

Ж. И. Михальцевич, инж. каф. Х,ТЭХПиМЭТ
И. В. Макарова, ассист. каф. Х,ТЭХПиМЭТ
А. А. Черник, зав. кафедрой Х,ТЭХПиМЭТ
БГТУ, г. Минск

ИЗУЧЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОГО РЕЖИМА ОБРАБОТКИ НА КОРРОЗИОННЫЕ СВОЙСТВА НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ

Электрохимическое полирование (ЭХП) применяют для подготовки поверхности изделия под нанесение гальванических покрытий, удаления заусенцев и округления острых кромок, удаление оксидных пленок, окалины небольшой толщины и дефектных покрытий, а также для очистки поверхности от органических и минеральных загрязнений [1]. Различают механическое, химическое и электрохимическое полирование. Достоинством электрохимического полирования является высокое качество и производительность. Перспективным методом ЭХП поверхностей металла является полирование в импульсном режиме. Преимущество применения импульсного режима электролиза состоит в наибольшей гибкости процесса, которая обусловлена появлением значительно большего количества независимых параметров, контролирующих процесс осаждения (импульсы и паузы, катодные и анодные плотности тока) по сравнению с электролизом без наложения пауз. Это расширяет возможности управления процессом и дает возможность получать покрытия с требуемыми свойствами. Достоинством ЭХП является возможность обработки деталей сложных конфигураций, достижения параметра шероховатости до 0,01 мкм, возможность полной автоматизации процесса [2].

Цель работы – исследование влияния полирования в импульсном режиме на коррозионные свойства нержавеющей стали.

В качестве объекта исследования была выбрана коррозионно-стойкая сталь 03X18H11. Полирование осуществляли в электролитах с мас. %: $\text{H}_3\text{PO}_4:\text{H}_2\text{SO}_4$ –50:50, в качестве ингибиторов травления использовали №1 – молочная кислота; №2 – винная кислота; №3 – уротропин. Электрополированию в стационарном и импульсном режимах (время импульса 2 с, время паузы 1 с) подвергались плоские образцы размерами 30×25×2 с исходной шероховатостью поверхности R_a 0,25–0,4 мкм, которая обеспечивалась шлифованием наждачной бумагой с размером зерна 28–40 мкм. Электролиз осуществляли при помощи источника питания Kraft Flex. Для предотвращения местного

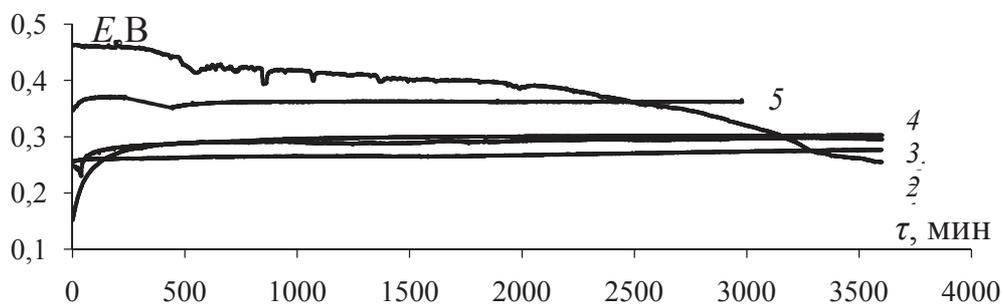
перегрева электролит перемешивался магнитной мешалкой. Параметры шероховатости измерялись с помощью профилографа-профилометра Абрис ПМ 7. Температура поддерживалась с помощью водяной бани БВ-04. Величину съема металла определяли гравиметрическим методом. Проверили склонность отполированных в оптимальных условиях образцов к питтинговой коррозии химическим и электрохимическим методами. Химический метод заключался в опускании образца в раствор, содержащий 3% NH_4Cl и 2% $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$ при $T=30^\circ\text{C}$ на один час, после чего фиксировали убыль массы и скорость коррозии. При определении склонности нержавеющей стали к питтинговой коррозии электрохимическим методом снимали АПК в потенциодинамическом режиме при скорости развертки 5 мВ/с.

Склонность к питтингообразованию, определенная на стали полированной в стационарном и импульсном режиме, представлена в табл. 1.

Таблица 1 – Изменения массы образцов после питтинговой коррозии, отполированной нержавеющей стали 03X18H11 при времени электролиза 17 мин

Вид ингибитора	Δm , г/м ²	K, г/(м ² ·год)	Количество очагов коррозии	$E_{\text{по}}$, В
<i>Импульсный электролиз</i>				
Винная кислота	1,54	92,72	2	0,84
Уротропин	0,54	32,72	2	0,93
Молочная кислота	1,36	81,81	2	0,84
<i>Стационарный электролиз</i>				
Винная кислота	2,45	180,3	5	1,06
Уротропин	2	89,36	2	1,55
Молочная кислота	1,91	95,85	3	1,43
<i>Исходная поверхность</i>				
–	1,91	96,72	3	–

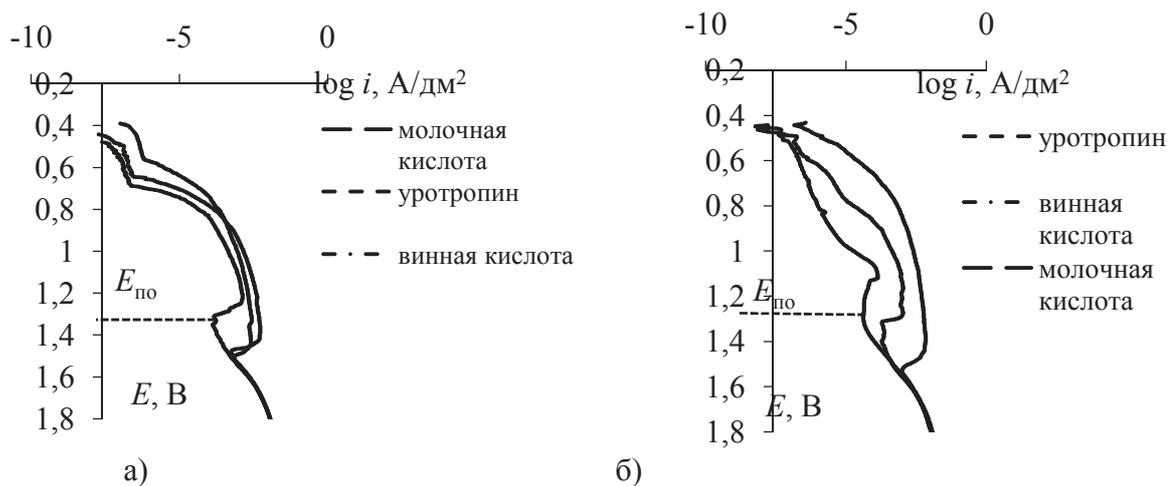
На рис. 1 представлена зависимость потенциала от времени выдерживания электрохимически полированной стали 03X18H11 в 3% растворе NaCl.



1 – исходная поверхность; 2 – 7 мин импульс; 3 – 3 мин стационар;
4 – 3 мин импульс; 5 – 7 мин стационар.

Рисунок 1 – Зависимость потенциала от времени выдерживания в 3% NaCl электрохимически полированной стали 03X18H11

Согласно рис. 2 на исходном образце идет активное растворение и потенциал в течении часа не устанавливается постоянный. В отполированных образцах потенциал устанавливается постоянным в течение 600сек (10 минут). Склонность сплавов к питтинговой коррозии электрохимическим методом устанавливают по потенциалу питтингообразования, определенному с помощью поляризационных кривых рисунок 1.



а) – импульсный режим; б) – стационарный режим
Рисунок 2 – Потенциодинамические анодные кривые

Поверхность, отполированная в режиме стационарного электролиза в растворе с добавлением винной кислоты, в 2,5 раза больше подверглась питтинговой коррозии, чем в режиме импульсного электролиза. Рассчитанные по поляризационным кривым токи коррозии увеличиваются при увеличении времени электролиза и составили 0,20-0,73 нА/см².

Для оценки коррозионной стойкости полученных отполированных образцов снимали спектры импеданса в течение 15 мин после погружения образцов в 0,3% раствор NaCl. В таблице 2 представлены параметры эквивалентной схемы спектров импеданса. Постепенное увеличение радиуса импедансных спектров во времени свидетельствует о возрастании коррозионной стойкости отполированных образцов. На диаграммах Боде для фазового угла θ в области средних частот присутствует широкий пик, что свидетельствует о высокой стойкости стали. На диаграммах для модуля импеданса видно, что сопротивление переноса заряда всех исследуемых сталей (область низких частот) находится в диапазоне $4 \times 10^4 - 2 \times 10^6$ Ом/см².

Таблица 2 – Параметры эквивалентной схемы для отполированных образцов, полученных из исследуемых электролитов при выдерживании в 3% NaCl

Вид ингибитора	R_s , Ом/см ²	R_l , Ом/см ²	Y_0 , Ф/см ²	N_l	R_2 , Ом/см ²	$Y_{02,2}$, Ф/см ²	N_2
Винная кислота	6726	$4,4 \cdot 10^5$	$2,36 \cdot 10^{-5}$	0,84	–	–	–
Молочная кислота	10	$1,6 \cdot 10^5$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	0,9	$1,2 \cdot 10^5$	$1,2 \cdot 10^{-5}$	0,96
Уротропин	11	$1,44 \cdot 10^6$	$2,2 \cdot 10^{-5}$	0,9	–	–	–
Исходная поверхность	2561	$4,5 \cdot 10^4$	$2,56 \cdot 10^{-5}$	0,85	$4,05 \cdot 10^5$	$4,3 \cdot 10^{-5}$	0,56

Таким образом, применение стационарного и импульсного электролиза приводит к модификации поверхности нержавеющей стали, уменьшается количество очагов питтинговой коррозии.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chandrasekar, M.S. Pulse and reverse plating – Conceptual, advantages and applications / M.S. Chandrasekar, M. Pushpavanam // *Electrochimica Acta.* – Vol. 53. – 2008. – P. 3313–3322.

2. Chi-Cheng, Lin Electropolishing of 304 stainless steel: Interactive effects of glycerol content, bath temperature, and current density on surface roughness and morphology/ Lin Chi-Cheng, Hu Chi-Chang, Lee Tai-Chou // *Surface and Coatings Technology*, Vol. 204. – 2009. – P. 448–454.

УДК 621.793

Н.А. Харламова, ген. директор
Н.Г. Дидковский, гл. инж. проектов
(ООО «Гальваносервис», г. Санкт-Петербург)
Тел.: +7 (812) 325-00-81, +7 (931) 540-04-70
E-mail: galservice@bk.ru, www.galservice.ru
195009, Россия, Санкт-Петербург, улица Комсомола 1-3

СОВРЕМЕННЫЕ ЭКОНОМИЧНЫЕ ТЕХНОЛОГИИ НАНЕСЕНИЯ ГАЛЬВАНОПОКРЫТИЙ

Санкт-Петербургское предприятие «Гальваносервис» представляет на территории Таможенного союза современные экономичные технологии и технологические составы для всех распространенных гальванохимических технологических процессов.

Производитель технологических составов для нанесения покрытий Galvano mondo (Турция) осуществляет изготовление и поставки химической продукции более чем в 35 стран мира с 1970 года. Сайт компании Galvano mondo www.galvanomondo.com