

ВПЛИВ ВИСОКОЧАСТОТНОЇ ПРОКОВКИ ТА АТМОСФЕРИ МОРСЬКОГО КЛІМАТУ НА ЦИКЛІЧНУ ДОВГОВІЧНІСТЬ ТАВРОВИХ ЗВАРНИХ З'ЄДНАНЬ З ПОВЕРХНЕВИМИ ВТОМНИМИ ТРІЩИНАМИ

В.В. Книш, С.О. Соловей, Л.І. Ниркова, В.Г. Кот, А.О. Гришанов

ІЕЗ ім. Є.О. Патона НАН України. 03150, м. Київ, вул. Казимира Малевича, 11. E-mail:office@paton.kiev.ua

Приведено результати досліджень ефективності застосування технології високочастотної механічної проковки для збільшення залишкової довговічності таврових зварних з'єднань сталі 15ХСНД з поверхневими втомними тріщинами довжиною 2...20 мм та корозійними пошкодженнями, характерними конструкціям після тривалої експлуатації в умовах морського клімату. Тривалий вплив атмосфери морського клімату, який характерний прибережним областям України, на стан поверхні з'єднань моделювали експонуванням зразків у камері соляного туману КСТ-1 протягом 1200 год. Показано, що поверхневі тріщини та корозійні пошкодження суттєво знижують залишкову циклічну довговічність зварних з'єднань. Експериментально встановлено, що зміцнення технологією ВМП таврових зварних з'єднань з поверхневими тріщинами втоми довжиною 5...7 мм (глибиною до 1,6 мм) та характерними корозійними пошкодженнями збільшує їх залишкову циклічну довговічність до рівня зварних з'єднань з корозійними пошкодженнями, зміцненими високочастотною механічною проковкою на стадії виготовлення. Показано, що при наявності в з'єднаннях втомних тріщин довжиною 20 мм (глибиною близько 6 мм) їх залишкова довговічність знижується до 10 разів, при цьому застосування технології високочастотної механічної проковки до таких з'єднань не призводить до підвищення циклічної довговічності та неефективним. Бібліогр. 14, табл. 2, рис. 5.

Ключові слова: таврове зварне з'єднання, корозійне середовище, втома, прискорені корозійні випробовування, соляний туман, високочастотна механічна проковка, підвищення циклічної довговічності.

Технологія високочастотної механічної проковки (ВМП), відома також як ультразвукова ударна обробка, широко застосовується для підвищення характеристик опору втомі зварних з'єднань металоконструкції [1–6]. Дану технологію рекомендують застосовувати до зварних металоконструкцій, які експлуатуються в умовах впливу морського клімату (мости, шляхопроводи, морські платформи та ін.) [7–11]. Проте всі наведені у зазначених вище роботах експериментальні дані отримані на зразках зварних з'єднань у лабораторних умовах на повітрі (без впливу корозії), які зміцнювали технологією ВМП відразу після зварювання. Очевидно вважається, що від впливу кліматичних факторів зовнішнього середовища (від корозії) дані конструкції захищають лакофарбовими покриттями. Проте в процесі тривалої експлуатації можуть відбуватися механічні пошкодження, розтріскування та відшарування лакофарбових покриттів. Це призводить до того, що зварні елементи конструкцій піддаються не тільки змінному навантаженню, а і корозійному впливу. У роботах [12, 13] досліджена ефективність застосування технології ВМП до зварних конструкцій з заданим рівнем накопичених втомних та корозійних пошкоджень. Експериментально встановлено,

що зміцнення технологією ВМП стикових зварних з'єднань сталі 15ХСНД після попереднього циклічного напруження ($2 \cdot 10^6$ циклів) та експонування за впливу нейтрального соляного туману протягом 1200 год (моделювали тривалий вплив атмосфери морського клімату) призводить до збільшення їх циклічної довговічності до 10 разів, а границя обмеженої витривалості на базі $2 \cdot 10^6$ циклів підвищується на 25 % [12]. Застосування технології ВМП дозволяє також до 10 разів підвищити циклічну довговічність стикових зварних з'єднань з заданим рівнем накопичених втомних та корозійних пошкоджень, які характерні металоконструкціям після тривалого впливу атмосфери помірного клімату центральних областей України [13]. Проте на даний час відсутні дані щодо ефективності застосування технології ВМП до зварних з'єднань металоконструкцій, які внаслідок тривалої експлуатації в умовах впливу морського клімату, характерного прибережним областям України, містять поверхневі втомні тріщини незначної глибини та характерні корозійні пошкодження.

Мета даної роботи – дослідити залишкову циклічну довговічність таврових зварних з'єднань з поверхневими тріщинами втоми та корозійними пошкодженнями, характерними зварним метало-

Книш В.В. – <http://orcid.org/0000-0003-1289-4462>, Соловей С.О. – <http://orcid.org/0000-0002-1126-5536>, Гришанов А.О. – <http://orcid.org/0000-0003-1044-2374>, Ниркова Л.І. – <http://orcid.org/0000-0003-3917-9063>, Кот В.Г. – <http://orcid.org/0000-0002-4759-9992>

© В.В. Книш, С.О. Соловей, Л.І. Ниркова, В.Г. Кот, А.О. Гришанов, 2020

конструкціям після тривалої експлуатації в умовах морського клімату, без та після застосування технології ВМП.

Матеріал і методика досліджень. Експериментальні дослідження проводили на зразках таврових зварних з'єднань низьколегованої сталі 15ХСНД ($\sigma_T = 400$ МПа, $\sigma_B = 565$ МПа), яка широко застосовується для виготовлення елементів металоконструкцій тривалої експлуатації (наприклад, в прогонових будовах залізничних і автомобільних мостів), має підвищену міцність, добре зварюється, стійка в атмосферних умовах і роботоздатна в діапазоні температур від мінус 70 °С до плюс 45 °С.

Заготовки під зразки зварних з'єднань вирізали з гарячекатаного листового прокату товщиною 12 мм 12 категорії в напрямку прокату. Таврові зварні з'єднання отримували шляхом приварки ручним дуговим зварюванням електродами марки УОНІ 13/55 поперечних ребер жорсткості (також зі сталі 15ХСНД) до заготовок розмірами 350×70 мм з двох сторін кутковими швами. Корінь (перший шов) виконували електродами діаметром 3 мм, другий шов формували електродами діаметром 4 мм. Форма та геометричні розміри зразків таврових зварних з'єднань наведено на рис. 1. Товщина зразка обумовлена широким застосуванням в інженерних зварних металоконструкціях прокату товщиною 12 мм, а ширину робочої частини 50 мм вибирали виходячи з потужності випробувального устаткування.

Всі дослідження на втому проводили на випробувальній сервогідравлічній машині УРС-20 з асиметрією циклу $R_\sigma = 0$ та частотою 5 Гц при регулярному навантаженні. На першому етапі проводили втомні випробування при макси-

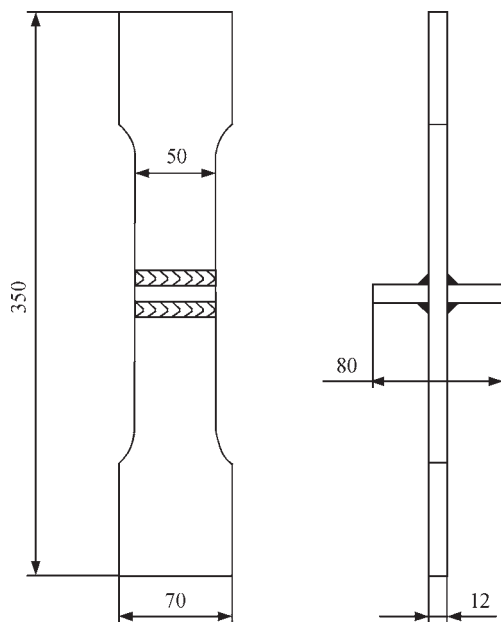


Рис. 1. Форма та геометричні розміри зразків таврового зварного з'єднання

мальних значеннях прикладених напружень циклу 180 МПа з метою ініціювання та розвитку на поверхні зразків втомних тріщин незначних розмірів. Даний рівень прикладених максимальних напружень близький до границі обмеженої витривалості даних з'єднань на базі $2 \cdot 10^6$ циклів змін напружень [14]. Для уникнення складнощів, пов'язаних з достовірним визначенням глибини втомної тріщини під час досліджень у якості критерію завершення втомних випробувань було вибрано досягнення тріщиною на поверхні зразка заданого розміру від 5 до 30 мм. Під час даних випробувань зразки в зоні зварного шва змащували індикаторною рідиною, що складалася з гасу та тонеру. Після утворення на поверхні зразка тріщини заданої довжини (всі тріщини утворювалися по лінії переходу металю шва на основний метал) залишки індикаторної рідини видаляли продуванням стиснутим повітрям. Індикаторну рідину при подальших випробуваннях зразків більш не застосовували, що дозволило визначити геометричні розміри початкових тріщин на зламах зварних з'єднань. Після розвитку тріщин на поверхні зразків до заданого розміру проводили прискорені корозійні випробування в умовах, які моделюють вплив атмосфери помірного клімату прибережних областей України. Оскільки для прибережних областей характерна присутність хлоридів у навколишньому середовищі, то їх тривалий вплив на зварні з'єднання моделювали експонуванням зразків в умовах нейтрального соляного туману протягом 1200 год. Тобто зразки зварних з'єднань експонували в камері соляного туману КСТ-1 при температурі (35 ± 2) °С при розпилюванні розчину хлориду натрію 15 хв через кожні 45 хв досліджень. Концентрація хлориду натрію в розчині – (50 ± 5) г/дм³; рН – від 6,5 до 7,2; щільність – 1,03 г/см³. Електропровідність дистильованої води для приготування розчину хлориду натрію – не більше 20 мкСм/см при температурі (25 ± 2) °С. Таким чином, внаслідок попередніх втомних та прискорених корозійних випробувань дослідні зразки мали пошкодження, характерні пошкодженням зварних з'єднань металоконструкцій після довготривалої експлуатації при змінному навантаженні в умовах помірного клімату прибережних областей України.

При підготовці зразків з поверхневими втомними тріщинами та корозійними пошкодженнями для випробувань на втому їх захватні частини повторно зачищали від корозійних пошкоджень. Зачистку зони шва від продуктів корозії до металевго блиску не проводили. Одну частину зразків залишали у незміцненому стані, а другу – зміцнювали технологією ВМП. Зміцнення зварних з'єднань технологією ВМП виконували приладом

USTREAT-1.0, в якому ручний компактний ударний інструмент з п'єзокерамічним перетворювачем з'єднаний з ультразвуковим генератором вихідною потужністю 500 Вт. При обробці зварних з'єднань технологією ВМП поверхневому пластичному деформуванню піддавали не тільки лінію сплавлення, яка містила тріщину втоми, а всі чотири лінії переходу металу шва на основний метал таврового з'єднання. У якості пристрою для зміцнення використовували однорядну чотирьохбойкову насадку з діаметром бойків 3 мм. Зміцнення проводили без попереднього очищення поверхні від продуктів корозії.

Таким чином, випробування на втому проводили на двох серіях зразків:

– зразки таврових зварних з'єднань з поверхневими втомними тріщинами довжиною 5...30 мм і корозійними пошкодженнями (перша серія);

– зразки таврових зварних з'єднань з поверхневими втомними тріщинами довжиною 5...30 мм і корозійними пошкодженнями, які зміцнювали технологією ВМП (друга серія).

Експериментальні дослідження залишкової довговічності даних зварних з'єднань проводили до повного руйнування зразків або перевищення бази випробувань $2 \cdot 10^6$ циклів змін напружень при регулярному навантаженні з асиметрією циклу $R_\sigma = 0$ і частотою 5 Гц.

Результати випробувань. Опис корозійних пошкоджень, які мали місце в таврових зварних з'єднаннях після корозійних випробувань у камері соляного туману КСТ-1 протягом 1200 год, приведено раніше у роботі [14].

Результати втомних випробувань таврових зварних з'єднань сталі 15ХСНД з тріщинами втоми без зміцнення ВМП (перша серія) наведено на рис. 2 та в табл. 1. На рис. 2 також наведено дані опору втомі таврових зварних з'єднань у вихідному та зміцненому ВМП станах після корозійних

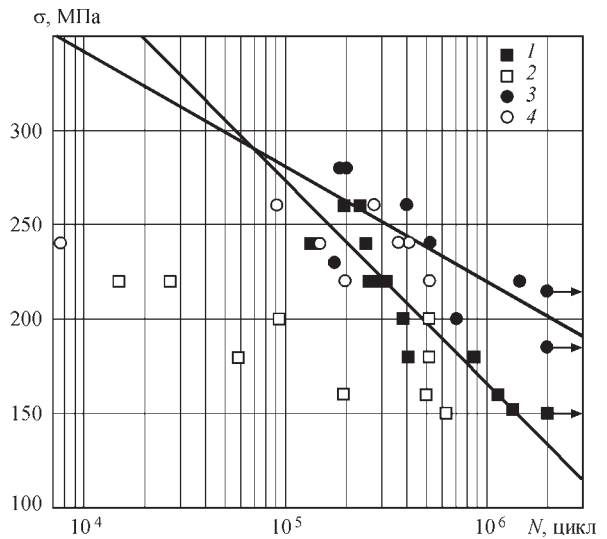


Рис. 2. Експериментальні дані втомних випробувань таврових зварних з'єднань сталі 15ХСНД: 1 – у вихідному стані після витримки у камері КСТ-1 протягом 1200 год [14]; 2 – після напрацювання до утворення поверхневих тріщин втоми та витримки у камері КСТ-1 протягом 1200 год; 3 – після зміцнення ВМП та витримки у камері КСТ-1 протягом 1200 год [14]; 4 – після напрацювання до утворення поверхневих тріщин втоми, витримки у камері КСТ-1 протягом 1200 год та послідовного зміцнення технологією ВМП (суцільні лінії – лінії регресії даних 1 та 3).

випробувань у камері соляного туману КСТ-1 протягом 1200 год, отримані у роботі [14]. В табл. 1 приведено розміри поверхневих тріщин, які були встановлені після випробувань на втому при дослідженні поверхонь зламу зразків завдяки застосуванню індикаторної рідини. Злами зразків таврових з'єднань з поверхневими тріщинами та корозійними пошкодженнями наведено на рис. 3. Як видно, запропонована методика дозволяє чітко визначити на зламах геометричні розміри початкової тріщини після руйнування зразків. Не дивлячись на те, що всі тріщини втоми зароджувалися по зоні сплавлення в центрі зразка, коефіцієнт стискання поверхневої тріщини (відношення

Таблиця 1. Циклічна довговічність таврових зварних з'єднань з корозійними пошкодженнями та поверхневими тріщинами втоми

Номер зразка	$l_{тр}$, мм	$h_{тр}$, мм	$N_{тр}$, цикли	σ_{max} , МПа	$N_{тр}^{незмц}$, цикли	Примітка
2290	8	3,3	1531200	160	192900	Руйнування по лінії сплавлення
2291	5	0,9	1345200	150	630600	—«—
2292	2	0,5	1950000	180	517700	—«—
2293	11	2,2	1136000	200	93400	—«—
2294	20	3,5	1353200	220	26700	—«—
2295	20	5,8	804800	220	14800	—«—
2296	5	1,0	1415300	200	516800	—«—
2297	15	5,8	1610900	180	58300	—«—
2298	9	2,1	1866400	160	500400	—«—

Примітка. $l_{тр}$ і $h_{тр}$ – довжина і глибина тріщини до корозійних випробувань, відповідно; $N_{тр}$ – циклічна довговічність до зародження тріщини заданої довжини при максимальних прикладених напруженнях 180 МПа; σ_{max} – максимальні напруження циклу, які прикладалися до зразка з тріщиною після корозійних випробувань у камері КСТ-1 протягом 1200 год; $N_{тр}^{незмц}$ – залишкова циклічна довговічність зразка з тріщиною втоми заданої довжини та корозійними пошкодженнями.

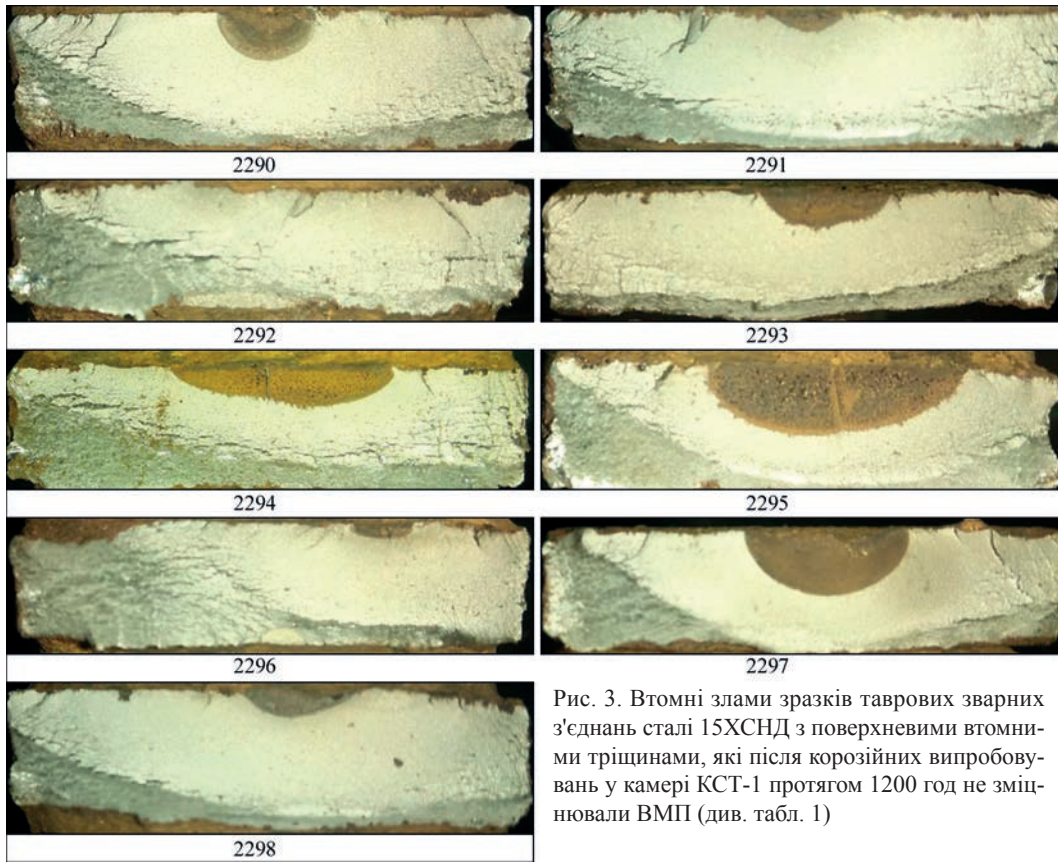


Рис. 3. Втомні злами зразків таврових зварних з'єднань сталі 15XСНД з поверхневими втомними тріщинами, які після корозійних випробувань у камері КСТ-1 протягом 1200 год не зміцнювали ВМП (див. табл. 1)

глибини тріщини до напівдовжини) в них знаходиться в діапазоні від 0,350 до 0,825. Вважаємо, що це пов'язано з розвитком тріщин в різних (за значеннями та градієнтом) полях залишкових зварювальних напружень, внаслідок послідовного виконання чотирьох кутових швів ручним дуговим зварюванням при виготовленні зразків. Геометричні розміри початкових тріщин фіксували відразу після руйнування зразків (табл. 1), проте, внаслідок швидкого окислення поверхні зламів, деякі представлені на рис. 3 тріщини видаються більше за свої реальні розміри. Руйнування всіх зразків відбувалося по лінії сплавлення, яка містила початкову тріщину втоми. Залишкова циклічна довговічність таврових зварних з'єднань сталі 15XСНД з поверхневими тріщинами глибиною до 1 мм після корозійних випробувань в умовах нейтрального соляного туману протягом 1200 год у 1,5...2,0 рази нижча довговічності зварних з'єднань у вихідному стані після відповідних корозійних випробувань. Зі збільшенням глибини початкової тріщини залишкова довговічність з'єднань значно знижується (табл. 1, рис. 2). При глибині втомної тріщини більше 3,5 мм залишкова довговічність з'єднань знижується в 10 разів.

Залишкова циклічна довговічність таврових зварних з'єднань сталі 15XСНД після утворення поверхневих тріщин втоми, витримки у камері соляного туману КСТ-1 протягом 1200 год та послідуєчого ВМП наведена у табл. 2 та рис. 2. В табл. 2

також приведено розміри поверхневих тріщин, які були встановлені після випробувань на втому при дослідженні поверхонь зламу зразків завдяки застосуванню індикаторної рідини. Геометричні розміри початкових тріщин фіксували відразу після руйнування зразків (табл. 2), проте, внаслідок швидкого окислення поверхні зламів деякі представлені на рис. 4 тріщини видаються більше за свої реальні розміри. Руйнування зміцнених ВМП зразків відбувалося переважно по лінії сплавлення (рис. 5). Два зразки (№2200 і №2204), які містили тріщини втоми довжиною 5...7 мм (розміри визначені методом газової проби під час підростання тріщини), після зміцнення ВМП зруйнувалися віддалік від зварного шва по основному металу внаслідок зародження нових тріщин від корозійних каверн у поверхневому гарячекатаному шарі металу (рис. 4, рис. 5). Це не дозволило достовірно визначити глибину початкових тріщин, проте, враховуючи дані табл. 1 і табл. 2, можна стверджувати, що на момент зміцнення ВМП їх глибина не перевищувала 1,6 мм. Експериментально встановлено, що ефективність застосування технології ВМП з метою підвищення залишкової циклічної довговічності фактично визначається геометричними розмірами тріщини втоми до обробки. Так, зміцнення технологією ВМП таврових зварних з'єднань з поверхневими тріщинами втоми довжиною 5...7 мм (глибиною до 1,6 мм) суттєво збільшує їх циклічну довговічність. Розкид експериментальних да-

них таких з'єднань знаходиться в межах розкиду з'єднань, зміцнених ВМП на стадії виготовлення (без накопичених втомних пошкоджень) та послідууючої витримки в камері КСТ протягом 1200 год (рис. 2). Після зміцнення ВМП залишкова циклічна довговічність з'єднань з поверхневими тріщинами довжиною 10...12 мм (глибиною від 1,8 до 3,0 мм) знаходиться на рівні циклічної довговічності

незміцнених зварних з'єднань після витримки в камері КСТ протягом 1200 год, тобто в 2...3 менша ніж зміцнених ВМП на стадії виготовлення. Застосування технології ВМП до зварних з'єднань, які містять тріщини втоми глибиною біля 6 мм неефективно (табл. 2, рис. 2).

Таким чином, встановлена висока ефективність застосування технології ВМП для підвищення ци-

Таблиця 2. Циклічна довговічність таврових зварних з'єднань з корозійними пошкодженнями та поверхневими тріщинами втоми після їх зміцнення технологією ВМП

Номер зразка	$l_{тр}$, мм	$h_{тр}$, мм	$N_{тр}$, цикли	$\sigma_{тр}^{зміц}$, МПа	$N_{тр}^{зміц}$, цикли	Примітка
2197	10	3,0	826700	240	147900	Руйнування по лінії сплавлення
2198	5	1,6	804100	240	407600	—«—
2199	20	5,9	770400	240	7700	—«—
2200	5**	-	481200	260	275500	Руйнування по основному металу на відстані 55 мм від шва
2201	12	2,4	760100	260	91700	Руйнування по лінії сплавлення
2202	7 +3*	1,6 +0,6*	1281700	240	368200	—«—
2203	5+10+5*	0,5+1,8+0,6*	452800	220	199300	—«—
2204	7**	-	764300	220	522800	Руйнування по основному металу на відстані 55 мм від шва

Примітка. $l_{тр}$ і $h_{тр}$ – довжина і глибина тріщини до корозійних випробувань, відповідно; $N_{тр}^{зміц}$ – циклічна довговічність до зародження тріщини заданої довжини; $\sigma_{тр}^{зміц}$ – максимальні напруження циклу, які прикладалися до зразка з тріщиною після корозійних випробувань у камері КСТ-1 протягом 1200 год та зміцнення за технологією ВМП; $N_{тр}^{зміц}$ – залишкова циклічна довговічність зразка з тріщиною заданої довжини та корозійними пошкодженнями після зміцнення технологією ВМП; * – зразки, які мали кілька окремих поверхневих тріщин вздовж однієї лінії сплавлення; ** – зразки, в яких довжину тріщини встановлювали методом газової проби

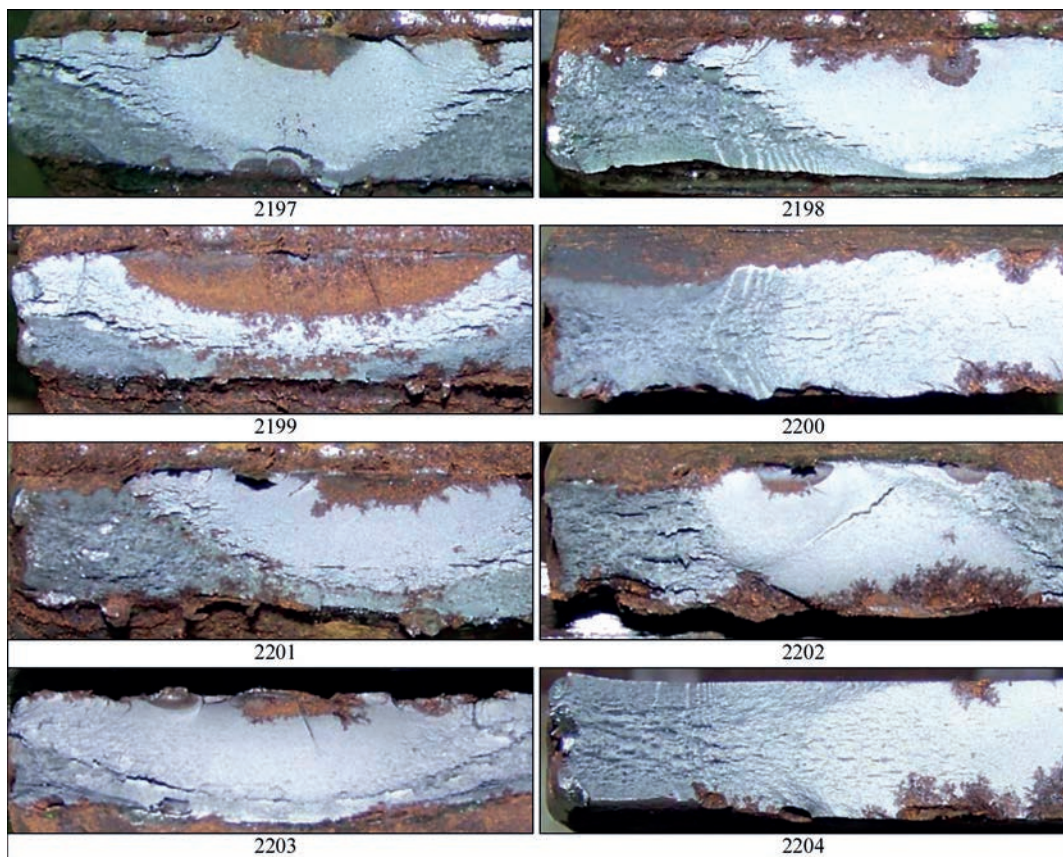


Рис. 4. Втомні злами зразків таврових зварних з'єднань сталі 15ХНД з поверхневими втомними тріщинами, які зміцнювали ВМП після витримки у камері КСТ-1 протягом 1200 год (див. табл. 2)



Рис. 5. Випробувані на втому зразки таврових зварних з'єднань сталі 15XCHD з поверхневими втомними тріщинами, які зміцнювали ВМП після витримки у камері КСТ-1 на протязі 1200 год

клічної довговічності таврових зварних з'єднань металоконструкцій, які внаслідок тривалої експлуатації в умовах помірного клімату прибережних областей України містять поверхневі тріщини втоми довжиною до 5...7 мм та характерні корозійні пошкодження.

Висновки

1. Експериментально досліджено залишкову довговічність таврових зварних з'єднань сталі 15XCHD з поверхневими тріщинами втоми та корозійними пошкодженнями, характерними металоконструкціям після тривалої експлуатації в умовах морського клімату. Тривалий вплив атмосфери морського клімату, який характерний для прибережних областей України, моделювали експонуванням з'єднань в камері соляного туману КСТ-1 протягом 1200 год. Підтверджено, що зі збільшенням довжини початкової тріщини залишкова довговічність з'єднань з корозійними пошкодженнями знижується. Залишкова циклічна довговічність таврових зварних з'єднань з поверхневими тріщинами довжиною 2...5 мм (глибиною до 1 мм) після корозійних випробувань в умовах нейтрального соляного туману протягом 1200 год у 1,5...2,0 рази нижча довговічності зварних з'єднань у вихідному стані після відповідних корозійних випробувань, а залишкова довговічність з'єднань з тріщинами втоми 20 мм (глибиною більше 3,5 мм) знижується в 10 разів.

2. Досліджено застосування технології ВМП для збільшення залишкової довговічності таврових зварних з'єднань сталі 15XCHD з поверхневими тріщинами втоми та корозійними пошкодженнями, характерними металоконструкціям після тривалої експлуатації в умовах помірного клімату прибережних областей України. Встановлено, що зміцнення технологією ВМП таврових зварних з'єднань з поверхневими тріщинами втоми до 5...7 мм (глибиною до 1,6 мм) збільшує їх залишкову циклічну довговічність до рівня зварних

з'єднань, зміцнених ВМП на стадії виготовлення. Після зміцнення зварних з'єднань з поверхневими тріщинами втоми довжиною 10...12 мм (глибиною від 1,8 до 3,0 мм) їх залишкова довговічність знаходиться на рівні циклічної довговічності незміцнених зварних з'єднань, тобто в 2...3 менша ніж зміцнених ВМП на стадії виготовлення. Показано, що застосування технології ВМП до зварних з'єднань, які містять тріщини втоми глибиною близько 6 мм не призводить до підвищення циклічної довговічності та є неефективним.

Література/References

1. Poja Shams-Hakimi, Farshid Zamiri, Mohammad Al-Emrani, Zuheir Barsoum (2018) Experimental study of transverse attachment joints with 40 and 60mm thick main plates, improved by high-frequency mechanical impact treatment (HFMI). *Engineering Structures*, **155**, 251-266.
2. Lefebvre, F., Peyrac, C., Elbel, G., et al. (2017) HFMI: Understanding the mechanisms for fatigue life improvement and repair of welded structures. *Welding in the World*, **4**, 789-799.
3. Abbasi, A., Amini, S., Sheikhzadeh, G.A. (2018) Effect of ultrasonic peening technology on the thermal fatigue of rolling mill rolls. *The Int. J. of Advanced Manufacturing Technology*, **5-8**, 2499-2513.
4. Kudryavtsev, Y. (2018) *Rehabilitation and repair of welded elements by ultrasonic peening*. International Institute of Welding. IIW Document XIII-2076-05.13 p..
5. Harati, E., Swensson, L.E., Karlsson, L., Widmark, M. (2016) Effect of high frequency mechanical impact treatment on fatigue strength of welded 1300 MPa yield strength steel. Pt 1. *Int. J. of Fatigue*, **92(10)**, 96-106.
6. Zhang, H., Wang, D., Deng, C. (2018) Optimal preparation process for fatigue specimens treated by ultrasonic peening. *Experimental Techniques*, **42(2)**, 199-207.
7. Takanori Deluchi, Masashi Mouri, Junya Hara, et al. (2012) Fatigue strength improvement for ship structures by ultrasonic peening. *J. of Marine Sci. and Technology*, **17(3)**, 360-369.
8. Fisher, J.W., Statnikov, E., Tehini, L. (2002) Fatigue strength improvement of bridge girders by ultrasonic impact treatment (UIT). *Welding in the World*, **9-10**, 34-40.
9. Fikri Bashar Yalchiner, Zuheir Barsoum (2017) Life extension of welded structures using HFMI Techniques – potential application to offshore structures. *Procedia Structural Integrity*, **5**, 377-384.
10. Kirkhope, K.J., Bell, R., Caron, L., et al. (1999) *Weld detail fatigue life improvement techniques*. Pt 2: Application to ship structures. *Marine Structures*, **12(7-8)**, 477-496.
11. Martinez L.L. (2011) Life extension of FPSO's structural details using ultrasonic peening. *Procedia Engineering*, **10**, 1059-1068.
12. Knysh, V.V., Solovei, S.O., Nyrkova, L.I., Osadchuk, S.O. (2019) The influence of marine environment on fatigue life of butt welded joints of 15XCHD steel, strengthened by high-frequency mechanical impact. *Materials Sci.* (English version in publ. during month).
13. Knysh, V.V., Solovei, S.O., Nyrkova, L.I., Osadchuk, S.O. (2018) Influence of hardening by high-frequency mechanical impacts of butt welded joints made of 15KhSND steel on their atmospheric corrosion and fatigue fracture resistance. *Ibid.*, **54 (3)**, 421-429.
14. Knysh, V.V., Solovej, S.A., Nyrkova, L.I., Shitova, L.G. and Kadyshchev, A.A. (2016) Influence of corrosion damage on cyclic fatigue life of tee welded joints treated by high-frequency mechanical peening. *The Paton Welding J.*, **9**, 42-46.

INFLUENCE OF HIGH-FREQUENCY PEENING AND ATMOSPHERE OF MARINE CLIMATE ON THE CYCLIC LIFE OF T-WELDED JOINTS WITH SURFACE FATIGUE CRACKS

Knysh V.V., Solovei S.O., Nyrkova L.I., Kot V.G., Grishanov A.O.

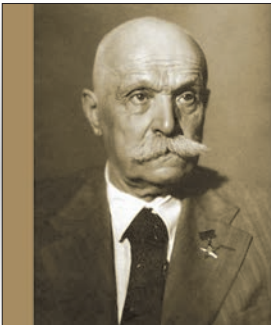
E.O. Paton Electric Welding Institute of the NAS of Ukraine, 11 Kazymyr Malevych Str., 03150, Kyiv, Ukraine.
E-mail: office@paton.kiev.ua


The given results of investigations of the efficiency of the application of high-frequency mechanical peening technology to increase the residual life of welded joints of 15KhSND steel with surface fatigue cracks of 2...20 mm length and corrosion damages typical for structures after a long-term operation in the conditions of marine climate are presented. The long-term influence of the atmosphere of maritime climate, which is typical for coastal regions of Ukraine, on the state of the surface of the joints was modelled by the exposure of samples in the salt fog chamber KST-1 during 1200 h. It was shown that surface cracks and corrosion damages significantly reduce the residual cyclic life of welded joints. It was experimentally found that reinforcement of HMP of T-welded joints with surface fatigue cracks of 5...7 mm length (depth is up to 1.6 mm) and characteristic corrosion damages increases their residual cyclic life to the level of welded joints with corrosion damages, strengthened by high-frequency mechanical peening at the stage of manufacturing. It is shown that at the presence of fatigue cracks of 20 mm length (about 6 mm depth), their residual life is reduced by up to 10 times, and the use of high-frequency mechanical peening technology for such joints does not increase the cyclic life and is inefficient. 14 Ref., 2 Tabl., 5 Fig.

Keywords: T-welded joint, corrosive medium, fatigue, accelerated corrosion tests, salt fog, high-frequency mechanical peening, increase in cyclic life.

Надійшла до редакції 19.02.2020

НОВІ ВИДАННЯ

 <p style="font-weight: bold; color: #c00000; font-size: 1.2em;">Є.О. ПАТОН</p>	<p>Патон Є. О. Фотоальбом. — Київ: Горобець, 2020 — 116 с., іл. Фотоальбом виданий до 150-річчя від дня народження академіка Євгена Оскаровича Патона. В альбомі представлено фотолітопис, що висвітлює діяльність Є.О. Патона в галузі мостобудування, зварювання. У фотоальбомі використано фотографії з архівів Президії НАН України, Інституту електрозварювання, Державного політехнічного музею при НТУУ КПІ імені Ігоря Сікорського.</p>
---	---

	<p>Кусков Ю.М., Рябцев И.А., Кузьменко О.Г., Лентюгов И.П. Электрошлаковые технологии наплавки и рециклинга металлических и металлосодержащих отходов. (Под общей редакцией д.т.н., проф. И.А. Рябцева). К.: Интерсервис, 2020. — 288 с.</p> <p>В книге обобщен опыт ученых ИЭС им. Е.О. Патона Национальной академии наук Украины, других организаций стран СНГ и промышленно развитых стран в области разработки технологий, материалов и оборудования для ЭШН и электрошлаковых процессов рециклинга металлических и металлосодержащих отходов, т.е. возвращения отходов производства в круговорот «производство – потребление». Рассмотрены проблемы физико-химического взаимодействия электродного и присадочного металла и шлака и особенности этого взаимодействия в упомянутых электрошлаковых процессах. Описаны технологии и техника основных способов ЭШН и рециклинга, приведены примеры их промышленного применения. Рассмотрены дефекты, которые появляются при ЭШН в зоне сплавления и в наплавленном металле, рассмотрены причины их появления, описаны меры по их предупреждению.</p> <p>Книга рассчитана на инженерно-технических работников, занятых в области наплавочного и сварочного производства. Может быть полезна преподавателям, аспирантам и студентам технических университетов. ISBN 978-617-696-939-6</p> <p>Книга содержит следующие разделы.</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Сущность процессов электрошлаковой наплавки (ЭШН) и электрошлакового рециклинга (ЭШР). Классификация и характеристика способов ЭШН и ЭШР. 2. Наплавочные материалы для ЭШН и материалы, используемые для ЭШР. 3. Классификация и характеристика основных групп наплавленного металла на основе железа. 4. Физические и металлургические процессы при ЭШН и ЭШР. 5. Технология и техника ЭШН и ЭШР. Примеры их промышленного применения. 6. Проплавление основного металла при ЭШН и методы его регулирования. 7. Дефекты в зоне сплавления и наплавленном металле, их происхождение и предупреждение. 8. Механическая обработка наплавленных деталей и контроль качества наплавленного металла. <p>Список литературы.</p>
---	--

З фотоальбомом та книгою можна ознайомитись у бібліотеці ІЕЗ ім. Є.О. Патона.
 Замовлення на видання прохання направляти до редакції журналу «Автоматичне зварювання».