

6. Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 01.12.2010 р., № 435 "Про затвердження правил експлуатації полігонів побутових відходів".

7. ДБН В.2.4-2-2005 "Полігони твердих побутових відходів. Основні положення проектування".

8. Радовенчик В.М. Тверді відходи: збір, переробка, складування / В.М. Радовенчик, М.Д. Гомеля : навч. посібн. – К. : Вид-во "Кондор", 2010. – 552 с.

Надійшла до редакції 15.06 2016 р.

Хромьяк У.В., Тарнавский А.Б. Влияние ЛКП "Збиранка" на окружающую среду и основные принципы создания нового полигона

В настоящее время в Украине происходит быстрое накопление твердых бытовых отходов, что приводит к негативным изменениям в окружающей среде. Объем бытовых отходов в значительной степени зависит от погодных условий, времени года, уровня жизни населения. Годовое накопление бытовых отходов составляет около 240 тыс. т в год. Проблема утилизации бытовых отходов становится все более острой в экологическом и социальном аспектах нашей жизни. Проанализировано основное негативное влияние ЛКП "Збиранка" на окружающую среду и рассчитаны основные элементы нового полигона для складирования твердых бытовых отходов в Жовковском р-не Львовской обл.

Ключевые слова: твердые бытовые отходы, ЛКП "Збиранка", влияние, окружающая природная среда, загрязнение, рекультивация.

Khromyak U.V., Tarnavskiy A.B. The Influence of LCP "Sbyranka" on The Environment and Significant Creation of New Polygons

Nowadays there is a rapid accumulation of solid waste, leading to negative changes in the environment in Ukraine. Number of waste is largely dependent on the weather, the seasons, the level of life. The annual accumulation of waste is around 240 thousand tons a year. The problem of waste disposal is becoming more acute in the environmental and social aspects of our lives. The article analyzes the main negative impact LCP "Sbyranka" Environmental and calculates the basic elements of a new landfill for solid waste storage in Zhovkva district, Lviv region.

Keywords: municipal solid waste, LCP "Sbyranka" impact, environment, pollution, reclamation.

3. ТЕХНОЛОГІЯ ТА УСТАТКУВАННЯ

УДК 620.[197+193]:669.15

ХАРАКТЕРНІ ОСОБЛИВОСТІ СЕЛЕКТИВНОГО РОЗЧИНЕННЯ СТАЛІ AISI 321 У ВИСОКООКИСНОВАЛЬНОМУ РОЗЧИНІ НІТРАТНОЇ КИСЛОТИ

С.Б. Беліков¹, О.Е. Нарівський², Н.В. Маркова³

Наведено характерні особливості селективного розчинення металів межами зерен аустеніту сталі AISI 321 після п'яти циклів випробувань за методом ДУ ГОСТ 6032-89. Зокрема, виявлено, що після першого циклу випробувань межі зерен аустеніту плавко 1, 2 збагачуються Ni та збіднюються Cr і Fe, а плавко 3-5 збагачуються Fe та збіднюються Cr і Ni. Це може сприяти твердофазній дифузії атомів Ni в об'єм, а Cr і Fe із об'єму сталі для плавко 1, 2 та Fe в об'єм, а Cr і Ni із об'єму сталі для плавко 3-5. При цьому твердофазна дифузія атомів Fe до меж зерен аустеніту сприяє утворенню дефектів структури у вигляді вакансій і пор, що пришвидшує їх корозійно-механічне руйнування. Разом з тим виявлено, що після другого циклу випробувань Z_{Cr} плавки 2, після третього – плавко 1, 2, четвертого – плавко 1, 2, 5 і п'ятого – плавки 1 менші за одиницю. Це сприяє утворенню дефектів структури і корозійно-механічному руйнуванню меж зерен аустеніту внаслідок твердофазної дифузії атомів Fe до їх поверхні. Водночас аналогічну тенденцію встановлено для плавко 1, 3 після третього циклу випробувань, оскільки коефіцієнти $Z_{Ni} < 1$. Тільки у плавки 3 після п'яти циклів випробувань коефіцієнти Z_{Cr} , $Z_{Ni} > 1$. Це свідчить, що вона найтривкіша до міжкристалітної корозії у високоокиснювальному середовищі. Запропоновано тривкість сталі AISI 321 до цієї корозії в особливо небезпечних середовищах оцінювати за коефіцієнтами Z_{Cr} , Z_{Ni} . Зокрема, якщо Z_{Cr} і Z_{Ni} менші за одиницю, то сталь не тривка до цієї корозії, а якщо Z_{Cr} і Z_{Ni} більші за одиницю, то навпаки.

Ключові слова: селективне розчинення, границі зерен аустеніту, міжкристалітна корозія, структура, легувальний елемент.

Вступ. Міжкристалітна корозія – це руйнування сталей або сплавів, локалізоване на межах їх зерен. Причиною її виникнення найчастіше є структурні зміни сталі, що відбуваються на межах зерен. Згідно зі загальновідомою теорією міжкристалітної корозії аустенітних сталей, їх руйнування спричинене зменшенням вмісту Cr на межах зерен, що пов'язано зі зміною розчинності карбону в аустеніті за різних температур [1]. До того ж на корозійні втрати аустенітних сталей істотно впливають їх хімічний склад і структура. Зокрема, у працях [2, 3] встановлено вплив хімічного складу і структури сталі AISI 321 на її тривкість до міжкристалітної корозії у високоокиснювальному середовищі. Цю сталь широко застосовують у виробництві ємнісної та теплообмінної апаратури, яку використовують у технологічних процесах на особливо небезпечних виробництвах. Тому оцінювання тривкості сталі до міжкристалітної корозії за методом ДУ [4] не завжди дає змогу об'єктивно це зробити, оскільки в його основі закладено гравіметричну методику. Цей недолік можна усунути додатковими елек-

¹ проф. С.Б. Беліков, д-р техн. наук – Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя;

² проф. О.Е. Нарівський, д-р техн. наук – Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя;

³ аспір. Н.В. Маркова – Запорізький національний технічний університет, м. Запоріжжя

трохімічними випробуваннями, але вони трудомісткі. Проте про стан, в якому розчиняється сталь, можна дізнатися з характерних особливостей селективного розчинення сталі AISI 321 після кожного з п'яти циклів її випробування за методом ДУ [4].

Саме тому, **метою роботи** є дослідження характерних особливостей селективного розчинення основних компонент зі сталі AISI 321 під час її випробування за методом ДУ ГОСТ 6032-89 та на підставі цих особливостей встановити критерій її тривкості до міжкристалітної корозії у високоокиснювальному середовищі.

Матеріали та методи дослідження. Досліджено п'ять плавки сталі AISI 321. Хімічний склад і структурну гетерогенність сталі визначено у [2, 3]. Механічно поліровані зразки діаметром 42 і завтовшки 1 мм випробували у киплячому 65 % -му розчині нітратної кислоти п'ять циклів упродовж 48 год за методом ДУ [4]. Після кожного циклу випробувань визначали хімічний склад поверхні зразків на багатоканальному спектрометрі СРМ-25. Геометрія та технологія виробництва зразків забезпечувала якість і стабільну відтворюваність результатів вимірювання. На кожному зразку виконували по 15 вимірювань. Дисперсію відхилення в них вмісту хімічних елементів визначали за формулою

$$\sigma = \sqrt{\sigma_x^2} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i^2 - \bar{x}^2, \quad (1)$$

де: σ_x – середньоквадратичне відхилення; n – кількість випробувань; x_i – вміст хімічного елемента в сталі.

Дисперсія відхилення результатів вимірювання, розрахована за формулою (1), становила: карбону $\pm 0,003$, силіцію $\pm 0,004$, мангану $\pm 0,002$, хрому $\pm 0,002$, ніколу $\pm 0,005$, титану $\pm 0,001$, фосфору $\pm 0,003$, молібдену $\pm 0,001$, купрум $\pm 0,002$, вольфраму $\pm 0,002$ мас. %.

Статичні дані про вміст основних хімічних елементів сталі AISI 321 після кожного з п'яти циклів випробувань оцінювали за коефіцієнтами селективного розчинення Cr (Z_{Cr}) і Ni (Z_{Ni}). Їх визначали за формулою

$$Z_{(Cr, Ni)} = \frac{\Delta m_{(Cr, Ni)} \times m_{(Fe)}}{\Delta m_{(Fe)} \times m_{(Cr, Ni)}}, \quad (2)$$

де: $\Delta m_{(Cr, Ni)}$ – різниця між вмістом Cr або Ni на поверхні зразків до і після випробувань, мас. %; $m_{(Fe)}$ – вміст Fe на поверхні зразків до випробувань, мас. %; $\Delta m_{(Fe)}$ – різниця між вмістом Fe на поверхні зразків до і після випробувань, мас. %; $m_{(Cr, Ni)}$ – вміст Cr або Ni на поверхні зразків до випробувань, мас. %.

Результати дослідження та їх обговорення. Згідно з даними табл. 1 вміст Cr на поверхні зразків зі сталі AISI 321 після першого циклу випробувань, у середньому, зріс на 0,28 мас. % щодо його вмісту до випробувань.

Разом з тим після другого і третього циклів інтенсивність росту вмісту Cr на їх поверхні незначно знизилась до 0,254 та 0,25 мас. %, відповідно. Проте після четвертого і п'ятого циклів випробувань інтенсивність росту вмісту Cr на поверхні зразків дещо збільшилася до 0,328 та 0,304 мас. %, відповідно. Водночас встановлено, що після першого циклу випробувань вміст Fe на поверхні

зразків, у середньому, знизився на 0,306 мас. % щодо його вмісту до випробувань. Після другого і третього циклів виявлено зниження інтенсивності зменшення вмісту Fe на поверхні сталі на 0,295 та 0,268 мас. %, відповідно. Однак після подальших випробувань сталі інтенсивність зниження вмісту Fe на поверхні зразків дещо зросла та становила 0,429 і 0,310 мас. %, відповідно.

Табл. 1. Хімічний склад основних компонент сталі AISI 321 до і після п'яти циклів випробувань за методом ДУ ГОСТ 6032-89

№ плавки	Fe						Cr					Ni						
	№ циклу випробувань																	
	0	I	II	III	IV	V	0	I	II	III	IV	V	0	I	II	III	IV	V
1	71,284	71,106	71,048	70,921	70,872	71,159	16,52	16,65	16,68	16,71	16,69	16,68	9,158	9,170	9,172	9,202	9,268	9,071
2	71,918	70,867	70,781	70,889	70,600	70,613	16,58	17,62	17,61	17,63	17,70	17,77	9,056	9,064	9,079	9,017	9,124	8,994
3	70,776	70,695	70,790	70,930	70,884	70,878	16,90	16,95	16,92	16,86	16,91	16,89	9,271	9,305	9,236	9,150	9,200	9,116
4	71,412	71,122	71,173	71,048	71,007	71,086	16,53	16,76	16,74	16,82	16,91	16,84	9,180	9,235	9,182	9,181	9,204	9,114
5	70,836	70,907	70,959	71,100	70,716	70,941	16,95	16,90	16,80	16,71	16,91	16,82	9,131	9,198	9,138	9,097	9,217	9,098
Σ	71,245	70,939	70,950	70,978	70,816	70,936	16,70	16,98	16,95	16,95	17,02	17,00	9,151	9,194	9,167	9,129	9,203	9,079

Наведені вище тенденції свідчать про селективне розчинення Cr і Fe з поверхні сталі під час її випробувань у киплячому розчині нітратної кислоти. З метою визначення характерних особливостей селективного розчинення поверхні зразків, застосовуючи формулу (1) та дані табл. 1, розраховано коефіцієнти селективного розчинення Cr (табл. 2).

Табл. 2. Коефіцієнти селективного розчинення Cr (Z_{Cr}) сталі AISI321 після п'яти циклів випробувань за методом ДУ ГОСТ 6032-89

№ плавки	№ циклу випробувань				
	I	II	III	IV	V
1	3,15	2,21	0,99	1,72	0,15
2	4,29	0,47	0,74	0,97	21,6
3	2,59	1,32	1,79	4,61	12,90
4	3,35	1,67	2,73	7,21	3,75
5	2,94	8,07	2,70	0,99	1,67

Згідно з даними табл. 2, коефіцієнти селективного розчинення Cr (Z_{Cr}) після першого циклу випробувань змінювалися від 2,59 (плавка 3) до 4,29 (плавка 2). Це свідчить про те, що Cr інтенсивніше розчинявся з поверхні зразків, ніж Fe. Після другого циклу випробувань коефіцієнти Z_{Cr} плавки 1-4 знизилися, а плавки 5 – зріс. До того ж коефіцієнт Z_{Cr} плавки 2 виявився нижчим за нуль ($Z_{Cr} = 0,47$). Отже, після другого циклу випробувань Fe інтенсивніше розчинялося з поверхні плавки 2 сталі AISI 321, ніж Cr. Після третього циклу випробувань також встановлено, що з поверхні плавки 1, 2 сталі Fe інтенсивніше розчинялося за Cr, оскільки коефіцієнти $Z_{Cr} < 1$. Проте з поверхні зразків із плавки 3-5 Cr інтенсивніше розчинявся за Fe, оскільки коефіцієнти $Z_{Cr} > 1$. Після четвертого циклу випробувань виявлено, що коефіцієнти Z_{Cr} плавки 2, 5 сталі AISI 321, відповідно, становлять 0,97 та 0,998 мас. %. Отже, інтенсивність розчинення Fe з їх поверхні більша, ніж Cr. У решті плавки коефіцієнти $Z_{Cr} > 1$, тому Cr інтенсивніше розчинявся з їх поверхні, ніж Fe. Після п'ятого циклу випробувань виявлено, що тільки плавка 1 має коефіцієнт $Z_{Cr} < 1$. Тому Fe інтенсивніше розчинялося з її поверхні, ніж

Cr. У решти плавко коефіцієнт Z_{Cr} змінювався від 1,67 (плавка 5) до 21,6 (плавка 2). Саме тому інтенсивність розчинення Cr з їх поверхні більша, ніж Fe. Разом з тим, узагальнюючи вище наведене, можна зазначити, що після п'яти циклів випробувань тільки у плавко 3, 4 коефіцієнти $Z_{Cr} > 1$ (див. табл. 2). Отже, ці плавки розчинялися у пасивному стані після кожного циклу випробувань. Отже, вони найтривкіші до міжкристалітної корозії. Водночас плавки, коефіцієнти Z_{Cr} яких менші за одиницю, найменш тривкі до міжкристалітної корозії, оскільки межі зерен розчиняються в активному стані. Це узгоджується з результатами гравіметричних випробувань сталі за методом ДУ [4], оскільки плавкам, які мають коефіцієнт $Z_{Cr} < 1$, відповідають плавки з найбільшими або близькими до них корозійними втратами. Зокрема, плавки 2 після другого, 1, 2 після третього, 2, 5 після четвертого та 1 після п'ятого циклів випробувань (див. табл. 2).

Результати дослідження. За результатами аналізу даних (див. табл. 1) вміст Ni на поверхні зразків після першого циклу випробувань, у середньому, зріс на 0,043 мас.% щодо його вмісту до випробувань. Однак після другого циклу інтенсивність зростання вмісту Ni на поверхні зразків знизилася до 0,016 мас.%. Водночас після третього і п'ятого циклів випробувань спостережено зменшення вмісту Ni на поверхні зразків на 0,022 та 0,072 мас.%, відповідно. Проте після четвертого циклу випробувань сталі вміст Ni на її поверхні зріс на 0,052 мас.%. Такі тенденції з корозійними втратами Fe свідчать про селективний характер розчинення Ni після кожного з п'яти циклів випробувань.

З метою оцінки характерних особливостей селективного розчинення Ni з поверхні зразків за формулою (1), застосовуючи дані табл. 1, розраховано коефіцієнти селективного розчинення Ni (Z_{Ni}) (табл. 3).

Табл. 3. Коефіцієнти селективного розчинення Ni (Z_{Ni}) сталі AISI 321 після п'яти циклів випробувань за методом ДУ ГОСТ 6032-89

№ плавки	№ циклу випробувань				
	I	II	III	IV	V
1	0,52	2,68	0,15	10,30	5,25
2	0,06	1,37	4,48	2,91	75,58
3	3,02	3,36	6,17	8,50	95,57
4	1,44	8,07	0,06	4,34	8,87
5	7,30	8,89	2,26	2,44	4,05

Згідно з даними табл. 3, після першого циклу випробувань коефіцієнти Z_{Ni} плавко 1 і 2 менші за одиницю. Це свідчить про те, що Fe інтенсивніше розчиняється з поверхні цих плавко сталі, ніж Ni. У решти плавко цей коефіцієнт більший за одиницю, що є ознакою інтенсивнішого розчинення Ni, ніж Fe. При цьому треба зазначити, що після першого циклу випробувань в усіх плавках сталі коефіцієнти Z_{Cr} більші за одиницю. Це свідчить про інтенсивніше розчинення Cr з поверхні зразків, ніж Fe. Взагалі з аналізу коефіцієнтів Z_{Cr} і Z_{Ni} сталі AISI 321 після першого циклу випробувань, виходить, що інтенсивність розчинення Cr, Ni і Fe з поверхні сталі зростає у такому ряду: Fe, Cr, Ni або Ni, Fe, Cr (плавки 1, 2). Через це у першому випадку поверхня зразків збагачується Fe та збіднюється Cr і Ni, а в другому – збагачується Ni та збіднюється Fe і Cr.

Після другого циклу випробувань коефіцієнти Z_{Ni} всіх п'яти плавко сталі більші за одиницю. Це свідчить про те, що Ni інтенсивніше розчиняється з поверхні сталі, ніж Fe. Взагалі аналіз коефіцієнтів Z_{Cr} і Z_{Ni} після другого циклу випробувань показав, що інтенсивність розчинення Fe, Cr і Ni з поверхні зразків зростає у такому ряду: Fe, Cr, Ni або Cr, Fe, Ni (плавка 2). Така тенденція сприяє тому, що в першому випадку поверхня сталі збагачується Fe та збіднюється Cr і Ni, а в другому – збагачується Cr та збіднюється Fe і Ni. Це може сприяти у першому випадку твердофазній дифузії Fe в об'єм, а Cr і Ni з об'єму сталі до її поверхні, а другому випадку – Cr в об'єм, а Ni і Fe із об'єму до поверхні сталі.

Треба зазначити, що твердофазна дифузія Fe до поверхні сталі може сприяти утворенню дефектів структури в цих мікрооб'ємах [6, 7], які руйнуються в разі незначних механічних навантажень. Це сприяє розвитку міжкристалітної корозії і, найвірогідніше, корозійному розтріскуванню. Адже за даними [8-10], розчинення від'ємного хімічного елемента (Cr) на поверхні сплаву сприяє зародженню нерівноважних вакансій, які дифундують в його об'єм, де коагулюючи утворюють пори. Після третього циклу випробувань виявлено, що коефіцієнти Z_{Ni} плавко 1, 4 більші, а плавко 2, 3, 5 – менші за одиницю. Отже, для плавко 1, 4 з поверхні зразків Fe розчиняється інтенсивніше, ніж Ni, а плавко 2, 3, 5 – Ni інтенсивніше, ніж Fe. Понад це, вважається, що для плавки 1 коефіцієнти Z_{Cr} і Z_{Ni} менші за одиницю. Це свідчить про те, що інтенсивність розчинення Cr, Ni і Fe з поверхні цієї сталі зростає у такому ряду: Cr, Ni і Fe. Внаслідок цього поверхня сталі збагачується Cr та збіднюється Ni і Fe. Це сприяє збагаченню її поверхні Cr та збідненню Ni і Fe, що може спонукати твердофазну дифузію Cr в об'єм, а Ni і Fe із об'єму сталі до її поверхні. Через твердофазну дифузію Fe до поверхні сталі утворюються дефекти структури у вигляді пор та вакансій, які сприяють міжкристалітній корозії межами зерен аустеніту. З аналізу коефіцієнтів Z_{Cr} і Z_{Ni} решти плавко сталі AISI 321 після третього циклу випробувань виходить, що інтенсивність розчинення Cr, Ni і Fe з її поверхні зростає у такому ряду: Fe, Cr, Ni або Ni, Fe, Cr (плавка 4). Отже, у першому випадку поверхня зразків збагачується Fe та збіднюється Cr і Ni, а в другому – збагачується Ni та збіднюється Cr і Fe. У першому випадку Fe дифундує в об'єм, а Cr і Ni із об'єму сталі, а в другому Ni в об'єм, а Cr і Fe із об'єму сталі. Отже, для плавки 4 існує небезпека міжкристалітної корозії внаслідок утворення дефектів структури сталі в цих мікрооб'ємах. Цьому сприяє твердофазна дифузія атомів Fe до поверхні меж зерен аустеніту.

Після четвертого циклу випробувань встановлено, що коефіцієнти Z_{Ni} сталі AISI 321 усіх п'ятьох плавко більші за одиницю та змінюються від 2,44 (плавка 5) до 10,3 (плавка 1) (див. табл. 3). Водночас виявлено, що коефіцієнти Z_{Cr} плавко 1, 3, 4 також більші за одиницю (див. табл. 2). Через це корозійні втрати Cr, Ni, Fe з поверхні цих зразків зростають у такому ряду: Fe, Cr, Ni. Це сприяє тому, що поверхня зразків, найвірогідніше межами зерен аустеніту, збагачується Fe та збіднюється Cr і Ni. Це може сприяти твердофазній дифузії атомів Fe в об'єм, а Cr і Ni із об'єму сталі межами зерен аустеніту. Разом з тим виявлено, що коефіцієнти Z_{Cr} плавко 2, 5 менші за одиницю (див. табл. 2). Внаслідок цього інтенсивність розчинення металів межами зерен аустеніту зростає у такому ряду: Cr, Fe та Ni. Через це поверхня меж зерен аустеніту збагачується Fe та

Ni. Це може сприяти твердофазній дифузії атомів Cr в об'єм, а Fe та Ni із об'єму сталі межами зерен аустеніту. До того ж така реорганізація об'єму сталі межами зерен аустеніту сприяє утворенню дефектів структури у вигляді пор та вакансій, які разом з корозивним середовищем руйнують межі зерен.

Після п'ятого циклу випробувань встановлено, що коефіцієнти Z_{Ni} цих плавок більші за одиницю. Це свідчить, що Ni інтенсивніше розчиняється зі сталі, ніж Fe. Водночас виявлено, що у плавки 1 коефіцієнт Z_{Cr} менший за одиницю. Внаслідок цього інтенсивність корозійних втрат металів переважно межами зерен аустеніту зростає у такому ряду: Cr, Fe та Ni. Через це поверхня меж зерен аустеніту збагачується Cr та збіднюється Fe та Ni, що може сприяти твердофазній дифузії атомів Cr в об'єм, а Fe та Ni із об'єму сталі. Така реорганізація об'єму сталі межами зерен аустеніту пришвидшує їх руйнування.

Разом з тим виявлено, що в плавках 2-5 коефіцієнт Z_{Cr} більший за одиницю. Через це інтенсивність розчинення металів межами зерен аустеніту зростає у такому ряду: Fe, Cr та Ni. Це сприяє тому, що поверхня меж зерен аустеніту збагачується Fe та збіднюється Cr та Ni, що може сприяти твердофазній дифузії атомів Fe в об'єм, а Cr та Ni із об'єму сталі. Така реорганізація об'єму сталі сприяє значно меншій кількості дефектів структури в об'ємі сталі межами зерен аустеніту, ніж згадана вище, оскільки Fe є основним компонентом сталі.

Узагальнюючи наведене вище, можна зазначити, що на руйнування меж зерен аустеніту впливають електрохімічна та механічна складові. Зокрема, механічна складова істотна, коли коефіцієнти Z_{Cr} та (або) Z_{Ni} менші за одиницю. Оскільки за таких умов корозійні втрати зразків також максимальні [2]. Разом з тим слід відзначити, що всі п'ять плавок виявилися тривкі до міжкристалітної корозії після випробувань за методом ДУ ГОСТ 6032-89. Однак тільки у плавок 3 і 4 коефіцієнти Z_{Cr} більші за одиницю після кожного з п'яти циклів випробувань. До того ж вони мають найменші корозійні втрати після випробувань за методом ДУ ГОСТ 6032-89. Враховуючи вищенаведене, запропоновано матеріал обладнання, що працює в особливо небезпечних умовах, оцінювати не тільки за методом ДУ ГОСТ 6032-89, але й за коефіцієнтами Z_{Cr} та Z_{Ni} . Адже відомо [5-7], що селективне розчинення металів із пітінгів, яке сприяє їх твердофазній дифузії в поверхневих шарах, характеризується критичними потенціалами, за яких істотно змінюється їх корозійна тривкість. Отже, для цього необхідно встановити багатофакторні регресійні залежності між ΔCr , ΔFe , ΔNi та хімічним складом і складовими структури сталі у кип'ячому 65 % розчині нітратної кислоти після п'яти циклів випробувань за методами ДУ [4] та розробити методику оцінювання тривкості сталі AISI 321 до міжкристалічної корозії.

Висновки:

1. Після першого циклу випробувань сталі AISI 321 за методом ДУ ГОСТ 6032-89 встановлено, що коефіцієнти $Z_{Cr} > 1$. Разом з тим виявлено, що для плавок 1, 2 коефіцієнти Z_{Ni} менші, а для 3-5 більші за одиницю. Це сприяє тому, що інтенсивність розчинення основних компонент сталі з поверхні зразків зростає у такому ряду: Ni, Fe, Cr (для плавок 1, 2) та Fe, Cr, Ni (для плавок 3-5). Внаслідок цього в першому випадку поверхня зразків межами зерен аустеніту збагачується Ni та збіднюється Fe і Cr, а в другому – збагачується Fe та збіднюється Cr і Ni. Це може сприяти твердофазній дифузії Ni в об'єм, а Fe і Cr із об'єму сталі для плавок 1, 2 та в об'єм, а Ni і Cr із об'єму сталі для плавок 3-5.

Через твердофазну дифузю атомів Fe в плавках 1, 2 до поверхні меж зерен аустеніту в об'ємі сталі під ними утворюються дефекти структури у вигляді вакансій і пор. Це може сприяти корозійно-механічному руйнуванню меж зерен аустеніту.

2. Після другого циклу випробувань встановлено, що коефіцієнти $Z_{Ni} > 1$. Водночас виявлено, що коефіцієнти $Z_{Cr} > 1$ для плавок 1, 3-5 та менші для плавки 2. Це сприяє тому, що інтенсивність розчинення металів з поверхні зразків зростає у такому ряду: Cr, Ni і Fe (для плавок 2) та Fe, Cr і Ni (для плавок 1, 3-5). Отже, для плавки 2 є небезпека міжкристалітної корозії, оскільки твердофазна дифузія атомів Fe до поверхні меж зерен аустеніту утворює дефекти структури в об'ємі сталі під ними.
3. Після третього циклу випробувань встановлено, що коефіцієнти Z_{Cr} плавок 1, 2 менші, а 3-5 більші за одиницю. Разом з тим встановлено, що коефіцієнти Z_{Ni} плавок 1 і 4 менші, а 2, 3 і 5 більші за одиницю. Отже, для плавок 1, 2, 4 є небезпека міжкристалітної корозії через дефекти структури межами зерен аустеніту, що утворюються внаслідок твердофазної дифузії атомів Fe до їх поверхні.
4. Після четвертого і п'ятого циклів випробувань встановлено, що коефіцієнти Z_{Ni} сталі AISI 321 більші за одиницю. Водночас виявлено, що коефіцієнти Z_{Cr} плавок 2, 5 після четвертого циклу випробування та плавки 1 після п'ятого менші за одиницю. Це свідчить про те, що ці плавки схильні до міжкристалітної корозії внаслідок утворення дефектів структури через твердофазну дифузю атомів Fe до меж зерен аустеніту. Разом з тим доведено, що тільки плавка 4 не схильна до міжкристалітної корозії, оскільки її коефіцієнти Z_{Cr} і Z_{Ni} більші за одиницю.
5. Запропоновано для особливо небезпечних середовищ тривкість сталі AISI 321 оцінювати за коефіцієнтами Z_{Cr} і Z_{Ni} . Зокрема, якщо Z_{Cr} , $Z_{Ni} > 1$, то сталь тривка до цієї корозії у високоокиснювальному середовищі, а якщо Z_{Cr} , $Z_{Ni} < 1$, то – навпаки.

Література

1. Юхневич Р. Техника борьбы с коррозией / Р. Юхневич, Е. Валашковский, А. Видуховский : пер. с польск. А.М. Сухотина. – Л. : Изд-во "Химия", 1980. – 224 с.
2. Нарівський О.Е. Стійкість сталі AISI 321 до міжкристалітної корозії залежно від її структури та механічних властивостей / О.Е. Нарівський, С.Б. Беліков // Нові матеріали та технології в металургії та машинобудуванні : зб. наук. праць. – 2010. – № 2. – С. 21-25.
3. Нарівський О.Е. Стійкість сталі AISI 321 та 12X18H10T до міжкристалітної корозії залежно від її хімічного складу / О.Е. Нарівський, С.Б. Беліков // Нові матеріали та технології в металургії та машинобудуванні : зб. наук. праць. – 2012. – № 2. – С. 20-24.
4. Сталі і сплави корозійностійкіє. Методы испытаний на стойкость против межкристаллитной коррозии: ГОСТ 6032-89 (ИСО 3651/276) – [Действующий от 1990-07-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 41 с.
5. Лосев В.В. Анодное растворение сплавов в активном состоянии / В.В. Лосев, А.П. Пчельников // Итоги науки и техники. Электрохимия : сб. науч. тр. – М. : Изд-во ВИНТИ. – 1979. – Т. 15. – С. 62-131.
6. Motfat T.P. Electrochemical and scanning tunneling microscope study of dealloying of Cu Au / T.P. Motfat, F. – R.F. Fan, A.J. Bord // Electrochem. Soc. – 1991. – № 11. – Pp. 3224-3225.
7. Томашов Н.Д. Теория коррозии и защиты металлов / Н.Д. Томашов. – М. : Изд-во АН СССР, 1959. – 592 с.
8. Вязовикина Н.В. Использование хромольтамперометрии для изучения механизма селективного растворения бинарных сплавов хром-железо / Н.В. Вязовикина // Электрохимия : сб. науч. тр. – 1992. – № 6. – С. 917-922.
9. Pickering H.W. Characteristic fractures of alloy polarization curves / H.W. Pickering // Corrosion Science. – 1983. – № 10. – Pp. 1101-1120.

10. Вязовикина Н.В. Анодное растворение сплавов Fe55Cr45 и Fe84Cr16 в нестационарных условиях / Н.В. Вязовикина // Электрохимия : сб. науч. тр. – 1991. – № 4. – С. 484-489.

Надійшла до редакції 04.07.2016 р.

Беликов С.Б., Наривський О.Э., Маркова Н.В. Характерные особенности селективного растворения стали в высокоокислительном растворе нитратной кислоты

Представлены характерные особенности селективного растворения металлов по границам зерен аустенита стали AISI 321 после пяти циклов испытания по методу ДУ ГОСТ 6032-89. В частности установлено, что после первого цикла испытаний границы зерен аустенита плавков 1, 2 обогащаются Ni и обедняются Cr и Fe, а плавков 3-5 обогащаются Fe и обедняются Cr и Ni. Это может способствовать твердофазной диффузии атомов Ni в объем, а Cr и Fe из объема стали для плавков 1, 2 и Fe в объем, а Cr и Ni из объема стали для плавков 3-5. При этом твердофазная диффузия атомов Fe к границам зерен аустенита способствует образованию дефектов структуры в виде вакансий и пор, что ускоряет коррозионно-механическое разрушение. Вместе с тем установлено, что после второго цикла испытаний, коэффициент Z_{Cr} плавки 2, после третьего – плавков 1, 2, четвертого – плавков 1, 2, 5 и пятого – плавки 1 меньше единицы. Это способствует образованию дефектов структуры и коррозионно-механическому разрушению границ зерен аустенита вследствие твердофазной диффузии атомов Fe к их поверхности. В то же время аналогичную тенденцию установлено для плавков 1, 3 после третьего цикла испытаний, поскольку коэффициенты $Z_{Ni} < 1$. Только у плавки 3 после пятого цикла испытаний коэффициенты Z_{Cr} , $Z_{Ni} > 1$. Это свидетельствует, что она наиболее стойкая к межкристаллитной коррозии в высокоокислительной среде. Предложено стойкость стали AISI 321 к этой коррозии в особо опасных средах оценивать по коэффициентам Z_{Cr} , Z_{Ni} . В частности, если коэффициенты Z_{Cr} или Z_{Ni} меньше единицы, то сталь не стойкая к межкристаллитной коррозии, а если Z_{Cr} , Z_{Ni} больше единицы, то наоборот.

Ключевые слова: селективное растворение, границы зерен аустенита, межкристаллическая коррозия, структура, легирующий элемент.

Bielikov S.B., Narivskyy O.E., Markova N.V. Defining Characteristics of Selective Dissolution of AISI 321 Steel in Highly Oxidizing Solution of Nitrate Acid

The article presents defining characteristics of selective dissolution of metals at the austenite grain boundaries of AISI 321 steel after five DU GOST 6032-89 test cycles. It has been established that after the first test cycle, the austenite grain boundaries of melts 1 and 2 enrich with Ni and lean of Cr and Fe, while austenite grain boundaries of melts 3-5 enrich with Fe and lean of Cr and Ni. This could aid solid diffusion of Ni atoms into the volume, and atoms of Cr and Fe out of the volume of steel for melts 1 and 2, and Fe into the volume and Cr and Ni out of the volume of steel for melts 3-5. Concurrently solid diffusion of Fe atoms to the austenite grain boundaries aids formation of structural defects in the form of vacancies and pores, which accelerates stress corrosion fracture. Alongside with that, it has been established that after the second test cycle, the coefficient Z_{Cr} is less than one for melt 2; after the third cycle – for melts 1 and 2; after the fourth cycle – for melts 1, 2 and 5; after the fifth cycle – for melt 1. This aids formation of structural defects and stress corrosion fracture of austenite grain boundaries as the result of solid diffusion of Fe atoms to their surface. At the same time, similar trend has been discovered for melts 1 and 3 after the third test cycle, due to coefficients $Z_{Ni} < 1$. Only melt 3 showed coefficients Z_{Cr} and $Z_{Ni} > 1$ after the fifth test cycle. This proves that it is most resistant to intercrystalline corrosion in highly oxidizing environments. It is suggested to estimate the resistance of AISI 321 steel to this type of corrosion in extrahazardous environments by coefficients Z_{Cr} and Z_{Ni} . In particular, if the coefficients Z_{Cr} or Z_{Ni} are less than one, the steel is not resistant to intercrystalline corrosion, and if Z_{Cr} or Z_{Ni} are more than one, then it is.

Keywords: selective dissolution, borders of grains of austenite, intercrystalline corrosion, structure, the alloying element.

УДК 647.038.3:681.2.083

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ УДАРНО-АКУСТИЧНОГО ТА УЛЬТРАЗВУКОВОГО МЕТОДІВ ДЕФЕКТΟΣКОПІЇ ФАНЕРИ

О.С. Баранова¹, В.М. Головач²

Існує потреба у створенні обладнання неруйнівного контролю для визначення розшарованих областей фанери на ранніх стадіях виробництва або контролю її якості на кінцевих стадіях. Дослідження високочастотних хвиль у твердих тілах – один з найбільш ефективних методів вивчення та дослідження їх внутрішньої структури. Акустичні хвилі легко проникають у будь-який матеріал, активно взаємодіють з атомами решітки і найчастіше надають унікальну інформацію про середовище поширення. За допомогою акустичних методів у фанерному матеріалі можливо знайти поверхневі та внутрішні дефекти, які представляють собою порушення суцільності, неоднорідності структури, дефекти склейки, пайки тощо. Проведено порівняльний аналіз ударно-акустичного та ультразвукового методів дефектоскопії фанери. Досліджено, що найбільшу кореляцію з ультразвуковим методом контролю розшарування у фанери має вихідний параметр ударного давача – коефіцієнт гармонік.

Ключові слова: фанера, неруйнівний контроль, метод вільних коливань, ультразвуковий метод.

Вступ. Фанерне виробництво – це складна технологічна система. Для підвищення ефективності управління фанерним виробництвом здійснюються пошуки квазіоптимальних умов перебігу технологічного процесу на основі оперативного оброблення інформації про стан процесу. Під час виробництва фанери 80 % дефектів виникають через непроклеї, наявність яких у готовій продукції неприпустима. Причини утворення внутрішніх дефектів зумовлені, в основному, порушенням технологічного процесу виробництва фанери і нестабільністю якості вхідної сировини. Ці внутрішні дефекти зазвичай виявляють тільки під час розкрою, що призводить до вимушеного бракування виробів.

Серед великої кількості методів неруйнівного контролю у деревообробленні широко застосовують акустичні методи [1]. Метод вільних коливань простий у реалізації, система може бути більш мобільною, що робить можливим установку системи і на заключній стадії виробництва, а також безпосередньо після пресування [2]. Суть методу полягає у вимірюванні властивостей коливального процесу, що виникає у фанері за ударного впливу на їх поверхню короткочасного удару. По ділянці досліджуваної поверхні фанери наносять короткочасний удар за допомогою ударника. Удар збуджує у пластині фанери акустичні коливання, які за допомогою п'єзоперетворювача ударного давача, встановленого на матеріалі або на самому ударнику, перетворюються в електричні. Форма електричних сигналів на виході п'єзоперетворювача залежить від властивостей фанери. У разі наявності дефекту в місці удару змінюються характеристики сигналів: амплітуда та частотний спектр. Вимірюючи і порівнюючи кількість імпульсів сигналу, їх амплітуди, частоти й інші характеристики на різних ділянках поверхні фанери можна отримувати інформацію про зміну його властивостей по площині та виявляти дефектні ділянки. Через складну структуру цих сигналів їх вивчення надійніше виконати експериментально [3].

¹ аспір. О.С. Баранова – НУ Біоресурсів і природокористування України, м. Київ;

² доц. В.М. Головач, канд. техн. наук – НУ Біоресурсів і природокористування України, м. Київ