



УКРАЇНА

(19) **UA** (11) **59201** (13) **U**  
(51) МПК  
**G01N 3/08 (2006.01)**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ  
І НАУКИ УКРАЇНИДЕРЖАВНИЙ ДЕПАРТАМЕНТ  
ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ  
ВЛАСНОСТІ**ОПИС**  
**ДО ПАТЕНТУ**  
**НА КОРИСНУ МОДЕЛЬ**видається під  
відповідальність  
власника  
патенту**(54) СПОСІБ КОНТРОЛЮ МІЦНОСТІ ПОЯСНИХ ШВІВ ЗВАРНИХ ПРОФІЛІВ**

1

2

(21) u2010111686

(22) 01.10.2010

(24) 10.05.2011

(46) 10.05.2011, Бюл.№ 9, 2011 р.

(72) ПАШИНСЬКИЙ ВІКТОР АНТОНОВИЧ, ШУЛЬ-  
ГІН ВОЛОДИМИР ВАСИЛЬОВИЧ(73) ПОЛТАВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ  
УНІВЕРСИТЕТ ІМЕНІ ЮРІЯ КОНДРАТЮКА(57) Спосіб контролю міцності поясних швів звар-  
них профілів, який полягає в механічному випро-

буванні зразків на зріз поясних кутових швів, який **відрізняється** тим, що для випробувань викорис-  
товуються зразки у формі коротких відрізків звар-  
ного двотавра, які мають поперечний переріз на-  
турних розмірів, товщину полицки та стінки,  
достатню для руйнування зразків по зварних швах,  
і довжину, меншу від чотирьох катетів шва, й виго-  
товлені у звичайному технологічному режимі ро-  
боти зварювального обладнання.

Корисна модель належить до будівництва, а саме до способів контролю міцності поясних швів складених зварних профілів для виготовлення металевих конструкцій і може бути використана для контролю якості зварних двотаврів та інших профілів, у тому числі при проведенні сертифікаційних, періодичних кваліфікаційних випробувань.

Відомі способи контролю якості кутових зварних з'єднань [5, 6] базуються на контролі форми та розмірів шва, візуальному виявленні дефектів зварювання, застосуванні ультразвуку, рентгенівських променів чи радіаційного випромінювання для виявлення прихованих дефектів, оцінюванні твердості наплавленого металу, випробуванні на розтяг малих зразків, виготовлених із наплавленого металу, або випробуванні спеціально зварених зразків установленної конструкції.

Найближчим способом, прийнятим в якості прототипу, є випробування спеціально виготовлених зразків кутових зварних з'єднань, конструкція яких регламентована стандартом [1]. Перевага цього способу полягає в тому, що замість опосередкованого контролю шляхом вимірювання твердості чи міцності наплавленого металу проводиться безпосереднє випробування зварного шва в цілому. Це забезпечує контроль міцності обох встановлених нормами проектування [2] розрахункових перерізів кутового шва: по металу шва й по межі сплавлення з основним металом. Тим самим досягається достовірність результатів випробувань швів, зварених ручним або напівавтоматичним способом, які дозволяють виконувати короткі зварні шви. Недоліками прототипу є відмінність

зразків установленної конструкції [1] від реальних конструкцій, а також труднощі виготовлення таких зразків із використанням обладнання для автоматичного зварювання, яке не дозволяє виконувати короткі зварні шви. Таким чином, метод-прототип [1] не забезпечує достовірного контролю міцності швів, особливо тих, що виконані автоматичним зварюванням.

Спільною з прототипом ознакою є механічне випробування несучої здатності кутових зварних швів натурних розмірів.

В основу корисної моделі поставлена задача забезпечення достовірності контролю якості поясних зварних швів, що з'єднують полицки зі стінкою складених двотаврових профілів, за рахунок випробувань зразків, виготовлених на тому ж обладнанні та в тому ж технологічному режимі, що й при серійному виготовленні складених зварних профілів.

Поставлене завдання вирішується шляхом використання для випробувань зразків у формі коротких відрізків зварного двотавра, виготовленого серійним способом.

Суть корисної моделі полягає у тому, що випробування проводяться на зразках у формі коротких відрізків зварного двотавра, спеціально обрані розміри яких забезпечують:

- відповідність профілів, з яких відбираються зразки для випробувань, вимогам норм проектування та конструкторської документації;

- можливість виготовлення зразків у звичайному технологічному режимі роботи обладнання,

(13) **U**  
(11) **59201**  
(19) **UA**

що використовується при серійному виготовленні зварних профілів;

- запаси міцності полицки та стінки, що забезпечують руйнування зразка по зварних швах;
- можливість закріплення в захватах розривної випробувальної машини;
- достатню потужність випробувальної машини.

Схема виготовлення зразків для випробувань поясних швів зображена на фігурі 1. Довжина зразка (вздовж осі двотавра) приймається рівною 40-80 мм відповідно до вимоги СНіП [2] щодо мінімальної довжини кутового шва, рівної чотирьом його катетам:  $l_w \geq 4 \times k_f$ . Висота стінки та ширина полицки двотавра, який є заготовкою для відрізання зразків, визначається з умови розміщення зразка в захватах випробувальної машини. Інші розміри поперечного перерізу цього двотавра розраховуються залежно від заданого для випробувань катета поясного шва таким чином, щоб руйнування зразка відбувалося по швах.

Для забезпечення випробувань поясних швів з найпоширенішими катетами в межах від 4 мм до 14 мм виконані розрахунки елементів поперечного перерізу двотаврів за таким алгоритмом (числові дані наведені для зразка зі сталі С 235, звареного двосторонніми швами з катетом  $k_f = 6$  мм, які виконані автоматичним зварюванням під флюсом із використанням зварювального дроту Св 08А):

1. Виходячи із заданого катета шва  $k_f$ , який необхідно випробувати, за розрахунковими формулами й таблицями СНіП [2] з урахуванням коефіцієнта рівня контролю (коефіцієнта запасу міцності) 1,263 за ДСТУ Б В.2.6-10-96 [3] (при випробуванні трьох зразків конструкцій I класу відповідальності) визначається контрольне навантаження на 1 погонний сантиметр двосторонніх поясних швів:

$$N_f = 2 \times k_f \times \beta_f \times R_{wf} = 2 \times 0,6 \times 1,10 \times 18,0 = 23,8 \text{ кН};$$

$$N_z = 2 \times k_f \times \beta_z \times R_{wz} = 2 \times 0,6 \times 1,15 \times 16,2 = 22,4 \text{ кН};$$

$$N_C = 1,263 \times \min(N_f, N_z) = 1,263 \times 22,4 = 28,2 \text{ кН}.$$

У випадку випробування іншої кількості зразків значення коефіцієнта запасу міцності встановлюється за ДСТУ Б В.2.6-10-96 [3].

2. Товщина стінки  $t_w$ , необхідна для прийняття контрольного навантаження, розраховується за СНіП [2] з умови роботи на розтяг:

$$t_w = N_C / R_y = 28,2 / 23,0 = 1,23 \text{ см} = 12 \text{ мм}.$$

3. Виходячи з конструкції захватів випробувальної машини, встановлюється висота стінки  $h_w$ , ширина полицки  $b_f$  та відстань між точками її обпирання на захвати  $l_f$ . Як приклад, для випробувальної машини УИМ-50, захвати якої зображені на фіг.4, прийнято  $h_w = 350$  мм,  $b_f = 80$  мм,  $l_f = 50$  мм.

4. Товщина полицки розраховується за СНіП [2] з умови роботи на згин між точками обпирання на захвати випробувальної машини:

$$M = \frac{N_C \times l_f}{4} = R_y \times W = R_y \times \frac{1 \times t_f^2}{6};$$

$$t_f = \sqrt{\frac{1,5 \times N_C \times l_f}{R_y}} = \sqrt{\frac{1,5 \times 28,2 \times 5}{23,0}} = 3,03 \text{ см} = 30 \text{ мм}.$$

Результати аналогічних розрахунків для інших катетів зварного шва наведені в таблиці 1. Заміна марки сталі полицок і стінки призведе до відповідного вибору марки зварювального дроту, у результаті чого співвідношення між катетом шва, товщиною стінки й полицки зразка залишиться практично незмінним. Таким чином, вказані в таблиці 1 розміри поперечного перерізу зразків можна використовувати для усіх марок сталей.

Розміри зразків для випробувань можуть коригуватися з урахуванням конструкції випробувальної машини та її захватів, але при цьому несуча здатність стінки на розтяг та несуча здатність полиці на згин повинні перевищувати розрахункову несучу здатність кутових поясних швів, що випробуються, не менше ніж на встановлений ДСТУ Б В.2.6-10-96 [3] коефіцієнт рівня контролю 1,263 для випробування трьох зразків.

Таблиця 1

Рекомендовані розміри зразків

$k_f$ , мм	$N_f$ , кН	$N_z$ , кН	$N_C$ , кН	$t_w$ , мм	$t_f$ , мм
4	15,8	14,9	18,8	8	25
5	19,8	18,6	23,5	10	28
6	23,8	22,4	28,2	12	30
7	27,7	26,1	32,9	14	32
8	31,7	29,8	37,6	16	36
9	35,6	33,5	42,4	18	40
10	39,6	37,3	47,1	20	40
12	47,5	44,7	56,5	24	42
14	55,4	52,2	65,9	28	50

При проведенні випробувань, полицки зразка закріплюються в захватах випробувальної машини таким чином (фігура 2), щоб у стінці створювалося

зусилля розтягу, а поясні шви працювали на зріз упоперек шва. Згідно зі СНіП [2], міцність кутових зварних швів при навантаженні упоперек шва не

відрізняється від їх міцності при навантаженні вздовж шва. Тому прийнята схема випробувань (при зрізі впоперек шва) з точки зору роботи поясних швів є еквівалентною до їх реальної роботи на зріз уздовж шва.

Процедура випробувань зварного з'єднання полиць зі стінкою (поясних швів) для кожного катета шва зводиться до такої послідовності операцій:

- на працюючій в нормальному технологічному режимі автоматизованій лінії зварюється двотавр мінімально можливої довжини, конструкція якого наведена на фігурі 1, а розміри визначені за таблицею 1 залежно від катета шва  $k_f$ , котрий необхідно випробувати;

- із звареного двотавра згідно з вказівками фігури 1 абразивом відрізаються 3 зразки довжиною не менше ніж  $4k_f$ ;

- кожен із трьох зразків закріплюється полицями в захватах випробувальної машини і випробується на розтяг до руйнування зварних швів;

- у випадку руйнування зразка від розриву стінки отримане руйнівне навантаження враховується як результат випробування, якщо воно перевищує розрахункову несучу здатність швів не менше ніж на 26,3%, інакше випробується додатковий зразок;

- мінімальне руйнуюче навантаження, отримане за результатами випробувань 3-ох зразків, порівнюється з розрахунковою несучою здатністю двостороннього кутового зварного шва відповідного катета, обчисленою за СНІП II-23-81\* [2];

- відповідно до вимог ДСТУ Б В.2.6-10-96 [3] щодо конструкцій I класу відповідальності, міцність зварного з'єднання вважається задовільною, якщо отримано коефіцієнт запасу міцності не менший за коефіцієнт рівня контролю 1,263.

У випадку випробування іншої кількості зразків коефіцієнт запасу міцності визначається за ДСТУ Б В.2.6-10-96 [3].

Можливість руйнування зразків від розриву стінки або від згину полицки перевірена імовірнісним розрахунком за методикою [4].

Виходячи із характерного для границі текучості сталі коефіцієнта варіації  $V=0,1$  та тристандартної забезпеченості розрахункових значень, середнє значення й стандарт границі текучості основного й наплавленого металу визначаються за формулами:

$$M_R = R / 0,7 = 23 / 0,7 = 32,9 \text{ кН/см}^2;$$

$$S_R = 0,1 \times M_R = 0,1 \times 32,9 = 3,29 \text{ кН/см}^2.$$

За тими ж формулами можна визначити середнє значення й стандарт несучої здатності через відповідне розрахункове значення.

Оскільки конструкція зразка передбачає руйнування від зрізу зварних швів, руйнуюче навантаження можна вважати нормально розподіленою випадковою величиною, рівною несучій здатності швів. Тоді за наведеними формулами через розрахункову несучу здатність по межі сплавлення з основним металом 1 см двостороннього шва катета 6 мм отримуємо статистичні характеристики (середнє значення й стандарт) руйнуючого навантаження:  $M_N = 31,94 \text{ кН}$ ,  $S_N = 3,19 \text{ кН}$ .

Статистичні характеристики несучої здатності стінки при розтягу дорівнюють

$$M_W = M_R \times t_W \times 1 \text{ см} = 32,9 \times 1,2 \times 1 = 39,43 \text{ кН};$$

$$S_W = 0,1 \times M_W = 0,1 \times 39,43 = 3,94 \text{ кН}.$$

Статистичні характеристики несучої здатності полицки при згині дорівнюють

$$M_f = \frac{M_R \times t^2 \times 1}{1,5 \times l_f} = \frac{32,9 \times 3^2 \times 1}{1,5 \times 5} = 39,4 \text{ кН};$$

$$S_f = 0,1 \times M_f = 0,1 \times 39,4 = 3,94 \text{ кН}.$$

Згідно з методикою [4] визначаються статистичні характеристики (середнє значення й стандарт) резерву міцності стінки

$$M = M_W - M_N = 39,43 - 31,94 = 7,49 \text{ кН};$$

$$S = \sqrt{S_W^2 + S_N^2} = \sqrt{3,94^2 + 3,19^2} = 5,07 \text{ кН}.$$

Імовірність руйнування від розриву стінки, рівна імовірності появи від'ємних значень резерву міцності, визначається через функцію нормального розподілу

$$P = F(M, S, 0) = 0,070.$$

Імовірність руйнування від згину полицки визначається аналогічним чином і при обраній конструкції зразка також дорівнює 0,07.

Результати розрахунків для усіх зразків, призначених для випробувань зварних швів катетом від 4 мм до 14 мм, наведені в таблиці 2. Розміри зразків прийняті за таблицею 1.

Таблиця 2

Імовірності руйнування зразків від розриву стінки та від згину полицки

Розміри зразка, мм			Характеристики навантаження		Характеристики міцності стінки		Характеристики міцності стінки		Імовірність руйнування	
$k_f$	$t_w$	$t_f$	$M_N$ , кН	$S_N$ , кН	$M_w$ , кН	$S_w$ , кН	$M_f$ , кН	$S_f$ , кН	$P_w$	$P_f$
4	8	25	21,29	2,129	26,29	2,629	27,38	2,738	0,070	0,040
5	10	28	26,61	2,661	32,86	3,286	34,35	3,435	0,070	0,038
6	12	30	31,94	3,194	39,43	3,943	39,43	3,943	0,070	0,070
7	14	32	37,26	3,726	46,00	4,600	44,86	4,486	0,070	0,096
8	16	36	42,58	4,258	52,57	5,257	56,78	5,678	0,070	0,023
9	18	40	47,91	4,791	59,14	5,914	70,10	7,010	0,070	0,004

Продовження таблиці 2

10	20	40	53,23	5,323	65,71	6,571	70,10	7,010	0,070	0,028
12	24	42	63,87	6,387	78,86	7,886	77,28	7,728	0,070	0,091
14	28	50	74,52	7,452	92,00	9,200	109,5	10,95	0,070	0,004

Із таблиці видно, що ймовірність руйнування усіх зразків від розриву стінки дорівнює 0,07, а від згину полицки - змінюється від 0,004 до 0,096.

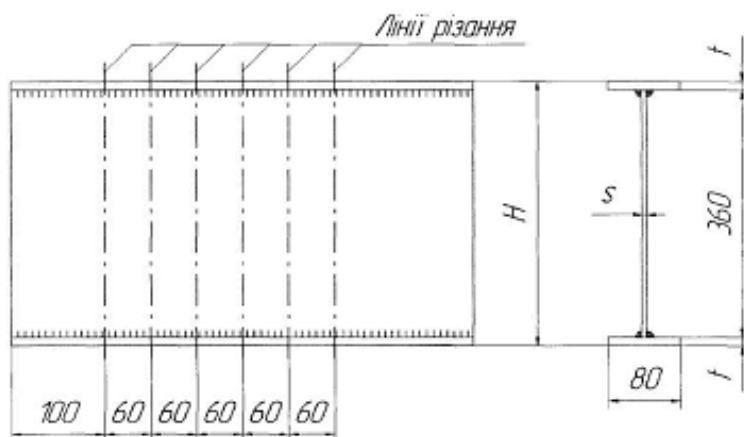
Оскільки кожен зразок точно буде зруйнований, наведені дані свідчать, що від розриву стінки зруйнується лише один зразок із  $1/0,07=14$  випробуваних зразків. Від згину полицки може зруйнуватися, залежно від конструкції зразків, від одного з 11-ти до одного з 250 зразків. Досить мала ймовірність, руйнування зразків від розриву стінки чи згину полицки свідчить про достатні запаси міцності цих елементів порівняно з міцністю швів, що випробуються. Переважна більшість зразків буде руйнуватися від зрізу зварних швів, що й необхідно забезпечити для успішних випробувань.

Таким чином, використання як зразки для випробувань відрізків зварних двотаврів, виготовлених серійним способом, забезпечує випробування на зріз поясних швів, зварених у нормальному технологічному режимі роботи зварювального ав-

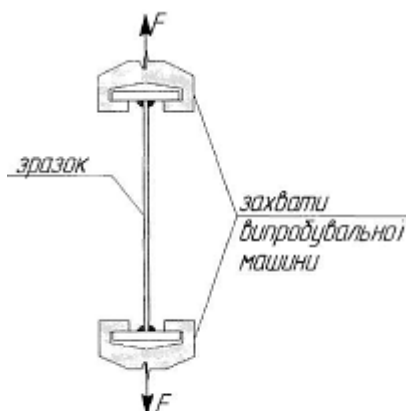
томата, а обґрунтований вибір розмірів поперечних перерізів цих двотаврів за таблицею 1 гарантує руйнування практично всіх зразків по зварних швах. Тим самим запропонований спосіб забезпечує достовірність контролю міцності поясних швів.

Джерела інформації:

1. ГОСТ 6996-66 (СТ СЭВ 3521-82 - СТ СЭВ 3524-82, СТ СЭВ 6732-89) Сварные соединения. Методы определения механических свойств.
2. СНиП II-23-81\*. Нормы проектирования. Стальные конструкции.
3. ДСТУ Б В.2.6-10-96 «Конструкції сталеві будівельні. Методи випробування навантаженням».
4. Ржаницын А.Р. Теория расчета строительных конструкций на надежность. - (М.: Стройиздат, 1978.) - 240с.
5. ГОСТ 14782-86 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Методы ультразвуковые.
6. ГОСТ 7512-82 Контроль неразрушающий. Соединения сварные. Радиографический метод.



Фіг. 1



Фіг. 2

