

**РЕГІСТР СУДНОПЛАВСТВА УКРАЇНИ**

---

**ПРАВИЛА  
КЛАСИФІКАЦІЇ ТА ПОБУДОВИ  
МАЛИХ СУДЕН**

**ЧАСТИНА XV  
ЗВАРЮВАННЯ**



**Київ 2024**

## **Регістр судноплавства України. Правила класифікації та побудови малих суден.**

Це видання Правил класифікації та побудови малих суден підготовлене на основі їх четвертого видання 2015 р., з урахуванням змін і доповнень, включених у Бюлетені змін і доповнень №1 (2016 р.) і №2 (2020р.), та оновлених міжнародних стандартів ДСТУ EN ISO групи 13.340.70 Індивідуальні плавзасоби (рятувальні жилети), групи 47.080 Малі судна згідно з національним класифікатором НК 004:2020, гармонізованого з ICS, а також інших оновлених стандартів ДСТУ EN ISO, ДСТУ ISO (див. Додаток 1 до частини I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден), вимог до поліетиленів високої (HDPE), середньої (MDPE) та низької (LDPE) щільності і акрилонітрил бутадієн стиролів (ABS) згідно зі стандартами інших класифікаційних товариств. При підготовці цього видання враховано зміни, внесені циркулярними листами Регістру судноплавства України №211.1.4-1181Ц від 29.05.2017р., №28.8-47 від 10.01.2024р., №28.8-70 від 17.01.2024р., №28.8-306 від 01.03.2024р., №28.8-334 від 06.03.2024р., №34.8-680 від 03.06.2024р., №111/34-24 від 03.07.2024р., №125/34-24 від 17.07.2024р., вимоги застосовних Міжнародних конвенцій та кодексів, прийнятих відповідними резолюціями Міжнародної морської організації (ІМО), вимоги застосовних документів Європейської економічної комісії ООН, Дунайської Комісії та директив Європейського Парламенту і Ради, змін і доповнень, прийнятих за результатами аналізу досвіду застосування Правил класифікації та побудови малих суден попередніх видань та Правил інших класифікаційних товариств.

При розробленні цих Правил також враховані:

Закон України «Про внутрішній водний транспорт» №1054-ІХ від 03.12.2020, у редакції від 13 грудня 2022 року № 2849-ІХ;

Наказ Міністерства розвитку громад, територій та інфраструктури України від 30.05.2023 року за № 462 «Про затвердження Положення про річкову інформаційну службу»;

Наказ Регістру судноплавства України від 02.02.2024р., №13 «Про впровадження нової торговельної марки Регістру судноплавства України».

Перелік частин, що увійшли до цих Правил:

Частина II Корпус

Частина III Пристрої, обладнання та забезпечення

Частина IV Остійність, непотоплюваність та надводний борт

Частина V Механічні установки. Механізми. Системи та трубопроводи.

Частина VI Автоматизація

Частина VII Електричне обладнання

Частина VIII Радіо та навігаційне обладнання

Частина IX Рятувальні засоби

Частина X Протипожежний захист

Частина XI Випробування суден

Частина XII Матеріали

Частина XIII Особливі вимоги до суден для комерційного перевезення пасажирів

Частина XIV Засоби щодо запобігання забрудненню з суден.

**Частина XV Зварювання**

Правила класифікації та побудови малих суден Регістру судноплавства України затверджені згідно з діючим положенням і вступають у силу 0X.0X.2024 року.

Правила публікуються українською та англійською мовами. У разі розбіжностей між текстами українською та англійською мовами та сумнівів щодо тлумачення Правил текст українською мовою переважатиме.

**Офіційне видання  
Регістр судноплавства України**



## **Зміни**

Частина XV Правил класифікації та побудови малих суден видання 2024 року знову розроблена та додана до Правил.

## 1 ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

### 1.1 ОБЛАСТЬ ПОШИРЕННЯ

**1.1.1** Ця частина Правил поширюється на зварювання конструкцій, які підлягають технічному нагляду Регістру, виготовлених з термопластиків, зазначених у розділі **10** частини X «Матеріали» цих Правил.

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

Зварювання конструкцій з металу – див. пункт **4.6.2** частини II «Корпус» цих Правил.

### 1.2 ВИЗНАЧЕННЯ ТА ПОЯСНЕННЯ

Визначення і пояснення, що стосуються загальної термінології Правил, наведені у частині I «Класифікація» Правил класифікації та побудови суден.

В цій частині Правил вживаються такі визначення:

*Безперервний процес зварювання* – процес екструзійного зварювання, під час якого пластифікований присадний матеріал, що виходить із ручного або механічного пристрою чи машини, безперервно вдавлюється в також пластифіковане зварювальне з'єднання за допомогою зварювального башмака.

*Екструдер* – система для пластифікації гранульованого зварювального присадного матеріалу інтегрована у зварювальний апарат.

*Екструзійне зварювання гарячим теплоносієм* - це ручний або частково механізований процес зварювання. Використовується зварювальний присадний матеріал з дроту або гранул, який розплавляється і пластифікується в системі пластифікації (екструдер). Зварювальний присадний матеріал вдавлюється в зварювальний шов основного матеріалу, який пластифікується потоком гарячого газового теплоносія, зазвичай повітря, за допомогою зварювального башмака, виконаного відповідно до геометрії шву. Іншими джерелами або носіями тепла можуть бути, наприклад, світловий промінь або інертні гази. Масова потужність машин або пристроїв визначає максимальний розмір зварного шву і впливає на швидкість зварювання. Необхідний тиск з'єднання створюється масою присадного матеріалу, що поступає з екструдера, і відповідною дією зварювальника.

*Зварювання вентилятором гарячого газового теплоносія* – процес зварювання, під час якого основний матеріал і присадний матеріал нагріваються і пластифікуються потоком гарячого газового теплоносія, зазвичай повітря, що спрямовується на з'єднувані поверхні за допомогою насадки (сопла), прикріпленої до зварювального апарату. Зварювальний апарат безперервно ведеться вздовж зварного з'єднання. Пластифікований присадний матеріал (зварювальний пруток, стрижень) подається в шов вручну, застосовуючи тиск для з'єднання.

*Зварювання гарячим газовим теплоносієм методом протягування* – процес зварювання, під час якого зварювальний присадний матеріал подається в зону з'єднання через канал в насадці (соплі). Канал насадки повинен відповідати формі зварювального присадного матеріалу (стрижня). Завдяки направленню потоку гарячого газового теплоносія і формі патрубку для витягування зварювальний присадний матеріал і основний матеріал рівномірно попередньо нагріваються і пластифікуються. Потрібний тиск при з'єднанні здійснюється за допомогою дзьобоподібного пристрою на кінці насадки (притискного язичка).

*Основний матеріал* – матеріал частин конструкцій, що з'єднуються зварюванням.

*Переривчастий процес зварювання* – процес екструзійного зварювання, під час якого пластифікований зварювальний присадний матеріал видавлюється з екструдера секціями за допомогою відповідної насадки, подається у зварювальне з'єднання, пластифіковане за допомогою пристрою гарячого газового теплоносія та пресується, формується і згладжується пресовим інструментом.

*Присадний матеріал* - матеріал з прутків, стрижнів, зварювальної стрічки, дроту або гранул, який відповідає основному матеріалу, та подається у зону з'єднання (зварювання) для пластифікації і формування зварного шву.

### 1.3 ІНШІ ПОЛОЖЕННЯ

Щодо положень у частині загальних вимог, обсягу технічного нагляду, технічної документації слід користуватись загальними положеннями, викладеними у розділі **1** частини XIV «Зварювання» Правил класифікації та побудови морських суден, з урахуванням їхньої застосовності.

## 2 ПРОЦЕС ЗВАРЮВАННЯ

### 2.1 ЗАГАЛЬНІ ВИМОГИ ДО ПРОЦЕСУ ЗВАРЮВАННЯ

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

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

**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.

#### 2.1.4 Конструктивні вимоги до зварних швів.

- шви, що перетинаються, повинні розташовуватися у шаховому порядку;
- 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;
- 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.

#### 2.1.5 Форми зварних швів.

Найбільше поширені форми зварних швів наведені на рис. 2.1.5-1.


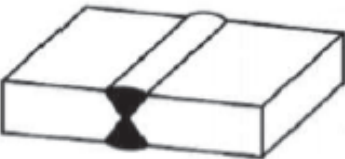
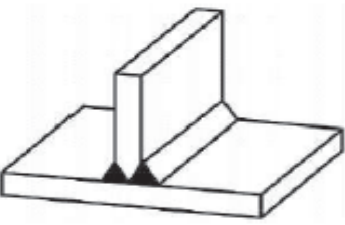
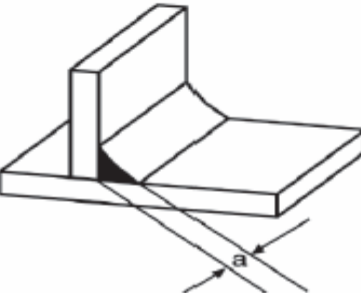

позначення	зображення	СИМВОЛ
V шов		V
подвійний V-подібний шов (X-шов)		X
подвійний шов HV (K-шов)		K
кутове зварювання		

Рис. 2.1.5-1. Поширені форми зварних швів

На рис. 2.1.5.-2 наведені відповідні форми обробки кромки з'єднаних частин для наведених форм зварних швів.

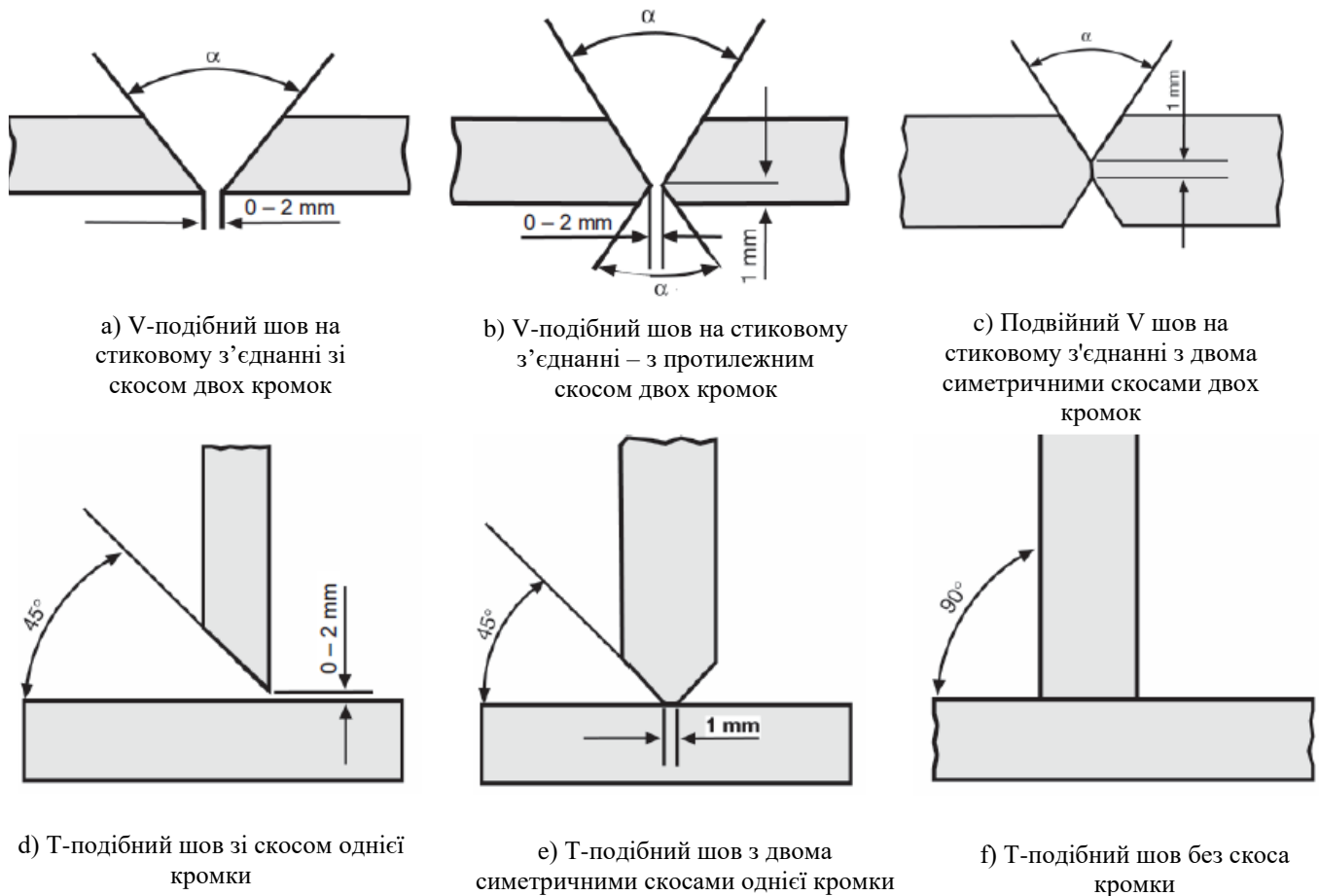


Рис. 2.1.5-2. Форми обробки кромки для зварних швів

### 2.1.6 Підготовка до зварювання

Зварні поверхні з'єднаних частин повинні бути відповідно підготовлені згідно з 2.1.4, 2.1.5.

Поверхні, що зварюються, не повинні бути пошкоджені, окислені або забруднені. За необхідності їх перед зварюванням необхідно обробити. Обробка може здійснюватися такими інструментами для видалення стружки, як скрепки, 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'єднані 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'єднані поверхні необхідно очистити, слід використовувати спеціальні нежирні миючі засоби.

До поверхонь, що зварюються, повинен бути забезпечений достатній доступ зварювальника та зварювального пристрою.

### 2.1.7 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'єднаних 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'єднані частини мають нерівномірну температуру, наприклад, через одностороннє сонячне світло або різні умови зберігання, температуру необхідно вирівняти перед зварюванням.

### 2.1.8 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 (не набухаючі, не розчиняючі та не жирні), серветки без ворсу;
- відповідне сховище для зварювального пристрою.

### 2.1.9 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.

### 2.1.10 Контроль зварних з'єднань.

Контроль зварних з'єднань здійснюється неруйнівними та руйнівними методами. Методи наведені у таблиці 2.1.10. Технології випробувань повинні бути погоджені Регістром.

**Таблиця 2.1.10. Можливі методи випробування зварних швів.**

<b>Неруйнівний контроль</b>	
Візуальний огляд <sup>1</sup> непошкодженого шву (зовнішні висновки)	Візуальний огляд відповідно до інструкції з технологічного процесу зварювання. Групу оцінювання необхідно визначати в кожному конкретному випадку.
Тест на герметичність з негативним тиском	Використання відповідних вакуумних дзвонів та піноутворюючої рідини. Умови тестування повинні визначатися у кожному конкретному випадку. Звичайний випробувальний тиск від $-0,4$ до $-0,6$ бар.
Випробування на герметичність високовольтною електричною мережею	Тип випробувального пристрою (з протилежним полюсом або без нього) і випробувальна напруга повинні визначатися в кожному конкретному випадку.
Рентгенографічне дослідження <sup>2</sup>	Дослідження застосовується переважно для визначення кількості, розташування, форми та розміру пор, пустот і можливих подібних дефектів.
Ультразвуковий контроль <sup>2</sup>	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.
<b>Руйнівний контроль</b>	
Візуальний контроль перерізу зварного шву	Форма поперечного перерізу зварного шву (геометрія шву), дані внутрішнього стану шву. Характер руйнування зварного шву, зруйнованого під час випробування на розтягнення або технологічний вигин.
Випробування на розтяг	Визначення міцності на розрив. Випробування не застосовуються до кутових та HV швів.
Випробування на технологічний згин	Визначення міцності на згин (кут вигину/траєкторія вигину). Випробування не застосовуються до кутових та HV швів.

<sup>1</sup> 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.

<sup>2</sup> Ультразвукове та рентгеновське 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.



## 2.2 ЗВАРЮВАННЯ ВЕНТИЛЯТОРОМ ГАРЯЧОГО ГАЗОВОГО ТЕПЛОНОСІЯ, ЗВАРЮВАННЯ ГАРЯЧИМ ГАЗОВИМ ТЕПЛОНОСІЄМ МЕТОДОМ ПРОТЯГУВАННЯ

### 2.2.1 Розробка кромок, присадний матеріал, структура зварного шву.

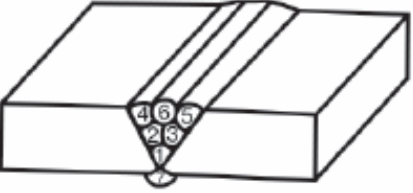
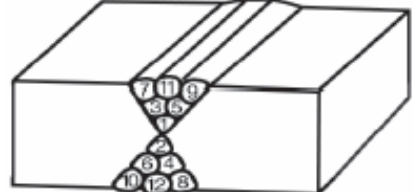
Розробка кромок для зварних швів повинна виконуватися згідно з рис. 2.1.5.-2. При цьому кути розкриття швів  $\alpha$  для V та подвійних V швів складають, як правило,  $60^{\circ}$ - $70^{\circ}$ . Для кутових швів звичайними є  $45^{\circ}$  або  $90^{\circ}$ .

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 2.2.1. 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. Приклади структури зварного шву в залежності від товщини заготовки з кутом розкриття шву  $60^{\circ}$ .**

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 кожную сторону 1×4
	5	на кожную сторону 3×3
	6	на кожную сторону 3×3
	8	на кожную сторону 1×3+2×4
	10	на кожную сторону 6×3 або на кожную сторону 1×3+3×4

### 2.2.2 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.

### 2.2.3 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'єднаних поверхонь спеціальною насадкою для прихвачування.

### 2.2.4 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 2.2.4.

**Таблиця 2.2.4. Орієнтовні значення параметрів для зварювання вентилятором гарячого газового теплоносія**

Матеріал	Температура газового теплоносія <sup>1</sup> , °C	Об'ємна витрата газового теплоносія <sup>2</sup> , л/хв	Швидкість зварювання <sup>3</sup> , мм/хв	Зусилля (Н) при зварюванні прутком діаметром	
				3 мм	4 мм
HDPE	300÷320	40÷50	70÷90	8÷10	20÷25

<sup>1</sup> На відстані 5мм від основного отвору насадки.

<sup>2</sup> Об'єм всмоктуваного холодного повітря при атмосферному тиску.

<sup>3</sup> Залежно від діаметра присадного матеріалу та геометрії зварного шву.

### 2.2.5 Зварювання гарячим газовим теплоносієм методом протягування.

При зварюванні гарячим газовим теплоносієм методом протягування зварювальний присадний матеріал вдавлюється в зону зварювання за допомогою дзьобоподібного пристрою (притискний язичок), розташованого на насадці. Для початку та кінця шву процедура така ж, як і для зварювання вентилятором гарячого газового теплоносія (див. 2.2.4).

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 2.2.5.

**Таблиця 2.2.5. Орієнтовні значення параметрів для зварювання гарячим газовим теплоносієм методом протягування.**

Матеріал	Температура газового теплоносія <sup>1</sup> , °С	Об'ємна витрата газового теплоносія <sup>2</sup> , л/хв	Швидкість зварювання <sup>3</sup> , мм/хв	Зусилля (Н) при зварюванні прутком діаметром	
				3 мм	4 мм
HDPE	300÷340	40÷55	250÷350	15÷20	25÷35

<sup>1</sup> Вимірюється на відстані 5мм від основного отвору насадки.

<sup>2</sup> Об'єм всмоктуваного холодного повітря при атмосферному тиску.

<sup>3</sup> Залежно від діаметра присадного матеріалу та геометрії зварного шву.

### 2.2.6 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.

### 2.2.7 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.

**2.2.8** Необхідність та процедури додаткових механічної і термічної обробок зварних швів слід узгоджувати з Регістром.

### 2.2.9 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.

## 2.3 ЕКСТРУЗІЙНЕ ЗВАРЮВАННЯ ГАРЯЧИМ ТЕПЛОНОСІЄМ

### 2.3.1 Екструзійне зварювання (див. 1.2).

Розрізняються такі процеси:

- безперервний процес зварювання
- переривчастий процес зварювання

#### 2.3.1.1 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.

#### 2.3.1.2 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.

### 2.3.2 Розробка кромки, присадний матеріал, структура зварного шву.

Поширені форми зварних швів наведені на рис. 2.1.5-1. Розробки кромки для таких швів рекомендується застосовувати із наведених на рис. 2.1.5-2 з урахуванням зміни кутів розкриття швів відповідно до товщини з'єднуваних деталей, що розраховуються згідно з графіками на рис. 2.3.2.

Зварні шви зазвичай слід виконувати в один шар, в особливих випадках допускається виконання в кілька шарів.

Кількість присадного матеріалу, що вноситься у зону зварювання, слід розраховувати в залежності від швидкості зварювання та розмірів розробки кромки. Вона в середньому повинна на 10÷15% перевищувати кількість матеріалу, необхідного для заповнення розробки.

Оптимальний діаметр насадки для подачі присадного матеріалу з екструдера для товщини з'єднуваних деталей <5мм – 5мм, для товщин >5мм – 10мм.

Для зменшення об'єму зварювального шву та з огляду на більш рівномірний розподіл залишкових зварювальних напружень зварювальні шви, якщо можливо, слід зварювати з обох сторін або з протилежним положенням (подвійний V-подібний шов, кутове зварювання, подвійний HV-шов). Корінний зазор не повинен перевищувати максимум 2 мм для безперервного процесу зварювання та 4 мм для переривчастого процесу зварювання. Виступ матеріалу в корені шву повинен бути не більше 1 мм.

Через напруги усадки, які виникають при охолодженні швів, рекомендується мінімізувати введення присадної маси у зварне з'єднання.

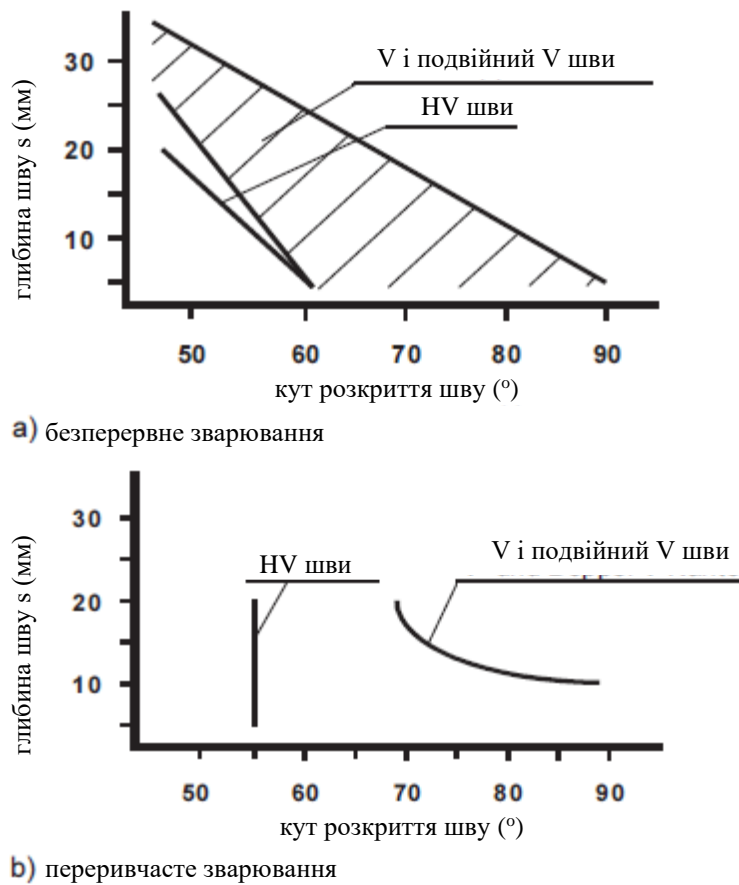


Рис. 2.3.2. Рекомендовані кути розкриття шву для HDPE для зварних швів V і HV залежно від глибини шву та процесу зварювання (для інших матеріалів, можливо, доведеться вибрати інші кути розкриття шву).

### 2.3.3 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.

### 2.3.4 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 2.3.4. 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 2.3.4. Мінімальна довжина пресування залежно від глибини шву.**

Глибина шву <i>s</i> для V-подібних швів (див. рис. 2.3.5)	Довжина пресування
До 15	35
>15 до 20	45
>20 до 30	55

### 2.3.5 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.

### 2.3.6 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 2.3.6-1.

**Таблиця 2.3.6-1. Орієнтовні значення параметрів для ручного екструзійного зварювання гарячим газовим теплоносієм.**

Матеріал	Температура маси <sup>1</sup> , °C	Температура гарячого газового теплоносія <sup>2</sup> , °C	Кількість гарячого газового теплоносія <sup>3</sup> , л/хв
HDPE	210÷230	210÷300	300

<sup>1</sup> Вимірюється проникаючим термометром на виході присадного матеріалу з екструдера.

<sup>2</sup> Вимірюється на відстані 5мм від основного отвору насадки посередині отвору сопла.

<sup>3</sup> 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. 2.3.6-2).

Глибина проплавлення повинна перевірятися безпосередньо перед зварювальним башмаком. Це можна зробити тонким тупим інструментом.

Слід стежити за тим, щоб розплавлений основний матеріал не відштовхувався від носика зварювального башмака на боках шву.

Перед новими проходами і в кінці зварювальних швів на замкнених швах вже зварені кінці швів необхідно обробити під кутом.

Рекомендується закривати екструзійний шов відразу після зварювання щоб уникнути швидкого охолодження покривного шару та утворення в результаті цього пустот.

У разі накладання багат шарових зварних швів, необхідно обробити охолоджені бокові сторони швів і поверхні вже зварених шарів.

Пов'язані з конструкцією зміни геометрії шву в ході зварювання шву (наприклад, у сегментних дугах і розгалуженнях) вимагають особливо ретельного наведення зварювального башмака. При необхідності зварювальний башмак необхідно змінити.

У частково та повністю автоматизованих системах та обладнанні для екструзійного зварювання параметри зварювання масової потужності, попереднього нагріву та швидкості зварювання повинні бути узгоджені та відповідно налаштовані.

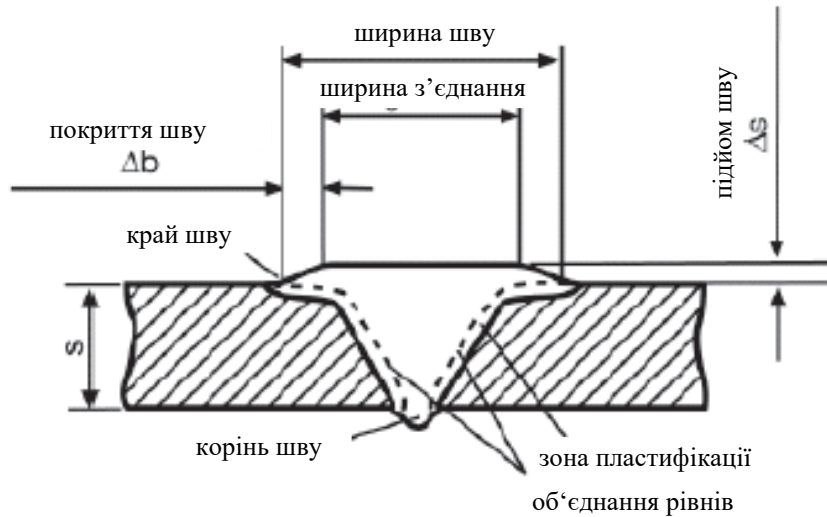


Рис. 2.3.6-2. Приклад V-подібного шву із зонами плавлення та покриття шву.

### 2.3.7 Додаткова механічна обробка зварного шву.

Як правило, у разі відповідної підготовки зварювального башмака та належного використання зварювального пристрою під час зварювання додаткова обробка зварних швів не потрібна.

При цьому, необхідно завжди видаляти будь-які бічні відростки, які могли проштотуватися 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.

### 2.3.8 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.

**2.3.9** Необхідність та процедури додаткових механічної і термічної обробок зварних швів слід узгоджувати з Регістром.

### 2.3.10 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.

**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:		
Малюнок №:	Основний матеріал (виробник, тип, партія, дата), форма:			
Зварювальник:	Наповнювач зварювальний (виробник, тип, партія, дата), форма:			
Сертифікат зварювання №: / дійсний до, видано:	Зварювальний апарат (марка, тип):			
Нагляд за зварюванням (2):	Насадка(и)			

Дата	Деталь конструкції	Зварний шов №	Товщина з'єднуваної частини, мм	Форма шва (символ)	Процедура WF, WZ	Обсяг повітря л/хв	Температура гарячого газу (1) °С	Температура навколишнього середовища, °С	Температура з'єднуваних поверхонь, °С	Погода (номер коду)	Замисні заходи (номер коду)	Візуальна оцінка

Коментарі: наприклад: важкі умови

(1) Вимірюється в центрі вихідного отвору насадки, на 5 мм всередину насадки

(2) наприклад: Спеціаліст зі зварювання пластмас згідно DVS 2213

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

Дата/підпис зварника

Дата/підпис керівника зварювальних робіт

Журнал екструзійного зварювання гарячим теплоносієм

<b>Екструзійне зварювання</b>		<b>Логотип компанії</b>	
<b>Журнал зварювання</b>		№ проекту:	
Проект:	Основний матеріал (виробник, тип, партія, дата):		
Малюнок №:	Наповнювач зварювальний (виробник, тип, партія, дата):		
Зварювальник:	Марка зварювального апарату, тип:		
Сертифікат зварювання №: / Дійсний до	Рік виготовлення/останній огляд		
Нагляд за зварюванням (З):	Варіант процесу згідно DVS 2207-4:		
	машини:		

Дата	Зварний шов №	Товщина з'єднуваної частини, мм	Форма шва (символ)	Зварювальний башмак №	Обсяг повітря л/хв	Температура маси °С (1)	Температура гарячого газу °С (2)	Швидкість зварювання см/хв	Температура навколишнього середовища, °С	Температура з'єднуваних поверхонь, °С	Погода (номер коду)	Закисні заходи (номер коду)	Візуальна оцінка

- (1) Вимірюється проникаючим термометром на виході екструдату зварювального апарату/пристрою
- (2) Вимірюється в центрі вихідного отвору насадки, на 5 мм всередину насадки
- (3) наприклад: Спеціаліст зі зварювання пластмас згідно DVS 2213

Коментарі: наприклад: важкі умови

Дата/підпис керівника зварювальних робіт

Дата/підпис зварника