

Література:

1. M. El Haddad., T.H. Topper, K.N. Smith, Prediction of non-propagating cracks. Eng. Fract. Mech., 1979, №11 (3). – P. 573–584.
2. S. Ishihara, A.J McEvily, Analysis of short fatigue crack growth in cast aluminum alloys. Int. Journ. Fatigue. V. 24, Issue 11, November 2002. – P. 1169-1174.
3. J. Maierhofer, R. Pippan, H.-P. Gänser, Modified NASGRO equation for physically short cracks. Int. Journ. Fatigue. V. 59, February 2014. – P. 200-207.
4. Г. В. Цибаньов. Розрахункове визначення лінії Френча (ЛФ) сталей з використанням експериментальних даних для побудови кривої втоми. Повідомлення 2. Конкретизація методу та оцінка похибок розрахунку. Пробл. міцності, №4, 2023. – С. 39-46.
5. J. Polak. Plastic strain-controlled short crack growth and fatigue life. Int. Journ. Fatigue, 27, 2005. – P. 1192–1201.

Чорноіваненко К.О., Мовчан О.В.

(УДУНТ, м. Дніпро)

**ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКОСТІ НАВУГЛЕЦЬОВАНОГО
Fe-Cr-Ti СПЛАВУ**

E-mail: ekatmovchan@gmail.com

Мікроструктура істотно впливає на корозійну стійкість сталі [1-3]. Це особливо стосується сталей з карбідним зміцненням. Так, із збільшенням площі карбідної фази швидкість корозії підвищується. Підвищення вмісту вуглецю в сталі також збільшує швидкість корозії. У зв'язку з цим, виник інтерес дослідити корозійну стійкість науглецьованого сплаву Fe-2,8 % Cr-1,4 % Ti, зміцненого з поверхні карбідними волокнами.

Дослідний сплав Fe-2,8 % Cr-1,4 % Ti науглецьовували за двома режимами – при температурах 950 і 1100 °C протягом 3 годин. Це було зроблено з метою одержання різних структур у дифузійному шарі. Чітко виражені колоніальні структури формувалися у процесі науглецювання при температурі 1100 °C.

У зразках, які були науглецьовані при температурі 950 °С, карбідна фаза формувалася у вигляді глобулів або трохи витягнутих крапель.

Проводили випробування на такі види корозії: атмосферну корозію – корозію в природній атмосфері повітря; міжкристалітну корозію – як одного з видів структурної корозії; газову корозію – окислення в атмосфері печі при температурі 1000 °С.

Атмосферна корозія. Більше 80 % всіх металоконструкцій експлуатується в атмосфері. Тому атмосферна корозія – найпоширеніший вид корозійного руйнування металів. Атмосферна корозія практично завжди протікає з кисневою деполяризацією. Починається вона з формування на поверхні спочатку мономолекулярного, а потім полімолекулярного адсорбційного шару кисню. На окремих ділянках цього шару з високою енергією зв'язку в процесі поверхневої дифузії утворюються молекулярні агрегати метал-кисень, які трансформуються в центри утворення оксиду. Для початкових стадій окислення характерно розвиток дискретних центрів кристалізації первинного оксиду. Число, розміри та поширення центрів утворення первинного оксиду залежать від режиму процесу, від складу та структури сталі. Процес утворення первинного оксиду, що починається з поверхні, поширюється вглиб або просувається суцільним фронтом, а частіше по каналах, якими є границі зерен, субзерен та міжфазні границі. Від учасників корозії можуть поширюватися крихкі тріщини, на дні яких локалізуються напруги, що розтягують, і відбувається крихке руйнування сталі.

Оцінка загальної корозійної стійкості зразків в атмосферних умовах проводилася на вигляд і по зміні маси з визначенням балу стійкості. Випробуванням піддавали по три зразки з різною структурою в науглецьованому шарі.

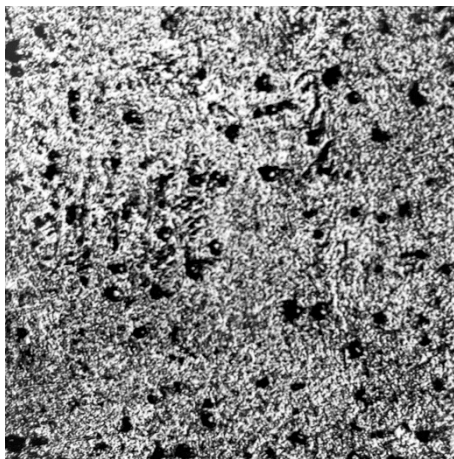
Виявлено, що досліджуваний Fe-2,8 % Cr-1,4 % Ti сплав після науглецьовання є корозійностійким в атмосферних умовах і має близьку до мінімальної для цього балу стійкості швидкість корозії. Впливу морфології карбідної складової в дифузійному шарі на загальну корозійну стійкість сплаву не виявлено.

Металографічні дослідження зразків показали, що механізм атмосферної корозії має осередковий характер. Дрібні окремі осередки проникають на незначну глибину.

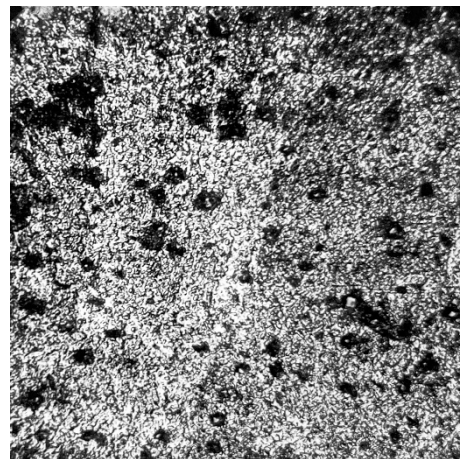
Міжкристалітна корозія є одним із різновидів структурної корозії сплавів. При даному електродному потенціалі сплаву швидкості корозії структурних складових різні, причому має значення морфологія структурних складових та їх розташування (по тілу зерна або по границям зерен). Міжкристалітну корозію трактують як електрохімічний процес, зумовлений електрохімічною гетерогенністю між приграничними ділянками та обсягом зерен [4]. Зв'язки між зернами слабшають, агресивне середовище проникає вглиб металу, виникають тріщини, що призводять до руйнування. Однорідність структури сприяє підвищенню корозійної стійкості сталей [4].

При дослідженні схильності науглецьованого дослідного сплаву до міжкристалітної корозії використовували метод анодного травлення зразків у водному розчині сірчаної кислоти. Дослідні зразки мали колоніальну структуру в дифузійному шарі і структуру з дисперсним розташуванням карбідів.

Після металографічного дослідження зразків встановили, що загальний характер впливу агресивного середовища можна віднести до точкової корозії, ніж до міжкристалітної (рис. 1). Причому структура з колоніальною будовою карбідної фази (рис. 1, а) виявилася більш стійкою до цього виду корозії.



а



б

Рис. 1. Мікроструктура зразків дослідного сплаву після випробувань на міжкристалітну корозію: а – дифузійний шар з колоніальною структурою, б – дифузійний шар із глобулярними карбідами, х400

Газова корозія. Зразки сталей витримували в атмосфері печі при 1000 °С протягом 24 годин, періодично зважували через кожні 2 години. Знаючи приріст маси та площу досліджуваних зразків, розраховували корозію – питоме збільшення маси, мг/см².

Випробування показали, що рівень жаростійкості дослідного науглецьованого сплаву Fe-Cr-Ti не залежить від морфології карбідної фази в дифузійному шарі. У початковий момент часу відбувається збільшення маси зразків, пов'язане з утворенням шару оксидів на поверхні. Після закінчення 2-х годин приріст маси починає падати, поступово стабілізується.

Таким чином, проведені випробування досліджуваного науглецьованого Fe-Cr-Ti сплаву на атмосферну, міжкристалітну та газову корозію показали, що науглецьований шар з колоніальною структурою в даному сплаві виявився стійким до зазначених видів корозії. Це, очевидно, пов'язано з тим, що кооперативний розпад $\alpha \rightarrow \gamma + K$ при науглецюванні йде з утворенням карбіду TiC, який росте у вигляді стрижня, що займає мінімальний об'єм і пронизує зерна. Прикордонні виділення при кооперативному перетворенні відсутні. Титан зв'язує вуглець, що надходить ззовні, в стійкі карбіди TiC, що виключає можливість утворення карбідів хрому і зниження його концентрації в матриці. Отже, відсутність карбідних виділень по границях зерен аустенітно-карбідних колоній, а також рівномірність розподілу хрому в матриці дають можливість дослідному сплаву бути корозійностійким.

Література:

1. Clover, D., Kinsella, B., Pejcic, B. *et al.* The influence of microstructure on the corrosion rate of various carbon steels // J. Appl. Electrochem., 2005. vol. 35. P. 139–149. <https://doi.org/10.1007/s10800-004-6207-7>.
2. López D.A., Schreiner W.H., Sánchez S.R. de, Simison S.N. The influence of carbon steel microstructure on corrosion layers: An XPS and SEM characterization // Applied Surface Science, 2003. vol. 207, Iss. 1–4. P. 69-85. [https://doi.org/10.1016/S0169-4332\(02\)01218-7](https://doi.org/10.1016/S0169-4332(02)01218-7)

3. Alves, V., Brett, C. & Cavaleiro, A. Influence of heat treatment on the corrosion of high speed steel. J. Appl. Electrochem., 2001. vol. 31. P. 65–72. <https://doi.org/10.1023/A:1004157623466>

4. Marcus P. Corrosion mechanisms in theory and practice // Second Edition, Revised and Expanded. Marcel Dekker, Inc., 2002. 729 p.

Школярєнко В.П., Дерєча Д.О.
(ФТІМС НАН України, Київ)
МАГНІТНІ ВЛАСТИВОСТІ СПЛАВУ «МІДЬ-ЗАЛІЗО»
E-mail: hvp@ukr.net

Відомо, що зі збільшенням відсоткового вмісту заліза у міді змінюються магнітні властивості сплаву «мідь-залізо». Тому, у даній роботі запропоновано методику та результати досліджень магніто-акустичних властивостей сплаву «мідь-залізо».

Сплави «мідь-залізо», отримані різними способами лиття, мають різні фізичні властивості, від яких залежать технологічні та експлуатаційні характеристики матеріалів та виробів. Використовуючи лише один метод дослідження, неможливо отримати достатню кількість інформації для визначення доцільності використання матеріалу в заданих експлуатаційних умовах. Тому важливо отримувати дані про фізичні властивості та внутрішню структуру металів, використовуючи декілька методів аналізу. В продовження попередньо проведених досліджень сплаву «мідь-залізо» у даній роботі запропоновано методику та результати досліджень магніто-акустичних властивостей сплаву «мідь-залізо».

Магніто-акустичні вимірювання (шуми Баркгаузена) проводились на приладі АФШ (аналізатор феромагнітних шумів) датчиком підковоподібного типу з активною зоною 8 мм (рис. 1). Частота розгортки магнітного поля 30 Гц, напруженість магнітного поля 450 Е (0,045 Тл), підсилення сигналу з датчика 80 %. Запис даних проводився в автоматичному режимі на АЦП Holit ADA-1406. Час вимірювання в точці 10 с. Калібрування датчика проводилось на повітрі.