСТУ СПЕЦІАЛІЗОВАНИХ СУДЕН

Текст пункту **6.8.2.1** замінений на новий: «**6.8.2.1** Будь-які конструкції, що служать межами житлових і службових приміщень, постів управління, шляхів виходу назовні і машинних приміщень, звернені в бік паливних цистерн на відкритій палубі, повинні мати клас протипожежного захисту А-60. Перекриття класу А-60 повинні простягатися до нижньої сторони палуби ходового містка.

Для суден, що знаходяться на етапі побудови 1 січня 2028 року або після цієї дати, прийнятною вважається будь-яка обмежувальна конструкція, звернена в бік паливної цистерни на відкритій палубі і відокремлена мінімальною відстанню, визначеною відповідно до вимог Адміністрації за допомогою розрахунку теплопередачі для забезпечення захисту, еквівалентного перекриттю класу А60, і прийнятними можуть вважатися також проміжні конструкції, що забезпечують теплозахист вищезазначених приміщень. Незважаючи на вищезазначені вимоги:

.1 для нафтових танкерів і танкерів-хімовозів, що знаходяться на етапі побудови 1 січня 2028 року або після цієї дати, ізоляція класу А-60, необхідна згідно з правилом П-2/9.2.4. 2.5 Конвенції СОЛАС, повинна розглядатися як така, що відповідає вищезазначеним вимогам, за умови, що паливна цистерна розташована в вантажній зоні в носовій частині від житлових приміщень, службових приміщень, постів управління, шляхів евакуації та машинних приміщень. Може виникнути необхідність у вжитті заходів щодо захисту перегоронок блоку житлових приміщень; та

.2 для суден, що знаходяться на етапі побудови 1 січня 2028 року або після цієї дати, якщо вважається, що викиди газу з системи утримання палива неможливі, наприклад у разі використання цистерни типу С, трубопроводи обв'язки якої знаходяться в приміщенні для трубопроводів обв'язки цистерни, захист класу А-60 не потрібний.

Паливні цистерни повинні бути відокремлені від вантажу відповідно до вимог Міжнародного кодексу морського перевезення небезпечних вантажів (IMDG Code), якщо паливні цистерни розглядаються як тара для наливного вантажу. Для цілей відповідності вимогам цього Кодексу до розміщення та розділення, паливна цистерна на відкритій палубі повинна розглядатися як вантажна одиниця класу 2.1».

Текст пункту **6.8.2.2** доповнюється новим абзацом наступного змісту: «Незважаючи на попереднє речення, для суден, що знаходяться на стадії побудови 1 січня 2028 року або після цієї дати, трюмне приміщення для зберігання палива може розглядатися як кофердам, за умови, що:

.1 цистерна типу С не розташована безпосередньо над машинними приміщеннями категорії А або іншими приміщеннями з високою пожежонебезпекою; та

.2 мінімальна відстань до перекриття А-60 від зовнішньої поверхні ізоляційної системи цистерни типу С або межі приміщення для трубопроводів обв'язки цистерни, якщо така є, становить не менше 900 мм. Для цистерн типу С з вакуумною ізоляцією зовнішня поверхня ізоляційної системи означає зовнішню поверхню зовнішньої оболонки.».

ЧАСТИНА VII «МЕХАНІЧНІ УСТАНОВКИ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:

Розділи/підрозділи/ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
Розділ 2			
2.10.1.2	Пункт доповнюється новим визначенням: <i>«Судно, що перебуває на етапі побудови 1 січня 2026 року або після цієї дати»</i>	Резолюція ІМО MSC.567(109)	
2.10.2.3.4.5	Уточнені вимоги до паливних цистерн з приймальними колодязями	Резолюція ІМО MSC.567(109)	
Розділ 5			
5.10	Розділ доповнений новим підрозділом з вимогами до валів із елементами із полімерного композиційного матеріалу		

ЧАСТИНА VII «МЕХАНІЧНІ УСТАНОВКИ»

Зміни, які внесені до цієї частини Правил:

2 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

Пункт **2.10.1.2** доповнюється новим визначенням наступного змісту: «*Судно, що перебуває на етапі побудови 1 січня 2026 року або після цієї дати*, означає судно:

- .1 контракт на побудову якого було укладено 1 січня 2026 року або після цієї дати; або
- .2 у разі відсутності контракту на побудову - киль якого було закладено або яке перебувало на подібній стадії побудови 1 липня 2026 року або після цієї дати; або
- .3 яке було здано в експлуатацію 1 січня 2030 року або після цієї дати.».

Нумерація пунктів **2.10.2.3.4.6** і **2.10.2.3.4.7** замінена на **2.10.2.3.4.7** і **2.10.2.3.4.8** відповідно. Після пункту **2.10.2.3.4.5** додається новий пункт **2.10.2.3.4.6** наступного змісту: «**4.6** На судах, у паливних цистернах яких є приймальні колодязі, дно колодязя може виступати по вертикалі в межах мінімальної відстані, зазначеної в пункті **2.10.2.3.4.5**, за умови, що такі колодязі мають настільки малий розмір, наскільки це практично можливо, а глибина їх виступу за настил подвійного дна не перевищує 25% висоти подвійного дна або 350мм, залежно від того, що менше;».

5 ВАЛОПРОВОДИ

Розділ доповнюється новим підрозділом **5.10** наступного змісту: «**5.10** Вали з елементами з полімерного композиційного матеріалу

5.10.1 Вимоги до полімерних композиційних матеріалів для виготовлення деталей валопроводів викладені в **6.12** частині XIII «Матеріали».

5.10.2 На додаток до документації, зазначеної в розділі **4** частини I «Класифікація», повинні бути представлені:

- специфікація на застосовувані матеріали, що включає перелік вихідних компонентів, технологічних і допоміжних матеріалів, склад полімерного композиційного матеріалу і його фізико-механічні характеристики;
- керівний документ з технології виготовлення із зазначенням складу армуючого матеріалу та зв'язуючого матеріалу, структури армування по шарах, щільності укладання (поверхнева щільність), кількості шарів армуючого матеріалу, а також вимоги до контролю якості виготовлення, включаючи норми допустимих дефектів, а також технологічні вказівки щодо усунення неприпустимих дефектів;
- креслення з'єднань деталей з ПКМ з металевими елементами, а також розрахунки міцності з урахуванням **5.10.3**.

5.10.3 Розрахунки міцності повинні враховувати навантаження на вал з урахуванням **5.2**, при цьому повинна бути виконана перевірка умов міцності, жорсткості та стійкості в'язей. Повинні бути визначені норми небезпечних і допустимих напружень і деформацій, продемонстровано, що міцність з'єднань деталей з полімерного композиційного матеріалу (ПКМ) з металевими елементами не нижча за міцність з'єднаних деталей. Точність виконання розрахунків, розрахункова схема і застосовувана методика повинні бути узгоджені з Регістром.

5.10.4 У документах виробника деталей валопроводів повинні бути вказані:

- допустимі та недопустимі дефекти, їх види та критерії оцінки, в тому числі і для внутрішніх дефектів, що визначаються методами неруйнівного контролю;
- періодичність перевірок візуальним оглядом і дослідження обсягу пошкоджень методами неруйнівного контролю на предмет накопичення внутрішніх пошкоджень за період експлуатації повинна встановлюватися, як мінімум, один раз на 5 років.

5.10.5 Вали повинні зберігати працездатність в умовах навколишнього середовища відповідно до вимог **2.3.1**, бути стійкими до вібраційних навантажень з урахуванням розділу **9**, бути волого- та маслостійкими.».

ЧАСТИНА VIII СИСТЕМИ І ТРУБОПРОВОДИ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:

Розділи/підрозділи/ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
Розділ 3			
3.1.1	Викладена нова редакція визначення « <i>З'єднання</i> »		
3.2.1	Текст пункту викладений в новій редакції		
3.2.2	Текст пункту викладений в новій редакції		
3.2.4	Підрозділ доповнений вимогами до трубопроводів невідповідального призначення		
Розділ 12			
12.14.1.5	Уточнені вимоги щодо розташування отворів для забору повітря	Резолюція ІМО MSC.567(109)	
12.14.1.8	Уточнені вимоги щодо проходу вентиляційних каналів через приміщення	Резолюція ІМО MSC.567(109)	
Розділ 13			
13.11.1.4	Додано вимоги до клапанів скидання тиску	Резолюція ІМО MSC.567(109)	

ЧАСТИНА VIII СИСТЕМИ І ТРУБОПРОВОДИ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил:

3 ТРУБОПРОВОДИ ІЗ ПЛАСТМАС

В пункті **3.1.1** визначення «З'єднання» викладається в новій редакції: «**З'єднання** – місце, в якому дві труби або труби і фітинги з'єднані разом. З'єднання може виконуватися склеюванням, накладенням бандажних стрічок із сполучними речовинами, зварюванням, за допомогою фланців тощо.».

Тексти пунктів **3.2.1** і **3.2.2** викладені в новій редакції:

«**3.2.1** Вимоги цього розділу поширюються на усі трубопроводи, фітинги і з'єднання, виготовлені із пластмас.

3.2.2 Вимоги не поширюються на гнучкі і металеві з'єднання, що застосовують у системах із металевими з'єднаннями.».

Підрозділ доповнюється новим пунктом **3.2.4** наступного змісту: «**3.2.4** Трубопроводи не відповідального призначення повинні відповідати тільки вимогам відповідних національних чи міжнародних стандартів.».

12 СИСТЕМА ВЕНТИЛЯЦІЇ

Текст пункту **12.14.1.5** замінюється на наступний: «**12.14.1.5** Для суден, що знаходяться на етапі побудови 1 січня 2028 року або після цієї дати, отвори для забору повітря в закриті небезпечні приміщення повинні розташовуватися в таких районах, які за відсутності цих отворів були б газобезпечними. Отвори для забору повітря в закриті приміщення, що не є небезпечними, повинні розташовуватися в газобезпечних районах на відстані щонайменше 1,5 м від меж будь-якого небезпечного району».

Номери пунктів **12.14.1.8**, **12.14.1.9**, **12.14.1.10** і **12.14.1.11** замінюються на номери **12.14.1.9**, **12.14.1.10**, **12.14.1.11** і **12.14.1.12** відповідно.

Додається новий пункт **12.14.1.8** наступного змісту: «**12.14.1.8** Для суден, що знаходяться на етапі побудови 1 січня 2028 року або після цієї дати:

.1 якщо вентиляційні канали, що обслуговують газобезпечні приміщення, проходять через небезпечне приміщення, вони повинні бути газонепроникними і перебувати під надлишковим тиском по відношенню до тиску в цьому небезпечному приміщенні; і

.2 якщо вентиляційні канали, що обслуговують небезпечні приміщення, проходять через менш небезпечні або газобезпечні приміщення, ці канали повинні бути газонепроникними і в них повинне підтримуватися розрідження по відношенню до менш небезпечних або газобезпечних приміщень. Застосування вентиляційних труб, що обслуговують небезпечні приміщення і проходять через менш небезпечні або газобезпечні приміщення, допускається без необхідності створення розрідження, за умови, що вони є суцільнозварними і спроектованими відповідно до розділу 7 Кодексу МГП (IGF Code)».

13 ПАЛИВНА СИСТЕМА

Номери пунктів **13.11.1.4** і **13.11.1.5** замінюються на номери **13.11.1.5** і **13.11.1.6** відповідно.

До підрозділу додається новий пункт **13.11.1.4** наступного змісту: «**13.11.1.4** На суднах, що знаходяться на етапі побудови 1 січня 2028 року або після цієї дати, клапани скидання тиску, що випускають рідину або газ із системи трубопроводів, повинні здійснювати скидання в паливні цистерни, якщо тиск MARVS (Maximum Allowable Relief Valve Setting) відповідних цистерн нижчий за той, на який відрегульовані клапани скидання тиску відповідно до положень пункту **13.11.4.2**, і повинні бути спроектовані таким чином, щоб забезпечити необхідну пропускну здатність. В якості альтернативи вони можуть здійснювати скидання в газовипускний стояк, якщо передбачені засоби для виявлення та видалення будь-якої рідини, яка може потрапити в систему газовідводу.».

ЧАСТИНА XI ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:

Розділи/підрозділи/ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
Розділ 1			
1.2	Текст пункту доповнено новими визначеннями: «Вибухонебезпечні зони», «Верхня вибухонебезпечна межа», «Нижня вибухонебезпечна межа»		
Розділ 23			
23.2.3	Внесені зміни згідно Резолюції IMO MSC.567(109)	Резолюція IMO MSC.567(109)	

ЧАСТИНА XI ЕЛЕКТРИЧНЕ ОБЛАДНАННЯ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил:

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Текст підрозділу 1.2 доповнено новими визначеннями:

«**1.2.11 Верхня вибухонебезпечна межа (ВВМ)** – максимальна концентрація в діапазоні вибуховості, при якій може статися вибух.

1.2.14 Вибухонебезпечні зони – зони, в яких вибухонебезпечна атмосфера може досягти такого рівня, при якому слід вживати особливих заходів для забезпечення безпеки і захисту здоров'я відповідних осіб. Вибухонебезпечні зони поділяються на різні зони на підставі частоти і тривалості присутності в них вибухонебезпечного середовища.

1.2.28 Нижня вибухонебезпечна межа (НВМ) – мінімальна концентрація в діапазоні вибуховості, при якій може статися вибух.».

23 ВИМОГИ ДО ЕЛЕКТРИЧНОГО ОБЛАДНАННЯ СУДЕН, ЯКІ ВИКОРИСТОВУЮТЬ ПРИРОДНИЙ ГАЗ, ЯК ПАЛИВО

Текст третього абзацу пункту **23.2.3** замінено наступним текстом: «- для суден, що знаходяться на етапі побудови 1 січня 2028 року або після цієї дати, райони на відкритій палубі або напівзакриті приміщення на палубі, розташовані в межах 3 м від будь-яких вихідних отворів паливної цистерни, випускних отворів для газу або парів*, клапана бункерувального маніфольда, інших паливних клапанів, фланців паливопроводів, випускних отворів вентиляції приміщень зони 1 та отворів паливних цистерн, призначених для скидання тиску, що дозволяють здійснювати випуск невеликих кількостей газу або сумішей парів внаслідок коливань температури;

*Такими районами є, наприклад, всі райони в межах 3м від люків паливних цистерн, отворів для вимірювання або мірних трубок паливних цистерн, розташованих на відкритій палубі, а також від випускних отворів для парів».»;

після третього абзацу додається новий, четвертий абзац наступного змісту: ««Для суден, що знаходяться на етапі побудови 1 січня 2028 року або після цієї дати, райони на відкритій палубі або напівзакриті приміщення на відкритій палубі поблизу випускного отвору газовипускного стояка паливної цистерни в межах простору у формі вертикального циліндра необмеженої висоти радіусом 6м з центром, що знаходиться в центрі отвору, і півсфери радіусом 6 м під цим отвором. Якщо дотриматися вищезазначених відстаней неможливо через розміри та планування судна, за результатами дисперсійного аналізу прийнятною може бути визнана зона меншого розміру, що відповідає критеріям 50% НМВ (Нижня межа вибухонебезпеки). Розміри зони не повинні бути меншими за зазначені у третьому абзаці вище, і вона повинна включати прилеглу небезпечну зону 2, розміри якої повинні відповідати зазначеним у першому абзаці **23.2.4**»

ЧАСТИНА XIII МАТЕРІАЛИ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:

Розділи/підрозділи/ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
Розділ 1			
1.4.3.2	Внесені уточнення щодо сертифікатів виготовлювача		
Розділ 2			
2.2.10.1	Уточнено параметри прокату при додаткових випробуваннях матеріалів, що працюють при низьких температурах		
2.2.10.5	Підрозділ доповнюється методикою випробувань для визначення параметру <i>CTOD</i> для основного металу, зони термічного впливу та металу шва		
2.2.10.6	Пункт анулюється		
2.2.10.11	Підрозділ доповнюється методикою визначення властивостей зупинки крихких тріщин сталевого листового прокату товщиною від 50 до 100мм	УВ МАКТ W31 Rev.2 Dec 2019 + Rev.3 Mar 2023	
2.2.3.1	Таблиця 2.2.3.1 доповнюється новим розміром зразка для випробувань на роботу удару		
2.5.1.1	Зміна редакційного характеру. Текст доповнено уточненням щодо оцінки довговічності льодостійкого покриття	ДСТУ EN ISO 12944-6	
2.5.6.5	Уточнені вимоги щодо оцінки катодного відшарування та величини катодного відшарування		
2.5.7.1	Уточнені вимоги щодо поверхні випробуваному покритті зразка		
2.5.7.2 , 2.5.7.3	Внесені уточнення щодо прикладу конструкції приладу для проведення випробувань, процедури проведення випробувань		
2.6.4	Внесені зміни до складу звіту про випробування		
Розділ 3			
3.2	Текст пункту викладено в новій редакції	Аналіз правил інших класифікаційних товариств	
3.4	Текст підрозділу викладено в новій редакції. Підрозділ доповнено вимогами до сталевих труб суднових систем		
3.5.3.1	Внесені доповнення до вимог для хімічного складу поковок для		

	сталей, що працюють при низьких температурах		
3.7	Текст підрозділу викладається в новій редакції	УВ МАКТ W7 (Rev.4 Feb 2022)	
3.8	Текст підрозділу викладається в новій редакції	УВ МАКТ W8 (Rev.3 Mar 2024), п. 6.2, 6.4, 6.5	
3.12	Текст підрозділу викладається в новій редакції	УВ МАКТ W27 (Corr.1 July 2020) + (Rev.3 Sep 2023)	
3.13	Зміни редакційного характеру		
3.15	Підрозділ викладається в новій редакції	ДСТУ EN 12385-4, ДСТУ ISO 2408	
3.16	Підрозділ викладається в новій редакції. Вимоги до корозійностійких сталей приведені у відповідність до міжнародних стандартів		
3.19	Текст підрозділу викладається в новій редакції	УВ МАКТ W31 (Rev. 2 Dec 2019)	
Розділ 4	Текст розділу викладається в новій редакції. До розділу додані вимоги для труб та виливків із міді та мідних сплавів		
Розділ 5			
5.4	Текст підрозділу та таблиці 5.4.3.1 і 5.4.3.2 приведені у відповідність до міжнародних стандартів		
Розділ 6			
6.5.3.1	Зміст таблиці змінений відповідно до стандарту	ДСТУ EN ISO 12944-6	
6.5.4.3, 6.5.4.5	Зміни редакційного порядку		
6.5.4.4	Уточнені вимоги до ґрунтів, які не видаляються перед зварюванням		
6.12	Розділ доповнюється новим підрозділом із вимогами до полімерних матеріалів для виготовлення елементів валопроводів		
6.13	Розділ доповнюється підрозділом із вимогами до синтетичних матеріалів, які застосовуються для підшипників суднових валів і балерів стерен		
Розділ 7.1.3	Рисунок 7.1.3-3 замінений у зв'язку із уточненням розмірів ланки без розпірки		
Розділ 9			
9.2.3	У таблиці 9.2.3-1 внесені уточнення до механічних властивостей поковок і штампованих заготовок		
9.4.2.1	Уточнені вимоги до хімічного складу титанових сплавів		

9.4.3.1	Уточнені вимоги до класифікації титанових сплавів для суднових трубних систем		
9.4.3.3	До тексту пункту додається нова таблиця із вимогами до механічних властивостей холоднодеформованих труб із титанових сплавів		
Розділ 12	Частина XIII доповнюється новим розділом з вимогами до продуктів адитивного виробництва		

ЧАСТИНА XIII МАТЕРІАЛИ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Текст пункту **1.4.3.2** доповнюється новим абзацом наступного змісту: «У разі поставки матеріалу тільки з сертифікатами виготовлювача, завіреними представником Регістру, форма і його зміст повинні бути узгоджені з Регістром і покупцем.».

2. МЕТОДИ ВИПРОБУВАНЬ

Останнє речення четвертого абзацу пункту **2.2.10.1** замінюється на наступне: «При цьому, якщо за розрахунками поширення досягне товщини 10мм і менше, то найменша товщина, до якої поширюється схвалення Регістру, приймається більше 10мм.».

Пункт **2.2.10.5** викладається в новій редакції: «**2.2.10.5** Випробування для визначення параметра *CTOD* для основного металу, зони термічного впливу (ЗТВ) і металу шва.

2.2.10.5.1 Загальні вимоги.

2.2.10.5.1.1 Основним призначенням випробувань є контроль виду руйнування матеріалів за наявності тріщини в кліматичному діапазоні температур. Під час випробувань визначається параметр тріщиностійкості *CTOD* (критичне розкриття вершини тріщини) при статичному навантаженні.

За *CTOD* приймається розрахована відповідно до стандартів одна з наступних величин розкриття тріщини, пов'язаних з визначеним видом її поширення:

δ_c — коли до початку нестабільного руйнування (крихкого поширення тріщини) її середній стабільний приріст склав менше 0,2 мм;

δ_u — коли до початку нестабільного руйнування (крихкого поширення тріщини) середній стабільний приріст склав більше 0,2 мм;

δ_m — коли було досягнуто максимум навантаження без нестабільного руйнування.

2.2.10.5.1.2 Для визначення *CTOD* застосовуються зразки з попередньо вирощеною втомною тріщиною, які випробовуються при заданій швидкості переміщення навантажувальної траверси випробувальної машини, що забезпечує швидкість зростання коефіцієнта інтенсивності напружень в межах (0,5 – 1,5) МПа $\cdot \frac{m^{0,5}}{c}$ на пружній ділянці деформації. Зразки навантажуються до руйнування (повного або часткового) або до перевищення максимуму зусилля, зареєстрованого при пластичній деформації.

2.2.10.5.2 Зразки для випробувань на *CTOD*.

2.2.10.5.2.1 Проби для виготовлення зразків для випробування на *CTOD* повинні відбиратися з місця, максимально наближеного до місця відбору проб для випробувань на розтяг і ударний вигин.

2.2.10.5.2.2 Орієнтація зразків, якщо інше не вказано, при їх виготовленні повинна бути такою, щоб напрямок поширення тріщини збігався з напрямком останнього прокатування (переважним напрямком деформування металу).

2.2.10.5.2.3 Дозволяється випробовувати зразки, виготовлені з напівфабрикатів, що мають кутові деформації та кривизну (наприклад, труби). У цих випадках проби можуть бути виправлені, причому точки прикладання навантаження повинні знаходитися на відстані не менше товщини зразка від лінії надрізу, а зона надрізу не повинна зазнавати деформацій, що впливають на результати випробувань.

2.2.10.5.2.4 Для зразків із залишковими напруженнями, а також підданих правці, допускається механічне зняття залишкових напружень. Термообробка в цьому випадку не допускається. Рекомендований метод механічного зняття залишкових напружень полягає в локальному стисненні бічних поверхонь зразка, що застосовується в зоні вершини надрізу, з пластичною деформацією зразка не більше 0,5 % товщини зразка з кожного боку. Для цього слід використовувати пуансон достатньої площі, щоб по можливості покрити зразок за одне стискання. Покриття вершини надрізу обов'язкове.

2.2.10.5.2.5 При визначенні тріщиностійкості ЗТВ надріз слід виконувати так, щоб вершина тріщини по максимально можливій довжині її фронту розташовувалася в шарі, що має, імовірно, найменшу в'язкість. Рекомендується для цього застосовувати зварювання зі спеціальною обробкою шва (К-подібною або несиметричною V-подібною зі скосом тільки одного краю).

Технологічний процес зварювання повинен бути схвалений Регістром.

Особлива увага повинна бути приділена застосуванню при цьому зварювальним матеріалам і погонній енергії зварювання. Погонна енергія повинна становити:

- не менше 35 кДж/см в загальному випадку;

- не менше 50 кДж/см для сталі, призначеної для зварювання на високих погонних енергіях. При цьому значення погонної енергії повинно відповідати максимальній, застосованій при огляді сталі з індексом «W».

При проведенні випробувань металу ЗТВ рекомендується передбачити також випробування металу зварного шва для застосованого технологічного процесу зварювання, з виконанням надрізу в металі шва на відстані в межах 1 мм від лінії сплавлення. Результати цих випробувань враховуються при визначенні коректності даних, отриманих для зразків з розміткою надрізу по металу ЗТВ, якщо металографічним аналізом зафіксовано присутність на фронті початкової тріщини більш крихких нецільових структурних складових.

Перед нанесенням розмітки і виконанням надрізу на зразку необхідно здійснити травлення і дослідження структури металу зони термічного впливу. Якщо інші вказівки відсутні, досліджують зони передбачуваної найменшої в'язкості, якими слід вважати ЗТВ-I — зону найбільшої величини зерен, максимального перегріву при зварюванні, і ЗТВ-II — зону неповної рекристалізації. Слід приймати ширину цільових структур рівною 0,5 мм, які відраховуються всередину ЗТВ від лінії сплавлення (для ЗТВ-I) і від межі травлення (для ЗТВ-II).

Для обох зон необхідно отримати як мінімум по три коректних результати випробування. Загальна кількість зразків з надрізом по ЗТВ в серії становить до 12 на одну температуру випробування, оскільки частина результатів може не задовольняти умовам коректності випробувань, наведеним в 2.2.10.5.5.

2.2.10.5.2.6 Для випробувань з розташуванням надрізу по лінії сплавлення або будь-якій іншій цільовій мікроструктурі вважається достатньою наявність по фронту початкової втомної тріщини ділянки цільової мікроструктури протяжністю 15 % товщини зразка, якщо іншого не вказано Регістром. Для випробувань з розташуванням надрізу по центру шва вважається достатнім 70 % металу шва по фронту початкової тріщини.

2.2.10.5.3 Типи зразків.

2.2.10.5.3.1 Для випробувань виготовляються зразки таких типів:

.1 зразки прямокутного перерізу на триточковий вигин;

.2 зразки компактні на позацентрове розтягнення;

.3 зразки квадратного перерізу на триточковий вигин.

Товщина зразків t повинна становити не менше 85 % натурної товщини напівфабрикату. Для напівфабрикатів товщиною понад 80 мм допускається зниження товщини зразка t порівняно з натурною товщиною напівфабрикату S більше, ніж на 15 %, але не більше, ніж на 50 %, що повинно спричинити зниження температури випробувань на величину $17 \ln(S/t)^\circ\text{C}$.

2.2.10.5.3.2 Зразки прямокутного перерізу $t \times (2t)$ на триточковий вигин є основними. Для зниження металоемності та полегшення випробувань основного металу і металу шва зварних з'єднань допускається застосовувати компактні зразки з товщиною, максимально наближеною до натурної товщини напівфабрикату, з наступного ряду: 25 мм, 50 мм, 75 мм, 100 мм. З тією ж метою для випробувань металу зони термічного впливу і металу шва зварних з'єднань товщиною 40 мм і більше допускається використовувати зразки на триточковий вигин квадратного перетину $t \times t$.

2.2.10.5.4 Обладнання, оснащення та засоби вимірювання.

2.2.10.5.4.1 У загальному випадку обладнання, оснащення та засоби вимірювання повинні відповідати вимогам стандартів і цих Правил та періодично контролюватися і калібруватися уповноваженими на те національними органами.

2.2.10.5.4.2 В якості машин для випробувань слід використовувати сервогідролічні або електромеханічні, з верхньою межею робочого діапазону навантажень від 100 до 3000 кН, що забезпечують навантаження зі швидкістю, встановленою в **2.2.10.5.1** і похибкою вимірювання навантаження не більше $\pm 0,1$ % від верхньої межі робочого діапазону. Системи для вимірювання прикладеної сили і реєстрації результатів повинні дозволяти робити запис діаграм: «прикладене навантаження — розкриття берегів надрізу».

2.2.10.5.4.3 Оснащення для випробувань на триточковий вигин повинно забезпечувати можливість обертання і малого незалежного переміщення опорних роликів з метою підтримки безперервного контакту кочення протягом усього випробування. Діаметр роликів повинен становити від 0,5 до 1,0 висоти зразка.

2.2.10.5.4.4 Пристосування для навантаження компактних зразків (серги і пальці) повинні допускати вирівнювання зразка при навантаженні, для чого зазор між зразком і внутрішніми поверхнями серг повинен бути збільшений до 0,5 — 1,0 мм, і забезпечувати відсутність заклинювання пальців при пластичній деформації зразка.

2.2.10.5.4.5 Похибка при визначенні температури випробувань не повинна перевищувати $\pm 1,5$ °С. Вимірювання температури повинні проводитися термоелектричними перетворювачами з вторинними вимірювальними приладами точністю не нижче 0,5.

2.2.10.5.4.6 Розкриття берегів тріщини вимірюється за допомогою датчиків переміщення з базою від 5,0 до 12,5 мм, з діапазоном вимірювання від ± 10 % до ± 50 % від бази.

Похибка вимірювання переміщення за їх допомогою не повинна перевищувати $\pm 1,5$ % від верхньої межі робочого діапазону.

2.2.10.5.4.7 Датчик переміщення повинен проходити тарування перед кожною серією вимірювань ідентичних зразків. Якщо датчик добре ізольований від зразка, тарування при кімнатній температурі вважається достатнім.

Похибка тарування не більше 0,003 мм.

2.2.10.5.5 Умови коректності отриманих значень *CTOD*.

2.2.10.5.5.1 Геометричні розміри зразків повинні знаходитися в межах стандартних допусків.

2.2.10.5.5.2 Відношення довжини тріщини до висоти зразка повинно знаходитися в діапазоні від 0,45 до 0,55 для всіх типів зразків.

2.2.10.5.5.3 Мінімальна протяжність втомної тріщини визначається як більше з наступних значень: 1,3 мм або 2,5 % висоти зразка.

2.2.10.5.5.4 Різниця між двома будь-якими вимірами довжини початкової втомної тріщини не повинна перевищувати 10 % середнього значення довжини тріщини за цими вимірами. При випробуваннях зразків зі зварних з'єднань допуск може бути збільшений до 20 %.

Примітка: Довжину вихідної втомної тріщини вимірюють у дев'яти рівновіддалених точках, крайні з яких розташовані на відстані 0,01t від бічних поверхонь зразка в місці максимальної утяжки після випробування.

2.2.10.5.5.5 При випробуваннях металу зони термічного впливу вважається достатньою наявність по фронту початкової втомної тріщини ділянки цільової структури протяжністю 15 % в межах середніх трьох чвертей товщини зразка.

2.2.10.5.6 Визначення результату випробування на *CTOD*.

2.2.10.5.6.1 Значення параметра тріщиностійкості *CTOD* основного металу і металу зварного з'єднання для даної температури визначається як середнє з результатів випробувань за таких умов:

При отриманні трьох-чотирьох коректних результатів випробувань жоден з отриманих результатів не повинен бути менше 70 % від середнього для основного металу і менше 50 % для металу зварного з'єднання.

При отриманні п'яти і більше коректних результатів випробувань допустиме виключення одного мінімального результату з розгляду. Решта результатів повинні бути не менше 70 % від середнього для основного металу і менше 50 % для металу зварного з'єднання.

При невиконанні цих умов за величину *CTOD* приймається мінімальне зареєстроване значення цього параметра, або друге знизу при п'яти і більше коректних результатах.

2.2.10.5.6.2 Нестабільним руйнуванням зразка вважається повне або часткове руйнування (проскакування тріщини) зразка, при якому реєструється падіння навантаження і неконтрольоване зростання переміщень більш ніж на 1 %.

Пункт **2.2.10.6** анулюється.

Підрозділ доповнюється новим пунктом **2.2.11** наступного змісту: «**2.2.11** **Методика визначення властивостей зупинки крихких тріщин сталевого листового прокату товщиною від 50 до 100 мм.**

2.2.11.1 Метод випробування для визначення в'язкості руйнування при гальмуванні крихкої тріщини, K_{ca} .

2.2.11.1.1 Сфера застосування.

У стандарті ISO 20064:2019* представлено метод випробувань для в'язкості руйнування при гальмуванні крихкої тріщини з використанням широких зразків з градієнтом температур.

Примітка: ISO 20064:2019 Металеві матеріали. Сталь. Метод випробування для визначення в'язкості руйнування при крихкому розриві, K_{ca}

Metallic Materials. Steel. Method of Test for the Determination of Brittle Crac Arrest Toughness, K_{ca} .

Вимога **2.2.11.1** поширюється на процедуру випробувань для визначення в'язкості руйнування сталі при гальмуванні крихкої тріщини K_{ca} з використанням параметра механіки руйнування і методу визначення K_{ca} при визначеній температурі зазначеній в ISO 20064:2019. Додатково, ці вимоги визначають метод оцінки K_{ca} на листі для випробувань. Вони також поширюються на сталь корпусних конструкцій товщиною понад 50 мм, але не більше 100 мм відповідно до **3.2** і **3.19**.

2.2.11.1.2 Процедура випробувань.

Процедури випробувань, що включають випробувальне обладнання, випробувальні зразки, методи випробувань, визначення характеристики гальмування, звіти про випробування, тощо повинні відповідати стандарту ISO 20064:2019.

В якості методу ініціювання крихкої тріщини допускається застосовувати допоміжний механізм навантаження відповідно до Додатка D стандарту ISO 20064:2019, за винятком того, що перше речення в 2.4 Додатка В стандарту ISO 20064:2019 переглянуто наступним чином «Отримання значення $\{K_{ca}/[K_0 \cdot \exp(-cT_{сак})]\}$ для кожної точки даних».

2.2.11.2 Визначення значення K_{ca} при конкретній температурі та оцінка результатів.

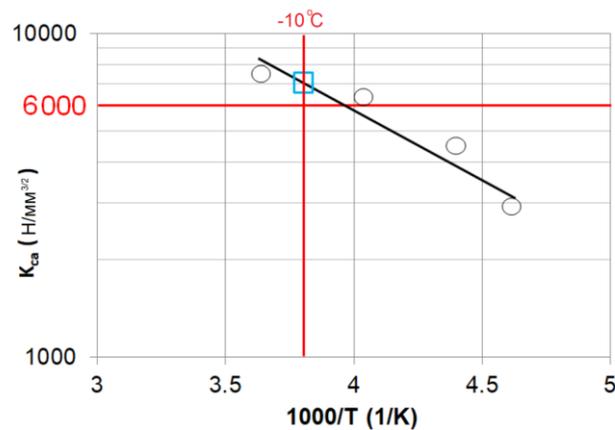
2.2.11.2.1 Метод.

Метод проведення серії випробувань з метою визначення значення K_{ca} при конкретній температурі T_d повинен відповідати Додатку В стандарту ISO 20064:2019.

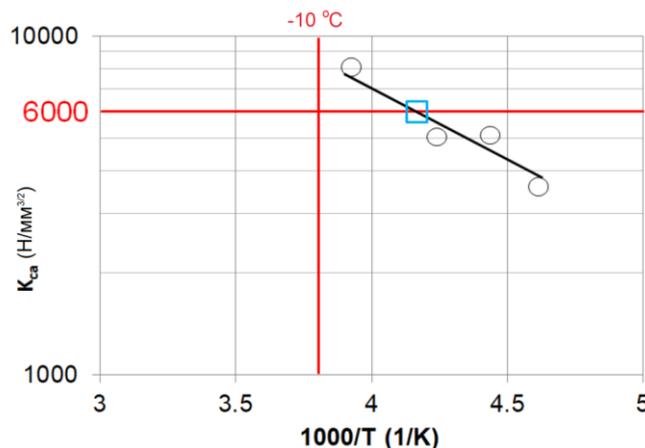
2.2.11.2.2 Оцінка результатів.

Апроксимація прямими відрізками графіка Арреніуса дійсних значень K_{ca} методом інтерполяції повинна відповідати умовам **2.2.11.2.2.1** і **2.2.11.2.2.2**.

2.2.11.2.2.1 Оцінювана температура K_{ca} (тобто -10 °C) знаходиться між верхньою і нижньою межами температури гальмування, при цьому значення K_{ca} , що відповідає оцінюваній температурі, не нижче необхідного значення K_{ca} (наприклад, $6000 \text{ Н/мм}^{3/2}$ або $8000 \text{ Н/мм}^{3/2}$), як показано на рис.2.2.11.2.2.1.

Рис.2.2.11.2.2.1 Приклад оцінки K_{ca} при температурі -10°C

2.2.11.2.2.2 Температура, що відповідає необхідному значенню K_{ca} (наприклад, $6000 \text{ Н/мм}^{3/2}$ або $8000 \text{ Н/мм}^{3/2}$), знаходиться між верхньою і нижньою межами температури гальмування, при цьому температура, відповідна вимогам значення K_{ca} не перевищує оцінювану температуру (тобто -10°C), як показано на рис.2.2.11.2.2.2.

Рис. 2.2.11.2.2.2 Приклад оцінки температури, що відповідає необхідному значенню K_{ca}

Якщо вимоги **2.2.11.2.2** не виконуються, передбачається проведення додаткових повторних випробувань до виконання висунутих вимог.

2.2.11.3.1 Вимоги до виконання ізотермічних випробувань на температуру гальмування тріщини (CAT)

2.2.11.3.1.1 Область застосування **2.2.11.3** відповідає визначенню, наведеному в **3.19**.

2.2.11.3.1.2 Положення **2.2.11.3** встановлюють вимоги до методик та умов проведення ізотермічних випробувань на гальмування тріщини, що дозволяють отримати результати випробувань в ізотермічних умовах і встановити температуру гальмування крихкої тріщини (CAT).

Дія **2.2.11.3** поширюється на сталі товщиною понад 50 мм, але не більше 100 мм.

2.2.11.3.1.3 Даний метод передбачає застосування рівномірно розподіленої

температури в випробуваному зразку, що підлягає оцінці. Якщо в **2.2.11.3** не вказано інше, всі інші параметри випробувань повинні відповідати ISO 20064:2019.

2.2.11.3.1.4 У табл.3.19.2.2.2 наводяться вимоги до характеристики гальмування крихкої тріщини, що описується за допомогою температури гальмування тріщини (CAT).

2.2.11.3.1.5 Перед проведенням випробувань виробник повинен надати Регістру методику випробувань для узгодження.

2.2.11.3.2.1 Вимоги табл. 2.11.3.2.1 доповнюють ISO 20064:2019, у таблиці представлені умовні позначення, що відносяться до ізотермічних випробувань.

Таблиця 2.2.11.3.2.1 Додаткова система позначень до ISO 20064:2019

Умовне позначення	Од. вимір.	Значення
t	мм	Товщина випробуваного зразка
L	мм	Довжина випробуваного зразка
W	мм	Ширина випробуваного зразка
a_{MN}	мм	Довжина надрізу на краю зразка
L_{SG}	мм	Довжина канавки на бічній поверхні від краю зразка. L_{SG} визначається як довжина канавки з постійною глибиною, за винятком вигнутої ділянки по глибині в кінці бічної канавки.
d_{SG}	мм	Глибина бічної канавки на ділянці з постійною глибиною
L_{EB-min}	мм	Мінімальна довжина між краєм зразка і передньою частиною зони повторного плавлення при електронно-променевої правці
$L_{EB-S1, -S2}$	мм	Довжина між краєм зразка і передньою частиною зони повторного плавлення при електронно-променевої правці, яка з'являється на обох бічних поверхнях зразка
$LLTG$	мм	Довжина зони локального градієнта температури по траєкторії крихкої тріщини
a_{arrest}	мм	Довжина зупиненої крихкої тріщини
T_{target}	°C	Визначена температура випробувань
T_{test}	°C	Певна температура випробувань
T_{arrest}	°C	Визначена температура випробувань, при якій спостерігається гальмування крихкої тріщини, що відповідає критеріям вимог
σ	Н/мм ²	Прикладене випробувальне напруження в поперечному перерізі Wxt
$SMYS$	Н/мм ²	Задана мінімальна межа плинності випробуваної категорії сталі, що підлягає огляду
CAT	°C	Температура гальмування тріщини, мінімальна температура T_{arrest} , при якій зупиняється поширення крихкої тріщини

2.2.11.3.3 Випробувальне обладнання.

2.2.11.3.3.1 Випробувальне обладнання, що використовується, повинно бути гідравлічного типу і мати достатню продуктивність для створення навантаження на розтяг, еквівалентного 2/3 величини $SMYS$, характерної для затвердженої категорії сталевих прокату.

2.2.11.3.3.2 Система контролю температури повинна бути розрахована на підтримку температури в заданій області зразка в межах допуску ± 2 °C відносно номінальної T_{target} .

2.2.11.3.3.3 Для утворення крихкої тріщини можуть використовуватися: метод падаючого вантажу, пневмомолот або тримачі для подвійного застосування розтягуючого зусилля.

2.2.11.3.3.4 Детальні вимоги до випробувального обладнання описані в ISO 20064:2019.

2.2.11.3.4 Випробовувані зразки.

2.2.11.3.4.1 Утворення тріщини ударним навантаженням

2.2.11.3.4.1.2 Розміри зразка показані на рис. 2.2.11.3.4.1.2. Ширина випробуваного зразка W повинна становити 500 мм. Довжина випробуваного зразка L повинна бути більшою або дорівнювати 500 мм.

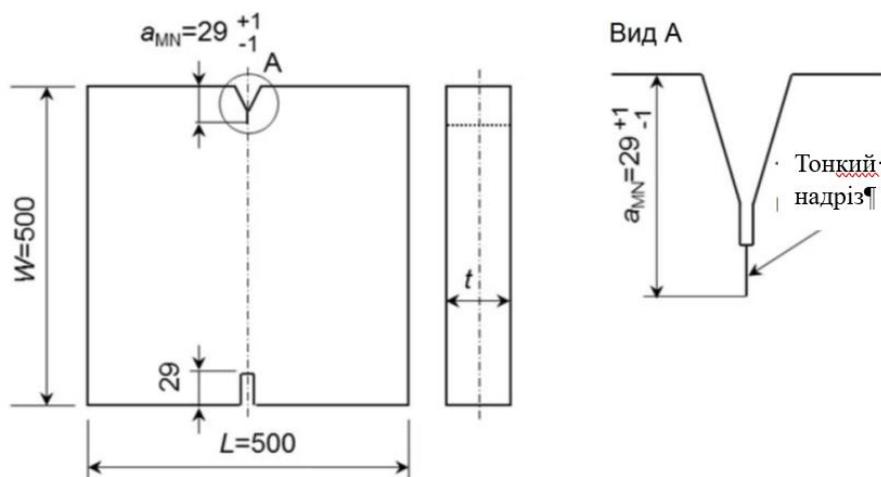


Рис. 2.2.11.3.4.1.2 Розміри випробуваного зразка для утворення тріщини ударним навантаженням

Примітка: З метою контролю процесу утворення крихкої тріщини під час випробувань тонкий надріз, виконаний пилкою, повинен мати радіус заокруглення в діапазоні від 0,1 мм до 1 мм.

2.2.11.3.4.1.3 V-подібний надріз для утворення крихкої тріщини виконується механічною обробкою на торці зразка з боку прикладання ударного навантаження. Загальна довжина виконаного надрізу повинна дорівнювати 29 мм з допуском ± 1 мм.

2.2.11.3.4.1.4 Вимоги до бічних канавок встановлені в **2.2.11.3.4.4**.

2.2.11.3.4.2 Ініціювання тріщини подвійним прикладанням розтягуючого зусилля.

2.2.11.3.4.2.1 Форма і розміри допоміжного навантажувального тримача та опис методу допоміжного навантаження для утворення крихкої тріщини наведені в Додатку D ISO 20064:2019.

2.2.11.3.4.2.2 Під час випробувань з подвійним застосуванням розтягуючого зусилля допоміжний навантажувальний тримач допускається охолоджувати до більш низьких температур, ніж основний лист для утворення крихкої тріщини.

2.2.11.3.4.3 Виконання області окрихчування.

2.2.11.3.4.3.1 Щоб забезпечити утворення і поширення крихкої тріщини, необхідно створити область окрихчування. Для цього можна застосувати технологію електронно-променевого зварювання (далі — EBW) або створити локальний градієнт температури.

2.2.11.3.4.3.2 При окрихчуванні із застосуванням EBW зварювання виконується по передбачуваній траєкторії поширення вихідної тріщини, яка проходить по осьовій лінії зразка в передній частині V-подібного надрізу.

2.2.11.3.4.3.3 Необхідно досягти повного проплавлення зразка по всій товщині в області окрихчування. Рекомендується виконувати проплавлення за допомогою EBW з одного боку зразка, при цьому двостороннє проплавлення також допускається, якщо потужності EBW недостатньо для досягнення повного проплавлення шляхом зварювання тільки з одного боку.

2.2.11.3.4.3.4 Зону окрихчування EBW рекомендується підготувати достатньої механічної обробки зразка.

2.2.11.3.4.3.5 Зона окрихчування, отримана за допомогою EBW, повинна бути відповідної якості.

Примітка: У деяких випадках процес EBW може бути нестабільним на початку і в кінці процесу. Лінію EBW рекомендується починати з боку вершини зони окрихчування в напрямку торця зразка, збільшуючи потужність зварювання або рухаючись зворотно-поступально в початковій точці зварювання, зберігаючи стабільність процесу EBW.

2.2.11.3.4.3.6 Відповідно до методу місцевого градієнта температури (L_{TG}), між вершиною виконаного механічно надрізу та областю ізотермічних випробувань підтримують заданий локальний градієнт температури після ізотермічного контролю. Контроль температури L_{TG} проводиться безпосередньо перед утворенням крихкої тріщини, проте необхідно забезпечити постійний градієнт температури по всій товщині зразка.

2.2.11.3.4.4 Бічні надрізи.

2.2.11.3.4.4.1 З метою поширення крихкої тріщини по прямій лінії, в області крихкості на бічній поверхні можна виконати бічні надрізи. Бічні надрізи необхідно виконувати у випадках, зазначених нижче.

2.2.11.3.4.4.2 При окрихчуванні зразка за допомогою EBW робити бічні надрізи не обов'язково, оскільки застосування EBW виключає утворення губ зрізу. Однак якщо на зразку з виломом чітко видно губи зрізу товщиною більше 1 мм з кожного боку, тоді бічні надрізи слід обробити.

2.2.11.3.4.4.3 При окрихчуванні за допомогою L_{TG} бічні надрізи виконуються в обов'язковому порядку. На обох бічних поверхнях виконують бічні надрізи однакової форми і розмірів.

2.2.11.3.4.4.4 Довжина бічного надрізу L_{SG} повинна бути меншою за повну довжину необхідної області окрихчування.

2.2.11.3.4.4.5 У разі виконання бічних надрізів довжина бічного надрізу, радіус вершини і кут розкриття не контролюються, але при цьому повинні бути визначені, щоб виключити появу губ зрізу товщиною більше 1 мм з будь-якого боку. Приклади розмірів бічної канавки показані на рис.2.2.11.3.4.4.5.

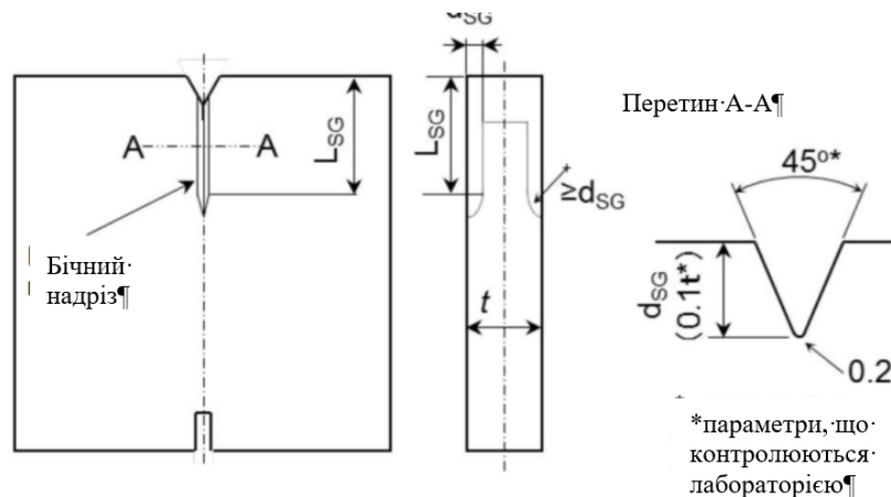


Рис. 2.2.11.3.4.4.5 Форма і розміри бічного надрізу

2.2.11.3.4.4.6 Бічний надріз повинен бути оброблений таким чином, щоб надріз по глибині поступово звужувався, а кривизна була більшою або дорівнювала d_{SG} . Довжина L_{sg} визначається як довжина надрізу з постійною глибиною, за винятком вигнутої ділянки по глибині в її кінці.

2.2.11.3.4.5 Номінальна довжина області окрихчування

2.2.11.3.4.5.1 Номінальна довжина області окрихчування повинна становити мінімум 150 мм.

2.2.11.3.4.5.2 Довжина області EBW регулюється за трьома розмірами на поверхні руйнування після проведення випробувань (див. рис. 2.2.11.3.4.5.2):

L_{EB-min} — між краєм зразка і переднім краєм EBW, L_{EB-s1} і L_{EB-s2} .

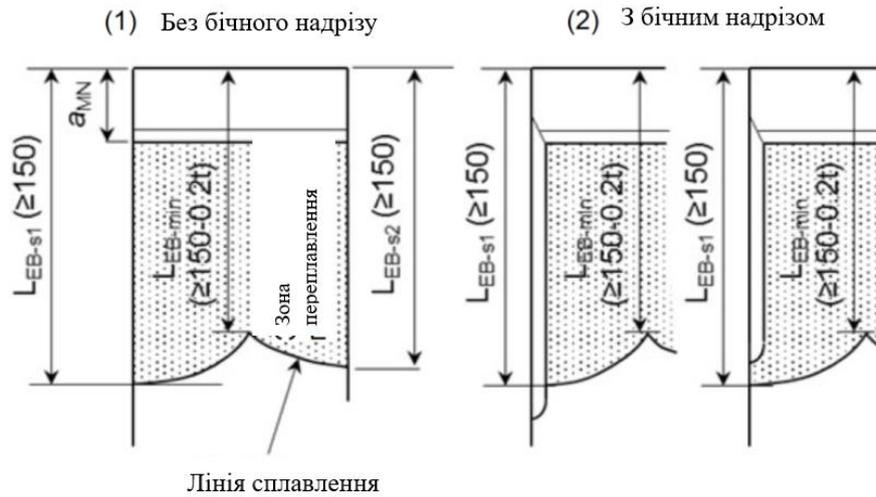


Рис. 2.2.11.3.4.5.2 Визначення довжини EBW

2.2.11.3.4.5.3 Мінімальна довжина між краєм зразка і лінією сплавлення EBW, L_{EB-min} , повинна бути не менше 150 мм. Однак допустимо, якщо L_{EB-min} не менше $150 \text{ мм} - 0,2t$, де t — товщина зразка. Якщо L_{EB-min} менше 150 мм, при знаходженні T_{test} необхідно врахувати коефіцієнт запасу по температурі див. 2.2.11.4.8.1.2).

2.2.11.3.4.5.4 Довжини між краєм зразка і переднім краєм EBW на обох бічних поверхнях позначаються як L_{EB-s1} і L_{EB-s2} . Обидва розміри повинні бути не менше 150 мм.

2.2.11.3.4.5.5 При використанні методу L_{TG} значення L_{LTG} повинно бути 150 мм і більше.

2.2.11.3.4.6 Характеристики тримача/штифтового фіксатора і приварювання випробовуваного зразка до тримачів.

2.2.11.3.4.6.1 Форми та розміри тримачів і штифтових фіксаторів повинні відповідати зазначеним в ISO 20064:2019. Деформація зразка після варіння повинна відповідати вимогам ISO 20064:2019.

2.2.11.3.5 Методика випробувань.

2.2.11.3.5.1 Попереднє навантаження.

2.2.11.3.5.1.1 Щоб уникнути передчасного виникнення крихкої тріщини під час випробувань, можна застосувати попереднє навантаження при кімнатній температурі. Напруження при прикладеному навантаженні не повинно перевищувати за величиною розрахункове напруження при випробуванні. Якщо передбачається ініціювання крихкої тріщини під час попереднього навантаження, то температуру попереднього навантаження можна збільшити до значення, вищого за температуру навколишнього середовища. Вплив на зразок температури, вищої за $100 \text{ }^\circ\text{C}$, не допускається.

2.2.11.3.5.2 Вимірювання та контроль температури

2.2.11.3.5.2.1 План контролю температури із вказівкою кількості та розташування термопар повинен відповідати вимогам 2.2.11.3.5.2.

2.2.11.3.5.2.2 Термопари закріплюються з обох сторін випробовуваного зразка з інтервалом не більше 50 мм по всій ширині і в поздовжньому напрямку по центру випробовуваного зразка (0,5W) в межах ± 100 мм від поздовжньої осьової лінії (див. рис. 2.2.11.3.5.2.2).

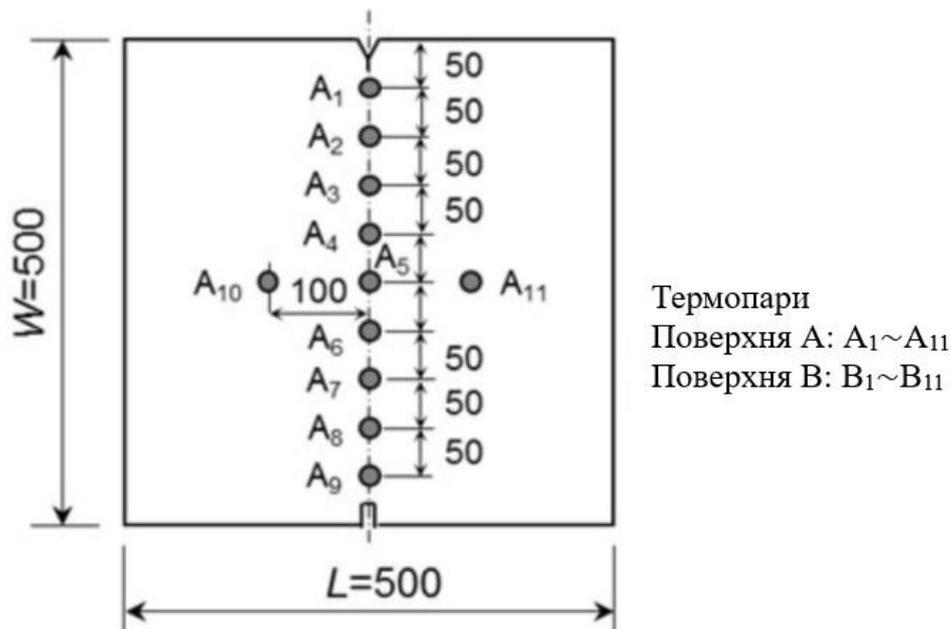


Рис. 2.2.11.3.5.2.2 Розташування термопар при вимірюванні температури

2.2.11.3.5.2.3 Метод окрихчування за допомогою EBW.

2.2.11.3.5.2.3.1 Температура термопар, розташованих в межах від $0,3W$ до $0,7W$ по ширині і по довжині, повинна бути в діапазоні допуску $\pm 2^\circ\text{C}$ від шуканої температури випробувань T_{target} .

2.2.11.3.5.2.3.2 Якщо всі температури, виміряні в межах від $0,3W$ до $0,7W$, склали значення T_{target} , отриманий температурний режим необхідно підтримувати в стабільному стані протягом як мінімум $10 + 0,1t$ хвилин до початку застосування випробувального навантаження, щоб забезпечити рівномірний розподіл температури до середини товщини.

2.2.11.3.5.2.3.3 Допускається локальне охолодження вершини виконаного надрізу з метою прискорення ініціювання крихкої тріщини. При цьому локальне охолодження не повинно порушити стабільність досягнутої температури зразка, що контролюється в межах від $0,3W$ до $0,7W$.

2.2.11.3.5.2.4 Метод окрихчування за допомогою L_{TG} .

2.2.11.3.5.2.4.1 Відповідно до методу L_{TG} , крім вимірювань температури, зображених на рис. 2.2.11.3.5.2.2, необхідно додатково контролювати температуру на вершині виконаного надрізу A_0 і B_0 . Положення термопар в межах області L_{TG} показано на рис.2.2.11.3.5.2.4.1.

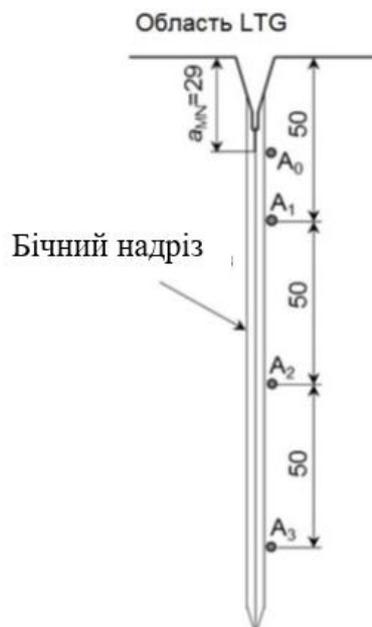
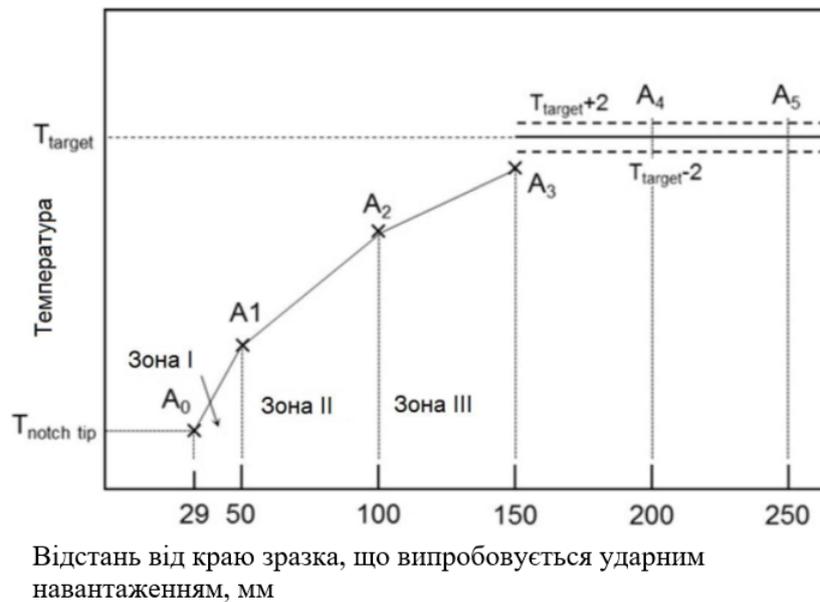


Рис. 2.2.11.3.5.2.4.1 Зображення області L_{TG} і розташування додаткової термопари A_0

2.2.11.3.5.2.4.2.4.2 Температура термопар, розташованих в межах від $0,3W$ до $0,7W$ по ширині і по довжині, повинна бути в діапазоні допуску $\pm 2^\circ\text{C}$ від шуканої температури випробувань T_{target} . При цьому температура, виміряна в точці $0,3W$ (місце установки термопар A_3 і B_3), повинна бути нижчою відповідно до **2.2.11.3.5.2.4.6**.

2.2.11.3.5.2.4.3 Якщо всі температури, виміряні в межах від $0,3W$ до $0,7W$, досягли значення T_{target} , отриманий температурний режим необхідно підтримувати в стабільному стані протягом як мінімум $10 + 0,1t$ хв до початку застосування випробувального навантаження, щоб забезпечити рівномірний розподіл температури до середини товщини.

2.2.11.3.5.2.4.4 При застосуванні L_{TG} температуру регулюють за рахунок місцевого охолодження в області вершини надрізу. Крива температур L_{TG} повинна включати температури, виміряні в точках з A_0 по A_3 , як показано на рис.2.2.11.3.5.2.4.4.

Рис. 2.2.11.3.5.2.4.4 Крива градієнта температури в області L_{TG}

2.2.11.3.5.2.4.5 Область L_{TG} визначається градієнтом температури в трьох областях: зона I, зона II і зона III. Допустимий діапазон значень кожного градієнта температури вказаний в табл.2.2.11.3.5.2.4.5.

Таблиця 2.2.11.3.5.2.4.5 Допустимий діапазон L_{TG}

Область	Відстань від краю	Допустимий діапазон значення градієнта температури
Зона I	29мм ÷ 50мм	$2,00^\circ\text{C}/\text{мм} \div 2,3^\circ\text{C}/\text{мм}$
Зона II	50мм ÷ 100мм	$0,25^\circ\text{C}/\text{мм} \div 0,60^\circ\text{C}/\text{мм}$
Зона III ¹	100мм ÷ 150мм	$0,10^\circ\text{C}/\text{мм} \div 0,20^\circ\text{C}/\text{мм}$
¹ Зона III обов'язкова		

2.2.11.3.5.2.4.6 Температура, виміряна в областях: A_2 ; B_2 і A_3 ; B_3 , повинна задовольняти наступним умовам:

$$T \text{ при } A_3, T \text{ при } B_3 < T_{target} - 2^\circ\text{C};$$

$$T \text{ при } A_2 < T_{ц} \quad \text{Відстань від краю зразка, що випробується ударним}$$

$$T \text{ при } B_2 < T_{ц} \quad \text{навантаженням, мм}$$

2.2.11.3.5.2.4.7 Вимоги до температур T при A_0 і T при A_1 не встановлюються за умови, що T при A_3 і T при A_2 відповідають вимогам вище. Те саме справедливо і для поверхні B .

2.2.11.3.5.2.4.8 Розрахункові температури в точках A_0 ; B_0 по A_3 ; B_3 повинні бути визначені до початку випробувань. У табл. 2.2.11.3.5.2.4.5 наводяться необхідні значення градієнтів температури в трьох областях: зоні I, зоні II і зоні III в області L_{TG} .

2.2.11.3.5.2.4.9 Після витримки протягом як мінімум $10 + 0,1t$ хвилин повинна бути отримана крива температур у вищезазначеній області L_{TG} , щоб домогтися рівномірного розподілу температури до середини товщини, перш ніж приступати до ініціювання крихкої тріщини.

2.2.11.3.5.2.4.10 Критерії L_{TG} у випробуваннях визначаються за табл.2.2.11.3.5.2.4.5 на підставі вимірних температур у точках з A_0 по A_3 .

2.2.11.3.5.2.5 Метод окрихчування зразків з ініціюванням тріщини подвійним прикладанням розтягуючого зусилля.

2.2.11.3.5.2.5.1 Порядок контролю температури та її витримки в сталому режимі відповідає **2.2.11.3.5.2.3** або **2.2.11.3.5.2.4** залежно від обраного методу.

2.2.11.3.5.3 Навантаження та ініціювання крихкої тріщини.

2.2.11.3.5.3.1 Перед проведенням випробувань слід вибрати бажану температуру випробувань T_{target} .

2.2.11.3.5.3.2 Порядок випробувань повинен відповідати описаному в ISO 20064:2019, за винятком того, що прикладена напруга повинна становити 2/3 від $SMYS$ випробовуваного сорту сталі.

2.2.11.3.5.3.3 Перед утворенням тріщини випробуваний зразок необхідно витримати під випробувальним або більш високим навантаженням протягом як мінімум 30 с.

2.2.11.3.5.3.4 Ініціювання крихкої тріщини допускається викликати застосуванням ударного навантаження або розтягуючого зусилля від допоміжного утримувача після того, як будуть зафіксовані всі виміряні температури і прикладене зусилля.

2.2.11.3.6 Вимірювання, що виконуються після проведення випробувань, та їх оцінка.

2.2.11.3.6.1 Ініціювання крихкої тріщини та оцінка результату.

2.2.11.3.6.1.1 У разі, якщо крихка тріщина була ініційована самовільно до того, як було прикладено випробувальне зусилля або до того, як спливе заданий час витримки під випробувальним зусиллям, результати випробування вважаються недійсними.

2.2.11.3.6.1.2 У разі, якщо крихка тріщина утворюється мимовільно без впливу ударного навантаження або розтягуючого зусилля від допоміжного утримувача, але після витримки під випробувальним зусиллям протягом заданого часу, характеристики ініціювання тріщини в таких випробуваннях вважаються достовірними. Результати перевірки траєкторії тріщини і зовнішнього вигляду руйнування слід розглядати на достовірність окремо.

2.2.11.3.6.2 Перевірка траєкторії поширення тріщини і оцінка результатів.

2.2.11.3.6.2.1 Якщо траєкторія тріщини в області окрихчування відхиляється від лінії EBW або бічного надрізу при використанні методу L_{TG} через зміщення та/або розгалуження тріщини, то результати такого випробування вважаються недійсними.

2.2.11.3.6.2.2 Вся траєкторія тріщини, починаючи від межі області окрихчування, повинна знаходитися в межах, показаних на рис. 2.2.11.3.6.2.2.

В іншому випадку результати випробувань вважаються недійсними.

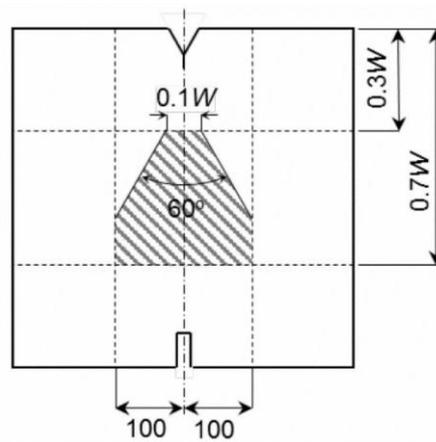


Рис. 2.2.11.3.6.2 Область допустимої траєкторії розповсюдження магістральної тріщини

2.2.11.3.6.3 Огляд поверхні руйнування, вимірювання довжини тріщини та контроль результатів.

2.2.11.3.6.3.1 Поверхня руйнування повинна бути оглянута та оцінена. Характеристики «утворення» та «поширення» тріщини підлягають перевірці.

Точки «гальмування» тріщини повинні бути виміряні. Результати оцінки та вимірювань повинні бути зафіксовані у відповідному протоколі.

2.2.11.3.6.3.2 Якщо точка початку тріщини розташована біля основи бічного вирізу, а не біля вершини V-подібного надрізу, результати таких випробувань вважаються недійсними.

2.2.11.3.6.3.3 При окрихчуванні за методом *EBW* довжина області *EBW* визначається за трьома вимірами: L_{EB-s1} , L_{EB-s2} і L_{EB-min} , які визначені в 2.2.11.3.4.5. Якщо значення будь-якого або обох параметрів L_{EB-s1} і L_{EB-s2} менше 150 мм, результати таких випробувань вважаються недійсними. Якщо $L_{EB min}$ менше $150-0,2t$ (мм), результати випробування також вважаються недійсними.

2.2.11.3.6.3.4 Якщо на бічних поверхнях області окрихчування з будь-якого боку зразка спостерігаються губи зрізу товщиною більше 1 мм, незалежно від того, чи виконувався в зразку надріз чи ні, результати таких випробувань вважаються недійсними.

2.2.11.3.6.3.5 При окрихчуванні за допомогою *EBW* необхідно вивчити поширення крихкої тріщини за передній край області *EBW*. При відсутності області появи крихкої тріщини за переднім краєм області *EBW* результати випробувань вважаються недійсними.

2.2.11.3.6.3.6 Необхідно оцінити зовнішнім оглядом дефекти зварювання в області окрихчування із застосуванням *EBW*. Виявлені дефекти слід описати кількісно. Слід виміряти довжину проекції дефекту на лінію, що проходить крізь зразок по товщині через область *EBW* по траєкторії крихкої тріщини, а відношення загальної області, займаної ділянкою спроектованого дефекту, до загальної товщини зразка визначається як відносний розмір дефектів (див. рис.2.2.11.3.6. 3.6). Якщо відносний розмір дефектів перевищує 10%, результати випробувань вважаються недійсними.

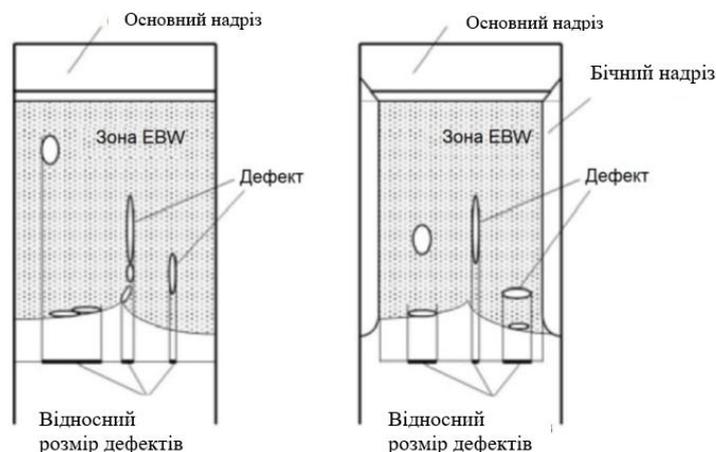


Рис. 2.2.11.3.6.3.6 Порядок розрахунку відносного розміру дефектів

2.2.11.3.6.3.7 Якщо при окрихчуванні за методом EBW з проплавленням з двох сторін між накладеними одна на одну лініями проплавлення спостерігається розрив на поверхні руйнування в області окрихчування, що утворився в результаті розбіжності двох ліній проплавлення, результати випробувань вважаються недійсними.

2.2.11.3.7 Оцінка характеристик гальмування і поширення тріщин.

2.2.11.3.7.1 В останню чергу виконується оцінка характеристик гальмування, поширення і їх достовірності відповідно до вимог **2.2.11.3.7**.

2.2.11.3.7.2 Якщо ініційована крихка тріщина зупинилася і при цьому випробуваний зразок не розламався на дві частини, поверхні руйнування необхідно піддати процедурам, описаним в ISO 20064:2019.

2.2.11.3.7.3 Якщо зразок не розламався на дві частини під час випробувань, слід виміряти довжину зупиненої тріщини a_{arrest} на поверхнях руйнування. a_{arrest} визначається як відстань від торця зразка з боку прикладання ударного навантаження до вершини зупиненої тріщини.

2.2.11.3.7.4 При використанні методів EBW і L_{TG} значення a_{arrest} повинно перевищувати L_{LTG} і L_{EB-s1} , L_{EB-s2} або L_{EB-min} . В іншому випадку результати випробувань вважаються недійсними.

2.2.11.3.7.5 Якщо зразок розвалився на дві частини під час випробувань, такий випадок можна розглядати як гальмування тріщини, якщо було зафіксовано факт повторного ініціювання тріщини. Якщо на поверхні руйнування, повністю охопленій крихким руйнуванням, частина поверхні крихкої тріщини, що йде з області окрихчування, оточена безперервною зоною пластичного розриву, результат випробувань можна розглядати як повторне ініціювання тріщини.

При цьому максимальну довжину тріщини на ділянці, оточеній областю пластичного розриву, можна вважати як a_{arrest} . Якщо повторне ініціювання тріщини неочевидно, результат випробувань оцінюється як повністю крихке руйнування.

2.2.11.3.7.6 Випробування вважаються пройденими, якщо значення a_{arrest} не перевищує $0,7W$. В іншому випадку випробування вважаються не пройденими.

2.2.11.3.8 Визначення значень температур T_{test} , T_{arrest} і CAT .

2.2.11.3.8.1 Визначення температури T_{test} .

2.2.11.3.8.1.1 Слід переконатися, що всі температури, зареєстровані термопарами в межах від $0,3W$ до $0,7W$ по ширині і довжині, знаходяться в діапазоні $T_{target} \pm 2$ °C в момент ініціювання крихкої тріщини. В іншому випадку результати випробувань вважаються недійсними. На температуру, виміряну в точці $0,3W$ (термопари A_3 і B_3) при використанні методу L_{TG} , ця вимога не поширюється.

2.2.11.3.8.1.2 Якщо значення L_{EB-min} у разі окрихчування методом EBW склало не менше 150 мм, можна вважати, що T_{test} дорівнює T_{target} . В іншому випадку T_{test} дорівнює $T_{target} + 5$ °C.

2.2.11.3.8.1.3 При окрихчуванні методом L_{TG} значення T_{test} можна прирівняти до T_{target} .

2.2.11.3.8.1.4 Остаточна оцінка гальмування тріщини при T_{test} виконується за результатами не менше двох випробувань в одних і тих же умовах, і оцінюваних як пройдені.

2.2.11.3.8.2 Визначення T_{arrest} .

2.2.11.3.8.2.1 Якщо щонайменше два випробування посліпль, оцінені як пройдені, проходять при одному і тому ж значенні T_{target} , вважається, що гальмування крихкої тріщини відбувається при T_{target} ($T_{arrest} = T_{target}$). Якщо в результаті декількох випробувань виявлено повністю крихке руйнування, T_{target} не може бути прийнято рівним T_{arrest} .

2.2.11.3.8.3 Визначення CAT .

2.2.11.3.8.3.1 При визначенні CAT крім двох пройдених випробувань потрібно одне випробування з результатом повністю крихкого руйнування. Шукану температуру випробувань T_{target} з позитивним результатом рекомендується задавати на рівні на 5 °C менше T_{arrest} . Мінімальна температура T_{arrest} визначається як CAT .

2.2.11.3.8.3.2 Якщо результати всіх випробувань позитивні за відсутності хоча б одного повністю крихкого руйнування, *CAT* приймається нижче T_{test} у двох випробуваннях з позитивним результатом, тобто не є виявленою *CAT*.

2.2.11.3.9 Складання протоколів випробувань.

Протоколи випробувань повинні містити таку інформацію:

- .1** матеріал, що випробовується: сорт і товщина;
- .2** продуктивність випробувальної машини;
- .3** розміри випробуваного зразка: товщина t ; ширина W і довжина L ; характеристики і довжина надрізу a_{MN} , характеристики бічного надрізу при його наявності;
- .4** тип області окрихчування: окрихчування методом *EBW* або *LTG*;
- .5** розміри зразка в зборі: товщина тримача, ширина тримача, довжина зразка в зборі разом з тримачами і відстань між навантажувальними штифтами, кутова деформація і лінійне зміщення;
- .6** інформацію про спосіб утворення крихкої тріщини: застосування ударного навантаження або подвійне застосування розтягуючого зусилля. У разі застосування ударного навантаження — падаючий вантаж або пневмомолот, а також робота удару;
- .7** умови випробувань, прикладене навантаження, напруження попереднього навантаження, напруження при випробуваннях;

оцінку гранично допустимого напруження попереднього навантаження, необхідного часу витримки при сталому напруженні;

.8 температуру випробувань: повна відомість температур із зазначенням місць розташування термодатчиків для вимірювання температур (малюнок та/або таблиця) і необхідна температура випробувань;

- оцінку діапазону розкиду температур в ізотермічній області;
- оцінку виконання вимог до місцевого градієнта температури і часу витримки при сталому градієнті температури і до утворення крихкої тріщини в разі застосування методу *LTG4*

.9 траєкторію тріщини і поверхню руйнування: фотографії випробуваного зразка із зображенням поверхонь руйнування з обох сторін і вигляд з боку траєкторії тріщини; позначку «вершини області окрихчування» і «гальмування»;

- оцінку виконання вимог до траєкторії тріщини;
- оцінку місця утворення тріщини (з боку бічної канавки або V-подібного надрізу);

.10 інформацію про область окрихчування.

При використанні методу *EBW*: L_{EB-s1} , L_{EB-s2} і L_{EB-min} :

- оцінку виконання вимог до товщини губ зрізу;
- оцінку продовження області появи крихкої тріщини за переднім краєм області *EBW*;
- оцінку виконання вимог до дефектів *EBW*;
- оцінку виконання вимог до довжини області *EBW*, L_{EB-s1} , L_{EB-s2} і L_{EB-min} .

При використанні методу *LTG*: L_{LTG} :

- оцінку виконання вимог до товщини губ зрізу;
- результати випробувань:
- якщо зразок не розламався на дві частини після ініціювання крихкої тріщини, довжина зупиненої тріщини a_{arrest} ;
- якщо зразок розламався на дві частини після ініціювання крихкої тріщини: якщо має місце повторне ініціювання крихкої тріщини, то довжина зупиненої тріщини a_{arrest} ;
- оцінити, чи знаходиться a_{arrest} в діапазоні необхідних значень ($0,3W < a_{arrest} \leq 0,7W$);

- остаточна оцінка: позитивне проходження випробувань, повністю крихке руйнування або результат «недійсний»;

.11 результати динамічних вимірювань: при необхідності динаміка швидкості поширення тріщини і зміна деформації на штифтових фіксаторах.

2.2.11.3.10 Застосування методики випробувань для оціночних випробувань матеріалу.

У разі необхідності дану методику можна також використовувати з метою визначення мінімальної температури, при якій в сталі відбувається гальмування поширення крихкої тріщини (визначений *CAT*) як характеристики властивості матеріалу відповідно до **2.2.11.3.8.3**.

Пункт **2.2.3.1**. Таблиця 2.2.3.1-4 доповнюється новим розміром зразка для випробувань на роботу удару:

«Таблиця 2.2.3.1-4

Розміри зразка, мм	Середнє значення роботи удару, Дж
10 × 10 × 55	1E
10 × 7,5 × 55	5/6E
10 × 5 × 55	2/3E
10 × 2,5 × 55	1/2E»

2.5.1 Вираз «в морській воді» замінюється на вираз: «в морському середовищі».

Текст пункту **2.5.1.1** доповнюється новим абзацом наступного змісту: «Довговічність оцінюється як висока за умови отримання результатів, що задовольняють вимогам, зазначеним у **2.5.1.6**, для випробування в соляному тумані відповідно до **2.5.1.4** і для випробування при зануренні у воду — відповідно до **2.5.1.5**.».

Текст пункту **2.5.6.5** доповнюється новим абзацом наприкінці пункту наступного змісту: «Величину катодного відшарування L , мм, розраховують за формулою

$$L = \frac{1}{\sqrt{\pi}} (\sqrt{S_2} - \sqrt{S_1}) \quad (2.5.6.5)$$

де S_2 — площа поверхні з відшарованим покриттям, включаючи площу вирізу, мм²;

S_1 — площа вирізу, мм².

Оцінка покриття відповідно до стандарту ДСТУ ISO 4628-2 повинна виконуватися відразу після закінчення випробувань. Величину катодного відшарування визначають через 4-5 годин після закінчення випробувань. Витримку та оцінку слід виконувати при температурі навколишнього повітря 23 ± 2 °C, відносній вологості 50 ± 5 °C.».

Текст пункту **2.5.7.1** доповнюється другим абзацом наступного змісту: «На випробуваному покритті зразка не повинно бути дефектів, що впливають на результат, таких як: патьоки, напливи, шагрень тощо.».

Тексти пунктів **2.5.7.2** і **2.5.7.3** викладаються в новій редакції: «**2.5.7.2** Опис рекомендованого приладу для проведення випробувань.

Приклади механічних приладів показані на рис. 2.5.7.2.

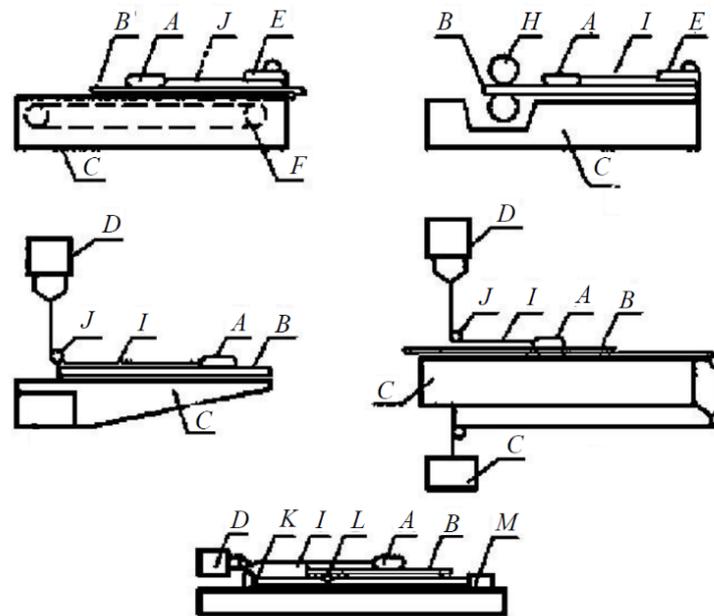


Рис. 2.5.7.2 Види установок для визначення коефіцієнта тертя захисного покриття об лід:

A — зразок; B — несуча площина з поглибленням під лід; C — основа; D — динамометр; E — пружинний динамометр, F — ланцюгова передача з постійною швидкістю; H — привід з роликками постійної швидкості; I — нерозтяжний зв'язок; J — блок з малим тертям; K — черв'ячний гвинт; L — напівмуфта; M — синхронний двигун

2.5.7.3 Проведення випробувань.

Для проведення випробування в поглиблення несучої площини B (див. рис. 2.5.7.2) заливають дистильовану воду, яку охолоджують до температури навколишнього середовища $-(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ і витримують час, необхідний для формування льоду. Панелі для випробувань повинні мати прямокутну форму з розмірами $250 \times 130 \times 3 (\pm 0,5)$ мм. До проведення випробування зразки попередньо витримують при температурі $-(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ не менше 15 хв. Випробування повинні проводитися в стандартних умовах при температурі $-(20 \pm 2)^\circ\text{C}$.

Панель з нанесеним покриттям необхідно розташувати на несучій площині B і закріпити в випробувальній установці (див. рис. 2.5.7.2). Слід вмикати механізм пересування, попередньо відрегульований на визначену швидкість.

Внаслідок сил тертя між контактуючими поверхнями зразка і льоду вони можуть залишатися нерухомими відносно один одного до тих пір, поки сила, що зсуває зразок, не стане рівною силі статичного тертя між поверхнями або не перевищить її. Це максимальне початкове значення сили відзначається як сила, що є компонентом початкового (статичного) коефіцієнта тертя.

За допомогою тензометричних датчиків або візуально відзначається спостережуване на шкалі індикатора середнє значення сили при рівномірному русі поверхонь відносно одна одної протягом 1 хв. Ця сила дорівнює кінетичній силі тертя ковзання, необхідній для підтримки рівномірного, прямолінійного руху поверхонь відносно одна одної.

Для оцінки стійкості результатів випробування проводяться для трьох панелей для кожного типу покриття зі швидкістю 120, 150 і 180 мм/хв при трьох варіантах вертикального навантаження (розподіленого рівномірно по зразку), що приймається в діапазоні від 2 до 5 мас випробовуваної панелі.».

В тексті пункту 2.6.4 вираз «результати обчислень (індивідуальні та середні значення): кількість пор, шт.; загальна площа пор, мм^2 ; середня площа одиничної пори, мм^2 ; укладання про відповідність невідповідність вимог 6.5.4.4;» замінюється на вираз: «результати обчислень на підставі випробувань:

- загальна площа пор, мм^2 ;

- відсоткове співвідношення загальної площі пор до площі перетину зламу зварного шва;
- висновок про відповідність вимогам **6.5.4.4**»; далі текст зберігається.

3. СТАЛЬ І ЧАВУН

Текст підрозділу викладається в новій редакції

«3.2 СУДНОБУДІВНА СТАЛЬ

3.2.1 Загальні вказівки.

3.2.1.1 Вимоги цього підрозділу поширюються на гарячекатану листову, штабову, профільну і сортову зварювальну сталь нормальної і підвищеної міцності, призначену для виготовлення суднових конструкцій і деталей, що підлягають наглядові Регістру при виготовленні.

Суднобудівну сталь умовно поділяють на сталь нормальної міцності категорії А, В, D і Е з границею плинності $R_{eH} = 235$ МПа, сталь підвищеної міцності АН, ДН, ЕН і FN категорій:

A32, D32, E32 і F32 з границею плинності $R_{eH} = 315$ МПа;

A36, D36, E36 і F36 з границею плинності $R_{eH} = 355$ МПа;

A40, D40, E40 і F40 з границею плинності $R_{eH} = 390$ МПа,

відповідно до стандарту ГОСТ 5521 або до європейського стандарту ASTM A131/A131M-19.

Вимоги для сталі, призначеної для виготовлення суднових конструкцій та пристроїв і механізмів, що працюють при низьких температурах (з границею плинності $R_{eH} = 320$ МПа і вище) наводяться у підрозділі **3.5**.

Вимоги для сталі високої міцності (з границею плинності $R_{eH} = 420$ МПа і вище) наводяться у підрозділі **3.13**.

Вимоги до корозійностійкої сталі нормальної і підвищеної міцності для вантажних танків нафтоналивних суден наводяться у підрозділі **3.18**.

Додаткові вимоги до сталі категорії міцності YP47 і до сталі с властивостями, що запобігають утворенню крихких тріщин ВСА (Brittle Crack Arrest), які призначені для застосування в корпусних конструкціях контейнеровозів наводяться у підрозділі **1.9**.

За узгодженням із Регістром для виготовлення суднових конструкцій та пристроїв і механізмів допускається використовуватися сталі інших марок та категорій, якщо їх хімічний склад та механічні властивості в результаті відповідних випробувань відповідають вимогам, викладеними у цьому підрозділі.

Вимоги до рівня міцності і роботи удару при випробуваннях на ударний згин в залежності від категорії сталі наведені в табл. 3.2.3-3 для сталі нормальної міцності, в табл. 3.2.3-4 для сталі підвищеної міцності, в табл. 3.5.2.3 для сталі, призначеної для виготовлення суднових конструкцій та пристроїв і механізмів, що працюють при низьких температурах, та у табл. 3.13.7-1 для сталі високої міцності.

Вимоги цього підрозділу, у залежності від товщини прокату, поширюються на сталь наступних видів:

листову і штабову сталь усіх категорій товщиною до 150мм включно;

профільну і сортову сталь усіх категорій, товщиною рівною 50мм і менше.

Вимоги до сталевого прокату більшої, ніж зазначено, товщини можуть відрізнятись від наведених, але повинні бути розглянуті у кожному окремому випадку і погоджені Регістром.

Спеціальні вимоги до прокату товщиною менше 15мм, призначеному для суден, що працюють при низьких температурах, наведені в **3.5**.

Сталь, яка не повною мірою відповідає вимогам цього підрозділу, що відрізняється по утримуванию окремих хімічних елементів, розкисленню і мікролегуванню, а також по необхідному рівню механічних властивостей (наприклад, проміжний, порівняно із необхідним згідно з **3.2.3**, рівень границі плинності і відповідних інших характеристик), може бути допущена Регістром до застосування, окрім корпусних

конструкцій (див. Частина II «Корпус» цих Правил). Така сталь повинна мати спеціальне позначення, до символу категорії може додаватися індекс S.

3.2.1.2 Визнання Регістром підприємств-виготовлювачів сталевого прокату повинне виконуватися відповідно до **1.3** для кожної із заявлених підприємством категорії сталі, виду напівфабрикату і стану постачання.

При використанні на підприємстві різних технологій виробництва сталі, схвалення матеріалів здійснюється для кожної із них окремо.

Зварюваність кожної категорії сталі та її придатність для гнуття повинні бути підтверджені виробником при початковому визнанні сталевого прокату Регістром.

Огляд і випробування на підприємстві – виготовлювачі під час його визнання Регістром проводяться відповідно до погодженої із Регістром програми (схеми).

3.2.1.3 Відповідальність виготовлювача, що визначена його специфікацією, гарантує використання необхідних технологічних процесів виробництва, систем і методів контролю.

Якщо системою контролю відзначені випадки зниження якості продукції, виготовлювач повинний їх ідентифікувати і вжити необхідних заходів для їх запобігання. Звіт про виконані дослідження і відповідні заходи повинний надаватися представнику Регістру. Продукція, на якій були відзначені згадані вище відхилення, може бути допущена до застосування по призначенню при позитивних результатах випробувань. Для відновлення довіри до рівня якості продукції і стабільності одержуваних результатів обсяг проб і частота випробувань можуть бути збільшені.

3.2.1.4 Процеси прокатки сталі нормальної і підвищеної міцності, які застосовуються виготовлювачем, повинні відповідати стану постачання, наведеному у **3.2.4**, сталі, призначеної для виготовлення суднових конструкцій, що працюють при низьких температурах категорії F – зазначеному у **3.5.2.4**, а сталі високої міцності – зазначеному у **3.13.4**.

Процеси прокатки, які застосовуються, схематично представлені у табл. 3.2.1.4, а їх визначення наводяться нижче.

- **(AR) гарячекатана сталь** – процес прокатки сталі при високій температурі (деформація здійснюється і закінчується в температурній області рекристалізації аустеніту, вище температури нормалізації) із наступним охолодженням на повітрі.

Міцність і пластичність такої сталі звичайно нижче ніж у сталі після термічної або термомеханічної обробки.

- **(N) нормалізація** – процес, що включає нагрівання гарячекатаної сталі вище критичної температури A_{c3} в області рекристалізації аустеніту, ближче до нижньої її границі, з наступним охолодженням на повітрі. Цей процес поліпшує властивості сталі за рахунок зменшення величини зерна.

(CR) контрольована прокатка (нормалізована прокатка (NR)) – процес, при якому останні проходи при прокатці виконуються у області температури нормалізації, у результаті чого забезпечується одержання металу, властивості якого у основному відповідають властивостям після нормалізації.

(TM) термомеханічна обробка (термомеханічна контрольована прокатка (TMCP)) – процес, що передбачає строгий контроль температури і ступеню деформації під час прокатки. Як правило, метал деформується при температурах, близьких до температури A_{c3} ; закінчення деформації можливо у двофазній області.

На відміну від контрольованої прокатки (нормалізованої прокатки) властивості після термомеханічної обробки не можуть бути відтворені нормалізацією або іншими видами термообробки.

Застосування прискореного охолодження у комплексі із термомеханічним процесом, так само, як і відпущення після термомеханічного процесу, повинно бути погодженим із Регістром.

(AcC) прискорене охолодження – процес, при якому забезпечується поліпшення властивостей сталі за рахунок її контрольованого охолодження зі швидкістю, більшою ніж охолодження на повітрі.

Цей процес виконується безпосередньо після завершення деформації при термомеханічному процесі.

Дане визначення не поширюється на пряме гартування.

Властивості, придбані після ТМ і АсС прокатки, не можуть бути відтворені при нормалізації або при інших видах термообробки.

(QT) гартування і відпуск — процес, що включає нагрівання до температури вище A_{C3} із наступним охолодженням із визначеною швидкістю, що забезпечує одержання зміцненої мікроструктури. Відпуск, що відповідає гартуванню — процес повторного нагрівання до температури, що не перевищує A_{C1} , із метою поліпшення мікроструктури і відновлення в'язкості сталі (KV).

Таблиця 3.2.1.4. Схеми процесів обробки сталі

1. Структура сталі	Температура	Вид процесу				
		Звичайні види обробки сталі				Термомеханічна обробка
		AR	N	CR(NR)	QT	
Рекристалізований аустеніт	Температура сляба					
Не рекристалізований аустеніт	A_{F3} чи A_{C3}					
Аустеніт + ферит	A_{F1} чи A_{C1}					
Аустеніт + перліт чи Ферит + бейніт	Температура відпуску					

Умовні позначення:

- R – деформація (Reduction);
- (*) – температура двофазної області аустеніту і фериту (Sometimes rolling in the dual-phase temperature region of austenite and ferrite);
- CR(NR) – контрольована прокатка (Controlled Rolling (Normalizing Rolling));
- TM(TMCP) – термомеханічна обробка (термомеханічна контрольована прокатка) (Thermo-Mechanical Rolling (Thermo-Mechanical Controlled Process));
- AR – процес прокатки, відповідний отриманню сталі у гарячекатаному стані (As Rolled);
- AcC – прискорене охолодження (Accelerated Cooling);
- N – нормалізація (Normalizing);
- QT – гартування і відпуск (Quenching and Tempering);

3.2.1.5 При огляді підприємства представнику Регістру, на його вимогу, повинна бути надана документація, що регламентує режими прокатки і термообробки (CR, ТМ чи ТМ із Ас, нормалізація, гартування із відпуском, тощо).

Виготовлювач відповідно до вимог **3.2.1.3** несе відповідальність за дотримання усіх зазначених режимів прокатки і термообробки у процесі виробництва сталі. Відповідні реєстраційні записи повинні контролюватися виготовлювачем і надаватися представнику Регістру при здійсненні ним своїх функцій.

Якщо наявні відхилення від запрограмованих режимів прокатки чи термообробки, продукція може бути допущена до застосування на умовах, викладених у **3.2.1.3**.

Необхідно приймати до уваги, що для конструкцій, які піддаються навантаженням, що викликають утому, реальна утомна міцність зварного з'єднання сталі підвищеної міцності не може перевищувати установлену для зварного з'єднання сталі нормальної міцності.

Перед тим як піддавати прокат, вироблений методом термомеханічної обробки, наступному нагріванню для виконання формувальних робіт або для знімання напружень, або для виконання зварювання при високій погонній енергії, потрібний спеціальний розгляд можливості зниження механічних властивостей сталі в майбутньому.

3.2.2 Хімічний склад і структура.

Хімічний склад сталі повинний визначатися виготовлювачем за результатами аналізу проб, відібраних від кожного ковша кожної плавки. Аналіз, проведений виготовлювачем, повинний періодично перевірятися на вимогу Регістру.

Хімічний склад сталі нормальної міцності повинний відповідати вимогам табл. 3.2.2-1, а сталі підвищеної міцності – табл. 3.2.2-2.

Таблиця 3.2.2-1. Хімічний склад суднобудівної сталі нормальної міцності

Категорія	A	B	D	E
Розкислення	t ≤ 50мм Спокійна або напівспокійна	t ≤ 50мм Спокійна або напівспокійна	t ≤ 50мм Спокійна	Спокійна, дріб- нозерниста, оброблена алюмінієм
	t > 50мм Спокійна	t > 50мм Спокійна	t > 25мм Спокійна, дріб- нозерниста, оброблена алюмінієм	
Хімічний склад (ковшовий аналіз), % макс., якщо не зазначено інше				
C _{макс}	0,21	0,21	0,21	0,18
Mn _{мін}	2,5×C	0,80	0,60	0,70
Si _{макс}	0,50	0,35	0,35	0,35
P _{макс}	0,035	0,035	0,035	0,035
S _{макс}	0,035	0,035	0,035	0,035
Al _{мін}	–	–	0,015	0,015

Примітки до табл.3.2.2-1: 1. Для профільної сталі категорії А при товщині до 12,5мм включно може застосовуватися кипляча сталь.

2. Для профільної сталі категорії А вміст вуглецю допускається до 0,23%.

3. При позитивних результатах випробувань огляду підприємства вміст марганцю у сталі категорії В, що піддається випробуванню на ударний згин, може бути знижене до 0,60%.

4. В сталі категорії D товщиною 25мм і менше допускається інший, ніж зазначено в таблиці, мінімальний вміст алюмінію.

5. При позитивних результатах випробувань огляду підприємства можуть бути використані інші подрібнюючі зерно елементи.

6. Регістр може лімітувати вміст залишкових елементів, які можуть несприятливо впливати на обробку і використання сталі (наприклад, мідь і олово).

7. Якщо в сталі присутні додаткові елементи, присутність яких обумовлено практикою виробництва сталі на даному підприємстві – їхній вміст повинний бути указаний і погоджений із Регістром.

Таблиця 3.2.2-2. Хімічний склад суднобудівної сталі підвищеної міцності

Категорія	A32	D32	E32	F32
	A36	D36	E36	F36
	A40	D40	E40	F40
Розкислення	Спокійна, дрібнозерниста, оброблена алюмінієм			
Хімічний склад (ківшовий аналіз), % макс., якщо не зазначено інше				
C _{макс}	0,18			0,16
Mn	0,9 ÷ 1,6			0,9 ÷ 1,6

Категорія	A32	D32	E32	F32
	A36	D36	E36	F36
	A40	D40	E40	F40
$S_{\text{макс}}$		0,5		0,5
$P_{\text{макс}}$		0,035		0,025
$S_{\text{макс}}$		0,035		0,025
$Cu_{\text{макс}}$		0,35		0,35
$Cr_{\text{макс}}$		0,20		0,20
$Ni_{\text{макс}}$		0,40		0,80
$Mo_{\text{макс}}$		0,08		0,08
$Al_{\text{мін}}$ (розчинний в кислоті)		0,015		0,015
Nb	0,02 ÷ 0,05	} загальна сума не повинна перевищувати 0,12	0,02 ÷ 0,05	} загальна сума не повинна перевищувати 0,12
V	0,05 ÷ 0,10		0,05 ÷ 0,10	
$Ti_{\text{макс}}$	0,02		0,02	

Примітки до табл.3.2.2-2:

1. При позначенні категорій сталі підвищеної міцності до символу категорії може додаватися буква "Н" (наприклад, ДН36).

2. При товщині 12,5мм і менше вміст марганцю може бути зменшено до 0,70%.

3. Загальний вміст алюмінію може визначатися замість розчинного в кислоті. В цих випадках загальний вміст повинний бути не менше 0,020%.

4. Сталь може містити алюміній, ванадій, ніобій або інші подрібнюючі зерно елементи по окремоті і в комбінації.

Якщо зазначені елементи вводяться по окремоті, їхній вміст повинний відповідати табл. 3.2.2-2.

Якщо елементи використовуються в комбінації, мінімальний вміст цих елементів в сталі не регламентується.

5. При позитивних результатах випробувань огляду підприємства, при постачанні сталі підвищеної міцності будь-якої категорії після термомеханічної обробки, допускаються невеликі відхилення від приведеного хімічного складу див. табл.3.2.2-3.

6. $C_{\text{екв}}$, $P_{\text{см}}$ - див. 3.2.2, 3.2.6.

7. Якщо в сталі присутні додаткові елементи, присутність яких обумовлено практикою виробництва сталі на даному підприємстві – їхній вміст повинний бути указаний і погоджений із Регістром.

За погодженням із Регістром для листової і штабової сталі товщиною більше 50мм допускаються невеликі відхилення від необхідного вмісту легуючих елементів. Заявлені виготовлювачем результати хімічного аналізу можуть піддаватися періодичній перевірці за вимогою Регістру.

У табл. 3.2.2-1 і 3.2.2-2 наведений вміст алюмінію, розчиненого у кислоті. Загальний вміст алюмінію повинний бути не менше ніж 0,020%.

У разі визначення вмісту елементів, не зазначених у табл. 3.2.2-1 і табл. 3.2.2-2, при цьому у сталі нормальної міцності вміст хрому, нікелю і міді повинний бути не більше ніж 0,30% кожного.

Для вуглецевої сталі нормальної міцності сума вмісту вуглецю плюс 1/6 вмісту марганцю не повинна перевищувати 0,40%. Еквівалент вуглецю (у відсотках) для сталі підвищеної міцності визначається під час випробувань на допуск за даними ковшового аналізу і підраховується за формулою:

$$C_{\text{екв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr + Mo + V}{5} + \frac{Ni + Cu}{15}$$

Вміст миш'яку у сталі усіх категорій не повинний перевищувати 0,08%.

Сталь може містити алюміній, ванадій, ніобій або інші подрібнюючі зерно елементи окремо або в комбінації.

Якщо вказані елементи вводяться окремо, їх вміст повинний відповідати табл. 3.2.2-1 і 3.2.2-2.

Якщо елементи використовуються у комбінації, мінімальний вміст цих елементів у сталі не регламентується.

Якщо вміст алюмінію або інших елементів, що подрібнюють зерно, нижче необхідного, Регістр може вимагати визначення розміру аустенітного зерна, яке при цьому повинне бути не крупніше від визначеного п'ятим балом.

Для сталі підвищеної міцності, яка підлягає термомеханічній обробці (ТМСП), вуглецевий еквівалент повинний відповідати вимогам табл. 3.2.2-3.

Таблиця 3.2.2-3

Категорія сталі	Вуглецевий еквівалент, %, макс	
	$t \leq 50\text{мм}$	$50\text{мм} < t \leq 100\text{мм}$
A32, D32, E32, F32	0,36	0,38
A36, D36, E36, F36	0,38	0,40
A40, D40, E40, F40	0,40	0,42

Примітки: 1. Величина вуглецевого еквіваленту підлягає погодженню між підприємством-виготовлювачем і судноверф'ю у кожному випадку.
2. Для товщини понад 100мм вуглецевий еквівалент повинен бути узгоджений з Регістром під час атестації стану прокату.

Замість вуглецевого еквівалента може визначатися коефіцієнт, що оцінює схильність сталі до утворення холодних тріщин, визначений за формулою:

$$P_{CM} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 5B.$$

Максимальні значення вуглецевого еквівалента або P_{CM} підлягають погодженню із Регістром і повинні бути включені у схвалювальну технічну документацію на сталь.

Фактичні значення $C_{екв}$ або P_{CM} також можуть вказуватися у сертифікатах підприємства і/або Свідоцтві Регістра на сталь, що поставляється. Розмір аустенітного зерна сталі повинний бути не менше 5 балів (ASTM E112, ДСТУ 8972:2019).

Наступні параметри мікроструктури повинні бути визначені:

- для сталей нормальної і підвищеної міцності з ферито-перлітною структурою - розмір зерна фериту не може бути більший 8 - 9 номеру по ДСТУ 8972:2019 (0,015-0,022мм), ферито - перлітна смужчатість по ДСТУ 8974:2019 (шкала 3, ряд А) - не більше 2 балів;

- для сталей підвищеної міцності з ферито-бейнітною структурою - розмір зерна фериту не більше 9 - 10 номеру по ДСТУ 8972:2019 (0,011-0,015мм), коефіцієнт анізотропії структури не більше 1; також має бути визначена частина і розмір бейнітних областей рейкової морфології.

Критерії оцінки структури сталі повинні відповідати вказаним вище стандартам, або бути еквівалентними їм відповідно до схваленої документації виготовлювача.

Примітка. ДСТУ 8972:2019 Сталі та сплави. Методи виявлення та визначення величини зерна.

ДСТУ 8974:2019 Сталь. Металографічний метод оцінювання мікроструктури листів та стрічки.

3.2.3 Механічні властивості.

Випробування повинні виконуватися у відповідності із вимогами розд. 2.

Механічні властивості сталі нормальної міцності повинні відповідати вимогам табл. 3.2.3-1, а сталі підвищеної міцності – табл. 3.2.3-2.

Таблиця 3.2.3-1 Механічні властивості сталі нормальної міцності при розтягуванні

Категорія сталі	Тимчасовий опір R_m , МПа	Границя плинності R_{eH} , МПа	Відносне подовження A_5 , %, мін
A, B, D, E	400 ÷ 520	235	22

Примітки до табл.3.2.3-1:

1. При позитивних результатах випробувань, огляду підприємства і надання статистичних даних для сталі категорії А усіх товщин, верхня границя тимчасового опору може бути підвищена.
2. При випробуваннях на розтягування стандартних зразків повної товщини шириною 25мм і довжиною розрахункової частини 200мм відносне подовження повинне відповідати наступним мінімальним значенням:

Товщина, мм	$t \leq 5$	$5 < t \leq 10$	$10 < t \leq 15$	$15 < t \leq 20$	$20 < t \leq 25$	$25 < t \leq 30$	$30 < t \leq 40$	$40 < t \leq 50$
Відносне подовження, %	14	16	17	18	19	20	21	22

Таблиця 3.2.3-2 Механічні властивості сталі підвищеної міцності при розтягуванні

Категорія сталі	Тимчасовий опір R_m , МПа	Границя плинності R_e , МПа	Відносне подовження A_5 , %, мін
A32 D32 E32 F32	440 ÷ 570	315	22
A36 D36 E36 F36	490 ÷ 630	355	21
A40 D40 E40 F40	510 ÷ 660	390	20

Примітка до табл.3.2.3-2:

1. При випробуваннях на розтягування стандартних зразків повної товщини шириною 25мм і довжиною розрахункової частини 200мм відносне подовження повинне відповідати наступним мінімальним значенням:

Категорія сталі	Товщина t , мм							
	$t \leq 5$	$5 < t \leq 10$	$10 < t \leq 15$	$15 < t \leq 20$	$20 < t \leq 25$	$25 < t \leq 30$	$30 < t \leq 40$	$40 < t \leq 50$
A32 D32 E32 F32	14	16	17	18	19	20	21	22
A36 D36 E36 F36	13	15	16	17	18	19	20	21

Категорія сталі	Товщина t , мм							
	$t \leq 5$	$5 < t \leq 10$	$10 < t \leq 15$	$15 < t \leq 20$	$20 < t \leq 25$	$25 < t \leq 30$	$30 < t \leq 40$	$40 < t \leq 50$
A40	12	14	15	16	17	18	19	20
D40								
E40								
F40								

Робота удару під час випробування на ударний згин може визначатися або на поздовжніх KV_L , або на поперечних KV_T зразках.

Вимоги до роботи удару для сталі нормальної міцності наведені у табл. 3.2.3-3, а для сталі підвищеної міцності в табл. 3.2.3-4.

Таблиця 3.2.3-3 Ударні властивості сталі нормальної міцності

Категорія сталі	Температура, °C	Середня величина роботи удару, Дж, мін							
		$t \leq 50$ мм		$50 \text{ мм} < t \leq 70 \text{ мм}$		$70 \text{ мм} < t \leq 100 \text{ мм}$		$100 \text{ мм} < t \leq 150 \text{ мм}$	
		KV_L	KV_T	KV_L	KV_T	KV_L	KV_T	KV_L	KV_T
A	20	-	-	34	24	41	27	48	32
B	0	27	20	34	24	41	27	48	32
D	-20	27	20	34	24	41	27	48	32
E	-40	27	20	34	24	41	27	48	32

Примітки до табл. 3.2.3-3:

1. Випробування на ударний згин - див. також 3.2.6.
2. При поставці сталі категорії В товщиною 25мм або менше випробування на ударний згин можуть не виконуватися.
3. При поставці нормалізованої сталі категорії А товщиною більше 50мм випробування на ударний згин можуть не виконуватися, якщо при її виробництві застосовувалися подрібнюючі зерно елементи. Ця сталь також може поставлятися без випробування на ударний згин і після термомеханічної обробки при позитивних результатах випробувань її в період огляду підприємства.
4. Для сталі, при поставці якої допускається не проводити випробування на ударний згин, ці випробування можуть проводитися вибірково. Результати повинні задовольняти відповідним вимогам таблиці, а для сталі категорії А товщиною до 50мм, $KV_L > 27$ Дж при 20°C.

Таблиця 3.2.3-4 Ударні властивості сталі підвищеної міцності

Категорія сталі	Температура, °C	Середня величина роботи удару, Дж, мін							
		$t \leq 50$ мм		$50 \text{ мм} < t \leq 70 \text{ мм}$		$70 \text{ мм} < t \leq 100 \text{ мм}$		$100 \text{ мм} < t \leq 150 \text{ мм}$	
		KV_L	KV_T	KV_L	KV_T	KV_L	KV_T	KV_L	KV_T
A32	0	31	22	38	26	46	31	50	33
A36		34	24	41	27	50	34	54	36
A40		39	26	46	31	55	37	58	39
D32	-20	31	22	38	26	46	31	50	33
D36		34	24	41	27	50	34	54	36
D40		39	26	46	31	55	37	58	39
E32	-40	31	22	38	26	46	31	50	33
E36		34	24	41	27	50	34	54	36
E40		39	26	46	31	55	37	58	39
F32	-60	31	22	38	26	46	31	50	33

Категорія сталі	Температура, °C	Середня величина роботи удару, Дж, мін							
		t ≤ 50 мм		50мм < t ≤ 70мм		70мм < t ≤ 100мм		100мм < t ≤ 150мм	
		KV _L	KV _T	KV _L	KV _T	KV _L	KV _T	KV _L	KV _T
F36		34	24	41	27	50	34	54	36
F40		39	26	46	31	55	37	58	39

Примітки до табл.3.2.3-4:

1. Випробування на ударний згин - див. також 3.2.6.

2. Для категорій сталі A32 і A36 може бути скорочено кількість випробувань на ударний згин, за умови позитивних результатів вибіркового випробувань.

У таблицях випробувань на ударний згин наведені значення для стандартних зразків (10 x 10мм). У разі представлення прокату товщиною менше 10мм необхідно керуватися викладеним у 2.2.3.1.

Як правило, при постачанні сталі випробування на ударний згин виконуються тільки на поздовжніх зразках (результати випробувань на поперечних зразках повинні бути гарантовані виготовлювачем), за винятком випадків, оговорених споживачем чи Регістром.

У випадку незадовільних випробувань повторні випробування виконуються у відповідності із 1.3.4.2.

3.2.4 Стан постачання.

Стан постачання сталі повинний відповідати вимогам табл. 3.2.4-1 і 3.2.4-2 і бути указаний у сертифікаті і/або заводському документі про якість продукції.

Таблиця 3.2.4-1. Стан постачання сталі нормальної міцності ¹

Категорія	Товщина, мм	Стан постачання
A	t ≤ 50	Будь-який
	50 < t ≤ 150	Нормалізація (N), контрольована прокатка (CR) або термомеханічна обробка (TM) ²
B	t ≤ 50	Будь-який
	50 < t ≤ 150	Нормалізація (N), контрольована прокатка (CR) або термомеханічна обробка (TM) ²
D	t ≤ 35	Будь-який
	35 < t ≤ 150	Нормалізація (N), контрольована прокатка (CR) або термомеханічна обробка (TM) ³
E	t ≤ 150	Нормалізація (N) або термомеханічна обробка (TM) ³

¹ Обсяг випробувань на ударний згин встановлюється відповідно до 3.2.6.4-1.

² Сталевий листовий прокат категорії A і B, при позитивних результатах випробувань огляду підприємства, може постачатися в гарячекатаному стані.

³ Профільна сталь категорії D може постачатися гарячекатаною за умови задовільних результатів випробувань на ударний згин. За тих самих умов профільна сталь категорії E може постачатися гарячекатаною або після контрольованої прокатки.

Таблиця 3.2.4-2. Стан постачання сталі підвищеної міцності

Категорії	Елементи, що подрібнюють зерно	Товщина, мм	Стан постачання
A32, A36	Nb і/або V	t ≤ 12,5	Будь-який
		12,5 < t ≤ 150	Нормалізація (N), контрольована прокатка (CR) або термомеханічна обробка (TM)
A32, A36	Al або Al + Ti	t ≤ 20	Будь-який
		20 < t ≤ 35	Будь-який, поставка в гарячекатаному стані (AR) – вимагає

Категорії	Елементи, що подрібнюють зерно	Товщина, мм	Стан постачання
			спеціального узгодження
		$35 < t \leq 150$	Нормалізація (N), контрольована прокатка (CR) або термомеханічна обробка (TM)
A40	Будь-які	$t \leq 12,5$	Будь-який
		$12,5 < t \leq 150$	Нормалізація (N), контрольована прокатка (CR) або термомеханічна обробка (TM)
D32, D36	Nb і/або V	$t \leq 12,5$	Будь-який
		$12,5 < t \leq 150$	Нормалізація (N), контрольована прокатка (CR) або термомеханічна обробка (TM)
D32, D36	Al або Al + Ti	$t \leq 20$	Будь-який
		$20 < t \leq 25$	Будь-який, поставка в гарячекатаному стані (AR) – вимагає спеціального узгодження
		$25 < t \leq 150$	Нормалізація (N), контрольована прокатка (CR) або термомеханічна обробка (TM)
D40	Будь-які	$t \leq 50$	Нормалізація (N), контрольована прокатка (CR) або термомеханічна обробка (TM)
		$50 < t \leq 150$	Нормалізація (N), термомеханічна обробка (TM) або гартування з відпуском (QT)
E32, E36	Будь-які	$t \leq 50$	Нормалізація (N), термомеханічна обробка (TM)
		$50 < t \leq 150$	Нормалізація (N), термомеханічна обробка (TM)
E40	Будь-які	$t \leq 50$	Нормалізація (N), контрольована прокатка (CR) або термомеханічна обробка (TM)
		$50 < t \leq 150$	Нормалізація (N), термомеханічна обробка (TM) або гартування з відпуском (QT)
F32, F36	Будь-які	$t \leq 50$	Нормалізація (N), термомеханічна обробка (TM) або гартування з відпуском (QT)
		$50 < t \leq 150$	Нормалізація (N), термомеханічна обробка (TM)
F40	Будь-які	$t \leq 150$	Нормалізація (N), термомеханічна обробка (TM) або гартування з відпуском (QT)

Примітка: Профільна сталь категорій A32, A36, D36 може постачатися у гарячекатаному стані за умови задовільних результатів випробувань на ударний згин; за тих самих умов профільна сталь категорій E32 і E36 може постачатися у гарячекатаному стані або після контрольованої прокатки. Обсяг випробувань на ударний згин установлюється відповідно до табл. 3.2.6.4-2.

3.2.5 Добір проб.

Якщо немає інших вказівок, проби для випробувань повинні добиратися таким способом:

- від листів і штаб шириною більше 600мм – від одного кінця так, щоб вісь проби знаходилася посередині між поздовжньою віссю напівфабрикату і його кромкою (див. рис. 3.2.5-1);
- від штаб шириною 600мм і менше і профілів – від одного кінця так, щоб вісь проби знаходилася на відстані $\frac{1}{3}$ від кромки штаби або зовнішньої кромки полки, а для невеликих профілів – якнайближче до цього положення (див. рис. 3.2.5-2, 3.2.5-3 і 3.2.5-4);
- від швелерів, таврів – із стінки на відстані $\frac{1}{4}$ від її середини (див. рис. 3.2.5-3);
- від прутків та інших подібних напівфабрикатів – від одного кінця таким чином, щоб вісь зразка була паралельна напрямку прокатки;

- від прокату товщиною від 50мм до 150мм проби добираються на відстані $\frac{1}{4}$ товщини від поверхні.

Напівфабрикати невеликого перерізу можуть піддаватися випробуванням на розтягування без попередньої механічної обробки.

В інших випадках зразки добираються з таким розрахунком, щоб їх осі знаходилися:

- для нециліндричних напівфабрикатів – на відстані $\frac{1}{3}$ половини діагоналі від вершини (див. рис.3.2.5-5);

- для циліндричних напівфабрикатів – на відстані $\frac{1}{3}$ радіуса від зовнішньої кромки (див. рис.3.2.5-6).

Зразки для випробування на розтягування і згин вирізують із напівфабрикату найбільшої товщини (діаметра) із числа належних до партії так, щоб їх поздовжні осі були перпендикулярні до напрямку останньої прокатки, за винятком профілів, прутків і штаб шириною 600мм і менше.

Зразки для визначення роботи удару *KV* вирізують так, щоб їх поздовжні осі були або паралельні, або перпендикулярні до напрямку останньої прокатки, якщо у особливих випадках не потрібно, щоб проби були перпендикулярні до напрямку останньої прокатки.

Надріз повинний виконуватися перпендикулярно до поверхні прокатки не ближче 25мм від кромки, відрізаної полум'ям або ножицями.

Зразки для випробування на ударний згин повинні добиратися у межах 2мм від поверхні прокату, при товщині прокату, перевищуючій 40мм, – від $\frac{1}{4}$ товщини (вісь зразків повинна лежати у площині, розташованій на $\frac{1}{4}$ товщини і паралельній поверхні).

Прокат товщиною 15мм і менше, призначений для роботи при розрахункових температурах нижче - 30°C повинен бути випробуваний на розтягування, згин і ударний згин. Випробування на ударний згин прокату товщиною менше 10мм виконуються на зразках повної товщини (див. 2.2.3.1).

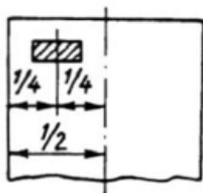


Рис.3.2.5-1. Лист і штаба

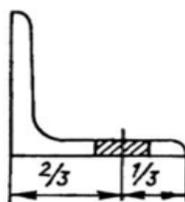


Рис.3.2.5-2. Кутовий профіль

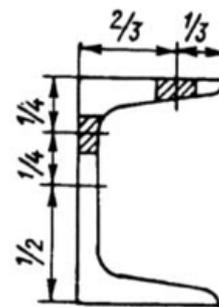


Рис.3.2.5-3. Швелер і тавр

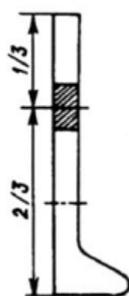


Рис.3.2.5-4. Штабобульб

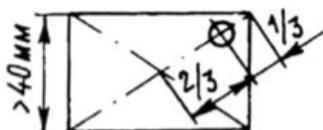


Рис.3.2.5-5. Пруток прямокутного перерізу

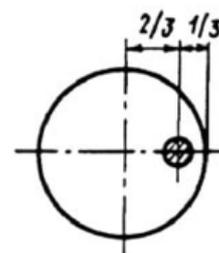


Рис.3.2.5-6. Пруток круглого перерізу

3.2.6 Обсяг випробувань.

3.2.6.1 Прокат пред'являється на випробування партіями. Кожна партія повинна складатися з прокату одного виду, однієї плавки та одного стану постачання. Якщо не зазначено окремо, від кожної партії масою не більше 50т повинний бути випробуваний один зразок на розтягування і один комплект зразків (крім сталі категорії E, E32, E36, E40) на ударний згин.

Якщо маса партії перевищує 50т, проводиться додатково по одному випробуванню на розтягування і на ударний згин (комплект) для кожних повних і неповних 50т.

Якщо партія складена з листів, товщина яких відрізняється більше ніж на 10мм, або профілів і прутків, товщина або діаметр яких відрізняються більше ніж на 10мм, також проводиться додатково по одному випробуванню.

Зразки для випробування партії прокату повинні добиратися від напівфабрикату максимальної товщини, приналежного до цієї партії.

3.2.6.2 Якщо Регістром допущене постачання в гарячекатаному стані, один комплект зразків для випробування на ударний згин повинний випробовуватися для кожних повних або неповних 25т.

3.2.6.3 Випробування на ударний згин сталі категорій E, E32, E36 і E40 проводяться в такому обсязі:

- листові і широкоштабові сталі – випробовується кожний виріб;
- профільна і сортова сталь – один комплект від кожних повних або неповних 25т.

Якщо для профільної сталі Регістром допущене постачання в гарячекатаному стані або після прокатки при контрольованій температурі, один комплект зразків випробовується для кожних повних або неповних 15т.

Випробування на ударний згин прокату після гартування і відпуску (QT) проводяться на кожній довжині, яка пройшла цю операцію. Обсяг випробувань на ударний згин прокату, який, за погодженням із Регістром, допускається до постачання у гарячекатаному стані, може бути збільшений.

Максимальний розмір партії, від якої добирається комплект зразків, повинний становити 25т.

3.2.6.4 У загальному випадку обсяг випробувань на ударний згин наведений у табл. 3.2.6.4-1 для сталі нормальної міцності і в табл. 3.2.6.4-2 для сталі підвищеної міцності.

Таблиця 3.2.6.4-1

Категорія сталі	Розкислення	Вид прокату	Стан постачання (обсяг партії для випробувань, KV)										
			Товщина, мм										
			10	12,5	20	25	30	35	40	50	150		
А	Спокійна чи напівспокійна	Профіль	A(-)	Не регламентується									
	<50 спокійна чи напівспокійна, >50 спокійна	Лист	A(-)						N(-), TM(-) CR(50), AR*(50)				
		Профіль	A(-)						Не регламентується				
В	<50 спокійна чи напівспокійна, ≥50 спокійна	Лист	A(50)										
		Профіль	A(-)	A(50)						Не регламентується			
D	Спокійна	Лист, профіль	A(50)	Не регламентується									
	Спокійна та оброблена	Лист	A(50)				N(50) CR(50) TM(50)			N(50) 1. TM(50)			

Категорія сталі	Розкислення	Вид прокату	Стан постачання (обсяг партії для випробувань, KV)							
			Товщина, мм							
			10	12,5	20	25	30	35	40	50
	елементами, що подрібнюють зерно	Профіль	A(50)				N(50) CR(50) TM(50) AR*(25)		Не регламентується	
E	Спокійна та оброблена елементами, що подрібнюють зерно	Лист	N (кожний лист, розкат) TM (кожний лист, розкат)							
		Профіль	N(25), TM(25), AR*(15),CR*(15)					Не регламентується		

Умовні позначення:
A – будь-яке; N – нормалізація; CR – контрольована прокатка; TM – термомеханічна обробка.
Примітка: AR* гарячекатана сталь і CR* контрольована прокатка, зазначені у цій таблиці, можуть застосовуватися тільки при позитивних результатах випробувань огляду підприємства.

Таблиця 3.2.6.4-2

Категорія сталі	Розкислення	Елементи, що подрібнюють зерно	Вид прокату	Стан постачання (обсяг партії для випробувань, KV)								
				Товщина, мм								
				10	12,5	20	25	30	35	40	50	150
1	2	3	4	5								
A32, A36	Спокійна і оброблена елементами, що подрібнюють зерно	№ і/чи V	Лист	A(50)	N(50), CR(50), TM(50)				N(50),CR(25),TM(50)			
			Профіль	A(50)	N(50), CR(50), TM(50), AR*(25)				Не регламентується			
		A1 чи Al+Ti	Лист	A(50)	AR*(25)		Не регламентується			N(50), CR(25), TM(50)		
			Профіль	A(50)	N(50), CR(50), TM(50), AR*(25)		Не регламентується					
A40	Спокійна і оброблена елементами, що подрібнюють зерно	Будь-які	Лист	A(50)	N(50), CR(50), TM(50)				N(50) TM(50) QT(кожний розкат)			
			Профіль	A(50)	N(50), CR(50), TM(50)				Не регламентується			
D32, D36	Спокійна і оброблена елементами, що подрібнюють зерно	№ чи V	Лист	A(50)	N(50), CR(50), TM(50)				N(50),CR(25),TM(50)			
			Профіль	A(50)	N(50), CR(50), TM(50), AR*(25)				Не регламентується			
		A1 чи Al+Ti	Лист	A(50)	AR*(25)		Не регламентується			N(50), CR(25), TM(50)		
			Профіль	A(50)	N(50), CR(50), TM(50), AR*(25)		Не регламентується					
D40	Спокійна і оброблена елементами, що подрібнюють зерно	Будь-які	Лист	N(50), CR(50), TM(50)				N(50), TM(50) QT(кожний розкат)				

		Профіль	N(50), CR(50), TM(50)	Не регламентується
E32, E36	Будь-які	Лист	N (кожний лист), TM (кожний лист)	
		Профіль	N(25), TM(25), AR*(15), CR*(15)	Не регламентується
E40	Будь-які	Лист	N (кожний лист), TM (кожний лист) CR (кожний лист)	N (кожний лист), TM (кожний лист), QT(кожний розкат)
		Профіль	N(25), TM(25), CR (25)	Не регламентується
F32, F36	Будь-які	Лист	N (кожний лист), TM (кожний лист) QT(кожний лист)	N (кожний лист), TM (кожний лист) QT(кожний лист)
		Профіль	N(25), TM(25), QT(25), CR*(15)	Не регламентується
F40	Будь-які	Лист	N (кожний лист), TM (кожний лист), QT(кожний лист)	
		Профіль	N(25), TM(25), CR (25)	Не регламентується
<p><i>Умовні позначення:</i> A–будь-яке; N – нормалізація; CR – контрольована прокатка; TM – термомеханічна обробка; QT - гартування і відпуск.</p> <p><i>Примітка:</i> AR* гарячекатана сталь і CR* контрольована прокатка, зазначені у цій таблиці, можуть застосовуватися тільки при позитивних результатах випробувань огляду підприємства.</p>				

3.2.6.5 У разі потреби проведення контролю ультразвуковим методом, який вимагається умовами постачання продукції, такий контроль повинен здійснюватися за визнаним Регістром міжнародним і/або національним стандартом. Контроль ультразвуковим методом знаходиться в зоні відповідальності підприємства-виготовлювача. Технічний нагляд за проведенням даного контролю не звільняє виготовлювача від даної відповідальності.

3.2.7 Огляд.

Сегрегація (або ліквіація) і неметалеві вкраплення в сталі не повинні перевищувати прийнятих норм.

Напівфабрикати не повинні мати тріщин, шлакових вкраплень та інших дефектів, що негативно впливають на застосування матеріалу за призначенням.

Напівфабрикати повинні мати чисту поверхню і не повинні виправлятися ударом.

Підприємство-виготовлювач повинний гарантувати повне усунення усадкових раковин, що повинне бути підтвержене контрольними випробуваннями.

Методи проведення випробувань повинні бути погоджені із Регістром.

Усунення дефектів поверхні місцевим зачищенням допускається на глибину не більше ніж 7% номінальної товщини, але в усіх випадках не більше 3мм. Сумарна площа зачищення повинна бути не більше ніж 2% поверхні напівфабрикату.

Поверхневі дефекти, які не можна видалити місцевим зачищенням, за погодженням і під наглядом Регістру можуть бути усунені вирубуванням або зачищенням із наступним заварюванням за умови:

- під час усунення дефектів перед заварюванням товщина напівфабрикату не повинна бути зменшена більше ніж на 20%;
- заварювання здійснюється кваліфікованими зварювальниками, за схваленим процесом і допущеними електродами;
- місце заварювання зачищається до номінальної товщини напівфабрикату;
- площа окремих місць заварювання повинна бути не більше 25см²;
- загальна площа заварювання повинна бути не більше ніж 1% поверхні напівфабрикату;
- доцільність проведення термічної обробки та її вид після заварювання поверхневих дефектів

погоджується із Регістром.

3.2.8 Допуски по товщині листового та штабового сталевих прокату.

3.2.8.1 Загальні вимоги.

Ці вимоги поширюються на допуски по товщині листового та штабового сталевих прокату шириною 600мм і більше, товщиною 5мм і більше, перерахованих нижче груп сталі:

- .1 суднобудівної сталі нормальної та підвищеної міцності згідно з 3.2;
- .2 суднобудівної сталі високої міцності згідно з 3.13;
- .3 сталі, призначеної для суднового машинобудування.

Допуски по товщині листового та штабового сталевих прокату товщиною менше 5мм можуть визначатися за національними і міжнародними стандартами, еквівалентним класу В (стандарт ISO 7452). При цьому мінусовий допуск не повинен перевищувати 0,3мм.

Ці вимоги не поширюються на сталевий прокат, призначений для конструкцій котлів, теплообмінних апаратів, посудин під тиском тощо, а також призначений для автономних цистерн, наприклад, для перевезення скрапленого газу або хімікатів.

Клас С (стандарт ISO 7452) або еквівалентний згідно з національними і міжнародними стандартами може використовуватись замість вимог 3.2.8.3 і в цьому випадку вимоги 3.2.8.4 і 3.2.8.5 можуть не застосовуватися.

Якщо використовується клас С (ISO 7452), текст виноски до табл. 2 стандарту ISO 7452 «А також допускається зменшення товщини на 0,3мм» не застосовується.

Крім того, додатково, якщо застосовується клас С (ISO 7254), підприємство-виготовлювач повинне з позитивним результатом продемонструвати Регістру ефективність існуючої у нього системи вимірів. Кількість вимірів та їхнє розташування є достатніми, для підтвердження необхідної номінальної товщини прокату.

3.2.8.2 Відповідальність.

Відповідальність за якість контролю і підтримку необхідних допусків прокату лежить на виготовлювачі. Представник Регістру може вимагати засвідчити виміри або їх частину.

Відповідальність за зберігання і підтримку належного стану поверхні уже постаченого прокату, до його застосування за призначенням, лежить на судноверфі (споживачі) прокату.

3.2.8.3 Допуски по товщині.

Допуски по товщині прокату визначаються наступним чином:

- .1 мінусовий допуск – нижня межа прийнятого поля допусків нижче номінальної товщини;
- .2 плюсовий допуск – верхня межа прийнятого поля допусків вище номінальної товщини.

Примітка: Номінальна товщина визначається замовником/споживачем під час укладання контракту та оформлення замовлення.

Для сталевих прокату нормальної та підвищеної міцності згідно з 3.2, високої міцності згідно з 3.13, а також сталі, яка постачається у відповідності з вимогами 3.14 цієї частини і частини XII «Матеріали» Правил класифікації, побудови і обладнання ПБУ/МСП, мінусовий допуск по товщині не повинен перевищувати – 0,3мм незалежно від номінальної товщини прокату.

Мінусовий допуск по товщині сталевих прокату, призначеного для суднового машинобудування, вибирається відповідно до табл. 3.2.8.3.

Наведені в табл. 3.2.8.3 вимоги до допусків номінальної товщини прокату не поширюються на області зачищення у разі ремонту прокату. Для ділянок зачистки застосовуються вимоги 3.2.7 або більш суворі вимоги, визнаного Регістром або споживачем стандарту.

Плюсовий допуск по товщині вибирається по національних або міжнародних стандартах, якщо інше не вимагається Регістром або споживачем.

Таблиця 3.2.8.3¹

Товщина t , мм	Мінусовий допуск від номінальної товщини, мм
$3 \leq t < 5$	-0,3
$5 \leq t < 8$	-0,4
$8 \leq t < 15$	-0,5
$15 \leq t < 25$	-0,6
$25 \leq t < 40$	-0,7
$40 \leq t < 80$	-0,9
$80 \leq t < 150$	-1,1
$150 \leq t < 250$	-1,2
$250 \leq t$	-1,3

Примітка. ¹ Див. ДСТУ EN 10029:2022 (EN 10029:2010, IDT) Гарячекатаний сталевий лист завтовшки 3мм і більше. Допуски на розміри та форму.

3.2.8.4 Середня товщина.

Середня товщина прокату визначається як середнє арифметичне, вичислене після виконання вимірів у відповідності з 3.2.8.5.

Для сталевих прокату нормальної та підвищеної міцності згідно з 3.2, високої міцності згідно з 3.13, а також сталі, яка постачається у відповідності з вимогами 3.14 цієї частини і частини XII «Матеріали» Правил класифікації, побудови і обладнання ПБУ/МСП, середня товщина не повинна бути менша номінальної товщини прокату.

3.2.8.5 Виміри товщини.

Виміри товщини прокату повинні виконуватися у місцях, зазначених на рис. 3.2.8.5-1 і 3.2.8.5-2.

Виміри допускається виконувати автоматичним або ручним методом.

Процедура вимірів та запису результатів повинна передбачати надання відповідних копій представнику Регістра, якщо це буде потрібно.

3.2.8.5.1 Виміри товщини прокату для визначення середньої товщини.

Для виконання вимірів повинні бути обрані не менше ніж дві із указаних на рис. 3.2.8.5-1 і 3.2.8.5-2 ліній. Виміри необхідно виконувати на кожній із обраних ліній не менше ніж у трьох точках. Якщо виміри на одній із ліній виконуються більше ніж у трьох точках, то кількість точок вимірів на решті ліній повинна бути такою ж.

При автоматичному методі виконання вимірів товщини прокату на бокових сторонах точки вимірів повинні розташовуватися не менше ніж за 10мм і не далі ніж за 300мм від поперечної або поздовжньої кромки прокату.

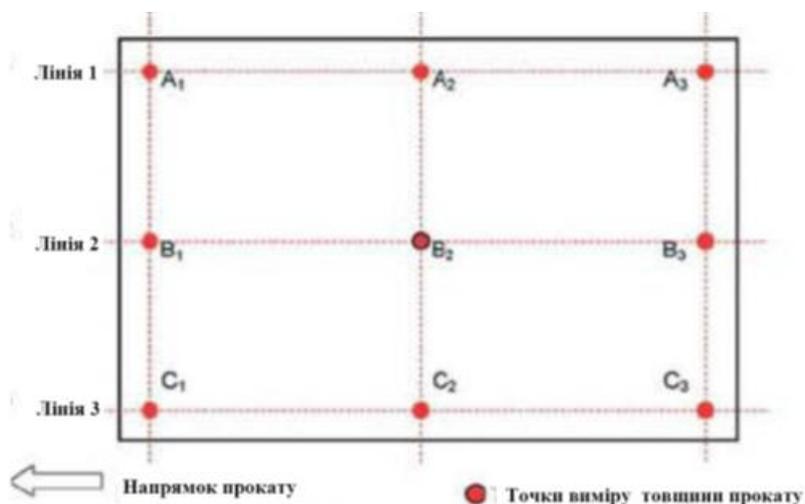


Рис. 3.2.8.5-1. Точки виміру товщини прокату для суцільних листів.

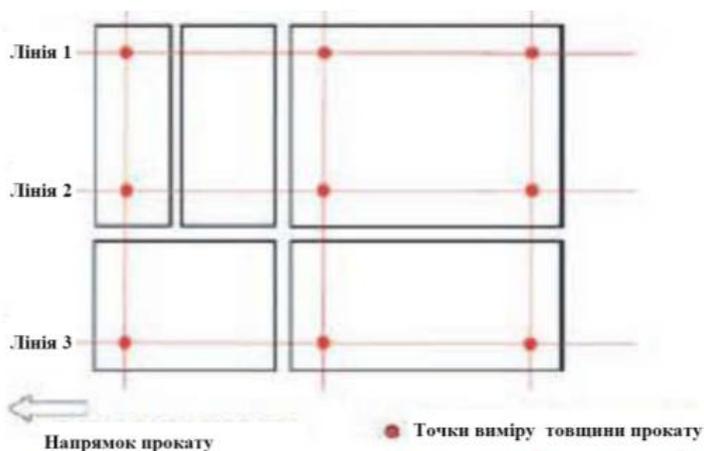
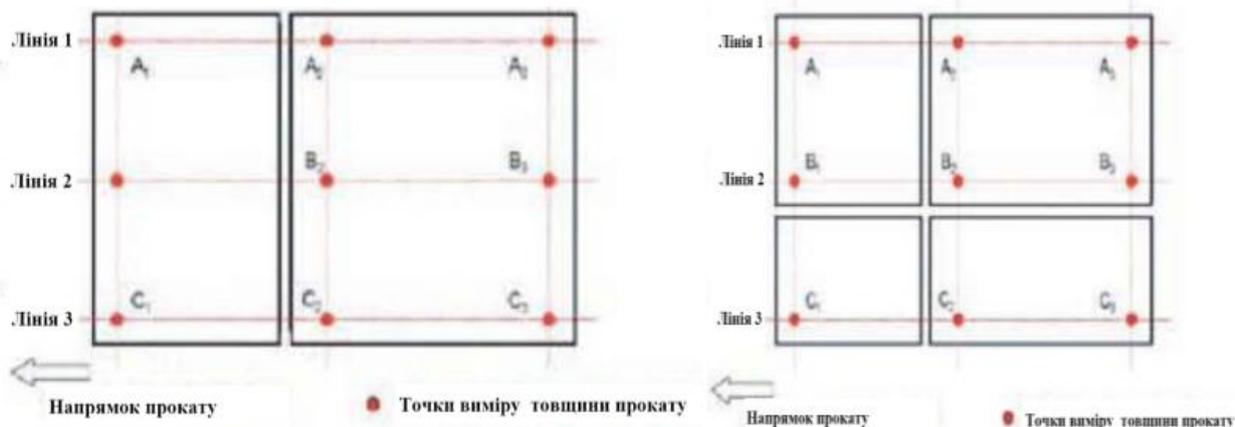


Рис. 3.2.8.5-2 Точки виміру товщини прокату для розрізних листів

При ручному методі виконання вимірів товщини прокату на бокових сторонах точки вимірів повинні розташовуватися не менше ніж за 10мм і не далі ніж за 100мм від поперечної або поздовжньої кромки прокату.

Примітка: Виміри виконуються на прокаті, приналежному одному слябу або злитку, навіть якщо потім буде виконане різання прокату виготовлювачем. Приклади для вимірів прокату, який підлягає наступному різанню, наведені на рис. 3.2.8.5-2. Треба відзначити, що згадані тут приклади не описують всі можливі варіанти різання прокату.

3.2.9 Маркування і документи.

Ідентифікація, маркування і документи, що видаються — у відповідності із вимогами 1.4.

Кожний напівфабрикат повинний мати чітко нанесене у обумовленому місці маркування, що вказує на відповідність виробу цим Правилам.

Маркування повинні бути чітко штамповані або нанесені трафаретом виготовлювачем на кожну готову пластину або профіль, щоб позначити, що матеріал задовільно пройшов випробування, передбачені цими Правилами, і що сертифікати на матеріал будуть надані інспектору Регістру.

Крім зазначеного, маркування повинне включати уніфіковане позначення категорії сталі і границі плинності (наприклад, A, D36, E450).

Якщо сталь постачається після термічної обробки, за вимогою Регістру після позначення категорії повинний добавлятися індекс «ТМСП» (наприклад, E36ТМСП).

Крім того сталь, що постачається під технічним наглядом Регістра, перед уніфікованим позначенням категорії сталі і границі плинності може мати індекс «UR» (наприклад, UR E36ТМСП).

При постачанні допущеної Регістром сталі, що не повністю відповідає вимогам Правил (див. **3.2.1.1**), після позначення категорії сталі і границі плинності може указуватися індекс «S» (наприклад, URE36STMCP або URD36S).

Таврування сортового і профільного прокату допускається робити на бирці. При цьому виготовлювачем повинна бути підтверджена система ідентифікації кожного прокату в'язці.

Назва підрозділу **3.4** замінюється на «**3.4 СТАЛЕВІ ТРУБИ**».

Текст пункту **3.4.1.3** (номер пункту до зміни) доповнюється новим абзацом наступного змісту: «Якщо прокат, що застосовується для виготовлення зварних труб, виробляється на окремому підприємстві, то виготовлювач даного прокату також повинен бути визнаний Регістром відповідно до вимог **1.3.1.2**».

Текст підрозділу викладається в новій редакції: доповнюється двома пунктами: «**3.4.1** Сталеві конструкційні труби» і «**3.4.2** Сталеві труби суднових систем».

Текст під пунктом **3.4.1** зберігається з відповідної заміною номерів пунктів від **3.4.1** до **3.4.3.2**.

Текст пункту **3.4.2** викладається в наступній редакції: «**3.4.2** Сталеві труби суднових систем.

3.4.2.1 Загальні вимоги.

3.4.2.1.1 Ці вимоги поширюються на сталеві гаряче- та холоднодеформовані, а також зварні труби, що підлягають огляду Регістром, призначені для виготовлення котлів, теплообмінних апаратів, посудин, що працюють під тиском, суднових систем і трубопроводів.

3.4.2.1.2 Сталеві труби виготовляються за міжнародними та національними стандартами або технічними вимогами і повинні відповідати вимогам цього розділу.

3.4.2.1.3 Зварні труби допускається виготовляти електричним індукційним або контактним зварюванням тиском або зварюванням плавленням.

3.4.2.2 Хімічний склад.

3.4.2.2.1 Хімічний склад сталі для труб вибирається за стандартами залежно від необхідних механічних властивостей при кімнатній або розрахунковій підвищеній температурах; при цьому вміст основних елементів не повинен перевищувати:

для вуглецевої та вуглецево-марганцевої сталі (ківшова проба), %:

- сірка і фосфор — 0,04, марганець — 1,50, хром, нікель, кремній — 0,50, мідь — 0,30,

- вуглець — 0,23;

для низьколегованої сталі (ківшова проба), %:

- сірка і фосфор — 0,035, марганець — 1,00, хром — 2,50, кремній — 0,50, молібден — 1,20,

- вуглець — 0,20, ванадій — 0,35.

3.4.2.2.2 Сталь повинна бути спокійною. Застосування киплячої сталі для виготовлення труб не допускається. Застосування напівспокійної сталі не рекомендується і повинно бути обґрунтованим. Допускається обробка сталі подрібнюючими зерно елементами. Вуглецева і вуглецево-марганцева сталь, призначена для робочих температур понад 400 °С, не повинна містити алюмінію.

3.4.2.2.3 Застосування сталі, вміст основних елементів в якій перевищує зазначені вище межі, а також сталі з іншими основними легуючими елементами, може бути допущено за національними та міжнародними стандартами, застосування яких узгоджено з Регістром.

3.4.2.2.4 Хімічний склад визначається за аналізом плавки (ківшова проба); допускається визначення хімічного складу при виготовленні трубної заготовки.

3.4.2.3 Механічні та технологічні властивості.

3.4.2.3.1 Механічні та технологічні властивості сталі для труб при кімнатній і підвищеній розрахунковій температурах встановлюються стандартами на труби.

3.4.2.3.2 Труби при виготовленні повинні піддаватися наступним випробуванням:

- на розтягнення (з визначенням тимчасового опору, межі плинності та відносного подовження) згідно з 2.2.2;

- на розтягнення при підвищеній температурі (з визначенням умовної межі плинності);

Коли це передбачено відповідними частинами Правил або стандартами, повинні бути представлені результати випробувань сталі для труб щодо визначення межі тривалої міцності при підвищеній температурі.

3.4.2.4 Термічна обробка.

Труби повинні піддаватися термічній обробці, коли це передбачено відповідними частинами Правил, стандартами або схваленою Реєстром проектно-технічною документацією. При цьому холоднодеформовані та електрозварні труби в будь-якому випадку піддають термічній обробці, нормалізації, нормалізації та відпуску або гартуванню та відпуску. Вид і режим термічної обробки встановлюються підприємством (виробником), повідомляються Реєстру та зазначаються в сертифікаті.

3.4.2.5 Відбір проб.

Якщо не обумовлено інше, проби для виготовлення зразків відбираються від одного кінця не менше двох труб від партії.

3.4.2.6 Обсяг випробувань, неруйнівний контроль.

Труби підлягають випробуванням партіями. Партія повинна складатися з труб одного розміру, виготовлених зі сталі одного випуску і пройшли термічну обробку за однаковим режимом. Кількість труб у партії повинна бути не більше:

- із зовнішнім діаметром 76 мм і менше — 400 шт.,
- із зовнішнім діаметром більше 76 мм — 200 шт.

Залишок труб менше половини зазначеної кількості приєднується до відповідної партії, а половина і більше вважаються окремою партією.

Для проведення випробувань з кожної проби вирізають 1 зразок для випробування на розтяг. Всі труби повинні бути випробувані гідравлічним тиском. Пробний тиск встановлюється стандартами на труби або узгодженою з Регістром документацією, але в будь-якому випадку повинен бути не менше зазначеного в 21.2 частини VIII «Системи і трубопроводи» і в 1.7 частини X «Котли, теплообмінні апарати і посудини під тиском».

Гідравлічні випробування можуть не проводитися, якщо всі труби піддаються ультразвуковому або іншому еквівалентному контролю.

Всі зварні шви зварних труб повинні піддаватися контролю ультразвуковим методом.

3.4.2.7 Огляд.

Контролю зовнішнім оглядом і вимірюванням піддаються всі труби. На поверхні труб не допускаються тріщини, плівки, рваніни, закатки.

Допускаються окремі незначні забоїни, вм'ятини, ризики, тонкий шар окалини, сліди зачищення дефектів і дрібні плями, якщо вони не виводять товщину стінки за межі мінусових відхилень.

3.4.2.8 Маркування та документи.

Ідентифікація, маркування та видавані документи - відповідно до вимог 1.4. Клеймування труб допускається проводити на бирці. При цьому виробником повинна бути підтверджена система ідентифікації кожного прокату в зв'язці.».

В наприкінці другого абзацу пункту 3.5.1.7 вираз «де T_d » доповнюється виразом: «див. 3.5.2.7.5.».

Текст пункту 3.5.3.1 викладається в новій редакції: «Хімічний склад сталі для поковок, що входять до складу корпусних конструкцій, встановлюється узгодженими Регістром стандартами та/або узгодженою специфікацією і повинен забезпечувати необхідні характеристики холодостійкості. При цьому вміст сірки та фосфору в легованій сталі повинен бути не більше 0,015 % для кожного елемента.».

До підрозділу 3.7 додаються наступні зміни:

пункт 3.7.1.2 викладається в новій редакції: «3.7.1.2 Вимоги цього підрозділу поширюються тільки на сталеві поковки (або прокат, який використовується замість поковок, як зазначено у 3.7.1.1), призначення яких установлюється виходячи із властивостей, що визначаються при кімнатній температурі.

Додаткові вимоги до поковок, призначених для роботи при зниженій або підвищеній температурі, визначаються у кожному окремому випадку.

Додаткові вимоги до поковок з підтвердженими властивостями холодостійкості при заданій від'ємній температурі викладені в 3.5.3.

Вимоги до поковок з корозійностійкої сталі викладені в 3.16.3.

Вимоги до поковок, призначених для роботи при криогенних температурах викладені в частині IX «Матеріали і зварювання» Правил класифікації та побудови суден для перевезення зріджених газів наливом.»;

пункт 3.7.2 викладається в новій редакції: «3.7.2 Хімічний склад.

3.7.2.1 Хімічний склад сталі для поковок установлюється для конкретного типу сталі залежно від необхідних механічних і спеціальних властивостей.

Поковки повинні виготовлятися із спокійної сталі.

3.7.2.2 Хімічний склад для кожної плавки визначається виготовлювачем на пробі, яка повинна добиратися у процесі її розливання.

Якщо для виготовлення поковок використовується змішувальний ківш, у який зливаються плавки, хімічний склад визначається по ковшовій пробі.

3.7.2.3 Хімічний склад повинний відповідати табл. 3.7.2.3-1 (для корпусних поковок) і табл. 3.7.2.3-2 (для поковок суднового машинобудування) або погодженій із Регістром специфікації.

Таблиця 3.7.2.3-1¹

Тип сталі	Хімічний склад (%)									
	C, макс	Si, макс	Mn	P, макс	S, макс	Cr, макс	Mo, макс	Ni, макс	Cu ⁴ , макс	Загальний вміст залишкових елементів, макс
Вуглецеві, вуглецево- марганцеві	0,23 ^{2,3}	0,45	0,3-1,5	0,035	0,035	0,30 ⁴	0,15 ⁴	0,40 ⁴	0,30	0,85
Легована сталь ⁵	—	0,45	—	0,035	0,035	—	—	—	0,30	—

¹ У таблиці наведені максимальні значення масової частки (%) елементів, за винятком випадку, коли вказуються межі вмісту елемента.

² Вміст вуглецю може бути збільшений за умови, що вуглецевий еквівалент ($C_{\text{екв}}$) не перевищує 0,41% і обчислюється за формулою:

$$C_{\text{екв}} (\%) = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + V) / 15.$$

³ Вміст вуглецю у вуглецевій і вуглецево-марганцевій сталі, якщо вони не призначені для конструкцій, що зварюються, може досягати 0,65%.

⁴ Елемент розглядається як залишковий.

⁵ Вміст C, Mn, Cr, Mo, Ni і загальний вміст залишкових елементів повинні вказуватися у специфікації, яка надається на погодження.

Примітка: Поковки валів і балерів стерна повинні бути виготовлені із сталі, яка зварюється.

Таблиця 3.7.2.3-2¹

Тип сталі	Хімічний склад (%)

	C, макс	Si, макс	Mn	P, макс	S, макс	Cr	Mo	Ni	Cu ³ , макс	Загальний вміст залишкових елементів, макс
Вуглецеві, вуглецево- марганцеві	0,65 ²	0,45	0,3-1,5	0,035	0,035	0,30 ³ макс	0,15 ³ макс	0,40 ³ макс	0,30	0,85
Легована сталь ⁴	0,45	0,45	0,3-1,0	0,035	0,035	мін 0,40 ⁵	мін 0,15 ⁵	мін 0,40 ⁵	0,30	—

¹ У таблиці наведені максимальні значення масової частки (%) елементів, за винятком випадку, коли вказуються межі вмісту елемента або вказано на його мінімальний вміст.

² Максимальний вміст вуглецю повинний бути зменшений до 0,23, якщо поковка призначена для конструкції, що зварюється. За умови, що вуглецевий еквівалент ($C_{екв}$) не перевищує 0,41% і обчислюється за формулою $C_{екв} (\%) = C + Mn/6 + (Cr + Mo + V) / 5 + (Ni + V) / 15$, вміст вуглецю може бути вище наведеного рівня.

³ Елемент розглядається як залишковий.

⁴ Якщо легована сталь представляється для застосування у конструкціях, що зварюються, вміст елементів повинний вказуватися у специфікації, яка надається на погодження Регістру.

⁵ Вміст одного чи більше із вказаних елементів повинний відповідати наведеному мінімуму.

3.7.2.4 Якщо не погоджене інше, за розсудом виробника додатково можуть бути додані елементи, які подрібнюють зерно, такі, як алюміній, ніобій або ванадій. Їх вміст вказується при наданні результатів хімічного аналізу.

3.7.2.5 Елементи, що розглядаються, як залишкові, не повинні бути присутні у сталі у великій кількості. Їх вміст вказується при наданні результатів хімічного аналізу.»;

текст пункту 3.7.3.1 викладається в новій редакції: «**3.7.3 Механічні властивості.**

3.7.3.1 Мінімальні значення границі плинності, відносного подовження і відносного звуження, відповідні різним рівням міцності металу, що вимагаються Регістром, наведені у табл. 3.7.3.1-1 і 3.7.3.1-2.

При використанні сталі із нормованим проміжним мінімальним значенням границі плинності, мінімальні значення інших регламентованих таблицями характеристик, що вимагаються Регістром, можуть бути установлені лінійною інтерполяцією.

Можуть також використовуватися поковки, властивості металу яких установлюються визнаними Регістром стандартами.

Таблиця 3.7.3.1-1 Механічні властивості сталевих поковок, призначених для суднобудування

Тип сталі	Тимчасовий опір R_m , min, МПа ¹	Границя плинності $R_{ен}$, min, МПа	Відносне подовження A_5 , min, %		Відносне звуження Z , min, %		Середнє значення роботи удару, мін, Дж, при +20°C ^{2,3}	
			Уздовж	Поперек	Уздовж	Поперек	KV_L	KV_T
Вуглецеві, вуглецево- марганцеві	400	200	26	19	50	35	32	18
	440	220	24	18	50	35	32	18
	480	240	22	16	45	30	32	18
	520	260	21	15	45	30	32	18
	560	280	20	14	40	27	32	18
	600	300	18	13	40	27	32	18
Легована сталь	550	350	20	14	50	35	41	24
	600	400	18	13	50	35	41	24
	650	450	17	12	50	35	41	24

¹ Отримані при випробуванні значення тимчасового опору не повинні перевищувати установлені більше ніж на:

120МПа якщо $R_m < 600$ МПа;

150МПа якщо $R_m \geq 600$ МПа.

² Для сталевих поковок, призначених для встановлення в кормовій частині суден, які мають в основному

символі класу знак льодового підсилення, мінімальне середнє значення роботи удару повинне становити 27Дж при 0 °С для всіх типів сталі.

³Не застосовується до сталевих поковок для морських споруд та їх елементів.

Таблиця 3.7.3.1-2 Механічні властивості сталевих поковок, призначених для суднового машинобудування¹

Тип сталі	Тимчасовий ² опір R_m , min, МПа	Границя плинності R_{eH} , min, МПа	Відносне подовження A_5 , min, %		Відносне звуження Z , min, %		Твердість ³ НВ
			Уздовж	Поперек	Уздовж	Поперек	
Вуглецеві, углецево- марганцеві	400	200	26	19	50	35	110-150
	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
Легована сталь	760	380	14	10	35	24	225-265
	600	360	18	14	50	35	175-215
	700	420	16	12	45	30	205-245
	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

¹Для гребних валів, балерів стерен, штифтів, болтів валів, болтів пер стерен, болтів з'єднання опорних опор, тощо, суден із знаком льодового класу **IA Super, IA, IB або IC**, випробування на ударний згин повинні проводитися для всіх типів сталі при температурі -10°С, а середнє значення роботи удару повинно бути не менше 20Дж (поздовжнє випробування).

² Додатково можуть установлюватися наступні обмеження отримані при випробуваннях значення тимчасового опору не повинні перевищувати установлені більше ніж на:

150МПа якщо $R_m < 900$ МПа;

200МПа якщо $R_m \geq 900$ МПа.

³ Значення твердості приводяться для інформації.»

текст пункту **3.7.5.3** викладається в новій редакції: «**3.7.5.3** Зразки необхідно вирізати таким чином, щоб напрямок їх осей збігався із напрямком основної осі поковки (поздовжні зразки) або у тангенціальному напрямку (поперечні, тангенціальні зразки).

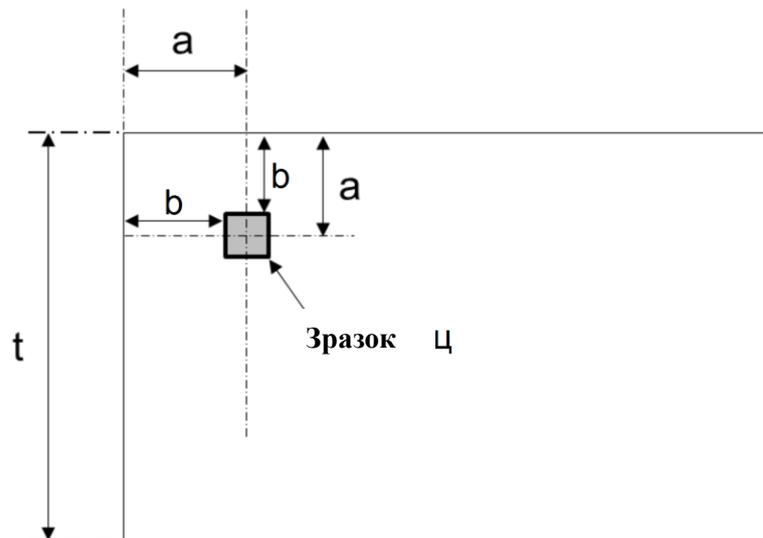
Якщо не оговорене інше, поздовжні зразки вирізаються наступним чином:

.1 для поковок товщиною або діаметром до 50мм осі зразків повинні збігатися із центральною віссю поковки або із центром поперечного перерізу;

.2 для поковок товщиною або діаметром більше 50мм зразки повинні вирізатися із ¼ перерізу поковки (¼ діаметра) або на відстані 80мм від термообробленої поверхні, у залежності від того, що менше;

.3 для кованих виробів у формі кільця або диска відбираються тангенційні зразки в горизонтальному та вертикальному напрямках від середини товщини $t/2$ при $t \leq 25$ мм або на відстані 12,5мм від поверхні при $t > 25$ мм.

Де можливо, при товщі напівфабрикату $t > 25$ мм поверхня зразка не повинна бути ближче до будь-якої термообробленої поверхні напівфабрикату, ніж на 12,5мм, як показано на рис. 3.7.5.3.



a - відстань від осі зразка до термообробленої поверхні відповідно до 3.7.5.3.2;
b — відстань від поверхні зразка до термообробленої поверхні відповідно до 3.7.5.3.3.

Рис. 3.7.5.3»;

до пункту 3.5.7 додається новий пункт 3.5.7.4 наступного змісту: «3.7.5.4 Альтернативне розташування зразків, їх орієнтація та відповідна технологія термічної обробки, що більшою мірою демонструють необхідні механічні властивості матеріалу поковки, можуть бути запропоновані виготовлювачем у комплекті з обґрунтуванням та підтверджуючими результатами випробувань. У такому разі процес термічної обробки, пропонуване місце відбору проб та орієнтація зразків повинні бути схвалені Регістром.»;

номери пунктів 3.7.6.1.8 – 3.7.6.1.15 замінюються на номери 3.6.7.1.9 – 3.7.6.1.6 відповідно;

після пункту 3.7.6.1 8 додається новий пункт 3.7.6.1.9 наступного змісту: «9 *ковані кільця* (такі як поворотне кільце вантажопідйомного пристрою):

Одна проба береться в тангенціальному напрямку від кожної поковки згідно з рис. 3.7.6.1.9. Якщо кінцевий діаметр перевищує 2,5 м або маса після термічної обробки, включаючи матеріал проби, перевищує 3 т, то необхідно провести випробування зразків з двох проб, відібраних з діаметрально протилежних зон.

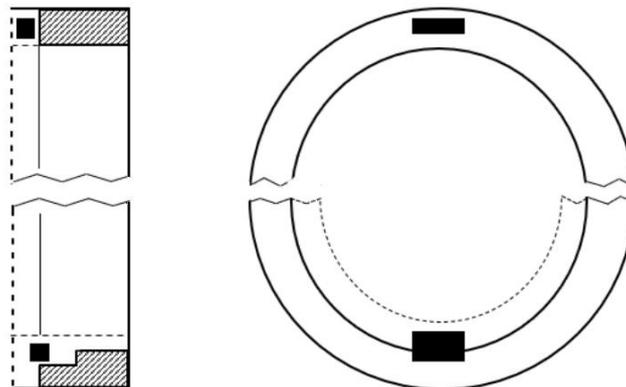


Рис. 3.7.6.1.9»;

наприкінці тексту пункту додається наступні вирази: «- прикладений тиск при відповідному випробуванні, якщо застосовне;

- дата заключного контролю.».

До підрозділу 3.8 додаються наступні зміни:

пункт викладається в новій редакції: «3.8.1.2 Ці вимоги поширюються на виливки з вуглецевої, вуглецево-марганцевої та легованої сталі, які застосовуються в суднобудуванні і судновому

машинобудуванні, що підлягають технічному нагляду, призначення яких встановлюється іншими частинами Правил.

Цей підрозділ містить вимоги як до зварюваних, так і до не призначених для зварювання виливків.»;

пункт **3.8.1.3** викладається в новій редакції: «**3.8.1.3** Додаткові вимоги до виливків з підтвердженими властивостями холодостійкості при заданій від'ємній температурі викладені в **3.5.4**.

Вимоги до виливків, призначених для роботи при криогенних температурах, викладені в частині IX «Матеріали і зварювання» Правил класифікації та побудови суден для перевезення зріджених газів наливом.

Додаткові вимоги до виливків, призначених для котлів і систем, встановлюються проєктантом.

Вимоги цього підрозділу не поширюються на виливки з корозійностійкої сталі.

Додаткові вимоги до виливків ПБУ/МСП встановлюються проєктантом і повинні ґрунтуватися на розрахунковій температурі та умовах експлуатації.»;

текст підрозділу доповнюється новим пунктом 3.8.1.6 наступного змісту: «**3.8.1.6** Приварювання до виливків тимчасових кріпильних деталей (наприклад, для підйому, переміщення, укладання виливка) повинно відповідати затвердженим технологічним процесам зварювання та здійснюватися атестованими зварниками. Прихватки, що залишилися після відокремлення тимчасових кріпильних деталей, повинні бути видалені. Ділянки приварювання повинні бути захищені та перевірені відповідними методами неруйнівного контролю.»;

текст пункту **3.8.2.2** та таблиця 3.8.2.2 викладаються в новій редакції: «

3.8.2.2 Хімічний склад вуглецевої, вуглецево-марганцевої та легованої сталі повинний відповідати вимогам табл. 3.8.2.2 і/або погодженої із Регістром документації (специфікаціям, стандартам, технічним умовам тощо).

Таблиця 3.8.2.2. Хімічний склад вуглецевої, вуглецево-марганцевої та легованої сталі

Тип сталі	Застосування	C, max %	Si, max %	Mn, %	S, max %	P, max %	Залишкові елементи, max %				Загальне число залишкових елементів, max %
							Cu	Cr	Ni	Mo	
Вуглецеві, вуглецево-марганцеві	Не зварні конструкції	0,40	0,60	0,50 ÷ 1,60	0,04	0,04	0,30	0,30	0,40	0,15	0,80
	Зварні конструкції	0,23	0,60	1,60 max	0,04	0,04	0,30	0,30	0,40	0,15	0,80
Леговані							Легуючі елементи ¹ , min				
	Не зварні конструкції	0,45	0,60	0,50 ÷ 1,60	0,03	0,03	0,30	0,40	0,40	0,15	-
	Зварні конструкції	Встановлюються схваленою документацією									-

¹Один з елементів повинен відповідати зазначеним вимогам.»;

текст пункту **3.8.3** та таблиці 3.8.3.1 викладаються в новій редакції:

3.8.3.1 Механічні властивості виливків повинні відповідати табл. 3.8.3.1 і/чи схваленій Регістром документації.

У табл. 3.8.3.1 наведені мінімальні значення границі плинності, відносного подовження і відносного звуження та роботи удару, встановлені залежно від необхідного рівня значень тимчасового опору сталевих виливків.

Таблиця 3.8.3.1 Механічні властивості виливків

Сталь, призначена для зварювання ¹					
Тип сталі	Тимчасовий опір R_m , min, МПа ^{2,3}	Границя плинності R_{eH} або $R_{p0.2}$, МПа	Відносне подовження A_5 , %	Відносне звуження Z , %	Середня робота удару, KV, min, Дж ⁴
Вуглецеві, вуглецево-марганцеві	400	200	25	40	27
	440	220	22	30	
	480	240	20	27	
	520	260	18	25	
	560	300	15	20	
	600	320	13	20	
Леговані	550	355	18	30	27
	600	400	16	30	
	650	450	14	30	
	700	540	12	28	
Сталь, що не призначена для зварювання ⁵					
Вуглецеві, вуглецево-марганцеві	400	200	25	40	27
	440	220	22	30	
	480	240	20	27	
	520	260	18	25	
	560	300	15	20	
	600	320	13	20	
Леговані	550	355	16	35	27
	600	400	16	35	
	650	450	14	32	
	700	540	12	28	

¹ Випробування на ударний вигин сталі, призначеної для зварювання, проводяться при температурі 0 °С.

² Мінімально допустиме значення тимчасового опору 150МПа.

³ Для проміжних значень тимчасового опору мінімальні значення границі плинності, відносного подовження і відносного звуження встановлюються з використанням лінійної інтерполяції.

⁴ Виходячи з умов експлуатації, альтернативні вимоги до температури і критеріїв випробувань на ударний вигин можуть бути надані Регістру для узгодження.

⁵ Випробування на ударний вигин сталі, що не призначена для зварювання, проводяться при температурі навколишнього середовища АТ (Ambient Temperature), а саме при $23 \pm 5^\circ\text{C}$, як зазначено в ДСТУ ISO 148-1:2022.

Примітка до табл. 3.8.3.1: ДСТУ ISO 148-1:2022 Металеві матеріали. Випробування на ударний вигин за Шарпі на маятниковому копрі. Частина 1. Метод випробування (ISO 148-1:2016, IDT).

3.8.3.2 При незадовільних результатах випробувань на розтягування повинні бути виконані повторні випробування згідно з **3.8.6.4.**»;

текст пункту **3.8.4** викладається в новій редакції: «**3.8.4 Термічна обробка.**

3.8.4.1 Виливки повинні піддаватися термічній обробці для одержання необхідних механічних властивостей і структури. Режим термічної обробки встановлює виготовлювач залежно від хімічного складу, призначення і форми вилівка у разі дотримання таких умов:

- температура відпуску повинна бути не нижче 500°C;
- термічна обробка для зняття напружень деталей, для яких сталість розмірів і відсутність внутрішніх напружень мають велике значення (наприклад, колінчасті вали, фундаментні рами тощо), повинна проводитися при температурі не нижче 550°C, після чого виливки повинні охолоджуватися з піччю до температури 300°C або нижче;
- якщо після термічної обробки вилівок піддається нагріванню або правці може виникнути необхідність проведення термічної обробки для зняття напружень.

3.8.4.2 Виливки поставляються в наступних станах:

.1 з вуглецевої та вуглецево-марганцевої сталі:

- цілком відпаленими,
- після нормалізації,

після нормалізації і відпуску,

після гартування і відпуску;

.2 з леговоної сталі:

після нормалізації,

після нормалізації і відпуску,

після гартування і відпуску.

Усі необхідні дані по процесу термообробки, включаючи режими і відповідні показання приладів, повинні представлятися представнику Регістру на його вимогу.

Стан постачання повинен відповідати вимогам до конструкції та умовам експлуатації.

Виготовлювачі несуть відповідальність за вибір виду термічної обробки для отримання необхідних механічних властивостей.

3.8.4.3 У випадку, якщо вилівок після проведення остаточної термообробки піддається місцевому нагріванню чи операціям, що створюють додаткові напруження, може бути виставлена вимога щодо проведення термообробки для зняття залишкових напружень.

Виготовлювач повинен здійснювати суворий контроль за цією термообробкою, з тим щоб уникнути будь-яких негативних наслідків для остаточного стану металу та отриманої в результаті мікроструктури і механічних властивостей виливки.

3.8.4.4 Термічна обробка повинна проводитися в печах, які мають регулярно перевірені прилади контролю і реєстрації температури для відстеження рівномірності нагріву виливки. Розміри печі повинні забезпечувати рівномірний нагрів поміщених вилівок до необхідної температури.

У разі необхідності проведення термічної обробки вилівок великих розмірів, альтернативні методи термообробки підлягають узгодженню з Регістром.»;

текст пункту **3.8.5** викладається в новій редакції: «**3.8.5 Добір проб**

3.8.5.1 При підготовці проб, їх розмір повинен забезпечувати виконання випробувань, у тому числі повторних, якщо це буде потрібно. Проби повинні бути передбачені для кожного виливка або партії виливків.

3.8.5.2 Проби можуть бути добрані безпосередньо від виливка або прилиті до нього.

Товщина проб повинна бути не менше 30мм.

Допускається застосування окремо відлитих проб, при цьому розміри проби повинні відповідати розмірам виливків.

Всі проби повинні бути ідентифіковані.

3.8.5.3 Переважне розташування проб, там, де це практично можливо, повинно бути таким, при якому виготовлювач передбачає принаймні одну пробу діаметром 30мм, безпосередньо у виливку або прилиту до неї.

Примітка: Результати випробувань, що характеризують матеріал, з якого були виготовлені вилівки, і подальший процес термообробки, можуть не завжди відображати властивості виливків. На ці властивості можуть впливати умови кристалізації та швидкість охолодження під час термообробки, які, в свою чергу, залежать від товщини, розміру, групи складності та форми виливки. Мета добору проби полягає в тому, щоб забезпечити перевірку якості з метою підтвердження ефективності контролю існуючих процесів і методик термообробки.

Для виливків, за якими потрібне підтвердження механічних властивостей при певній товщині поперечного перерізу, за погодженням між виготовлювачем і замовником, повинні бути надані пропозиції щодо альтернативного розташування проб (з точки зору розміру і типу) в Регістр для розгляду та схвалення.

Примітка: Розмір проб для механічних випробувань може бути визначений відповідно до критичного перерізу, де вони відповідають термічній обробці та мікроструктурі виливки, а також вимогам стандартів ДСТУ EN ISO 4885, ДСТУ EN ISO 683-1 та ДСТУ EN ISO 683-2.

Як альтернатива, визначення розміру та типу проби може бути обґрунтовано статистичними даними випробувань, створенням репрезентативної проби або компонента, програмним забезпеченням для моделювання або комбінацією всіх цих елементів.

3.8.5.4 Якщо від виливка передбачається добір двох або більше проб, місця проб повинні розташовуватися на максимально можливій відстані одне від одного.

3.8.5.5 Проби повинні піддаватися термічній обробці разом із виливками, які вони представляють.»;

текст пункту **3.8.6.1** викладається в новій редакції: «**3.8.6.1** Від кожного виливка повинні бути відібрані не менше однієї проби. Якщо для одного виливка використовується метал декількох плавок (без перемішування), то кількість проб прирівнюється до числа ківшів, при цьому повинна виконуватися умова **3.8.5.2**.

Якщо маса виливка в очищеному стані дорівнює або перевищує 10т, або виливка має складну форму, повинно бути відібрано не менше двох прилитих, розташованих на максимально можливій відстані один від одного.

Якщо великі вироби виготовляються з двох або більше виливків, які не перемішуються в ківші перед заливкою, необхідно надати дві або більше проби, що відповідають кількості необхідних для цього виробу виливків. Проби повинні бути добрані безпосередньо від виливки або прилиті до неї, чи відлиті окремо і розташовані максимально віддалено одна від одної.»;

текст другого абзацу пункту **3.8.6.1** викладається в новій редакції: «Якщо маса виливки в очищеному стані дорівнює або перевищує 10 т, або виливка має складну форму, повинно бути відібрано не менше двох прилитих проб від наймасивнішого перетину, розташованих на максимально можливій відстані одна від одної.

Якщо великі вироби виготовляються з двох або більше виливків, які не перемішуються в ківші перед заливкою, необхідно надати дві або більше проби, що відповідають кількості необхідних для цього виробу виливків. Проби повинні бути відібрані безпосередньо від виливка або прилиті до неї, або відлиті окремо і розташовані максимально віддалено одна від одної.»;

назва пункту **3.8.7** замінюється на наступну: «**3.8.7 Огляд і виправлення дефектів**»;

текст пункту **3.8.7.1** викладається в новій редакції: «**3.8.7.1** Виливки повинні пред'являтися до огляду і контрольних випробувань очищеними, з видаленими ливниками, надлишками, задирами тощо.

Виливки не повинні мати дефектів, що негативно впливають на застосування їх за призначенням.

Якщо не обумовлене інше, відповідальність за виконання вимог по розмірах виливків лежить на виробникові виливків.»;

текст пункту **3.8.7.4** викладається в новій редакції: «**3.8.7.4** Допускається виправлення дефектів зварюванням відповідно до **2.6.3** і **2.6.4** частини XIV «Зварювання» цих Правил.»;

текст пункту **3.8.8** викладається в новій редакції: «**3.8.8 Маркування і документи**.

3.8.8.1 Виготовлювач виливків повинний мати систему позначення, що дозволяє ідентифікувати виливок, який знаходиться на стадії пред'явлення Регістру, із плавкою, а на вимогу представника Регістру виготовлювач повинний надати зафіксовані у процесі виготовлення дані процесу виготовлення конкретного виливка (партії), включаючи термообробку та ремонт.

3.8.8.2 Кожний виливок повинний мати чітко нанесені обумовленим способом у обумовленому місці штемпель або тавро Регістру і, як мінімум, містити наступне:

- найменування або позначення підприємства-виготовлювача;
- номер або інше маркування, що дозволяють ідентифікувати матеріал, який представляється, і процес його виготовлення;
- категорію або марку сталі.

3.8.8.3 При виготовленні невеликих виливків у великій кількості система ідентифікації виливків може бути погоджена із Регістром окремо.

3.8.8.4 Сертифікат виготовлювача, який представляється представникові Регістру, повинний містити наступні відомості:

- найменування замовника і номер замовлення;
- категорію (марку) сталі, вид виливка;
- ідентифікаційний номер;
- процес виплавки сталі, номер плавки і хімічний склад по ковшовій пробі;
- результати механічних випробувань;
- результати неруйнівного контролю, якщо було потрібно;
- вид термообробки, включаючи температуру і час витримки.».

До підрозділу **3.12** додаються наступні зміни:

пункт **3.12.1.2** викладається в новій редакції: «**3.12.1.2** Виливки гребних гвинтів та їх елементів (лопатеї та маточин) повинні виготовлятися визнаними Регістром відповідно до **1.1.4** та **1.3.1.4** виробництва. У процесі визнання Регістру повинні бути представлені опис можливостей виробництва, устаткування ливарного обладнання, специфікації на матеріал, опис технологічного процесу, ремонту та контролю. Виливки, що постачаються під технічним наглядом Реєстру, повинні виготовлятися та випробовуватись відповідно до вимог цього розділу.»;

пункт **3.12.1.3** викладається в новій редакції: «**3.12.1.3** Випробування при визнанні провадження проводяться відповідно до **1.3.1.2** за узгодженою з Реєстром програмою огляду та випробувань. Метою випробувань є підтвердження відповідності хімічного складу та механічних властивостей матеріалу виливків та їх якості цим вимогам. Обсяг випробувань має бути узгоджений із Регістром.»;

текст підрозділу доповнюється новими пунктами **3.12.1.5** і **3.12.1.6** наступного змісту: «**3.12.1.5** У разі вибору сплаву, відмінного від наведеного в цьому розділі, Регістру повинні бути представлені дані про хімічний склад, механічні властивості та термічну обробку виливків для схвалення.

3.12.1.6 Відповідальність за дотримання якості, технологічних процесів та контролю відповідності специфікації лежить на виробнику.»;

пункт 3.12.2 доповнюється другим абзацом наступного змісту: Виробник повинен здійснювати запис та зберігання результатів хімічного аналізу виготовлених виливків. Ці дані мають бути доступні інспектору Регістру для перевірки відповідності отриманого хімічного складу встановленим допускам для кожної виливки.»;

пункт **3.12.3.1** доповнюється виразом: «Товщина проб встановлюється узгодженими стандартами.»;

пункт **3.12.7.1** викладається в новій редакції: «**3.12.7.1** Виливки сталевих гребних гвинтів повинні контролюватись виготовлювачем зовнішнім оглядом та вимірюванням на всіх стадіях їх виготовлення. Особливо ретельному, 100-відсотковому контролю зовнішнім оглядом та виміром виливки повинні піддаватися в остаточному вигляді. Загальний огляд має виконуватись інспектором Регістру. Поверхня не повинна мати дефектів, які можуть призвести до пошкоджень гвинтів під час їх експлуатації. Представник Регістру може вимагати проведення необхідного дослідження сумнівних ділянок поверхні, включаючи травлення металу, особливо перед проведенням зварюванням.

Ливарні дефекти, які можуть вплинути на працездатність виливків, такі як значні неметалеві включення, ужимини, раковини та тріщини, не допускаються. Ці дефекти можуть бути видалені одним із методів, зазначених у **3.12.9**, та виправлені в межах, встановлених для різних ремонтних зон. Повний опис цих робіт та необхідна документація мають бути представлені представнику Регістру до початку проведення робіт.

Дефекти поверхні, видимі на поверхні після механічної обробки, такі як невеликі спаї, засмічення та шлакові включення, повинні бути зачищені виробником відповідно до **3.12.9**.

перший абзац пункту **3.12.7.2** викладається в новій редакції: «**3.12.7.2** Відповідальність за перевірку геометричних розмірів, форми та дотримання їх допусків лежить на виготовлювачі. Звіт про відповідну перевірку має бути надано Регістру. При цьому Регістр залишає за собою право вимагати проведення цієї перевірки у присутності інспектора.»;

Текст пункту **3.12.8.2** викладається в новій редакції: «**3.12.8.2** Контроль капілярним та магнітопорошковим методами.

3.12.8.2.1 Процедура контролю капілярним методом має бути подана Регістру та повинна відповідати вимогам ДСТУ EN ISO 3452-1 або узгодженим Регістром стандартам.

Критерії контролю наведені в **3.12.8.2.3**. Поверхні зон А, В і С всіх гребних гвинтів, виливків лопатей і маточин повинні проходити контроль капілярним методом. Контроль зони А має здійснюватися у присутності інспектора. Контроль зон В та С здійснюється в присутності інспектора на вимогу Регістру.

Якщо ремонт здійснювався шліфуванням або зварюванням, відремонтовані області незалежно від їх розташування повинні контролюватися капілярним методом. Ремонт зварюванням, незалежно від місця ремонту, розглядається як ремонт у зоні А.

3.12.8.2.2 Магнітопорошковий метод може застосовуватись замість капілярного методу при контролі сталей мартенситного класу.

Процедура контролю за магнітопорошковим методом повинна відповідати ДСТУ EN ISO 9934-1 або узгодженим стандартам. Процедура повинна надаватися Регістру для погодження.

3.12.8.2.3 Критерії контролю капілярним та магнітопорошковим методами.

3.12.8.2.3.1 Визначення, що стосуються капілярного методу.

Індикаторний слід — наявність помітного просочування барвника з несучільностей у матеріалі, що проявляється, принаймні, через 10 хв після застосування капілярного дефектоскопічного матеріалу.

Слід, що зараховується — індикаторний слід, який при визначенні результатів контролю має хоча б одну розмірну характеристику більше 1,5 мм.

Округлий слід - індикаторний слід, довжина якого менше або дорівнює трьом його ширинам ($l < 3w$);

Протяжний слід – індикаторний слід, довжина якого перевищує ширину більш, ніж у 3 рази ($l \geq 3w$).

Рядний слід - індикаторний слід з довжиною, рівної сумарної довжини ряду. Рядний слід може мати таку структуру:

- три або більше округлих слідів, розташованих у рядок таким чином, що відстань між ними становить менше 2 мм; або
- протяжні сліди, розташовані в ряд з відстанню між ними, меншою ніж найбільша розмірна характеристика найдовшого сліду.

Ілюстрацію контролю капілярним методом наведено на рис. 3.12.8.2.3.1.

3.12.8.2.3.2 Критерії приймання.

Одинична контрольована поверхня має площу 100 см² і може мати форму квадрата або прямокутника зі стороною трохи більше 250 мм. При здійсненні оцінки якості поверхні капілярним методом вся контрольована поверхня умовно поділяється на одиничні контрольовані майданчики розмірами 100см².

Поділ має бути здійснено несприятливим по відношенню до індикаторних слідів чином, тобто форма та розміри кожного майданчика слід вибирати так, щоб вмістити максимальну кількість дефектів, без розподілу по сусідніх одиничних майданчиках.

Виявлені на будь-якій з таких ділянок індикаторні сліди з урахуванням їхньої форми, розмірів та кількості повинні відповідати вимогам табл. 3.12.8.2.3.2-1.

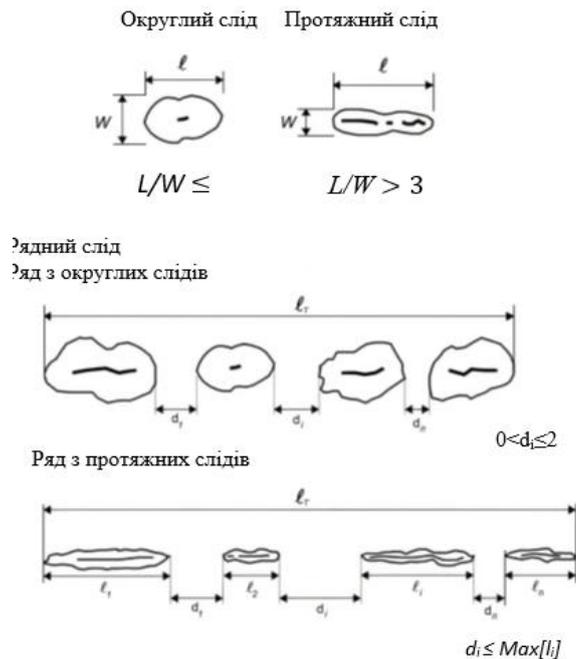


Рис. 3.12.8.2.3.1»;

Текст пункту **3.12.8.3** викладається в новій редакції: «**3.12.8.3** Контроль радіографічним та ультразвуковим методом.

На вимогу Регістру або якщо виробник визнає за необхідне, повинен бути здійснений додатковий неруйнівний контроль (наприклад, радіографічним та/або ультразвуковим методом). Критерії оцінки та приймання повинні бути узгоджені між виробником, споживачем та Регістром та відповідати вимогам узгоджених Регістром стандартів.

Проведення контролю ультразвуковим методом є недоцільним у випадках, що визначаються формою, типом та товщиною вилівки, а також спрямованістю зерна, що негативно впливають на поглинання ультразвукової хвилі.»;

текст пункту **3.12.9.5** викладається в новій редакції: «**3.12.9.5** Ремонтне зварювання.

3.12.9.5.1 Загальні положення та документація.

Технологію зварювання та зварювальні матеріали, що застосовуються для виправлення дефектів, повинні бути визнані Регістром відповідно до вимог частини XIV «Зварювання».

Виробник повинен підтримувати систему реєстрації дефектів, ґрунтуючись на якій для будь-якого з виливків можна визначити обсяг виконаного ремонту, вид та режими термообробки. Вся інформація щодо виливку, що підлягає огляду Регістром, подається інспектору Регістру.

Перед початком проведення робіт з виправлення дефектів зварюванням повинна бути представлена для схвалення Регістром докладна специфікація технології зварювання, що містить відомості про позицію зварювання, параметри зварювального процесу, зварювальні матеріали, попереднє підігрів, подальшу термообробку та контроль виконаних зварювальних робіт.

3.12.9.5.2 Технологічний процес ремонтного зварювання.

3.12.9.5.2.1 Схвалення технології зварювання виконується за схваленою Регістром програмою.

Виправлення дефектів повинно виконуватись відповідно до схвалених технологічних процесів зварювання та зварювальників належної кваліфікації, атестованих відповідно до узгоджених стандартів. Кваліфікаційні випробування технологічних процесів зварювання мають бути проведені під технічним наглядом інспектора та відповідати вимогам **3.12.9.5.3**.

Дефекти, що підлягають ремонту заваркою, повинні бути повністю видалені за допомогою механічної обробки.

Кромки під зварювання повинні бути підготовлені для забезпечення гарного проварювання.

Отримана в процесі видалення дефекту поверхня повинна бути контрольована капілярним методом у присутності інспектора Регістру. Результати контролю мають демонструвати повне видалення дефектного матеріалу.

3.12.9.5.2.2 Зварювання повинно виконуватися в контрольованих умовах, що унеможливають несприятливі погодні впливи.

3.12.9.5.2.3 Для виготовлення зварних проб слід застосовувати дугове зварювання електродами або зварювального дроту. Зварювальні матеріали повинні зберігатися та застосовуватись відповідно до рекомендацій виробника зварювальних матеріалів.

3.12.9.5.2.4 Шлак, підрізи та інші дефекти шва повинні виправлятися перед нанесенням наступного валика.

3.12.9.5.2.5 Сталі мартенситного класу після ремонту зварювання підлягають відпалу в печі. Способи зняття місцевих залишкових напружень за мінімальних виправлень мають бути узгоджені у складі документації на здійснення ремонтних робіт.

3.12.9.5.2.6 Після виконання термообробки відремонтовані поверхні повинні бути відфрезеровані та зашліфовані. У всіх випадках якість виконання ремонту має контролюватись капілярним методом.

3.12.9.5.3. Кваліфікаційні випробування технологічного процесу зварювання.

3.12.9.5.3.1 Загальні принципи.

Нижче наведено вимоги до кваліфікаційних випробувань технологічного процесу зварювання, призначеного для ремонту литих гребних гвинтів із сталі.

Для схвалення технологічного процесу зварювання необхідно одержання задовільних результатів кваліфікаційних випробувань технологічного процесу зварювання.

Кваліфікаційні випробування виконуються для тих же технологій зварювання, присадкового металу, попереднього нагрівання та термічної обробки для зняття залишкових напружень, що застосовуються для ремонтних робіт. Специфікація процесу зварювання (WPS), що застосовується, повинна містити посилання на (або містити) результати випробувань, отримані в ході кваліфікаційних випробувань технологічних процесів зварювання.

Технологічний процес зварювання, схвалений Регістром для конкретного виробництва, може застосовуватися на всіх виробничих майданчиках, що застосовують ту ж технологію ремонту і має таку ж систему контролю якості.

3.12.9.5.3.2 Зварювання проб.

Схвалення технології зварювання слід виконувати на підставі зварювання проб, що складаються з литих зразків і мають розміри, достатні для розподілу енергії зварювання. Мінімальні розміри проб мають відповідати рис. 3.12.9.5.3.2-1.

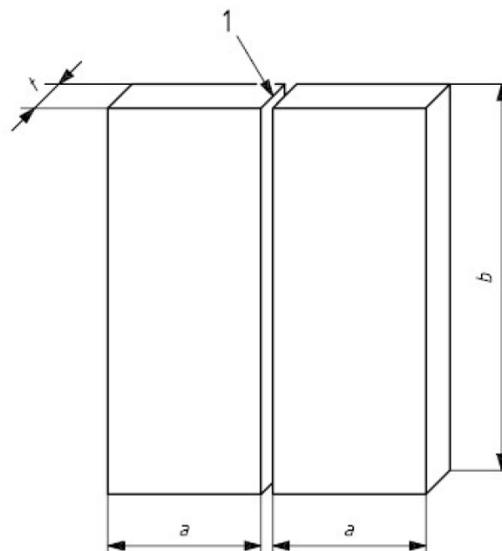


Рис. 3.12.9.5.3-1

l - обробка і позиціонування кромки, що зварюються відповідно до схваленої специфікації процесу зварювання;

a - мінімальна ширина зразка 150 мм; *b* - мінімальна довжина зразка 350 мм; *t* - товщина зразка.

Розміри, обробка кромки, підготовка та зварювання проби повинні виконуватися відповідно до процедур, що застосовуються для ремонту підприємства, які мають бути надані інспектору на вимогу.

Зварювання проби та випробування зразків мають відбуватися у присутності інспектора.

3.12.9.5.3.3 Випробування та контроль зварного з'єднання.

Зразки, отримані з проби, повинні випробовуватися відповідно до табл. 3.12.9.5.3.3-1. Схема вирізки зразків наведена на рис. 3.12.9.5.3.3-1.

Таблиця 3.12.9.5.3.3 Види та обсяг випробувань

Вид випробувань	Обсяг випробувань
Зовнішній огляд	100% відповідно до 3.12.9.5.3.4
Контроль капілярним методом ¹	100% відповідно до 3.12.9.5.3.4
Розтягнення поперечного зразка	Два зразка відповідно до 3.12.9.5.3.6
Статичний вигин	По два зразка від кореня і поверхні шва відповідно до 3.12.9.5.3.6 ²
Макроаналіз	Три зразка відповідно до 3.12.9.
Ударний згин	Два комплекти зразків відповідно до 3.12.9.5.3.8
Визначення твердості	Обсяг визначається відповідно до 3.12.9.5.3.9

¹Допускається заміна методу контролю на магнітопорошковий для сталей мартенситного класу

²Для проб, що дорівнюють або перевищують 12 мм за товщиною, зазначений обсяг може бути замінений на 4 зразки для бічного вигину

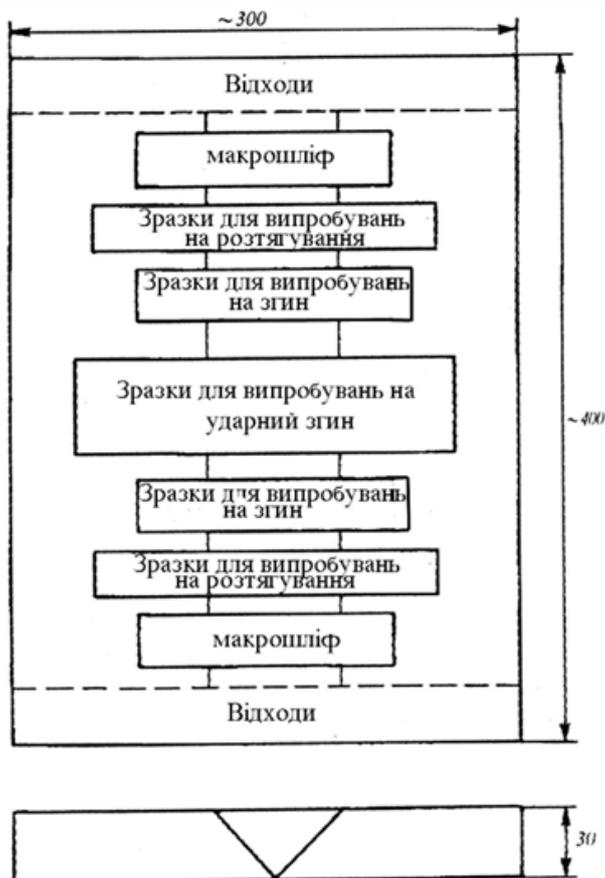


Рис. 3.12.9.5.3.3

3.12.9.5.3.3.1 Огляд та неруйнівний контроль.

Після зварювання та перед відбором зразків проба повинна піддаватися повному візуальному огляду та контролю капілярним або магнітопорошковим методом. Якщо була встановлена необхідність у

термічній обробці після зварювання, візуальний огляд та контроль капілярним методом проводяться після термічної обробки.

Тріщини не допускаються. Методика визначення та критерії контролю капілярним та магнітопорошковим методами наведено у **3.12.8.2.3**.

3.12.9.5.3.3.2 Випробування розтягування.

Випробування виконуються на двох поперечних зразках товщиною, що дорівнює товщині проби, шириною 30 мм і довжиною робочої частини, що дорівнює ширині зварного шва плюс по 6 мм на кожну сторону (див. **4.2.3.2.2** частини XIV «Зварювання»). В якості альтернативи можуть застосовуватися зразки, виготовлені відповідно до узгоджених стандартів.

Механічні властивості повинні відповідати необхідним для основного металу.

У протоколі випробувань має фіксуватись місце руйнування: наплавлений метал, зона термічного впливу або основний метал.

3.12.9.5.3.3.3 Випробування на вигин

Випробування виконуються на двох поперечних зразках від кореня та від протилежної йому поверхні шва (сумарно 4 зразки), виготовлених відповідно до вимог **2.2.5.1**.

Операція виконується на оправці, що дорівнює чотирьох товщин, виключаючи аустенітні сталі, для яких діаметр оправки повинен дорівнювати трьом товщинам.

Кут загину має становити 180°. Після випробувань на поверхні зразка не повинно бути розривів та тріщин довжиною понад 3 мм. Дефекти, виявлені в кутах випробуваних зразків, повинні бути досліджені в окремому порядку.

Для проб рівних або перевищують 12 мм по товщині зазначений об'єм може бути замінений на 4 зразки для згину.

3.12.9.5.3.3.4 Макроаналіз.

Макроаналіз виконується на двох макрошліфах, відібраних з одного боку та включають метал шва, лінію сплавлення, зону термічного впливу. Тріщини, пори, шлакові вclusions та інші недосконалості шва завбільшки більше 3 мм не допускаються.

3.12.9.5.3.3.5 Випробування на ударний згин.

Випробування потрібні у випадках, коли дане випробування було проведено для основного металу.

Якщо потрібно, випробування на ударний вигин виконуються на зразках, виготовлених відповідно до **2.2.3** та рис. 2.2.3.1-2.

Випробування повинні проводитися на одному комплекті зразків з надрізом по центру шва і на іншому комплекті зразків з надрізом в ділянці зони термічного впливу (середина надрізу повинна розташовуватися від 1 до 2 мм від лінії сплавлення в бік основного металу).

Температура та результати випробувань повинні відповідати необхідним для основного металу.

3.12.9.5.3.3.6 Визначення твердості.

Випробування визначення твердості за Віккерсом (HV 10) виконується на макрошліфах, одержуваних від зони початку зварного шва. Сліди вдавлення індентора повинні розташовуватися за 2 мм від поверхні проби.

Як мінімум, робиться по три виміри на металі шва, зоні термічного впливу, з обох боків шва та на основному металі з обох сторін. Виміри наводяться для інформації у протоколі випробувань.

3.12.9.5.3.3.7 Повторні випробування

За незадовільних результатів перерахованих вище випробувань допускається проведення повторних випробувань

3.12.9.5.3.4 Звітні документи.

3.12.9.5.3.4.1 Умови зварювання проб, результати випробувань та контролю мають бути зафіксовані у протоколах кваліфікаційних випробувань технологічного процесу зварювання.

3.12.9.5.3.4.2 Висновок про результати основних та повторних випробувань має вносити до протоколу кваліфікаційних випробувань технологічного процесу зварювання.

Відповідні пункти СПЗ також мають бути включені до протоколу.

3.12.9.5.3.4.3 Протоколи кваліфікаційних випробувань технологічного процесу зварювання засвідчуються інспектором Регістру, який був присутній при випробуваннях, з проставленням відповідного штампю.

3.12.9.5.3.5 Область схвалення.

3.12.9.5.3.5.1 Загальні засади.

Вимоги, викладені у **3.12.9.5.3.5**, повинні виконуватись незалежно один від одного.

Технологічний процес зварювання, схвалений Регістром для конкретного виробництва, може застосовуватися на всіх виробничих майданчиках, що мають ту ж технологію ремонту і систему контролю якості.

3.12.9.5.3.5.2 Основний метал.

Область схвалення технологічного процесу зварювання обмежується марками основного металу, котрим було проведено випробування.

3.12.9.5.3.5.3 Товщина.

Результати кваліфікаційних випробувань технологічного процесу зварювання, отримані для проб завтовшки t можуть бути поширені на товщини відповідно до табл. 3.12.9.5.3.5.3-1.

Таблиця 3.12.9.5.3.5.3 Область схвалення в залежності від товщини проби

Товщина проби, t , мм	Область схвалення
$15 < t \leq 30$	Від 3мм до $2t$
$30 < t$	Від $0,5t$ до $2t$, або 200мм в залежності від того, яке значення більше

3.12.9.5.3.5.4 Параметри технологічного процесу зварювання

Схвалення поширюється лише на положення, що відповідають застосованим у процесі зварювання проб.

Схвалення поширюється лише зварювальний процес, використаний для випробувань.

Результати, отримані для однопрохідного зварювання, не поширюються на багатопрохідне зварювання стикового з'єднання, що застосовується відповідно до цього розділу.

Схвалення поширюється лише на матеріал присади, застосований при виготовленні проб.

Схвалене значення верхньої межі погонної енергії має бути на 15 % більше застосованого при зварюванні проб. При цьому схвалене значення нижньої межі погонної енергії має бути на 15 % менше застосованого при зварюванні проб.

Схвалене значення мінімальної температури попереднього нагріву має бути не меншим за значення такої температури, отриманої при виготовленні проби.

Схвалене значення максимальної міжпрохідної температури не повинно перевищувати отриманого при зварюванні проб.

Термічна обробка, застосована для проб, має бути записана специфікацію зварювання. Час витримки при заданій температурі може змінюватись в залежності від товщини матеріалу.»;

текст пункту **3.12.10.2** доповнюється третім абзацом: «марку ливарного сплаву або його прийняте скорочення»;

Підрозділ **3.13** викладається в новій редакції: **«3.13 СТАЛЬ ВИСОКОЇ МІЦНОСТІ ДЛЯ ЗВАРНИХ КОНСТРУКЦІЙ**

3.13.1 Загальні вимоги.

3.13.1.1 Ці вимоги поширюються на підлягаючу нагляду Регістром при виготовленні гарячекатаної зварюваної листової і широкоштабової сталі високої міцності, призначеної для використання на морських судах і ПБУ/МСП.

Залежно від гарантованого мінімуму границі плинності сталь підрозділяється на вісім рівнів міцності: 420, 460, 500, 550, 620, 690, 890 і 960МПа; для кожного рівня міцності залежно від температури випробувань на ударний згин встановлено чотири категорії: А, D, E, F. На сталі з рівнем міцності 890 і 960МПа категорія F не поширюється.

Вимоги до прокату завтовшки 15мм і менше, призначеному для роботи при розрахункових температурах нижче -30°C , наводяться в **3.5.2.6**. Сталь високої міцності повинна виготовлятися визнаними згідно **1.3.1.2** підприємствами.

Треба звертати увагу на те, що для конструкцій, які піддаються навантаженням, що викликають втому, реальна втомлена міцність зварного з'єднання сталі високої міцності не може перевищувати встановлену для зварного з'єднання сталі нормальної міцності.

Перед тим як піддавати прокат, виготовлений методом термомеханічної обробки, подальшому нагріву для виконання формувальних робіт або для зняття напруги, або виконання зварювання при високій погонній енергії, потрібно виконати дослідження можливості зниження механічних властивостей сталі в процесі експлуатації.

3.13.1.2 Замість сталей категорій А420, D420, А460 та D460 також можуть використовуватися сталі, що відповідають вимогам ДСТУ EN 10025-3 та ДСТУ EN 10025-4, якщо їх хімічний склад, механічні властивості та інші характеристики відповідають вимогам, викладеним в цьому підрозділі, а саме:

- замість сталей категорій А420 та D420 відповідно S420N і S420NL згідно ДСТУ EN 10025-3 та S420M і S420ML згідно ДСТУ EN 10025-4;

- замість сталей категорій А460 та D460 відповідно S460N і S460NL згідно ДСТУ EN 10025-3 та S460M і S460ML згідно ДСТУ EN 10025-4.

Примітка.

ДСТУ EN 10025-3:2022 (EN 10025-3:2019, IDT) Гарячекатані вироби з конструкційних сталей. Частина 3. Технічні умови постачання нормалізованого/нормалізованого прокату зварюваних дрібнозернистих конструкційних сталей.

ДСТУ EN 10025-4:2022 (EN 10025-4:2019, IDT) Гарячекатані вироби з конструкційних сталей. Частина 4. Технічні умови постачання для термомеханічного прокату зварюваних дрібнозернистих конструкційних сталей.

3.13.2 Процес виготовлення сталі.

Вакуумна дегазація сталі повинна застосовуватися у випадках:

- виробництва сталі з поліпшеними властивостями по товщині;
- виробництва сталі з рівнем міцності 690, 890, 960.

Сталь повинна бути повністю розкисленою і оброблена елементами, що подрібнюють зерно. Індекс аустенітного зерна повинен бути рівний або перевищувати 6 відповідно до ДСТУ ISO 643 або відповідного стандарту ISO або іншим погодженим Регістром національним або міжнародним стандартам.

Сталь повинна містити елементи, що зв'язують азот. Вміст таких елементів регламентується схваленою Регістром специфікацією підприємства-виготовлювача сталі. Також див. табл. 3.13.3.1.

3.13.3 Хімічний склад.

3.13.3.1 Хімічний склад сталі повинний визначатися виготовлювачем сталі на зразках, взятих з кожної плавки, у відповідним чином обладнаній лабораторії компетентним персоналом. Хімічний склад сталі повинний відповідати вимогам схваленої Регістром специфікації і граничним значенням, наведеним у табл. 3.13.3.1.

Таблиця 3.13.3.1 Хімічний склад сталі високої міцності

Стан постачання ¹	N/NR/CR ^{1,5}		TM ^{1,5}		QT ¹	
	Категорія сталі					
	A420	E420	A420	E420	A420	E420
	D420	E460	D420	F420	D420	F420

	A460 D460		A460 D460 A500 D500 A550 D550 A620 D620 A690 D690 A890	E460 F460 E500 F500 E550 F550 E620 F620 E690 F690 D890 E890	A460 D460 A500 D500 A550 D550 A620 D620 A690 D690 A890 A960	E460 F460 E500 F500 E550 F550 E620 F620 E690 F690 D890 E890 D960 E960
Вміст елементів, %^{2,8}						
C_{max}	0,20	0,18	0,16	0,14	0,18 ⁹	
M_n	1,0 ÷ 1,7			1,70 (макс)		
S_{i max}	0,60			0,80		
P_{max}³	0,030	0,025	0,025	0,020	0,025	0,020
S_{max}³	0,025	0,020	0,015	0,010	0,015	0,010
Al_{total min}⁴	0,02			0,018		
Nb_{max}⁵	0,05			0,06		
V_{max}⁵	0,20			0,12	0,12	
Ti_{max}⁵	0,05			0,05		
Ni_{max}⁶	0,80			3,50	3,50	
C_{max}¹⁰	0,55			0,50		
Cr_{max}¹⁰	0,30			0,50	1,50	
Mo_{max}¹⁰	0,10			0,50	0,70	
N_{max}	0,025			0,015 ¹¹		
Oxygen ppm_{max}⁷	--		--	50	--	30
Boron (maz)	0,005		0,005		0,005	

*Примітки:*¹ Див. п. 3.13.4 для визначення стану постачання.

² Хімічний склад повинен визначатися з ковшової проби і повинен задовольняти вимогам схваленої Регістром специфікації.

³ Для сталевих профілів вміст фосфору і сірки може перевищувати приведені в таблиці значення але не більше ніж на 0,005%.

⁴ Співвідношення загального алюмінію до азоту повинне бути щонайменше 2:1. Якщо використовуються інші елементи, що зв'язують азот, мінімальне значення Al та співвідношення Al/N не застосовуються.

⁵ Максимально допустима сума вмісту Nb+V+Ti < 0.26% і Mo+Cr < 0.65% може не враховуватися при постачанні сталі (QT) в стані загартування з відпуском.

⁶ Вміст нікелю повинен бути узгоджений із Регістром.

⁷ Вимога до максимально допустимого вмісту кисню застосовується тільки для сталей категорій D890, E890, D960 і E960.

⁸ Вміст будь-яких інших навмисно доданих елементів повинен бути визначений та повідомлений.

⁹ Більший вміст вуглецю повинен бути узгоджений із Регістром.

¹⁰ Елементи можуть бути позначені як < 0,02%, якщо їхня кількість не перевищує 0,02%.

¹¹ Більший вміст азоту повинен бути узгоджений із Регістром.

3.13.3.2 Вміст легуючих елементів, що застосовуються для зв'язування азоту і обробки зерна, а також залишкових елементів, повинні бути зазначені у специфікації виготовлювача. Наприклад, у разі застосування бору для підвищення міцності сталі його максимальний не повинен перевищувати 0,005%. Повинні бути надані результати аналізу вмісту таких елементів.

3.13.3.3 За результатами хімічного аналізу ковшової проби, повинен обчислюватися вуглецевий еквівалент. Регламентовані значення вуглецевого еквіваленту представлені в таблиці. 3.13.3.3.

Таблиця 3.13.3.3 Максимально допустимі значення C_{eq} , SET і P_{cm} для сталі високої міцності

Категорія сталі і стан постачання	Вуглецевий еквівалент (%)							SET	P_{cm}
	C_{eq}						Усі		
	Листовий прокат			Фасонний прокат	Сортовий прокат	Трубний прокат		Усі	Усі
	$t \leq 50$ мм	$50 < t \leq 100$ мм	$100 < t \leq 250$ мм				$t \leq 50$ мм		
420N/NR/CR	0,46	0,48	0,52	0,47	0,53	0,47	--	--	
420TM	0,43	0,45	0,47	0,44	--	--	--	--	
420QT	0,45	0,47	0,49	--	--	0,46	--	--	
460N/NR/CR	0,50	0,52	0,54	0,51	0,55	0,51	0,25	--	
460TM	0,45	0,47	0,48	0,46	--	--	0,30	0,23	
460QT	0,47	0,48	0,50	--	--	0,48	0,32	0,24	
500TM	0,46	0,48	0,50	--	--	--	0,32	0,24	
500QT	0,48	0,50	0,54	--	--	0,50	0,34	0,25	
550TM	0,48	0,50	0,54	--	--	-	0,34	0,25	
550QT	0,56	0,60	0,64	--	--	0,56	0,36	0,28	
620TM	0,50	0,52	--	--	--	--	0,34	0,26	
620QT	0,56	0,60	0,64	--	--	0,58	0,38	0,30	
690TM	0,56	--	--	--	--	--	0,36	0,30	
690QT	0,64	0,66	0,70	--	--	0,68	0,40	0,33	
890TM	0,60	--	--	--	--	--	0,38	0,28	
890QT	0,68	0,75	--	--	--	--	0,40	--	
960QT	0,75	--	--	--	--	--	0,40	--	

Примітки до табл. 3.13.3.3:

1. Альтернативні обмеження повинні бути спеціально узгоджені із Регістром.
2. Застосування формул (C_{eq} , SET, P_{cm}) залежить від узгодження між виготовлювачем та покупцем.

Формули розрахунку приведені нижче:

- для усіх категорій сталі високої міцності значення вуглецевого еквівалента (C_{eq}) повинне бути розраховане на основі ківшового аналізу:

$$C_{eq} = C + M_n/6 + (C_r + M_o + V)/5 + (N_i + C_u)/15 \quad (\%) \quad (3.13.3.3-1)$$

- для сталей рівня міцності 460МПа і вище виготовлювач може застосувати формулу розрахунку для знаходження SET замість C_{eq} на власний розсуд.

Формула приведена нижче:

$$SET = C + (M_n + M_o)/10 + (C_r + C_u)/20 + N_i/40 \quad (3.13.3.3-2)$$

Примітка: значення SET включено в стандарт EN 1011-2, який використовується як один з параметрів для визначення температури попереднього нагріву, який потрібний для запобігання холодного розтріскування;

для сталей TM і QT з вмістом вуглецю не більше 0,12% схильність до холодного розтріскування P_{cm} , для оцінки зварюваності, може бути використана замість вуглецевого еквівалента C_{eq} або SET на розсуд виготовлювача та розраховується за допомогою наступної формули:

$$P_{cm} = C + S_f/30 + M_n/20 + C_u/20 + N_i/60 + C_r/20 + M_o/15 + V/10 + 5B \quad (\%) \quad (3.13.3.3-3)$$

3.13.4 Стан постачання.

Сталь повинна постачатися відповідно до процесів, які відповідають схваленій Регістром документації виготовлювача.

До цих процесів належать:

- нормалізація (N);
- контрольована прокатка (CR) або нормалізована прокатка (NR);
- термомеханічна обробка (TM) або із застосуванням прискореного охолодження (TM+AcS) чи з гартуванням та подальшим відпуском (TM+DQ), або

- у стані гартування з відпуском (QT).

Визначення вказаних станів постачання надані в 3.2.1.4.

Гартування з прокатного нагріву з подальшим відпуском є еквівалентом звичайному гартуванню з відпуском.

3.13.5 Ступінь пластичної деформації.

Ступінь пластичної деформації при прокатуванні сляба, заготовки або блюма до готового виробу (пластини, профілю або прутка) повинен бути щонайменше 3:1, якщо інше не узгоджено під час затвердження. У таких випадках може знадобитися додаткова інформація та кваліфікаційні випробування.

Пластична деформація під час прокатування повинна бути такою, щоб отримати однорідну деформовану структуру та задовільні механічні властивості по всьому поперечному перерізу.

Під час виготовлення прокату зі злитків, слябів, заготовок або блюмів, коли неможливо бути впевненим, що деформовану мікроструктуру можна досягти із ступенем пластичної деформації при прокатуванні 3:1, буде потрібно вищий ступінь пластичної деформації, ніж 3:1.

Техніка нагрівання, тиску та прокатування повинна бути достатньою для створення однорідної мікроструктури та закриття порожнин, особливо під час прокатування зі злитків. Пластична деформація під час прокатування повинна бути такою, щоб отримати однорідну деформовану структуру та задовільні механічні властивості по всьому поперечному перерізу.

3.13.6 Товщини, які допускаються.

3.13.6.1 Максимальна товщина сляба, злитка або блюма при застосуванні методу безперервного розливання визначається виготовлювачем.

3.13.6.2 Максимальна товщина листової, профільної, сортової сталі, а також труб залежно від стану постачання приведена в табл. 3.13.6.2.

Таблиця 3.13.6.2 Максимальні товщини виробів

Стан постачання	Максимальна товщина прокату (мм)			
	Листового	Профільного	Фасонного	Трубного
N	250 ¹	50	250	70
NR/CR	150		²	
TM	150	50	--	--
QT	150 ¹	50	--	70

Примітки:
¹ Технологія виготовлення листової сталі товщиною більше 250мм в стані постачання N і QT повинна бути погоджена із Регістром.
² Максимально допустима товщина профільного, фасонного і трубного прокату який виготовляється контрольованою (CR) або нормалізованою (NR) прокаткою визначається при погодженні із Регістром технічної документації.

3.13.7 Механічні властивості.

Вимоги до рівня міцності і роботи удару листової гарячекатаної сталі високої міцності приведені в табл. 3.13.7-1 і 3.13.7-2. У разі випробувань профільного, фасонного або трубного сталевого прокату, необхідні значення відносного подовження приймаються на 2% вище приведених в табл. 3.13.7-1 і 3.13.7-2.

Таблиця 3.13.7-1. Механічні властивості сталі високої міцності

Категорія сталі	Стан постачання ¹	Границя плинності R _{eH} (Н/мм ²), мін, для товщини t (мм) ²			Тимчасовий опір R _m (Н/мм ²) для товщини t (мм)		Відносне подовження A ₅ (%), мін ³		Середня величина роботи удару, мін, Дж		
		3<t≤50	50<t≤100	100<t≤250	3<t≤100	100<t≤250	T	L ⁴	Температура (°C)	KV _T	KV _L
A420	N/NR/CR	420	390	365		470	19	21	0	28	42

Категорія сталі	Стан постачання ¹	Границя плинності R_{eH} (Н/мм ²), мін, для товщини t (мм) ²			Тимчасовий опір R_m (Н/мм ²) для товщини t (мм)		Відносне подовження A_5 (%), мін ³		Середня величина роботи удару, мін, Дж		
		$3 < t \leq 50$	$50 < t \leq 100$	$100 < t \leq 250$	$3 < t \leq 100$	$100 < t \leq 250$	T	L ⁴	Температура (°C)	KV_T	KV_L
D420	або ТМ чи QT				520	÷			- 20		
E420					÷	650			- 40		
F420					680				- 60		
A460	N/NR/CR або ТМ чи QT	460	430	390	540	500	17	19	0	31	46
D460					÷	÷			- 20		
E460					720	710			- 40		
F460									- 60		
A500	ТМ або QT	500	480	440	590	540	17	19	0	33	50
D500					÷	÷			- 20		
E500					770	720			- 40		
F500									- 60		
A550	ТМ або QT	550	530	490	640	590	16	18	0	37	55
D550					÷	÷			- 20		
E550					820	770			- 40		
F550									- 60		
A620	ТМ або QT	620	580	560	700	650	15	17	0	41	62
D620					÷	÷			- 20		
E620					890	830			- 40		
F620									- 60		
A690	ТМ або QT	690	650	630	770	710	14	16	0	46	69
D690					÷	÷ 900			- 20		
E690					940				- 40		
F690									- 60		
A890	ТМ або QT	890	830	- ⁶	940	- ⁶	11	13	0	46	69
D890					÷				- 20		
E890					1100				- 40		
A960	QT	960	- ⁶	- ⁶	980	- ⁶	10	12	0	46	69
D960					÷				- 20		
E960					1150				- 40		

Примітки: ¹ Див. п. 3.13.4 для визначення стану постачання.

² Для випробування на розтягування верхня границя плинності R_{eH} , або у випадку, коли R_{eH} не може бути визначена, повинна бути визначена границя плинності 0,2% ($R_{p0,2}$). В цьому випадку матеріал вважається таким, що відповідає вимозі, якщо будь-яке із отриманих значень відповідає або перевищує задане мінімальне значення границі плинності.

³ Для плоских випробувальних зразків повної товщини шириною 25мм і довжиною розрахункової частини 200мм відносне подовження повинне відповідати мінімальним значенням, вказаним в табл. 3.13.7-2.

⁴ У разі, якщо поздовжня ось зразка на розтягування паралельна остаточному напрямку плющення, результат випробування повинен відповідати вимозі до подовження для поздовжнього (L) напрямку.

⁵ Для листового і профільного прокату, який використовується в таких елементах, як стояки ПБУ і подібних, де вимагається постійна міцність незалежно від товщини елемента, зменшення відповідних вимог при збільшенні товщини прокату не допускається.

⁶ (-) – не застосовується.

Таблиця 3.13.7-2 Мінімальні значення відносного подовження плоских зразків шириною 25мм і довжиною розрахункової частини 200мм при випробуваннях на розтягування¹

Рівень міцності сталі, МПа ¹	Товщина прокату, t (мм)						
	$t \leq 10$	$10 < t \leq 15$	$15 < t \leq 20$	$20 < t \leq 25$	$25 < t \leq 40$	$40 < t \leq 50$	$50 < t \leq 70$
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

Примітки: ¹ Для рівнів міцності 890 і 960 зразки, що не включені до цієї таблиці, повинні бути пропорційними зразками з розрахунковою довжиною $L_0 = 5.65\sqrt{S_0}$.
² Для випробування на розтягування пластин товщиною ≤ 20 мм з рівнем міцності 690 замість плоского зразка дозволяється використовувати круглий зразок згідно з вимогам 2.2.
Значення мінімального необхідного відносного подовження при випробуванні зразка в поперечному напрямі складає 14%.

3.13.8 Добір проб і випробування.

Зразки для випробування і процедура випробувань повинні відповідати вимогам 2.2 і 3.1.

3.13.8.1 Відбір зразків для випробування на розтягування.

Зразки для випробування на розтягування необхідно відбирати так, щоб їх поздовжні осі були поперечні до напрямку останньої прокатки, за винятком випадку профілів, прутків, труб та штаб з шириною готової прокатки ≤ 600 мм, коли зразки можна відбирати в поздовжньому напрямку.

Плоскі зразки для випробування на розтягування повної товщини повинні бути виготовлені таким чином, щоб хоча б з однієї сторони зберігалася прокатана поверхня.

Коли продуктивність випробувальної машини перевищується використанням зразка повної товщини, слід використовувати плоскі зразки для випробування на розтягування меншого розміру, що представляють або повну товщину, або половину товщини виробу, зберігаючи одну прокатану поверхню.

В якості альтернативи можна використовувати оброблені круглі зразки для випробування. Зразки слід розташовувати на відстані $t/4$ від поверхні та додатково на відстані $t/2$ для товщини понад 100 мм або якомога ближче до цих положень.

Повторні випробування, при незадовільних результатах випробувань, повинні виконуватися відповідно вимог 1.3.2.3.

3.13.8.2 Відбір зразків для випробування на ударний згин.

3.13.8.2.1 Якщо інше не погоджене Регістром, випробування на ударний згин листової сталі та широкоштабового прокату і широкоштабової сталі шириною ≥ 600 мм проводяться на зразках відповідно до табл. 2.2.3.1-2, поздовжня вісь яких спрямована перпендикулярно до напрямку прокатки (поперечний зразок). Для прокату з іншою формою перерізу випробування на ударний згин виконуються на поздовжніх зразках.

3.13.8.2.2 У разі потреби відбору проб і виготовлення зразків від поверхні прокату, проба відбирається так, щоб ближня до поверхні грань знаходилася від неї не більше ніж на 2 мм.

Для виробів товщиною більше 50 мм ударні випробування слід проводити в точці чверті товщини ($t/4$) та точці середини товщини ($t/2$).

3.13.8.2.3 Випробування на ударний згин прокату завтовшки менше 6 мм не проводяться.

3.13.8.2.4 Повторні випробування, при незадовільних результатах випробувань, повинні виконуватися відповідно вимог 1.3.2.3.

3.13.9 Обсяг випробувань.

Випробуванням на розтягування і ударний згин піддається кожен лист (розкат) після термічної обробки.

Для прокату, що пройшов гартування і відпуск у прохідних безперервних печах, обсяг випробувань, включаючи кількість зразків і напрямок їх вирізання, встановлюється схваленою Регістром специфікацією.

Із кожної проби для випробувань на розтягування виготовляється як мінімум один зразок, а для випробувань на ударний згин – три.

На вимогу Регістру повинні бути виконані випробування на розтягування на зразках, поздовжня вісь яких перпендикулярна до поверхні листа, із визначенням відносного звуження площі поперечного перерізу.

Прокат повинний задовольняти усім вимогам 3.2.7 із урахуванням зазначеного нижче.

У разі виправлення поверхневих дефектів зачищенням товщина прокату в місці зачищення не повинна виходити за допустимі межі відхилень.

Коли це вимагається Правилами, прокат повинний піддаватися ультразвуковому контролю відповідно до схвалених Регістром стандартів.

Підрозділ **3.13**. Наприкінці п'ятого абзацу пункту **3.13.1** вираз «сталі в майбутньому» замінюється на вираз : «в процесі експлуатації.».

Підрозділ **3.15** викладається в новій редакції: **«3.15 СТАЛЕВІ КАНАТИ**

3.15.1 Загальні вимоги.

3.15.1.1 Ці вимоги поширюються на канати, які підлягають нагляду Регістру, призначені для вантажопідіймальних, рятувальних та інших судових пристроїв.

3.15.1.2 Канати повинні бути виготовлені і випробувані відповідно до схваленої Регістром технічної документації на визнаних Регістром підприємствах згідно **1.3.1.2**.

3.15.1.3 Сталеві канати повинні мати конструкцію згідно із ДСТУ EN 12385-4, ДСТУ ISO 2408 або відповідних стандартів EN, ISO.

Примітка. ДСТУ EN 12385-4:2017 (EN 12385-4:2002 + A1:2008, IDT) «Канати сталеві дротяні. Безпека. Частина 4. Канати подвійного звивання для загального підйимального застосування».

ДСТУ ISO 2408:2013 (ISO 2408:2004, IDT) «Канати сталеві дротяні загальної призначеності. Загальні технічні вимоги та методи випробування.».

Сталеві канати типу і розміру, що відрізняються від зазначених у цьому підрозділі, розглядаються в кожному конкретному випадку Регістром з урахуванням їх застосування.

3.15.1.4 При виборі сталевих канатів допускається використовувати дані, зазначені у **Додатку** до цього підрозділу в табл. 1 ÷ 5.

3.15.2 Виготовлення.

3.15.2.1 Для виготовлення канатів повинний застосовуватися дріт круглого перерізу з покриттям для захисту від корозії, мати достатню пластичність, що визначається їх здатністю витримувати фіксовану кількість зворотних згинів та\або скручувань без появи тріщини з мінімальною номінальною границею міцності на розрив в межах $1420 \div 1960$ Н/мм².

Ці вимоги вважаються виконаними, якщо досягають значень, зазначених в ДСТУ EN 10264, або у відповідному стандарті EN.

Для виготовлення спеціалізованих канатів, призначених для роботи в закритих просторах, може застосовуватися дріт без покриття для захисту від корозії (неоцинкований дріт)

Дроти не повинні мати ознак дефектів, а їхня поверхня повинна бути гладкою та рівною.

Всі сталеві дроти каната повинні мати однаковий клас міцності на розрив, в тому числі й ті, що утворюють металевий сердечник, якщо він є.

Примітка. ДСТУ EN 10264-2:2022 Сталевий дріт і вироби з дроту. Сталевий дріт для канатів. Частина 2. Холоднотягнутий нелегований сталевий дріт для канатів загального застосування (EN 10264-2:2021, IDT).

3.15.2.2 Основою будь-якого круглого канату є сталки, які звиваються навколо центрального елемента – осердя. Осердя в свою чергу може бути волокнисте (виготовлене з органічного або синтетичного волокна), металеве (виконане у вигляді окремої сталки або самостійного сталевого канату), цільнополімерне або комбіноване. Сталки канату складаються з відповідних дротів спіралью звитих в одному напрямку в один або більше шарів навколо центрального елемента.

Волокнисте осердя канатів може бути виготовлене з натуральних волокон (маніла, абака, сизаль, конопля, джут, бавовна) або з синтетичних волокон (поліетилен, поліпропілен, поліамід, поліестер).

3.15.2.3 Всі типи канатів повинні мати цинкове покриття, за винятком особливих випадків, які розглядаються Регістром в кожному конкретному випадку і, як правило, виникають обмеження у використанні відповідних канатів.

Процедури цинкування і їх результати (зокрема, міцність зчеплення і рівномірність покриття) повинні бути узгоджені із Регістром.

Дроти повинні бути оцинковані таким чином, щоб маса цинку відповідала значенням, зазначеним у табл. 3.15.2.3.

Таблиця 3.15.2.3. Цинкування дротів сталевих канатів

Діаметр d оцинкованого дроту, мм	Мінімальна маса цинкового покриття, г/м ²	
	Клас А	Клас В
$0,45 \leq d < 0,50$	75	40
$0,50 \leq d < 0,60$	90	50
$0,60 \leq d < 0,80$	110	60
$0,80 \leq d < 1,00$	130	70
$1,00 \leq d < 1,20$	150	80
$1,20 \leq d < 1,50$	165	90
$1,50 \leq d < 1,90$	180	100
$1,90 \leq d < 2,50$	205	110
$2,50 \leq d < 3,20$	230	125
$3,20 \leq d < 4,00$	250	135

3.15.2.4 За відсутності цинкового покриття, зазначеного в **3.15.2.3**, сердечник і сталки каната повинні бути покриті мастилом.

Мастильний матеріал повинен відповідати вимогам ISO 4346.

Волокнисті осердя повинні бути просочені або змащені антикорозійними і протигнільними речовинами, що не розчиняються у морській воді і не містять кислот і лугів. За фізико-хімічними властивостями мастило для канатів і просочення волокнистих осердь повинні бути сумісними.

3.15.2.5 Якість матеріалів

Канати не повинні мати дефектів матеріалів або виробничих дефектів, які можуть вплинути на їхнє використання за призначенням, ефективність або очікуваний термін служби; зокрема, на них не повинно бути слідів окислення або корозії, а також не повинно бути ознак обривів дротів, подряпин, зминання або дефектного скручування.

3.15.2.6 Допуски на розміри

Якщо не вказано інше, застосовуються допуски на номінальний діаметр сталевих канатів, наведених у стандартах, зазначених в **3.15.1.3**.

Для канатів, що розглядаються в цьому підрозділі, допуски на діаметр наведені в табл. 3.15.2.6.

Таблиця 3.15.2.6. Допустимі допуски на номінальний діаметр в % для канатів, що мають сталки з волокнистим сердечником і для канатів, що мають сталки з металевим сердечником

Номінальний діаметр каната, мм	Допуск на номінальний діаметр (%)	
	Канати, що мають сталки з волокнистим сердечником	Канати, що мають сталки з металевим сердечником
< 8	+7; -1	+5; -1
≥ 8	+6; -1	+4; -1

3.15.3 Типи канатів

3.15.3.1 Загальні відомості

За основною конструктивною ознакою розрізняють сталеві канати одинарної, подвійної та потрійної звивки.

Сталеві канати складаються з декількох сталок (як правило, мінімум шість і максимум вісім, за винятком канатів, стійких до обертання), укладених навколо волокнистого або металевого сердечника, див. рис. 3.15.3.1-1.

Кожна сталка повинна включати щонайменше сім дротів. У випадку з волокнистим сердечником сталки повинні мати не менше двох шарів дротів.

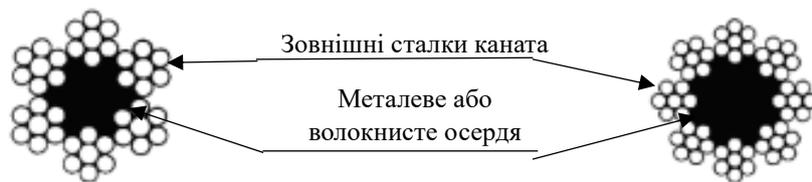


Рис. 3.15.3.1-1

Сталеві канати з пластично обтиснутими сталками – це канати, які в процесі звивання сталок піддаються радіальному обтисненню, в результаті чого їх структура ущільнюється за рахунок деформації дротів і щільного заповнення ними перетину сталки. У процесі обтиску зменшується зовнішній діаметр сталки, збільшується площа металевого перерізу, оскільки порожнечі між дротами всередині сталки заповнюються. Поверхня сталки стає більш гладка, див. рис. 3.15.3.1-2.



Рис. 3.15.3.1-2

Сталеві канати з металевим або волокнистим сердечником, покритим полімером – це канати, що складаються з шару сталок, звитих навколо осердя, на яке методом екструзії нанесена оболонка з полімерного матеріалу, див. рис. 3.15.3.1-3.

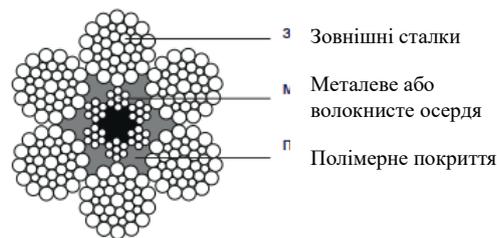


Рис. 3.15.3.1-3.

Сталеві канати, які стійкі для обертання – це канати (в основному багатосталкові) з кількістю сталок в зовнішньому шарі не менше 15, та які складаються з трьох шарів сталок, звитих навколо осердя. Причому, зовнішні сталки мають протилежний напрямок звивання в порівнянні зі сталками внутрішніх шарів каната, див. рис. 3.15.3.1-4.

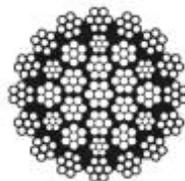


Рис. 3.15.3.1-4.

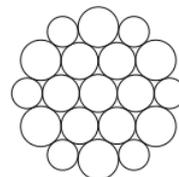
3.15.3.2 Основні типи конструкцій сталок сталевих канатів та їх позначення

Основні типи конструкцій сталок сталевих канатів показані на рис. 3.15.3.2.

S Seale (ЛД-О)

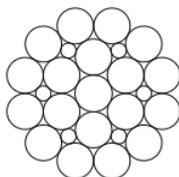


W Warrington (ЛД-Р)



Конструкція сталки паралельного звивання, яка містить не менше двох шарів з однаковою кількістю дротів різного діаметру, які звиваються за одну операцію і в одному

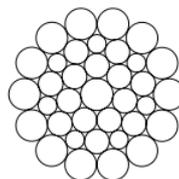
F Filler (ЛД-З)



Конструкція сталки паралельного звивання, що має зовнішній шар, який містить вдвічі більшу кількість дротів, ніж у внутрішньому шарі, з дротами заповнення між шарами

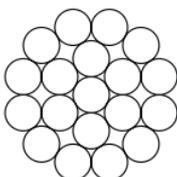
Конструкція сталки паралельного звивання, що має зовнішній шар з дротів більшого і меншого діаметру, що чергуються, кількістю в два рази більше ніж у внутрішньому шарі, що складається з однакових дротів

WS - Warrington-Seale (ЛД-РО)



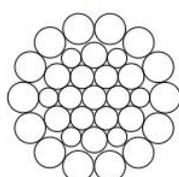
Конструкція сталки паралельного звивання, що має три і більше шарів, звитих за одну операцію і утворених шляхом комбінування типів сталець Warrington і Seale

M - Cross Lay (ТД)



Конструкція сталки, звитої за кілька операцій, у якій дроти різних шарів перетинаються один над одним і мають точковий контакт

N Compaund Lay (змішане звивання)



Конструкція сталки, звитої за кілька операцій, яка містить як мінімум три шари дротів, зовнішній шар яких навитий на центральну конструкцію паралельного звивання

(ТЛД)

Рис. 3.15.3.2

Пояснення до рис. 3.15.3.2 За типом скручування сталець і канатів одинарного звивання розрізняють канати:

тип ТД - з точковим дотиком дротів між шарами;

тип ЛД - з лінійним дотиком дротів між шарами;

тип ЛД-О - з лінійним дотиком дротів між шарами при однаковому діаметрі дротів у зовнішньому шарі сталки;

тип ЛД-Р - з лінійним дотиком дротів між шарами при різних діаметрах дротів у зовнішньому шарі сталки;

тип ЛД-З - з лінійним дотиком дротів між шарами сталки і дротами заповнення;

тип ЛД-РО - з лінійним дотиком дротів між шарами і мають в сталці шари з дротами різних діаметрів і шари з дротами однакового діаметра,

тип ТЛД - із комбінованим точково-лінійним дотиком дротів в сталках.

Приклади позначення конструкції сталець наведені в табл. 3.15.3.2.

Таблиця 3.15.3.2

Тип конструкції	Символ	Приклади конструкції сталець
Одинарне звивання	Немає символу	6 (1-5)
		7 (1-6)
Паралельне звивання		
Сіл	S	17S (1-8-8)
		19S (1-9-9)
Варрінгтон	W	19W (1-6-6+6)
Філлер (Заповнення)	F	21F (1-5-5F-10)
		25F (1-6-6F-12)
		29F (1-7-7F-14)
		41F (1-8-8-8F-16)
Варрінгтон Сіл (Комбіноване паралельне звивання)	WS	26WS (1-5-5+5-10)
		31WS (1-6-6+6-12)
		36WS (1-7-7+7-14)
		41WS (1-8-8+8-16)

		41WS (1-6/8-8+8-16)
		46WS (1-9-9+9-18)
Багатоопераційне звивання (кругла сталка)		
Хрестове звивання	M	19M (1-6/12)
		37M (1-6/12/18)
Змішане звивання*	N	35NW (1-6-6+6/16)
*N - додатковий символ, який ставиться попереду основного символу, наприклад: змішаний тип конструкції Сіл вказується символами NS, а змішаний тип конструкції Варрінгтон позначається як NW. К - щільна (пластично обтиснена) сталка		

3.15.3.3 Основні види осердя сталевих канатів

Основні види осердя сталевих канатів та їх позначення показані на рис. 3.15.3.3.



FC – волокнисте осердя



WC – металеве осердя



NFC – з органічного волокна



IWRC – у вигляді дротяного канату



SFC – з синтетичного волокна



WSC – у вигляді дротяної сталки

SFC – з синтетичного волокна

WSC – у вигляді дротяної сталки



EPIWRC – осердя у вигляді дротяного канату з полімерним покриттям

Рис. 3.15.3.3

3.15.3.4 Напрямок та поєднання звивання сталевих канатів

Напрямок і поєднання звивання сталевих канатів та їх позначення показані на рис. 3.15.3.4.



sZ – права хрестова звивка



zS – ліва хрестова звивка



zZ – права одностороння звивка



sS – ліва одностороння звивка



aZ – права комбінована звивка



aS – ліва комбінована звивка

Рис. 3.15.3.4

3.15.3.5 Найчастіше використовуються такі типи канатів:

- а) канати з 6 сталками навколо волокнистого сердечника; кожна сталка може включати 7, 19 або 37 сталевих дротів (загальна кількість дротів: 42, 114 або 222); див. табл.1 **Додатка** до цього підрозділу;
- б) канати з 6 сталками навколо волокнистого сердечника; кожна сталка включає волокнистий сердечник і 24 сталевих дроти (загальна кількість дротів: 144 плюс 6 волокнистих сердечників); див. табл.2 **Додатка** до цього підрозділу;
- в) канати типу Warrington 6x19 з 6 сталками навколо волокнистого сердечника; кожна сталка включає 19 сталевих дротів (загальна кількість дротів: 114); див. табл.3 **Додатка** до цього підрозділу;
- г) канати типу Warrington - Seale 6·n з 6 сталками навколо волокнистого сердечника; кожна сталка містить n = 26, 31, 36 або 41 сталевий дріт; див. табл.3 **Додатка** до цього підрозділу.

Інші типи канатів, які можуть використовуватися в залежності від застосування, також вказані в табл.1 ÷ 5 **Додатка** до цього підрозділу.

3.15.3.7 Основні характеристики сталевих канатів

Типові характеристики канатів, як правило, наступні:

- діаметр (окружність, що охоплює поперечний переріз каната; вимірюється, коли канат натягнутий під навантаженням приблизно 1/20 від його мінімальної міцності на розрив);
- конструкція (кількість і тип сердечників, сталок і дротів);
- покриття або тип обробки поверхні сталевих дротів;
- розривне навантаження.

Що стосується сталевих канатів, які розглядаються у цьому підрозділі, то до вищезазначених характеристик застосовується наступне:

- покриття дроту в усіх випадках повинно бути цинковим;
- мінімальні розривні навантаження, що застосовуються при випробуванні повних секцій канатів, наведені в табл.1 ÷ 5 **Додатку** до цього підрозділу для кожного типу каната в залежності від його діаметра.

3.15.3.7 Приклади порівняння конструкцій сталевих канатів згідно ГОСТ і ДСТУ EN 12385

Таблиця 3.15.3.7 Конструкції сталевих канатів згідно з ГОСТ та відповідні конструкції за ДСТУ EN 12385

Конструкція	ГОСТ	ДСТУ EN 12385
6x19(1+6+6/6)+1 о.с.	2688-80	6x19W-FC
1x7(1+6)	3062-80	1x7
1x19(1+6+12)	3063-80	1x19M
1x37(1+6+12+18)	3064-80	1x37M
6x7(1+6)+1x7(1+6)	3066-80	6x7-WSC
6x19(1+6+12)+1x19(1+6+12)	3067-88	6x19M-WSC
6x37(1+6+12+18)+1x37(1+6+12+18)	3068-88	6x37M-WSC
6x7(1+6)+1 о.с.	3069-80	6x7-FC
6x19(1+6+12)+1 о.с.	3070-88	6x19M-FC
6x37(1+6+12+18)+1 о.с.	3071-88	6x37M-FC
6x19(1+9+9)+1 о.с.	3077-80	6x19S-FC
6x37(1+6+15+15)+1 о.с.	3079-80	6x37NS-FC
6x19(1+9+9)+6x7(1+6)+1x7(1+6)	3081-80	6x19S-IWRC
12x19(1+6+6/6)+6x19(1+6+6/6)+1 о.с.	3088-80	18x19W-FC
6x7x19(1+6+6/6)+1 о.с.	3089-80	6x7x19W-FC
6x25(1+6;6+12)+1 о.с.	7665-80	6x25F-FC
6x25(1+6;6+12)+6x7(1+6)+1x7(1+6)	7667-80	6x25F-IWRC
6x36(1+7+7/7+14)+1 о.с.	7668-80	6x36WS-FC
6x36(1+7+7/7+14)+6x7(1+6)+1x7(1+6)	7669-80	6x36WS-IWRC
12x7(1+6)+6x7(1+6)+1 о.с.	7681-80	18x7-FC
6x19(1+6+6/6)+6x7(1+6)+1x7(1+6)	14954-80	6x19W-IWRC
12x36(1+7+7/7+14)+6x36(1+7+7/7+14)+1 о.с.	16827-81	12x36WS-IWRC

12x7(1+6)+6x19(1+6+6/6)+1 о.с.	16828-81	12x7-IWRC (6x19W-FC)
6x31(1+6+6/6+12)+1 о.с.	16853-88 OC	6x31WS-FC
6x31(1+6+6/6+12)+6x7(1+6)+1x7(1+6)	16853-88 MC	6x31WS-IWRC

3.15.4 Добір проб.

Для проведення випробувань від кожного каната довжиною 2000м і менше добирається один контрольний відрізок, а від канатів довжиною більше 2000м – по одному контрольному відрізку з обох кінців.

Довжина контрольних відрізків каната повинна забезпечувати можливість проведення всіх потрібних випробувань.

3.15.5 Обсяг випробувань.

3.15.4.1 Кожен канат під час виготовлення піддається таким випробуванням:

- канат у цілому – на розрив;
- окремі дроти з каната – на розтягування (із визначенням тимчасового опору), згин, скручування, міцність зчеплення покриття зі сталеву основою.

Кількість випробовуваних дротів може визначатися за стандартами, але не менше ніж 10% загальної кількості дротів кожної групи за діаметром.

3.15.4.2 Зразки та процедури випробування на розрив повинні відповідати стандарту ДСТУ ISO 3108*, або відповідному стандарту ISO.

Примітка: *ДСТУ ISO 3108:2018 Канати сталеві дротяні. Метод випробування. Визначення фактичного розривного зусилля в цілому (ISO 3108:2017, IDT).

Випробування на розрив каната у цілому повинне проводитися на випробувальній машині з відстанню між затискачами не менше ніж 50 діаметрів каната.

Розривне навантаження повинно бути не менше мінімального значення, зазначеного в таблицях 1 ÷ 5 **Додатку** до цього підрозділу для кожного типу і діаметра каната.

Якщо під час випробування розрив каната відбудеться на відстані менше ніж 50мм від затискача, випробування повинне бути повторене.

3.15.4.3 Результати випробувань повинні задовольняти вимогам стандартів, зазначених в **3.15.1.3**, а також наведених в табл.1 ÷ 5 **Додатка** до цього підрозділу.

3.15.4.4 В умовах сталого виробництва за відсутності випробувального обладнання необхідної потужності для проведення випробувань на розрив каната у цілому допускається, за погодженням із Регістром, визначати розривне зусилля за результатами випробування на розтягування F , кН, усіх дротів із каната за такою формулою

$$F = c \sum_{i=1}^i \left(\left(\sum_{m=1}^m F_m \right) n/z \right),$$

де c – коефіцієнт використання міцності дротів у канаті, що визначається за стандартами або обчислюється як відношення необхідних за стандартом розривного зусилля каната в цілому до сумарного розривного зусилля всіх дротів у канаті;

i – кількість груп дротів однакового діаметра;

m – кількість випробовуваних на розтягування дротів кожної групи за діаметром, що відповідають вимогам погоджених із Регістром стандартів;

F_m – найбільше навантаження, що передує руйнуванню зразка при випробуванні одного дроту на розтягування, кН;

n – кількість дротів у кожній групі за діаметром;

z – кількість випробовуваних на розтягування дротів кожної групи за діаметром.

Залежно від призначення кількість випробовуваних на розтягування дротів із каната може бути зменшена, але не більше ніж до 25% загальної кількості дротів у канаті.

3.15.4.5 Випробування на скручування та намотування окремих дротів

Як правило, слід проводити лише одне з цих випробувань.

Випробування повинні проводитися на зразках, отриманих після оцинкування щонайменше 5% від кількості дротів, взятих навмання із декількох сталок, з мінімальною кількістю 6 дротів і максимальною кількістю 10 дротів для кожного діаметру.

.1 Випробування на скручування

Довжина зразків дроту, виміряна між кінцевими затискачами, повинна в 100 разів перевищувати діаметр дроту, але не повинна перевищувати 300мм для дроту діаметром понад 3мм.

Дріт повинен бути добре затиснутий на кінцях і добре розтягнутий, наприклад, під осьовим навантаженням, що не перевищує 2% від його номінального розривного навантаження.

Потім дріт піддають скручуванню до його розриву; крутний момент слід прикладати якомога рівномірно, з приблизною швидкістю 60 - 70 обертів на хвилину. Мінімальна необхідна кількість скручувань без руйнування вказана в табл. 3.15.4.5.

Випробування на скручування не потрібне для дротів діаметром менше 0,5мм.

.2 Випробування на намотування

Випробування полягає в намотуванні зразка дроту достатньої довжини 8 разів закритими витками навколо циліндричної оправки, діаметр якої дорівнює діаметру дроту; дріт згодом розмотується і випрямляється.

Після розмотування цинкове покриття не повинно мати жодних ознак значних тріщин або розшарувань. При подальшому розмотуванні та розпрямленні не повинно відбуватися руйнування дроту.

Таблиця 3.15.4.5. Випробування на скручування дротів. Мінімальна кількість скручувань

Діаметр оцинкованого дроту, мм	Клас оцинкування А			Клас оцинкування В			
	Границя міцності на розрив, Н/мм ²			Границя міцності на розрив, Н/мм ²			
	1420	1560	1770	1420	1560	1770	1960
$d < 1,3$	19	18	17	31	29	26	18
$1,3 \leq d < 1,8$	18	17	16	30	28	25	17
$1,8 \leq d < 2,3$	18	17	16	28	26	25	16
$2,3 \leq d < 3,0$	16	14	12	26	24	22	15
$3,0 \leq d < 3,5$	14	12	10	24	22	20	13
$3,5 \leq d < 3,7$	12	10	8	20	20	18	12

3.15.4.6 Перевірка маси цинку

Масу цинкового покриття на одиницю площі необхідно перевіряти відповідно до визнаного стандарту.

Результати цього випробування повинні продемонструвати відповідність мінімально необхідним значенням, зазначеним у табл. 3.15.2.3.

3.15.4.7 Перевірка однорідності та суцільності цинкового покриття

Це випробування виконується на вимогу інспектора Регістру, як виробничий контроль. Воно застосовується тільки до дротів діаметром ≥ 1 мм, якщо оцинковані класом А, і діаметром $\geq 0,6$ мм, якщо оцинковані класом В.

Випробування проводяться на зразках, отриманих після оцинкування щонайменше 5% від кількості дротів, відібраних випадковим чином із декількох сталок з мінімумом 6 дротів і максимумом 10 дротів для кожного діаметру.

Якщо не вказано інше, випробування проводять шляхом занурення зразка у водний розчин чистого кристалічного мідного купоросу ($\text{Cu SO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$), що містить щонайменше 360г солі на літр дистильованої води за температури $20^\circ\text{C} \pm 2^\circ\text{C}$.

Зразок повинен бути занурений на довжину не менше 80мм і підтримуватися у вертикальному положенні.

У таблиці 3.15.4.7 вказана мінімальна кількість однохвилинних занурень в залежності від діаметра дроту і класу оцинкування. Після кожного занурення зразок слід промити в проточній воді, щоб змити незв'язані відкладення міді.

Випробування вважається задовільним, якщо на зразку не видно (за межами 25мм від зануреного кінця) ознак зв'язаних з відкладанням міді, що означало б локальну відсутність цинкового покриття на поверхні сталі.

Таблиця 3.15.4.7. Перевірка суцільності цинку на покритті дроту

Діаметр d оцинкованого дроту, мм	Кількість однохвилинних занурень*	
	Клас А	Клас В
$0,6 \leq d < 1,0$	-	0,5
$1,0 \leq d < 1,5$	1,5	1,0
$1,5 \leq d < 1,9$	2,0	1,0
$1,9 \leq d < 2,5$	2,0	1,5
$2,5 \leq d < 3,2$	2,5	1,5
$3,2 \leq d < 3,7$	3,0	2,0

*1,5 занурення означає одне занурення тривалістю 1 хвилина, за яким слідує інше занурення тривалістю 30 секунд (ті ж самі критерії застосовуються для інших чисел).

3.15.5 Огляд.

3.15.5.1 Відповідність конструкції, діаметра та інших параметрів каната стандартам повинна бути підтверджена зовнішнім оглядом і вимірами.

3.15.5.2 При видаленні перев'язок або місць заварювання з кінця каната, який не розкручується, звиви і дріт у звивах не повинні розкручуватися або можуть розкручуватися таким чином, щоб їх можна було легко повернути в початкове положення.

3.15.5.3 Замір діаметра каната повинний проводитися на не натягнутому канаті перпендикулярно до його осі між двома протилежними звивами в двох положеннях.

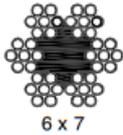
Діаметр каната не повинний перевищувати розрахунковий більше ніж на 6%.

3.15.5.4 На поверхні каната недопустимі перекручування і заламування звивів, западання, перехрещування, корозія та обриви дротів у звивах, що перешкоджають використанню каната за призначенням.

3.15.6 Маркування і документи.

Ідентифікація, маркування та документи, які видаються, — у відповідності до вимог 1.4.

Таблиця 1. Мінімальні розривні навантаження, в кН, для сталевих канатів з волокнистим сердечником (непаралельно звиті з 6 сталками)

Конструкція каната	 6 x 7				 6 x 19				 6 x 37			
	1 + 6 Одинарна				1 + 6 + 12 Одинарна				1 + 6 + 12 + 18 Одинарна			
Діаметр канату, мм	Границя міцності на розрив, Н/мм ²				Границя міцності на розрив, Н/мм ²				Границя міцності на розрив, Н/мм ²			
	1420	1570	1770	1960	1420	1570	1770	1960	1420	1570	1770	1960
10	-	-	-	-	44,3	49,0	55,2	61,2	42,9	47,4	53,5	59,2
11	-	-	-	-	53,6	59,3	66,8	74	51,9	57,4	64,7	71,6
12	-	-	-	-	63,8	70,5	79,5	88,1	61,8	68,3	77,0	85,2
13	-	-	-	-	74,9	82,8	93,3	103	72,5	80,1	90,3	100
14	-	-	-	-	86,8	96,0	108	120	84,1	92,9	105	116
16	121	134	150	167	113	125	141	157	110	121	137	152
18	153	169	190	211	144	159	179	198	139	154	173	192
20	189	208	235	260	177	196	221	245	172	190	214	237
22	228	252	284	315	214	237	267	296	208	229	259	286
24	272	300	338	375	255	282	318	352	247	273	308	341
26	319	352	397	440	299	331	373	413	290	321	361	400
28	370	409	461	510	347	384	433	479	336	372	419	464
32	483	534	602	666	454	502	565	626	439	486	547	606
36	611	676	762	843	574	635	716	793	556	614	693	767
40	754	834	940	1041	709	784	884	978	686	759	855	947
44	-	-	-	-	858	948	1069	1184	830	918	1035	1146
48	-	-	-	-	1021	1129	1272	1409	988	1092	1232	1364
52	-	-	-	-	1198	1325	1493	1654	1160	1282	1445	1601
56	-	-	-	-	1389	1536	1732	1918	1345	1487	1676	1856
60	-	-	-	-	-	-	-	-	1544	1707	1924	2131
64	-	-	-	-	-	-	-	-	1757	1942	2189	2425
68	-	-	-	-	-	-	-	-	1983	2192	2472	2737
72	-	-	-	-	-	-	-	-	2223	2458	2771	3069
76	-	-	-	-	-	-	-	-	2477	2739	3088	3419

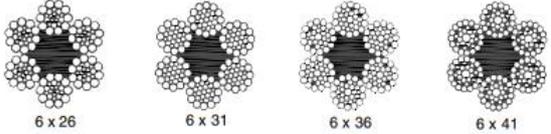
Примітка. Для канатів з металевим сердечником мінімальні розривні навантаження, які наведені в цій таблиці, повинні бути збільшені на 8%. Для канатів з пластично обтиснутими сталками значення, наведені в таблиці, слід зменшити на 3%.

Таблиця 2. Мінімальні розривні навантаження, в кН, для сталевих канатів з волокнистим сердечником (непаралельно звиті з 6 сталками)

Конструкція каната	 6 x 61				 6 x 24				 6 x 30			
	1 + 6+12+18+24				Волокнистий сердечник + 9 + 15				Волокнистий сердечник + 12 + 18			
Конструкція сталки і тип звивки	Одинарна				Одинарна				Одинарна			
	Границя міцності на розрив, Н/мм ²				Границя міцності на розрив, Н/мм ²				Границя міцності на розрив, Н/мм ²			
Діаметр канату, мм	1420	1570	1770	1960	1420	1570	1770	1960	1420	1570	1770	1960
10	-	-	-	-	39,8	44,0	49,6	54,9	-	-	-	-
11	-	-	-	-	48,1	53,2	60,0	66,4	-	-	-	-
12	-	-	-	-	57,3	63,3	71,4	79,0	-	-	-	-
13	-	-	-	-	67,2	74,3	83,8	92,7	61,0	67,4	76,0	84,1
14	-	-	-	-	77,9	86,2	97,1	108	70,7	78,2	88,1	97,6
16	-	-	-	-	102	113	127	140	92,3	102	115	122
18	-	-	-	-	129	142	161	178	117	129	146	161
20	165	182	205	227	159	176	198	220	144	160	180	199
22	199	220	248	275	192	213	240	266	175	193	218	241
24	237	262	296	327	229	253	285	316	208	230	259	287
26	278	308	347	384	269	297	335	371	244	270	304	337
28	323	357	402	446	312	345	389	430	283	313	352	390
32	422	466	526	582	407	450	507	562	369	408	460	510
36	534	590	665	737	515	570	642	711	467	517	583	645
40	659	720	821	909	636	703	793	878	577	638	719	797
44	797	881	994	1100	770	851	959	1062	698	772	870	964
48	949	1049	1183	1310	916	1013	1142	1264	831	919	1036	1147
52	1114	1231	1388	1537	1075	1189	1340	1484	975	1078	1213	1346
56	1291	1428	1610	1783	1247	1379	1554	1721	1131	1251	1410	1561
60	1482	1639	1848	2046	1431	1583	1784	1976	1298	1436	1618	1792
64	1687	1865	2102	2328	1629	1801	2030	2248	1477	1633	1841	2039
68	1904	2105	2373	2628	-	-	-	-	1668	1844	2079	2302
72	2135	2360	2661	2947	-	-	-	-	1870	2067	2331	2581
76	2379	2630	2965	3283	-	-	-	-	2083	2303	2597	2876

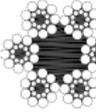
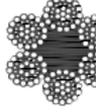
Примітка. Для канатів з металевим сердечником мінімальні розривні навантаження, які наведені в цій таблиці, повинні бути збільшені на 8%. Для канатів з пластично обтиснутими сталками значення, наведені в таблиці, слід зменшити на 3%.

Таблиця 3. Мінімальні розривні навантаження, в кН, для сталевих канатів з волокнистим сердечником (канати типу Warrington і Warrington-Seale з 6 сталками)

Конструкція каната												
	1 + 6 + (6 + 6)				Конструкція типу 1 + n + (n + n) + 2n				1 + 6 + 9 + (9 + 9) + 10			
Конструкція сталки і тип звивки	Warrington (тип W/ЛД-Р) Паралельна				Warrington-Seale (тип WS/ЛД-РО) Паралельна				Warrington-Seale (тип WS/ЛД-РО) Паралельна			
	Границя міцності на розрив, Н/мм ²				Границя міцності на розрив, Н/мм ²				Границя міцності на розрив, Н/мм ²			
Діаметр канату, мм	1420	1570	1770	1960	1420	1570	1770	1960	1420	1570	1770	1960
10	-	-	-	-	46,9	51,8	58,4	64,7	-	-	-	-
11	-	-	-	-	56,7	62,7	70,7	78,3	-	-	-	-
12	67,7	74,8	84,4	93,4	67,5	74,6	84,1	93,1	-	-	-	-
13	79,4	87,8	99,0	110	79,2	87,6	98,7	109	-	-	-	-
14	92,1	102	115	127	91,8	102	114	127	-	-	-	-
16	120	133	150	166	120	133	150	166	-	-	-	-
18	152	168	190	210	152	168	189	210	-	-	-	-
20	188	208	234	260	187	207	234	259	169	187	211	234
22	227	252	284	314	227	251	283	313	205	226	255	283
24	271	299	337	374	270	298	336	373	244	269	304	336
26	318	351	396	439	317	350	395	437	286	316	357	395
28	368	407	459	509	367	406	458	507	332	367	414	458
32	481	532	600	664	480	531	598	662	433	479	540	598
36	609	673	759	841	607	671	757	838	548	606	684	757
40	752	831	937	1038	750	829	935	1035	677	749	844	935
44	910	1006	1134	1256	907	1003	1131	1252	819	906	1021	1131
48	1083	1197	1350	1495	1080	1194	1346	1490	975	1078	1215	1346
52	-	-	-	-	1267	1401	1579	1749	1144	1265	1426	1579
56	-	-	-	-	1470	1625	1832	2028	1327	1467	1654	1832
60	-	-	-	-	1687	1865	2103	2328	1523	1684	1899	2103
64	-	-	-	-	1919	2122	2392	2649	1733	1916	2160	2392
68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Примітка. Для канатів з металевим сердечником мінімальні розривні навантаження, які наведені в цій таблиці, повинні бути збільшені на 8%. Для канатів з пластично обтиснутими сталками значення, наведені в таблиці, слід зменшити на 3%.

Таблиця 4. Мінімальні розривні навантаження, в кН, для сталевих канатів з волокнистим сердечником (канати типу Seale з 6 сталками)

Конструкція каната	 6x19F**				 6 x 19				 6 x 25				 6 x 37			
	1 + 9 + 9		1 + (6 + 6) + 12		1 + 6 + 9 + 9				1 + 6 + 15 + 15							
Конструкція сталки і тип звивки	Seale (тип S/ЛД-О)* Паралельна				Seale (тип S/ЛД-О) Паралельна				Seale (тип S/ЛД-О) Паралельна							
	Границя міцності на розрив, Н/мм ²				Границя міцності на розрив, Н/мм ²				Границя міцності на розрив, Н/мм ²							
Діаметр канату, мм	1420	1570	1770	1960	1420	1570	1770	1960	1420	1570	1770	1960				
10	47,0	52,0	58,6	64,9	-	-	-	-	-	-	-	-				
11	56,9	62,9	70,9	78,5	-	-	-	-	-	-	-	-				
12	67,7	74,8	84,4	93,4	-	-	-	-	-	-	-	-				
13	79,4	87,8	99,0	110	-	-	-	-	-	-	-	-				
14	62,1	102	115	127	-	-	-	-	-	-	-	-				
16	120	133	150	166	-	-	-	-	-	-	-	-				
18	152	168	190	210	148	164	185	204	-	-	-	-				
20	188	208	234	260	183	202	228	252	-	-	-	-				
22	227	252	284	314	221	245	276	305	-	-	-	-				
24	271	299	337	374	263	291	328	364	268	297	334	370				
26	318	351	396	439	309	342	385	427	315	348	392	435				
28	368	407	459	509	358	396	447	495	365	404	455	504				
32	481	532	600	664	468	518	584	646	477	527	594	658				
36	609	673	759	841	593	655	739	818	604	667	752	833				
40	752	831	937	1038	732	809	912	1010	745	824	929	1029				
44	-	-	-	-	885	979	1103	1222	902	997	1124	1245				
48	-	-	-	-	1053	1165	1313	1454	1073	1186	1338	1481				
52	-	-	-	-	1236	1367	1541	1707	1259	1392	1570	1738				
56	-	-	-	-	-	-	-	-	1461	1615	1821	2036				
60	-	-	-	-	-	-	-	-	1677	1854	2090	2314				
64	-	-	-	-	-	-	-	-	1908	2109	2378	2633				
68	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
72	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				
76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-				

Примітка. Для канатів з металевим сердечником мінімальні розривні навантаження, які наведені в цій таблиці, повинні бути збільшені на 8%. Для канатів з пластично обтиснутими сталками значення, наведені в таблиці, слід зменшити на 3%.

* Мінімальне розривне навантаження, як зазначено, відповідає канатам 6x19 типу Seale.

** Для канатів 6x19F типу Seal Filler, які іноді називають 6x25 Filler, наведені значення слід збільшити на 2%.

Таблиця 5. Мінімальні розривні навантаження, в кН, для сталевих канатів з волокнистим сердечником (канати з 8 сталками і канати, стійкі до обертання (що не крутяться)).

Конструкція каната	 8 x 19				 8 x 19 F				 17x7 або 18x7				 34x7 або 36x7			
	1 + 9 + 9		1 + (6 + 6F) + 12		1 + 6				1 + 6							
Конструкція сталки і тип звивки	Seale*(тип S/ЛД-О) Паралельна								Одинарна				Одинарна			
Діаметр канату, мм	Границя міцності на розрив, Н/мм ²								Границя міцності на розрив, Н/мм ²				Границя міцності на розрив, Н/мм ²			
	1420	1570	1770	1960	1420	1570	1770	1960	1420	1570	1770	1960	1420	1570	1770	1960
10	41,6	46,0	51,9	57,4	46,6	51,5	58,1	64,3	-	-	-	-	-	-	-	-
11	50,3	55,7	62,8	69,5	56,4	62,3	70,2	77,8	-	-	-	-	-	-	-	-
12	59,9	66,2	74,7	82,7	67,1	74,2	83,6	92,6	-	-	-	-	-	-	-	-
13	70,3	77,7	87,6	97,1	78,7	87,0	98,1	109	-	-	-	-	-	-	-	-
14	81,5	90,2	102	113	91,3	101	114	126	-	-	-	-	-	-	-	-
16	107	118	133	147	119	132	149	165	116	128	144	160	-	-	-	-
18	135	149	168	186	151	167	188	208	146	162	182	202	-	-	-	-
20	166	184	207	230	186	206	232	257	181	200	225	249	-	-	-	-
22	201	223	251	278	225	249	281	311	219	242	272	302	-	-	-	-
24	240	265	299	331	268	297	334	370	260	288	324	359	-	-	-	-
26	281	311	351	388	315	348	392	435	305	337	380	421	-	-	-	-
28	326	361	407	450	365	404	455	504	354	391	441	489	-	-	-	-
32	426	471	531	588	447	527	594	658	462	511	576	638	-	-	-	-
36	539	596	672	744	604	667	752	833	585	647	729	808	-	-	-	-
40	-	-	-	-	745	824	929	1029	722	799	901	997	-	-	-	-
44	-	-	-	-	902	997	1124	1245	874	967	1090	1207	-	-	-	-
48	-	-	-	-	1073	1186	1338	1481	1040	1150	1297	1436	-	-	-	-
52	-	-	-	-	1259	1392	1570	1738	1221	1350	1522	1685	-	-	-	-
56	-	-	-	-	-	-	-	-	1416	1566	1765	1955	-	-	-	-
60	-	-	-	-	-	-	-	-	1626	1797	2026	2244	-	-	-	-
64	-	-	-	-	-	-	-	-	1850	2045	2305	2553	-	-	-	-
68	-	-	-	-	-	-	-	-	2088	2309	2603	2882	-	-	-	-
72	-	-	-	-	-	-	-	-	2341	2588	2918	3231	-	-	-	-
76	-	-	-	-	-	-	-	-	2608	2884	3251	3600	-	-	-	-

Примітка. Для канатів з металевим сердечником мінімальні розривні навантаження, які наведені в цій таблиці, повинні бути збільшені на 8%. Для канатів з пластично обтиснутими сталками значення, наведені в таблиці, слід зменшити на 3%.

* Мінімальне розривне навантаження, як зазначено, відповідає канатам 8x19 типу Seale.

Для канатів 8x19F типу Seal Filler, які іноді називають 8x25 Filler, наведені значення слід збільшити на 2%.

Підрозділ 3.16. Текст пункту 3.16.1.1. викладається в новій редакції: «3.16.1.1 У цьому розділі наведено положення щодо прокатних виробів з аустенітних та дуплексних сталей, призначених для будівництва морського обладнання, такого як вантажні цистерни, резервуари для зберігання та технологічні посудини під тиском для хімічних речовин та скраплених газів.

.1 Аустенітні нержавіючі сталі підходять для використання в умовах, де робоча температура не нижча за -165 °С.

.2 Аустенітні нержавіючі сталі також придатні для експлуатації при підвищених температурах, і для такого використання запропонована специфікація повинна містити, крім вимог 3.16.1.1.5, мінімальні значення для 0,2 і 1,0 відсотка граничних напружень при розрахунковій температурі.

.3 Дуплексні нержавіючі сталі придатні для застосування в умовах, де найнижча розрахункова температура не нижча за -20°С.

.4 Дуплексні нержавіючі сталі також придатні для експлуатації при температурах до 300 °С, і для такого використання пропонується специфікація повинна містити, крім вимог 3.16.1.1.5, мінімальне значення для 0,2 відсотка граничних напружень при розрахунковій температурі.

.5 Якщо пропонується використовувати альтернативні сталі, для розгляду та затвердження повинні бути подані детальні відомості про зазначений хімічний склад, термічну обробку та механічні

властивості, включаючи для аустенітних марок як 0,2, так і 1,0 відсотка граничних напружень при розрахунковій температурі.

.6 Корозійностійкі сталі, застосовувані як альтернативні засоби захисту (захисні покриття) від корозії для вантажних танків нафтоналивних суден, зазначених в 1.2.5.3 частини II «Корпус», повинні задовольняти вимоги резолюції MSC.289(87) з MSC.1/Circ.1478.»;

таблиця 3.16.1.1 Умовна класифікація корозійностійкої сталі у залежності від хімічного складу і структури анулюється;

таблиця 3.16.1.5-1 викладається в новій редакції:

«Таблиця 3.16.1.5-1 Хімічний склад корозійностійкої сталі»

Марка сталі		Хімічний склад [%]								
Позначення ¹	AISI ²	C, макс	Si, макс	Mn, макс	P, макс	S, макс	Cr, макс	Ni, макс	Mo, макс	Інши
Аустенітні сталі										
X2CrNi19-11	304L	0,030	1,0	2,0	0,045	0,015	18,0–20,0	10,0–12,0	–	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
X2CrNiMo17-3-3	316LN	0,030	1,0	2,0	0,045	0,015	16,5-18,5	11-14	2,0-2,5	0,12≤N≤0,22
X2CrNiMo18-5-4	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
Аустенітно-феритні (duplex) сталі										
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

¹Відповідно до ДСТУ EN 10088-1

²Відповідно до стандарту AISI».

В третьому абзаці пункту 3.16.1.5 вираз «вимогам табл. 3.16.1.5-1 та 3.16.1.5-2» замінюється на вираз: «вимогам табл. 3.16.1.5-1.»;

таблиця 3.16.1.5-2 анулюється;

таблиця 3.16.1.8.1 викладається в новій редакції:

Таблиця 3.16.1.8.1 Види випробувань напівфабрикатів із корозійностійкої сталі

Характеристики, що визначаються	Аустенітні сталі		Аустенітно-феритні (duplex) сталі	
	Аустенітні сталі	Аустенітно-феритні (duplex) сталі	Аустенітні сталі	Аустенітно-феритні (duplex) сталі
Механічні властивості при 20°C:				
тимчасовий опір, R_m	+		+	
границя плинності, $R_{p0,2}$	+		+	
відносне подовження, A_5	+		+	
відносне звуження, Z	+		+	
Те саме при температурі експлуатації				
Ударна в'язкість при +20°C, KCV^{+20°	+		+	
Ударна в'язкість при мінусовій температурі, KCV	+		+	
Робота удару при мінусовій температурі, KV	–		+	
Стійкість до міжкристалітної корозії	+		+	
Контроль макроструктури	+		+	
Контроль α -фази	–		–	

Характеристики, що визначаються	Аустенітні сталі	Аустенітно-феритні (duplex) сталі
	Контроль величини зерна	–
Технологічні випробування	+ ¹	+ ¹
Неруйнівний контроль	+ ¹	+ ¹
Контроль вмісту неметалевих включень	+ ¹	+ ¹
Визначення або підтвердження критичної температури крихкості	+ ¹	–

¹При указанні в погодженій документації

таблиця 3.16.2.2 замінюється на наступну:

Таблиця 3.16.2.2 Механічні властивості прокату із корозійностійкої сталі

Марка сталі		Вид продукції ¹	Товщин а, макс., мм	Випробування на розтяг				Випробування на удар для товщин $t \geq 10$ мм		
Позначення	AISI			$R_{p0,2}$ мін (МПа)	$R_{p1,0}$ мін (МПа)	R_m мін (МПа)	A мін (%)	t (°C)	KV_L^2 (Дж) мін	KV_T^2 (Дж) мін
Аустенітні сталі										
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	-
X2CrNiMo17-13-2	316L N	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	-	-
-	317L N	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		-	-	
Аустенітно-феритні (duplex) сталі										
X2CrNiMoN22-5-3	S318 03	C	8	500	-	700÷950	20	+20	-	-
		H	13,5	460	-				25	100
		P	75	460	-	640÷840			25	-
X2CrNiMoN25-7-4	S327 50	C	8	550	-	750÷1000	20		-	-
		H	13,5	530	-				100	60
		P	75	530	-	730÷930			-	-

¹C – штаба холоднокатана; H – штаба гарячекатана; P – лист гарячекатаний.

² KV_L – величина енергії удару для поздовжнього зразка; KV_T – величина енергії удару для поперечного зразка.

Марка сталі		Вид продукції ¹	Товщин а, макс., мм	Випробування на розтяг				Випробування на удар для товщин $t \geq 10$ мм		
Позначення	AISI			$R_{p0,2}$ мін (МПа)	$R_{p1,0}$ мін (МПа)	R_m мін (МПа)	A мін (%)	t (°C)	KV_L^2 (Дж) мін	KV_T^2 (Дж) мін
$R_{p0,2}$ – границя плинності, МПа; R_m – тимчасовий опір, МПа; A – відносне подовження, %.										

текст другого та третього абзацу пункту **3.16.3.2** викладається в новій редакції: «Механічні властивості поковок і штамповок повинні бути не гіршими наведених у таблиці 3.16.2.2.»; в тексті третього абзацу вираз «У наведених таблицях» замінюється на вираз: «Наведені у таблиці 3.16.2.2»;

таблиці 3.16.3.2-1 і 3.16.3.2-2 видаляються.

текст пункту **3.16.4** викладається в новій редакції: «**3.16.4 Труби**

3.16.4.1 Сфера застосування

.1 У цьому розділі наведено положення щодо аустенітних та аустенітно-феритних (дуплексних) труб із нержавіючої сталі, придатних для виробництва трубопровідних систем для суден.

.2 Ковані вироби з аустенітної нержавіючої сталі придатні для застосування в умовах, де робоча температура не нижча за -165 °C.

.3 Аустенітні нержавіючі сталі можуть бути придатними для експлуатації при підвищених температурах. У випадках, коли пропонується таке застосування, детальна інформація про хімічний склад, термічну обробку та механічні властивості повинна бути подана на розгляд та затвердження.

.4 Аустенітно-феритні (дуплексні) нержавіючі сталі придатні для застосування в умовах, де розрахункова температура не нижча за -20 °C.

3.16.4.2 Виробництво та хімічний склад

.1 Труби повинні виготовлятися безшовним або виготовлені із застосуванням безперервного автоматичного електрозварювання.

.2 Зварювання повинно виконуватися в поздовжньому напрямку, з додаванням або без додавання присадкового металу.

.3 Хімічний склад ковшових зразків повинен відповідати відповідним вимогам таблиці 3.16.4.2 «Хімічний склад труб із аустенітних та аустенітно-феритних (дуплексних) сталей».

3.16.4.3 Термічна обробка

.1 Труби, як правило, повинні поставлятися виробником у стані термічної обробки по всій довжині.

.2 Як альтернатива, безшовні труби можуть бути піддані безпосередньому гартуванню відразу після гарячої формовки, при цьому температура труб не повинна бути нижчою за зазначену мінімальну температуру термічної обробки.

3.16.4.4 Випробування

.1 Усі труби повинні бути представлені партіями і у стані, як визначено в підрозділі **3.4 Частини XIII** «Матеріали» цих Правил.

Величина партії труб визначається наступним:

- при зовнішньому діаметрі труб 76мм і менше – 300шт;
- при зовнішньому діаметрі більше 76мм – 200шт.

Проби добираються з одного кінця не менше ніж від двох труб від партії.

Якщо інше не обумовлене Регістром або стандартами, то від кожної проби відбираються зразки для випробувань:

- на розтягування – 1 зразок;
- на сплющення або розтягування кілець – 1 зразок;

- на роздавання – 1 зразок;

для випробувань на стійкість проти міжкристалітної корозії труб із сталі аустенітного класу виготовляють один комплект зразків (не менше двох штук), для випробувань труб аустенітно-феритного класу – два комплекти зразків (не менше чотирьох зразків), один із яких контрольний;

- контролю гідравлічним тиском і ультразвуковому контролю піддають кожну трубу.

.2 Кожна труба, обрана для випробування, повинна бути піддана випробуванням на розтягнення та сплюснення або згинання, а у випадках, коли товщина стінки становить 6 мм або більше, повинні бути проведені випробування на ударну в'язкість за методом Шарпі при температурах випробування, зазначених у таблиці 3.16.4.4 «Механічні властивості для цілей приймання».

.3 Результати всіх механічних випробувань повинні відповідати відповідним вимогам, наведеним у таблиці 3.16.4.4 «Механічні властивості для цілей приймання».

Таблиця 3.16.4.2 Хімічний склад труб із аустенітних та аустенітно-феритних (дуплексних) сталей

Марка сталі		Категорія міцності	Хімічний склад, %								
Позначення	AISI		C макс.	Si	Mn	P макс.	S макс.	Cr	Mo	Ni	Інші
Аустенітні											
X2CrNi19-11	304L	490	0,030	≤1,0	≤2,0	0,045	0,030	18,0-20,0	-	8,0-12,0	N≤0,11
X2CrNiMo17-12-2	316L	490	0,030	≤1,0	≤2,0	0,045	0,030	16,0-18,5	2,0-3,0	10,0-14,0	-
X2CrNiMo18-15-4	317	490	0,08	≤1,0	≤2,0	0,045	0,030	18,0-20,0	3,0-4,0	11-15	-
X6CrNiTi18-10	321	510	0,08	≤1,0	≤2,0	0,045	0,030	17,0-19,0	-	9,0-12,0	Ti>5xC≤0,70
X6CrNiNb18-10	347	510	0,08	≤1,0	≤2,0	0,045	0,030	17,0-19,0	-	9,0-12,0	Nb>5xC≤1,1
Аустенітно-феритні (дуплексні)											
X2CrNiMoN22-5-3	UNS S31803	-	0,08	≤1,0	≤2,0	0,035	0,020	21,0-23,0	2,5-3,5	4,5-6,5	N 0,08-0,22
X2CrNiMoN25-7-4	UNS S32750	-	0,030	≤0,80	≤1,20	0,035	0,020	24,0-26,0	3,0-5,0	6,0-8,0	N 0,24-0,032 Cu ≤0,50

Таблиця 3.16.4.4 Механічні властивості для цілей приймання

Марка сталі		Категорія міцності	0,2% граничне напруження ¹ Н/мм ²	1,0% граничне напруження Н/мм ²	Міцність на розрив Н/мм ²	Подовження на $\sqrt{S_0}$ % мін.	Тест на сплюснення, постійна С	Діаметр випробування на згин форми	Ударна в'язкість за методом Шарпі	
Позначення	AISI								Температура випробувань, °С	Середня енергія, Дж
Аустенітні										
X2CrNi19-11	304L	490	175	205	490-690	30	0,09	3t	-196	41
X2CrNiMo17-12-2	316L	490	185	215	490-690	30	0,09	3t		
X2CrNiMo18-15-4	317	490	185	205	490-690	30	0,09	3t		

X6CrNiTi18-10	321	510	195	235	510-710	30	0,09	3t		
X6CrNiNb18-10	347	510	205	2145	510-710	30	0,09	3t		
Аустенітно-феритні (дуплексні)										
X2CrNiMoN2 2-5-3	UNS S318 03	-	450	-	620	25	9,09	3t	-20 ²	4
X2CrNiMoN2 5-7-4	UNS S327 50	-	550	-	800	15	0,09	3t		
¹ За винятком марок дуплексних нержавіючих сталей, значення межі плинності 0,2 % наводяться для інформації і, якщо інше не погоджено, не підлягають перевірці шляхом випробувань. ² Випробування на удар за методом Шарпі з V-подібним надрізом повинні проводитися при температурі, що на 5 °C нижча за проєктну температуру або -20 °C, залежно від того, яка з них нижча.										

3.16.4.5 Випробування на корозію

1 Для матеріалів, що використовуються для трубопровідних систем для хімічних речовин, випробування на корозію повинні проводитися на одному відсотку від кількості труб у кожній партії, але не менше ніж на одній трубі. Для аустенітних нержавіючих сталей це має бути випробування на міжкристалітну корозію. Для аустенітно-феритних (дуплексних) нержавіючих сталей – випробування на точкову корозію.

2 Після витримки (у корозійному середовищі) зразки з повним поперечним перерізом повинні бути піддані випробуванню на сплющення. Зразки у вигляді смуг повинні бути піддані випробуванню на згин відповідно до встановлених практик.

3.16.4.6 Збірні трубопроводи

1 Збірні трубопроводи повинні виготовлятися з матеріалів, вироблених відповідно до розділу **3.16.4.2, 3.16.4.3, 3.16.4.4, 3.16.4.5.**

2 Зварювання повинно виконуватися відповідно до затвердженої та кваліфікованої процедури зварювальниками, що мають відповідну кваліфікацію.

3 Зварні трубопроводи можуть поставлятися в звареному стані без подальшої термічної обробки, за умови, що випробування зварювальної процедури продемонстрували задовільні властивості матеріалу, включаючи стійкість до міжкристалічної корозії (аустенітна нержавіюча сталь) або точкової корозії (дуплексна нержавіюча сталь).

4 Крім того, стикові зварні шви повинні піддаватися 5-відсотковому радіографічному контролю для труб класу I і 2-відсотковому для труб класу II.

5 Виготовлені трубопроводи в звареному стані, призначені для систем, розташованих на палубі, повинні бути захищені відповідним антикорозійним покриттям.

3.16.4.7 Сертифікація матеріалів

Кожен сертифікат випробувань повинен відповідати типу та містити інформацію, детально описану в розділі **1.4.3** цих Правил, а також загальні відомості про термічну обробку та, у відповідних випадках, результати відповідних випробувань на корозію. Як мінімум, хімічний склад повинен включати вміст усіх елементів, детально описаних у таблиці 3.16.4.1.»;

текст підрозділу **3.19** викладається в новій редакції: **«3.19 СТАЛЬ КАТЕГОРІЇ МІЦНОСТІ УР47 І ТРИЩИНОСТІЙКА СТАЛЬ**

3.19.1 Область поширення.

3.19.1.1 Загальні положення.

3.19.1.1.1 Вимоги цього підрозділу поширюються на сталь категорії міцності УР47 і сталь з властивостями, що запобігають утворенню крихких тріщин ВСА (Brittle Crack Arrest), які призначені для застосування в корпусних конструкціях контейнеровозів відповідно до **3.1** частини II «Корпус» цих Правил.

3.19.1.1.2 Якщо в цьому підрозділі не обумовлено інше, сталь повинна відповідати вимогам **3.2** цієї частини Правил.

3.19.1.2 Сталь категорії міцності UR47.

3.19.1.2.1 Сталі, позначені як UR47, відносяться до сталей з мінімальною границею плинності 460 МПа.

3.19.1.2.2 Сталі категорії міцності UR47 можуть застосовуватися в поздовжніх елементах корпусних конструкцій в районі верхньої палуби контейнеровозів (таких як поздовжні комінгси люків, ребра жорсткості і прилягаючі поздовжні в'язі).

Застосування листової сталі категорії міцності UR47 для виготовлення інших корпусних конструкцій повинно бути узгоджене із Регістром.

3.19.1.2.3 Вимоги цього підрозділу поширюються на сталь UR47 товщиною від 50мм до 100мм, призначену для застосування в районі верхньої палуби контейнеровозів. Вимоги до сталі UR47, що виходить за зазначені межі по товщині, підлягають узгодженню з Регістром.

3.19.1.3 Сталь з властивостями ВСА.

3.19.1.3.1 Під сталлю з властивостями ВСА розуміється сталь з рівнями міцності EN36 і EN40 відповідно до **3.2** цієї частини Правил, а також UR47, що відповідає вимогам цього підрозділу до сталей з властивостями ВСА.

3.19.1.3.2 Вимоги до застосування сталі з властивостями ВСА викладені в **3.1** частині II «Корпус» цих Правил і поширюються на поздовжні елементи корпусних конструкцій в районі верхньої палуби контейнеровозів, таких як поздовжні комінгси люків, ребра жорсткості і прилеглі поздовжні в'язі.

3.19.1.3.3 Вимоги цього підрозділу поширюються на сталь з властивостями ВСА товщиною від 50мм до 100мм відповідно до табл. 3.19.2.2.3-1.

3.19.2 Технічні вимоги до тріщиностійкої сталі і до сталі категорії міцності UR47.

3.19.2.1 Сталь категорії міцності UR47

3.19.2.1.1 Технічні вимоги до листової сталі категорії міцності UR47 зазначені в табл. 3.19.2.1.1-1 ÷ 3.19.2.1.1-3.

Випробування повинні проводитися у відповідності з вимогами **3.2** цієї частини Правил.

Таблиця 3.19.2.1.1-1 Хімічний склад і розкислення сталі UR47 без вимог до властивостей ВСА

Категорія сталі ¹	URYP47
Розкислення	Спокійна, дрібнозерниста
Вміст елементів % (ковшова проба) ^{6,7}	
C _{max}	0,18
Mn	0,09 ÷ 2,0
Si _{max}	0,55
P _{max}	0,02
S _{max}	0,02
Al (розчинний у кислоті) _{min}	0,015 ^{1,2}
Nb	0,02 ÷ 0,05 ^{2,3}
V	0,05 ÷ 0,10 ^{2,3}
Ti _{max}	0,02 ³
Cu _{max}	0,35
Cr _{max}	0,25
Ni _{max}	1,0
Mo _{max}	0,08
C _{екв} · max ⁴	0,49
P _{CM} ⁵	0,22

¹ Загальний вміст алюмінію може визначатися замість вмісту, розчинного в кислоті.

В цих випадках загальний вміст повинний бути не менше 0,020%.

² Сталь повинна містити алюміній, ванадій, ніобій або інші відповідні елементи, що подрібнюють зерно, окремо або в будь-якій комбінації.

Якщо зазначені елементи вводяться по окремо, їхній вміст повинний відповідати зазначеним у цій таблиці. Якщо елементи використовуються в комбінації, мінімальний вміст цих елементів в сталі не регламентується.

³ Загальний вміст ніобію, ванадію і титану не повинен перевищувати 0,12%.

⁴ Значення вуглецевого еквівалента C_{екв} (у відсотках) визначається під час випробувань на допуск за даними ковшового аналізу і визначається за формулою:

$C_{\text{екв}} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$ <p>⁵ Замість вуглецевого еквівалента може визначатися коефіцієнт $P_{\text{см}}$ (у відсотках), що оцінює схильність сталі до утворення холодних тріщин, визначений за формулою:</p> $P_{\text{см}} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 3B.$ <p>⁶ Якщо в сталі присутні додаткові елементи, присутність яких обумовлено практикою виробництва сталі на даному підприємстві – їхній вміст повинний бути погоджений з Регістром і указаний в Свідоцтві Регістру.</p> <p>⁷ Відхилення від зазначеного хімічного складу можуть бути дозволені за узгодженням із Регістром.</p>
--

Таблиця 3.19.2.1.1-2 Стан постачання, категорія та механічні властивості сталі УР47 при розтягуванні без визначених властивостей запобігання крихкому руйнуванню ВСА

Стан постачання	Категорія сталі	Механічні властивості при розтягуванні		
		Границя плинності $R_{\text{ен}}$, МПа	Тимчасовий опір R_m , МПа	Відносне подовження A_5 , %, мін
Термомеханічна контрольована прокатка (ТМСП)	UREH47	460	570 ÷ 720	17

Таблиця 3.19.2.1.1-3 Стан постачання, категорія та ударні властивості сталі УР47 без визначених властивостей запобігання крихкому руйнуванню ВСА

Стан постачання	Категорія сталі	Механічні властивості при ударному згині на поздовжніх KV_L зразках			
		Температура, °C	Середня величина роботи удару, Дж, мін		
			50 < t ≤ 70	70 < t ≤ 85	85 < t ≤ 100
Термомеханічна контрольована прокатка (ТМСП)	UREH47	-40	KV_L 53	KV_L 64	KV_L 75

Примітки до табл. 3.19.2.1.1-2 і табл. 3.19.2.1.1-3:

- Додаткові вимоги до сталі УР47 з властивостями ВСА зазначені в 3.19.2.2.
- Інші умови постачання підлягають окремому розгляду Регістром.
- t – товщина, мм.

3.19.2.2 Сталь з властивостями ВСА.

3.19.2.2.1 Сталі з властивостями ВСА визначаються як сталеві листи з визначеними властивостями запобігання утворенню крихких тріщин, визначеними за допомогою в'язкості руйнування при гальмуванні крихкої тріщини $K_{\text{са}}$, або температури зупинки крихкої тріщини (САТ).

3.19.2.2.2 На додаток до необхідних механічних властивостей сталі категорій міцності ЕН36 і ЕН40, зазначених у 3.2 цієї частини Правил, і в табл. 3.19.2.1.1-2 та табл. 3.19.2.1.1-3 до механічних властивостей сталі УР47, сталь з властивостями ВСА повинна відповідати вимогам, зазначеним у табл.3.19.2.2.3-1 і табл.3.19.2.2.3-2.

3.19.2.2.3 Критерії запобігання крихкому руйнуванню, які зазначені в табл. 3.19.2.2.3-1, повинні бути оцінені для листового прокату відповідно до процедури, затвердженої Регістром.

Зразки для випробувань повинні бути взяті з кожної партії прокату, якщо інше не узгоджено з Регістром.

Таблиця 3.19.2.2.3-1 Вимоги до властивостей запобігання крихкому руйнуванню для сталей з властивостями ВСА

Індекс до категорії сталі ¹	Товщина t, мм	Критерії запобігання крихкому руйнуванню ^{2,6}	
		В'язкість запобігання крихкому руйнуванню $K_{\text{са}}$ при -10°C, мін, (Н/мм ^{3/2}) ³	Температура зупинки крихкої тріщини САТ, °C ⁴
BCA1	50 < t ≤ 100	6000	-10 або нижче
BCA2	80 < t ≤ 100 ⁷	8000	⁵

Примітки:

¹ Індекс «BCA1» або «BCA2» повинен бути доданий до позначення категорії сталі (наприклад, ЕН40-BCA1, ЕН47-BCA1, ЕН47-BCA2, тощо).

² Властивості запобігання крихкому руйнуванню для сталей з властивостями ВСА, повинні бути перевірені за допомогою в'язкості запобігання крихкому руйнуванню K_{ca} або температури запобігання руйнуванню (САТ).

³ Значення K_{ca} повинно бути отримано за допомогою методу випробування, зазначеного в Додатку 3 до UR W 31, ред. 3, березень 2023р.

⁴ САТ повинен бути отриманий за допомогою методу випробування, зазначеного в Додатку 4 до UR W 31, ред. 3, березень 2023р.

⁵ Критерій САТ для сталей із значенням $K_{ca}=8000$ Н/мм^{3/2} і вище, повинен бути схвалений Регістром.

⁶ У випадках, коли для випробування продукції використовуються альтернативні випробування в невеликих обсягах (випробування партії), ці методи повинні бути схвалені Регістром.

⁷ Сталь з товщиною 80мм та менше може бути схвалена Регістром.

Таблиця 3.19.2.2.3-2 Хімічний склад і розкислення для сталей з властивостями ВСА

Категорія сталі	ЕН36-ВСА1, ЕН36-ВСА2	ЕН40-ВСА1, ЕН40-ВСА2	ЕН47-ВСА1, ЕН47-ВСА2
Розкислення	Спокійна, дрібнозерниста		
Вміст елементів % (ковшова проба)^{1, 7, 8}			
C_{max}	0,18		0,18
Mn	0,90 ÷ 2,00 ²		0,90 ÷ 2,00
Si_{max}	0,50		0,55
P_{max}	0,02		0,02
S_{max}	0,02		0,02
Al (розчинний у кислоті) $_{min}$	0,015 ^{2,3}		0,015 ^{2,3}
Nb	0,02 ÷ 0,05 ^{2, 4}		0,02 ÷ 0,05 ^{2, 4}
V	0,05 ÷ 0,10 ^{2, 4}		0,05 ÷ 0,10 ^{2, 4}
Ti_{max}	0,02 ⁴		0,02 ⁴
Cu_{max}	0,50		0,50
Cr_{max}	0,25		0,50
Ni_{max}	2,0		2,0
Mo_{max}	0,08		0,08
$C_{екв\ max}^5$	0,47	0,49	0,55
$P_{CM\ max}^6$	-		0,24

Примітки:

¹ Хімічний склад сталей з властивостями ВСА повинен відповідати вимогам цієї таблиці, незалежно від хімічного складу, зазначеного в таблицях 3.2.2-2 і 3.19.2.1.1-1.

² Загальний вміст алюмінію може визначатися замість вмісту, розчинного в кислоті.

У таких випадках загальний вміст алюмінію не повинен бути менше 0,020%.

³ Сталь повинна містити алюміній, ванадій, ніобій або інші відповідні елементи, що подрібнюють зерно, окремо або в будь-якій комбінації.

Якщо зазначені елементи вводяться по окремі, їхній вміст повинний відповідати зазначеним у цій таблиці. Якщо елементи використовуються в комбінації, мінімальний вміст цих елементів в сталі не регламентується.

⁴ Загальний вміст ніобію, ванадію і титану не повинен перевищувати 0,12%.

⁵ Значення вуглецевого еквівалента $C_{екв}$ (у відсотках) визначається під час випробувань на допуск за даними ковшового аналізу і визначається за формулою:

$$C_{екв} = C + \frac{Mn}{6} + \frac{Cr+Mo+V}{5} + \frac{Ni+Cu}{15}$$

⁶ Замість вуглецевого еквівалента може визначатися коефіцієнт P_{cm} (у відсотках), що оцінює схильність сталі до утворення холодних тріщин, визначений за формулою:

$$P_{cm} = C + \frac{Si}{30} + \frac{Mn}{20} + \frac{Cu}{20} + \frac{Ni}{60} + \frac{Cr}{20} + \frac{Mo}{15} + \frac{V}{10} + 3B.$$

⁷ Якщо в сталі присутні додаткові елементи, присутність яких обумовлено практикою виробництва сталі на даному підприємстві – їхній вміст повинний бути погоджений з Регістром і указаний в Свідоцтві Регістру.

⁸ Відхилення від зазначеного хімічного складу можуть бути дозволені за узгодженням із Регістром.

4. МІДЬ І СПЛАВИ НА ОСНОВІ МІДІ

Номер підрозділу 4.2 замінюється на 4.3 із відповідною заміною усіх номерів пунктів у цьому підрозділі;

текст підрозділів 4.1 і 4.2 викладається в новій редакції: «4.1 Труби з міді та мідних сплавів»

4.1.1 Загальні вимоги

4.1.1.1 Вимоги підрозділу 4.1 застосовуються до труб з міді та мідних сплавів, що використовуються в деталях судових машин і трубопроводів, виготовлених під наглядом Регістру.

4.1.1.2 Вимоги підрозділу **4.1** застосовуються до міді, дезоксидованої фосфором, алюмінієвої латуні та мідно-нікелевих сплавів.

4.1.1.3 Труби повинні відповідати відповідним стандартам, наприклад ДСТУ EN 12449, ДСТУ EN 1057, ДСТУ EN 12451, а також вимогам цих Правил. Визнання інших стандартів або специфікацій матеріалів повинно бути спеціально узгоджене з Регістром.

4.1.1.4 Використання матеріалів, що відрізняються за хімічним складом, механічними властивостями або станом постачання від матеріалів, перелічених вище, повинно бути предметом спеціального узгодження із Регістром.

4.1.2 Виробництво

4.1.2.1 Труби для трубопровідних систем суден класу I та класу II повинні виготовлятися на заводах, які визнані Регістром.

4.1.2.2 Труби для трубопровідних систем суден класу I та класу II повинні бути безшовними. Труби для трубопровідних систем суден класу III можуть бути безшовними або зварними.

4.1.3 Хімічний склад

4.1.3.1 Хімічний склад труб з міді та мідних сплавів повинен відповідати вимогам відповідних стандартів або специфікацій матеріалів, узгоджених з Регістром.

4.1.3.2 Граничні значення хімічного складу основних елементів у трубах з міді та мідних сплавів повинні відповідати вимогам, наведеним у таблиці 4.1.3.2.

Таблиця 4.1.3.2 Граничні значення хімічного складу основних елементів у трубах з міді та мідних сплавів¹

Позначення	Cu	Al	As	Fe	Mn	Ni	P	Pb	Zn
Cu-DPN copper	99,9 ² мін.	-	-	-	-	-	0,015÷0,040	-	-
CuZn20Al2As aluminium brass	76÷79	1,8÷2,3	0,02÷0,06	0,07 макс.	0,10 макс.	0,10 макс.	0,01 макс.	0,02 макс.	решта
CuNi10Fe1Mn copper-nikel alloy ³	решта	-	-	1,0÷2,0	0,5÷1,5	9÷11	0,02 макс.	0,02 макс.	0,5 макс.
CuNi30Mn1Fe copper-nikel alloy ³	решта	-	-	0,4÷1,0	0,5÷1,5	30÷32	0,02 макс.	0,02 макс.	0,5 макс.

¹Склад у відсотках за масою, якщо не вказано як діапазон або мінімум/
²Включно з Ag до макс. 0,015%/
³Якщо продукт призначений для подальшого зварювання, як зазначено покупцем, застосовуються такі максимальні обмеження: Zn ≤ 0,05%, P ≤ 0,02%, S ≤ 0,02%, C ≤ 0,05%.

4.1.4 Умови постачання

Мідні труби повинні поставлятися в відпаленому або напівтвердому стані. Труби з мідних сплавів повинні поставлятися в відпаленому стані.

4.1.5 Механічні властивості

4.1.5.1 Механічні властивості визначаються за допомогою випробування на розтягнення відповідно до відповідних стандартів на випробувальних зразках, взятих з випробувальних зразків згідно з цими стандартами.

4.1.5.2 Механічні властивості повинні відповідати вимогам визнаних стандартів та значенням, наведеним у таблиці 4.1.5.2.

Таблиця 4.1.5.2 Механічні властивості труб з міді та мідних сплавів

Позначення	Стан постачання	R_m , МПа мін.	$R_{p0,2}$, МПа мін.	A , % мін.
	Cu-DPN copper	відпалений	200	100
середньої твердості		250	150	20

CuZn20Al2As aluminium brass	відпалений	330	120	35
CuNi10Fe1Mn copper-nikel alloy ³	відпалений	290	100	30
CuNi30Mn1Fe copper-nikel alloy ³	відпалений	360	120	30

4.1.6 Випробування

Труби повинні подаватися на випробування партіями. Розмір партії та обсяг випробувань повинні відповідати вимогам визнаних стандартів або специфікацій матеріалів, узгоджених з Регістром.

4.1.7 Перевірка якості поверхні та якості виконання робіт

Перевірка поверхні та розмірів готової продукції є відповідальністю виробника. Прийняття труб інспектором Регістру не звільняє виробника від цієї відповідальності. Труби підлягають візуальному огляду та перевірці розмірів на відповідність вимогам відповідних стандартів.

Кожна труба повинна бути піддана вихрострумовому випробуванню або випробуванню під тиском відповідно до вимог відповідних стандартів.

4.1.8 Ремонт

Дефекти можуть бути усунені шліфуванням, за умови, що не перевищуються допуски на розміри. Ремонт зварюванням не допускається.

4.1.9 Маркування

Труби повинні бути належним чином марковані для ідентифікації виробником. Маркування труб повинно відповідати вимогам підрозділу 1.4.2, цієї частини Правил. Тверде штампування труб не допускається.

4.1.10 Сертифікат Регістру

Для кожної прийнятої труби Регістр видає Сертифікат відповідно до вимог підрозділу 1.4, цієї частини Правил. Крім відомостей, зазначених у підрозділі 1.4 цієї частини Правил, Сертифікат Регістру повинен містити таку інформацію:

- .1 результати неруйнівних випробувань, якщо це застосовно,
- .2 результати випробувань під тиском, якщо це застосовно,
- .3 результати будь-яких інших випробувань, зазначених у замовленні.

4.2 Виливки з мідних сплавів, крім виливків для гвинтів

4.2.1 Загальні вимоги

4.2.1.1 Вимоги підрозділу 4.2 застосовуються до виливків з мідних сплавів, що підлягають інспекції виробництва Регістру, призначених для обладнання, машин і трубопровідних систем.

4.2.1.2 Вимоги підрозділу 4.2 не застосовуються до виливків з мідних сплавів для гвинтів.

4.2.1.3 Вимоги підрозділу 4.2 застосовуються до латуні, бронзи та мідно-нікелевих сплавів.

4.2.1.4 Виливки з мідних сплавів повинні відповідати визнаним стандартам, наприклад ДСТУ EN 1982, та вимогам цих Правил. Визнання інших стандартів або специфікацій матеріалів має бути спеціально розглянуто Регістром.

4.2.1.5 Використання матеріалів, що відрізняються за хімічним складом, механічними властивостями або станом постачання від зазначених вище, підлягає спеціальному розгляду Регістром з урахуванням призначення матеріалу.

4.2.2 Виробництво

4.2.2.1 Усі виливки повинні виготовлятися на ливарних заводах, визнаними Регістром.

4.2.2.2 Плавлення повинно здійснюватися за допомогою індукційного плавлення або в газових чи масляних печах з тиглом або будь-яким іншим способом, погодженим з Регістром.

4.2.2.3 Порожнина форми повинна заповнюватися ламінарним потоком металу. Система ливників, підйомників і формування повинна відповідати належній практиці ливарного виробництва.

4.2.3 Хімічний склад

4.2.3.1 Хімічний склад кожного ковша повинен відповідати вимогам відповідних стандартів або специфікацій матеріалів, узгоджених з Регістром.

4.2.3.2 Якщо виливки виготовляються з легованих злитків, можна прийняти хімічний склад на основі сертифіката інспекції. Якщо до розплаву додаються будь-які ливарні відходи, інспектор Регістру може вимагати додаткового хімічного аналізу. Для деталей машин, які безпосередньо контактують з морською водою, рекомендуються такі мідні сплави:

CuSN11P-C, CuSN11Pb-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.

4.2.3.3 Елементи, позначені в специфікаціях як залишкові, не повинні навмисно додаватися до розплаву. Вміст таких елементів повинен бути вказаний у хімічному складі.

4.2.4 Умови постачання

4.2.4.1 Якщо виливки постачаються в термічно обробленому стані, термічна обробка повинна проводитися в належним чином сконструйованій печі, яка має відповідні засоби для регулювання температури і оснащена пірометрами з функцією запису. Розміри печі повинні бути такими, щоб уся завантаження печі могла рівномірно нагріватися до необхідної температури.

4.2.4.2 До завантаження печі повинні бути підключені достатні термометри для вимірювання та реєстрації рівномірності температури в печі.

4.2.4.3 Ливарний завод повинен вести облік термічної обробки. Облік повинен містити щонайменше ідентифікацію використовуваної печі, завантаження печі, дату, температуру витримки та час. Облік повинен бути представлений Регістру на запит.

4.2.4.4 Якщо вилівка піддається локальному повторному нагріванню або виправленню, Регістр може вимагати проведення термічної обробки для зняття напруги.

4.2.5 Механічні випробування

4.2.5.1 Виливки повинні подаватися на випробування партіями. Розмір партії та обсяг випробувань повинні відповідати вимогам відповідних стандартів або специфікацій матеріалів, узгоджених з Регістром. З партії має бути відібрано принаймні один комплект зразків для механічних випробувань.

4.2.5.2 У разі декількох виливків, вилитих з одного ковша, має бути відібрано принаймні один комплект зразків для механічних випробувань, що представляють усі виливки з цього ковша.

4.2.5.3 Якщо виливки виготовляються з двох або більше ківшів, один комплект зразків для механічних випробувань має бути вилитий з кожного ковша, якщо метал у ківші не походить з одного і того ж нагріву.

4.2.5.4 Випробувальні зразки, з яких беруться випробувальні зразки, повинні бути окремо відлиті у форми з системою ливників, що забезпечують ламінарний потік у порожнину форми. Випробувальні зразки повинні бути відлиті за тими ж технологіями, що і виливки, які вони представляють.

4.2.5.5 Для відцентрових виливків кілець і втулок матеріал для випробування повинен бути взятий з кінців виливки.

4.2.5.6 Всі зразки для випробування повинні бути належним чином марковані для ідентифікації виливок, які вони представляють.

4.2.5.7 Підготовка зразків для випробування та процедури механічних випробувань повинні відповідати вимогам розділу 2 цієї частини Правил.

4.2.6 Механічні властивості

4.2.6.1 Механічні властивості визначаються за допомогою випробування на розтягнення відповідно до розділу 2 цієї частини Правил на випробувальних зразках, підготовлених з випробувальних зразків, взятих відповідно до 4.2.5.

4.2.6.2 Механічні властивості повинні відповідати вимогам відповідних стандартів або специфікацій матеріалів, узгоджених з Регістром.

4.2.6.3 Якщо результати механічних випробувань не відповідають вимогам відповідних стандартів або специфікацій матеріалів, узгоджених з Регістром, повторні випробування повинні проводитися відповідно до вимог підрозділу 2 цієї частини Правил.

4.2.7 Перевірка якості поверхні та якості роботи

4.2.7.1 Всі готові виливки повинні бути візуально оглянуті на доступних поверхнях. Поверхні повинні бути очищені та належним чином підготовлені для огляду. Поверхні не повинні бути оббиті, шліфовані або оброблені будь-яким чином, що може приховати дефекти.

4.2.7.2 Перед прийняттям виливки повинні бути представлені інспектору Регістру для візуального огляду. Інспектор Регістру може вимагати протравлення ділянок з метою дослідження зварних з'єднань.

4.2.7.3 При візуальному огляді виливки не повинні мати прилиплому піску, окалини, тріщин, гарячих розривів або інших дефектів, що можуть зашкодити їх призначенню.

4.2.7.4 Якщо між покупцем і виробником не домовлено інше, перевірка розмірів є відповідальністю виробника.

4.2.7.5 Для арматури та інших компонентів, які працюють під тиском (наприклад, виробів для трубопроводної арматури I та II класів) необхідний капілярний контроль у присутності інспектора Регістру. Якщо не погоджено інше, критерії приймання, що застосовуються, повинні відповідати вимогам таблиці 4.2.7.5, або еквівалентним.

Таблиця 4.2.7.5 Критерії приймання візуального та поверхневого неруйнівного контролю арматури та компонентів, що працюють під тиском

Тип дефекту	Критерії прийнятності для візуального та поверхневого неруйнівного контролю*
Лінійні дефекти	Не допускається
Пористість	Діаметр окремих пор не перевищує 3мм, а сумарний діаметр всіх пор на площі 70x70 мм не перевищує 24мм
<i>Примітка:</i> * Інспекція повинна проводитися відповідно до процедури, схваленої Регістром.	

4.2.7.6 Якщо необхідні капілярні випробування, вони повинні проводитися, коли поверхня знаходиться в остаточному стані. Капілярні випробування повинні проводитися в присутності інспектора PRS відповідно до вимог ДСТУ-EN ISO 3452-1 або ASTM E165-02.

4.2.7.7 Ливарний завод повинен вести записи про перевірки, які можна відстежити для кожного виливка. Записи повинні бути представлені інспектору Регістру на його запит. Ливарний завод повинен надати інспектору звіт про неруйнівні випробування, що підтверджує, що випробування були проведені з задовільними результатами.

4.2.8 Виправлення дефектних виливків

4.2.8.1 Дефекти можна усунути шляхом зачищення, фрезерування або шліфування. Після зачищення або фрезерування завжди слід проводити шліфування. Отримані канавки повинні мати радіус приблизно втричі більший за глибину канавки, і повинні плавно переходити в навколишню поверхню, щоб уникнути гострих контурів. Відремонтовану ділянку слід піддати капілярному контролю.

4.2.8.2 Якщо з Регістром домовлено про ремонт зварюванням, виїмки повинні мати відповідну форму, щоб забезпечити хороший доступ для зварювання.

4.2.8.3 Усі ремонтні роботи зварюванням повинні виконуватися виробником, визнаним Регістром, відповідно до процедур зварювання, схвалених Регістром. Зварювальні матеріали повинні бути придатними для використовуваних основних матеріалів.

4.2.8.4 Зварні ремонти та прилеглі матеріали повинні бути відшліфовані до гладкості. Всі зварні ремонти повинні бути піддані неруйнівним випробуванням.

4.2.8.5 Виготовлювач повинен вести записи про зварювання та подальшу термічну обробку для кожного відремонтованого виливка. Записи повинні бути представлені інспектору Регістру на запит.

4.2.9 Маркування

4.2.9.1 Виробник повинен прийняти систему ідентифікації, яка дозволить відстежити всі готові виливки до оригінального ковша металу. Інспектор Регістру повинен мати всі можливості для такого відстеження виливків, коли це необхідно.

4.2.9.2 Виливки повинні бути марковані відповідно до підрозділу 1.4 цієї частини Правил. Крім того, маркування повинно містити результати випробувань під тиском, включаючи випробувальний тиск.

4.2.10 Сертифікат Регістру

Для прийнятих виливків Регістр видає Сертифікат Регістру відповідно до вимог підрозділу 1.4.3.2 цієї частини Правил. Окрім відомостей, зазначених у підрозділі 1.4 цієї частини правил, Сертифікат Регістру повинен містити таку інформацію:

- 1 ідентифікаційний номер виливки,
- 2 деталі термічної обробки, включаючи температури та час витримки,
- 3 результати неруйнівних випробувань, якщо це застосовно,
- 4 результати випробувань під тиском, якщо це застосовно,
- 5 результати будь-яких додаткових випробувань, якщо це застосовно.».

5. АЛЮМІНІЄВІ СПЛАВИ

В тексті пункту 5.1.1.1 абзац, який починається із виразу «національні сплави ...» та наступний абзац, який починається з виразу «стан постачання...» видаляються;

в тексті пункту 5.1.1.2 абзац, який починається із виразу «національні сплави...» та наступний абзац, який починається із виразу «стан постачання...» видаляються;

у таблиці 5.1.2 рядок «Національні сплави» та рядки нижче видаляються;

у таблиці 5.1.3-1 рядок «Національні сплави» та рядки нижче видаляються;

у таблиці 5.1.3-2 рядок «національні сплави» та рядки нижче видаляються, примітка ^{«1»} видаляється;

Зміст таблиці 5.4.3.1 замінюється на наступний:

«Таблиця 5.4.3.1 Міцність зварних з'єднань ЗВП-панелей із деформованих алюмінієвих сплавів

Вихідні матеріали		Стан постачання вихідних напівфабрикатів	Коефіцієнт міцності зварного з'єднання ¹ , мін
Катані напівфабрикати	5083, 5383, 5059, 5754, 5086, 5456	O/H111/H112	1
	5083, 5383, 5059, 5086, 5456	H116/H321 H32/H321	0,95 0,95
Пресовані напівфабрикати	5083, 5383, 5059, 5754, 5086, 54566005A,	O/H111/H112	1
	6061, 6082	T5/T6	0,7

¹ визначається по формулі $\sigma_{\text{в}}^{\text{зв.з}} / \sigma_{\text{в}}^{\text{о.м.}}$, де $\sigma_{\text{в}}^{\text{зв.з}}$ - границя міцності зварного з'єднання, $\sigma_{\text{в}}^{\text{о.м.}}$ – гарантована границя міцності основного металу.

Зміст таблиці 5.4.3.2 замінюється на наступний:

«Таблиця 5.4.3.2 Умови проведення випробувань на статичний триточковий згин зварних з'єднань ЗВП-панелей

Категорія основного металу	Діаметр оправки D, мм	Кут загину
5754	3t ¹	180°
5083, 5383, 5059, 5086, 5456, 6005A, 6061, 6082	6t	180°

¹t - товщина зразка який випробовується, мм.».

6. ПЛАСТМАСИ І МАТЕРІАЛИ ОРГАНІЧНОГО ПОХОДЖЕННЯ

Підрозділ 6.5 У таблиці 6.5.3.1 в пункті 7 коефіцієнт тертя ковзання по льоду для суден класу I замінено з 0,03 на 0,05; таблиця доповнена пунктом 8 із вимогами до номінальної товщини сухої плівки (НТСП) та примітками:

«Таблиця 6.5.3.1

№ з/п	Найменування показника	Значення			
		Група I для криголамів всіх льодових класів		Група II для суден льодового плавання полярних класів і які мають в символі класу знаки льодових класів: Ice 4, Ice 5, Ice 6, IA Super, IA	
		Клас I	Клас II	Клас I	Клас II
1	2	3		4	
1	Довговічність згідно з стандартом ДСТУ ISO 12944-6 або відповідним стандартом ISO для категорії корозійної активності Im2 у відповідності до стандарту ДСТУ ISO 12944-2 або відповідного стандарту ISO (див. 2.5.1)	висока		висока	
2	Адгезія, яка визначається методом решіткових надрізів згідно стандарту ДСТУ ISO 2409 або відповідного стандарту ISO чи методом хрестоподібних надрізів згідно з стандартом ДСТУ ISO 16276-2 або відповідного стандарту ISO, після випробувань на стійкість до впливу низької температури (див. 2.5.2.3) залежно від товщини і типу льодостійкого покриття	не більше 3 балів		не більше 3 балів	
3	Адгезійна міцність згідно з стандартом ДСТУ ISO 4624 або відповідним стандартом ISO (див. 2.5.3.4)	більше 16МПа	більше 10МПа	більше 10МПа	більше 8МПа
4	Стійкість до стирання після 1000 циклів випробувань на абразиметрі Табера (колесо CS-17) (див. 2.5.4)	не більше 80мг	не більше 120мг	не більше 120мг	не більше 160мг
5	Міцність при ударі згідно з стандартом ДСТУ ISO 6272 або відповідним стандартом ISO (див. 2.5.5)	не менше 5Дж		не менше 5 Дж	
6	Стійкість до катодного відшаровування згідно з стандартом ДСТУ ISO 15711 (метод А) або відповідним стандартом ISO (див. 2.5.6) для покриття, сумісного з катодним захистом	менше 5мм після 3міс. випробувань, менше 8мм після 6міс. випробувань		менше 5мм після 3міс. випробувань, менше 10мм після 6міс. випробувань	
7	Коефіцієнт тертя ковзання по льоду (див. 2.5.7)	не більше 0,05	не більше 0,08	не більше 0,05	не більше 0,08
8	Мінімальна НТСП товщина сухої плівки (правило 90/10) ¹ для покриттів на епоксидній основі ²	500мкм			

¹Номінальна товщина сухої плівки (НТСП). Згідно з правилом 90/10 значення 90% всіх вимірів товщини повинні бути більшими або дорівнювати НТСП, і жодне з 10% решти значень вимірів товщини не повинно бути нижчим за 0,9 x НТСП.

²Мінімальна номінальна товщина для льодостійких покриттів не на епоксидній основі встановлюється виготовлювачем»;

в пункт 6.5.4.3 вираз «заводського ґрунту» замінюється на вираз «міжопераційного ґрунту»;

другий абзац пункту 6.5.4.4 викладається в новій редакції: «- співвідношення загальної площі пор до площі перерізу зломів зварного шва в кожному зразку не повинно перевищувати 16 %.»;

в пункті 6.5.4.5 вирази «заводських ґрунтів» та «заводського ґрунту» замінюються на вирази: «міжопераційних ґрунтів» та міжопераційного ґрунту» відповідно; другий абзац доповнюється виразом: «, і на номінальну товщину покриття не більше тієї, яка була зафіксована при випробуваннях.»;

розділ 6 доповнюється новим підрозділом 6.12 наступного змісту: «**6.12 ПОЛІМЕРНІ КОМПОЗИЦІЙНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЕЛЕМЕНТІВ ВАЛОПРОВІДІВ**

6.12.1 Ці вимоги поширюються на конструкційні ПКМ на основі армуючих наповнювачів зі скляних або/та вуглецевих волокон, терморективних полімерних зв'язуючих — поліефірних, вінілефірних та епоксидних, — які застосовуються для виготовлення деталей валопровідів відповідно до 5.10 частини

VII «Механічні установки». Вимогами необхідно керуватися при виборі матеріалів і технології виготовлення елементів валопроводів.

Вибір складових ПКМ підтверджується отриманими розрахунковими характеристиками конструкції вала, розрахунками міцності та випробуваннями згідно з 5.10 частини VII «Механічні установки».

6.12.2 Армуючі матеріали.

6.12.2.1 Армуючі матеріали, що входять до складу ПКМ, повинні забезпечувати досягнення заданих характеристик жорсткості та міцності, в тому числі при впливі на матеріал різних за характером експлуатаційних факторів (вплив навантажень, температурних, вологісних тощо).

6.12.2.2 Допускаються наступні типи волокон: скловолокно і вуглецеве волокно.

6.12.2.3 Інші типи волокон можуть бути прийняті, якщо фізико-механічні характеристики ПКМ, що отримуються на їх основі, не нижчі, ніж зазначено в табл. 2.3.5.11 частини XVI «Конструкція і міцність суден з полімерних композиційних матеріалів». Вибір армуючого матеріалу для ПКМ підтверджується отриманими розрахунковими характеристиками, розрахунками міцності та випробуваннями конструкції елементів валопроводів.

6.12.2.4 Скляні армуючі матеріали повинні відповідати вимогам 2.3.1.3 частини XVI «Конструкція та міцність суден із полімерних композиційних матеріалів».

6.12.2.5 В якості армуючого матеріалу допускається матеріал з щільністю волокон від 200 до 4800 текс¹.

6.12.2.6 При вхідному контролі волокна і армуючих матеріалів на їх основі повинні виконуватися вимоги 2.3.1.6 частини XVI «Конструкція і міцність суден із полімерних композиційних матеріалів».

6.12.2.7 Поставка волокна та армуючих матеріалів на їх основі здійснюється з паспортом (Сертифікатом якості виготовлювача) відповідно до 2.3.1.8 частини XVI «Конструкція та міцність суден з полімерних композиційних матеріалів».

6.12.3 Зв'язуючі матеріали.

6.12.3.1 В якості основної складової зв'язуючого приймаються епоксидні смоли, що мають характеристики в затверділому стані не нижче наведених в табл. 2.3.2.2 частини XVI «Конструкція і міцність суден із полімерних композиційних матеріалів». Інші зв'язуючі можуть бути прийняті, якщо їх фізико-механічні характеристики не нижчі за зазначені в табл. 2.3.2.2 частини XVI «Конструкція і міцність суден із полімерних композиційних матеріалів» (за винятком щільності), а міцнісні та пружні розрахункові характеристики ПКМ, на основі таких смол, не нижчі за зазначені в табл. 2.3.5.11 частини XVI «Конструкція та міцність суден із полімерних композиційних матеріалів».

6.12.3.2 Для терморективних зв'язуючих застосовуються вимоги 2.3.2.1 частини XVI «Конструкція і міцність суден із полімерних композиційних матеріалів».

6.12.3.3 Всі смоли, що використовуються при виготовленні, повинні бути піддані вхідному контролю.

Перелік показників, що перевіряються при вхідному контролі, визначається нормами контролю якості виготовлення елементів валопроводів з ПКМ і повинен бути вказаний в технологічній документації, узгодженій Регістром.

6.12.3.4 Виготовлювач вала повинен встановити відповідність властивостей смоли характеристикам, описаним у технологічній інструкції, з урахуванням похибки. Всі застосовувані добавки до зв'язуючого (каталізатори, прискорювачі, затверджувачі), а також добавки, що поліпшують характеристики вала (тиксотропні добавки, наповнювачі, барвники, протипожежні та протиударні покриття тощо) повинні вказуватися в технологічній інструкції з виготовлення вала. По всіх додаткових матеріалах необхідно надавати документи від виготовлювачів.

6.12.3.5 При приготуванні зв'язуючого повинні дотримуватися рекомендації виготовлювачів. Температура теплової деформації смоли повинна перевищувати щонайменше на 20°C максимально можливу температуру експлуатації виробу і в усіх випадках бути не менше 70°C.

¹ Відповідає лінійній щільності волокон. Позначає масу джгута в грамах довжиною 1 км.

6.12.3.6 Випробування з визначення характеристик зв'язуючого проводяться підприємством (виготовлювачем) за методиками міжнародних / національних стандартів або інших документів, узгоджених із Регістром. Випробування можуть також проводитися лабораторією, визнаною Регістром.

6.12.3.7 При входному контролі повинні перевірятися властивості зв'язуючого, встановлені технологічною документацією і нормами контролю якості виробника елементів валопроводу.

При наявності СТС на зв'язуючий матеріал така перевірка може здійснюватися підприємством-виробником волокон і армуючих матеріалів, а її результати повинні заноситися в паспорт (Сертифікат якості виготовлювача) на кожен партію продукції, що випускається.

6.12.3.8 Поставка зв'язуючого матеріалу здійснюється з паспортом (Сертифікатом якості виготовлювача) відповідно до 2.3.2.9 частини XVI «Конструкція і міцність суден з полімерних композиційних матеріалів».

6.12.4 Вимоги до адгезійних складів.

6.12.4.1 Застосовуються вимоги **2.3.4.1** частини XVI «Конструкція і міцність суден з полімерних композиційних матеріалів».

6.12.4.2 Мінімальна температура склування клею повинна перевищувати максимальну робочу температуру як мінімум на 15 °С.

6.12.4.3 Поставка адгезійного складу здійснюється з паспортом (Сертифікатом якості виготовлювача) відповідно до 2.3.4.6 частини XVI «Конструкція і міцність суден із полімерних композиційних матеріалів».

6.12.5 Вимоги до ПКМ.

6.12.5.1 При виборі ПКМ для застосування у виробі валопроводів слід враховувати наступне:

- наявність необхідних пружних і міцнісних характеристик, а також працездатності матеріалу при дії повторно-статичних, тривалих, вібраційних і ударних навантажень;

- володіння властивістю зберігати свої пружні та міцнісні характеристики, а також працездатність у заданих межах, в різних кліматичних умовах протягом встановленого терміну служби.

6.12.5.2 ПКМ повинні мати підтвержені характеристики по водопоглинанню, які повинні бути вказані в технічній документації на матеріал.

6.12.5.3 Вали повинні виготовлятися відповідно до розробленої технологічної інструкції. Для виготовлення виробів валів з ПКМ допускається застосування наступних методів: намотування ниток (сухих, мокрих) і препрегів. Намотування повинно проводитися відповідно до схеми укладання шарів, описаної в технологічній інструкції.

Швидкість намотування вибирається таким чином, щоб забезпечити задане значення натягу волокна, а також ступінь просочення зв'язуючою речовиною. Ці два параметри повинні бути вказані в технологічній інструкції. Ширина намотуваних джгутів або стрічок і зазор між ними в процесі укладання повинні контролюватися на відповідність вимогам технологічної інструкції.

6.12.5.4 Методи формування повинні забезпечувати співвідношення між армуючим матеріалом і зв'язуючою речовиною, зазначене в технологічній документації для отримання необхідних властивостей матеріалу.

6.12.5.5 Основні характеристики ПКМ повинні бути не нижчими за зазначені в табл. **2.3.5.11** частини XVI «Конструкція і міцність суден із полімерних композиційних матеріалів»;

розділ доповнюється новим підрозділом **6.13** наступного змісту: **«6.13 СИНТЕТИЧНІ МАТЕРІАЛИ, ЯКІ ЗАСТОСОВУЮТЬСЯ ДЛЯ ПІДШИПНИКІВ СУДНОВИХ ВАЛІВ І БАЛЕРІВ СТЕРЕН**

6.13.1 Ці вимоги поширюються на синтетичні матеріали, що підлягають нагляду Регістром, які застосовуються для підшипників суднових валів і балерів стерен відповідно до **5.6** частини VII «Механічні установки» і **2.8** частини III «Пристрої, обладнання та забезпечення».

6.13.2 Синтетичні матеріали для їх застосування до підшипників суднових валів і балерів стерен повинні бути схвалені Регістром (мати СТС і/або індивідуальний сертифікат С).

Схвалення Регістру поширюється на продукт (вкладиші/втулки) одного виду матеріалу і різних типорозмірів. Під видом розуміється один хімічний склад, з армуванням або без нього. Матеріали вкладишів/втулок, в яких використовуються різні хімічні склади, смоли, волокна, наповнювачі тощо, вважаються різними видами.

Синтетичні матеріали вкладишів/втулок поділяються на два рівні залежно від здатності витримувати поверхневий тиск в умовах експлуатації:

- до 5,5Н/мм²;

- від 5,5Н/мм² до 10 Н/мм².

6.13.3 Матеріал при схваленні повинен бути випробуваний під наглядом Регістру або в лабораторії, визнаній Регістром, для визначення властивостей, наведених у табл. 6.13.3-1, 6.13.3-2 і 6.13.3-3.

Таблиця 6.13.3-1 Випробування для всіх поверхневих тисків

Властивість (параметр)	Од. вимірів	Спосіб випробувань	Кількість і вибір зразків	Значення	Критерії приймання
1	2	3	4	5	6
Компресійні властивості					
Еластомерні матеріали					
Відносна деформація при стисненні до 120Н/мм ²	%	Спосіб випробувань визначається виготовлювачем (Рекомендовані стандарти ДСТУ EN ISO 604, EN ISO 604:2003)	Ізотропні: мінімум 5 Анізотропні: мінімум 10	Максимальна деформація 4%	Всі результати нижче вимог
Нееластомерні матеріали					
Міцність при стисненні (поперек)	Н/мм ²	ДСТУ EN ISO 604	Ізотропні: мінімум 5 Анізотропні: мінімум 10	Мінімум 100Н/мм ²	Всі результати вище вимог
Міцність при стисненні (вздовж) Потрібно тільки для штабів і планок	Н/мм ²	ДСТУ EN ISO 604	Ізотропні: мінімум 5 Анізотропні: мінімум 10	Мінімум 85Н/мм ²	Всі результати вище вимог
Модуль пружності при стисненні (поперек)	Н/мм ²	ДСТУ EN ISO 604	-	Мінімум 1000Н/мм ²	Всі результати вище вимог
Об'ємне набування від води при температурі 20°C і 80°C	%	ISO 175:2014 4 тижні в штучній морській воді (ASTM D1141)	Мінімум 3 зразки при кожній температурі. Зразки: - сегмент труби або плоска деталь розміром 50x50xт мм - мінімальна t=4мм або мінімальна товщина виготовленої втулки. Випробування проводити відразу після	Макс. до 3%	Всі результати нижче вимог

Властивість (параметр)	Од. вимірів	Спосіб випробувань	Кількість і вибір зразків	Значення	Критерії приймання
1	2	3	4	5	6
			вилучення (у вологому стані)		
Водостійкість					
Еластомерні матеріали					
Водостійкість після 4 тижнів у замірнику морської води (ASTM D1141) при температурі 20°C	%	Максимально допустима деформація при стискаючому зусиллі 120Н/мм ²	Ізотропні: мінімум 5 Анізотропні: мінімум 10	Максім. деформація 4%	Всі результати вище вимог
Нееластомерні матеріали					
Водостійкість після 4 тижнів у замірнику морської води (ASTM D1141) при температурі 20°C	%	ДСТУ EN ISO 604 Випробування на стиснення	Ізотропні: мінімум 5 Анізотропні: мінімум 10	Збереження: мінімум 80% від міцності при стисненні і модуля пружності при стисненні	Всі результати вище вимог
Вплив масла					
Об'ємне набухання від масла після 4 тижнів при температурі 20°	%	ISO 175:2014 в маслі №3 по ДСТУ ISO 1817 (ISO 1817:2015)	Мінімум 3 зразки при кожній температурі. Зразки: - сегмент труби або плоска деталь розміром 50x50x t мм - мінімальна $t=4$ мм або мінімальна товщина виготовленої втулки. Випробування проводити відразу після вилучення (у вологому стані)	Макс. до 3%	Всі результати нижче вимог
Термостійкість					
Випробування на стискання після нагрівання зразка до 50°C	%	ДСТУ EN ISO 604 при стискаючому зусиллі 120Н/мм ²	Ізотропні: мінімум 5 Анізотропні: мінімум 10	Макс. до 3%	Всі результати нижче вимог
Нееластомерні матеріали					
Випробування на стискання після нагрівання зразка до 50°C	%	ДСТУ EN ISO 604	Ізотропні: мінімум 5 Анізотропні: мінімум 10	Збереження: мінімум 80% від міцності при стисненні і модуля пружності при стисненні	Всі результати вище вимог
Температурне розширення					

Властивість (параметр)	Од. вимірів	Спосіб випробувань	Кількість і вибір зразків	Значення	Критерії приймання
1	2	3	4	5	6
Поперек (перпендикулярно площині листа) і вздовж (паралельно площині листа)	мм/мм°C	ISO 11359-2:2021 ASTM D696	-	Зазначена виробником величина	-

Таблиця 6.13.3-2 Випробування для всіх поверхневих тисків до 5,5Н/мм²

Властивість (параметр)	Од. вимірів	Спосіб випробувань	Кількість і вибір зразків	Значення	Критерії приймання
1	2	3	4	5	6
Знос					
Знос	роки	Див. 6.13.3.2 і 6.13.3.3	Див. 6.13.3.2 і 6.13.3.3	Випробування на знос повинні показати мінімальний очікуваний термін експлуатації	-
Тертя					
Динамічний коефіцієнт	-	Випробування необхідно проводити на машинах тертя при температурах 20 і 80 у вигляді функції тиску або мінімум при двох різних поверхневих тисках (макс. і в 2 рази вище макс.)	Мінімум 3 зразки при кожному значенні температури і поверхневого тиску	Макс. 0,25	Всі результати нижче вимог
Статичний коефіцієнт					

Таблиця 6.13.3-3 Випробування для підвищених поверхневих тисків понад 5,5 Н/мм² і до 10 Н/мм² і вище

Властивість (параметр)	Од. вимірів	Спосіб випробувань	Кількість і вибір зразків	Значення	Критерії приймання
Об'ємне набухання від води	%	ISO 175:2014	вологий/сухий/вологий цикл; 3 дні вологий + 3 дні сухий, протягом 4 тижнів у заміннику морської води (ASTM D1141) при температурі 20°C. Повинні починатися і закінчуватися 3-денним вологим циклом	Мінімум 3 зразки розміром 50x50x t мм, мінімум $t=4$ мм або мінімальна товщина виготовленої втулки Випробування відразу після вилучення (у вологому стані)	Всі результати нижче вимог
Знос	Див. 6.13.3.2 і 6.13.3.3	Див. 6.13.3.2 і 6.13.3.3	Див. 6.13.3.2 і 6.13.3.3	Випробування на знос повинні показати мінімальний очікуваний	-

				термін експлуатації	
Динамічний коефіцієнт	-	Випробування необхідно проводити на машинах тертя при температурах 20 і 80 у вигляді функції тиску або мінімум при двох різних поверхневих тисках (макс. і в 2 рази вище макс.)	-20°C відповідно до процедури випробувань на знос; -80°C: мінімум 3 зразки для кожного тиску	макс. 0,25	Всі результати нижче вимог
Статичний коефіцієнт	-				

6.13.3.2 Процедура випробувань на знос для синтетичних матеріалів втулок підшипників стерна.

Ця процедура випробувань розглядається як стандартна, проте можуть бути прийняті інші розміри та параметри, ніж ті, що перелічені нижче, за попереднім погодженням із Регістром.

6.13.3.2.1 Випробувальний комплект, складається з:

- вала діаметром ($d_{\text{вала}}$) рівним 100 мм;
- зразка, який повинен представляти собою зафіксований сегмент підшипника і повинен закривати мінімум 50° кола вала (по ширині) і мати довжину підшипника $l = 1,2d$ (максимальна довжина 120мм для вала 100 мм, мінімальна довжина 80 мм; при використанні більших зразків повинна бути збережена та ж пропорція). Діаметр підшипника повинен бути

$$d_{\text{підш}} = d_{\text{вала}} + 1\text{мм},$$

або відповідно до вимог виготовлювача (за наявності);

- установки для охолодження та змащення підшипників морською водою.

6.13.3.2.2 Параметри випробувань:

- коливання валу $\pm 15^\circ$;
- випробування на поверхневий тиск повинні проводитися відповідно до необхідного поверхневого тиску. На додаток до цього, випробування повинні бути проведені під тиском, що в два рази перевищує необхідний тиск;
- змащування: як у сухому стані, так і з примусовим змащуванням морською водою; температура повітря 20°C;
- швидкість 3,5мм/с;
- рух вала під поверхневим тиском, що вимагається, повинен бути безперервним. Якщо поверхневий тиск перевищує рівень, що вимагається, може бути допущена пауза/зупинка на період до 10 с при кожному проходженні діаметральної площини, і це буде вказано як обмеження для застосовного параметра PV (тиск і швидкість — виділення тепла);
- фактичний час роботи до досягнення стабільного рівня зносу (мінімум 192год при 3,5мм/с або максимум 850 год, виключаючи розбирання і паузи/зупинки). Для більш низьких швидкостей і/або більш тривалих зупинок тривалість повинна бути збільшена відповідним чином.

6.13.3.2.3 Матеріал, що сполучається:

вид — нержавіюча сталь;

твердість — максимум 220 HV5.

Шорсткість поверхні матеріалу, що сполучається повинна бути з частотою обробки $Ra = 0,8$ мкм (згідно з ДСТУ ISO 4287).

6.13.3.2.4 Фіксовані параметри:

- знос повинен постійно або регулярно вимірюватися на втулці, а також на вкладиші/валу.

У разі регулярного вимірювання знос повинен вимірюватися шляхом розбирання після кожних 48 годин до тих пір, поки як мінімум на 4-х точках вимірювання не буде продемонстровано, що ступінь/швидкість зносу стабілізувалася. Наступна інформація повинна бути задокументована як в таблицях, так і на графіках: знос відносно часу (мкм/год) і тиску (мкм/МПа); знос відносно випробувального циклу (мкм/год); знос відносно пройденої відстані (мкм/кількість коливань);

- коефіцієнт тертя повинен вимірюватися до тих пір, поки ступінь/швидкість зносу не стабілізується при 20 °С. Відношення коефіцієнта тертя до часу і тиску повинно бути представлено як в таблицях, так і на графіках;

- всі кількісні параметри повинні бути виміряні;

- термопара (°С), якщо застосовується (повинна визначати теплове розширення і вимірюваний знос для розрізнення цих двох параметрів).

6.13.3.2.5 Набухання від теплового розширення та/або набухання від води повинні бути враховані при визначенні зносу.

6.13.3.3 Процедура випробувань на знос для синтетичних матеріалів підшипників гребних валів.

6.13.3.3.1 Випробування на знос для синтетичних матеріалів підшипників гребних валів з безперервним рухом проводять за таких параметрів і умов:

- матеріал, що сполучається — вал виготовлений з нержавіючої сталі;

- діаметр вала залежить від розміру підшипника, але повинен бути ≥ 35 мм;

- рух вала — безперервне ковзання;

- обертова швидкість 6м/с для масляного або водяного змащування і 3м/с для змащення консистентними речовинами;

- змащування морською водою (кімнатна температура) і мінеральним мастилом (80°С), консистентними речовинами (80 °С), якщо це можливо;

- шорсткість поверхні $R_a = 0,5$ мкм (згідно з ДСТУ ISO 4287); тиск на стику мінімум 0,6Н/мм²;

- випробування тривають доти, доки коефіцієнт зносу залишається постійним (не менше 192год, не більше 840год);

- для отримання змішаного мастила випробування повинні перериватися через кожні 8 год;

- розміри випробувального зразка згідно з рис. 6.13.3.3.1.

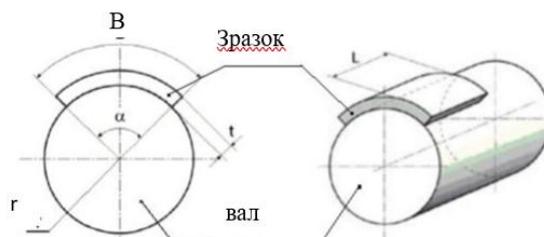


Рис. 6.13.3.3.1 Розміри випробувального зразка:

r — радіус вала; α — 50 °; t — товщина зразка;

L — довжина зразка; $L = 2B$, мм; B — ширина зразка; $B = (\pi/180) \cdot r \cdot 50$, мм

6.13.3.3.2 Фіксовані параметри:

- знос повинен безперервно або регулярно вимірюватися як на втулках, так і на валу. У разі регулярних вимірювань знос повинен вимірюватися шляхом розбирання кожні 48 годин, поки не буде досягнута постійна швидкість зносу (мінімум у чотирьох точках вимірювання).

Вимірювання повинні бути представлені як у таблицях, так і на графіках; знос відносно часу (мм/год) і тиску (Н/мм²);

- коефіцієнт тертя;

- інтервал між випробуваннями (год);

- температура випробувального зразка під час циклу випробувань (°C).

6.13.3.4 Схвалення матеріалів вкладишів/втулок підшипників для використання в системах без мастила (самозмасчувальних).

6.13.3.4.1 Вимоги цього підрозділу застосовуються тільки до синтетичних матеріалів для вкладишів/втулок підшипників, які виготовляються як самозмасчувальні, тобто, що включають в себе вкладиші, наповнювачі або подібні компоненти, які забезпечують самозмасчування. Технічна специфікація виготовлювача або опис виробу повинні містити чіткі вказівки про те, що матеріал виготовляється як самозмасчувальний і придатний для самозмасчувальних систем.

6.13.3.4.2 Для підтвердження експлуатації без змащення забортною водою та/або мастилом, тобто для експлуатації без змащення, до процедури проведення випробувань на знос, зазначеної в **6.13.3.2** та **6.13.3.3**, повинні бути внесені такі доповнення:

.1 тільки для сухого режиму; постійна або регулярна перевірка температури матеріалу втулки на поверхні контакту;

.2 час проведення випробувань на знос повинен бути таким, як зазначено в 6.13.3.2, однак, на додаток до цього, температура повинна досягти стабільного рівня до закінчення випробувань;

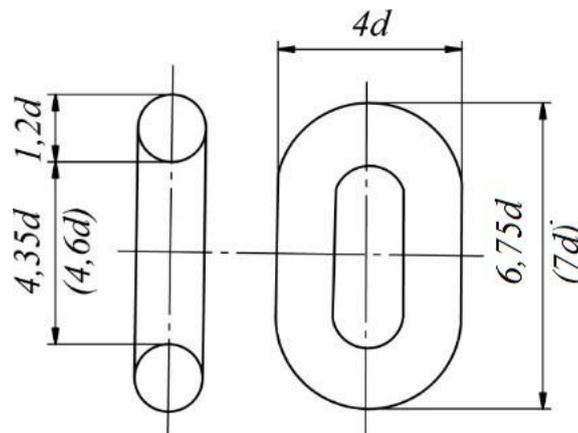
.3 температура втулки не повинна перевищувати максимальну робочу температуру, встановлену виробником, і в жодному разі не повинна перевищувати:

- температури деформації при нагріванні і бути нижчою за неї на 20°C, для нееластомерних матеріалів;

- 50°C для еластомерних матеріалів, або окремо обумовлюватися в кожному випадку.

7. ЯКІРНІ І ШВАРТОВНІ ЛАНЦЮГИ

В пункті 7.1.3.3 рис. 7.1.3-3 замінюється на наступний:



9. ТИТАНОВІ СПЛАВИ

В пункті 9.2.3 зміст таблиці 9.2.3-3 замінюється:

«Таблиця 9.2.3-3 Механічні властивості поковок і штампованих заготовок»

Сплав	Напрямок вирізання зразків	Границя плинності, min, $R_{p0.2}$, МПа	Тимчасовий опір, min, R_m , МПа	Діаметр або товщина (стілки), мм	Відносне подовження, min, A_{5d} , %	Відносне звуження, Z, %	Ударна в'язкість КСУ, кДж/м ²
1	2	3	4	5	6	7	8
ПТ-ЗВ	Уздовж	589	638	До 100 вкл.	6-10	25	687
				Від 100 до 200 вкл.	9	25	
				Від 200 до 450 вкл.	8	22	
				Від 450 до 650 вкл.	7	22	
		540	589	До 100 вкл.	7	20	589

Сплав	Напрямок вирізання зразків	Границя плинності, min, $R_{p0,2}$, МПа	Тимчасовий опір, min, R_m , МПа	Діаметр або товщина (стілки), мм	Відносне подовження, min, A_{5d} , %	Відносне звуження, Z, %	Ударна в'язкість КСУ, кДж/м ²
1	2	3	4	5	6	7	8
	Тангенціальне (поперечне)			Від 100 до 200 вкл.	7	15	
				Від 200 до 450 вкл.	6	15	
				Від 450 до 650 вкл.	5	13	
5В	Уздовж	755	805	До 100 вкл.	9	22	491
				Від 100 до 650 вкл.	8	18	
	Тангенціальне			Від 120 до 200 вкл.	7	15	
				Від 200 до 650 вкл.	5	11	
37	Уздовж	764	815	До 200 вкл.	10	22	491
				Від 200 до 650 вкл.	7	17	
	Тангенціальне	736	786	Від 120 до 200 вкл.	9	18	
				Від 200 до 650 вкл.	6	12	

текст пункту 9.4.2.1 викладається в новій редакції: «9.4.2.1 Хімічний склад матеріалу з титанових сплавів вибирається в залежності від необхідних механічних властивостей при кімнатній та розрахунковій підвищеній температурах, при цьому вміст водню не повинен перевищувати:

- для холоднодеформованих труб – 0,005%;
- для гарячедеформованих труб - 0,005%;
- для зварних труб – 0,007%»;

текст пункту 9.4.3.1 викладається в новій редакції: «9.4.3.1 Титанові сплави для суднових трубних систем за рівнем міцності класифікуються таким чином:

- ВТ1-00, ВТ1-0, ПТ-1М - з межею плинності ≥ 200 МПа;
- ПТ-7М - з межею плинності ≥ 400 МПа;
- ПТ-3В - з межею плинності ≥ 600 МПа.

Механічні властивості труб із титанових сплавів повинні задовольняти вимоги діючих міжнародних та/або технічної документації»;

до пункту 9.4.3.3 додається нова таблиця 9.4.3.3-4:

«Таблиця 9.4.3.3-4 Механічні властивості холоднодеформованих труб із титанових сплавів (у тому числі зі спіральними ребрами) з ультрадрібнозернистою структурою

Марка сплаву	Тимчасовий опір розриву R_m , МПа	Умовна межа плинності $R_{p0,2}$, МПа	Відносне подовження A_5 , %	Тимчасовий опір розриву R_m , МПа	Умовна межа плинності $R_{p0,2}$, МПа
	не менше				
	при температурі 20°C			при температурі 350°C	
ПТ-7М	580-770	430	20	345	220

12 ПРОДУКТИ АДИТИВНОГО ВИРОБНИЦТВО

Частина XIII доповнюється новим розділом 12 наступного змісту:

«12 Продукти адитивного виробництва

12.1 Загальні положення

12.1.1 Вимоги цього розділу поширюються на напівфабрикати, кінцеві вироби та інші продукти, що отримуються методами адитивного синтезу і застосовуються для виготовлення елементів корпусу, деталей механізмів, пристроїв та інших компонентів судна, які є об'єктами технічного нагляду Регістру відповідно до Номенклатури Регістру.

12.1.2 Відповідно до вимог 1.1.4 всі зазначені в цьому розділі продукти повинні виготовлятися визнаними відповідно до 1.3.1.2 підприємствами.

12.1.3 Вимоги цього розділу поширюються на продукти, що утворюються з металевих матеріалів.

12.1.4 Застосування методів адитивного синтезу та матеріалів іншої природи, ніж описані в цьому розділі, може бути допущено Регістром після проведення досліджень під наглядом Регістру. Метою досліджень є визначення експлуатаційних властивостей продукту, а їх обсяг визначається вимогами споживача. При цьому продукт може бути допущений відповідно до вимог 1.6 частини III «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів та виробів.

12.2 Визначення та пояснення

12.2.1 У цьому розділі прийняті наступні визначення та пояснення.

Адитивне виробництво (AB), адитивний синтез — процес виготовлення напівфабрикатів, виробів та інших продуктів, який базується на створенні фізичного об'єкта за електронною геометричною моделлю шляхом додавання матеріалу, як правило, шар за шаром, на відміну від віднімального (субтрактивного) виробництва (механічної обробки) та традиційного формоутворювального виробництва (лиття, штампування).

Адитивний продукт — напівфабрикат, виріб або інший продукт, що отримується в процесі адитивного виробництва.

Прекурсор — вихідний формоутворювальний матеріал у стані, що передував синтезу адитивного продукту.

Прототип — напівфабрикат або виріб, що отримується за допомогою методів, описаних в цій частині Правил. До прототипів відносяться, зокрема: прокат, штампування, виливки, поковки тощо. Також прототипом може бути напівфабрикат, отриманий відповідно до національних і міжнародних стандартів.

12.3 МЕТАЛЕВІ АДИТИВНІ ПРОДУКТИ

12.3.1 Загальні положення.

12.3.1.1 Ці вимоги поширюються на металеві напівфабрикати, кінцеві вироби судових пристроїв і деталей судового машинобудування із металів, виготовлених із застосуванням методів адитивного виробництва.

В якості прекурсорів може використовуватися металевий порошок, зварювальний дріт або зварювальна стрічка. Як правило, необхідна для синтезу енергія підводиться за допомогою лазерного променя, електронного променя, плазми, електричної дуги або інших способів.

12.3.1.2 До цього розділу включені вимоги до матеріалу адитивних продуктів щодо обсягу проведення необхідних випробувань, приймальних характеристик і якості поверхні.

12.3.1.3 Вибір застосовуваної конкретної марки металу для виготовлення адитивних продуктів знаходиться в області відповідальності виробника. Коректність вибору підтверджується результатами випробувань, зазначених у цьому розділі.

12.3.1.4 Позначення марок матеріалів проводиться відповідно до національних і міжнародних стандартів.

12.3.2 Виробництво.

12.3.2.1 Адитивні продукти виготовляються за специфікаціями, ТУ, стандартами або іншими нормативними документами, відповідно до яких здійснюється поставка.

12.3.2.2 Визнання Регістром підприємств-виготовлювачів адитивних продуктів повинно здійснюватися відповідно до 1.4 частини III «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден та виготовленням матеріалів і виробів. Сфера дії виданого

Свідоцтва визнання виготовлювача (СВВ) поширюється на оглянуті види металу та методи адитивного синтезу. При цьому, крім вимог інших розділів Правил, СВВ повинно містити:

- типи (сталь, титанові сплави або інші сплави, композиції тощо);
- види (вуглецева сталь, корозійно-стійка сталь тощо);
- класи або категорії (AF-7, BT6 тощо);
- метод синтезу (лазерне наплавлення (Directed Energy Deposition DED, Direct Metal Deposition DMD), селективне лазерне плавлення (Selective laser melting SLM) тощо);
- типи застосовуваних прекурсорів (порошок, дріт, стрічка тощо);
- максимальні габаритні розміри продукту;
- застосовані умови поставки;
- метод поверхневого ущільнення.

12.3.2.3 Відповідальність виготовлювача повинна визначатися нормативним документом на поставку і гарантувати відповідність адитивного виробництва і властивостей адитивного продукту вимогам, що висуваються нормативним документом і цією частиною Правил. Якщо системою контролю виявлено випадки зниження показників якості продукції, виробник повинен їх ідентифікувати та вжити необхідних заходів для їх запобігання. Звіт про виконані дослідження та відповідні заходи повинен надаватися представнику Регістру.

12.3.2.4 При огляді підприємства повинна бути надана нормативна документація, що регламентує режими технологічного процесу виробництва, такі як потужність застосовуваного випромінювання, швидкість наплавлення тощо. Виготовлювач відповідно до вимог **12.3.2.3** несе відповідальність за подальше дотримання всіх згаданих технологічних режимів у процесі виготовлення продуктів адитивного виробництва. Відповідні реєстраційні записи повинні контролюватися виготовлювачем і надаватися представнику Регістру під час огляду.

Допускаються відхилення від встановлених режимів синтезу за умови відповідності якості виготовлюваної продукції вимогам, що пред'являються до матеріалу продукції. Виявлені відхилення повинні бути узгоджені із Регістром.

12.3.2.5 Синтез адитивних продуктів повинен виконуватися із застосуванням металевих порошків, поєднання зварювального дроту із захисним газовим або інертним середовищем, поєднання зварювального дроту або стрічки та флюсу. Контроль хімічного складу прекурсорів здійснюється виготовлювачем адитивного продукту з метою підтвердження відповідності міжнародним та національним стандартам, технічним умовам, технічним вимогам, специфікаціям або іншим нормативним документам.

Якщо прекурсор виготовлений на одному підприємстві, а синтез адитивних продуктів з них проводиться на іншому підприємстві, інспектору повинен бути наданий сертифікат підприємства – виготовлювача прекурсорів, що вказує номер партії і, як мінімум, хімічний склад.

12.3.2.6 Кожна партія прекурсорів повинна піддаватися вхідному контролю, що включає наступні параметри:

- перевірку супровідної документації (сертифіката підприємства);
- перевірку упаковки;
- перевірку хімічного складу;
- перевірку гранулометричного складу порошків, якщо це застосовне;
- перевірку насипної щільності та плинності порошків, якщо це застосовне.

Визначення хімічного та гранулометричного складів, насипної щільності та плинності порошків виконуються за методиками, які повинні бути включені до складу програми випробувань, що схвалюється Регістром. Вхідний контроль повинен проводитися не більше ніж за місяць до початку адитивного виробництва.

У випадку виявлення суттєвих дефектів структури металу продукту, Регістр може вимагати перевірку геометричних та інших параметрів прекурсорів.

У разі вторинного застосування прекурсорів, виготовлювач повинен забезпечити належні умови їх зберігання, а також здійснювати контроль їх технологічних властивостей і геометричних параметрів. Такі прекурсори в обов'язковому порядку повинні проходити просіювання агломерацій. При цьому призначена для відбору проб область продукту повинна бути виготовлена з прекурсору найгіршої якості, якщо для вирощування застосовуються різні прекурсори.

12.3.2.7 Вхідний контроль зварювального дроту, стрічки та флюсу, що застосовуються для виготовлення адитивних продуктів, повинен проводитися відповідно до вимог розділу 4 частини XIV «Зварювання» цих Правил або відповідних національних та міжнародних стандартів.

12.3.2.8 Методи випробувань матеріалу адитивних продуктів на розтягування, ударний вигин, металографічні дослідження, випробування на стійкість до міжкристалітної, щільної та пітінгової корозії, визначення α -фази тощо, повинні відповідати вимогам підрозділу 2.2 та/або допущених Регістром до застосування відповідних національних і міжнародних стандартів.

12.3.2.9 При виборі марки матеріалу прекурсору повинні бути представлені обґрунтування вибору цих матеріалів в частині досягнення необхідних експлуатаційних властивостей, виходячи з функціонального призначення виробу і вимог відповідних розділів цієї частини Правил до прототипів і/або документів на поставку до хімічного складу прототипів.

12.3.2.10 При узгодженні з Регістром вимог до механічних властивостей матеріалу адитивних продуктів повинні бути враховані вимоги цієї частини Правил до прототипів та/або документів на поставку, а також вимоги, що визначаються призначенням виробу в частині мінімальних температур експлуатації, можливого впливу корозійно-активного середовища, циклічності експлуатаційних навантажень та інших умов експлуатації.

12.3.2.11 Вибір стану постачання визначається необхідною якістю адитивного продукту, що забезпечує отримання механічних властивостей, які, в свою чергу, визначаються документами на поставку. Якщо не обумовлено інше, допускаються такі стани поставки:

- у стані без термічної обробки;
- дифузійний (гомогенізуючий) відпал;
- нормалізація;
- термічне поліпшення (гартування з відпуском).

Параметри додаткової термічної обробки повинні бути включені до документації, що регламентує режими технологічного процесу виробництва.

12.3.2.12 Виробник повинен звернути увагу споживача на схильність до втоми матеріалу, а також на глибину поверхневого шару продукту з високою неоднорідністю, якщо такі мають місце.

12.3.3 Відбір проб.

12.3.3.1 Перед початком підготовки схеми відбору проб виробник повинен надати обґрунтування вибору цільової структури матеріалу. Вибір місця відбору проб або технологія синтезу проб-свідків повинні ґрунтуватися на необхідності контролю найгірших властивостей і структури матеріалу та/або найбільш відповідальних ділянок з точки зору умов експлуатації продукту. Реєстру повинен бути представлений аналіз відмінності очікуваних властивостей і структури шарів адитивного продукту.

12.3.3.2 Як правило, з метою проведення передбачених випробувань синтезують додатковий до партії продукт, який підлягає обробці для виготовлення зразків. Такий продукт повинен бути виготовлений за тією ж технологією, на тому ж обладнанні, з тієї ж партії прекурсору і з тією ж термічною обробкою, що і продукти партії.

12.3.3.3 Допускається відбір проб з додаткової частини до тіла адитивного продукту із партії. Схеми відбору проб і вирізання зразків повинні вказуватися в конструкторській документації та/або в програмі випробувань, схваленій Регістром. При цьому виробником має бути попередньо доведено, що додавання додаткової частини до продукту не має істотного впливу (як позитивного, так і негативного) на якість і властивості шарів продукту. Відбір проб і виготовлення зразків слід проводити після закінчення всіх видів термічної обробки продуктів.

12.3.3.4 Також допускається адитивний синтез окремих від продукту проб-свідків, для проведення передбачених випробувань і контролю. Окремі проби повинні виготовлятися послідовно з продуктами партії з прекурсору тієї ж партії, на тому ж обладнанні, що і вся партія. Технологія синтезу проб-свідків повинна забезпечувати отримання структури і властивостей, що відповідають матеріалу продукту.

Така відповідність повинна бути попередньо доведена Реєстру. У цьому випадку розміри проби по товщині і діаметру можуть відрізнятися від максимальних розмірів адитивного продукту не більше, ніж на 25 %, або з припуском на механічну обробку не менше ніж 1 мм, дивлячись що менше.

Окремо виготовлені проби повинні пройти термічну обробку в одній садці з представленим до огляду адитивним продуктом.

12.3.3.5 Розміри зразків повинні забезпечувати виконання необхідних і можливих повторних випробувань.

12.3.3.3 Зразки для механічних випробувань і контролю мікроструктури з урахуванням можливої анізотропії властивостей вирізаються у двох напрямках по відношенню до напрямку синтезу, тобто поздовжні осі зразків повинні бути відповідно паралельні та перпендикулярні до напрямку вирощування адитивного продукту.

12.3.4 Обсяг випробувань.

12.3.4.1 Види випробувань, яким повинні бути піддані адитивні продукти, наведені в табл.12.3.4.1. Випробування, які повинні бути проведені при поставках під технічним наглядом Регістру, відзначені знаком «+».

Таблиця 12.3.4.1 Види випробувань адитивних продуктів

Визначальні характеристики	Види матеріалів		
	Низьколеговані сталі	Корозійно-стійкі сталі	Титанові сплави
Хімічний склад	+	+	+
Випробування на розтягнення при 20°C	+	+	+
тимчасовий опір R_m	+	+	+
межа плинності $R_{0,2}$	+	+	+
відносне подовження A_5	+	+	+
відносне звуження Z	+	+	+
межа витривалості σ_R^1	+	+	+
Робота руйнування при ударному згині при мінімальній температурі експлуатації	+	+	+
Контроль мікроструктури	+	+	+
Контроль α -фази	-	+ ²	-
Стійкість до міжкристалітної корозії	-	+	-
Стійкість до піттингової та щілинної корозії	-	+	-
Неруйнівний контроль	+	+	+

Примітка: типи зразків і методики випробувань повинні відповідати вимогам розділу 2 цієї частини Правил.
¹Якщо кінцевий виріб буде витримувати циклічне навантаження
²Для сталей аустенітного класу до проведення термічної обробки

12.3.4.2 Адитивні продукти подаються на випробування партіями або поштучно. У разі огляду партії адитивних продуктів, випробуванням на визначення механічних властивостей піддається один продукт з партії. Неруйнівному контролю піддається кожен продукт партії.

Партія повинна складатися з адитивних продуктів одного найменування і сортаменту, виготовлених з прекурсору однієї партії, при однакових технологічних параметрах процесу синтезу, а термічна обробка проведена в одній садці. Обсяг партії також обмежується сумарною масою адитивних продуктів в 200 кг.

Адитивні продукти з низьколегованих сталей, призначені для застосування при температурах експлуатації нижче -30 °C, подаються до випробувань поштучно.

12.3.4.3 Якщо не вказано інше, з кожної проби виготовляється мінімальна кількість зразків згідно з табл. 12.3.4.3.

Таблиця 12.3.4.3

Види випробувань	Кількість зразків
Визначення хімічного складу	Один
Випробування на розтяг	По три зразку для кожного із двох напрямків
Визначення роботи удару	По три зразку для кожного із двох напрямків
Стійкість до міжкристалітної корозії	4 (два зразка контрольні)
Стійкість до піттингової та щілинної корозії	По три зразку на кожний вид випробувань
Контроль мікроструктури	По одному зразку для двох площин виготовлення шліфу

12.3.4.4 Повторні випробування матеріалу адитивних продуктів виконуються відповідно до **1.3.2.3**. При повторних випробуваннях визначаються ті характеристики, за якими були отримані незадовільні результати. При цьому обсяг випробувань подвоюється.

12.3.5 Неруйнівний контроль.

12.3.5.1 Неруйнівний контроль адитивних продуктів може виконуватися наступними методами::

- зовнішнім оглядом і вимірюванням;
- радіографічним;

Застосування та обсяг інших методів контролю повинні бути узгоджені із споживачем.

12.3.5.2 Неруйнівний контроль проводиться відповідно до 3.2 частини XIII «Зварювання» Правил класифікації та побудови морських суден відповідно до обраних прототипів та/або національних і міжнародних стандартів, допущених Регістром до застосування.

12.3.5.3 Неруйнівний контроль напівфабрикатів гребних гвинтів здійснюється на підставі вимог **3.12.7** або **4.2.7** залежно від обраного матеріалу прекурсору.

12.3.6 Якість поверхні.

12.3.6.1 Об'єкт застосування адитивних продуктів повинен мати якість поверхні, що відповідає вимогам конструкторської документації та/або національних і міжнародних стандартів.

Якість поверхні та структура поверхневого шару адитивного продукту повинні бути враховані при проектуванні електронної геометричної моделі, подальшій механічній обробці та експлуатації. Система якості виготовлювача повинна забезпечувати необхідний обсяг перевірки поверхні продукту і поверхневого шару проб, що передують поставці продукту споживачеві. При виявленні дефектів поверхні матеріалу на завершальних стадіях виробництва можливе проведення ремонту відповідно до **12.3.6.2.3**. Ремонт продукту повинен бути узгоджений зі споживачем.

12.3.6.2 Критерії приймання.

12.3.6.2.1 Критерії приймання адитивного продукту повинні бути узгоджені зі споживачем і представлені в документах на поставку.

12.3.6.2.2 Тріщини, плями, розшарування, загострені краї та інші дефекти, видимі на поверхні, а також такі, що перешкоджають кінцевому використанню продукції, вимагають застосування вирубки або зачищення з подальшим ремонтом.

12.3.6.2.3 Усунення дефектів поверхні.

12.3.6.2.3.1 Зачищення дефектів без наплавлення допускається за таких умов:

- усунення дефектів поверхні місцевим зачищенням допускається на глибину не більше 7 % номінальної товщини, але в усіх випадках не більше 3 мм;
- площа області окремих місць зачищення повинна бути не більше 1 % загальної площі адитивного продукту;
- сумарна площа зачищення повинна бути не більше 2 % загальної площі адитивного продукту.

При цьому дефекти, розташовані один до одного на відстані ближче, ніж їх середня ширина, вважаються областю єдиного дефекту.

Зачищена поверхня повинна мати плавний перехід в навколишню поверхню продукту. Повне усунення дефекту повинно бути підтверджено магнітопорошковим або капілярним методом контролю.

12.3.6.2.3.2 Відновлення поверхні після вибірки дефектів.

Виправлення дефектів адитивних продуктів методом наплавлення слід проводити із застосуванням прекурсорів тієї ж марки, з якої виготовлені адитивні продукти.

Технологічний процес виправлення поверхневих дефектів методом наплавлення повинен бути представлений Регістру для затвердження. Виправлення дефектів повинно супроводжуватися проведенням подальшого неруйнівного контролю.

12.3.6.2.3.3 На усунення дефектів напівфабрикатів гребних гвинтів поширюються вимоги **3.12.9** або **4.2.8** залежно від обраного матеріалу прекурсору.

12.3.7 Маркування та документи.

12.3.7.1 Ідентифікація, маркування та видані документи повинні відповідати вимогам **1.4**.

12.3.7.2 Кожен адитивний продукт повинен супроводжуватися Свідоцтвом Регістру.».

ЧАСТИНА XIV ЗВАРЮВАННЯ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил:

Розділи/підрозділи/ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
Розділ 1			
1.2.1	Текст доповнений новими визначеннями: <i>Зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП), Погонна енергія</i>		
1.5.3	Підрозділ доповнений новим пунктом з вимогами до умовних позначень зварних з'єднань на кресленнях	ДСТУ ISO 2553	
Розділ 2			
2.1.4.2	Текст доповнений вимогами щодо попереднього підігріву кромок перед зварюванням та новою таблицею 2.1.4.2		
2.1.7	Уточнені вимоги щодо обробки кромок перед зварюванням	ДСТУ EN ISO 9692-1	
2.1.12	Зміни редакційного характеру		
2.2.4	До таблиці 2.2.4 внесені редакційні правки		
2.2.4.9	До підрозділу додається новий пункт із вимогами до категорії зварювальних матеріалів для зварювання сталей підвищеної міцності		
2.2.5.1	Відкориговані обмеження щодо області застосування марки зварювального матеріалу для зварювання сталі високої міцності	УВ МАКТ W23 Rev.2 Corr.1	
2.2.5.2	До таблиці 2.2.5-2 внесені зміни редакційного плану		
2.2.5.4	Зміни редакційного порядку	УВ МАКТ W23 Rev.2 Corr.1	
2.2.5.8, 2.2.5.9	Текст вимог щодо зварювання сталей високої міцності зі сталями нормальної або підвищеної міцності приведено у відповідність до УВ МАКТ	УВ МАКТ W23 Rev. 2 Corr.2	
2.2.7	Таблиці 2.2.7-1 і 2.2.7-2 приведені у відповідність до національних та міжнародних стандартів	ДСТУ EN ISO 15614-2	
2.5.7	Текст останнього абзацу анулюється		
2.8.1	Уточнені вимоги щодо зварювання плакованої сталі		
2.10.1	Уточнено перелік процесів зварювання алюмінію і його сплавів		
2.10.2	Зміни редакційного порядку		
2.10.10	Підрозділ доповнюється новим пунктом із вимогами до	ДСТУ EN ISO 25239	

	застосування зварювання тертям із перемішуванням		
2.12.6 , 2.12.7	Підрозділ доповнюється новими пунктами із вимогами до зварювання сталі категорії УН47	УВ МАКТ 31 Rev.2 Dec 2019	
2.13.6	Зміни редакційного характеру		
2.14	Розділ доповнений новим підрозділом з вимогами до зварювання конструкцій, виготовлених з термопластиків		
2.15	Розділ доповнений новим підрозділом з вимогами до зварювання конструкцій під водою або із зворотної сторони яких знаходиться вода		
2.16	Розділ доповнений новим підрозділом з вимогами до лазерного і гібридного лазерне-дугового зварювання		
Розділ 3			
3.1.1.1	Текст пункту доповнений вдосконаленими методами (ANDT) контролю зварних з'єднань	УВ МАКТ W33 Dec 2019+Rev.1 May 2020 УВ МАКТ W34 Dec 2019	
3.1.1.2	До таблиці 3.1.1.2-1, 3.1.1.2-2 внесені зміни редакційного характеру	УВ МАКТ W34 Dec 2019	
3.1.1.3	Підрозділ доповнений новою таблицею 3.1.1.3	УВ МАКТ W34 Dec 2019	
3.1.2.1	Зміни редакційного характеру		
3.1.2.2.1 , 3.1.2.2.2 , 3.1.2.2.3	Тексти пунктів із вимогами до кваліфікації персоналу, який виконує неруйнівний контроль	УВ МАКТ W33 Dec 2019 +Rev.1 May 2020 УВ МАКТ W34 Dec 2019	
3.1.3.1	Уточнені вимоги щодо обсягу проведення неруйнівного контролю	УВ МАКТ W33 Dec 2019 +Rev.1 May 2020 УВ МАКТ W34 Dec 2019	
3.1.3.3	Уточнена відповідальність підприємства за забезпечення дотримання процедур контролю	УВ МАКТ W33 Dec 2019 +Rev.1 May 2020	
3.1.3.4	Уточнені вимоги до проведення повторного контролю	УВ МАКТ W33 Dec 2019 +Rev.1 May 2020	
3.1.5.1	Уточнені вимоги щодо якості поверхонь при проведенні неруйнівного контролю, приймального та дублюючого контролю	УВ МАКТ W33 Dec 2019 +Rev.1 May 2020	
3.1.5.2	Зміни редакційного характеру	УВ МАКТ W33 Dec 2019 +Rev.1 May 2020	
3.2.1.1	Уточнені посилання на стандарти візуального та вимірювального контролю	УВ МАКТ W33 Dec 2019 +Rev.1 May 2020	
3.2.1.2	Зміни редакційного характеру		

3.2.1.5	До тексту під рисунком 3.2.1.5 внесені зміни редакційного характеру		
3.2.1.8	Зміни редакційного характеру		
3.2.2.4	Уточнені вимоги до температури контрольованих поверхонь	УВ МАКТ W34 Dec 2019	
3.2.4.1	Уточнені вимоги до стану контрольованих поверхонь при проведенні радіографічного контролю	УВ МАКТ W34 Dec 2019	
3.2.4.13, 3.2.4.13.1, 3.2.4.13.2	Зміни редакційного характеру	УВ МАКТ W34 Dec 2019	
3.2.4.13.4	Додано новий пункт і таблиця 3.2.4.13.4 щодо інформації до радіографічного контролю із застосуванням цифрових детекторів	УВ МАКТ W34 Dec 2019	
3.2.14.13.5	Додано новий пункт щодо вибору рівня контролю для цифрової радіографії	УВ МАКТ W34 Dec 2019	
3.2.5.6	Зміни редакційного характеру		
3.2.5.20	До підрозділу додано новий пункт із вимогами до ультразвукового контролю із застосуванням фазованої решітки	УВ МАКТ W34 Dec 2019	
3.2.5.21	До підрозділу додано новий пункт із вимогами до контролю дифракційно-часовим методом	УВ МАКТ W34 Dec 2019	
3.2.6.5	Текст пункту доповнюється додатковими вимогами до звіту	УВ МАКТ W33 Dec 2019 +Rev.1 May 2020	
3.2.6.7	Підрозділ доповнюється новим пунктом з додатковими вимогами до звітних даних щодо даних про виправлення зварних з'єднань	УВ МАКТ W33 Dec 2019 +Rev.1 May 2020	
3.2.7÷3.2.11	Підрозділ доповнюється новими пунктами щодо вимог до проведення контролю вдосконаленими методами (ANDT)	УВ МАКТ W34 Dec 2019	
3.3.1	Тексти 3 та 4 абзаців після формули визначення кількості ділянок N викладаються в новій редакції	УВ МАКТ W33 Dec 2019 +Rev.1 May 2020	
3.3.1	В таблиці 3.3.1 внесені зміни редакційного характеру		
3.3.2	До таблиці 3.3.2 додано від зварного з'єднання «Локальне»		
3.3.3	Таблиця 3.3.3 доповнена обсягами контролю кутових (з фланцями) з'єднань		
3.3.5	Зміни редакційного характеру		
3.3.8	Підрозділ доповнюється новим пунктом щодо аналізу якості зварних з'єднань	УВ МАКТ W33 Dec 2019 +Rev.1 May 2020	
3.3.10	Підрозділ доповнений новим пунктом із вимогами щодо неруйнівного контролю швів зварних з'єднань конструкцій з		

	алюмінієвих сплавів, отриманих процесом зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП)		
3.4.1.3	Текст пункту доповнюється уточненням рівня якості зварних з'єднань металоконструкцій, деталей та механізмів вантажопіднімальних пристроїв	ДСТУ EN ISO 5817	
3.4.2	Зміни редакційного характеру		
3.4.5.3	Змінено форматування таблиці 3.4.5.3		
3.4.6.3	Номер пункту замінюється на 3.4.6.4 Текст пункту (новий) доповнюється уточненням щодо оцінки результатів УТ	УВ МАКТ W33 Dec 2019 +Rev.1 May 2020	
3.4.7	Підрозділ доповнений вимогами щодо оцінки якості зварних з'єднань за результатами контролю удосконаленими методами	ДСТУ EN ISO 19285 ДСТУ EN ISO 15626 ДСТУ EN ISO 10675	
3.5.5	Підрозділ доповнений новим пунктом і таблицею 3.5.5 із вимогами до оцінки якості зварних з'єднань конструкцій із алюмінієвих сплавів, отриманих процесом зварювання тертям з перемішуванням ЗТП	ДСТУ EN ISO 25239-5	
Розділ 4			
4.1.1.2 , 4.1.2.6	Зміни редакційного характеру		
4.1.4.3	Підрозділ доповнений новим пунктом із умовами щодо поновлення дії ССЗМ		
4.1.5.4	У другому абзаці текст доповнений додатковими вимогами щодо випробувань при поновленні ССЗМ		
4.1.8.1	Текст пункту доповнюється випадком схвалення поєднання зварювальних матеріалів, що виробляються різними виготовлювачами		
4.2.2.2.2 , 4.2.2.3	Зміни редакційного характеру		
4.6 , 4.6.1.1 , 4.6.1.2г , 4.6.2.1 , 4.6.3.2 , таблиці 4.6.2.3-1 , 4.6.2.3-2	Зміни редакційного характеру		
4.7.1.3	У четвертому абзаці пункту додається нова категорія зварювального матеріалу Y47	УВ МАКТ W31 Rev.2 Dec 2019	
4.7.2.4 , 4.7.3.3 , 4.7.4.2	Таблиці 4.7.2.3, 4.7.3.3, 4.7.4.2 доповнюються вимогами до зварювального матеріалу категорії Y47	УВ МАКТ W31 Rev.2 Dec 2019	
4.8.3.2	В таблиці 4.8.3.2 уточнені номери процесів зварювання		
4.9.1.3	Назва таблиці 4.9.1.3-1 замінена. Таблиця 4.9.1.3-2 анульована		

4.9.3.6	Зміст таблиці 4.9.3.6 замінено		
4.11	Підрозділ доповнюється новим пунктом із вимогами до зварювальних матеріалів для зварювання мідних сплавів		
Розділ 5			
5.1.3	Текст пункту доповнюється новим абзацом щодо вимог до атестації та допуску зварювальників для зварювання тертям з перемішуванням алюмінієвих сплавів	ДСТУ EN ISO 25239-3	

ЧАСТИНА XIV ЗВАРЮВАННЯ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Пункт 1.2.1 доповнюється новими визначеннями:

«Зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП) (friction stir welding (FSW)) — процес з'єднання, в результаті якого зварний шов утворюється за рахунок нагріву тертям до пластичного стану і перемішування матеріалу зварюваних кромки в результаті одночасного обертання та переміщення зварювального інструменту вздовж лінії з'єднання (див. ДСТУ EN ISO 25239 -1)*.».

*ДСТУ EN ISO 2523901 (EN ISO 25239-1:2020 IDT, ISO 25239-1:2020 IDT) Зварювання тертям з перемішуванням. Алюміній. Частина 1. Словник термінів.

«Погонна енергія E_1 — електрична енергія, що витрачається на довжину одиниці шва та обчислюється за формулою $E_1 = I U / 1000v$ кДж/см,

де I — зварювальний струм, А;

U — зварювальна напруга, В;

v — швидкість зварювання, см/с.».

Підрозділ 1.5 доповнюється новим пунктом 1.5.3 наступного змісту: «1.5.3 Умовні позначення зварювальних з'єднань на кресленнях суднових конструкцій повинні бути виконані відповідно до ДСТУ ISO 2553*.

Примітка: *ДСТУ ISO 2553 (ISO 2553:20196 IDT) Зварювання та споріднені процеси. Умовні позначки на кресленнях. Зварні з'єднання.».

2 ТЕХНОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ДО ЗВАРЮВАННЯ

2.1.4.2 Текст 4 абзацу замінюється на наступний: «Попередній підігрів кромки перед зварюванням для сталей нормальної міцності повинен виконуватися за температури навколишнього повітря нижче -5°C ; для сталей підвищеної міцності — нижче 0°C . Для сталей високої міцності попередній підігрів кромки перед зварюванням повинен виконуватися при температурі навколишнього повітря відповідно до табл. 2.1.4.2.

Таблиця 2.1.4.2 Вимоги до температури підігріву при зварюванні сталей високої міцності

Категорія сталі, що зварюється	Товщина металу, мм	Температура навколишнього повітря, $^{\circ}\text{C}$	Вміст дифузійного водню в наплавленому металі, $\text{см}^3/100\text{ г}$	Мінімальна температура підігріву, $^{\circ}\text{C}$
(A/F)690	До 130	Від 0 і вище	До 3,0 (НЗ) Понад 3,0 до 5,0 (Н5)	80 100
		Від 0 до -10	До 3,0 (НЗ) Понад 3,0 до 5,0 (Н5)	120 130
		Від -11 до -15	До 3,0 (НЗ)	На підставі рекомендацій виробника, узгоджених з Регістром
(A/F)690 и (A/F)550	До 40	Від 0 і вище	До 3,0 (НЗ) Понад 3,0 до 5,0 (Н5)	40 60
		Від 0 до -15	До 3,0 (НЗ) Понад 3,0 до 5,0 (Н5)	80 100
		Від -16 до -20	До 3,0 (НЗ)	На підставі рекомендацій виробника, узгоджених з Регістром
	41 — 100	Від 0 і вище	До 3,0 (НЗ) Понад 3,0 до 5,0 (Н5)	60 100
		Від 0 до -15	До 3,0 (НЗ) Понад 3,0 до 5,0 (Н5)	120 120
		Від -16 до -20	До 3,0 (НЗ)	На підставі рекомендацій виробника, узгоджених з Регістром

(A/F)500	До 40 вкл.	Від 0 и вище	До 3,0 (НЗ) Понад 3,0 до 5,0 (Н5) Понад 5,0 до 10,0 (Н10)	Без підігріву 40 60
		Нижче 0 до -15	До 3,0 (НЗ) Понад 3,0 до 5,0 (Н5)	60 80
		Нижче -15 до -20	До 3,0 (НЗ)	100
	Понад 40 до 100 вкл.	Від 0 и вище	До 3,0 (НЗ) Понад 3,0 до 5,0 (Н5)	60 80
		Нижче 0 до -15	До 3,0 (НЗ) Понад 3,0 до 5,0 (Н5)	
		Нижче -15 до -20	До 3,0 (НЗ)	На підставі рекомендацій виробника, узгоджених з Регістром

Примітки : 1. Таблиця встановлює мінімальний рівень вимог до температури підігріву та міжпрохідної температури для загартованої та відпущеної сталі за показником схильності до утворення холодних тріщин.
2. Для сталей категорій (A/F)500, виготовлених із застосуванням термомеханічної обробки з прискореним охолодженням і мають $S_{экв} \leq 0,41$ %, допускаються більш низькі температури підігріву і міжпрохідні температури.
3. Фактичні значення температур підігріву та міжпрохідної температури підлягають затвердженню Регістром на підставі випробувань щодо затвердження технологічних процесів зварювання, що включають контроль усіх обмежувальних параметрів для конкретного проекту (максимальна твердість зони термічного впливу, шва тощо).
4. Підігрів перед зварюванням регламентується для процесів зварювання з величиною погонної енергії, що не перевищує 3,5 кДж/мм.
5. Зварювання сталей з межею плинності більше 690 МПа виконується при позитивних температурах (вище 0 °С), у випадках виконання зварювальних робіт при негативних температурах (в інтервалі від 0 °С до -10 °С) низьколегованими зварювальними матеріалами значення мінімальної температури підігріву збільшуються на 50 °С. При температурах від -10 °С до -25 °С зварювання виконується виключно аустенітними зварювальними матеріалами з попереднім підігрівом крайок не менше 40 °С.

Для сталевих поковок і виливків корпусу судна зварювальні роботи допускається, як правило, при температурі навколишнього повітря до -15 °С.

Підігрів кромки деталей на ширині 100 мм в обидва боки від шва повинен проводитися перед зварюванням як мінімум до 20 °С.

Текст пункту **2.1.7** викладається в новій редакції: «**2.1.7** Оброблення кромки під зварювання повинне проводитися відповідно до ДСТУ EN ISO 9692-1 або іншим міжнародним стандартам, або за кресленнями, схваленими Регістром.».

3. Текст пункту **2.1.12** замінюється на наступний: «**2.1.12** Зварювання та різання під водою, а також зварювальні роботи на конструкціях, зі зворотного боку яких під час зварювання знаходиться вода, можуть бути допущені за схваленими Регістром технологічними інструкціями з урахуванням вимог **2.14.**».

2.2.4 У таблиці 2.2.4 у стовпцях 9 та 13 для сталей категорій F32, F46 та F40 та рядках 10.i.11 для категорій зварювальних матеріалів з індексами 4Y та 4Y40 вводиться виноска «²» з наступним текстом: «²Див. **2.2.4.9.**».

Наприкінці пункту **2.2.4.8** вираз «..» замінюється на вираз «;».

Пункт доповнюється новим підпунктом **2.2.4.9** наступного змісту: «**9** для зварювання сталей підвищеної міцності категорій F32 - F40 залежно від ступеня відповідальності та умов експлуатації конструкцій може бути призначений більш високий цифровий індекс категорії зварювальних матеріалів з охолодження (наприклад, 5Y замість 4Y і 5Y40 замість 4Y40).».

2.2.5 Текст пункту **2.2.5.1** замінюється на новий: «**1** область застосування марки зварювального матеріалу має такі обмеження для зварювання основного металу в залежності від його рівня міцності, як зазначено в табл.2.2.5-2:

- сфера застосування зварювальних матеріалів, схвалених на рівні міцності Y42, Y46 та Y50, може поширюватися на зварювання сталей з двома нижчими рівнями міцності, щодо того рівня, на який вони були схвалені;

- область застосування зварювальних матеріалів, схвалених на рівні міцності Y55, Y62 та Y69, може поширюватися на зварювання сталей з одним нижчим рівнем міцності щодо того рівня, на який вони були схвалені;

- сфера застосування зварювальних матеріалів, схвалених на рівень міцності Y89, може поширюватися на зварювання сталей з таким же рівнем міцності, на яку вони були схвалені.

- сфера застосування зварювальних матеріалів, схвалених на рівень міцності Y96, може поширюватися на зварювання сталей з одним нижчим рівнем міцності щодо того рівня, на який вони були схвалені.».

В таблиці 2.2.5-2 в другому рядку «Ідентифікація категорій сталі...» в стовбцях 8 і 9 вирази «(A/F)890» і «(A/F)960» замінюються на вирази: «(A/E)890» та «(A/E)960» відповідно.

В пункті 2.2.5.4 вираз «електрошлакового і електрогазового зварювання» замінюється на вираз: «електрошлакового зварювання та дугового зварювання з примусовим формуванням та газовим захистом.».

Текст пункту 2.2.5.8 замінюється на наступний: «8 у тих випадках, коли для зварювання конструкцій потрібні зварювальні матеріали категорій Y89 та Y96, а вимоги до конструкції допускають застосування зварного з'єднання з міцністю нижче, ніж у основного металу, можуть застосовуватися зварювальні матеріали, що відповідають нижчій категорії з табл. 2.2.5-2 для зварювання сталей високої міцності. Зазначені умови мають бути узгоджені з Регістром (мають бути подані технічні обґрунтування) у процесі схвалення технологічних процесів зварювання та позначені при оформленні Свідоцтва про схвалення технологічного процесу зварювання;».

Текст пункту 2.2.5 доповнюється новим підпунктом наступного змісту: «9 для зварювання сталі високої міцності зі сталями нормальної або підвищеної міцності, які значно відрізняються один від одного за характеристиками міцності (наприклад, F500 + D40, E500 + E40, E500 + A36) і для яких при виборі зварювальних матеріалів вимоги 2.2.5.1 не застосовувані, слід застосовувати за умови, що зварювальному матеріалу присвоєно категорію за температурою випробувань на ударний вигин не нижче 3Y (-20 °C), або зварювальні матеріали, призначені для зварювання стали більшою міцністю.».

2.2.7 Таблиця 2.2.7-1 замінюється наступним чином:

- останні 7 рядків зі сплавами 1530, 1550, 1561, 1565ч, 1575, 1581, AlSiMgMn видаляються;

- останні 7 колонок під заголовком «Національні» видаляються;

- таблиця доповнюється приміткою наступного змісту: «Примітка: ¹Категорії міцності зварного з'єднання згідно до ДСТУ EN ISO 18273, де R – основний метал (Rolled), W – присадочний матеріал для зварювання, A, B, C, D – категорія міцності зварного з'єднання відповідно до ДСТУ EN ISO 18273.

Таблиця 2.2.7-1

Категорія зварювального матеріалу	Суднобудівні алюмінієві сплави					
	Міжнародні					
	5754	5086	5083	5383, 5456	5059	6061, 6005A, 6082
RA/WA(5754)	+	-	-	-	-	-
RB/WB(5086)	+	+	-	-	-	-
RC/WC(5083)	+	+	+	-	-	+
RC/WC(5383)	+	+	+	+	-	+
RC/WC(5456)	+	+	+	+	-	+
RC/WC(5059)	+	+	+	+	+	+
RD/WD(6061)	-	-	-	-	-	+
RD/WD(6005A)	-	-	-	-	-	+
RD/WD(6082)	-	-	-	-	-	+

Таблиця 2.2.7-2 змінюється наступним чином:

- рядок національні матеріали та рядки нижче видаляються;

- колонка з назвою «Національні» та колонки нижче видаляються;

- примітка «²» з текстом видаляється;

- в тексті примітки «¹» вираз «міжнародних» замінюється на вираз «алюмінієвих», текст у дужках доповнюється виразом: «див. ДСТУ EN ISO 4063».

Таблиця 2.2.7-2

Марка зварювального матеріалу		Алюмінієві суднобудівні сплави				
		Міжнародні				
Позначення	Код хімічного складу	5086	5083	5383, 5456	5059	6061, 6005A, 6082
Міжнародні матеріали ¹						
–	AlMg3	–	–	–	–	–
5356	AlMg5	+	+	–	–	+
5183	AlMg4.5Mn	+	+	+	–	+
–	AlMg6Mn1	+	+	+	+	+

¹ Наведені позначення найбільш поширених присадкових матеріалів для зварювання алюмінієвих сплавів (способи зварювання 141 = TIG и 131 = MIG (див. ДСТУ EN ISO 4063)) згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 18273 або відповідними стандартами EN чи ISO.

2.5.7 Текст останнього абзацу анулюється.

2.8.1 Текст першого абзацу викладається в наступній редакції: «Способи зварювання плакованої сталі повинні бути схвалені Регістром.».

Текст четвертого абзацу доповнюється наступним текстом: «Допускається перед зварюванням зміщення кромки на величину до 10% від товщини листа, але не більше половини товщини плакуючого шару і не більше 3 мм при товщині плакуючого шару більше 6мм. При цьому виступаюча кромка стикового зварного з'єднання повинна бути перекрита посиленням зварного шва з плавним переходом до основного металу.».

2.10.1 Текст пункту викладається в новій редакції: «**2.10.1** Зварювальні роботи допускається проводити наступними процесами зварювання: 111, 131, 141, 43 (див. ДСТУ EN ISO 4063), які повинні забезпечувати якісне зварне з'єднання, максимальну його міцність, хімічний склад, близький до складу основного металу, та достатню стійкість проти корозії.».

2.10.2 Текст другого речення анулюється.

Підрозділ **2.10** доповнюється новим пунктом **2.10.10** наступного змісту: «**2.10.10 Застосування зварювання тертям із перемішуванням.**

Технологія зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП) повинно ґрунтуватися на вимогах стандарту ДСТУ EN ISO 25239*, або відповідними стандартами EN чи ISO.

Примітка: ДСТУ EN ISO 25239 (EN ISO 25239:2020, IDT, ISO 25239:2020, IDT) – серія стандартів «Зварювання тертям із перемішуванням. Алюміній».

За застосовними способами ЗТП поділяється на двостороннє однопровідне, двостороннє багатопровідне або одностороннє зварювання інструментом з регульованим наконечником.

Вимоги до атестації зварювальників-операторів та схвалення технологічних процесів ЗТП наведено у частини III «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за будівництвом суден та виготовленням матеріалів та виробів.

2.10.10.1 Застосування ЗТП допускається для стикових з'єднань, виконаних двостороннім однопровідним зварюванням, двостороннім багатопровідним зварюванням, або одностороннім зварюванням інструментом з регульованим наконечником.

ЗТП може виконуватися із застосуванням інструменту з одним заплечником (з регульованим наконечником) або із застосуванням інструменту з двома заплечниками (розділеними наконечником з фіксованою довжиною, без контролю тиску та розділеними наконечником з регульованою довжиною, з контролем тиску).

2.10.10.2 Для зварних з'єднань, що виконуються ЗТП без опорної поверхні, допускається застосування лише двостороннього однопровідного зварювання або двостороннього багатопровідного зварювання.

2.10.10.3 Зварювальне обладнання ЗТП.

Зварювальне обладнання та інструменти ЗТП повинні бути здатними виробляти зварні шви, що відповідають встановленим вимогам до рівня приймання.

Зварювальне обладнання повинне підтримуватись у працездатному стані та при необхідності ремонтуватись або регулюватись, що має бути встановлено у документах підприємства.

Після встановлення нового чи відремонтованого обладнання необхідно провести випробування на відтворюваність, щоб переконатися у правильній роботі обладнання, що повинне бути встановлене у документах підприємства.

Випробування на відтворюваність контрольних параметрів зварювальним обладнанням ЗТП повинні виконуватись з метою доказу здатності зварювального обладнання виконувати зварні шви, що відповідають нормам оцінки, зазначеним у 3.5. Для цієї мети здійснюється зварювання проб та проведення механічних випробувань зварювальних зразків в обсязі та відповідно до умов пройденої атестації технологічного процесу зварювання у таких випадках:

- після встановлення нового обладнання ЗТП;
- після зміни технології ЗТП;
- після зміни оснащення;
- після модифікації чи ремонту обладнання ЗТП;
- після виявлення відхилень від оптимальних параметрів ЗТП;
- при виявленні неприпустимих дефектів методами неруйнівного контролю після тривалої перерви в роботі зварювальника-оператора (після хвороби, відпустки тощо) тривалістю понад 30 календарних днів;
- після виконання нормативів щодо протяжності зварних швів, встановлених у технологічній документації підприємства-виготовлювача для певних товщин прокату.

Зварювальне обладнання ЗТП повинно забезпечувати автоматизований контроль та запис параметрів процесу зварювання з частотою не рідше одного вимірювання за 20мм зварювального шва для кожного параметра зварювання.

14. Підрозділ 2.12. доповнюється новими пунктами 2.12.6 і 2.12.7 наступного змісту: «**2.12.6 Зварювання сталі категорії УН47**

2.12.6.1 Короткі валики, що застосовуються для виконання прихваток та ремонтних робіт при зварюванні сталі категорії УН47, повинні мати довжину не менше ніж 50мм. Якщо значення $P_{cm} \leq 0,19$ (див. підрозділ 3.19 частини XIII «Матеріали»), довжина короткого валика може бути прийнята 25мм.

2.12.6.2 Попередній підігрів при температурі не вище 5 °С виконується до досягнення температури не нижче 50 °С при зварюванні сталей категорії УН47. Якщо значення $P_{cm} \leq 0,19$ та температура повітря нижче 5 °С, але вище 0 °С, альтернативні вимоги до попереднього підігріву можуть бути подані до схвалення Регістром.

2.12.6.3 Останній зварний шов з'єднання необхідно виконувати особливо ретельно, щоб уникнути дефектів. Технологічне оснащення має бути бездефектно видалено, при неможливості виконання такої операції технологія ремонту підлягає схваленню Регістром.

2.12.7 Технологічні вимоги до зварювання, атестація зварників, схвалення зварювальних матеріалів та ін. тріщиностійкої сталі ВСА повинні задовольняти відповідні вимоги для кожної категорії сталі без індексу "BCA1" або "BCA2" (див. 3.19 частини XIII "Матеріали").».

2.13.6 Текст третього абзацу замінюється на наступний: «- не менше 75лк — при перевірці якості зварних з'єднань візуальним та вимірювальним контролем;».

Розділ 2 доповнюється новим підрозділом 2.14 наступного змісту: «**2.14 ЗВАРЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ, ВИГОТОВЛЕНИХ З ТЕРМОПЛАСТИКІВ**

2.14.1 Загальні положення

2.14.1.1 Область поширення

Цей підрозділ Правил поширюється на зварювання корпусів, надбудов та рубок суден, які підлягають технічному нагляду Регістру, виготовлених з термопластиків, зазначених у підрозділі 6.11 частини XIII «Матеріали» цих Правил.

Цей підрозділ Правил застосовується при проектуванні і виготовленні зазначених конструкцій, а також в обсязі, визнаному Регістром, необхідним і доцільним при їх ремонті.

2.14.1.2 Визначення та пояснення

Визначення і пояснення, що стосуються загальної термінології Правил, наведені у частині I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден.

В цій частині Правил вживаються такі визначення:

Безперервний процес зварювання – процес екструзійного зварювання, під час якого пластифікований присадний матеріал, що виходить із ручного або механічного пристрою чи машини, безперервно вдавлюється в також пластифіковане зварювальне з'єднання за допомогою зварювального башмака.

Екструдер – система для пластифікації гранульованого зварювального присадного матеріалу інтегрована у зварювальний апарат.

Екструзійне зварювання гарячим теплоносієм - це ручний або частково механізований процес зварювання. Використовується зварювальний присадний матеріал з дроту або гранул, який розплавляється і пластифікується в системі пластифікації (екструдер). Зварювальний присадний матеріал вдавлюється в зварювальний шов основного матеріалу, який пластифікується потоком гарячого газового теплоносія, зазвичай повітря, за допомогою зварювального башмака, виконаного відповідно до геометрії шву. Іншими джерелами або носіями тепла можуть бути, наприклад, світловий промінь або інертні гази. Масова потужність машин або пристроїв визначає максимальний розмір зварного шву і впливає на швидкість зварювання. Необхідний тиск з'єднання створюється масою присадного матеріалу, що поступає з екструдера, і відповідною дією зварювальника.

Зварювання вентилятором гарячого газового теплоносія – процес зварювання, під час якого основний матеріал і присадний матеріал нагріваються і пластифікуються потоком гарячого газового теплоносія, зазвичай повітря, що спрямовується на з'єднувані поверхні за допомогою насадки (сопла), прикріпленої до зварювального апарату. Зварювальний апарат безперервно ведеться вздовж зварного з'єднання. Пластифікований присадний матеріал (зварювальний пруток, стрижень) подається в шов вручну, застосовуючи тиск для з'єднання.

Зварювання гарячим газовим теплоносієм методом протягування – процес зварювання, під час якого зварювальний присадний матеріал подається в зону з'єднання через канал в насадці (соплі). Канал насадки повинен відповідати формі зварювального присадного матеріалу (стрижня). Завдяки направленню потоку гарячого газового теплоносія і формі патрубку для витягування зварювальний присадний матеріал і основний матеріал рівномірно попередньо нагріваються і пластифікуються. Потрібний тиск при з'єднанні здійснюється за допомогою дзьобоподібного пристрою на кінці насадки (притискного язичка).

Основний матеріал – матеріал частин конструкцій, що з'єднуються зварюванням.

Переривчастий процес зварювання – процес екструзійного зварювання, під час якого пластифікований зварювальний присадний матеріал видавлюється з екструдера секціями за допомогою відповідної насадки, подається у зварювальне з'єднання, пластифіковане за допомогою пристрою гарячого газового теплоносія та пресується, формується і згладжується пресовим інструментом.

Присадний матеріал - матеріал з прутків, стрижнів, зварювальної стрічки, дроту або гранул, який відповідає основному матеріалу, та подається у зону з'єднання (зварювання) для пластифікації і формування зварного шву.

2.14.1.3 Інші положення

Щодо положень у частині загальних вимог, обсягу технічного нагляду, технічної документації слід користуватись загальними положеннями, викладеними у розділі 1 цієї частини Правил, з урахуванням їхньої застосовності.

2.14.2 Процес зварювання

2.14.2.1 Загальні вимоги до процесу зварювання

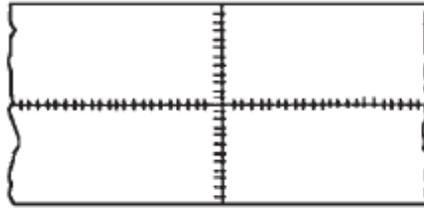
2.14.2.1.1 У цьому підрозділі визначені загальні характеристики зварних швів (поширені форми зварних швів), загальні вимоги до зварювальників, зварювальних матеріалів, загальні принципи підготовки до зварювання та безпосередньо процесу зварювання, контролю зварних з'єднань.

2.14.2.1.2 Технологічні процеси зварювальних робіт, методи контролю та випробування зварних швів у кожному випадку повинні бути узгоджені з Регістром.

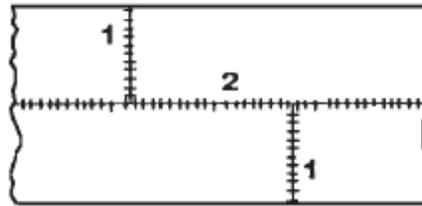
2.14.2.1.3 Зварювання вентилятором гарячого газового теплоносія та зварювання гарячим газовим теплоносієм методом протягування в основному використовується для матеріалів товщиною від 2 до 10мм. Більші товщини, як правило, зварюють екструзійним зварюванням.

2.14.2.2 Конструктивні вимоги до зварних швів.

- шви, що перетинаються, повинні розташовуватися зі зміщенням, див. рис. 2.14.2.2-1,



Шви, що перетинаються, не допускаються



1, 2 - послідовність виконання зварювання

Рис. 2.14.2.2-1 Приклади для групування зварних швів;

- слід уникати накладання одного зварного шва на інший, див. рис. 2.14.2.2-2,

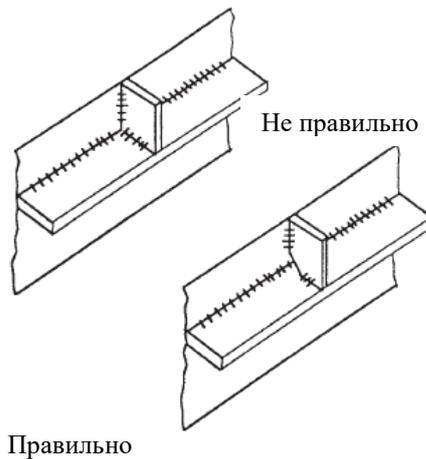


Рис. 2.14.2.2-2;

- відстань між швами повинна бути приблизно у 3 рази більше ширини покривного шару, але не менше 30мм або 50мм для екструзійного зварювання за допомогою гарячого газового теплоносія;

- з'єднані частини різної товщини для стикових з'єднань повинні мати однакову товщину матеріалу. При різниці в товщині з'єднаних деталей понад 1мм на деталі, що має більшу товщину, повинен бути зроблений скіс з одного або двох боків до товщини більш тонкої деталі, як зазначено на рис. 2.14.2.2-3.

При цьому конструктивні елементи підготовлених крайок і розміри шва слід вибирати за меншою товщиною.

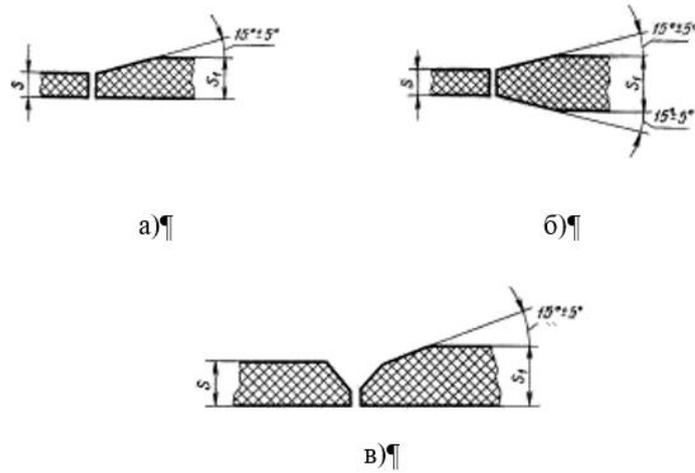


Рис. 2.14.2.2-3;

- якщо до з'єднуваних частин є лише односторонній доступ, слід вибрати форму зварного шву, яка забезпечує повне з'єднання поперечного перерізу тоншої частини;

- необхідно забезпечити вільний доступ до поверхонь, що з'єднуються зварювальним апаратом;

- зварний шов повинен бути повністю заповнений без будь-яких порожнин і мати необхідну висоту.

2.14.2.3 Форми зварних швів.

Найбільше поширені форми зварних швів наведені на рис. 2.14.2.3-1.

Позначення	Зображення в)	Символ
V шов		V
подвійний V-подібний шов (X-шов)		X
подвійний шов HV (К-шов)		K
кутове зварювання		

Рис. 2.14.2.3-1. Поширені форми зварних швів

На рис. 2.14.2.3-2 наведені відповідні форми обробки кромки з'єднуваних частин для наведених форм зварних швів.

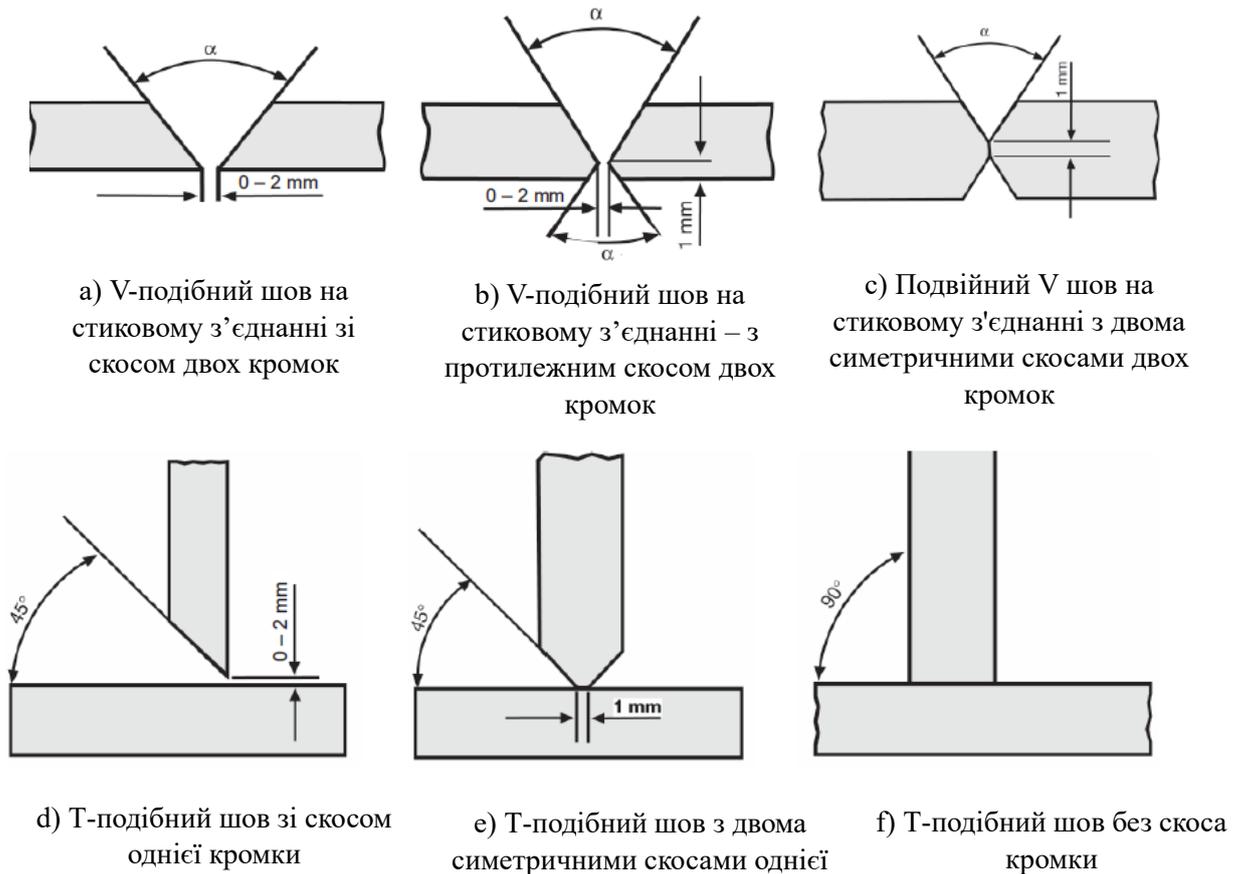


Рис. 2.14.2.3-2. Форми обробки кромки для зварних швів

Зварні кути розкриття шва α для V та подвійних зварних швів для поліетиленів HDPE (PE 63, PE80, PE 100) становлять 60-70°.

2.14.2.4 Підготовка до зварювання

Зварні поверхні з'єднуваних частин повинні бути відповідно підготовлені згідно з 2.14.2.2, 2.14.2.3.

Поверхні, що зварюються, не повинні бути пошкоджені, окислені або забруднені. За необхідності їх перед зварюванням необхідно обробити. Обробка може здійснюватися такими інструментами для видалення стружки, як скрепки, скрепкові леза, фрези та пилки. Шліфувальні інструменти дозволені лише в тому випадку, якщо можна виключити забруднення через введення абразивів і перегрів поверхні.

У випадку, коли з'єднувані частини протягом тривалого часу піддавалися впливу ультрафіолетового випромінювання або зовнішнього середовища, пошкоджений шар може бути настільки глибоким, що необхідно перевірити залишкову товщину стінки після обробки, враховуючи вимоги до міцності.

Якщо з'єднувані поверхні необхідно очистити, слід використовувати спеціальні нежирні миючі засоби.

До поверхонь, що зварюються, повинен бути забезпечений достатній доступ зварювальника та зварювального пристрою.

2.14.2.5 Захист від впливу навколишнього середовища

Умови навколишнього середовища можуть значно вплинути на процес зварювання, а отже, і на якість з'єднання. Тому слід зазначити наступне:

– зона зварювання повинна бути захищена від несприятливих погодних впливів (таких як вологість, вітер, протяги та температура нижче +5°C).

– якщо відповідні заходи (наприклад, попереднє нагрівання зон зварювання або їх окремих частин) забезпечують підтримку достатньої температури з'єднуваних частин для зварювання, зварювання можна проводити при будь-якій зовнішній температурі за умови достатньої кваліфікації зварювальника для здійснення такого зварювання. За необхідності слід забезпечити додаткову перевірку зварювальника шляхом виготовлення пробних швів у існуючих умовах.

– якщо з'єднувані частини мають нерівномірну температуру, наприклад, через одностороннє сонячне світло або різні умови зберігання, температуру необхідно вирівняти перед зварюванням.

2.14.2.6 Загальні вимоги до зварювального обладнання та приладів

Зварювальне обладнання повинне бути відповідним чином сертифіковане та бути функціональними для прийнятої технології зварювання. Це також стосується аксесуарів, таких як насадки, термодатчики тощо.

Для правильного виконання зварного з'єднання необхідно, що найменше, таке обладнання:

- зварювальний апарат відповідно до технології зварювання з пристроєм подачі зварювального газового теплоносія;
- витратомір зварювального газового теплоносія;
- вимірювач температури зварювання;
- відповідне вимірювальне обладнання для перевірки зміщення, діаметру, товщини;
- скребок, скребкове лезо, щітка з насадкою, бічний різець або подібне, інші необхідні інструменти згідно з технологією зварювання;
- засоби захисту присадного матеріалу від пилу та інших забруднювачів;
- засоби захисту від погодних впливів (за необхідності);
- за необхідності спеціальні засоби для чищення (які не набухають, не розчиняють та не жирні), серветки без ворсу;
- відповідне сховище для зварювального пристрою.

2.14.2.7 Вимоги до зварювальників.

До зварювання термопластиків слід допускати зварювальників, добре обізнаних у властивостях зварюваних матеріалів та які мають необхідний досвід зварювання.

Зварювальники повинні бути підготовлені за програмами, погодженими з Регістром, пройти відповідні випробування та мати дійсні сертифікати.

2.14.3 Контроль зварних з'єднань.

Контроль зварних з'єднань здійснюється неруйнівними та руйнівними методами. Методи наведені у таблиці 10.2.1.10. Технології випробувань повинні бути погоджені Регістром.

Таблиця 2.14.3 Можливі методи випробування зварних швів.

Неруйнівний контроль	
Візуальний огляд ¹ непошкодженого шву (зовнішні висновки)	Візуальний огляд відповідно до інструкції з технологічного процесу зварювання. Групу оцінювання необхідно визначати в кожному конкретному випадку.
Тест на герметичність з негативним тиском	Використання відповідних вакуумних дзвонів та піноутворюючої рідини. Умови тестування повинні визначатися у кожному конкретному випадку. Звичайний випробувальний тиск від $-0,4$ до $-0,6$ бар.
Випробування на герметичність високовольтною електричною мережею	Тип випробувального пристрою (з протилежним полюсом або без нього) і випробувальна напруга повинні визначатися в кожному конкретному випадку.
Рентгенографічне дослідження ²	Дослідження застосовується переважно для визначення кількості, розташування, форми та розміру пор, пустот і можливих подібних дефектів.
Ультразвуковий контроль ²	Застосовується переважно для HDPE, обмежено для інших PE. Виявляє наявність порожнин, загальну якість шву оцінити важко.
Випробування тиском	Типове використання у трубопроводах. Умови випробувань відповідно до узгодженої процедури випробувань посудин під тиском. Підсумок: перевірка герметичності, експериментальне підтвердження безпеки експлуатації.
Руйнівний контроль	
Візуальний контроль перерізу зварного шву	Форма поперечного перерізу зварного шву (геометрія шву), дані внутрішнього стану шву. Характер руйнування зварного шву, зруйнованого під час випробування на розтягнення або технологічний вигин.
Випробування на розтяг	Визначення міцності на розрив. Випробування не застосовуються до кутових та HV швів.
Випробування на технологічний згин	Визначення міцності на згин (кут вигину/траєкторія вигину). Випробування не застосовуються до кутових та HV швів.

¹ Візуальний контроль зосереджується, зокрема, на формі шву, відсутності зазубрин на поверхнях і крайових зонах, оптимальному заповненні шву, наскрізному зварюванні з боку кореня і неспіввісності деталей, що з'єднуються.

² Ультразвукове та рентгенівське дослідження дозволяють виявити дефекти всередині швів неруйнівним способом. Однак самі по собі вони не дають достатньої інформації щодо якості зварного з'єднання. Крім того, можливість застосування цих методів випробувань обмежена геометрією та товщиною шву.

Тип та обсяг випробувань необхідно визначати у кожному конкретному випадку та узгоджувати з Регістром.

2.14.4 Зварювання вентилятором гарячого газового теплоносія, зварювання гарячим газовим теплоносієм методом протягування

2.14.4.1 Розробка кромок, присадний матеріал, структура зварного шву.

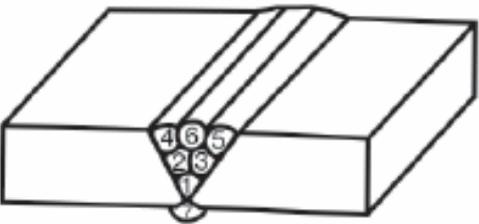
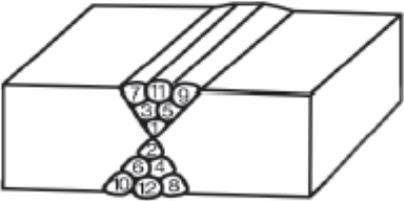
Розробка кромок для зварних швів повинна виконуватися згідно з рис. 10.2.1.5.-2. При цьому кути розкриття швів α для V та подвійних V швів складають, як правило, 60° - 70° . Для кутових швів звичайними є 45° або 90° .

Присадним матеріалом служать круглий або профільний прутки. Круглі прутки зазвичай накладаються у кілька шарів в залежності від перерізу шву. Профільний пруток бажано накладати в один шар.

Діаметр круглого прутка вибирається залежно від товщини основного матеріалу, геометрії шву та потрібної швидкості зварювання. Зазвичай використовуються прутки діаметром 2-3мм. Для скорочення часу заповнення шву та зменшення кількості проходів, що збільшує міцність зварного з'єднання, можливе використання прутків більшого діаметра. Однак використовувати прутки діаметром більше ніж 5мм не рекомендується, оскільки можуть виникнути труднощі із забезпеченням їхнього рівномірного прогрівання, що може призвести до утворення великих внутрішніх напружень та дефектів.

Шарова структура зварного шву показана у таблиці 2.14.4.1 Для інших кутів розкриття або геометрії шву структуру шару необхідно відповідно відрегулювати. При використанні профільних прутків або зварювальних стрічок геометрія шву та зварювальна насадка повинні бути адаптовані до геометрії присадного матеріалу.

Таблиця 2.14.4.1 Приклади структури зварного шву в залежності від товщини заготовки з кутом розкриття шву 60° .

Тип шву	Товщина матеріалу основи, мм	Зварювальний пруток (круглий) кількість \times діаметр, мм
	2	1 \times 4
	3	3 \times 3
	4	1 \times 3+2 \times 4
	5	6 \times 3 Необов'язковий додатковий для кожного випадку зустрічний шар (позиція 7)
	4	на кожную сторону 1 \times 4
	5	на кожную сторону 3 \times 3
	6	на кожную сторону 3 \times 3
	8	на кожную сторону 1 \times 3+2 \times 4
	10	на кожную сторону 6 \times 3 або на кожную сторону 1 \times 3+3 \times 4

2.14.4.2 Вимоги до матеріалів.

Матеріал з'єднуваних частин та присадні матеріали повинні бути придатними для зварювання гарячим газовим теплоносієм. Для зварних з'єднань обов'язковою умовою є використання зварювального присадного матеріалу того самого типу, що й основний матеріал, або, принаймні, такого ж типу. Також значення індексу текучості розплаву (MFR) (індекс текучості розплаву - характеристика зварюваності термопластиків) зварювальних матеріалів повинна знаходитися в межах допустимих діапазонів індексу текучості, визначених відповідними нормативними документами.

Основний та присадні матеріали повинні бути у задовільному робочому стані, сухими і чистими.

Якщо є сумніви щодо придатності основного та присадного матеріалу до зварювання, наприклад, через відсутність маркування, або через можливість суттєвих змін стану матеріалів через:

- неправильне зберігання;
- забруднення;
- старіння;
- зовнішні впливи (середовища, температури),

або через низькі температури для зварювання, придатність для зварювання повинна бути визначена шляхом тестування пробних зварних швів. Тип та обсяг випробувань необхідно узгодити з Регістром.

2.14.4.3 Прихвачування.

Щоб виключити зміну положення деталей, які з'єднуються під час зварювання, рекомендується виконати їх фіксацію в призначеному для них положенні відносно одна одної прихвачуванням.

Прихвачування виконується шляхом оплавлення з'єднуваних поверхонь спеціальною насадкою для прихвачування.

2.14.4.4 Зварювання вентилятором гарячого газового теплоносія.

Під час зварювання вентилятором гарячого газового теплоносія з'єднувальний тиск прикладається до присадного матеріалу вручну, щоб потім утворити зварний шов. Слід якомога менше розтягувати, стискати або скручувати присадний матеріал, щоб звести до мінімуму розвиток залишкового зварювального напруження.

На початку зварювального шву рекомендується трохи скосити кінчик присадного матеріалу. В кінці зварювального шву зварювальний пруток не слід скручувати або відривати, а відрізати, наприклад, ножем або бокорізом. Після кожного шару зварювання зварювальний шов слід зачищати без зазубрин за допомогою відповідного скребка.

Параметри зварювання, тиск з'єднання, температура та час впливу тепла внаслідок швидкості зварювання повинні відповідним чином узгоджуватися залежно від товщини зварювального матеріалу (геометрії шву) та присадного матеріалу. Узгодивши параметри температури теплого повітря, об'єму повітря і швидкості зварювання, необхідно забезпечити пластифікацію деталей, що з'єднуються, на глибину з'єднання не менше 0,3мм. Орієнтовні значення параметрів для зварювання вентилятором гарячого газового теплоносія поліетилену високої щільності HDPE наведені у таблиці 2.14.4.4.

Таблиця 2.14.4.4 Орієнтовні значення параметрів для зварювання вентилятором гарячого газового теплоносія

Матеріал	Температура газового теплоносія ¹ , °C	Об'ємна витрата газового теплоносія ² , л/хв	Швидкість зварювання ³ , мм/хв	Зусилля (Н) при зварюванні прутком діаметром	
				3 мм	4 мм
HDPE	300÷320	40÷50	70÷90	8÷10	20÷25

¹ На відстані 5мм від основного отвору насадки.

² Об'єм всмоктуваного холодного повітря при атмосферному тиску.

³ Залежно від діаметра присадного матеріалу та геометрії зварного шву.

2.14.4.5 Зварювання гарячим газовим теплоносієм методом протягування.

При зварюванні гарячим газовим теплоносієм методом протягування зварювальний присадний матеріал вдавлюється в зону зварювання за допомогою дзьобоподібного пристрою (притискний язичок), розташованого на насадці. Для початку та кінця шву процедура така ж, як і для зварювання вентилятором гарячого газового теплоносія (див. 2.14.4.4).

Основний матеріал попередньо нагрівається на початку фактичного процесу зварювання потоком гарячого теплоносія. Потім у насадку вводиться зварювальний присадний матеріал і також попередньо нагрівається. Як тільки поверхні з'єднувальних елементів будуть пластифіковані, присадний матеріал вдавлюється в підготовлене зварювальне з'єднання за допомогою притискного язичка під рівномірним тиском.

Щоб уникнути розтягування зварювального присадного матеріалу через тертя у насадці, присадний матеріал, за необхідності, допускається подавати вручну. Також необхідно уникати виїмок на основному матеріалі через неправильне спрямування притискного язичка.

Після зварювання зварювальний шов необхідно обробити без надрізів (зазубрин) за допомогою відповідного скребка, як і при зварюванні вентилятором гарячого газового теплоносія.

Параметри зварювання, тиск з'єднання, температура та час впливу тепла внаслідок швидкості зварювання повинні відповідним чином узгоджуватися залежно від товщини зварювального матеріалу (геометрії шву) та присадного матеріалу. Узгодивши параметри температури теплового повітря, об'єму повітря і швидкості зварювання, необхідно забезпечити пластифікацію деталей, що з'єднуються, на глибину з'єднання не менше 0,3 мм. Орієнтовні значення параметрів для зварювання гарячим газовим теплоносієм методом протягування поліетилену високої щільності HDPE наведені у таблиці 2.14.4.5.

Таблиця 2.14.4.5 Орієнтовні значення параметрів для зварювання гарячим газовим теплоносієм методом протягування.

Матеріал	Температура газового теплоносія ¹ , °C	Об'ємна витрата газового теплоносія ² , л/хв	Швидкість зварювання ³ , мм/хв	Зусилля (Н) при зварюванні прутком діаметром	
				3 мм	4 мм
HDPE	300÷340	40÷55	250÷350	15÷20	25÷35

¹ Вимірюється на відстані 5мм від основного отвору насадки.

² Об'єм всмоктуваного холодного повітря при атмосферному тиску.

³ Залежно від діаметра присадного матеріалу та геометрії зварного шву.

2.14.4.6 Додаткова механічна обробка зварного шву.

Як правило, додаткова механічна обробка зварного шву не потрібна. Але, якщо додаткова механічна обробка зварного шву необхідна, слід переконатися, що на ньому немає зазубрин. Додаткову обробку можна проводити лише після того, як зварний шов достатньо охолоне.

2.14.4.7 Додаткова термічна обробка зварного шву.

Залишкові зварювальні напруження можна зменшити шляхом відпалу. Умови відпалу залежать від компонентів основного та присадного матеріалів. Необхідно дотримуватися інформації, наданої виробником матеріалу.

Необхідність та процедури додаткових механічної і термічної обробок зварних швів слід узгоджувати з Регістром.

2.14.4.8 Журнал зварювання.

У процесі здійснення зварювальних робіт ведеться зварювальний журнал (протокол) (див. Додаток 1). Зварювальний журнал документує, серед іншого, умови та параметри зварювання. Він є основою для оцінки якості зварного шву.

2.14.5 Екструзійне зварювання гарячим теплоносієм

2.14.5.1 Екструзійне зварювання (див. 2.14.1.2).

Розрізняються такі процеси:

- безперервний процес зварювання
- переривчастий процес зварювання

2.14.5.1.1 Безперервний процес зварювання.

Пластифікований зварювальний присадний матеріал, що виходить із ручного або механічного пристрою чи машини, безперервно вдавлюється в також пластифіковане зварювальне з'єднання основного матеріалу за допомогою зварювального башмака.

Зона зварювання попередньо нагрівається за допомогою гарячого теплоносія, прикріпленого до зварювальної головки.

2.14.5.1.2 Переривчастий процес зварювання.

Для зварювання пластифікований зварювальний присадний матеріал видавлюють з екструдера секціями за допомогою відповідної насадки, подають у зварювальне з'єднання, пластифіковане за допомогою пристрою гарячого теплоносія та пресують, формують і згладжують пресовим інструментом.

Цей процес дозволяється використовувати там, де обмежений простір або певні деталі конструкції перешкоджають безперервному зварюванню.

2.14.5.2 Розробка кромки, присадний матеріал, структура зварного шву.

Поширені форми зварних швів наведені на рис. 5.14.2.3-1 Розробки кромки для таких швів рекомендується застосовувати із наведених на рис. 5.14.2.3-2 з урахуванням зміни кутів розкриття швів відповідно до товщини з'єднуваних деталей, що розраховуються згідно з графіками на рис. 2.14.5.2.

Зварні шви зазвичай слід виконувати в один шар, в особливих випадках допускається виконання в кілька шарів.

Кількість присадного матеріалу, що вноситься у зону зварювання, слід розраховувати в залежності від швидкості зварювання та розмірів розробки кромки. Вона в середньому повинна на 10÷15% перевищувати кількість матеріалу, необхідного для заповнення розробки.

Оптимальний діаметр насадки для подачі присадного матеріалу з екструдера для товщини з'єднуваних деталей <5мм – 5мм, для товщин >5мм – 10мм.

Для зменшення об'єму зварювального шву та з огляду на більш рівномірний розподіл залишкових зварювальних напружень зварювальні шви, якщо можливо, слід зварювати з обох сторін або з протилежним положенням (подвійний V-подібний шов, кутове зварювання, подвійний HV-шов). Корінний зазор не повинен перевищувати максимум 2 мм для безперервного процесу зварювання та 4 мм для переривчатого процесу зварювання. Виступ матеріалу в корені шву повинен бути не більше 1 мм.

Через напруження усадки, які виникають при охолодженні швів, рекомендується мінімізувати введення присадної маси у зварне з'єднання.

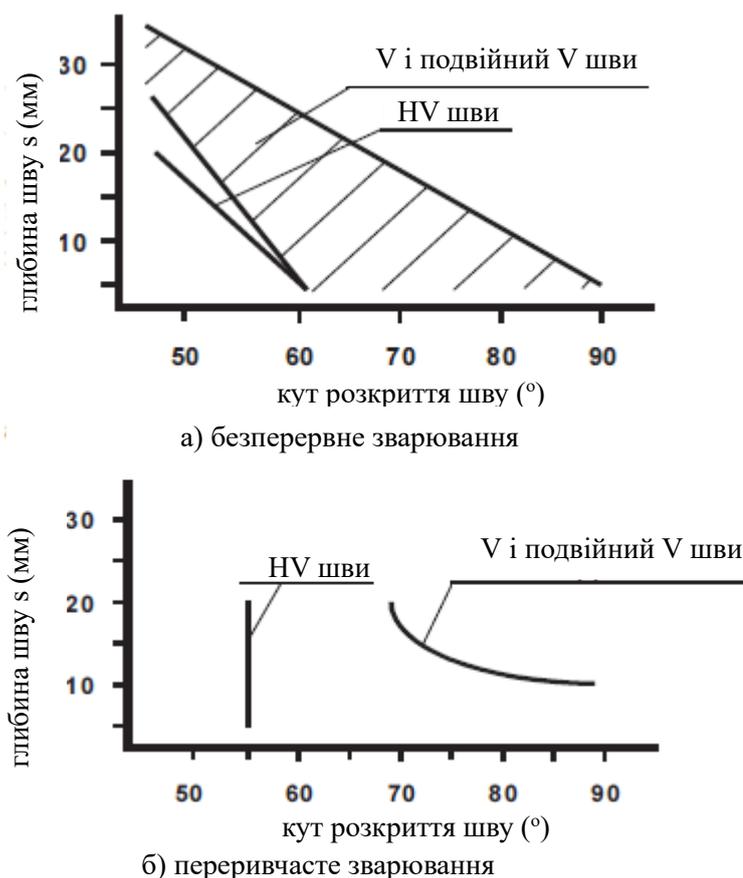


Рис. 2.14.5.2 Рекомендовані кути розкриття шву для HDPE для зварних швів V і HV залежно від глибини шву та процесу зварювання (для інших матеріалів, можливо, доведеться вибрати інші кути розкриття шву).

2.14.5.3 Вимоги до матеріалів.

Матеріал з'єднуваних частин та присадні матеріали (дріт чи гранулят) повинні бути придатними для екструзійного зварювання. Для зварних з'єднань обов'язковою умовою є використання зварювального присадного матеріалу того самого типу, що й основний матеріал, або, принаймні, такого ж типу. Також значення індексу текучості розплаву (MFR) (індекс текучості розплаву - характеристика зварюваності

термопластиків) зварювальних матеріалів повинне знаходитися в межах допустимих діапазонів індексу текучості, визначених відповідними нормативними документами.

Основний та присадний матеріали повинні бути у задовільному робочому стані, сухими і чистими.

Якщо є сумніви щодо придатності основного та присадного матеріалу до зварювання, наприклад, через відсутність маркування, або через можливість суттєвих змін стану матеріалів через:

- неправильне зберігання;
- забруднення;
- старіння;
- зовнішні впливи (середовища, температури),

або через низькі температури для зварювання, придатність для зварювання повинна бути визначена шляхом тестування пробних зварних швів. Тип та обсяг випробувань необхідно узгодити з Регістром.

2.14.5.4 Вимоги до зварювального башмака.

Зварювальний башмак повинен відповідати зварювальному завданню, повинен бути розроблений відповідно до форми та товщини зварювального шву, повинен мати гладку, антиадгезійну поверхню та бути достатньо стійкими до температур.

Зона тиску та поверхня згладжування не повинні бути менше мінімальних довжин, зазначених у таблиці 2.14.5.4. Це гарантує, що з'єднувальний тиск діє протягом мінімального часу і, таким чином, у всій зоні з'єднання (особливо корінь шву та боки шву) можна створити необхідне зв'язування.

Таблиця 2.14.5.4 Мінімальна довжина пресування залежно від глибини шву.

Глибина шву s для V-подібних швів (див. рис. 2.3.5)	Довжина пресування
До 15	35
>15 до 20	45
>20 до 30	55

2.14.5.5 Прихватування.

Щоб виключити зміну положення деталей, які з'єднуються під час зварювання, рекомендується виконати їх фіксацію в призначеному для них положенні відносно одна одної прихватуванням. Прихватування зазвичай виконується переривчастим або безперервним зварюванням гарячим газовим теплоносієм кореневого проходу з присадним дротом.

2.14.5.6 Виконання зварювання.

Перед початком процесу зварювання зварювальний башмак необхідно розігріти, оскільки зварювання холодним зварювальним башмаком створює грубу та нерівну поверхню зварного шву. Це також стосується пресових інструментів для зварювання безперервним способом.

Початок шву попередньо нагрівають і розплавляють. Безпосередньо перед розміщенням зварювального башмака на зварювальному з'єднанні з отвору зварювального башмака слід видалити зварювальний присадний матеріал, який уже вийшов.

При зварюванні вручну швидкість зварювання визначається потужністю екструдера і розміром поперечного перерізу шву. Орієнтовні значення параметрів для ручного екструзійного зварювання гарячим газовим теплоносієм за допомогою машин і пристроїв поліетилену високої щільності HDPE наведені у таблиці 2.14.5.6.

Таблиця 2.14.2.3.6 Орієнтовні значення параметрів для ручного екструзійного зварювання гарячим газовим теплоносієм.

Матеріал	Температура маси ¹ , °C	Температура гарячого газового теплоносія ² , °C	Кількість гарячого газового теплоносія ³ , л/хв
HDPE	210÷230	210÷300	300

¹ Вимірюється проникаючим термометром на виході присадного матеріалу з екструдера.

² Вимірюється на відстані 5мм від основного отвору насадки посередині отвору сопла.

³ Об'єм всмоктуваного холодного повітря при атмосферному тиску.

Попередній нагрів з'єднуваних деталей необхідно узгоджувати зі швидкістю зварювання, щоб основний матеріал пластифікувався на глибину 0,5÷1,0мм.

Зона пластифікації повинна бути більше ширини шву. Орієнтовне значення: ширина шву +2мм (або 0,2 товщини з'єднуваної частини s) (див. рис. 2.14.5.6).

Глибина проплавлення повинна перевірятися безпосередньо перед зварювальним башмаком. Це можна зробити тонким тупим інструментом.

Слід стежити за тим, щоб розплавлений основний матеріал не відштовхувався від носика зварювального башмака на боках шву.

Перед новими проходами і в кінці зварювальних швів на замкнених швах вже зварені кінці швів необхідно обробити під кутом.

Рекомендується закривати екструзійний шов відразу після зварювання щоб уникнути швидкого охолодження покривного шару та утворення в результаті цього пустот.

У разі накладання багат шарових зварних швів, необхідно обробити охолоджені бокові сторони швів і поверхні вже зварених шарів.

Пов'язані з конструкцією зміни геометрії шву в ході зварювання шву (наприклад, у сегментних дугах і розгалуженнях) вимагають особливо ретельного наведення зварювального башмака. При необхідності зварювальний башмак необхідно змінити.

У частково та повністю автоматизованих системах та обладнанні для екструзійного зварювання параметри зварювання масової потужності, попереднього нагріву та швидкості зварювання повинні бути узгоджені та відповідно налаштовані.

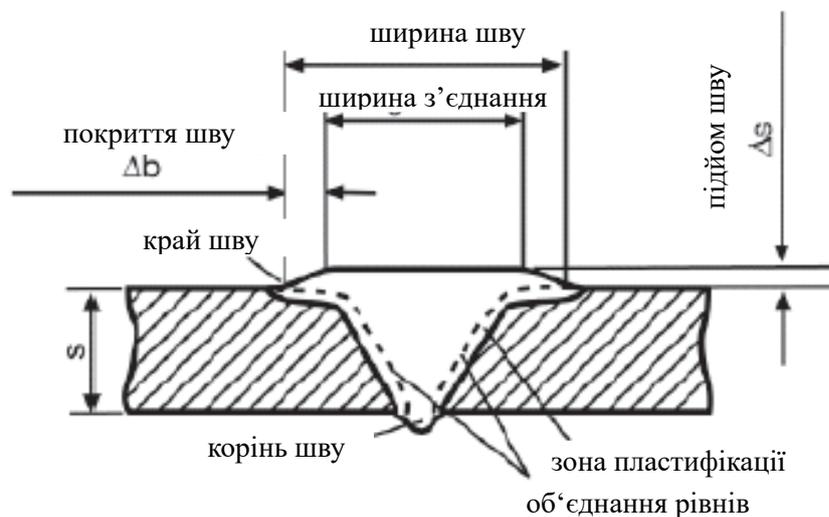


Рис. 2.14.5.6 Приклад V-подібного шву із зонами плавлення та покриття шву.

2.14.5.7 Додаткова механічна обробка зварного шву.

Як правило, у разі відповідної підготовки зварювального башмака та належного використання зварювального пристрою під час зварювання додаткова обробка зварних швів не потрібна.

При цьому, необхідно завжди видаляти будь-які бічні відростки, які могли проштовхнутися під опорні поверхні зварювальних башмаків. Зварні шви та корені швів повинні бути оброблені без надрізів.

Додаткову обробку можна проводити лише після того, як зварний шов достатньо охолоне.

2.14.5.8 Додаткова термічна обробка зварного шву.

Залишкові зварювальні напруження можна зменшити шляхом відпалу. Умови відпалу залежать від компонентів основного та присадного матеріалів. Необхідно дотримуватися інформації, наданої виробником матеріалу.

2.14.5.9 Необхідність та процедури додаткових механічної і термічної обробок зварних швів слід узгоджувати з Регістром.

2.14.5.10 Журнал зварювання.

У процесі здійснення зварювальних робіт ведеться зварювальний журнал (протокол) (див. Додаток 2). Зварювальний журнал документує, серед іншого, умови та параметри зварювання. Він є основою для оцінки якості зварного шву.

2.14.6 Зварювання труб, виготовлених з термопластиків

З'єднання труб, виготовлених з термопластів, які підлягають технічному нагляду Регістру, може проводитися рекомендованим методом зварювання за умови, що міцність такого з'єднання буде не менше міцності труб, які зварюються.

Рекомендовані методи зварювання труб та фітингів²:

- стикове зварювання нагрівальним елементом;
- зварювання раструбів нагрівальним елементом;
- зварювання нагрітою спіраллю.

Вибір методу зварювання з'єднань труб, виготовлених з термопластів повинен проводитися відповідно до процедур заводу-виробника труб, узгодженими з Регістром.

Випробування якості з'єднань.

Контроль якості з'єднань виконується згідно вимог **3.5.2** частини **VIII** «Системи і трубопроводи» цих Правил.

Можливі методи випробування зварних швів застосовуються згідно до таблиці 2.14.3.».

Розділ 2 доповнюється новим підрозділом **2.15** наступного змісту: «**2.15 ПІДВОДНЕ ЗВАРЮВАННЯ І ЗВАРЮВАННЯ КОНСТРУКЦІЙ, ІЗ ЗВОРОТНОЇ СТОРОНИ ЯКИХ ЗНАХОДИТЬСЯ ВОДА**

2.15.1 У цьому розділі прийнято такі терміни та визначення.

Водолаз - зварювальник - спеціаліст, який виконує підводне зварювання.

Контрольне зварне з'єднання (КЗЗ) — перевірочний зварний шов, виконаний на підводному робочому місці перед зварюванням у виробничих умовах. Мета виконання КЗЗ - продемонструвати правильне функціонування зварювального обладнання (наприклад, джерела живлення та зварювальних кабелів) у реальних умовах (наприклад, вплив хвиль, видимість, перебіг). Зварювання КЗЗ не призначене для повторної сертифікації технології зварювання чи зварювальника.

Мокре зварювання- процес зварювання в мокрому середовищі при тиску, що перевищує атмосферне, без механічного бар'єру між дугою і водою.

Підводна камера (кесон) — герметичний корпус навколо робочої зони з якого вода витіснена газовим середовищем для виконання зварювання в сухому робочому просторі.

Сухе зварювання — процес зварювання під водою в сухому робочому просторі, де газоподібна атмосфера, що впливає на зварювальну дугу і зварний шов, знаходиться під нормальним (атмосферним) або підвищеним тиском, що визначається глибиною занурення.

2.15.2 Підводне зварювання, яке може бути допущене Регістром, поділяється на сухе зварювання, яке виконується, наприклад, у кесоні, та мокре зварювання, яке виконується безпосередньо у водному середовищі.

2.15.3 Крайки деталей, що зварюються, повинні бути очищені від мастила, окалини, іржі, фарби та інших забруднень. Перед проведенням мокрого зварювання навколошовна зона зварного з'єднання повинна бути очищена від обростань.

2.15.4. Класифікація зварних швів.

2.15.4.1 Клас зварного шва встановлює рівень працездатності та набір необхідних властивостей, що визначаються проведенням неруйнівного контролю та механічних випробувань, яким зварний шов даного класу повинен відповідати.

Відповідно до стандарту AWS D3.6M:2017 для підводного зварювання встановлюється 3 класи зварних швів: класи А, В та О.

2.15.4.2 До зварних швів класу А встановлюються вимоги як для швів, виконаних на повітрі за нормального атмосферного тиску. Вимоги для зварних швів класу А, у тому числі вимоги щодо оцінки якості за методами неруйнівного контролю, наведені в розділі 9 AWS D3.6M:2017.

2.15.4.3 Зварні шви класу В призначені для менш критичних умов роботи, де допускаються нижчий рівень механічних властивостей металу шва, помірна пористість та інші обмежені дефекти. Вимоги для

² Див. також наступні рекомендації:

DVS 2207-1 для зварювання труб з поліетилену (PE);

DVS 2207-11 для зварювання труб з поліпропілену (PP);

DVS 2207-15 для зварювання труб з полівінілденфториду (фторопласту) (PVDF)

швів класу В, у тому числі вимоги щодо оцінки якості за методами неруйнівного контролю, наведені в розділі 10 AWS D3.6M:2017.

2.15.4.4 Зварні шви класу О повинні відповідати вимогам стандартів, що застосовуються, або нормативної документації з метою забезпечення умов підводного зварювання. Вимоги для зварних швів класу О, в тому числі вимоги щодо оцінки якості за методами неруйнівного контролю, наведені в розділі 11 AWS D3.6M:2017.

2.15.5 Зварювання конструкцій, на зворотній стороні яких знаходиться вода.

Зварювання конструкцій, на зворотній стороні яких знаходиться вода, допускається для проведення ремонтних робіт і повинне виконуватися з урахуванням наведених нижче положень та вимог.

Основним фактором ризику, який має місце при зварюванні в умовах, що розглядаються, є підвищена ймовірність утворення холодних тріщин у шві та навколошовній зоні, що обумовлено високою швидкістю охолодження шва та навколошовної зони, що викликає утворення структур з більш високою твердістю, а також можливістю наявності конденсату на крайках, що зварюються.

При виконанні зварювальних робіт на конструкціях, на зворотній стороні яких знаходиться вода, повинні бути вжиті такі заходи:

.1 слід застосовувати зварювальні матеріали з контрольованим вмістом дифузійного водню, що мають класифікаційний індекс не вище H10. Зварювальні електроди повинні бути прожарені перед зварюванням;

.2 при зварюванні сталей нормальної та підвищеної міцності у всіх випадках необхідно виконувати просушування та підігрів кромки, що зварюються газовим пальником для видалення конденсату та інших слідів вологи до температури не нижче +5°C. Така операція повинна виконуватися з мінімальним можливим інтервалом між просушуванням і зварюванням. Технологія зварювання також повинна передбачати заходи уповільнення швидкості охолодження шва та навколошовної зони після зварювання;

.3 при зварюванні сталей підвищеної міцності з еквівалентом вуглецю C_{eq} 0,45 % та/або межею плинності більше 355 МПа потрібно проведення додаткового випробування з схвалення технологічного процесу зварювання на пробах, які імітують реальні умови виконання зварних з'єднань, за схваленням;

.4 схвалення технологічного процесу зварювання потрібне у разі, якщо ремонт із застосуванням зварювання конструкцій, на зворотній стороні яких знаходиться вода, не є разовим (більше двох за 6 міс.);

.5 зварювання сталей високої міцності на конструкціях, що мають контакт із водою із зворотньої сторони шва, не допускається;

.6 неруйнівний контроль зварних з'єднань повинен бути виконаний за допомогою візуального та вимірювального контролю в обсязі 100 % довжини шва та ультразвукового контролю (для товщин від 8мм і вище) або радіографічного контролю (у разі можливості його застосування) в обсязі не менше 20% довжини зварних з'єднань з повним проваром згідно схваленої Регістром схемою контролю;

.7 зварні з'єднання, виконані на конструкціях, на зворотній стороні яких знаходиться вода, повинні відповідати вимогам до зварних швів класу А (як для швів, виконаних у повітряному середовищі) відповідно до AWS D3.6M:2017 або вимог **3.4**.

2.15.6 Зварювання та різання конструкцій під водою.

Зварювання та різання конструкцій під водою можуть бути допущені Регістром для проведення ремонтних робіт (у тому числі термінових ремонтів), а також робіт з обслуговування підводної частини корпусу судна (наприклад, заміни протекторів), коли підйом судна ускладнений або неможливий. Зварювання корпусних конструкцій під водою повинне проводитися відповідно до схвалених Регістром технологічних інструкцій, а також схваленими технологічними процесами зварювання з урахуванням наведених нижче положень та вимог.

2.15.6.1 Теплове різання та зварювання конструкцій під водою «мокрим способом» (без ізоляції зони зварювання від води) може застосовуватися в екстрених або аварійно-рятувальних випадках. Про проведення таких робіт повинне бути негайно повідомлено Регістру, а зварні з'єднання, виконані мокрым зварюванням, підлягають видаленню та заміні при докуванні судна у можливо короткі терміни за технологією, схваленою Регістром.

За узгодженою з Регістром технологією допускається зварювання під водою «мокрим способом» другорядних елементів кріплень до корпусу, які не беруть участі в місцевій та загальній міцності корпусу та не порушують герметичність корпусу, наприклад, кріплень протекторів електрохімічного захисту, грати кінгстонних ящиків тощо, без видалення та заміни. Зварні з'єднання таких конструкцій (деталей) можуть відповідати вимогам до зварних швів класу або відповідно до стандартом AWS D3.6M:2017, в залежності від того, що застосовується. Регістром повинне також бути схвалене призначення класу зварного шва. У випадку, якщо Регістром схвалено застосування зварних швів класу В, зварювальні матеріали повинні бути випробувані на виконання швів даного класу відповідно до вимог розділу 10 AWS D3.6M:2017 та мати відповідний ССЗМ.

2.15.6.2 При необхідності виконання робіт під водою зі зварювання відповідальних конструкцій, що беруть участь у загальній міцності, повинен застосовуватися «сухий спосіб» зварювання, який передбачає повну ізоляцію району виконання зварного з'єднання за допомогою різних пристроїв (кесони, спеціальні зварювальні камери тощо). Зварні з'єднання в цьому випадку повинні відповідати вимогам до зварних швів класу А (як для швів, виконаних у повітряному середовищі за нормального атмосферного тиску) відповідно до AWS D3.6M:2017 або вимог 3.4.

2.15.6.3 Технологічні процеси зварювання підлягають схваленню Регістром відповідно до частини II розділу 7 AWS D3.6M:2017 або інших узгоджених стандартів Регістру. До початку випробувань на розгляд Регістру повинна бути направлена програма, яка передбачає проведення випробувань в умовах, максимально наближених до реальних, у тому числі повинне бути враховано склад і тиск середовища в ізолюючому пристрої, довжина струмопідвідних кабелів, особливості тепловідведення та охолодження, методи осушування кромки, що зварюються, і підігріву тощо.

2.15.6.4 Підводне мокре зварювання може бути допущене до застосування такими процесами зварювання:

- зварювання ручне дугове електродом, що плавиться (111);
- зварювання дугове порошковим самозахисним дротом (114).

Підводне сухе зварювання може бути допущене до застосування наступними процесами зварювання, застосовуваними у суднобудуванні, такими як:

- зварювання ручне дугове електродом, що плавиться (111);
- зварювання дугове електродом, що плавиться в захисних газах (131, 135, 136, 138);
- зварювання дугове вольфрамовим електродом в інертному газі з суцільним присадним матеріалом (141);
- зварювання дугове плазмове (15).

2.15.6.5 Атестація водолазів-зварювальників для підводного зварювання повинна проводитись в атестаційних центрах, визнаних Регістром, відповідно до ISO 15618-1:2016 (для гіпербаричного мокрого зварювання), ISO 15618-2:2001 (для гіпербаричного сухого зварювання) D3.6M:2017.

Область схвалення атестації водолазів-зварювальників за глибиною визначається відповідно до таблиці 7.3 AWS D3.6M:2017.

Область схвалення водолазів-зварювальників, атестованих на зварні шви класу А, також поширюється на атестацію зварних швів класів В та О відповідно до стандарту AWS D3.6M:2017.

2.15.6.6 Критерії оцінки якості зварних швів класів А, В та О за методами неруйнівного контролю та вимоги до механічних випробувань для атестації зварювальників та схвалення технологічних процесів зварювання повинні застосовуватись згідно з розділами 9-11 AWS D3.6M:2017.

2.15.6.7 Зварювальні матеріали для підводного зварювання, у тому числі і для мокрого зварювання, повинні бути схвалені Регістром з оформленням ССЗМ згідно з застосованими положеннями розд.4. Програма випробувань повинне бути подана на розгляд до Регістру та схвалена до проведення випробувань.

Зварювальні матеріали для сухого зварювання повинні мати класифікаційний індекс дифузійного водню не вище від Н5.

Зварювальні матеріали для мокрого зварювання повинні забезпечувати задовільне проведення процесу дугового зварювання у водному середовищі, задовільне формування зварного шва і сплавлення кромки

деталей, що зварюються, а також вимоги до проведення випробувань як для зварних швів класу В AWS D3.6M:2017 або для зварних технічних умов.

Зварювальні матеріали для мокрого зварювання для зварних швів класу У стандарті AWS D3.6M:2017 повинні бути випробувані та мати класифікаційний індекс дифузійного водню не вище H25.

Зварювальним матеріалам для мокрого зварювання конструкцій зі сталі нормальної та підвищеної міцності можуть бути присвоєні наступні категорії: 2В, 2О, 2УВ і 2УО, де цифра 2 позначає проведення випробувань на ударний вигин при температурі 0°C, індекси В і О вказують на клас зварювального шва, визначених випробуваннями, У- для зварювальних матеріалів з мінімальною межею плинності 375 МПа.

2.15.6.8 Перед проведенням виробничого підводного зварювання на місці виконання робіт необхідно провести випробування на виконання контрольного зварного з'єднання (КЗЗ) із задовільним результатом. КЗЗ повинне бути виконано із задовільною якістю на конкретному робочому місці та на тій же глибині, де буде проводитися зварювання. Принаймні одна КЗЗ має бути виконана для кожної одиниці зварювального обладнання, яка буде використана у виробництві. КЗЗ має бути кутовим швом завдовжки не менше 200мм. Якщо у виробничих умовах зварні шви повинні виконуватися тільки в одному просторовому положенні, то пробний шов повинен виконуватися у тому положенні зварювання. Якщо виконання зварювання потрібно більше просторового становища, то КЗЗ повинне виконуватися у положенні, у якому виконується більшість швів у виробничих умовах.

2.15.6.9 Неруйнівний контроль зварних з'єднань, виконаних підводним зварюванням, повинен бути виконаний за допомогою візуального та вимірювального контролю, в обсязі 100% довжини шва та ультразвукового контролю (для товщин від 8мм і вище) або радіографічного контролю (у разі можливості його застосування) в обсязі не менше 20% довжини зварних з'єднань з повним проваром згідно схваленої Регістром схемою контролю. На додаток, на вимогу Регістру для зварних з'єднань, виконаних мокрим зварюванням, може бути призначений магнітопорошковий контроль у разі можливості його проведення.

До основних умов проведення магнітопорошкового контролю належить таке:

- навколо зони проведення магнітопорошкового контролю не повинно бути сильного руху або течії води;
- вода в зоні проведення магнітопорошкового контролю повинна мати задовільну видимість (прозорість);
- засіб виявлення дефектів (магнітний порошок) повинен бути розрахований для застосування під водою;
- для магнітопорошкового контролю під водою слід використовувати метод безперервного намагнічування.

Процедури застосування методів неруйнівного контролю зварних з'єднань, виконаних за допомогою підводного зварювання, повинні бути узгоджені з Регістром.».

Розділ 2 доповнюється новим підрозділом **2.16** наступного змісту: «**2.16 ЛАЗЕРНЕ І ГІБРИДНЕ ЛАЗЕРНО-ДУГОВЕ ЗВАРЮВАННЯ**

2.16.1 Терміни та визначення, загальні положення.

2.16.1.1 У цьому розділі прийнято такі терміни та визначення.

Лазерне зварювання (ЛЗ) — це процес зварювання плавленням, при якому джерелом теплової енергії для розплавлення основного матеріалу і подальшого з'єднання деталей, що зварюються, є випромінювання лазера. При лазерному зварюванні допускається використання присадного матеріалу, який вводиться безпосередньо у зварювальну ванну, у цьому випадку зварний шов утворюється за рахунок оплавлення основного та присадного матеріалів.

Гібридне лазерно-дугове зварювання (ГЛДЗ) — процес зварювання плавленням, при якому одночасно використовуються два джерела енергії: лазерне випромінювання та електрична дуга у спільній зварювальній ванні, як показано на рис. 2.15.1.1-1.

Електрична дуга у складі ГЛДЗ може утворюватися за допомогою:

- за допомогою електрода, що плавиться в захисному газі (процеси 131, 133, 135, 138);
- вольфрамового електрода в інертному газі з присадковим матеріалом (процес 141);
- вольфрамового електрода в інертному газі без матеріалу присадки (процес 142);
- плазмового електрода, що не плавиться (процес 154).

В якості електрода, що плавиться, в ГЛДЗ можуть використовуватися як суцільний, так і порошковий зварювальний дріт. При ГЛДЗ з вольфрамовим електродом в інертному газі (процес 141) застосовується суцільний зварювальний дріт.

Електрична дуга при ГЛДЗ може бути як попереду, і позаду лазерного променя.

Гібридне лазерно-дугове зварювання може бути виконане наступними методами, схематично представленими на рис. 2.16.1.1-1 – 2.16.1.1-7:

"**гібрид**" - метод ГЛДЗ, при якому лазерне випромінювання та електрична дуга використовуються одночасно для формування зварювальної ванни;

«**гібрид двосторонній**» - метод ГЛДЗ, при якому лазерне випромінювання та електрична дуга використовуються одночасно для формування зварювальної ванни з обох сторін зварюваного з'єднання;

«**гібрид + дуга**» (класичний) - метод ГЛДЗ, при якому лазерне випромінювання та електрична дуга використовуються одночасно для формування зварювальної ванни з додатковою електричною дугою зі зворотної сторони зварюваного з'єднання;

"**гібрид + дуга**" (комбінований) - метод ГЛДЗ, при якому лазерне випромінювання та електрична дуга використовуються одночасно для формування зварювальної ванни, при цьому електрична дуга знаходиться на певній відстані у напрямку руху від лазерної головки;

«**гібрид Тандем**» (Твін) — метод ГЛДЗ, в якому поєднані лазерне випромінювання та дві електричні дуги по обидва боки від лазерного променя в одній зварювальній ванні (застосовується для збільшення швидкості зварювання з отриманням необхідних механічних властивостей зварного з'єднання, заповнення оброблення та глибокого проплавлення).

«**гібрид Тандем двосторонній**» (Твін двосторонній) – метод ГЛДЗ, в якому поєднані лазерне випромінювання та дві електричні дуги по обидва боки від лазерного променя в одній зварювальній ванні, розташовані по обидва боки зварюваного з'єднання.

Комбінований процес - зварювання зварного з'єднання, виконаного послідовно двома або більше процесами зварювання. Стосовно лазерного або гібридного лазерно-дугового зварювання кореневий прохід виконується ЛЗ або ГЛДЗ, а наступний(і) прохід(и) виконуються дуговим(і) процесом/процесами зварювання. Так само може бути виконаний комбінований процес, при якому перший прохід зварювання виконується дуговим процесом (як технологічний прохід для нівелювання точності складання зварного з'єднання) з подальшим проходом лазерного або гібридного лазерно-дугового зварювання і подальшим заповненням дуговим процесом.



Рис. 2.16.1.1-1 Схема ГЛДЗ, метод «Гібрид» стикового зварного з'єднання в нижньому положенні (РА):

1 - фокусуюча лінза; 2 - лазерний промінь; 3 - дуговий пальник; 4 - виріб, що зварюється;
5 - зварювальна ванна;

α - кут між горизонтальною поверхнею та лазерним променем;

$b1$ - кут між лазерним променем і дуговим пальником; H - фокусна відстань;

$L1$ - відстань між місцями перетинів осей зварювального дроту та лазерного променя на поверхні

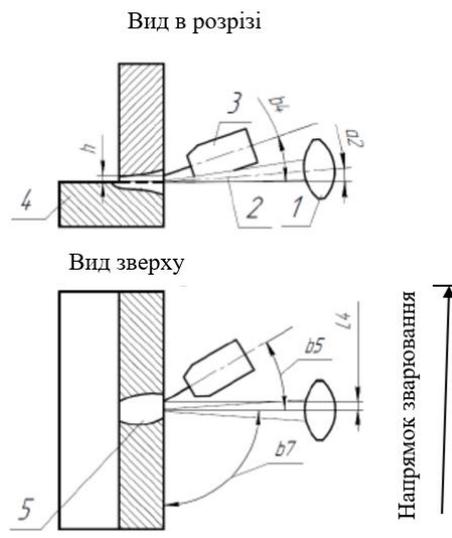


Рис. 2.16.1.1-2 Схема ГЛДЗ, метод «Гібрид» кутового зварного з'єднання в горизонтальному положенні (РА):

1 - фокусуюча лінза; 2 - лазерний промінь; 3 - дуговий пальник; 4 - виріб, що зварюється;
5 - зварювальна ванна;

$\alpha 2$ - кут між горизонтальною поверхнею та лазерним променем;

$b4$ - кут між дуговим пальником і горизонтальною поверхнею;

$L4$ - відстань між місцями перетинів осей зварювального дроту та лазерного променя в горизонтальній площині;

$b7$ - кут між лазерним променем та вертикальною поверхнею;

h - висота фокусної плями від кута (у горизонті);

H - фокусна відстань; $L1$ — відстань між місцями перетинів осей зварювального дроту та лазерного променя на поверхні

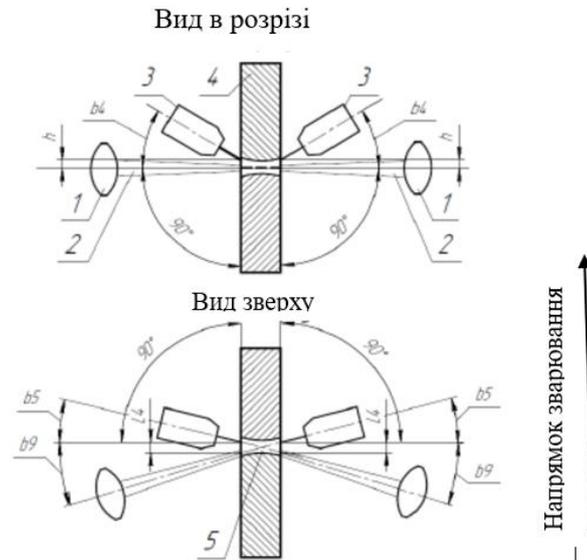


Рис. 2.16.1.1-3 Схема ГЛДЗ, метод «Гібрид двосторонній» зварного стикового з'єднання в горизонтальному положенні (РС):

1 - фокусуюча лінза; 2 - лазерний промінь; 3 - дуговий пальник; 4 - виріб, що зварюється;
5 - зварювальна ванна;

$b4$ - кут між лазерним променем і дуговим пальником; h - висота розташування зварювального дроту від лазерного променю; $L4$ - відстань між місцями перетинів осей зварювального дроту та лазерного променю в горизонтальній площині; H - фокусна відстань;

$b5$ - кут нахилу дугових пальників щодо перпендикуляра до вертикальної площини;

$b9$ - кут нахилу лазерного променю щодо перпендикуляра до вертикальної площини.

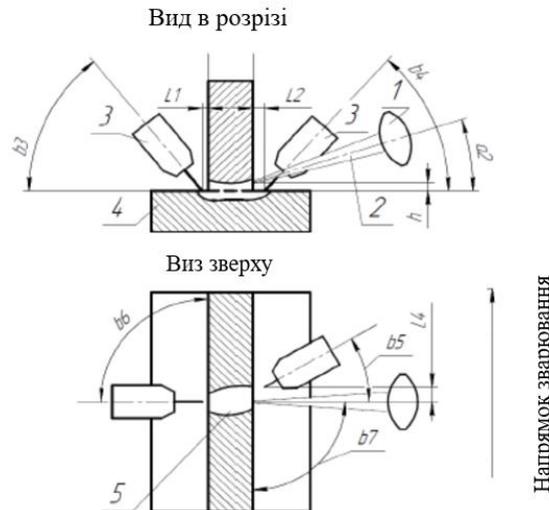


Рис. 2.16.1.1-4 Схема ГЛДЗ, метод "Гібрид + дуга" таврового зварного з'єднання в горизонтально-вертикальному положенні (РВ)

1 - фокусуюча лінза; 2 - лазерний промінь; 3 — дуговий пальник, 4 — виріб, що зварюється;
5 - зварювальна ванна;

$a2$ - кут між горизонтальною поверхнею та лазерним променем;

$b3, b4$ - кути нахилу дугових пальників та горизонтальною поверхнею;

$b5$ - кут між дуговим пальником і лазерним променем; $b6$ - кут нахилу дугового пальника щодо вертикальної стінки; $b7$ - кут між лазерним променем та вертикальною поверхнею;

$L1, L2$ - відстані між закінченням електродів до вертикальної поверхні;

$L4$ - відстані між місцями перетинів осей зварювального дроту та лазерного променю в горизонтальній площині; h -висота фокусної плями від кута (у горизонті)



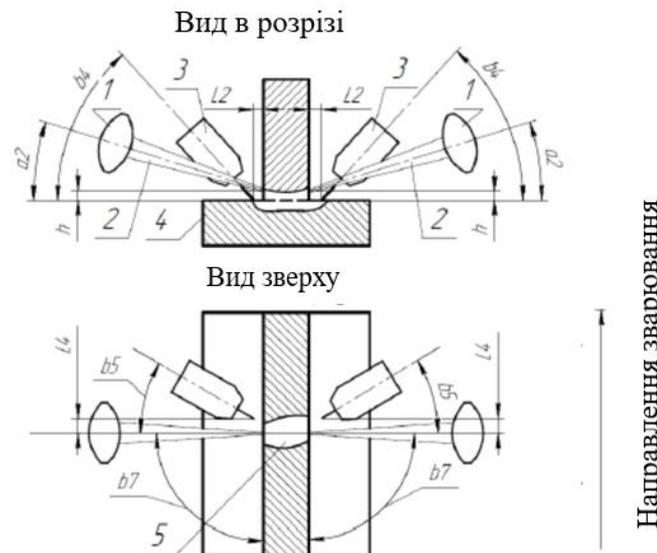
Рис. 2.16.1.1-5 Схема ГЛДЗ, метод «Гібрид Тандем» стикового зварного з'єднання в нижньому положенні (РА):

1 — фокусуюча лінза, 2 — лазерний промінь, 3 — дугувий пальник, 4 — виріб, що зварюється, 5 — зварювальна ванна;

α - кут між горизонтальною поверхнею та лазерним променем;

$b1, b2$ - кути між лазерним променем та дугувими пальниками;

$L1, L2$ — відстань між місцями перетинів осей лазерного променя та дугувих пальників із поверхнею



2.16.1.1-6 Схема ГЛДЗ, метод «Гібрид двосторонній» зварного таврового з'єднання в горизонтально-вертикальному положенні (РВ):

1 - фокусуюча лінза; 2 - лазерний промінь; 3 - дугувий пальник; 4 - виріб, що зварюється; 5 - зварювальна ванна;

$\alpha2$ - кут між горизонтальною поверхнею та лазерним променем; $b4$ — кут між горизонтальною поверхнею та дугувим пальником; $b5$ - кут нахилу дугувого пальника щодо лазерного променя; $b7$ - кут між лазерним променем та вертикальною стінкою;

$L4$ - відстані між місцями перетинів осей зварювального дроту та лазерного променя в горизонтальній площині; h - висота фокусної плями від кута (у горизонті)

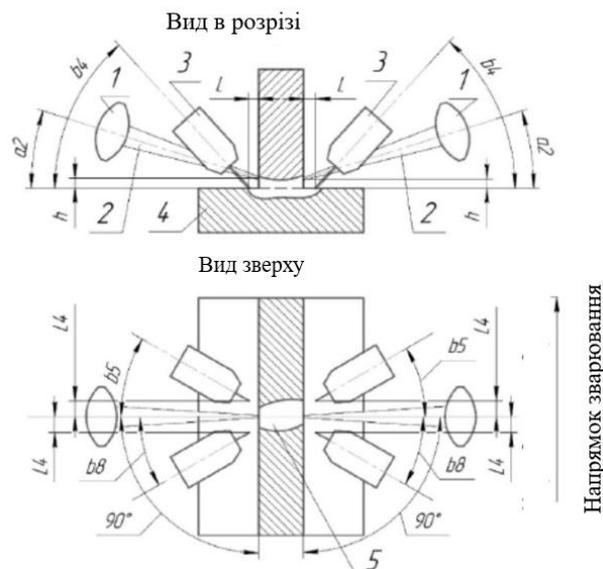


Рис. 2.16.1.1-7 Схема ГЛДЗ, метод «Гібрид Тандем двосторонній» таврового зварного з'єднання в горизонтально-вертикальному положенні (РВ):

1 - фокусуюча лінза; 2 - лазерний промінь; 3 - дуговий пальник; 4 - виріб, що зварюється, 5 - зварювальна ванна;

$\alpha 2$ - кут між горизонтальною поверхнею та лазерним променем; $b 4$ — кут між горизонтальною поверхнею та дуговим пальником; $b 5, b 8$ - кути між дуговими пальниками та лазерними променями;

$L 4$ — відстані між місцями перетинів осей зварювального дроту та лазерного променя в горизонтальну площину; h - висота фокусної плями від кута (у горизонті)

2.16.2 Область застосування.

2.16.2.1 Лазерне зварювання допускається до застосування для виготовлення суднового обладнання (пластинчасті та трубчасті теплообмінні апарати, сильфонні компенсатори трубопроводів, котлові стінові трубчасті панелі, корпуси судин, працюючих під тиском), що виготовляється з корозійностійких (високолегованих аустенітних) сталей, алюмінієвих, титанових та мідних сплавів.

2.16.2.2 Гібридне лазерно-дугове зварювання з плазмовою дугою непрямої дії (процес 521 + 154) допускається до застосування для зварювання суднового обладнання (пластинчасті та трубчасті теплообмінні апарати, сильфонні компенсатори трубопроводів, котлові стінові трубчасті панелі, працюючих під тиском), що виготовляється з корозійностійких (високолегованих аустенітних) сталей, алюмінієвих, титанових та мідних сплавів.

2.16.2.3 Гібридне лазерно-дугове зварювання електродом, що плавиться у захисному газі та з вольфрамовим електродом, що не плавиться, в інертному газі допускається до застосування для конструкцій, що не беруть участі у забезпеченні загальної міцності, що виготовляються з суднобудівних сталей нормальної та підвищеної міцності.

2.16.3 Технологічні вимоги до підготовки кромки та збирання зварних з'єднань.

2.15.3.1 Розкрій листів та обробку кромки допускається проводити механічним способом (механічною верстатною обробкою), гідроабразивною обробкою, плазмовою або лазерною різкою, що забезпечує скіс кромки (конусність різки) не більше 3° та необхідну точність конструктивних елементів з'єднання.

2.16.3.2 При використанні термічних методів різання утворюється окалина повинна бути ретельно механічно видалена. Зона термічного впливу також має бути механічно видалена, якщо вона не буде перекрита зоною термічного впливу від подальшого зварного шва.

Величина зони термічного впливу визначається металографічним аналізом на спеціальних зразках-свідках на етапі підготовки технологічного процесу. Це необхідно для забезпечення належної якості та запобігання виникненню дефектів зварних з'єднань.

2.16.3.3 Кромки листів, що зварюються, і прилеглі до них поверхні повинні бути зачищені від ґрунту до чистого металу на відстань не менше 10мм (на сторону). Вони також повинні бути очищені від іржі, оксидної плівки або окалини, забруднень від мастил, рідин для обробки та будь-яких інших органічних матеріалів.

Поверхні кромки повинні мати відповідну шорсткість згідно з **2.13.11**. Допускається зварювання деталей по ґрунтах, що мають схвалення Регістру відповідно до **6.5.4** частини XIII «Матеріали».

Очищення кромки перед процесом зварювання має особливе значення для алюмінію та його сплавів, оскільки вона допомагає запобігти утворенню неприпустимого рівня пористості металу шва. Оксидна плівка на кромках та поблизу неї повинна бути видалена в сухих умовах, а заготовки після очищення повинні бути сухими та чистими до початку зварювання, яке має бути проведене протягом 24 год.

2.16.3.4 При складанні стикових з'єднань під лазерне та гібридне лазерно-дугове зварювання допускається взаємне зміщення (депланція) кромки листів до 0,1 товщини листа, але не більше 1,0 мм.

2.15.3.5 Для лазерного та гібридного лазерно-дугового зварювання з присадним зварювальним матеріалом зазори, що допускаються між зварюваними кромками сталевих деталями, мають рекомендовані значення, наведені в табл. 2.16.3.5-1 та 2.16.3.5-2.

Таблиця 2.16.3.5-1 Зазори між зварюваними кромками, що допускаються.

Лазерне зварювання с присадковим матеріалом		
Тип з'єднання	Товщина металу t , мм	Величина зазору, мм
Стикові	$1 \leq t \leq 3$	0 – 0,2
	$3 < t \leq 6$	0 – 0,3
	$6 < t \leq 12$	0 – 0,4
Кутові	$3 \leq t \leq 6$	0 – 0,3
	$6 < t \leq 12$	0 – 0,4
	$12 < t \leq 16$	0 – 0,5

Таблиця 2.16.3.5-2 Зазори між зварюваними кромками, що допускаються.

Гібридне лазерно-дугове зварювання з присадковим матеріалом		
Тип з'єднання	Товщина металу t , мм	Величина зазору, мм
Стикові	$3 \leq t \leq 6$	0 – 0,4
	$6 < t \leq 12$	0 – 0,8
	$12 < t \leq 16$	0 – 1,0
	$16 < t \leq 26$	0 – 1,0
	$26 < t \leq 50$	0 – 1,2
Кутові (РА)	$3 \leq t \leq 6$	0 – 0,7
	$6 < t \leq 12$	0 – 1,0
	$12 < t \leq 16$	0 – 1,0
	$16 < t \leq 20$	0 – 1,0
Кутові (РВ, РС)	$3 \leq t \leq 6$	0 – 1,0
	$6 < t \leq 12$	0 – 1,0
	$12 < t \leq 16$	0 – 1,2
	$16 < t \leq 26$	0 – 1,2

2.16.3.6 Величини зазорів між зварюваними кромками, що зварюються, та їх зміщення при лазерному та гібридному лазерно-дуговому зварюванні (особливо без присадкового матеріалу) мають нижчі значення порівняно з дуговими процесами зварювання, а саме складання деталей під зварювання є більш прецизійною. Точні значення зазорів можуть змінюватись в залежності від матеріалу, товщини і конкретних умов зварювання. Зазори між кромками, що зварюються, перевищують допустимі значення, зазначені в табл. 2.16.3.5-1 і 2.16.3.5-2 можуть призвести до витікання металу зі зварювальної ванни або неспалення кромки у з'єднаннях, а зібрані з'єднання без зазору - до дефектів у вигляді пор через брак простору для видалення газів, особливо в її кореневій частині. Тому важливо дотримуватись рекомендованих допусків для забезпечення якісних зварних з'єднань.

2.16.3.7 Складання з'єднань під лазерне та гібридне лазерно-дугове зварювання має бути проконтрольовано та прийнято службою технічного контролю на відповідність виконання вимог цього розділу.

2.16.4 Типи зварних з'єднань.

2.16.4.1 Глибина проплавлення за один прохід під час процесу лазерного або гібридного лазерно-дугового зварювання значно перевищує глибину проплавлення при процесі електродугового зварювання. Це залежить від таких факторів як потужність лазерного випромінювання, параметрів фокусування, швидкості зварювання, кута нахилу лазерного променя і т.д.

Тому при підготовленні деталей до зварювання застосовуються відмінні від електродугової види оброблення кромки, що дозволяє забезпечити повне проплавлення та якісне формування зварного шва.

2.16.4.2 Рекомендовані типи стикових, кутових, таврових та внапуск зварних з'єднань сталей нормальної та підвищеної міцності для лазерного та гібридного лазерно-дугового зварювання із зазначенням обробок кромки наведені в табл. 2.16.4.2-1 - 2.16.4.2-5 з урахуванням величин зазорів зазначених у табл. 2.16.3.5-1 - 2.16.3.5-2.

2.15.4.3 Для лазерного зварювання алюмінієвих, мідних та титанових сплавів допускається використовувати типи зварних з'єднань для сталей згідно з табл. 2.16.4.2-1 - 2.16.4.2-5, а також нестандартні типи з'єднань, якщо були отримані позитивні результати кваліфікаційних випробувань технологічного процесу зварювання.

2.16.5 Процеси лазерного та гібридного лазерно-дугового зварювання.

2.16.5.1 Тонколистові сталі та сплави товщиною до 8мм допускається зварювати лазерним зварюванням без оброблення кромки у будь-якому просторовому положенні.

2.16.5.2 Сталі та сплави товщиною понад 8мм допускається виконувати лазерним зварюванням у багатопрхідному режимі з використанням присадкового дроту у всіх просторових положеннях з використанням спеціального звуженого (вузькощелевого) оброблення (див. рис. 2.16.5.2). Режим заповнення спеціальної звуженої обробки кромки проводиться розфокусованим лазерним променем з додатковим коливанням в межах ширини заповнюваної обробки з частотою достатньої для отримання суцільного зварного шва.

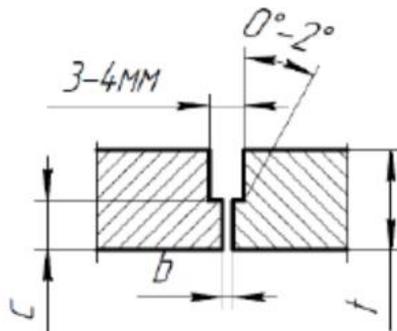


Рис. 2.16.5.2 Спеціальне звужене (вузькощільове) розділка кромки при багатопрхідному лазерному зварюванні:

t - Товщина сталі; 3 - висота притуплення; b - зазор при складанні стикового з'єднання

2.16.5.3 Сталі без обмеження по зварюваності товщиною понад 3мм і вище допускається зварювати гібридним лазерно-дуговим зварюванням у нижньому та горизонтальному просторових положеннях. Для деталі з товщинами від 12мм і вище використовується Y-подібна розділка з кутом розкриття від 30 до 60°. Заповнення розділки після зварювання притуплення проводиться дуговими процесами зварювання, прийнятими в суднобудуванні, або гібридним лазерно-дуговим зварюванням з розфокусованим променем.

2.16.5.4 Сталі нормальної та підвищеної міцності товщиною понад 20 мм зварюються двостороннім гібридним лазерно-дуговим зварюванням у нижньому та горизонтальному просторових положеннях з використанням розділки з кутом розкриття від 30 до 60°.

2.16.5.5 Зварювання стикових з'єднань з товщиною металу понад 10 мм допускається виконувати з використанням флюсової та мідно-флюсової підкладки (див. рис. 2.16.5.5 а).

2.16.5.6 З метою забезпечення коректної роботи датчика стеження зварювання стикових з'єднань без розділки кромки (для товщин від 3 до 12 мм) рекомендується виконувати зі скосом на кромках до 1,5 мм (див. рис. 2.15.5.5 б).

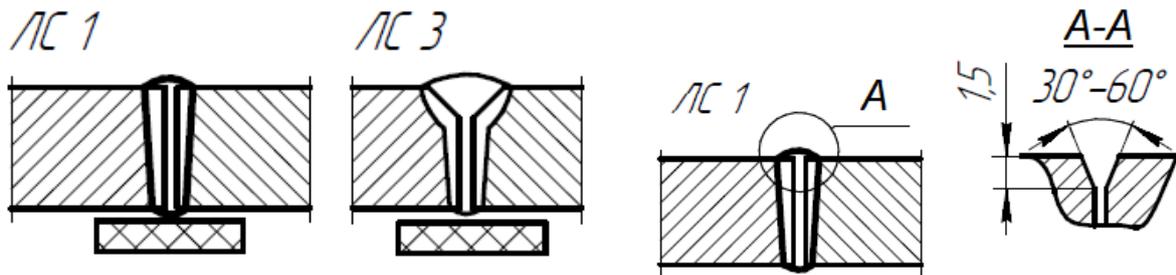


Рис. 2.15.5.5 а) - використання флюсової та мідно-флюсової підкладки;

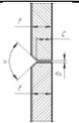
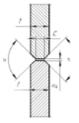
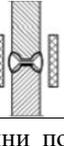
б) - спеціальний скіс для датчика стеження на розділці без скосу кромки

Таблиця 2.16.4.2-1 Підготовка зварних з'єднань та застосування методів зварювання для стикових з'єднань

Позначення з'єднання	Товщина металу, мм	Конструктивні елементи підготовлених кромки	Вид	Кут розділки, град	Товщина приутулення (с), мм	Застосовність методів зварювання						
						Лазерна	Лазерна + дріт	Гібрид	Гібрид + дуга	Гібрид Тандем	Гібрид двосторонній	Зображення зварного з'єднання
ЛС1	$1 < t \leq 3$			-	-	+	+	-	-	-	-	
	$3 < t \leq 6$					+	+	+	-	+	-	
	$6 < t \leq 12$					-	+	+	-	+	-	
ЛС2	$8 < t \leq 16$			-	$3 < c \leq 5$	+	+	-	-	-	-	
	$16 < t \leq 32$				$3 < c \leq 8$	+	+	-	-	-	-	
ЛС3	$12 < t \leq 16$			$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$8 < c \leq 10$	-	-	+	-	+	-	
	$16 < t \leq 26$				$8 < c \leq 14$	-	-	+	+	+	-	
ЛС4	$26 < t \leq 50$			$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$8 < c \leq 16$	-	-	+	+	+	-	

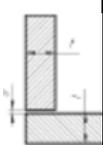
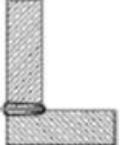
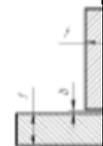
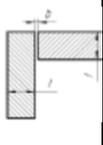
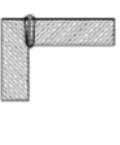
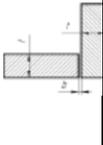
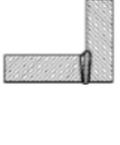
Таблиця 2.16.4.2-2 Підготовка зварних з'єднань та застосування методів зварювання для стикових горизонтальних з'єднань

Позначення з'єднання	Товщина металу, мм	Конструктивні елементи підготовлених кромки	Вид розділки	Кут розділки, град	Товщина приутулення (с), мм	Застосовність методів зварювання						
						Лазерна	Лазерна + дріт	Гібрид	Гібрид + дуга	Гібрид Тандем	Гібрид двосторонній	Зображення зварного з'єднання
ЛГ1	$1 < t \leq 3$			-	-	+	+	-	-	-	-	
	$3 < t \leq 6$					+	+	+	-	-	-	
	$6 < t \leq 12$					-	+	+	-	+	-	

ЛГ2	$12 < t \leq 26$			$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$8 \leq c \leq 12$	-	-	+	-	+	-	
ЛГ3	$26 < t \leq 50$			$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$c \leq 30$	-	-	-	-	-	+	
ЛГ4 ¹	$26 < t \leq 50$			$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$c \leq 30$	-	-	-	-	-	+	

Зварне з'єднання ЛГ4 зварюється процесом «Гібрид двосторонній» з утриманням зварювальної ванни по обидва боки за допомогою водоохолоджуваних мідних повзунів.

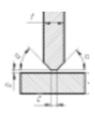
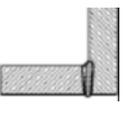
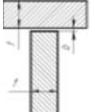
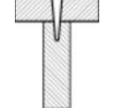
Таблиця 2.16.4.2-3 Підготовка зварних з'єднань та застосування методів зварювання для кутових з'єднань

Позначення з'єднання	Товщина металу, мм	Конструктивні елементи і підготовлені влігні кромки	Вид розділки	Кут розділки, град	Товщина припушення (с), мм	Застосовність методів зварювання						Зображення зварного з'єднання
						Лазерна	Лазерна + дріт	Гібрид	Гібрид + дуга	Гібрид Тандем	Гібрид двосторонній	
ЛК1	$1 \leq t \leq 3$			-	-	+	+	-	-	-	-	
	$3 < t \leq 6$					+	+	+	-	+	-	
	$6 < t \leq 12$					-	+	+	-	+	+	
	$8 < t \leq 16$					-	+	+	-	+	+	
ЛК2	$1 \leq t \leq 3$			-	-	+	+	-	-	-	-	
	$3 < t \leq 6$					+	+	+	-	+	-	
	$6 < t \leq 12$					-	+	+	-	+	-	
	$8 < t \leq 16$					-	-	+	-	-	-	
ЛК3	$1 \leq t \leq 3$			-	-	+	+	-	-	-	-	
	$3 < t \leq 6$					+	+	+	-	+	-	
	$6 < t \leq 12$					-	+	+	-	+	-	
	$8 < t \leq 16$					-	-	+	-	-	-	
ЛК4	$1 \leq t \leq 3$			-	-	+	+	-	-	-	-	
	$3 < t \leq 6$					+	+	+	-	+	-	
	$6 < t \leq 12$					-	+	+	-	+	-	

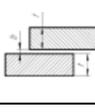
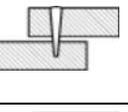
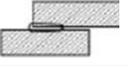
	$8 < t \leq 16$					-	-	+	-	-	-	
ЛК5	$12 \leq t \leq 16$		Y	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$6 \leq c \leq 10$	-	-	+	+	+	+	
	$16 < t \leq 26$				$8 \leq c \leq 12$	-	-	+	+	+	+	
	$26 < t \leq 32$				$16 \leq c \leq 20$	-	-	+	+	+	+	
	$32 < t \leq 50$					-	-	+	+	+	+	
ЛК6	$16 < t \leq 26$		V	$15^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$8 \leq c \leq 10$	-	-	+	+	+	-	
	$26 < t \leq 32$				$8 \leq c \leq 12$	-	-	+	+	+	-	
	$32 < t \leq 50$				$12 \leq c \leq 16$	-	-	+	+	+	-	
ЛК7	$16 < t \leq 26$		K	$15^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$10 \leq c \leq 16$	-	-	+	+	+	+	
	$26 < t \leq 32$				$8 \leq c \leq 12$	-	-	+	+	+	+	
	$32 < t \leq 50$				$8 \leq c \leq 12$	-	-	+	+	+	+	
ЛК8	$16 < t \leq 26$		Y	$30^\circ \leq \alpha \leq 60^\circ$	$8 \leq c \leq 12$	-	-	+	+	+	-	
	$26 < t \leq 32$				$8 \leq c \leq 12$	-	-	+	+	+	-	
	$32 < t \leq 50$				$8 \leq c \leq 12$	-	-	+	+	+	-	

Таблиця 2.16.4.2-4 Підготовка зварних з'єднань та застосування методів зварювання для таврових з'єднань

Позначення з'єднання	Товщина металу, мм	Конструктивні елементи і підготовлені кромки	Вид розділки	Кут розділки, град	Товщина пригуплення (с), мм	Застосовність методів зварювання						Зображення зварного з'єднання
						Лазерна	Лазерна + дріт	Гібрид	Гібрид + дуга	Гібрид Тандем	Гібрид двосторонній	
ЛТ1	$1 \leq t \leq 3$		—	-	-	+	-	-	-	-	-	
	$3 < t \leq 6$					+	+	+	-	+	-	
	$6 < t \leq 12$					-	+	+	-	+	+	
	$12 < t \leq 16$					-	-	+	-	+	+	
ЛТ2	$12 < t \leq 16$		V	$15^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$6 \leq c \leq 12$	-	-	+	-	+	-	
ЛТ3	$12 < t \leq 16$		V	$15^\circ \leq \alpha \leq 45^\circ$	$8 \leq c \leq 10$	-	-	+	+	+	-	
	$16 < t \leq 26$				$8 \leq c \leq 12$	-	-	+	+	+	+	
	$26 < t \leq 32$				$12 \leq c \leq 16$	-	-	+	+	+	+	
	$32 < t \leq 50$				$12 \leq c \leq 16$	-	-	+	+	+	+	

ЛТ4	$16 < t \leq 26$		$15^\circ \leq \alpha \leq 45$	$10 \leq c \leq 16$	-	-	+	+	+	+	
	$26 < t \leq 32$			$c \leq 20$	-	-	+	+	+	+	
	$32 < t \leq 50$			$c \leq 25$	-	-	+	+	+	+	
ЛТ5	$3 \leq t \leq 12$		-	-	-	+	+	-	-	-	

Таблиця 2.16.4.2-5 Підготовка зварних з'єднань та застосування методів зварювання для нахлесткових з'єднань

Позначення з'єднання	Товщина металу, мм	Конструктивні елементи і підготовлені кромки	Вид розділки	Кут розділки, град	Товщина притуплення (с), мм	Застосовність методів зварювання						Зображення зварного з'єднання
						Лазерна	Лазерна + дріт	Гібрид	Гібрид + дуга	Гібрид Тандем	Гібрид двосторонній	
ЛН1	$3 < t \leq 12$			-	-	+	+	-	-	+	-	
ЛН1	$t < 8$			-	-	+	+	+	-	-	-	

2.16.6 Схвалення технологічних процесів зварювання

2.16.6.1 Схвалення технологічних процесів лазерного зварювання повинно ґрунтуватися на вимогах таких стандартів:

ДСТУ EN ISO 15609-4:2009 «Технічні вимоги та атестація процедур зварювання металевих матеріалів. Технічні вимоги до процедури зварювання. Частина 4. Лазерне зварювання»;

ДСТУ EN ISO 15614-11:2002 «Технічні вимоги та атестація процедур зварювання металевих матеріалів. Перевірка процедури зварювання. Частина 11. Електронно-променево та лазерно-променево зварювання».

2.16.6.2 Схвалення технологічних процесів гібридного лазерно-дугового зварювання повинні ґрунтуватися на вимогах таких стандартів:

ДСТУ EN ISO 15609-6:2013 «Технічні вимоги та атестація процедур зварювання металевих матеріалів. Технічні вимоги до процедури зварювання. Частина 6. Гібридне лазерно-дугове зварювання»;

ДСТУ EN ISO 15614-14:2013 «Технічні вимоги та атестація процедур зварювання металевих матеріалів. Випробовування процедур зварювання. Частина 14: Лазерно-дугове гібридне зварювання сталей, нікелю та нікелевих сплавів».

2.15.6.3 На кожен зварювальний процес та тип зварного з'єднання має бути оформлено та затверджено специфікацію процесу зварювання (СПЗ) у складі ССЗП. (сертифікат схвалення технологічного процесу зварювання)

Зварювання виробів допускається лише за її наявності.

2.16.6.4 Технологічні процеси зварювання лазерного або гібридного лазерно-дугового зварювання повинні бути схвалені Регістром відповідно до положень цього розділу та застосовними положеннями частини III "Технічний нагляд за виготовленням матеріалів" Правил технічного нагляду за побудовою суден та виготовленням матеріалів та виробів.

2.16.7 Неруйнівний контроль та оцінка якості зварних з'єднань.

2.16.7.1 Неруйнівний контроль зварних з'єднань, отриманих лазерним або гібридним лазерно-дуговим зварюванням у процесі виробництва, повинен виконуватися в наступному обсязі:

- візуальний контроль та вимірювання -100%,

- РГК або РАУТ (для товщин не менше 6мм) – не менше 10% довжини зварних з'єднань.

2.16.7.2 Оцінка якості зварних з'єднань, отриманих лазерним зварюванням, виконується відповідно до ДСТУ EN ISO 13919-1:2019 «Електронно-променеві зварні з'єднання. Вимоги щодо рівнів якості дефектів. Частина 1. Сталь, нікель, титан та їхні сплави. для сталей, нікелю, титану та їх сплавів та ДСТУ EN ISO 13919-2:2021 «Зварні з'єднання, зварені електронним і лазерним променем. Вимоги та рекомендації щодо рівнів якості дефектів. Частина 2. Алюміній, магній та їх сплави та чиста мідь» для алюмінієвих та магнієвих сплавів та чистої міді.

2.16.7.3 Оцінка якості зварних з'єднань, одержуваних гібридним лазерно-дуговим зварюванням, виконується відповідно до ДСТУ EN ISO 12932:2013 для сталей нікелю та нікелевих сплавів «Зварювання. Гібридне лазерно-дугове зварювання сталей, нікелю та нікелевих сплавів. Рівні якості для дефектів».

2.16.7.4 Дефектні ділянки зварних швів допускається виправляти із застосуванням:

.1 лазерного зварювання без присадного дроту або з присадним дротом для швів, виконаних лазерним зварюванням;

.2 лазерного зварювання без присадного дроту або з присадним дротом, дугового або лазерно-дугового зварювання для швів, виконаних гібридним лазерно-дуговим зварюванням.

2.16.7.5 Ділянки зварного шва після ремонту повинні бути повторно піддані неруйнівному контролю в обсязі, зазначеному в 2.15.7.1.

2.16.8 Зварювальні матеріали.

2.16.8.1 Зварювальні матеріали для лазерного та гібридного лазерно-дугового зварювання, повинні бути обрані відповідно до основного матеріалу та схвалені Регістром з оформленням ССЗМ або С, згідно з застосовними положеннями розд. 4 стосовно зварювальних матеріалів, призначених для зварювання суднобудівних сталей нормальної та підвищеної міцності, корозійностійких (високолегованих аустенітних сталей), титанових, мідних і алюмінієвих сплавів.

2.16.8.2 Зварні проби для схвалення зварювальних матеріалів повинні бути зварені лазерним або гібридним лазерно-дуговим зварюванням залежно від процесу зварювання для якого виконується схвалення зварювальних матеріалів.

2.16.8.3 Позначення захисних газів та газових сумішей, що застосовуються для лазерного та гібридного лазерно-дугового зварювання, повинні відповідати вимогам стандарту ДСТУ EN ISO 14175:2008 «Матеріали зварювальні. Захисні гази для дугового зварювання та різання» та наведені в табл. 2.16.8.3.

Таблиця 2.16.8.3 Захисні гази та газові суміші, що застосовуються при лазерному та гібридному лазерно-дуговому зварюванні згідно стандарту ДСТУ EN ISO 14175:2008

Основний матеріал	Захисний газ/газова суміш	Витрата газу, л/хв
Низьковуглецеві сталі, феритні корозійно-стійкі сталі	C1, M20, M21, M22, M26	12 — 30
Аустенітні сталі	M12, M13, M22, R1, N1 ¹ , I2 ¹	
Алюмінієві, мідні та титанові сплави	I1, I2, I3	

¹Азот (N1) і гелій (I2) застосовується для лазерного зварювання

2.16.9 Атестація зварювальників та зварювальників-операторів.

2.16.9.1 Зварювальники та зварювальники-оператори лазерного та гібридного лазерно-дугового зварювального обладнання повинні пройти відповідну підготовку, що проводиться кваліфікованим персоналом, за вказаними процесами. Навчання повинно дозволити зварювальникам та зварювальникам-операторам правильно налаштувати та експлуатувати зварювальне обладнання. У навчання повинні бути включені базові знання про особливості лазерного та гібридного лазерно-дугового зварювання, а також про те, як скласти та дотримуватись технічних вимог до процедури зварювання та вимоги щодо безпеки лазерного випромінювання. У разі проведення навчання та атестації зварювальників та зварювальників-операторів лазерного та гібридного лазерно-дугового зварювання для сторонніх організацій атестаційний центр повинен мати визнання Регістру.

2.16.9.2 До атестації зварювальників-операторів лазерного та гібридного лазерно-дугового зварювання застосовуються вимоги для повністю механізованого та автоматичного зварювання, наведені в ДСТУ EN ISO 14732:2013 «Персонал зварювального виробництва. Атестаційне випробування операторів автоматичного зварювання плавленням та наладчиків контактного зварювання металевих

матеріалів» та в застосовних положеннях частини III "Технічний нагляд за виготовленням матеріалів" Правил технічного нагляду за побудовою суден та виготовленням матеріалів та виробів.

Атестація зварювальника або зварювальника-оператора підтверджується свідоцтвом про схвалення зварювальника (СДЗ) із зазначенням усіх умов випробувань.

2.16.9.3 Процеси лазерного та гібридного лазерно-дугового зварювання наведені в табл. 2.15.9.3.

Таблиця 2.16.9.3 Процеси лазерного та гібридного лазерно-дугового зварювання (HLAW)

Умовне позначення за ДСТУ EN ISO 4063:2023	Процеси зварювання
Лазерне зварювання 52	Лазерне зварювання; лазерне зварювання з присадковим матеріалом
Гібридне лазерно-дугове зварювання 52 + 131 ¹	Гібридне лазерно-дугове зварювання (лазер — дугове зварювання суцільним дротом в інертному газі)
Гібридне лазерно-дугове зварювання 52 + 133 ¹	Гібридне лазерно-дугове зварювання (лазер — зварювання дуговим порошковим дротом з металевим наповнювачем в інертному газі)
Гібридне лазерно-дугове зварювання 52 + 135 ¹	Гібридне лазерно-дугове зварювання (лазер — зварювання дуговим суцільним дротом в активному газі)
Гібридне лазерно-дугове зварювання 52 + 138 ¹	Гібридне лазерно-дугове зварювання (лазер — зварювання дуговим порошковим дротом з металевим наповнювачем в активному газі)
Гібридне лазерно-дугове зварювання 52 + 141 ¹	Гібридне лазерно-дугове зварювання (лазер — дугове зварювання вольфрамовим електродом в інертному газі з присадковим суцільним матеріалом)
Гібридне лазерно-дугове зварювання 52 + 142 ¹	Гібридне лазерно-дугове зварювання (лазер — дугове зварювання вольфрамовим електродом в інертному газі без присадкового матеріалу)
Гібридне лазерно-дугове зварювання 52 + 154 ¹	Гібридне лазерно-дугове зварювання (лазер — зварювання плазмовою дугою непрямої дії)

¹ Для гібридного лазерно-дугового зварювання комбінація умовних позначень процесу у вигляді цифр (наприклад, 521 + 131) позначає послідовність дуг гібридного процесу, а не те, що процес зварювання є комбінованим. Для позначення комбінованого процесу зварювання використовується додаткове цифрове позначення заповнюючого процесу, наприклад, (521+131)/138.

2.16.9.4 Область схвалення ССЗ (Свідоцтво схвалення зварювальника) за товщиною основного металу має призначатися згідно з табл. 2.15.9.4.

Таблиця 2.16.9.4 Область схвалення ССЗ за товщинами основного металу для стикових з'єднань, виконаних ЛЗ та ГЛДЗ

Основний метал ¹	Товщина металу проб при випробуваннях t , мм	Область схвалення за товщиною основного металу та металу шва, мм
Сталі	$t \leq 3$	до 3
	$3 \leq t < 16$	2 – 12
	$16 \leq t < 20$	10 – 26
Алюміній та його сплави	$t \leq 6$	до 8
	$6 < t \leq 12$	6 – 15
Титан і титанові сплави	$t \leq 8$	до 5
	$3 \leq t < 6$	до 8

¹При товщині основного металу більше 40 мм потрібна окрема атестація, яка повинна бути зазначена в СДЗ і в протоколі випробувань.

2.16.9.5 Неруйнівний контроль зварних проб, виконаних лазерним або гібридним лазерно-дуговим зварюванням, повинен проводитися в об'ємі візуального та вимірювального контролю по всій довжині з'єднань з обох сторін і наступного радіографічного або ультразвукового контролю із застосуванням фазованих решіток (PAUT) для товщин від 6мм.

3. КОНТРОЛЬ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

Пункт **3.1.1** викладається в новій редакції: «**3.1.1.1** Неруйнівний контроль зварних з'єднань може проводитися з застосуванням наступних основних (див. **3.1.1.1.1** — **3.1.1.1.6**) і вдосконалених (ANDT) методів (див. **3.1.1.1.7** — **3.1.1.1.9**):

.1 візуального та вимірювального контролю ВВК/ VT);

- .2 магнітопорошкового контролю (МПК/ МТ);
- .3 капілярного контролю, включаючи кольоровий, люмінесцентний і люмінесцентно-кольоровий методи (КК/ РТ);
- .4 радіографічного контролю, включаючи рентгено- та гаммаграфічні методи (РГК/ РТ);
- .5 ультразвукового контролю (УЗК/ УТ);
- .6 контролю непроникності та герметичності (див. додаток 1 частини II «Корпус»);
- .7 цифрової радіографії (RT-D);
- 7.1 комп'ютерної радіографії з використанням запам'ятовуючих фосфорних пластин (RT-CR);
- 7.2 радіографії із застосуванням цифрових матричних детекторів (DDA);
- .8 ультразвукового контролю з застосуванням фазованих решіток (PAUT): автоматизований ультразвуковий контроль (AUT) і механізований ультразвуковий контроль (SAUT);
- .9 дифракційно-часового методу (TOFD).».

3.1.1.2 В таблиці 3.1.1.2-1 у другому рядку вираз «Феритні сталі» замінюється на вираз «Низьковуглецеві сталі, феритні корозійностійкі сталі»;

В тексті пункту вираз «в табл. 3.1.1.2-1 та 3.1.1.2-2» замінюється на вираз: «в табл. 3.1.1.2-1, 3.1.1.2-2 та 3.1.1.2-3.».

В таблиці 3.1.1.2-2 у другому та третьому рядках вирази: «Феритні сталі,» замінюються на вирази «Низьковуглецеві сталі, феритні корозійностійкі сталі,» два рази;

Текст примітки наприкінці таблиці, що починається з виразу «-нижня межа по товщині...» замінюється на наступний: «- нижня межа по товщині основного металу для ультразвукового методу контролю визначається застосуванням обладнання і стандартами. Відповідно до нормативних документів, що застосовуються в суднобудуванні, ультразвуковий контроль для товщини менше 8 мм не застосовується. Для товщини менше 8 мм Регістр може розглянути можливість застосування відповідного вдосконаленого методу УТ згідно з 3.1.1.1.».

Пункт доповнюється пунктом **3.1.1.3** та новою таблицею 3.1.1.3 наступного змісту: «**3.1.1.3** Можливості вдосконалених методів неруйнівного контролю (ADNT) щодо застосовності для різних типів зварних з'єднань наведені в таблиці 3.1.1.3.

«Таблиця 3.1.1.3 Загальні можливості застосування вдосконалених методів неруйнівного контролю для виявлення внутрішніх дефектів у зварних з'єднаннях з повним проваром відповідно до стандарту ДСТУ EN ISO 17635:2016*»

Матеріали та зварні з'єднання	Товщина основного матеріалу, t	Застосовні методи
Низьковуглецеві сталі, феритні корозійностійкі сталі, стикові зварні з'єднання з повним проваром	$t < 6$ мм	RT-D
	$6 \text{ мм} \leq t \leq 40$ мм	PAUT, TOFD, RT-D
	$t > 40$ мм	PAUT, TOFD, RT-D**
Низьковуглецеві сталі, феритні корозійностійкі сталі, таврові та кутові з'єднання з повним проваром	$t \geq 6$ мм	PAUT, RT-D**
Низьковуглецеві сталі, феритні корозійностійкі сталі, хрестоподібні з'єднання з повним проваром	$t \geq 6$ мм	PAUT**
Стикові зварні з'єднання аустенітної сталі з повним проваром ¹	$t < 6$ мм	RT-D
	$6 \text{ мм} \leq t \leq 40$ мм	RT-D, PAUT**
	$t > 40$ мм	PAUT*, RT-D**
Таврові з'єднання аустенітної сталі, кутові з'єднання з повним проваром ¹	$t \geq 6$ мм	PAUT*, RT-D**
Алюмінієві таврові з'єднання та кутові з'єднання з повним проваром	$t \geq 6$ мм	PAUT*, RT-D**
Алюмінієві хрестоподібні з'єднання з повним проваром	$t \geq 6$ мм	PAUT**
Алюмінієві стикові з'єднання з повним проваром	$t < 6$ мм	RT-D
	$6 \text{ мм} \leq t \leq 40$ мм	RT-D, TOFD, PAUT
	$t > 40$ мм	TOFD, PAUT, RT-D*
Ливарні мідні сплави	Усі	PAUT, RT-D**
Сталеві поковки	Усі	PAUT, RT-D**
Сталеві виливки	Усі	PAUT, RT-D**
Основний метал/сортовий прокат, Термооброблені алюмінієві сплави	$t < 6$ мм	RT-D
	$6 \text{ мм} \leq t \leq 40$ мм	PAUT, TOFD, RT-D
	$t > 40$ мм	PAUT, TOFD, RT-D**

¹ Ультразвуковий контроль анізотропних матеріалів із застосуванням удосконалених методів потребує розробки спеціальних процедур та методик. На додаток до цього, може знадобитися також використання взаємодоповнюючих методів та обладнання, наприклад, використання похилих поздовжніх хвиль (похилим п'єзоелектричним перетворювачем) та/або похилих перетворювачів зсувної хвилі з горизонтальною відносно поверхні прокату поляризацією (SH-хвилі) для виявлення дефектів

*ДСТУ EN ISO 17635 (EN ISO 17635:2016, IDT, ISO 17635:2016, IDT) Неруйнівний контроль зварних з'єднань.

Загальні правила для металевих матеріалів.

* * Застосовні лише з обмеженнями, є предметом спеціального розгляду Реєстром.».

3.1.2.1 Текст третього абзацу пункту після виразу: «лабораторій» доповнюється виразом: «, виконуючим неруйнівний контроль», далі текст зберігається.

Текст пункту **3.1.2.2** викладається в новій редакції: «**3.1.2.2** Суднобудівне/судноремонтне підприємство або його субпідрядники несуть відповідальність за кваліфікацію своїх контролерів та операторів і за їх сертифікацію, яка переважно повинна проводитися третьою стороною відповідно до визнаної системи атестації згідно з ДСТУ EN ISO 9712*.

Допускається визнання кваліфікації персоналу, заснованої на системі атестації роботодавця, такій як, наприклад, SNT-TC-1A**, 2016 або ANSI/ASNT CP-189, 2024***, якщо письмова процедура суднобудівного підприємства або його субпідрядників була погоджена Регістром. Письмова процедура суднобудівного/судноремонтного підприємства або його підрядників повинна, як мінімум, відповідати вимогам неупередженості сертифікуючого органу та/або уповноваженого органу, згідно з ДСТУ EN ISO 9712.

Сертифікати та допуски контролерів і операторів повинні поширюватися на всю діяльність виробництва і технології, що застосовуються суднобудівним підприємством або його субпідрядниками.

Персонал рівня 3 повинен бути сертифікований акредитованим органом з сертифікації.

*ДСТУ EN ISO 9712 (EN ISO 9712:2022, IDT, ISO 9712:2021, IDT) – Неруйнівний контроль. Кваліфікація та сертифікація персоналу неруйнівного контролю.

**SNT-TC-1A – Стандарт США «Кваліфікація і сертифікація персоналу неруйнівного контролю» (Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing).

*** ANSI/ASNT CP-189, 2024 – Стандарт США «Кваліфікація і сертифікація персоналу неруйнівного контролю». (Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel).».

Тексти пунктів **3.1.2.2.1.2** і **3.1.2.2.1.3** викладаються в новій редакції: «**2** Оператор, який виконує НК та розшифровує показники, повинен мати кваліфікацію та сертифікацію не нижче рівня II за відповідним(ими)методом(ами) НК, як зазначено нижче;

3 Для операторів, які тільки збирають дані із застосуванням якогось методу НК, і не виконують розшифровку або аналіз даних, допускається кваліфікація та сертифікація відповідним чином за рівнем I.

Оператор повинен мати належні знання про матеріали, зварювання, конструкції або компоненти, обладнання для НК та обмеження, необхідні для застосування відповідного методу контролю в кожному конкретному випадку.»

Підрозділ доповнюється новим пунктом **3.1.2.3** наступного змісту: «**3.1.2.3** «Суднобудівне/судноремонтне підприємство або його субпідрядники повинні мати у штаті контролера або керівників, відповідальних за відповідне виконання робіт з неруйнівного контролю (НК), а також за рівень професійної підготовки операторів та їх обладнання, включаючи професійне використання робочих процедур.

Суднобудівне/судноремонтне підприємство або його субпідрядники повинні мати в штаті на постійній основі щонайменше одного контролера, який пройшов незалежну сертифікацію на рівень 3 за відповідним методом відповідно до **3.1.2.2.1** Не допускається призначати персонал рівня 3; він має бути сертифікований акредитованим органом із сертифікації. Суднобудівне/судноремонтне підприємство або його субпідрядники можуть приймати до штату спеціаліста рівня 3, сертифікованого не на всі методи неруйнівного контролю. У цьому випадку допускається залучати позаштатного контролера за тими методами контролю, на які не сертифікований штатний спеціаліст рівня 3 підприємства.

Контролер повинен безпосередньо брати участь у розгляді та прийнятті процедур НК, звітів НК, калібруванні обладнання та інструментів для НК. За вказівкою суднобудівного/судноремонтного підприємства або його субпідрядників контролер повинен проводити оцінку кваліфікації операторів щорічно.».

Текст пункту **3.1.3.1** викладається в новій редакції: «**3.1.3.1** Обсяг проведення неруйнівного контролю та кількість контрольованих ділянок повинні бути узгоджені суднобудівним підприємством і Регістром. Якщо інше не погоджено, повинна бути розроблена і представлена на розгляд Регістру для схвалення схема (відомість) контролю зварних з'єднань корпусних конструкцій. Для трубопроводів, а також окремих виробів, що виготовляються під технічним наглядом Регістру, необхідні відомості можуть бути представлені на відповідних кресленнях без складання окремого документа. Схема (відомість) контролю повинна містити наступну інформацію:»;

До тексту **3.1.3.3** додається перше речення наступного змісту: «**3.1.3.3** Суднобудівне підприємство несе відповідальність за забезпечення дотримання специфікацій та процедур неруйнівного контролю в період будівництва, а Регістру повинні бути надані звітні документи.» Далі текст продовжується; наприкінці пункту додається вираз: «та **3.2.11**.».

До тексту другого абзацу пункту **3.1.3.4** після виразу «...за проведення контролю» додається вираз: «(як правило, керівником НК)», далі текст продовжується.

Текст пункту **3.1.5.1** викладається в новій редакції: «**3.1.5.1** В обсяг випробування зварного з'єднання має входити контроль зони, що включає зварний шов та основний метал, що прилягає не менше ніж на 10мм з кожного боку від меж зварного шва, або ширину зони термічного впливу (ЗТВ), залежно від того, що більше.

Якщо не вказано інше, неруйнівний приймальний контроль зварних з'єднань повинен проводитися після завершення всіх зварювальних і рихтувальних робіт до їх фарбування або ґрунтування, або до нанесення гальванічних та інших покриттів. Поверхня контрольованих ділянок зварних з'єднань повинна бути очищена від окалини, шлаку, іржі, що відшаровується, зварювальних бризок, масла, мастила, бруду або фарби, які можуть вплинути на точність методу контролю. Підготовка та очищення зварних з'єднань до подальшого НК повинні проводитися відповідно до застосовуваних специфікацій (процедур) НК та відповідати вимогам інспектора. Стан поверхні, що перешкоджає правильній інтерпретації результатів, може стати причиною незадовільного результату контролю ділянки зварного з'єднання.

Неруйнівний контроль (НК) повинен проводитися після охолодження зварних з'єднань до температури навколишнього середовища.

При зварюванні конструкцій з підвищеної міцності сталі та з високоміцних сталей з нормативним мінімальним значенням межі плинності в діапазоні від 420Н/мм² до 690Н/мм² час після завершення робіт зі зварювання до початку проведення приймального контролю повинен становити не менше 48 год.

Для сталі з нормативним мінімальним значенням межі текучості понад 690Н/мм² НК не повинен проводитися раніше ніж через 72 год після закінчення зварювання.

При зварюванні конструкцій із сталі високої міцності приймальний контроль повинен проводитися у два етапи: первинний та дублюючий контроль. Первинний контроль виконується через 48 год або 72 год після завершення робіт зі зварювання з урахуванням вимог, викладених вище, відповідно до процедури приймального контролю для сталей підвищеної міцності.

Дублюючий контроль повинен проводитися тільки на зварних з'єднаннях, виконаних при негативних температурах, визнаних придатними за результатами первинного контролю не раніше ніж через 10 діб після проведення первинного контролю. Об'єм дублюючого контролю призначається залежно від групи в'язей корпусу судна відповідно до **1.2.3.7** частини II «Корпус» і становить 100 % для III групи в'язей, 50 % для II групи зв'язків, 25 % для I групи в'язей.

Примітки: 1. Якщо виробник може надати документальні докази відсутності схильності до утворення холодних тріщин для використовуваних матеріалів і технологічного процесу зварювання, час після завершення робіт зі зварювання до початку проведення контролю може бути зменшений для сталей категорій A/F40 і нижче та товщиною не більше 40 мм, і для сталей категорії A/F500 і вище та товщиною не більше 20 мм.»

Тексти приміток 2 та 3 зберігаються.

3.1.5.2 Текст пункту наприкінці першого речення першого абзацу доповнюється виразом: «, згідно з вимогами **3.2.1.**».

Підрозділ **3.2.** Текст пункту **3.2.1.1** після виразу «ДСТУ EN ISO 17637, доповнюється виразом «, ДСТУ EN ISO 6520-1». Далі текст продовжується.

У пунктах **3.2.1.2, 3.2.1.5** вираз «ДСТУ EN ISO 6520» замінюється на вираз «ДСТУ EN ISO 6520-1» двічі.

3.2.1.5. Назва рисунку 3.2.1.5 замінюється на наступну: «Рис. 3.2.1.5 Умови доступу до контрольованої поверхні при візуальному і вимірювальному контролі».

3.2.1.8 У першому реченні вираз «Контроль зварних швів вимірюванням» замінюється на вираз: «Вимірювальний контроль швів».

Текст пункту **3.2.2.4** викладається в новій редакції: «**3.2.2.4** Температура контрольованих поверхонь зазвичай повинна знаходитися в діапазоні від 5 °С до 50 °С; якщо температура виходить за межі цього діапазону, то повинні застосовуватися спеціальний пенетрант для використання при низьких і високих температурах, а також випробувальні (налаштувальні) зразки.».

Текст пункту **3.2.4.1** викладається в новій редакції: «**3.2.4.1** Радіографічний метод контролю зварних з'єднань повинен застосовуватися і виконуватися відповідно письмовими специфікаціями (процедурами), розробленими на підставі вимог стандартів ДСТУ EN ISO 17636-1, ДСТУ EN ISO 17636-2, або інших міжнародних і національних стандартів.».

Контрольовані поверхні зварних з'єднань повинні бути досить однорідними, щоб неоднорідності не приховували або не перешкождали розшифровці результатів. Стан поверхні, що перешкоджає правильній розшифровці радіографічних зображень, може стати причиною незадовільного результату контролю ділянки зварного з'єднання.».

3.2.4.13 Наприкінці текст пункту доповнюється виразом: «(цифрова радіографія RT-D)».

3.2.4.13.1 Текст пункту викладається в новій редакції: «**3.2.4.13.1** Радіографічний метод контролю зварних з'єднань з застосуванням цифрових детекторів (цифрова радіографія RT-D) повинен застосовуватися і здійснюватися згідно з письмовими специфікаціями (процедурами), розробленими на основі вимог стандарту ДСТУ EN ISO 17636-2, або інших міжнародних та національних стандартів.».

3.2.4.13.2 Текст пункту викладається в новій редакції: «**3.2.4.13.2** Радіографічний метод контролю зварних з'єднань з застосуванням цифрових детекторів (цифрова радіографія RT-D) може застосовуватися для рулонного або листового прокату і труб для виявлення дефектів комп'ютерною радіографією із використанням запам'ятовуючих фосфорних пластин (CR), або радіографією з застосуванням цифрових матричних детекторів (DDA).».

Визначення терміну «*Система цифрових детекторних матриць*», замінюється на нове визначення: «*Система з матричним цифровим детектором*».

Підрозділ доповнюється новим пунктом **4.2.4.13.4** та таблицею 4.2.4.13.4 наступного змісту:

3.2.4.13.4 Специфікація (процедура) радіографічного методу контролю зварних з'єднань із застосуванням цифрових детекторів (Цифрова радіографія RT-D) повинна бути оформлена письмово і містити щонайменше інформацію, наведену в табл.3.2.4.13.4.

Таблиця 3.2.4.13.4 Вимоги до процедури цифрової радіографії

Вимога
Марки матеріалів або типи зварних з'єднань повинні бути перевірені, включаючи величини товщин, розміри та форму виробу (виливки, поковки, труба, лист тощо)
Опис системи оцифрування:
виробник і № моделі системи оцифрування, лінійні розміри монітора
розміри плівки скануючого пристрою
розмір(и) фокусної плями системи сканування
розмір(и) фокусної плями системи сканування

розмір пікселя зображення на екрані, визначеного межею роздільної здатності монітора по вертикалі/горизонталі
освітлення відеоекрана
середовище для зберігання даних
Спосіб оцифрування:
розмір плями цифрового перетворювача (в мікронах), що застосовується, спосіб стиснення даних без втрат, якщо використовується
метод контролю введення зображення операції обробки зображень, час перевірки системи
Використовувана просторова роздільна здатність:
контрастна чутливість (отриманий діапазон оптичної густини), динамічний діапазон, що використовується
просторова лінійність системи
тип матеріалу і діапазон товщин, що просвічуються
тип джерела або максимальна напруга рентгенівського випромінювання, тип детектора
калібрування детектора
мінімальна відстань від джерела випромінювання до об'єкта контролю, відстань між об'єктом контролю та детектором
розмір джерела
схема контролю об'єкта контролю (якщо застосовується), інструменти вимірювання якості зображення, індикатор якості зображення (IQI)
дротовий індикатор якості зображення, багатодотовий індикатор якості зображення, індикатор ідентифікації зображень
рівні контролю, рівні оцінки та/або рівні реєстрації
вимоги до кваліфікації персоналу
стан контрольованої поверхні
дані, як мінімум про калібрування (перевірку) повинні бути зареєстровані (наприклад, яким документом регламентується)
питання охорони навколишнього середовища та безпеки

Підрозділ **3.2** доповнюється новим пунктом **3.2.4.13.5** наступного змісту: «**3.2.4.13.5** Вибір рівня контролю для цифрової радіографії (RT-D) здійснюється відповідно до розділу 8.4. ДСТУ EN ISO 17636-2.».

Останній абзац пункту **3.2.5.6** після виразу «ДСТУ EN ISO 16810» доповнюється виразом «, ДСТУ EN ISO 581-1» дали текст зберігається.

Підрозділ **3.2** доповнюється новим пунктом **3.2.5.20** наступного змісту: «**3.2.5.20** Ультразвуковий метод. Автоматизована технологія із застосуванням фазованої решітки (PAUT).

3.2.5.20.1 Ультразвуковий метод контролю із застосуванням фазованої решітки (PAUT) застосовується для металевих зварних з'єднань, отриманих зварюванням плавленням з мінімальною товщиною бмм. За ступенем автоматизації розрізняють автоматизований (AUT) і напівавтоматизований (SAUT) ультразвуковий контроль із застосуванням фазованої решітки.

Автоматизований ультразвуковий контроль (AUT) — спосіб ультразвукового контролю, який виконується за допомогою механічно встановленого і керованого обладнання та перетворювачів, керованого дистанційно і яке регулюється апаратурою без участі оператора. Обладнання, що застосовується для виконання контролю, повинно реєструвати ультразвукові ехо - сигнали, включаючи положення сканування, за допомогою інтегральних кодуючих пристроїв, що забезпечують зображення отриманих даних. При виконанні AUT одна або більше операцій (сканування, позиціонування, запис результатів) виконуються у автоматичному режимі.

Механізований ультразвуковий контроль (SAUT) — спосіб ультразвукового контролю, який виконується за допомогою механічно встановлюваного і керованого обладнання і перетворювачів,

керованого вручну і яке може регулюватися вручну оператором. Обладнання, що застосовується для виконання контролю, повинно реєструвати ультразвукові луна-сигнали, включаючи положення сканування, за допомогою інтегральних кодуєчих пристроїв, що забезпечують зображення отриманих даних. SAUT виконується за допомогою ручних скануючих пристроїв із записом результатів.

3.2.5.20.2 Ультразвуковий метод контролю із застосуванням фазованої решітки (PAUT) повинен проводитися відповідно до процедур, заснованих на положеннях ДСТУ EN ISO 13588, ДСТУ EN ISO 18563-1, ДСТУ EN ISO 18563-2, ДСТУ EN ISO 18563-3 та ДСТУ EN ISO 19285 або інших стандартів і відповідних вимог Регістру.

3.2.5.20.3 Процедура PAUT повинна бути оформлена письмово і повинна містити щонайменше інформацію, наведену в табл. 3.2.5.20.3. Якщо основний параметр, наведений в табл. 3.2.5.20.3, змінюється в порівнянні з вказаним значенням або діапазоном значень, письмова процедура повинна бути переатестована. Якщо другорядний параметр змінюється в порівнянні з вказаним значенням або діапазоном значень, письмова процедура переатестації не підлягає. Всі зміни основних або другорядних параметрів в порівнянні зі значенням або діапазоном значень, наведеними в письмовій процедурі, вимагають перегляду письмової процедури або внесення в неї змін.

Табл. 3.2.5.20.3 Вимоги до процедури ультразвукового контролю із застосуванням фазованої решітки (ФР)

Вимога	Основний параметр	Другорядний параметр
Марки матеріалів або типи зварних з'єднань повинні бути перевірені, включаючи величини товщин, розміри та вид виробу (виливки, поковки, труба, лист тощо)	X	–
Контрольовані поверхні	X	–
Метод(и) (із застосуванням прямого перетворювача, похилого перетворювача, контактний метод та/або імерсійний метод)	X	–
Кут(кути) та спосіб(и) поширення хвилі в матеріалі	X	–
Тип перетворювача, частота, розмір і номер елемента, показники акустичного поля та відстані між елементами, та форма	X	–
Фокальна зона (визначення площини, глибини чи траєкторії звуку)	X	–
Розмір активної апертури ФР (тобто кількість елементів, ефективна висота ¹ і ширина елемента)	X	–
Використовувані закони фокусування для E-сканів та S-сканів (тобто діапазон застосованих номерів елементів, використаний кутовий діапазон, зміна елемента кутового кроку)	X	–
Спеціальні (фазовані) перетворювачі: похилі, увігнуті або опуклі, якщо застосовуються	X	–
Ультразвуковий прилад(и) контролю	X	–
Калібрування (калібрувальний (еталонний) зразок(и) та метод(и))	X	–
Напрями та обсяг сканування	X	–
Сканування (з використанням засобів механізації/автоматизації)	X	–
Метод визначення розміру та розрізнення геометричної форми виявлених дефектів	X	–
Отримання розширених даних за допомогою комп'ютера, якщо потрібно	X	–
Дублювання сканування (у скороченому обсязі)	X	–
Вимоги до роботи персоналу, якщо потрібно	X	–
Рівні контролю, рівні оцінки та/або рівні фіксації	X	–
Вимоги до кваліфікації персоналу	–	X
Стан поверхні (поверхня, що перевіряється, налаштувальний зразок)	–	X
Контактне середовище (найменування марки або тип)	–	X
Спосіб очищення після проведення контролю	–	X

Автоматична сигналізація та/або реєструюче обладнання, якщо застосовується	–	X
Дані, як мінімум, про калібрування мають бути зареєстровані (наприклад, параметри налаштування)	–	X
Питання охорони екології та безпеки	–	X
¹ Ефективна висота – це відстань від зовнішнього краю першого до останнього елемента, використаного в законі фокусування.		

3.2.5.20.4 Підготовка до контролю.

3.2.5.20.4.1 Рівні контролю.

Рівні контролю методу PAUT, які наведені в процедурі, повинні відповідати ДСТУ EN ISO 13588, в якому визначаються чотири рівні контролю, кожен з яких відповідає різній ймовірності виявлення несущільностей (дефектів).

Контроль зварних з'єднань повинен відповідати вимогам ДСТУ EN ISO 13588 та вимогам, викладеним нижче.

Відповідність матеріалів, контрольованих методом PAUT, визначається згідно табл. 3.1.1.3.

3.2.5.20.4.2 Обсяг контролю.

Мета контролю визначається специфікацією. На цій підставі необхідно визначити обсяг, що підлягає контролю.

Повинна бути передбачена схема сканування, що відображає зону дії пучка, товщину шва та його геометрію. Необхідно переконатися, що ультразвукові пучки перекривають обсяг, який повинен бути проконтрольований.

Якщо для зварних з'єднань, виконаних зварюванням плавленням, застосовується оцінка індикацій тільки за амплітудою, необхідно використовувати Е-скан, при якому відхилення пучка від нормалі до розділки шва не повинно перевищувати $\pm 5^\circ$. Ця вимога може не дотримуватися, якщо застосовується S-сканування, яке забезпечує виявлення несущільностей зварних швів та визначення їх розміру і регламентується узгодженою процедурою (при такій перевірці повинні використовуватися налаштувальні зразки, що мають відповідні відбивачі в місці розташування зони проплавлення).

3.2.5.20.4.3 Налаштувальні зразки.

Залежно від рівня контролю налаштувальний зразок використовується для визначення відповідності вимогам контролю (наприклад, контрольований об'єм, налаштування чутливості). Налаштувальні зразки повинні відповідати ДСТУ EN ISO 13588 або іншим узгодженим рівноцінним стандартам, і відповідним вимогам Регістру.

3.2.5.20.4.4 Оцінка індикації.

Індикації, отримані під час виконання процедури контролю, повинні оцінюватися або за довжиною та висотою, або за довжиною та максимальною амплітудою. Оцінка індикацій повинна відповідати ДСТУ EN ISO 19285 або узгодженим рівноцінним стандартам, а також спеціальним вимогам Регістру. Способи визначення розмірів включають контрольні рівні, тимчасове регулювання чутливості (ТРЧ/TSG), діаграму «амплітуда — відстань — діаметр» (АВД/DGS) та зниження на 6дБ. Метод зниження на 6дБ повинен використовуватися для вимірювання індикацій, що перевищують ширину пучка.».

Підрозділ 3.2 доповнюється новим пунктом 3.2.5.21 наступного змісту: «3.2.5.21 Дифракційно-часовий метод (TOFD).

3.2.5.21.1 Дифракційно-часовий метод (TOFD) ґрунтується на взаємодії ультразвукових хвиль з краями несущільностей. Ця взаємодія призводить до випромінювання дифракційних хвиль у широкому діапазоні кутів. Виявлення дифракційних хвиль дозволяє встановити наявність несущільності.

Дифракційно-часовий метод (TOFD) повинен проводитися відповідно до процедури, заснованої на ДСТУ EN ISO 10863 та ДСТУ EN ISO 15626 або інших стандартах та відповідних вимогах Регістру.

3.2.5.21.2 Процедура TOFD повинна бути оформлена письмово та містити наступну інформацію, зазначену в табл. 3.2.5.21.2. Якщо основний параметр, наведений у табл. 3.2.5.21.2 змінюється порівняно із зазначеним значенням або діапазоном значень, письмова процедура повинна бути переатестована. Якщо другорядний параметр змінюється порівняно із зазначеним значенням або діапазоном значень, письмова процедура переатестації не підлягає. Всі зміни основних або

другорядних параметрів порівняно зі значенням або діапазоном значень, наведених у письмовій процедурі, вимагають перегляду письмової процедури або внесення до неї змін.

Таблиця 3.2.5.21.2 Вимоги до процедури дифракційно-часового методу

Вимога	Основний параметр	Другорядний параметр
Типи зварних з'єднань повинні бути перевірені, включаючи величини товщин, розміри та вид виробу (вилівки, поковки, труба, лист і т.д.)	X	–
Контрольовані поверхні	X	–
Кут(кути) поширення хвилі в матеріалі	X	–
Тип(и) перетворювача, частота(и) та розмір(и)/форма(и) елемента	X	–
Спеціальні (фазовані) перетворювачі: похилі, увігнуті або опуклі, якщо застосовуються	X	–
Ультразвуковий прилад(и) та програмне забезпечення	X	–
Калібрування [калібрувальний (еталонний) зразок(и) та метод(и)]	X	–
Напрями та обсяг сканування	X	–
Сканування (з використанням засобів механізації/автоматизації)	X	–
Інтервал вибірки даних (у збільшеному обсязі)	X	–
Метод визначення розміру та розрізнення геометричної форми виявлених дефектів	X	–
Отримання розширених даних за допомогою комп'ютера, якщо потрібно	X	–
Дублювання сканування (у скороченому обсязі)	X	–
Вимоги до роботи персоналу, якщо потрібно	X	–
Рівні контролю, рівні оцінки та/або рівні фіксації	X	–
Вимоги до кваліфікації персоналу	–	X
Стан поверхні (контрольована поверхня, калібрувальний (еталонний) зразок)	–	X
Контактне середовище (найменування марки або тип)	–	X
Спосіб очищення після проведення контролю	–	X
Автоматична сигналізація та/або реєструюче обладнання, якщо застосовується	–	X
Дані, як мінімум, про калібрування (перевірку) повинні бути зареєстровані (наприклад, параметри налаштування)	–	X
Питання охорони навколишнього середовища та безпеки	–	X

3.2.5.21.3 Підготовка до контролю.

3.2.5.21.3.1 Рівні контролю.

Рівні контролю методу TOFD, наведені в процедурі, повинні відповідати ДСТУ EN ISO 10863:2011, який визначає чотири рівні контролю, кожен з яких відповідає різній ймовірності виявлення несучільностей (дефектів).

3.2.5.21.3.2 Обсяг контролю.

Мета контролю визначається специфікацією. На цій підставі необхідно визначити обсяг, що підлягає контролю.

Повинна бути передбачена схема сканування, що відображає зону дії пучка, товщину шва та його геометрію. Необхідно переконатися, що ультразвукові пучки перекривають обсяг, який повинен бути проконтрольований.

У зв'язку з особливістю методу TOFD, існує ймовірність того, що схема сканування може визначати зони зварних з'єднань, які не можуть бути повністю покриті TOFD (так звані мертві зони, у бічній хвилі або протилежній стінці, або і в першому, і в другому випадку одночасно). Якщо плани сканування виявляють, що ці мертві зони проконтрольовані не в повній мірі, повинні застосовуватися подальше сканування TOFD та/або доповнюючий метод НК для забезпечення повного контролю.».

3.2.6.5 Текст пункту доповнюється додатковими вимогами до звіту:

«- кількість рентгенографічних зображень (експозицій);

- кут пучка випромінювання, що проходить через зварний шов (відносно нормального).».

Підрозділ доповнюється новим пунктом **3.2.6.7** наступного змісту: «**3.2.6.7** Звітні дані, відображені в **3.2.6**, повинні містити дані про виправлення зварних з'єднань.».

Підрозділ **3.2** доповнюється новими пунктами **3.2.7, 3.2.8, 3.2.9, 3.2.10** наступного змісту:

«3.2.7 Атестація технології та процесу вдосконалених методів неруйнівного контролю (ANDT).

3.2.7.1 Загальні положення.

Суднобудівне підприємство або виготовлювач повинні подати наступну документацію на розгляд Регістру:

- технічну документацію по ANDT;
- методичку застосування та процедуру ANDT відповідно до вимог **3.2.10**;
- результат програмного моделювання, коли воно застосовується.

3.2.7.2 Програмне моделювання

При використанні методів PAUT або TOFD представник Реєстру може вимагати виконання програмного моделювання. Моделювання може містити програму попереднього випробування, план сканування, обсяг контролю, остаточне зображення штучного дефекту тощо. У декількох випадках може знадобитися моделювання/імітація штучного дефекту.

3.2.7.3 Процедура кваліфікаційного випробування.

Процедура атестації для ANDT повинна включати наступні етапи:

- аналіз наявних експлуатаційних характеристик системи контролю (здатності виявлення та точності визначення розмірів дефекту);
- ідентифікація та оцінка важливих параметрів та їх змін;
- планування та виконання відтворюваності (повторюваності) та працездатності (надійності) програми контролю, що включає перевірку на робочому місці;
- документування результатів відтворюваності (повторюваності) та працездатності (надійності) програм контролю.

Примітка: Потрібне виконання порівняльного аналізу результатів відтворюваності та працездатності (надійності) програм контролю на робочому місці з результатами відповідних калібрувальних (контрольних) зразків контролю. Калібрувальний зразок повинен відповідати вимогам ASME Sec. V*, Art. 14, Appendix II або іншому стандарту, і повинні, принаймні, застосовуватися калібрувальні зразки середнього рівня (контролю). Калібрувальні зразки високого рівня (контролю) повинні застосовуватися у разі передачі помилок розміру (дефекту), і точність ймовірності виявлення дефекту (POD) повинна бути проаналізована. Процес перевірки на робочому місці повинен проводитися в присутності інспектора Регістру.

*ASME Sec.V – Boiler and Pressure Vessel Code. Nondestructive Examination.

3.2.7.4 Узгодження специфікацій (процедур) контролю ANDT.

Процедура контролю повинна бути оцінена на підставі результатів атестації, якщо вони задовільні, процедура може вважатися узгодженою.

3.2.7.5 Огляд на робочому місці.

У частині контролю зварних з'єднань, додатковий ANDT проводять на узгодженому обсязі зварних з'єднань, які були проконтрольовані іншими методами. Як альтернатива можуть бути застосовані інші документально обґрунтовані методи для порівняння з результатами ANDT.

Повинен бути виконаний аналіз даних відповідно до перелічених дій. Повинна бути встановлена ймовірність виявлення дефекту (POD) та точність визначення його розміру, якщо це застосовно.

Якщо результат огляду не відповідає схваленій процедурі, перевірка повинна бути негайно припинена. Для визначення причини невідповідності повинна бути виконана додаткова процедура атестації та перевірки на робочому місці.

У разі виявлення значної невідповідності Регістр має право відхилити результати огляду.

3.2.8 Стан поверхні.

Поверхня контрольованих ділянок зварних з'єднань повинна бути очищена від окалини, шлаку, іржі, що відшаровується, зварювальних бризок, мастила, бруду або фарби, які можуть вплинути на точність методу контролю.

За наявності вимоги про проведення PAUT або TOFD через шар фарби, застосовність та чутливість контролю повинні бути підтверджені за допомогою поправки передачі сигналу, визначеної в даній процедурі. У всіх випадках, коли втрати передачі перевищують 12 дБ, повинна бути визначена відповідна причина, і проведена подальша підготовка контрольованих поверхонь, якщо необхідно.

Якщо контроль виконаний через шар фарби, процедура оцінюється як для пофарбованої поверхні.

Вимоги до підготовки контрольованої поверхні з'єднання повинні забезпечувати точне та надійне виявлення дефектів. Для контролю зварних з'єднань, що мають неоднорідну поверхню контролю або інші фактори, які можуть перешкоджати розшифровці результатів НК, повинна попередньо проводитися механічна обробка зварного з'єднання.

3.2.9 Процеси зварювання, для яких можливе застосування вдосконалених методів неруйнівного контролю (ANDT) наведені в таблиці 3.2.9.

Таблиця 3.2.9 Процеси зварювання, для яких можливе застосування вдосконалених методів неруйнівного контролю (ANDT)

Процес зварювання		ДСТУ EN ISO 4063
Ручне зварювання	Ручне дугове зварювання плавким (покритим) електродом (SMAW)	111
Контактне зварювання	Зварювання контактне стикове оплавленням (FW)	24
Напівавтоматичне зварювання	1. Дугове зварювання суцільним дротом в інертному газі (MIG)	131
	2. Дугове зварювання в активному газі (MAG)	135, 138
	3. Дугове зварювання порошковим дротом з флюсовим наповнювачем (FCAW)	136
Дугове зварювання вольфрамовим електродом в середовищі	Дугове зварювання вольфрамовим електродом в інертному газі з присадним суцільним матеріалом (GTAW)	141
Автоматичне зварювання	1. Дугове зварювання під флюсом (SAW)	12
	2. Дугове зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом (EGW)	73
	3. Електрошлакове зварювання (ESW)	72

3.2.10 Вимоги до проведення контролю вдосконаленими методами (ANDT). Загальні положення.

3.2.10.1 Суднобудівне підприємство або виготовлювач повинні забезпечити кваліфікацію персоналу, що виконує НК або розшифровку результатів НК, на визначений рівень відповідно до **3.1.2.2 — 3.1.2.4**.

3.2.10.2 Специфікації (процедури) ANDT

Усі вдосконалені методи контролю (ANDT) повинні виконуватися відповідно до процедури, представленої для об'єкта контролю.

Специфікації повинні містити найменування контрольованого елемента (або ділянки контролю), метод ANDT, використане обладнання та повний обсяг контролю, включаючи обмеження для проведення контролю.

Специфікації повинні містити вимоги успішного визначення ділянок контролю, а також вимоги до застосовної системи їх ідентифікації або маркування, що застосовується для забезпечення надійності контролю.

Специфікації повинні передбачати метод і вимоги до калібрування обладнання та перевірок працездатності, а також відповідні переліки технічних характеристик.

Специфікації повинні бути затверджені персоналом, сертифікованим на рівень 3 за застосуванням методом відповідно до погодженого стандарту.

Процедури повинні бути розглянуті Регістром.

3.2.10.3 Вимоги до вдосконаленого методу контролю PAUT, до процедури повинні принаймні відповідати вимогам **3.2.5.20**. В залежності від складності форми об'єкта, що підлягає контролю, та наявності доступу до сканованих поверхонь можуть мати місце вимоги до додаткового контролю та/або доповнювальному методу НК для забезпечення контролю в повному обсязі. PAUT зварних з'єднань повинен включати Е-сканування поверхні зварного з'єднання, спільно з виконанням інших сканів, які визначені методикою контролю (процедурою).

Вимоги до Е-сканів наведені в **3.2.5.20.4**.

3.2.10.4 Вимоги до вдосконаленого методу контролю TOFD, до процедури повинні принаймні відповідати вимогам **3.2.5.21**. Залежно від складності форми об'єкта, що підлягає контролю, та наявності доступу до сканованих поверхонь можуть мати місце вимоги до додаткового контролю та/або доповнюючого методу НК для забезпечення контролю в повному обсязі.

3.2.10.5 Вимоги до вдосконалених методів контролю цифрової радіографії (RT-D), до процедури повинні як мінімум відповідати вимогам **3.2.4.13**, де визначаються 2 методи RT-D: DDA та CR. Може бути розглянуто застосування інших методів цифрової радіографії (RT-D), якщо буде підтверджено їх відповідність вимогам **3.2.4.13**.

3.2.11 Звіт про результати контролю зварних з'єднань удосконаленими методами (ANDT).

Звіт про проведений контроль має містити, як мінімум, наступне:

- посилання на відповідні стандарти;
- інформацію, що стосується об'єкта контролю;
- розміри, в т.ч. товщину стінки;
- матеріал і форма виробу;
- геометрична форма;
- розташування проконтрольованого зварного з'єднання(й);
- процес зварювання та термообробки;
- інформацію про стан поверхні та температуру;
- етап, на якому проводиться контроль;
- інформацію про обладнання (наведена в табл. 3.2.11-1);
- інформація, що стосується способу контролю (наведена в табл. 3.2.11-2);

Таблиця 3.2.11-1

Метод	Інформація
Усі	Виробник і тип приладу контролю, включаючи ідентифікаційні номери, якщо необхідно
PAUT	1. Виробник, тип, частота перетворювачів з фазованою решіткою, включаючи кількість і розмір елементів, матеріал і кут(и) призми з ідентифікаційними номерами, якщо необхідно; 2. детальна інформація про налаштувальні зразки з ідентифікаційними номерами, якщо необхідно; 3 тип застосовуваного контактного середовища
TOFD	1. Виробник, тип, частота, розмір елемента і похилого перетворювача з ідентифікаційними номерами, якщо необхідно; 2. детальна інформація про налаштувальні зразки з ідентифікаційними номерами, якщо необхідно; 3. тип застосовуваного контактного середовища.
RT-D	1. Використовувана система маркування; 2. джерела випромінювання, тип і розмір фокусної плями, а також використовуване обладнання; 3. детектор, екрани та фільтри, базова просторова роздільна здатність детектора.

Таблиця 3.2.11-2

Метод	Інформація
Усі	1. Рівень контролю та посилання на письмову процедуру контролю; 2. мета та обсяг випробування; 3. інформація про застосовувану опорну точку відліку та систему координат; 4. спосіб і значення, що застосовуються для налаштування діапазону та чутливості; 5. інформація про обробку сигналу та крок сканування; 6. обмеження доступу та відхилення від стандартів, якщо є.
РАУТ	1. крок (Е-сканування) або кутовий крок (S-сканування); 2. крок фазованої решітки і відстань між елементами; 3. фокусна відстань (калібрування повинно бути таким же, як для сканування); 4. розмір ефективної апертури, тобто кількість елементів і їх загальна ширина; 5. номери елементів, використаних для законів затримки; 6. документація від виробника щодо дозволеного кутового діапазону призми; 7. результати калібрування, тимчасове регулювання підсилення (T CG) і кутове коригування підсилення (ACG); 8. план сканування

Підрозділ 3.3. У пункті 3.3.1 тексти 3 та 4 абзаців після формули визначення кількості ділянок N викладаються в новій редакції: «При призначенні ділянок радіографічного або ультразвукового контролю особливу увагу слід приділяти контролю зварних з'єднань в районах судна, схильних до високої напруги і зварних з'єднань конструкцій групи в'язей II і III у відповідності з 1.2.3.7 частини II «Корпус» цих Правил.

До обсягу неруйнівного контролю повинні бути включені ділянки радіографічного або ультразвукового контролю зварних з'єднань у таких місцях:

- районах, схильних до високої напруги, критичних зон;
- районах циклічних навантажень;
- інших відповідних (несучих) елементах конструкцій; недоступні або важкодоступні місця для проведення контролю при експлуатації;
- зварні з'єднання, які виконуватимуться на відкритому повітрі;
- передбачуваних сумнівних зонах.

Ділянки радіографічного або ультразвукового контролю зварних з'єднань повинні призначатися для монтажних (міжблочних та міжсекційних) та секційних зварних з'єднань з урахуванням наведеного вище.

Схема контролю з'єднань має бути доступна лише персоналу, відповідальному за проведення радіографічного або ультразвукового контролю зварних з'єднань.

При вварюванні елементів конструкцій в жорсткий контур у вирізи, в яких відношення мінімального розміру (ширини) або діаметра вирізу до товщини обшивки листа становить 60 і менше) стикові і таврові з'єднання з повним проваром обшивки основного корпусу повинні контролюватись по всій їх довжині, а решти конструкцій - в об'ємі не менше 2 методів контролю (для товщин від 8 мм та вище).

Основним корпусом судна вважається корпус судна, обмежений верхньою палубою.».

Таблиця 3.3.1, у заголовку таблиці вираз «зовнішнім оглядом і вимірюванням» замінюється на вираз: «візуального і вимірювального».

Таблиця 3.3.2 доповнюється видом зварного з'єднання «Локальне» та виноскою «²»:

Таблиця 3.3.2

Клас конструкції (котли, посудини під тиском і теплообмінні апарати)	Вид зварного з'єднання	Обсяг контролю зварних з'єднань у відсотках від загальної довжини зварного шва	
		зовнішнім оглядом і вимірюванням ¹	радіографічним або ультразвуковим методом
I	Поздовжнє	100	100
II			25
III			Вибірково
I	Кільцеве		50
II			25
III			Вибірково

I	Локальне ²		--
II			
III			
¹ За наявності сумнівів щодо результатів контролю зовнішнім оглядом і вимірюванням може бути виконаний контроль капілярним або магнітопорошковим методом. ² Зварні з'єднання патрубків, штуцерів, приварів, лазів, конструкцій зміцнення вирізів тощо			

Таблиця 3.3.3 замінена на нову:

Клас трубопроводу	Зовнішній діаметр труби	Обсяг контролю зварного з'єднання у відсотках від загальної довжини зварного шва				
		стикові		кутові (з фланцями)		
		візуальний і вимірювальний контроль ¹	радіографічний або ультразвуковий контроль ²	візуальний і вимірювальний контроль ¹	капілярний або магнітопорошковий контроль ³	
I	≤ 75	100	10*	100	10*	
	>75		100		100	
II	≤ 100		Вибірково		10*	Вибірково
	> 100		10*			10*
III	Будь-який		Вибірково			Вибірково

¹ За наявності сумнівів щодо результатів візуального і вимірювального контролю може бути виконаний контроль капілярним або магнітопорошковим методом.
² Для товщини труб від 8 мм і вище.
³ Залежно від того, який метод застосовується до основного матеріалу трубопроводу
* Але не менше одного зварного з'єднання, виконаного даним зварювальником.

Пункт 3.3.5 доповнюється виразом «з урахуванням положень частин Правил, що регламентують вимоги до таких елементів.».

Номер існуючого пункту 3.3.8 замінюється на 3.3.9.

Підрозділ 3.3 доповнюється новим пунктом 3.3.8 наступного змісту: «3.3.8 Якщо проведений аналіз якості зварних з'єднань, виконаних автоматизованим способом, стабільно фіксує задовільну якість, то може бути розглянуто питання скорочення обсягу контролю, що проводиться.

Якщо частка незадовільних результатів контролю є досить великою, кількість контрольних ділянок має бути збільшена.

Підрозділ доповнюється новим пунктом 3.3.10 наступного змісту: «3.3.10 **Неруйнівний контроль швів зварних з'єднань конструкцій з алюмінієвих сплавів, отриманих процесом зварювання тертям з перемішуванням (СТП).**

3.3.10.1 Неруйнівний контроль швів зварних з'єднань конструкцій з алюмінієвих сплавів, отриманих процесом СТП, виконується за допомогою візуального та вимірювального контролю (відповідно до ДСТУ EN ISO 17637, ДСТУ EN ISO 6520-1), радіографічного (відповідно до ДСТУ EN ISO 17636) та ультразвукового контролю (відповідно до ДСТУ EN ISO 17640).

3.3.10.2 Неруйнівний контроль швів зварних з'єднань конструкцій з алюмінієвих сплавів, отриманих СТП, виконується в наступному обсязі:

- візуальний і вимірювальний контроль (VT) — 100 % довжини зварного шва;

- радіографічний контроль (RT) або ультразвуковий контроль (UT), що застосовується для товщини 8 мм і вище, або - вдосконаленими методами неруйнівного контролю (ANDT) — 100 % довжини зварного шва.

3.3.10.3 При використанні вдосконалених методів неруйнівного контролю, наприклад, ультразвукового контролю із застосуванням фазованої решітки (PAUT) діапазон контрольованих товщин зварених з'єднань, отриманих методом зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП), визначається згідно з затвердженими специфікаціями (процедурами) на даний метод контролю.

3.3.10.4 У разі сумнівів у результатах візуального та вимірювального контролю може застосовуватися проникаючий (капілярний) контроль відповідно до ДСТУ EN ISO 3452-1.».

Підрозділ 3.4. Текст пункту 3.4.1.3 доповнюється наступним текстом: «Для зварних з'єднань металоконструкцій, деталей та механізмів вантажопідіймальних пристроїв (відповідно до 3.2 Правил щодо вантажопідіймальних пристроїв морських суден) застосовувати рівень якості В згідно з ДСТУ EN ISO 5817.».

У пунктах 3.4.2.1, 3.4.2.2 і 3.4.2.3 вирази «контролю зовнішнім оглядом» замінюються на вирази «візуального та вимірювального контролю» трічі.

3.4.5.3 Таблиця 3.4.5.3 замінюється:

«Таблиця 3.4.5.3 Рівні прийомок для внутрішніх дефектів у стикових швах

№ п/п	Тип внутрішніх дефектів і позначення за ДСТУ EN ISO 6520-1		Критерії допустимості дефектів для рівнів якості приймання		
			1	2 ¹	3 ¹
1	Тріщини	100	Не допускаються	Не допускаються	Не допускаються
2a	Окремі пори і рівномірно розподілена пористість Одношаровий шов	2011 2012	$A \leq 1\%$ $d \leq 0,2s$, макс. 3мм $L = 100\text{мм}$	$A \leq 1,5\%$ $d \leq 0,3s$, макс. 4мм $L = 100\text{мм}$	$A \leq 2,5\%$ $d \leq 0,4s$, макс. 5мм $L = 100\text{мм}$
2b	Окремі пори і рівномірно розподілена пористість Багатошаровий шов	2011 2012	$A \leq 2\%$ $d \leq 0,2s$, макс. 3мм $L = 100\text{мм}$	$A \leq 3\%$ $d \leq 0,3s$, макс. 4мм $L = 100\text{мм}$	$A \leq 5\%$ $d \leq 0,4s$, макс. 5мм $L = 100\text{мм}$
3	Скупчення пор (групова пористість)	2013	$dA \leq wp/2$, макс. 15мм $d \leq 0,2s$, макс. 3мм	$dA \leq wp$, макс. 20мм $d \leq 0,3s$, макс. 4мм	$dA \leq wp$, макс. 25мм $d \leq 0,4s$, макс. 5мм
4	Лінійна пористість (ланцюжок пор) Одношаровий шов	2014	$l \leq s$, макс. 25мм $d \leq 0,2s$, макс. 2мм $L = 100\text{мм}$	$l \leq s$, макс. 50мм $d \leq 0,3s$, макс. 3мм $L = 100\text{мм}$	$l \leq s$, макс. 75мм $d \leq 0,4s$, макс. 4мм $L = 100\text{мм}$
5	Червоподібні пори (свищі) і подовжені раковини (витягнуті порожнини)	2016 2015	$h < 0,2s$, макс. 2 мм $\Sigma l \leq s$, макс. 25 мм $L = 100 \text{ мм}$	$h < 0,3s$, макс. 3 мм $\Sigma l \leq s$, макс. 50 мм $L = 100 \text{ мм}$	$h < 0,4s$, макс. 2 мм $\Sigma l \leq s$, макс. 75 мм $L = 100\text{мм}$
6	Усадочні раковини (крім кратерних - 2024)	202	Не допускаються	Не допускаються	$h < 0,4s$, макс. 4мм $l \leq 25\text{мм}$
7	Кратерні усадочні раковини	2024	Не допускаються	Не допускаються	$h < 0,2t$, макс. 2 мм $l \leq 0,2t$, макс. 2 мм
8	Шлакові вкраплення, флюсові вкраплення, оксидні вкраплення,	301 302 303	$h < 0,2s$, макс. 2мм $\Sigma l \leq s$, макс. 25мм $L = 100\text{мм}$	$h < 0,3s$, макс. 3мм $\Sigma l \leq s$, макс. 50мм $L = 100\text{мм}$	$h < 0,4s$, макс. 4мм $\Sigma l \leq s$, макс. 75мм $L = 100\text{мм}$
9	Металеві вкраплення (крім мідних)	304	$l \leq 0,2s$, макс. 2мм	$l \leq 0,3s$, макс. 3мм	$l \leq 0,4s$, макс. 4мм
10	Мідні вкраплення	3042	Не допускаються	Не допускаються	Не допускаються

112	Несплавлення	401	Не допускаються	Не допускаються	Допускаються такі, що не виходять на поверхню $l \leq 0,4s$, макс. 4мм Допускаються, але тільки переривчасті і такі, що не виходять на поверхню $\Sigma l \leq 25\text{мм}$, $L = 100\text{мм}$
122	Непровари	402	Не допускаються	Не допускаються	$\Sigma l \leq 25\text{мм}$, $L = 100\text{мм}$
<p>Позначення:</p> <p>l – довжина проєкції дефекту, в мм; LL – будь-які (з найбільшою щільністю дефектів) 100 мм довжини шва; ss – номінальна товщина стикового шва, в мм; tt – товщина матеріалу, в мм; wp – ширина шва, в мм; A – сума площ проєкцій пор, віднесена до площі знімка $wp \times L$, в %; d – діаметр пори, в мм; dA – діаметр зони, що огинає пору, в мм; h – ширина проєкції дефекту, в мм; Σl – сумарна довжина проєкцій дефектів на довжині шва L, в мм;</p> <p>¹Рівні оцінки 2 і 3 можуть включати індекс «×», який позначає, що всі дефекти понад 25 мм є неприпустимими. ²Якщо довжина шва менше 100 мм, максимальна довжина дефектів не повинна перевищувати 25 % цієї довжини.</p>					

Номер пункту **3.4.6.3** замінюється на **3.4.6.4**.

До підрозділу **3.4** додається новий зміст пункту **3.4.6.3**: «**3.4.6.3** Рівні оцінки результатів UT застосовуються для контролю зварних з'єднань феритної сталі з повним проваром товщиною від 8 до 100мм. Номінальна частота перетворювачів, що використовуються, повинна становити від 2 до 5МГц. Процедури контролю інших типів зварних з'єднань, матеріалу, товщини понад 100мм та умови контролю повинні бути подані на розгляд Регістру.»

До підрозділу додається новий пункт **3.4.7** та таблиці 3.4.7.2, 3.4.7.3 і 3.4.7.4: «**3.4.7** Оцінка якості зварних з'єднань за результатами контролю удосконаленими методами (ANDT).

3.4.7.1 Загальні положення

Оцінка якості зварних з'єднань сталевих конструкцій повинна виконуватися на основі рівнів якості відповідних вимог узгоджених міжнародних та національних стандартів, і поширюються на такі вдосконалені методи контролю, але не обмежуються ними: ультразвуковий контроль із застосуванням фазованих решіток (PAUT), дифракційно-часовий метод (TOFD), цифрова радіографія (RT-D).

При необхідності методи контролю повинні застосовуватися комбіновано для спрощення оцінки результатів відповідно до прийнятих критеріїв.

3.4.7.2 Оцінка якості зварних з'єднань за результатами ультразвукового контролю із застосуванням фазованих решіток (PAUT).

Застосовні рівні оцінки дефектів в залежності від встановлених рівнів якості повинні відповідати ДСТУ EN ISO 19285 або іншим міжнародним стандартам.

Зв'язок між рівнями оцінки, рівнями контролю та рівнями якості наведено в табл. 3.4.7.2.

Таблиця 3.4.7.2

Рівні якості відповідно до ДСТУ EN ISO 5817	Рівень контролю відповідно до ДСТУ EN ISO 13588	Рівні оцінки відповідно до ДСТУ EN ISO 19285
C, D	A	3
B	B	2
За погодженням	C	1
Особливе застосування	D	За погодженням

3.4.7.3 Оцінка якості зварних з'єднань за результатами дифракційно-часового методу (TOFD)

Застосовні рівні оцінки дефектів в залежності від встановлених рівнів якості повинні відповідати ДСТУ EN ISO 15626 або іншим міжнародним стандартам.

Зв'язок між рівнями оцінки, рівнями контролю та рівнями якості наведено в табл. 3.4.7.3.

Рівні якості відповідно до ДСТУ EN ISO 5817	Рівень контролю відповідно до с ДСТУ EN ISO 10863	Рівні оцінки відповідно до ДСТУ EN ISO 15626
B	C	1
C	Не менше B	2
D	Не менше A	3

3.4.7.4 Оцінка якості зварних з'єднань за результатами цифрової радіографії (RT-D).

Застосовні рівні оцінки дефектів в залежності від встановлених рівнів якості повинні відповідати ДСТУ EN ISO 10675 або іншим міжнародним стандартам.

Зв'язок між рівнями оцінки, рівнями контролю та рівнями якості наведено в табл. 3.4.7.4.

Таблиця 3.4.7.4

Рівні якості відповідно до ДСТУ EN ISO 5817 або ДСТУ EN ISO 10042:2018	Способи/рівень (клас) контролю відповідно до ДСТУ EN ISO 17636-2	Рівні оцінки відповідно до ДСТУ EN ISO 10675-1 і ДСТУ EN ISO 10675-2
B	B (клас)	1
C	B* (клас)	2
D	A (клас)	3

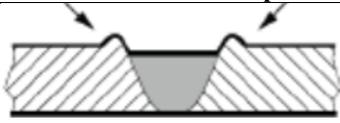
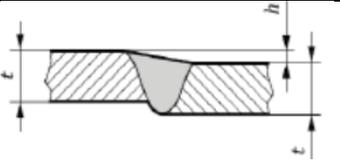
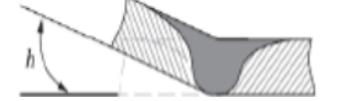
*Для контролю кільцевого зварного з'єднання мінімальна кількість експозицій може відповідати вимогам ДСТУ EN ISO 17636-2, клас А.

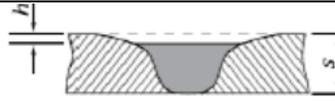
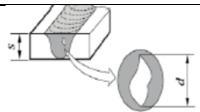
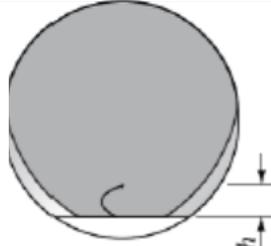
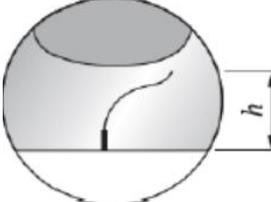
Підрозділ **3.5** доповнюється новим пунктом **3.5.5** та таблицю 5.5.5 наступного змісту: «**3.5.5** Якщо з Регістром не узгоджено інше, оцінка якості зварених з'єднань, конструкцій з алюмінієвих сплавів, отриманих ЗТП, повинна виконуватися відповідно до табл.3.5.5.

Всі виявлені за результатами неруйнівного контролю неприпустимі дефекти підлягають усуненню, а місця виправлень повинні бути повторно проконтрольовані відповідно до застосовних положень **3.1.5**.

Технологія виправлення дефектів ЗТП повинна бути розроблена підприємством, практично відпрацьована на зразках і представлена на схвалення в Регістр.

Таблиця 3.5.5 Дефекти, дослідження та контроль, рівні приймання відповідно до стандарту ДСТУ EN ISO 25239-5:2020

Номер посилання в ДСТУ EN ISO 6520-1	Дефект	Зовнішній вигляд або опис дефекту	Дослідження та контроль в ДСТУ EN ISO 25239-4 ¹	Рівні приймання ¹		
				D	C	B
Поверхневі дефекти¹						
_3	Грат		VT, ME	- ²		
507	Лінійний зсув		VT, ME	$h \leq 0,3t$, або 4мм в залежності що менше	$h \leq 0,2t$, або 2мм в залежності що менше	$h \leq 0,1t$, або 1мм в залежності що менше
508	Кутовий зсув		VT, ME	не застосовно	$h \leq 3^{\circ 5}$	$h \leq 2^{\circ 5}$
_3	Деформація зони зварного з'єднання		VT, ME	$h \leq 0,5t$, або 4мм в залежності що менше	$h \leq 0,4t$, або 2мм в залежності що менше	- ²
514	Нерівність поверхні	Надмірна шорсткість поверхні	VT	- ²		
Внутрішні дефекти²						

Номер посилання в ДСТУ EN ISO 6520-1	Дефект	Зовнішній вигляд або опис дефекту	Дослідження та контроль в ДСТУ EN ISO 25239-4 ¹	Рівні приймання ¹		
				D	C	B
_3	Зменшення товщини шва		VT, ME	- ²	$h \leq 0,2\text{мм} + 0,1s$	$h \leq 0,1s$
-	Порожнина	Порожнина, що руйнує поверхню	VT, ME	не застосовно		
200	Порожнина	 2 сусідні порожнини, що знаходяться на відстані, меншій за «Ф» від меншої порожнини, слід розглядати як єдину порожнину	ME, RT, UT	- ²	$h \leq 0,2t$, або 4мм залежності що менше	не застосовно
402	Непровар	 провар, який менше необхідного або регламентованого	ME, RT, UT	- ²	$h \leq 0,2s$	не застосовно
300	Тверде включення	розміри включень, розташованих в одному поперечному перерізі, повинні бути підсумовані $l = l_1 + l_2 + \dots$ включення менше, ніж 0,2 мм не враховується	ME, RT, UT	- ²	$h \leq 0,2s$	не застосовно
_3	Непровар в корені зварного шва без пластичної деформації		ME, випробування на вигин	- ²		
_3	Непровар в корені зварного шва з пластичною деформацією (злипанням)		ME, випробування на вигин, РТ, УТ	$h \leq 0,2t$ короткі, випадкові дефекти	-	не застосовно
Скупчення дефектів⁴						
-	Скупчення дефектів	Поєднання декількох дефектів в одному поперечному перерізі, за винятком поверхневих дефектів	ME, випробування на вигин, РТ, УТ	Сума довжин усіх окремих дефектів, що зменшують товщину зварного шва, не повинна перевищувати: 0,5s 0,3s -		
<p>Позначення та скорочення:</p> <p>d — максимальний розмір поперечного перерізу пори, мм;</p> <p>h — висота або кут дефекту, мм або градус;</p> <p>s — номінальна товщина зварного шва (провару), мм;</p> <p>t — номінальна товщина основного матеріалу, мм;</p> <p>ME — макроскопічне дослідження;</p> <p>VT — візуальний і вимірювальний контроль;</p> <p>РТ — капілярний контроль;</p> <p>РТ — радіографічний контроль;</p> <p>УТ — ультразвуковий контроль.</p>						
<p>a Якщо це можливо, неруйнівний контроль повинен проводитися відповідно до ДСТУ EN ISO 3452-1(проникаючий контроль), ДСТУ EN ISO 17636 (радіографічний контроль) та ДСТУ EN ISO 17640 (ультразвуковий контроль). Дослідження та контроль інших дефектів, а також рівні їх приймання повинні відповідати вимогам або проектним характеристикам.</p> <p>b Рівні приймання повинні бути в межах, обмежених відповідними вимогами або проектними характеристиками.</p>						

Номер посилання в ДСТУ EN ISO 6520-1	Дефект	Зовнішній вигляд або опис дефекту	Дослідження та контроль в ДСТУ EN ISO 25239-4 ¹	Рівні приймання ¹		
				D	C	B
с Див. ДСТУ EN ISO 25239-1.						
d Якщо поверхні зварних швів не підлягають подальшій термообробці, застосовуються проектні вимоги.						
е Див. ДСТУ EN ISO 25239-2.».						

4. ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

Останній абзац пункту **4.1.1.2** викладається в новій редакції наступного змісту: «- зварювальних матеріалів для дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом і електрошлакового зварювання»;

в тексті п'ятого абзацу вираз «плазмово-дугове зварювання» замінюється на вираз «плазмове зварювання».

Восьмий абзац пункту **4.1.2.6** викладається в новій редакції: «- V - для схвалення зварювальних матеріалів для вертикального зварювання з примусовим формуванням шва з застосуванням електрошлакового зварювання або дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом.»;

в абзацах 3 ÷ 9 після літерного позначення індексів класифікації «Т-», «М-», «ТМ-», S-», «SM-», «V-», «PW-» додається вираз «для» 7 разів.

Підрозділ доповнюється новим пунктом **4.1.4.3** наступного змісту: «**4.1.4.3** Після закінчення строку дії Свідоцтво про схвалення зварювального матеріалу (ССЗМ) поновлюється за умови направлення до Регістру відповідної заявки від виробника зварювальних матеріалів. При цьому виробник повинен гарантувати незмінність зварювально-технологічних властивостей зварювального матеріалу, хімічний склад наплавленого металу і механічні властивості зварних з'єднань.

Обсяг випробувань при поновленні ССЗМ встановлюється згідно до **4.1.5.4.**».

В другому абзаці пункту **4.1.5.4** вираз «як правило, в обсязі, необхідному для його підтвердження» замінюється на вираз: «в обсязі, необхідному для його щорічного підтвердження і, додатково, включає в себе наступні випробування:

- визначення хімічного складу наплавленого металу;
- визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі для зварювальних матеріалів, що мають відповідні індекси додаткової класифікації.» Далі текст зберігається.

Пункт **4.1.8.1** доповнюється новим абзацом наступного змісту: «- схвалення поєднання зварювальних матеріалів, що виробляються різними виробниками.».

В останньому абзаці пункту **4.2.2.2** вираз «при схваленні електрогазового і електрошлакового зварювання» замінюється на вираз «при схваленні електрошлакового зварювання і дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом».

В п'ятому та шостому абзацах пункту **4.2.2.3** вираз «для електрогазового і електрошлакового зварювання» замінюється на вираз: «для електрошлакового зварювання і дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом» двічі.

У примітці «¹» до таблиці 4.2.3.4 вираз «Для низьководнистих» замінюється на вираз «Для наднизьководнистих».

Підрозділ **4.6.** Назва підрозділу замінюється на наступну: «**4.6 ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЕЛЕКТРОШЛАКОВОГО ВЕРТИКАЛЬНОГО ЗВАРЮВАННЯ ТА ВЕРТИКАЛЬНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ З ПРИМУСОВИМ ФОРМУВАННЯМ І ГАЗОВИМ ЗАХИСТОМ.**».

В пунктах **4.6.1.1, 4.6.1.2, 4.6.2.1, 4.6.3.1, 4.6.3.2** вирази «для електрошлакового і електрогазового зварювання» замінюються на вирази: «для електрошлакового зварювання і дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом» п'ять разів.

У назвах під рисунками 4.6.2.3-1 і 4.6.2.3-2 вираз «для електрошлакового і електрогазового зварювання» замінюється на вираз: «для електрошлакового зварювання і дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом» двічі.

В тексті пунктів 4.7.1.1 і 4.7.1.3 вираз «відповідають вимогам 3.13» замінюється виразом: «відповідають вимогам 3.13, 3.19» двічі.

В четвертому абзаці пункту 4.7.1.3 додається нова категорія зварювального матеріалу «Y47».

Таблиця 4.7.2.4 доповнюється вимогами до зварювального матеріалу категорії Y47:

3	Y47	460	570 — 720	19	-20	64
---	-----	-----	-----------	----	-----	----

Таблиця 4.7.3.3 доповнюється вимогами до зварювального матеріалу категорії Y47:

3	Y47	570	-20	64	120	4
---	-----	-----	-----	----	-----	---

Таблиця 4.7.4.2 доповнюється вимогами до зварювального матеріалу категорії Y47:

Таблиця 4.7.4.2

Індекси категорії за значенням границі плинності	Індекси класифікації за вмістом дифузійного водню	Максимальний вміст водню, см ³ /100 г наплавленого металу
Y42 Y46 Y47 Y50	H10	10
Y55 Y62 Y69 Y89 Y96	H5	5

4.8.3 2 В таблиці 4.8.3.2 уточнені номери процесів зварювання:

Таблиця 4.8.3.2

Від зварювання	Спосіб зварювання згідно до ДСТУ EN ISO 4063	Діаметр зварювального дроту (прутка), мм	
		для облицювання кромки	для заповнення розкриття
Ручна	111	2,5 — 3,0	3,0 — 4,0
Автоматична	12	2,0	2,5 — 3,2
Автоматична і напівавтоматична	131	1,0 — 1,2	1,4 — 1,6
	135	1,0 — 1,2	1,4 — 1,6
Ручна	141	2,0 — 2,4	2,5 — 3,2
Автоматична	141	1,0 — 1,6	1,2 — 1,6
Автоматична і напівавтоматична	114	0,9 — 1,4	1,2 — 1,6
	132	0,9 — 1,4	1,2 — 1,6
	133	0,9 — 1,4	1,2 — 1,6
	136	0,9 — 1,2	1,2 — 1,6
	138	0,9 — 1,2	1,2 — 1,6
Ручна	15	2,0 — 2,4	2,0 — 3,0
Автоматична	15	1,0 — 1,2	1,2 — 1,6

Назва таблиці 4.9.1.3-1 замінюється на «Таблиця 4.9.1.3 Категорії зварювальних матеріалів для алюмінієвих сплавів».

Таблиця 4.9.1.3-2 анулюється.

В тексті пункту 4.9.1.3 вираз «табл. 4.9.1.3-1 і 4.9.1.3-2 для міжнародних і національних сплавів, відповідно.» замінюється на вираз: «табл. 4.9.1.3.»; у передостанньому абзаці вираз «(А, В, С, D для міжнародних сплавів або 1, 2, 3, 4 для національних сплавів);» замінюється на вираз: «(А, В, С, D);».

В таблиці 4.9.3.6 текст третьому рядку «Міжнародні сплави» видаляється, рядок «Національні сплави» і наступні 7 рядків видаляються, Примітка «³» до таблиці видаляється.

Розділ 4 доповнюється новим підрозділом 4.11 наступного змісту: «**4.11 Зварювальні матеріали для зварювання мідних сплавів**

4.11.1 Загальні положення.

4.11.1.1 Положення цього підрозділу регламентують вимоги щодо схвалення та огляду зварювальних матеріалів, призначених для обладнання та виробів з міді та сплавів на її основі, що відповідають

вимогам розд. 4 частини XIII "Матеріали". Якщо спеціальних вимог не наводиться, то повинні застосовуватися аналогічні вимоги щодо схвалення зварювальних матеріалів для зварювання суднобудівних сталей нормальної та підвищеної міцності.

4.11.1.2 Схвалення для зварювального дроту або прутків повинно подаватися в поєднанні з конкретною групою типового складу захисного газу згідно з табл.4.9.1.4 або визначатися в межах складу та чистоти "спеціального" газу, що позначається індексом групи "S".

Склад захисного газу повинен бути зазначений у звіті про випробування та ССЗМ. Схвалення зварювального дроту у поєднанні з будь-яким конкретним складом газу може бути застосовано або поширене для поєднань цього дроту із захисними газами з аналогічною групою типового складу, що визначається згідно з табл.4.9.1.4. Для спеціальних газів, що позначаються індексом "S", схвалення діє тільки для конкретного складу та чистоти захисного газу або суміші, які застосовувалися під час випробувань.

4.11.1.3 Процедура схвалення та вимоги до виробників повинні відповідати вимогам **4.1.3**. Вимоги до проведення випробувань та оцінки результатів повинні відповідати положенням **4.2**. Обсяг випробувань для схвалення зварювальних матеріалів для зварювання міді та її сплавів обмежується випробуванням наплавленого металу згідно з **4.11.2**.

4.11.2 Випробування наплавленого металу.

Випробування наплавленого металу повинні проводитись відповідно до вимог **4.10.2**. Результати хімічного аналізу за основними легуючими елементами та домішками не повинні виходити за рамки обмежень, встановлених виробником.

4.11.3 Щорічні випробування.

Щорічні випробування щодо підтвердження ССЗМ повинні включати зварювання та проведення випробувань проби наплавленого металу згідно з **4.11.2**.

5. ДОПУСК ЗВАРЮВАЛЬНИКІВ

Підрозділ **5.1**. Текст пункту **5.1.3** доповнюється третім абзацом наступного змісту: «Атестація та допуск зварювальників-операторів обладнання для зварювання тертям з перемішуванням алюмінієвих сплавів здійснюється на підставі положень ДСТУ EN ISO 25239-3:2011.»

ЧАСТИНА XVI КОНСТРУКЦІЯ ТА МІЦНІСТЬ КОРПУСІВ СУДЕН ІЗ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Перелік змін, які внесені до цієї частини Правил

Розділи\підрозділи\ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
1	2	3	4
Розділ 1			
1.2.2	Текст доповнений новими визначеннями		
Розділ 2			
2.2	Текст доповнений вимогами щодо схвалення ПКМ		
2.2.7	Текст доповнений новим пунктом із вимогами до пожежонебезпечности матеріалів	Резолюція ІМО MSC.307(88)	
2.2.8	Уточнено вимоги до проведення протипожежних випробувань ПКМ		
2.3.1.2	Уточнені складові ПКМ		
2.3.3.8	Змінено вимоги до заповнювачів тришарових конструкцій		
Таблиці 2.3.1.3, 2.3.2.2, 2.3.3.8, 2.3.5.11	В таблиці внесені уточнення щодо властивостей матеріалів		
2.3.5.1	Усунено дублювання щодо пожежонебезпечних властивостей матеріалів		
2.3.5.12	Текст пункту замінюється на новий з уточненнями щодо властивостей матеріалів після тривалого впливу експлуатаційних факторів.		
Розділ 3			
3.2.1	Рис. 3.2.1-5 Позначення «S ₀₁ » і «S ₀₂ » замінюються на «S ₀ » і «S ₁ » відповідно		
3.2.1.2.3	Змінено вимоги до заповнювачів тришарової обшивки		
3.2.2	Рис. 3.2.2-2 Позначення «S _s » замінюється на «S _s ² »		
3.2.2.2.4, 3.2.2.2.5	Уточнено вимоги до наповнювачів тришарового настилу		
3.2.3.2.4	Уточнено вимоги до заповнювачів полотнища перегородок		
3.2.4.4	Уточнено вимоги до заповнювачів балок набору		
3.2.4.7	Змінено вимоги до вибору профілю балок набору з заповнювачем		
3.2.4.12	Змінено вимоги до розмірів елементів Т-подібного та Г-подібного профілів балок набору		
3.2.5.3	Змінено вимоги до заповнювачів в районі підкріплення вирізів тришарових конструкцій		

Розділи\підрозділи\ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
1	2	3	4
3.2.6	Рис. 3.2.6-1 Позначення b_c^1, t_c^1 замінюються на $b_c^n, b_c^i, b_c^1, t_c^1$		
	Рис. 3.2.6-2 Перенесено позначення t_{over} . Змінена схема в районі b_m , (введено позначення b_r і b_n)		
	Рис. 3.2.6-3 Уточнені позначення		
	Рис. 3.2.6-4 Перенесено позначення R_{angl}		
	Рис. 3.2.8-7 Позначення t_{angl}^{out} замінюється на b_{angl}^{out} , позначення IS замінюється на 15, позначення t_{angl}^{in} замінюється на t_{angl}^{out}		
	Рис. 3.2.6-8 Позначення IS замінюється на 15, позначення t_{angl}^{in} замінюється на t_{angl}^{out}		
3.2.6.2	Уточнюються параметри стикового з'єднання без обробки стикованих країв		
3.2.6.2.4	Уточнено параметри стикового з'єднання тришарових з'єднань		
3.2.6.2.5	Позначення b_c замінюється на b_s		
3.2.6.3.2	Параметру s додається розмірність «мм»		
3.2.6.3.4	Уточнено вимоги до пінопласту в середньому шарі перегородки в районі з'єднання з одношаровою обшивкою. Уточнено параметри для визначення розміру потовщення		
3.2.6.3.5, 3.2.6.3.7, 3.2.6.3.8, 3.2.6.3.9	Уточнено вимоги до заповнювачів в районі з'єднань в тришарових конструкціях		
3.2.6.3.9	Уточнено основні параметри вузлів з'єднань внутрішньої палуби (платформи) одношарової конструкції з обшивкою борту одношарової та тришарової конструкції		
3.3.2.3	Змінено вимоги до заповнювача для надбудов категорії 1		
3.3.2.6	Зміни редакційного характеру		
3.3.2.12	Змінено вимоги до заповнювача для П-подібного профілю надбудов		
3.3.3.4	Змінено вимоги до заповнювача для місць з'єднань тришарових панелей надбудов з металевим корпусом		
Розділ 4			
4.2.4	Змінено вимоги до заповнювача для тришарової обшивки шлюпок і катерів		
4.3.1	Змінено вимоги до заповнювача балок набору шлюпок і катерів		
Додаток 1			

Розділи\підрозділи\ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
1	2	3	4
1.1	Введена формула для визначення жорсткості поперечного перерізу балки на зсув Рис. 1.1 Додано вертикальну вісь Z(3)		
2.1	Виключена формула для визначення жорсткості на зсув		
2.2	В експлікацію до формули введено визначення прогину балки l		
3	Уточнено визначення в експлікації до формул для визначення напружено-деформованого стану одношарових пластин при згині		
4.1	Введено новий пункт з вимогами до оцінки стійкості вільно опертих одношарових пластин при стисненні		
4.2, 4.3	Уточнено вимоги до ПКМ з паралельною та паралельно-діагональною схемами армування Рис. 4.1 – 4.3 Позначення G_{12}^{bl} замінюється на G_{12} , позначення E_p^{bl} замінюється на E_1		
	Таблиця 4.2 Позначення G_{12}^{bl} замінюється на G_{12} , позначення E_p^{bl} замінюється на E_1		
5.1	Введено новий пункт з вимогами до оцінки стійкості вільно опертих одношарових пластин при зсуві Рис. 5.1-1, 5.1-2 Позначення G_{12}^{bl} замінюється на G_{12} , позначення E_p^{bl} замінюється на E_1		
5.2, 5.3	Уточнено вимоги до визначення дотичного критичного напруження		
5.1.1 , 5.1.2	Табл. 5.1.1, 5.1.2 Позначення G_{12}^{bl} замінюється на G_{12} , позначення E_p^{bl} замінюється на E_1		
5.5.17	Текст пункту анульований. Виключено вимогу про виконання перевірочних розрахунків параметрів вібрації конструкцій корпусу судна з точки зору забезпечення їх міцності.		
6	Введений новий рис. 6 «Циліндричний вигін тришарових пластин»		
	Таблиця 6 Уточнені вимоги для всіх видів навантаження		
	Уточнено формули для розрахунку максимальних прогинів, максимальних нормальних напружень у несучих шарах і максимальних дотичних напружень у заповнювачі для тришарових пластин з ізотропним заповнювачем корпусних конструкцій суден з ПКМ.		

Розділи\підрозділи\ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
1	2	3	4
7	Таблиця 7 Уточнені вимоги для видів навантаження «Пластина навантажена моментом, рівномірно розподіленим по ширині пластини в будь-якому перерізі», «Поперечне навантаження рівномірно розподілене в обмеженій області пластини на будь-якій ділянці», «Поперечне навантаження, розподілене за законом трикутника, прикладене до обмеженої області пластини на будь-якій ділянці»		
8	Введено перелік позначень. Уточнено підписунокві написи. Вимоги для виду навантаження «Краї пластини жорстко закріплені на опорному контурі» перенесені до нового пункту 8.4.		
9	Текст преамбули розділу перенесено в новий пункт 9.1		
9.1	Уточнено умови, що виконуються для несучих шарів і заповнювача, а також для геометричних і пружних характеристик		
9.3	Уточнено вимоги до визначення критичного навантаження		

ЧАСТИНА XVI КОНСТРУКЦІЯ ТА МІЦНІСТЬ КОРПУСІВ СУДЕН ІЗ ПОЛІМЕРНИХ КОМПОЗИЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Зміни, які внесені до цієї частини Правил:

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.2.2 Пункт доповнюється наступними визначеннями:

«**Ровінг** — волокнистий матеріал, що представляє собою нитки, джгути, зібрані в паралельний пучок за допомогою невеликого скручування або без нього.

Замасливач — засіб, що наноситься на волокно для захисту його від стирання та для поліпшення адгезії поверхні волокон із сполучною речовиною.

Апрет — речовина (склад речовин), що наноситься на армуючі елементи, для надання їм необхідних властивостей і забезпечення адгезійної міцності.

Визначення «**Волокно**» замінюється новим текстом: «**Волокно** — скляний, вуглецевий або арамідний армуючий елемент, що застосовується у вигляді наступного:

рівниці (джгутів);

стрічок;

плетених тканин

мультиаксіальних тканин.».

Визначення «**Джгут**» змінюється на нове визначення: «**Рівниця (джгут)** — велика кількість з'єднаних між собою волокон.»

2. МАТЕРІАЛИ

2.2 Текст пункту 2.2.1 замінюється наступним:

«2.2.1 ПКМ, призначені для виготовлення корпусів або суднових конструкцій, а також зв'язуючі для виготовлення ПКМ і наповнювачі середнього шару повинні бути схвалені Регістром (мати СТС і/або Свідоцтво Регістра на партію) відповідно до частини I «Організаційні положення щодо технічного нагляду» Керівництва з технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів та виробів. Застосування зв'язуючого ПКМ для шлюпок допускається на підставі звітних документів підприємств (виробників) виробів або лабораторій, визнаних Регістром.

Рекомендується схвалення Регістру на армуючі матеріали для виготовлення ПКМ (див.. 2.3.1.6)».

Номери пунктів 2.2.7 і 2.2.8 замінюються на 2.2.8 і 2.2.9 відповідно.

Вводиться новий пункт 2.2.7 такого змісту: «2.2.7 У СТС повинні бути вказані пожежонебезпечні властивості матеріалу з посиланням на Міжнародний кодекс щодо застосування процедур випробувань на вогнестійкість, 2010, прийнятий резолюцією ІМО MSC.307 (88) (FTP Code), та відповідні протоколи за результатами випробувань ПКМ, виконаних у визнаних Регістром лабораторіях. У разі відсутності таких випробувань у СТС повинен вноситися текст: «пожежонебезпечні властивості матеріалу не визначалися».

Крім того, в СТС повинен вноситися наступний текст: «У разі застосування матеріалу в складі протипожежних конструкцій дані конструкції повинні бути випробувані відповідно до Міжнародного кодексу щодо застосування процедур випробувань на вогнестійкість, 2010, прийнятого резолюцією ІМО MSC.307(88) (FTP Code)».

2.2.8 Текст пункту (після перенумерації) замінюється наступним:

«2.2.8 Технічний нагляд за виготовленням корпусу/конструкцій з ПКМ.

2.2.8.1 До початку виготовлення підприємством (виробником) (верф'ю) має бути представлено наступне:

- затверджена технічна документація в обсязі, зазначеному в 1.4.2 (технічні умови/специфікація на ПКМ, технологічна інструкція з виготовлення);

- звіти за результатами протипожежних випробувань ПКМ, виконаних у визначених Регістром лабораторіях, з висновком про відповідність протипожежного захисту вимогам цих Правил, відповідно до яких схвалено проект судна;
- у випадку застосування ПКМ, не описаних у цій частині Правил, звіти за результатами випробувань ПКМ відповідно до узгодженої програми випробувань (див. додаток 2).

2.2.8.2 Технічний нагляд передбачає наступне:

- розгляд документів, поданих підприємством (виробником) в обсязі, зазначеному в 2.2.4, що підтверджують здатність підприємства виробляти вироби з ПКМ стабільної якості в необхідних обсягах;
- огляд підприємства (виробника) з метою оцінки можливостей підприємства з виготовлення корпусів/конструкцій з ПКМ та системи контролю якості;
- технічне нагляд за виготовленням в обсязі, зазначеному в 1.5.1;
- технічний нагляд за випробуванням зразків ПКМ, вирізаних з технологічних припусків або зразків-свідків (залежно від того, що застосовно), відповідних технічній документації на випуск продукції;
- технічний нагляд за дефектацією корпусу і ремонтом.

За результатами технічного нагляду за формуванням корпусу або конструкції з ПКМ звітні документи верфі підписуються інспектором Регістра згідно з положеннями розд. 12 «Технічний нагляд за побудовою суден на верфі» частини I Керівництва з технічного нагляду за побудовою суден та виготовленням матеріалів і виробів разом із Свідоцтвами Регістру на матеріали.

2.3.1.2 Текст пункту викладається в новій редакції: «**2.3.1.2** Для забезпечення адгезійної міцності між волокнами і полімерною матрицею на поверхню волокон повинна бути нанесена гідروفобно-адгезійна суміш (замаслювач, апрет), сумісна з типом застосовуваного зв'язуючого - поліефірним, вінілефірним або епоксидним.

Технологія нанесення гідروفобно-адгезійної суміші (замаслювач, апрет) повинна забезпечувати стійкість покриття до механічних впливів.»

2.3.1.3 Таблиця 2.3.1.3 замінюється на наступну:

«Таблиця 2.3.1.3 Фізико-механічні характеристики основних типів волокон, що застосовуються в конструкціях суден

Характеристика	Скляні волокна		Вуглецеві волокна	Арамідні волокна
	Скло марки E	Скло марки		
Густина (довідкові дані), кг/м ³	2500 — 2600	2490 — 2580	1800	1420 — 1450
Модуль нормальної пружності на розтягування, ГПа	не менше 70	не менше 83	не менше 230	не менше 120
Границя міцності на розтягування, ГПа	не менше 2,0	не менше 3,45	не менше 3,5	не менше 2,85
Границя відносного подовження, %	3,8	4	не менше 1,5	не менше 2,2

».

2.3.2.2 Таблиця 2.3.2.2 замінюється на наступну:

Таблиця 2.3.2.2 Фізико-механічні властивості основних типів зв'язуючих, що застосовуються в конструкціях суден

Характеристика	Поліефірне зв'язуюче	Вінілефірне зв'язуюче	Епоксидне зв'язуюче
Густина (довідкові дані), кг/м ³	1100 — 1300	1100 — 1180	1150 — 1280
Границя міцності на розтягування, МПа	не менше 40	не менше 55	не менше 75
Модуль нормальної пружності на розтягування, ГПа	не менше 2,7	не менше 3,0	не менше 2,6
Границя міцності на згин, МПа	не менше 50	не менше 65	не менше 80
Граничне відносне подовження на розтягування, %	не менше 1	не менше 2,2	не менше 2,5

Водопоглинення при нормальному тиску за 24 год, %	не більше 0,1	не більше 0,1	не більше 0,08
---	---------------	---------------	----------------

2.3.3.8 Текст пункту замінюється на наступний: «**2.3.3.8** Фізико-механічні властивості пінопластів ПВХ і ППУ або наповнювачів інших типів повинні відповідати вимогам табл. 2.3.3.8.»;

Таблиця 2.3.3.8 замінюється наступної:

Таблиця 2.3.3.8 Властивості матеріалів, що застосовуються як заповнювачі тришарових конструкцій

Параметр	Заповнювач звичайної міцності		Наповнювач підвищеної міцності
	Днище, борта, вантажна палуба і палуба в місцях зосереджених навантажень	Всі інші елементи	Посилення та спеціальні елементи, зазначені в тексті Правил
Густина (довідкові дані), кг/м ³	80	60	130
Мінімальна границя міцності при зсуві, МПа	0,80	0,50	1,9
Мінімальна границя міцності при стисненні, МПа	0,90	0,60	2,4

2.3.5.1 П'ятий абзац видаляється.

2.3.5.9 Другий абзац анулюється.

2.3.5.11 Текст пункту замінюється наступним: «**2.3.5.11** Для ПКМ повинен бути визначений перелік основних характеристик, зазначених у табл. 2.3.5.11. При цьому, для ПКМ на основі скло- та вуглеволокна такі характеристики повинні бути не нижчими, ніж зазначено в табл. 2.3.5.11.»;

Таблиця 2.3.5.11 замінюється на наступну:

Таблиця 2.3.5.11 Фізико-механічні властивості скло- і вуглепластиків

Тип ПКМ	Армуюче волокно	
	Вуглецеве волокно	Скловолокно
Відносний вміст армуючого волокна за масою	не менше 0,3	не менше 0,25
Модуль нормальної пружності, ГПа	не менше 30	не менше 4,5
Модуль зсуву в площині армування, ГПа	не менше 2	не менше 2
Границя міцності на розтягування, МПа	не менше 85	не менше 63
Границя міцності на стиск, МПа	встановлюється виробником	встановлюється виробником

».

2.3.5.12 Текст пункту замінюється наступним: «**2.3.5.12** Зниження пружних і міцнісних характеристик ПКМ після тривалого впливу експлуатаційних факторів протягом 20 років повинне становити:

- для модулів нормальної пружності і зсуву - менше 0,5% на рік;

- для міцнісних характеристик - менше 1,0% на рік.».

3. КОРПУС І НАДБУДОВИ СУДЕН

3.2.1 Рис. 3.2.1-5 замінюється наступним:

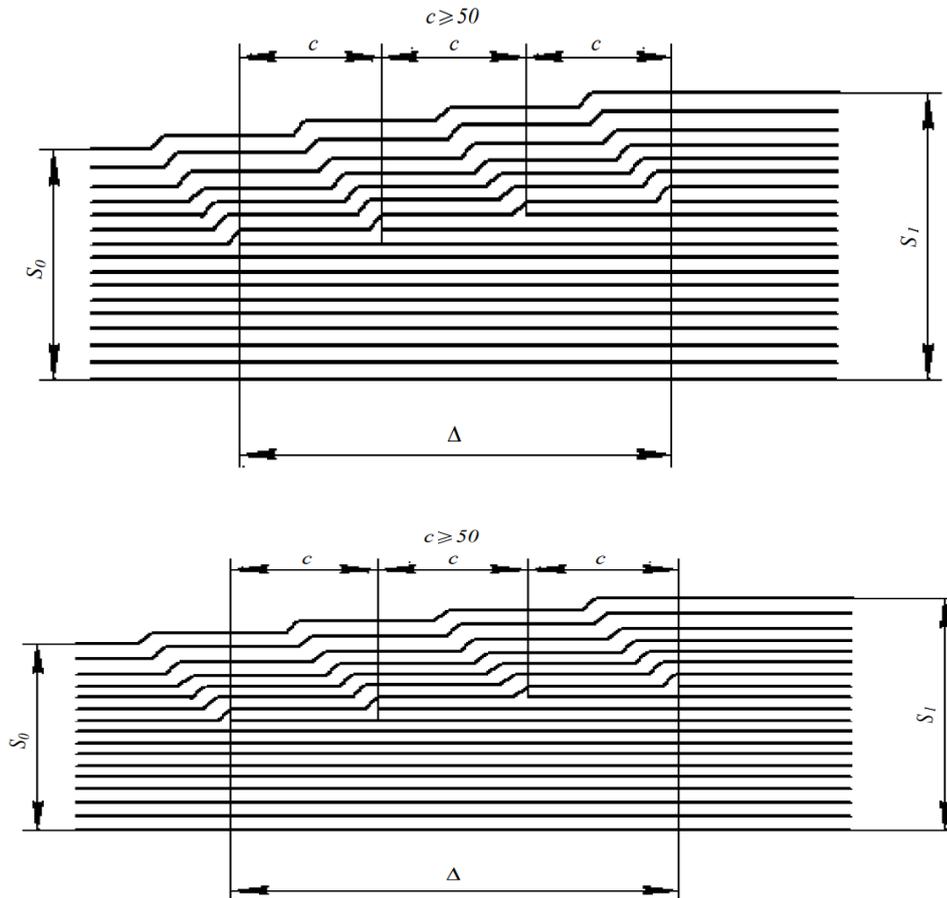


Рис. 3.2.1-5 Структура одношарової обшивки корпусу судна в районі зміни її товщини

3.2.1.2.3 Текст пункту змінюється на наступний: «**3** для суден довжиною 15м і більше величини міцності на зсув повинні відповідати наведеним у табл. 2.3.3.8.

Для суден довжиною 10м і менше для наведених у табл. 2.3.3.8 характеристик заповнювача звичайної міцності допускається зниження мінімальних величин міцності на зсув до 0,45 МПа для всіх елементів конструкції. Для проміжних значень довжини від 10 до 15м допустимі мінімальні величини міцності на зсув визначаються лінійною інтерполяцією. Зазначене зниження мінімальної міцності допускається за умови задоволення критеріям міцності конструкцій.

Зазначені рекомендації стосуються перерахованих з'єднань конструкції поза районами підсилень і в'язей (горизонтальний кіль, ширстрек, вузол з'єднання борту з палубою тощо). Для районів підсилень і з'єднань рекомендації щодо вибору густини заповнювача наведені нижче;».

3.2.2 Рис. 3.2.2-2 замінюється наступним:

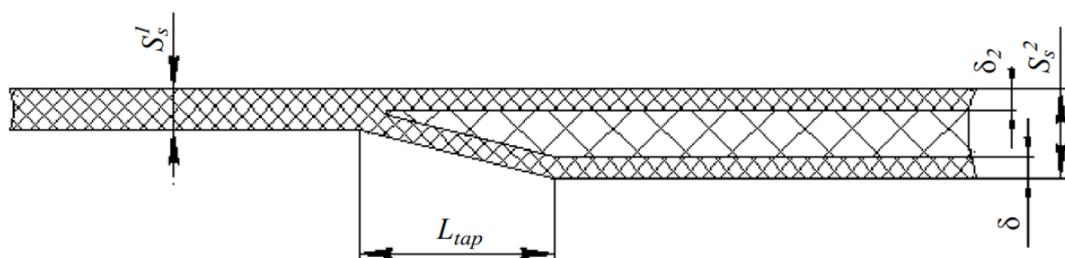


Рис. 3.2.2-2 Вузол переходу від одношарової ділянки настилу палуби до тришарової

3.2.2.2.4 Текст другого абзацу анулюється.

3.2.2.2.5 Тест пункту замінюється на наступний: «**3.2.2.2.5** в якості середнього шару в тришарових настилах палуб допускається застосовувати конструктивно-ортотропний заповнювач, що складається з пінопласту з мінімальною границею міцності при зсуві 0,2 МПа і мінімальною границею міцності

при стисненні 0,3 МПа, армованого гофрованим елементом (див. рис. 3.2.2.2.5). У разі якщо замість гофрованого елемента застосовуються протизсувні перемички або аналогічні методи підвищення зсувної міцності, мінімальна границя міцності на зсув заповнювача також може бути зменшена (порівняно з наведеною в табл. 2.3.3.8) на підставі розрахунку.»

3.2.3.2.4 Текст пункту замінюється на наступний: «**3.2.3.2.4** у випадку суцільного наповнювача його властивості повинні відповідати вимогам табл. 2.3.3.8 (див. стовпець «Всі інші елементи»);».

3.2.3 Рисунок 3.2.4-5 замінюється наступним:

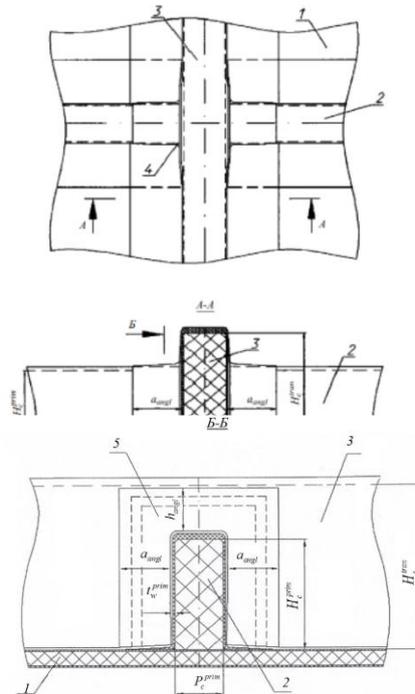


Рис. 3.2.4-5 Вузол перетину балок П-подібного профілю різної висоти:

1 - обшивка (настил); 2 - поздовжня балка; 3 - поперечна балка; 4 - накладки-косинці; 5 - потовщення стінок поперечної балки:

$$a_{angl} \geq B_c^{prim}; t_{angle} = 0,8t_w^{prim}; h_{angl} \cong (H_c^{tran} - H_c^{prim}) \leq a_{angl}.$$

3.2.4.4 Текст пункту замінюється на наступний: «**3.2.4.4** Якщо в якості заповнювача («сердечника») П-подібного профілю балки набору використовуються пінопласти (див. 2.3.3.6 ÷ 2.3.3.8) і міцність цих матеріалів відповідає вимогам до міцності в табл. 2. 3.3.8 для підкріпленої балкою ділянки обшивки корпусу судна, то вимоги **3.2.4.7.2** до співвідношення розмірів елементів балки можуть не застосовуватися. Мінімальна товщина стінки і вільного пояса при цьому в будь-якому випадку не повинна бути менше 3 мм.»

3.2.4.7 Текст пункту замінюється наступним: «**3.2.4.7** Розміри елементів П-подібного профілю балок набору.

.1 Розміри елементів П-подібного профілю балок набору слід вибирати в першому наближенні виходячи з наступного:

$$B_c/H_c = 0,35 \div 0,5; t_w/H_c = 0,034 \div 0,05; t_{fp}/t_w = 1,8 \div 2,2;$$

$$1,2B_c \geq b_f \geq 10t_w \geq 30\text{мм}; t_f = t_w,$$

де: B_c, H_c - ширина і висота «сердечника» профілю відповідно;

t_{fp}, t_w - товщини пояса і стінок відповідно;

b_f - ширина фланців;

t_f - товщина в радіусі R_f переходу в стінки (див. рис. 3.2.4-1, a).

Для трапецієподібного профілю значення B_c відповідає довжині середньої лінії трапеції, і його можна приймати рівним $B_c/H_c = 0,7 \div 1,0$, а відношення її меншої основи до більшої повинно становити приблизно $0,6 \div 0,7$.

.2 співвідношення розмірів елементів балок набору П-подібного профілю повинні задовольняти наступним умовам (за винятком випадку, обумовленого в 3.2.4.4):

$$t_w/H_c \geq 0,034; t_{fp}/B_c \geq 0,05.$$

3.2.4.12 Текст пункту викладається в новій редакції: «**3.2.4.12** Розміри елементів Т-подібного та Г-подібного профілів балок набору.

.1 розміри елементів Т-подібного профілю балок набору слід вибирати в першому наближенні виходячи з наступного (див. рис. 3.2.4-3):

$$B_{fp}/H_w = 0,35 \div 0,5; t_w/H_w = 0,06 \div 0,08; t_{fp}/t_w = 2,0 \div 2,5.$$

Параметри приформовочних косинців вибираються згідно з вимогами **3.2.4.8**.

.2 співвідношення розмірів елементів балок набору Т-подібного і Г-подібного профілів повинні задовольняти наступним умовам:

$$t_w/H_w \geq 0,06; t_{fp}/B_{fph} \geq 0,1,$$

де B_{fph} - ширина виступаючої частини вільного пояса (для Т-подібного профілю $B_{fph} = (B_{fp} - t_w)/2$ ».

3.2.5.3 У першому абзаці вираз «Підкріплення» замінюється на вираз «Для підкріплення», далі текст абзацу зберігається;

текст останнього абзацу замінюється на наступний: «Введений в середній шар по контуру вирізу пінопласт (підвищеної щільності) повинен мати границю міцності при стисненні на $0,3 \div 1,0$ МПа вище границі міцності середнього шару пінопласту, прийнятого для даної конструкції. При цьому, якщо середній шар виконаний з легкого мату, армованого тканиною (див. рис. 3.1.1, в), то його посилення по контуру вирізу не здійснюється.»

3.2.6.2 Текст пункту **3.2.6.2.2** замінюється наступним: «.2 при товщині одношарових з'єднаних в'язей не більше 10 мм допускається виконувати з'єднання без обробки з'єднувальних країв (див. рис. 3.2.6-1).

Для даного типу з'єднання параметри накладок вибираються виходячи з наступного:

$$b_m \geq 180 + 15s, \text{ мм};$$

$$b_c = 30 \div 50, \text{ мм} - \text{половина ширини першого шару тканини накладки};$$

$$b_c^i = 15 \div 25, \text{ мм} - \text{ширина сходинки};$$

$$b_c^n = 40 \div 50, \text{ мм} - \text{ширина останньої } n\text{-ої сходинки накладки};$$

$$t_m \geq 0,5s, \text{ мм} - \text{для з'єднувальних накладок, що мають паралельну структуру армування } (0^\circ, 90^\circ);$$

$$t_m \geq 0,8s, \text{ мм} - \text{для з'єднувальних накладок, що мають паралельно – діагональну структуру армування } (0^\circ, 90^\circ) (+45^\circ/-45^\circ);$$

$$t_c^1, t_c^i, t_c^n - \text{висота сходинки, що дорівнює сумарній товщині шарів тканини, що утворюють сходинку.}.$$

Рис. 3.2.6-1, 3.2.6-2, 3.2.6-3 замінюються наступними:

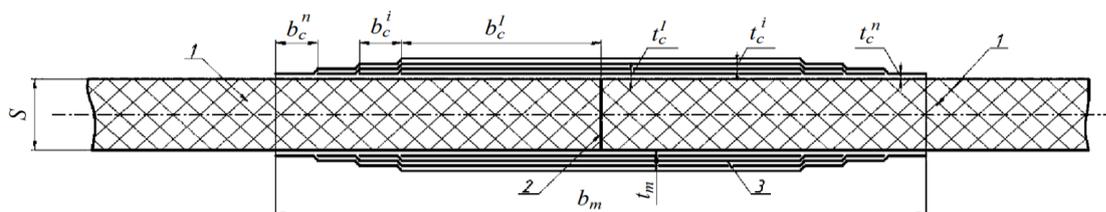


Рис. 3.2.6-1 Конструктивна схема стикового (пазового) формованого з'єднання одношарових в'язей без оброблення кромки:

1 - в'язі, що з'єднуються; 2 - стик; 3 - накладки

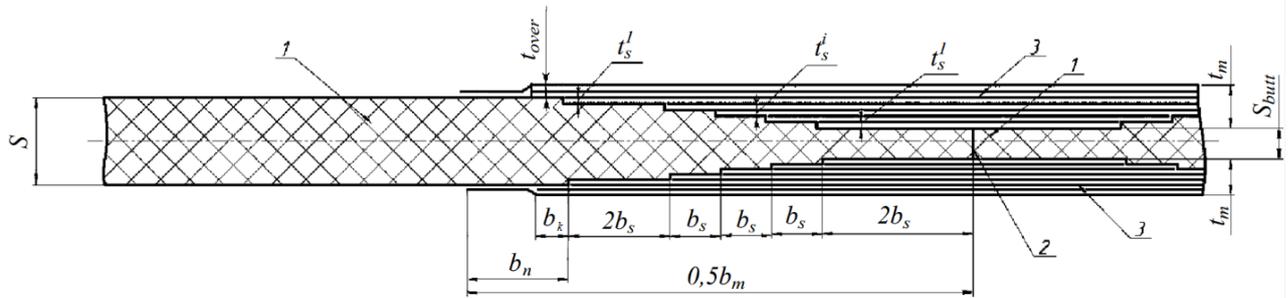


Рис. 3.2.6-2 Конструктивна схема стикового (пазового) формованого з'єднання одношарових в'язей з двостороннім ступінчастим обробленням кромки:

1 - в'язі, що з'єднуються; 2 - стик; 3 - накладки

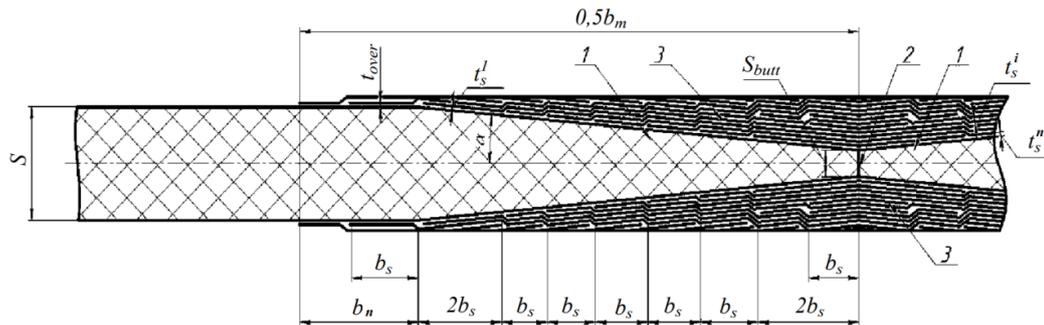


Рис. 3.2.6-3 Конструктивна схема стикового (пазового) формованого з'єднання одношарових в'язей з двостороннім обробленням кромки «на вус»:

1 - в'язі, що з'єднуються; 2 - стик; 3 - накладки

3.2.6.2.4 Тексти передостаннього і останнього абзаців замінюється на наступний:

«Параметри стикового з'єднання тришарових в'язей визначаються виходячи з наступного:

$$S_{butt} = m_{butt}''' \cdot t_d, \text{ мм};$$

$$m_{butt}''' \geq 2;$$

$$n_1 = m''' - m_{butt}''';$$

m''' - кількість шарів тканини в несучому шарі;

m_{butt}''' - кількість шарів тканини в стикі несучих шарів;

$$n_2 = (n_1 - 6)/3 \text{ (якщо } n_2 \text{ - дробове число, то воно округляється до найменшого цілого);}$$

$$t_m > \delta_{imax}, \text{ мм}$$

δ_{imax} ($i = 1, 2$) - максимальна товщина одного з двох несучих шарів;

S_{butt} - товщина несучих шарів в стикі.

Інші параметри накладок, кількість сходинок і їх висота визначаються з наведених вище співвідношень для ступеневого з'єднання одношарових в'язей.

3.2.6.2.5 Визначення параметра b_c в формулі після виразу «Вибір параметрів стикового з'єднання одношарових в'язей з обробленням «на вус» виконується виходячи з наступного:» замінюється наступним текстом:

$$\langle b_s = 15 \div 20, \text{ мм}; \rangle.$$

3.2.6.3.2 Параметру «s» додається розмірність «мм»:

«де s – товщина горизонтальної в'язі;».

3.2.6 Рисунок 3.2.6-4 замінюється наступним:

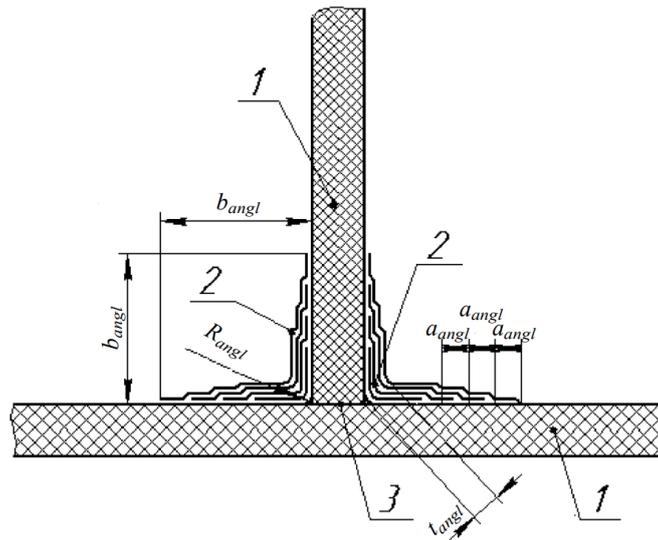


Рис. 3.2.6-4 Конструктивна схема кутового формованого з'єднання:

1 - в'язі, що з'єднуються; 2 - приформувальні косинці; 3 - поверхня контакту»

3.2.6.3.4 Текст пункту замінюється наступним: «4 для навантаженого кутового з'єднання горизонтальне одношарова в'язь виконується з потовщенням під вертикальною в'яззю, яка може бути як одношаровою, так і тришаровою, наприклад, з'єднання одношарової обшивки корпусу з тришаровою перегородкою Пінопласт звичайної міцності в середньому шарі перегородки в районі з'єднання з одношаровою обшивкою повинен бути замінений на пінопласт з межею міцності при стисненні на $0,3 \div 1,0$ МПа вище (підвищеної густини) у вигляді закладних елементів певних розмірів (див. рис. 3.2.6.-5).

Потовщення обшивки виконується шляхом введення додаткових шарів тканини (ровінгової або біаксіальної з армуванням ($0^\circ/90^\circ$)) між основними шарами з укладанням уздовж вертикальної в'язі (поперек корпусу). Потовщення виконується зі зменшенням товщини до країв, перекриваючи кожним шаром тканини попередній шар з кроком 20 — 25 мм. Розміри потовщення визначаються виходячи з наступного:

$$t_{th} = (0,2 \div 0,3)S_{shell};$$

$$B_{shell} \geq 2(b_{th} + 6t_{th}) + S_{bulk}, b_{th} = b_{angl} + 5, \text{мм};$$

$$b_{angl} \geq 16t_{angl}, t_{angl} \geq 0,6s_p,$$

де $s_p = \max(S_{shell}, S_{bulk})$ – для з'єднання одношарових в'язей;

$S_p = \max(S_{shell}, \delta_{bulk} + \delta_{bulk})$ – для з'єднань одношарових і тришарових в'язей;

δ_{bulk} – товщина несучого шару тришарової в'язі;

$$R_{angl} = 2t_{angl};$$

$$l_{angl}^{bulk} = 1,2S_{bulk};$$

3.2.6.3.5 Текст пункту замінюється на наступний: «5 у випадку, якщо обидва в'язі, наприклад, перебірка і обшивка, мають тришарову конструкцію і є напруженими, то їх кутове з'єднання рекомендується виконувати з застосуванням опорних елементів трикутної форми з пінопласту підвищеної міцності (див. табл. 2. 3.3.8), які встановлюються на обшивку з обох сторін поперечної перегородки за допомогою адгезійної речовини. Ця речовина застосовується в з'єднанні перегородки з обшивкою по з'єднувальній поверхні. При цьому торець вертикальної в'язі (перегородки) обформовується з переходом на зовнішні поверхні на висоту, рівну не менше величини її товщини.

У районі їх з'єднання пінопласт звичайної міцності в середніх шарах перебірки і обшивки повинен бути замінений на пінопласт з границею міцності при стисненні на $0,3 \div 1,0$ МПа вище (підвищеної густини) у вигляді закладних елементів певних розмірів (див. рис. 3.2.6-6).

Основні параметри цих варіантів з'єднання вибираються виходячи з наступного:

$$c \geq 0,6(S_{shell} + S_{bulk}; l_{angl}^d = 0,2S_d; l_{shell}^{angl} = 2(1,1c + S_{shell}) + S_d;$$

$$t_{angl} = 1,2\max(\delta^d, \delta^{shell});$$

$$b_{angl} = 16t_{angl} + c \geq 2S_{shell}; R_{angl} \geq 2t_{angl}; \beta = 45^\circ; \gg.$$

3.2.6.3.7 Текст пункту замінюється на наступний: «7 у випадку якщо одношарові борт і палуба мають порівняно великі товщини (більше 15 - 20мм), то їх кутове з'єднання рекомендується виконувати з потоншенням обшивки борта і настилу палуби в місці їх з'єднання і з установкою опорного елемента трикутної форми (див. рис. 3.2.6-7) з пінопласту підвищеної міцності (див. табл. 2.3.3.8).

Основні параметри цього з'єднання приймаються наступними:

$$c \geq 2\max(S_s, S_d);$$

$$h_d \geq 0,5S_d; h_s \geq 0,5S_s;$$

$$t_{angl}^{out} \geq 0,65S_s; b_{angl}^{out} \geq 20t_{angl}^{out};$$

$$t_{angl}^{in} \geq 0,45S_s; b_{angl}^{in} \geq 16t_{angl}^{in} + c$$

$$l^d = b_{angl}^{out} - S_d; l^s = b_{angl}^{out} - S_s . \gg.$$

3.2.6.3.8 Вирази «з пінопласту підвищеної густини 150-200кг/м³» в текстах для варіантів з'єднань А і Б замінюються на вирази: «з пінопласту підвищеної міцності (див. табл. 2.3.3.8)» два рази.

3.2.6.3.9 У тексті першого абзацу вираз «з пінопласту підвищеної густини 150÷200кг/м³» замінюється на вираз «з пінопласту підвищеної міцності (див. табл. 2.3.3.8).».

Рис. 3.2.6-7 замінюється наступним:

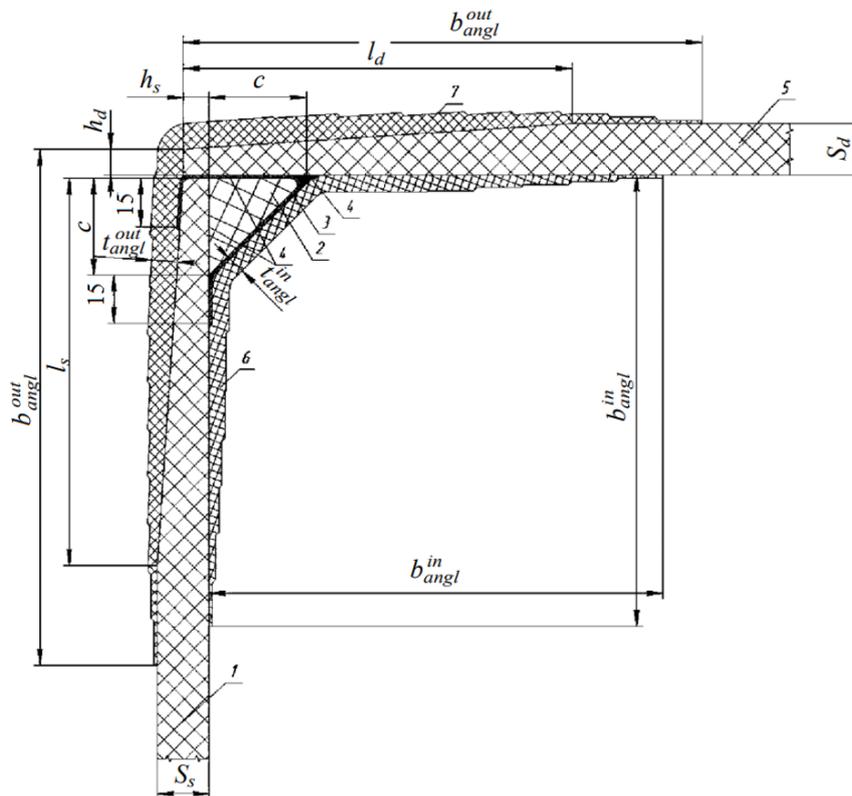


Рис. 3.2.6-7 Вузол з'єднання одношарових конструкцій борту і верхньої палуби змінної товщини з установкою опорного елемента:

1 - борт; 2 - опорний елемент; 3 - обформування опорного елемента; 4 – адгезійна речовина;

5 - настил верхньої палуби; 6 - внутрішній приформувальний косинець;

7 - зовнішній приформувальний косинець

Рис. 3.2.6-8 замінюється на наступний:

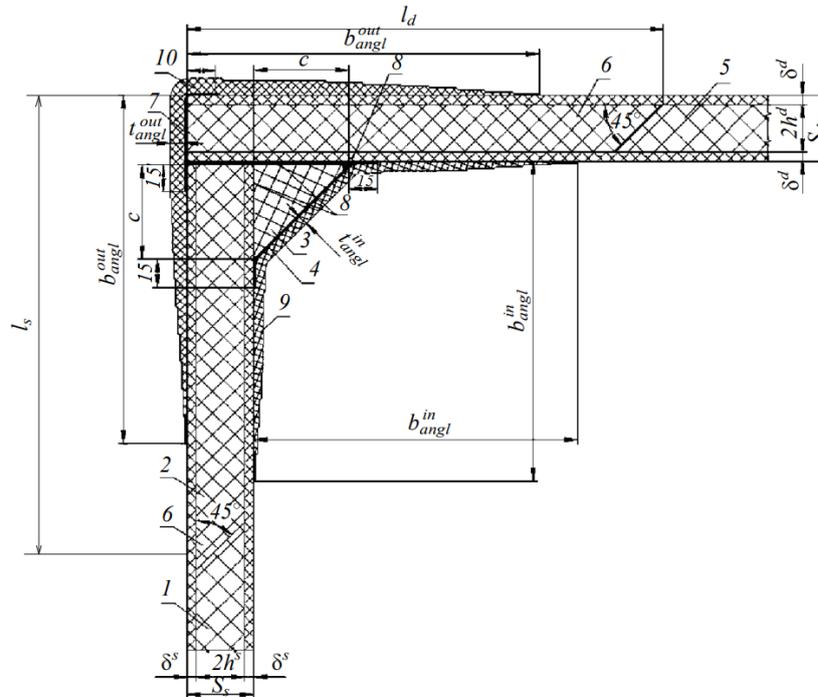


Рис. 3.2.6-8 Вузол з'єднання настилу верхньої палуби і обшивки борту тришарової конструкції (Варіант А):

- 1 - обшивка борту; 2 - посилення з пінопласту підвищеної густини; 3 - опорний елемент;
 4 - обформування; 5 - настил палуби; 6 - посилення з пінопласту підвищеної густини;
 7 - обформування; 8 – адгезійна речовина; 9 - внутрішній приформувальний косинець;
 10 - зовнішній приформувальний косинець

3.2.6.3.9 Передостанній абзац замінюється наступним текстом: «Основні параметри цих вузлів з'єднань визначаються виходячи з наступного:

$c \geq 1,2 \max(s_s, s_d)$; $t_{angl} \geq 0,4s_s$ або $t_{angl} \geq 2\delta_s$ (для тришарової обшивки);

$b_{angl} \geq 15t_{angl} + c \geq 2s_s$ ».

3.3.2.3 Текст пункту викладається в новій редакції: «**3.3.2.3** В якості заповнювача для надбудов категорії I допускається застосовувати пінопласти або інші матеріали, що відповідають вимогам табл. 2.3.3.8 для конструкцій бортів. В якості середнього шару в тришарових конструкціях надбудов допускається застосовувати конструктивно-ортотропний заповнювач, що складається з пінопласту з мінімальною границею міцності при зсуві 0,2 МПа і мінімальною границею міцності при стисненні 0,3 МПа, армований гофрованим елементом (див. рис. 3.2.2.5). У разі якщо замість гофрованого елемента застосовуються протизсувні перемички або аналогічні методи підвищення зсувної міцності, мінімальна границя міцності на зсув заповнювача також може бути зменшена (порівняно з наведеною в табл. 2.3.3.8) на підставі розрахунку.

Для надбудов категорії II та рубок допускається застосовувати пінопласти або інші матеріали, що відповідають вимогам табл. 2.3.3.8 (див. стовпець «Всі інші елементи»).

3.3.2.6 Текст пункту викладається в новій редакції: «**3.3.2.6** Товщина середнього шару тришарових стінок, а також даху надбудов та інших конструкцій може визначатися з врахуванням вимог до теплоізоляції внутрішніх приміщень при забезпеченні міцності та жорсткості конструкції.».

3.3.2.12 В тексті останнього абзацу вираз «пінопласт густиною не нижче 200кг/м³» замінюється на вираз «пінопласт підвищеної міцності (див. табл. 2.3.3.8)».

3.3.3.4 В тексті першого речення вираз «пінопласт густиною не нижче 200кг/м³» замінюється на вираз «пінопласт підвищеної міцності (див. табл. 2.3.3.8)».

3.3.3 Рис. 3.3.3.3-2 замінюється на наступний:

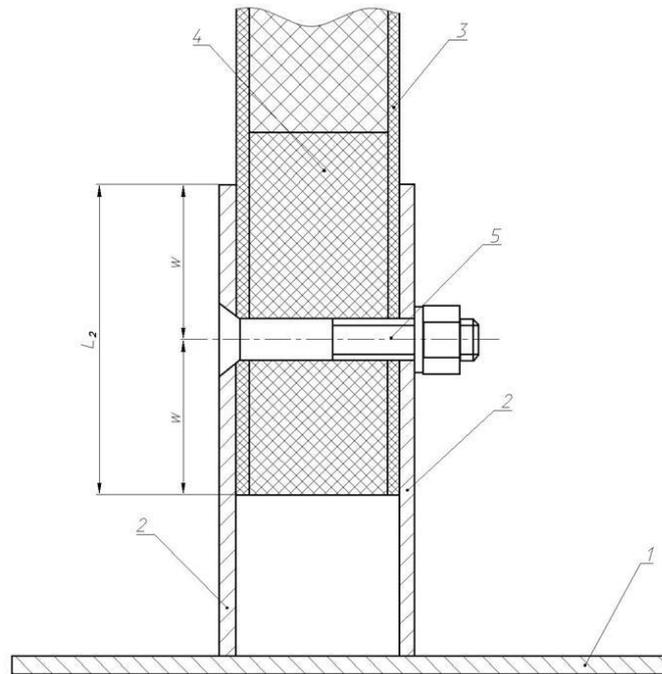


Рис. 3.3.3-3 Вузол клеєболтового з'єднання перегородки з металевим корпусом
(з двома металевими комінгсами):

1 - палуба корпусу; 2 - комінгси; 3 - перегородка; 4 - пінопласт підвищеної густини; 5 – болт».

4. БАЛКИ НАБОРУ

4.2.4 Текст пункту замінюється на наступний: «**4.2.4** В якості заповнювача середнього шару в тришаровій обшивці допускається застосовувати пінопласти, легковагові мати або інші матеріали, що відповідають вимогам табл. 2.3.3.8 і 3.2.1.2.3, які при необхідності підвищення їх міцності на зсув і стискання можуть бути додатково армовані шарами тканини.».

4.3.1 Текст пункту викладається в новій редакції: «**4.3.1** Балки набору, що мають П-подібний (трапецієподібний) профіль, можуть виконуватися порожнистими або з заповнювачем («серцевиною»). При використанні для серцевини пінопласту з міцністю, еквівалентною міцності пінопласту для підкріпленої балкою ділянки обшивки судна (див. 3.2.4.4), вимоги 3.2.4.7.2 до співвідношення розмірів елементів балки можуть не застосовуватися. Мінімальна товщина стінки і вільного пояса при цьому в будь-якому випадку не повинна бути менше 3 мм. Якщо балки набору виконують роль балок фундаменту для кріплення двигунів і обладнання, то вони можуть мати Т-подібний або Г-подібний профіль (див. 3.1.7 і 3.1.8).

У корпусах шлюпок довжиною до 8 м роль набору можуть виконувати повітряні ящики.».

5. МІЦНІСТЬ КОРПУСУ ТА НАДБУДОВИ СУДНА

5.5.17. Текст пункту анульовано.

1. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН БАЛОК

1.1 Рис. 1.1 замінюється на наступний:

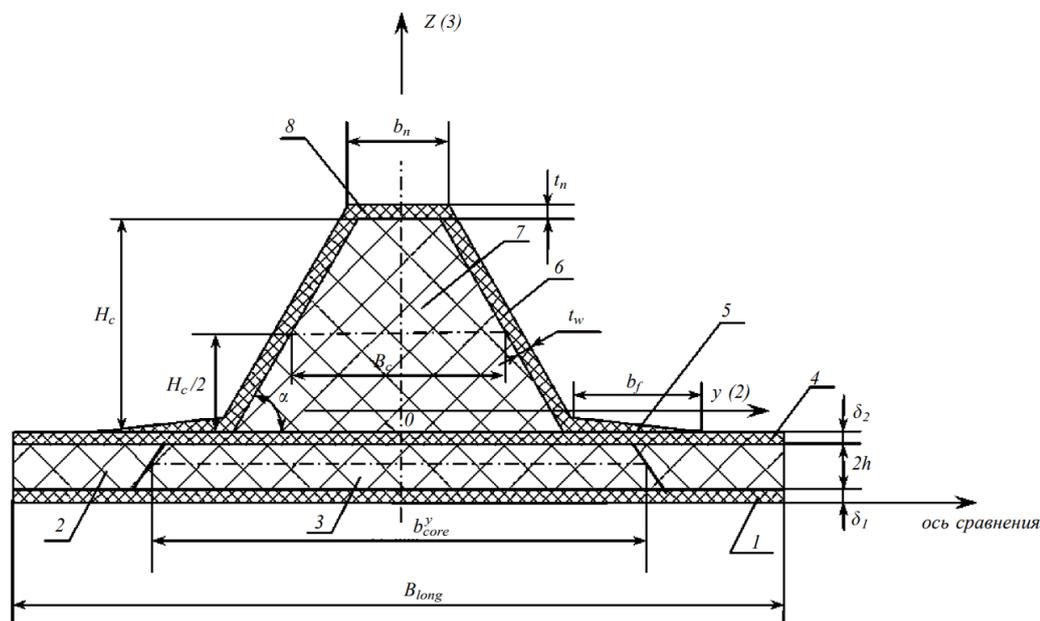


Рис. 1.1 Розрахункова схема балки П-подібного (трапецієподібного) профілю:

- 1, 4 - несучі шари; 2 - заповнювач середнього шару; 3 - посилення у вигляді заповнювача підвищеної густини; 5 - фланець; 6 - стінка балки; 7 - сердечник балки; 8 - вільний поясок

Текст пункту доповнюється текстом наступного змісту: «Жорсткість поперечного перерізу балки на зсув визначається за формулою:

$$K_{11} = (2G_{13}^w t_w + G^c B_c) H,$$

$$\text{де } H = H_c + t_n.$$

СТІЙКІСТЬ БАЛОК2

2.1 Формула для визначення k_{11} видаляється.

2.2 Пункт доповнюється наступним текстом: « l – прогін балки, відстань між опорними перерізами балки.».

3. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН ОДНОШАРОВИХ ПЛАСТИН ПРИ ВИГІНІ

Текст розділу замінюється наступним текстом:

Напружено-деформований стан одношарових пластин (розрахункова схема див. рис. 3) при вигині визначається за такими формулами:

$$w = k_1 \frac{pb^4}{E_1 t^3};$$

$$M_1 = k_2 pb^2;$$

$$M_2 = k_3 pb^2;$$

$$M_2' = k_5 pb^2,$$

где p — інтенсивність рівномірно розподіленого розрахункового навантаження;

M_1 - згинальний момент у центрі пластини в перерізі, паралельному осі y , що припадає на одиницю довжини перерізу;

M_2 — згинальний момент у центрі пластини в перерізі, паралельному осі x , що припадає на одиницю довжини перерізу;

M_2' — згинальний момент в середині довгої сторони опорного контуру в перерізі, паралельному осі x , що припадає на одиницю довжини перерізу;

E_2 і E_1 — модулі нормальної пружності несучого шару в напрямку основного армування (напрямок 0°) і в напрямку 90° до основного армування;

t — товщина пластини.

Значення коефіцієнтів k_1 для ізотропних і ортотропних пластин з співвідношеннями модулів пружності в напрямку короткої і довгої сторін пластини, що дорівнюють 1,0 і 1,5, наведені в табл. 3-1 і 3-2 для жорстко зацемлених опорних кромки і для пластин з вільно обпертими кромками відповідно.

У випадку якщо обшивки або настили виконані з паралельно-діагональними схемами армування $[(0_0/90_0)/(+45_0/-45_0)/(0_0/90_0)/\dots/(+45_0/-45_0)/(0_0/90_0)]$, пластини розглядаються як ізотропні, а в якості розрахункових пружних характеристик приймаються середні значення, що дорівнюють півсумі відповідних характеристик у напрямках основи і утку паралельних шарів:

$$E_{av} = \frac{E_1 + E_2}{2},$$

$$\nu_{av} = \frac{\nu_{12} + \nu_{21}}{2},$$

де ν_{12} і ν_{21} – коефіцієнти Пуассона матеріалу пластини (див. рис.3).

Приведені дані для ортотропних пластин відносяться до ПКМ з паралельним армуванням $[(0_0/90_0)]$ ($E_1/E_2=1,0$; $E_1/G_{12}=5$) і $(E_1/E_2=1,5$; $E_1/G_{12}=6$), орієнтованих напрямком 1 - (0₀) вздовж короткої сторони.

Найбільші нормальні напруження в пластині визначаються за формулою

$$\sigma_{ii} = \pm 6M_i/t^2.$$

4. СТІЙКІСТЬ ОДНОШАРОВИХ ПЛАСТИН ПРИ СТИСНЕННІ

4.1 Текст пункту замінюється наступним текстом:

«4.1 Оцінка стійкості вільно опертих одношарових пластин при стисненні (рис. 4.1) виконується з урахуванням величини відношення сторін пластини $\gamma = a/b$.

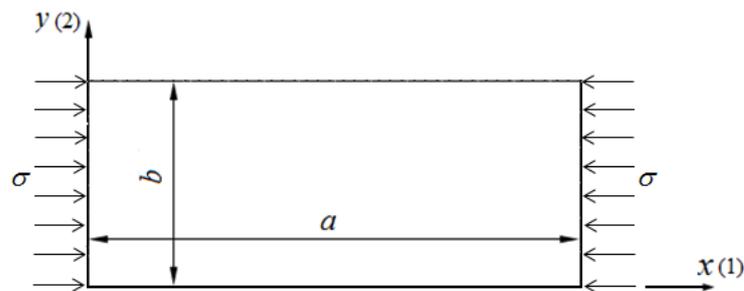


Рис. 4.1 Розрахункова схема одношарових пластин при стисненні».

4.2 Текст пункту замінюється наступним текстом:

«4.2 ПКМ з паралельною структурою армування $[(0^\circ/90^\circ)]$.

Критичне напруження визначається за формулою

$$\sigma_{buck} = E_1 B (t/b)^2,$$

де: E_1 - модуль пружності в напрямку стиснення;

B - коефіцієнт, що залежить від співвідношення сторін пластин:

$$B = \frac{(m/\gamma)^2 + 2[\nu_{21} + 2\frac{G_{12}}{E_1}(1 - \nu_{12}\nu_{21})] + \frac{E_2}{E_1}(\gamma/m)^2}{12(1 - \nu_{12}\nu_{21})} \pi^2,$$

де: $\gamma = a/b$ - співвідношення сторін пластини;

m - число півхвиль при втраті стійкості;

t - товщина пластини.

E_1 і E_2 – модулі нормальної пружності в напрямку основного армування (напрямок 0°) і в напрямку 90° до основного армування;

G_{12} – модуль зсуву в площині пластини;

ν_{12} і ν_{21} – коефіцієнти Пуассона матеріалу пластини (див. рис. 4.1).».

4.3 Текст підрозділу доповнюється новим пунктом **4.3** наступного змісту:

«4.3 ПКМ з паралельно-діагональними схемами армування [(0°/90°)/(+45°/-45°)/(0°/90°)/...../(+45°/-45°)/(0°/90°)].

При розрахунку пластин кінцевої жорсткості з ПКМ паралельно-діагональної схеми армування допускається застосування методики розрахунку відповідних ізотропних пластин. При цьому середні значення модуля нормальної пружності та коефіцієнта Пуассона визначаються за такими формулами:

$$E_{av} = \frac{E_1 + E_2}{2},$$

$$\nu_{av} = \frac{\nu_{12} + \nu_{21}}{2}.$$

Критичне напруження визначається за формулою:

$$\sigma_{buck} = E_{av} B \left(\frac{t}{b} \right)^2.$$

Значення коефіцієнта B для $0,4 \leq \gamma \leq 3,0$ наведені в табл. 4.2 и рис. 4.1÷4.3.

Рис. 4.3-1÷4.3.3 Позначення G_{12}^{bl} замінюються на G_{12} , позначення E_p^{bl} замінюються на позначення E_1 .

Таблиця 4.2 Позначення G_{12}^{bl} замінюються на G_{12} , позначення E_p^{bl} замінюються на позначення E_1 .

5. СТІЙКІСТЬ ОДНОШАРОВИХ ПЛАСТИН ПРИ ЗСУВІ

5.1 Текст пункту **5.1** замінюється наступним текстом:

«5.1 Оцінка стійкості вільно опертих одношарових пластин з ПКМ з паралельною структурою армування [(0°/90°)] при зсуві (рис. 5.1) виконується з урахуванням величини відношення сторін пластини $\gamma = a/b$.

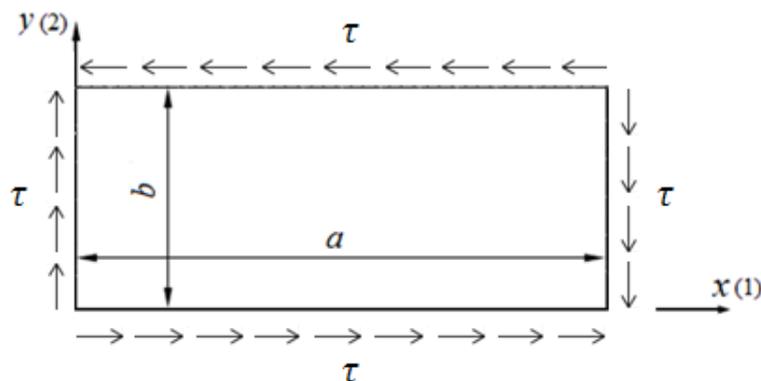


Рис. 5.1 Розрахункова схема одношарових пластин при зсуві».

5.1.1 Текст пункту замінюється наступним текстом: **«5.1.1** При $\gamma \geq 1$ дотичне критичне напруження визначається за формулою

$$\tau_{buck} = \left(\frac{E_1}{\gamma^4} + 2 \frac{E_3}{\gamma^4} + E_2 \right) B \left(\frac{t}{b} \right)^2,$$

де $E_3 = E_1 \nu_{21} + 2(1 - \nu_{12} \nu_{21}) G_{12}$;

$$B = \frac{\pi^2 \gamma}{384(1 - \nu_{12} \nu_{21})} \sqrt{\frac{100}{1,395 + 4(k_1 + k_2)}};$$

де $k_1 = \frac{1 + 2\gamma^2 A + \gamma^4 \xi}{81 + 18\gamma^2 A + \gamma^4 \xi}$; $k_2 = \frac{1 + 2\gamma^2 A + \gamma^4 \xi}{1 + 18\gamma^2 A + 81\gamma^4 \xi}$;

$A = \nu_{21} + 2 \frac{G_{12}}{E_1} (1 - \nu_{12} \nu_{21})$; $\gamma = a/b$; $\xi = \frac{E_1}{E_2}$;

$E_1, E_2, G_{12}, \nu_{12}, \nu_{21}$ див. 4.2.

Примітка. Напрямок армування (0°) - уздовж сторони довжиною a .

Значення коефіцієнта B для $\gamma \geq 1$ наведені в табл. 5.1.1 і на рис. 5.1-1.»

Таблиця 5.1.1 Позначення G_{12}^{bl} замінюється на G_{12} , позначення E_p^{bl} замінюється на позначення E_1 .

Рис. 5.1-1, 5.1-2 Позначення G_{12}^{bl} замінюється на G_{12} , позначення E_p^{bl} замінюється на позначення E_1 .

Текст пункту **5.1.2** замінюється наступним текстом: «**5.1.2** При $\gamma = 0,5$ дотичне критичне напруження визначається за формулою:

$$\tau_{bick} = B \left(\frac{t}{b} \right)^2,$$

$$\text{де: } B = 0,00952 \frac{\pi^4}{1-\nu_{12}\nu_{21}} \sqrt{D - \sqrt{D^2 - 9,58C}};$$

де:

$$C = E' \cdot \bar{E} \cdot \hat{E} \cdot \tilde{E};$$

$$D = 4,82E' \cdot \bar{E} + 1,31E' \cdot \hat{E} + 0,64\hat{E}\tilde{E} + 0,101\bar{E} \cdot \tilde{E};$$

$$E' = E_1 + 2E_3 + E_2;$$

$$\bar{E} = 16E_1 + 18E_3 + 5,06E_2;$$

$$\hat{E} = E_1 + 8E_3 + 16E_2;$$

$$\tilde{E} = 16E_1 + 50E_3 + 39E_2.$$

Значення коефіцієнта B для $\gamma = 0,5$ наведені в табл. 5.1.2 і на рис. 5.1-2.»

Таблиця 5.1.2 Позначення G_{12}^{bl} замінюється на G_{12} , позначення E_p^{bl} замінюється на позначення E_1

Рис.5.1-2. По осі x к значення E_1 додається розмірність « E_1 , ГПа».

6. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНІЙ СТАН ТРИШАРОВИХ ПЛАСТИН ПРИ ЦИЛІНДРИЧНОМУ ЗГІНІ

У розділі **6** здійснені наступні заміни та доповнення:

Друге речення першого абзацу викладено в новій редакції: «Розглядається поперечний прогин пластин (рис. 6), коли $\gamma = a/b > 3$ при циліндричному вигині з урахуванням різних умов кріплення країв. У всіх випадках навантаження прикладено перпендикулярно до площини пластини.»

Розділ доповнений рис.6:

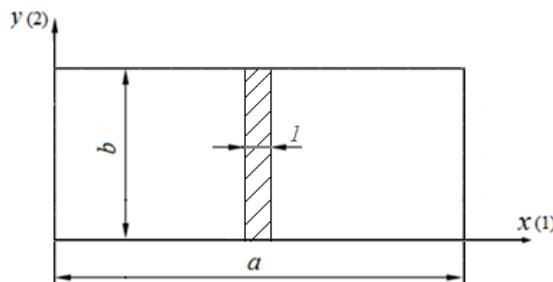


Рис. 6 Циліндричний вигин тришарових пластин».

У тексті позначень внесено такі зміни:

- вираз « σ_x, σ_y » замінюється на вираз « σ_x »;
- вираз « τ_{xz}, τ_{yz} » замінюється на вираз « $\tau_{чя}$ »

У формулах для визначення умов застосовності формул цього розділу умова « $G_{core}/\bar{E} \leq 2,0 \cdot 10^{-4}$ » замінюється на наступне « $G_{core}/\bar{E} \leq 10^{-2}$ »; вираз « $\frac{2h}{a} \sqrt{1 + (a/b)^2} \leq 0,1$ » видаляється.

Текст перед передостаннім абзацом доповнюється поясненням : «де E_1 і E_2 – модулі нормальної пружності несучого шару в напрямку основного армування (напрямок 0°) і в напрямку 90° до основного армування.».

Таблиця 6. Формули для коефіцієнтів m_2 і m_3 у графі «Напруження» для виду навантаження «Краї пластини вільно оперті, поперечне навантаження рівномірно розподілене» замінюються наступними:

$$\langle m_2 = 1 - \frac{4k}{\pi^2} \left(\frac{\delta}{h_{long}} + \frac{4D_{ll}}{D_{pl}} - \frac{2+\delta/h_{long}}{1+\delta/h} \times \left(\frac{\delta}{h} + \left[\frac{2D_{ll}}{D_{pl}} \left(1 - \frac{D_{core}\delta}{4hD_{ll}} \right) - \frac{\delta}{h(2+\delta/h_{long})} \left(1 - \frac{2D_{ll}}{D_{pl}} \right) \right] \operatorname{sch} \left(\frac{\gamma a}{2} \right) \right) \right),$$

$$m_3 = \left(1 - \frac{2D_{ll}}{D_{pl}} \right) \left(1 - \frac{4k}{\pi^2} \cdot \frac{2D_{ll}}{D_{pl}} \cdot \frac{\gamma \cdot a}{2} \cdot \operatorname{th} \left(\frac{\gamma \cdot a}{2} \right) \right);$$

Перший абзац і формула в графі «Прогини» для виду навантаження «Краї пластини вільно оперті, поперечне навантаження рівномірно розподілене» замінюються наступним текстом:

«Прогин пластини має максимальне значення в перерізі при $x = a/2$:

$$|W| = \left| \frac{5}{384} \cdot \frac{qa^4}{D_{pl}} m_1 \right|;$$

Формула в графі «Напруження» для виду навантаження «Краї пластини вільно оперті, поперечне навантаження рівномірно розподілене в центральному перерізі» замінюється наступною:

$$\langle |\sigma_x| = \left| \frac{p \cdot a}{4} \cdot \frac{B_{ll}(h+\delta)}{\delta D_{pl}} m_2 \right|;$$

Перший абзац у графі «Напруження» для виду навантаження «Краї пластини жорстко закріплені, поперечне навантаження рівномірно розподілене» замінюється таким текстом: «Нормальні напруження в несучих шарах мають максимальні значення при $x = 0, a; z = \pm(h + \delta)$ »;

Формула для коефіцієнта m_1 у графі «Прогини» для виду навантаження «Краї пластини жорстко закріплені, поперечне навантаження рівномірно розподілене в центральному перерізі» замінюється наступною:

$$\langle m_1 = 1 + \frac{48k}{\pi^2} \left(1 - \frac{2D_{ll}}{D_{pl}} \right) \times \left(1 - \frac{4\operatorname{th}(\gamma \cdot a/4)}{\gamma \cdot a} \right);$$

Формула для коефіцієнта m_2 у графі «Напруження» для виду навантаження «Краї пластини жорстко закріплені, поперечне навантаження рівномірно розподілене в центральному перерізі» замінюється наступною:

$$\langle m_2 = 1 - \frac{\operatorname{th}(\gamma \cdot a/4)}{\eta(1+\delta/h)(\gamma a/4)} \times \left(\left(1 - \frac{D_{core}\delta}{4hD_{ll}} \right) \left(1 + \frac{\delta}{2h_{long}} \right) - \frac{\delta D_{pl}}{4hD_{ll}} \left(1 - \frac{2D_{ll}}{D_{pl}} \right) \right);$$

Найменування виду навантаження «Краї пластини жорстко затиснуті, поперечне навантаження прикладене в центральному перерізі» замінюється на таке: «Краї пластини жорстко закріплені, поперечне навантаження рівномірно розподілене в центральному перерізі»;

Найменування виду навантаження «Краї пластини вільно оперті, поперечне навантаження прикладене в довільному поперечному перерізі» замінюється на таке: «Краї пластини вільно оперті, поперечне навантаження рівномірно розподілене в довільному перерізі»;

В об'єднаній графі «Напруження» і «Прогини» друга нерівність виключається;

Формула для визначення прогину пластини для виду навантаження «Краї пластини вільно оперті, поперечне навантаження рівномірно розподілене в будь-якому перерізі» замінюється наступною:

$$\langle |W| = \left| \frac{p}{D_{1pl}} \cdot \left[C_2 - C_1 \cdot x + C_3 \cdot \left(\frac{2B_{ll} \cdot (h+\delta/2)}{G_{core}} - \frac{x}{3} \right) \cdot x - \frac{C_4 \cdot x^2}{2} + C_5 \cdot \operatorname{sh}(k_1 \cdot x) + C_6 \cdot \operatorname{ch}(k_1 \cdot x) \right] \right|;$$

Формула для коефіцієнта C_2 у графі «Прогини» для виду навантаження «Краї пластини вільно оперті, поперечне навантаження рівномірно розподілене в будь-якому перерізі» замінюється наступною:

$$\langle C_2 = \frac{a/2-\xi}{4} \left(\frac{2B_{ll}(h+\delta/2)^2}{D_{ll}k^2} + \frac{\xi}{3} (a - \xi) + \frac{a^2}{6} \right);$$

Формула для коефіцієнта C_6 у графі «Прогини» для виду навантаження «Краї пластини вільно оперті, поперечне навантаження рівномірно розподілене в будь-якому перерізі» замінюється наступною:

$$\langle C_6 = -\frac{B_{II}(h+\delta/2)^2 \cdot sh(k_1(a/2-\xi))}{D_{II}k_1^2 \cdot ch(k_1a/2)} \rangle;$$

Останній абзац у графі «Прогини» для виду навантаження «Краї пластини вільно спираються, поперечне навантаження рівномірно розподілене в будь-якому перерізі» замінюється таким текстом:

«Прогин пластини має максимальне значення в перерізі, координата якого задовольняє умові $\partial W/\partial x = 0$ і знаходиться в діапазоні $-a/2 \leq x \leq \xi$;

(прогин пластини при $x = \xi$ відрізняється від максимального не більше ніж на 10%)»;

Формула для визначення дотичних напружень у заповнювачі та текст, що її передує, у графі «Напруження» для виду навантаження «Краї пластини вільно оперті, поперечне навантаження рівномірно розподілене в будь-якому перерізі» замінюється таким текстом:

«дотичні напруження в заповнювачі мають максимальні значення при $-a/2 \leq x \leq \xi$; $z = 0$ (при $\xi \leq 0$):

$$|\tau_{xy}| = \left| \frac{p}{D_{Ipl}} \cdot 2B_{II}(h + \delta/2) \left[C_3 + \frac{D_{II}k_1^3}{2B_{II}(h+\delta/2)^2} \times (C_5 \cdot ch(-k_1 a/2) + C_6 \cdot sh(-k_1 a/2)) \right] \right|;$$

Формула для визначення нормальних напружень у графі «Напруження» для виду навантаження «Краї пластини вільно оперті, поперечне навантаження рівномірно розподілене за законом трикутника» замінюється наступною:

$$\langle |\sigma_x| = \left| \frac{q_0 x_2}{2h+b} \times \left(\frac{2(h+\delta)}{\delta(2h+\delta)} \left(\frac{hB_{II}}{G_{core}} + \frac{a^2 - x_2^2}{6} \right) - \frac{hB_{II}}{\delta G_{core}} \right) \right| \rangle;$$

Коефіцієнт « x_2 » у формулі для визначення максимального значення прогину пластини в графі «Прогини» для виду навантаження «Краї пластини вільно оперті, поперечне навантаження рівномірно розподілене за законом трикутника» замінюється на « x_1 »;

Формула для коефіцієнта « m_1 » у графі «Прогини» для виду навантаження «Краї пластини вільно оперті, поперечне навантаження рівномірно розподілене за законом трикутника» замінюється наступною:

$$\langle m_1 = \frac{q_0}{180B_{II}(2h+\delta)^2} \rangle;$$

Формула для визначення прогину пластини в графі «Прогини» для виду навантаження «Краї пластини вільно оперті, поперечне навантаження рівномірно розподілене за законом трикутника» замінюється наступною:

$$|W| = \left| \frac{q_0 x_1}{180B_{II}(2h+\delta)^2} \times (7a^4 - 10a^2 x_1^2 + 3x_1^4 + 60 \frac{hB_{II}}{G_{core}} (a^2 + x_1^2)) \right|;$$

7. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ТРИШАРОВИХ ПЛАСТИН ПРИ ЦИЛІНДРИЧНОМУ ЗГІНІ ПРИ ДІЇ МІСЦЕВИХ НАВАНТАЖЕНЬ

У тексті першого абзацу друге речення замінюється на таке: «Розглядається циліндричний вигин тришарових пластин (рис. 6) під впливом місцевих навантажень.»;

До формули « $(1 - E_2/E_1) \cdot 100 < 20\%$ при $E_1 > E_2$ » додається експлікація:

«де E_1 і E_2 – модулі нормальної пружності несучого шару в напрямку основного армування (напрямок 0°) і в напрямку 90° до основного армування.»;

Нерівність для умови при розрахунку максимальних нормальних напружень, що діють у верхньому несучому шарі пластини, замінюється наступним:

$$\langle \sqrt[3]{E_{core}/E_{II}} \cdot (2h/\delta) \leq 8,0 \rangle;$$

Нерівність для умови при розрахунку максимальних прогинів пластини замінюється наступним:

$$\langle \sqrt[3]{E_{core}/E_{II}} \cdot (2h/\delta) \leq 1,6 \rangle.$$

Таблиця 7 Формула для визначення прогину пластини в графі «Прогини» для виду навантаження «Пластина навантажена моментом, рівномірно розподіленим по ширині пластини в будь-якому перерізі» замінюється наступною:

$$\langle |W| = M^4 \sqrt[3]{\frac{3}{CE_{II}\delta^3}} \cdot e^{-mx} \sin(mx) \rangle;$$

В експлікації до формули в графі «Напруження» для виду навантаження «Поперечне навантаження рівномірно розподілене в обмеженій області пластини на будь-якій ділянці» вирази для C_{φ}'' і C_{β}''' замінюються наступними:

$$\langle C_{\varphi}'' = -2 \cdot (sh(\varphi) \cdot \cos(\varphi) + ch(\varphi) \cdot \sin(\varphi)).$$

$$C_{\beta}''' = -2 \cdot (sh(\beta) \cdot \cos(\beta) + ch(\beta) \cdot \sin(\beta)).\rangle;$$

В експлікації до формули в графі «Прогини» для виду навантаження «Поперечне навантаження рівномірно розподілене в обмеженій області пластини на будь-якій ділянці» вираз для C_{β}'' замінюється наступним:

$$\langle C_{\beta}'' = -2(sh(\beta) \cdot \cos(\beta) + ch(\beta) \cdot \sin(\beta)).\rangle;$$

Формула для визначення розподіленого навантаження залежно від координати перерізу в загальному тексті в графах «Напруження» і «Прогини» для виду навантаження «Поперечне навантаження, розподілене за законом трикутника, прикладене в обмеженій області пластини на будь-якій ділянці» замінюється наступною:

$$\langle q = q_{max} (x - a)/b \rangle;$$

В експлікації до формули в графі «Напруження» для виду навантаження «Поперечне навантаження, розподілене за законом трикутника, прикладене в обмеженій області пластини на будь-якій ділянці» вирази для C_{φ}''' і $C_{\alpha\beta}'''$ замінюються наступними:

$$\langle C_{\varphi}''' = -2 \cdot (sh(\varphi) \cdot \cos(\varphi) + ch(\varphi) \cdot \sin(\varphi)).\rangle$$

$$C_{\alpha\beta}''' = -2 \cdot (sh(\alpha + \beta) \cdot \cos(\alpha + \beta) + ch(\alpha + \beta) \cdot \sin(\alpha + \beta)).\rangle;$$

В експлікації до формули в графі «Прогини» для виду навантаження «Поперечне навантаження, розподілене за законом трикутника, прикладене в обмеженій області пластини на будь-якій ділянці» вирази для C_{φ}''' і $C_{\alpha\beta}'''$ замінюються наступними:

$$\langle C_{\varphi}''' = -2 \cdot (sh(\varphi) \cdot \cos(\varphi) + ch(\varphi) \cdot \sin(\varphi)).\rangle$$

$$C_{\alpha\beta}''' = -2 \cdot (sh(\alpha + \beta) \cdot \cos(\alpha + \beta) + ch(\alpha + \beta) \cdot \sin(\alpha + \beta)).\rangle.$$

8. НАПРУЖЕНО-ДЕФОРМОВАНИЙ СТАН ТРИШАРОВИХ ПЛАСТИН ПРИ ВИГІНІ

Текст пункту 8.1 замінюється наступним текстом:

«8.1 Краї пластини вільно оперти, поперечне навантаження рівномірно розподілене.

У 8.2 наведено формули для розрахунку максимальних прогинів, максимальних нормальних напружень в несучих шарах і максимальних дотичних напружень в заповнювачі для тришарових пластин симетричної конструкції з ізотропними зовнішніми шарами однакової товщини і трансверсально-ізотропним заповнювачем, у якого площа ізотропії збігається з площиною пластини. Розглядається поперечний вигин тришарових пластин. Навантаження прикладено перпендикулярно до площини пластини.

За цими формулами можна розраховувати також і пластини з ізотропним заповнювачем.

Позначення.

У цьому розділі прийняті наступні позначення:

a – довжина пластини, м;

b – ширина пластини, м;

δ – товщина кожного несучого шару, м;

h – половина товщини заповнювача тришарової пластини;

E_{bl} – модуль нормальної пружності несучих шарів тришарової пластини;

$\nu_{12(bl)}$ – коефіцієнт Пуассона матеріалу несучих шарів тришарової пластини;

E_{core} – модуль нормальної пружності заповнювача в площині ізотропії тришарової пластини;

G_{core} – модуль зсуву заповнювача в площині, нормальній до площини ізотропії тришарової пластини, Па;

ν_{core} – коефіцієнт Пуассона заповнювача тришарової пластини;

p – рівномірно розподілене навантаження, Н/м²;

w – максимальний прогин несучих шарів пластини, м;

σ_x, σ_y – максимальні нормальні напруження в несучих шарах, Па;

τ_{xz}, τ_{yz} – максимальні дотичні напруження в заповнювачі, Па.

Розрахунки за формулами 8.2 можуть виконуватися за таких умов:

$$\frac{G_{core}}{E_{bl}} (1 - \nu_{12}^2(bl)) > 0,005 \text{ при } \frac{2h}{a} \sqrt{1 + \left(\frac{a}{b}\right)^2} \leq 0,3 \text{ и } 0,01 \leq \frac{\delta}{h} \leq 0,5.$$

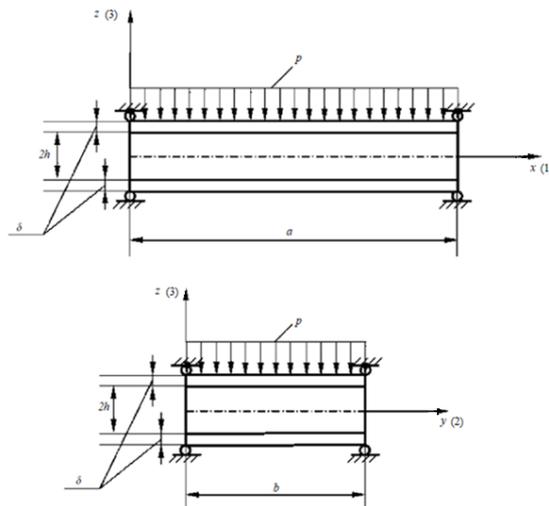


Рис. 8.1 Від навантаження тришарової пластини».

8.2 Текст пункту замінюється наступним текстом:

«8.2 Прогин пластини має максимальне значення при $x = a/2, y = b/2$ і визначається за формулою

$$|W|_{x=a/2, y=b/2} = \frac{8p}{\pi^2 G_{core}} m_1,$$

$$\text{де: } m_1 = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N (-1)^{(m-1)/2} (-1)^{(n-1)/2} \frac{1}{d \cdot m \cdot n \cdot r} (k_1 ch(r_1 h) + \frac{B_{ll} r}{G_{core}} sh(r_1 h));$$

$$B_{ll} = \frac{E_{bl} \delta}{1 - \nu_{12}^2(bl)};$$

$2h$ - товщина заповнювача тришарової пластини;

$$m = 2i + 1, n = 2j + 1, \alpha = m\pi/a, \beta = n\pi/b;$$

$$r^2 = \alpha^2 + \beta^2, r_1 = rk_1;$$

$$k_1 = \sqrt{\frac{E_{core}}{(1 - \nu_{core}^2) G_{core}}};$$

$$d = \left(h + \frac{B_{ll} \delta^2 r^2}{3G_{core}} \right) r_1 ch(r_1 h) - \left(1 - \frac{B_{ll}}{G_{core}} \left(h + \delta + \frac{B_{ll} \delta^2 r^2}{12G_{core}} \right) \right) sh(r_1 h).$$

Нормальні напруження в несучих шарах σ_x і σ_y мають максимальні значення при $x = a/2, y = b/2$ і обчислюються за формулами:

$$|\sigma|_{x=a/2, y=b/2} = \frac{8pE_{bl}}{(1 - \nu_{12}^2(bl)) \pi^2 G_{core}} m_2,$$

$$m_2 = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N (-1)^{\frac{m-1}{2}} (-1)^{\frac{n-1}{2}} \frac{1}{d \cdot m \cdot n \cdot r^2} (\alpha^2 + \nu_{12}(bl) \beta^2) (\delta r_1 ch(r_1 h) + \left(1 + \frac{B_{ll} \delta r^2}{2G_{core}} \right) sh(r_1 h));$$

$$|\sigma_y|_{x=a/2; y=b/2} = \frac{8pE_{bl}}{(1-\nu_{12}^2)\pi^2 G_{core}} m_3,$$

$$m_3 = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N (-1)^{\frac{m-1}{2}} (-1)^{\frac{n-1}{2}} \frac{1}{d \cdot m \cdot n \cdot r^2} (\beta^2 + \nu_{12}(bl)\alpha^2) (\delta r_1 ch(r_1 h) + \left(1 + \frac{B_{ll}\delta r^2}{2G_{core}}\right) sh(r_1 h)).$$

Дотичні напруження в заповнювачі τ_{xz} мають максимальні значення при $x = 0$; a , $y = b/2$; і визначаються за формулою

$$|\tau_{xz}|_{x=0; y=b/2} = \frac{8pB_{ll}}{\pi a G_{core}} m_4,$$

де:

$$m_4 = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N (-1)^{\frac{n-1}{2}} \frac{1}{d \cdot n} (sh(r_1 h) + \frac{r_1}{2} + \frac{r_1 G_{core}}{B_{ll} r^2} (ch(r_1 h) - 1))$$

Дотичні напруження в заповнювачі τ_{yz} мають максимальні значення при $x = 0$, $y = b/2$ і визначаються за формулою

$$|\tau_{yz}|_{x=a/2; y=0; b} = \frac{8pB_{ll}}{\pi b G_{core}} m_5,$$

де:

$$m_5 = \sum_{i=0}^N \sum_{j=0}^N (-1)^{(m-1)/2} \frac{1}{d \cdot m} \cdot \left(sh(r_1 h) + \frac{r_1 \delta}{2} + \frac{r_1 G_{core}}{B_{ll} r^2} (ch(r_1 h) - 1) \right).$$

Н приймається таким чином, щоб різниця між значеннями сусідніх членів числового ряду становила не більше 5 %.

Значення коефіцієнтів m_i , $i = 1, 5$ для тришарових пластин з найбільш раціональними геометричними та фізичними характеристиками $h\delta = 5$ і $\nu_{core} = 0,38 \div 0,4$ наведені на рис.8.2-1 —8.2-15.

Для інших значень $h\delta$ і ν_{core} коефіцієнти m_i , $i = 1, 5$ визначаються за наведеними в цьому розділі формулами.

На рис.8.2-1 —8.2-15 величини γ і η визначаються за такими формулами:

$$\gamma = a/b;$$

$$Pu = \frac{E_{bl}}{E_{core}}, \gg$$

Рис. 8.2-1 До осі m_1 додається розмірність «м»;

Підпис під малюнком замінюється на: «Примітка: У кружечках позначені значення товщини δ несучого шару тришарової пластини

Рис. 8.2-1 Значення коефіцієнта m_1 при $\eta = 100$ для тришарових пластин довжиною a , мм».

Рис. 8.2-2 До осі m_1 додається розмірність «м»;

Підпис під малюнком замінюється наступним текстом:

«Примітка: У кружечках позначені значення товщини δ несучого шару тришарової пластини

Рис. 8.2-2 Значення коефіцієнта m_1 при $\eta = 400$ для тришарових пластин довжиною a , мм».

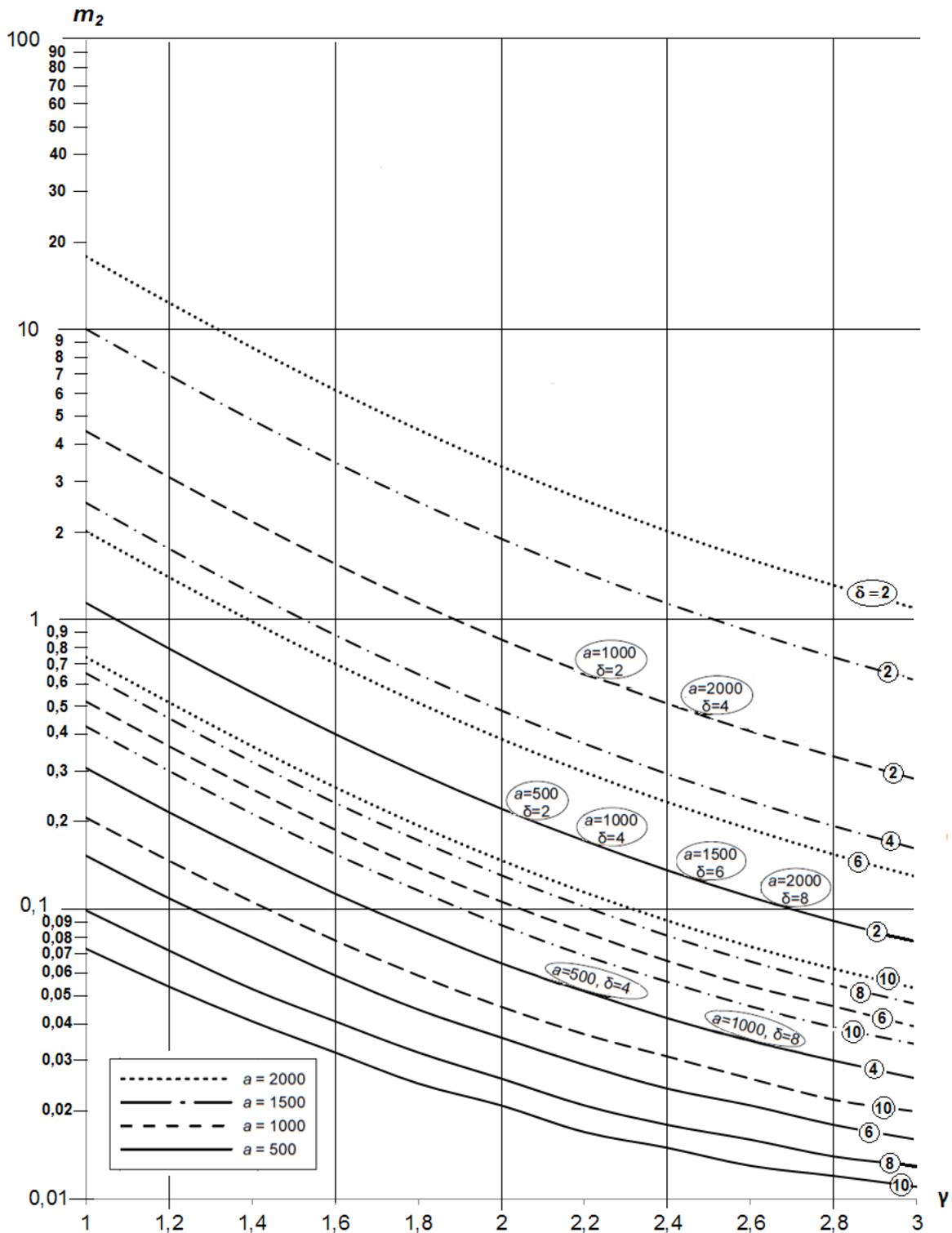
Рис. 8.2-3 До осі m_1 додається розмірність «м»;

Підпис під малюнком замінюється наступним текстом:

«Примітка: У кружечках позначені значення товщини δ несучого шару тришарової пластини

Рис. 8.2-3 Значення коефіцієнта m_1 при $\eta = 800$ для тришарових пластин довжиною a , мм».

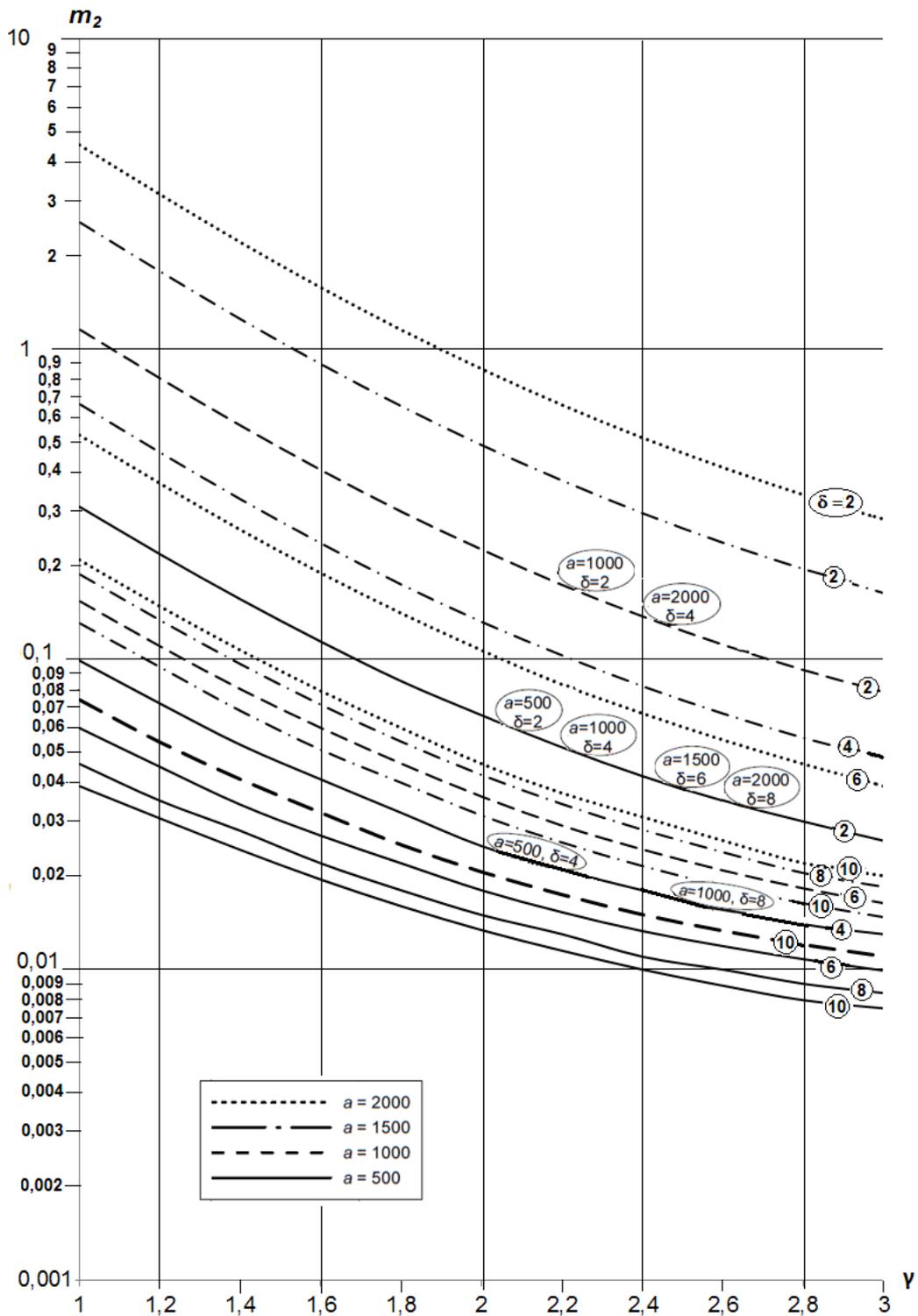
Рис. 8.2-4 замінюється наступним:



У кружках позначені значення товщини δ , мм, несучого шару тришарової пластини.
 В овалах позначені значення геометричних характеристик тришарових пластин, для яких
 графіки коефіцієнта m_2 при різних поєднаннях a і δ збігаються

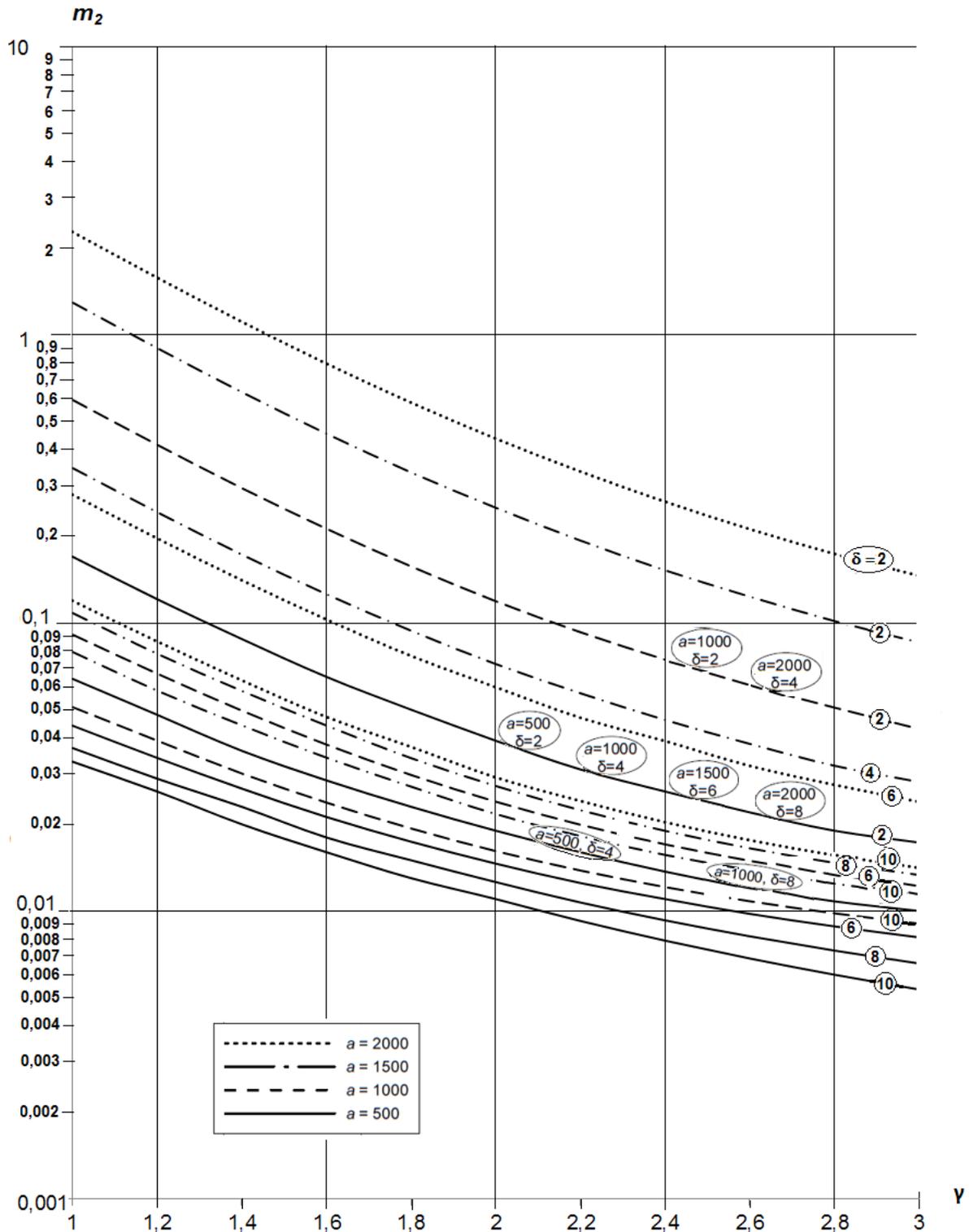
Рис. 8.2-4 Значення коефіцієнта m_2 при $\eta = 100$ для тришарових пластин довжиною a , мм».

Рис. 8.2-5 замінюється наступним:



У кружках позначені значення товщини δ , мм, несучого шару тришарової пластини.
 В овалах позначені значення геометричних характеристик тришарових пластин, для яких графіки коефіцієнта m_2 при різних поєднаннях a і δ збігаються

Рис. 8.2-5 Значення коефіцієнта m_2 при $\eta = 400$ для тришарових пластин довжиною a , мм».
 Рис. 8.2-6 замінюється наступним:



У кружках позначені значення товщини δ , мм, несучого шару тришарової пластини.
В овалах позначені значення геометричних характеристик тришарових пластин, для яких графіки коефіцієнта m_2 при різних поєднаннях a і δ збігаються

Рис. 8.2-6 Значення коефіцієнта m_2 при $\eta = 800$ для тришарових пластин довжиною a , мм».

Рис. 8.2-7 Підпис під рисунком замінюється наступним текстом:

«У кружках позначені значення товщини δ , мм несучого шару тришарової пластини.
В овалах позначені значення геометричних характеристик тришарових пластин, для яких графіки коефіцієнта m_3 при різних поєднаннях a і δ збігаються

Рис. 8.2-7 Значення коефіцієнта m_3 при $\eta = 100$ для тришарових пластин довжиною a , мм».

Рис. 8.2-8 Підпис під рисунком замінюється наступним текстом:

«У кружках позначені значення товщини δ , мм, несучого шару тришарової пластини.

В овалах позначені значення геометричних характеристик тришарових пластин, для яких графіки коефіцієнта t_3 при різних поєднаннях a і δ збігаються

Рис. 8.2-8 Значення коефіцієнта t_3 при $\eta = 400$ для тришарових пластин довжиною a , мм.».

Рис. 8.2-9 Підпис під рисунком замінюється наступним текстом:

*«У кружках позначені значення товщини δ , мм, несучого шару тришарової пластини.
В овалах позначені значення геометричних характеристик тришарових пластин, для яких графіки коефіцієнта t_3 при різних поєднаннях a і δ збігаються*

Рис. 8.2-9 Значення коефіцієнта t_3 при $\eta = 800$ для тришарових пластин довжиною a , мм.».

Рис. 8.2-10 Підпис під рисунком замінюється наступним текстом:

*«У кружках позначені значення товщини δ , мм, несучого шару тришарової пластини.
В овалах позначені значення геометричних характеристик тришарових пластин, для яких графіки коефіцієнта t_4 при різних поєднаннях a і δ збігаються*

Рис. 8.2-10 Значення коефіцієнта t_4 при $\eta = 100$ для тришарових пластин довжиною a , мм.».

Рис. 8.2-11 Підпис під рисунком замінюється наступним текстом:

*«У кружках позначені значення товщини δ , мм, несучого шару тришарової пластини.
В овалах позначені значення геометричних характеристик тришарових пластин, для яких графіки коефіцієнта t_4 при різних поєднаннях a і δ збігаються*

Рис. 8.2-11 Значення коефіцієнта t_4 при $\eta = 400$ для тришарових пластин довжиною a , мм.».

Рис. 8.2-12 Підпис під рисунком замінюється наступним текстом:

*«У кружках позначено значення товщини δ , мм, несучого шару тришарової пластини.
В овалах позначені значення геометричних характеристик тришарових пластин, для яких графіки коефіцієнта t_4 при різних поєднаннях a і δ збігаються*

Рис. 8.2-12 Значення коефіцієнта t_4 при $\eta = 800$ для тришарових пластин довжиною a , мм.».

Рис. 8.2-13 Підпис під рисунком замінюється наступним текстом::

*«У кружках позначені значення товщини δ , мм, несучого шару тришарової пластини.
В овалах позначені значення геометричних характеристик тришарових пластин, для яких графіки коефіцієнта t_5 при різних поєднаннях a і δ збігаються*

Рис. 8.2-13 Значення коефіцієнта t_5 при $\eta = 100$ для тришарових пластин довжиною a , мм.».

Рис. 8.2-14 Підпис під малюнком замінюється наступним текстом:

*«У кружках позначені значення товщини δ , мм, несучого шару тришарової пластини.
В овалах позначені значення геометричних характеристик тришарових пластин, для яких графіки коефіцієнта t_5 при різних поєднаннях a і δ збігаються*

Рис. 8.2.14 Значення коефіцієнта t_5 при $\eta = 400$ для тришарових пластин довжиною a , мм.».

Рис. 8.2-15 Підпис під рисунком замінюється наступним текстом:

*«У кружках позначені значення товщини δ , мм, несучого шару тришарової пластини.
В овалах позначені значення геометричних характеристик тришарових пластин, для яких графіки коефіцієнта t_5 при різних поєднаннях a і δ збігаються*

Рис. 8.2-15 Значення коефіцієнта t_5 при $\eta = 800$ для тришарових пластин довжиною a , мм.».

Пункт 8.3 замінюється наступним текстом:

«8.3 Краї пластини жорстко закріплені на опорному контурі.

У 8.4 наведено формули для розрахунку максимальних прогинів і максимальних нормальних напружень у несучих шарах для тришарових пластин симетричної конструкції з ізотропними зовнішніми шарами однакової товщини. Розглядається поперечний вигин тришарових пластин. Навантаження прикладено перпендикулярно до площини пластини.

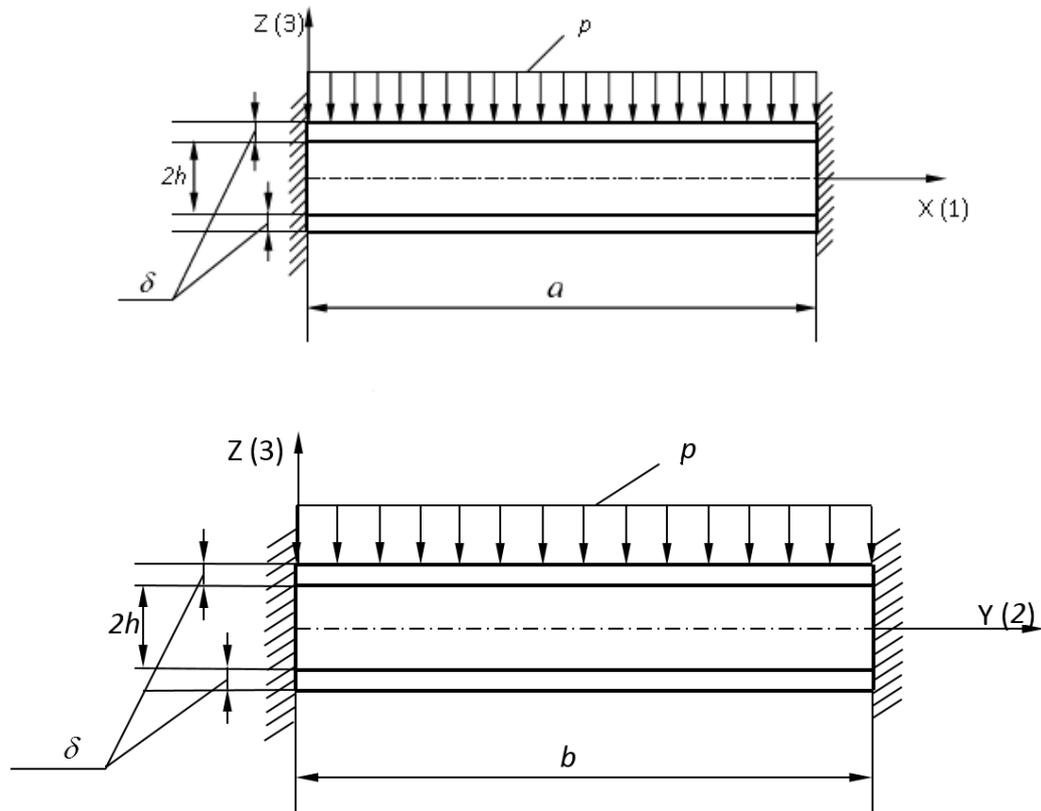


Рис. 8.3 Вид навантаження тришарової пластини».

Вводиться новий пункт **8.4** наступного змісту:

«**8.4** Прогин пластини має максимальне значення при $x = a/2$, $y = b/2$ і визначається за формулою:

$$|W|_{x=a/2, y=b/2} = \frac{pb^2}{10^3(2h+\delta)} \left[\frac{m_1 b^2}{E_{bl}\delta(2h+\delta)} + \frac{\bar{m}_1}{G_{core}} \right],$$

де: a - довжина тришарової пластини, м;

b - ширина тришарової пластини, м;

$2h$ - товщина заповнювача тришарової пластини, м; Введіть тут рівняння.

δ - товщина несучого шару тришарової пластини, м;

p - рівномірно розподілене навантаження, Па;

E_{bl} - модуль нормальної пружності несучих шарів тришарової пластини, Па;

G_{core} - модуль зсуву заповнювача тришарової пластини;

$\nu = \nu_{12(b)}$ - коефіцієнт Пуассона матеріалу несучих шарів тришарової пластини;

m_1, \bar{m}_1 - коефіцієнти.

Значення коефіцієнта m_1 залежно від коефіцієнта Пуассона ν несучих шарів тришарової пластини і відношення сторін пластини $\gamma = a/2$ наведено на рис. 8.4-1.

Значення коефіцієнта \bar{m}_1 залежності від відношення сторін пластини $\gamma = a/b$ наведені на рис. 8.4-2.

Нормальні напруження σ_x , Па, мають максимальні значення при $x = 0$, $a, y = b/2$ і визначаються за формулою

$$|\sigma_x|_{x=0; a, y=b/2} = p \frac{b^2}{\delta^2} \cdot \frac{1+h/\delta}{\delta^2(1+2h/b)^2} m_2,$$

де m_2 - коефіцієнт.

Нормальні напруження σ_y мають максимальні значення при $x = a/2, y = 0; b$ і визначаються за формулою

$$|\sigma_y|_{x=a/2, y=0; b} = p \frac{b^2}{\delta^2} \cdot \frac{1+h/b}{(1+2h/b)^2} m_3,$$

де m_3 – коефіцієнт.

Значення коефіцієнтів m_2 і m_3 залежно від коефіцієнта Пуассона ν і відношення сторін пластини $\gamma = a/b$ наведені на рис. 8.3-4 і 8.3-5 відповідно.

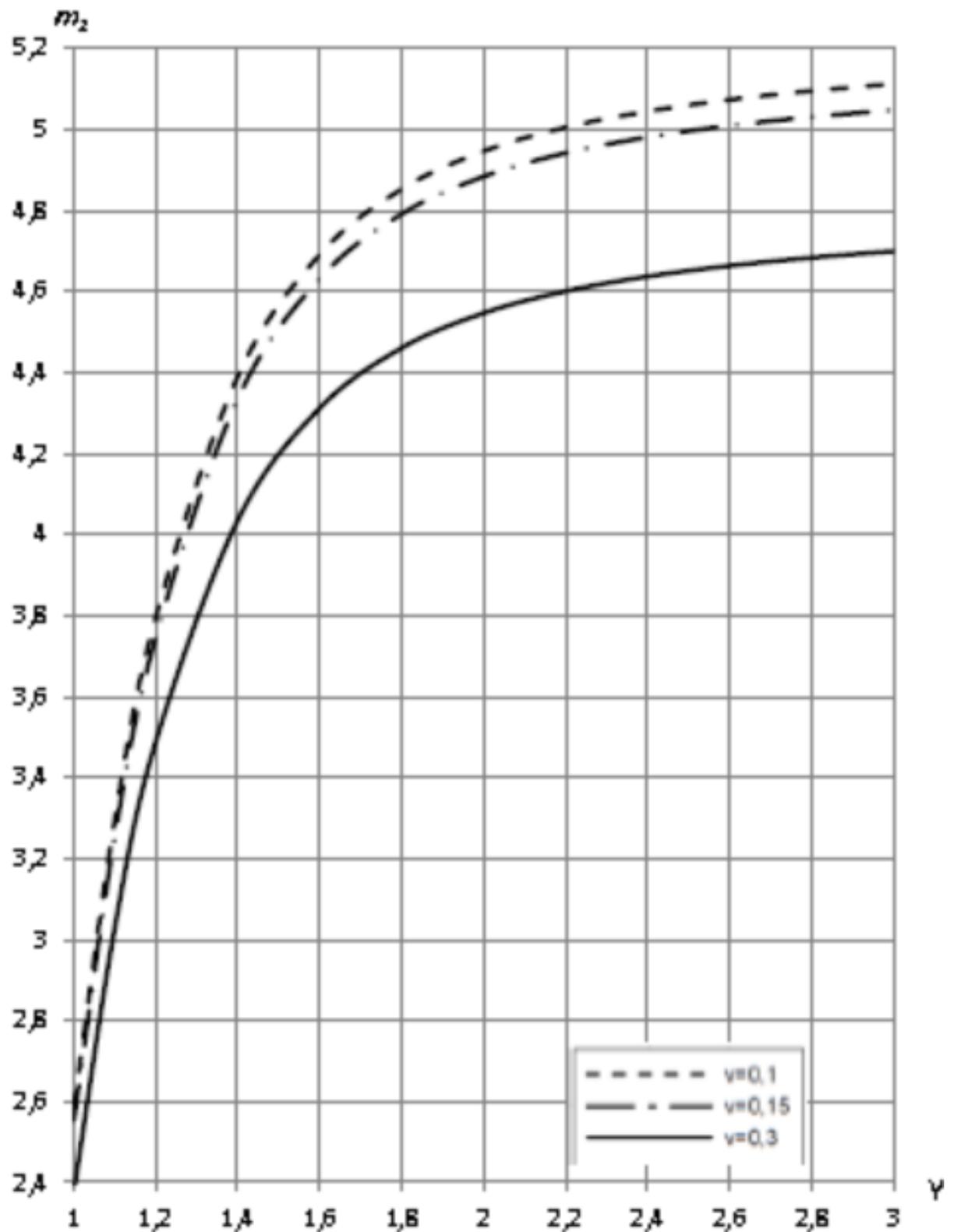
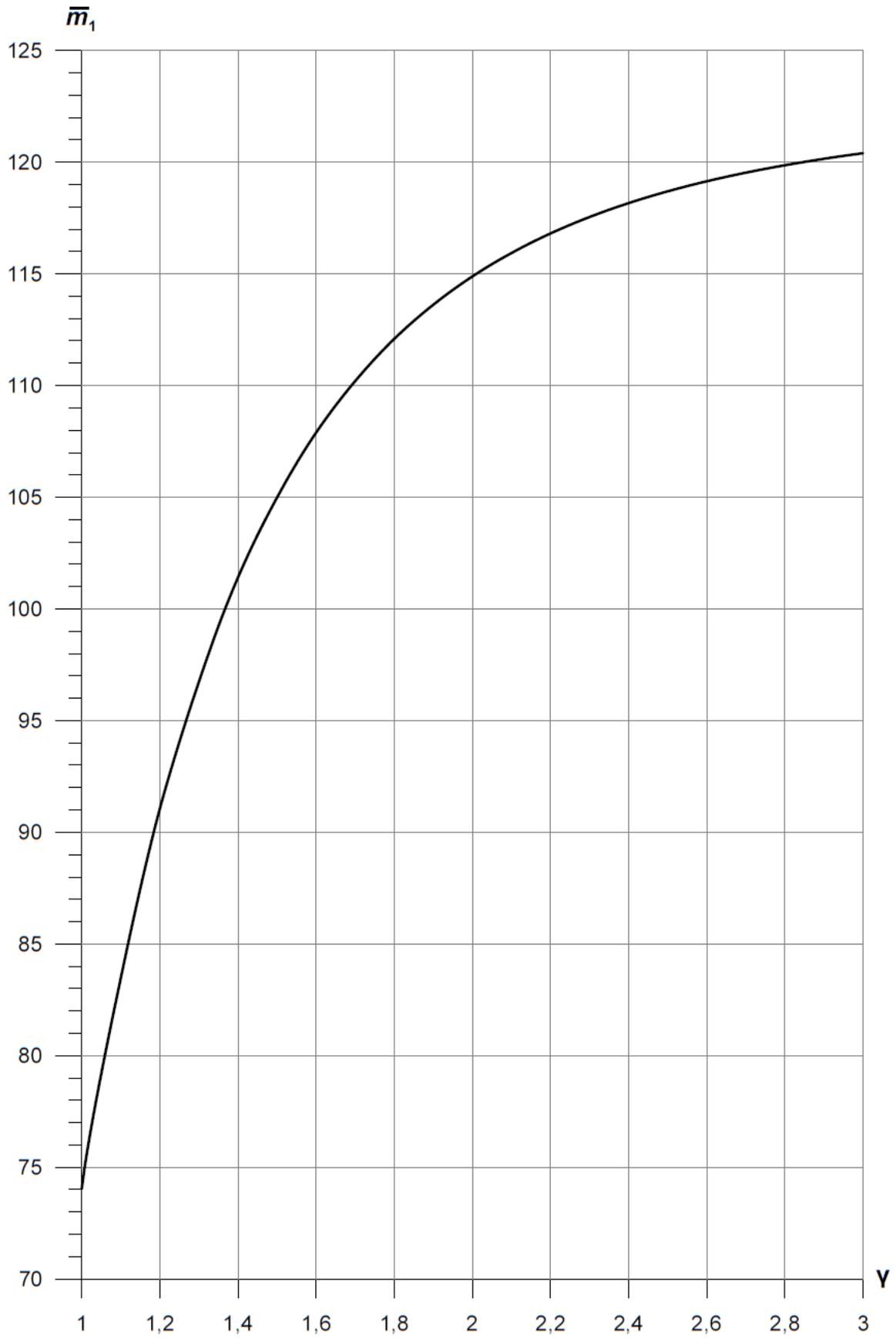
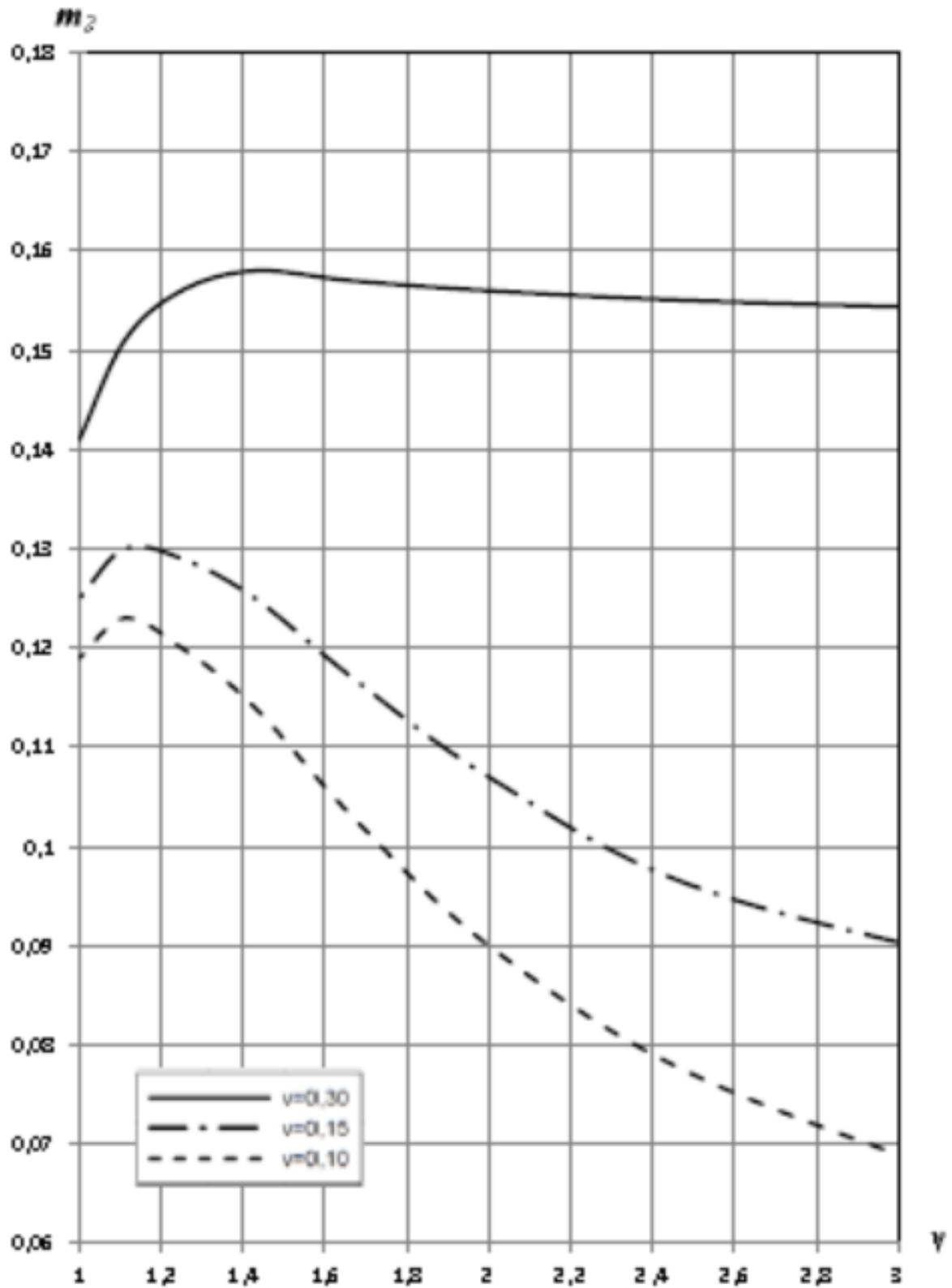
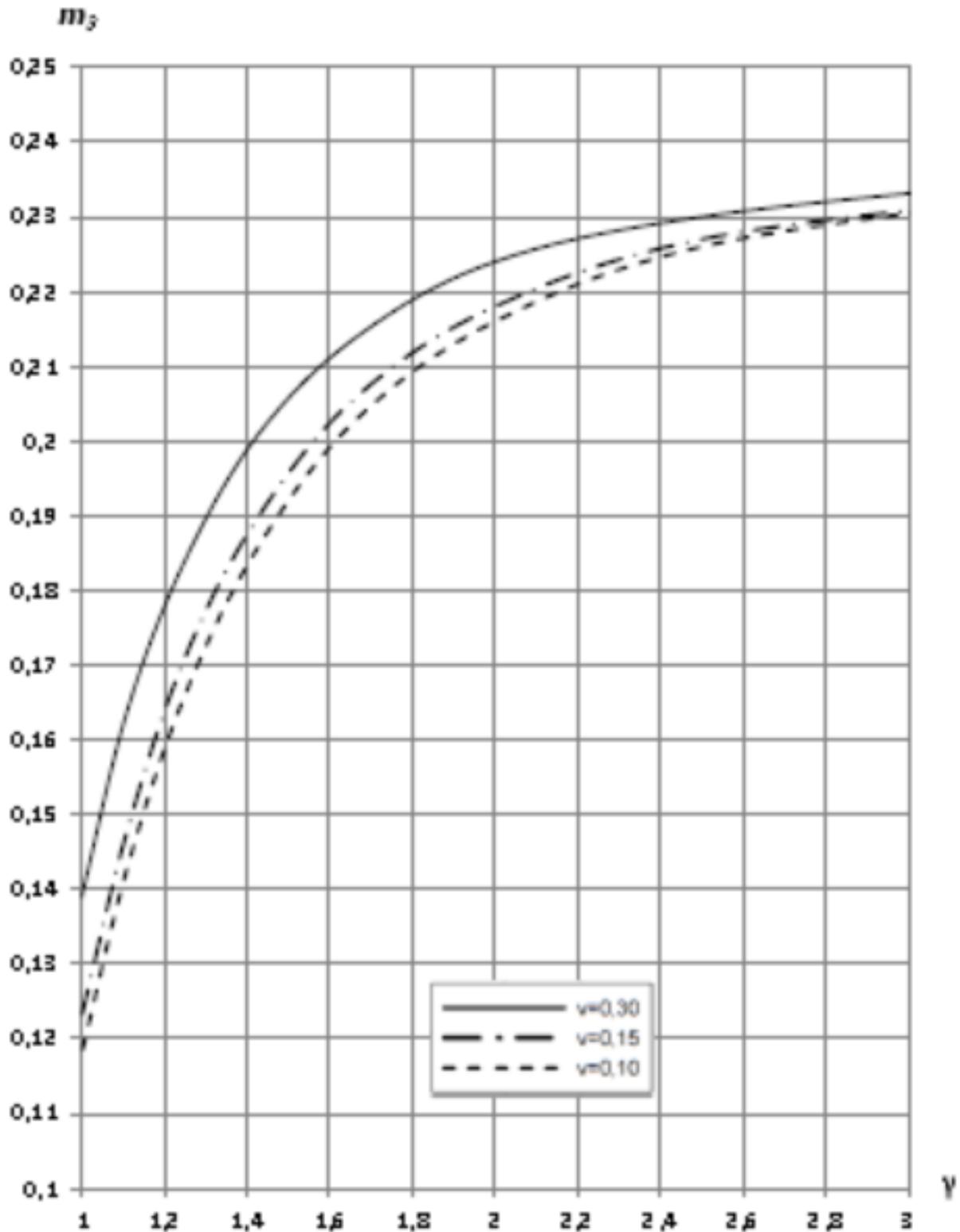


Рис. 8.3-2 Значення коефіцієнта m_1

Рис. 8.3-3 Значення коефіцієнта \bar{m}_1

Рис. 8.3-4 Значення коефіцієнта m_2

Рис. 8.3-5 Значення коефіцієнта m_3 .

9. СТІЙКІСТЬ ТРИШАРОВИХ ПЛАСТИН

Преамбула до розділу 9 замінюється наступним текстом:

«9.1 Методика проведення розрахунків, наведена в цьому розділі, призначена для розрахунку стійкості тришарових пластин з ізотропним заповнювачем. Методика дозволяє визначати критичне навантаження при односторонньому рівномірному стисканні при різному закріпленні кромки.

В рамках даної методики розрахунків розглядаються прямокутні пластини, що мають симетричну будову по товщині $\delta_1 = \delta_2 = \delta$. При цьому несучі шари і заповнювач є ізотропними матеріалами, тобто для несучих шарів і заповнювача виконуються наступні умови відповідно:

$$E_{i(bl1)} = E_{i(bl2)} = E_{bl}; \nu_{ij(bl1)} = \nu_{ij(bl2)} = \nu_{12(bl)};$$

$$E_{i(core)} = E_{core}; G_{ij(core)} = G_{core}; \nu_{ij(core)} = \nu_{core}/$$

Дана методика так само може бути використана для розрахунку напружено-деформованого стану тришарових пластин з ортотропними несучими шарами, якщо $E_{1(bl)} > E_{2bl}$ і $(1 - E_{2bl}/E_{1bl}) \cdot 100\% < 20\%$, а для геометричних і пружних характеристик пластини виконуються такі умови:

$$0,01 \leq \frac{G_{core}}{E_{1bl}} \leq 0,1; 0,01 \leq \frac{\delta}{h} \leq 0,25; \frac{2h}{a} \sqrt{1 + (a/b)^2} \leq 0,3/$$

$$0,01 \leq G^{core}/E_p^{II} \leq 0,1; 0,01 \leq \delta/h \leq 0,25;$$

В такому випадку заповнювач сприймає тільки поперечне навантаження. Зближення шарів також відсутнє.»

Номери пунктів 9.1, 9.2 замінюються на 9.2 та 9.3 відповідно.

Нумерація рисунка 9.1 замінюється на 9.2.

Рис. 9.2 (перенумерований) замінюється наступним:

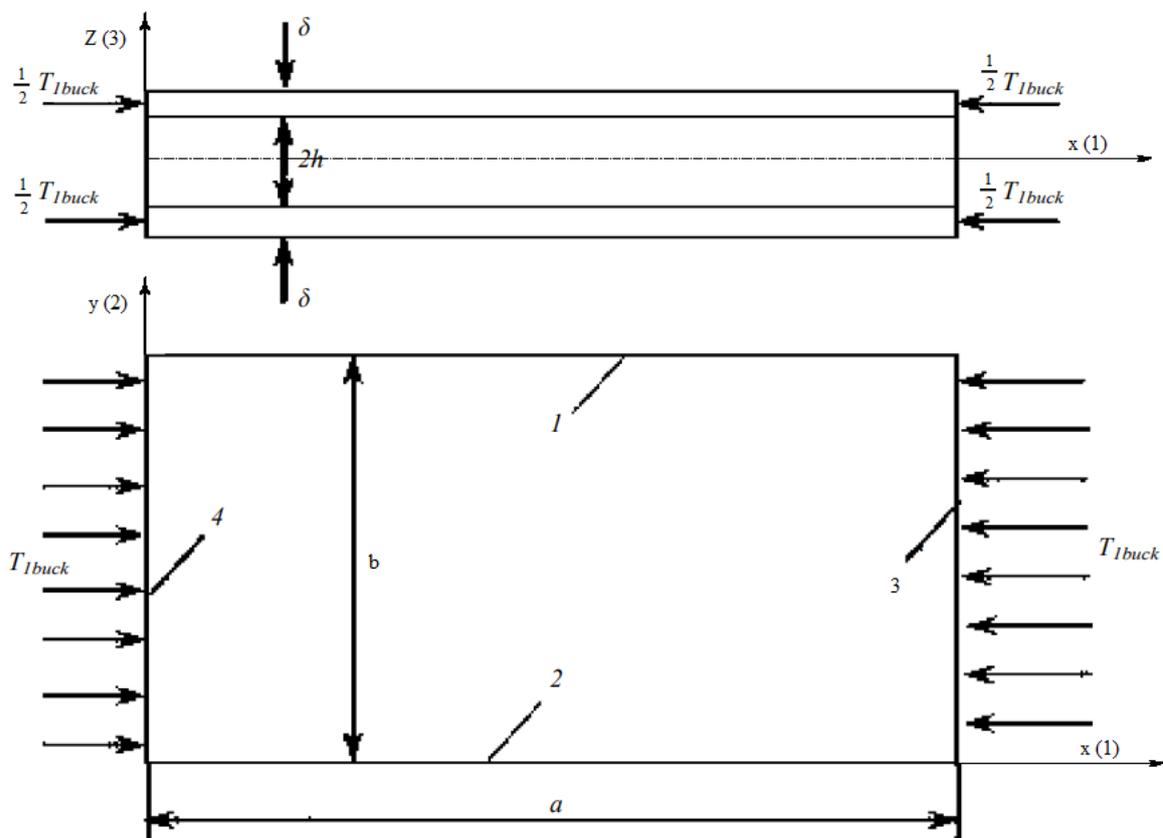


Рис. 9.2 Вид навантаження прямокутної тришарової пластини».

Пункт 9.3 (перенумерований) замінюється наступним текстом:

«9.3 Критичне навантаження T_{1buck} визначається за формулою

$$T_{1buck} = m_t \frac{\pi^2 D}{b^2},$$

де:

$$D = 2D_1 + D_{core} + 2B_1(h + \frac{\delta}{2})^2;$$

$$D_1 = \frac{E_{bl}\delta^3}{12(1-\nu_{12}^2(bl))};$$

$$B_1 = \frac{E_{bl}\delta}{1-\nu_{12}^2(bl)};$$

$$D_{core} = \frac{2E_{core}h^3}{3(1-\nu_{core}^2)};$$

E_{bl} – модуль нормальної пружності несучих шарів уздовж довгої сторони тришарової пластини, Па;

E_{core} – модуль нормальної пружності заповнювача тришарової пластини, Па;

$\nu_{12(bl)}$ – коефіцієнт Пуассона матеріалу в площині несучих шарів тришарової пластини;

ν_{core} – коефіцієнт Пуассона матеріалу заповнювача тришарової пластини.

При $h/\delta = 5$ критичне навантаження визначається за формулою

$$T_{1buck} = m_t m_m \frac{\pi^2 E_{core} \delta^3}{b^2},$$

$$\text{де } m_m = \frac{2}{3} \left[\frac{91\eta}{(1-\nu_{12(bl)}^2)} + \frac{125}{(1-\nu_{core}^2)} \right], \quad \eta = \frac{E_{bl}}{E_{core}}.$$

Значення коефіцієнта m_m при $\nu_{12(bl)} = 0,1 \div 0,2$ і $\nu_{core} = 0,3 \div 0,4$ визначаються за графіком, наведеним на рис. 9.3-1.

Значення коефіцієнта m_t визначаються за графіками залежно від умов обпирання (див. рис. 9.3-2 – 9.3-5), а жорсткісні характеристики визначаються за формулами, наведеними в даному розділі.

Значення коефіцієнта k для рис. 9.3-2 ÷ 9.3-5 визначається за такою формулою:

$$k = \frac{\pi^2 B_0 h}{G_{core} b^2},$$

$$\text{де } B_0 = 2B_1 + \frac{B_{core}}{3},$$

$$B_{core} = \frac{2E_{core}h}{1-\nu_{core}^2};$$

G_{core} – модуль зсуву заповнювача тришарової пластини, Па.».

Нумерація рисунків 9.2-1 ÷ 9.2-5, а також посилання на них замінюються на 9.3-1 ÷ 9.3-5 відповідно.

Рисунок 9.3-1 (перенумерований) замінюється наступним:

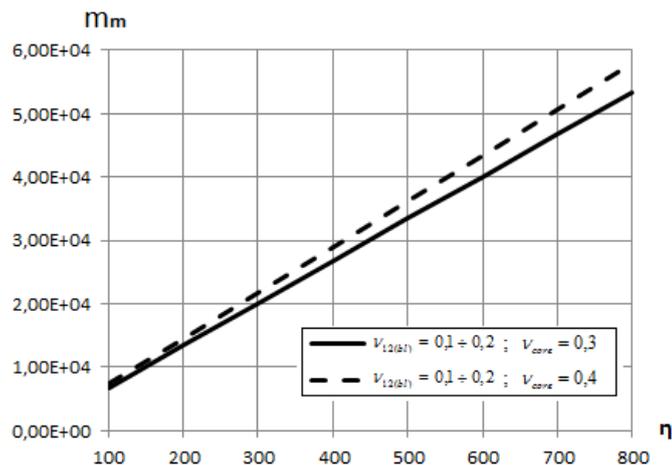


Рис. 9.3-1 Графік залежності коефіцієнта m_m від відношення модулів η ($\nu_{12(bl)} = 0,1 \div 0,2$ і $\nu_{core} = 0,3 \div 0,4$.)».

Регістр судноплавства України

**ПРАВИЛА
КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ МОРСЬКИХ
СУДЕН**

Бюлетень змін і доповнень №6

Розробники: *Бабій О.В., Іванов М.Л.*

Регістр судноплавства України
04070, Київ, вул. Петра Сагайдачного, 10