

УДК 64.29.23
МРНТИ

<https://doi.org/10.48184/2304-568X-2020-4-38-46>

**РАЗРАБОТКА ЭКОЛОГИЧЕСКИ БЕЗОПАСНЫХ ИНГИБИТОРОВ КОРРОЗИИ
ДЛЯ ЗАЩИТЫ ТЕКСТИЛЬНОГО ОБОРУДОВАНИЯ**

*О.Ю. КАДНИКОВА¹, М.Ө. ТӨРЕТАЕВ², О.А. АКМАЛОВА³,
Б.Т. НУРМУХАМБЕТОВА⁴, К.Д. КОЖАБЕРГЕНОВА⁵*

*(Рудненский индустриальный институт, Казахстан, г. Рудный^{1,2,3})
(Казахский университет технологии и бизнеса, Казахстан, г. Нур-Султан^{4,5})
E-mail: kadnikovaolga@mail.ru; turetaev_medet@mail.ru, 87054534439@mail.ru,
botahan_nur@mail.ru, Kala08@list.ru*

Актуальность и новизна работы заключаются в исследованиях по разработке много-компонентного ингибитора полимерного типа, являющегося эффективной ингибиторной

защитой металлов от коррозии. Показана технология получения ингибиторов коррозии на основе дифосфата никеля. Суть исследования заключается в создании защитного покрытия на деталях и механизмах текстильного оборудования эксплуатируемых в агрессивной среде. Результаты исследований позволят значительно повысить работоспособность оборудования, продлить срок его службы, снизить возникновение текстильных дефектов, что приведет к снижению себестоимости производства продукции на предприятиях текстильной промышленности.

Ключевые слова: ингибиторы коррозии, многокомпонентный ингибитор полимерного типа, дифосфат никеля, защита металлов от коррозии.

ТОҚЫМА ЖАБДЫҚТАРЫН ҚОРҒАУ ҮШІН ЭКОЛОГИЯЛЫҚ ҚАУІПСІЗ КОРРОЗИЯ ИНГИБИТОРЛАРЫН ЖАСАУ

*О.Ю. КАДНИКОВА¹, М.Ө. ТӨРЕТАЕВ², О.А. АКМАЛОВА³,
Б.Т. НУРМУХАМБЕТОВА⁴, К.Д. КОЖАБЕРГЕНОВА⁵*

*(Рудный индустриялық институты, Қазақстан, Рудный қ.^{1,2,3})
(Қазақ технология және бизнес университеті, Қазақстан, Нұр-сұлтан қ.^{4,5})
E-mail: kadnikovaolga@mail.ru; turetaev_medet@mail.ru, 87054534439@mail.ru,
botahan_nur@mail.ru, Kala08@list.ru*

Жұмыстың өзектілігімен жаңалығы металдарды коррозиядан тиімді ингибиторлық қорғау болып табылатын полимер типтегі көпкомпонентті ингибиторды алу бойынша зерттеулерден тұрады. Никельдифосфатына негізделген коррозия ингибиторларын алу технологиясы көрсетілген. Зерттеудің мәні агрессивті ортада қолданылатын тоқыма жабдықтарының бөлшектерімен механизмдеріне қорғаныс қабатын жасау болып табылады. Зерттеу нәтижелері жабдықтың жұмысын едәуір арттырады, оның қызмет ету мерзімін ұзартады, тоқыма ақауларының пайда болуын азайтады, бұл тоқыма кәсіпорындарында өндіріс құнын төмендетеді.

Негізгі сөздер: коррозия ингибиторлары, полимер типтегі көпкомпонентті ингибитор, никельдифосфаты, металдарды коррозиядан қорғау.

DEVELOPMENT OF ENVIRONMENTALLY FRIENDLY CORROSION INHIBITORS FOR THE PROTECTION OF TEXTILE EQUIPMENT

*O.Y. KADNIKOVA¹, M.O. TORETAYEV², O.A. AKMALOVA³,
B.T. NURMUKHAMBETOV⁴, K.D. KOZHABERGENOV⁵*

*(Rudny Industrial Institute, Kazakhstan, Rudny^{1,2,3})
(Kazakh University of Technology and Business, Kazakhstan, Nur-Sultan^{4,5})
E-mail: kadnikovaolga@mail.ru; turetaev_medet@mail.ru, 87054534439@mail.ru,
botahan_nur@mail.ru, Kala08@list.ru*

The relevance and novelty of the work consists in studies on the development of a multi-component polymer-type inhibitor, which is an effective metal corrosion inhibitor. The technology of producing corrosion inhibitors based on nickel diphosphate is shown. The essence of the research is to create a protective coating on the parts and mechanisms of textile equipment operated in an aggressive environment. The results of the research will significantly increase the efficiency of the equipment, extend its service life, reduce the occurrence of textile defects, which will lead to a reduction in the cost of production at textile industry enterprises.

Key words: corrosion inhibitors, multicomponent inhibitor of polymer type, nickel diphosphate, protection of metals from corrosion.

Введение

Технология отделочного производства предприятий легкой промышленности включает механическую обработку текстильных изделий в сочетании с обработкой разными растворами на базе химических препаратов. Это дает возможность получить качественные нити, пряжу, ткани, обладающие хорошими потребительскими свойствами. В данной связи механизмы для отделки текстильных материалов должны иметь повышенную коррозионную стабильность, удовлетворять требованиям экономного расходования энергоресурсов, воды, красителей и текстильных вспомогательных веществ, а еще обустроено автоматическими способами управления контроля и регулировки технологических процессов.

Технологическое оборудование текстильных предприятий в большей степени эксплуатируется в условиях, которые в значимой мере определяются особенностями физико-химического влияния сопряженных механизмов с окружающей средой. Поверхности механизмов находятся в непосредственном контакте с агрессивными средами, отличающимися составом, температурой, и следовательно, коррозионной активностью по отношению к материалу механизма.

В текстильной индустрии вред от коррозии металлов выше 5% государственного продукта, вследствие этого создание и использование ингибиторов коррозии следует рассматривать как важную задачу. Решением указанной проблемы является защита текстильного оборудования от коррозии [1-3].

Анализ патентной и научно-технической литературы показал, что есть фирмы, специализирующиеся на применении технологий по разработке и использованию ингибиторов. Несмотря на то, что создание и ассортимент ингибиторов из года в год расширяются, их состав, разработка получения, объем производства тщательно защищаются зарубежными фирмами. Ингибиторы коррозии применяются для создания устойчивых покрытий и химических соединений, связывающих воздух или другие ионы, служащие в качестве добавок в композициях, для получения покрытий в циркулирующих аква-системах, в сетях водоснабжения, нефтеперерабатывающей и нефтехимической промышленности, в любых энергетических установках, для защиты микроэлектроники и прогрессивной воен-

ной техники, их вводят в топливо, масла, смазки, строительные материалы. В реальное время в Казахстан импортируются ингибиторы русского и германского производств и потребность в них огромна, особенно в химической, электрохимической, нефтехимической, газовой, текстильной индустриях, в сетях водоснабжения и циркулирующих водах [4-7].

Объекты и методы исследований

В качестве объекта исследования было рассмотрено вспомогательное оборудование для переработки отходов швейно-трикотажного производства, эксплуатация которого осуществлялась в условиях, сопряженных с водой и химикатами. Оборудование включает следующие узлы: механизм привода, раму с игольным покрытием, механизм подачи нити, механизм пропаривания и сушки, механизм для улучшения структуры нити. Технологическое оборудование выполняет роспуск деталей изделий (срывов) верхнего трикотажа и устраняет извитость нити в процессе проведения влажно-тепловой обработки полуфабриката.

Технологическая схема машины для переработки отходов трикотажа представлена на рисунке 1. С трикотажного полотна (срыва трикотажа), установленного на раме 1, нить сматывается, проходя через нитепроводник 2, два натяжных приспособления 3, контрольно-очистительное приспособление 4. Проходя через камеру 5, нить подвергается влажно-тепловой обработке и сушке, и наматывается на бобину 6.

Процесс влажно-тепловой обработки позволяет значительно улучшить структурно-механические свойства повторно используемой нити [8-13]. Однако постоянное использование влажно-тепловой среды на предложенном вспомогательном оборудовании приводит к коррозии рабочих органов, изменению свойств металла и в дальнейшем ухудшает его функциональные характеристики. Выборочное или абсолютное разрушение металла при коррозии сопрягается с образованием на поверхности металла оксидных пленок, окалин или ржавчины. В зависимости от степени адгезии их возникновение на плоскости металла имеются всевозможные случаи. К примеру, ржавчина на поверхности стальных сплавов сформирует рыхловатый слой; процесс коррозии распространяется вглубь металла и имеет возможность привести к образованию сквозных язв и свищей.

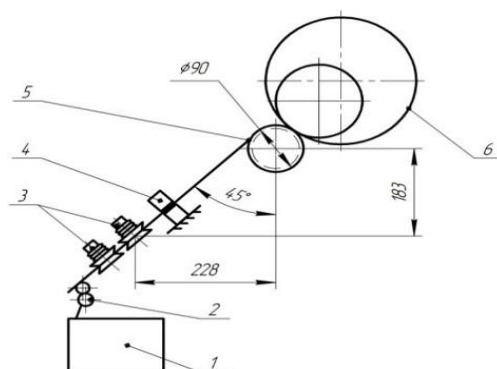


Рисунок 1 – Схема машины для переработки отходов трикотажа

Кроме этого, свойственным обликом коррозионных разрушений считаются также коррозионная усталость и коррозионное растрескивание. Коррозионная усталость проявляется при одновременном воздействии повторяющихся растягивающих напряжений и агрессивной среды и обоснована важным снижением предела усталости в своеобразных критериях по сопоставлению с пределом усталости данных металлов на воздухе.

В связи с наличием разнородности вероятны случаи, когда анодом считается сварной шов или же отдельные участки зоны теплового воздействия. При химической коррозии эти участки сварного соединения растворяются, собственно что приводит к своеобразным обликам местной коррозии, проходящей временами со значимой скоростью [14].

Расценивать и предсказывать процессы развития местной коррозии проблемно, вследствие этого они во многих случаях приводят к неожиданному выходу системы из строя. В узлах сварные механизмы подвергаются довольно сильным физическим влияниям (агрессивные среды, динамические на-

рузки, высокие температуры). Представленными обстоятельствами разъясняется высочайшая скорость разрушения сварных соединений и, как следствие, снижается функциональность оснащения, имеется большое число отказов механизмов при эксплуатации [15].

Указанные причины подтверждают необходимость создания эффективной защиты металлов от коррозии. Для определения эффективности защиты металлов от коррозии использовались методы исследований: количественные методы прогнозирования, физико-химические методы, метод термического разложения ортофосфата аммония-никеля (NiNH_4PO_4).

В качестве исходного сырья были использованы:

1. Нитрат никеля – $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$,
2. Дигидроортофосфат аммония – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$,
3. Активированный уголь – С.

При выборе исходных веществ учитывались их физические и химические свойства. Характеристика используемых реагентов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика используемых реагентов

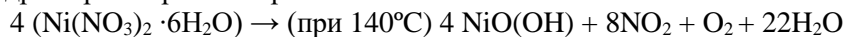
Показатель	$\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	$(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$	$(\text{NH}_4)_3\text{PO}_4$
$T_{\text{пл}}, ^\circ\text{C}$	192,0 (с разл.)	-	-
Плотность, г/см^3	1,803	1,619	-
n_D^{20}	1,479	1,53	-
C_p° , Дж/(моль·К)	142,0	182,13	230,1
$\Delta H^\circ_{\text{обр}}$, кДж/моль	-1445,0	-1565,7	-1671,0
Растворимость в 100 г воды (25°C), г	40,0	69,5	17,7
pH 0,1 М раствора	4,4	8,0	9,4
Содержание азота, %	12,2	21,2	21,2
Содержание P_2O_5 , %	61,8	53,8	47,6

Наиболее стабильный кристаллогидрат $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ имеет строение $[\text{Ni}(\text{H}_2\text{O})_6](\text{NO}_3)_2$.

Безводная соль при нагревании разлагается:



Кристаллогидрат при нагревании разлагается иначе:



Исследование ингибирующих свойств NiNH_4PO_4 и $\text{Ni}_2\text{P}_2\text{O}_7$ по отношению к стальным образцам проводили по стандартной методике гравиметрическим методом. В качестве модельной среды использовали 5%-ный раствор хлорида натрия. Сравнительную оценку защитного качества фосфата определяли по отношению к скорости коррозии металла в растворе без добавок ингибитора. Контроль антикоррозионной обработки воды исследуемым ингибитором проводили по визуальному осмотру поверхности стальных пластин и анализу коррозионных отложений.

Результаты и их обсуждение

Прогрессивная классификация ингибиторов подключает окислители, ингибиторы адсорбционного, комплексобразующего и полимерного типа. Это деление говорит о многообразии устройств воздействия ингибиторов и способности применения достижений всевозможных областей химии для защиты металлов от коррозии. Особенный смысл имеют ингибиторы коррозии, применяемые в аква-средах.

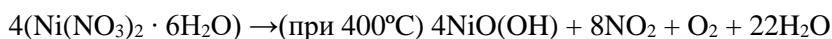
Известно, что фосфаты широко применяются в качестве ингибиторов коррозии. В частности, для предупреждения накипеобразования и ингибирования коррозии употребляют различные фосфаты: орто-, ди-, трифосфаты, а также стеклообразные полифосфаты.

В настоящее время имеются сведения о более пяти тысяч веществ, являющихся ингибиторами коррозии стали. Однако, применение находят лишь несколько групп соединений, поскольку ингибиторы, используемые для антикоррозионной обработки воды,

должны быть безвредными для человека и окружающей среды, устойчивы при воздействии температуры, легко дозировать, а также иметь экономически оправданную стоимость. Из числа этих соединений наиболее широко используются неорганические полимерные фосфаты.

Одними из перспективных ингибиторов коррозии считаются композиции, в состав которых входят растворимые фосфаты и соли переходных металлов. Из конденсированных фосфатов наиболее интересными являются дифосфаты, вследствие устойчивости Р-О-Р цепочки и простоты получения. Эффективность ингибиторов на основе дифосфатов из солей 3d-элементов мало зависит от состава воды. Соединения d-металлов повышают скорость образования защитной пленки и тормозят коррозию стали в период ее формирования. Однако серьезным недостатком дифосфатов 3d-элементов является низкая скорость растворения в воде. Значительно увеличить скорость растворения труднорастворимых полимерных фосфатов можно введением ионов щелочных металлов или соединений, способных встраиваться в полифосфатную цепь и модифицировать ее. В частности, растворимость дифосфата никеля можно увеличить, заменив часть ионов никеля на ионы NH_4^+ .

На первом этапе работы для получения оксида никеля (NiO) была использована соль $\text{Ni}(\text{NO}_3)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ массой 10,54 г. Навеска соли в алундовом тигеле была помещена в печь на 1 час, при температуре 400°C . Разложение происходило по следующей реакции:



Затем полученное вещество было отправлено на рентгенофазовый анализ, рисунок 2.

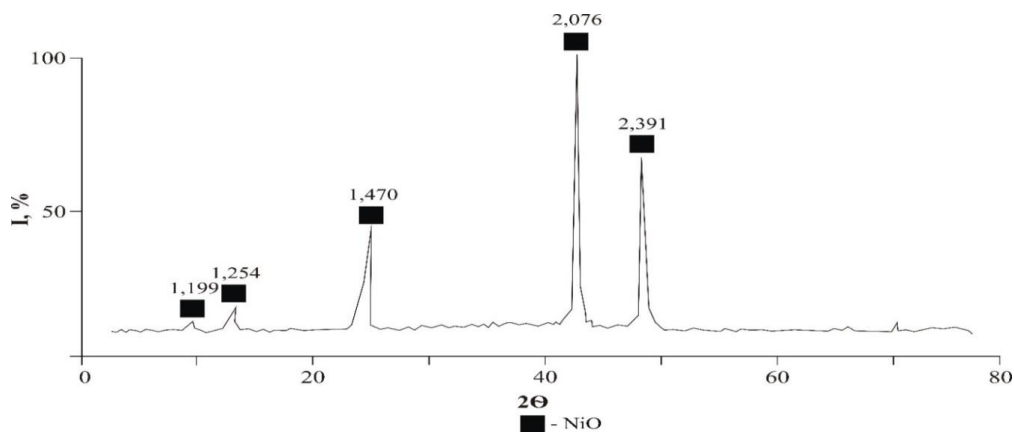


Рисунок 2 – Результат рентгенофазового анализа определения NiO

На втором этапе полученный оксид никеля (NiO) был использован для получения NiNH_4PO_4 . К массе никеля 8,59 г был добавлен $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ массой 18,57 г и уголь (C) в

количестве 0,5 г. Данная смесь была помещена в шаровую мельницу. Циркуляция проходила в течение 1 часа.



Полученное вещество было отправлено на рентгенофазовый анализ, рисунок 3.

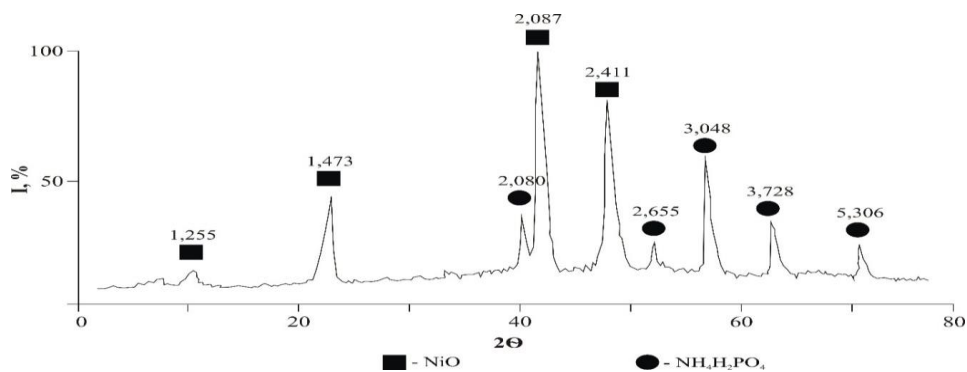
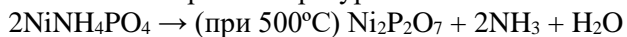


Рисунок 3 – Результат рентгенофазового анализа определения $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$

На третьем этапе был получен дифосфат никеля $\text{Ni}_2\text{P}_2\text{O}_7$ путем разложения NiNH_4PO_4 массой 12 г в печи при температуре 500°C . Разложение происходило по следующей реакции:



Полученное вещество было отправлено на рентгенофазовый анализ, рисунок 4.

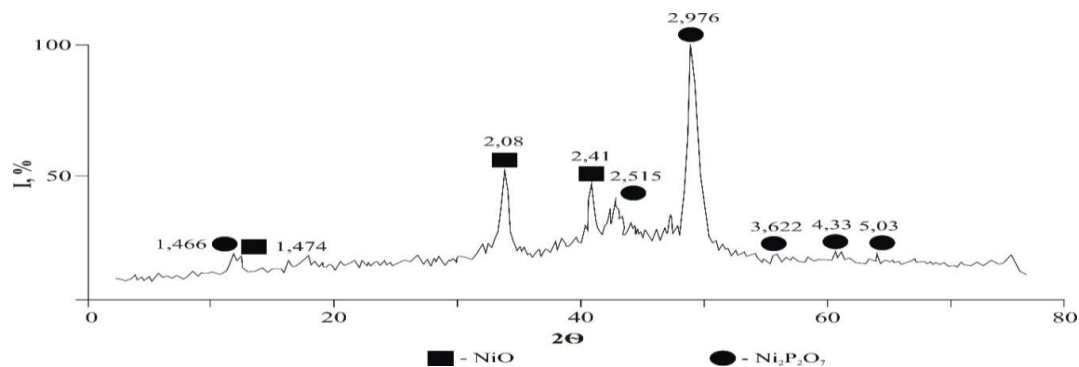


Рисунок 4 – Результат рентгенофазового анализа определения $\text{Ni}_2\text{P}_2\text{O}_7$

Полученный выход продуктов:

$$\text{Этап 1: } W_1 = \frac{2.73 \cdot 100}{3.45} = 80 \%$$

$$\text{Этап 2 } W_2 = \frac{14.56 \cdot 100}{16} = 91 \%$$

$$\text{Этап 3 } W_3 = \frac{6.94 \cdot 100}{8.1} = 85 \%$$

Из результатов данных рентгенофазового анализа следует, что на всех этапах были получены соединения NiO; NH₄H₂PO₄; Ni₂P₂O₇, что подтверждает ранее полученные теоретические данные выхода реакции.

Затем были изучены свойства полученных ингибиторов. Для этого четыре стальные пластины были помещены в четырех разных стаканах. В первом водопроводная вода, во втором фоновый раствор NaCl, в третьем раствор NiNH₄PO₄ с концентрацией 1·10⁻² моль/л, в четвертом раствор Ni₂P₂O₇ 1·10⁻² моль/л. Подготовленные исследуемые образцы оставили на неделю.

На заключительной стадии определили константу скорости гидролиза NiNH₄PO₄ и Ni₂P₂O₇ при температуре t = 25⁰С и pH=7. Кинетический анализ экспериментальных данных проводился по уравнению I-го порядка, формула 1:

$$K = \frac{2,3}{\tau} \cdot \lg \frac{a}{a-x}, \quad (1)$$

где: τ – время контакта твердой фазы с водой;

a – начальная концентрация при τ=0, моль/л;

(a-x) – конечная концентрация при τ, моль/л.

Была рассчитана скорость коррозии, формула 2.

$$V_{\text{кор}} = \frac{(m_1 - m_2) \cdot 1000}{S \cdot t}, \text{ мг/см}^2 \cdot \text{ч}, \quad (2)$$

где: m₁ – масса стальной пластины до опыта, г;

m₂ – масса стальной пластины после удаления коррозионных отложений, г;

S – площадь поверхности образца, см²;

t – время, ч.

Защитная способность Z и коэффициент торможения γ рассчитаны в соответствии с формулами 3,4:

$$Z = \frac{K_0 - K}{K_0} \cdot 100\% \quad (3);$$

$$\gamma = \frac{K}{K_0} \quad (4)$$

где: K₀ – скорость коррозии без ингибитора,

K – скорость коррозии в присутствии ингибитора, г/м²·ч⁻¹.

В таблице показаны изменения массы продуктов коррозии, образующихся на поверхности стальных пластин в исследуемых растворах, скорость коррозии, а также эффективность ингибирующего действия Z в зависимости от концентрации исследуемого раствора NiNH₄PO₄ и Ni₂P₂O₇

Таблица 2 - Результаты гравиметрического исследования ингибирующей способности NiNH₄PO₄ и Ni₂P₂O₇.

№	Концентрация, моль/л	Масса пластины, г		K _{ср}	Z, защитный эффект, %	γ, коэффициент торможения
		до опыта	после опыта			
NaCl (фон)						
1	NaCl	5%	9,0534	3,1	0,06520	
			9,0403	2,9	0,05814	
			8,9843	3,2	0,06104	
NiNH ₄ PO ₄						
2	1·10 ⁻²	8,7464	8,7462	2,9	98	0,02
	1·10 ⁻²	8,4473	8,4385	2,7		
	1·10 ⁻²	8,5344	8,5320	2,8		
Ni ₂ P ₂ O ₇						
3	1·10 ⁻²	8,6225	8,6207	2,9	80,1	0,14
	1·10 ⁻²	8,9243	8,9322	3,0		
	1·10 ⁻²	8,8305	8,8298	2,9		

Из результатов гравиметрических исследований видно, что высокую защитную способность защиты от коррозии (98%) про-

являет раствор NiNH₄PO₄ при концентрации 10⁻² моль/л, что на 18% выше раствора Ni₂P₂O₇ при концентрации 10⁻² моль/л.

Высокая степень защиты объясняется адсорбцией ингибитора, что связано с образованием прочного Ni-Fe – содержащего комплексного соединения, приводящее к росту труднорастворимой пленки.

Выводы

Количественные способы прогнозирования зарекомендовали ограниченную эффективность защиты металлов персональными химическими соединениями, собственно, что ограничивает круг раньше популярных ингибиторов. Вследствие этого все больше животрепещущей становится тема по разработке экологически безопасных, малотоксичных, многокомпонентных ингибиторов. Многообещающими ингибиторами такого семейства считаются концентраты, имеющие в собственном составе соединения, способные создавать самоорганизующиеся поверхностные слои. К настоящему времени это модифицирование поверхности металлов считается недостаточно изученной областью, о чем говорит анализ публикаций о свойствах полимерных ингибиторов.

Исследования показали, что основной причиной разрушений сварных швов машин текстильного производства является коррозионное растрескивание под действием водной среды и химических реагентов.

Теоретически и практически рассмотрены свойства $NiNH_4PO_4$ и $Ni_2P_2O_7$. Установлено, что использование компонентов раствора на рабочей поверхности оборудования приводит к образованию оптически невидимых пленок, которые не получают традиционными способами.

Проведенный анализ различных способов получения $Ni_2P_2O_7$ выявил наиболее подходящий метод – это метод термического разложения $NiNH_4PO_4$.

Экспериментально установлено, что полученный многокомпонентный ингибитор полимерного типа является эффективной защитой металлов от коррозии.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Сидиков Т.З., Холиков А.Ж., Акбаров Х.И., Тиллаев Р.С. Электрохимические и защитные свойства некоторых водорастворимых полиэлектролитов // Юкори молекулали бирикмалар кимёси ва физикаси. Ёш олимлар илмий анжумани. Тез.тўплами. - Ташкент, 2002. -Б.59-60.
2. Акбаров Х.И., Холиков А.Ж., Дюсебеков Б.Д., Тиллаев Р.С. Защитные свойства ингибиторов на основе водорастворимых полимеров,

фосфорной кислоты и неорганических солей // Ўзбекистон минерал хомашёлари кимёвий қайта ишлашнинг долзарб муаммолари. Республика илмий-амалиянжумани. Тез.тўплами. -Тошкент, 2003. -Б.74-75.

3. Холиков А.Ж., Акбаров Х.И., Тиллаев Р.С. Защитные свойства ингибиторов на основе фосфорной кислоты в различных средах / Новые технологии получения композиционных материалов на основе местного сырья и их применение в производстве. Республиканская научно-техническая конференция. Тез.докл. -Тошкент, 2005. -С.39.

4. Лидин Р.А. и др. Химические свойства неорганических веществ: Учеб.пособие для вузов. — 3-е изд., испр. — М.: Химия, 2000. — 480 с.

5. Куанышева Г. Дифосфаты и их ингибирующие свойства/Г. Куанышева // Промышленность Казахстана. -Алматы, 2007. - №2. -С. 77-79.

6. Куанышева Г.С., Ниязбекова А.Б., Даулеткалиева С.С. Ингибирование коррозии стали дифосфатными комплексами титанила и ванадила. // Вестник КарГУ, №3. - 2010 г.

7. Rakhova, A., Niyazbekova, A., Daultkalieva, S., &Kuanysheva, G. (2012). Research of inhibitor properties of the modified polymeric phosphates. // Chemical Bulletin of Kazakh National University, (1), 365-369.

8. Кадникова О.Ю., Алтынбаева Г.К., Айдарханов А.М., Шалдыкова Б.А., Успанова С.С. Переработка отходов швейно-трикотажного производства // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности, 2016. - № 5 (365). - С. 141-143

9. Kadnikova, O., Altynbayeva, G., Kuzmin, S., Aidarkhanov, A., Shaldykova, B. Recycling of production waste as a way to improve environmental conditions. Energy Procedia – 2018 147. P. 402-408

10. Kadnikova, Olga; Altynbayeva, Gulnara; Aidarkhanov, Arman; Improving the technology of processing sewing and knitwear production waste. International scientific conference - environmental and climate technologies // conect -2016. Energy Procedia: – 2014. – Т. 113: С. 488-493

11. Kadnikova, Olga; Altynbayeva, Gulnara; Aidarkhanov, Arman; идр. Potential analysis of implementation of developed technology for processing of sewing and knitting fabrics: International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies. Riga, LATVIA Energy Procedia. – 2017. – Т. 128.: С. 411-417.

12. Кадникова О.Ю. Рециклинг отходов трикотажного производства // В сборнике: Приоритетные направления развития образования и науки Сборник материалов II Международной научно-практической конференции. В 2-х томах. Редколлегия: О.Н. Широков [и др.]. 2017. С. 154-156.

13. Нурмухамбетова Б.Т., Кадникова О.Ю., Мухлис К.Ж., Джусупова-Парфилькина И.М Вторичное использование отходов производства как

фактор сохранения экологической среды // Школа университетской науки: парадигма развития. 2017. № 1-4 (23-26). С. 170-172.

14. Sastri VS. Green corrosion inhibitors: Theory and practice [Electronic resource]. – URI:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118015438>

15. Ralston KD, Birbilis N. Effect of grain size on corrosion: a review. [Electronic resource]. – URI:<https://meridian.allenpress.com/corrosion/article-abstract/66/7/075005/162839/Effect-of-Grain-Size-on-Corrosion-A-Review?redirectedFrom=fulltext>

REFERENCES

1. Sidikov T.Z., Kholikov A.ZH., Akbarov KH.I., Tillaev R.S. Ehlektrokhimicheskie i zashchitnye svoystva nekotorykh vodorastvorimykh poli-ehlektrolitov // Yukori molekulari birikmalar kimyosi va fizikasi. Yosh olimlar ilmiy anzhumani. Tez.typlami. - Tashkent, 2002. -B.59-60. (in Russian. in Uzbek)

2. Akbarov KH.I., Kholikov A.ZH., Dyusebekov B.D., Tillaev R.S. Zashchitnye svoystva ingibitorov na osnove vodorastvorimykh polimerov, fosfornoj kisloty i neorganicheskikh solej // Ўzbekiston mineral xomashyolarini kimyoviy qaj-ta ishlashning dolzarb muammolari. Respublika ilmiy-amalijanzhumani. Tez.typlami. -Toshkent, 2003. - B.74-75. (in Russian, in Uzbek)

3. Kholikov A.ZH., Akbarov KH.I., Tillaev R.S. Zashchitnye svoystva ingibitorov na osnove fosfornoj kisloty v razlichnykh sredakh / Novye tekhnologii polucheniya kompozitsionnykh materialov na osnove mestnogo syr'ya i ikh primeneniye v proizvodstve. Respublikanskaya nauchno-tekhnicheskaya konferenciya. Tez.dokl. -Toshkent, 2005. -S.39. (in Russian)

4. Lidin R.A. i dr. Khimicheskie svoystva neorganicheskikh veshchestv: Ucheb.posobie dlya vuzov. — 3-e izd., ispr. — M.: Khimiya, 2000. — 480 s.(in Russian)

5. Kuanysheva G. Difosfaty i ikh ingibiruyushchie svoystva/G. Kuanysheva // Promyshlennost' Kazakhstana. -Almaty, 2007. - №2. - S. 77-79. (in Russian)

6. Kuanysheva G.S., Niyazbekova A.B., Dauletkaieva S.S. Ingibirovaniye korrozii stali difosfatnymi kompleksami titanila i vanadila. // Vestnik KaRGU, №3. - 2010 g. (in Russian)

7. Rakhova, A., Niyazbekova, A., Dauletkaieva, S., & Kuanysheva, G. (2012). Research of inhibitor properties of the modified polymeric

phosphates. // Chemical Bulletin of Kazakh National University, (1), 365-369. (in English)

8. Kadnikova O.YU., Altynbaeva G.K., Ajdarkhanov A.M., Shaldykova B.A., Uspanova S.S. Pererabotka otkhodov shvejno-trikotazhnogo proizvodstva // Izvestiya vysshikh uchebnykh zavedenij. Tekhnologiya tekstil'noj promyshlennosti, 2016. -№ 5 (365). - S. 141-143 (in English)

9. Kadnikova, O., Altynbayeva, G., Kuzmin, S., Aidarkhanov, A., Shaldykova, B. Recycling of production waste as a way to improve environmental conditions. Energy Procedia – 2018 147. R. 402-408 (in English)

10. Kadnikova, Olga; Altynbayeva, Gulnara; Aidarkhanov, Arman; Improving the technology of processing sewing and knitwear production waste. International scientific conference - environmental and climate technologies // conect -2016. Energy Procedia: – 2014. – T. 113: S. 488-493 (in English)

11. Kadnikova, Olga; Altynbayeva, Gulnara; Aidarkhanov, Arman; idr. Potential analysis of implementation of developed technology for processing of sewing and knitting fabrics: International Scientific Conference on Environmental and Climate Technologies. Riga, LATVIA Energy Procedia. – 2017. – T. 128.: S. 411-417. (in English)

12. Kadnikova O.YU. Recikling otkhodov trikotazhnogo proizvodstva // V sbornike: Prioritetnye napravleniya razvitiya obrazovaniya i nauki Sbornik materialov II Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii. V 2-kh tomakh. Redkollegiya: O.N. Shirokov [i dr.]. 2017. S. 154-156. (in Russian)

13. Nurmukhambetova B.T., Kadnikova O.YU., Mukhlis K.ZH., Dzhusupova-Parfil'kina I.M Vto-richnoe ispol'zovanie otkhodov proizvodstva kak faktor sokhraneniya ehkologicheskoy sredy // Shkola universitetskoy nauki: paradigma razvitiya. 2017. № 1-4 (23-26). S. 170-172. (in Russian)

14. Sastri VS. Green corrosion inhibitors: Theory and practice [Electronic resource]. – URI:<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118015438> (in English)

15. Ralston KD, Birbilis N. Effect of grain size on corrosion: a review. [Electronic resource]. – URI:<https://meridian.allenpress.com/corrosion/article-abstract/66/7/075005/162839/Effect-of-Grain-Size-on-Corrosion-A-Review?redirectedFrom=fulltext> (in English)