

ВЛИЯНИЕ ТЕРМООБРАБОТКИ НА КОРРОЗИЮ И ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЕ ПОВЕДЕНИЕ МАРТЕНСИТНО-АУСТЕНИТНОЙ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ МАРКИ (12X17H3Г2)

М.М.Садави *; Р.Г.Гусейнов *, Т.И.Ширинов *; Г.М.Тагирли **; Э.М.Акперов **

* *Азербайджанский технический университет*

***Институт химических проблем Национальной АН Азербайджана*

Исследовано влияние термообработки на коррозию и электрохимическое поведение мартенситно-аустенитной нержавеющей стали в кислой среде. Образцы из вышеуказанной стали предварительно подвергались термообработке при температуре 1050 °С в течение 2 часов, закалялись в дистиллированной воде и затем подвергались отпуску в интервале 500-800 °С в течение 2 часов. Скорость коррозии измеряли гравиметрическим методом. Электрохимическое поведение стали исследовали методами потенциодинамической поляризации и хронопотенциометрии. Установлено, что скорость растворения и коррозионный ток исследованной стали возрастают с увеличением температуры отпуска. Коррозионная стойкость обработанных при температуре 1050 °С и необработанных образцов выше по сравнению с другими термообработанными образцами.

Мартенситная нержавеющая сталь обычно используется для изготовления деталей производственного оборудования с высокими механическими свойствами, работающими в условиях как высоких, так и низких температур. Поскольку свойства нержавеющей стали могут быть улучшены термообработкой, они имеют широкую область применения и используются для производства различного оборудования, такого как паровые генераторы, сосуды под высоким давлением, режущие инструменты и т.д.[1]. Увеличение содержания никеля приводит к увеличению ударной вязкости мартенситно-аустенитных сталей. Они характеризуются высокой прочностью, хорошей стойкостью к высоким температурам и, из-за низкого содержания углерода в них, хорошей ударной вязкостью даже после сварки [2]. Коррозионные свойства этой марки нержавеющей стали мало изучены и не приводятся в литературе, поэтому целью этой работы было исследование коррозионного и электрохимического поведения термообработанной мартенситно-аустенитной нержавеющей стали марки 12X17H3Г2 (стандарт GOST) в кислой среде.

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНАЯ ЧАСТЬ

Объектом настоящего исследования была выбрана мартенситно-аустенитная нержавеющая сталь марки (12X17H3Г2). Ее химический состав был определен рентгеновской флуоресцентной спектроскопией и представлен в таблице 1.

Таб. 1. Химический состав (% масс.) исследованного сплава

Марка	C	Cr	Ni	Mn	Si	S	P	Ti
12X17 H3Г2	0.1	15.	2.9	2.2	0.6	0.0	0.0	0.4
	21	6	4	1	41	15	26	1

Термообработка была выполнена в муфельной печи марки PF 130 (3000 ватт, 220В, максимальная температура 1600 °С). Температура печи регулировалась с точностью $\pm 10^{\circ}\text{C}$, с использованием регулятора температуры и термопару (типа ПР) для определения фактической температуры образца. Полученные образцы вначале подвергали температурной обработке при 1050 °С в течение 2 часов, затем выдерживали в дистиллированной воде в течение 5 минут при перемешивании. После этого эти образцы были отпущены при темпера-

турах 500, 600, 700, 800 °С в течение 2 часов и охлаждались в воде как показано выше.

Для изучения скорости растворения, из стального листа были вырезаны образцы с размерами 5x5x25 мм. Они были отшлифованы последовательно абразивной бумагой с нанесенным карбидом кремния зернистостью 320, 600, 800 и 1200 и наконец обезжирены ацетоном. Коррозионные исследования проводили в 5 % (масс.) растворе H₂SO₄. Образцы промывали дистиллированной водой, высушивали и затем взвешивали перед испытаниями. Прежде чем регистрировать изменения массы, образцы были очищены от продуктов коррозии в ингибированной кислоте. 5 % (масс.) раствор H₂SO₄ был приготовлен из реактивов аналитической чистоты растворением в дистиллированной воде. Процедура очистки была проведена согласно Стандартам Американского общества по испытанию материалов G1 и G31 [3-4].

Для изучения электрохимического поведения образцы обрабатывались, как описано выше. Для определения кинетики коррозии и скорости растворения в активных, переходных и пассивных областях потенциалов использовался потенциостат (ПИ-50-1). До электрохимических испытаний образцы были обработаны в течение 15 минут при потенциале -0.60 В (н.х.с.э.) для удаления оксидной пленки, образованной на воздухе. Для испытаний использовалась ячейка с тремя электродами, в которой образец являлся рабочим, платина – вспомогательным электродом, а в качестве электрода сравнения использовался насыщенный хлорсеребряный электрод. В качестве рабочего электрода использовались образцы с рабочей площадью 0.35 см². Поляризационные испытания были проведены со скоростью развертки потенциала 12 мВ/мин. в 5 % (масс.) растворе H₂SO₄ при температуре 25 °С.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Скорость растворения исходных, термообработанных и закаленных образцов

были исследованы гравиметрическим методом. Из рис. 1 видно, что скорость коррозии всех образцов в течение 0.5 часов резко падает, затем медленнее и после 3 часов она стабилизируется. Это означает, что сплавы постепенно пассивируются [5]. Из рис. 1 также видно, что исходные и термообработанные образцы проявляют низкую скорость коррозии, чем отпущенные образцы, обработанные при различных температурах, с увеличением температуры отжига значения скорости увеличиваются.

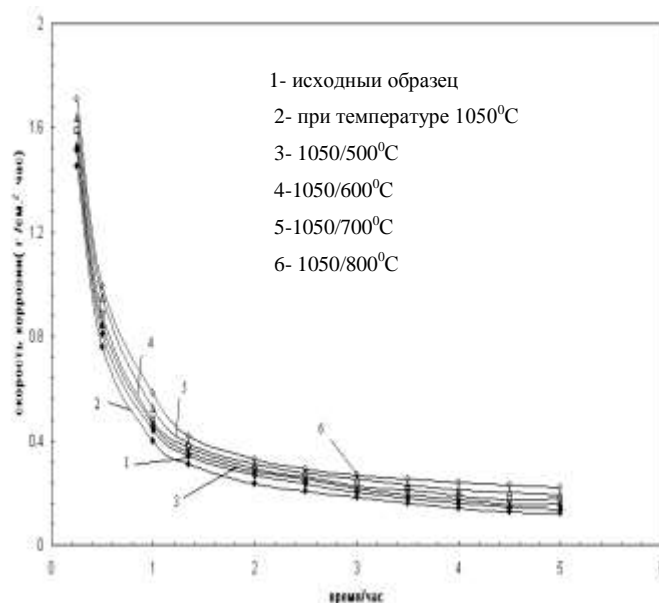


Рис. 1. Зависимость скорости коррозии сплава 12Х17Н3Г2 от времени в 5 % H₂SO₄ при различных значениях термической обработки в течение 2 часов.

На рис. 2 приведены кривые зависимости потенциала разомкнутой цепи (ПРЦ) от времени для всех образцов, как исходных так и термообработанных и закаленных. Из рис.2 видно, что термообработанный и исходный образцы обладают более положительными значениями ПРЦ по сравнению с закаленными, что проявляется более отрицательными значениями ПРЦ с увеличением температуры закалки.

На рис.3 приведены квазипотенциостатические катодные и анодные кривые поляризации мартенситно-аустенитной нержавеющей стали в 5 % (масс.) растворе H₂SO₄. При катодных потенциалах на по-

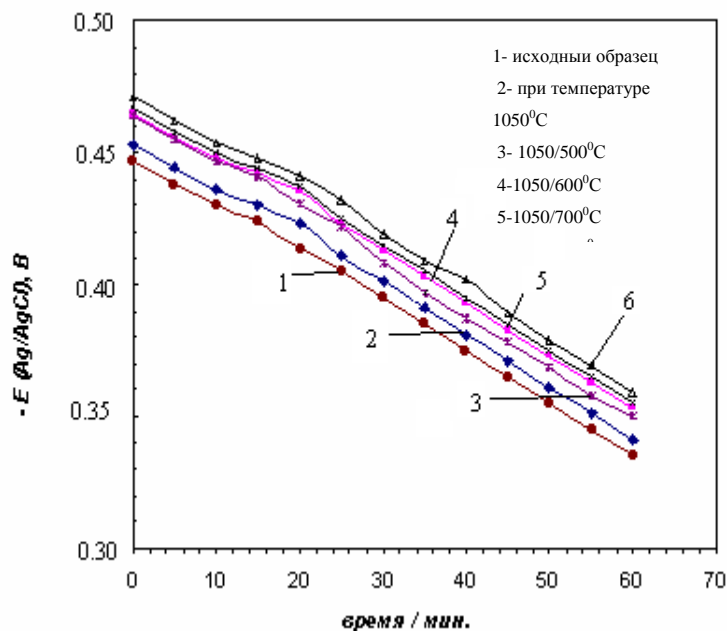


Рис.2. Изменение потенциала разомкнутой цепи сплава 12X17H3Г2 от времени в 5 % H_2SO_4 (цифры на рисунках такие же как на предыдущем рисунке).

верхности электрода наблюдалось выделение водорода, так как в кислых растворах преобладающей реакцией является выделение водорода. На анодных кривых поляризации имеются активная, пассивная и транспассивная области для всех образцов, использованных в этом исследовании. Анодные кривые поляризации показывают, что с увеличением температуры закалки от 500 до 800⁰С потенциал коррозии (E_{cor}) смещается в отрицательную сторону области потенциалов и, следовательно, плотность тока коррозии (i_{cor}) увеличивается значительно. Также следует отметить, что анодные поляризационные кривые показывают, что область пассивности уменьшается с увеличением температуры отпуска.

Приведенные на рис. 1-3 данные свидетельствуют о том, что при температуре выше 1035⁰С карбид хрома полностью растворяется в нержавеющей стали. В то время как выдержка при температуре от 500 до 800⁰С уменьшает растворимость карбидов. При более низких температурах в сплаве, в основном существует карбид железа, а при более высоких температурах преобладает

карбид хрома. Поскольку скорость диффузии углерода гораздо выше, чем хрома, образуется градиент его концентрации между твердым раствором и по границам зерен, в результате чего происходит межкристаллитная коррозия. Такое разрушение может произойти вдоль границ аустенита, а также мартенсита [6-8].

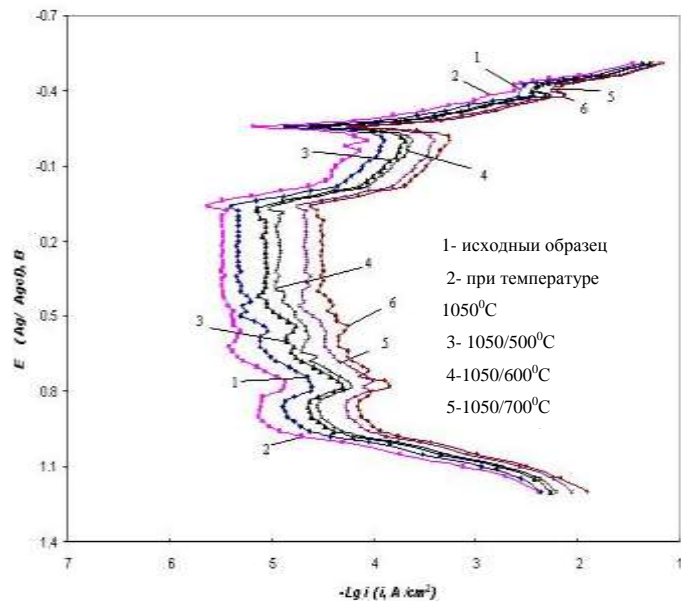


Рис. 3. Квази-стационарные поляризационные кривые сплава, подвергавшегося различной термической обработке в 5 %-ном растворе H_2SO_4 (цифры на рисунках такие же, как на предыдущем рисунке).

ВЫВОДЫ

- 1 - скорость растворения и коррозионный ток исследованных образцов стали возрастают с увеличением температуры закалки.
- 2 - область пассивности уменьшается с увеличением температуры закалки.
- 3 - коррозионная стойкость обработанных при температуре 1050⁰С и не обработанных образцов выше по сравнению с другими закаленными образцами.

ЛИТЕРАТУРА

1. D.H. Mesa, A. Toro, A. Sinatora, A.P. Tschiptschin Wear 255. P. 139–145. (2003).
2. www.outokumpu.Com/files/Group/HR/Documents/STAINLESS20.pdf
www.outokumpu.Com/files/Group/HR/Documents/STAINLESS20.pdf

3. ASTM Standard G1, "Practice for Preparing, Cleaning, and Evaluating Corrosion Test Specimens" (West Conshohocken, PA: ASTM International. (1994).
4. ASTM Standard G31, "Practice for Laboratory Immersion Corrosion Testing of Metals" (West Conshohocken, PA: ASTM International. (1995).
5. ASM Handbook. 8 th edition vol.13. corrosion, ASM international, pdf copy. P. 661. (2000).
6. Corrosion, edited by L. L. Shreir, R. A. Jarman. G. T. Burstein. FORD. 3rd edition. (2000).
7. I-Toor, K.Park, and H. Kwon J. Electrochem. Society. 154. P. 494-499. (2007).
8. D. He. X.Jaing, S.Li and Guan. //Corrosion science. vol. 58. No3. P. 276-282. (2002).

**MARTENSİT-AUSTENİT TİPLİ PASLANMAYAN POLADIN (12X17H3F2)
TEMPERATURA İLƏ İŞLƏNMƏSİNİN ONUN KORROZIYA
VƏ ELEKTROKİMYƏVİ XASSƏLƏRİNƏ TƏSİRİ**

M.M.Sadavi, R.H.Hüseynov, T.İ.Şirinov, H.M.Tahirli, E.M.Əkbərov

Termiki emalın martensit-austenit tipli paslanmayan poladın korroziya-elektrokimyəvi xassələrinə təsiri tədqiq olunmuşdur. Polad nümunələri əvvəlcə 1050⁰C iki saat müddətində termiki emala məruz qoyulmuş, distillə suyunda tablamaya və sonra isə 500-800⁰C intervalında iki saat müddətində tabəksiltməyə uğradılmışdır. Korroziya sürəti gravimetrik metodla ölçülmüşdür. Poladın elektrokimyəvi xassəsi potensiodinamik polyarizasiya və xronopotensimetriya metodları vasitəsilə tədqiq olunmuşdur. Tabəksiltmə temperaturu artdıqca tədqiq olunan polad nümunələrinin həllolma sürətləri və korroziya cərəyanları böyüyür. Passivləşmə sahəsi tabəksiltmə temperaturu yüksəldikcə kiçilir. 1050⁰C temperaturada işlənmiş və termiki emala məruz qalmamış nümunələrin korroziya davamlılığı digər nümunələrə nisbətən yüksəkdir.

**THE INFLUENCE OF HEAT TREATMENT ON CORROSION
AND ELECTROCHEMICAL BEHAVIOR OF MARTENSITIC-
AUSTENITIC STAINLESS STEEL BRAND (12X17H3F2)**

M.M.Sadawy, R.G.Huseinov, T.I.Shirinov, H.M.Tahirli, E.M.Akberov

The influence of heat treatment on the corrosion and electrochemical behavior of martensitic-austenitic stainless steel has been examined in acidic environment. The specimens were first heat treated at 1050⁰C for 2 hours, followed by quenching in distilled water, and then specimens annealed between 500-800⁰C for 2 hours. Weight loss technique used to study the speed of dissolution. Potential-time and potentiodynamic polarization techniques were used to investigate the electrochemical behavior. The results illustrated that heat treated at 1050⁰C and as-received specimens gave the best corrosion resistance while the annealing process has an adverse influence on corrosion properties, indicating that dissolution speed and corrosion current rose by increasing the annealing temperatures.