

УДК 544.643

В.В. ВЛАСЕНКО, Ю.В. БОРИСЕНКО

Київський національний університет технологій та дизайну

**ДОСЛІДЖЕННЯ АТМОСФЕРОСТІЙКИХ СТАЛЕЙ В УМОВАХ,  
ЩО МОДЕЛЮЮТЬ АТМОСФЕРНІ**

*На підставі проведених прискорених порівняльних випробувань атмосферостійких сталей типу А та 10ХСНД показано, що нова сталь типу А по корозійних характеристиках не гірша, ніж 10ХСНД і може слугувати як її замітник в конструкціях, що застосовуються в атмосферних умовах.*

**Ключові слова:** атмосферостійкі сталі, корозійна стійкість, прискорені корозійні випробування, показники швидкості корозії.

В сучасному світі використовується велика кількість металевих конструкцій та матеріалів, які піддаються корозійним процесам. Це призводить до суттєвих проблем при експлуатації таких конструкцій. Особливу актуальність корозійні процеси мають в промислово розвинених країнах, особливо в останні роки, в зв'язку з все більшим використанням в промисловості агресивних середовищ, великих механічних навантажень, високих температур та тисків. Атмосфера в теперішній час стає все агресивнішою внаслідок викидів агресивних речовин. Корозія є причиною величезних економічних втрат. Оцінки спеціалістів різних країн свідчать про те, що втрати через корозію в промислово розвинених країнах становлять від 2 до 4% валового національного продукту. Втрати металу внаслідок виведених з ладу конструкцій, складають від 10 до 20% виробництва сталі за рік [1].

Захист від корозії є однією з найважливіших проблем, що мають велике значення для промисловості. Одним з способів боротьби з корозією є розробка і застосування нових корозійностійких сталей, які будуть стійкими навіть без використання спеціальних засобів захисту, що дозволить продовжити термін служби різноманітних конструкцій, а також зменшити їх вартість.

**Об'єкти та методи дослідження**

Об'єкти дослідження – нова низьколегована сталь типу А та сталь 10ХСНД, стійкі проти атмосферної корозії.

Для оцінки корозійних руйнувань застосовували якісний (зовнішній огляд зразка до і після витримання у корозійно-активному середовищі) і кількісний методи (визначення зміни маси зразка). Було проведено порівняльні прискорені корозійні випробування низьколегованих сталей, що застосовуються без захисту, в умовах атмосферної корозії при категорії розміщення 1 згідно з ГОСТ 15150 [2] в атмосфері зі слабкою корозійною агресивністю 2, а також у відповідній їй умовно-чистій та промисловій атмосфері, в тому числі, сильно забрудненій атмосфері при тривалості зволоження поверхні до 3000 год/м. Сутність методу випробувань полягає у прискоренні корозійного процесу утворення захисних шарів продуктів корозії на поверхні сталі [3].

Прискорення корозійного процесу досягали підвищенням відносної вологості повітря і температури при впливі сірчистого газу, періодичній конденсації вологи і чередуванням змочування поверхні електролітом і з наступним її висушуванням. Випробування проводили циклічно з періодичною зміною першої та другої стадій циклу протягом 7 циклів. *Перша стадія циклу.* У водяну баню на дно камери наливали дистильовану воду, щоб забезпечити відносну вологість повітря при випробуваннях 100%. Потім вводили  $(0,8 \pm 0,1)$  г/м<sup>3</sup> сірчистого газу та камеру щільно закривали. Сірчистий газ в камеру вводили один раз протягом циклу. Після установа зразків в камері, введення сірчистого газу і її

герметизації камеру нагрівали протягом 1 год до температури  $(40 \pm 2)^\circ\text{C}$ , підтримуючи цю температуру постійною протягом 7 год. Потім нагрівання припиняли і продовжували випробування протягом 64 год за температури  $(20 \pm 2)^\circ\text{C}$ . Друга стадія циклу. Зразки протягом 97 год періодично занурювали у розчин сірчаної кислоти з концентрацією  $10^{-6}$  моль/л. Тривалість перебування зразків в електроліті становила 10 хв, на повітрі - 50 хв. Через 30 хв перебування зразків на повітрі їх висушували протягом  $(10 \pm 2)$  хв в потоці підігрітого до температури  $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$  повітря. Під час перерв у випробуваннях зразки знаходилися на повітрі в лабораторному приміщенні за відносної вологості повітря не більше ніж 75%. Після закінчення кожного циклу з випробувань знімали по три зразки від кожного варіанту та визначали швидкість корозії. Тривалість одного циклу становила 168 год, загальна тривалість випробувань – 7 циклів (1176 год). Продукти корозії видалялися спочатку хімічним методом згідно ГОСТ 9.907 [18], а потім механічно до очищувалися. За основні кількісні показники суцільної корозії обирали втрату маси на одиницю площі зразків в  $\text{г}/(\text{м}^2\cdot\text{год})$  (негативний показник швидкості корозії  $K$ , формула 1) та глибинний показник швидкості корозії (глибина корозії)  $\Pi$  в  $\text{мм}/\text{рік}$  (формула 2):

$$K = \frac{\Delta m}{S T} \quad (1)$$

де  $S$  – площа поверхні зразка,  $\text{м}^2$ ;

$T$  – час досліджень, год,

$$\Pi = \frac{8,76K}{d} \quad (2)$$

де  $K$  – негативний показник швидкості корозії,  $\text{г}/\text{м}^2\cdot\text{год}$ ;

$d$  – густина металу,  $\text{г}/\text{см}^3$ .

#### **Постановка завдання**

Мета роботи - дослідження корозійної стійкості нової низьколегованої сталі типу А у порівнянні з її існуючим аналогом - сталлю 10ХСНД для з'ясування можливості їх взаємозаміни.

#### **Результати та їх обговорення**

Втрати маси зразків та негативний показник швидкості корозії корозії атмосферостійких низьколегованих сталей типу А та 10ХСНД наведені в табл. 1 і 2, де чисельні значення наведені із урахуванням середньоквадратичної похибки вимірювань.

Таблиця 1. Середня втрата маси зразків сталей

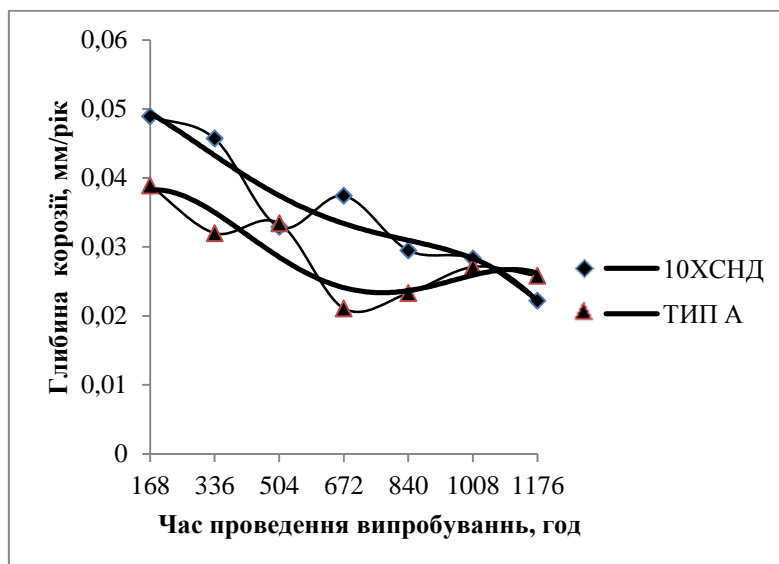
Номер циклу	Значення показників, допустима похибка вимірювання	
	10 ХСНД	типу А
1	0,03686±0,00497	0,02932±0,00513
2	0,03444±0,00279	0,02412±0,00128
3	0,02480±0,00143	0,02517±0,00415
4	0,02819±0,00415	0,01590±0,00980
5	0,02223±0,00286	0,01756±0,00106
6	0,02133±0,00467	0,02043±0,00196
7	0,01673±0,00166	0,01945±0,00181

Таблиця 2. Негативні показники швидкості корозії зразків сталей

Номер циклу	Значення показників, допустима похибка вимірювання	
	10ХСНД	типу А
1	0,0439 ±0,0059	0,0349 ±0,0061
2	0,0410 ±0,0033	0,0287 ±0,0015
3	0,0295 ±0,0017	0,0300 ±0,0049
4	0,0336 ±0,0049	0,0189 ±0,0117
5	0,0265 ±0,0034	0,0209 ±0,0013
6	0,0254 ±0,0056	0,0243 ±0,0023
7	0,0199 ±0,0020	0,0231 ±0,0022

Був проведений візуальний контроль зразків після всіх циклів випробувань. Протягом перших 4 циклів на сталі типу А утворюється менш суцільний шар продуктів корозії, ніж на сталі 10ХСНД, слід відзначити, що продукти корозії відрізнялися за відтінком кольору, який був світліший на сталі 10ХСНД, ніж на сталі типу А. Шар продуктів корозії, що утворився на сталі типу А, міцніше зчеплений з металевою поверхнею та важче видаляється, ніж на сталі 10ХСНД.

На рисунку представлено криві зміни швидкості корозії атмосферостійких сталей 10ХСНД та типу А в процесі випробувань (від циклу до циклу). Характер корозії сталі типу А дещо відрізняється від 10ХСНД: спочатку її швидкість зменшується стрімко, а починаючи з четвертого циклу спостерігається тенденція до уповільнення цього процесу. Після сьомого циклу швидкості корозії сталі типу А трохи більше, ніж сталі 10ХСНД. Такі результати, можливо пов'язані з більш тривалим видаленням у часі продуктів корозії внаслідок їх зчеплення з сталеву основою, що досить сильно може впливати на результати експериментів.



#### Зміна швидкості корозії атмосферостійких сталей 10ХСНД та типу А у процесі випробувань

Сталь типу А відрізняється від 10ХСНД підвищеним вмістом мангану, наявністю невеликих кількостей таких легуючих добавок, як ванадій, молібден, ніобій та титан. При цьому в ній зменшено вміст міді та силіцію. Різниця в складі сталей зумовлює відмінність їх корозійних показників.

З експериментальних даних видно, що корозійна тривкість сталі типу А (протягом 6 циклів) не гірше ніж сталі 10ХСНД, не зважаючи на підвищений вміст сірки та фосфору. Це досягається підвищеним вмістом марганцю, додаванням невеликої кількості молібдену, ванадію ніобію та титану

[4]. Зменшення кількості міді в складі сталі, а також менші витрати на усунення надлишків сірки та фосфору, дозволяють дещо здешевити виробництво нового типу сталі, при цьому не погіршуючи її корозійних характеристик. Отже, сталь типу А може слугувати не гіршим заміником сталі 10ХСНД, бо має схожі корозійні та механічні характеристики і при цьому є дещо дешевшою.

#### **Висновки**

Результати порівняльних випробувань атмосферостійких сталей типу А та 10ХСНД свідчать про те, що нова сталь типу А, по корозійних характеристиках не гірша, ніж 10ХСНД і може слугувати як її заміник в конструкціях, що застосовуються в атмосферних умовах, таких, як мостові зварні конструкції [5], що не підлягають подальшому фарбуванню, відкриті металеві зварні конструкції різноманітних будівель та інші сталеві конструкції в атмосферних умовах. Сталь типу А відноситься до класу корозійної стійкості – «Стійкі», з балом 4 за десятибальною шкалою корозійної стійкості, як і сталь 10ХСНД.

#### Список використаної літератури

1. Семенова И.В. Коррозия и защита от коррозии / И.В. Семенова, Г.М. Флорианович, А.В. Хорошилов, ред. И.В. Семенова. – М.: Физматлит, 2002. – 335 с.
2. ГОСТ 15150-89. Машины, приборы и другие технические изделия. Исполнения для различных климатических районов. Категории, условия эксплуатации, хранения и транспортирования в части воздействия климатических факторов внешней среды. – Взамен ГОСТ 15150-69; введ. 1989-04-17. – М.: Гос. комитет СССР по стандартам; Изд-во стандартов, сор. 1989. – 8 с.
3. ГОСТ 9.911-89 ЕСЗКС. Сталь атмосферостойкая. Метод ускоренных коррозионных испытаний. – Введен впервые; введ. 1989-05-30. – М.: Гос. комитет СССР по стандартам; Изд-во стандартов, сор. 1989. – 9 с.
4. Металлы и сплавы. Справочник. / В.К. Афонин, Б.С. Ермаков, Е.Л. Лебедев Ю.П. и др., ред. Ю.П. Солнцев. – Санкт-Петербург: НПО «Профессионал», 2006. – 1092 с.
5. Шелест А.И. Мосты из атмосферостойкой стали / Шелест А.И. // Вестник ВНИИЖТ. – №4. – 2011. – С.16-20.

Стаття надійшла до редакції / Article received: 01.06.2013

#### **Исследование атмосфероустойчивых сталей в условиях, моделирующих, атмосферные**

Власенко В.В., Борисенко Ю.В.

*Киевский национальный университет технологий и дизайна*

На основании проведенных ускоренных испытаний атмосфероустойчивых сталей типа А и 10ХСНД показано, что новая сталь типа А по коррозионным характеристикам не хуже, чем 10ХСНД и может служить ее заменителем в конструкциях, использующихся в атмосферных условиях.

**Ключевые слова:** атмосфероустойчивые стали, коррозионная устойчивость, ускоренные коррозионные испытания, показатели скорости коррозии

#### **Research weatherproof steel in the condition that simulates the atmospheric**

V. Vlasenko, Y. Borisenko

*Kyiv National University of Technologies and Design*

Based on the results accelerated comparative tests weatherproof steel type A and 10ХСНД shown that a new type of steel A by corrosive characteristics not worse than 10ХСНД and can serve as a replacement in designs used in atmospheric conditions.

**Keywords:** Weatherproof steel, corrosion resistance, accelerated corrosion tests, the corrosion rates.