

**Гульмира ЯР-МУХАМЕДОВА, Канат МУКАШЕВ, Абыл МУРАДОВ,
Рустем АТЧИБАЕВ, Ерлан ЯР-МУХАМЕДОВ**

**РАЗРАБОТКА РЕКОМЕНДАЦИЙ ПО ПРИМЕНЕНИЮ
КОРРОЗИОННОСТОЙКИХ НАНО-КЭП ДЛЯ ЗАЩИТЫ НАСОСОВ
ВОДЫ ТЭЦ**

*Казахский национальный университет им. аль-Фараби, НИИЭТФ,
пр. аль-Фараби, 71, г. Алматы, 050040, Казахстан. E-mail: shariphovna@gmail.com*

**Gulmira YAR-MUKHAMEDOVA, Kanat MUKASHEV, Abyl MURADOV,
Rustem ATCHIBAYEV, Yerlan YAR-MUKHAMEDOV**

**DEVELOPMENT OF RECOMMENDATIONS ON THE APPLICATION OF
CORROSION-RESISTANT NANO-CEC FOR HEC WATER PUMPS PROTECTION**

*Al-Farabi Kazakh National University, IETP,
71, Al-Farabi Av., Amaty, 050040, Kazakhstan. E-mail: shariphovna@gmail.com*

ABSTRACT

The purpose of our researches is working out technology of nano-structured composite electrolytic coatings obtaining and revealing optimum mode for effective corrosion proof coatings electroplating. The coatings were developed for Heat Electro Central (HEC) equipment, in particular for water pumps details.

The results showed that the highest corrosion resistance have coatings, received at current density 4 A/dm² and temperature 333 K with concentration 20...30 g/dm³ SiO₂.

It has been established that nano-composition electrolytic coatings obtained from an electrolyte containing 20 g / l of SiO₂ at 4 A/dm² current density and 333 K temperature have the best corrosion resistance. The depth of corrosion is 0.2-0.4.10⁻³ mm/year. High anticorrosion properties were exhibited by nanostructured composite electrolytic coatings formed from electrolytes with 20...30 g/l of "Aerosil-300". Corrosion resistance of nano-CEC, which have obtained from electrolytes with a low content of dispersed phase (5...15 g/l SiO₂) are almost the same as in pure chromium electrolytic coatings. Increasing the concentration of the second phase in the electrolyte from 35 to 45 g/l leads to reduction in the current yield and a sharp deterioration in the quality of chromium precipitation. Industrial tests showed that the resistance of chrome-white soot nano-CEC is 9.5–10.2 times higher than the traditionally used in HEC' industry.

KEY WORDS: *nanostuctured composition electrolytic coatings (nano-CEC), corrosion resistance, electro deposition, temperature dependency.*

Особый интерес к композиционным материалам и покрытиям появился в последние десятилетия в связи с резким ростом требований к уровню эксплуатационных свойств материалов, работающих в условиях агрессивных сред, трения и износа [1–7]. В связи с этим разработка эффективных и экономичных способов получения наноструктурированных композиционных электролитических покрытий nano-КЭП, изучение процессов электроосаждения [8–11], а также исследование влияния микроструктуры [12–14] на свойства электролитических покрытий является одной из актуальных проблем современного материаловедения.

Целью наших исследований является разработка технологии получения nano-КЭП и выявление оптимального режима для осаждения эффективных коррозионностойких покрытий для штоков и цилиндров насосов, которые используют в АО «АлЭС» ТЭЦ-1 для перекачки холодной воды (рис. 1).

Для установления коррозионной стойкости наноструктурированных покрытий хром-белая сажа были использованы гравиметрический и потенциодинамический методы исследования. На первом этапе была поставлена задача, установить оптимальный состав электролита и режим осаждения nano-КЭП. Были получены nano-КЭП на образцах из стали Ст 45 и чугуна

СЧ 25 размером 50x25x2 mm. Выбор материала образцов продиктован тем, что из соответствующих материалов изготовлены штоки и цилиндры насосов, традиционно используемых для перекачки холодной нефilterованной воды в АО «Алматинская электросеть» ТЭЦ-1. Режимы получения и состав электролита-суспензии представлены в табл. 1.

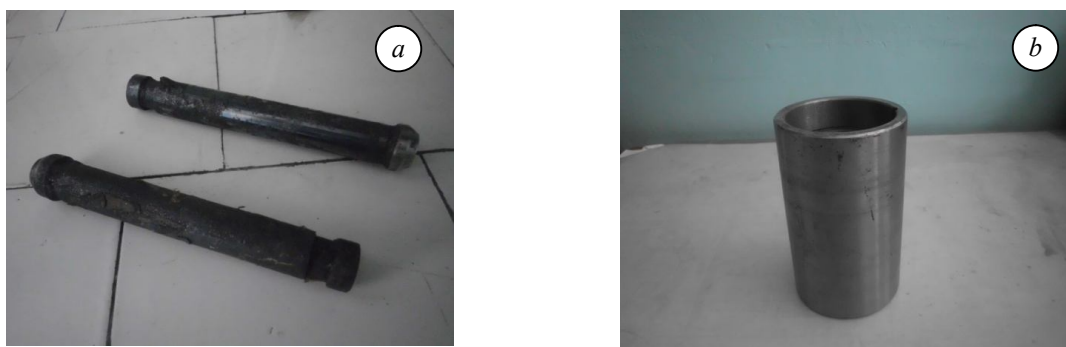


Рис. 1. Внешний вид штоков и цилиндра насосов холодной воды: *a* – штоки гидроцилиндров из чугуна марки СЧ 25; *b* – гидроцилиндр насоса из стали СТ 45.

Fig. 1. Rods and cylinder of cold water pumps appearance: *a* – stocks of hydraulic cylinders made of cast iron of grade СЧ 25; *b* – hydraulic pump cylinder made of steel СТ 45.

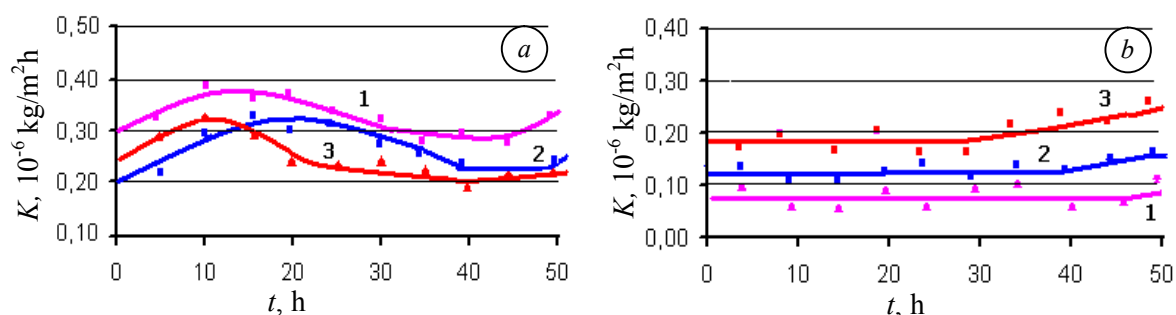
Таблица 1. Режимы получения и состав электролита-суспензии
Table 1. Production modes and composition of electrolyte-suspension

| Наименование | Единицы измерения | Показатели |
|--|------------------------|---------------|
| Хромовый ангидрид CrO_3 | g/l | 250,0...300,0 |
| Серная кислота H_2SO_4 | g/l | 2,5...3,0 |
| Белая сажа SiO_2 | g/l | 5,0...45,0 |
| Температура осаждения, T | К | 303...343 |
| Плотность тока, i | A/dm^2 | 3,0...7,0 |

Покрyтия, полученные из электролитов с различной концентрацией диоксида кремния, при температурах и плотностях тока в 3%-ном растворе NaCl.

До испытания образцы предварительно обезжиривали, промывали дистиллированной водой до полного смачивания. После 5 h коррозионных испытаний образцы высушивали, упаковывали в фильтровальную бумагу, выдерживали в эксикаторе с влагопоглотителем в течение 1 h и взвешивали на аналитических весах с точностью до 0,0001 g. Обработку результатов проводили по ГОСТ 9.506-87, п 2.6 показатель точности – E определяли по ГОСТ 9.502-82.

На рис. 2 представлены кинетические кривые коррозии, где наглядно видно, что для нано-КЭП, полученных из электролитов с содержанием 5...15 g/l SiO_2 наблюдается растворение и пассивация (рис. 2, *a*). Нано-КЭП, полученные из электролитов с содержанием 20...30 g/l SiO_2 корродируют из состояния полной пассивации (рис. 2, *b*). Для покрытий, сформированных из электролитов с содержанием 35...45 g/l SiO_2 (рис. 2, *c*) коррозионный процесс начинается из состояния пассивации.



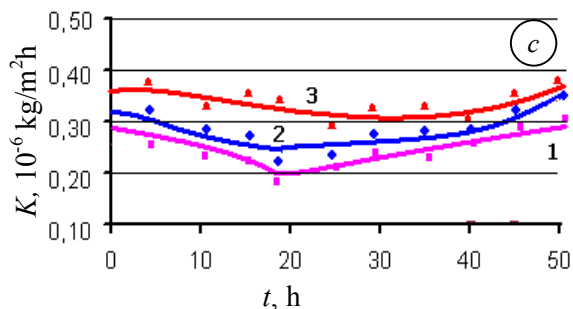


Рис. 2. Кинетические кривые коррозии nano-КЭП Cr-SiO₂, полученные из электролитов с SiO₂ (г/л): а) 1–5; 2 – 10; 3 – 15; б) 1 – 20; 2 – 25; 3 – 30; в) 1 – 35; 2 – 40; 3 – 45.

Fig. 2. Kinetic curves of corrosion nano-CEC Cr-SiO₂, obtaining from electrolytes with SiO₂ (g/dm³): а) 1–5; 2 – 10; 3 – 15; б) 1 – 20; 2 – 25; 3 – 30; в) 1 – 35; 2 – 40; 3 – 45.

На рис. 3 представлены потенциодинамические кривые коррозии, удовлетворительно согласующиеся с кинетическими кривыми, приведенными выше. Для nano-КЭП 5...15 г/л SiO₂ область полной пассивации короткая, 0,05 В (рис. 3, а). Для nano-КЭП, сформированных из электролитов с содержанием 20...30 г/л SiO₂ (рис. 3, б), длина области полной пассивации составляет 0,60...0,85 В. Для покрытий 35...45 г/л SiO₂ (рис. 3, в) область полной пассивации уменьшается с увеличением концентрации дисперсной фазы в электролите.

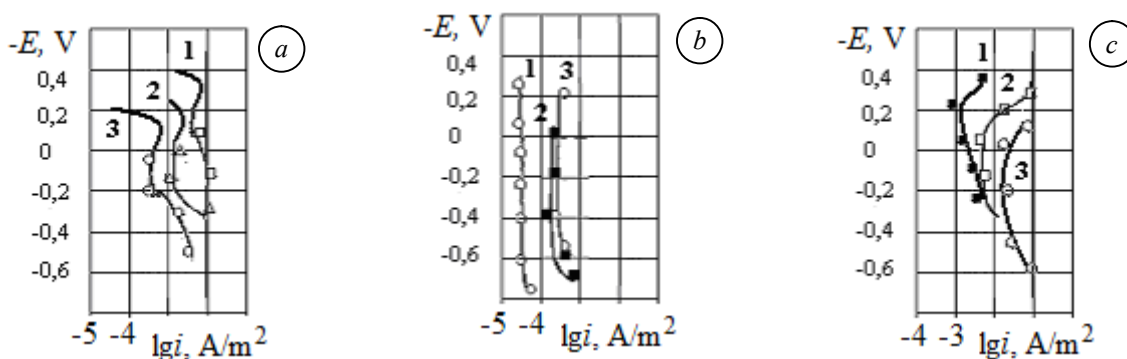


Рис. 3. Потенциодинамические кривые для nano-КЭП Cr-SiO₂, полученных из электролитов с SiO₂ (г/л): а) 1 – 5; 2 – 10; 3 – 15; б) 1 – 20; 2 – 25; 3 – 30; в) 1 – 35; 2 – 40; 3 – 45.

Fig. 3. Potentiodynamical curves of nano-CEC Cr-SiO₂, obtaining from electrolytes with SiO₂ (g/dm³): а) 1 – 5; 2 – 10; 3 – 15; б) 1 – 20; 2 – 25; 3 – 30; в) 1 – 35; 2 – 40; 3 – 45.

На втором этапе были нанесены покрытия оптимального состава (20 г/л) при 333 К на детали насоса холодной нефилтрованной воды. Внешний вид деталей с nano-КЭП хром-белая сажа представлены на рис. 4.



Рис. 4. Внешний вид опытных образцов штоков и гидроцилиндра насоса холодной воды после осаждения nano-КЭП хром-белая сажа.

Fig. 4. Appearance of cold water pumps' rod and hydro-cylinder after chrome-white soot nano-CEC deposition.

На последнем этапе нами были проведены промышленные испытания nano-КЭП хром-диоксид кремния на коррозионную стойкость в условиях эксплуатации в АО «АлЭС» с октября 2015 года в течение 23 месяцев. При вскрытии оборудования по истечении срока испытания разрушений, очагов питтинговой коррозии, раковин, царапин не было обнаружено. После подробного осмотра гидроцилиндры и штоки были установлены для дальнейшей эксплуатации.

ВЫВОДЫ

Установлено, что наилучшей коррозионной стойкостью обладают nano-КЭП, полученные из электролита, содержащего 20 г/л SiO₂ при плотности тока 4 А/дм² и температуре

333 К. Глубинный показатель коррозии составляет $0,2...0,4 \cdot 10^{-3}$ mm/year. Высокие антикоррозионные свойства проявили наноструктурированные композиционные электролитические покрытия, сформированные из электролитов с 20...30 g/l «Аэросила-300».

Коррозионная стойкость нано-КЭП, которые получены из электролитов с малым содержанием дисперсной фазы (5...15 g/l SiO₂) почти такая же, как и у чистых хромовых электролитических покрытий. Очевидно, вышеприведенное количество второй фазы недостаточно для изменения структуры и свойств хромовых покрытий.

Увеличение концентрации второй фазы в электролите с 35 до 45 g/l приводит к уменьшению выхода по току и резкому ухудшению качества хромовых осадков.

Промышленные испытания показали, что стойкость нано-КЭП хром-белая сажа в 9,5–10,2 раза выше, чем у традиционно используемых в данной отрасли деталей насоса без покрытия.

Исследования были проведены при финансовой поддержке проекта AP05130069 ДГП на ПХВ «Научно-исследовательский институт экспериментальной и теоретической физики» РГП на ПХВ «Казахский национальный университет им. аль-Фараби» МОН РК «Разработка нанотехнологии синтеза функциональных гальванических покрытий для комплектующих электрооборудования»

ЛИТЕРАТУРА

- 1 Pokhmursky V. I., Khoma M. S. The role of electrochemical factors in the initial stage of fatigue-corrosion destruction of stainless steels. *Protection of Metals, Russia*, V. 43, № 3, pp. 247-254, 2007.
- 2 Farrokhzad M.A., Saha G.C., Khan T.I. Three-body wear performance of co-electrodeposited cermet coatings // *Wear, USA*. 2014. V. 313, № 2. P. 34–42.
- 3 Yar-Mukhamedova G.Sh., Belyaev V., Mussabek G., Sagyndykov A. Modern state of composite coatings formation problem // 17th Int.l Multidisc. Sc Geoconf. SGEM, 2017. 2017. 17 (61). P. 233–240.
- 4 Narivskiy A.E. Stability of alloy 06XN28MDT to intercrystallite corrosion depending on its chemical composition // *Materials: corrosion, protection*. 2010. № 11. P. 1–7.
- 5 Yar-Mukhamedova G., Muradov A., Mukashev K. Mathematical model of composite materials formation // 17th Int.l Multidisc. Sc Geoconf. SGEM, 2017. 2017. 17 (61). P. 201–208. 130800.
- 6 Danko P.E. Higher mathematics in exercises and tasks. M.: Higher sch., 1996. 415 p.
- 7 Yar-Mukhamedova G., Darisheva A., Kasimzhanov K. Physicochemical investigations of scheelite concentrate decomposition // *Euras.Chem-Technol J*. 2015. № 17. P. 209–212.
- 8 Yar-Mukhamedova G.Sh., Sakhnenko, N.D., Ved, M.V. Ternary cobalt-molybdenum-zirconium coatings for alternative energies // *Appl. Surf. Sci.* 2017. V. 421. P. 68–76.
- 9 Yar-Mukhamedova G.Sh. A mathematical model of formation of the structure of composite films by the cut-off method // *Materials Science*. 2000. V. 36, № 5. P. 752–754.
- 10 Narivskiy A.E. Influence of structure of alloy 06XN28MDT on its corrosion behavior in oxidative media // *Materials: corrosion, protection*. 2011. № 2. P. 33–40.
- 11 Surface analysis of Fe-Co-Mo electrolytic coatings / G.Sh. Yar-Mukhamedova, M.V. Ved, A.V. Karakurkchi, N.D. Sakhnenko // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. 213(1). 012020.
- 12 Fabrication of nanostructured silicon surface using selective chemical etching / A.B. Sagyndykov, Z.K. Kalkozova, G.S. Yar-Mukhamedova, K.A. Abdullin // *Technical Physics*. 2017. 62(11). P. 1692–1697.
- 13 Yar-Mukhamedova G.Sh., Sakhnenko N.D., Ved, M.V. Mixed alumina and cobalt containing plasma electrolytic oxide coatings // *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*. 2017. 213 (1). 012019.
- 14 Impact of silver metallization and electron irradiation on the mechanical deformation of polyimide films / A. Muradov, K. Mukashev, G.Sh. Yar-Mukhamedova, N. Korobova // *Technical Physics*. 2017. 62 (11). P. 1692–1697.