РЕГІСТР СУДНОПЛАВСТВА УКРАЇНИ

ПРАВИЛА
КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ МОРСЬКИХ СУДЕН

ЧАСТИНА XIV
ЗВАРЮВАННЯ

Київ 2026

Регістр судноплавства України.
Правила класифікації та побудови морських суден.

Це видання Правил класифікації та побудови морських суден 2026 року підготовлене на основі їх четвертого видання 2020р., з врахуванням змін і доповнень, включених у Бюлетені змін і доповнень №1 (2020р.), №3 (2022р.), №4 (2024р.), №5 (2025р.), № 6 (2025) та врахуванням змін до застосовних міжнародних конвенцій та кодексів, прийнятих відповідними резолюціями Морською міжнародною організацією (ІМО), уніфікованих вимог і рекомендацій Міжнародної асоціації класифікаційних товариств (МАКТ) і змін до застосовних резолюцій Європейської економічної комісії ООН і директив Європейського Парламенту та Ради, змін і доповнень, прийнятих за результатами аналізу Правил інших Класифікаційних товариств, а також з досвіду їх застосування.

Перелік частин, що увійшли до цих Правил:

Частина II Корпус
Частина III Пристрої, обладнання і забезпечення
Частина IV Остійність.
Частина V Поділ на відсіки
Частина VI Протипожежний захист
Частина VII Механічні установки
Частина VIII Системи і трубопроводи
Частина IX Механізми
Частина X Котли, теплообмінні апарати і посудині під тиском
Частина XI Електричне обладнання
Частина XII Холодильні установки
Частина XIII Матеріали
Частина XIV Зварювання
Частина XV Автоматизація
Частина XVI Конструкція та міцність корпусів суден із полімерних композиційних матеріалів

Правила класифікації та побудови морських суден Регістра судноплавства України затверджені згідно з діючим положенням і вступають в силу з 01.09.2026 року.

Правила публікуються в електронному виді у форматі PDF на офіційному сайті Регістру судноплавства України по частинам українською та англійською мовами. У разі розбіжностей між текстами українською та англійською мовами та сумнівів щодо тлумачення Правил текст українською мовою переважатиме.

Офіційнен видання
Регістр судноплавства України

© Регістр судноплавства України, 2026

ЗМІСТ:

ЗМІНИ: 5

ЧАСТИНА XIV. ЗВАРЮВАННЯ

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 Область поширення 9
1.2 Визначення і пояснення 9
1.3 Загальні вимоги 10
1.4 Обсяг технічного нагляду 10
1.5 Технічна документація 10

2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ДО ЗВАРЮВАННЯ

2.1 Загальні положення 11
2.2 Зварювання корпусів суден і суднового обладнання 13
2.3 Зварювання виробів суднового машинобудування 18
2.4 Зварювання суднових парових котлів і посудин, які працюють під тиском 19
2.5 Звпарювання суднових трубопроводів 20
2.6 Зварювання виливків і поковок 20
2.7 Зварювання чавуну 20
2.8 Зварювання плакованої сталі 21
2.9 Паяння твердим припоєм 21
2.10 Зварювання алюмінію і його сплавів 21
2.11 Зварювання міді та її сплавів, важких металів та інших незалізних металів 23
2.12 Зварювання сталі високо\ міцності 23
2.13 Зварювання титану та його сплавів 24
2.14 Зварювання конструкцій, виготовлених з термопластиків 27

3. КОНТРОЛЬ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

3.1 Загальні положення 57
3.2 Вимоги щодо проведення і основних параметрів неруйнівного контролю зварних з'єднань 65
3.3 Обсяг неруйнівного контролю 87
3.4 Оцінка якості зварних з'єднань сталевих корпусних конструкцій 91
3.5 Оцінка якості швів зварних з'єднань корпусних конструкцій із алюмінієвих сплавів 103

4. ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

4.1 Загальні положення 113
4.2 Загальні вимоги до зварювання проб і проведення випробувань 119
4.3 Покриті електроди для ручного дугового зварювання суднобудівних сталей нормальної і підвищеної міцності 126
4.4 Комбінація «дріт – флюс» для дугового зварювання під шаром флюсу 134
4.5 Зварювальний дріт і комбінація «дріт – газ» для дугового зварювання в середовищі захисних газів 142
4.7 Зварювальні матеріали для зварювання сталей високої міцності 154
4.8 Зварювальні матеріали для зварювання корозійно-стікої (нержавеючої) сталі і наплавлення . 158
4.9 Зварювальні матеріали для зварювання алюмінієвих сплавів 173
4.10 Зварювальні матеріали для зварювання титанових сплавів 176

5. ДОПУСК ЗВАРЮВАЛЬНИКІВ 181

6. СХВАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ І ВИРОБІВ 182

7. СХВАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ 183

8. СХВАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ 184

9. СХВАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ МІДІ ТА МІДНИХ СПЛАВІВ 185

ДОДАТОК 1

Журнал зварювання вентилятором гарячого газового теплоносія або зварювання гарячим газовим теплоносієм методом протягування..... 186

ДОДАТОК 2

Журнал екструзійного зварювання гарячим теплоносієм..... 187

ЗМІНИ:

Ця частина Правил класифікації та побудови морських суден 2026 року, порівняно з їх виданням 2020 року з внесеними в них бюлетенями змінами та доповненнями, містять нижчезазначені зміни та доповнення:

Розділи\підрозділи\ пункти, що змінюються	Інформація про зміни	Підстава для внесення змін	Примітки
Розділ 1			
1.2.1	Текст доповнений новими визначеннями *Зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП), Погонна енергія*	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
1.5.3	Підрозділ доповнений новим пунктом з вимогами до умовних позначень зварних з'єднань на кресленнях згідно ДСТУ ISO 2553	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
Розділ 2			
2.1.4.2	Текст доповнений вимогами щодо попереднього підігріву кромок перед зварюванням та новою таблицею 2.1.4.2	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.1.7	Уточнені вимоги щодо обробки кромок перед зварюванням згідно ДСТУ EN ISO 9692-1	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.1.12	Зміни редакційного характеру	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.14	Розділ доповнюється новим підрозділом 2.14 «Зварювання конструкцій, виготовлених з термопластиків»	Доопрацювання Правил	
2.2.4	Зміни редакційного характеру		
2.2.4.9	Додано новій пункт з вимогами до категорії зварювальних матеріалів для зварювання сталей підвищеної міцності	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.2.5.1	Відкориговані обмеження щодо області застосування марки зварювального матеріалу для зварювання сталі високої міцності згідно УВ МАКТ W23 Rev. 2 Corr.1	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.2.5.2, 2.2.5.4	Зміни редакційного характеру	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.2.5.8, 2.2.5.9	Вимоги щодо зварювання сталей високої міцності зі сталями нормальної або підвищеної міцності приведено у відповідність до УВ МАКТ W23 Rev.2 Corr.2	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.2.7	Таблиці 2.2.7-1 і 2.2.7-2 приведені у відповідність до ДСТУ EN 15614-2	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.8.1	Уточнені вимоги щодо зварювання плакованої сталі	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.10.1	Уточнено перелік процесів зварювання алюмінію і його сплавів	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.10.2	Зміни редакційного характеру	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.10.10	Підрозділ доповнюється новим пунктом з вимогами до застосування зварювання тертям з перемішуванням згідно ДСТУ EN ISO 25239	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.12.6, 2.12.7	Підрозділ доповнюється новими пунктами з вимогами до зварювання сталі категорії YH47згідно УВ МАКТ W31 Rev.2 Dec 2019	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.13.6	Зміни редакційного характеру	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.14	Додано новий підрозділ з вимогами до зварювання конструкцій, виготовлених з термопластиків	Бюлетень № 6 змін і доповнень	

2.15	Додано новий підрозділ з вимогами до зварювання конструкцій під водою або із зворотної сторони яких знаходиться вода	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
2.16	Додано новий підрозділ з вимогами до лазерного і гібридного лазерно- дугового зварювання	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
Розділ 3			
3.1.1.1	Текст доповнюється вдосконаленими методами (ADNT) контролю зварних з'єднань згідно УВ МАКТ W33 Dec 2019 +Rev.1 May 2020, УВ МАКТ W34 Dec 2019	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.1.1.2	Зміни редакційного характеру, УВ МАКТ W34 Dec 2019	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.1.1.3	Підрозділ доповнюється новою таблицею, УВ МАКТ W34 Dec 2019)	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.1.2.1	Зміни редакційного характеру	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.1.2.2.1, 3.1.2.2, 3.1.2.2.2, 3.1.2.2.3	Уточнені вимоги до кваліфікації персоналу, який виконує неруйнівний контроль, УВ МАКТ W33 Dec 2019 + Rev.1 May 2020, УВ МАКТ, УВ МАКТ W34 Dec 2019	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.1.3.1	Уточнені вимоги щодо обсягу неруйнівного контролю згідно УВ МАКТ W33 Dec 2019 + Rev.1 May 2020, УВ МАКТ W34 Dec 2020	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.1.3.3	Уточнена відповідальність підприємств за забезпечення процедур контролю згідно УВ МАКТ W33 Dec 2019 + Rev. 1 May 2020	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.1.3.4	Уточнені вимоги до проведення повторного контролю згідно УВ МАКТ W33 Dec 2019 + Rev. 1 May 2020	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.1.5.1	Уточнені вимоги щодо якості поверхонь при проведенні неруйнівного контролю, приймального та дублюючого контролю згідно УВ МАКТ W33 Dec 2019 + Rev. 1 May 2020	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.1.5.2	Зміни редакційного порядку, УВ МАКТ W33 Dec 2019 + Rev. 1 May 2020	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.2.1.1	Уточнені посилання на стандарти візуального та вимірювального контролю, УВ МАКТ W33 Dec 2019 + Rev. 1 May 2020	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.2.1.2, 3.2.1.5, 3.2.1.8	Зміни редакційного характеру	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.2.2.4	Уточнені вимоги до температури контрольованих поверхонь згідно УВ МАКТ W34 Dec 2019	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.2.4.1	Уточнені вимоги до стану контрольованих поверхонь при проведенні радіографічного контролю згідно УВ МАКТ W34 Dec 2019	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.2.4.13, 3.2.4.13.1, 3.2.4.13.2	Зміни редакційного характеру, УВ МАКТ W34 Dec 2019	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.2.4.13.4	Додано новий пункт і таблиця щодо інформації до радіографічного контролю з застосуванням цифрових детекторів, УВ МАКТ W34 Dec 2019	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.2.4.13.5	Додано новий пункт щодо вибору рівня контролю для цифрової радіографії, УВ МАКТ W34 Dec 2019	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.2.5.6	Зміни редакційного характеру	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.2.5.20	Додано новий пункт з вимогами до ультразвукового контролю з застосуванням фазованої решітки згідно УВ МАКТ W34 Dec 2019	Бюлетень № 6 змін і доповнень	

3.2.5.21	Додано новий пункт з вимогами до контролю діфракційно-часовим методом згідно УВ МАКТ W34 Dec 2019	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.2.6.5	Текст доповнюється додатковими вимогами до звіту, УВ МАКТ W33 Dec 2019 + Rev.1 May 2020	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.2.6.7	Доповнено новим пунктом з додатковими вимогами до звітних даних щодо виправлення дефектів зварних з'єднань, УВ МАКТ W33 Dec 2019 + Rev.1 May 2020	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.2.7 – 3.2.11	Підрозділ доповнений новими пунктами щодо вимог до проведення контролю вдосконаленими методами (ANDT), УВ МАКТ W33 Dec 2019 + Rev.1 May 2020	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
3.3.1	До тексту внесені зміни згідно УВ МАКТ W33 Dec 2019 + Rev. 1 May 2020	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
3.3.2	Новий пункт, що містить вимоги до неруйнівного контролю елементів конструкцій верхньої палуби контейнеровозів з урахуванням УВ МАКТ W33 (Rev.2 Dec 2019 I Rev.3 Feb 2020)	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
3.3.3	Таблиця 3.3.3 доповнена обсягами контролю кутових (з фланцями) з'єднань	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
3.3.5	Зміни редакційного характеру	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
3.3.8	Додано новий пункт щодо аналізу якості зварних з'єднань, УВ МАКТ W33 Dec 2010 + Rev. 1 May 2020	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
3.3.10	Додано новий пункт з вимогами щодо неруйнівного контролю швів зварних з'єднань конструкцій з алюмінієвих сплавів, отриманих процесом зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП)	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
3.4.1.3	Текст доповнюється уточненням рівня якості зварних з'єднань металоконструкцій, деталей та механізмів вантажопідіймальних пристроїв згідно ДСТУ EN ISO 5817	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
3.4.2, 3.4.5.3	Зміни редакційного характеру	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
3.4.6.3	Існуючий номер пункту 3.4.6.3 замінюється на 3.4.6.4 Додано новий пункт з уточненням щодо оцінки результатів ультразвукового контролю згідно УВ МАКТ W33 Dec 2019 + Rev. 1 May 2020	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
3.4.7	Додано новий пункт з вимогами щодо оцінки якості зварних з'єднань за результатами контролю удосконаленими методами згідно ДСТУ EN ISO 19285, ДСТУ EN ISO 15626, ДСТУ EN ISO 10675	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
3.5.5	Додано новий пункт з вимогами до оцінки якості зварних з'єднань конструкцій із алюмінієвих сплавів , отриманих процесом зварювання тертям з перемішуванням (ЗТП) згідно ДСТУ EN ISO 25239-5	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
Розділ 4			
4.1.1.1, 4.1.4.2	Уточнені вимоги до оформлення документів на зварювальні матеріали, а також надання Регістром категорії відповідного зварювального матеріалу з урахуванням положень Частини 1 «Загальні положення по технічному нагляду» Правил технічного	Бюлетень № 1 змін і доповнень	

	нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів та виробів		
4.1.1.2, 4.1.2.6	Зміни редакційного характеру	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
4.1.4.3	Додано новий пункт з умовами щодо поновлення дії ССЗМ	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
4.1.5.4	Текст доповнений додатковими вимогами щодо випробувань при поновленні ССЗМ	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
4.1.8.1	Уточнені вимоги для особливих випадків схвалення зварювальних матеріалів	Бюлетень № 1 змін і доповнень Бюлетень № 6 змін і доповнень	
4.1.8.2	Уточнені вимоги до оформлення ССЗМ при підвищенні категорії зварювального матеріалу	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
4.1.8.9	Текст пункту анулюється	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
4.2.2.2.2, 4.2.2.3	Зміни редакційного характеру	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
Таблиця 4.3.1.1, таблиця 4.5.2.1	Уточнені вимоги до положення зварювання PG	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
Таблиця 4.5.1.3.2, таблиця 4.9.1.4	Уточнені вимоги до складу захисного газу в документах Регістру з урахуванням положень Частини 1 «Загальні положення по технічному нагляду» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів та виробів	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
4.6, 4.6.1.1, 4.6.1.2, 4.6.2.1, 4.6.3.2, 4.6.2.3	Зміни редакційного характеру	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
4.7.1.3	Додана нова категорія зварювального матеріалу згідно УВ МАКТ W31 Rev. 2 Dec 2019	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
4.7.2.4, 4.7.3.3, 4.7.4.2	До тексту пунктів додані вимоги до зварювального матеріалу категорії Y47, УВ МАКТ W 31 Rev.2 Dec 2019	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
Таблиця 4.8.1.2	Доповнюється новою національною маркою сталі згідно частини **XIII** «Матеріали» Правил класифікації та побудови морських суден»	Бюлетень № 1 змін і доповнень	
4.8.3.2	В таблиці 4.8.3.2 уточнені номери процесів зварювання	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
4.9.1.3	Таблиця 4.9.1.3-2 анульована	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
4.9.3.6	Зміст таблиці 4.9.3.6 замінено	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
4.11	Доповнено новий пункт з вимогами до зварювальних матеріалів для зварювання мідних сплавів	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
Розділ 5			
5.3	Текст пункту доповнюється вимогами до атестації та допуску зварювальників для зварювання тертям з перемішуванням алюмінієвих сплавів згідно ДСТУ EN ISO 25239-3	Бюлетень № 6 змін і доповнень	
Розділ 9	Частина доповнюється новим розділом «9. Схвалення технологічних процесів зварювання міді та мідних сплавів»	Бюлетень № 3 змін і доповнень	

Внесені зміни редакційного характеру.

ЧАСТИНА XIV. ЗВАРЮВАННЯ

1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

1.1 ОБЛАСТЬ ПОШИРЕННЯ

1.1.1 Ця частина Правил поширюється на зварювання таких конструкцій, які підлягають технічному нагляду Регістру:

.1 корпусів суден;

.2 механізмів і механічних установок;

.3 парових котлів, теплообмінних апаратів і посудин, які працюють під тиском;

.4 трубопроводів;

.5 пристроїв і обладнання.

1.1.2 Ця частина встановлює вимоги до виготовлення зварювальних матеріалів, до технологічних процесів зварювання і контролю зварних конструкцій, зазначених у **1.1.1**.

1.1.3 Ця частина Правил застосовується при проєктуванні і виготовленні конструкцій, зазначених в **1.1.1**, а також в обсязі, визнаному Регістром необхідним і доцільним, при їх ремонті.

1.2 ВИЗНАЧЕННЯ І ПОЯСНЕННЯ

1.2.1 Визначення і пояснення, які стосуються загальної термінології Правил, зазначені у Загальних положеннях класифікаційної та іншої діяльності та у частині I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден[1].

Крім того, у цій частині Правил прийняті наступні визначення.

Високотемпературне паяння **(паяння твердим припоєм)** – процес паяння припоєм, при якому температура плавлення припою перевищує 450°С.

Зварювальний матеріал – електрод, дріт, флюс, захисний газ, які використовуються в процесі зварювання.

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 кромок 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.

Зона термічного впливу **(ЗТВ)** – шар основного металу, що прилягає до зварного шва (або наплавлення), структура і властивості основного металу якого змінилися в результаті нагрівання під час зварювання або наплавлення.

Метал шва – метал, утворений сплавленими основним і наплавленим металами в результаті зварювання або тільки переплавленим основним металом.

Наплавлений метал – метал, що утворюється в результаті розплавлення електродів або дроту і не містить практично помітної домішки основного металу.

Основний метал – метал зварюваних частин, що з'єднується зварюванням.

Погонна енергія E_1 – електрична енергія, що витрачається на довжину одиниці шва та обчислюється за формулою $E_1 = I\,U/1000\upsilon$ кДж/см,

де I – зварювальний струм, А;

U – зварювальна напруга, В;

υ – швидкість зварювання, см/с.

[1] Надалі - частина I «Класифікація».

Провар – сплавлення основного металу із наплавленим металом або сплавлення металів обох зварюваних частин.

1.3 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ

1.3.1 Зварювання зазначених в **1.1.1** конструкцій повинно проводитися допущеними Регістром зварювальними матеріалами, способами зварювання, зварювальниками (операторами) і визнаними Регістром зварювальними виробництвами (цехами, дільницями).

Застосування кожного способу зварювання (або його різновидів) на конкретному підприємстві повинно бути підтверджене результатами випробувань за угодженою із Регістром програмою згідно з розд. **6** частини 3 «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів.

Схвалення Регістром зварювальних матеріалів повинно виконуватись згідно з вимогами, наведеними у розд. **4**.

1.3.2 До виконання зварювальних робіт на конструкціях, піднаглядних Регістру, повинні допускатися тільки зварювальники, що пройшли випробування згідно з вимогами розд. **5**.

1.4 ОБСЯГ ТЕХНІЧНОГО НАГЛЯДУ

1.4.1 Загальні положення, що стосуються технічного нагляду за виготовленням матеріалів і виробів, викладені у Загальних положеннях класифікаційної та іншої діяльності.

1.4.2 Технічному нагляду Регістру для конструкцій, зазначених в **1.1.1**, підлягають:

.1 зварювальні матеріали;

.2 технологічні процеси зварювання (вибір зварювальних матеріалів, підготовки деталей до зварювання, складання, попередній і наступний підігрів, термообробка);

.3 методи та обсяг контролю, критерії оцінки якості швів.

1.5 ТЕХНІЧНА ДОКУМЕНТАЦІЯ

1.5.1 Обсяг технічної документації зі зварювання, що подається для схвалення проєетної документації судна в побудові, визначається частиною I «Класифікація».

Технічна документація на конструкції, зазначені в **1.1.1**, повинна містити дані щодо зварювання в обсязі вимог тих частин Правил, до яких конструкція належить.

1.5.2 Склад технічної документації на зварювальні матеріали, у разі схвалення, визначається згідно з **4.1.2.1**.

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 2553:2019б IDT) Зварювання та споріднені процеси. Умовні познаки на кресленнях. Зварні з’єднання.

2. ТЕХНОЛОГІЧНІ ВИМОГИ ДО ЗВАРЮВАННЯ

2.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

2.1.1 Ці технологічні вимоги застосовуються при зварюванні зазначених у **1.1.1** конструкцій.

Для виконання зварювальних робіт і контролю зварних з'єднань на конструкціях, що підлягають нагляду Регістру, підприємство повинне мати у своєму розпорядженні відповідне обладнання.

2.1.2 У процесі зварювання за низької температури повинні бути забезпечені такі умови роботи, щоб зварювальник міг виконати зварні з'єднання якісно.

Робоче місце мусить бути захищене від вітру та атмосферних опадів.

2.1.3 Зварювання конструкцій, по можливості, необхідно виконувати в закритих приміщеннях, які підігріваються у зимовий період. За необхідності виконання робіт на відкритих майданчиках, повинні бути прийняті засоби для захисту зони для проведення зварювання від вітру, вологості і холоду.

При дуговому зварюванні в середовищі захисних газів, необхідно виключити можливість порушення газового захисту від вітру і протягів. Як правило, для забезпечення надійного газового захисту швидкість повітряних потоків в зоні проведення зварювальних робіт не повинна перевищувати 0,5м/с.

Технологічні процеси дугового зварювання в середовищі захисних газів, що дозволяють виконувати зварювання високої якості при великих значеннях швидкості повітряних потоків, підлягають схваленню Регістром.

При виконанні зварювальних робіт на відкритих майданчиках в несприятливих погодних умовах рекомендується завжди проводити просушку зварних кромок шляхом нагрівання.

2.1.4 Зварювання за низької температури навколишнього повітря.

2.1.4.1 Якщо зварювання конструкцій виконується за низької температури навколишнього повітря, повинні бути прийняті відповідні заходи, що гарантують задовільну якість зварних швів. До таких заходів відносяться:

- контроль і очищення зварювальних кромок від снігу, інею та льоду;

- просушування зварювальних кромок шляхом підігріву, принаймні, до 20°С;

- попередній місцевий підігрів зварювальних кромок перед зварюванням;

- застосування теплоізолюючих засобів;

- застосування технологічних процесів, що забезпечують необхідну позитивну міжпрохідну температуру в процесі зварювання.

Вибір конкретних заходів, які застосовуються при проведенні робіт по зварюванню за низької температури навколишнього повітря, визначаються виробником зварних конструкцій і погоджуються з Регістром під час схвалення технологічних процесів зварювання.

2.1.4.2 Текст 4 абзацу замінюється на наступний: «Попередній підігрів кромок перед зварюванням для сталей нормальної міцності повинен виконуватися за температури навколишнього повітря нижче -5 ° С; для сталей підвищеної міцності – нижче 0 °С. Для сталей високої міцності попередній підігрів кромок 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, °С	Вміст дифузійного водню в наплавленому металі, $см^3/100$ г	Мінімальна температура підігріву, °С
(A/F)690	До 130	Від 0 і вище	До 3,0 (H3) Понад 3,0 до 5,0 (H5)	80 100
		Від 0 до –10	До 3,0 (H3) Понад 3,0 до 5,0 (H5)	120 130
		Від –11 до –15	До 3,0 (H3)	На підставі рекомендацій виготовлювача, узгоджених з Регістром
(A/F)690 и (A/F)550	До 40	Від 0 і вище	До 3,0 (H3) Понад 3,0 до 5,0 (H5)	40 60
		Від 0 до –15	До 3,0 (H3) Понад 3,0 до 5,0 (H5)	80 100
		Від –16 до –20	До 3,0 (H3)	На підставі рекомендацій виробника, узгоджених з Регістром
	41 — 100	Від 0 и вище	До 3,0 (H3) Понад 3,0 до 5,0 (H5)	60 100
		Від 0 до –15	До 3,0 (H3) Понад 3,0 до 5,0 (H5)	120 120
		Від –16 до –20	До 3,0 (H3)	На підставі рекомендацій виробника, узгоджених з Регістром
(A/F)500	До 40 вкл.	Від 0 и вище	До 3,0 (H3) Понад 3,0 до 5,0 (H5) Понад 5,0 до 10,0 (H10)	Без підігріву 40 60
		Нижче 0 до –15	До 3,0 (H3) Понад 3,0 до 5,0 (H5)	60 80
		Нижче –15 до –20	До 3,0 (H3)	100
	Понад 40 до 100 вкл.	Від 0 и вище	До 3,0 (H3) Понад 3,0 до 5,0 (H5)	60 80
		Нижче 0 до -15	До 3,0 (H3) Понад 3,0 до 5,0 (H5)	
		Нижче -15 до -20	До 3,0 (H3)	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 Сэкв ≤ 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 прокту (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 кромок деталей на ширині 100 мм в обидва боки від шва повинен проводитися перед зварюванням як мінімум до 20 °С.

2.1.5 Зварювання трубопроводів із низьколегованої сталі, трубопроводів головного паропроводу, а також трубопроводів, що працюють при температурі більше 350°С, повинне проводитися при температурі не нижче 0°С.

2.1.6 Конструктивні вимоги до зварних швів, що забезпечують міцність зварних з'єднань, викладені у відповідних частинах Правил.

2.1.7 Оброблення кромок під зварювання повинне проводитися відповідно до ДСТУ EN ISO 9692-1 або іншим міжнародним стандартам, або за кресленнями, схваленими Регістром.**2.1.8** Підготовка кромок під зварювання повинна проводитися способами, що забезпечують виконання вимог Правил до зварних з'єднань.

2.1.9 Зварювані кромки деталей повинні бути очищені від масла, вологи, грату, іржі, фарби та інших забруднень. Допускається зварювання сталевих деталей, покритих ґрунтом, без видалення останнього; у цьому випадку ґрунт повинний бути допущений Регістром після випробувань згідно з **6.5.4.3** частини XIII «Матеріали».

2.1.10 Послідовність зварювання конструкцій повинна бути такою, щоб не виникало надмірних залишкових напружень і деформацій.

2.1.11 Якщо необхідно перед зварюванням деталі підігрівати, то при встановленні температури підігріву повинні бути враховані: хімічний склад металу, спосіб зварювання, товщина деталей, які зварюються, рівень напружень у зварному з'єднанні та умови теплопередачі у конструкції від зони зварювання.

При зварюванні складних конструкцій температура підігріву повинна бути вказана в документації, яка подається Регістру для узгодження.

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**.**2.1.13** Під час вварювання листів, пластин тощо у жорсткий контур повинні бути прийняті технологічні заходи, що знижують напруження від зварювання.

Жорстким контуром вважається замкнутий по периметру виріз, один із розмірів якого менший 60 товщин листа у даному місці. У складних конструкціях контур може вважатися жорстким і при більшому співвідношенні розмірів вирізу.

2.1.14 Правка конструкцій може проводитися тільки в обмеженому обсязі. Допускається правка теплова із механічним впливом і без нього. При цьому пошкодження поверхні шва або листа не допускаються.

Температура нагрівання при тепловій правці не повинна перевищувати 650°С, але у будь-якому випадку нагрівання не повинне призводити до структурних змін у металі.

2.1.15 Термічна обробка після зварювання потрібна в тих випадках, коли необхідні усунення залишкових напружень.

Вид термічної обробки встановлюється підприємством залежно від властивостей матеріалу і погоджується із Регістром.

2.1.16 Зварювання деталей, виготовлених холодним згинанням із суднобудівної сталі, допускається без термічної обробки, якщо внутрішній радіус згину відповідає стандартам.

У разі відсутності таких стандартів він повинний бути не менше трьох товщин листа.

2.1.17 Зварювальні матеріали із контрольованим вмістом водню у наплавленому металі повинні зберігатися і перед застосуванням піддаватися прожарюванню відповідно до рекомендацій виробника.

2.2 ЗВАРЮВАННЯ КОРПУСІВ СУДЕН І СУДНОВОГО ОБЛАДНАННЯ

2.2.1 Складання деталей повинне проводитися таким чином, щоб напруження, які виникають при складанні та наступному зварюванні, були якомога меншими.

Роботи із прихватки повинні виконуватися тільки особами, що мають відповідну кваліфікацію. Прихватки повинні виконуватися зварювальними матеріалами тих категорій, які необхідні для зварювання конструкцій. Прихватки не повинні мати дефектів, що погіршують якість зварних з'єднань.

Прихватки повинні бути перевірені на відсутність тріщин або інших дефектів. Якщо у місцях прихватки виявлені тріщини, вони повинні бути видалені до чистого металу і заварені.

При складанні повинна застосовуватися мінімальна кількість тимчасових кріпильних деталей, а у разі їх приварювання або прихватки повинні виконуватися зазначені вище вимоги.

Вихвати та інші пошкодження основного металу, які утворюються у разі видалення тимчасових кріплень, повинні бути ліквідовані заварюванням і зачищенням із забезпеченням плавного переходу до основного металу. У разі зачищення величина стоншення основного металу не повинна перевищувати допустимих відхилень по товщині листів, що регламентуються стандартами.

Виступаючі залишки швів кріпильних деталей повинні бути видалені із наступним зачищенням (при цьому допускаються потовщення, що не перевищують допусків на посилення стикових зварних швів відповідних конструкцій) на таких корпусних конструкціях:

.1 на розрахунковій палубі (листах і поздовжньому наборі, включаючи безперервні поздовжні комінгси вантажних люків);

.2 на днищі (листах і поздовжньому наборі);

.3 на бортах;

.4 на ширстреку і скуловому поясі (листах і поздовжньому наборі);

.5 на перегородках, що обмежують цистерни;

.6 на рамному наборі у танках;

.7 на конструкціях, розташованих у районах інтенсивної вібрації.

Необхідність зачищення залишків швів тимчасових кріпильних деталей на інших конструкціях установлюється замовником.

2.2.2 При складанні стикових з'єднань допускається взаємне зміщення листів до 0,1 товщини листа, але не більше 3мм.

2.2.3 Допускається ремонт підрізів, що перевищують значення згідно із табл. 3.3.2.1, заварюванням або шліфуванням.

2.2.4 Призначення категорії зварювальних матеріалів для зварювання конструкцій зі сталей нормальної та підвищеної міцності.

Зварювальні матеріали повинні застосовуватися для зварювання сталей тих категорій, для яких вони відповідно до табл. 2.2.4 допущені Регістром. При цьому необхідно керуватися наступними вимогами:

.1 для виконання зварних з'єднань, у яких сталь нормальної міцності зварюється зі сталлю підвищеної міцності, можуть застосовуватися зварювальні матеріали, що відповідають нижчій категорії із тих, які допускаються відповідно до вимог табл. 2.2.4 та цього пункту для кожної сталі окремо (наприклад, у зварному з'єднанні сталей категорій D та E32 можуть використовуватися зварювальні матеріали категорії 2);

.2 для виконання зварних з'єднань, у яких зварюються сталі однакових рівнів міцності, але із різними вимогами по температурі випробувань на ударний згин, можуть застосовуватися зварювальні матеріали нижчої категорії із тих, які допускаються відповідно до вимог табл. 2.2.4 для кожної сталі окремо (наприклад, для зварного з'єднання сталей категорій D32 та E32 можуть застосовуватися зварювальні матеріали категорії 2Y);

.3 для виконання зварних з'єднань зі сталей підвищеної міцності, а також при зварюванні сталі підвищеної міцності зі сталлю нормальної міцності повинні застосовуватися зварювальні матеріали із контрольованим вмістом дифузійного водню згідно з табл. 4.2.3.4.

Застосування для цих цілей зварювальних матеріалів із неконтрольованим вмістом дифузійного водню можливо тільки за дозволом Регістру для сталей із вуглецевим еквівалентом (див. **3.2.2** частини XIII

«Матеріали») $C_{екв} \leq 0,41$ після проведення випробувань за схваленою Регістром програмою;

.4 застосування для зварювання сталей нормальної міцності категорій A, B, D, E зварювальних матеріалів, що отримали схвалення для відповідних категорій сталей A40, D40, E40 і/або F40, можливе тільки для конкретних марок зварювальних матеріалів при наданні позитивних результатів необхідних випробувань, виконаних згідно зі схваленою Регістром програмою;

.5 застосування для зварювання сталей підвищеної міцності зварювальних матеріалів категорій 1YS, 1YT, 1YM, 1YTM, 1YV допускається тільки для з'єднань з товщиною металу до 25мм включно;

.6 зварювальні матеріали, обрані за табл. 2.2.4, можуть бути призначені також і для зварювання іншої, ніж передбачено зазначеною таблицею сталі, якщо за механічними властивостями та хімічним складом ця сталь еквівалентна сталі, для якої був схвалений даний зварювальний матеріал;

.7 електроди із рутиловим покриттям не повинні застосовуватися для зварювання таких з'єднань:

- монтажних стиків між секціями;

- усіх стиків і пазів льодового поясу зовнішньої обшивки;

- стиків балок поздовжнього набору;

- стикових з'єднань суднового корпусу товщиною більше ніж 20мм;

- масивних виробів (ахтерштевня, форштевня тощо), а також стикових з'єднань, що зварюються в умовах жорсткого контуру (контур вважається жорстким, якщо відношення найменшого розміру контуру до товщини листа менше 60);

.8 електроди із кислим покриттям не повинні застосовуватися для зварювання конструкцій, регламентованих частиною II «Корпус»;

.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).

Таблиця 2.2.4

Категорія зварювального матеріалу	Суднобудівна сталь											
	Нормальної міцності				Підвищеної міцності							
	A	B	D	E	A32, A36	D32, D36	E32, E36	F32, F36	A40	D40	E40	F40
1, 1S, 1T, 1M, 1TM, 1V	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–	–
1YS, 1YT, 1YM, 1YTM, 1YV	+	–	–	–	+[1]	–	–	–	–	–	–	–
2, 2S, 2T, 2M, 2TM, 2V	+	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–	–
2Y, 2YS, 2YT, 2YM, 2YTM, 2YV	+	+	+	–	+	+	–	–	–	–	–	–
2Y40, 2Y40S, 2Y40T, 2Y40M, 2Y40TM, 2Y40V	Див. **2.2.4.4**				+	+	–	–	+	+	–	–
3, 3S, 3T, 3M, 3TM, 3V	+	+	+	+	–	–	–	–	–	–	–	–
3Y, 3YS, 3YT, 3YM, 3YTM, 3YV	+	+	+	+	+	+	+	–	–	–	–	–
3Y40, 3Y40S, 3Y40T, 3Y40M, 3Y40TM, 3Y40V	Див. **2.2.4.4**				+	+	+	–	+	+	+	–
4Y, 4YS, 4YT, 4YM, 4YTM, 4YV	+	+	+	+	+	+	+[2]	+	–	–	–	–
4Y40, 4Y40S, 4Y40T, 4Y40M, 4Y40TM, 4YV	Див. **2.2.4.4**				+	+	+[2]	+	+	+	+	+[2]
5Y40, 5Y40S, 5Y40T, 5Y40M, 5Y40TM, 5Y40V	Див. **2.2.4.4**				+	+	+	+	+	+	+	+
[1]Див. **2.2.4.5**. [2]Див. **2.2.4.9**												

2.2.5 Призначення категорії зварювальних матеріалів для зварювання конструкцій зі сталі високої міцності.

Зварювальні матеріали повинні застосовуватися для зварювання сталі високої міцності тих категорій, для яких вони відповідно до табл. 2.2.5-1 і 2.2.5-2 допущені Регістром.

Таблиця 2.2.5-1

Ідентифікація категорій зварювальних матеріалів за температурою випробувань	Ідентифікація категорій сталі високої міцності за температурою випробувань на ударний згин			
	A(420/960)	D(420/960)	E(420/960)	F(420/690)
3Y (42/96)	+	+	–	–
4Y (42/96)	+	+	+	–
5Y (42/69)	+	+	+	+

Таблиця 2.2.5-2

Ідентифікація категорій зварювальних матеріалів за рівнем міцності	Ідентифікація категорій сталі високої міцності за рівнем міцності							
	(A/F)420	(A/F)460	(A/F)500	(A/F)550	(A/F)620	(A/F)690	(A/E)890	(A/E)960
(3Y/5Y) 42	+	–	–	–	–	–	–	–
(3Y/5Y) 46	+	+	–	–	–	–	–	–
(3Y/5Y) 50	+	+	+	–	–	–	–	–
(3Y/5Y) 55	–	–	+	+	–	–	–	–
(3Y/5Y) 62	–	–	–	+	+	–	–	–
(3Y/5Y) 69	–	–	–	–	+	+	–	–
(3Y/5Y) 89	–	–	–	–	–	–	+	–
(3Y/5Y) 96	–	–	–	–	–	–	+	+

При цьому слід керуватися наступними обмеженнями та вимогами:

.1 сфера 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;

- сфера 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. **.2** для виконання зварних з'єднань із сталей високої міцності, а також для зварювання сталі високої міцності зі сталями підвищеної або нормальної міцності повинні застосовуватися зварювальні матеріали із контрольованим вмістом дифузійного водню, які мають класифікаційні індекси H5 або H10 згідно з табл. 4.2.3.4;

.3 для зварних з'єднань сталей високої міцності не рекомендується застосування одно- та двопрохідної технології зварювання. Схвалення їх застосування можливе тільки на підставі додаткових випробувань за схваленою Регістром програмою;

.4 для зварних з'єднань сталей високої міцності не рекомендується застосування електрошлакового зварювання та дугового зварювання з примусовим формуванням та газовим захистом. Схвалення їх застосування можливе тільки на підставі додаткових випробувань за схваленою Регістром програмою;

.5 для зварних з'єднань сталей високої міцності не рекомендується застосування багатодугового та одностороннього зварювання на різних типах підкладок. Схвалення їх застосування можливе тільки на підставі додаткових випробувань за схваленою Регістром програмою;

.6 електроди з рутиловим і кислим типом покриття не повинні застосовуватися для зварювання конструкцій із сталей високої міцності;

.7 застосування для зварювання сталей високої міцності зварювальних матеріалів усіх категорій, що пройшли випробування в обсязі вимог розд. **4.6**, можливе тільки для з'єднань із товщиною основного металу не більше ніж 70мм. Застосування зварювальних матеріалів для зварювання сталі товщиною понад 70мм може бути допущене після проведення додаткових випробувань за схваленою Регістром програмою;

.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 оформлення Свідоцтва про схвалення технологічного процесу зварювання;**.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.

2.2.6 Призначення категорії зварювальних матеріалів для зварювання конструкцій із суднобудівної сталі, які працюють при низьких температурах.

Зварювальні матеріали для зварювання конструкцій із суднобудівної сталі, які працюють при низьких температурах, повинні застосовуватися відповідно до вимог табл. 2.2.6. При цьому, при призначенні категорії зварювальних матеріалів для зварювання сталей підвищеної міцності з індексом F необхідно керуватися вимогами, перерахованими в **2.2.4**, із наступними доповненнями:

.1 залежно від ступеня відповідальності та умов експлуатації конструкцій Регістр може призначити більш високу категорію зварювальних матеріалів (наприклад, 5Y замість 4Y і 5Y40 замість 4Y40);

.2 застосування зварювальних матеріалів категорій 4Y46 і 5Y46, призначених для зварювання сталей високої міцності, підлягає додатковому погодженню із Регістром.

Таблиця 2.2.6

Категорія зварювального матеріалу	Категорія суднобудівної сталі		
	F32	F36	F40
4Y, 4YS, 4YT, 4YTM, 4YV	+	+	–
4Y40, 4Y40S, 4Y40T, 4Y40M, 4Y40TM, 4Y40V	+	+	+
5Y, 5YS, 5YT, 5YM, 5YTM, 5YV [1]	+	+	–
5Y40, 5Y40S, 5Y40T, 5Y40M, 5Y40TM, 5Y40V [1]	+	+	+
4Y42, 4Y42S, 4Y42M	–	+	+
5Y42, 5Y42S, 5Y42M [1]	–	+	+
4Y46, 4Y46S, 4Y46M	–	+[2]	+
5Y46, 5Y46S, 5Y46M [1]	–	+[2]	+
[1]Див. **2.2.6.1**. [2]Див. **2.2.6.2**.			

2.2.7 Призначення категорії зварювальних матеріалів для зварювання конструкцій із алюмінієвих суднобудівних сплавів.

Зварювальні матеріали для зварювання конструкцій із алюмінієвих суднобудівних сплавів, залежно від категорії, повинні застосовуватися відповідно до вимог табл. 2.2.7-1.

Практичні області застосування найбільш поширених міжнародних і національних присадкових матеріалів, якими треба керуватися при схваленні таких матеріалів, наведені в табл. 2.2.7-2.

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)	–	–	–	–	–	+
Примітка: Категорії міцності зварного з'єднання згідно до ДСТУ EN ISO 18273, де R – основний метал (Rolled), W – присадковий матеріал для зварювання, A, B, C, D – категорія міцності зварного з'єднання відповідно до ДСТУ EN ISO 18273.						

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.						

2.3 ЗВАРЮВАННЯ ВИРОБІВ СУДНОВОГО МАШИНОБУДУВАННЯ

2.3.1 Ці вимоги поширюються на зварювання конструкцій суднового машинобудування, які виготовляються із застосуванням основних і зварювальних матеріалів, що відповідають вимогам частини **XIII** «Матеріали» і цієї частини Правил. Виготовлення конструкцій із матеріалів, що не регламентуються Правилами, повинне виконуватися за погодженням із Регістром.

2.3.2 Вибір зварювальних матеріалів для зварювання конструкцій механізмів і механічних установок проводиться виходячи із конкретних марок сталі, що застосовуються для виготовлення, із урахуванням вимог **2.2.4 – 2.2.6**.

2.3.3 Якщо конструкції працюють при підвищеній температурі або у хімічно активному середовищі, зварювальні матеріали повинні вибиратися із урахуванням цих умов.

2.3.4 Для зварювання деталей суднового машинобудування зі сталі товщиною 30мм і більше повинні застосовуватися зварювальні матеріали, що забезпечують стійкість зварного з'єднання проти утворення холодних тріщин, або виробник повинний передбачити технологічні заходи (підігрів, термічну обробку, обмеження мінімальної температури навколишнього повітря при зварюванні тощо) для запобігання утворення холодних тріщин.

2.3.5 Зварні шви конструкцій, що працюють під дією динамічних навантажень, повинні бути виконані із повним проваром. Перехід від основного металу до шва повинний бути плавним.

2.3.6 Застосування зварювання при виготовленні валів суднового валопроводу і колінчатих валів може бути допущене за погодженою з Регістром технологією і надання даних, що свідчать про стабільність результатів її застосування.

Необхідні умови для цього - виконання неруйнівного контролю усіх зварних швів і гарантована границя утомної міцності зварних з'єднань, прийнята у розрахунках.

Обсяг необхідного дослідного зварювання і програма випробувань повинні бути погоджені з Регістром до початку робіт.

2.3.7 Застосування зварювання, наплавлення, металізації розпиленням та інших подібних методів у процесі виготовлення і ремонту виробів суднового машинобудування може бути допущене при позитивних результатах випробувань, виконаних за методикою, погодженою з Регістром, та які підтверджують можливість застосування даного методу на конкретному підприємстві.

Відновлення суднових валів із вуглецевої сталі (які містять до 0,45% вуглецю), зношених або тих, які мають поверхневі тріщини, може допускатися наплавленням, якщо знос або глибина тріщин складає не більше 5% діаметра вала, але не більше 15мм.

2.4 ЗВАРЮВАННЯ СУДНОВИХ ПАРОВИХ КОТЛІВ І ПОСУДИН, ЯКІ ПРАЦЮЮТЬ ПІД ТИСКОМ

2.4.1 Зварні шви котлів повинні мати маркування, що дають можливість встановити, який зварювальник виконував зварювання.

Поздовжні і кільцеві шви корпусів котлів повинні виконуватися із підваркою за винятком випадків, коли коефіцієнт міцності зварного шва φ відповідно до табл. 2.1.6.1-1 частини X «Котли, теплообмінні апарати і посудини під тиском» взятий таким, що дорівнює 0,7 або менше.

Вирізи та отвори в корпусі котла за можливістю не повинні перерізати кільцеві і поздовжні шви корпусу котла.

Допустимість приварки до корпусу котлів монтажних кріплень, захватів та інших деталей повинна бути вказана в документації, яка подається Регістру на погодження.

Поздовжні і поперечні шви колекторів, корпусів котлів і посудин, які працюють під тиском, повинні виконуватися у стик.

2.4.2 Вибір зварювальних матеріалів для зварювання котлів і посудин під тиском проводиться виходячи із конкретних марок сталі, застосовуваних для їх виготовлення з урахуванням вимог **2.2.4 – 2.2.6**.

2.4.3 Застосування електродів із рутиловим і кислим покриттями для зварювання котлів і посудин класу I (див. **1.3.1.2** частини X «Котли, теплообмінні апарати і посудини під тиском») не допускається; для котлів і посудин класів II і III – допускається за умови, якщо ці конструкції виготовляються із вуглецевої сталі і товщина зварюваних деталей не перевищує 20мм.

2.4.4 Термічна обробка котлів і посудин виконується за стандартами або беруться до уваги рекомендації виробників сталі.

Зварні з'єднання деталей, що у зв'язку із їх розмірами або спеціальною конструкцією не можна піддавати термічній обробці для зняття напружень у цілому, за погодженням із Регістром можуть бути оброблені вроздріб. При цьому обробка повинна проводитися рівномірним нагріванням достатньо широкої ділянки уздовж шва (біля шести товщин листа з обох боків зварного шва) таким чином, щоб поширення теплових напружень в інші райони деталей було виключене. Місцева обробка зварювальним пальником не допускається.

2.4.5 При закладенні отворів у котлах ввареними заглушками повинні виконуватися вимоги національних стандартів.

2.4.6 Ремонт зношених стінок котлів і посудин наплавленням допускається тільки за погодженням із Регістром.

Площа наплавлення повинна бути не більше ніж 500см^2, а глибина – не більше ніж 30% товщини листа. Якщо ці умови не виконані, дефектну ділянку треба замінити новим листом.

2.4.7 Під час виготовлення котлів, теплообмінних апаратів і посудин під тиском, що відносяться до класів I і II (див. **1.3.1.2** частини X «Котли, теплообмінні апарати і посудини під тиском»), для перевірки механічних властивостей швів зварних з'єднань повинні бути зварені контрольні планки при виготовленні одиничних виробів, серійному виготовленні на головному зразку виробу, при зміні конструкцій основних вузлів і деталей виробу і застосуванні нових матеріалів і засобів зварювання.

Контрольні планки для виробів, що відносяться до класу III, можуть виготовлятися на вимогу Регістру.

2.4.8 Контрольні планки повинні прикріплюватися до поздовжнього шва котла або посудини таким чином, щоб зварний шов планок був продовженням шва виробу. Шов планок повинний зварюватися за тих же технологічних умов, що і шов виробу.

З цієї проби повинні бути виготовлені і випробувані: один поперечний зразок на розтягування, два поперечних зразки на згин, три зразки на ударний згин, вирізаних відповідно до рис. 4.3.3.1.

Зразки для конструкцій класу III повинні виготовлятися на вимогу інспектора Регістру. Умови вирізання зразків із проб і проведення випробувань повинні відповідати **4.2.2**.

2.5 ЗВПАРЮВАННЯ СУДНОВИХ ТРУБОПРОВОДІВ

2.5.1 Тип зварних з'єднань трубопроводів повинний відповідати стандартам.

2.5.2 Вибір зварювальних матеріалів для зварювання трубопроводів проводиться виходячи із конкретних марок сталей, застосовуваних у процесі виготовлення з урахуванням вимог **2.2.4 ÷ 2.2.6**.

2.5.3 Зварні стикові з'єднання труб повинні бути виконані з повним проваром кореня шва. Допускається зварювання на підкладних кільцях, які видаляються після зварювання.

2.5.4 Застосування підкладних кілець, які залишаються у стикових з'єднаннях труб, допускається у тих трубопроводах, де вони не впливають негативно на їх експлуатаційні властивості.

Стикові з'єднання фланців із трубами не повинні виконуватися на підкладних кільцях, які залишаються.

2.5.5 Зварні з'єднання труб підлягають термічній обробці на трубах із низьколегованої сталі і у разі газового зварювання головних паропроводів, які працюють при температурі понад 350°С.

2.5.6 При зварюванні труб із хромомолібденової сталі, яка містить 0,8% або більше хрому і більше 0,16% вуглецю, зварювані кромки повинні підігріватися до температури 200 ÷ 230°С. Ця температура повинна підтримуватися в процесі зварювання.

2.5.7 Зварювані кромки мідних труб із товщиною стінок 5мм і більше перед початком зварювання повинні підігріватися до температури 250 ÷ 350°С.

2.6 ЗВАРЮВАННЯ ВИЛИВКІВ І ПОКОВОК

2.6.1 Зварювання сталевих виливків і поковок повинне проводитися незалежно від температури навколишнього повітря з попереднім підігрівом або необхідне застосування інших технологічних заходів, що забезпечують виконання вимог до зварних з'єднань, в таких випадках:

.1 при вмісті вуглецю у сталі виливків або поковок більше 0,25%;

.2 при вмісті вуглецю у сталі виливків або поковок більше 0,23%, якщо ці виливки і поковки входять до складу корпусу суден із полярними класами **PC1-PC6**, балтійськими льодовими класами **IA Super, IA, IB, IC,** льодовими класами **Ice4 – Ice6** та знаком **Icebreaker** (виливки і поковки ахтерштевня, форштевня, кронштейнів гребних валів та інших подібних конструкцій).

2.6.2 Температура підігріву і режим термічної обробки виливків і поковок визначаються залежно від конструкції, розмірів і умов експлуатації відповідно до **2.1.4, 2.1.12, 2.1.16**.

2.6.3 Дефекти на сталевих поковках і виливках допускається виправляти заварюванням тільки в тих випадках, коли була попередньо перевірена зварюваність даної сталі і враховані умови роботи литої або кованої деталі.

Виправлення дефектів зварюванням, як правило, повинне проводитися до остаточної термічної обробки. Заварювання після неї допускається тільки у виняткових випадках.

Дефекти, які систематично з'являються у поковках і виливках, виправляти зварюванням не допускається.

2.6.4 Заварювання дефектів у виливках повинне проводитися після видалення ливників і додатків і ретельного очищення виливків від формувальних матеріалів, грату, сторонніх вкраплень.

Місця, що підлягають заварюванню, повинні бути оброблені до непошкодженого металу так, щоб у всіх місцях була можливість забезпечити провар.

Стінки підготовлених під заварювання місць повинні бути пологими, а поверхня підготовленого поглиблення не повинна мати гострих кутів.

2.7 ЗВАРЮВАННЯ ЧАВУНУ

2.7.1 Виправлення дефектів виливків із чавуну зварюванням допускається за погодженням із Регістром способом, який одержав схвалення Регістру на підставі результатів випробувань за програмою, погодженою з Регістром.

2.8 ЗВАРЮВАННЯ ПЛАКОВАНОЇ СТАЛІ

2.8.1 Способи зварювання плакованої сталі повинні бути схвалені Регістром. Форма оброблення кромок деталей під зварювання повинна відповідати національним стандартам або кресленням, схваленим Регістром.

Оброблення кромок повинне проводитися механічною обробкою або шліфуванням.

Кромки деталей під час складання повинні бути добре підігнані одна до одної і не мати зміщення на плакованій стороні. Допускається перед зварюванням зміщення кромок 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.

2.8.2 Корозійна стійкість металу шва із боку плакувального шару повинна бути такою ж, як і плакувального шару.

Товщина корозійностійкого шару шва повинна бути не менша товщини плакувального шару.

Хімічний склад металу шва на стороні плакувального шару (за винятком зони кореня шва) повинний відповідати хімічному складу плакувального металу.

2.8.3 Як правило, у першу чергу повинний бути зварений шов із боку основного шару і в другу чергу – із боку плакувального шару.

Під час виконання шва із сторони основного шару зварювання повинне вестися таким чином, щоб не розплавлявся плакувальний шар.

До зварювання плакувального шару корінь шва повинний бути зачищений до чистого металу із застосуванням тільки механічної обробки або шліфування.

Зварювання плакувального шару повинне виконуватися так, щоб не було значного змішування легованого металу з нелегованим.

Для зварювання плакувального шару повинні застосовуватися зварювальні електроди і дріт за можливістю малого діаметра. Зварювання повинне виконуватися на малій погонній енергії. Шов із сторони плакувального шару повинний бути виконаний щонайменше у два шари.

Поперечні коливання електрода під час зварювання плакувального шару не допускаються. При цьому на поверхні зварюваних кромок по усій товщині основного шару попередньо повинно бути виконане наплавлення високолегованими матеріалами, які забезпечують відсутність тріщин.

Якщо ширина верхнього шару шва така, що її необхідно виконувати у декілька проходів, останній прохід повинний виконуватися по середині шва.

2.8.4 Якщо при зварюванні труб із плакованої сталі двостороннє зварювання неможливе, увесь шов повинний бути заварений зварювальними матеріалами, які відповідають матеріалу плакувального шару.

Під час зварювання тонких листів плакованої сталі увесь шов також повинний бути виконаний зварювальними матеріалами, які відповідають матеріалу плакувального шару.

2.9 ПАЯННЯ ТВЕРДИМ ПРИПОЄМ

2.9.1 Паяні з'єднання конструкцій, зазначених у **1.1.1**, підлягають нагляду Регістру і повинні виконуватися відповідно до стандартів або технічної документації, погоджених із Регістром.

2.10 ЗВАРЮВАННЯ АЛЮМІНІЮ І ЙОГО СПЛАВІВ

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 Зварні шви повинні, по можливості, розташовуватися у районах найнижчих напружень.

Зняття підсилення зварних швів допускається тільки за погодженням із Регістром.

2.10.3 Безпосередньо перед зварюванням (прихваткою) зварювані кромки деталей із алюмінію і його сплавів повинні знежирюватися спеціальними розчинниками (ацетон, спирт тощо) і зачищатися сталевими дротовими щітками. Прихватки перед зварюванням також повинні бути зачищені сталевою

щіткою. При багатопрохідному зварюванні повинне проводитися зачищення щітками кожного попереднього шару перед накладенням наступного.

2.10.4 Зварювальні матеріали із алюмінію і його сплавів перед зварюванням повинні бути зачищені для видалення забруднень і оксидної плівки.

2.10.5 Допускається зварювання алюмінієвих сплавів на підкладках, які залишаються або видаляються. Підкладки, які видаляються після зварювання, повинні виготовлятися із нержавіючої сталі. Підкладки, які залишаються, повинні виготовлятися зі сплаву тієї ж марки, що і зварювані деталі.

2.10.6 При двосторонньому зварюванні перед накладенням шва із зворотного боку необхідно видалити корінь шва до чистого металу рубанням, струганням або фрезеруванням. Видалення кореня шва абразивними кругами не допускається.

2.10.7 Допускається гаряча правка конструкцій із алюмінію і його сплавів. Температура нагрівання під час правки повинна відповідати властивостям даного сплаву.

2.10.8 Якщо при зварюванні застосовується флюс, він повинний бути за можливістю нейтральним. Якщо, як виняток, застосовувався не нейтральний флюс, після зварювання він повинний бути ретельно видалений.

2.10.9 У районі з'єднання конструкцій із алюмінієвих сплавів на заклепках усі основні зварювальні роботи повинні бути закінчені до початку клепання.

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 двосторонне однопрохідне, двосторонне багатопрохідне 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 однопрохідним зварюванням, двостороннім багатопрохідним 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 однопрохідного зварювання або двостороннього багатопрохідного 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 виконуватися 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.

2.11 ЗВАРЮВАННЯ МІДІ ТА ЇЇ СПЛАВІВ, ВАЖКИХ МЕТАЛІВ ТА ІНШИХ НЕЗАЛІЗНИХ МЕТАЛІВ

2.11.1 Зварювання міді та її сплавів, важких металів та інших не залізних металів проводиться відповідно до вимог національних стандартів і/або по схваленій Регістром документації.

2.12 ЗВАРЮВАННЯ СТАЛІ ВИСОКО\ МІЦНОСТІ

2.12.1 Зварювальні матеріали, призначені для зварювання сталі високої міцності, повинні бути допущені відповідно до **4.7**, а способи зварювання, які можна застосовувати згідно з розд. **6** частини 3 «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів.

2.12.2 Спосіб і технологія зварювання повинні бути схвалені Регістром після виконання технологічних випробувань за погодженою програмою. При цьому виробник зварних конструкцій повинний надати зафіксовані у документації температуру підігріву перед зварюванням, погонну енергію при зварюванні, термообробку після зварювання, температуру між проходами.

Виробник повинний мати у своєму розпорядженні систему реєстрації режимів зварювання, включаючи температуру між проходами, і пред'являти результати контролю за вимогою Регістру.

2.12.3 Зварні з'єднання необхідно виконувати багатопрохідним зварюванням.

Однопрохідне зварювання допускається тільки за погодженням із Регістром. Кожний прохід виконується безперервно із мінімальними коливаннями дуги.

2.12.4 Не допускається збудження дуги за межами підготовлених до зварювання кромок.

Приварювання монтажних, допоміжних засобів допускається за умови виконання вимог Регістру до зварювальних матеріалів і температури місцевого підігріву.

Монтажні допоміжні засоби звичайно видаляються механічним різанням із наступним зачищенням на рівні із поверхнею основного металу.

Після попереднього газового різання повинна виконуватись механічна обробка частини, що залишилася, і зачищення.

2.12.5 Кромки, підготовлені із використанням газового різання, повинні після цього оброблятися механічним способом. Зачищення кореня шва виконується тільки механічним способом.

Температура підігріву при правленні підлягає погодженню з Регістром у кожному випадку. При цьому повинні бути забезпечені необхідні властивості основного матеріалу і зварного з'єднання.

2.12.6 Зварювання сталі категорії YH47

2.12.6.1 Короткі валики, що застосовуються для виконання прихваток та ремонтних робіт при зварюванні сталі категорії YH47, повинні мати довжину не менше ніж 50мм. Якщо значення $Pcm \leq 0{,}19$ (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 YH47. Якщо значення $Pcm \leq 0{,}19$ 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 "ВСА1" або "ВСА2" (див. **3.19** частини XIII "Матеріали").

2.13 ЗВАРЮВАННЯ ТИТАНУ ТА ЙОГО СПЛАВІВ

2.13.1 Зварювальні роботи повинні здійснюватися найбільш цілеспрямованими способами, що забезпечать якість зварних з'єднань, максимальну їх міцність, хімічний склад, які наближуються до складу основного металу.

2.13.2 Зварювання може виконуватися у всіх просторових положеннях.

2.13.3 На ділянках, де виконується зварювання деталей, швидкість місцевих повітряних потоків не повинна перевищувати 0,3м/с. Вимірювання швидкості переміщення повітря повинне виконуватися за допомогою ручних анемометрів. В зв'язку з цим, робочі місця зварювальників на потокових складально-зварювальних ділянках повинні розміщуватися таким чином, щоб була виключена можливість протягів і місцевих потоків повітря.

2.13.4 На ділянках, де виконується зварювання деталей, не дозволяється виконання робіт, пов'язаних з значними виділеннями пилу і диму.

2.13.5 Для забезпечення видалення забрудненого і подачі чистого повітря, виробничі приміщення для проведення робіт по зварюванню (цехи) повинні бути обладнані приточно - витяжною вентиляцією. В холодний період року повітря, що подається, повинно бути підігрітим. Робота вентиляційних установок і пневматичного інструменту в цеху і на ділянках, де виконується зварювання деталей, повинна бути організована таким чином, щоб не порушувався газовий захист при зварюванні.

2.13.6 Освітленість виробничих приміщень при виконанні зварювальних робіт повинна бути не менш 50лк.

Крім загального освітлення повинно бути передбачене місцеве освітлення безпосередньо на робочих місцях:

- не менше 75лк - при перевірці якості зварних з'єднань візуальним та вимірювальним контролем;;

- не менше 150лк – при проведенні операцій вхідного контролю зварювальних матеріалів і контролю якості їх підготовки.

2.13.7 Температура повітря в приміщеннях залежно від їх призначення повинна бути:

- не нижче 17°С - в приміщеннях підготовки зварювальних матеріалів і знежирюючих розчинів, вакуумного відпалу, травлення, виготовлення пристосувань для піддуву повітря захисним газом, комор для зберігання упакованих і прийнятих зварювальних матеріалів, а також контрольно - вимірювального інструменту;

- не нижче 5°С - в приміщеннях для проведення зачисних, газорізальних і зварювальних робіт.

Допускається виконання зварювальних робіт при зниженні температури до 1°С при забезпеченні зварювального обладнання від замерзання води в водяних шлангах.

2.13.8 Відносна вологість у виробничих приміщеннях для підготовки присадочних матеріалів і в коморах для зберігання упакованих і прийнятих зварювальних матеріалів повинна бути не більше 75%.

Допускається в період з травня по вересень збільшення відносної вологості до 80%. При відносній вологості в коморах більш ніж 80% необхідно включати обігрівачі.

2.13.9 Облицювання стін і підлоги виробничих приміщень повинне забезпечувати легке видалення пилу і не служити джерелом пилу. Цементна підлога дозволяється тільки в районі під'їзних шляхів.

2.13.10 Чистота у виробничих приміщеннях повинна забезпечуватися шляхом періодичного прибирання за допомогою пилососів або інших засобів, а також періодичним вологим прибиранням. Вологе прибирання виробничих приміщень для підготовки зварювальної проволоки і для проведення зварювальних робіт необхідно виконувати:

- підлоги - принаймні два рази на зміну (на початку роботи і під час обідньої перерви);

- обладнання, технологічного оснащення, стелажів і зібраних конструкцій для зварювання - принаймні раз на тиждень;

- стін на висоту до 3 м і конструкцій, на яких не виконуються зварювально – збірні роботи – принаймні раз на місяць;

- стін на висоті більше 3 м, вікон, ліхтарів, підкранових шляхів, вентиляції трубопроводів – при черговому косметичному ремонту цеху.

З моменту встановлення обладнання на виробах вологе прибирання стін та конструкцій над виробами не слід виконувати.

2.13.11 Під час підготовки деталей і конструкцій для зварювання необхідно передбачати наступне:

.1 механічну обробку кромок деталей під зварювання, а також їх поверхонь.

Якість механічної обробки кромок під зварювання підлягає прийняттю підрозділом технічного контролю підприємства-виготовлювача. Після механічної обробки поверхонь і кромок, які зварюються, а також поверхні деталей повинні мати наступну шорсткуватість по параметру Ra (не більше):

- 20мкм – в з’єднаннях листових конструкцій товщиною більше, ніж 15мм, які виконуються будь-яким видом зварювання;

- 10мкм - в з’єднаннях листових конструкцій товщиною менше, ніж 15мм, які виконуються будь-яким видом зварювання і в конструкціях трубопроводів з товщиною стінки більш ніж 5мм, що виконуються будь-яким видом зварювання;

- 5мкм – в з'єднаннях трубопроводів з товщиною стінок менш ніж 5мм, що виконуються будь-яким видом зварювання;

.2 зачистку місць для зварювання, а також прилеглих поверхонь.

Операція з зачистки може виконуватися:

- механізованими або ручними засобами з застосуванням металевих дротяних кругів або металевих дротяних щіток;

- шліфувальними кругами з подальшим зачищенням металевими щітками;

- борфрезою з подальшим зачищенням металевими щітками;

- шабруванням (вручну) – при підготовці тонколистових і трубних зварних з'єднань;

- наждачним папером - при підготовці зварних з'єднань трубопроводів.

З поверхні оксидованих деталей в зоні зварного шва повинен бути видалений оксидований шар на глибину не менше ніж 100мкм – при антифрикційному оксидуванні або до металевого блиску – при захисному оксидуванні;

.3 знежирення зварювальних поверхонь і кромок з прилеглими до них поверхнями.

При проведенні операцій з знежирювання необхідно застосовувати спеціальні знежирювальні засоби (водяні рідини для змивання, ацетон, спирт тощо) залежно від використовуваних напівфабрикатів для виготовлення конструкцій. При застосуванні водяних рідини для змивання ділянки після промивки

потрібно насухо витерти чистими білими кретоновими серветками, а при застосуванні ацетону або спирту – просушити на повітрі.

При зварюванні трубопроводів, з метою зниження пароутворення під час підготовки зварних кромок, рекомендується проводити спеціальну очистку, яка складається із:

- знежирення у водному розчині тринатрій - фосфату;

- травлення у розчині азотної (вагова частка 30-40%) і фтористоводневої кислот (масова частка 3,5÷6,0%).

2.13.12 Для забезпечення якості зварних швів під час зварювання титанових сплавів повинен бути передбачений обов'язковий захист зворотної сторони зварних з'єднань від впливу повітря (окислення) за допомогою піддуву інертним газом методами загального захисту конструкцій (в камерах з інертною контрольованою атмосферою або у вакуумі) або місцевого захисту. Піддув інертним газом може виконуватися:

- спеціальними газозахисними засобами, що переміщуються вздовж зварного шва або які встановлені стаціонарно;

- заповненням внутрішнього об'єму всієї конструкції або її частини.

Піддув захисного газу може виконуватися за допомогою наповнення внутрішнього об'єму трубопроводів.

2.13.13 Для забезпечення якості зварних з'єднань під час зварювання необхідно перевірити:

- роботу всіх вузлів і механізмів зварювального обладнання і ланцюгів управління, газової системи захисту і водяного охолодження;

- присутність на робочому місці головних та допоміжних матеріалів, необхідних для виконання зварювальних робіт;

- тиск інертних газів в балонах, які безпосередньо під'єднані до зварювальних постів.

2.13.14 Зварювальний дріт і присадкові стрижні із комори повинні видаватися зварювальнику в кількості, яка необхідна для виконання роботи в одну зміну. Перед використанням матеріалів зварювальник повинен перевірити якість поверхні дроту і стрижнів, а також їх чистоту, шляхом протирання білою кретоновою серветкою.

Неякісні і забруднені матеріали повинні бути повернуті в комору:

- сірий колір мінливості без металевого блиску;

- зморшкуваті ділянки, а також порошковий наліт будь-якого кольору.

2.13.15 Якість зварного шва повинна оцінюватися за кольором поверхні кратера:

- сріблястий без слідів мінливості;

- світло - жовтий (солом'яний) колір мінливості є допустимим;

- інші, крім світло - жовтого (солом'яного) кольору мінливості на поверхні кратеру є недопустимими.

При окисленні кратеру до недопустимих кольорів мінливості, зварювання повинно бути припинене для визначення і виправлення причин, які спонукали до окислення металу, а шов (валик) – повинен бути вирізаний на всю глибину проплавлення металу і по всій довжині окислення.

Забороняється продовжувати зварювання або обробляння швів без усунення причин, які призвели окислення кратеру шва.

2.13.16 Якщо кратер шва має недопустимий колір мінливості, тоді якість захисту поверхні швів (валиків) і основного металу в процесі зварювання, слід оцінювати також по їх кольорах мінливості та зовнішньому вигляду поверхні.

Умовно допустимі кольори мінливості на поверхні швів і основного металу:

- світло-жовтий (солом'яний), коричневий і фіолетовий.

Недопустимі кольори мінливості і зовнішній вигляд поверхні швів (валиків):

- синій, блакитний, зелений і світло - зелений;

- сірий колір мінливості без металевого блиску;

- зморшкуваті ділянки, а також порошковидний наліт будь-якого кольору.

У разі наявності умовно допустимих кольорів мінливості, окисну плівку на поверхні зварних швів (валиків) і основного металу слід видаляти. Суворо забороняється виконувати зварювання на окислених поверхнях (при будь-якому кольорі мінливості), а також виконувати переплавку цих ділянок.

Зварні шви з недопустимими кольорами мінливості і зовнішнім виглядом повинні бути видалені на всю глибину проплавлення.

Перед тим, як виконати зварювання, ділянки швів (окремих валиків) і поверхні основного металу після видалення окислення та їх зачистки, а також при відновленні зварювання після перерви, повинні бути промиті розчинником.

Примітки: **1.** Допустимі кольори мінливості на поверхні кратера (світло-жовтий (солом'яний)), а також умовно допустимі кольори мінливості на поверхні швів і основного металу (світло-жовтий (солом'яний), коричневий і фіолетовий) характеризують поверхневе окислення - тонку окисну плівку, яка легко очищується за допомогою сталевої щітки.

2. При наявності на поверхні кратера будь-якого кольору мінливості, іншого, ніж світло-жовтий (солом'яний), незалежно від кольору мінливості на поверхні виконаного валика, останній може бути окисленим на усьому перерізі (в зв'язку з окисленням в процесі зварювання рідкої ванни) і в цьому випадку він підлягає видаленню.

3. Недопустимі кольори мінливості на поверхні швів (синій, блакитний, зелений і світло - зелений) свідчать або про поверхневе окислення з товщиною окисної плівки, яка не піддається достатньому видаленню зачисткою сталевою щіткою, або про об'ємне окислення наплавленого металу, твердість якого перевищує твердість основного металу.

Валики із недопустимими кольорами мінливості підлягають видаленню.

4. Сірий колір мінливості без металевого блиску, а також зморщені ділянки і порошковидний наліт будь – якого кольору на наплавленому валику свідчать про об'ємне окислення, і шов підлягає видаленню на всю глибину проплавлення.

2.13.17 Після зварювання з'єднань, вихідні планки повинні бути видалені, кінці деталей повинні бути зачищені і виконаний контроль зачищених місць.

2.13.18 Однопрохідні зварювальні шви при будь-якому способі зварювання рекомендується виконувати без перерви.

При виконанні багатопрохідних швів, зварювання для кожного подальшого проходу повинно бути зроблене тільки після попереднього охолодження попереднього.

Основним критерієм достатнього охолодження повинна бути відсутність кольорів мінливості на поверхні кратеру і валика.

2.13.19 Допускається застосовувати правку для видалення загальних і місцевих деформацій листових конструкцій, які виникають під час їх виготовлення. Правку конструкцій із титанових сплавів необхідно виконувати нагріванням за допомогою електричної дуги. Дозволяється правку виконувати багатопрохідними швами. Температура нагрівання при правці повинна відповідати властивостям даного сплаву.

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.

Цій підрозділ Правил застосовується при проєктуванні 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 патрубка 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 Інши 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

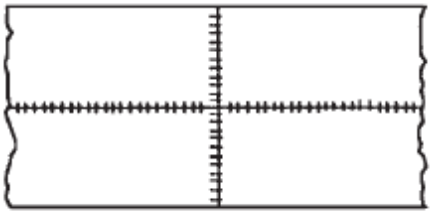
2.14.2.1.1 У цьому підрозділі визначені загальні характеристики зварних швів (поширені форми зварних швів), загальні вимоги до зварювальників, зварювальних матеріалів, загальні принципи підготовки до зварювання та безпосередньо процесу зварювання, контролю зварних з'єднань.

2.14.2.1.2 Технологічні процеси зварювальних робіт, методи контролю та випробування зварних швів у кожному випадку повинні бути узгоджені з Регістром.

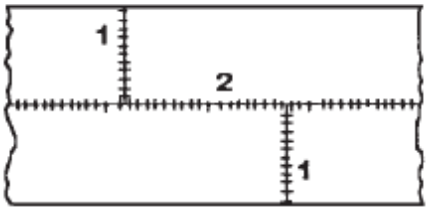
2.14.2.1.3 Зварювання вентилятором гарячого газового теплоносія та зварювання гарячим газовим теплоносієм методом протягування в основному використовується для матеріалів товщиною від 2 до 10мм. Більші товщини, як правило, зварюють екструзійним зварюванням.

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

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;

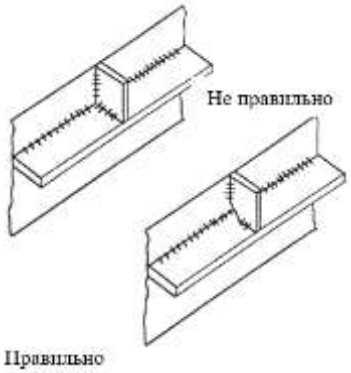
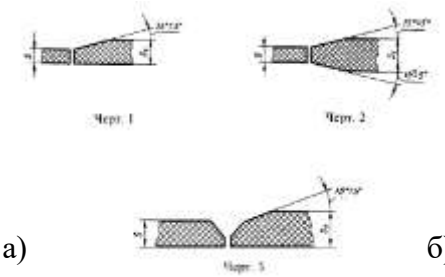


Рис. 2.14.2.2-2;

- 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’єднувані частини різної товщини для стикових з’єднань повинні мати однакову товщину матеріалу. При різниці в товщині з'єднуваних 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.



а) б)

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 пустот і мати необхідну висоту.

2.14.2.3 Форми зварних швів.

Найбільше поширені форми зварних швів наведені на рис. 2.14.2.3-1.

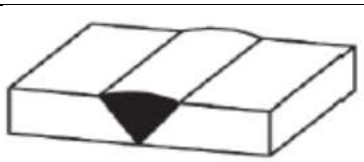
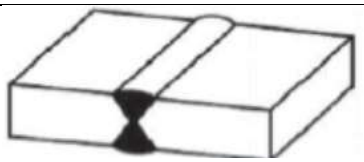
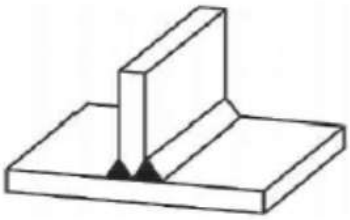
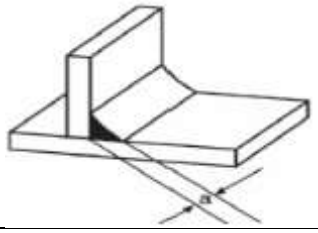
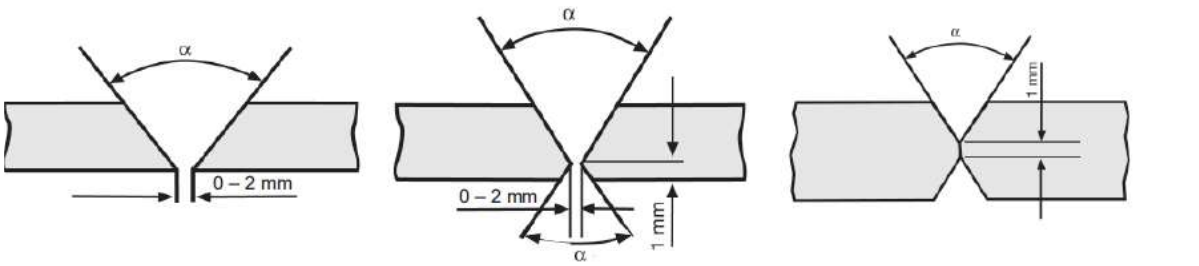
Позначення	Зображення	Символ
V шов		
подвійний V-подібний шов (X-шов)		
подвійний шов HV (K-шов)		
кутове зварювання		

Рис. 2.14.2.3-1. Поширені форми зварних швів

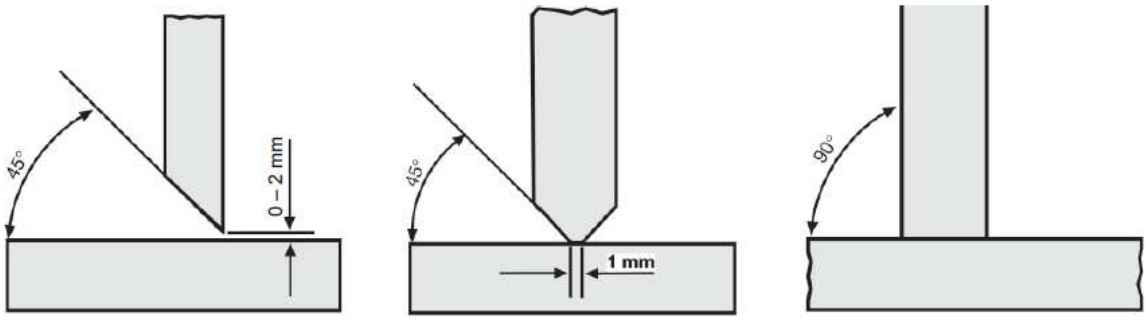
На рис. 2.14.2.3-2 наведені відповідні форми обробки кромок з'єднуваних частин для наведених форм зварних швів.



a) V-подібний шов на стиковому з'єднанні зі скосом двох

b) V-подібний шов на стиковому з'єднанні – з протилежним скосом двох кромок

c) Подвійний V шов на стиковому з'єднанні з двома симетричними скосами двох кромок



d) T-подібний шов зі скосом однієї кромки

e) T-подібний шов з двома симетричними скосами однієї

f) T-подібний шов без скоса кромки

Рис. 2.14.2.3-2. Форми обробки кромок 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 скребки, скребкові 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 (див. групи стандартів ДСТУ EN 13100 з неруйнівних методів випробувань і ДСТУ EN 12814 з руйнівних методів випробувань). 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 –0,6бар.
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.

Неруйнівний контроль	
	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.

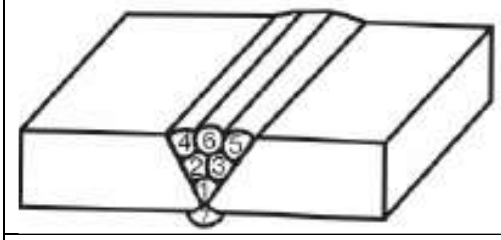
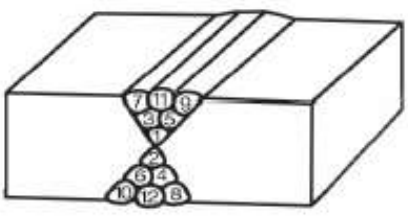
Розробка кромок для зварних швів повинна виконуватися згідно з рис. 10.2.1.5.-2. При цьому кути розкриття швів α для V та подвійних V швів складають, як правило, $60^0 \div 70^0$. Для кутових швів звичайними є 45^0 або 90^0.

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 × діаметр, мм
V-подібний шов 	2	1×4
	3	3×3
	4	1×3+2×4
	5	6×3 Необов'язковий додатковий для кожному випадку зустрічний шар (позиція 7)
Подвійний V-подібний шов 	4	на кожну сторону 1×4
	5	на кожну сторону 3×3
	6	на кожну сторону 3×3
	8	на кожну сторону 1×3+2×4
	10	на кожну сторону 6×3 або на кожну сторону 1×3+3×4

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 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.

2.14.4.3 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], ^{0}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 вдавлюється6 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 теплого 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], ^{0}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 кромок, присадний матеріал, структура зварного шву.
Поширені форми зварних швів наведені на рис. 5.14.2.3-1 Розробки кромок 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 кромок. 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.

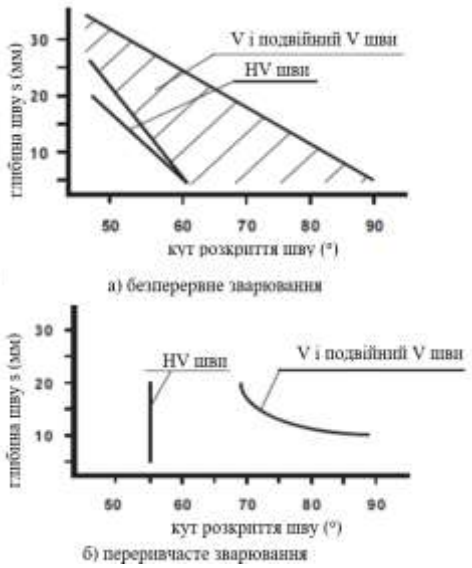


Рис. 2.14.5.2 Рекомендовані кути розкриття шву для HDPE для зварних швів V і HV залежно від глибини шву та процесу зварювання (для інших матеріалів, можливо, доведеться вибрати інші кути розкриття шву).

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 гладкі, антиадгезивні поверхні 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 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 зазвичай виконується переривчатим 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], ^{0}C	Температура гарячого газового теплоносія[2], ^{0}C	Кількість гарячого газового теплоносія[3], л/хв
HDPE	210÷230	210÷300	300

[1] Вимірюється проникаючим термометром на виході присадного матеріалу з екструдеру.
[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 багатошарових 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.

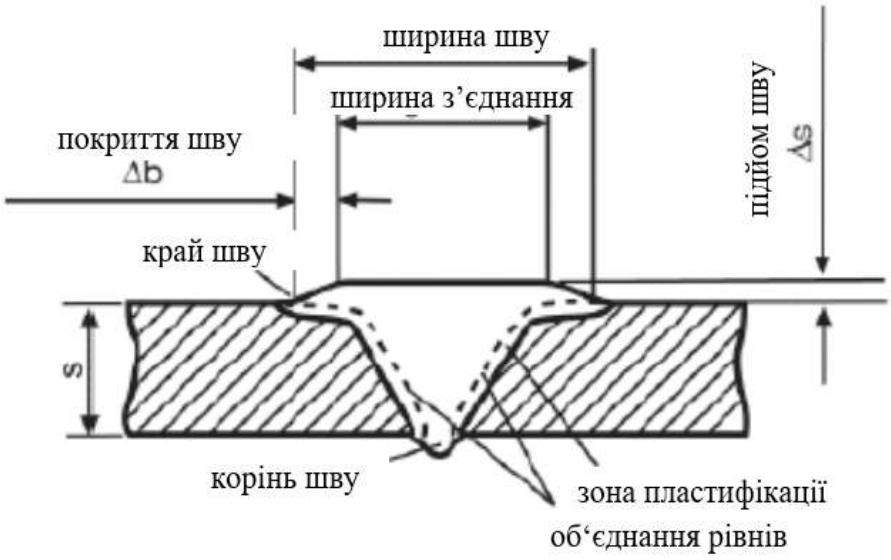


Рис. 2.14.5.6 Приклад V-подібного шву із зонами плавлення та покриття шву.

2.14.5.7Додаткова 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 с 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 фітингів[2]:

- 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.

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] 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 полівінілденфторіїду (фторопласту) (PVDF)

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 A, B та O.

2.15.4.2 До зварних швів класу A встановлюються вимоги як для швів, виконаних на повітрі за нормального атмосферного тиску. Вимоги для зварних швів класу A, 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 B призначені для менш критичних умов роботи, де допускаються нижчий рівень механічних властивостей металу шва, помірна пористість та інші обмежені дефекти. Вимоги для швів класу B, 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 O повинні відповідати вимогам стандартів, що застосовуються, або нормативної документації з метою забезпечення умов підводного зварювання. Вимоги для зварних швів класу O, 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 зворотної стороні яких знаходиться вода.

Зварювання конструкцій, на зворотної 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 зворотної 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 кромок, що зварюються газовим пальником для видалення конденсату та інших слідів вологи до температури не нижче +5°C. Така операція повинна виконуватися з мінімально 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 Ceq 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 зворотної 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 зворотної 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 A (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 схваленим технологічним процесам 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 мокрим 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 повинене також бути схвалене призначення класу зварного шва. У випадку, якщо Регістром схвалено застосування зварних швів класу B, 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 A (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 кромок, 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 застосовними положеннями разд.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 кромок 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 Н25.

Зварювальним матеріалам для мокрого зварювання конструкцій зі сталі нормальної та підвищеної міцності можуть бути присвоєні наступні категорії: 2В, 2О, 2YВ і 2YО, де цифра 2 позначає проведення випробувань на ударний вигин при температурі 0°С, індекси В і О вказують на клас зварювального шва, визначених випробуваннями, Y- 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.».

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 променю.

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 променю 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 (PA):

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 променю на поверхні

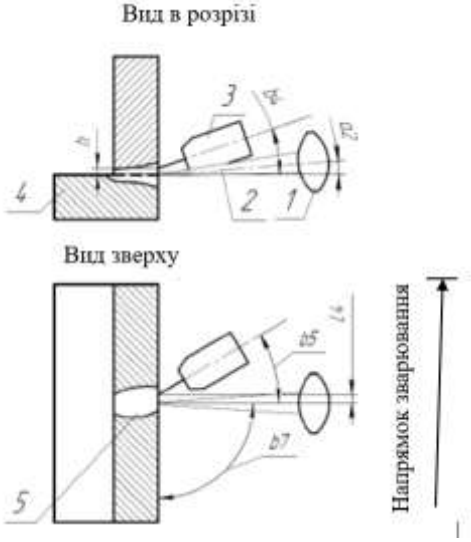


Рис. 2.16.1.1-2 Схема ГЛДЗ, метод «Гібрид» кутового зварного з'єднання в горизонтальному положенні (PA):

1 - фокусуюча лінза; 2 - лазерний промінь; 3 - дуговий пальник; 4 - виріб, що зварюється; 5 - зварювальна ванна;
α2 - 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 променю в горизонтальній площині;
b7 - к*ут 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 променю на поверхні

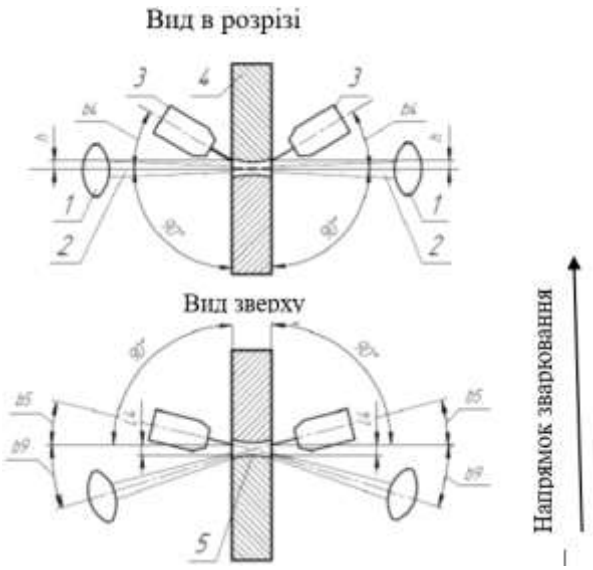


Рис. 2.16.1.1-3 Схема ГЛДЗ, метод «Гібрид двосторонній» зварного стикового з'єднання в горизонтальному положенні (РС):

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.

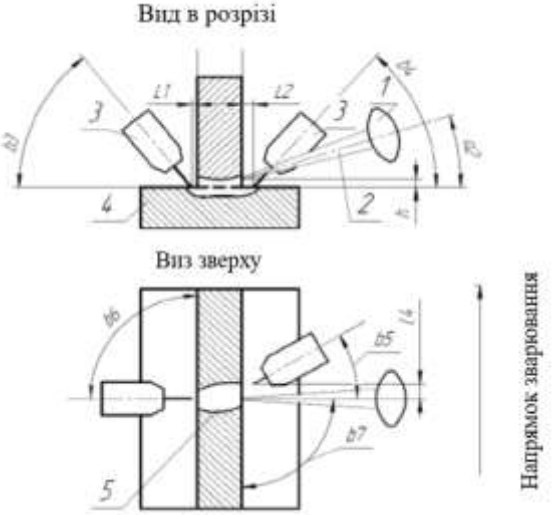


Рис. 2.16.1.1-4 Схема ГЛДЗ, метод "Гібрид + дуга" таврового зварного з'єднання в горизонтально-вертикальному положенні (РВ)

1 - фокусуюча лінза; 2 - лазерний промінь; 3 — дуговий пальник, 4 — виріб, що зварюється; 5 - зварювальна ванна;

α2 - 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)

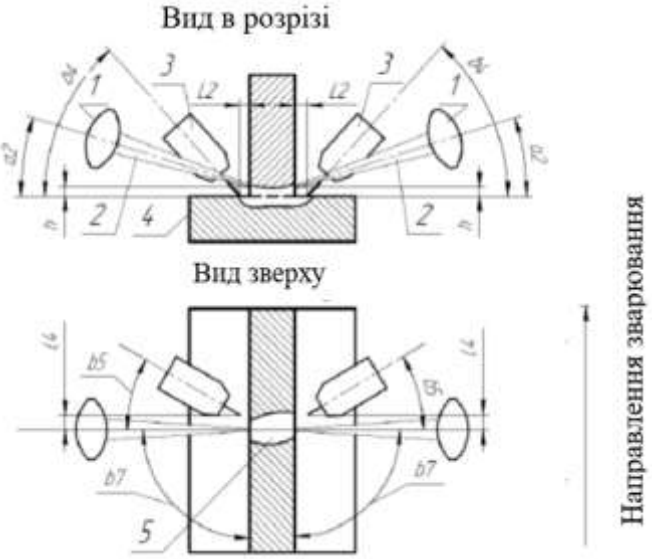
Рис. 2.16.1.1-5 Схема ГЛДЗ, метод «Гібрид Тандем» стикового зварного з'єднання в нижньому положенні (PA):

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, b2 - кути між лазерним променем та дуговими пальниками;

L1, L2 — відстань між місцями перетинів осей лазерного променю та дугових пальників із поверхнею



2.16.1.1-6 Схема ГЛДЗ, метод «Гібрид двосторонній» зварного таврового з'єднання в горизонтально-вертикальному положенні (PB):

1 - фокусуюча лінза; 2 - лазерний промінь; 3 - дуговий пальник; 4 - виріб, що зварюється; 5 - зварювальна ванна;

α2 - кут між горизонтальною поверхнею та лазерним променем; *b4* — кут між горизонтальною поверхнею та дуговим пальником; *b5* - кут нахилу дугового пальника щодо лазерного променю; *b7* - кут між лазерним променем та вертикальною стінкою;

L4 - відстані між місцями перетинів осей зварювального дроту та лазерного променю в горизонтальній площині; *h* - висота фокусної плями від кута (у горизонті)

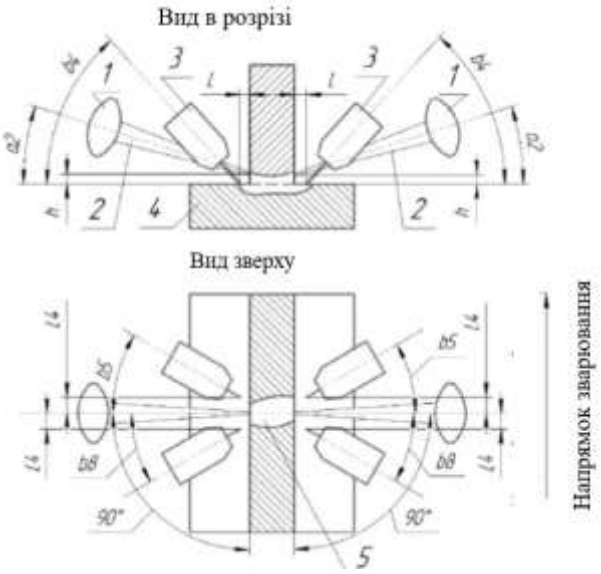


Рис. 2.16.1.1-7 Схема ГЛДЗ, метод «Гібрид Тандем двосторонній» таврового зварного з'єднання в горизонтально-вертикальному положенні (РВ):

1 - фокусуюча лінза; 2 - лазерний промінь; 3 - дуговий пальник; 4 - виріб, що зварюється, 5 - зварювальна ванна;

α2 - кут між горизонтальною поверхнею та лазерним променем; *b4* — кут між горизонтальною поверхнею та дуговим пальником; *b5, b8* - кути між дуговими пальниками та лазерними променями; *L4* — відстані між місцями перетинів осей зварювального дроту та лазерного променю 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 кромок та збирання зварних з'єднань.

2.15.3.1 Розкрій листів та обробку кромок допускається проводити механічним способом (механічною верстатною обробкою), гідроабразивною обробкою, плазмовою або лазерною різкою, що забезпечує скіс кромок (конусність різу) 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 кромок 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 кромок 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 24год.

2.16.3.4 При складанні стикових з'єднань під лазерне та гібридне лазерно-дугове зварювання допускається взаємне зміщення (депланація) кромок 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 (PA)	$3 \leq t \leq 6$	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 (PB, PC)	$3 \leq t \leq 6$	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 несплавлення кромок 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 променю тощо.

Тому при підготовленні деталей до зварювання застосовуються відмінні від електродугової види оброблення кромок, 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 кромок 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.

2.16.4.3 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 кромок у будь-якому просторовому положенні.

2.16.5.2 Сталі та сплави товщиною понад 8мм допускається виконувати лазерним зварюванням у багатопрохідному 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 кромок проводиться розфокусованим лазерним променем з додатковим коливанням в межах ширини заповнюваної обробки з частотою достатньої для отримання суцільного зварного шва.

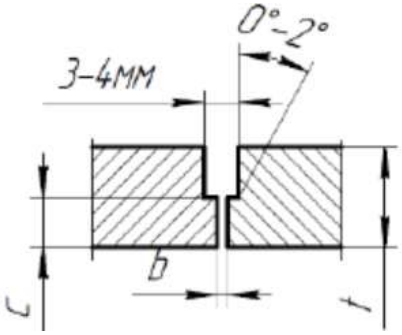


Рис. 2.16.5.2 Спеціальне звужене (вузькощільове) розділка кромок при багатопрохідному лазерному зварюванні:

t - Товщина сталі; З - 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 кромок (для товщин від 3 до 12 мм) рекомендується виконувати зі скосом на кромках до 1,5 мм (див. рис. 2.15.5.5 б).

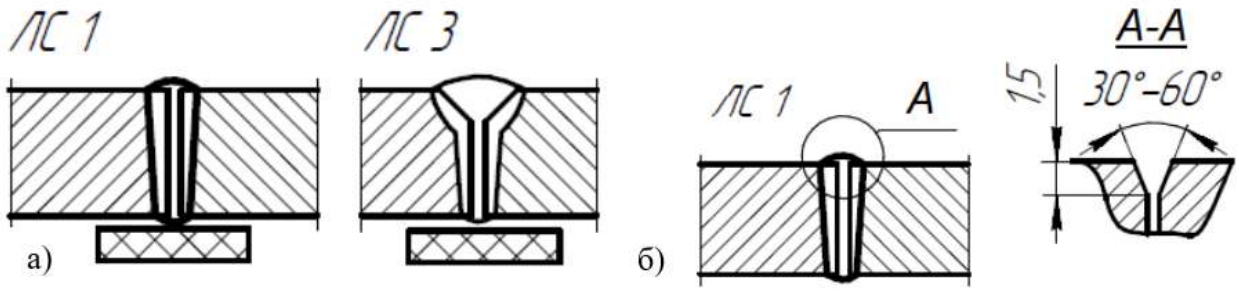
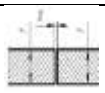
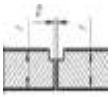
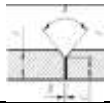
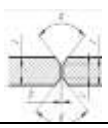


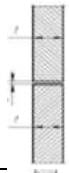
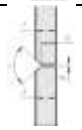
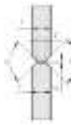
Рис. 2.15.5.5 а) - використання флюсової та мідно-флюсової підкладки;

б) - спеціальний скіс для датчика стеження на розділці без скосу кромок

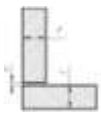
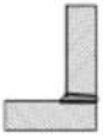
Таблиця 2.16.4.2-1 **Підготовка зварних з'єднань та застосування методів зварювання для стикових з'єднань**

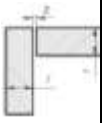
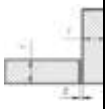
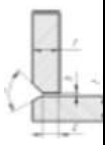
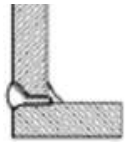
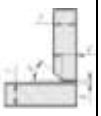
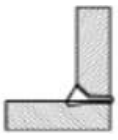
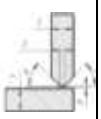
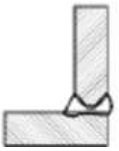
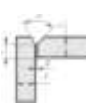
Позначення з'єднання	Товщина металу, мм	Конструктивні елементи підготовлених кромок	Вид	Кут розділки, град	Товщина притуплення (c), мм	Застосовність методів зварювання						
						Лазерна	Лазерна + дріт	Гібрид	Гібрид + дуга	Гібрид Тандем	Гібрид двосторонній	Зображення зварного з'єднання
ЛС1	$1 \le t \le 3$			-	-	+	+	-	-	-	-	
	$3 < t \le 6$					+	+	+	-	+	-	
	$6 < t \le 12$					-	+	+	-	+	-	
ЛС2	$8 < t \le 16$			-	$3 \le c \le 5$	+	+	-	-	-	-	
	$16 < t \le 32$				$3 \le c \le 8$	+	+	-	-	-	-	
ЛС3	$12 < t \le 16$			$30° \le \alpha \le 60°$	$8 \le c \le 10$	-	-	+	-	+	-	
	$16 < t \le 26$				$8 \le c \le 14$	-	-	+	+	+	-	
ЛС4	$26 < t \le 50$			$30° \le \alpha \le 60°$	$8 \le c \le 16$	-	-	+	+	+	-	

Таблиця 2.16.4.2-2 Підготовка зварних з'єднань та застосування методів зварювання для стикових горизонтальних з'єднань

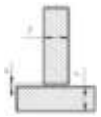
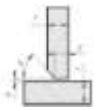
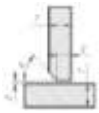
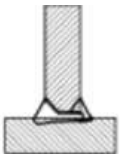
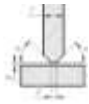
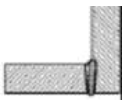
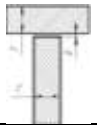
Позначення з'єднання	Товщина металу, мм	Конструктивні елементи підготовлених кромок	Вид розділки	Кут розділки, град	Товщина притуплення (c), мм	Застосовність методів зварювання						Зображення зварного з'єднання
						Лазерна	Лазерна + дріт	Гібрид	Гібрид + дуга	Гібрид Тандем	Гібрид двосторонній	
ЛГ1	1≤*t*≤3			-	-	+	+	-	-	-	-	
	3<*t*≤6					+	+	+	-	-	-	
	6<*t*≤12					-	+	+	-	+	-	
ЛГ2	12<*t*≤26			30°≤α≤60°	8≤c≤12	-	-	+	-	+	-	
ЛГ3	26<*t*≤50			30°≤α≤60°	c≤30	-	-	-	-	-	+	
ЛГ4[1]	26<*t*≤50			30°≤α≤60°	c≤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**

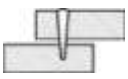
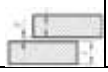
Позначення з'єднання	Товщина металу, мм	Конструктивні елементи підготовлених кромок	Вид розділки	Кут розділки, град	Товщина притуплення (c), мм	Застосовність методів зварювання						Зображення зварного з'єднання
						Лазерна	Лазерна + дріт	Гібрид	Гібрид + дуга	Гібрид Тандем	Гібрид двосторонній	
ЛК1	1≤*t*≤3			-	-	+	+	-	-	-	-	
	3<*t*≤6					+	+	+	-	+	-	
	6<*t*≤12					-	+	+	-	+	+	
	8<*t*≤16					-	+	+	-	+	+	
ЛК2	1≤*t*≤3			-	-	+	+	-	-	-	-	
	3<*t*≤6					+	+	+	-	+	-	
	6<*t*≤12					-	+	+	-	+	-	
	8<*t*≤16					-	-	+	-	-	-	

Позначення з'єднання	Товщина металу, мм	Конструктивні елементи підготовлених кромок	Вид розділки	Кут розділки, град	Товщина притуплення (c), мм	Застосовність методів зварювання						
						Лазерна	Лазерна + дріт	Гібрид	Гібрид + дуга	Гібрид Тандем	Гібрид двосторонній	Зображення зварного з'єднання
ЛК3	$1 \le t \le 3$			-	-	+	+	-	-	-	-	
	$3 < t \le 6$					+	+	+	-	+	-	
	$6 < t \le 12$					-	+	+	-	+	-	
	$8 < t \le 16$					-	-	+	-	-	-	
ЛК4	$1 \le t \le 3$			-	-	+	+	-	-	-	-	
	$3 < t \le 6$					+	+	+	-	+	-	
	$6 < t \le 12$					-	+	+	-	+	-	
	$8 < t \le 16$					-	-	+	-	-	-	
ЛК5	$12 \le t \le 16$			$30° \le \alpha \le 60°$	$6 \le c \le 10$	-	-	+	+	+	+	
	$16 < t \le 26$				$8 \le c \le 12$	-	-	+	+	+	+	
	$26 < t \le 32$				$16 \le c \le 20$	-	-	+	+	+	+	
	$32 < t \le 50$					-	-	+	+	+	+	
ЛК6	$16 < t \le 26$			$15° \le \alpha \le 45°$	$8 \le c \le 10$	-	-	+	+	+	-	
	$26 < t \le 32$				$8 \le c \le 12$	-	-	+	+	+	-	
	$32 < t \le 50$				$12 \le c \le 16$	-	-	+	+	+	-	
ЛК7	$16 < t \le 26$			$15° \le \alpha \le 45°$	$10 \le c \le 16$	-	-	+	+	+	+	
	$26 < t \le 32$				$8 \le c \le 12$	-	-	+	+	+	+	
	$32 < t \le 50$				$8 \le c \le 12$	-	-	+	+	+	+	
ЛК8	$16 < t \le 26$			$30° \le \alpha \le 60°$	$8 \le c \le 12$	-	-	+	+	+	-	
	$26 < t \le 32$				$8 \le c \le 12$	-	-	+	+	+	-	
	$32 < t \le 50$				$8 \le c \le 12$	-	-	+	+	+	-	

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 підготовлених кромок	Вид розділки	Кут розділки, град	Товщина притуплення (c), мм	Застосовність методів зварювання						Зображення зварного з'єднання
						Лазерна	Лазерна + дріт	Гібрид	Гібрид + дуга	Гібрид Тандем	Гібрид двосторонній	
ЛТ1	1≤*t*≤3			-	-	+	-	-	-	-	-	
	3<*t*≤6					+	+	+	-	+	-	
	6<*t*≤12					-	+	+	-	+	+	
	12<*t*≤16					-	-	+	-	+	+	
ЛТ2	12<*t*≤16			15°≤α≤45°	6≤c≤12	-	-	+	-	+	-	
ЛТ3	12<*t*≤16			15°≤α≤45	8≤c≤10	-	-	+	+	+	-	
	16<*t*≤26				8≤c≤12	-	-	+	+	+	+	
	26<*t*≤32				12≤c≤16	-	-	+	+	+	+	
	32<*t*≤50				12≤c≤16	-	-	+	+	+	+	
ЛТ4	16<*t*≤26			15°≤α≤45	10≤c≤16	-	-	+	+	+	+	
	26<*t*≤32				c≤20	-	-	+	+	+	+	
	32<*t*≤50				c≤25	-	-	+	+	+	+	
ЛТ5	3≤*t*≤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 підготовлених кромок	Вид розділки	Кут розділки, град	Товщина притуплення (c), мм	Застосовність методів зварювання						Зображення зварного з'єднання
						Лазерна	Лазерна + дріт	Гібрид	Гібрид + дуга	Гібрид Тандем	Гібрид двосторонній	
ЛН1	3<*t*≤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-променеве та лазерно-променеве 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 PAUT (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	
[1]Азот (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 налаштовувати 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)

Умовне позначення за ДСТУ EN ISO 4063:2023	Процеси зварювання
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	$t \le 3$	до 3
	$3 \le t < 16$	2 – 12
	$16 \le t < 20$	10 – 26
Алюміній та його сплави	$t \le 6$	до 8
	$6 < t \le 12$	6 – 15
Титан і титанові сплави	$t \le 8$	до 5
	$3 \le t < 6$	до 8
[1]При 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

3.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

3.1.1 Методи неруйнівного контролю.

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/ MT);

.3 капілярного контролю, включаючи кольоровий, люмінесцентний і люмінесцентно-кольоровий методи (КК/ PT);

.4 радіографічного контролю, включаючи рентгено- та гаммаграфічні методи (РГК/ RT);

.5 ультразвукового контролю (УЗК/ UT);

.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** Можливості різних методів неруйнівного контролю за їх застосування для різних типів зварних з'єднань наведені в табл. 3.1.1.2-1 та 3.1.1.2-2 та 3.1.1.2-3. При цьому необхідно враховувати, що радіографічний і ультразвуковий методи мають розходження за характеристиками щодо виявлення для дефектів різного типу і розташування.

Таблиця 3.1.1.2-1 **Загальні можливості застосування методів неруйнівного контролю для виявлення поверхневих дефектів для всіх типів зварних з'єднань, включаючи кутові шви без оброблення кромок, згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 17635 або відповідними стандартами ISO чи EN**

Матеріали	Методи контролю
Низьковуглецеві сталі, феритні корозійностійкі сталі	VT, VT і MT, VT і PT
Аустенітні сталі	VT, VT і PT
Алюмінієві сплави	VT, VT і PT
Нікелеві та мідні сплави	VT, VT і PT
Титанові сплави	VT, VT і PT

Таблиця 3.1.1.2-2 **Загальні можливості застосування методів неруйнівного контролю для виявлення внутрішніх дефектів у зварних з'єднаннях з повним проваром згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 17635 або відповідними стандартами ISO чи EN**

Матеріали і тип з'єднань	Номінальна товщина основного металу t, мм		
	$t \leq 8$	$8 < t \leq 40$	$t > 40$
Низьковуглецеві сталі, феритні корозійностійкі сталі, стикові з'єднання	RT або (UT)	RT або UT	UT або (RT)
Низьковуглецеві сталі, феритні корозійностійкі сталі, таврові і кутові з'єднання	(UT) або (RT)	UT або (RT)	UT або (RT)
Аустенітні сталі, стикові з'єднання	RT	RT або (UT)	RT або (UT)
Аустенітні сталі, таврові і кутові з'єднання	(UT) або (RT)	(UT) і/або (RT)	(UT) або (RT)
Алюмінієві сплави, стикові з'єднання	RT	RT або UT	RT або UT
Алюмінієві сплави, таврові і кутові з'єднання	(UT) або (RT)	UT або (RT)	UT або (RT)
Нікелеві та мідні сплави, стикові з'єднання	RT	RT або (UT)	RT або (UT)
Нікелеві та мідні сплави, таврові і кутові з'єднання	(UT) або (RT)	(RT) або (UT)	(UT) або (RT)
Титанові сплави, стикові з'єднання	RT	RT або (UT)	
Титанові сплави, таврові і кутові з'єднання	(UT) або (RT)	UT або (RT)	

Примітки: Методи контролю зазначені в дужках мають обмеження по застосуванню:
- нижня межа по товщині основного металу для ультразвукового методу контролю визначається застосовуваним обладнанням 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 UT згідно з **3.1.1.1**;для радіографічного контролю верхня межа його застосовності по товщині основного металу обумовлюється можливостями джерел радіаційного випромінювання і часом експозиції (див. **3.2.4**);
- можливість застосування радіографічного контролю для таврових і кутових з'єднань обумовлюється відношенням товщини наплавленого металу в напрямку просвічування до сумарної товщини основного і наплавленого металу в напрямку просвічування (при зменшенні цього відношення менше 0,3 застосування радіографічного контролю недоцільне);
- для матеріалів з високим рівнем ослаблення сигналу (аустенітні сталі, нікелеві і мідні сплави) застосування ультразвукового методу контролю вимагає застосування спеціальних методик.

Радіографічний метод найбільш ефективний для виявлення і класифікації об'ємних (тривимірних) внутрішніх несуцільностей типу пор, шлаків, металевих включень і непроварів в корені шва, і менш ефективний при виявленні площинних (двовимірних) несу цільностей типу тріщин і несплавлень, особливо якщо їхня площина не збігається з напрямком просвічування.

Ультразвуковий метод, навпаки, найбільш ефективний для виявлення площинних (двовимірних) дефектів, які є найбільш небезпечними і недопустимими у зварних конструкціях незалежно від їх лінійних розмірів і розташування. При цьому ультразвуковий метод дозволяє визначити глибину залягання виявлених дефектів, що є суттєвим при видаленні та виправленні дефектних ділянок шва. Також необхідно враховувати, що цей метод неруйнівного контролю володіє обмеженими можливостями для класифікації об'ємних внутрішніх несуцільностей і їх оцінка виконується в умовних числових характеристиках.

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
	6мм $\le t \le$ 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	$t \ge$ 6 мм	PAUT, RT-D**
Низьковуглецеві сталі, феритні корозійностійкі сталі, хрестоподібні з'єднання з повним проваром	$t \ge$ 6 мм	PAUT**
Стикові зварні з'єднання аустенітної сталі з повним проваром[1]	$t <$ 6 мм	RT-D
	6мм $\le t \le$ 40 мм	RT-D, PAUT**
	$t >$40 мм	PAUT*, RT-D**
Таврові з'єднання аустенітної сталі, кутові з'єднання з повним проваром[1]	$t \ge$6 мм	PAUT*, RT-D**
Алюмінієві таврові з'єднання та кутові з'єднання з повним проваром	$t \ge$ 6 мм	PAUT*, RT-D**
Алюмінієві хрестоподібні з'єднання з повним проваром	$t \ge$ 6 мм	PAUT**
Алюмінієві стикові з'єднання з повним проваром	$t <$ 6мм	RT-D
	6 мм $\le t \le$ 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 мм $\le t \le$ 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 Регістром.».

3.1.2 Вимоги до випробувальних лабораторій та персоналу.

3.1.2.1 Неруйнівний контроль і оцінювання зварних з'єднань повинні виконуватися випробувальними лабораторіями (центрами), компетенція і статус яких задовольняють вимогам до акредитації згідно з національними стандартами або міжнародними стандартами.

Документом, який підтверджує компетенцію випробувальної лабораторії (центру), є Свідоцтво про акредитацію (визнання), видане Регістром або іншим уповноваженим національним органом. В останньому випадку копія Свідоцтва з додатками повинна бути представлена інспектору Регістру до початку виконання зварювальних робіт.

Вимоги до випробувальних лабораторій, виконуючим неруйнівний контроль, і порядок їх визнання Регістром повинні відповідати положенням розд. **9** «Визнання випробувальних лабораторій» частини 1 Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів.

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 ICO 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 и сертифікація персоналу неруйнівного контролю» (Personnel Qualification and Certification in Nondestructive Testing).

*** ANSI/ASNT CP-189, 2024 – Стандарт США «Кваліфікація и сертифікація персоналу неруйнівного контролю». (Standard for Qualification and Certification of Nondestructive Testing Personnel).

3.1.2.2.1 Рівні атестації.

Особа, сертифікована відповідно до стандарту ДСТУ EN ISO 9712 або відповідних стандартів ISO чи EN, може бути атестована на один або більше із трьох перерахованих нижче рівнів.

Рівень I.

Особа, сертифікована на рівень I, повинна мати компетенцію щодо виконання неруйнівного контролю згідно з інструкціями з неруйнівного контролю і під наглядом персоналу рівня II чи III. В межах виконуваного обсягу, обумовленого сертифікатом, персонал рівня I може отримати право на виконання наступних дій згідно з інструкціями неруйнівного контролю і в області компетенції, зазначеній в сертифікаті:

- установлення обладнання неруйнівного контролю;

- виконання контролю;

- записи і класифікація результатів контролю;

- складання звіту за результатами контролю.

Персонал, сертифікований на рівень I, не несе відповідальності ні за вибір методу або методики випробувань, ні за оцінку результатів.

Рівень II.

Особа, сертифікована на рівень II, повинна мати компетенцію щодо виконання неруйнівного контролю згідно з установленими процедурами. В межах виконуваного обсягу, обумовленого сертифікатом, персоналу рівня II може бути надано право для:

- вибору способу неруйнівного контролю для застосованого методу неруйнівного контролю;

- визначення обмежень щодо застосування методу випробувань;

- застосування зведень правил, стандартів, специфікацій і процедур неруйнівного контролю для створення практичних інструкцій, адаптованих для реальних робочих умов;

- здійснення встановлення параметрів і перевірки настроювання обладнання;

- виконання контролю і спостереження за контролем;

- трактовки і оцінки результатів згідно з застосовними законодавчими положеннями, стандартами, специфікаціями і процедурами;

- підготовки інструкцій неруйнівного контролю;

- виконання і контролю всіх завдань по рівню II або нижче рівня II;

- забезпечення керування персоналом по рівню II або нижче рівня II;

- складання звіту за результатами неруйнівного контролю.

Рівень III.

Особа, сертифікована на рівень III, повинна мати компетенцію щодо виконання і безпосереднього здійснення неруйнівного контролю, на який вона має сертифікат. В межах обсягу компетенції, обумовленій сертифікатом, особі, яка сертифікована на рівень III, може бути надано право для:

- прийняття повної відповідальності за приміщення дня проведення випробувань або за екзаменаційний центр і штат;

- установлення, аналізу редакторської і технічної відповідності і затвердження інструкцій неруйнівного контролю і процедур;

- інтерпретування зведень правил, стандартів, специфікацій і процедур;

- призначення конкретних методів випробувань, процедур та використовуваних інструкцій неруйнівного контролю;

- виконання і контролю всіх завдань по всіх рівнях;

- забезпечення керування на всіх рівнях;

- прийняття участі в комісіях з приймання атестаційних іспитів для спеціалістів неруйнівного контролю всіх рівнів згідно з вимогами застосовуваного стандарту і за узгодженням з органом по сертифікації.

Персонал рівня III повинен проявляти:

- компетенцію при оцінці і трактуванню результатів в межах існуючих зведень правил, стандартів, специфікацій і процедур;

- достатнє практичне знання застосовуваних матеріалів, технології і процесу виготовлення для вибору методу неруйнівного контролю, завдання методик неруйнівного контролю і надавати допомогу в установленні критеріїв оцінки, де їх не існує;

- загальне знання інших методів неруйнівного контролю.

З урахуванням викладеного вище, повинні дотримуватися наступні вимоги до рівня кваліфікації персоналу, який допускається до виконання неруйнівного контролю зварних з'єднань:

.1 область визнання Регістром кваліфікації фахівців з неруйнівного контролю ультразвуковим методом обмежується, як правило, тими нормативними документами (стандартами), відповідно до яких вони проходили спеціальні і практичні випробування в процесі сертифікації;

.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.**.4** затвердження інструкцій і процедур неруйнівного контролю, призначення конкретних методів випробувань, процедур і використовуваних інструкцій неруйнівного контролю, а також інтерпретація зводу правил, стандартів, специфікацій і процедур повинні виконуватися фахівцями III рівня кваліфікації.

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 спеціалісти 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.

3.1.3 Схема контролю і звітна документація.

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:**.1** деталі та зварні з'єднання, які підлягають контролю на стадії приймання зварних конструкцій;

.2 обсяги і методи контролю;

.3 розташування заздалегідь призначених ділянок контролю;

.4 вимоги до оцінювання якості зварних з'єднань;

.5 стандарти або відповідні специфікації на проведення контролю.

3.1.3.2 Після закінчення зварювальних робіт на конструкції контрольний орган підприємства-виробника визначає місця (ділянки) контролю неруйнівним методом відповідно до схваленої Регістром схеми контролю. При цьому Регістр залишає за собою право змінювати розташування окремих ділянок неруйнівного контролю, або розширювати обсяг перевірок.

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. Звітні документи про проведені перевірки та випробування при неруйнівному контролі

повинні бути підготовлені на усі види контролю (первісний, додатковий і повторний після виправлення) і подані інспектору Регістру разом з протоколами випробувань, що підтверджують результати неруйнівного контролю. Звіт про результати неруйнівних випробувань зварних з'єднань повинний містити інформацію, передбачену вимогами **3.2.6** та **3.1.11**.

3.1.3.4 Результати повторного контролю після виправлення повинні бути окремо виділені у звітній документації.

Висновок про результати неруйнівного контролю повинний бути підписаний особою, яка безпосередньо виконувала контроль (оператором-дефектоскопістом), і особою, відповідальною за проведення контролю (як правило, керівником НК), яка має відповідні повноваження від випробувальної лабораторії.

3.1.3.5 Звітна документація про результати неруйнівного контролю якості зварних з'єднань повинна зберігатися на підприємстві не менше 5 років і пред'являтися, у разі необхідності, на вимогу Регістру.

3.1.4 Специфікації на проведення неруйнівного контролю.

Неруйнівний контроль зварних з'єднань повинний проводитися згідно з схваленими (затвердженими) специфікаціями (процедурами), які принаймні повинні містити наступну інформацію (якщо застосовно):

.1 застосовувані стандарти на проведення контролю;

.2 матеріали і розміри;

.3 спосіб і процес зварювання;

.4 посилання на застосовувану специфікацію процесу зварювання;

.5 тип з'єднання і розміри;

.6 основне і допоміжне обладнання;

.7 умовну чутливість контролю і спосіб її настроювання із вказівкою використовуваних еталонів і/або стандартних зразків;

.8 необхідність і спосіб корегування чутливості;

.9 вказівка номенклатури параметрів дефектів (порушення суцільності, розмірів або форми), які виявляються та підлягають оцінюванню;

.10 вимоги до настроювання і калібрування застосовуваного обладнання;

.11 форму звітних документів за результатами контролю;

.12 вимоги до кваліфікації персоналу згідно з міжнародними або національними стандартами;

.13 критерії оцінювання якості для приймання продукції.

3.1.5 Вимоги до порядку проведення неруйнівного приймального контролю зварних з'єднань.

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.2. Ця вимога не поширюється на операційний технічний контроль, який виконується в процесі виготовлення продукції відповідно до вимог технічного регламенту (наприклад, пошаровий контроль зварних з'єднань зовнішнім оглядом і вимірюванням, контроль зварних з'єднань з частково заповненим обробленням тощо).

3. В конструкціях штевнів криголамів і суден полярних і льодових класів контроль проводиться не раніше ніж через 72 години після завершення зварювальних робіт.

3.1.5.2 Усі зварні з'єднання повинні первісно піддаватися прийманню за результатами неруйнівного контролю зовнішнім оглядом і вимірюванням у обсязі 100% їх протяжності з обох сторін з'єднання (у випадку технічної можливості проведення такого огляду). При цьому усі недопустимі дефекти і недосконалості форми або розмірів шва, а також інші вади, які заважають проведенню неруйнівного контролю іншими методами, повинні бути усунені, а місця виправлень повторно прийняті контрольним органом виготовлювача зварних конструкцій, згідно з вимогами **3.2.1**.

Регістр залишає за собою право вимагати призначення додаткових ділянок неруйнівного контролю відповідними методами у тих місцях, де за результатами неруйнівного контролю зовнішнім оглядом і вимірами були виявлені дефекти, що свідчать про грубі порушення технологічного процесу зварювання.

3.1.5.3 Якщо передбачена термічна обробка зварних з'єднань, остаточний приймальний контроль повинний виконуватися після її завершення.

3.1.5.4 Проведення повторного неруйнівного контролю перед уведенням зварних конструкцій в експлуатацію (передаванням замовнику) або при їх остаточному прийманні повинне здійснюватися у тому випадку, якщо ці конструкції були піддані навантаженням, не передбаченим розрахунками для нормальної експлуатації (наприклад, при транспортуванні до місця монтажу, при випробуваннях пробним навантаженням або тиском, що перевищують розрахункові експлуатаційні). Методи і обсяг такого контролю повинні бути погоджені з Регістром.

3.1.5.5 Недопустимі дефекти, виявлені на усіх стадіях контролю зварних з'єднань, підлягають обов’язковому виправленню. При цьому повторне виправлення однієї і тієї ж ділянки зварного з'єднання дозволяється виконувати у випадках, обумовлених погодженою із Регістром документацією. Виправлення внутрішніх дефектів на одній ділянці шва, як правило, більше двох раз не дозволяється.

3.1.5.6 Якщо при контролі зварних з'єднань виявлені тріщини, то повинні бути вжиті наступні заходи:

.1 проконтрольована вся довжина технологічно самостійного зварного з'єднання, виконаного зварювальником, який допустив брак. Для швів малої протяжності (менше 1м) контролю підлягають усі однотипні з'єднання у складі секції або монтажного з'єднання, виконані за аналогічним (із забракованим) технологічним процесом зварювання;

.2 зупинені зварювальні роботи, які виконуються із застосуванням аналогічної специфікації процесу зварювання;

.3 виявлені та усунуті причини утворення тріщин з наданням інспектору Регістру інформації про заходи, прийняті по їх усуненню. За необхідності в специфікацію процесу зварювання внесені корегування з повторним пред'явленням документа Регістру для схвалення.

Примітки: 1. Технологічно самостійним вважається зварне з'єднання безперервної довжини, яке має по всій довжині одинакові переріз і оброблення кромок, виконане за однією специфікацією процесу зварювання в одному або в безперервно мінливому просторовому положенні зварювання.

2. До зварних з'єднань малої протяжності відносяться стикові з'єднання штабобульбового і таврового профілю, а також таврові з'єднання із суцільним проваром патрубків з настилами, палубами або перегородками.

3.1.5.7 Якщо при контролі зварних з'єднань виявлені дефекти, які відмінні від тріщин, (див. **3.1.5.6**), необхідно керуватися наступним:

.1 контроль повинний бути продовжений на ділянках, що прилягають з двох сторін до дефектної ділянки, до одержання задовільних результатів;

.2 на кожну забраковану ділянку повинний бути призначений додатковий контроль двох нових ділянок згідно з **3.1.5.8**;

Примітка. Ця вимога не застосовується для ділянок контролю, які прилягають до забракованих та призначених для визначення меж дефектної зони шва згідно з **3.1.5.7.1**.

.3 для швів малої протяжності необхідно додатково перевірити по всій довжині чотири аналогічних шва, виконаних тим же зварювальником за однією специфікацією процесу зварювання: два попередніх та два наступних;

.4 якщо результати додаткового контролю згідно з **3.1.5.7.2** та **3.1.5.7.3** свідчать про систематичний характер недопустимих дефектів, то усі технологічно самостійні зварні з'єднання або шви малої протяжності у складі секції, виконані одним зварювальником, повинні бути проконтрольовані по усій довжині;

.5 якщо при первісному і додатковому контролі перевірені 50% та більше довжини цього технологічно самостійного зварного з'єднання або кількість однотипних швів малої протяжності у складі секції та встановлено, що потрібний подальший контроль, то з'єднання повинно бути проконтрольоване по всій довжині або проконтрольовані усі однотипні шви малої протяжності у складі секції.

3.1.5.8 У разі призначення ділянок додаткового контролю згідно з **3.1.5.7.2** необхідно керуватися наступним:

.1 для кільцевих стикових з'єднань між блоками і монтажних стикових з'єднань ділянки додаткового контролю повинні бути розташовані приблизно посередині між раніше проконтрольованими з оцінкою «придатна» ділянками;

.2 для внутрішніх секційних зварних з'єднань ділянки додаткового контролю повинні бути розташовані на з'єднаннях, первісний контроль яких радіографічним або ультразвуковим методом не виконувався;

.3 якщо при первісному контролі на всіх внутрішніх секційних зварних з'єднаннях проконтрольовані хоча б по одній ділянці, то додатковий контроль необхідно виконувати на зварному з'єднанні, яке має дефектну ділянку;

.4 якщо контролювалася ділянка з перетинанням зварних швів, то ділянки додаткового контролю повинні бути розташовані на шві, в якому виявлений недопустимий дефект.

3.1.5.9 Якщо при додатковому контролі радіографічним або ультразвуковим методом якість ділянки зварного з'єднання оцінюється як «придатна», то на цьому додатковий контроль закінчується. У разі оцінки якості ділянки додаткового контролю як «не придатна», необхідно продовжити контроль згідно з **3.1.5.7** до отримання задовільних результатів.

3.1.5.10 При контролі зварних з'єднань після виправлення виявлених в них недопустимих дефектів необхідно керуватися наступними положеннями:

.1 контроль після виправлення всього технологічно самостійного зварного з'єднання, забракованого за результатами контролю радіографічним або ультразвуковим методом, необхідно виконувати у повному обсязі всіма методами контролю, передбаченими технічною документацією для приймального контролю цього з'єднання;

.2 контроль окремих ділянок зварного з'єднання, забракованих за результатами контролю радіографічним або ультразвуковим методом, після виправлення необхідно виконувати по усій їх протяжності тими ж методами, якими були виявлені виправлені дефекти;

.3 оцінювання якості і приймання виправлених зварних з'єднань необхідно виконувати за тими ж критеріями, що і при первісному контролі;

.4 якщо в зварному з'єднанні після виправлення не виявлені недопустимі дефекти, то воно визнається придатним;

.5 якщо в зварному з'єднанні після виправлення виявлені недопустимі дефекти, необхідно керуватися положеннями **3.1.5.5**.

3.1.5.11 При контролі зварних швів зовнішньої обшивки знімок повинний бути розташований по осі стику на перехресті швів таким чином, щоб він частково охоплював також паз, як це показано на рис. 3.1.5.11-1.

При ультразвуковому методі контролю необхідно проконтролювати ділянки шириною 100мм із кожної сторони стику, як це показано на рис.3.1.5.11-2.

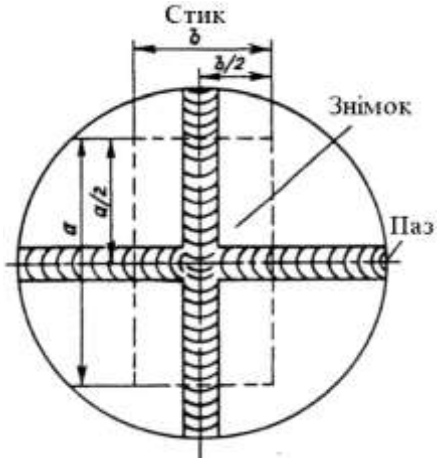


Рис. 3.1.5.11-1: *a* – довжина знімка, рівна ≈ 500мм;
b – ширина знімка, рівна ≈ 100мм

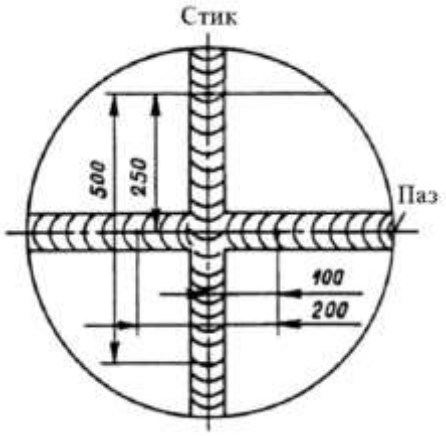


Рис. 3.1.5.11-2

3.2 ВИМОГИ ЩОДО ПРОВЕДЕННЯ І ОСНОВНИХ ПАРАМЕТРІВ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ

3.2.1 Візуальний і вимірювальний контроль зварних з'єднань (контроль зовнішнім оглядом і вимірюванням).

3.2.1.1 Візуальний і вимірювальний контроль зварних з'єднань повинний виконуватися згідно з вимогами стандартів ДСТУ EN ISO 17637, ДСТУ EN ISO 6520-1 або відповідних стандартів ISO чи EN, або інших визнаних Регістром міжнародних і національних стандартів.

3.2.1.2 Візуальний контроль зварних з'єднань повинний виконуватися для виявлення поверхневих дефектів шва і зони, що прилягає до шва, включаючи (позначення згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 6520-1 або відповідними стандартами ISO чи EN):

- тріщини (100, 104);

- підрізи (5011, 5012, 5013);

- не заварені кратери, напливи, протечі, незаповнене оброблення кромок (2025, 506, 509, 511);

- свищі, які виходять на поверхню шва (2016);

- непровари в корені однобічного шва, увігнутість-утягнення кореня шва, а також надмірне проплавлення-провисання кореня шва (4021, 515, 504);

- пори і несплавлення, які виходять на поверхню шва (2017, 401);

- коренева пористість (516);

- опіки дугою - плями коротких замикань (601);

- неправильний профіль шва - неплавність сполучення з основним металом (505);

- перевищення опуклості шва (502, 503);

- горбистість і лускатість (514);

- бризки розплавленого метала (602);

- правильність виконання обварювання перехресних швів і вільних кромок.

3.2.1.3 Візуальний контроль швів і зони, що прилягає до шва, повинний виконуватися по всій доступній для огляду довжині шва з двох сторін до того, як вони можуть стати недоступними при подальшому складанні конструкцій, за винятком випадків відсутності доступу до зворотної сторони шва в однобічних зварних з'єднаннях.

3.2.1.4 Поверхня шва і зони, що прилягає до шва, перед проведенням візуального контролю повинна бути очищена від бризок металу, шлаку, кіптяви, інших забруднень і бути вільна від захисних покриттів.

3.2.1.5 Візуальний контроль треба виконувати без застосування спеціальних оптичних приладів. Допускається застосування луп не більше, ніж з десятикратним збільшенням.

Освітленість контрольованої поверхні повинна бути не менше 350лк при рекомендованому значенні 500лк.

Для виконання контролю зовнішнім оглядом і вимірюванням повинний бути забезпечений доступ до контрольованого зварного з'єднання з відстані приблизно 600мм при ракурсі (куті) огляду не менше 30° (див. рис. 3.2.1.5). У тому випадку, коли для важкодоступних місць доступність об'єкта контролю згідно з рис. 3.2.1.5 не може бути реалізована, треба застосовувати дзеркала, бороскопи, гнучкі оптичні кабелі або відеокамери.

Для збільшення контрасту між дефектами і фоном можуть використовуватися додаткові джерела освітлення.

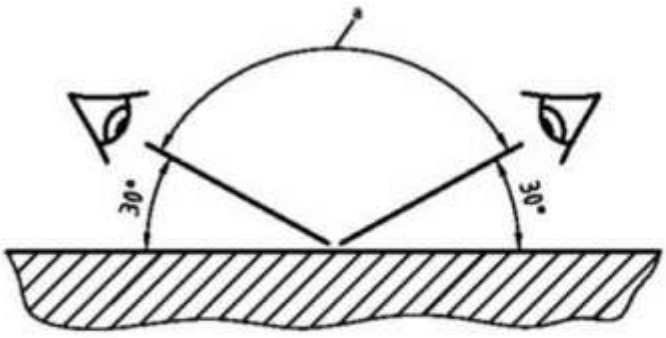


Рис. 3.2.1.5 Умови доступу до контрольованої поверхні при візуальному і вимірювальному контролі

3.2.1.6 У тому випадку, коли результати візуального контролю є сумнівними, наприклад, у випадку підозри в наявності тріщин, треба додатково застосовувати один із наступних методів виявлення поверхневих дефектів:

- магнітопорошковий метод контролю;

- капілярний метод контролю;

- шліфування абразивним інструментом з наступним травленням реактивом, застосовуваним для виявлення макроструктури.

3.2.1.7 Вимірювальний контроль зварних з'єднань проводять для перевірки (позначення згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 6520 або відповідними стандартами ISO чи EN):

- профілю шва (505);

- опуклості шва (502, 503);

- розміру катета кутового шва (5213, 5214);

- асиметрії кутового шва (512);

- глибини і довжини підрізів (5011, 5012, 5013);

- висоти горбистості і лускатості, а також величини западання між валиками шва (514);

- діаметру поверхневих пор (2017);

- глибини непровару і увігнутості (утягнення) кореня однобічного шва (4021, 515);

- висоти надмірного проплавлення (504);

- глибини і довжини протікань, а також розмірів незаповненого оброблення кромок (509, 511);

- величини напливів, якщо потрібно (506);

- величини лінійного відхилення (507);

- довжини і кроку переривчастого шва.

Також вимірювальний контроль застосовується для перевірки геометричних розмірів підготовлених до зварювання з'єднань, включаючи складальні зазори, розбіжність вершин оброблення кромок, які зварюються, форми і розмірів підготовки кромок.

3.2.1.8 Вимірювальний контроль швів повинний проводитися після візуального контролю або одночасно з ним. Вимірювання зварних з'єднань треба робити не рідше, ніж через кожний метр з'єднання, але при цьому повинно бути не менше одного виміру на кожному технологічно самостійному з'єднанні (див. примітку 1 до **3.1.5.6**). При цьому в першу чергу вимірювання повинні бути виконані в місцях, де за результатами візуального контролю передбачаються відхилення від установлених розмірів. Вимірювання розмірів з'єднань з переривчастим швом треба робити вибірково.

3.2.1.9 Для виконання вимірювального контролю зварних з'єднань треба застосовувати засоби вимірювання відповідні вказівкам додатка А до стандарту ДСТУ EN ISO 17637 або відповідного стандарту ISO чи EN.

3.2.2 Капілярні методи контролю зварних з'єднань.

3.2.2.1 Капілярні методи контролю зварних з'єднань, включаючи кольоровий, люмінесцентний і люмінесцентно-кольоровий методи, повинні застосовуватися і виконуватися згідно з специфікаціями (процедурами), розробленими на підставі стандарту ДСТУ EN ISO 3452 або відповідних стандартів ISO чи EN (частини 1 ÷ 6) або інших визнаних Регістром міжнародних і національних стандартів.

3.2.2.2 Специфікація на проведення капілярного контролю повинна, як мінімум, містити наступні відомості і вимоги:

- мінімальна чутливість контролю і застосовувані контрольні (еталонні) зразки (каліброване обладнання);

- вимоги до попередньої підготовки контрольованої поверхні;

- знежирення і просушка контрольованої поверхні перед нанесенням пенетранту;

- вказівки щодо особливостей застосування методу залежно від температури контрольованої поверхні або обмеження по інтервалу температур для конкретних дефектоскопічних матеріалів;

- тип індикаторного пенетранту;

- застосовувані очисник і проявник;

- нанесення і видалення індикаторного пенетранту;

- час висихання (витримки до видалення) індикаторного пенетранту;

- застосування проявника і час прояву;

- умови освітленості для проведення контролю.

3.2.2.3 Контрольована поверхня повинна бути зачищена і вільна від окалини, іржі, шлаку, бруду, масляних і жирових забруднень, слідів фарби.

Підготовка поверхні повинна включати зварний шов і основний метал на відстані не менше 10мм по обидві сторони від меж шва, або всю ширину зони термічного впливу залежно від того, що більше.

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.**3.2.2.5** Час витримки індикаторного пенетранту на контрольованій поверхні повинний відповідати специфікаціям виготовлювача і/або застосовуваним стандартам і становити, як правило, не менше 10хв. Час прояву повинний відповідати специфікаціям виготовлювача і/або застосовуваним стандартам і становити, як правило, від 10 до 30хв, але не менше 10хв.

3.2.2.6 Реєстрація результатів контролю може бути виконана будь-яким із перерахованих способів або їх комбінацією:

- письмовий опис;

- схема (ескіз);

- фотографії;

- відеозапис.

3.2.3 Магнітопорошковий метод контролю зварних з'єднань.

3.2.3.1 Магнітопорошковий метод контролю зварних з'єднань повинний застосовуватися і виконуватися згідно з специфікаціями (процедурами), розробленими на основі стандарту ДСТУ EN ISO 17638 або відповідних міжнародних стандартів ISO чи EN або інших визнаних Регістром міжнародних і національних стандартів.

3.2.3.2 Специфікація на проведення магнітопорошкового контролю повинна, як мінімум, містити наступні відомості і вимоги:

- вимоги до попередньої підготовки контрольованої поверхні;

- намагнічувальне обладнання;

- методи настроювання чутливості;

- вимірювальна апаратура та її застосування;

- умови огляду контрольованої поверхні;

- вимоги і методика розмагнічування виробу після закінчення контролю.

3.2.3.3 На контрольованій поверхні не допускається наявність окалини, іржі, шлаку, бруду, масляних і жирових забруднень, слідів фарби. Крім того, на поверхні зварного шва не допускається різких западань між валиками і лусочками, а також підрізів недопустимих розмірів.

3.2.3.4 При циркулярному намагнічуванні струмом, який пропускається через виріб, треба приймати заходи, що попереджують появу опіків від електродів, що підводять струм. При цьому, не допускається застосування мідних наконечників електроконтактів. По можливості рекомендується використовувати наконечники із металів з низькою температурою плавлення (із свинцю або цинку), так як у цьому випадку температура в зоні контакту не піднімається вище точки плавлення металу електроконтакту. Рекомендується також застосування прокладок із свинцю або алюмінієво-мідної сітки.

3.2.3.5 Для забезпечення виявлення несуцільності будь-якої орієнтації зварні шви повинні бути намагнічені в двох приблизно взаємно-перпендикулярних напрямках з відхиленням не більше 30°.

Для з'єднань внаклад повинний бути забезпечений контроль всієї поверхні.

3.2.3.6 Магнітну суспензію треба наносити будь-яким способом, що забезпечує вільне переміщення часток магнітного порошку на контрольованій поверхні: сухе напилювання, розбризкування або

поливання струменем суспензії, занурення у ванну із суспензією. При цьому, за можливості, повинний застосовуватися спосіб нанесення суцільного шару мокрої суспензії.

3.2.3.7 Огляд контрольованої поверхні треба проводити безпосередньо після обробки її магнітною суспензією. При контролі способом прикладеного поля огляд проводять також під час обробки виробу магнітною суспензією.

3.2.4 Радіографічний метод контролю зварних з'єднань.

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 перешкоджали розшифровці результатів. Стан поверхні, що перешкоджає правильній розшифровці радіографічних зображень, може стати причиною незадовільного результату контролю ділянки зварного з'єднання.**3.2.4.2** Специфікація на проведення радіографічного контролю повинна, як мінімум, містити наступні відомості і вимоги:

- матеріал контрольованого виробу;

- тип джерела радіаційного випромінювання і максимальний розмір фокусної плями джерела випромінювання;

- при просвічуванні рентгенівським випромінюванням напруга на трубці рентгенівського апарату;

- радіаційна товщина просвічуваних ділянок контролю (сумарна товщина основного і наплавленого металу в напрямку центрального променя пучка випромінювання);

- схема просвічування, а також схема контролю (розташування і номера контрольованих ділянок);

- величина перекриття радіографічних знімків при суцільному контролі;

- тип і розташування еталонів чутливості;

- клас і чутливість контролю;

- тип (клас) радіографічної плівки і характеристика посилюючих екранів, якщо потрібно;

- довжина і ширина радіографічних плівок;

- вимоги щодо умов експозиції;

- вимоги щодо обробки радіографічних плівок;

- вимоги щодо оптичної щільності знімків і умов їхнього перегляду (максимальна яскравість освітленого поля негатоскопів).

3.2.4.3 Схеми просвічування зварних з'єднань повинні задовольняти вимогам міжнародних або національних стандартів. Напрямки просвічування за цими схемами повинні бути такими, щоб при просвічуванні контролювався максимальний об'єм наплавленого металу шва при мінімальній радіаційній товщині контрольованого металу зварного з'єднання. При цьому, там де це можливо, просвічування треба робити через одну стінку.

3.2.4.4 Маркування радіографічних знімків повинне, якщо застосовно, дозволяти ідентифікувати: номер корпусу (заказу), номер секції, розташування на зовнішній обшивці (лівий/правий борт), розташування (або порядковий номер знімка) і дату контролю.

3.2.4.5 Як джерело випромінювання при радіографічному контролі зварних з'єднань треба використовувати рентгенівські апарати, радіоактивні ізотопи ітербій-169, тулій-170, селен-75, іридій-192, кобальт-60, прискорювачі електронів з енергією прискорених електронів до 12Мев. При цьому, там де це можливо, джерелам рентгенівського випромінювання повинна віддаватися перевага над джерелами гамма випромінювання. Відомості щодо застосування джерел випромінювання згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 17636 і відповідними стандартами ISO і EN наведені на рис. 3.2.4.5 та в табл. 3.2.4.5-1, 3.2.4.5-2.

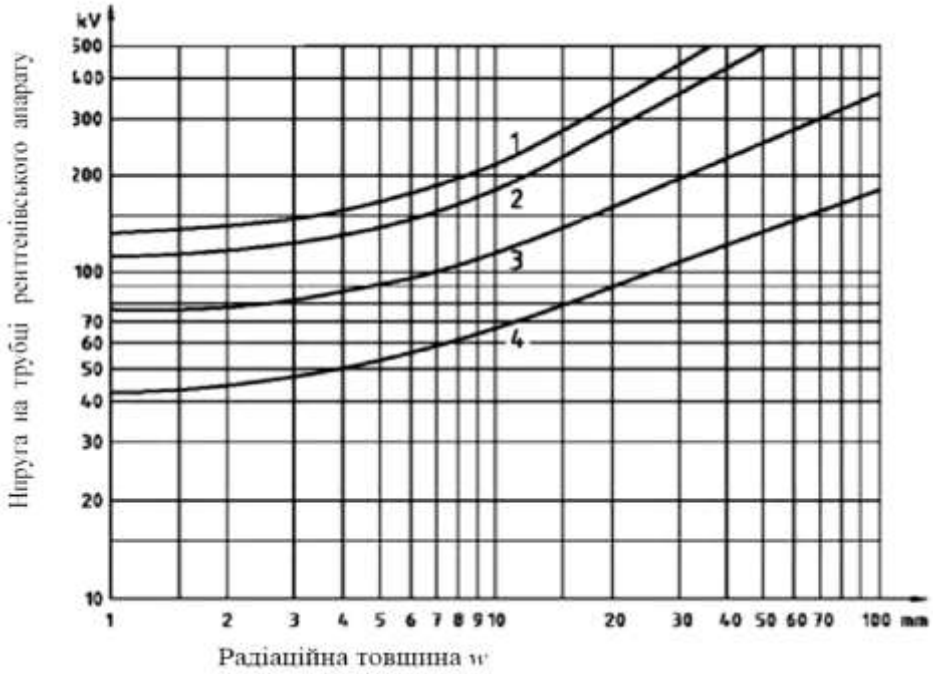


Рис.3.2.4.5 Максимальні значення напруги на трубці рентгенівського апарата залежно від радіаційної товщини контрольованого металу:
1 — мідь, нікель і сплави на їх основі; 2 — сталь; 3 — титан і титанові сплави; 4 — алюміній і алюмінієві сплави

3.2.4.6 Чутливість радіографічного контролю треба визначати за зображенням на знімку зварних з'єднань індикатора якості зображення (ІЯЗ), що відповідає вимогам ДСТУ EN ISO 19232-1, ДСТУ EN ISO 19232-2 або відповідних стандартів ISO чи EN. Допускається застосування ІЯЗ дротового або ступеневого (step/hole) типів.

ІЯЗ (еталон чутливості), як правило, треба встановлювати на контрольованому зварному з'єднанні в центрі просвічуваної ділянки зі сторони джерела випромінювання. Як виняток, встановлення ІЯЗ зі сторони плівки застосується в наступних випадках:

- при просвічуванні зварних з'єднань трубопроводів через дві стінки з використанням для оцінки якості з'єднання зображення тільки прилягаючої до плівки ділянки шва;

- при панорамному просвічуванні зварних з'єднань трубопроводів.

Таблиця 3.2.4.5-1 **Застосування джерел гамма-випромінювання залежно від радіаційної товщини для сталі, міді і сплавів на основі нікелю**

Джерело випромінювання	Радіаційна товщина w , мм	
	Клас контролю А	Клас контролю В
Тулій-170	$w \le 5$	$w \le 5$
Ітербій-169[1]	$1 \le w \le 15$	$2 \le w \le 12$
Селен-75[2]	$10 \le w \le 40$	$14 \le w \le 40$
Іридій-192	$20 \le w \le 100$	$20 \le w \le 90$
Кобальт-60	$40 \le w \le 200$	$60 \le w \le 150$
[1] Для алюмінію і титану радіаційна товщина просвічуваного матеріалу 10мм < w < 70мм для класу контролю А і 25мм < w < 55мм для класу контролю В. [2] Для алюмінію і титану радіаційна товщина просвічуваного матеріалу 35мм < w < 120мм для класу контролю А.		

Таблиця 3.2.4.5-2 **Допустима радіаційна товщина сталі для прискорювачів електронів**

Енергія прискорених електронів, Мев	Радіаційна товщина w, мм	
	Клас контролю А	Клас контролю В
Від 1 до 4	$30 \le w \le 200$	$50 \le w \le 180$
Від 4 до 12	$w \ge 50$	$w \ge 80$
Понад 12	$w \ge 80$	$w \ge 100$

3.2.4.7 Вимоги до мінімальної чутливості радіографічного контролю згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 17636 або відповідними стандартами ISO чи EN повинні відповідати класам A або B (examination level) залежно від вимог до рівня якості зварних з'єднань і встановлюються відповідно до вказівок стандарту ДСТУ EN ISO 10675-1 або відповідних стандартів ISO чи EN, наведених в табл. 3.4.1.4.

Значення чутливості контролю, відповідні класам A і B згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 17636 або відповідними стандартами ISO чи EN для ІЯЗ дротового типу, наведені в табл. 3.2.4.7-1÷3.2.4.7-3.

3.2.4.8 Геометрична нерізкість зображень дефектів на знімках не повинна перевищувати половини значення мінімальної чутливості контролю згідно з **3.3.4.7**.

3.2.4.9 Довжина просвічуваних за одну експозицію ділянок зварних швів плоских елементів і кількість експозицій (ділянок) при просвічуванні зварних з'єднань трубопроводів повинні бути такими, щоб відношення радіаційної товщини просвічуваного металу на краях і в центрі просвічуваних ділянок не перевищувало 1,2 при контролі по класу A і 1,1 при контролі по класу B. При цьому, значення оптичної щільності по краях і в центрі знімків не повинне виходити за межі обмежень **3.2.4.11**.

3.2.4.10 Типи радіографічних плівок і відповідних посилюючих екранів повинні відповідати вимогам застосовуваних міжнародних або національних стандартів (ДСТУ EN ISO 17636 або відповідних стандартів ISO чи EN і аналогічних).

3.2.4.11 Оптична щільність радіографічних знімків повинна бути не менше 2,0 при контролі по класу A і не менше 2,3 при контролі по класу B. Максимальне значення оптичної щільності знімків визначається характеристиками застосовуваних негатівоскопів і 4,0 для негатівоскопів, що відповідають вказівкам **3.2.4.12**.

3.2.4.12 Для розшифровки радіографічних знімків зварних з'єднань треба використовувати негатівоскопи з регульованими розмірами і яскравістю освітленого поля згідно з вимогами стандарту ДСТУ EN 25580 або міжнародних, наприклад стандартів EN 25580 чи ISO 5580.

3.2.4.13 Радіографічний метод контролю зварних з'єднань з застосуванням цифрових детекторів (цифрова радіографія RT-D).

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.

Таблиця 3.2.4.7-1 **Мінімальна чутливість радіографічного контролю для плоских елементів і при просвічуванні зварних з'єднань трубопроводів через одну стінку (ІЯЗ зі сторони джерела випромінювання) для рентгенівських апаратів і прискорювачів електронів[1]**

Чутливість контролю, мм	Радіаційна товщина w , мм	
	Клас контролю A	Клас контролю B
1	2	3
0,050	–	$0 < w \le 1,5$
0,063	$0 < w \le 1,2$	$1,5 < w \le 2,5$
0,080	$1,2 < w \le 2$	$2,5 < w \le 4$
0.100	$2 < w \le 3,5$	$4 < w \le 6$
0,125	$3,5 < w \le 5$	$6 < w \le 8$
0,16	$5< w \le 7$	$8 < w \le 12$
0,20	$7 < w \le 10$	$12 < w \le 20$
0,25	$10 < w \le 15$	$20 < w \le 30$
0,32	$15 < w \le 25$	$30 < w \le 35$
0,40	$25 < w \le 32$	$35 < w \le 45$
0,50	$32 < w \le 40$	$45 < w \le 65$
0,63	$40 < w \le 55$	$65 < w \le 120$
0,80	$55 < w \le 85$	$120 < w \le 200$
1,0	$85 < w \le 150$	$200 < w \le 350$
1,25	$150 < w \le 250$	$350 < w$
1,60	$250 < w$	–

[1] При просвічуванні зварних з'єднань гамма-випромінюванням (іридій-192) наведені в таблиці значення треба знизити (зменшити чутливість):
при контролі по класу А:
на два ступені вниз для товщин понад 10мм до 24мм включно;
на один ступінь вниз для товщин понад 24мм до 30мм включно;
при контролі по класу В:
на один ступінь вниз для товщин понад 12мм до 40мм включно.

Таблиця 3.2.4.7-2 **Мінімальна чутливість радіографічного контролю при просвічуванні зварних з'єднань трубопроводів через дві стінки (ІЯЗ зі сторони джерела випромінювання) і панорамному просвічуванні (ІЯЗ зі сторони плівки) для рентгенівських апаратів і прискорювачів електронів[1]**

Чутливість контролю, мм	Радіаційна товщина w , мм	
	Клас контролю А	Клас контролю В
1	2	3
0,050	–	$0 < w \leq 1,5$
0,063	$0 < w \leq 1,2$	$1,5 < w \leq 2,5$
0,080	$1,2 < w \leq 2$	$2,5 < w \leq 4$
0.100	$2 < w \leq 3,5$	$4 < w \leq 6$
0,125	$3,5 < w \leq 5$	$6 < w \leq 8$
0,16	$5< w \leq 7$	$8 < w \leq 15$
0,20	$7 < w \leq 12$	$15 < w \leq 25$
0,25	$12 < w \leq 18$	$25 < w \leq 38$
0,32	$18 < w \leq 30$	$38 < w \leq 45$
0,40	$30 < w \leq 40$	$45 < w \leq 55$
0,50	$40 < w \leq 50$	$55 < w \leq 70$
0,63	$50 < w \leq 60$	$70 < w \leq 100$
0,80	$60 < w \leq 85$	$100 < w \leq 170$
1,0	$85 < w \leq 120$	$170 < w \leq 250$
1,25	$120 < w \leq 220$	$250 < w$
1,60	$220 < w \leq 380$	–
2,00	$380 < w$	–
[1] Див. примітку до табл. 3.2.4.7-1		

Таблиця 3.2.4.7-3 **Мінімальна чутливість радіографічного контролю при просвічуванні зварних з'єднань трубопроводів через дві стінки (ІЯЗ зі сторони плівки) для рентгенівських апаратів і прискорювачів електронів[1]**

Чутливість контролю, мм	Радіаційна товщина w , мм	
	Клас контролю А	Клас контролю В
1	2	3
0,050	–	$0 < w \leq 1,5$
0,063	$0 < w \leq 1,2$	$1,5 < w \leq 2,5$
0,080	$1,2 < w \leq 2$	$2,5 < w \leq 4$
0.100	$2 < w \leq 3,5$	$4 < w \leq 6$
0,125	$3,5 < w \leq 5$	$6 < w \leq 12$
0,16	$5< w \leq 10$	$12 < w \leq 18$
0,20	$10 < w \leq 15$	$18 < w \leq 30$
0,25	$15 < w \leq 22$	$30 < w \leq 45$
0,32	$22 < w \leq 38$	$45 < w \leq 55$
0,40	$38 < w \leq 48$	$55 < w \leq 70$
0,50	$48 < w \leq 60$	$70 < w \leq 100$
0,63	$60 < w \leq 85$	$100 < w \leq 180$
0,80	$85 < w \leq 125$	$180 < w \leq 300$
1,0	$125 < w \leq 225$	$300 < w$
1,25	$225 < w \leq 375$	–
1,60	$375 < w$	–
[1] Див. примітку до табл. 3.2.4.7-1		

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).

Комп'ютерна радіографія (computed radiography, CR) – система з запам'ятовуючою фосфорною пластиною (phosphor imaging plate, IP). Повноцінна система включає в себе запам'ятовуючу фосфорну пластину (phosphor imaging plate, IP) і відповідний пристрій для зчитування (a respective reading device) (сканер (scanner)/зчитувач (reader)), який перетворює інформацію з IP в цифрове зображення.

Система з матричним цифровим детектором* (*digital detector array, DDA*) *system - система, яка включає в себе електронний пристрій, який перетворює іонізуюче або проникаюче випромінювання в масив окремих аналогових сигналів, які пізніше оцифровуються і передаються на комп'ютер для відображення як цифрове зображення, яке відповідає розподіленню радіаційної енергії, переданої на приймальну поверхню пристрою. Цифрові детектори забезпечують цифрове зображення зі значенням сірого (grey value, GV), яке можна розшифрувати і оцінити за допомогою комп'ютера.

***Значення сірого* (*GV*)** – це цифрове значення пікселя на цифровому зображенні.

3.2.4.13.3 Вимоги до мінімальної чутливості радіографічного контролю з використанням цифрових детекторів, що відповідають класам А і В, повинні бути еквівалентні наведеним в таблицях 3.2.4.7-1, 3.2.4.7-2 і 3.2.4.7-3 для ІЯЗ дротового типу застосовно до плівкової радіографії.

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)

Вимога
дротовий індикатор якості зображення, багатодротовий 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

3.2.4.13.5 Вибір рівня контролю для цифрової радіографії (RT-D) здійснюється відповідно до розділу 8.4. ДСТУ EN ISO 17636-2

3.2.5 Ультразвуковий метод контролю зварних з'єднань.

3.2.5.1 Ультразвуковий метод контролю зварних з'єднань повинний застосовуватися і виконуватися згідно з специфікаціями (процедурами), розробленими на основі стандарту ДСТУ EN ISO 17640 або відповідних стандартів ISO чи EN або інших визнаних Регістром міжнародних і національних стандартів.

3.2.5.2 Ультразвуковий контроль зварних з'єднань проводять по поверхні після прокатки, дробоструминної або механічної обробки. Поверхня не повинна мати вм'ятин і нерівностей, з неї повинні бути вилучені бризки металу, забруднення, окалина, що відшаровується, фарба та іржа.

Хвилястість поверхні повинна забезпечити зазор між поверхнею сканування і контактною поверхнею перетворювача не більше 0,5мм. При необхідності, для виконання цієї вимоги треба виконувати додаткову механічну обробку поверхні. Локальні дефекти поверхні, які викликають збільшення зазору під контактною поверхнею до 1мм, можуть бути допущені тільки за умови додаткового сканування цієї ділянки перетворювачем з іншим кутом уведення.

3.2.5.3 Розміри ділянок, на які розбивають при контролі зварні з'єднання, та їхня розмітка повинні, за можливості, відповідати прийнятим для радіографічного контролю.

Кільцеві зварні з'єднання трубопроводів розбивають на ділянки по аналогії с годинниковим циферблатом з прив'язкою, за можливості, до напрямку переміщення робочого середовища.

3.2.5.4 Ультразвуковому контролю підлягають наплавлений метал зварного шва, зона сплавлення і зона термічного впливу. Шар основного металу товщиною не менше 10мм, що примикає до зони термічного впливу, повинний включатися в контрольовану зону і оцінюватися за критеріями, установленими для зварних з'єднань.

3.2.5.5 Специфікація на проведення ультразвукового контролю повинна, як мінімум, містити наступні відомості і вимоги:

- ідентифікаційні відомості про контрольований виріб: номер корпусу (замовлення), номер секції, розташування на зовнішній обшивці (лівий/правий борт), розташування (або порядкові номери ділянок контролю), номер креслення тощо;

- типи (марки) основного і зварювальних матеріалів;

- вид матеріалу, який зварюється (прокат, поковка, виливки тощо);

- спосіб зварювання;

- стадія виготовлення виробу, на якій виконується контроль (до чи після термічної обробки, повністю чи частково заварений шов), включаючи необхідний час витримки після операції попередньої перед контролем;

- ескіз контрольованого зварного з'єднання з зазначенням оброблення кромок, товщини з'єднання, наявності опуклості шва і його ширини, геометричної форми поверхонь введення і вимог до шорсткості;

- рівень проведення контролю, включаючи схему прозвучування з зазначенням зон сканування для кожного із проходів, кути уведення п'єзоелектричного перетворювача (ПЕП), а також вимоги щодо виявлення поздовжніх і поперечних несуцільностей з посиланням на відповідний нормативно-технічний документ (стандарт, правила);

- тип використовуваного дефектоскопу і перетворювачів (включаючи частоту, кут уведення, розмір і форму п'єзоелемента);

- спосіб настроювання опорного рівня чутливості з зазначенням використовуваних стандартних зразків (або стандартних зразків підприємства);

- контрольний і звітний рівні чутливості, а також вимоги до прийнятного рівня оцінки виявлених несуцільностей з посиланням на застосовуваний стандарт і, за необхідності, додаткові вимоги;

- необхідність і спосіб коректування чутливості з урахуванням стану поверхні уведення ультразвукових коливань;

- рівень кваліфікації персоналу за національними або міжнародними стандартами.

3.2.5.6 Для проведення ультразвукового контролю повинні застосовуватися:

- ультразвукові імпульсні дефектоскопи загального призначення з ПЕП, які задовольняють вимогам стандарту ДСТУ EN 12668 або відповідного міжнародного стандарту (наприклад, EN 12668) - всі частини) і які володіють технічними характеристиками, відповідними вимогам цих правил і специфікацій на проведення контролю конкретних об'єктів;

- ПЕП прямі суміщені, прямі роздільно-суміщені, похилі суміщені і роздільно-суміщені, що забезпечують частотний діапазон, як мінімум, від 2 до 6МГц;

- національні або міжнародні стандартні зразки (калібровані блоки) для перевірки основних параметрів контролю і настроювання режимів роботи дефектоскопів (наприклад, зразки К-1 і К-2 за стандартами ДСТУ EN ISO 2400 та ДСТУ EN ISO 7963 або відповідними стандартами ISO чи EN);

- стандартні зразки підприємства (калібровані блоки) для встановлення опорного рівня чутливості контролю, що відповідають вимогам застосовуваних стандартів;

- пристрої для реалізації контролю дзеркальним ехо-методом за схемами «стредл» і «тандем»;

- пристосування для стабілізації акустичного контакту (опори, насадки) при контролі на криволінійних поверхнях;

- допоміжні пристосування і пристрої для оцінки шорсткості і хвилястості поверхні, дотримання параметрів сканування і вимірювання параметрів виявлених несуцільностей;

- DAC (distance-amplitude-curve) або DGS (distance gain size) діаграми або шкали;

- спеціалізовані нестандартні ПЕП:

- засоби забезпечення ультразвукового контакту згідно з вимогами застосовуваних стандартів (наприклад, ДСТУ EN ISO 16810, ДСТУ EN ISO 581-1 або відповідних стандартів ISO чи EN).

3.2.5.7 Похилі ПЕП, що працюють на поперечних хвилях, повинні забезпечувати кути введення від 35° до 75° (як правило, 45°, 60° і 70°). У тому випадку, коли схема прозвучування передбачає застосування ПЕП з двома і більше кутами введення розходження між номінальними кутами введення повинне становити не менше 10°.

Допуск на кут повинний бути не більше ±2°.

3.2.5.8 Кожний перетворювач повинний мати ідентифікаційний номер, формуляр або інший документ, в якому повинні бути зазначені його тип, частота, кут введення (в сталь), форма і геометричні розміри п'єзоелементів.

3.2.5.9 При контролі циліндричних і сферичних поверхонь зазор між поверхнею сканування і контактною поверхнею ПЕП не повинний перевищувати 0,5мм. Ця вимога зазвичай виконується за умови $D \geq 15b$, де D - діаметр виробу в мм, b - лінійний розмір контактної поверхні ПЕП в площині контролю. Якщо ця вимога не виконується, потрібна адаптація контактної поверхні ПЕП до форми виробу - притирання або застосування узгоджуючих прокладок або опор, які фіксують його положення.

3.2.5.10 Обладнання для проведення ультразвукового контролю повинне забезпечувати настроювання регулювання посилення (відтворення нормативного рівня чутливості контролю) з дискретністю (максимальним кроком) не більше 2дБ в межах діапазону не менше 60дБ.

3.2.5.11 Перед проведенням ультразвукового контролю треба перевірити основні параметри, що впливають на його результати. Перевірка повинна включати визначення:

- кута введення ультразвукового променя в метал;

- положення точки виходу променя і стріли похилих ПЕП;

- мертвої зони;

- дозвільної здатності по променю;

- відхилення акустичної осі прямих і похилих ПЕП від номінального направлення.

Перевірку виконують згідно з письмовою процедурою підприємства, що проводить контроль.

3.2.5.12 В тому випадку, коли оцінка показань виконується на відповідність прийнятним рівням оцінки виявлених несуцільностей, що ґрунтуються на довжині і амплітуді ехо-сигнала, наприклад, стандарт ДСТУ EN ISO 11666 або відповідні стандарти ISO чи EN, для первісних випробувань частота повинна, за можливості, вибиратися ближче до нижньої межі із рекомендованого діапазону від 2 до 6МГц. Більше високі значення частоти, близькі до верхньої межі рекомендованого діапазону, можуть застосовуватися для поліпшення діапазону роздільної здатності контролю в тому випадку, якщо це є необхідним для оцінки показань на відповідність прийнятним рівням, що ґрунтуються на оцінці характеристик несуцільностей, стандарт ДСТУ EN ISO 23279 або відповідні стандарти ISO чи EN.

Частоти в районі 1МГц можуть використовуватися для випробувань виробів з подовженим звуковим трактом, де рівень ослаблення сигналу матеріалом вище середнього.

3.2.5.13 Згідно з стандартами ДСТУ EN ISO 17640 та ДСТУ EN ISO 11666 або відповідними стандартами ISO чи EN при ультразвуковому контролі застосовуються наступні 4 рівні чутливості і оцінки результатів:

***опорний* (reference level)** — рівень чутливості, що використовується для завдання початкового рівня відліку амплітуд ехо-сигналів;

***контрольний* (evaluation level)** — рівень чутливості при відповідності якому або його перевищенні повинна виконуватися оцінка виявлених несуцільностей (див. табл. 3.4.6.1);

***звітний* (recording level)** — рівень чутливості, визначений як відповідний прийнятний рівень оцінки мінус 4дБ;

***прийнятний* (acceptance level)** — рівень оцінки виявлених несуцільностей на відповідність вимогам з приймання продукції (див. табл. 3.4.6.1).

3.2.5.14 Згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 17640 або відповідними стандартами ISO чи EN для настроювання опорного рівня чутливості ультразвукового контролю може використовуватися один із перерахованих методів:

- метод 1 - опорним рівнем є DAC (distance-amplitude curve) діаграма, побудована із застосуванням стандартних зразків підприємства з бічним циліндричним отвором діаметром 3мм (див. табл. 3.2.5.14-1);

- метод 2 - для завдання опорного рівня для поздовжніх і поперечних хвиль застосовуються DGS (distaance gain size) діаграми або шкали побудовані з застосуванням стандартних зразків підприємства з плоскодонними отворами-відбивачами (DSR - disc shaped reflector). Опорні рівні чутливості відповідні вимогам стандарту ДСТУ EN ISO 17640 або відповідних стандартів ISO чи EN для похилих і прямих ПЕП представлені в табл. 3.2.5.14-2 і 3.2.5.14-3;

- метод 3 — за опорний рівень приймається DAC діаграма, побудована з застосуванням стандартних зразків підприємства з прямокутним карбом (rectangular notch) шириною 1мм і з глибиною 1мм. Цей метод настроювання чутливості може застосовуватися для похилих ПЕП з кутом уведення більше 70° і діапазону товщин 8мм $\leq$ t <15мм;

- метод 4 — при використанні схем прозвучування «стредл» і «тандем» як опорний рівень приймається сигнал від плоскодонного отвору діаметром 6мм (для всіх товщин), розташованого перпендикулярно до поверхні, яка сканується. Цей метод застосовується тільки для кута уведення променя 45° і товщин t ≥15мм.

Таблиця 3.2.5.14-1 **Вимоги до розмірів стандартних зразків підприємства (калібровочних блоків) для побудови DAC-діаграм**

Товщина матеріалу, який підлягає контролю, мм	Товщина стандартного зразка, мм	Діаметр отвору, мм	Відстань від отвору до однієї з поверхонь, мм
$10 < t \leq 50$	40 або t	Ø3 ±0,2	$t/2$ і $t/4$ Додаткові отвори допускаються та рекомендуються
$50 < t \leq 100$	75 або t		
$100 < t \leq 150$	125 або t	Ø6 ±0,2	
$150 < t \leq 200$	175 або t		
$200 < t \leq 250$	225 або t		
$t > 250$	275 або t		

Примітки:
1. Калібрувальний блок повинний бути виготовлений із реально контрольованого матеріалу, мати схвалені розміри і проходити перевірку згідно з установленою процедурою.
2. В тому випадку, якщо ультразвуковий контроль застосовується для конструкцій із сталевого прокату в стані постачання CR (контрольована прокатка) або TM (термомеханічна обробка) відповідні калібрувальні блоки повинні бути виготовлені перпендикулярно і паралельно до напрямку прокатки. Напрямок прокатки повинний бути ясно ідентифікований як на калібрувальних блоках, так і на контрольованому виробі.
3. Застосування стандартних зразків для контролю великих товщин з діаметром бічного отвору 6мм є рекомендованим, так як не регламентоване ДСТУ EN ISO 17640 або відповідним стандартом ISO чи EN.

Таблиця 3.2.5.14-2 **Опорні рівні чутливості для похилих ПЕП з поперечною хвилею по методу DGS (метод 2 по стандарту ДСТУ EN ISO 17640 або відповідним стандартам ISO чи EN)**

Номінальна частота сигналу ПЕП, МГц	Товщина металу, який підлягає контролю, мм					
	$8 \leq t < 15$		$15 \leq t < 40$		$40 \leq t < 100$	
	AL 2	AL 3	AL 2	AL 3	AL 2	AL 3
Від 1,5 до 2,5	–	–	D_{DSR} = 2,5мм	D_{DSR} = 2,5мм	D_{DSR} = 3,0мм	D_{DSR} = 3,0мм
Від 3 до 5	D_{DSR} = 1,5мм	D_{DSR} = 1,5мм	D_{DSR} = 2,0мм	D_{DSR} = 2,0мм	D_{DSR} = 3,0мм	D_{DSR} = 3,0мм

D_{DSR} - діаметр плоскодонного отвору-відбивача
AL2 і AL3 – прийнятні рівні оцінки дефектів (acceptance level) згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 11666 або відповідними стандартами ISO чи EN.

Таблиця 3.2.5.14-3 **Опорні рівні чутливості для прямих ПЕП з поздовжньою хвилею по методу DGS (метод 2 по стандарту ДСТУ EN ISO 17640 або відповідним стандартам ISO чи EN)**

Номінальна частота сигналу ПЕП, МГц	Товщина металу, який підлягає контролю, мм					
	$8 \leq t < 15$		$15 \leq t < 40$		$40 \leq t < 100$	
	AL 2	AL 3	AL 2	AL 3	AL 2	AL 3
Від 1,5 до 2,5	–	–	D_{DSR} = 2,5мм	D_{DSR} = 2,5мм	D_{DSR} = 3,0мм	D_{DSR} = 3,0мм
Від 3 до 5	D_{DSR} = 2,0мм	D_{DSR} = 2,0мм	D_{DSR} = 2,0мм	D_{DSR} = 2,0мм	D_{DSR} = 3,0мм	D_{DSR} = 3,0мм

D_{DSR} - діаметр плоскодонного отвору-відбивача
AL2 і AL3 – прийнятні рівні оцінки дефектів (acceptance level) згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 11666 або відповідними стандартами ISO чи EN.

3.2.5.15 Схема прозвучування зварного з'єднання по числу напрямків сканування і застосовуваних ракурсах (кутах уведення похилих ПЕП) повинна відповідати вимогам застосовуваного стандарту ДСТУ EN ISO 17640 або відповідних стандартів ISO чи EN. При цьому для зварних з'єднань із сталей підвищеної і високої міцності незалежно від прийнятного рівня оцінки, а також для прийнятної методики і рівня контролю не нижче «B» по стандарту ДСТУ EN ISO 17640 або відповідних стандартах ISO чи EN, рівень оцінки 2 по стандарту ДСТУ EN ISO 11666 або відповідних стандартах ISO чи EN, див. табл. 3.5.1.4) обов'язковим є виконання прозвучування для виявлення поперечних несуцільностей (T-scan).

Примітка. У тому випадку, коли підприємство-виготовлювач може надати документальні докази відсутності схильності до утворенню тріщин для застосовуваних матеріалів і технологічного процесу зварювання, виконання сканування для виявлення поперечних несуцільностей (T-scan) при контролі на рівень оцінки 3 по стандарту ДСТУ EN ISO 11666 або відповідних стандартах ISO чи EN може не виконуватися для сталей підвищеної міцності категорій A/F40 і нижче в товщинах до 40мм включно.

3.2.5.16 При настроюванні чутливості треба приймати до уваги і враховувати можливу різницю в шорсткості і хвилястості поверхні зразка, що використовується для настроювання чутливості, і поверхні біля шва контрольованого зварного з'єднання в зоні сканування. Необхідність і спосіб коректування чутливості повинні бути зазначені в методиці (процедурі) підприємства, що виконує контроль, а фактичне значення поправки - у відповідній специфікації на проведення контролю згідно з викладеними нижче вказівками.

Якщо розходження в чутливості між стандартним зразком підприємства і контрольованою поверхнею менше ніж 2дБ, то коректування чутливості не вимагається.

Якщо розходження в чутливості між стандартним зразком підприємства і контрольованою поверхнею більше ніж 2дБ, але менше 12дБ воно повинне бути відповідним чином компенсовано.

Якщо розходження в чутливості між стандартним зразком підприємства і контрольованою поверхнею більше ніж 12дБ, повинна бути встановлена причина і прийняті заходи щодо подальшої підготовки поверхні, яка сканується, якщо це можливо.

Коли очевидні причини високих розходжень в чутливості не помітні, повинно бути виміряне ослаблення сигналу від різних місць випробовуваного об'єкту і, якщо воно буде встановлене дуже значним, повинні бути розглянуті відповідні коригувальні дії.

Способи коректування чутливості повинні відповідати вимогам відповідних стандартів (наприклад, ДСТУ EN 12668-1:2015 або відповідного стандарту EN).

3.2.5.17 При контролі кільцевих зварних з'єднань трубопроводів однократно відбитим променем з настроюванням по плоскопаралельних зразкам або опорним сигналам, отриманим прямим променем, а також при контролі прямим ПЕП треба ураховувати втрати амплітуди сигналу на внутрішній циліндричній поверхні зони зварного з'єднання біля шва. Спосіб визначення поправки повинний бути зазначений в письмовій методиці (процедурі) підприємства, що виконує контроль, а фактичне значення поправки – у відповідній специфікації на проведення контролю.

3.2.5.18 Перед проведенням ультразвукового контролю зварних з'єднань повинний бути виконаний контроль прямим ПЕП основного металу по всій ширині поверхні сканування для виявлення і реєстрації несуцільностей, які можуть вплинути на можливість контролю зварних з'єднань похилим ПЕП. За результатами контролю основного металу, при необхідності, повинна бути відкоректована специфікація на виконання ультразвукового контролю, а при технічній неможливості виконання ультразвукового контролю зварного з'єднання в повному обсязі - передбачені альтернативні методи неруйнівного контролю (наприклад, радіографічний метод), що повинно бути відзначено в звіті про випробування.

Примітка. Вимога до контролю суцільності основного металу може бути також підтверджена попередніми перевірками (наприклад, в процесі виробництва і контролю основного металу).

3.2.5.19 Чутливість дефектоскопу з ПЕП треба перевіряти перед початком контролю, після перерв в роботі та після закінчення контролю, а також періодично через кожні 60хв в процесі контролю згідно з викладеними нижче вказівками:

- якщо чутливість змінилася не більше ніж на 4дБ, то перед продовженням контролю настроювання устаткування повинне бути відкоректоване;

- якщо чутливість зменшилася більше ніж на 4дБ, то настроювання устаткування повинно бути відкоректоване, а контроль зварних з'єднань виконаний з моменту попереднього настроювання, повинний бути виконаний заново в повному обсязі;

- якщо чутливість збільшилася більше ніж на 4дБ, то настроювання устаткування повинно бути відкоректоване, а всі виявлені несуцільності з оцінкою «не придатний» повинні бути проконтрольовані і оцінені повторно.

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 6мм.

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, позиціювання, 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 кодуючих 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	–

Вимога	Основний параметр	Другорядний параметр
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 несуцільностей (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 ± 5°. Ця вимога може не дотримуватися, якщо застосовується S-сканування, яке забезпечує виявлення несуцільностей 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 набдБ повинен використовуватися для вимірювання індикацій, що перевищують ширину пучка.

3.2.5.21 Дифракційно-часовий метод (TOFD).

3.2.5.21.1 Дифракційно-часовий метод (TOFD) ґрунтується на взаємодії ультразвукових хвиль з краями несуцільностей. Ця взаємодія призводить до випромінювання дифракційних хвиль у широкому діапазоні кутів. Виявлення дифракційних хвиль дозволяє встановити наявність несуцільності.

Дифракційно-часовий метод (TOFD) повинен проводитися відповідно до процедури, заснованої на ДСТУ EN ICO 10863 та ДСТУ EN ICO 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 (виливки, 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 несуцільностей (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 Звіт про результати неруйнівних випробувань зварних з'єднань.

3.2.6.1 Звіти про результати неруйнівних випробувань зварних з'єднань повинні складатися виготовлювачем зварних конструкцій і представлятися інспектору Регістру.

3.2.6.2 Звіти про результати неруйнівних випробувань зварних з'єднань повинні містити загальну для всіх методів контролю інформацію:

- дата проведення випробувань;

- прізвище, ім'я, рівень кваліфікації та підпис особи що виконувала випробування;

- ідентифікацію об'єкта контролю;

- ідентифікацію проконтрольованих зварних з'єднань;

- категорія (марка) матеріалу, тип з'єднання, товщина основного металу, спосіб (процес) зварювання;

- методика і рівень контролю (testing level), а також прийнятний рівень оцінки (acceptance level) виявлених невідповідностей зварних з'єднань;

- застосовувані стандарти і правила;

- застосовуване випробне устаткування і пристосування;

- обмеження по проведенню випробувань, умови огляду і температура;

- результати випробувань з посиланням на відповідні критерії, розташування і розмір дефектів, які підлягають розгляду;

- оцінка результатів контролю за альтернативною системою «придатний - не придатний» ("acceptance - not acceptance");

- кількість виправлень, якщо одна ділянка контролю ремонтувалася більше двох раз.

3.2.6.3 Для капілярних методів контролю звіт про випробування повинний додатково включати наступні спеціальні пункти:

- тип індикаторного пенетранту;

- застосовані очисник і проявник;

- час висихання (витримки до видалення) індикаторного пенетранту;

- час проявлення.

3.2.6.4 Для магнітопорошкових методів контролю звіт про випробування повинний додатково включати наступні спеціальні пункти:

- тип намагнічування;

- напруженість магнітного поля;

- вид магнітної суспензії;

- умови огляду контрольованої поверхні;

- методика розмагнічування виробу після закінчення контролю, якщо потрібно.

3.2.6.5 Для радіографічного методу контролю звіт про випробування повинний додатково включати наступні спеціальні пункти:

- тип джерела випромінювання і максимальний розмір фокусної плями для джерела радіаційного випромінювання;

- при просвічуванні рентгенівським випромінюванням напруга на трубці рентгенівського апарату;

- тип радіографічної плівки;

- тип посилюючих екранів;

- схема просвічування, час експозиції і відстань від фокусної плями джерела радіаційного випромінювання до радіографічної плівки;

- чутливість контролю, тип і розташування ІЯЗ;

- оптична щільність знімка;

- геометрична нерізкість зображення:

- кількість рентгенографічних зображень (експозицій);

- кут пучка випромінювання, що проходить через зварний шов (відносно нормального).

3.2.6.6 Для ультразвукового методу контролю звіт про випробування повинний додатково включати наступні спеціальні пункти:

- відомості про використані засоби контролю (тип, марка і заводський номер дефектоскопа; тип, частота, кут уведення і обліковий номер ПЕП; контактне мастило);

- спосіб настроювання і рівень чутливості;

- спосіб коректування і фактичне значення поправки чутливості;

- тип і позначення застосовуваних стандартних зразків (еталонних блоків), а також стандартних зразків підприємства застосованих для настроювання устаткування;

- тип відбитого сигналу, використаного для виявлення дефектів.

3.2.6.7 Звітні дані, відображені в **3.2.6**, повинні містити дані про виправлення зварних з'єднань.

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;

- методику 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 Регістру 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) 2. Дугове зварювання в активному газі (MAG) 3. Дугове зварювання порошковим дротом з флюсовим наповнювачем (FCAW)	131 135, 138 136
Дугове зварювання вольфрамовим електродом в середовищі інертного	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 застосовуваним 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.

***Табліця* 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.
PAUT	1. крок (E-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

3.3 ОБСЯГ НЕРУЙНІВНОГО КОНТРОЛЮ

3.3.1 Обсяг неруйнівного контролю швів зварних з'єднань корпусу судна визначається згідно з схваленою Регістром схемою контролю згідно з табл. 3.3.1.

Кількість ділянок швів зварних з'єднань зовнішньої обшивки в районі 0,4L середньої частини судна, що підлягають радіографічному або ультразвуковому контролю, визначається за формулою

$$N = \frac{L(B+D)}{45}T, \qquad (3.3.1)$$

де: N – кількість ділянок, що підлягають контролю;

L, B, D – довжина, ширина, висота борту судна, м;

T – коефіцієнт, що залежить від типу судна та умов виробництва; встановлюється при схваленні схеми контролю. Наводимо максимальні значення коефіцієнта T для суден різних типів:

до 0,7 – для суден довжиною $L < 60$ м;

до 0,9 – для суден довжиною $60 \le L < 80$ м;

до 1,1 – для суховантажних, навалювальних, науково-дослідних суден, поромів, суден забезпечення, риболовецьких та промислових суден, накатних суден;

до 1,2 – для спеціальних суден, які призначені для перевезень важких навалювальних вантажів, для рудовозів, нафто-рудовозів і комбінованих суден для перевезення нафти і навалювальних вантажів;

до 1,3 – для наливних суден і контейнеровозів.

Для суден, не перерахованих вище, коефіцієнт T встановлюється за погодженням з Регістром.

У розрахунку приймається, що довжина контрольованої ділянки шва становить 0,5 м.

При призначенні дільниць 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 повинна 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.Контроль радіографічним або ультразвуковим методами зварних з'єднань конструкцій, які піддаються обробці тиском (гнуття, штамповка тощо), треба виконувати по всій довжині зварних з'єднань цих конструкцій після обробки тиском. При цьому якщо після обробки тиском конструкції проходять термообробку, то контроль радіографічним або ультразвуковим методами треба робити після її завершення.

3.3.2 Неруйнівний контроль зварних з'єднань корпусних конструкцій контейнеровозів, виготовлених з надтовстої листової сталі.

Контроль треба виконувати ультразвуковим методом відповідно до **3.2.6** стосовно до всіх міжблокових стикових з'єднань поздовжніх в'язей корпусу, що входять у верхній поясок еквівалентного бруса, таких як верхній пояс обшивки поздовжньої перегородки/другого борту, ширстрек, головна палуба, стінка і поясок поздовжнього безперервного комінгса і всі поздовжні балки, що їх підкріплюють.(див. **3.20** частини XIII «Матеріали»).

Примітки: **1.** Критерії оцінки якості зварних з'єднань за результатами ультразвукового контролю повинні відповідати **3.4.6** і/або вимогам визнаних стандартів.

2. Критерії оцінки можуть коригуватися з урахуванням способу виявлення і попередження крихкого руйнування поздовжніх корпусних конструкцій, при цьому, у разі відмінностей між вимогами Правил та стандартами, вибираються більш жорсткі критерії оцінки.**3.3.3** Зварні з'єднання котлів, посудин під тиском і теплообмінних апаратів повинні піддаватися неруйнівному контролю в обсязі згідно з табл. 3.3.2, залежно від класу конструкції (див. **1.3.1.2** частини X «Котли, теплообмінні апарати і посудини під тиском»).

Таблиця 3.3.1

№ з/п	Місце контролю	Тип зварного з'єднання	Обсяг контролю		
			візуального і вимірювального [1,2], %	радіографічним або ультразвуковим методом, кількість знімків	
			Район судна		
			по всій довжині судна	0,4*L* середньої частини судна	поза районом 0,4*L* середньої частини судна
1	2	3	4	5	6
1	Стики обшивки (в основному перетини із пазами): розрахункової палуби поза лінією люків; ширстрека (у районі 0,1*D* нижче розрахункової палуби); скули (у районі 0,1*D* вище днища); днища. Стики: поздовжніх комінгсів; потовщених листів палуби у районі кутів люків та в кінцевих частинах надбудов; поздовжніх перегородок (у районі 0,1*D* нижче розрахункової палуби)	Стикове	100	Близько 0,60*N*	Вибірково[3]
2	Стики обшивки корпусу – ті, що залишилися[4] (в основному перетини із пазами)	Стикове	100	Близько 0,20*N*	Вибірково[3]
3	Пази обшивки корпусу	Стикове	100	Близько 0,20*N*	Вибірково[3]
4	Зварні з'єднання поздовжніх ребер (поздовжнього набору): розрахункової палуби поза лінією люків; ширстрека (у районі 0,1*D* нижче розрахункової палуби); скули (у районі 0,1*D* вище днища); поздовжніх перегородок (у районі 0,1*D* нижче розрахункової палуби); днища	Стикове	100	1 знімок на кожні 5 стиків (в основному, монтажні стики)	Вибірково[3]
5	Зварні з'єднання поздовжніх ребер (поздовжнього набору) в інших місцях, які не указані в п.4	Стикове	100	1 знімок на кожні 10 стиків (в основному,	Вибірково[3]

№ з/п	Місце контролю	Тип зварного з'єднання	Обсяг контролю		
			візуального і вимірювального [1,2], %	радіографічним або ультразвуковим методом, кількість знімків	
			Район судна		
			по всій довжині судна	0,4*L* середньої частини судна	поза районом 0,4*L* середньої частини судна
1	2	3	4	5	6
				монтажні стики)	
6	Зварні з'єднання поперечних ребер (поперечного набору)	Стикове	100	1 знімок на кожні 10 стиків	Вибірково[3]
7	Зварні з'єднання на ахтерштевні	Стикове	100	-	50 % зварних з'єднань обшивки корпусу в районі дейдвудної труби[5]
8	Зварні з'єднання палубного стрингера з ширстреком[6] (у районі перетину зі стиковими швами)	Кутове або таврове із повним проваром	100	4 ділянки контролю по довжині 1-го листа	Вибірково[3]
9	Зварні з'єднання на зварному форштевні	Стикове, кутове або таврове із повним проваром	100	-	50% зварних з'єднань обшивки корпусу з листами форштевня, 50% зварних з'єднань листів форштевня

[1] За наявності сумнівів щодо результатів візуального контролю може бути виконаний контроль капілярним або магнітопорошковим методом.
[2] Необхідно піддавати контролю усі зварні з'єднання (також і ті, що не указані у таблиці).
[3] Кількість ділянок, що підлягають контролю, повинна складати до 20% ділянок, указаних для району 0,4*L* у середній частині судна.
[4] За наявності льодового підкріплення контролю підлягають, головним чином, стики льодового поясу.
[5] Необхідно піддавати контролю перетини пазів зі стиками.
[6] Рекомендовано ультразвуковий контроль.

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, пріварішів, лазів, конструкцій зміцнення вирізів тощо

3.3.4 Зварні з'єднання трубопроводів залежно від класу, зазначеного у табл. 1.3.2 частини **VIII** «Системи і трубопроводи», повинні піддаватися неруйнівному контролю в обсязі згідно з табл. 3.3.3.

3.3.5 Крім конструкцій, зазначених у табл. 3.3.1, 3.3.2 і 3.3.3, неруйнівному контролю підлягають елементи механізмів і пристроїв, такі як з'єднання вантажних щогл, колон тощо. Ділянки, які підлягають контролю у цих конструкціях, установлюються за погодженням із інспектором Регістру з урахуванням положень частин Правил, що регламентують вимоги до таких елементів.

3.3.6 Інспектор Регістру може встановити розподіл ділянок неруйнівного контролю, відмінний від зазначених у схваленій схемі контролю, залежно від конкретних умов виконання зварювання.

Таблиця 3.3.3

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 магнітно-порошковий контроль[3]
I	≤ 75	100	10*	100	10*
	>75		100		100
II	≤100		Вибірково		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.

3.3.7 Підприємство повинне визначати на підставі контролю радіографічним і ультразвуковим методами відсоток браку зварних з'єднань не рідше ніж один раз у шість місяців і повідомляти результати Регістру.

Відсоток браку зварних з'єднань повинний визначатися за формулою

$$K = 100l/s, \qquad (3.3.6)$$

де: K – відсоток браку зварних з'єднань;

l – загальна довжина ділянок контролю, що показали незадовільну якість зварних швів, м;

s – загальна довжина усіх ділянок контролю, м.

Якщо відсоток браку буде більше 5, то за кожний відсоток браку понад зазначеного Регістр може вимагати збільшення кількості ділянок контролю на 10%.

Кількість контрольованих ділянок може бути зменшена, якщо рівень зварювальних робіт буде визнаний інспектором задовільним.

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.

3.3.9 При переобладнанні та ремонті суден і плавзасобів кількість контрольованих ділянок визначається Регістром залежно від обсягу зварювальних робіт та відповідальності конструкцій із урахуванням викладеного вище.

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.

3.4 ОЦІНКА ЯКОСТІ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ СТАЛЕВИХ КОРПУСНИХ КОНСТРУКЦІЙ

3.4.1 Загальні вказівки.

3.4.1.1 Оцінка якості зварних з'єднань сталевих конструкцій повинна виконуватися на основі рівнів якості відповідних вимог стандарту ДСТУ ISO 5817 або відповідного стандарту ISO або інших визнаних Регістром міжнародних і національних стандартів.

3.4.1.2 Вимоги до рівнів якості, відповідних вимогам стандарту ДСТУ ISO 5817 або відповідного стандарту ISO, для корпусних конструкцій сталевих суден повинні призначатися згідно з табл. 3.4.1.2.

3.4.1.3 Вимоги до рівнів якості, відповідних вимогам стандарту ДСТУ ISO 5817 або відповідного стандарту ISO, для котлів, теплообмінних апаратів і трубопроводів повинні призначатися згідно з табл. 3.4.1.3.

Для зварних з'єднань металоконструкцій, деталей та механізмів вантажопідіймальних пристроїв (відповідно до **3.2** Правил щодо вантажопідіймальних пристроїв морських суден) застосовувати рівень якості B згідно зДСТУ EN ICO 5817.

Таблиця 3.4.1.2

Група в'язей кор-пусу[1]	Типи з'єднань	Мінімальний рівень якості згідно з стандарту ДСТУ ISO 5817 (ISO 5817) для суден довжиною			
		$L \leq 250$ м		$L > 250$ м	
		Середня частина судна в районі 0,4L	Поза районом 0,4L середньої частини корпусу[2]	Середня частина судна в районі 0,4L	Поза районом 0,4L середньої частини корпусу[2]
III	Стикові	B	B	B	B
	Кутові, таврові і хрестоподібні з повним проваром	B	B	B	B
	Кутові, таврові і хрестоподібні з обробленням кромок і конструктивним непроваром	C	C	B	C
	Кутові, таврові і хрестоподібні, виконані кутовим швом без оброблення кромок	C	C	C	C

Група в'язей корпусу[1]	Типи з'єднань	Мінімальний рівень якості згідно з стандарту ДСТУ ISO 5817 (ISO 5817) для суден довжиною			
		$L \leq 250$ м		$L >250$ м	
		Середня частина судна в районі 0,4L	Поза районом 0,4L середньої частини корпусу[2]	Середня частина судна в районі 0,4L	Поза районом 0,4L середньої частини корпусу[2]
II	Стикові	B	C	B	C
	Кутові, таврові і хрестоподібні з повним проваром	C	C		C
	Кутові, таврові і хрестоподібні з обробленням кромок і конструктивним непроваром	C	D	C	C
	Кутові, таврові і хрестоподібні, виконані кутовим швом без оброблення кромок	C	D	C	D
I	Стикові	C	C	C	C
	Кутові, таврові і хрестоподібні з повним проваром	C	C	C	C
	Кутові, таврові і хрестоподібні з обробленням кромок і конструктивним непроваром	C	D	C	D
	Кутові, таврові і хрестоподібні, виконані кутовим швом без оброблення кромок	C	D	C	D
[1] Відповідно до 1.2.3.7 частини II «Корпус». [2] Для зварного форштевня криголамів і суден полярних і льодових класів мінімальний рівень якості B.					

Таблиця 3.4.1.3

Клас конструкції[1]	Типи з'єднань	Мінімальний рівень якості згідно з стандартом ДСТУ ISO 5817 (ISO 5817)	
		Котли і теплообмінні апарати	Трубопроводи
1	2	3	4
III	Стикові	B	B
	Кутові, таврові і хрестоподібні з повним проваром	B	B
	Кутові, таврові і хрестоподібні з обробленням кромок і конструктивним непроваром	B	B
	Кутові, таврові і хрестоподібні, виконані кутовим швом без оброблення кромок	C	C
II	Стикові	B	B
	Кутові, таврові і хрестоподібні з повним проваром	B	B
	Кутові, таврові і хрестоподібні з обробленням кромок і конструктивним непроваром	C	C
	Кутові, таврові і хрестоподібні, виконані кутовим швом без оброблення кромок	C	C
I	Стикові	B	B
	Кутові, таврові і хрестоподібні з повним проваром	C	C
	Кутові, таврові і хрестоподібні з обробленням кромок і конструктивним непроваром	C	C
	Кутові, таврові і хрестоподібні, виконані кутовим швом без оброблення кромок	C	C
[1] Згідно з **1.3.2** частини **VIII** «Системи і трубопроводи» та **1.3.1.2** частини X «Котли, теплообмінні апарати і посудини під тиском».			

3.4.1.4 Для конкретних методів неруйнівних випробувань прийнятні рівні оцінки дефектів залежно від установлених рівнів якості згідно з стандартом ДСТУ ISO 5817 або відповідним стандартом ISO, а також вимоги до методики і класу контролю встановлюються стандартом ДСТУ EN ISO 17635 або відповідними стандартами ISO чи EN і повинні, як правило, призначатися згідно з табл. 3.4.1.4.

3.4.1.5 Оцінка якості зварних з'єднань в межах кожного рівня оцінки дефектів повинна виконуватися за альтернативною системою «придатний - не придатний» («acceptance - not acceptance») із застосуванням критеріїв оцінки, що відповідають вказівкам **3.4.2, 3.4.3, 3.4.4, 3.4.5 і 3.4.6**.

Таблиця 3.4.1.4

Рівень якості згідно з ДСТУ ISO 5817	Вимоги для радіографічного контролю		Вимоги для ультразвукового контролю[1]		Вимоги для візуального і вимірювального контролю		Вимоги для магнітопорошкового контролю		Вимоги для капілярних методів контролю	
	Методика і рівень згідно з ДСТУ EN ISO 17636	Рівень оцінки[2] згідно з ДСТУ EN ISO 17636-1	Методика і рівень згідно з ДСТУ EN ISO 17640	Рівень оцінки[2] згідно з ДСТУ EN ISO 11666	Методика і рівень згідно з ДСТУ EN ISO 17636	Рівень оцінки[2, 3]	Методика і рівень згідно з ДСТУ EN ISO 17638	Рівень оцінки[2] згідно з ДСТУ EN ISO 23278	Методика і рівень згідно з ДСТУ EN ISO 3452	Рівень оцінки[2] згідно з ДСТУ EN ISO 23277
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
B	B	1	Не нижче B	2	LQ[7]	B	LQ[7]	2×[6]	LQ[7]	2×[6]
C	B[4]	2	Не нижче A	3		C		2×[6]		2×[6]
D	A	3	Не нижче A[5]	3[5]		D		3×[6]		3×[6]

Примітки: Нарівні з указаними стандартами ДСТУ можуть застосовуватися відповідні стандарти ISO та EN.

[1] У тому випадку, якщо потрібне визначення характеристик дефектів, повинний застосовуватися стандарт ДСТУ EN ISO 23279.

[2] Рівень оцінки в балах якості.

[3] Рівні оцінки (бал якості) для візуального і вимірювального контролю еквівалентні рівням якості згідно з стандартом ДСТУ ISO 5817.

[4] Для кільцевих зварних з'єднань мінімальна кількість експозицій (знімків) може відповідати вимогам для класу «А» стандарту ДСТУ EN ISO 17636.

[5] Ультразвуковий метод контролю згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 11666 зазвичай не рекомендується застосовувати для рівня якості «D» стандарту ДСТУ ISO 5817, проте у випадку його призначення приймання виконується згідно з вимогами для рівня якості «C» стандарту ДСТУ ISO 5817.

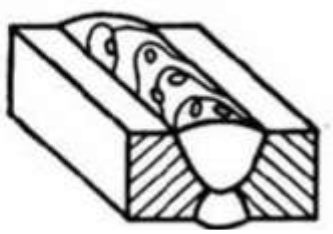
[6] Рівні оцінки 2 і 3 можуть включати індекс «×», який позначає, що всі дефекти понад 24мм є недопустимі;

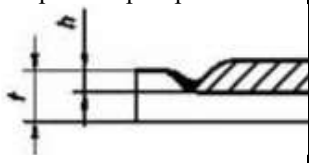
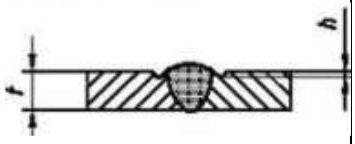
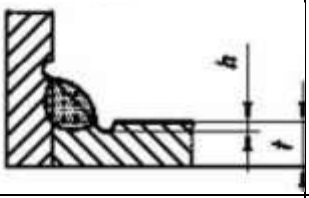
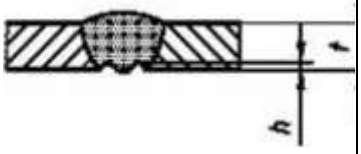
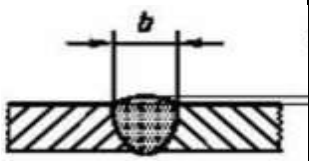
[7] Рівень контролю не встановлюється

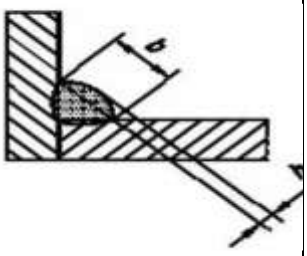
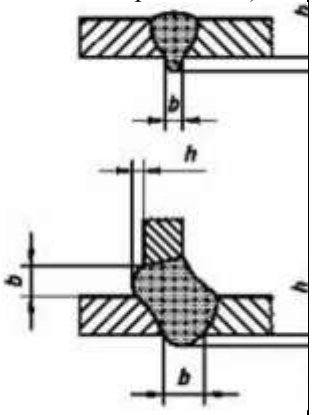
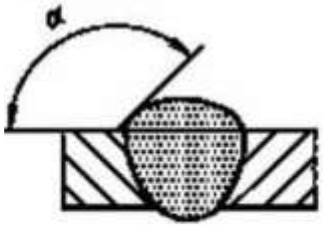
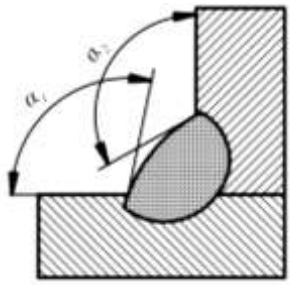
3.4.2 Оцінка якості зварних з'єднань за результатами контролю зовнішнім оглядом і вимірюванням.

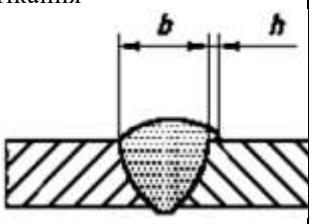
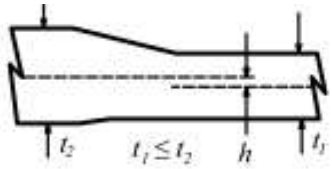
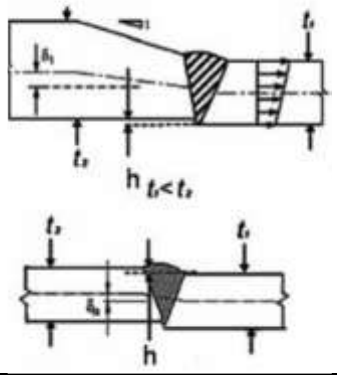
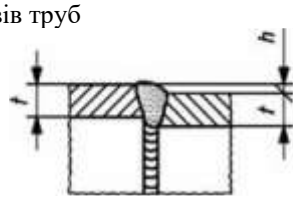
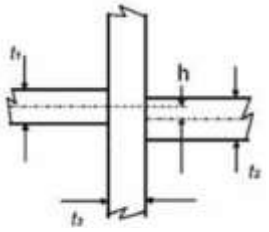
3.4.2.1 Якщо з Регістром не погоджене інше, оцінка якості зварних з'єднань за результатами візуального та вимірювального контролю повинна виконуватися згідно з вказівками стандарту ДСТУ ISO 5817 або відповідного стандарту ISO для зовнішніх дефектів (див. табл. 3.4.2.1) для рівнів якості, встановлених вимогами **3.4.1.2** або **3.4.1.3**.

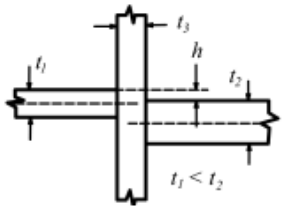
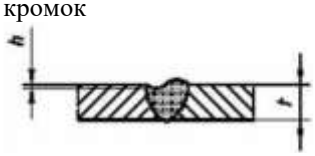
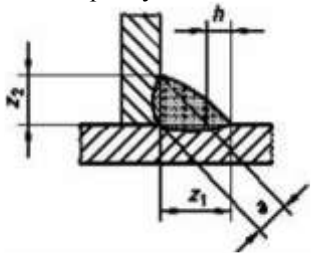
Таблиця 3.4.2.1

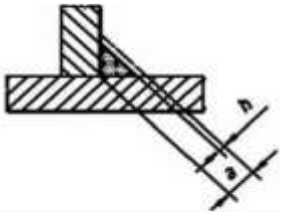
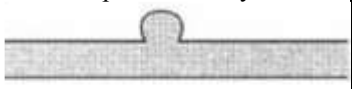
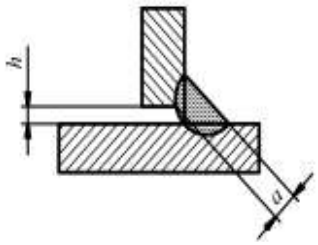
№ з/п	Найменування і вид дефекту	Позначення по ДСТУ EN ISO 6520	Нормовані характеристики дефектів і розмірів шва	Критерії допустимості дефектів для рівнів якості згідно з стандартом ДСТУ ISO 5817			Примітки
				B	C	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тріщини	100	-	Не допускаються			
2	Кратерні тріщини	104	-	Не допускаються			
3	Поверхневі пори 	2017	*d* - максимальний діаметр окремої пори:				Скупчення і ланцюжки пор на поверхні шва не допускаються
			для стикового шва	Не допускається	$d \le 0{,}2t$, але не більше 2,0мм	$d \le 0{,}3t$, але не більше 3,0мм	
			для кутового шва	Не допускається	$d \le 0{,}2a$, але не більше 2,0мм	$d \le 0{,}2f$, але не більше 3,0мм	

№ з/п	Найменування і вид дефекту	Позначення по ДСТУ EN ISO 6520	Нормовані характеристики дефектів і розмірів шва	Критерії допустимості дефектів для рівнів якості згідно з стандартом ДСТУ ISO 5817			Примітки
				B	C	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
4	Незаварений кратер 	2025	*h*-глибина кратера (величина ослаблення перерізу шва)	Не допускається	$h \le 0{,}1t$, але не більше 1,0мм	$h \le 0{,}2t$, але не більше 2,0мм	Для рівнів C і D може не допускатися за умовами фарбування
5	Несплавлення (які виходять на поверхню шва)	401	-	Не допускаються			
6	Непровар в корені шва (для однобічних стикових швів)	4021	*h* - максимальна глибина *l* - довжина одиничного дефекту	Не допускається	Не допускається	$h \le 0{,}2t$, але не біль-ше 2,0мм $l \le$ 0,25мм	Для рівня D може не допускатися за умовами фарбування
7	Підріз переривчастий і безперервний: - стикового шва[1] 	5012, 5011	*h* - максимальна глибина	$h \le 0{,}05t$, але не більше 0,5мм	$h \le 0{,}1t$, але не більше 0,5мм	$h \le 0{,}2t$, але не більше 1,0мм	[1] Не допускається одночасна наявність підрізу на обох кромках на одній стороні шва
	- кутового шва 		*h* - максимальна глибина	$h \le 0{,}05t$, але не більше 0,5мм	$h \le 0{,}1t$, але не більше 0,5мм	$h \le 0{,}2t$, але не більше 1,0мм	
8	Підріз кореня шва (підрізи, які розташовані з обох сторін шва) 	5013	*h* - максимальна глибина *l* - довжина одиничного дефекту	$h \le 0{,}05t$, але не більше 0,5мм $l \le$25мм	$h \le 0{,}1t$, але не більше 1,0мм $l \le$ 25мм	$h \le 0{,}2t$, але не більше 2,0мм $l \le$ 25мм	
9	Перевищення опуклості стикового шва 	502	*h* - максимальна висота посилення *b* - ширина посилення	$h \le$ 1мм + 0,1*b*, але не більше 5,0мм	$h \le$ 1 мм + 0,15*b*,але не більше 7,0мм	$h \le$ 1мм + 0,25*b*, але не більше 10,0мм	

№ з/п	Найменування і вид дефекту	Позначення по ДСТУ EN ISO 6520	Нормовані характеристики дефектів і розмірів шва	Критерії допустимості дефектів для рівнів якості згідно з стандартом ДСТУ ISO 5817			Примітки
				B	C	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
10	Перевищення опуклості кутового шва 	503	h -максимальна опуклість кутового шва b - ширина посилення кутового шва	$h \le$ 1мм + 0,1b, але не більше 3,0мм	$h \le$ 1мм + 0,15b,але не більше 4,0мм	$h \le$ 1мм + 0,25b, але не більше 5,0мм	
11	Надмірне проплавлення (провисання кореня шва) 	504	h - максимальна висота проплавлення b - ширина проплавлення	$h \le$ 1мм + 0,2b, але не більше 3,0мм	$h \le$ 1мм + 0,6b, але не більше 4,0мм	$h \le$ 1мм + 1,0b, але не більше 5,0мм	
12	Неправильний профіль: стикового шва 	505	α – кут між поверхнею основного металу і площиною дотичною до поверхні зварного шва	α ≥ 150º	α ≥ 100º	α ≥ 90º	
	кутового шва $\alpha_1 \ge \alpha_2$, $\alpha_2 \ge \alpha$ 			α ≥ 110º	α ≥ 110º	α ≥ 90º	Для забезпечення плавного переходу для рівнів якості B і C може знадобитися спеціальне оброблення профілю зварного шва

№ з/п	Найменування і вид дефекту	Позначення по ДСТУ EN ISO 6520	Нормовані характеристики дефектів і розмірів шва	Критерії допустимості дефектів для рівнів якості згідно з стандартом ДСТУ ISO 5817			Примітки
				B	C	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
13	Натікання 	506	h - величина натікання	Не допускається	Не допускається	$h \le 0{,}2b$	
14	Лінійний зсув стикових з'єднань листів і пазів труб: - проєетованих як симетричні  - проєетованих як несиметричні 	5071	h - величина лінійного зсуву:визначається як відхилення осьових ліній, які проходять по середині товщини листів	$h \le 0{,}1t_1$, але не більше 3,0мм	$h \le 0{,}15t_1$,але не більше 4,0мм	$h \le 0{,}25t_1$, але не більше 5,0мм	
			визначається як відхилення загальної зовнішньої лінії пластин	$h \le 0{,}1t_1$, але не більше 3,0мм	$h \le 0{,}15t_1$, але не більше 4,0мм	$h \le 0{,}25t_1$, але не більше 5,0мм	
15	Лінійний зсув кільцевих швів труб 	5072	h - величина лінійного зсуву, що визначається по відхиленню зовнішнього діаметру труб, які зварюються $t = \min\{t_1 \text{ і } t_2\}$	$h \le 0{,}5t$, але не більше 2,0мм	$h \le 0{,}5t$, але не більше 3,0мм	$h \le 0{,}5t$, але не більше 4,0мм	
16	Лінійний зсув хрестоподібних з'єднань: проєктованих як симетричні 		h - величина лінійного зсуву: визначається як відхилення осьових ліній, які проходять посередині товщини листів $t = \min\{t_1, t_2, t_3\}$	$h \le 0{,}15t$	$h \le 0{,}3t$	$h \le 0{,}5t$	

№ з/п	Найменування і вид дефекту	Позначення по ДСТУ EN ISO 6520	Нормовані характеристики дефектів і розмірів шва	Критерії допустимості дефектів для рівнів якості згідно з стандартом ДСТУ ISO 5817			Примітки
				B	C	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
	проєктованих як несиметричні 		визначається як відхилення загальної зовнішньої лінії пластин $t = \min\{t_1, t_2, t_3\}$	$h \le 0{,}15t$	$h \le 0{,}3t$	$h \le 0{,}5t$	
17	Протікання Незаповнене оброблення кромок 	509 511	h - глибина протікання або незаповнення розробки l – довжина дефекту	$h \le 0{,}05t$, але не більше 0,5мм $l \le 25$мм	$h \le 0{,}1t$, але не більше 1,0мм $l \le 25$мм	$h \le 0{,}25t$, але не більше 2,0мм $l \le 25$мм	
18	Пропалювання (витікання зварювальної ванни з утворенням наскрізного отвору в зварному шві)	510		Не допускається	Не допускається	Не допускається	
19	Асиметрія кутового шва 	512	$h = z_1 - z_2$ – величина асиметрії (розходження величин катетів)	$h \le 1{,}5$мм $+ 0{,}15a$,	$h \le 1{,}5$мм $+ 0{,}15a$,	$h \le 1{,}5$мм $+ 0{,}15a$,	
20	Нерівна поверхня шва: - горбистість і лускатість;	514	h - величина горбистості і лускатості	$h \le 1{,}5$мм	$h \le 2$ мм	$h \le 2$ мм	Вимір величини западань між валиками треба ро-бити на базі 12 мм, а горбистості і лускатості - між вершинами горбиків і лусочок
	- западання між валиками		h - величина западань між валиками	$h \le 1{,}5$мм	$h \le 2$ мм	$h \le 2$ мм	
22	Коренева пористість: губчате утворення в корені шва, яке виникло внаслідок виділення газу в процесі кристалізації (наприклад, при недостатньому газовому захисті кореня шва).	516		Не допускається	Не допускається	Допускається, але лише локально	Для рівня D може не допускатися за умовами фарбування
23	Погане повторне збудження дуги: місцева нерівність поверхні в місці поновлення зварювання	517		Не допускається	Не допускається	Допускається	Для рівня D може не допускати-ся за умовами фарбування

№ з/п	Найменування і вид дефекту	Позначення по ДСТУ EN ISO 6520	Нормовані характеристики дефектів і розмірів шва	Критерії допустимості дефектів для рівнів якості згідно з стандартом ДСТУ ISO 5817			Примітки
				B	C	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
24	Заниження товщини кутового шва 	5213	*h* - величина зани-ження (зменшення від номінального значення) товщини кутового шва «*a*» *l*- довжина дефекту	Не допу-скається	*h* ≤ 0,3мм + 0,1*a*, але не більше 1,0мм *l* ≤ 25мм	*h* ≤ 0,3мм + 0,1*a*, але не більше 1,0мм *l*≤25мм	
26	Обпалення дугою: місцеве пошкодження поверхні основного металу поруч зі зварним швом через горіння дуги поза обробленням кромок	601		Не допу-скається	Не допуска-ється	Допуска-ється, якщо не порушені основні властивості металу	Див. табл. 9.13 частини А, стандарту МАКТ № 47
27	Бризки металу 	602		Не допу-скається	Підлягає видаленню виходячи із вимог до системи покриття	Див. п. **4.2.4.2** частини А, стандарту МАКТ № 47	
28	Неправильний зазор в корені кутових швів 	617	*h* - величина зазору в корені кутового шва *a* - товщина кутового шва	*h* ≤ 0,5мм + 0,1*a*, але не більше 2,0мм	*h* ≤ 0,5мм + 0,2*a*, але не більше 3,0мм	*h* ≤ 1мм + 0,3*a*, але не більше 4,0мм	За погодженням з Регістром зазор, що перевищує допустиму величину може бути компенсований відповідним збільшенням товщини кутового шва

3.4.2.2 Всі виявлені за результатами візуального та вимірювального контролю дефекти підлягають усуненню, а місця виправлень повинні бути повторно проконтрольовані згідно з **3.1.5**.

3.4.2.3 За результатами візуального та вимірювального контролю зварні з'єднання треба вважати придатними, якщо в них не виявлені недопустимі для встановленого прийнятного рівня оцінки дефекти, перераховані в табл. 3.4.2.1.

3.4.3 Оцінка якості зварних з'єднань за результатами контролю магнітопорошковим методом.

3.4.3.1 Якщо з Регістром не погоджено інше, оцінка якості зварних з'єднань за результатами контролю магнітопорошковим методом повинна виконуватися згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 23278 або відповідними стандартами ISO чи EN (див. табл. 3.4.3.1) для рівнів якості, встановлених вимогами **3.4.1.2** або **3.4.1.3**.

Таблиця 3.4.3.1

Тип індикаторного валика	Рівень оцінки (бал якості) згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 23278[1] або з відповідним стандартом ISO чи EN		
	1	2	3
Лінійний[2] *l* - довжина індикаторного валика	*l* ≤ 1,5мм	*l* ≤ 3мм	*l* ≤ 6мм
Нелінійний[3] *d* - розмір більшої осі індикаторного валика	*d* ≤ 2мм	*d* ≤ 3мм	*d* ≤ 4мм

[1] Рівні оцінки 2 і 3 можуть включати індекс «×», який позначає, що всі лінійні індикаторні валики повинні бути оцінені на рівень 1 .
[2] Лінійний індикаторний валик - індикаторний валик, довжина якого перевищує ширину більше ніж в три рази.
[3] Нелінійний індикаторний валик - індикаторний валик, довжина якого рівна або менша ніж три ширини.

3.4.3.2 Для зменшення розмірів або видалення дефектів, які стали причиною недопустимих індикаторних валиків (слідів), може використовуватися місцеве шліфування або зачищення, якщо це допускається виробничою специфікацією для конкретного виробу. Місця виправлень повинні бути піддані повторному контролю і оцінці згідно з специфікацією, застосовуваною для первісного контролю згідно з **3.1.5**.

3.4.3.3 За результатами контролю магнітопорошковим методом зварні з'єднання треба вважати придатними, якщо в них не виявлені недопустимі для встановленого прийнятного рівня оцінки дефекти, перераховані в табл. 3.4.3.1.

3.4.4 Оцінка якості зварних з'єднань за результатами контролю капілярним методом.

3.4.4.1 Якщо з Регістром не погоджено інше, оцінка якості зварних з'єднань за результатами контролю капілярним методом повинна виконуватися згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 23277 або з відповідними стандартами ISO чи EN (див. табл. 3.4.4.1) для рівнів якості, встановлених вимогами **3.4.1.2** або **3.4.1.3**.

Таблиця 3.4.4.1

Тип індикаторного валика	Рівень оцінки (бал якості) згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 23277[1] або з відповідним стандартом ISO чи EN		
	1	2	3
Лінійний[2] *l* - довжина індикаторного сліду	$l \leq 2$мм	$l \leq 4$мм	$l \leq 8$мм
Нелінійний[3] *d* - розмір більшої осі індикаторного сліду	$d \leq 4$мм	$d \leq 6$мм	$d \leq 8$мм

[1] Рівні оцінки 2 і 3 можуть включати індекс « x », який позначає, що всі лінійні індикаторні сліди повинні бути оцінені на рівень 1 .
[2] Лінійний індикаторний слід - індикаторний слід, довжина якого перевищує ширину більше ніж в три рази.
[3] Нелінійний індикаторний слід - індикаторний слід, довжина якого рівна або менша ніж три ширини.

3.4.4.2 Для зменшення розмірів або видалення дефектів, які стали причиною недопустимих індикаторних слідів, може використовуватися місцеве шліфування або зачищення, якщо це допускається виробничою специфікацією для конкретного виробу. Місця виправлень повинні бути піддані повторному контролю і оцінці згідно з специфікацією, застосовуваною для первісного контролю згідно з **3.1.5**.

3.4.4.3 За результатами контролю капілярним методом зварні з'єднання треба вважати придатними, якщо в них не виявлені недопустимі для встановленого прийнятного рівня оцінки дефекти, перераховані в табл. 3.4.4.1.

3.4.5 Оцінка якості зварних з'єднань за результатами радіографічного контролю.

3.4.5.1 При радіографічному контролі оцінка якості зварних з'єднань повинна виконуватися з розшифровкою зображень на радіографічних знімках для наступних видів внутрішніх дефектів:

- пори;

- шлакові вкраплення;

- металеві вольфрамові вкраплення;

- металеві мідні вкраплення;

- несплавлення;

- непровари;

- тріщини.

Дефекти, що виходять на поверхню, зварних з'єднань повинні оцінюватися згідно з критеріями, викладеними в **3.4.2.1**.

3.4.5.2 За розміри дефектів зварних з'єднань при контролі радіографічним методом повинні прийматися розміри їхніх зображень на радіографічних знімках згідно з викладеними нижче вимогами.

За розміри пор, шлакових або вольфрамових вкраплень приймаються:

- для сферичних пор і вкраплень їх діаметр *d*, вимірюваний по найбільшій осі;

- для подовжених пор і вкраплень їх довжина *l* і ширина *h*.

Примітка. Вкраплення вважається подовженим (лінійним), якщо його довжина більша трикратної максимальної ширини або діаметра.

За розміри несплавлень, непроварів і тріщин приймається їхня довжина *1*.

Якщо відстань між подібними дефектами, розташованими в лінію, менша ніж розмір найменшого дефекту, то такі дефекти повинні вважатися одним протяжним дефектом. Розміри такого дефекту повинні визначатися як відстань, виміряна по найбільш віддалених краях цієї групи дефектів.

Якщо відстань між паралельно розташованими однорідними подовженими дефектами менша ніж трикратна ширина найменшого дефекту, то такі дефекти повинні вважатися одним протяжним дефектом. Розміри такого дефекту повинні визначатися як відстань, виміряна по найбільш віддалених краях цієї групи дефектів.

Якщо більше ніж одна пора розташовані усередині окружності діаметром рівним 3-х кратному діаметру пори, то такі дефекти вважаються груповою пористістю або скупченням пор. За розміри скупчення повинна прийматися відстань, виміряна по найбільш віддалених один від одного краях дефектів в скупченні.

Якщо відстань між розташованими в лінію двома і більше однорідними дефектами більше ніж одна, але не більше трьох довжин (діаметр або довжина) найменшого із цих дефектів, то такі дефекти називаються ланцюжком. За розмір ланцюжка включень приймається його довжина, виміряна по найбільш віддалених краях дефектів в ланцюжку.

3.4.5.3 Якщо з Регістром не погоджено інше, оцінка якості зварних з'єднань за результатами контролю радіографічним методом повинна виконуватися згідно з вказівками стандарту ДСТУ EN ISO 10675-1 або відповідних стандартів ISO чи EN (див. табл. 3.4.5.3) для рівнів якості встановлених вимогами **3.4.1.2** або **3.4.1.3**.

Таблиця 3.4.5.3

№ п/п	Тип внутрішніх дефектів і позначення за ДСТУ EN ИСО 6520-1		Критерії допустимості дефектів для рівнів якості приймання		
			1	2[1]	3[1]
1	Тріщини	100	Не допускаються	Не допускаються	Не допускаються
2*a*	Окремі пори і рівномірно розподілена пористість Одношаровий шов	2011 2012	$A \le 1$ % $d \le 0{,}2s$, макс. 3мм L = 100мм	$A \le 1{,}5$ % $d \le 0{,}3s$, макс. 4мм L = 100мм	$A \le 2{,}5$ % $d \le 0{,}4s$, макс. 5мм L = 100мм
2*b*	Окремі пори і рівномірно розподілена пористість Багатошаровий шов	2011 2012	$A \le 2$ % $d \le 0{,}2$s, макс. 3мм L = 100мм	$A \le 3$ % $d \le 0{,}3$s, макс. 4мм L = 100мм	$A \le 5$ % $d \le 0{,}4$s, макс. 5мм L = 100мм
3	Скупчення пор (групова пористість)	2013	$dA \le wp/2$, макс. 15мм $d \le 0{,}2s$, макс. 3мм	$dA \le wp$, макс. 20мм $d \le 0{,}3s$, макс. 4мм	$dA \le wp$, макс. 25мм $d \le 0{,}4s$, макс. 5мм

№ п/п	Тип внутрішніх дефектів і позначення за ДСТУ EN ИСО 6520-1		Критерії допустимості дефектів для рівнів якості приймання		
			1	2[1]	3[1]
4	Лінійна пористість (ланцюжок пор) Одношаровий шов	2014	l ≤ *s*, макс. 25мм *d* ≤ 0,2s, макс. 2мм *L* = 100мм	l ≤ *s*, макс. 50мм *d* ≤ 0,3s, макс. 3мм *L* = 100мм	l ≤ *s*, макс. 75мм *d* ≤ 0,4s, макс. 4мм *L* = 100мм
5	Червоподібні пори (свищі) і подовжені раковини (витягнуті порожнини)	2016 2015	*h* < 0,2*s*, макс. 2 мм Σl ≤ s, макс. 25 мм *L* = 100 мм	*h* < 0,3*s*, макс. 3 мм Σl ≤ s, макс. 50 мм *L* = 100 мм	*h* < 0,4*s*, макс. 2мм Σl ≤ s, макс. 75мм *L* = 100мм
6	Усадочні раковини (крім кратерних - 2024)	202	Не допускаються	Не допускаються	*h* < 0,4*s*, макс. 4мм *l* ≤ 25мм
7	Кратерні усадочні раковини	2024	Не допускаються	Не допускаються	*h* < 0,2*t*, макс. 2 мм *l* ≤ 0,2*t,* макс. 2 мм
8	Шлакові вкраплення, флюсові вкраплення, оксидні вкраплення,	301 302 303	*h* < 0,2*s,* макс. 2мм Σl ≤ *s,* макс. 25мм *L* = 100мм	*h* < 0,3*s,* макс. 3мм Σl ≤ *s,* макс. 50мм *L* = 100мм	*h* < 0,4*s,* макс. 4мм Σl ≤ *s,* макс. 75мм *L* = 100мм
9	Металеві вкраплення (крім мідних)	304	*l* ≤ 0,2*s,* макс. 2мм	*l* ≤ 0,3*s,* макс. 3мм	*l* ≤ 0,4*s,* макс. 4мм
10	Мідні вкраплення	3042	Не допускаються	Не допускаються	Не допускаются
11[2]	Несплавлення	401	Не допускаються	Не допускаються	Допускаються такі, що не виходять на поверхню *l* ≤ 0,4*s,* макс. 4мм Допускаються, але тільки переривчасті і такі, що не виходять на поверхню Σl ≤ 25мм, *L* = 100мм
12[2]	Непровари	402	Не допускаються	Не допускаюьтся	Σl ≤ 25мм, *L* = 100мм

Позначення:
l – довжина проекції 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 проекцій пор, віднесена до площі знімка *wp* x *L,* в %*;*
d – діаметр пори, в мм;
dA – діаметр зони, що огинає пору, в мм;
h – ширина проекції дефекту, в мм;
Σ*l* — сумарна довжина проекцій дефектів на довжині шва *L,* в мм;

[1]Рівні оцінки 2 і 3 можуть включати індекс «×», який позначає, що всі дефекти понад 25 мм є неприпустимими.
[2]Якщо довжина шва менше 100 мм, максимальна довжина дефектів не повинна перевищувати 25 % цієї довжини.

3.4.5.4 Всі виявлені за результатами контролю радіографічним методом недопустимі для встановленого прийнятного рівня оцінки дефекти підлягають усуненню, а місця виправлень повинні бути повторно проконтрольовані згідно з вказівками **3.1.5**.

3.4.6 Оцінка якості зварних з'єднань за результатами ультразвукового контролю.

3.4.6.1 Якщо з Регістром не погоджено інше, оцінка результатів ультразвукового контролю повинна виконуватися на відповідність прийнятним рівням, що ґрунтуються на довжині і амплітуді ехо-сигналу згідно з вимогами стандарту ДСТУ EN ISO 11666 або відповідних стандартів ISO чи EN (див. табл. 3.4.6.1) з урахуванням викладених нижче вимог по їх застосуванню і трактуванню результатів контролю, що відповідають положенню **5.1** цього стандарту.

3.4.6.2 Всі дефекти від яких рівень ехо-сигналу перевищує контрольний рівень чутливості повинні бути оцінені з визначенням характеристик згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 23279 або відповідних стандартів ISO чи EN стадія 3 з метою виявлення площинних (двовимірних) несуцільностей.

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.

3.4.6.4 Усі встановлені згідно з **3.4.6.2** площинні (двовимірні) несуцільності вважаються недопустимими і підлягають виправленню.

3.4.6.5 Усі виявлені за результатами ультразвукового контролю недопустимі для встановленого прийнятного рівня оцінки дефекти підлягають усуненню, а місця виправлень повинні бути повторно проконтрольовані згідно з вказівками **3.1.5**.

Таблиця 3.4.6.1

Метод настроювання опорного рівня чутливості згідно з ДСТУ EN ISO 17640[1]	Контрольний рівень чутливості для рівня оцінки[2]		Рівень оцінки 2 (AL 2) для діапазону товщин [2, 3, 4]		Рівень оцінки 3 (AL 3) для діапазону товщин [2, 3, 4]	
	2	3	8мм ≤ t <15мм	15мм ≤ t <100мм	8мм ≤ t < 15мм	15мм ≤ t < 100мм
1	2	3	4	5	6	7
1 (бічні циліндричні отвори)	H_0 - 14дБ	H_0 - 10дБ	Для $l \le t$; H_0 - 4дБ Для $l > t$; H_0-10дБ	Для $l \le 0{,}5t$; H_0 Для $0{,}5t < l \le t$; H_0- 6дБ Для $l > t$; H_0 - 10дБ	Для $l \le t$; H_0 Для $l > t$; H_0 - 6дБ	Для $l \le 0{,}5t$; H_0 + 6дБ Для $0{,}5t < l \le t$; H_0 -2дБ Для $l > t$; H_0 -6дБ
2 плоскодонні отвори - дископодібні відбивачі)	H_0 - 8дБ	H_0 - 4дБ	Для $l \le t$; H_0+2дБ Для $l > t$; H_0-10дБ	Для $l \le 0{,}5t$; H_0 + 6дБ Для $0{,}5t < l \le t$; H_0 Для $l > t$; H_0 - 4дБ	Для $l \le t$; H_0 +6дБ Для $l > t$; H_0	Для $l \le 0{,}5t$; H_0 +10дБ Для $0{,}5t < l \le t$; H_0 +4дБ Для $l > t$; H_0
3 (прямокутна засічка – надріз)	H_0 - 14дБ	H_0 - 10дБ	Для $l \le t$; H_0 -4дБ Для $l > t$; H_0-10дБ	–	Для $l \le t$; H_0 Для $l > t$; H_0 - 6дБ	–
4 (методи «стредл» і «тандем»)	H_0 - 22дБ	H_0 - 18дБ	–	Для $l \le 0{,}5t$; H_0 - 8дБ Для $0{,}5t < l \le t$; H_0-14дБ Для $l > t$; H_0 - 14дБ	–	Для $l \le 0{,}5t$; H_0 - 14дБ Для $0{,}5t < l \le t$;H_0 - 0дБ Для $l > t$; H_0 - 14дБ

[1] Див. **3.2.5.14**.
[2] H_0 - опорні рівні чутливості, що відповідають вимогам стандарту ДСТУ EN ISO 17640 (див. **3.2.5.13**).
[3] l - умовна довжина дефекту.
[4] t - товщина основного металу (найтоншого елемента).

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 іншім 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 іншім міжнародним стандартам.

Зв'язок між рівнями оцінки, рівнями контролю та рівнями якості наведено в табл. 3.4.7.3.

Таблиця 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 іншім 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 A.		

3.5 ОЦІНКА ЯКОСТІ ШВІВ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ КОРПУСНИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

3.5.1 Загальні вказівки.

3.5.1.1 Оцінка якості зварних з'єднань корпусних конструкцій із алюмінієвих сплавів повинна виконуватися на основі рівнів якості, що відповідають вимогам стандарту ДСТУ EN ISO 10042 або відповідних стандартів ISO чи EN або інших визнаних Регістром міжнародних і національних стандартів.

3.5.1.2 Вимоги до рівнів якості, що відповідають вимогам стандарту ДСТУ EN ISO 10042 або відповідних стандартів ISO чи EN, для корпусних конструкцій суден погоджуються з Регістром в індивідуальному порядку залежно від типу судна і його розмірів. У будь-якому випадку прийнятний

рівень якості повинний бути не нижче «C» згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 10042 або відповідними стандартами ISO чи EN за винятком вимог до розмірів посилення швів при контролі зовнішнім оглядом та вимірюванням, який за погодженням з Регістром допускається знижувати до рівня «D».

3.5.1.3 Для конкретних методів неруйнівного випробування прийнятні рівні оцінки дефектів залежно від установлених рівнів якості згідно з ДСТУ EN ISO 10042 або відповідними стандартами ISO чи EN, а також вимог до методики і класу контролю встановлюються вимогами відповідних міжнародних стандартів і повинні, як правило, призначатися згідно з таблицею 3.5.1.3.

3.5.1.4 Оцінка якості зварних з'єднань в межах кожного рівня оцінки дефектів повинна виконуватися за альтернативною системою «придатний - не придатний» («acceptance-not acceptance») із застосуванням критеріїв оцінки, відповідних вказівкам **3.5.2, 3.5.3, 3.5.4**.

Таблиця 3.5.1.3

Рівень якості згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 10042	Вимоги до радіографічного контролю		Вимоги до капілярних методів контролю	
	Методика і клас згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 17636	Рівень оцінки (бал якості) згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 10675-2	Методика і клас згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 3452	Рівень оцінки (бал якості) згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 23277
B	B	1	Клас (рівень контролю) не встановлюється	2×
C	B[1]	2		2×
D	A	3		3×

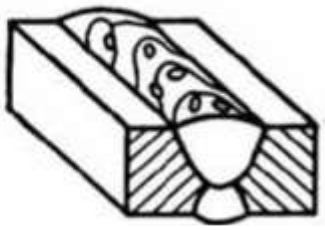
[1] Для кільцевих зварних з'єднань мінімальна кількість експозицій (знімків) може відповідати вимогам для класу A стандарту ДСТУ EN ISO 17636.

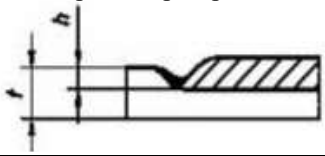
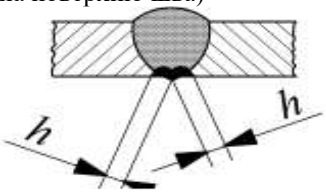
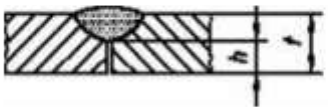
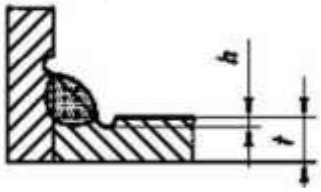
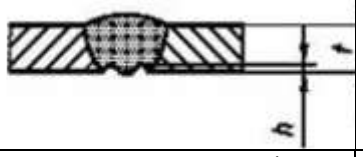
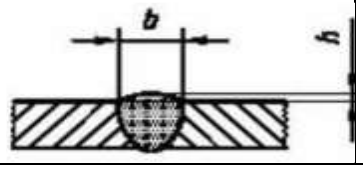
Примітка. Нарівні з указаними стандартами ДСТУ можуть застосовуватися відповідні стандарти ISO та EN.

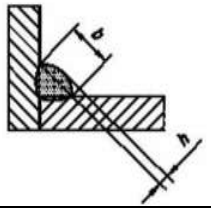
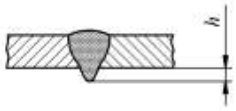
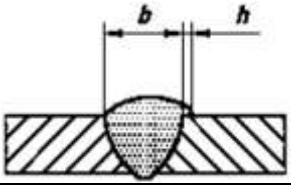
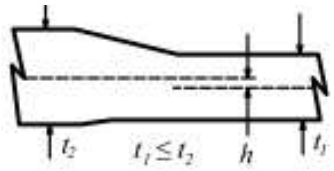
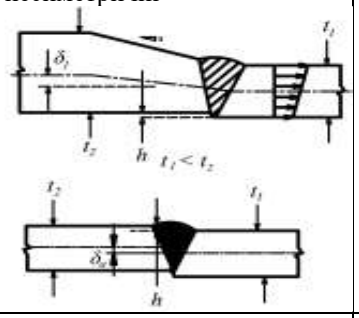
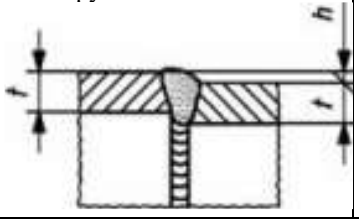
3.5.2 Оцінка якості зварних з'єднань за результатами контролю зовнішнім оглядом і вимірюванням.

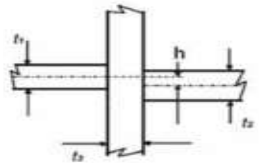
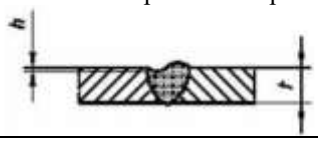
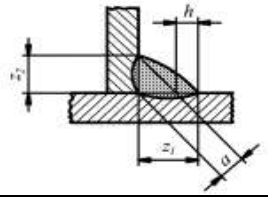
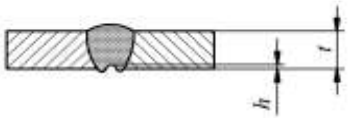
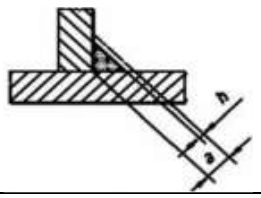
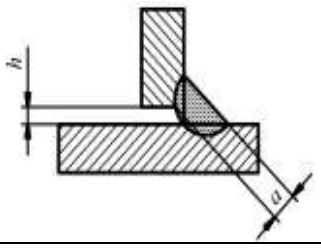
3.5.2.1 Якщо з Регістром не погоджене інше, оцінка якості зварних з'єднань за результатами контролю зовнішнім оглядом і вимірюванням повинна виконуватися згідно з вказівками стандарту ДСТУ EN ISO 10042 або відповідних стандартів ISO чи EN (див. табл. 3.5.2.1) для погоджених з Регістром рівнів якості.

Таблиця 3.5.2.1

№ з/п	Найменування і вид дефекту	Позначення по ДСТУ EN ISO 6520	Нормовані характеристики дефектів і розмірів шва	Критерії допустимості дефектів для рівнів якості згідно з стандартом ДСТУ ISO 5817			Примітки
				B	C	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
1	Тріщини	100	-	Не допускаються			
2	Кратерні тріщини	104	l – довжина тріщини h – глибина або ширина тріщини	Не допускаються		$l \le 0{,}4t$ або $l \le 0{,}4a$ $h \le 0{,}4t$ або $h \le 0{,}4a$	
3	Поверхневі пори 	2017	d - максимальний діаметр окремої пори для: 0,5мм $\le t \le$ 3мм	$d \le 0{,}1t$ або $d \le 0{,}1a$,	$d \le 0{,}2t$ або $d \le 0{,}2a$,	$d \le 0{,}3t$ або $d \le 0{,}3a$	Скупчення і ланцюжки пор на поверхні шва не допускаються
			$t >$ 3мм	$d \le 0{,}2t$ або $d \le 0{,}2a$, але не більше 1,0мм	$d \le 0{,}2t$ або $d \le 0{,}2a$, але не більше 1,5мм	$d \le 0{,}4t$ або $d \le 0{,}4a$, але не більше 3,0мм	

№ з/п	Найменування і вид дефекту	Позначення по ДСТУ EN ISO 6520	Нормовані характеристики дефектів і розмірів шва	Критерії допустимості дефектів для рівнів якості згідно з стандартом ДСТУ ISO 5817			Примітки
				B	C	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
4	Незаварений кратер 	2025	h - глибина кратера (величина ослаблення перерізу шва)	Не допускається	$h \le 0{,}2t$, але не більше 1,5мм	$h \le 0{,}4t$, але не більше 3,0мм	Для рівнів C і D може не допускатися за умовами фарбування
5	Несплавлення (які виходять на поверхню шва) 	401	h - максимальна глибина l - довжина одиничного дефекту	Не допускаються	Не допускаються	$h \le 0{,}1t$ або $h \le 0{,}1a$, але не більше 3,0мм $l \le 25$мм	
6	Непровар в корені шва (для однобічних стикових швів) 	4021	h - максимальна глибина l - довжина одиничного дефекту	Не допускається	Не допускається	$h \le 0{,}2t$, але не більше 2,0мм $l \le 25$мм Допускаються тільки одиночні дефекти не систематичного характеру	Для рівня D може не допускатися за умовами фарбування
7	Підріз переривчастий і безперервний: переривчастий	5011	h - максимальна глибина	Не допускається	Не допускається	$h \le 0{,}2t$, але не більше 1,0мм	
		5012	h - максимальна глибина l - довжина одиничного дефекту	$h \le 0{,}01t$, але не більше 0,5мм $l \le 25$мм	$h \le 0{,}1t$, але не більше 1,0мм $l \le 25$мм	$h \le 0{,}2t$, але не більше 1,0мм $l \le 25$мм	
8	Підріз кореня шва (підрізи, які розташовані з обох сторін шва) 	5013	h - максимальна глибина l - довжина одиничного дефекту	$h \le 0{,}05t$, але не більше 0,5мм $l \le 25$мм	$h \le 0{,}1t$, але не більше 1,0мм $l \le 25$мм	$h \le 0{,}2t$, але не більше 2,0мм $l \le 25$мм	
9	Перевищення опуклості стикового шва 	502	h - максимальна висота посилення b - ширина посилення шва	$h \le 1{,}5$мм + $0{,}1b$, але не більше 6мм	$h \le 1$ мм + $0{,}15b$, але не більше 8мм	$h \le 1{,}5$мм + $0{,}2b$, але не більше 10мм	

№ з/п	Найменування і вид дефекту	Позначення по ДСТУ EN ISO 6520	Нормовані характеристики дефектів і розмірів шва	Критерії допустимості дефектів для рівнів якості згідно з стандартом ДСТУ ISO 5817			Примітки
				B	C	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
10	Перевищення опуклості кутового шва 	503	h - максимальна опуклість кутового шва b - ширина кутового шва	$h \le 1{,}5$мм $+ 0{,}1b$, але не більше 3мм	$h \le 1{,}5$мм $+ 0{,}15b$, але не більше 4мм	$h \le 1{,}5$мм $+ 0{,}3b$, але не більше 5мм	
11	Надмірне проплавлення 	504	h - максимальна висота проплавлення b - ширина проплавлення	$h \le 3$мм	$h \le 4$мм	$h \le 5$мм	
12	Натікання 	506	h - величина натікання l - довжина одиничного дефекту	Не допускається	Не допускається	$h \le 0{,}2t$, $l \le 25$мм	
13	Лінійний зсув стикових з'єднань листів і пазів труб: проєтованих як симетричні 	5071	h - величина лінійного зсуву: визначається як відхилення осьових ліній, які проходять посередині товщини листів	$h \le 0{,}2t$, але не більше 2мм	$h \le 0{,}3t$, але не більше 4мм	$h \le 0{,}4t$, але не більше 8мм	
	проєетованих як несиметричні 		визначається як відхилення загальної зовнішньої лінії пластин	$h \le 0{,}2t_1$, але не більше 2мм	$h \le 0{,}3t_1$, але не більше 4мм	$h \le 0{,}4t_1$, але не більше 8мм	
14	Лінійний зсув кільцевих швів труб 	5072	h - величина лінійного зсуву, що визначається по відхиленню зовнішнього діаметру труб, які зварюються $t = \min\{t_1 \text{ і } t_2\}$	$h \le 0{,}2t$, але не більше 4мм	$h \le 0{,}3t$, але не більше 6мм	$h \le 0{,}4t$, але не більше 10мм	

№ з/п	Найменування і вид дефекту	Позначення по ДСТУ EN ISO 6520	Нормовані характеристики дефектів і розмірів шва	Критерії допустимості дефектів для рівнів якості згідно з стандартом ДСТУ ISO 5817			Примітки
				B	C	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
15	Лінійний зсув хрестоподібних з'єднань: проєетованих як симетричні  проєетованих як несиметричні 		*h* - величина лінійного зсуву визначається як відхилення осьових ліній, які проходять посередині товщини листів $t = \min\{t_1, t_2, t_3\}$	$h \le 0{,}2t$	$h \le 0{,}4t$	$h \le 0{,}5t$	
			визначається як відхилення загальної зовнішньої лінії пластин $t = \min\{t_1, t_2, t_3\}$	$h \le 0{,}15t$	$h \le 0{,}3t$	$h \le 0{,}5t$	
16	Протікання Незаповнене оброблення кромок 	509 511	*h* - глибина протікання або незаповнення розробки *l* – довжина дефекту	$h \le 0{,}05t_1$, але не більше 0,5мм $l \le 25$мм	$h \le 0{,}1t_1$, але не більше 1,0мм $l \le 25$мм	$h \le 0{,}2t_1$, але не більше 2,0мм $l \le 25$мм	
17	Асиметрія кутового шва 	512	$h = z_1 - z_2$ – величина асиметрії (розходження величин катетів)	$h \le 1{,}5$мм + $0{,}2a$,	$h \le 2$мм + $0{,}25a$,	$h \le 3$мм + $0{,}3a$,	
18	Увігнутість (утягнення) кореня шва 	515	*h* – максимальна глибина увігнутості *l*- довжина одиничного дефекту	$h \le 0{,}05t$, але не більше 0,5мм $l \le 25$мм	$h \le 0{,}1t$, але не більше 1,0мм $l \le 25$мм	$h \le 0{,}2t$, але не більше 1,5мм $l \le 25$мм	
19	Заниження товщини кутового шва 	5213	*h* - величина заниження (зменшення від номінального значення) товщини кутового шва «*a*» *l*- довжина дефекту	$h \le 0{,}1a$, але не більше 1,0мм $l \le 25$мм	$h \le 0{,}2a$, але не більше 1,5мм $l \le 25$мм	$h \le 0{,}3a$, але не більше 2,0мм $l \le 25$мм	
20	Неправильний зазор в корені кутових швів 	617	*h* - величина зазору в корені одностороннього шва *a* - товщина кутового шва	$h \le 0{,}5$мм + $0{,}1a$, але не більше 3,0мм	$h \le 0{,}5$мм + $0{,}2a$, але не більше 3,0мм	$h \le 1$мм + $0{,}3a$, але не більше 4,0мм	За погодженням з Регістром зазор, що перевищує допустиму величину може бути компенсований відповідним збільшенням товщини кутового шва

3.5.2.2 Всі виявлені за результатами контролю зовнішнім оглядом і вимірюванням дефекти підлягають усуненню, а місця виправлень повинні бути повторно проконтрольовані згідно з **3.1.5**.

3.5.2.3 За результатами контролю зовнішнім оглядом і вимірюванням зварні з'єднання вважаються придатними, якщо в них не виявлені недопустимі для встановленого прийнятного рівня оцінки дефекти, перераховані в табл. 3.5.2.1.

3.5.3 Оцінка якості зварних з'єднань за результатами контролю капілярним методом.

3.5.3.1 Якщо з Регістром не погоджене інше, оцінка якості зварних з'єднань за результатами контролю капілярним методом повинна виконуватися згідно з вказівками стандарту ДСТУ EN ISO 23277 або відповідних стандартів ISO чи EN (див. табл. 3.5.3.1) для узгоджених з Регістром рівнів якості.

Таблиця 3.5.3.1

Тип індикаторного валика	Рівень оцінки (бал якості) згідно з стандартом ДСТУ EN ISO 23277[1]		
	1	2	3
Лінійний[2] *l* - довжина індикаторного сліду	$l \leq 2$мм	$l \leq 4$мм	$l \leq 8$мм
Нелінійний[3] *d* - розмір більшої осі індикаторного сліду	$d \leq 4$мм	$d \leq 6$мм	$d \leq 8$мм

[1] Рівні оцінки 2 і 3 можуть включати індекс «х», який позначає, що всі лінійні індикаторні сліди повинні бути оцінені на рівень 1 .
[2] Лінійний індикаторний слід — індикаторний слід, довжина якого перевищує ширину більше ніж в три рази.
[3] Нелінійний індикаторний слід — індикаторний слід, довжина якого рівна або менша ніж три ширини.

3.5.3.2 Для зменшення розмірів або видалення дефектів, які стали причиною недопустимих індикаторних слідів, може використовуватися місцеве шліфування або зачищення, якщо це допускається виробничою специфікацією для конкретного виробу. Місця виправлень повинні бути піддані повторному контролю і оцінці згідно з специфікацією, що застосовується для первісного контролю згідно з **3.1.5**.

3.5.3.3 За результатами контролю капілярним методом зварні з'єднання вважаються придатними, якщо в них не виявлені недопустимі для встановленого прийнятного рівня оцінки дефекти, перераховані в табл. 3.5.3.1.

3.5.4 Оцінка якості зварних з'єднань за результатами контролю радіографічним методом.

3.5.4.1 При контролі радіографічним методом оцінка якості зварних з'єднань повинна виконуватися з розшифровкою зображень на радіографічних знімках для наступних видів внутрішніх дефектів:

- пори;

- тверді (оксидні) вкраплення;

- металеві вольфрамові вкраплення;

- несплавлення;

- непровари;

- тріщини.

Дефекти зварних з'єднань, що виходять на поверхню, повинні оцінюватися згідно з критеріями, викладеними в **3.5.2.1**.

3.5.4.2 За розміри дефектів зварних з'єднань при контролі радіографічним методом повинні прийматися розміри їхніх зображень на радіографічних знімках відповідно до викладених нижче вимог.

За розміри пор, шлакових або вольфрамових включень приймаються:

- для сферичних пор і вкраплень їх діаметр *d*;

- для подовжених вкраплень їхня довжина *l* і ширина *h*.

За розміри несплавлень, непроварів і тріщин приймається їхня довжина *l*.

Якщо відстань між подібними дефектами, розташованими в лінію, менша ніж розмір найменшого дефекту, то такі дефекти повинні вважатися одним протяжним дефектом. Розміри такого дефекту повинні визначатися як відстань, виміряна по найбільш віддалених краях цієї групи дефектів.

Якщо відстань між паралельно розташованими однорідними подовженими дефектами менша ніж трикратна ширина найменшого дефекту, то такі дефекти повинні вважатися одним протяжним дефектом. Розміри такого дефекту повинні визначатися як відстань, виміряна по найбільш віддалених краях цієї групи дефектів.

Якщо більше ніж одна пора розташовані всередині окружності діаметром рівним 3-кратному діаметру пори, такі дефекти вважаються груповою пористістю або скупченням пор. За розміри скупчення повинна прийматися відстань, виміряна по найбільш віддалених один від одного краях дефектів в скупченні.

Якщо відстань між розташованими в лінію двома і більше однорідними дефектами більше ніж одна, але не більше трьох довжин (діаметр або довжина) найменшого із цих дефектів, то такі дефекти називаються ланцюжком. За розмір ланцюжка вкраплень приймається його довжина, виміряна по найбільш віддалених краях дефектів в ланцюжку.

3.5.4.3 Якщо з Регістром не погоджене інше, оцінка якості зварних з'єднань за результатами контролю радіографічним методом повинна виконуватися згідно з вказівками стандарту ДСТУ EN ISO 10675-2 або відповідних стандартів ISO чи EN (див. табл. 3.5.4.3) для рівнів якості погоджених з Регістром.

3.5.4.4 Всі, виявлені за результатами радіографічного контролю, недопустимі для встановленого рівня оцінки дефекти підлягають усуненню, а місця виправлень повинні бути повторно проконтрольовані згідно з **3.1.5**.

Таблиця 3.5.4.3

№ з/п	Найменування і вид дефекту	Позначен-ня згідно з ДСТУ EN ISO 6520-1	Нормовані характеристики дефектів	Критерії допустимості дефектів для рівнів якості		
				1	2[1]	3[1]
1	2	3	4	5	6	7
1	Тріщини	100	-	Не допу-скаються	Не допу-скаються	Не допу-скаються
2a	Окремі пори	2011	d - максимальний діаметр пор	$d \le 0{,}2s$, але не більше 4мм	$d \le 0{,}3s$, але не більше 5мм	$d \le 0{,}4s$, але не більше 6мм
2b	Рівномірно розподілена пористість Товщина матеріалу 0,5мм $\le s \le$3мм	2012	A - сума площ проекцій пор, віднесена до площі знімка: Wp x L	$A \le 1\%$ L = 100мм	$A \le 2\%$ L = 100мм	$A \le 6\%$ L = 100мм
2c	Рівномірно розподілена пористість Товщина матеріалу 3мм $\le s \le$12мм	2012	A – сума площ проекцій пор, віднесена до площі знімка: Wp x L	$A \le 2\%$ L = 100мм	$A \le 4$ % L = 100мм	$A \le 10\%$ L = 100мм
2d	Рівномірно розподілена пористість Товщина матеріалу 12мм $\le s \le$30мм	2012	A - сума площ проекцій пор, віднесена до площі знімка: Wp x L	$A \le 3\%$ L = 100мм	$A \le 6\%$ L = 100мм	$A \le 15\%$ L = 100мм
2e	Рівномірно розподілена пористість Товщина матеріалу $s >$ 30мм	2012	A - сума площ проекцій пор, віднесена до площі знімка: Wp x L	$A \le 4\%$ L = 100мм	$A \le 8\%$ L = 100мм	$A \le 20\%$ L = 100мм
3	Скупчення пор (групова пористість)	2013	dA - максимальний діаметр скупчення пор	$dA \le$ 15мм або dA, max $\le Wp/2$	$dA \le$ 20мм або dA, max $\le Wp/2$	$dA \le$ 25мм або dA, max $\le Wp/2$
4	Лінійна пористість (ланцюжок пор)	2014	l - довжина ланцюжка пор	Не допу-скаються	Не допу-скаються	$l \le$ 25мм
5	Витягнуті порожнини і свищі (червоподібні пори)	2016 2015	l - довжина дефекту	$l \le 0{,}2s$, але не більше 3мм	$l \le 0{,}3s$, але не більше 4мм	$l \le 0{,}4s$, але не більше 6мм

№ з/п	Найменування і вид дефекту	Позначен-ня згідно з ДСТУ EN ISO 6520-1	Нормовані характеристики дефектів	Критерії допустимості дефектів для рівнів якості		
				1	2[1]	3[1]
1	2	3	4	5	6	7
6	Оксидні вкраплення	303	*l* - довжина включення *s*- номінальна товщи- на стикового шва	$l \le 0{,}2s$, але не більше 3мм	$l \le 0{,}5s$, але не більше 5мм	$l \le s$, але не більше 10мм
7	Вольфрамові вкраплення	3041	*l* - довжина дефекту	$\le 0{,}2s$, але не більше 3мм	$l \le 0{,}3s$, але не більше 4мм	$l \le 0{,}4s$, але не більше 6мм
8[2]	Несплавлення	401	*l* - довжина дефекту	Не допускаються	Не допускаються	Допускають-ся, але лише переривчасті і які не виходять на поверхню $l < 25$мм $L = 100$мм
9[2]	Непровари	402	*l* - довжина дефекту	Не допускаються	Допускаються, застосовно до двобічних зварних з'єднань, які не виходять на поверхню $l < 25$мм $L = 100$мм	$l < 25$ мм $L = 100$ мм

Позначення:
L - будь-які (з найбільшою щільністю дефектів) 100мм довжини шва;
S - номінальна товщина стикового шва; *t* – товщина матеріалу;
Wp - ширина шва.
[1] Рівні оцінки 2 і 3 можуть включати індекс «×», який позначає, що всі дефекти понад 25мм є недопустимі.
[2] Якщо довжина шва менша 100мм максимальна довжина дефекту не повинна перевищувати 25% цієї довжини.
Примітка. Нарівні з указаним стандартом ДСТУ EN ISO 6520-1 може застосовуватися відповідний стандарт ISO чи EN.

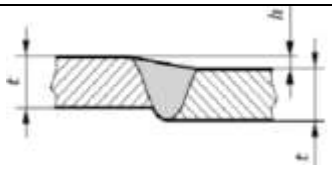
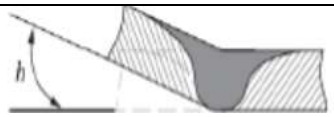
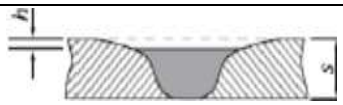
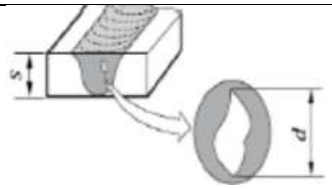
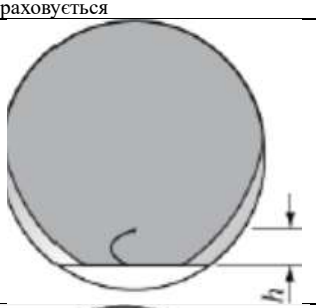
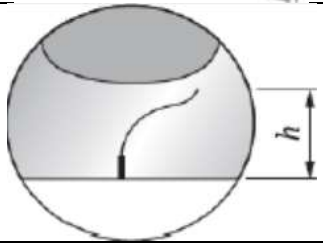
3.5.5 Якщо з Регістром не узгоджено інше, оцінка якості зварених з'єднань, конструкцій з алюмінієвих сплавів, отриманих ЗТП, повинна виконуватися відповідно до табл.3.5.5.

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 дефекти[1]						
-[3]	Грат		VT, ME	-[2]		

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
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	$h \leq 3^{o5}$	$h \leq 2^{o5}$
-[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 дефекти[2]						
-[3]	Зменшення товщини шва		VT, ME	-[2]	$h \leq 0{,}2$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 «d» від меншої порожнини, слід розглядати як єдину порожнину	ME, RT, UT	-[2]	$h \leq 0{,}2t$, або 4мм в 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 $l = l_1 + l_2 + \cdots$ 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, PT, UT	$h \leq 0{,}2t$ короткі, випадкові дефекти	-	не застосовно

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
Скупчення дефектів[4]						
-	Скупчення дефектів	Поєднання декількох дефектів в одному поперечному перерізі, за винятком поверхневих дефектів	ME, випробування на вигин, PT, UT	Сума довжин усіх окремих дефектів, що зменшують товщину зварного шва, не повинна перевищувати:		
				0,5s	0,3s	-

Позначення та скорочення:

d — максимальний розмір поперечного перерізу пори, мм;

h — висота або кут дефекту, мм або град;

s — номінальна товщина зварного шва (провару), мм;

t — номінальна товщина основного матеріалу, мм;

ME — макроскопічне дослідження;

VT — візуальний і вимірювальний контроль;

PT — капілярний контроль;

RT — радіографічний контроль;

UT — ультразвуковий контроль.

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 проєктним характеристикам.

b Рівні приймання повинні бути в межах, обмежених відповідними вимогами або проєктними характеристиками.

c Див. ДСТУ EN ISO 25239-1.

d Якщо поверхні зварних швів не підлягають подальшій термообробці, застосовуються проєктні вимоги.

e Див. ДСТУ EN ISO 25239-2.».

4. ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ

4.1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

4.1.1 Область застосування.

4.1.1.1 Зварювальні матеріали, призначені для зварювання зазначених у **1.1.1** конструкцій, повинні бути випробувані і схвалені Регістром. За результатами огляду виробництва і випробувань зварювальних матеріалів Регістром видається Сертифікат про схвалення зварювальних матеріалів (ССЗМ), який оформляється на ім'я підприємства-виробника і підлягає щорічному підтвердженню.

У випадку разового схвалення зварювального матеріалу, Регістром виконується огляд окремих партій і видається Сертифікат який оформлюється на ім'я компанії-заявника

4.1.1.2 Вимоги цього розділу застосовуються для первісного схвалення і щорічного підтвердження ССЗМ стосовно до зварювальних матеріалів, призначених для зварювання суднобудівних сталей нормальної і підвищеної міцності, сталей високої міцності, корозійностійких (нержавіючих сталей) і алюмінієвих сплавів.

Вимоги цього розділу регламентують вимоги для схвалення наступних видів зварювальних матеріалів:

- покритих електродів для ручного дугового зварювання, а також для зварювання похилим і лежачим електродом;

- сполучень «дріт-флюс» для дугового зварювання під флюсом;

- сполучень «дріт-газ» для дугового зварювання електродом суцільного перерізу, що плавиться в середовищі захисних газів (включаючи зварювання електродом, що не плавиться, в середовищі інертних захисних газів, а також плазмове зварювання);

- порошкової проволоки для дугового зварювання електродом, що плавиться, в середовищі захисного газу і без нього;

- зварювальних матеріалів для дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом і електрошлакового зварювання. **4.1.2 Класифікація і умовні позначення.**

4.1.2.1 Загальні пояснення.

Зварювальні матеріали класифікуються залежно від їх призначення, а також від механічних властивостей і складу присадного металу. Для конкретних видів зварювальних матеріалів і особливостей їх застосування в кожному конкретному випадку може застосовуватися додаткова класифікація.

Класифікація зварювальних матеріалів, на які поширюються вимоги цього розділу, повинна виконуватися із застосуванням індексів основної і додаткової класифікації згідно з **4.1.2.2 - 4.1.2.6**.

4.1.2.2 Зварювальні матеріали для зварювання суднобудівних сталей нормальної і підвищеної міцності.

Зварювальні матеріали, призначені для зварювання суднобудівних сталей нормальної і підвищеної міцності, що відповідають вимогам **3.2** частини XIII «Матеріали», класифікуються по категоріях залежно від мінімальної границі плинності наплавленого металу або металу шва, а також температури випробувань на ударний згин металу шва і наплавленого металу з присвоєнням індексів обов'язкової класифікації згідно з табл. 4.1.2.2.

Таблиця 4.1.2.2

Рівень міцності наплавленого металу або металу шва R_{eH}, МПа, min	Температура випробувань зразків на ударний згин для наплавленого металу і металу шва, ºС				
	+20	0	-20	-40	-60
305	1	2	3	4	–
375	1Y	2Y	3Y	4Y	5Y
400	–	2Y40	3Y40	4Y40	5Y40

4.1.2.3 Зварювальні матеріали для зварювання сталей високої міцності.

Зварювальні матеріали для зварювання сталей високої міцності, що відповідають вимогам **3.13** частини XIII «Матеріали», класифікуються по категоріях залежно від мінімальної границі плинності

наплавленого металу, а також температури випробувань на ударний згин металу шва і наплавленого металу з присвоєнням індексів обов'язкової класифікації згідно з табл. 4.1.2.3.

4.1.2.4 Зварювальні матеріали для зварювання корозійностійких (нержавіючих) сталей.

Зварювальні матеріали для зварювання корозійностійких (нержавіючих) сталей, що відповідають вимогам **3.16** частини XIII «Матеріали», класифікуються по категоріях з присвоєнням індексів M-1, MF-2, F-3, AM-4, A-5, A-6, A-7ss, AF-8dup, A-9sp і A-10sp відповідно до структури і складу сталей, які підлягають зварюванню, згідно з **4.8.1.2**. Крім позначення категорії зварювального матеріалу в дужках вказується позначення типового (маркового) хімічного складу наплавленого металу аналогічно **3.16.1.1** частини XIII «Матеріали» для основного металу (див. також **4.8.1.3**).

Таблиця 4.1.2.3

Рівень міцності наплавленого металу або металу шва $R_{p0,2}$ або R_{eH}, МПа, min	Температура випробувань зразків на ударний згин для наплавленого металу і металу шва, ºС				
	+20	0	-20	-40	-60
420	-	-	3Y42	4Y42	5Y42
460			3Y46	4Y46	5Y46
500			3Y50	4Y50	5Y50
550			3Y55	4Y55	5Y55
620			3Y62	4Y62	5Y62
690			3Y69	4Y69	5Y69
890			3Y89	4Y89	-
960			3Y96	4Y96	-

4.1.2.5 Зварювальні матеріали для зварювання алюмінієвих сплавів.

Зварювальні матеріали для зварювання алюмінієвих сплавів, які відповідають вимогам розд. **5** частини **XIII** «Матеріали», класифікуються за категоріями A, B, C, D (для міжнародних сплавів) і 1, 2, 3, 4 (для національних сплавів) залежно від складу і рівня міцності основного металу, що застосовується при випробуваннях для схвалення згідно з **4.9.1.3**. Перед позначенням категорії вказуються початкові індекси W або R для позначення виду продукції: дріт (wire) або прутки (rod), відповідно.

4.1.2.6 Додаткові індекси класифікації.

Стосовно зварювальних матеріалів, призначених для зварювання суднобудівних сталей нормальної і підвищеної міцності, а також сталей високої міцності, застосовуються наступні додаткові індекси класифікації:

- H15, H10 і H5 — для зазначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі згідно з **4.2.3**;

- T – для схвалення зварювальних матеріалів для двопрохідної технології, яка передбачає зварювання за один прохід з кожної сторони шва без додаткової підварки і стругання кореня шва;

- M – для схвалення зварювальних матеріалів для багатопрохідної технології зварювання;

- TM – для схвалення зварювальних матеріалів для двопрохідної і багатопрохідної технологій зварювання;

- S – для схвалення зварювальних матеріалів для напівавтоматичного зварювання;

- SM – для схвалення зварювальних матеріалів для напівавтоматичного зварювання і автоматичної багатопрохідної технології зварювання;

- 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;- PW – для схвалення зварювальних матеріалів, які постачаються з підтвердженими механічними властивостями металу шва в стані після термічної обробки для зняття напружень.

4.1.3 Процедура схвалення.

4.1.3.1 Заявка на схвалення.

Для схвалення зварювальних матеріалів виробник повинний подати до Регістру заявку (звернення) із додатком документів та відомостей, що мають відношення до конкретних видів зварювальних матеріалів і зазначених в **4.3.1.3, 4.4.1.3, 4.5.1.5** і **4.6.1.4**.

4.1.3.2 Якість виготовлення.

Виробниче обладнання виробника, технологія виробництва і контролю якості зварювальних матеріалів повинні забезпечувати прийнятну однорідність якості продукції, яка випускається.

Виробник повинний відповідним чином засвідчити, що ця однорідність продукції забезпечується за допомогою досліджень і систематичних випробувань на кожній партії продукції.

Загалом зварювальні матеріали повинні зберігати встановлені і гарантовані виробником характеристики (зафіксовані у вимогах з приймання продукції), принаймні, протягом шести місяців з моменту їх поставки за умови дотримання умов їх зберігання і збереження оригінальної упаковки.

Зварювальні матеріали повинні поставлятися в такій упаковці, яка гарантує виконання зазначеної вище вимоги: упаковка повинна бути достатньо міцною, щоб протистояти впливам при звичайному транспортуванні і обігу.

Виробник повинний поставити маркувальний знак (штамп або пломбу) на кожний пакувальний контейнер або упаковку, залежно від того, що застосовно, які необхідні для забезпечення ідентифікації продукції.

4.1.3.3 Огляди і випробування.

Процедура схвалення зварювальних матеріалів передбачає виконання з позитивним результатом:

огляду Регістром виробничих можливостей і системи забезпечення якості підприємства-виробника зварювальних матеріалів;

проведення на підприємстві-виробнику або у незалежному випробувальному центрі, визнаному Регістром, випробувань зварювальних матеріалів у обсязі вимог **4.3 – 4.9** у присутності інспектора Регістру;

Обсяг оглядів підприємств-виробників зварювальних матеріалів при первісному схваленні встановлюється згідно з **5.2** частини 3 «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів.

Випробування для схвалення вимагається виконувати на зразках зварювальних матеріалів, які є типовими для виробництва. Спосіб відбору зразків для випробувань повинний бути погоджений з інспектором Регістру.

У загальному випадку випробування для схвалення включають наступні контрольні перевірки і випробування:

- вибірковий контроль якості виготовлення продукції з перевіркою зварювально-технологічних властивостей, що виконується зазвичай в ході огляду виробництва;

- визначення механічних властивостей і хімічного складу наплавленого металу, якщо останній регламентований технічною документацією на виготовлення і поставку продукції (покриті електроди, порошковий дріт);

- визначення механічних властивостей металу стикового зварного з'єднання;

- визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі для зварювальних матеріалів, що мають відповідні індекси додаткової класифікації (див. **4.2.3.1**);

- визначення, якщо необхідно, схильності металу шва і зварного з'єднання до утворення гарячих тріщин;

- спеціальні види випробувань стосовно зварювальних матеріалів для зварювання корозійностійких (нержавіючих) сталей згідно з **4.8**.

Якщо не установлене інше, зразки для випробувань і процедура випробувань повинні відповідати вимогам цього розділу або визнаних Регістром стандартів.

При схваленні зварювальних матеріалів або процесів зварювання, вимоги до яких не регламентовані в Правилах, обсяг випробувань може відповідати визнаним Регістром стандартам.

4.1.4 Сертифікат про схвалення зварювальних матеріалів.

4.1.4.1 На підставі позитивних результатів оглядів і передбачених вимогами цього розділу випробувань в обсязі первісного схвалення Регістр видає виробнику Сертифікат про схвалення зварювальних матеріалів (ССЗМ) установленого зразка.

4.1.4.2 На підставі позитивних результатів випробувань Регістр надає одну категорію відповідного зварювального матеріалу із заявлених виробником. Відповідно з вимогами **2.2.4.4**, за заявкою виробника, Регістр може надати зварювальному матеріалу додаткові категорії в межах одного значення температури випробувань на ударний згин за умови позитивних результатів випробувань. При цьому підготовка та зварювання проб повинні бути виконані відповідно до вимог **4.2.1.**

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.**

4.1.5 Щорічні огляди і випробування.

4.1.5.1 ССЗМ видається на термін до 5 років і підлягає щорічному підтвердженню на підставі оглядів і випробувань, виконаних під технічним наглядом Регістру. Огляди і випробування при підтвердженні ССЗМ повинні виконуватися з річним інтервалом. Крайнім терміном завершення випробувань вважається кінець поточного календарного року.

Обсяг щорічних оглядів підприємств-виробників зварювальних матеріалів при підтвердженні ССЗМ встановлюється згідно з **5.2** частини 3 «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів.

Обсяг щорічних випробувань при підтвердженні ССЗМ установлюється для конкретних видів зварювальних матеріалів і технології зварювання згідно з **4.3.8.1, 4.4.4.1, 4.5.5.1, 4.6.5, 4.7.3, 4.8.5** і **4.9.3**.

4.1.5.2 Якщо при проведенні випробувань для підтвердження ССЗМ був отриманий негативний результат, категорія зварювальних матеріалів повинна бути знижена згідно з фактичними значеннями отриманих властивостей. Поновлення первісної категорії можливе не раніше ніж через 3 місяці після прийняття підприємством-виготовлювачем заходів по стабілізації якості продукції і проведення випробувань з підвищення категорії зварювальних матеріалів у встановленому порядку.

4.1.5.3 Зварювальні матеріали, схвалені Регістром за результатами випробувань, виконаних на підприємстві-споживачі при схваленні технологічних процесів зварювання, повинні підлягати випробуванням на підтвердження ССЗМ у звичайному порядку або на підприємстві-виготовлювачу, або, за його дорученням, на підприємстві-споживачі.

4.1.5.4 При невиконанні умов підтвердження дія ССЗМ припиняється і зварювальні матеріали, наведені у ньому, не можуть застосовуватися для виготовлення конструкцій, що підлягають технічному нагляду Регістру.

Після закінчення терміну дії ССЗМ може бути переоформлений Регістром на підставі випробувань, що виконуються 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.. При достроковому припиненні дії ССЗМ за ініціативою виготовлювача його переоформлення вимагає проведення випробувань, обсяг яких погоджується із Регістром у кожному конкретному випадку.

Якщо підприємство має і підтримує систему якості, сертифіковану Регістром, то присутність представника Регістру при проведенні випробувань може бути замінено перевіркою результатів випробувань, виконуваних підприємством відповідно до діючої на ньому системи контролю якості продукції.

Примітка: Документи про схвалення (сертифікацію) системи якості підприємства-виробника зварювальних

матеріалів, видані іншими класифікаційними товариствами-членами МАКТ, а також іншими компетентними організаціями, уповноваженими на це згідно з національним законодавством або міжнародними угодами, можуть визнаватися Регістром після їх розгляду.

4.1.6 Обов'язки виготовлювачив.

4.1.6.1 Із одержанням схвалення Регістру підприємство-виготовлювач бере на себе відповідальність за те, що у процесі виробництва склад і властивості продукції, яка випускається, будуть відповідати тим, що мали місце при випробуваннях зварювальних матеріалів .

Виготовлювач зобов'язаний вказувати у своїх каталогах і на упаковці (етикетці, ярлику) наявність схвалення Регістру України написом: «Схвалено Регістром України, ...» із наведенням категорії зварювального матеріалу відповідно до ССЗМ. Крім того, у каталозі і на упаковці повинні бути присутні інші відомості, що регламентують умови зберігання і застосування зварювальних матеріалів.

Виготовлювач повинний зберігати поточні звітні документи з виробництва схвалених зварювальних матеріалів, включаючи докладну інформацію відносно окремих партій і результатів відповідних випробувань. Регістр в будь-який час повинний мати вільний доступ до цих документів.

Виготовлювач несе відповідальність за своєчасне повідомлення Регістру про будь-які значні зміни, внесені в технологічний процес виробництва, для їх наступного узгодження з Регістром.

Виготовлювач бере на себе відповідальність за повну відповідність всім установленим Регістром вимогам, пов'язаним з одержанням і підтвердженням дії ССЗМ.

4.1.7 Права Регістру.

4.1.7.1 У період дії ССЗМ зварювальних матеріалів Регістр може вимагати від підприємства-виробника підтвердження стабільності складу і властивостей вхідних матеріалів і якості кінцевого продукту, а також незмінності технологічного процесу.

При зміні технології виготовлення продукції, методів контролю її якості і приймання, а також при заміні постачальників сировини і відповідних специфікацій, що можуть погіршити якість зварювальних матеріалів, що виготовляються на даному підприємстві, Регістр може вимагати від підприємства-виробника проведення додаткових випробувань.

У випадку, якщо є докази незадовільної якості якого-небудь зварювального матеріалу, отримані при його застосуванні для виготовлення конструкцій, що підлягають нагляду Регістру, ССЗМ зварювальних матеріалів втрачає силу і вилучається із застосування. Поновлення схвалення Регістру можливе тільки після надання підприємством-виготовлювачем достатніх доказів про усунення причин випуску недоброякісної продукції і проведення нових або додаткових випробувань для схвалення.

4.1.8 Особливі випадки схвалення зварювальних матеріалів.

4.1.8.1 До особливих випадків схвалення зварювальних матеріалів відносяться:

- підвищення/перегляд категорії зварювальних матеріалів відповідно до заявки підприємства-виготовлювача;

- схвалення зварювальних матеріалів на відповідність міжнародним або національним стандартам;

- схвалення зварювальних матеріалів на відповідність гарантованим виробником властивостям, що перевищують або доповнюють вимоги Правил Регістру або відповідних стандартів;

- схвалення зварювальних матеріалів, що виробляються на ліцензійній основі або дочірніми підприємствами головної фірми;

- схвалення зварювальних матеріалів на основі випробувань при схваленні Регістром технологічних процесів зварювання, що виконуються на підприємстві-споживачі;

- схвалення зварювальних матеріалів із урахуванням результатів випробувань, виконаних іншими класифікаційними товариствами або органами технічного нагляду;

- разові дозволи на застосування зварювальних матеріалів, що мають схвалення інших класифікаційних товариств або органів технічного нагляду;

- схвалення поєднання зварювальних матеріалів, що виробляються різними виробниками.

4.1.8.2 Випробування із метою підвищення категорії зварювальних матеріалів виконуються на підставі заявки підприємства-виробника і, як правило, їх проводять сумісно із щорічними випробуваннями на підтвердження ССЗМ зварювальних матеріалів. Обсяг випробувань для підвищення категорії зварювальних матеріалів повинний відповідати вимогам **4.3.8.2, 4.4.4.2, 4.5.5.2** і **4.6.3.2** для відповідних видів зварювальних матеріалів.

Після отримання позитивних результатів випробувань оформляється нове ССЗМ на заявлену виробником категорію. При цьому дія виданого раніше ССЗМ припиняється і зазначені в ньому категорії зварювальних матеріалів анулюються.

4.1.8.3 Схвалення зварювальних матеріалів на їх відповідність національним або міжнародним стандартам виконується Регістром, як правило:

- за заявкою підприємства-виготовлювача;

- у випадках, коли вимоги до зварювальних матеріалів не визначені окремо у Правилах Регістру.

Обсяг і процедура випробувань для схвалення зварювальних матеріалів у такому випадку повинні відповідати вимогам відповідних стандартів.

4.1.8.4 У випадку схвалення Регістром зварювальних матеріалів на відповідність гарантованих виготовлювачем властивостям, що доповнюють або перевищують вимоги Правил Регістру і/або відповідних стандартів, у ССЗМ роблять необхідний запис. Рівень гарантованих властивостей підлягає підтвердженню результатами випробувань.

4.1.8.5 У випадку, коли зварювальний матеріал однієї торгової марки виробляється на декількох виробничих філіях підприємства-виробника, випробування в повному обсязі при схваленні цих зварювальних матеріалів можуть проводитися тільки на одній із виробничих філій. На інших виробничих філіях (дочірніх фірмах) допускається за погодженням із Регістром зменшення обсягу випробувань до мінімального, що відповідає щорічним випробуванням для підтвердження ССЗМ.

Підприємство-виготовлювач повинне надати Регістру дані, що підтверджують ідентичність матеріалів за їх складом, способом виробництва і зварювально-технологічними властивостями у всіх виробничих філіях.

У будь-якому сумнівному випадку Регістр може вимагати збільшення обсягу випробувань.

Викладене вище дійсне також для виробників, які випускають зварювальні матеріали на ліцензійній основі.

Якщо для комбінації зварювальних матеріалів «дріт – флюс» одна марка флюсу застосовується зі зварювальним дротом, що надходить від декількох виробничих філій однієї фірми, ця марка флюсу може бути схвалена Регістром на підставі випробувань зварювального дроту одного із постачальників, за умови, що усі постачальники виготовляють і поставляють дріт за єдиною специфікацією.

4.1.8.6 Для схвалення зварювальних матеріалів на підставі випробувань технологічних процесів зварювання (див. розд. **6**) споживач зварювальних матеріалів повинний мати доручення підприємства-виробника на виконання даного виду робіт (суміщення випробувань).

При цьому програма випробувань для схвалення технологічних процесів зварювання повинна бути розширена шляхом включення випробувань на визначення властивостей наплавленого металу.

Після отримання позитивних результатів випробувань, оформляється Сертифікат на конкретну партію зварювальних матеріалів.

4.1.8.7 Якщо зварювальні матеріали мають схвалення інших класифікаційних товариств, то обсяг випробувань, необхідний для одержання схвалення Регістру, може бути скорочений до обсягу щорічного, необхідного при підтвердженні ССЗМ.

У цьому випадку виготовлювач у додатку до заявки на отримання схвалення Регістру повинен представити копію докладного звіту про виконані випробування.

Обсяг і результати випробувань повинні відповідати вимогам цієї частини.

4.1.8.8 Регістр може дати разовий дозвіл на застосування зварювальних матеріалів, що були схвалені іншими класифікаційними товариствами, але не мають ССЗМ Регістру. Такий дозвіл обмежується:

- обсягом використовуваних матеріалів;

- об'єктом застосування;

- часом застосування.

При цьому Регістр залишає за собою право вимагати проведення на підприємстві-споживачі контрольних випробувань зварювальних матеріалів у обсязі визначення властивостей наплавленого металу, результати яких оформляються у формі протоколу випробувань, який засвідчується Регістром.

Після отримання позитивних результатів випробувань, оформляється Сертифікат на конкретну партію зварювальних матеріалів.

4.2 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ЗВАРЮВАННЯ ПРОБ І ПРОВЕДЕННЯ ВИПРОБУВАНЬ

4.2.1 Підготовка і зварювання проб.

4.2.1.1 Основний метал.

Як основний матеріал для виготовлення проб повинний застосовуватися метал, категорія якого відповідає категорії випробовуваних зварювальних матеріалів згідно з вимогами цього розділу.

Проби для визначення властивостей наплавленого металу для усіх зварювальних матеріалів можуть бути виготовлені із суднобудівної сталі будь-якої категорії. Якщо хімічний склад металу шва істотно відрізняється від складу основного металу, то, якщо необхідно, може бути виконане попереднє наплавлення кромок, які зварюються, і підкладної пластини.

Проби стикових і таврових з'єднань повинні виготовлятися зі сталі тієї категорії, для якої призначений зварювальний матеріал згідно з вимогами цього розділу. Якщо зварювальний матеріал призначений для зварювання сталі різних категорій, проби стикових з'єднань повинні бути виготовлені зі сталі найвищої категорії міцності.

Підготовка кромок для зварювання повинна виконуватися або механічним способом, або газовим різанням з наступним зачищенням абразивним інструментом.

4.2.1.2 Умови зварювання і тип струму.

Режими зварювання при виготовленні проб (значення струму, напруги, швидкості зварювання, тип струму і полярність) повинні знаходитися в межах рекомендованих виробником для звичайного практичного застосування.

Якщо зварювальні матеріали повинні бути допущені для зварювання на постійному і змінному струмах, зварювання проб для механічних випробувань необхідно виконувати на змінному струмі. Для перевірки зварювально-технологічних властивостей зварювальних матеріалів зварювання проб, як правило, повинне виконуватися із застосуванням постійного і змінного струму. У випадку випробувань зварювальних матеріалів з метою визначення стійкості до утворення гарячих тріщин зварювання повинне виконуватися із застосуванням постійного струму.

Тип зварювального струму позначається за допомогою наступних символів та їх сполучень:

- AC - змінний струм;

- DC+ - постійний струм зворотної полярності;

- DC− - постійний струм прямої полярності;

- DC± - постійний струм прямої або зворотної полярності.

Термообробка проб для випробувань після виконання зварювання не застосовується, якщо зварювальні матеріали схвалюються для звичайних умов застосування без термообробки.

4.2.2 Механічні випробування.

4.2.2.1 Випробування на розтягування:

.1 поздовжні циліндричні зразки на розтягування.

Для випробувань наплавленого металу повинні застосовуватися поздовжні циліндричні пропорційні зразки згідно з рис. 2.2.2.3*а*) частини XIII «Матеріали» із розмірами: d = 10мм, L_0 = 50мм, L_c = 60мм, $R \geq$ 5мм.

Поздовжня вісь зразка повинна збігатися із центром зварного шва, а також з:

- серединою товщини металу шва для проб наплавленого металу, виконаного за багатопрохідною технологією зварювання;

- серединою товщини металу другого проходу для проб стикових зварних з'єднань, виконаних за двопрохідною технологією зварювання.

Допускається використання п'ятикратних поздовжніх циліндричних зразків інших діаметрів (більше або менше 10мм) згідно з вимогами **2.2.2.3** частини XIII «Матеріали».

Для видалення дифузійного водню допускається витримка зразків перед випробуваннями при температурі не вище 250°С протягом 16год.

Границя плинності, тимчасовий опір розриву і відносне подовження повинні бути визначені для кожного зразка, зазначені в звіті про випробування і повинні відповідати вимогам, установленим для конкретної категорії зварювального матеріалу. Значення відносного звуження також повинно бути визначене і наведене для відомості в звіті про випробування;

.2 поперечні плоскорозривні зразки.

Для випробування зварного стикового з'єднання повинні застосовуватися поперечні плоскорозривні зразки на розтягування з розмірами згідно з рис. 4.2.2.1, які вирізаються перпендикулярно до поздовжньої осі зварного шва. Верхня і нижня поверхні зварного шва повинні бути зняті за допомогою зачищення або механічної обробки врівень з поверхнею основного металу.

Тимчасовий опір розриву і місце руйнування повинні бути визначені для кожного зразка, зазначені в звіті про випробування і повинні відповідати вимогам, установленим для конкретної категорії зварювального матеріалу.

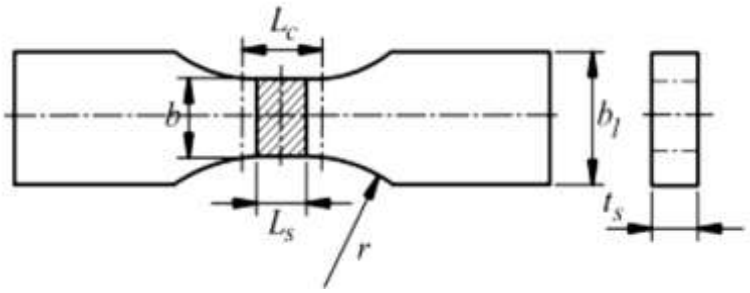


Рис. 4.2.2.1

L_s - найбільша ширина шва після обробки (верх шва);

$L_c = L_s$ + 60мм - довжина робочої частини зразка;

t_s - товщина зразка зі знятим посиленням шва;

b = 25мм - ширина робочої частини зразка;

$b_1 = b$ + 12мм - ширина захватної частини зразка;

$r \geq$ 25мм - радіус переходу від робочої частини зразка до захватної

4.2.2.2 Випробування на статичний згин:

.1 поперечні зразки з розтягненням кореня і поверхонь шва.

Для випробування зварного стикового з'єднання повинні застосовуватися поперечні зразки на статичний згин згідно з вимогами рис. 2.2.5.1 частини XIII «Матеріали», які вирізаються перпендикулярно до поздовжньої осі зварного шва. Верхня і нижня поверхні зварного шва повинні бути зняті за допомогою зачищення або механічної обробки врівень з поверхнею основного металу. Кромки зразків з боку поверхні розтягування можуть бути заокруглені радіусом не більше 2мм.

У випадку застосування методики випробувань, що передбачає обгинання зразка навколо оправки, довжина зразка може бути більше ніж 11a_0.

При випробуваннях поперечних зразків із розтягуванням поверхні і кореня шва розміри зразків повинні складати:

$a_0 = t$ – товщина листів металу стикової зварної проби,

b_0 = 30мм.

У випадку, якщо товщина листів перевищує 25мм, допускається зменшення товщини зразків a_0 до 25мм шляхом механічної обробки із боку зони (поверхні) стискання.

Зразки на статичний згин випробовуються попарно: по одному зразку з розтягненням кореня і поверхні шва для багатопрохідної технології зварювання або з розтягненням зі сторони першого і другого проходів для двопрохідної технології зварювання;

.2 поперечні зразки на бічний згин.

Поперечні зразки на бічний згин з розмірами:

a_0 = 10мм,

$b_0 = t$ – товщина листів металу стикової зварної проби,

зазвичай вимагається застосовувати додатково або замість зразків з розтягненням кореня і поверхні шва при схваленні комбінації зварювальних матеріалів «дріт – газ», а також при схваленні електрошлакового зварювання і дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом. У останньому випадку при товщині листів $t \geq$ 40мм допускається поділ зразка на дві частини шириною b_0 не менше 20мм.

.3 поздовжні зразки на статичний згин.

Поздовжні зразки на статичний згин зазвичай вимагається застосовувати замість поперечних зразків при схваленні зварювальних матеріалів категорій A-9sp і A-10sp, призначених для зварювання різнорідних з'єднань згідно з **4.8.4.1**;

.4 вимоги до проведення випробувань.

Випробування на згин вважається задовільним, якщо після вигину на кут 120°, на стороні зразка, що розтягується, не утворилися тріщини. Проте, утворення на поверхні зразка тріщин або дефектів шва, які розкрилися, довжиною менше 3мм не враховується. Діаметр оправки визначається категорією зварювальних матеріалів і для матеріалів, призначених для зварювання суднобудівних сталей нормально ї і підвищеної міцності, він становить три товщини зразка для випробувань.

4.2.2.3 Випробування на ударний згин.

Визначення роботи удару наплавленого металу і металу стикового зварного з'єднання повинне виконуватися на зразках із V-подібним надрізом згідно з **2.2.3** частини XIII «Матеріали».

Схема вирізання зразків на ударний згин із проб наплавленого металу і проб стикового зварного з'єднання повинна передбачати розташування їхньої поздовжньої осі перпендикулярно до поздовжньої осі шва з виконанням перерахованих нижче вимог:

- для проб наплавленого металу і стикового з'єднання, виконаних за багатопрохідною технологією зварювання, зразки добираються від середини товщини шва;

- для проб стикових зварних з'єднань, виконаних за двопрохідною технологією зварювання, зразки добираються на відстані не більше 2мм від поверхні зі сторони другого проходу;

- для електрошлакового зварювання і дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом зразки добираються від проби стикового з'єднання на відстані не більше 2мм від поверхні.

Надріз повинний бути нанесений на поверхні зразків перпендикулярно до поверхні проби і розташований по центру зварного шва, а для електрошлакового зварювання і дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом додаткова серія зразків добирається також зі сторони металу шва на відстані 2мм від лінії сплавлення.

Випробуванням піддається серія із трьох зразків. Температура випробувань і середнє значення поглиненої енергії повинні відповідати вимогам, установленим для конкретної категорії зварювальних матеріалів. Значення поглиненої енергії для одного із випробуваних зразків може бути нижче встановленої вимоги для середнього значення за умови, що воно становить не менше 70% цього значення.

4.2.3 Випробування для визначення вмісту дифузійного водню у наплавленому металі.

4.2.3.1 Випробування щодо визначення вмісту дифузійного водню у наплавленому металі повинне проводитися стосовно покритих електродів і порошкового зварювального дроту наступних категорій:

- 2, 3 і 4, коли це застосовно (матеріали можуть бути класифіковані згідно з **4.2.3.4**), відповідно до заявки підприємства-виробника;

- 2Y, 2Y40, 3Y, 3Y40, 4Y, 4Y40, а також 5Y і 5Y40;

- 3Y (42/96), 4Y (42/96) і 5Y (42/69).

Вимога до проведення випробувань і класифікації зварювальних матеріалів щодо визначення вмісту дифузійного водню згідно з **4.2.3.4** також застосовується при схваленні сполучень «дріт-флюс», призначених для зварювання:

- сталей високої міцності (див. **4.7.4**);

- сталей підвищеної міцності стосовно виготовлення конструкцій ПБУ і МСП (див. **2.5.4.3** частини **XIII** «Зварювання» Правил класифікації, побудови і обладнання ПБУ/МСП).

Стосовно сполучень «дріт (суцільного перерізу) - газ» не вимагається проведення випробувань і класифікації зварювальних матеріалів для визначення вмісту дифузійного водню згідно з **4.2.3.4**.

4.2.3.2 Для визначення вмісту дифузійного водню допускається застосування наступних методів:

.1 стандартизований ДСТУ EN ISO 3690 і відповідними стандартами ISO та EN, який вважається еталонним, тобто ртутний метод, який передбачає дегазацію зразків в середовищі ртуті при атмосферному тиску і при кімнатній температурі. Назву «ртутний» метод отримав за родом блокуючої і манометричної рідини. Вакуумна система, що застосовується при ртутному методі, використовується для підготовки установки до проведення вимірювань, а також для попереднього просушування (дегазації) поверхні зразка;

.2 стандартизовані ДСТУ EN ISO 3690 і відповідними стандартами ISO та EN методи, які основані на дегазації зразків в середовищі інертного несівного газу з застосуванням детекторів теплопровідності (thermal conductivity detector, TCD), як вимірювальної апаратури. Ці методи за назвою застосовуваної апаратури для вимірювання кількості водню, що виділився, також прийнято позначати газохроматографічними;

.3 вакуумні методи, які основані на дегазації зразків у вакуумі при кімнатній температурі і дають співставні з методом ДСТУ EN ISO 3690 і відповідних стандартів ISO та EN результати. Визначення кількості газу, який виділився, може виконуватися рідинним манометром або іншими типами манометрів, які забезпечують прийнятну точність в робочому інтервалі вимірювань;

.4 методи, які основані на дегазації зразків і збиранні водню, що виділився, у середовищі гліцерину при нормальному тиску і температурі 45°С. Вибір температури випробувань обумовлений температурно-в'язкістними властивостями гліцерину, оскільки температура 45°С відповідає мінімальній, при якій можливе вільне спливання бульбашок газу і формування правильної форми меніску у манометричній трубці, що використовується для вимірювання об'єму газу.

4.2.3.3 Визначення вмісту дифузійного водню методами, що зазначені в **4.2.3.2**, повинне виконуватися згідно з вимогами до обладнання, підготовки для проведення випробувань, проведення випробувань та оброблення їх результатів, викладених в **5.4.6** частини 3 «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів.

4.2.3.4 Залежно від визначеного вмісту дифузійного водню в наплавленому металі зварювальні матеріали можуть бути класифіковані Регістром з призначенням індексів класифікації H5, H10 або H15.

Індивідуальні та загальні середні значення вмісту дифузійного водню повинні бути представлені в звіті про випробування. Метод визначення вмісту дифузійного водню вказується в протоколі випробувань.

Загальні середні значення для 4-х зразків не повинні перевищувати значень, вказаних у таблиці. 4.2.3.4.

Таблиця 4.2.3.4

Індекс класифікації за вмістом водню[1]	Вміст дифузійного водню в наплавленому металі при визначенні методом, не більше см^3/100г наплавленого металу	
	ДСТУ EN ISO 3690[2]	гліцериновим[3]
H15	15	15
H10	10	10
H5	5	Не застосовується

[1] Для наднизьководнистих зварювальних матеріалів допускається застосування додаткового індексу H3, який відповідає середньому значенню вмісту дифузійного водню, не більше 3,0см^3/100г наплавленого металу.

[2] Поряд із ртутним і газохроматографічним (TCD) методами, що регламентовані стандартом ДСТУ EN ISO 3690, допускається застосування вакуумного способу для визначення вмісту дифузійного водню за умови виконання всіх вимог, встановлених в **5.4.6** частини 3 «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів. .

[3] За умови виконання усіх вимог до цього методу випробувань, встановлених в **5.4.6** частини 3 «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів.

Примітка. Нарівні з указаним стандартом ДСТУ EN ISO 3690 може застосовуватися відповідний стандарт ISO чи EN.

4.2.4 Випробування щодо визначення стійкості металу шва і зварного з'єднання проти утворення гарячих тріщин.

4.2.4.1 Випробування щодо визначення стійкості металу шва і зварного з'єднання проти утворення гарячих тріщин виконуються шляхом зварювання таврової проби як зазначено на рис. 4.2.4.1.

Кількість проб для випробувань повинна становити:

- три проби для ручного зварювання покритими електродами;

- одну пробу для напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів суцільним і порошковим дротом, а також для зварювання самозахисним (без додаткового газового захисту) порошковим дротом;

- одну пробу для ручного і механізованого зварювання електродом, що не плавиться, в середовищі інертного газу.

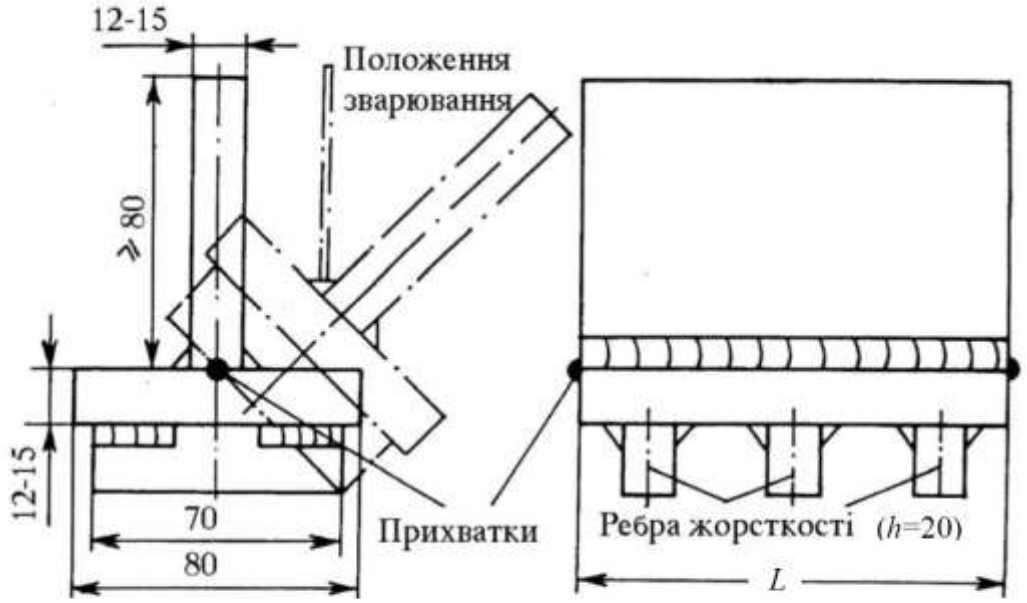


Рис. 4.2.4.1 Таврова проба для оцінки стійкості зварних з'єднань до утворення гарячих тріщин (розміри наведені в мм)

L = 120мм для ручного зварювання покритими електродами; L = 250мм для напівавтоматичного зварювання електродом, який плавиться; L = 200мм для ручного зварювання електродом, який не плавиться, в середовищі інертного газу

За можливості зварювання проб повинне виконуватися із застосуванням присадних матеріалів різних діаметрів:

- електродів діаметром 4мм і максимального діаметру, який підлягає схваленню;

- зварювального дроту суцільного перерізу для комбінації «дріт - газ» діаметром 1,2мм і максимального діаметру, який підлягає схваленню (як правило 1,6мм);

- порошкового зварювального дроту для зварювання в середовищі інертного газу і самозахисного порошкового дроту діаметром 1,2мм (або 1,4мм) і максимального діаметру, який підлягає схваленню (1,6 - 2,4мм).

4.2.4.2 Нижня кромка вертикальної пластини, яка стикується, проби повинна бути рівною та щільно пригнаною до поверхні нижньої пластини. Нерівності (зазори) в з'єднанні повинні бути усунені до зварювання проби. Складання проби повинне провадитися на прихватках. Прихватки виконуються на торцях пластин. Нижній пластині повинна бути надана додаткова жорсткість шляхом приварювання трьох поперечних ребер висотою приблизно 20мм (h=20), що запобігають викривленню (деформації).

4.2.4.3 Зварювання таврової проби повинне проводитися у нижньому положенні РА «у човник». Кутові шви повинні бути однопрохідними і виконуватися при максимальному значенні струму, яке рекомендується виробником для даного типу і розміру зварювального матеріалу.

Другий шов повинний виконуватися негайно після закінчення першого і закінчуватися на тому кінці проби, де розпочинався перший шов. Обидва шви повинні виконуватися із постійною швидкістю без коливальних рухів.

4.2.4.4 При зварюванні проби покритими електродами (спосіб 111) всій довжині кожного кутового шва (приблизно 120мм) повинна відповідати довжина розплавленої частини електроду згідно з наведеною в табл. 4.2.4.4-1.

Таблиця 4.2.4.4-1

Діаметр електрода, мм	Витратна довжина електрода, мм	
	1- ий шов	2- ий шов (контрольний)
4	200	150
5	150	100
6	100	75

При виконанні зварювання таврової проби із застосуванням напівавтоматичного зварювання в середовищі захисних газів (комбінація «дріт - газ») діаметри зварювального дроту і товщина кутового шва повинні відповідати табл. 4.2.4.4-2.

Таблиця 4.2.4.4-2

Діаметр зварювального дроту, мм	1- ий шов		2 - ий шов (контрольний)	
	Розрахункова товщина кутового шва a, мм	Довжина шва L, мм	Розрахункова товщина кутового шва a, мм	Довжина шва L, мм
1,2	9	250	7	250
1,6	9	250	7	250

При виконанні зварювання таврової проби порошковим дротом відповідні параметри зварювання повинні відповідати табл. 4.2.4.4-3.

Таблиця 4.2.4.4-3

Діаметр зварювального дроту, мм	1- ий шов		2- ий шов (контрольний)	
	Розрахункова товщина кутового шва a, мм	Довжина шва L, мм	Розрахункова товщина кутового шва a, мм	Довжина шва L, мм
1,2 або 1,4	9	250	7	250
2,4[1]	10	250	9	250
[1] Або максимального діаметру, який виробляється, що підлягає схваленню.				

При виконанні зварювання таврової проби із застосуванням зварювання електродом, що не плавиться, в інертному газі розміри кутових швів повинні приблизно відповідати розмірам при зварюванні покритими електродами нормальної продуктивності діаметром 4мм і 5мм.

4.2.4.5 Після завершення зварювання і повного остигання проби до кімнатної температури поверхня шва і зони біля шва повинна бути зачищена від шлаку і бризок, а кутові шви піддані контролю

зовнішнім оглядом для виявлення поверхневих тріщин. У випадку виявлення поверхневих тріщин результати випробувань визнаються незадовільними і подальше дослідження проби не проводиться. При позитивних результатах контролю зовнішнім оглядом для виявлення поверхневих тріщин проба повинна бути піддана подальшому дослідженню шляхом випробувань на злам згідно з **4.2.4.6** або за погодженням з Регістром шляхом контролю магнітопорошковим методом.

4.2.4.6 Випробування таврової проби на злам повинне виконуватися згідно з викладеними нижче вимогами.

Перший кутовий шов повинний бути видалений механічним способом, а другий (контрольний) підданий випробуванню на злам з орієнтацією руйнування приблизно посередині перерізу кутового шва.

Примітка. При довжині проби 250мм для проведення випробувань на злам вона попередньо повинна бути розділена на три рівні частини, а при довжині проби 200мм — на дві частини. Проби довжиною 120мм піддаються випробуванням на злам цілими.

4.2.4.7 Поверхня зламу контрольного зварного шва повинна бути піддана контролю зовнішнім оглядом на предмет наявності недопустимих дефектів. Огляд провадиться неозброєним оком та з застосуванням лупи із збільшенням 5× або 10×.

Стійкими до утворення гарячих тріщин вважаються зварні з'єднання, в яких на поверхні зламу контрольних зварних швів не були знайдені тріщини або недопустимі дефекти у випадку застосування магнітопорошкового методу контролю.

4.2.5 Вимоги до проведення повторних випробувань.

4.2.5.1 Випробування на розтягнення і статичний згин.

Якщо результати випробувань зразків на розтягнення або статичний згин не відповідають встановленим вимогам, необхідно провести повторні випробування на подвоєній кількості зразків. При наявності достатнього запасу металу зразки для повторних випробувань треба добирати від тієї ж проби, що і для первісних випробувань. В тому випадку, якщо достатнього запасу металу від первісної проби немає, повинна бути виготовлена нова проба із застосуванням зварювальних матеріалів тієї ж партії. За умови повного дотримання аналогічної первісним випробуванням процедури зварювання (зокрема ідентичність кількості шарів і проходів) випробуванням піддається тільки подвійний комплект зразків, які не пройшли первісні випробування. В іншому випадку, всі види зразків повинні бути виготовлені і випробувані, включаючи подвоєну кількість зразків, які не пройшли первісні випробування.

При одержанні задовільних результатів випробувань додаткового (подвоєного) комплекту зразків представлений до випробувань зварювальний матеріал вважається таким, що витримав випробування.

При одержанні незадовільних результатів випробувань хоча б на одному зразку (із комплекту додаткових) представлений до випробувань і схвалення зварювальний матеріал бракується.

4.2.5.2 Випробування на ударний згин.

Результати випробувань зразків на ударний згин визнаються незадовільними в наступних випадках:

- середня величина трьох результатів випробувань не відповідає приписаним вимогам;

- більше ніж один результат із трьох менше необхідної середньої величини;

- на будь-якому із зразків результат більше ніж на 30% менше необхідної середньої величини.

У будь-якому із перерахованих випадків повторні випробування можуть бути проведені на додатковому комплекті із трьох зразків, відібраному із тієї ж проби при наявності достатнього запасу металу. При цьому результати випробувань визнаються задовільними, якщо нова середня величина поглиненої енергії удару (три виконаних і три додаткових) більше необхідної середньої величини, і не більше ніж два результати із шести менше згаданої необхідної середньої величини, і не більше ніж на одному зразку отриманий результат на 30% менше необхідного.

При одержанні незадовільних результатів випробувань для трьох перших і трьох додаткових зразків можливість проведення подальших випробувань узгоджується з Регістром додатково. При цьому для проведення даних випробувань повинно бути виконане зварювання нової проби з застосуванням

зварювальних матеріалів тієї ж партії, а обсяг повинний включати всі види випробувань, передбачених для першої проби, включаючи випробування, відносно яких були отримані незадовільні результати.

4.2.5.3 Випробування щодо визначення стійкості металу шва і зварного з'єднання проти утворення гарячих тріщин.

У випадку виявлення тріщин в пробах зварних з'єднань результат випробувань визнається незадовільним і зварювальні матеріали не підлягають схваленню. При цьому у випадку виявлення одиничних кінцевих кратерних тріщин, обумовлених недостатніми навичками зварювальника, повинні бути проведені повторні випробування на тій же кількості проб після відповідного додаткового навчання зварювальника роботі із зварювальними матеріалами для випробувань.

4.3 ПОКРИТІ ЕЛЕКТРОДИ ДЛЯ РУЧНОГО ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ СУДНОБУДІВНИХ СТАЛЕЙ НОРМАЛЬНОЇ І ПІДВИЩЕНОЇ МІЦНОСТІ

4.3.1 Загальні положення.

4.3.1.1 Викладені нижче вимоги застосовуються до покритих електродів, призначених для ручного дугового зварювання суднобудівних сталей нормальної і підвищеної міцності, сталевих поковок і виливків відповідних категорій міцності, а також співставних сталей для виготовлення суднових конструкцій і посудин під тиском. Необхідна кількість проб і зразків для випробувань зазначена в табл. 4.3.1.1.

4.3.1.2 Покриті електроди залежно від рівня міцності наплавленого металу (R_{eH}, min) підрозділяються на наступні категорії:

- 1, 2, 3, 4 для сталей нормальної міцності;

- 2Y, 3Y, 4Y, 5Y для сталей підвищеної міцності з нормативною границею плинності до 355МПа включно;

- 2Y40, 3Y40, 4Y40, 5Y40 для сталей підвищеної міцності з нормативною границею плинності до 390МПа включно.

Залежно від вмісту дифузійного водню в наплавленому металі до позначення категорії приєднуються додаткові індекси H15, H10 або H5 згідно з **4.2.3.4**.

4.3.1.3 Виробник повинний представити на розгляд прикладену до заявки на схвалення інформацію і технічну документацію, що містить наступні відомості:

- торгову марку електродів;

- діапазон типорозмірів (діаметр, довжина) зварювальних матеріалів, які підлягають схваленню;

- тип покриття електродів;

- категорію, на відповідність якій зварювальний матеріал підлягає випробуванням для схвалення, включаючи додаткові символи;

- хімічний склад (аналітичні допуски) наплавленого металу;

- вихід наплавленого металу згідно з відповідними міжнародними або національними стандартами;

- режими зварювання і тип струму;

- рекомендовану область застосування і просторові положення зварювання;

- відомості щодо маркування і упаковки;

- відомості про виробничі потужності, обладнанні і процедури контролю якості;

- інструкції/рекомендації з застосування;

- відомості про наявність схвалення інших класифікаційних товариств або органів технічного нагляду з додатком копій необхідних документів.

До технічної документації, яка підлягає схваленню Регістром, належать:

- технічні умови або специфікації виробника на зварювальний матеріал, в тому числі актуальні видання каталогів;

- інструкції з виготовлення, приймання і контролю якості.

Таблиця 4.3.1.1

Проби для випробувань						**Кількість і тип зразків[2]**
Тип	**Положення зварювання[1]**	**Діаметр електрода, мм**	**Кіль-кість**	**Товщина мм**	**Розміри**	
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Наплавлений метал	PA	Ø 4мм	1	20	Див. рис. 4.3.2.1	1LT+3KV
		max Ø	1			
Стикове з'єднання	PA	1 прохід: Ø 4мм Проміжні шари: Ø 5мм Два останніх шари: max Ø	1	15 ÷ 20	Див. рис. 4.3.3.1	1TT+1RB+1FB+3KV
	PG	Див. 4.3.3.2	1			1TT+1RB+1FB+3KV
	PF PC	1 прохід: Ø 3,0 або Ø 3,25мм Інші шари: Ø 4мм 1 прохід: Ø 4мм Інші шари: Ø 5мм	1 1			1TT+1RB+1FB+3KV 1TT+1RB+1FB+3KV
	PE	1 прохід: Ø 3,0 або Ø 3,25мм Інші шари: Ø 4мм	1			1TT+1RB+1FB+3KV
Таврове з'єднання	PB	1 сторона: min Ø	1	15 ÷ 20	Див. рис. 4.3.6.2	M+FF+HV
		2 сторона: max Ø				

[1] Позначення просторових положень зварювання згідно з ДСТУ ISO 6947 або відповідним стандартом ISO.
[2] В таблиці прийняті наступні умовні позначення типів зразків:
LT - поздовжній циліндричний зразок для випробування на розтягування;
TT - поперечний плоскорозривний зразок для випробування на розтягування;
RB - поперечний зразок для випробування на статичний згин з розтягуванням кореня шва;
FB - поперечний зразок для випробування на статичний згин з розтягуванням лицьової поверхні шва;
KV - поперечний зразок з V-подібним надрізом для випробування на ударний згин;
FF - зразок для випробування кутового шва на злам;
M - поперечний макрошліф;
HV - зразок для визначення твердості.

4.3.2 Випробування наплавленого металу.

4.3.2.1 Підготовка і виготовлення проб.

Повинні бути зварені у нижньому положенні дві проби наплавленого металу згідно з рис. 4.3.2.1. При цьому одна із них зварюється електродами діаметром 4мм і одна – електродами найбільшого діаметра, який виробляється. Якщо електроди виготовляються тільки одного діаметра, достатньо однієї проби.

Для виготовлення проб може застосовуватися суднобудівна сталь будь-якої категорії.

Зварювання проби повинне виконуватися декількома шарами, що складаються із одного або декількох проходів згідно зі звичайною практикою застосування електродів (шириною валиків). При цьому кожний наступний шар необхідно наплавляти у напрямку, протилежному попередньому. Товщина кожного шару повинна бути не менше 2мм і не більше 4мм. Після виконання кожного проходу проба повинна охолоджуватися природним шляхом на повітрі до температури нижче 250°С, але не менше 100°С. Температура повинна вимірюватися по центру шва на поверхні валика. Після завершення зварювання проби для випробувань не повинні піддаватися будь-якій термообробці.

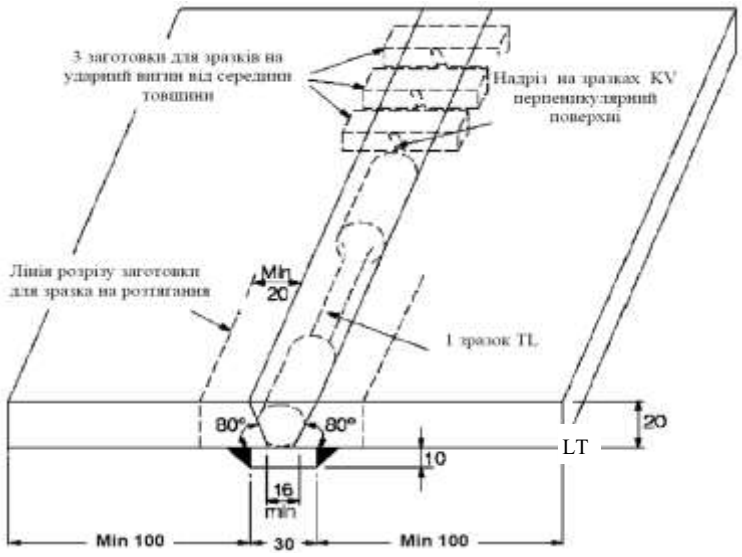


Рис. 4.3.2.1 Проба наплавленого металу при випробуваннях електродів для ручного дугового зварювання.
(позначення зразків для випробувань відповідають табл. 4.3.1.1, розміри наведені в мм).

4.3.2.2 Контроль хімічного складу наплавленого металу.

Від кожної проби повинні бути відібрані зразки для контролю хімічного складу наплавленого металу для всіх легуючих елементів і домішок, які регламентуються документацією на виготовлення і приймальний контроль продукції.

4.3.2.3 Проведення випробувань.

Від кожної проби згідно з рис. 4.3.2.1 повинні бути відібрані один поздовжній зразок для випробувань на розтягування і три зразки для випробувань на ударний згин. Вирізання, виготовлення і випробування зразків повинні виконуватися згідно з **4.2.2.1.1** і **4.2.2.3**, відповідно.

4.3.2.4 Вимоги до результатів випробувань.

Результати всіх випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.3.2.4 для відповідних категорій зварювальних матеріалів.

Таблиця 4.3.2.4

Категорія	Границя плинності R_{eH}, МПа	Тимчасовий опір R_m, МПа	Відносне подовження A_5 ($L_0 = 5d$), min	Випробування на ударний згин	
				Температура випробувань, °С	Робота удару KV, Дж, min
1	305	400 ÷ 560	22	20	47
2				0	47
3				- 20	47
4				- 40	47
2Y	375	490 ÷ 660	22	0	47
3Y				-20	47
4Y				-40	47
5Y				-60	47
2Y40	400	510 ÷ 690	22	0	47
3Y40				-20	47
4Y40				-40	47
5Y40				-60	47

4.3.3 Випробування стикового зварного з'єднання.

4.3.3.1 Підготовка і виготовлення проб.

Для визначення властивостей зварного з'єднання у кожному положенні зварювання (нижньому, вертикальному знизу вгору, вертикальному згори донизу, стельовому, горизонтальному на вертикальній площині), для якого призначені електроди, повинно бути зварено по одній пробі. При цьому електроди, призначені для зварювання у нижньому і вертикальному знизу вгору положеннях

зварювання, можуть вважатися відповідними вимогам для зварювання у горизонтальному положенні на вертикальній площині.

Якщо електроди призначено тільки для зварювання у нижньому положенні, повинні бути зварені дві проби в цьому положенні.

Залежно від категорії електродів для виготовлення проб стикових з'єднань повинна використовуватися суднобудівна сталь однієї із категорій, перерахованих в табл. 4.3.3.1.

Копія сертифіката на основний метал, застосовуваний для виготовлення проб стикових з'єднань повинна бути прикладена до звіту про випробування.

Таблиця 4.3.3.1

Категорія електродів	Категорія сталі для виготовлення проб[1]
1	A
2	A, B, D
3, 4	A, B, D, E
2Y	A32, A36, D32, D36
3Y	A32, A36, D32, D36, E32, E36
4Y, 5Y	A32, A36, D32, D36, E32, E36, F32, F36
2Y40	A40, D40
3Y40	A40, D40, E40
4Y40, 5Y40	A40, D40, E40, F40
[1] Фактичний тимчасовий опір R_m сталі категорій A32÷F32 повинний бути більшим 490 МПа.	

Проби зварного стикового з'єднання для випробування електродів повинні відповідати рис. 4.3.3.1.

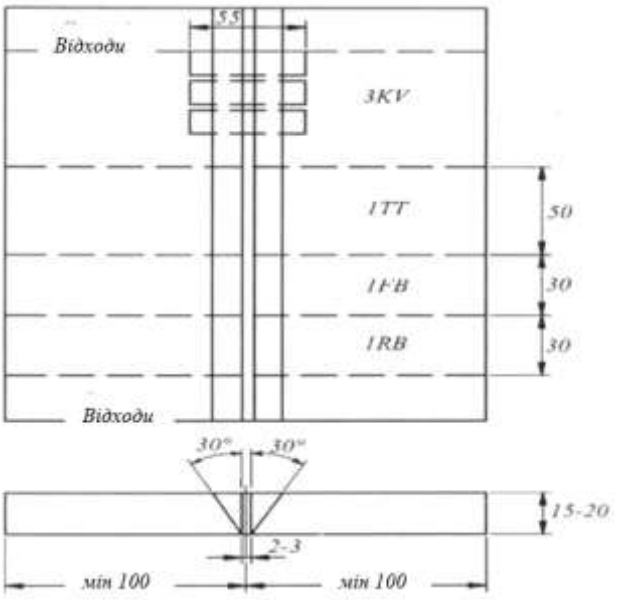


Рис. 4.3.3.1 Проба стикового зварного з'єднання при випробуваннях електродів для ручного дугового зварювання.
(позначення зразків для випробувань відповідають табл. 4.3.1.1, розміри наведені в мм)

4.3.3.2 Вимоги до зварювання проб.

Зварювання проб для окремих положень зварювання повинне проводитися з урахуванням перерахованих нижче вимог:

.1 нижнє положення - PA. Перший прохід необхідно виконувати електродами діаметром 4мм, решту (за винятком двох останніх шарів) – електродами діаметром 5мм або більше згідно зі звичайною практикою застосування електродів. Проходи двох останніх шарів необхідно виконувати електродами максимального діаметра, який виробляється:

.2 нижнє положення - PA (коли потрібна друга проба у нижньому положенні). Перший прохід необхідно виконувати електродами діаметром 4мм, наступний – електродами проміжного діаметру 5мм або 6мм, решту проходів – електродами максимального діаметра, що виробляється;

.3 горизонтально - вертикальне положення - PC. Перший прохід необхідно виконувати електродами діаметром 4мм або 5мм, наступні – електродами діаметром 5мм;

.4 вертикальне положення знизу вгору і стельове - PF і PE. Перший прохід необхідно виконувати електродами діаметром 3,0 (3,25)мм, решту – електродами діаметром 4мм або, якщо застосовно, 5мм, якщо такі діаметри рекомендуються виробником для зварювання у цих положеннях;

.5 вертикальне положення згори донизу - PG. У випадку, якщо електроди призначаються для зварювання у вертикальному положенні згори донизу, дана технологія повинна бути прийнята для підготовки і виготовлення проби з використанням діаметрів електродів згідно з рекомендаціями виробника.

Для всіх проб підварювальний шов виконується електродом діаметром 4мм після вирубування кореня шва до чистого металу у тому ж положенні зварювання, у якому виконувався основний шов. Для електродів, придатних тільки для зварювання у вертикальному положенні згори донизу, проби можуть бути перевернені для виконання підварювального шва зі зворотної сторони проби.

Зварювання проби повинне виконуватися згідно зі звичайною практикою застосування електродів. Після виконання кожного проходу проба повинна охолоджуватися природним шляхом на повітрі до температури нижче 250°C, але не менше 100°C. Температура повинна вимірюватися по центру шва на поверхні валика. Після завершення зварювання проби для випробувань не повинні піддаватися якій-небудь термообробці.

4.3.3.3 Радіографічний метод контролю.

Перед виготовленням зразків для механічних випробувань рекомендується виконувати контроль проб стикових зварних з'єднань радіографічним методом для встановлення наявності яких-небудь внутрішніх дефектів.

4.3.3.4 Проведення випробувань.

Згідно з рис. 4.3.3.1 від кожної проби стикового з'єднання повинні бути відібрані:

- один поперечний плоскорозривний зразок для випробування на розтягування;

- три поперечних зразки з V-подібним надрізом для випробування на ударний згин;

- по одному поперечному зразку для випробування на статичний згин з розтягуванням кореня і лицьової поверхні шва.

4.3.3.5 Вимоги до результатів випробувань.

Результати випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.3.3.5 для відповідних категорій зварювальних матеріалів. Вимоги до проведення випробувань і оцінки результатів повинні відповідати вимогам **4.2**.

Таблиця 4.3.3.5

Категорія	Тимчасовий опір (поперечні зразки) R_m, МПа, min	Випробування на ударний вигин		
		Температура випробувань, °C	Робота удару *KV*, Дж, min	
			Нижнє, горизонтально-вертикальне і стельове положення зварювання	Вертикальне положення зварювання (знизу вгору і згори донизу)
1	**2**	**3**	**4**	**5**
1	400	20	47	34
2		0	47	34
3		- 20	47	34
4		- 40	47	34
2Y	490	0	47	34
3Y		-20	47	34
4Y		-40	47	34
5Y		-60	47	34
2Y40	510	0	47	39
3Y40		-20	47	39
4Y40		-40	47	39
5Y40		-60	47	39

4.3.4 Випробування щодо визначення стійкості зварного з'єднання проти утворення гарячих тріщин.

4.3.4.1 Випробування щодо визначення стійкості металу шва і зварного з'єднання проти утворення гарячих тріщин виконуються за окремою вимогою Регістру згідно з **4.2.4**.

4.3.5 Випробування для визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі.

4.3.5.1 Випробування для визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі повинні виконуватися згідно з **4.2.3** стосовно покритих електродів, призначених для зварювання сталей підвищеної міцності, наступних категорій: 2Y, 2Y40, 3Y, 3Y40, 4Y, 4Y40, а також 5Y і 5Y40.

Електроди категорій 2, 3 і 4, призначені для зварювання сталей нормальної міцності, можуть бути класифіковані за вмістом дифузійного водню в наплавленому металі як опція згідно з заявкою виробника.

Випробування для визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі проводяться, як правило, при первісному схваленні зварювальних матеріалів, а також за окремою вимогою Регістру при щорічних випробуваннях або за заявкою виробника при випробуваннях для підвищення категорії.

4.3.6 Випробування електродів, призначених для ручного дугового зварювання кутових швів.

4.3.6.1 У тому випадку, якщо електроди згідно з заявкою виробника підлягають схваленню тільки для зварювання кутових швів, і для таких електродів обсяг випробувань в повному обсязі згідно з **4.3.1.1** не може бути застосований, то вони при первісному схваленні повинні піддаватися наступним видам випробувань:

- випробуванню таврового з'єднання згідно з **4.3.6.2** у всіх положеннях зварювання, для яких призначені електроди;

- визначенню властивостей наплавленого металу згідно з **4.3.2**;

- визначенню вмісту дифузійного водню в наплавленому металі згідно з **4.2.3** і **4.3.5**.

У тому випадку, якщо електроди представляються для схвалення як для зварювання кутових швів, так і стикових швів, то обсяг додаткових випробувань (додатково до загальних вимог для обсягу випробувань) при первісному схваленні може бути обмежений зварюванням однієї таврової проби в горизонтально-вертикальному положенні (PB).

4.3.6.2 Зварювання проби таврового з'єднання повинне виконуватися згідно з рис. 4.3.6.2.

Таврові проби повинні бути виготовлені в кожному просторовому положенні зварювання, для якого призначені електроди (горизонтально-вертикальному, вертикальному знизу вгору, вертикальному згори донизу і стельовому).

Проби повинні зварюватися з використанням електродів того діаметру, який рекомендований виробником для даного положення зварювання.

Довжина проби повинна бути, принаймні, достатньою для того, щоб можна було виконати шов, одержаний при розплавленні одного повного електрода. Перший шов на пробі повинний бути зварений електродом максимального діаметра, який виробляється, другий - електродом мінімального діаметра, який виробляється.

Розмір кутового шва, як правило, повинний визначатися діаметром електрода і зварювальним струмом, які рекомендуються виробником для конкретного діаметра і положення зварювання.

Матеріал для виготовлення проби повинний відповідати **4.3.3.1**.

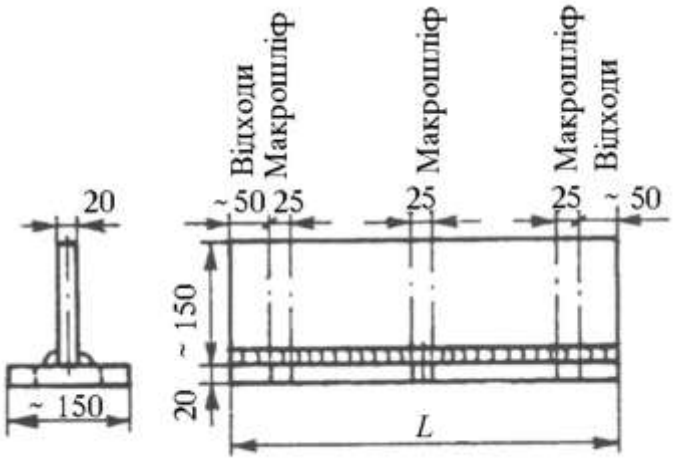


Рис. 4.3.6.2 Проба таврового з'єднання для випробувань електродів, призначених для зварювання кутових швів (розміри наведені в мм).

4.3.6.3 Випробування проби таврового з'єднання:

.1 із трьох ділянок по довжині кожної проби таврового з'єднання повинні бути відібрані і виготовлені три макрошліфи шириною близько 25мм згідно з рис. 4.3.6.2. Макрошліфи підлягають контролю для визначення провару в корені шва, правильної форми шва, а також відсутності тріщин, недопустимих пор і шлакових вкраплень;

.2 на макрошліфах повинна бути виміряна твердість металу шва, зони термічного впливу (ЗТВ) та основного металу, як зазначено на рис. 4.3.6.3.

Значення твердості металу шва за шкалою HV10 повинні бути наступними:

- ≥ 120 HV для електродів, призначених для зварювання сталі нормальної міцності;

- ≥ 150 HV для електродів, призначених для зварювання сталі підвищеної міцності з границею плинності $R_{eH} \leq 355$МПа;

- ≥ 170 HV для електродів, призначених для зварювання сталі підвищеної міцності з границею плинності $355 < R_{eH} \leq 390$МПа.

Значення твердості основного металу і ЗТВ також повинні бути виміряні і наведені для відомості в звіті про випробування;

.3 дві частини таврової проби, які залишилися, повинні бути піддані випробуванню на злам. Одна частина повинна бути піддана випробуванню після механічного видалення першого шва струганням або зубилом шляхом складання пластин разом і розтягнення кореня шва, що залишився (див. **6.3.4.4**). Друга частина повинна бути піддана випробуванню після механічного видалення струганням або зубилом другого шва. Поверхні зламів швів підлягають контролю для визначення провару в корні шва, а також відсутності тріщин і значної пористості.

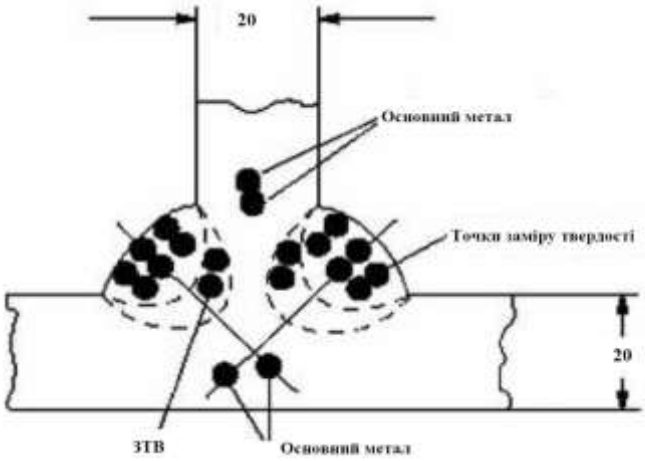


Рис. 4.3.6.3 Схема замірів твердості на макрошліфі із проби таврового з'єднання

4.3.7 Випробування електродів, призначених для зварювання похилим і лежачим електродом

4.3.7.1 Електроди, які підлягають схваленню винятково для застосування в устаткуванні для механізованого зварювання похилим чи лежачим електродом (гравітаційного і автоконтактного зварювання), повинні піддаватися первісним випробуванням на наступних видах проб, аналогічних застосовуваним при схваленні електродів для ручного зварювання:

- наплавленого металу;

- таврового з'єднання (див. **4.3.6**);

- стикового зварного з'єднання, якщо застосовно.

При цьому додатково до зварювання проб із використанням ручного зварювання повинні бути проведені випробування із застосовуванням пристроїв, призначених для механізованого зварювання похилим і лежачим електродом згідно з рекомендаціями виробника в наступному обсязі:

- випробування проби таврового з'єднання (див. **4.3.6**);

- випробування, якщо застосовно, стикового зварного з'єднання.

Якщо електроди, призначені для зварювання кутових швів, застосовуються з використанням устаткування для механізованого зварювання похилим і лежачим електродом, то зварювання таврових проб повинна виконуватися із застосуванням процесу, рекомендованого виробником, і електродів максимальної довжини, яка виробляється. При цьому в звіті повинні бути зазначені рекомендовані виробником діапазони зварювального струму для кожного розміру електродів.

У тому випадку, коли схвалення потрібно для сталей нормальної і підвищеної міцності, то для виготовлення проб таврових і стикових з'єднань повинна застосовуватися сталь підвищеної міцності.

4.3.8 Щорічні випробування і випробування для підвищення категорії електродів.

4.3.8.1 Щорічні випробування і огляд виробника при підтвердженні ССЗМ.

Всі організації, що одержали визнання Регістру як виробника електродів, повинні піддаватися щорічним оглядам і випробуванням схваленої продукції.

Щорічні випробування повинні, як мінімум, включати наступне:

.1 покриті електроди для звичайного ручного дугового зварювання.

Обсяг щорічних випробувань електродів, призначених для ручного дугового зварювання, повинний включати виготовлення двох проб наплавленого металу згідно з **4.3.2**. Механічні властивості наплавленого металу (один поздовжній зразок для випробування на розтягування і три зразка для випробування на ударний згин від кожної проби) повинні відповідати табл. 4.3.2.4. Перераховане вище також застосовується до електродів, призначених тільки для зварювання кутових швів.

За вимогою Регістру в обсяг випробувань може бути включене виготовлення проби зварного стикового з'єднання в нижньому або вертикальному положенні замість випробування проби наплавленого металу для електродів діаметром 4мм. При цьому обсяг випробувань допускається обмежувати виготовленням трьох зразків для випробування на ударний згин.

В обсяг щорічних випробувань електродів з контрольованим вмістом дифузійного водню, що мають індекси H10 і H5, за вимогою Регістру може бути додатково включена перевірка матеріалів на вміст дифузійного водню в наплавленому металі згідно з **4.2.3**;

.2 покриті електроди для механізованого зварювання похилим і лежачим електродом.

У тому випадку, коли електроди схвалені винятково для механізованого зварювання похилим і лежачим електродом, то обсяг щорічних випробувань включає зварювання однієї проби наплавленого металу з використанням типу обладнання, рекомендованого виробником. Якщо ці електроди схвалені також для звичайного ручного дугового зварювання, то щорічні випробування повинні виконуватися згідно з **4.3.8.1.1**.

4.3.8.2 Випробування для підвищення категорії електродів:

.1 випробування для підвищення категорії електродів проводяться винятково на підставі заявки виробника і, як правило, повинні суміщатися з щорічними випробуваннями. Як правило, ці

випробування вимагають виготовлення проб стикового зварного з'єднання додатково до звичайних щорічних випробувань;

.2 якщо підвищення категорії стосується тільки зміни температури випробувань зразків на ударний згин без зміни групи міцності, то при цій зміненій температурі повинні бути виконані тільки додаткові випробування зразків на ударний згин із проб зварних стикових з'єднань для всіх просторових положень зварювання, зазначених в ССЗМ. Ці проби стикових з'єднань повинні бути випробувані додатково до двох проб наплавленого металу, що вимагаються для звичайних щорічних випробувань (для яких випробування зразків на ударний згин також виконуються при зміненій температурі);

.3 у тому випадку, коли підвищення категорії відноситься до розширення області схвалення на зварювання сталей більше високої групи міцності, то вимагається проведення випробувань проб стикових з'єднань у повному обсязі згідно з **4.3.3** додатково до звичайного обсягу щорічних випробувань. При цьому сталь для виготовлення проб стикових з'єднань повинна відповідати вимогам **4.3.3.1** для підвищеної категорії зварювальних матеріалів;

.4 випробування для підвищення категорії електродів, що одержали схвалення тільки для зварювання кутових швів, виконуються у наступному порядку:

при зміні вимог тільки стосовно температури випробувань на ударний згин вимагається проведення випробувань наплавленого металу при температурі, що відповідає новій категорії (тобто без розширення обсягу щорічних випробувань);

при перегляді групи міцності електродів випробування проводяться у повному обсязі, необхідному для первісного схвалення згідно з **4.3.6**.

4.4 КОМБІНАЦІЯ «ДРІТ – ФЛЮС» ДЛЯ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ ПІД ШАРОМ ФЛЮСУ

4.4.1 Загальні положення.

4.4.1.1 Викладені нижче вимоги застосовуються до комбінацій «дріт - флюс», призначених для дугового зварювання під шаром флюсу суднобудівних сталей нормальної і підвищеної міцності, сталевих поковок і виливків відповідних категорій міцності, а також співставних сталей для виготовлення суднових конструкцій і посудин під тиском.

Схвалення зварювальних матеріалів, що виконується згідно з цими вимогами, дійсне для звичайного зварювання одним електродом.

Інші технології зварювання, такі як зварювання двома і більше електродами, однобічне зварювання на флюсовій подушці або керамічних підкладках, підлягають окремим випробуванням для схвалення. Дані випробування зазвичай проводяться згідно з викладеними нижче вимогами, за окремою програмою, яка підлягає схваленню Регістром.

4.4.1.2 Комбінації «дріт - флюс» підрозділяються на наступні категорії залежно від рівня міцності наплавленого металу або металу шва (R_{eH}, min.):

- 1, 2, 3, 4 для сталей нормальної міцності;

- 1Y, 2Y, 3Y, 4Y, 5Y для сталей підвищеної міцності з нормативною границею плинності до 355МПа включно;

- 2Y40, 3Y40, 4Y40, 5Y40 для сталей підвищеної міцності з нормативною границею плинності до 390МПа включно.

Залежно від технології зварювання до позначення категорії додаються наступні символи:

- Т - для зварювальних матеріалів, що схвалюються для двопрохідної технології зварювання;

- М - для зварювальних матеріалів, що схвалюються для багатопрохідної технології зварювання;

- ТМ - для зварювальних матеріалів, що схвалюються для двопрохідної і багатопрохідної технології зварювання.

4.4.1.3 Виробник в загальному випадку повинний представити на розгляд прикладені до заявки на схвалення інформацію і технічну документацію, які містять наступні відомості:

- торгову марку флюсу, для якої потрібне схвалення; тип флюсу (плавлений або керамічний), типовий склад (або посилання на відповідний нормативний документ), тип і розмір зерен (для плавлених флюсів);

- торгову марку зварювального дроту для комбінації «дріт - флюс», межі хімічного складу (або посилання на відповідний нормативний документ) і діапазон значень діаметрів для схвалення; назви виробника і постачальника, умови поставки (стан поверхні, тип, розмір і вага стандартних мотків);

- технологію зварювання і категорію комбінації «дріт - флюс», для яких потрібне схвалення; тип струму і максимальні значення зварювального струму для схвалення;

- типовий хімічний склад наплавленого металу, зокрема, довідкову інформацію щодо вмісту марганцю, кремнію та інших легуючих елементів, які встановлюються специфікацією;

- умови, для яких хімічний склад установлюється специфікацією;

- вказівка, якщо застосовно, щодо режимів зварювання (значення струму, напруги, швидкості зварювання);

- інформацію щодо ефективності комбінації «дріт - флюс», яка підлягає схваленню;

- рекомендації з підготовки кромок для різних товщин; обмеження, якщо є, по вильоту дроту;

- відомості про маркування і пакування;

- відомості про виробничі потужності, обладнання, цикли термічної обробки, методи і процедури контролю якості;

- інструкції/рекомендації з підготовки флюсу до застосування (просушка або прокалювання), якщо вимагаються;

- відомості про наявність схвалення інших класифікаційних товариств або органів технічного нагляду з додатком копій необхідних документів.

До технічної документації, яка підлягає схваленню Регістром, відносяться:

- технічні умови або специфікації виробника на зварювальний матеріал, у тому числі актуальні видання каталогів;

- інструкції з виготовлення, приймання і контролю якості продукції.

4.4.1.4 У загальному випадку необхідна кількість проб і зразків для випробувань, що вимагаються при первісному схваленні зварювальних матеріалів, зазначена в табл. 4.4.1.4. При цьому за вимогою інспектора Регістру може бути зварено декілька додаткових зразків (проб) з метою контролю зварювально-технологічних властивостей, а також для відпрацьовування режимів зварювання.

Таблиця 4.4.1.4

Технологія зварювання	Проби для випробувань				Кількість і тип зразків[1]
	Тип	Кількість	Товщина, мм	Розміри	
М	Наплавлений метал	1	20	Див. рис. 4.4.2.2.1	2LT+3KV
	Стикове з'єднання	1	20 ÷25	Див. рис. 4.4.2.3.1	2TT+2RB+2FB+3KV
Т	Стикове з'єднання	1	12 ÷15	Див. рис.4.4.3.2.1 і табл. 4.4.3.2.1	2TT+2TB+3KV
	Стикове з'єднання	1	20 ÷25		1LT+2TT+2TB+3KV
	Стикове з'єднання	1	30 ÷35		1LT+2TT+2TB+3KV
ТМ	[2]	[2]	[2]	[2]	[2]

[1]В таблиці прийняті наступні умовні позначення типів зразків:
LT - поздовжній циліндричний зразок для випробування на розтягування;
TT - поперечний плоскорозривний зразок для випробування на розтягування;
RB - поперечний зразок для випробування на статичний згин з розтягуванням кореня шва;
FB - поперечний зразок для випробування на статичний згин з розтягуванням лицьової поверхні шва;
TB - поперечний зразок для випробування на бічний статичний згин для двопрохідної технології зварювання;
KV - поперечний зразок з V-подібним надрізом для випробування на ударний згин.
[2] Вимагаються проби і випробування всіх типів зразків для обох технологій зварювання. Для проби наплавленого металу достатньо випробування 1LT замість двох випробувань.

4.4.2 Багатопрохідна технологія зварювання (М).

4.4.2.1 Загальні вимоги.

Для схвалення багатопрохідної технології зварювання вимагається проведення випробувань проб наплавленого металу і стикового з'єднання. Для виготовлення проби наплавленого металу може застосовуватися суднобудівна сталь будь-якої категорії.

Для виготовлення проби стикового з'єднання повинна використовуватися одна із перерахованих в табл. 4.4.2.1 категорій суднобудівної сталі залежно від категорії комбінації «дріт - флюс», яка підлягає схваленню.

Таблиця 4.4.2.1

Категорія комбінації «дріт - флюс»	Категорія сталі для виготовлення проб[1]
1	A
2	A, B, D
3, 4	A, B, D, E
1Y	A32, A36
2Y	A32, A36, D32, D36
3Y	A32, A36, D32, D36, E32, E36
4Y, 5Y	A32, A36, D32, D36, E32, E36, F32, F36
2Y40	A40, D40
3Y40	A40, D40, E40
4Y40, 5Y40	A40, D40, E40, F40
[1] Фактичний тимчасовий опір R_m сталі категорій A32÷F32 повинний бути більшим 490МПа.	

4.4.2.2 Випробування наплавленого металу.

4.4.2.2.1 Підготовка і виготовлення проби.

Одна проба наплавленого металу повинна бути зварена в нижньому положенні із застосуванням дроту, як правило, діаметром 4мм згідно з рис. 4.4.2.2.1.

Режими зварювання проби (значення струму, напруги, швидкості зварювання) повинні відповідати рекомендаціям виробника і узгоджуватися із звичайною практикою застосування багатопрохідної технології зварювання.

Зварювання проби повинно виконуватися декількома шарами, що складаються з одного або декількох проходів згідно зі звичайною практикою застосування. При цьому кожний наступний шар слід наплавляти в напрямку, протилежному попередньому від кожного кінця пластини. Після завершення зварювання кожного проходу залишки флюсу і шлакова кірка повинні бути видалені.

Після виконання кожного проходу проба повинна охолоджуватися природним шляхом на повітрі до температури нижче 250°С, але не менше 100°С. Температура повинна вимірюватися по центру шва на поверхні валика. Товщина кожного шару не повинна бути менше діаметра зварювального дроту, але не менше 4мм. Після завершення зварювання проби для випробувань не повинні піддаватися якій-небудь термообробці.

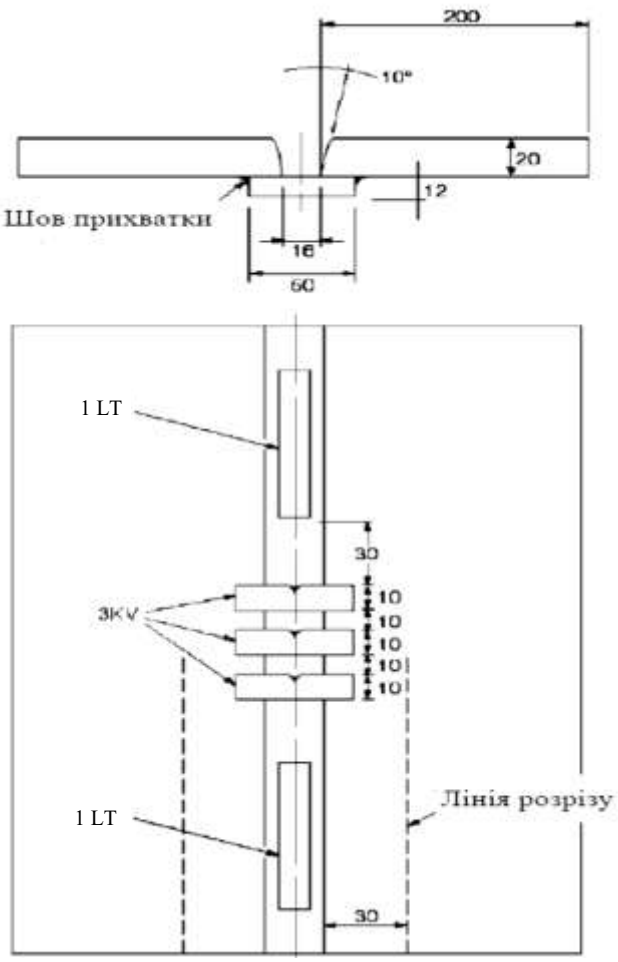


Рис. 4.4.2.2.1 Проба наплавленого металу при випробуваннях комбінації «дріт - флюс» (позначення зразків для випробувань відповідають табл. 4.4.1.4, всі розміри в мм, якщо не зазначене інше)

4.4.2.2.2 Контроль хімічного складу наплавленого металу.

Від проби повинні бути відібрані зразки для контролю хімічного складу наплавленого металу щодо всіх легуючих елементів і домішок, якщо вони регламентуються документацією виробника на приймальний контроль продукції (як правило, для керамічних флюсів).

4.4.2.2.3 Проведення випробувань.

Від кожної проби згідно з рис. 4.4.2.2.1 повинні бути відібрані два поздовжніх зразки для випробувань на розтягування і три зразки для випробувань на ударний згин. Вирізання, виготовлення і випробування зразків повинні виконуватися згідно з **4.2.2.1.1** і **4.2.2.3**, відповідно.

4.4.2.2.4 Вимоги до результатів випробувань.

Результати випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.4.2.2.4 для відповідних категорій зварювальних матеріалів.

4.4.2.3 Випробування стикового зварного з'єднання.

4.4.2.3.1 Підготовка і виготовлення проби.

Одна проба стикового зварного з'єднання повинна бути зварена в нижньому положенні із застосуванням дроту, як правило, діаметром 4мм згідно з рис. 4.4.2.3.1. Довжина проби повинна бути достатньою для вирізання зразків установленої кількості і розмірів.

Зварювання проби повинне виконуватися за багатопрохідною технологією із дотриманням режимів і умови виконання зварювання, які були прийняті для виготовлення проби наплавленого металу.

Підварювальний шов повинний накладатися в нижньому положенні після стругання кореня шва до чистого металу.

Після завершення зварювання проба для випробувань не повинна піддаватися якій-небудь термообробці.

4.4.2.3.2 Радіографічний метод контролю.

Перед виготовленням зразків для механічних випробувань рекомендується виконувати контроль проб стикових зварних з'єднань радіографічним методом для визначення яких-небудь внутрішніх дефектів.

Таблиця 4.4.2.2.4

Категорія	Границя плинності R_{eH}, МПа	Тимчасовий опір R_m, МПа	Відносне подовження A_5 ($L_0 = 5d$), min	Випробування на ударний згин	
				Температура випробувань, °С	Робота удару *KV*, Дж, min
1	305	400 ÷ 560	22	20	34
2				0	34
3				- 20	34
4				- 40	34
2Y	375	490 ÷ 660	22	20	34
3Y				0	34
4Y				-40	34
5Y				-60	34
2Y40	400	510 ÷ 690	22	0	39
3Y40				-20	39
4Y40				-40	39
5Y40				-60	39

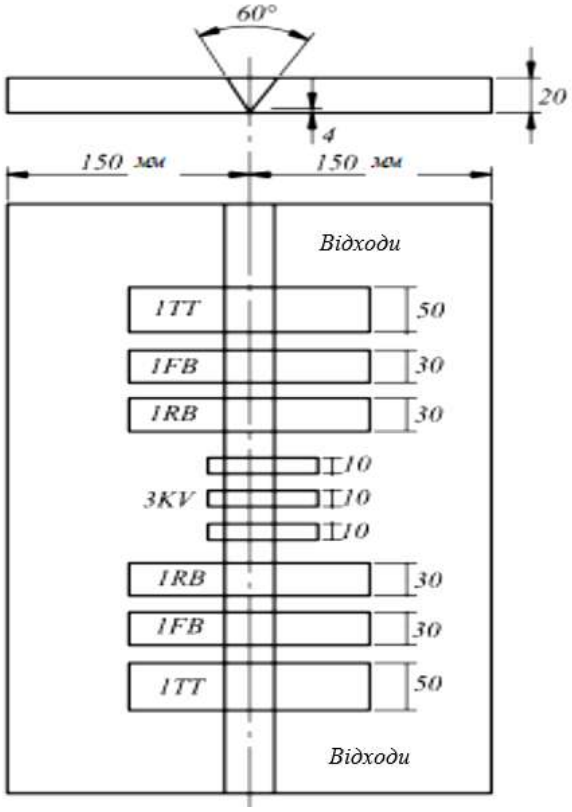


Рис. 4.4.2.3.1 Проба стикового зварного з'єднання при випробуваннях комбінації «дріт - флюс» для багатопрохідної технології зварювання (позначення зразків для випробувань відповідають табл. 4.4.1.4, всі розміри в мм, якщо не зазначене інше)

4.4.2.3.3 Проведення випробувань.

Згідно з рис. 4.4.2.3.1 і табл. 4.4.1.4 від кожної проби стикового з'єднання повинні бути добрані:

- два поперечних плоскорозривних зразки для випробувань на розтягування;

- три поперечних зразки з V-подібним надрізом для випробувань на ударний згин;

- по два поперечних зразки для випробувань на статичний згин з розтягуванням кореня і лицьової поверхні шва.

4.4.2.3.4 Вимоги до результатів випробувань.

Результати випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.4.2.3.4 для відповідних категорій зварювальних матеріалів.

Вимоги до проведення випробувань і оцінки результатів повинні відповідати вимогам **4.2**.

Таблиця 4.4.2.3.4

Категорія	Тимчасовий опір (поперечні зразки) R_m, МПа	Випробування на ударний згин	
		Температура випробувань, °С	Робота удару *KV*, Дж, min
1	2	3	4
1	400	20	34
2		0	34
3		- 20	34
4		- 40	34
2Y	490	20	34
3Y		0	34
4Y		-40	34
5Y		-60	34
2Y40	510	0	39
3Y40		-20	39
4Y40		-40	39
5Y40		-60	39

4.4.3 Двохпрохідна технологія зварювання (Т).

4.4.3.1 Кількість проб і загальні вимоги.

У випадку, якщо схвалення комбінації виконується тільки стосовно двопрохідної технології зварювання, вимагається виконання зварювання двох проб стикових з'єднань, виготовлених в наступних діапазонах товщин основного металу залежно від категорії комбінації:

- для категорій 1 і 1Y: 12 - 15мм і 20 - 25мм;

- для категорій 2, 2Y, 3, 3Y, 4, 4Y, 5Y: 20 - 25мм і 30 - 35мм;

- для категорій 2Y40, 3Y40, 4Y40, 5Y40: 20 - 25мм і 30 - 35мм.

При цьому проведення випробувань наплавленого металу не вимагається, а обсяг випробувань обмежується випробуваннями двох проб стикових з'єднань згідно з **4.4.3.2**.

Обмеження схвалення по загальному діапазону (по максимальній товщині листів, які зварюються) може бути погоджене з Регістром. У цьому випадку проби для випробувань повинні бути зварені в діапазонах товщин основного металу 12 - 15мм і 20 - 25мм незалежно від категорії, на яку потрібно виконати схвалення комбінації.

У випадку, якщо схвалення вимагається для зварювання сталей нормальної і підвищеної міцності, повинні бути підготовлені дві проби із сталі підвищеної міцності. При цьому Регістр може додатково вимагати проведення випробувань двох проб стикових з'єднань із сталі нормальної міцності.

4.4.3.2 Випробування стикового зварного з'єднання.

4.4.3.2.1 Підготовка і виготовлення проби.

Виготовлення проб стикових з'єднань при схваленні двопрохідної технології зварювання, включаючи максимальний діаметр зварювального дроту, категорії сталі для виготовлення проб і деталі підготовки кромок, повинні виконуватися згідно з табл. 4.4.3.2.1. Розміри проби повинні відповідати рис. 4.4.3.2.1 і забезпечувати вирізку зразків установленої кількості і розмірів.

Конструктивні елементи підготовки кромок можуть мати незначні відхилення, якщо це вимагається рекомендаціями виробника. Зазор в з'єднанні не повинний перевищувати 1мм.

Зварювання кожного стикового з'єднання повинно бути виконане за два проходи, по одному з кожної сторони з'єднання. Режими зварювання, включаючи значення струму, напруги і швидкості зварювання,

повинні відповідати рекомендаціям виробника і узгоджуватися із звичайною практикою застосування двопрохідної технології зварювання.

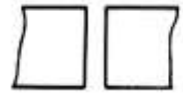
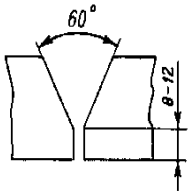
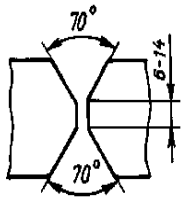
Після завершення зварювання першого проходу залишки флюсу і шлакова кірка повинні бути видалені, а проба повинна охолоджуватися природним шляхом на нерухомому повітрі до температури 100°С. Температура повинна вимірюватися по центру шва на поверхні валика.

Після завершення зварювання проби для випробувань не повинні піддаватися якій-небудь термообробці.

4.4.3.2.2 Радіографічний метод контролю.

Перед виготовленням зразків для механічних випробувань рекомендується виконувати контроль проб стикових зварних з'єднань радіографічним методом для визначення яких-небудь внутрішніх дефектів.

Таблиця 4.4.3.2.1

Товщина проби, мм	Підготовка кромок (рекомендована), мм	Максимальний діаметр дроту, мм	Категорія зварювального матеріалу	Категорія сталі на пробах	
				нормальної міцності	підвищеної міцності[1]
1	2	3	4	5	6
12–15		5	1 1Y	A –	– A32, A36
20–25		6	1 1Y	A –	– A32, A36
			2 2Y 2Y40	A, B або D – –	– A32, A36, D32, D36 A40, D40
			3, 4 3Y 3Y40 4Y, 5Y 4Y40, 5Y40	A, B, D, E – – – –	– A32, A36, D32, D36, E32, E36 A40, D40, E40 A32, A36, D32, D36, E32, E36, F32, F36 A40, D40, E40, F40
30–35		7	2 2Y 2Y40	A, B або D – –	– A32, A36, D32, D36 A40, D40
			3, 4 3Y 3Y40 4Y, 5Y 4Y40, 5Y40	A, B, D, E – – – –	– A32, A36, D32, D36, E32, E36 A40, D40, E40 A32, A36, D32, D36, E32, E36, F32, F36 A40, D40, E40, F40
[1] Фактичний тимчасовий опір R_m сталі категорій A32÷F32 повинний бути більшим 490МПа.					

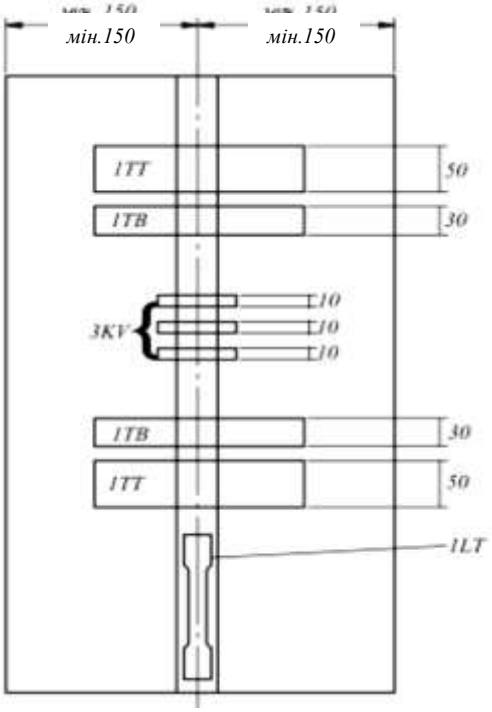


Рис. 4.4.3.2.1 Проба стикового зварного з'єднання при випробуваннях комбінації «дріт - флюс» для двопрохідної технології зварювання (позначення зразків для випробувань відповідають табл. 4.4.1.4, всі розміри в мм)

4.4.3.2.3 Проведення випробувань.

Згідно з рис. 4.4.3.2.1 і табл. 4.4.1.4 від кожної проби стикового з'єднання повинні бути відібрані зразки для проведення випробувань, тип і кількість яких відповідає товщині проби.

Орієнтація і положення надрізу на зразках для випробувань на ударний згин повинні відповідати рис. 4.4.3.2.3.

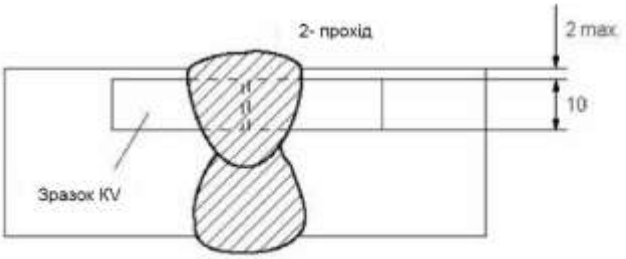


Рис. 4.4.3.2.3 Схема вирізки зразків на ударний згин для проби стикового з'єднання, виконаного за двопрохідною технологією зварювання (позначення зразка для випробування відповідає табл. 4.4.1.4, всі розміри в мм)

4.4.3.2.4 Вимоги до результатів випробувань.

Результати випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.4.2.2.4 для поздовжніх циліндричних зразків для випробувань на розтягування і табл. 4.4.2.3.4 для інших типів зразків відповідних категорій зварювальних матеріалів, які схвалюються.

Вимоги до проведення випробувань і оцінки результатів повинні відповідати вимогам **4.2**.

4.4.3.2.5 Контроль хімічного складу наплавленого металу.

Від проби повинні бути відібрані зразки для контролю хімічного складу наплавленого металу для всіх легуючих елементів і домішок, якщо вони регламентуються документацією виробника на приймальний контроль продукції (як правило, для керамічних флюсів).

4.4.4 Щорічні випробування і випробування для підвищення категорії.

4.4.4.1 Щорічні випробування і огляд виробника при підтвердженні ССЗМ.

Всі організації, що одержали визнання Регістру як виробника зварювальних матеріалів для застосування в складі комбінації «дріт - флюс», повинні піддаватися щорічним оглядам і випробуванням схваленої продукції.

Щорічні випробування повинні, як мінімум, включати наступне:

.1 комбінації «дріт - флюс» для багатопрохідної технології зварювання.

Обсяг щорічних випробувань комбінацій «дріт - флюс», призначених для багатопрохідної технології зварювання, повинний включати виготовлення і випробування однієї проби наплавленого металу згідно з **4.4.2.2**. Один поздовжній зразок повинний піддаватися випробуванню на розтягування і три зразки — випробуванню на ударний згин. Результати випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.4.2.2.4;

.2 комбінації «дріт - флюс» для двопрохідної технології зварювання.

Обсяг щорічних випробувань комбінацій «дріт - флюс», призначених для двопрохідної технології зварювання, повинний включати виготовлення і випробування однієї проби стикового з'єднання товщиною не менше 20мм згідно з **4.4.3.2**. Один поперечний зразок повинний піддаватися випробуванню на розтягування, два поперечних зразка — випробуванню на статичний згин і три зразка — випробуванню на ударний згин. При цьому у випадку схвалення комбінації тільки для двопрохідної технології зварювання повинний бути випробуваний на розтягування також один поздовжній циліндричний зразок. Результати випробувань повинні відповідати вимогам **4.4.3.2.4**;

.3 комбінації «дріт - флюс» для багатопрохідної і двопрохідної технології зварювання.

Обсяг щорічних випробувань комбінацій «дріт - флюс», призначених для багатопрохідної і двопрохідної технології зварювання, повинний включати виготовлення і випробування однієї проби наплавленого металу і однієї проби стикового з'єднання товщиною не менше 20мм згідно з **4.4.4.1.1** і **4.4.4.1.2**, відповідно. При цьому виготовлення і випробування на розтягування одного поздовжнього циліндричного зразка із проби стикового з'єднання не вимагається.

Якщо комбінація «дріт - флюс» схвалена для зварювання сталей нормальної і підвищеної міцності, то повинна бути підготовлена і випробувана проба стикового з'єднання із сталі підвищеної міцності згідно з **4.4.4.1.2**.

4.4.4.2 Випробування для підвищення категорії.

4.4.4.2.1 Якщо підвищення категорії стосується тільки зміни температури випробувань зразків на ударний згин без зміни групи міцності, то повинні бути виконані при цій зміненій температурі тільки додаткові випробування трьох зразків на ударний згин із проби зварного стикового з'єднання, виготовленої згідно з **4.4.2.3** для багатопрохідної технології зварювання або згідно з **4.4.3.2** для основного металу максимальної схваленої товщини стосовно двопрохідної технології зварювання. Ці проби стикових з'єднань повинні бути випробувані додатково до обсягу щорічних випробувань, що вимагаються згідно з **4.4.4.1** (для яких випробування зразків на ударний згин також виконуються при зміненій температурі).

4.4.4.2.2 У тому випадку, якщо підвищення категорії відноситься до розширення області схвалення на зварювання сталей більш високої групи міцності, то вимагається проведення випробувань проб стикових з'єднань у повному обсязі згідно з **4.4.2.3** або **4.4.3.2** додатково до звичайного обсягу щорічних випробувань. При цьому сталь для виготовлення проб стикових з'єднань повинна відповідати вимогам **4.4.2.1** або **4.4.3.2.1** (для багатопрохідної і двопрохідної технології зварювання, відповідно) для нової підвищеної категорії зварювальних матеріалів.

4.5 ЗВАРЮВАЛЬНИЙ ДРІТ І КОМБІНАЦІЯ «ДРІТ – ГАЗ» ДЛЯ ДУГОВОГО ЗВАРЮВАННЯ В СЕРЕДОВИЩІ ЗАХИСНИХ ГАЗІВ

4.5.1 Загальні положення.

4.5.1.1 Викладені нижче вимоги застосовуються до комбінацій «дріт - газ», а також до порошкового дроту (для зварювання в середовищі захисного газу і без нього), які призначені для напівавтоматичного і автоматичного зварювання суднобудівних сталей нормальної і підвищеної міцності, сталевих поковок і виливків відповідних категорій міцності, а також співставних сталей для виготовлення суднових конструкцій і посудин під тиском.

Стосовно процедури схвалення матеріали, що розглядаються, підрозділяються на наступні групи:

- для застосування при напівавтоматичній багатопрохідній технології зварювання;

- для застосування при одноелектродній автоматичній багатопрохідній технології зварювання;

- для застосування при одноелектродній автоматичній двопрохідній технології зварювання.

Примітка. В цій частині Правил терміни «ручне», «напівавтоматичне» і «автоматичне» зварювання застосовуються для позначення наступних ступенів механізації технологічного процесу:

- ручне зварювання - процес, в якому всі операції здійснюються зварювальником вручну;

- напівавтоматичне зварювання - процес, в якому подача присадного дроту механізована, а інші операції виконуються зварювальником вручну. Згідно з стандартом ISO/TR 25901-3 цей процес визначається як «частково механізоване зварювання»;

- автоматичне зварювання - процес, в якому всі основні операції, крім переміщення виробу, механізовані. Згідно з стандартом ISO/TR 25901-3 цей процес визначається як «повністю механізоване зварювання».

Схвалення зварювальних матеріалів, що виконується згідно з даними вимогами, дійсне для звичайного зварювання одним електродом.

Інші технології зварювання, такі як зварювання двома і більше електродами, однобічне зварювання на керамічних підкладках або без них, підлягають окремим випробуванням для схвалення. Ці випробування зазвичай виконуються згідно з викладеними нижче вимогами за окремою програмою, яка підлягає схваленню Регістром.

4.5.1.2 Комбінації «дріт - газ» залежно від рівня міцності наплавленого металу або металу шва (R_{eH}, min) підрозділяються на наступні категорії:

- 1, 2, 3, 4 для сталей нормальної міцності;

- 1Y, 2Y, 3Y, 4Y, 5Y для сталей підвищеної міцності з нормативною границею плинності до 355МПа включно;

- 2Y40, 3Y40, 4Y40, 5Y40 для сталей підвищеної міцності з нормативною границею плинності до 390МПа включно.

Залежно від технології зварювання до позначення категорії додаються наступні додаткові індекси класифікації:

- S - для вказівки на схвалення зварювальних матеріалів стосовно напівавтоматичної багатопрохідної технології зварювання;

- T - для вказівки на схвалення зварювальних матеріалів стосовно автоматичної двопрохідної технології зварювання;

- M - для вказівки на схвалення зварювальних матеріалів стосовно автоматичної багатопрохідної технології зварювання;

- TM - для вказівки на схвалення зварювальних матеріалів стосовно автоматичної двопрохідної і багатопрохідної технологій зварювання.

Для зварювальних матеріалів, які схвалюються стосовно напівавтоматичної і автоматичної багатопрохідної технології зварювання, індекси додаткової класифікації повинні бути додані у відповідному сполученні (SM).

Залежно від вмісту дифузійного водню в наплавленому металі стосовно порошкового дроту в позначенні категорії застосовуються додаткові індекси класифікації H15, H10 або H5 згідно з **4.5.1.4**.

4.5.1.3 Склад захисного газу:

.1 склад захисного газу, що застосовується при випробуваннях для схвалення, повинний бути зазначений у звіті про випробування і ССЗМ. Якщо інше не погоджене з Регістром, застосування захисного газу іншого складу для того ж дроту вимагає проведення додаткових випробувань для схвалення;

.2 схвалення зварювального дроту в комбінації с будь-яким конкретним складом газу може бути застосовано або поширено для комбінацій цього дроту з захисними газами з аналогічною групою типового складу, яка визначається згідно з табл. 4.5.1.3.2.

Таблиця 4.5.1.3.2

Група складу захисного газу		Склад захисного газу, % об.			
		CO_2	O_2	H_2	Ar
M1	1	> 0 ÷ 5	–	> 0 ÷ 5	Основа[1, 2]
	2	> 0 ÷ 5	–	–	Основа[1, 2]
	3	–	> 0 ÷ 3	–	Основа[1, 2]
	4	> 0 ÷ 5	> 0 ÷ 3	–	Основа[1, 2]
M2	1	> 5 ÷ 25	–	–	Основа[1, 2]
	2	–	> 3 ÷ 10	–	Основа[1, 2]
	3	> 5 ÷ 25	> 0 ÷ 8	–	Основа[1, 2]
M3	1	> 25 ÷ 50	–	–	Основа[1, 2]
	2	–	> 10 ÷ 15	–	Основа[1, 2]
	3	> 5 ÷ 50	> 8 ÷ 15	–	Основа[1, 2]
C	1	100	–	–	–
	2	Основа	> 0 ÷ 3	–	–

[1] Аргон може бути замінений гелієм в об'ємі до 95% від вмісту аргону.
[2] Схвалення поширюється тільки на суміші газів з аналогічним або більш високим вмістом гелію

4.5.1.4 Нормування вмісту дифузійного водню:

.1 випробування для визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі повинні виконуватися стосовно порошкового дроту, призначеного для зварювання в середовищі захисного газу або без нього, для наступних категорій зварювальних матеріалів:

- 2, 3 і 4, якщо застосовно (матеріали можуть бути класифіковані згідно з **4.2.3.4**), згідно з заявкою виробника;

- 1Y, 2Y, 2Y40, 3Y, 3Y40, 4Y, 4Y40, а також 5Y і 5Y40.

Випробування виконуються згідно з **4.2.3** з дотриманням режимів зварювання, рекомендованих виробником і підбором швидкості зварювання, що забезпечують масу наплавленого на зразок металу, подібну до значення для випробувань електродів (15 ÷ 20г на 100мм шва);

.2 згідно з отриманими результатами випробувань і вимогами **4.2.3.4** до позначення категорії комбінації згідно з **4.5.1.2** повинні бути додані індекси класифікації за вмістом дифузійного водню в наплавленому металі H15, H10, або H5.

4.5.1.5 Інформація і документація, які надаються на розгляд.

Виробник в загальному випадку повинний подати на розгляд прикладені до заявки на схвалення інформацію і технічну документацію, які містять наступні відомості:

- торгову марку, тип зварювального дроту, межі хімічного складу для суцільних дротів або тип наповнювача для порошкових дротів (або посилання на відповідний нормативний документ), діапазон діаметрів для схвалення; виробник, постачальник, умови постачання (стан поверхні, тип, розмір і вага стандартних мотків);

- технологію зварювання і категорію комбінацій, для яких потрібно схвалення;

- тип струму, зварювання і робочий діапазон значень зварювального струму для схвалення;

- властивості, склад і вимоги до захисного газу;

- торгову марку і назву виробника сумішей захисних газів спеціальних типів;

- типовий хімічний склад наплавленого метала, зокрема, довідкову інформацію з вмісту марганцю, кремнію та інших легуючих елементів, які встановлюються специфікацією в усіх випадках;

- умови, для яких хімічний склад установлюється специфікацією;

- основні зварювально-технологічні властивості (такі як розбризкування, характер перенесення металу) і пов'язані з ними рекомендації та обмеження застосування;

- відомості про маркування і пакування;

- відомості про виробничі потужності, обладнанні, цикли термічної обробки, методах і процедурах контролю якості;

- рекомендації щодо зберігання і забезпечення схоронності порошкового дроту;

- відомості про наявність схвалення інших класифікаційних товариств або органів технічного нагляду з додатком копій необхідних документів.

До технічної документації, яка підлягає схваленню Регістром, належать:

- технічні умови або специфікації виробника на зварювальний матеріал, у тому числі актуальні видання каталогів;

- інструкції з виготовлення, приймання і контролю якості.

4.5.2 Зварювальний дріт і комбінації «дріт - газ» для напівавтоматичної багатопрохідної технології зварювання.

4.5.2.1 Загальні вимоги.

Випробування для схвалення напівавтоматичної багатопрохідної технології зварювання повинні виконуватися згідно з **4.3** з використанням для зварювання проб порошкового дроту або комбінацій «дріт -газ». Необхідна кількість проб і зразків для випробувань зазначена в табл. 4.5.2.1.

Таблиця 4.5.2.1

Проби для випробувань						
Тип	**Положення зварювання[1,2]**	**Діаметр електрода, мм**	**Кіль-кість**	**Тов-щина, мм**	**Розміри**	**Кількість і тип зразків[2]**
1	**2**	**3**	**4**	**5**	**6**	**7**
Наплав-лений метал	PA	1,2 або min Ø	1	20	Див. рис. 4.3.2.1	1TL+3KV
		max Ø	1[4]			
Стикове з'єднання	PA	1 прохід: 1,2 або min Ø Інші шари: max Ø	1[5]	15 ÷ 20	Див. рис. 4.3.3.1	1TT+1RB+1FB+3KV
	PF	1 прохід: 1,2 або min Ø Інші шари: max Ø для конкретного положення	1			1TT+1RB+1FB+3KV
	PC		1			1TT+1RB+1FB+3KV
	PE		1			1TT+1RB+1FB+3KV
	PG		1			1TT+1RB+1FB+3KV
Таврове з'єднання	[6]	1 сторона: min Ø	1	15 ÷ 20	Див. рис. 4.3.6.2 і 4.3.6.3	M+FF+HV
		2 сторона: max Ø				

[1] Позначення просторових положень зварювання згідно з стандартом ДСТУ ISO 6947 або відповідним стандартом ISO (див. рис. 6.2.2.4-1).

[2] У тому випадку, якщо схвалення вимагається для одного або обмеженого числа положень зварювання, то зварювання проб стикових з'єднань повинна бути виконана тільки в цих положеннях.

[3] В таблиці прийняті наступні умовні позначення типів зразків:
TL - поздовжній циліндричний зразок для випробування на розтягування;
TT - поперечний плоскорозривний зразок для випробування на розтягування;
RB - поперечний зразок для випробування на статичний згин з розтягуванням кореня шва;
FB - поперечний зразок для випробування на статичний згин з розтягуванням лицьової поверхні шва;
KV - поперечний зразок з V-подібним надрізом для випробування на ударний згин;
FF - зразок для випробування кутового шва на злам;
M - поперечний макрошліф;
HV - зразок для визначення твердості.

[4] У тому випадку, якщо схвалення вимагається для одного діаметру, то достатньо виготовлення тільки однієї проби наплавленого металу.

[5] У тому випадку, якщо схвалення вимагається тільки для нижнього положення зварювання, то в цьому положенні повинні бути зварені дві проби: перша - з використанням максимального діаметру зварювального дроту, друга - з застосуванням зварювального дроту із збільшенням діаметру від першого до останнього шару шва.

[6] Проби таврового з'єднання повинні бути виготовлені в положеннях зварювання, які підлягають схваленню.

4.5.2.2 Випробування наплавленого металу.

4.5.2.2.1 Підготовка і виготовлення проби.

Дві проби наплавленого металу повинні бути зварені в нижньому положенні згідно з рис. 4.3.2.1. При цьому одна із них виготовляється із використанням зварювального дроту діаметром 1,2мм або дроту мінімального діаметру, друга - із використанням зварювального дроту максимального діаметру, призначеного для зварювання суднових конструкцій. Якщо дріт виготовляється тільки одного діаметру, то достатньо випробування однієї проби. Для виготовлення проб може застосовуватися суднобудівна сталь будь-якої категорії.

Зварювання проби повинне виконуватися декількома шарами, які складаються із одного або декількох проходів згідно з рекомендаціями виробника і звичайною практикою застосування. При цьому кожний наступний шар треба наплавляти в напрямку, протилежному попередньому. Товщина кожного валика шва повинна знаходитися в межах від 2 до 6мм. Після виконання кожного проходу проба повинна охолоджуватися природним шляхом на повітрі до температури нижче 250°С, але не менше 100°С. Температура повинна вимірюватися по центру шва на поверхні валика. Після завершення зварювання проби для випробувань не повинні піддаватися якій-небудь термообробці.

4.5.2.2.2 Контроль хімічного складу наплавленого металу.

Від кожної проби повинні бути відібрані зразки для контролю хімічного складу наплавленого металу за всіма легуючими елементами і домішками, якщо вони регламентуються документацією виробника на приймальний контроль продукції (як правило, для порошкового зварювального дроту).

4.5.2.2.3 Механічні випробування.

Від кожної проби згідно з табл. 4.5.2.1 і рис. 4.3.2.1 повинні бути відібрані один поздовжній зразок для випробування на розтягування і три зразки для випробування на ударний згин. Вирізання, виготовлення і випробування зразків повинні виконуватися згідно з **4.2.2.1.1** і **4.2.2.3**, відповідно.

Результати всіх випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.3.2.4 для відповідних категорій зварювальних матеріалів.

4.5.2.3 Випробування стикового зварного з'єднання.

4.5.2.3.1 Підготовка і виготовлення проби.

Для визначення властивостей зварного з'єднання в кожному положенні зварювання (нижньому, вертикальному знизу вгору, вертикальному зверху вниз, стельовому, горизонтальному на вертикальній площині), для якого призначена комбінація, повинно бути зварено по одній пробі згідно з рис. 4.3.3.1.

Для виготовлення проб стикових з'єднань повинна використовуватися суднобудівна сталь однієї із категорій, зазначених в табл. 4.3.3.1.

Зварювання проб для окремих положень зварювання повинне виконуватися з урахуванням перерахованих нижче вимог:

- нижнє положення - PA. Перший прохід треба виконувати дротом діаметром 1,2мм або дротом мінімального діаметру, який підлягає схваленню, решту - дротом максимального діаметру із числа схвалюваних;

- у тому випадку, якщо схвалення вимагається тільки для нижнього положення зварювання, то в цьому положенні повинні бути зварені дві проби: перша - з використанням максимального діаметру зварювального дроту, друга - із застосуванням зварювального дроту із збільшенням діаметру від першого до останнього шару шва. Якщо дріт виготовляється тільки одного діаметру, то достатньо випробувань однієї проби;

- положення зварювання, які відрізняються від нижнього положення (PE, PG, PC, PE). Перший прохід треба виконувати дротом діаметром 1,2мм або дротом мінімального діаметру, який підлягає схваленню, решту - дротом максимального діаметру, рекомендованого виробником для конкретного положення зварювання.

Після завершення зварювання проби для випробувань не повинні піддаватися якій-небудь термообробці.

4.5.2.3.2 Радіографічний метод контролю.

Перед виготовленням зразків для механічних випробувань рекомендується виконувати контроль проб стикових зварних з'єднань радіографічним методом для визначення яких-небудь внутрішніх дефектів.

4.5.2.3.3 Механічні випробування.

Згідно з табл. 4.5.2.1 і рис. 4.3.3.1 від кожної проби стикового з'єднання повинні бути відібрані:

- один поперечний плоскорозривний зразок для випробування на розтягування;

- три поперечних зразка з V-подібним надрізом для випробування на ударний згин;

- по одному поперечному зразку для випробування на статичний згин з розтягуванням кореня і лицьової поверхні шва.

Результати випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.3.3.5 для відповідних категорій зварювальних матеріалів. Вимоги до проведення випробувань і оцінки результатів повинні відповідати вимогам **4.2**.

4.5.2.4 Випробування проби таврового з'єднання.

Випробування проби таврового з'єднання потрібні для комбінацій «дріт - газ», призначених тільки для зварювання кутових швів і проводяться аналогічно вимогам **4.3.6** для покритих електродів. Проби таврового з'єднання повинні бути виготовлені в положеннях зварювання, які підлягають схваленню згідно з **4.3.6.2**. Обсяг і результати випробувань повинні відповідати вимогам **4.3.6.3**.

4.5.2.5 Випробування для визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі.

Випробування для визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі повинні виконуватися згідно з **4.2.3** і **4.5.1.4** стосовно порошкового дроту, призначеного для зварювання сталей підвищеної міцності наступних категорій: 1Y, 2Y, 2Y40, 3Y, 3Y40, 4Y, 4Y40, а також 5Y і 5Y40.

Порошковий дріт категорій 2, 3 і 4, призначений для зварювання сталей нормальної міцності, може бути класифікований за вмістом дифузійного водню в наплавленому металі як опція згідно з заявкою виробника.

Випробування для визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі повинні виконуватися, як правило, при первісному схваленні зварювальних матеріалів, а також за окремою вимогою Регістру при щорічних випробуваннях або заявкою виробника при випробуваннях для підвищення категорії.

4.5.3 Зварювальний дріт і комбінації «дріт - газ» для автоматичної багатопрохідної технологій зварювання.

4.5.3.1 Загальні вимоги.

.1 зварювальний дріт і комбінація «дріт - газ», які пройшли випробування згідно з **4.5.2** і схвалені Регістром для напівавтоматичної багатопрохідної технології зварювання, також схвалюються без проведення додаткових випробувань для автоматичної багатопрохідної технологій зварювання. Це положення дійсне в тому випадку, якщо умови виконання (значення зварювального струму, погонної енергії тощо) автоматичного та напівавтоматичного зварювання аналогічні, тобто різняться тільки способом переміщення зварювального пальника;

.2 випробування для схвалення автоматичної багатопрохідної технологій зварювання повинні виконуватися згідно з **4.4.2** з використанням для зварювання проб порошкового дроту або комбінації «дріт - газ». Необхідна кількість зразків для випробувань, які відбираються від кожної проби, повинна відповідати табл. 4.4.1.4.

4.5.3.2 Випробування наплавленого металу.

4.5.3.2.1 Підготовка і виготовлення проби.

Одна проба наплавленого металу повинна бути зварена в нижньому положенні згідно з рис. 4.4.2.2.1.

Діаметр дроту, режими зварювання проби (значення струму, напруги, швидкості зварювання) повинні відповідати рекомендаціям виробника.

Підготовка і виготовлення проби повинні відповідати **4.4.2.2.1**, за винятком вимоги до мінімальної товщини кожного шару, яка повинна становити 3мм.

4.5.3.2.2 Контроль хімічного складу наплавленого металу.

Від кожної проби повинні бути відібрані зразки для контролю хімічного складу наплавленого металу за всіма легуючими елементами і домішками, якщо вони регламентуються документацією виробника на приймальний контроль продукції (як правило, для порошкового зварювального дроту).

4.5.3.2.3 Механічні випробування.

Від кожної проби згідно з рис. 4.4.2.2.1 повинні бути відібрані два поздовжні зразки для випробування на розтягування і три зразки для випробування на ударний згин. Вирізання, виготовлення і випробування зразків повинні виконуватися згідно з **4.2.2.1.1** і **4.2.2.3**, відповідно.

Результати всіх випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.4.2.4 для відповідних категорій зварювальних матеріалів.

4.5.3.3 Випробування стикового зварного з'єднання.

4.5.3.3.1 Підготовка і виготовлення проби.

Для визначення властивостей зварного з'єднання в кожному положенні зварювання, для якого призначена комбінація, повинно бути зварено по одній пробі згідно з рис. 4.4.2.3.1. Зазвичай схвалювані положення зварювання обмежуються одним положенням, і в цьому випадку обсяг випробувань обмежується виготовленням однієї проби. Діаметр дроту, режими зварювання проби (значення струму, напруги, швидкості зварювання) повинні відповідати рекомендаціям виробника.

Підготовка і виготовлення проби повинні відповідати вимогам **4.4.2.3.1**.

4.5.3.3.2 Радіографічний метод контролю.

Перед виготовленням зразків для механічних випробувань рекомендується виконувати контроль проб стикових зварних з'єднань радіографічним методом для визначення яких-небудь внутрішніх дефектів.

4.5.3.3.3 Механічні випробування.

Згідно з табл. 4.4.1.4 і рис. 4.4.2.3.1 від кожної проби стикового з'єднання повинні бути відібрані:

- два поперечних плоскорозривних зразки для випробування на розтягування;

- три поперечних зразки з V-подібним надрізом для випробування на ударний згин;

- по два поперечних зразки для випробування на статичний згин з розтягуванням кореня і лицьової поверхні шва.

Результати випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.4.2.3.4 для відповідних категорій зварювальних матеріалів. Вимоги до проведення випробувань і оцінки результатів повинні відповідати вимогам **4.2**.

4.5.3.4 Випробування для визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі.

Випробування для визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі повинні виконуватися згідно з **4.2.3** і **4.5.1.4** стосовно порошкового дроту, призначеного для зварювання сталей підвищеної міцності наступних категорій: 1Y, 2Y, 2Y40, 3Y, 3Y40, 4Y, 4Y40, а також 5Y і 5Y40.

Порошковий дріт категорій 2, 3 і 4, призначений для зварювання сталей нормальної міцності, може бути класифікований за вмістом дифузійного водню в наплавленому металі як опція згідно з заявкою виробника.

Випробування для визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі повинні виконуватися, як правило, при первісному схваленні зварювальних матеріалів, а також, якщо вказано в схваленій Регістром програмі випробувань, при щорічних випробуваннях.

4.5.4 Зварювальний дріт і комбінації «дріт - газ» для автоматичної двопрохідної технологій зварювання.

4.5.4.1 Загальні вимоги.

Випробування для схвалення автоматичної двопрохідної технології зварювання повинні виконуватися згідно з **4.4.3** з використанням для зварювання проб порошкового дроту або комбінації «дріт - газ». Необхідна кількість проб і зразків для випробувань зазначена в табл. 4.4.1.4.

4.5.4.2 Випробування стикового зварного з'єднання.

4.5.4.2.1 Підготовка і виготовлення проб.

Підготовка і виготовлення проб повинні виконуватися з урахуванням перерахованих нижче вимог:

.1 для схвалення комбінацій «дріт - газ», призначених для автоматичної двопрохідної технології зварювання, вимагається виконання зварювання двох проб стикових з'єднань, підготовлених і виготовлених згідно з **4.4.3.1** і **4.4.3.2**, в діапазонах товщин основного металу 12 ÷ 15мм і 20 ÷ 25мм. У тому випадку, якщо схвалення вимагається для зварювання листів товстіше ніж 25мм, то повинна бути виготовлена одна проба із металу товщиною приблизно 20мм і друга - із металу максимальної товщини, яка підлягає схваленню;

.2 підготовка кромок на пробах стикових з'єднань показана на рис. 4.5.4.2.1. Допускаються незначні відхилення конструктивних елементів підготовки кромок, якщо це вимагається рекомендаціями виробника. Для проб із металу товщиною понад 25мм конструктивні елементи підготовки кромок повинні бути додатково представлені для відомості. Відхилення або відмінності в підготовці кромок повинні бути обґрунтовані рекомендаціями виробника для цієї технології зварювання і товщини матеріалу;

.3 діаметри зварювального дроту, який застосовується для зварювання проби, повинні відповідати рекомендаціям виробника і бути додатково представлені Регістру для відомості.

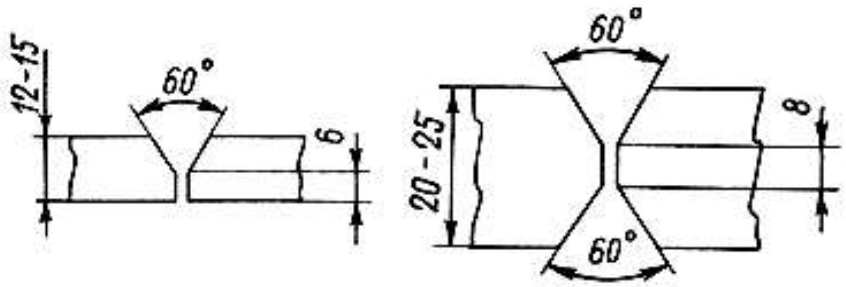


Рис. 4.5.4.2.1 Рекомендована підготовка кромок для проб стикових з'єднань при схваленні комбінацій «дріт - газ», призначених для автоматичної двопрохідної технології зварювання (всі розміри в мм, якщо не зазначене інше)

4.5.4.2.2 Радіографічний метод контролю.

Перед виготовленням зразків для механічних випробувань рекомендується виконувати контроль проб стикових зварних з'єднань радіографічним методом для визначення яких-небудь внутрішніх дефектів.

4.5.4.2.3 Механічні випробування.

Згідно з табл. 4.4.1.4 і рис. 4.4.3.2.1 від кожної проби стикового з'єднання повинні бути відібрані зразки для проведення випробувань, тип і кількість яких відповідає товщині проби. Орієнтація і положення надрізу на зразках для проведення випробувань на ударний згин повинні відповідати вимогам рис. 4.4.3.2.3.

Результати випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.4.2.2.4 для поздовжніх циліндричних зразків на розтягування і табл. 4.4.2.3.4 для інших типів зразків відповідно до категорії зварювальних матеріалів, які схвалюються.

Вимоги до проведення випробувань і оцінки результатів повинні відповідати вимогам **4.2**.

4.5.4.3 Контроль хімічного складу наплавленого металу.

Від проби повинні бути відібрані зразки для контролю хімічного складу наплавленого металу з боку другого проходу, а результати повинні бути представлені у звіті про випробування, якщо хімічний склад регламентуються документацією виробника на приймальний контроль продукції (як правило, для порошкового зварювального дроту).

4.5.4.4 Випробування для визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі.

Випробування для визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі повинні виконуватися згідно з **4.5.3.4**.

4.5.5 Щорічні випробування і випробування для підвищення категорії.

4.5.5.1 Щорічні випробування і огляд виробника при підтвердженні ССЗМ.

Всі організації, що одержали визнання Регістру як виробника зварювальних матеріалів для застосування в складі комбінації «дріт - газ», повинні піддаватися щорічним оглядам і випробуванням схваленої продукції.

Щорічні випробування повинні, як мінімум, включати наступне:

.1 дроти і комбінації, призначені для напівавтоматичної багатопрохідної або одночасно для напівавтоматичної і автоматичної багатопрохідної технологій зварювання.

Обсяг щорічних випробувань для дроту і комбінації «дріт - газ», призначених для напівавтоматичної багатопрохідної або одночасно для напівавтоматичної і автоматичної багатопрохідної технологій зварювання, повинний включати виготовлення і випробування однієї проби наплавленого металу згідно з **4.5.2.2**. Діаметр дроту при зварюванні повинний відповідати діапазону діаметрів, зазначеному для напівавтоматичного зварювання в ССЗМ. Випробуванням повинні піддаватися один поздовжній циліндричний зразок на розтягування і три зразки на ударний згин. Результати випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.3.2.4.

Хімічний склад наплавленого металу треба визначати аналогічно вимогам для первісного схвалення, якщо він регламентується документацією виробника на приймальний контроль продукції (як правило, для порошкового дроту);

.2 дроти і комбінації, призначені для автоматичної багатопрохідної технологій зварювання.

Обсяг щорічних випробувань для дроту і комбінації «дріт - газ», призначених для автоматичної багатопрохідної технологій зварювання, повинний включати виготовлення і випробування однієї проби наплавленого металу згідно з **4.5.3.2**. Діаметр дроту при зварюванні повинний відповідати діапазону діаметрів, зазначеному для автоматичного зварювання в ССЗМ. Випробуванням повинні піддаватися один поздовжній циліндричний зразок на розтягування і три зразки на ударний згин. Результати випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.4.2.2.4.

Хімічний склад наплавленого металу треба визначати аналогічно вимогам для первісного схвалення, якщо він регламентується документацією виробника на приймальний контроль продукції (як правило, для порошкового дроту);

.3 дроти і комбінації, призначені для автоматичної двопрохідної технологій зварювання.

Обсяг щорічних випробувань для дроту і комбінації «дріт - газ», призначених для автоматичної двопрохідної технологій зварювання, повинний включати виготовлення і випробування однієї проби стикового з'єднання товщиною 20 ÷ 25мм згідно з **4.5.4.2**. Випробуванням повинні піддаватися один поперечний зразок на розтягування, два зразки на статичний згин, три зразки на ударний згин, а також один поздовжній циліндричний зразок на розтягування у випадку схвалення комбінації тільки для автоматичної двопрохідної технології зварювання. Діаметр дроту при зварюванні вказується в протоколі випробувань;

.4 для порошкових зварювальних дротів з контрольованим вмістом дифузійного водню, які мають індекси H10 і H5, в програму щорічних випробувань на вимогу Регістру може бути включена перевірка матеріалів на вміст дифузійного водню в наплавленому металі згідно з **4.2.3**.

4.5.5.2 Випробування для підвищення категорії.

При проведенні випробувань для підвищення категорії зварювальних матеріалів необхідно керуватися наступним:

.1 при зміні вимог тільки до температури випробувань зразків на ударний згин для багатопрохідної технології зварювання обсяг випробувань аналогічний вимогам **4.3.8.2.2**, а для двопрохідної технології зварювання вимагається виконати додаткову (додатково до вимог **4.5.5.1.3**) пробу стикового з'єднання товщиною 12 ÷ 15мм з випробуванням трьох зразків на ударний згин;

.2 у тому випадку, якщо підвищення категорії відноситься до розширення області схвалення на зварювання сталей більше високої групи міцності, то для багатопрохідної технології зварювання вимагається проведення випробувань проб стикових з'єднань в повному обсязі згідно з **4.5.2.3** або **4.5.3.3** додатково до звичайного обсягу щорічних випробувань. Для двохпрохідної технології

зварювання загальний обсяг випробувань (щорічних і додаткових для підвищення категорії) повинний відповідати вимогам для первісного схвалення згідно з **4.5.4**.

4.6 Зварювальні матеріали для електрошлакового вертикального зварювання та вертикального дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом **4.6.1 Загальні положення.**

4.6.1.1 Викладені нижче вимоги застосовуються до зварювальних матеріалів, які призначені для електрошлакового зварювання і дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом у вертикальному положенні з примусовим формуванням шва з застосуванням або без застосування мундштука, який плавиться, суднобудівних сталей, сталевих поковок і виливків відповідних категорій міцності, а також співставних сталей для виготовлення суднових конструкцій.

Вимоги по схваленню зварювальних матеріалів для двопрохідної технології зварювання, відповідні вимогам **4.4.3**, застосовуються також для схвалення зазначених вище зварювальних матеріалів, за винятком перерахованих в **4.6.2** особливостей, що стосуються, головним чином, кількості і типу зразків для механічних випробувань, які відбираються від проб стикових з'єднань.

4.6.1.2 Зварювальні матеріали, призначені для електрошлакового зварювання і дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом, залежно від рівня міцності металу шва (R_{eH}, min) підрозділяються на наступні категорії:

- 1, 2, 3 для сталей нормальної міцності;

- 1Y, 2Y, 3Y, 4Y для сталей підвищеної міцності з нормативною границею плинності до 355МПа включно;

- 2Y40, 3Y40, 4Y40, 5Y40 для сталей підвищеної міцності з нормативною границею плинності до 390МПа включно.

Схвалення зварювальних матеріалів для категорій 1Y, 2Y, 3Y, 4Y, 2Y40, 3Y40, 4Y40, 5Y40 може бути обмежене можливістю їх застосування тільки з спеціальними типами сталей підвищеної міцності, які дозволяють виконувати зварювання при високих значеннях погонної енергії. Як правило, такі сталі повинні пройти випробування згідно з **2.2.3** частини III «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів та мати відповідний запис в позначенні категорії (-W…). В зв'язку з цим при випробуваннях для схвалення повинні застосовуватися сталі (як правило, леговані ніобієм), відповідні за погонною енергією зварювання застосовуваному технологічному процесу.

При цьому треба враховувати, що для зварювальних матеріалів, що розглядаються, перераховані вище вимоги щодо підрозділу на категорії можуть бути не в повній мірі застосовні з технічних причин.

4.6.1.3 У тому випадку, якщо схвалення зварювальних матеріалів вимагається одночасно для зварювання сталей нормальної і підвищеної міцності, повинні бути виготовлені і випробувані дві проби з використанням сталі підвищеної міцності. Дві додаткові проби зі сталі нормальної міцності також можуть бути випробувані.

4.6.1.4 Інформація і документація, що представляються на розгляд.

Виробник у загальному випадку повинен подати на розгляд, прикладені до заявки на схвалення, інформацію і технічну документацію, які містять наступні відомості:

- торговельну марку, тип зварювального дроту, межі хімічного складу для суцільних дротів або тип наповнювача для порошкових дротів (або посилання на відповідний нормативний документ), діапазон діаметрів для схвалення;

- найменування виробника, постачальника, умови поставки (стан поверхні, тип, розмір і вага стандартних мотків);

- технологію зварювання і категорію комбінації, для яких потрібне схвалення;

- властивості, склад і вимоги, що виставляються до захисного газу;

- торговельну марку і найменування виробника для сумішей захисних газів спеціальних типів;

- тип флюсу та інші матеріали, якщо застосовуються;

- тип струму і робочий діапазон зварювальному струму для схвалення;

- основні характеристики зварювального обладнання;

- типовий хімічний склад наплавленого металу;

- основні зварювально-технологічні властивості та вимоги до технології зварювання, пов'язані - із загальними та спеціальними рекомендаціями і обмеженнями з застосування, такими як підготовка кромок і режими зварювання;

- відомості про виробничі потужності, обладнання, цикли термічної обробки, методи і - процедури контролю якості;

- відомості про маркування і упаковку;

- рекомендації зі зберігання й схоронності дроту і флюсів;

- відомості про наявність схвалення інших класифікаційних товариств або органів технічного нагляду з додатком копій необхідних документів.

До технічної документації, що підлягає схваленню Регістром, відносяться:

- технічні умови або специфікації виробника на зварювальний матеріал, у тому числі, актуальні видання каталогів підприємств-виробників;

- інструкції з виготовлення, приймання і контролю якості.

4.6.2 Випробування стикового зварного з'єднання.

4.6.2.1 Підготовка і виготовлення проб.

Для схвалення зварювальних матеріалів, призначених для електрошлакового зварювання і дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом , вимагається виконання випробувань двох проб стикових з'єднань, однієї в діапазоні товщин основного металу 20 ÷25мм та іншої в діапазоні 35 ÷ 40мм або більше (див. рис. 4.6.2.3-1).

Категорія сталі для виготовлення кожної із цих проб повинна бути обрана згідно з табл. 4.4.3.2.1 для двопрохідної технології зварювання.

Хімічний склад основного металу для виготовлення проб, включаючи вміст елементів, що модифікують (подрібнюють зерно), повинний бути наведений у звіті про випробування.

4.6.2.2 Радіографічний метод контролю.

Перед виготовленням зразків для механічних випробувань рекомендується виконувати контроль проб стикових зварних з'єднань радіографічним методом для встановлення наявності яких-небудь внутрішніх дефектів.

4.6.2.3 Механічні випробування.

Згідно з рис. 4.6.2.3-1 від кожної проби стикового з'єднання повинні бути відібрані зразки для проведення випробувань. Довжина проби повинна бути достатньою для відбору й виготовлення всіх перерахованих нижче зразків для випробувань:

- 2 поздовжніх циліндричних зразки для випробування на розтягування (2LT);

- 2 поперечних плоскорозривних зразки для випробування на розтягування (2TT);

- 2 поперечних зразки для випробування на бічний згин (2TB);

- 2 серії з 3-х зразків кожна для випробування на ударний згин з розташуванням надрізу згідно з рис. 4.6.2.3-2:

- одна серія з надрізом по осі шва ($3KV_{CL}$);

- одна серія з надрізом по металу шва на відстані 2мм від лінії сплавлення (3KV+2FL);

- 1 поперечний макрошліф (1M).

Результати всіх випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.4.2.2.4 для поздовжніх циліндричних зразків на розтягування і табл. 4.4.2.3.4 для інших типів зразків відповідно до категорії схвалюваних зварювальних матеріалів.

Вимоги до проведення випробувань і оцінки результатів повинні відповідати вимогам **4.2**.

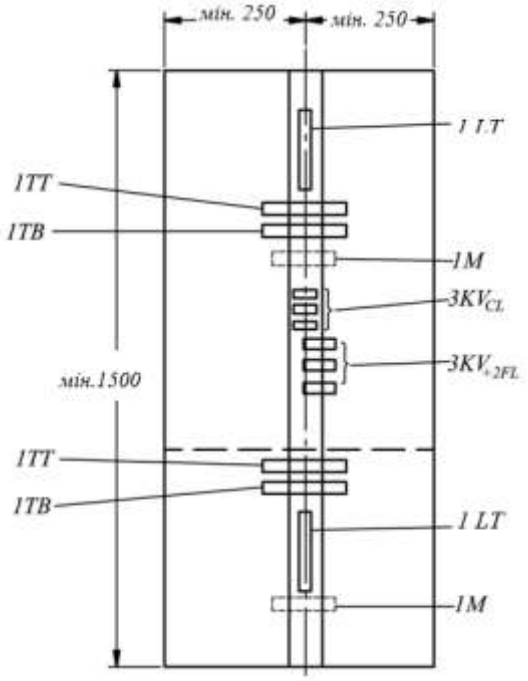


Рис. 4.6.2.3-1 Проба стикового з'єднання для випробування для електрошлакового зварювання і дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом . Умовні позначення зразків для випробувань відповідають **4.6.2.3** (всі розміри в мм)

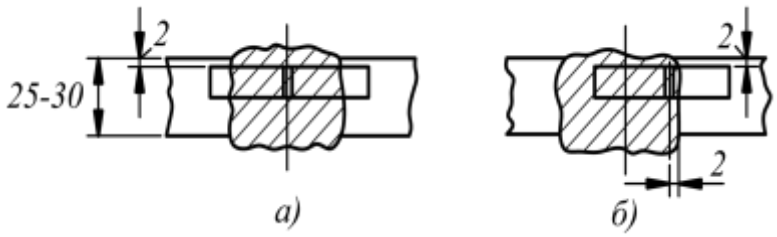


Рис. 4.6.2.3-2 Схема вирізки і розташування надрізу для випробування зразків на ударний згин із проби стикового з'єднання при випробуваннях для електрошлакового зварювання і дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом :
а) - з надрізом по осі шва (KV_{CL}); *б*) - з надрізом по металу шва на відстані 2мм від лінії сплавлення (KV_{+2FL}).
Умовні позначення зразків для випробувань відповідають **4.6.2.3** (всі розміри в мм)

4.6.2.4 Контроль хімічного складу наплавленого металу.

Від кожної проби повинні бути відібрані зразки для контролю хімічного складу наплавленого металу, а результати представлені у звіті про випробування, якщо хімічний склад регламентується документацією виробника.

4.6.3 Щорічні випробування і випробування для підвищення категорії.

4.6.3.1 Щорічні випробування і огляд виробника при підтвердженні ССЗМ.

Всі організації, що одержали визнання Регістру як виробника зварювальних матеріалів для електрошлакового зварювання і дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом , повинні піддаватися щорічним оглядам і випробуванням схваленої продукції.

Щорічні випробування повинні включати виготовлення і випробування однієї проби стикового з'єднання товщиною 20 ÷ 25мм згідно з **4.6.2**.

Обсяг випробувань повинний включати виготовлення і випробування наступних типів зразків:

- 1 поздовжній циліндричний зразок для випробування на розтягування;

- 1 поперечний плоскорозривний зразок на розтягування;

- 2 два поперечних зразки для випробування на бічний згин;

- 3 зразки для випробування на ударний згин з розташуванням надрізу по осі шва (згідно з рис. 4.6.2.3-2 *а*));

- 3 зразки для випробування на ударний згин з розташуванням надрізу по металу шва на відстані 2мм від лінії сплавлення (згідно з рис. 4.6.2.3-2 *б*));

- 1 поперечний макрошліф (1М).

Результати всіх випробувань повинні відповідати вимогам табл. 4.4.2.2.4 для поздовжніх циліндричних зразків на розтягування і табл. 4.4.2.3.4 для інших типів зразків відповідно до категорії схвалюваних зварювальних матеріалів.

4.6.3.2 Випробування для підвищення категорії.

Випробування для підвищення категорії проводяться винятково на підставі заявки виробника і переважно повинні поєднуватися із щорічними випробуваннями.

Зазвичай при підвищенні категорії зварювальних матеріалів повинні бути виконані всі випробування проб стикових з'єднань, необхідні для електрошлакового зварювання і дугового зварювання з примусовим формуванням і газовим захистом згідно з **4.6.2**. При цьому результати випробувань для конкретних зварювальних матеріалів, отримані з їх застосуванням при схваленні інших методів зварювання, не приймаються до уваги.

4.7 ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ СТАЛЕЙ ВИСОКОЇ МІЦНОСТІ

4.7.1 Загальні положення.

4.7.1.1 Вимоги цього підрозділу доповнюють вимоги **4.3, 4.4, 4.5** і регламентують умови для схвалення та випробування зварювальних матеріалів, призначених для зварювання сталей високої міцності, що відповідають вимогам **3.13, 3.19** частини XIII «Матеріали» цих Правил.

При відсутності спеціальних вимог повинні застосовуватися аналогічні вимоги з схвалення зварювальних матеріалів для зварювання суднобудівних сталей нормальної і підвищеної міцності.

4.7.1.2 Вимоги цього підрозділу застосовуються для схвалення наступних видів зварювальних матеріалів:

- покритих електродів для ручного дугового зварювання (аналогічно вимогам **4.3**);

- комбінації «дріт – флюс» для багатопрохідної технології дугового зварювання під флюсом (аналогічно вимогам **4.4.2**);

- комбінації «дріт – газ» для дугового зварювання електродом суцільного перерізу в середовищі захисних газів (включаючи зварювання електродом, що не плавиться, у середовищі інертного газу – TIG);

- порошкового дроту для дугового зварювання електродом, що плавиться, у середовищі захисного газу і без нього.

4.7.1.3 Зварювальні матеріали для зварювання сталей високої міцності, що відповідають вимогам **3.13, 3.19** частини XIII «Матеріали» цих Правил, класифікуються за категоріями залежно від мінімальної границі плинності основного і наплавленого металів, а також температури випробувань на ударний згин металу шва і наплавленого металу згідно з табл. 4.1.2.3.

Позначення категорії зварювальних матеріалів включає 2 групи індексів обов'язкової класифікації:

- 3, 4 і 5, що позначають температуру випробувань зразків на ударний згин для наплавленого металу і металу шва;

- Y42, Y46, Y47, Y50, Y55, Y62, Y69, Y89 і Y96, що позначають вимоги до мінімальної границі плинності наплавленого металу.

Стосовно зварювальних матеріалів, призначених для зварювання сталей високої міцності, також використовуються наступні індекси додаткової класифікації, що відповідають **4.1.2.6**:

- H10 і H5 - для вказівки вмісту дифузійного водню в наплавленому металі згідно з **4.2.3.4**;

- S - для вказівки на схвалення зварювальних матеріалів стосовно напівавтоматичного зварювання;

- M - для вказівки на схвалення зварювальних матеріалів стосовно багатопрохідної технології зварювання;

- SM - для вказівки на схвалення зварювальних матеріалів стосовно напівавтоматичного зварювання і автоматичної багатопрохідної технології зварювання.

4.7.1.4 Застосування і призначення категорії зварювальних матеріалів залежно від категорії сталі, що зварюється, високої міцності повинне відповідати вимогам **2.2.5**.

4.7.2 Випробування наплавленого металу.

4.7.2.1 Залежно від виду зварювальних матеріалів і ступеня механізації технологічного процесу зварювання повинні бути виконані підготовка і зварювання в нижньому положенні проб наплавленого металу аналогічних відповідним вимогам **4.3.2.1, 4.4.2.2.1, 4.5.2.2.1** або **4.5.3.2.1.** Як основний метал для виготовлення проб повинна застосовуватися сталь високої міцності, сумісна за властивостями (див. **4.7.1.4**) з металом шва. Альтернативно кромки проби, що зварюються, з металу будь-якої категорії повинні бути облицьовані шляхом виконання попереднього наплавлення зварювальними матеріалами для випробувань або близькими за складом і властивостями зварювальними матеріалами.

4.7.2.2 Згідно з **4.3.2.2, 4.4.2.2.2, 4.5.2.2.2** або **4.5.3.2.2** від проб повинні бути відібрані зразки для контролю хімічного складу наплавленого металу за всіма легуючими елементами і домішками, якщо вони регламентуються документацією виробника на приймальний контроль продукції. Результати аналізу не повинні виходити за рамки обмежень, встановлених стандартами або документацією виробника.

4.7.2.3 Залежно від виду зварювальних матеріалів і ступеня механізації технологічного процесу зварювання від проб наплавленого металу повинні бути відібрані і виготовлені зразки для випробувань, тип і кількість яких аналогічні відповідним вимогам **4.3.2.3, 4.4.2.2.3, 4.5.2.2.3** або **4.5.3.2.3**.

4.7.2.4 Значення механічних властивостей повинні відповідати вимогам, установленим у табл. 4.7.2.4.

Вимоги до проведення випробувань і оцінки результатів повинні відповідати вимогам **4.2**.

4.7.3 Випробування стикового зварного з'єднання.

4.7.3.1 Залежно від виду зварювальних матеріалів і ступеня механізації технологічного процесу зварювання повинні бути виконані підготовка і зварювання проб стикових з'єднань аналогічних відповідним вимогам **4.3.3.1, 4.3.3.2, 4.4.2.3.1, 4.5.2.3.1** або **4.5.3.3.1**. Як основний метал для виготовлення проб повинна застосовуватися сталь високої міцності з відповідними значеннями мінімальної границі плинності і тимчасового опору розриву та сумісна за індексами ударної в'язкості та відповідна категорії зварювального матеріалу для випробувань (див. **2.2.5**).

4.7.3.2 Залежно від виду зварювальних матеріалів і ступеня механізації технологічного процесу зварювання від проб стикових з'єднань повинні бути відібрані і виготовлені зразки для випробувань, тип і кількість яких аналогічні відповідним вимогам **4.3.3.3, 4.4.2.3.3, 4.5.2.3.3** або **4.5.3.3.3**. Перед виготовленням зразків для випробувань рекомендується виконувати контроль проб стикових зварних з'єднань радіографічним методом для встановлення наявності яких-небудь внутрішніх дефектів.

4.7.3.3 Значення механічних властивостей повинні відповідати вимогам табл. 4.7.3.3.

Вимоги до проведення випробувань і оцінки результатів повинні відповідати вимогам **4.2**.

4.7.3.4 У тому випадку, якщо необхідний згідно з табл. 4.7.3.3 кут загину до появи першої тріщини не досягається, зразок може вважатися таким, що витримав з позитивним результатом випробування (як такий, що задовольняє встановленим вимогам), якщо відносне подовження, виміряне на розрахунковій довжині L_0 зразка на статичний згин, задовольняє вимогам табл. 4.7.2.4 для мінімального значення відносного подовження для циліндричних зразків на розтягування. Розрахункова довжина визначається із співвідношення $L_0 = L_S + t$,

де: L_S – ширина шва, t – товщина зразка (див. рис. 4.7.3.4).

Таблиця 4.7.2.4

Категорія		Границя плинності R_{eH}, МПа, min	Тимчасовий опір R_m, МПа [1, 2]	Відносне подовження min A_5 ($L_0 = 5d$), %, min	Випробування на ударний згин	
					Температура випробувань, °С	Робота удару KV, Дж, min
3	Y42	420	530 ÷ 580	20	-20	47
4					-40	
5					-60	
3	Y46	460	570 ÷ 720	20	-20	47
4					-40	
5					-60	
3	Y47	460	570 — 720	19	–20	64
3	Y50	500	610 ÷ 770	18	-20	50
4					-40	
5					-60	
3	Y55	550	670 ÷ 770	18	-20	55
4					-40	
5					-60	
3	Y62	620	720 ÷ 890	18	-20	62
4					-40	
5					-60	
3	Y69	690	770 ÷ 940	17	-20	69
4					-40	
5					-60	
3	Y89	890	940 ÷ 1100	14	-20	69
4					-40	
3	Y96	960	980 ÷ 1150	13	-20	69
4					-40	

[1] Значення тимчасового опору для наплавленого металу може бути на 10% нижче встановлених в таблиці значень за умови, що дотримується вимога табл. 4.7.3.3 для значення тимчасового опору при випробуваннях поперечних плоскорозривних зразків із проби стикового з'єднання.

[2] Для зварювання виробів дуже великих товщин (50мм і більше), коли зміцнювальний ефект основного металу відповідно до примітки «1» не діє, і тимчасовий опір наплавленого металу визначає тимчасовий опір звареного з'єднання, треба застосовувати зварювальні матеріали наступної категорії міцності (з більш високим значенням індексу «Y» у позначенні категорії).

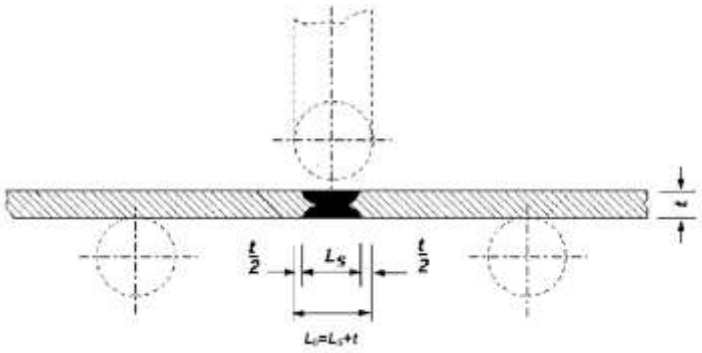


Рис. 4.7.3.4 Схема визначення розрахункової довжини L_0 для визначення величини відносного подовження при випробуваннях на статичний згин

Таблиця 4.7.3.3

Категорія		Тимчасовий опір R_m, МПа, min	Випробування на статичний згин		Випробування на ударний згин	
			Кут згину, град[2]	Співвідношення D/t [1]	Температура випробувань, °С	Робота удару KV, Дж, min
3	Y42	530	120	4	-20	47
4					-40	
5					-60	
3	Y46	570		4	-20	47
4					-40	
5					-60	
3	Y47	570		64	120	4

Категорія		Тимчасовий опір R_m, МПа, min	Випробування на статичний згин		Випробування на ударний згин	
			Кут згину, град[2]	Співвідношення D/t [1]	Температура випробувань, °С	Робота удару KV, Дж, min
3	Y50	610		4	-20	50
4					-40	
5					-60	
3	Y55	670		5	-20	55
4					-40	
5					-60	
3	Y62	720		5	-20	62
4					-40	
5					-60	
3	Y69	770		5	-20	69
4					-40	
5					-60	
3	Y89	940		6	-20	69
4					-40	
3	Y96	980		7	-20	69
4					-40	

[1] D – діаметр оправки, t – товщина зразка

[2] Кут загину, який досягається до виникнення першої тріщини. Допускаються на поверхні зразка незначні дефекти шва, що розкрилися, довжиною менше 3мм.

4.7.4 Випробування для визначення змісту дифузійного водню в наплавленому металі.

4.7.4.1 Зварювальні матеріали всіх категорій, призначені для зварювання сталей високої міцності за винятком комбінацій «дріт (суцільного перерізу) - газ», повинні піддаватися випробуванням для визначення вмісту дифузійного водню в наплавленому металі із застосуванням одного з наступних методів:

- ртутно-вакуумного згідно з вимогами стандарту ДСТУ EN ISO 3690 або відповідного стандарту ISO чи EN;

- вакуумного згідно з вимогами стандарту ДСТУ EN ISO 3690 або відповідного стандарту ISO чи EN (метод 2);

- хроматографічного згідно з вимогами стандарту ДСТУ EN ISO 3690 або відповідного стандарту ISO чи EN (метод 1) або погодженої з Регістром методики. В останньому випадку повинні забезпечуватися порівнянні з еталонним методом за стандартом ДСТУ EN ISO 3690 або відповідним стандартом ISO чи EN швидкість охолодження і час підготовки зразків, а також обумовлена кількість дифузійного водню.**4.7.4.2** Вміст дифузійного водню в наплавленому металі, визначений згідно з **4.2.3**, не повинний перевищувати обмежень, зазначених у табл. 4.7.4.2.

Таблиця 4.7.4.2

Індекси категорії за значенням границі плинності	Індекси класифікації за вмістом дифузійного водню	Максимальний вміст водню, см^3/100г наплавленого металу
Y42 Y46 Y47 Y50	H10	10
Y55 Y62 Y69 Y89 Y96	H5	5

4.7.5 Щорічні випробування.

Всі організації, що одержали визнання Регістру як виробника зварювальних матеріалів, повинні піддаватися щорічним оглядам і випробуванням схваленої продукції. Залежно від виду зварювальних матеріалів і ступеня механізації технологічного процесу зварювання обсяг щорічних випробувань включає зварювання проб наплавленого металу і проведення випробувань, аналогічних відповідним вимогам **4.3.8.1.1, 4.4.4.1.1, 4.5.5.1.1** або **4.5.5.1.2** з урахуванням додаткових вимог **4.7.2**.

Для зварювальних матеріалів, що мають в позначенні категорії індекс класифікації Y89 і Y96, в програму щорічних випробувань повинна бути включена перевірка матеріалів на вміст дифузійного водню в наплавленому металі згідно з **4.2.3**.

4.8 ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ КОРОЗІЙНО-СТІКОЇ (НЕРЖАВЕЮЧОЇ) СТАЛІ І НАПЛАВЛЕННЯ

4.8.1 Загальні положення.

4.8.1.1 Дані вимоги поширюються на зварювальні матеріали, призначені для зварювання корозійностійкої (нержавіючої) сталі, яка відповідає вимогам **3.16** частини XIII «Матеріали», а також для наплавлення виробів суднового машинобудування.

Розділ містить положення, що стосуються схвалення та випробування зварювальних матеріалів.

При виготовленні проб і проведенні окремих видів випробувань необхідно керуватися відповідними положеннями **4.2**.

4.8.1.2 Зварювальні матеріали для зварювання корозійностійких сталей підрозділяються на категорії відповідно до структури і складу сталей, які підлягають зварюванню, згідно із вимогами табл. 4.8.1.2. При цьому мається на увазі, що метал шва має схожу з основним металом систему легування і забезпечує ідентичні з ним механічні властивості і корозійну стійкість.

У тому випадку, якщо зварювальні матеріали застосовуються для наплавлення або для з'єднання різнорідних сталей, наведена в табл. 4.8.1.2 класифікація зберігається, але при цьому її основою є хімічний склад і структура металу наплавлення або шва (а не з'єднуваних або наплавлених деталей).

Таблиця 4.8.1.2

Категорії зварювальних матеріалів	Сталь, що зварюється			Область використання (марка сталі)[1]	
	Позначення типового складу	Марка		AISI/UNS	національна
		AISI/UNS	національна		
1	2	3	4	5	6
M-1	x20Cr13 x30Cr13	410 420	20Х13 07Х16Н4Б 30Х13 07Х16Н4	410 420	20Х13, 30Х13 07Х16Н4Б, 07Х16Н4
	x7CrNiNb 16 4	–	07Х16Н4Б, 07Х16Н4	–	07Х16Н4Б, 07Х16Н4
MF-2	x15CrNi 17 2	431	14Х17Н2	431	I4XI7H2
	xl0CrNi 13 1	414, 410S	08Х14НДЛ, 05Х12Н2Т	414, 410S	08Х14НДЛ, 05Х12Н2Т
	xl0CrNi 15 4	429	08Х15Н4ДМЛ	429	08Х15Н4ДМЛ
F-3	x8CrTi 17	430 T	08Х17Т	430T	08Х17Т
AM-4	x8CrNiTi 17 6	–	08Х17Н6Т	–	08Х17Н6Т
A-5	x3CrNi 19 11 x3CrNiN 19 11 x8CrNiTi 18 11 x8CrNiNb 18 11	304L 304LN 321 347	03Х18Н11, 03Х18Н12 - 08Х18Н10Т 08Х18Н12Б	304L 304L, 304LN 321, 347, 304L, 304LN 321, 347, 304L, 304LN	03Х18Н11,03Х18Н12 Таж Таж + 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Б Таж + 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Б
A-6	x3CrNiMo 19 11 3	3I6L	03XI7H14M3	304L, 3I6L	03XI8H11, 03XI8H12, 03XI7H14M3
	x3CrNiMo 19 13 4	317L	–	304L, 3I6L, 316LN, 3I7L	Таж
	x3CrNiMoN 19 11 3	316LN	-	321, 347, 304LN, 304L,316LN, 317L, 3I6Ti, 316Nb	Таж + 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Б
	x3CrNiMoN 19 13 4	317LN	-	321, 347, 304LN, 304L, 316LN, 317L, 317LN, 3I6Ti,316Nb	Таж + 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Б
A-7ss	x2CrNiMoCu 21 25 5 2	N08904(904L)	–	N08904(904L)	–
	x2CrNiMoCuN 20 18 6 1	S 31254	–	S31254	-

Категорії зварювальних матеріалів	Сталь, що зварюється			Область використання (марка сталі)[1]	
	Позначення типового складу	Марка		AISI/UNS	національна
		AISI/UNS	національна		
1	2	3	4	5	6
AF-8dup	x3CrNiMoN 22 5 3	S31803	03Х22Н6М2, 08Х22Н6М2	S31803	08Х22Н6М2
	x3CrNiMoWCuN 25 7 3	S31260	08Х21Н6М2Т	S31260, S31803	08Х22Н6М2, 08Х21Н6М2Т
	x4CrNiMoCuN 26 6 4 2	S32550	–	S32550, S32760	-
	x3 CrNiMoN 26 8 5	S32750	–	S32550, S32750, S32760	–
	x3 CrNiMoWCuN 26 8 4 1 1	S32760	-	S32550, S32760	-
A-9sp (спеціальна)	x8CrNi 24 14	309	–	309, 309L, 309Mo, 309S, 309SCb:	-
	Різнорідні зварні з'єднання, наприклад, D40+A-6 і т.п. Склад металу шва: x2CrNi 24 12; x10CrNi 24 12; x8CrNiMo 23 13; x10CrNiMo 24 13 2 і аналогічні			Різнорідні зварні з'єднання. Проміжні (перехідні) шари для облицювання із нержавіючої сталі, включаючи проміжні проходи з'єднань плакованих сталей;	
A-10sp (спеціальна)	Різнорідні зварні з'єднання, наприклад, E500+AF-8 і т.п. Склад металу шва: x9CrNiMoMnN 16 25 6 2 x9CrNiMoMnVN 16 25 6 2 1			Різнорідні зварні з'єднання. Проміжні (перехідні) шари для облицювання із нержавіючої сталі, включаючи проміжні проходи з'єднань плакованих сталей. Зварювання сталей категорій М-1, MF-2, F-3, АМ-5, а також сталей обмеженої зварюваності без застосування підігріву.	
	x1CrNi 26 22, x10CrNi 26 22			Те ж + зварювання сталей типу 310, 310Mo	
[1] Область використання дійсна за умови виконання вимог до механічних властивостей наплавленого металу і зварного з'єднання згідно з табл. 4.8.4.1-1 і 4.8.4.1-2.					

4.8.1.3 Умовне позначення категорії зварювальних матеріалів для зварювання корозійностійких сталей і наплавлення повинне додатково включати наведене у дужках позначення типового (маркового) хімічного складу наплавленого металу аналогічно вказівкам **3.16.1.1** частини XIII «Матеріали» для сталі.

Наприклад: А-6 (x5CrNiMo 19 11 3),

де А-6 – категорія зварювального матеріалу відповідно до класифікації табл.4.8.1.2;

- x5 – масова частка вуглецю у відсотках, %;

- Cr, Ni, Mo - позначення відповідних легуючих елементів (хром, нікель, молібден);

- 19, 11, 3 - масові частки, %, для відповідних порядку перерахування легуючих елементів (Cr, Ni і Mo, відповідно).

4.8.1.4 Вимоги цього розділу поширюються на наступні зварювальні матеріали і способи зварювання:

- покриті (штучні) електроди для ручного дугового зварювання;

- комбінації «дріт - флюс» для автоматичного та напівавтоматичного зварювання;

- комбінації «стрічка - флюс» для автоматичного наплавлення;

- комбінації «дріт - газ» для напівавтоматичного та автоматичного зварювання електродом, що плавиться, у середовищі активних або інертних захисних газів;

- комбінації «дріт – газ» для автоматичного зварювання електродом, що не плавиться, у середовищі інертних захисних газів;

- комбінації «пруток – газ» для ручного зварювання електродом, що не плавиться, у середовищі інертних захисних газів;

- комбінації «дріт – газ» для автоматичного плазмово-дугового зварювання у середовищі інертних захисних газів;

- порошковий дріт для автоматичного та напівавтоматичного зварювання із додатковим газовим захистом або без захисту.

4.8.1.5 Вимоги до процедури схвалення зварювальних матеріалів, а також до огляду підприємств-виробників і до порядку видачі Сертифіката про схвалення зварювальних матеріалів повинні відповідати вимогам підрозд.**4.1**.**2.**

4.8.2 Обсяг і види випробувань зварювальних матеріалів.

4.8.2.1 Зварювальні матеріали для зварювання корозійностійких сталей.

Як правило, зварювальні матеріали, що призначені для виконання зварних з'єднань корозійностійких сталей, повинні підлягати наступним випробуванням:

- на визначення властивостей наплавленого металу;

- на визначення властивостей стикового зварного з'єднання;

- на стійкість металу шва проти міжкристалічної корозії (МКК);

- на визначення схильності до утворення гарячих тріщин.

Для відповідних категорій зварювальних матеріалів, відповідно до області схвалення, заявленої виробником, проводяться додаткові корозійні випробування. Наприклад:

- визначення стійкості проти пітингової корозії під впливом хлоридів (морська вода);

- випробування на корозійне розтріскування під напруженням в середовищах, що містять сірководень при кімнатній і підвищеній температурах тощо.

Фактичний обсяг випробувань для різних категорій зварювальних матеріалів, призначених для зварювання корозійностійких сталей, повинний визначатися відповідно до вимог табл.4.8.2.1.

Таблиця 4.8.2.1. **Обсяги та види випробувань зварювальних матеріалів для корозійно-стійких сталей**

Вид проби та характеристики, що визначаються	Категорії зварювальних матеріалів									
	M-1	MF-2	F-3	AM-4	A-5	A-6	A-7	AF-8	A-9sp	A-10sp
1	**2**									
Проба наплавленого металу:										
R_m	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
$R_{p0,2}$	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
$R_{p1,0}$	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–
A_5	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
$KV^{+20°}$	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
KV нижче нуля	–	–	–	–	–	+	–	–	–	–
хімічний склад наплавленого металу	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Проба стикового зварного з'єднання:										
R_m^{cond} із фіксацією місця руйнування зразка	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
кут згину при випробуваннях на статичний згин	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
стійкість металу шва проти МКК	+[3]	–	+	+	+	+	+	+	+[3]	+[3]
стійкість металу шва проти пітингової корозії	–	–	–	–	–	–	+	+	–	–
стійкість металу шва проти корозії під напруженням у присутності сірководню	–	–	–	–	–	–	+	+	–	–
вміст α-фази у металі шва	–	–	–	–	–	+	–	+	+	–
Технологічна проба для визначення схильності до утворення гарячих тріщин[1]	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
Багатошарове наплавлення[2]:										
вміст α-фази	–	–	–	–	–	+	–	+	+	–
контрольний хімічний аналіз	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
стійкість наплавленого металу проти МКК	+[3]	–	+	+	+	+	+	+	+[3]	+[3]

[1] За погодженням із Регістром таврова проба може бути замінена на пошаровий контроль інших видів проб.
[2] Багатошарове наплавлення виконується за особливою вимогою Регістру, наприклад, при необхідності проведення контрольного аналізу на вміст α-фази об'ємним магнітним методом.
[3] Випробування на стійкість проти МКК проводяться тільки для зварювальних матеріалів, склад яких згідно з гарантіями виробника забезпечує необхідні властивості. Наприклад: M-l (x7CrNiNb 16 4), A-9sp (x2CrNiNb 24 12), A-10sp (xlCrNi 26 22)

4.8.2.2 Зварювальні матеріали для наплавлення корозійностійких плакувальних шарів.

Зварювальні матеріали, призначені для виконання наплавлення корозійностійких плакувальних шарів виробів суднового машинобудування повинні, зазвичай, підлягати наступним випробуванням:

- на визначення властивостей наплавленого металу:

- на визначення технологічної міцності плакувального шару при випробуванні на статичний згин;

- на стійкість металу плакувального шару проти міжкристалічної корозії;

- на визначення схильності до утворення гарячих тріщин.

Додаткові корозійні випробування плакувального шару виконуються за окремою вимогою Регістру аналогічно вказівкам **4.8.2.1**.

Фактичний обсяг випробувань для різних категорій зварювальних матеріалів, призначених для наплавлення, повинний визначатися відповідно до вимог табл.4.8.2.2.

Таблиця 4.8.2.2. **Обсяги та види випробувань зварювальних матеріалів для наплавлення виробів суднового машинобудування**

Вид проби та характеристики, що визначаються	Категорії зварювальних матеріалів					
	A-5	A-6	A-7	AF-8	A-9sp	A-10sp
Проба наплавленого металу[1]:						
R_m	+	+	+	+	+	+
$R_{p0,2}$	+	+	+	+	+	+
$R_{p1,0}$	+	+	–	–	–	–
A_5	+	+	+	+	+	+
$KV^{+20°}$	+	+	+	+	+	+
хімічний склад наплавленого металу	+	+	+	+	+	+
Проба-імітатор плакувального наплавлення:						
випробування на статичний згин	+	+	+	+	+[2]	+[2]
вміст α-фази	+	+	–	+	+	–
контрольний хімічний аналіз	+	+	+	+	–	–
стійкість наплавленого металу проти МКК	+	+	+	+	+[3]	+[3]
стійкість металу шва проти пітингової корозії	–	–	+	+	–	–
стійкість металу шва проти корозії під напруженням у присутності сірководню	–	–	+	+	–	–
пошаровий контроль на предмет виявлення гарячих тріщин	+	+	+	+	+	+

[1] Для комбінації «стрічка – флюс» зразки для визначення вищенаведених характеристик повинні відбиратися із металу багатошарового наплавлення.
[2] Випробування проводяться в комбінації з іншими зварювальними матеріалами, що утворюють плакувальний шар.
[3] Випробування на стійкість проти МКК обов'язкове, якщо заявлена виробником область схвалення включає виконання як перехідного, так і основного шарів плакувального наплавлення корозійностійкими матеріалами типу A-9sp (x2CrNiNb 24 12), A-10sp (xlCrNi 26 22).

4.8.3 Вимоги до виготовлення проб.

4.8.3.1 Загальні вказівки.

Типи проб і вимоги до їх виготовлення, що відповідають вказівкам **4.2**, залишаються дійсними для зварювальних матеріалів, призначених для зварювання корозійностійких сталей та наплавлення.

При цьому повинні враховуватися наступні специфічні особливості застосування високолегованих зварювальних матеріалів:

- імовірність погіршення стійкості проти міжкристалічної корозії у зоні термічного впливу основного металу, особливо при зварюванні на великих погонних енергіях;

- більш висока схильність високолегованого металу шва до утворення гарячих тріщин порівняно з низьколегованими зварювальними матеріалами;

- більш висока, порівняно з низьколегованими зварювальними матеріалами, ступінь «усадки» металу шва і, відповідно, більші кутові і лінійні деформації при зварюванні;

- підвищена плинність розплавленого металу, що вимагає обмеження обсягу зварювальної ванни і застосування менших, порівняно із низьколегованими матеріалами, діаметрів зварювального дроту при зварюванні в ідентичних умовах;

- підвищений питомий опір і менші значення коефіцієнта теплопровідності високолегованих зварювальних матеріалів, які вимагають обмеження питомого токового навантаження.

4.8.3.2 Випробування наплавленого металу.

Для випробувань наплавленого металу повинні бути підготовлені і зварені у нижньому положенні:

- одна проба, яка відповідає рис. 4.3.2.1 для ручного і напівавтоматичного зварювання;

- одна проба, яка відповідає рис. 4.4.2.2.1 для автоматичного зварювання.

Як основний метал для виготовлення проб повинна застосовуватися сталь, яка відповідає категорії зварювального матеріалу відповідно до вказівок табл. 4.8.1.2. Як альтернатива для виготовлення проб може застосовуватися суднобудівна сталь нормальної або підвищеної міцності будь-якої категорії із попереднім облицюванням кромок зразків, що зварюються, наплавленням зварювальними матеріалами, які підлягають атестації, або аналогічної категорії. Наплавлення відповідно до вказівок рис. 4.8.3.2 повинно виконуватися у три шари: перший шар виконується зварювальними матеріалами для наплавлення перехідних шарів категорій A-9sp або A-10sp, а два плакувальних шари – методом зварювання і зварювальними матеріалами, що підлягають атестації.

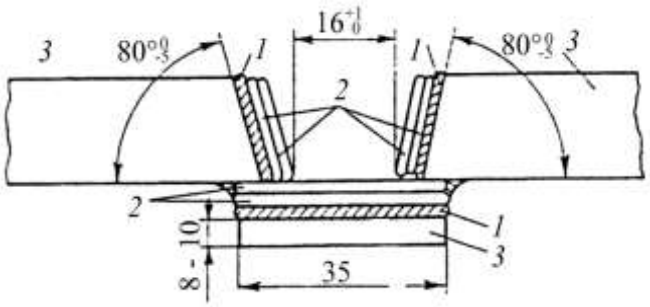


Рис. 4.8.3.2. Схема підготовки кромок наплавленням для проби наплавленого металу:
1 - перехідний шар/підшар (зварювальні матеріали категорій A-9sp або A-10sp);
2 - основний плакувальний шар (зварювальні матеріали, що підлягають атестації);
3 – основний метал (сталь нормальної або підвищеної міцності)

При цьому замість наплавлення під шаром флюсу (комбінація «дріт – флюс») допускається для виконання плакувального шару застосовувати комбінацію «дріт – газ» або покриті (штучні) електроди аналогічної категорії і близького хімічного складу.

Після наплавлення кромок, що підлягають зварюванню, рекомендується виконати зачищення абразивним інструментом або механічну обробку наплавлених кромок і підкладної планки з метою відновлення геометричних параметрів форми підготовки кромок.

Для зварювання проби наплавленого металу залежно від застосовуваного способу і процесу зварювання рекомендується використовувати зварювальний дріт (присадні прутки) діаметрами, які відповідають вказівкам табл. 4.8.3.2. Режими зварювання повинні відповідати рекомендаціям виробника зварювальних матеріалів і технічної документації на зварювання конструкцій, схвалених Регістром.

Таблиця 4.8.3.2

Від зварювання	Спосіб зварювання згідно до ДСТУ EN ISO 4063	Діаметр зварювального дроту (прутка), мм	
		для облицювання кромок	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 и 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

Термообробка після виконання зварювання проб наплавленого металу, як правило, не застосовується. Виключення складають зварювальні матеріали, застосовувані для наплавлення виробів суднового машинобудування. У цьому випадку проби після зварювання підлягають імітації одноразового відпуску зварного з'єднання за режимом 630 - 650°С із витримкою близько 40хв та з наступним охолодженням на повітрі. Температура печі перед завантаженням зразків - не більше 350°С.

4.8.3.3 Випробування зварного стикового з'єднання.

Для визначення властивостей зварного з'єднання повинні бути виконані проби, розміри і кількість яких відповідають вказівкам підрозд. **4.2** для відповідних зварювальних матеріалів і процесів зварювання. При цьому допускається зменшувати кількість проб у наступних межах:

- до однієї для зварювальних матеріалів, що призначені тільки для зварювання у нижньому положенні;

- до двох для комбінацій «дріт – газ» (способами зварювання 131, 135, 141 і 15 згідно з ДСТУ ISO 4063 або ISO 4063). При цьому визначення властивостей зварного стикового з'єднання повинне виконуватися стосовно нижнього і вертикального (знизу вгору) положень зварювання.

Для зварювання проб зварних з'єднань рекомендується застосовувати зварювальний дріт діаметрів, які відповідають рекомендаціям табл. 4.8.3.2:

- для виконання кореневого проходу аналогічно вказівкам для облицювання кромок проби наплавленого металу;

- для заповнення розкриття кромок аналогічно відповідним указівкам для проби наплавленого металу.

Проби стикових з'єднань повинні виготовлятися зі сталі тієї категорії, для якої призначений зварювальний матеріал. При виборі основного металу для проби стикового з'єднання повинна бути врахована необхідність забезпечення згідно з вимогами табл. 4.8.4.1-2 рівня властивостей зварного з'єднання для тієї категорії, на яку атестується зварювальний матеріал.

Для зварювальних матеріалів категорій А-9sp і А-l0sp, призначених для різнорідних з'єднань і наплавлення проміжних шарів, допускається зварювання проби стикового з'єднання у двох варіантах:

- одна частина проби виготовляється із корозійностійкої сталі категорій А-5 або А-6, а інша - зі сталі підвищеної або високої міцності із тимчасовим опором розриву на рівні не нижче вимог до наплавленого металу;

- обидві частини проби виготовляють зі сталі підвищеної або високої міцності із відповідним зварювальному матеріалу, який атестується, рівнем міцності.

4.8.3.4 Випробування на стійкість проти утворення гарячих тріщин.

Зварювальні матеріали для зварювання корозійностійких сталей повинні бути випробувані на стійкість проти утворення гарячих тріщин, що оцінюється за результатами випробувань проб таврових з'єднань. Для ручного і напівавтоматичного зварювання для кожного зварювального матеріалу, що підлягає

схваленню, повинно бути виконане зварювання трьох проб з розмірами відповідно до рис. 4.2.4.1, а для автоматичного зварювання - однієї проби відповідно до рис. 4.2.5 з довжиною $L \geq 500$мм.

Основний метал для виготовлення проб і вибір діаметрів зварювального дроту/прутків повинні відповідати вказівкам **4.8.3.3**.

Для зварювальних матеріалів, призначених винятково для наплавлення, виготовлення проб таврових з'єднань може не виконуватися. У цьому випадку стійкість проти утворення гарячих тріщин оцінюється методом пошарового контролю проб наплавленого металу, а також у процесі випробувань зразків із плакувальним наплавленням на боковий згин.

4.8.3.5 Випробування на статичний згин плакованих наплавленням шарів.

4.8.3.5.1 Випробування на згин плакованих наплавленням шарів виконується з метою оцінки пластичних властивостей плакуючого шару, поверхні зчеплення, а також зони термічного впливу.

Розрізняють наступні різновиди проведення даного виду випробувань:

- згин із розтягуванням плакувального шару (навантаження, прикладене перпендикулярно до поверхні зчеплення) і орієнтацією деформації перпендикулярно до напрямку зварювання при наплавленні;

- згин із розтягуванням плакувального шару (навантаження прикладене паралельно поверхні зчеплення) і орієнтацією деформації вздовж напрямку зварювання при наплавленні;

- випробування зразків бічним згином (навантаження прикладене паралельно поверхні зчеплення). При цьому згинаюче навантаження може збігатися із напрямком зварювання або бути перпендикулярним до нього.

Випробування плакованих наплавленням шарів повинні виконуватися методом бокового згину зразків із прикладанням навантаження перпендикулярно до напрямку зварювання.

Інші різновиди випробувань на статичний згин можуть застосовуватися на вимогу Регістру при одержанні неоднозначних результатів основних випробувань.

Примітка. Випробування боковим згином із прикладанням навантаження паралельно напрямку зварювання, як правило, повинні виконуватися при схваленні технологічних процесів наплавлення, як найбільш об'єктивний метод оцінки наявності внутрішніх дефектів (несплавлення, тріщини тощо), обумовлених безпосередньо технологічними факторами.

4.8.3.5.2 Для проведення випробувань на статичний згин плакованих наплавленням шарів повинна бути виготовлена проба-імітатор плакувального наплавлення відповідно до вказівок рис. 4.8.3.5.2. Плакувальне наплавлення повинно наноситися на суднобудівну сталь підвищеної або високої міцності будь-якої категорії, що забезпечує проведення випробувань на оправці необхідного діаметра (див. рис. 4.8.4.2).

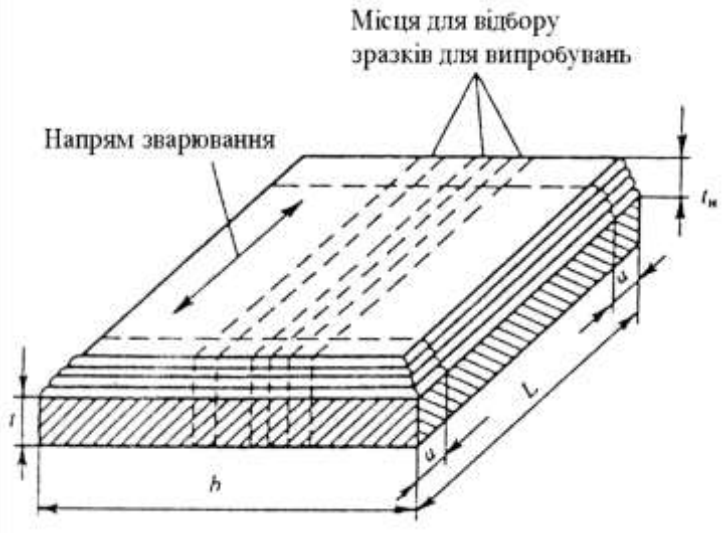


Рис. 4.8.3.5.2. Проба-імітатор плакувального наплавлення:
t - товщина основного металу; $t_н$ - товщина плакувального шару після механічної обробки;
b - ширина проби; L – довжина проби; a – відходи;

Примітка. Вимоги до розмірів, мм:

а) при ручному і напівавтоматичному способах наплавлення:

$t = 14 – 16$, $6 \le t_н \le 10$, $b \ge 60$, $L \ge 200$, $a \approx 25$;

б) при наплавленні автоматичним зварюванням під шаром флюсу дротовим електродом:

$t = 16 – 20$, $6 \le t_н \le 10$, $b \ge 100$, $L \ge 480$, $a \approx 50$;

в) при наплавленні автоматичним зварюванням під флюсом стрічковим електродом:

$t = 16–20$, $6 \le t_н \le 10$, $b \ge 120$, $L \ge 480$, $a \approx 50$.

Наплавлення повинне виконуватися із дотриманням нижченаведених вимог і рекомендацій.

Перший шар (підшар) повинний виконуватися зварювальними матеріалами групи А-9sp. Товщина першого шару повинна знаходитися у межах 3-4 мм. Корозійностійке наплавлення повинне виконуватися зварювальними матеріалами, які схвалюються, у 2-3 шари і передбачати взаємне перекриття валиків. Схема накладення валиків наплавлення повинна забезпечувати мінімальні деформації основної пластини. Сумарна товщина плакувального шару після механічної обробки не повинна перевищувати 10мм.

Схема вирізання зразків на статичний згин із проби-імітатора наплавлення показана на рис. 4.8.3.5.2.

У тому випадку, якщо відповідно до області схвалення зварювальних матеріалів допускається термообробка наплавлених деталей, проба-імітатор до виготовлення зразків підлягає одноразовому відпуску за режимом 630–650 °С з витримкою протягом близько 40хв та із наступним охолодженням на повітрі. Щоб уникнути жолоблення пластини, температура печі при завантаженні повинна бути не більше 350°С. При цьому, залежно від заявленої виробником області схвалення, можливі наступні варіанти проведення термообробки:

- після виконання наплавлення проміжного шару;

- після виконання наплавлення проміжного і всіх плакувальних шарів;

- дворазова термообробка як після наплавлення підшару, так і після наплавлення всіх корозійностійких плакувальних шарів.

4.8.3.6 Проби для виготовлення зразків для випробувань на стійкість проти міжкристалічної корозії.

Стійкість проти МКК при випробуваннях зварювальних матеріалів може бути оцінена шляхом випробувань зразків металу шва або наплавленого металу. При цьому для зварювальних матеріалів, застосовуваних винятково для наплавлення (наприклад, для комбінації «стрічка – флюс»), випробування можуть проводитися тільки для наплавленого металу. У інших випадках, якщо із Регістром не погоджене інше, як основний метод випробувань на стійкість проти МКК необхідно застосовувати метод, що передбачає випробування металу зварного шва відповідно до вказівок **4.8.3.6.1**.

4.8.3.6.1 Проба стикового з'єднання для випробувань на стійкість проти МКК металу шва.

Для випробувань на стійкість проти МКК металу зварного шва повинно бути виконане зварювання проб із розмірами, що відповідають рис. 4.8.3.6.1.

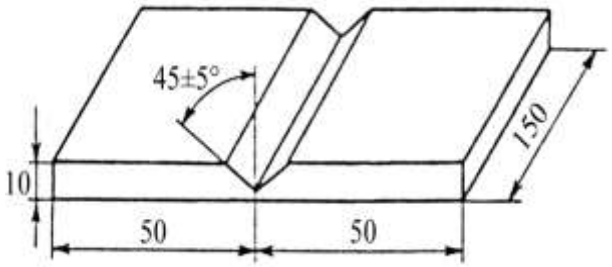


Рис.4.8.3.6.1.
Проба зварного з'єднання для добору зразків для випробувань на стійкість проти МКК
(розміри в мм, якщо не зазначене інше)

Для автоматичного і напівавтоматичного зварювання початок і кінець шва слід виконувати на вивідних планках, розміри яких забезпечують стійке протікання процесу зварювання і відсутність недопустимих дефектів на контрольній довжині проби (але не менше 100х100х10мм).

При цьому на вивідних планках слід передбачити оброблення кромок на глибину не менше 6мм і з кутом розкриття оброблення аналогічно пробі (90°).

Як основний метал повинна застосовуватися корозійностійка сталь, яка відповідає за категорією і хімічним складом присадному матеріалу, що підлягає схваленню. При цьому повинні дотримуватися наступні обмеження:

- корозійностійка сталь повинна мати стійкість проти МКК, у тому числі після провокуючого нагрівання;

- основний метал повинний гарантувати проведення випробувань на згин із позитивним результатом на оправці необхідного діаметра;

- характеристики механічних властивостей основного металу повинні забезпечувати рівномірний розподіл пластичної залишкової деформації у шві та біляшовній зоні при випробуваннях зразків на статичний згин.

Для повного задоволення зазначених вище вимог до основного металу допускається використовувати пластини з корозійностійких сталей, які відрізняються за категорією від присадного металу, за умови виконання попереднього наплавлення кромок пластин контрольованими (або аналогічними за хімічним складом) присадними матеріалами.

Термообробка проб після зварювання може виконуватися за окремою вимогою Регістру, якщо це вимагається відповідно до заявленої виробником матеріалів областю схвалення.

4.8.3.6.2 Проба для випробувань наплавленого металу на стійкість проти МКК.

Контроль на стійкість проти МКК наплавленого металу плакувального шару повинний виконуватися на контрольних пробах, які виконуються зварювальними матеріалами, що атестуються. Загальні вимоги до зварювання проб аналогічні вказівкам **4.8.3.2** і **4.8.3.5**. Виготовлення проб проводиться шляхом наплавлення у нижньому положенні на плиту товщиною не менше 20мм із сталі будь-якої категорії/марки. Розміри контрольних проб повинні забезпечувати стабільність режиму наплавлення, а також можливість виготовлення чотирьох зразків для випробувань на стійкість проти МКК і можливого повторного випробування подвоєної кількості зразків.

Необхідність проведення термічної обробки проб до проведення випробувань на МКК обумовлена заявленою виробником областю схвалення аналогічно вимогам **4.8.3.5.2**. Режими і кількість термічних обробок проб для випробувань наплавленого металу на стійкість проти МКК підлягають додатковому погодженню із Регістром. Як правило, якщо виробником зварювальних матеріалів або документацією на їх застосування допускається виконання термічної обробки після наплавлення основного шару, контрольна проба або заготовки зразків (до чистової механічної обробки) повинні бути піддані дворазовому відпуску за режимом 630–650°С із витримкою 40хв та з наступним охолодженням на повітрі.

Схема вирізки зразків на МКК і розміри наплавлення повинні відповідати вказівкам рис. 4.8.3.6.2.

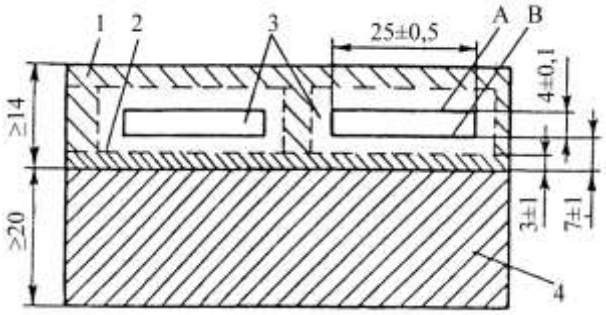


Рис. 4.8.3.6.2 Схема вирізки зразків при випробуваннях наплавленого металу на стійкість проти МКК: 1 - наплавлений метал основного шару; 2 - метал наплавлення підшару; 3 - заготовки для виготовлення зразків; 4 - основний метал (пластина); А і В - поверхні зразка (розміри в мм)

4.8.4 Методи проведення випробувань і оцінка їх результатів.

4.8.4.1 Визначення механічних властивостей наплавленого металу і зварного з'єднання.

Із проби наплавленого металу повинні бути виготовлені і випробувані подовжні циліндричні пропорційні зразки згідно з рис. 2.2.2.3(*а*) частини XIII «Матеріали» з розмірами:

d_0 = 10мм, L_0 = 50мм, L_c = 60мм і $r \geq$ 5мм.

Поздовжня вісь зразка повинна збігатися із центром зварного шва і серединою товщини металу наплавлення. Кількість зразків - 1 зразок (у випадку випробувань зразків із діаметром робочої частини 6мм випробуванням піддаються по 3 зразки від кожної проби).

Визначення роботи удару наплавленого металу повинне виконуватися на зразках із V-подібним надрізом, що відповідають вимогам **2.2.3** частини XIII «Матеріали». Схема вирізання зразків - див. рис. 4.2.3.2.2-1. Кількість зразків - 3 шт. від кожної проби.

Із проби стикового зварного з'єднання повинні бути виготовлені і випробувані:

- два поперечних плоскорозривних зразки із розмірами згідно з рис. 4.2.2.1;

- два поперечних зразки на статичний згин, що відповідають рис. 2.2.5.1 частини XIII «Матеріали» і вказівкам 4.2.2.2.2 (розміри зразків: $a_0 = t$ - товщина металу проби, b_0 = 30мм);

- три зразки Шарпі для випробувань на ударний згин.

Схема вирізання зразків повинна відповідати рис. 4.2.3.2-1, а їх тип - вимогам **2.2.3** частини XIII «Матеріали».

Для різнорідних зварних з'єднань, виконаних зварювальними матеріалами категорій A-9sp або A-10sp, замість поперечних зразків при випробуваннях на статичний згин потрібно застосовувати поздовжні, які відповідають рис. 4.8.4.1. Довжина проби при цьому повинна забезпечувати можливість їх виготовлення.

Загальні вимоги до порядку проведення випробувань і оцінка їх результатів викладені у **4.2.3**, а критерії оцінки результатів випробувань наведені у табл. 4.8.4.1-1 і 4.8.4.1-2.

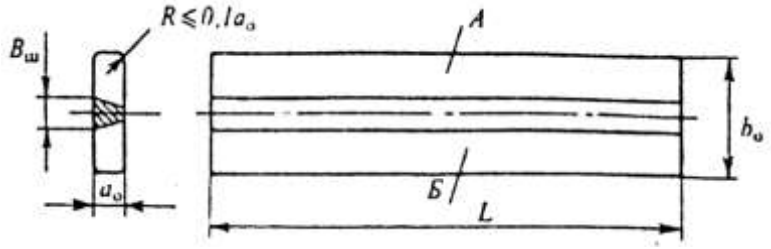


Рис.4.8.4.1. Зразок із поздовжнім швом для випробувань на статичний згин металу різнорідного зварного з'єднання:
А - частина проби із корозійностійкої сталі;
Б - частина проби із суднобудівної сталі підвищеної або високої міцності;
$a_0 = t$ - товщина основного металу; b_0 = 30мм, але не менше ніж ($B_ш$ + 24)мм;
$L \geq D_{опр} + 9a_0 \approx 12a_0$, де $D_{опр}$ - діаметр оправки при випробуваннях на згин.

Таблиця 4.8.4.1-1 **Вимоги до механічних властивостей наплавленого металу**

Категорії зварювальних матеріалів	Позначення типового хімічного складу металу шва, що відповідає основному металу	Випробування на статичне розтягування				Випробування на ударний згин		Область схвалення (марка сталі)	
		$R_{p0,2}$, МПа	$R_{p1,0}$, МПа	R_m, МПа	A_5, %	Температура, °С	KV, Дж, min	AISI/UNS	національна
		min							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M-1	x20 Cr13, x30Cr13	410	–	650	16	+20	60	410, 420	20Х13, 30Х13
	x7CrNiNb 16 4	735	–	850	13	+20	60	–	07Х16Н4Б, 07Х16Н4
MF-2	x10CrNi 13 1	460	–	590	16	–10	20	414, 410S	08Х14НДЛ, 05Х12Н2Т
	x10CrNi 15 4	550	–	750	12	–10	30	429	08Х15Н4ДМЛ
	x15CrNi 17 2	540	–	690	16	+20	60	431	14Х17Н2

Категорії зварювальних матеріалів	Позначення типового хімічного складу металу шва, що відповідає основному металу	Випробування на статичне розтягування				Випробування на ударний згин		Область схвалення (марка сталі)	
		$R_{p0,2}$, МПа	$R_{p1,0}$, МПа	R_m, МПа	A_5, %	Температура, °С	*KV*, Дж, min	AISI/UNS	національна
		min							
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
F-3	x8CrTi 17	360	–	480	16	+ 20	60	430T	08Х17Т
AM-4	x8CrNiTi 17 6	630	–	730	12	+ 20	60	–	08Х17Н6Т
A-5	x3CrNi 19 10, x3CrNi 19 11	270	310	500	25	- 20	29	304L	03Х18Н11, 03Х18Н12
	x3CrNiN 19 10, x3CrNiN 19 11	305	345	530	22			304LN, 304L	Таж
	x8CrNiNb 18 11, x8CrNiTi 18 11	290	330	550	22	–196[1]	29	321, 347, 304LN,304L	Таж +08Х18Н10Т , 08Х18Н12Б
A-6	x3 CrNiMo 19 11 3	270	310	500	22	-20 –196[1]	29 29	304L, 316L	03Х18Н11, 03Х18Н12, 03Х17Н14М3
	x3CrNiMo 19 13 4 , x3CrNiMoN 19 11 3	305	345	530	22			304LN, 304L, 316LN, 317L	Таж
	x3CrNiMoN 19 13 4 , x8CrNiMoNb 19 11 3, x8CrNiMoTi 19 11 3,	340	380	570	22			321, 347, 304LN, 304L, 317LN, 316LN, 317L, 316Ti, 316Nb	Таж + 08Х18Н10Т, 08Х18Н12Б
A-7ss	x2CrNiMoCu 21 25 5 2	270	310	500	22	-20	29	N08904 (904L)	–
	x2CrNiMoCu N 20 18 6 1	370	410	650	22	-60[2]		S31254	–
AF-8dup	x3CrNiMoN 22 5 3	450	490	620	25	–20[3]	40	S31803	03Х22Н6М2
	x3CrNiMoWCuN 25 7 3	485	525	690	20			S31260, S31803	08Х22Н6М2 08Х21Н6М2Т
	x4CrNiMoCuN 26 6 4 2; x3CrNiMoN 26 8 5; x3CrNiMoWCuN 26 8 4 1 1	550	590	780	20			S32550, S32750 S32760	-
A-9sp (спеціальна)	x2CrNi 24 12, x10CrNi 24 12, x8CrNiMo 23 13, x10CrNiMo 24 13 2 та аналогічні	350	420	520	22	-20	29	Для зварювання: різнорідних зварних з'єднань, проміжних (перехідних) шарів для облицювання із нержавіючої сталі, включаючи проміжні проходи з'єднань плакованих сталей. Зварювання сталей марок 309, 309L, 309S, 309Mo, 309SCb	
A-10sp (спеціальна)	x8CrNiMoN 16 25 6 x8CrNiMoVN 16 25 6 1	390 490	– –	610 680	26 26	+20 +20	80 80	Для зварювання: різнорідних зварних з'єднань, проміжних (перехідних) шарів для облицювання із нержавіючої сталі, включаючи проміжні проходи з'єднань плакованих сталей. Зварювання сталей категорій М-1, МF-2, F-3, АМ-5, а також сталей обмеженої зварюваності без застосування підігріву.	
	xlCrNi 26 22 , x10CrNi 26 22	390	–	550	26	-20	29	Таж + зварювання сталей типу 310, 310Mo	

[1] Випробування при температурі -196°С виконуються за спеціальною вимогою Регістру на основі заявки виробника з метою зазначення у ССЗМ розширеної області схвалення.

[2] Випробування при температурі -60°С виконуються за спеціальною вимогою Регістру на основі заявки виробника з метою зазначення у ССЗМ розширеної області схвалення.

[3] Випробування при більш низьких температурах можуть виконуватися згідно з заявкою виробника з метою зазначення у ССЗМ розширеної області схвалення.

Таблиця 4.8.4.1-2. **Вимоги до механічних властивостей металу стикового зварного з'єднання**

Категорії зварювальних матеріалів	Сталь, що зварюється (основний метал)			Статичне розтягування (поперечні зразки) R_m, МПа, min	Ударний згин		Статичний згин		
	Позначення	Марка			Температура, °С	*KV*, Дж, min	Тип зразка	Діаметр оправки	Кут згину, град, min
		AISI/ UNS	Національна						
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
M-1	x20Cr13, x30Cr13	410, 420	20Х13, 30Х13	650	+20	60	Поперечний	5*t*	120
	x7CrNiNb 16 4	–	07Х16Н4Б, 07Х16Н4	850	+20	60	Поперечний	5*t*	120
MF-2	x10CrNi 13 1	414, 410S	08Х14НДЛ, 05Х12Н2Т	590	–10	20	Поперечний	6*t*	120
	xl0CrNi 15 4	429	08Х15Н4ДМЛ	750	–10	30	Поперечний	5*t*	120
	xl5CrNi 17 2	431	14Х17Н2	690	+20	60	Поперечний	5*t*	120
F-3	x8CrTi 17	430T	08Х17Т	480	+20	60	Поперечний	5*t*	120
AM-4	x8CrNiTi 17 6	–	08Х17Н6Т	730	+20	60	Поперечний	5*t*	120
A-5	x3CrNi 19 11	304L	03Х18Н11, 03Х18Н12	500	–20 -196[2)]	27	Поперечний	3*t*	120
	x3CrNiN 19 11	304LN	-	530					
	x8CrNiTi 18 11	321	08Х18Н10Т	550					
	x8CrNi Nb 18 11	347	08Х18Н12Б	550					
A-6	x3CrNiMo 19 11 3	316L	03Х17Н14М	500	–20 -196[2)]	27	Поперечний	3*t*	120
	x3CrNiMo 19 13 4	317L	-	530					
	x3CrNiMoN 19 11 3	316LN	-	530					
	x3CrNiMoN 19 13 4	317LN	-	570					
A-7ss	x2CrNiMoCu 21 25 5 2	N08904 (904L)	-	500	-20[3)]	27	Поперечний	3*t*	120
	x2CrNiMoCu 20 18 6 1	S31254	-	650					
AF-8dup	x3CrNiMoN 22 5 3	S31803	03Х22Н6М2, 08Х22Н6М2	620	-20 -60[3)]	40	Поперечний	3*t*	120
	x3CrNiMoWCuN 25 7 3	S31260	08Х21Н6М2Т	690				4*t*	
	x4CrNiMoCuN 26 6 4 2	S32550	-	760				6*t*	
	x3CrNiMoN 26 8 5	S32750	-	800				6*t*	
	x3CrNiMoWCuN 26 8 4 1 1	S32760	-	750				6*t*	
A-9sp	x8CrNi 24 14	309	-	515	-20	27	Поперечний	3*t*	120
	Різнорідні, наприклад, D40+A-6 і т.д.			Не менше R_m основного металу			Поздовжній		
A-10sp	Різнорідні, наприклад, D40+A-6 і т.д.				[4)]	[4)]	Поздовжній	3*t*	120

[1)] *t* – товщина.

[2)] Випробування при температурі -196°С виконуються за спеціальною вимогою Регістру на основі заявки виробника з метою зазначення у ССЗМ розширеної області схвалення.

[3)] Випробування при більш низьких температурах можуть виконуватися згідно з заявкою виробника з метою зазначення у ССЗМ розширеної області схвалення.

[4)] Температура і критерії оцінки результатів випробувань повинні відповідати мінімальним вимогам до зварювальних матеріалів, які призначені для основного металу.

4.8.4.2 Випробування на статичний згин зразків із плакувальним наплавленням.

Випробуванням на статичний згин повинні піддаватися три зразки із плакувальним наплавленням, схема навантаження яких передбачає прикладання навантаження паралельно поверхні зчеплення (боковий згин) і перпендикулярно до напрямку зварювання при наплавленні.

Розміри зразків із плакувальним наплавленням і параметри випробувань повинні відповідати наведеним на рис. 4.8.4.2.

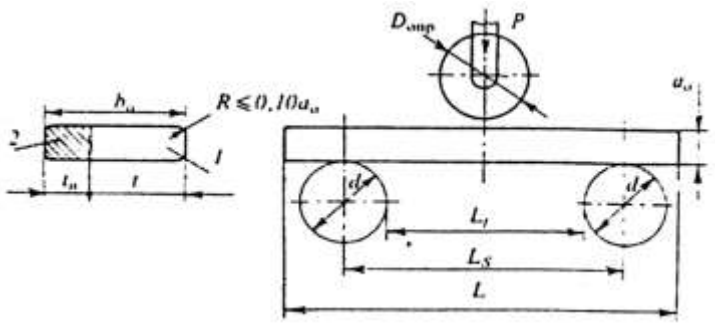


Рис. 4.8.4.2 Зразок з плакувальним наплавленням для випробувань на боковий згин:
1 - основний метал; *2* - плакувальне наплавлення; $a_0 = 10^{+0,1}$мм - товщина зразка, $b_0 = t + t_н \leq 35$мм - ширина зразка (де t - товщина основного металу; $6 \leq t_н \leq 10$ - товщина плакувального наплавлення); $D_{опр} = 3a_0 = 30$мм - діаметр оправки для згину; $d = 30$мм - діаметр опорних роликів, $L_1 = D_{опр} + 3a_0 = 60$мм - вільний прохід між роликами; $L \geq 160$мм - довжина зразка; $R \leq 0,1a_0$ - допустимий радіус округлення вільних кромок зразка; P – створене навантаження

Добір зразків для випробувань рекомендується виконувати механічним різанням. При застосуванні плазмового різання для відбору зразків припуск на механічну обробку повинний бути таким, щоб на зразку повністю була відсутня зона термічного впливу.

Методика випробувань повинна передбачати їх проведення у два етапи:

- статичний згин до кута приблизно 90° з фіксацією отриманого проміжного результату (без зняття зразка);

- продовження випробувань до остаточного кута згину не менше ніж 120°, зняття зразків і фіксація отриманого результату.

У випадку, якщо до одержання необхідного кута згину в зоні випробувань утвориться недопустима тріщина, випробування необхідно припинити. Недопустимими у даному виді випробувань вважаються:

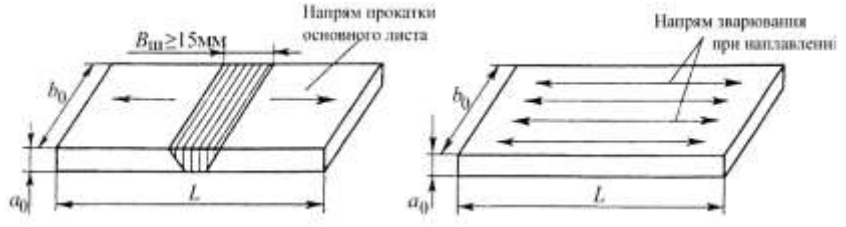
- поперечні тріщини довжиною 3мм і більше;

- поздовжні несуцільності, що розкрилися при згині зразка, довжиною 20% і більше від ширини зразка.

4.8.4.3 Випробування для визначення стійкості проти міжкристалічної корозії (МКК).

4.8.4.3.1 Випробування для визначення стійкості проти міжкристалічної корозії металу шва і наплавленого металу повинні проводитися відповідно до вимог національних або міжнародних стандартів, що передбачають витримку зразків у киплячому водному розчині сірчанокислої міді і сірчаної кислоти у присутності металевої міді із наступним згином зразків на кут 90° з метою виявлення ознак міжкристалічної корозії (метод Штрауса). При первісному схваленні зварювальних матеріалів необхідно використовувати різновид методу, який передбачає тривалість витримки зразків у киплячому розчині не менше 24год, а при повторних випробуваннях допускається використовувати прискорену методику проведення випробувань із витримкою зразків у киплячому розчині від 8 до 15год.

4.8.4.3.2 Якщо з Регістром не погоджене інше, розміри зразків для випробувань на МКК (див. рис. 4.8.4.3.2) і діаметри оправок для виконання згину повинні відповідати вказівкам табл. 4.8.4.3.2-1 і 4.8.4.3.2-2.



а) ***б)***

Рис. 4.8.4.3.2 Зразки для випробувань на стійкість проти міжкристалічної корозії:
а) - металу шва у складі зварного з'єднання; ***б)*** - наплавленого металу плакувального шару

Таблиця 4.8.4.3.2-1 **Розміри зразків і діаметри заокруглення оправок при випробуваннях на МКК металу шва**

Категорії зварювальних матеріалів	Товщина зразка a_0, мм	Ширина зразка b_0, мм	Довжина зразка L, мм	Діаметр оправки, мм
A-5, A-6, A-7, A-9sp	6 ± 0,1	20 ± 0,5	≥ 100	20
AF-8	5 ± 0,1	20 ± 0,5	≥ 100	20
F-3	5 ± 0,1	20 ± 0,5	≥ 100	30
AM-4, MF-2, M-1	3 ± 0,1	20 ± 0,5	≥ 80	20

Таблиця 4.8.4.3.2-2 **Розміри зразків і діаметри заокруглення оправок при випробуваннях на МКК наплавленого металу**

Категорії зварювальних матеріалів	Товщина зразка a_0, мм	Ширина зразка b_0, мм	Довжина зразка L, мм	Діаметр оправки, мм
A-5, A-6, A-9sp	4 ± 0,1	20 ± 0,5	≥ 100	20
AF-8	4 ± 0,1	20 ± 0.5	≥ 100	20

Стійкість проти МКК металу зварного шва оцінюється за результатами випробувань трьох зразків із розтягуванням верхньої частини шва, що відповідає випробуванням початкової поверхні пластини основного металу (яка не піддавалася механічній обробці для зменшення товщини зразка). При цьому площина прикладання згинаючого навантаження (вісь оправки) повинна збігатися із осьовою лінією шва.

Примітка. Згин із прикладанням навантаження у зоні термічного впливу застосовується при контролі корозійностійких сталей і при схваленні технологічних процесів зварювання.

Стійкість проти МКК металу плакувального шару, оцінюється за результатами випробувань чотирьох зразків, схема добору яких відповідає вказівкам рис. 4.8.3.6.2, із яких:

- два зразки контролюються із розтягуванням верхньої поверхні зразка наплавлення А;

- два зразки контролюються з розтягуванням нижньої поверхні зразка наплавлення В.

4.8.4.3.3 Огляд вигнутих зразків повинний проводитися за допомогою лупи із 8–12-кратним збільшенням. Відсутність тріщин на зразку, за винятком поздовжніх тріщин і тріщин безпосередньо на кромках, свідчить про стійкість проти МКК.

У сумнівних випадках стійкість проти МКК додатково оцінюється металографічним методом. Для цього із не вигнутої ділянки зразка, що пройшов корозійні випробування, вирізають пластину для виготовлення шліфа так, щоб площина різу проходила перпендикулярно до зварного шва і містила метал шва і зону термічного впливу. Наявність і глибину міжкристалічної корозії встановлюють на протравлених шліфах при збільшенні 200Х. Максимальна глибина корозійного руйнування виявляється у шести полях зору, до яких повинні бути включені ділянки із найбільшою глибиною МКК. Ознакою стійкості проти МКК вважається руйнування границь зерен на максимальну глибину не більше 30мкм.

4.8.4.3.4 Позитивним результатом випробувань на стійкість проти МКК вважається відсутність МКК на усіх випробуваних зразках. При одержанні незадовільних результатів випробувань на одному із зразків, які пройшли випробування, необхідно провести повторні випробування відповідно до вимог національних або міжнародних стандартів.

У випадку одержання незадовільних результатів первісних випробувань більше ніж на одному зразку, а також при негативному результаті повторних випробувань, метал зварного шва або наплавлення вважається таким, що не витримав випробувань на стійкість проти МКК.

Примітка. У спірних випадках для матеріалів, чуттєвих до утворення тріщин, рекомендується для еталонного проведення випробувань на згин зразків використовувати зразки, аналогічні тим, що перевіряються, але які не пройшли кип'ятіння у водяному розчині сірчаної кислоти і сірчанокислої міді.

4.8.4.4 Контроль на вміст α-фази (феритної складової).

Визначення вмісту α-фази (феритної складової) у металі шва і плакувальному шарі виконується стосовно зварювальних матеріалів категорій A-5, A-6, AF-8 і A-9sp із використанням наступних методів вимірів:

.1 локального неруйнівного методу, за яким вміст α-фази оцінюється як середнє значення не менше ніж 10 вимірів для проб стикового зварного з'єднання, а також для проб з плакуючим наплавленням відповідно до вказівок **4.8.3.5** і **4.8.3.6**;

.2 у випадку одержання неадекватних результатів вищевказаним методом вимірів або за окремою вимогою Регістру виконується контрольний аналіз об'ємним магнітним методом із використанням феритометрів, які забезпечують похибку вимірів не більше ±10% від вимірюваної величини.

Для виконання аналізу на вміст α-фази із застосуванням об'ємного магнітного методу повинне проводитися семишарове наплавлення контрольованими зварювальними матеріалами на пластину із корозійностійкої сталі, що відповідає за категорією і складом зварювальному матеріалу, який перевіряється.

Із верхніх двох шарів наплавлення проводиться добір контрольних циліндричних зразків довжиною (60 ± 1)мм і діаметром (5 ± 0,1)мм згідно з рис. 4.8.4.4.

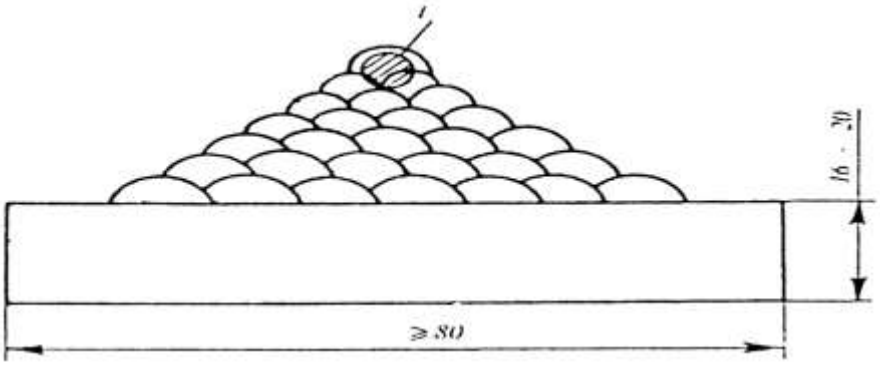


Рис. 4.8.4.4. Схема відбору зразків для визначення вмісту α-фази об'ємним магнітним методом:
1 – місце добору контрольних зразків

Контрольні значення вмісту α-фази повинні відповідати вимогам схваленої Регістром технічної документації або відповідних національних стандартів для конкретних зварювальних матеріалів.

Результати контрольних вимірів на вміст α-фази у металі шва і/або у плакувальному шарі повинні бути наведені в звіті про випробування.

4.8.4.5 Визначення хімічного складу наплавленого металу.

Добір проб для визначення хімічного складу наплавленого металу повинний виконуватися з металу двох верхніх шарів:

- проби наплавленого металу;

- проби багатошарового наплавлення згідно із рис. 4.8.3.6.2 (для комбінації «стрічка – флюс» добір проб для визначення хімічного складу виконується тільки із металу наплавлення).

Результати визначення хімічного складу наплавленого металу повинні відповідати аналітичним допускам, заявленим виробником, і наводитися у звіті про випробування.

4.8.5 Випробування при підтвердженні Сертифіката про схвалення зварювальних матеріалів.

Програма щорічних випробувань зварювальних матеріалів для зварювання корозійностійких сталей і наплавлення повинна включати:

.1 виготовлення однієї проби наплавленого металу із випробуванням зразків на статичне розтягування та ударний згин, а також контрольний хімічний аналіз наплавленого металу;

.2 визначення стійкості металу шва або наплавленого металу проти МКК, якщо це вимагається для конкретної марки зварювального матеріалу.

За вимогою Регістру обсяг щорічних випробувань може бути розширений і доповнений іншими видами випробувань або виготовленням додаткових проб.

4.9 ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

4.9.1 Загальні положення.

4.9.1.1 Вимоги цього підрозділу регламентують вимоги по схваленню зварювальних матеріалів, призначених для корпусних і інших конструкцій з алюмінієвих сплавів, що відповідають вимогам **5.1** частини **XIII** «Матеріали». При відсутності спеціальних вимог повинні застосовуватися аналогічні вимоги по схваленню зварювальних матеріалів для зварювання суднобудівних сталей нормальної і підвищеної міцності.

4.9.1.2 Зварювальні матеріали, застосовувані для виготовлення конструкцій з алюмінієвих сплавів, підрозділяються на дві групи:

- W - дріт і комбінація «дріт - газ» для зварювання електродом, що плавиться, у середовищі інертного газу (MIG, 131 згідно з ДСТУ ISO 4063 або ISO 4063), а також для зварювання електродом, що не плавиться, у середовищі інертного газу (TIG, 141) або для плазмового зварювання (15);

- R - прутки для зварювання електродом, що не плавиться, у середовищі інертного газу (TIG, 141) або для плазмового зварювання (15).

4.9.1.3 Класифікація і позначення.

Зварювальні матеріали підрозділяються на категорії з урахуванням складу і рівня міцності основного металу, застосовуваного для випробувань по схваленню відповідно до вимог табл. 4.9.1.3.

Таблиця 4.9.1.3 **Категорії зварювальних матеріалів для алюмінієвих сплавів**

Категорія	Основний метал для випробувань і позначення сплаву	
	Цифровий код	Позначення хімічного складу
RA/WA	5754	AlMg3
RB/WB	5086	AlMg4
RC/WC	5083	AlMg4,5Mn0,7
	5383	AlMg4,5Mn0,9
	5456	AlMg5
	5059	–
RD/WD	6005A	AlSiMg (A)
	6061	AlMg1SiCu
	6082	AlSilMgMn

Позначення категорії зварювального матеріалу повинне включати:

- позначення групи зварювального матеріалу (W або R);

- позначення групи основного металу, застосовуваного для випробувань по схваленню (A, B, C, D;

- цифрове позначення категорії основного металу, застосовуваного для випробувань по схваленню, що вказується в дужках. Наприклад: RC(5446), W3(1561) і т.п.

4.9.1.4 Схвалення для зварювального дроту або прутків повинне даватися в поєднанні з конкретною групою типової сполуки захисного газу згідно з табл. 4.9.1.4 або визначатися в межах сполуки і чистоти «спеціального» газу, позначуваного індексом групи «S». Сполука захисного газу повинна бути зазначена у звіті про випробування і ССЗМ. Схвалення зварювального дроту в поєднанні з будь-якою конкретною сполукою газу може бути застосоване або поширене для комбінацій цього дроту із захисними газами з аналогічною групою типової сполуки, що визначається згідно з табл. 4.9.1.4. Для спеціальних газів, позначуваних індексом «S», схвалення діє тільки для конкретної сполуки й чистоти захисного газу або суміші, які застосовувалися при випробуваннях.

Таблиця 4.9.1.4

Позначення групи типової сполуки	Склад захисного газу [1] (в об'ємних відсотках)	
	Аргон	Гелій
I-1	100	–
I-2	–	100
I-3	Основа	> 0 до 33 включно
I-4	Основа	> 33 до 66 включно
I-5	Основа	> 66 до 95 включно
S	Гази, склад і чистота яких відрізняються від груп типової сполуки I-1 …I-5.	
[1] Гази іншого хімічного складу (суміші газів) можуть вважатися «спеціальними газами» (позначувані індексом «S») і схвалюються за результатами окремих випробувань для кожного конкретного складу.		

4.9.1.5 Процедура схвалення і вимоги до виробників повинні відповідати вимогам **4.1.3**.

Вимоги до проведення випробувань і оцінки результатів повинні відповідати вимогам **4.2**.

4.9.2 Випробування наплавленого металу.

Для визначення хімічного складу наплавленого металу повинна бути підготовлена і зварена в нижньому положенні проба згідно з рис. 4.9.2. Розміри проби, що залежать від типу зварювальних матеріалів і ступеня механізації технологічного процесу, повинні забезпечувати достатню кількість наплавленого металу для виконання хімічних аналізів. Основний метал повинний бути сумісним за хімічним складом з металом шва. Результати хімічного аналізу за основними легуючими елементами і домішками не повинні виходити за рамки обмежень, встановлених виробником.

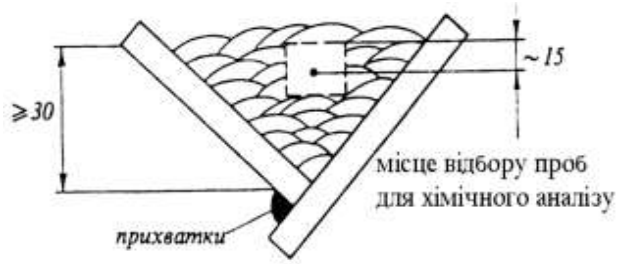


Рис.4.9.2 Проба для випробувань наплавленого металу

4.9.3 Випробування стикових з'єднань.

4.9.3.1 Випробування стикових з'єднань повинні виконуватися на пробах згідно з рис. 4.9.3.1-1 і 4.9.3.1-2 аналогічно з вимогами **4.3.3.1 і 4.3.3.2, 4.5.2.3.1, 4.5.3.3.1** або **4.5.4.2.1** залежно від виду зварювальних матеріалів і ступеня механізації технологічного процесу зварювання, відповідно. Для виготовлення проб повинний застосовуватися основний метал, що відповідає схвалюваній категорії зварювального матеріалу згідно з табл. 4.9.1.3-1 або 4.9.1.3-2.

4.9.3.2 У кожному положенні зварювання (нижньому, вертикальному знизу вгору, вертикальному зверху вниз, стельовому, горизонтальному на вертикальній площині), для якого призначені зварювальні матеріали згідно з рекомендаціями виробника, повинні бути підготовлені і зварені по одній стиковій пробі товщиною від 10 до 12мм згідно з рис. 4.9.3.1-1.

При цьому зварювальні матеріали, що задовольняють вимогам для нижнього і вертикального знизу вгору положень зварювання, можуть вважатися відповідними вимогам для зварювання в горизонтальному положенні на вертикальній площині.

4.9.3.3 Додатково одна проба товщиною від 20 до 25мм згідно з рис. 4.9.3.1-2 повинна бути підготовлена і зварена тільки в нижньому положенні.

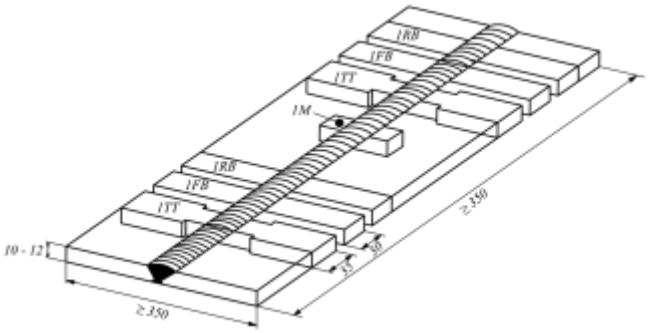


Рис. 4.9.3.1-1 Проба стикового з'єднання для зварювання в різних просторових положеннях:
оброблення кромок повинно бути однобічним V-подібним або двостороннім X-подібним з кутом розкриття 70°;
для однобічного V-подібного оброблення кромок допускається виконання зворотних ущільнюючих (підварювальних) проходів;

у випадку двостороннього X-подібного оброблення кромок зварювання з обох боків повинне виконуватися в однаковому положенні зварювання; позначення зразків повинне відповідати вимогам **4.9.3.5** (всі розміри в мм).

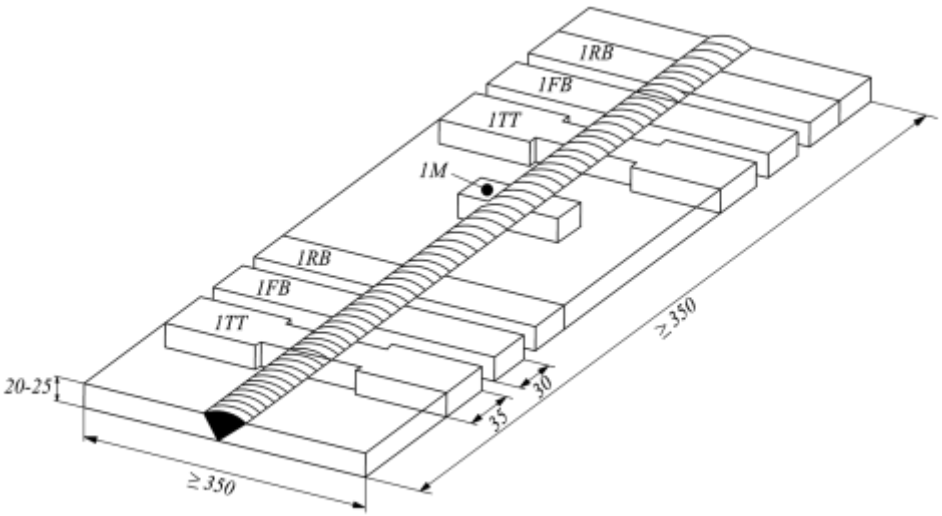


Рис. 4.9.3.1-2 Додаткова проба стикового з'єднання для зварювання в нижньому просторовому положенні:
оброблення кромок повинно бути однобічним V-подібним з кутом розкриття 70°;
допускається виконання зворотних ущільнюючих (підварювальних) проходів;
позначення зразків повинне відповідати вимогам **4.9.3.5** (всі розміри в мм).

4.9.3.4 Після завершення зварювання проби повинні охолонути природним шляхом до кімнатної температури. Для зварювальних матеріалів з індексацією категорії D пробам стикових з'єднань повинна бути надана можливість природного старіння протягом не менше 72год після завершення зварювання перед початком виконання випробувань.

4.9.3.5 Від кожної проби стикового з'єднання згідно з рис. 4.9.3.1-1 і рис. 4.9.3.1-2 повинні бути відібрані й піддані випробуванням наступні види зразків:

- 2 поперечних плоскорозривних зразки для випробування на розтягування (2TT);

- 2 поперечних зразки для випробування на статичний згин з розтягуванням кореня шва (2RB);

- 2 поперечних зразки для випробування на статичний згин з розтягуванням лицьової поверхні шва (2FB);

- 1 поперечний макрошліф (1M).

4.9.3.6 Механічні властивості стикових з'єднань повинні відповідати вимогам табл. 4.9.3.6.

Таблиця 4.9.3.6. **Вимоги до механічних властивостей стикового зварного з'єднання**

Категорія зварювального матеріалу	Цифровий код основного металу для випробувань	Тимчасовий опір R_m, МПа, min	Випробування на статичний згин	
			Діаметр оправки D[1]	Кут згину [2], град, min
1	2	3	4	5
Міжнародні сплави				
RA/WA	5754	190	3*t*	180
RB/WB	5086	240	6*t*	
RC/WC	5083	275	6*t*	
	5083 або 5456	290	6*t*	
	5059	330	6*t*	
RD/WD	6061, 6005A або 6082	170	6*t*	

[1] *t* - товщина зразка при випробуваннях;
[2] При оцінці результатів випробувань необхідно керуватися наступним:
- на поверхні зразка не повинно бути жодної одиничної тріщини довжиною у будь-якому напрямку більше 3мм; - тріщини на кромках зразка можуть не прийматися до уваги у тому випадку, якщо їх поява не була обумовлена наявністю несплавлення.

Проведення випробувань і оцінка результатів, включаючи повторні та щорічні випробування, повинні відповідати вимогам **4.2**. Положення руйнування в зразках на розтягування повинно бути наведене у звіті про випробування. Макрошліфи повинні бути піддані огляду на предмет наявності дефектів, таких як непровари, каверни, вкраплення, пори або тріщини. При цьому рекомендується проводити

випробування на статичний згин із застосуванням методу обгинання зразка навколо оправки відповідно до схеми на рис. 4.9.3.6.

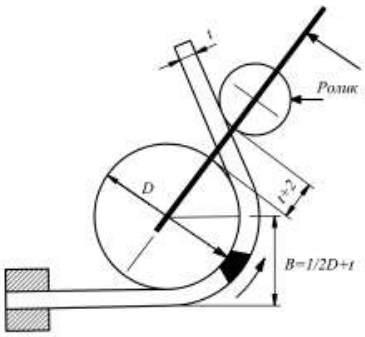


Рис. 4.9.3.6 Схема проведення випробувань на статичний згин за методикою, яка передбачає обгинання зразка навколо нерухомої оправки

4.9.4 Щорічні випробування.

4.9.4.1 Щорічні випробування для підтвердження ССЗМ повинні включати зварювання і проведення випробувань проби наплавленого металу згідно з **4.9.2** (див. рис 4.9.2) і однієї проби стикового з'єднання товщиною 10 - 12мм в нижньому положенні зварювання згідно з **4.9.3** (див. рис. 4.9.3.1-1).

4.10 ЗВАРЮВАЛЬНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ЗВАРЮВАННЯ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

4.10.1 Загальні положення.

4.10.1.1 Вимоги цього підрозділу регламентують вимоги щодо схвалення та огляду зварювальних матеріалів, призначених для корпусних та інших конструкцій із титанових сплавів, що відповідають вимогам розд. **9** частини XIII «Матеріали». При відсутності спеціальних вимог, повинні застосовуватися аналогічні вимоги щодо схвалення зварювальних матеріалів для зварювання суднобудівних сталей нормальної і підвищеної міцності.

4.10.1.2 Зварювальні матеріали, застосовувані для виготовлення конструкцій із титанових сплавів, підрозділяються на дві групи:

- W - дріт і комбінація «дріт - газ» для зварювання електродом, що плавиться, у середовищі інертного газу (MIG, 131 згідно з ДСТУ ISO 4063 або ISO 4063), а також для зварювання електродом, що не плавиться, у середовищі інертного газу (TIG, 141) або для плазмового зварювання (15);

- R - прутки для зварювання електродом, що не плавиться, у середовищі інертного газу (TIG, 141).

4.10.1.3 Класифікація і позначення.

Зварювальні матеріали підрозділяються на категорії з урахуванням складу і рівня міцності основного металу, застосовуваного для випробувань для схвалення відповідно до вимог табл. 4.10.1.3.

Позначення категорії зварювального матеріалу повинне включати:

- індекс Ti для позначення призначення зварювальних матеріалів;

- позначення групи зварювального матеріалу (W або R);

- позначення групи міцності зварного з'єднання (металу застосовуваного для випробувань щодо схвалення - A, B;

- літерне позначення марки зварювального матеріалу (сплаву), що вказується в дужках. Наприклад: TiWA(ВТ1-00св), TiRB (2В), TiRB (ПТ-7Мсв).

Таблиця 4.10.1.3

Категорія зварювального матеріалу		Літерне позначення марки зварювального матеріалу	Основний метал для випробувань	Область схвалення
Дріт	Прутки			
TiWA	TiRA	ВТ1-00св	ВТ1-0	ВТ1-0, ВТ1-00
TiWB	TiRB	2В	ПТ-3В	ВТ1-0, ВТ1-00, ПТ-1М, ПТ-7М, ПТ-3В
		ПТ-7Мсв[1]	ПТ-7[1]	ВТ1-0, ВТ1-00, ПТ-1М, ПТ-7М

[1] Схвалення зварювальних матеріалів, призначених виключно для зварювання сплавів, які застосовуються тільки для виготовлення труб, виконується в обсязі вимог щодо схвалення технологічних процесів зварювання стикових з'єднань труб діаметром $D \leq 25$мм і $D \geq 80$мм з товщиною стінки $t \leq 3$мм і $t \geq 10$мм, відповідно, в одному із просторових положень зварювання (див. розд. **8**).

4.10.1.4 Схвалення для зварювального дроту або прутків повинне даватися в поєднанні з конкретною групою типової сполуки захисного газу згідно з табл. 4.9.1.4 або визначатися в межах сполуки і чистоти «спеціального» газу, позначуваного індексом групи «S». Сполука захисного газу повинна бути зазначена у звіті про випробування і ССЗМ. Схвалення зварювального дроту в поєднанні з будь-якою конкретною сполукою газу може бути застосоване або поширене для комбінацій цього дроту із захисними газами з аналогічною групою типової сполуки, що визначається згідно з табл. 4.9.1.4. Для спеціальних газів, позначуваних індексом «S», схвалення діє тільки для конкретної сполуки і чистоти захисного газу або суміші, який застосовувався при випробуваннях.

4.10.1.5 Процедура схвалення і вимоги до виробників повинні відповідати вимогам **4.1.3.**

Вимоги до проведення випробувань і оцінки результатів повинні відповідати вимогам **4.2.**

4.10.2 Випробування наплавленого металу.

Для визначення хімічного складу наплавленого металу повинна бути підготовлена і зварена в нижньому положенні проба згідно з рис. 4.10.2.

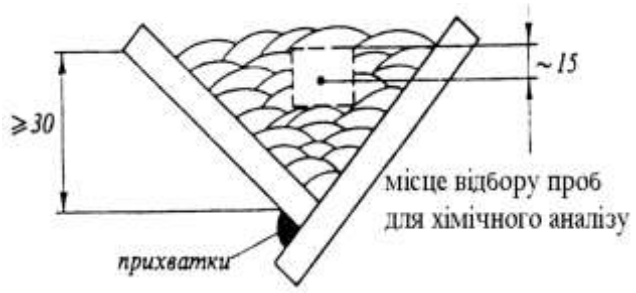


Рис.4.10.2 Проба для випробувань наплавленого металу

Розміри проби, що залежать від типу зварювальних матеріалів і ступеня механізації технологічного процесу, повинні забезпечувати проведення технологічного процесу в стійкому режимі, а також достатню кількість чистого наплавленого металу для виконання хімічних аналізів. У всіх випадках довжина проби повинна бути не менше 150мм для ручних процесів зварювання і не менше 300мм для механізованих способів зварювання.

Основний метал повинний бути сумісним за хімічним складом з металом шва. Результати хімічного аналізу за основними легуючими елементами і домішками не повинні виходити за рамки обмежень, встановлених виробником. Хімічний склад наплавленого металу необхідно визначати методами, які встановлюються стандартами або методиками, погодженими із Регістром. Кількість виготовлених проб наплавленого металу повинно визначатися з урахуванням діапазону діаметрів зварювального дроту (прутка), які підлягають схваленню Регістром. При цьому повинні витримуватися рекомендації, наведені в табл. 4.10.2.

Таблиця 4.10.2

Процес зварювання	Спосіб зварювання	Діаметр зварювального дроту (прутка), мм,	
		який підлягає схваленню	застосованого для зварювання проби наплавленого металу
Автоматична	131	від 0,8 до 3,0	будь-який
Ручна	141	від 1,2 до 6,0	1,6 і 4,0
Автоматична	141	від 1,2 до 4,0	1,6 і 3,0

4.10.3 Випробування стикових з'єднань.

4.10.3.1 Випробування стикових з'єднань повинні виконуватися на пробах згідно з рис. 4.10.3.1-1 і 4.10.3.1-2 аналогічно з вимогами **4.3.3.1** і **4.3.3.2**, **4.5.2.3.1**, **4.5.3.3.1** або **4.5.4.2.1** залежно від виду зварювальних матеріалів і ступеня механізації технологічного процесу зварювання, відповідно. Для виготовлення проб повинний застосовуватися основний метал, що відповідає схвалюваній категорії зварювального матеріалу згідно з вказівками табл. 4.10.1.3.

4.10.3.2 У кожному положенні зварювання (нижньому, вертикальному знизу вгору, вертикальному зверху вниз, стельовому, горизонтальному на вертикальній площині), для якого призначені зварювальні матеріали згідно з рекомендаціями виробника, повинні бути підготовлені і зварені по одній стиковій пробі товщиною від 10 до 14мм згідно з рис. 4.10.3.1-1.

При цьому зварювальні матеріали, що задовольняють вимогам для нижнього і вертикального знизу вгору положень зварювання, можуть вважатися відповідним вимогам для зварювання в горизонтальному положенні на вертикальній площині.

4.10.3.3 Додатково одна проба товщиною від 20 до 25мм згідно з рис. 4.10.3.1-2 повинна бути підготовлена і зварена тільки в нижньому положенні. Рекомендовані форми оброблення кромок наведені в табл. 4.10.3.3.

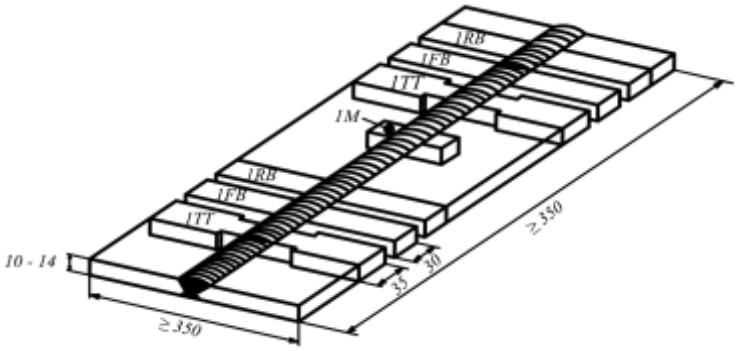


Рис. 4.10.3.1-1 Проба стикового з'єднання для зварювання в різних просторових положеннях:
позначення зразків відповідають вимогам **4.10.3.5**;
оброблення кромок повинне бути однобічним V-подібним або двостороннім X-подібним з кутом розкриття 50° (див. табл. 4.10.3.3); (всі розміри в мм).

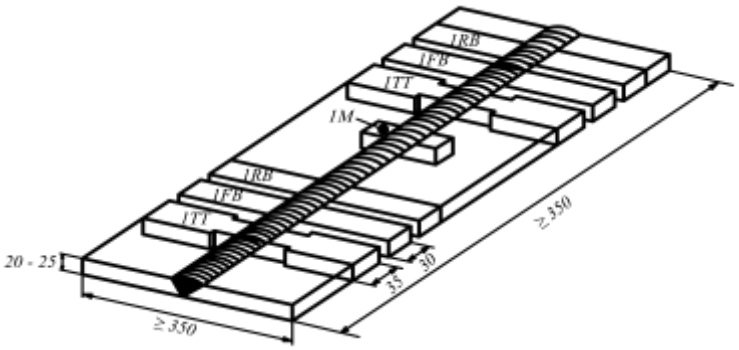
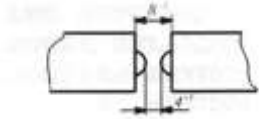
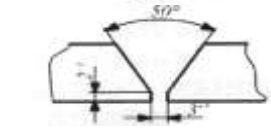
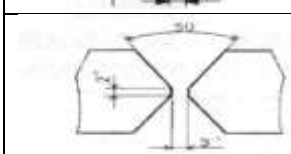


Рис. 4.10.3.1-2 Додаткова проба стикового з'єднання для зварювання в нижньому просторовому положенні:
позначення зразків відповідають вимогам **4.10.3.5**;
оброблення кромок згідно з вимогами **4.10.3.3**;
($L \geq 350$, всі розміри в мм, якщо не зазначене інше).

Таблиця 4.10.3.3

Деталі підготовки кромок, мм	Спосіб зварювання	Діаметр дроту, мм
	141- ручна	Корінь шва - 3 Який заповнює проходи - 4÷ 6
	141- ручна	Корінь шва - 3 Який заповнює проходи - 4÷ 6
	141- ручна 131 або 141 - автоматична	Корінь шва - 3 Який заповнює проходи – 1,2÷ 2
	141- ручна	Корінь шва - 3 Який заповнює проходи - 4÷ 6
	141- ручна 131 або 141 - автоматична	Корінь шва - 3 Який заповнює проходи – 1,2÷ 2

4.10.3.4 Довжина проб повинна забезпечити стійке протікання процесу зварювання в установленому режимі і виготовлення необхідної кількості зразків.

Технологія зварювання проб зварних з'єднань, якщо з Регістром не узгоджене інше, повинна включати виконання кореневого проходу ручним аргонодуговим зварюванням з формуванням зворотної сторони шва з застосуванням зварювального дроту діаметром 3мм. Заповнення оброблених кромок і підварний шов повинні виконуватися з врахуванням зазначеного в табл. 4.10.3.4.

Таблиця 4.10.3.4

Процес і спосіб зварювання	Спосіб зварювання згідно з стандартом ДСТУ ISO 4063 або ISO 4063	Товщина проби зварного з'єднання			
		Від 10мм до 14мм		Від 20мм до25 мм	
		Діаметр, мм		Діаметр, мм	
		Присадки	Електрод, що не плавиться	Присадки	Електрод, що не плавиться
Механізоване, електродом, що плавиться, в інертному газі	131	1,0 ÷ 1,2	-	1,6 ÷ 2,0	-
Ручне дугове, електродом, що не плавиться, в інертному газі	141	3,0 або 4,0	3,0	5,0 або 6,0	4,0
Автоматичне дугове, електродом, що не плавиться, в інертному газі	141	1,2 або 1,4	2,5 ÷ 3,0	1,6 або 2,0	3,0 ÷ 4,0

Режими зварювання проб повинні відповідати рекомендаціям виробника або технологічній документації на зварювання титанових сплавів.

4.10.3.5 Від кожної проби стикового з'єднання згідно з рис. 4.10.3.1-1 і рис. 4.10.3.1-2 повинні бути відібрані й піддані випробуванням наступні види зразків:

- 2 поперечних плоскорозривних зразки для випробування на розтягування (2TT);

- 2 поперечних зразки для випробування на статичний згин з розтягуванням кореня шва (2RB);

- 2 поперечних зразки для випробування на статичний згин з розтягуванням лицьової поверхні шва (2FB);

- 1 поперечний макрошліф (1M).

4.10.3.6 Механічні властивості стикових з'єднань повинні відповідати вимогам табл. 4.10.3.6.

Проведення випробувань і оцінка результатів, включаючи повторні та щорічні випробування, повинні відповідати вимогам **4.2**. Положення руйнування в зразках на розтягування повинно бути наведене у звіті про випробування. Макрошліфи повинні бути піддані огляду на предмет наявності дефектів, таких як непровари, каверни, вкраплення, пори або тріщини.

Таблиця 4.10.3.6

Категорія зварювального матеріалу	Категорія основного металу	Тимчасовий опір R_m, МПа, min	Випробування на статичний згин	
			Діаметр оправки	Кут згину[1], град, min
TiWA/TiRA	ВТ1-0	370	6*t*	180
TiWB/TiRB	ПТ-3В	640	8*t*	180
	ПТ-7М	480	8*t*	180

[1] Тріщини довжиною менше 3мм, які виникли на стороні зразка, яка підлягає розтягуванню, не враховуються.
Примітка: t – товщина зразка.

4.10.4 Щорічні випробування.

Щорічні випробування на підтвердження ССЗМ повинні включати зварювання і проведення випробувань проби наплавленого металу згідно з **4.10.2** (див. рис. 4.10.2) і однієї проби стикового з'єднання товщиною 10-14мм в нижньому положенні зварювання згідно з вимогами **4.10.3** (див. рис. 4.10.3.1-1).

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 виготовлювачем.

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

5.1 Зварювання конструкцій та виробів, що підлягають технічному нагляду Регістру згідно з вимогами **1.1.1**, повинне виконуватися зварювальниками, які пройшли відповідні випробування і допущеними Регістром до виконання зварювальних робіт.

5.2 Порядок проведення випробувань зварювальників ручного та частково механізованого зварювання з оформленням Свідоцтва про допуск зварювальника повинний відповідати вимогам розд. **4** частини 3 «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів.

До виконання зварювальних робіт можуть бути допущені зварювальники, які пройшли випробування згідно з міжнародними і/або національними стандартами (ДСТУ EN ISO 9606, EN ISO 9606, ISO 9606, ASME Sec.IX, ANSI/AWS D1.1), враховуючи кваліфікаційні випробування, які пройшли зварювальники згідно з частинами зазначених стандартів.

5.3 Порядок проведення випробувань зварювальників повністю механізованого зварювання з оформленням Свідоцтва про допуск зварювальника повинен відповідати вимогам розд. 4 частини 3 «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів або визнаних Регістром відповідних національних і міжнародних стандартів, включаючи ДСТУ EN ISO 14732 і відповідні стандарти ISO та EN.

У тому випадку, якщо це встановлено умовами контракту, атестація і допуск зварювальників-операторів автоматичного і роботизованого зварювання повинні виконуватися згідно з процедурними вимогами, аналогічними стандарту ДСТУ EN ISO 14732 або відповідного стандарту ISO чи EN.

Атестація та допуск зварювальників-операторів обладнання для зварювання тертям з перемішуванням алюмінієвих сплавів здійснюється на підставі положень ДСТУ EN ISO 25239-3:2011.

5.4 У всіх випадках, перерахованих в **5.2** і **5.3**, як практичні випробування з допуску зварювальників можуть бути зараховані результати випробувань щодо схвалення технологічних процесів зварювання, виконаних зварювальником, який підлягає процедурі допуску.

5.5 Можливість визнання документів, що підтверджують кваліфікацію зварювальників і оформлених іншим класифікаційним товариством або уповноваженим компетентним органом, визначається Регістром у кожному випадку в процесі технічного нагляду за побудовою судна або виготовленням виробів в обсязі, достатньому для підтвердження відповідності цих документів вимогам розд. **4** частини 3 «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів.

5.6 Умови дії і продовження Свідоцтва про допуск зварювальника повинні відповідати вимогам розд. **4** частини 3 «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів або, за погодженням з Регістром, міжнародних та/або національних стандартів, включаючи ДСТУ EN ISO 9606 і ДСТУ EN ISO 14732 та відповідні стандарти ISO та EN, ASME Sec. IX, ANSI/AWS D1.1.

6. СХВАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ СТАЛЕВИХ КОНСТРУКЦІЙ І ВИРОБІВ

Технологічні процеси зварювання (ТПЗ), які застосовуються при виготовленні сталевих конструкцій, що підлягають технічному нагляду Регістру, зазначених у 1.1.1, повинні бути схвалені Регістром і відповідати вимогам розд. **6** частини 3 «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів.

7. СХВАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ АЛЮМІНІЄВИХ СПЛАВІВ

Технологічні процеси зварювання, які застосовуються при виготовленні конструкцій із алюмінієвих сплавів, що підлягають технічному нагляду Регістру, повинні бути схвалені Регістром і відповідати вимогам розд. **7** частини 3 «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів» Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів.

8. СХВАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ ТИТАНОВИХ СПЛАВІВ

Технологічні процеси зварювання, що застосовуються для виробництва конструкцій з титанових сплавів, які підлягають технічному нагляду Регістру, повинні бути схвалені Регістром і відповідати вимогам розділу **8** «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів», частини **3** «Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів».

9. СХВАЛЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ ЗВАРЮВАННЯ МІДІ ТА МІДНИХ СПЛАВІВ

Технологічні процеси зварювання, що застосовуються для виробництва конструкцій з міді та мідних сплавів, які підлягають технічному нагляду Регістру, повинні бути схвалені Регістром і відповідати вимогам розділу **9** «Технічний нагляд за виготовленням матеріалів», частини **3** «Правил технічного нагляду за побудовою суден і виготовленням матеріалів і виробів.

Журнал зварювання вентилятором гарячого газового теплоносія або зварювання гарячим газовим теплоносієм методом протягування

Зварювання гарячим газовим теплоносієм (вентилятором) (методом протягування)

Журнал зварювання

Логотип компанії

Назва проекту:	№ проекту:	Погода	Захисні заходи
Малюнок №:	Основний матеріал (виробник, тип, партія, дата), форма:	1 = сонячно	1 = немає
Зварювальник:	Наповнювач зварювальний (виробник, тип, партія, дата), форма:	2 = сухо	2 = екран
Сертифікат зварювання №: / дійсний до, видано:	Зварювальний апарат (марка, тип):	3 = опади	3 = намет
Нагляд за зварюванням (2):	Насадка(и)	4 = вітер	4 = опалення

Дата	Деталь конструкції	Зварний шов №	Товщина з'єднуваної частини, мм	Форма шва (символ)	Процедура WF, WZ	Обсяг повітря л/хв	Температура гарячого газу (1) °C	Температура навколишнього середовища, °C	Температура з'єднуваних поверхонь, °C	Погода (номер коду)	Захисні заходи (номер коду)	Візуальна оцінка

(1) Вимірюється в центрі вихідного отвору насадки, на 5 мм всередину насадки
(2) наприклад: Спеціаліст зі зварювання пластмас згідно DVS 2213

Коментарі: наприклад: важкі умови

_____

_____

_____

_____ дата/підпис зварника

_____ дата/підпис керівника зварювальних робіт

Журнал екструзійного зварювання гарячим теплоносієм

Екструзійне зварювання
Журнал зварювання

Логотип компанії			
Проект:	№ проекту:	Погода	Захисні заходи
Малюнок №:	Основний матеріал (виробник, тип, партія, дата):	1 = сонячно	1 = немає
Зварювальник:	Наплавлювальний (виробник, тип, партія, дата):	2 = сухо	2 = навіс
Сертифікат зварювання №: / дійсний до	Марка зварювального апарату, тип:	3 = опади	3 = намет
Нагляд за зварюванням (3):	Рік виготовлення/останній огляд машини: / Варіант процесу згідно DVS 2207-4:	4 = вітер	4 = опалення

Дата	Зварний шов №	Товщина з'єднуваної частини, мм	Форма шва (символ)	Зварювальний башмак №	Обсяг повітря л/хв	Температура маси °C (1)	Температура гарячого газу °C (2)	Швидкість зварювання см/хв	Температура навколишнього середовища, °C	Температура з'єднуваних поверхонь, °C	Погода (номер коду)	Захисні заходи (номер коду)	Візуальна оцінка

(1) Вимірюється пронизливим термометром на виході екструдату зварювального апарату/пристрою
Коментарі: наприклад важкі умови

(2) Вимірюється в центрі вихідного отвору насадки, на 5 мм всередину насадки

(3) наприклад, Спеціаліст зі зварювання пластмас згідно DVS 2213

_____ дата/підпис зварника

_____ дата/підпис керівника зварювальних робіт

Регістр судноплавства України

ПРАВИЛА
КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ МОРСЬКИХСУДЕН

ЧАСТИНА XIV
ЗВАРЮВАННЯ

Регістр судноплавства України
04070, Київ, вул. Петра Сагайдачного, 10
https://ur.ua