

УДК 620.197:669.15

Д-р техн. наук С. Б. Беліков¹, канд. техн. наук О. Е. Нарівський²¹ Національний технічний університет, м. Запоріжжя; ² ВАТ «Павлоградхіммаш», м. Павлоград

СТІЙКІСТЬ СТАЛІ AISI 321 ДО МІЖКРИСТАЛІТНОЇ КОРОЗІЇ ЗАЛЕЖНО ВІД ЇЇ СТРУКТУРИ ТА МЕХАНІЧНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ

Установлено закономірності впливу структурної гетерогенності та механічних властивостей сталі AISI 321 на її стійкість до міжкристалітної корозії, визначеної за методом удосконалених випробувань (ДУ). Розкрито механізм корозійного руйнування дослідженої сталі.

Ключові слова: міжкристалітна корозія, структура, механічні властивості, аустенітне зерно, включення, еквівалент хрому та нікелю, корозійні втрати.

У науковій літературі механізм міжкристалітної корозії (МКК) корозійностійких сталей в агресивних середовищах пов'язують із випадінням карбідів хрому межами зерен або σ -фази в біляшовній зоні під час зварювання [1–3]. Однак вплив включень, розміру зерна аустеніту та кількості феритної фази на стійкість корозійностійких сталей типу 18–10 до МКК на часі не досліджено. Проте відомо, що термічною обробкою змінюють структуру та механічні властивості сталей. Відтак, метою досліджень є встановлення закономірностей впливу складових структури та механічних властивостей сталі AISI 321 на її стійкість до МКК визначеної за методом удосконалених випробувань ДУ [4].

Методика досліджень

Досліджували п'ять промислових плавок сталі AISI 321 і для порівняння одну плавку сталі 12X18H10T. Зразки діаметром 42 мм і завтовшки 1 мм полірували до шорсткості 0,1 мкм і досліджували на стійкість до міжкристалітної корозії за методом удосконалених випробувань ДУ [4]. Корозійні втрати визначали раніше. Розмір зерна аустеніту визначали методом січних після вакуумного травлення зразків на установці ВЧП-5 при температурі 930 °С упродовж 5 хвилин [5]. Неметалеві включення виявляли раніше [6]. Хімічний склад поверхні зразків після кожного циклу експозиції їх у розчині визначали рентгеноспектральним методом на спектрометрі СРМ-25. Кількість аустеніту та δ -фериту в сталі оцінювали за еквівалентом Ni та Cr [7] (табл. 1).

$$Ni_{екв} = Ni + 30C + 0,5Mn, \quad (1)$$

$$Cr_{екв} = Cr + Mo + 1,5Si + 0,5Ti, \quad (2)$$

де Cr, Mo, Si, Ti, Mn – вміст відповідних елементів у сталі AISI 321, %.

Аналітичні залежності між $\Delta m_{1,5}$ та складовими структури й механічними властивостями сталі AISI 321 (d_3 – розмір зерна аустеніту, мм; V_1 – об'єм нітридів титану в сталі, об. %; V_2 – об'єм оксидів у сталі, об. %;

V – загальний об'єм включень у сталі, об. %; L_1 – середня відстань між нітридами титану в сталі, мкм; L_2 – середня відстань між включеннями у сталі, мкм (3) [8]; $Ni_{екв}$ – еквівалент Ni в сталі, %; $Cr_{екв}$ – еквівалент Cr у сталі, % (табл. 1); σ_b – тимчасовий опір розриву, МПа; $\sigma_{0,2}$ – умовна границя текучості, МПа; δ – відносне подовження, %; Π – показник пластичності, який визначали за формулою (4) [9]; Π_1 – показник опору деформації Мартена Волеса, який визначали за формулою (5) [10]) визначали кореляційним, дисперсійним та регресійним аналізом методом найменших квадратів [11]

$$L = \sqrt{\frac{fN}{n}}, \quad (3)$$

де f – площа одного поля зору мікроскопа, мкм²;
 N – кількість полів зору під часу підрахунку;
 n – кількість включень на N полях зору мікроскопа.

$$\Pi = \frac{\sigma_{0,2}}{\sigma_b}, \quad (4)$$

$$\Pi_1 = \frac{\sigma_b}{\sigma_{0,2}} \cdot \delta, \% \quad (5)$$

Результати досліджень та їх обговорення

У попередніх дослідженнях металографічним аналізом встановлено, що розмір зерна аустеніту сталі AISI 321 коливався від 0,196 у плавки № 5 до 0,312 мм у плавки № 1 [5]. Після першого циклу експозиції зразків у розчині виявлено, що найбільші корозійні втрати у плавки № 1, а найменші – у плавки № 5. При цьому встановлено, що корозійні втрати прямолінійно зростають зі збільшенням розміру зерна аустеніту (6):

$$\Delta m_1 = 10^{-5}(42+3846d_3), \quad r_1 = 0,82. \quad (6)$$

Після наступних чотирьох експозицій зразків у розчині між вищезгаданими величинами регресійні залежності не встановлено (табл. 2).

Таблиця 1 – Еквівалентний вміст Cr_{екв.} та Ni_{екв.} на поверхні сталі AISI 321 до і після експозиції у розчині

Номер експозиції	Cr _{екв.} (I) та Ni _{екв.} (II), %	Номер плавки				
		1	2	3	4	5
до експозиції	I	17,93	18,68	18,06	17,84	17,92
	II	11,04	10,51	12,03	10,96	11,23
1	I	17,99	18,72	18,05	17,87	17,87
	II	11,04	10,53	11,98	10,90	11,17
2	I	18,09	18,80	18,06	18,04	17,81
	II	11,08	10,46	11,86	10,90	11,11
3	I	18,01	18,87	18,05	18,04	18,02
	II	11,17	10,58	11,91	10,91	11,25
4	I	18,02	19,01	18,17	18,09	17,93
	II	10,93	10,44	11,82	10,83	11,13

Таблиця 2 – Коефіцієнти кореляції між корозійними втратами Δm_{1-5} сталі AISI 321 та складовими її структури й механічними властивостями

Елементи структури, показник механічних властивостей	Номер експозиції зразків у розчині				
	1	2	3	4	5
V_1 , об.%	0,93	0,62	0,65	0,70	0,56
V_2 , об.%	0,29	0,72	0,33	0,56	0,52
V_3 , об.%	0,93	0,63	0,65	0,71	0,57
L_1 , мкм	-0,31	-0,66	-0,27	-0,52	-0,50
L_2 , мкм	0,53	0,89	0,77	0,70	0,45
L_3 , мкм	0,54	0,88	0,80	0,68	0,41
d_3 , мм	0,82	0,39	0,58	0,28	-0,03
Cr _{екв.} , %	0,38	0,93	0,77	0,87	0,80
Ni _{екв.} , %	-0,33	-0,47	-0,47	-0,67	-0,75
σ_b , МПа	0,66	0,86	0,73	0,98	0,96
$\sigma_{0,2}$, МПа	0,56	0,63	0,45	0,84	0,94
Π	0,43	0,39	0,21	0,65	0,83
Π_1 , %	0,10	-0,27	-0,11	0,10	0,24
δ , %	0,29	0,10	0,10	0,40	0,61

Проте після першого циклу експозиції зразків у розчині між корозійними втратами (Δm_1) сталі AISI 321 та об'ємом у ній нітридів титану (V_1) встановлено прямолінійну регресійну залежність (7):

$$\Delta m_1 = 10^{-5}(237 + 2174V_1); \quad r_1 = 0,93. \quad (7)$$

З аналізу рівняння (7) виходить, що корозійні втрати сталі AISI 321 прямолінійно зростають зі збільшенням в ній об'єму нітридів титану. Розмір нітридів титану не впливає на корозійні втрати сталі AISI 321, оскільки не виявлено кореляцію між її корозійними втратами та середньою відстанню між нітридами титану (L_1) (табл. 2). Нітриди титану сприяють зростанню корозійних втрат сталі AISI 321, напевно, через те, що на них, як і на карбідах [12], знижується перенапруга іонізації водню. Саме через це зростають швидкість катодної та анодної реакції і корозії взагалі. Оксиди, які виявлено в сталі AISI 321, як і їх розмір (табл. 3), не впливають на її корозійні втрати (табл. 2).

Таблиця 3 – Середня відстань між включеннями в сталі AISI 321

Номер плавки	Середня відстань між включеннями, мкм		
	оксиди	нітриди	нітриди + оксиди
1	373,1	77,4	75,8
2	280,2	90,6	86,2
3	295,8	83,5	80,3
4	430,8	77,2	76,0
5	371,0	66,4	65,3

Низьку кореляцію виявлено також між корозійними втратами сталі AISI 321 та її параметрами Cr_{екв.} і Ni_{екв.} (табл. 1, 2). Однак після наступних циклів експозиції зразків у розчині між корозійними втратами сталі AISI 321 та її параметром Cr_{екв.} встановлено достатню кореляцію, щоб записати прямолінійні регресійні залежності:

$$\Delta m_2 = 10^{-5}(20219 + 1220Cr_{екв1}), \quad r_1 = 0,93; \quad (8)$$

$$\Delta m_3 = 10^{-5}(-9732 + 583Cr_{екв2}), \quad r_1 = 0,77; \quad (9)$$

$$\Delta m_4 = 10^{-5}(17586 + 1087Cr_{екв3}), \quad r_1 = 0,87; \quad (10)$$

$$\Delta m_5 = 10^{-5}(13575 + 853Cr_{екв4}), \quad r_1 = 0,80. \quad (11)$$

Аналізуючи перші похідні рівнянь (8–11), можна зазначити, що після другого циклу експозиції зразків у розчині корозійні втрати сталі AISI 321 зростають у 2,1 рази інтенсивніше зі збільшенням параметра Cr_{екв.}, ніж після четвертого та у 1,43 рази, ніж після п'ятого циклу. Починаючи з четвертого циклу експозиції зразків у розчині між корозійними втратами сталі та її параметром Ni_{екв.} встановлено кореляцію із коефіцієнтами $r_1 = -0,67$ та $r_1 = -0,75$, які є більшими, ніж їх критичне значення (0,61). Отже, між цими параметрами можна записати прямолінійні регресійні залежності:

$$\Delta m_4 = 10^{-5}(9309 - 638Ni_{екв3}), \quad r_1 = -0,67; \quad (12)$$

$$\Delta m_5 = 10^{-5}(9523 - 681Ni_{екв4}), \quad r_1 = -0,75. \quad (13)$$

Аналіз перших похідних залежностей (12) і (13) показав, що після четвертого та п'ятого циклу екпо-

зиці зразків у розчині корозійні втрати сталі AISI 321 знижуються з однаковою швидкістю зі збільшенням її параметра $Ni_{екв}$.

Між корозійними втратами сталі AISI 321 та об'ємом у ній нітридів титану виявлено кореляцію після другого, третього та четвертого циклів експозиції зразків у розчині, але коефіцієнти кореляції між цими параметрами виявилися дещо меншими, ніж після першого циклу експозиції зразків у розчині (табл. 2). Проте значення цих коефіцієнтів більше, ніж критичне. Отже, між цими величинами можна встановити прямолінійні регресійні залежності:

$$\Delta m_4 = 10^{-5}(809 + 3030V_1), \quad r_1 = 0,62; \quad (14)$$

$$\Delta m_5 = 10^{-5}(175 + 1961V_1), \quad r_1 = 0,65; \quad (15)$$

$$\Delta m_5 = 10^{-5}(992 + 3448V_1), \quad r_1 = 0,80. \quad (16)$$

Аналіз перших похідних рівнянь (7), (14)–(16) показав, що інтенсивність корозійних втрат сталі AISI 321 після перших двох циклів експозиції зразків у розчині зростає зі збільшенням у ній об'єму нітридів титану, а після третього циклу, навпаки, знижується. Після четвертого циклу експозиції зразків у розчині корозійні втрати дослідженої сталі найінтенсивніше зростають зі збільшенням в ній об'єму нітридів титану, а після п'ятого циклу експозиції зразків у розчині корозійні втрати взагалі не залежать від вмісту в сталі включень. Після другого циклу експозиції зразків у розчині, окрім кореляції між Δm_2 та V_1 , також встановлено кореляцію між Δm_2 та L_1 із коефіцієнтом $r_1 = -0,66$, що дозволяє записати прямолінійну регресійну залежність між цими величинами:

$$\Delta m_2 = 10^{-5}(3565 - 4,9L_1). \quad (17)$$

Таким чином, можна зазначити (17), що чим дрібніші в сталі AISI 321 нітриди титану, тим менші її корозійні втрати. Вплив оксидів на корозійні втрати сталі AISI 321 дещо відрізняється від впливу нітридів титану, оскільки її корозійні втрати зростають зі збільшенням середньої відстані між оксидами. Отже, чим більші розміри оксидів, тим менші корозійні втрати сталі AISI 321. Таку тенденцію встановлено після другого, третього та четвертого циклу експозиції зразків у розчині, а саме:

$$\Delta m_2 = 10^{-5}(-1802 + 46L_2), \quad r_1 = 0,89; \quad (18)$$

$$\Delta m_3 = 10^{-5}(-1093 + 25L_2), \quad r_1 = 0,77; \quad (19)$$

$$\Delta m_4 = 10^{-5}(-690 + 36,4L_2), \quad r_1 = 0,70. \quad (20)$$

Крім того, лише після другого циклу експозиції зразків у розчині між Δm_2 та V_2 і Δm_2 та L_2 встановлено прямолінійні регресійні залежності:

$$\Delta m_2 = 10^{-5}(909 + 100000V_2), \quad r_1 = 0,72; \quad (21)$$

$$\Delta m_2 = 10^{-5}(-1802 + 4602L_2), \quad r_1 = 0,89. \quad (22)$$

Аналіз перших похідних регресійних залежностей (14)–(21) та об'єму оксидів та нітридів титану в сталі AISI 321 [6] показав, що після другого циклу експозиції зразків у розчині нітриди титану, якнайменше, удвічі інтенсивніше збільшують її корозійні втрати, ніж оксиди. Після другого циклу експозиції зразків у розчині оксиди, які містить сталь AISI 321, збільшують її корозійні втрати внаслідок їх витравлення з аустенітної матриці, оскільки лише після другого циклу експозиції зразків у розчині встановлено прямолінійну регресійну залежність (21). Після п'ятого циклу експозиції зразків у розчині їх поверхня наближається до ювенільного стану, оскільки ані нітриди титану, ані оксиди вже не впливають на корозійні втрати сталі AISI 321 (табл. 2).

Встановлено, що після перших чотирьох циклів експозиції зразків у розчині корозійні втрати сталі AISI 321 прямолінійно зростають зі збільшенням у ній об'єму включень:

$$\Delta m_1 = 10^{-5}(225 + 2174V), \quad r_1 = 0,93; \quad (23)$$

$$\Delta m_2 = 10^{-5}(768 + 3030V), \quad r_1 = 0,63; \quad (24)$$

$$\Delta m_3 = 10^{-5}(161 + 1961V), \quad r_1 = 0,65; \quad (25)$$

$$\Delta m_4 = 10^{-5}(958 + 3448V), \quad r_1 = 0,7. \quad (26)$$

До того ж, після першого циклу експозиції зразків у розчині корозійні втрати сталі не залежать від розміру включень, а починаючи з другого циклу – зростають, коли знижується розмір включень, оскільки встановлено прямолінійні регресійні залежності:

$$\Delta m_2 = 10^{-5}(-2838 + 53L), \quad r_1 = 0,88; \quad (27)$$

$$\Delta m_3 = 10^{-5}(-1435 + 29,8L), \quad r_1 = 0,80; \quad (28)$$

$$\Delta m_4 = 10^{-5}(-1009 + 41,6L), \quad r_1 = 0,68. \quad (29)$$

Коефіцієнти кореляції рівнянь (27)–(29) більші, ніж коефіцієнти кореляції рівнянь (24)–(26), тому корозійні втрати сталі AISI 321 після цих циклів експозиції зразків у розчині, в основному, зумовлено витравленням включень із аустенітної матриці, ніж швидкістю електрохімічних процесів.

Встановлено, що механічні властивості сталі AISI 321 також, як і складові структури, впливають на її корозійні втрати (табл. 2). Так, корозійні втрати Δm_{1-5} сталі AISI 321 прямолінійно зростають зі збільшенням тимчасового опору розриву (σ_b):

$$\Delta m_1 = 10^{-5}(1616 + 4,3\sigma_b), \quad r_1 = 0,66; \quad (30)$$

$$\Delta m_2 = 10^{-5}(-5213 + 12,0\sigma_b), \quad r_1 = 0,86; \quad (31)$$

$$\Delta m_3 = 10^{-5}(-2823 + 6,0\sigma_b), \quad r_1 = 0,73; \quad (32)$$

$$\Delta m_4 = 10^{-5}(-5929 + 13,5\sigma_b), \quad r_1 = 0,98; \quad (33)$$

$$\Delta m_5 = 10^{-5}(-5838 + 13,1\sigma_b), \quad r_1 = 0,96. \quad (34)$$

З аналізу перших похідних рівнянь (30)–(34) встановлено, що корозійні втрати сталі AISI 321 після другого циклу експозиції зразків у розчині втричі інтенсивніше зростають зі збільшенням її показника σ_b , ніж після першого циклу. Проте після третього циклу експозиції зразків у розчині інтенсивність зростання корозійних втрат зі збільшенням параметру $\sigma_{0,2}$ вдвічі уповільнюється порівняно з інтенсивністю корозійних втрат після другого циклу, але після четвертого та п'ятого циклу інтенсивність корозійних втрат зросла більше ніж удвічі. Аналогічну тенденцію спостережено між корозійними втратами сталі AISI 321 та об'ємом у ній нітридів титану.

Вплив умовної границі текучості сталі AISI 321 на її корозійні втрати виявлено після другого, четвертого та п'ятого циклу експозиції зразків у розчині:

$$\Delta m_2 = 10^{-5}(-212 + 7\sigma_{0,2}), \quad r_1 = 0,63; \quad (35)$$

$$\Delta m_4 = 10^{-5}(-602 + 9,9\sigma_{0,2}), \quad r_1 = 0,84; \quad (36)$$

$$\Delta m_5 = 10^{-5}(-1097 + 11\sigma_{0,2}), \quad r_1 = 0,94. \quad (37)$$

Таким чином, з аналізу перших похідних рівнянь (35)–(37) виходить, що інтенсивність корозійних втрат сталі AISI 321 майже лінійно зросла зі збільшенням її умовної границі текучості починаючи із другого циклу експозиції зразків у розчині. Виявлено, що параметр $\sigma_{0,2}$ сталі AISI 321, на відміну від параметра $\sigma_{0,2}$, не впливає на її корозійні втрати після першого та третього циклу експозиції зразків у розчині. Відносно подовження сталі AISI 321 взагалі не впливає на її корозійні втрати, оскільки лише після п'ятого циклу експозиції зразків у розчині між корозійними втратами дослідженої сталі та її параметром δ встановлено кореляційний зв'язок з критичним значенням коефіцієнта кореляції ($r_1 = 0,61$)

$$\Delta m_5 = 10^{-5}(197 + 30\delta). \quad (38)$$

Таку тенденцію, найвірогідніше, зумовлено наводненням сталі AISI 321 на останніх циклах експозиції зразків у розчині. Це підтверджується тим, що після четвертого та п'ятого циклу експозиції зразків у розчині корозійні втрати сталі AISI 321 прямолінійно зростають зі збільшенням її показника пластичності L :

$$\Delta m_4 = 10^{-5}(-1070 + 7143L), \quad r_1 = 0,65; \quad (39)$$

$$\Delta m_5 = 10^{-5}(-2124 + 9091L), \quad r_1 = 0,83. \quad (40)$$

Аналіз перших похідних рівнянь (39) і (40) показав, що корозійні втрати сталі AISI 321 найінтенсивніше зростають зі збільшенням її показника пластичності.

Аналізуючи вищенадані закономірності між корозійними втратами сталі AISI 321 та складовими її структури й механічними властивостями, опишемо механізм цього процесу. Після першого циклу експозиції зразків у розчині корозійні втрати дослідженої

сталі зумовлено розтравленням меж зерен, які є анодом відносно аустенітної матриці та нітридів титану (6). На нітридах титану знижується перенапряга іонізації водню, що пришвидчує катодну та анодну реакцію і швидкість корозії взагалі (7). Після другого циклу експозиції зразків у розчині корозійні втрати сталі AISI 321 зростають унаслідок анодного розчинення меж зерен аустеніту та витравлення із аустенітної матриці дрібних оксидів (18), (21). При цьому швидкість розчинення меж зерен аустеніту зростає внаслідок зниження перенапряги іонізації іонів водню на великих нітридах титану (14), (17) та на феритній фазі (8). Після третього циклу експозиції зразків у розчині корозійні втрати дослідженої сталі знижуються внаслідок зменшення інтенсивності перенапряги іонізації водню у 1,5 раза на нітридах титану (14), (15) та у 2,1 раза на феритній фазі (8), (9). Отже, домінуючим процесом на цій стадії корозійного руйнування сталі AISI 321 є електрохімічні реакції. Після четвертого циклу експозиції зразків у розчині корозійні втрати дослідженої сталі є найбільшими. Це зумовлено зростанням площі великих нітридів титану та феритної фази на поверхні зразків внаслідок розчинення аустенітної матриці і, отже, зростання перенапряги іонізації водню на цих фазах, що пришвидчує швидкість корозійних втрат (10), (12), (16). На цю стадію корозійного руйнування сталі AISI 321, найвірогідніше, впливає її деградація внаслідок насичення її воднем, оскільки водень швидше дифундує у більш пластичній аустенітній матриці (39). Після п'ятого циклу експозиції зразків у розчині корозійні втрати сталі AISI 321 дещо знизилися, оскільки дрібні оксиди та нітриди титану вже витрапилися з поверхні зразків, а швидкість корозійних втрат ще більше залежить від водневої деградації сталі. Адже перші похідні рівнянь (10) і (11) та (12) і (13) майже однакові, а перша похідна рівняння (40) у 1,3 більше, ніж рівняння (39).

Значимість коефіцієнтів кореляції між величинами рівнянь (8), (10), (11), (18), (23), (27), (28), (31), (33), (34), (36), (37), (40) перевірено за t -критерієм Стьюдента з рівнем значимості 0,05, а між величинами рівнянь (9), (13), (16), (19), (21), (26), (32) з рівнем значимості 0,10. Таким чином, ці регресійні залежності рекомендовано застосовувати на практиці для визначення стійкості сталі AISI 321 до міжкристалітної корозії, визначеної за методом удосконалених випробувань ДУ.

Висновки

Встановлено, що корозійні втрати сталі AISI 321 залежать від її структурної гетерогенності та механічних властивостей, а саме:

1. Після першого циклу експозиції зразків у розчині корозійні втрати сталі AISI 321 прямолінійно зростають зі збільшенням середнього діаметра зерна аустеніту, об'єму нітридів титану та тимчасового опору розриву.

2. Після другого циклу експозиції зразків у розчині корозійні втрати сталі прямолінійно зростають зі збільшенням у ній об'єму оксидів, нітридів титану, кількості феритної фази, тимчасового опору розриву та умовної границі текучості.

3. Після третього циклу експозиції зразків у розчині корозійні втрати сталі прямолінійно зростають зі збільшенням у ній об'єму нітридів титану, феритної фази та тимчасового опору розриву.

4. Після четвертого та п'ятого циклу експозиції зразків у розчині корозійні втрати сталі прямолінійно зростають зі збільшенням у ній об'єму нітридів титану, феритної фази, умовної границі текучості та показника пластичності.

5. Доведено, що на різних стадіях корозійного руйнування сталі корозійні втрати визначаються зміною швидкості електрохімічних реакцій внаслідок зниження перенапруги іонізації водню на нітридах титану та зростанням швидкості анодної реакції через водневу деградацію сталі під час останніх експозицій зразків у розчині.

6. Розроблені регресійні залежності адекватно описують корозійну поведінку сталі AISI 321 залежно від її структурної гетерогенності та механічних властивостей.

7. Показано, що термообробка сталі AISI 321 може збільшити її стійкість до МКК.

Перелік посилань

1. Колотыркин Я. М. Электрохимические аспекты коррозии металлов / Я. М. Колотыркин // Защита металлов. – 1975. – XI. – № 6. – С. 675–686.
2. Колотыркин Я. М. Успехи и задачи развития теории коррозии / Я. М. Колотыркин // Защита металлов. – 1980. – XVI. – № 6. – С. 660–673.

3. Техника борьбы с коррозией [Юхневич Р., Богданович В., Валашковский Е., Видуховский А. : пер. с польск. / Под ред. Сухотина А. М.]. – Л. : «Химия», 1980. – 224 с.
4. Сталы и сплавы коррозионно-стойкие методы испытания на стойкость против межкристаллитной коррозии, ГОСТ 6032-89 (ИСО 3651/2-76). [Действующий от 1990-07-01]. – М. : Изд-во стандартов, 1990. – 41 с.
5. Наривський О. Е. Корозійно-електрохімічна поведінка конструкційних матеріалів для пластинчастих теплообмінників у модельних оборотних водах : дис. ... канд. техн. наук : 05.17.14 / Наривський Олександр Олександрович. – Л., 2009. – 209 с.
6. Наривський О. Е. Вплив гетерогенності сталі AISI 321 на її плинність у хлоридовмісному середовищі / О. Е. Наривський // Фізико-хімічна механіка матеріалів. – 2007. – № 2. – С. 100–106.
7. Технология металлов / [Кнорозов Б. В., Усов Л. Ф., Третьяков А. В. и др.] ; под ред. Б. В. Кнорозова. – [2-е изд.]. – М. : Металлургия, 1979. – 903 с.
8. Волчок И. П. Сопротивление разрушению сталей и чугуна / И. П. Волчок. – М. : Металлургия, 1993. – 191 с.
9. Кухтаров В. И. Проектирование технологических процессов холодной штамповки / В. И. Кухтаров, О. В. Кухтаров. – М. : Машиностроение, 1966. – 223 с.
10. Воробьев К. М. Оценка пластичности тонколистовой стали единым показателем / Г. М. Воробьев, Н. А. Шулика // Кузнечно-штамповочное производство. – 1986. – № 12. – С. 6–8.
11. Данко П. Е. Высшая математика в упражнениях и задачах / П. Е. Данко, А. Г. Попов. – М. : Высш. шк., 1986. – 415 с.
12. Княжева В. М. Роль избыточных фаз в коррозионной стойкости нержавеющей сталей / В. М. Княжева, В. Чигал, Я. М. Колотыркин // Защита металлов. – 1978. – XI. – № 5. – С. 531–552.

Одержано 25.01.2010

S. B. Belikov, O. E. Narivskiy

STABILITY OF STEEL AISI 321 TO INTERCRYSTALLINE CORROSION DEPENDING ON ITS STRUCTURE AND MECHANICAL PROPERTIES

Установлены закономерности влияния структурной гетерогенности и механических свойств стали AISI 321 на ее стойкость к межкристаллитной коррозии, определенной по методу усовершенствованных испытаний (ДУ). Раскрыт механизм коррозионного разрушения исследуемой стали.

Ключевые слова: межкристаллитная коррозия, структура, механические свойства, аустенитное зерно, включения, эквивалент хрома и никеля, коррозионные потери.

The regularities of structural heterogeneity and mechanical properties of steel AISI 321 influence on its resistance to intercrystalline corrosion as determined by improved test method (DU). The mechanism of corrosion damage was investigated.

Key words: intercrystalline corrosion, structure, mechanical properties, austenite grain, inclusions, an equivalent of chrome and nickel, corrosion losses.