

УДК 621.9.047/.048

Студ. Ж.И. Михальцевич

Науч. рук.: доц., канд.хим. наук А.А. Черник; асс. И.В. Антихович  
(кафедра химии, технологии электрохимических производств  
и материалов электронной техники, БГТУ)

## **СВОЙСТВА ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКИ ПОЛИРОВАННОЙ НЕРЖАВЕЮЩЕЙ СТАЛИ**

Нержавеющая сталь является наиболее часто используемым материалом для строительства судов, трубопроводов, клапанов и различного типа оборудования (хирургического и судового), крепежа, кухонных раковин, холодильного оборудования и пищевой промышленности [1, 2, 3].

Полирование позволяет придать стальной поверхности привлекательный декоративный вид и обеспечить улучшение ряда характеристик: изменить топографию, физико-механические свойства, повлиять на триботехнические характеристики поверхности. Выделяют ряд методов механической и физико-технической обработки деталей: лезвийными инструментами, связанным и свободными абразивами, поверхностным пластическим деформированием и электрохимическими методами (химическое и электрохимическое полирование), а также комбинацией представленных методов. Однако известные методы финишной обработки многостадийны и трудоемки, не позволяют обработать детали сложной конфигурации до показателя шероховатости  $R_a=0,01$  мкм [4].

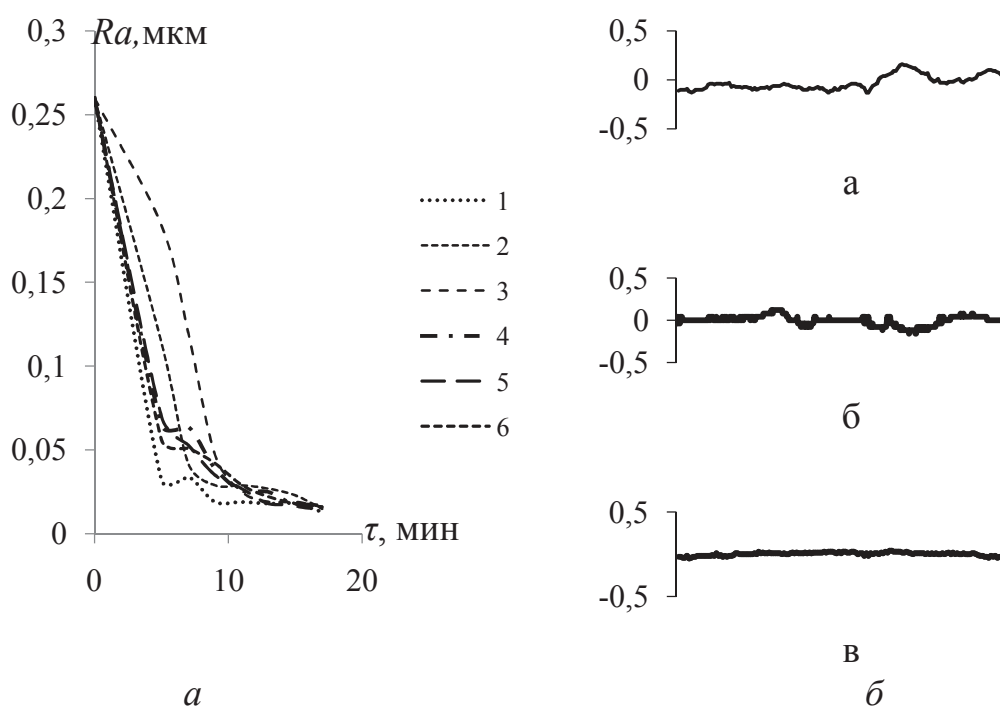
Целью работы явилось исследование физико-химических и коррозионных свойств нержавеющей стали 03X18H11 в стационарном и импульсном режимах электролиза ( $\tau_{\text{паузы}} - 1$  с,  $\tau_{\text{импульса}} 2$  с). В качестве катода и анода использовали сталь 03X18H11. Электролиз проводили в электролитах содержащих серную и фосфорную кислоты в соотношении 50:50 масс. % соответственно, молочную кислоту (40 г/л), винную кислоту (50 г/л), уротропин (50г/л).

Плотность тока при электрополировании в стационарном режиме составила 50 А/дм<sup>2</sup>, температура 50–55 °С.

Микрофотографии поверхности образцов фиксировали при помощи AFFRI-MVDM8 с выводом на персональный компьютер. Для измерения микротвердости использовали цифровой микротвердомер AFFRI-MVDM8 при нагрузках на индентор 200 г по ГОСТ 2999-75. Шероховатость определяли с помощью профилографа-профилометра Абрис ПМ 7. Для проведения импульсного электролиза использовали модульный выпрямитель Flex Kraft. Съём металла фиксировали гра-

виметрически при помощи весов Adventurer Pro AV264C. Потенциалы пересчитывали в шкалу стандартного водородного электрода. Склонность к питтинговой коррозии определяли в растворе содержащем 3%  $\text{NH}_4\text{Cl}$  и 2%  $\text{NH}_4\text{Fe}(\text{SO}_4)_2$  при  $T=30^\circ\text{C}$  в течение часа. Все измерения проводили 3-4 раза. Блеск измеряли при помощи фотоэлектрического блескомера БФ5М-45/0/45.

Для создания исходной микрошероховатости ( $R_a$  0,26 мкм) использовали наждачную бумагу с зернистостью  $28 \times 40$  мкм. Полирование осуществляли до значения 0,015 мкм.



Электролиз в импульсном режиме: 1 – винная кислота; 3 – уротропин; 6 – молочная кислота; импульсный режим: 2 – винная кислота; 5 – молочная кислота; 4 – уротропин.

**Рисунок 1 – Зависимость микрошероховатости от времени электролиза (а); Профилограммы образцов в электролите с добавлением уротропина при электролизе в стационарном режиме стационарный электролиз, мин: а – 3; б – 7; в – 17 (б)**

Выяснили, что в течение 9 мин электролиза наблюдаются значительные изменения параметра  $R_a$ . После 9 мин различия в значениях микрошероховатости незначительны. Наибольшее сглаживание наблюдается в электролите с винной кислотой при стационарном режиме электролиза.

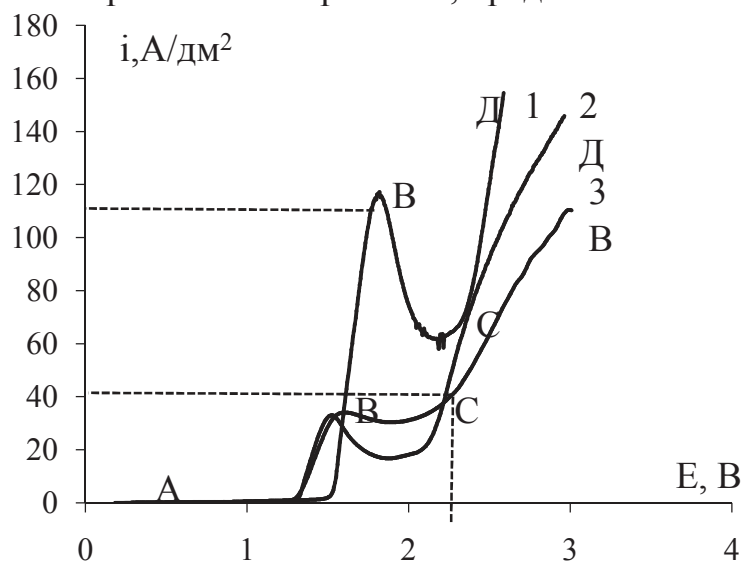
Результаты определения склонности нержавеющей стали к питтинговой коррозии представлен в таблице 1.

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

Вид ингибитора	$\Delta m$ , г/м <sup>2</sup>	K, г/(м <sup>2</sup> ·год)	Количество очагов коррозии
Импульсный электролиз			
Винная кислота	1,5454	92,72	26
Уротропин	0,5454	32,72	20
Молочная кислота	1,3636	81,81	27
Стационарный электролиз			
Винная кислота	2,4545	180,3	66
Уротропин	2	89,36	26
Молочная кислота	1,911	95,85	36
Исходная поверхность			
–	1,909	96,72	37

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.

Анодные поляризационные кривые (АПК) нержавеющей стали, полученные в электролитах полирования, представлены на рисунке 2.

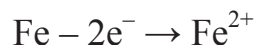


1 – молочная кислота; 2 – уротропин; 3 – винная кислота.

Рисунок 2 – АПК стали в электролитах полирования

На АПК видно, что изменение состояния поверхности в ходе процесса выражена характерными участками анодной поляризации. Рабочая плотность тока процесса полирования составила 50 А/дм<sup>2</sup>.

Для раствора с уротропином (кривая 2) процесс полирования происходит в области активного состояния поверхности (участок АВ):



В растворах с молочной и винной кислотами полирование происходит в области более положительных потенциалов  $\approx 2,2$  В, и соответствует участку (СД), на котором наряду с ионизацией стали происходит выделение газообразного кислорода. При этом не происходит ухудшения качества поверхности.

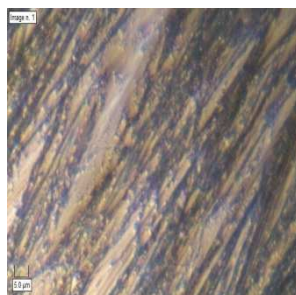
В ходе работы были установлены оптимальные условия электролиза представленные в таблице 2.

**Таблица 2 – Оптимальные условия электролиза и характеристик поверхности нержавеющей стали (сталь 03X18Н11) после 17 минут полирования ( $R_a \approx 0,015$  мкм)**

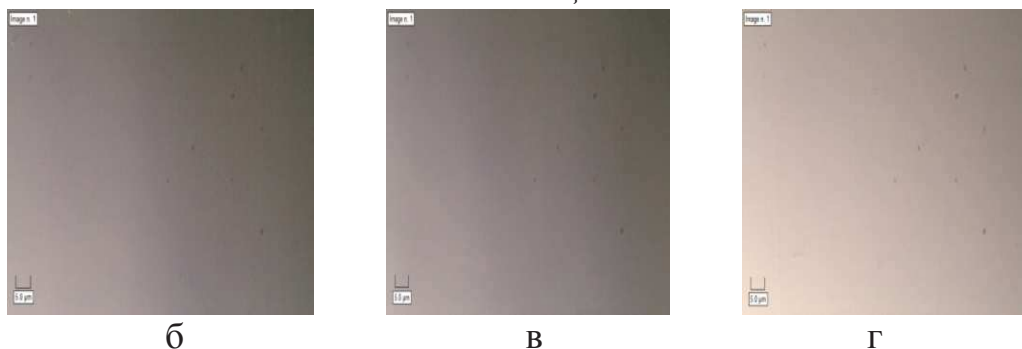
Параметр	Уротропин	Винная кислота	Молочная кислота
Исходная поверхность микротвердость 309 HV			
Стационарный режим			
$\Delta m$ , г	0,323	0,2895	0,3081
Микротвердость, HV	176	171,6	187
$v$ , мкм/ч	0,014353	0,014529	0,014353
Импульсный режим			
$\Delta m$ , г	0,1951	0,2241	0,2071
Микротвердость, HV	183	173,6	185
$v$ , мкм/ч	0,014412	0,014059	0,014294

Выяснилось, что значение микротвердости нержавеющей стали уменьшается при электрохимическом полировании в 1,5 раза. При импульсном электролизе съём металла в 1,5 – 2 раза меньше, чем при стационарном.

Микрофотографии нержавеющей стали представлены на рисунке 3.



а



**а – исходная поверхность; электролиз в стационарном режиме:  
б – уротропин; в – винная кислота; г – молочная кислота.**

**Рисунок 3 – Микрофотографии поверхности отполированной нержавеющей стали в течение 17 минут при температуре 50–30 °С.**

Электрохимическое полирование позволяет улучшить внешний вид поверхности нержавеющей стали, формируется плоская равномерная структура. Режим электролиза не оказывает влияния на топографию. Блеск исходной поверхности составил 61 единицу, при увеличении времени полирования до 3 мин блеск увеличивается до 180–200 единиц.

Таким образом, применение импульсного электролиза взамен стационарного приводит к уменьшению съема металла и очагов питтинговой коррозии.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Awad, A.M. Electropolishing of AISI-304 stainless steel for protection against SRB biofilm / A.M. Awad, E.A. Ghazy, S.A. Abo El-Enia, M.G. Mahmoud // *Surface and Coatings Technology* 206 (2012) 3165–3172.
2. Hoffman J. *Machine Design*. 73 (2001) 80.
3. Chandrasekar, M.S. Pulse and reverse plating – Conceptual, advantages and applications / M.S. Chandrasekar, M. Pushpavanam // *Electrochimica Acta* 53 (2008) 3313–3322.
4. Кудрявцев, Н.Т. Электролитические покрытия металлами, М.: Хи-мия, 1979. – с. 352