

И. О. Исхакова, С. С. Виноградова, Р. А. Кайдриков,  
Б. Л. Журавлев

## МОДИФИКАЦИЯ ПОВЕРХНОСТИ ХРОМОНИКЕЛЕВЫХ СТАЛЕЙ В УСЛОВИЯХ ИМПУЛЬСНОЙ ГАЛЬВАНОСТАТИЧЕСКОЙ ПОЛЯРИЗАЦИИ

*Ключевые слова:* хромоникелевые стали, модификация поверхности, импульсная гальваностатическая поляризация, флуктуации потенциала.

*Рассмотрена модификация поверхности хромоникелевых сталей в условиях импульсной гальваностатической поляризации. Получены диаграммы, показывающие влияние режима поляризации для стали 12Х18Н10Т в хлоридных растворах в присутствии окислителя на области устойчивости активно-пассивного и локально-активного состояний. Показано влияние параметров режима на значения максимальных потенциалов образования питтингов.*

*Keywords:* stainless steels, surface modification, pulse galvanostatic polarization, potential' fluctuations.

*A surface modification of chromium-nickel steel at pulse galvanostatic polarization is considered. The diagrams showing the effect of mode polarization for steel 321 H in chloride solutions in the presence of an oxidizing agent on the regions of stability' active-passive and locally active state are obtained. The effect of the mode' parameters on the values of the maximum potentials of formation' pits is shown.*

Одним из способов повышения устойчивости пассивного состояния хромоникелевых сталей является электрохимическая модификация [1]. Модификация поверхности проводится в потенциостатических, циклических потенциодинамических и импульсных режимах поляризации. Одним из направлений модификации поверхности является повышение ее стойкости к питтинговой коррозии. Установлено, что к существенному росту потенциала питтингообразования приводит модификация хромоникелевых сталей в условиях гальваностатической и гальванодинамической поляризации в хлоридных растворах [2, 3].

Цель данной работы заключалась в получении информации о влиянии концентрации окислителя и режима импульсной поляризации на модификацию поверхности хромоникелевых сталей в хлоридном растворе.

В качестве объекта исследования выбрана широко распространенная конструкционная хромоникелевая сталь 12Х18Н10Т. Исследования проводили в стандартной электрохимической ячейке ЯСЭ-2 в растворе 0,1 моль/л NaCl в присутствии окислителя ( $K_3Fe(CN)_6$ ) при комнатной температуре. В качестве электрода сравнения использовали хлоридсеребряный электрод марки ЭВЛ - ИМЗ, вспомогательным электродом служил платиновый электрод. Исследования проводили при плотности тока 5 мкА/см<sup>2</sup>. Продолжительности импульса и паузы варьировали от 2 до 100 с.

Экспериментальная установка состояла из потенциостата – гальваностата «IPC – Pro» и персонального компьютера.

В зависимости от режима поляризации сталь может находиться в активно-пассивном или локально-активном состоянии. Типичные хронопотенциограммы, соответствующие разным состояниям поверхности, представлены на рис. 1. О модификации поверхности стали судили по виду хронопотенциограмм и максимальным значениям потенциалов в каждом цикле поляризации (потенциалы обра-

зования питтингов) при растворении металла в активно-пассивном состоянии.

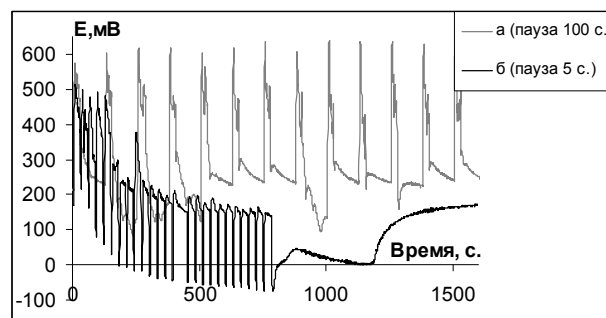


Рис. 1 – Вид хронопотенциограмм, соответствующий активно-пассивному (а) и локально-активному (б) состояниям поверхности. Сталь 12Х18Н10Т в растворе 0,1 моль/л NaCl и 0,01 г/л  $K_3Fe(CN)_6$  при плотности тока 5 мкА/см<sup>2</sup>. Продолжительность импульса 25 с.

Влияние концентрации окислителя и сочетания продолжительности импульса ( $T_{и}$ ) и паузы ( $T_{п}$ ) на состояние поверхности стали (активно-пассивное или локально-активное) показано на рис. 2, 3 и 4.

О влиянии режима импульсной гальваностатической поляризации на процесс модификации поверхности судили по результатам расчета статистических характеристик максимальных значений потенциала (табл. 1).

Данные, представленные на рис. 2, 3 и 4, свидетельствуют о том, что в присутствии окислителя изменяются соотношения между продолжительностями импульса и паузы, обеспечивающими поддержание поверхности в активно-пассивном состоянии. Так, при концентрации окислителя 0,001 г/л пауза 20 с. достаточна для поддержания поверхности стали в активно-пассивном состоянии при продолжительности импульса 5 и 10 с., а при кон-

центрации 0,002 г/л – при продолжительности импульса 50 с.

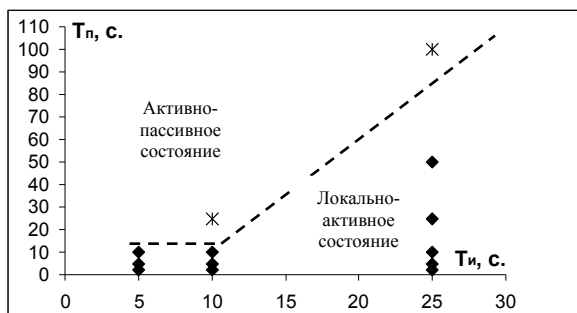


Рис. 2 - Влияние сочетания продолжительности импульса и паузы на состояние поверхности стали 12X18H10T в 0,1 М NaCl и 0,001 г/л  $K_3Fe(CN)_6$  при плотности тока 5 мкА/см<sup>2</sup>: \* - активно-пассивное, ◊ - локально-активное

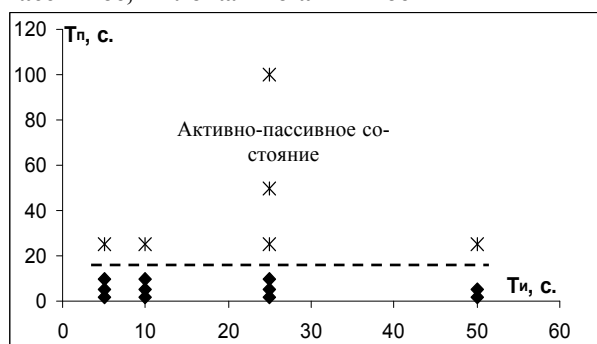


Рис. 3 - Влияние сочетания продолжительности импульса и паузы на состояние поверхности стали 12X18H10T в 0,1 М NaCl и 0,002 г/л  $K_3Fe(CN)_6$  при плотности тока 5 мкА/см<sup>2</sup>: \* - активно-пассивное, ◊ - локально-активное

Таблица 1 – Влияние параметров режима модификации для стали 12X18H10T в 0,1 моль/л NaCl в присутствии  $K_3Fe(CN)_6$  на значения потенциалов образования питтингов

Характеристики режима модификации			Статистические характеристики максимальных значений потенциала		
$T_p$ , с.	$T_i$ , с.	Конц. ок.-ля, г/л	Среднее	Минимум	Максимум
10	25	0,001	561,5	478,1	612,1
10	25	0,002	577,4	545,5	598,2
25	25	0,002	533,8	456,9	588,6
25	50	0,002	578,4	546,7	611,2
25	100	0,002	498,1	461,1	538,2
25	10	0,01	551,1	500,1	619,7
25	50	0,01	527,4	478,7	574,1
25	100	0,01	618,2	570,1	646,1
50	50	0,01	584,2	559,4	623,7
50	100	0,01	606,9	582,6	634,1

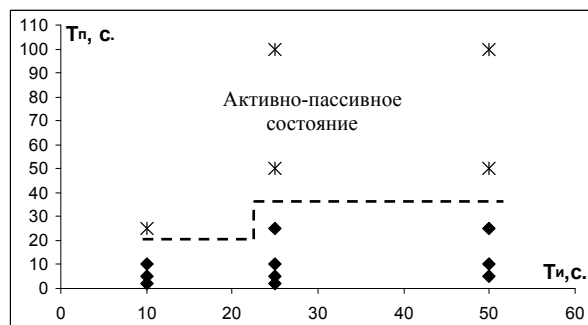


Рис. 4 - Влияние сочетания продолжительности импульса и паузы на состояние поверхности стали 12X18H10T в 0,1 М NaCl и 0,01 г/л  $K_3Fe(CN)_6$  при плотности тока 5 мкА/см<sup>2</sup>: \* - активно-пассивное, ◊ - локально-активное

Модификация поверхности, повышающая значения потенциалов образования питтингов, наблюдается при всех исследованных режимах (табл. 1). Наибольшие значения потенциалов образования питтингов получены при концентрации окислителя 0,01 г/л, продолжительностях импульса 25 и паузы 100 с.

### Выводы

1. Получены диаграммы, показывающие влияние режима импульсной гальваностатической поляризации для стали 12X18H10T в хлоридных растворах в присутствии окислителя на области устойчивости активно-пассивного и локально-активного состояний.
2. Показано влияние параметров режима модификации (сочетания продолжительности импульса и паузы и концентрации  $K_3Fe(CN)_6$ ) для стали 12X18H10T в 0,1 моль/л NaCl при плотности тока 5 мкА/см<sup>2</sup> на значения потенциалов образования питтингов.

### Литература

1. Marijan D., Slavković R., Vuković M. (1999). Surface Modification of Stainless Steel-304 Electrode. 2. An Experimental Comparative Study of Electrochemically, Hydrothermally and Chemically Modified Oxide Films. *Croatica Chemica Acta*, 72 (4), 751-761.
2. Кайдриков, Р.А. Питтинговая коррозия металлов и многослойных систем (исследование, моделирование, прогнозирование, мониторинг) / Р. А. Кайдриков, С.С. Виноградова // Вестн. Казан. технол. ун.-та. – 2010. - №4. – С. 212-227.
3. Исакова, И.О. Влияние плотности тока и продолжительности гальваностатической поляризации на потенциал зарождения питтингов / И. О. Исакова, С.С. Виноградова, Р. А. Кайдриков // Вестн. Казан. технол. ун.-та. – 2012. – Т.15. - №15. – С. 157-158.

© И. О. Исакова – асп. каф. технологии электрохимических производств КНИТУ, inna-ego@mail.ru; С. С. Виноградова – канд. техн. наук, доц. той же кафедры, vsvet@kstu.ru; Р. А. Кайдриков - д-р техн. наук, проф., зав. каф. технологии электрохимических производств КНИТУ, krust@kstu.ru; Б. Л. Журавлев – д-р хим. наук, проф. той же кафедры, bgur@kstu.ru.