Информация об авторах

Семененко Сергей Яковлевич, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). E-mail: sergeysemenenko@list.ru, телефон 8(961)-068-52-07.

Морозова Наталия Владимировна, кандидат технических наук, старший научный сотрудник, Федеральное государственное бюджетное научное учреждение "Федеральный исследовательский центр «Немчиновка» (Московская область, Одинцовский район, р.п. Новоивановское). E-mail: moroznatali@bk.ru, телефон: 8(905) 331-20-30.

Марченко Сергей Сергеевич, кандидат технических наук, доцент Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). E-mail: marchenkosergey@mail.ru, телефон: 8(909)377-95-99.

Колобанова Нина Александровна, кандидат технических наук, доцент, Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» (400002, Южный федеральный округ, Волгоградская обл., г. Волгоград, пр. Университетский, д. 26). E-mail: kolobanova.nina@yandex.ru, телефон: 8(917)831-64-21.

DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-43

GLYCERBORATE DETERGENT-PASSIVATING AGENT FOR REPAIR PRODUCTION OF AUTOMOTIVE TECHNOLOGY

I. V. Fadeev¹, I. A. Uspensky², L. Sh. Pestrjaeva³, Sh. V. Sadatdinov⁴

¹Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev, Cheboksary

²Ryazan State Agrotechnological University named after P.A. Kostychev, Ryazan

³Chuvash State Agrarian University, Cheboksary

⁴Chuvash State University named after I. N. Ulyanov, Cheboksary

Received 01.03.2021

Submitted 16.05.2021

Summary

The article presents the results of a study of the effect of the concentration of glycerol borate, oleic acid glyceroborate and stearic acid glyceroborate in an aqueous solution on the degree of purification and corrosion rate of the cleaned metal surface. With an increase in the concentration of glyceroborate compounds, the degree of surface cleaning increases. The greatest detergent effect is possessed by 20% aqueous solutions of glyceroborate compounds at a temperature of 60°C. Gravimetric and electrochemical studies have shown that the introduction of glycerol borate, oleic acid glyceroborate and stearic acid glyceroborate into a corrosive environment significantly reduces the rate of metal ionization. The greatest passivating effect is possessed by glycerol borate of oleic acid. The test results make it possible to recommend solutions of the investigated glyceroborate compounds as detergents and passivators in the repair of automotive vehicles.

Abstract

Introduction. One of the important tasks in the repair work of automotive vehicles is a high-quality washing of machine parts and assemblies, followed by a passivating action in relation to the surface to be cleaned. For this, traditional washing-passivating solutions of sodium hydroxide, soda ash, sodium phosphates and metasilicates are used. The disadvantages of these products are their low detergent and anti-corrosion properties. Therefore, the development of new detergent-passivating agents for cleaning metal surfaces with high detergent and anticorrosive properties are relevant and in demand. **Object.** The object of research is glyceroborates, which were used as glycerol borate of the general formula $(\text{CH}_2\text{O})_3\text{BOH}$, synthesized by interaction of boric acid with glycerol, as well as glycerol borates partially esterified with oleic acid or stearic acid, respectively, glyceroborate of oleic acid of general formula $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOCH}(\text{CH}_2\text{O})_2\text{BOH}$ and stearic acid glyceroborate of general formula $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOCH}(\text{CH}_2\text{O})_2\text{BOH}$. **Materials and methods.** In order to determine the possibility of using borate-containing compounds: glycerol borate, oleic acid glyceroborate and stearic acid glyceroborate as new detergent-passivating agents for cleaning the

surface of parts during the repair of automotive vehicles, the effect of their concentrations in an aqueous solution on the detergent and anticorrosive properties of the solution was studied. Experiments on the effect of glyceroborates on the degree of cleaning of a metal surface were carried out according to the well-known and widely used in scientific experiment gravimetric method with the calculation of the percentage of wash-off of contaminants from the metal surface. The degree of washing was monitored by the contact angle (Θ) of the surface by applying a drop of liquid to the washed surface. The anticorrosive properties were studied by gravimetric and electrochemical methods. In the electrochemical method, the passivating properties of solutions were determined from the change in the stationary potentials of the test samples with time in the test solutions using a high-resistance P-5848 voltmeter-potentiostat. Plates of steel 20 with dimensions of $150 \times 70 \times 2$ mm were used as samples, and the contamination was a mixture of used engine oil with a resinous deposit in a centrifuge in a mass ratio of 2:1. **Results and conclusions.** From the results of the experiments it follows that the degree of cleaning of the metal surface depends on the concentration of glyceroborates. At a concentration of 20 wt. % of glyceroborates, the highest purity value is achieved. A further increase in their concentration does not lead to a significant improvement in the indicator under consideration. At the same time, in terms of the effectiveness of influencing the quality of purification, glyceroborate compounds are located in the row: glycerol borate < oleic acid glyceroborate < stearic acid glyceroborate. The value of the degree of purification increases with increasing temperature of the solution. The greatest detergent effect is possessed by 20% aqueous solutions of glyceroborate compounds at a temperature of 60°C . Corrosion tests have shown that the introduction of glycerol borate, oleic acid glyceroborate and stearic acid glyceroborate into water significantly reduces the rate of metal ionization. The corrosion rate of steel 20 in water after 24 hours and 120 hours of testing is 0.0576 and 0.0425 g/m²·h. In the presence of glyceroborate additives, the corrosion rate of steel in water decreases and after 24 hours and 120 hours of testing is equal to 0.0250 and 0.0154 in the presence of glycerol borate; in the presence of oleic acid glyceroborate – 0.0134 and 0.0084; in the presence of stearic acid glyceroborate – 0.0072 and 0.0025 g/m²·h. From the given data on the corrosion rate, it follows that oleic acid glyceroborate to a greater extent inhibits the corrosion rate of steel 20 in the series glycerol borate < oleic acid glyceroborate < stearic acid glyceroborate. In this series, the degree of protection (Z) is from 63.76% to 94.12%, and the braking coefficient is from 2.8 to 17.0 (after 120 hours of testing). Measurements of stationary potentials showed that the electrode potential of steel 20 in water after 24 hours takes on a value of -0.52V . The introduction of glyceroborate compounds contributes to the refinement of the electrode potentials of steel 20 and after 24 hours their values are equal: in a 20% solution of glycerol borate (-0.30V), in a 20% solution of oleic acid glyceroborate (-0.22V), in a 20% stearic acid glyceroborate solution (-0.15V). The greatest passivating effect is possessed by glycerol borate of oleic acid. After 24 hours, the electrode potentials of steel 20 acquire more positive values as compared to water in all cases of using glyceroborate compounds and in the same sequence. The studies carried out show that 20% aqueous solutions of glycerol borate, stearic acid glyceroborate and oleic acid glyceroborate have effective detergent and passivating properties when cleaning a metal surface, and therefore they can be recommended as detergent-passivating agents for cleaning parts during repair works of automotive equipment.

Keywords: *synthetic detergents, aqueous solution of glycerol borate, stearic acid glyceroborate, oleic acid glyceroborate, degree of purification, contact angle, corrosion rate, washing of automotive vehicle parts.*

Citation. Fadeev I. V., Uspensky I. A., Pestrjaeva L. Sh., Sadaddinov Sh. V. Glyceroborate detergent-passivating agent for repair production of automotive technology. *Proc. of the Lower Volga Agro-University Comp.* 2021. 2(62). 431-441 (in Russian). DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-43.

Author's contribution. All authors of this research paper have directly participated in the planning, execution, or analysis of this study. All authors of this paper have read and approved the final version submitted.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

УДК 620.193:629.3.083.5

**ГЛИЦЕРОБОРАТНОЕ МОЮЩЕ-ПАССИВИРУЮЩЕЕ СРЕДСТВО
ДЛЯ РЕМОНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА АВТОТРАКТОРНОЙ ТЕХНИКИ**

И. В. Фадеев¹, доктор технических наук, доцент,
И. А. Успенский², доктор технических наук, профессор,
Л. Ш. Пестряева³, кандидат педагогических наук, доцент,
Ш. В. Садетдинов⁴, доктор химических наук, профессор

¹Чувашский государственный педагогический университет им. И. Я. Яковлева, г. Чебоксары²Рязанский агротехнологический университет им П. А. Костычева, Рязань³Чувашский государственный аграрный университет, г. Чебоксары⁴Чувашский государственный университет им. И. Н. Ульянова, г. Чебоксары

Дата поступления в редакцию 01.03.2021

Дата принятия к печати 16.05.2021

Аннотация. Представлены результаты исследования влияния концентрации глицеринового бората (ГБ), глицеробората олеиновой кислоты (ГБОК) и глицеробората стеариновой кислоты (ГБСК) в водном растворе на степень очистки и скорость коррозии очищаемой металлической поверхности. С повышением концентрации глицероборатных соединений увеличивается степень очистки поверхности. Наибольшим моющим эффектом обладают 20 %-е водные растворы глицероборатных соединений при температуре 60 °С. Гравиметрическими, электрохимическими исследованиями установлено, что введение ГБ, ГБСК и ГБОК в коррозионную среду существенно снижает скорость ионизации металла. Наибольшим пассивирующим действием обладает глицериновый борат олеиновой кислоты. Результаты испытаний позволяют рекомендовать растворы исследованных глицероборатных соединений в качестве моюще-пассивирующих средств при ремонтных работах автотракторной техники.

Актуальность. Одной из важных задач при ремонтных работах автотракторной техники является качественная мойка деталей и узлов машин с последующим пассивирующим действием по отношению к очищаемой поверхности. Для этого применяют традиционные моюще-пассивирующие растворы едкого натра, кальцинированной соды, фосфатов и метасиликатов натрия. Недостатками этих средств являются их низкие моющие и противокоррозионные свойства. Поэтому разработка новых моюще-пассивирующих средств для очистки металлической поверхности с высокими показателями моющего и противокоррозионного свойств является актуальной и востребованной. **Объект.** Объектом исследований являются глицеробораты, в качестве которых использовали глицериновый борат (ГБ) общей формулы $(\text{CH}_2\text{O})_3\text{ВОН}$, синтезированный путем взаимодействия борной кислоты с глицерином, а также бораты глицерина частично этерифицированные олеиновой кислотой или стеариновой кислотой, соответственно глицероборат олеиновой кислоты (ГБОК) общей формулы $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOCH}(\text{CH}_2\text{O})_2\text{ВОН}$ и глицероборат стеариновой кислоты (ГБСК) общей формулы $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOCH}(\text{CH}_2\text{O})_2\text{ВОН}$. **Материалы и методы.** С целью определения возможности использования боратсодержащих соединений: ГБ, ГБОК и ГБСК в качестве новых моюще-пассивирующих средств для очистки поверхности деталей при ремонте автотракторной техники исследовано влияние их концентраций в водном растворе на моющие и противокоррозионные свойства раствора. Опыты по влиянию глицероборатов на степень очистки металлической поверхности проводили по известной и широко применяемой в научном эксперименте гравиметрическим методом с вычислением процента смываемости загрязнений с поверхности металла. Контроль степени отмытки осуществляли по краевому углу смачивания (Θ) поверхности методом нанесения капли жидкости на вымытую поверхность. Противокоррозионные свойства изучали гравиметрическим и электрохимическим методами. При электрохимическом методе пассивирующие свойства растворов определяли по изменению стационарных потенциалов опытных образцов во времени в исследуемых растворах с использованием высокоомного вольтметр-потенциостата П-5848. В качестве образцов использовали пластины из стали 20 размером 150×70×2 мм, а загрязнения – смесь отработавшего моторного масла со смолистым отложением в центрифуге в массовом соотношении 2 : 1. **Ре-**

зультаты и выводы. Из результатов экспериментов следует, что степень очистки металлической поверхности зависит от концентрации глицероборатов. При концентрации 20 мас. % глицероборатов достигается наивысшее значение степени очистки. Дальнейшее повышение их концентрации не приводит к существенному улучшению рассматриваемого показателя. При этом по эффективности влияния на качество очистки глицероборатные соединения располагаются в ряд: ГБ < ГБСК < ГБОК. Значение степени очистки увеличивается с повышением температуры раствора. Наибольшим моющим эффектом обладают 20 %-е водные растворы глицероборатных соединений при температуре 60 °С. Коррозионные испытания показали, что введение в воду ГБ, ГБСК и ГБОК существенно снижает скорость ионизации металла. Скорость коррозии стали 20 в воде после 24 ч и 120 ч испытания составляет 0,0576 и 0,0425 г/м²·ч. В присутствии глицероборатных добавок скорость коррозии стали в воде понижается и через 24 ч и 120 ч испытания равна в присутствии ГБ – 0,0250 и 0,0154; в присутствии ГБСК – 0,0134 и 0,0084; в присутствии ГБОК – 0,0072 и 0,0025 г/м²·ч. Из приведенных данных по скорости коррозии следует, что глицероборат олеиновой кислоты в большей степени тормозит скорость коррозии стали 20 в ряду ГБ < ГБСК < ГБОК. В указанном ряду степень защиты (Z) составляет от 63,76 % до 94,12 %, а коэффициент торможения – от 2,8 до 17,0 (после 120 часов испытания). Измерения стационарных потенциалов показали, что электродный потенциал стали 20 в воде через 24 часа принимает значение –0,52В. Введение глицероборатных соединений способствует облагораживанию электродных потенциалов стали 20 и через 24 часа их значения равны: в 20 %-м растворе ГБ (–0,30В), в 20 %-м растворе ГБСК (–0,22В), в 20 %-м растворе ГБОК (–0,15В). Наибольшим пассивирующим действием обладает глицериновый борат олеиновой кислоты. Электродные потенциалы стали 20 по истечении 24 ч приобретают более положительные значения по сравнению с водой во всех случаях применения глицероборатных соединений и в той же последовательности. Проведенные исследования показывают, что 20 %-е водные растворы глицеринового бората, глицеробората стеариновой кислоты и глицеробората олеиновой кислоты обладают эффективными моющими и пассивирующими свойствами при мойке металлической поверхности, поэтому их можно рекомендовать в качестве моюще-пассивирующих средств для мойки деталей при ремонтных работах автотракторной техники.

Ключевые слова: синтетические моющие средства, водный раствор глицеринового бората, глицеробората стеариновая кислота, глицеробората олеиновая кислота, мойка деталей автотракторной техники.

Цитирование. Фадеев И. В., Успенский И. А., Пестряева Л. Ш., Садетдинов Ш. В. Глицероборатное моюще-пассивирующее средство для ремонтного производства автотракторной техники. Известия НВ АУК, 2021. 2(62). 431-441. DOI: 10.32786/2071-9485-2021-02-43.

Авторский вклад. Все авторы настоящего исследования принимали непосредственное участие в планировании, выполнении или анализе данного исследования. Все авторы настоящей статьи ознакомились и одобрили представленный окончательный вариант.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Введение. Для очистки поверхности деталей при ремонтных работах узлов и агрегатов машин применяют различные моющие и очищающие средства. Выбор группы моющих средств зависит от многих факторов: вида загрязнений, необходимой чистоты поверхности, воздействия моющего средства на материал поверхности, степени механизации способа очистки, санитарно-гигиенических и экономических требований [8, 9, 16].

При эксплуатации, ремонте и хранении детали машин подвергаются коррозии вследствие воздействия факторов внешней среды. Для снижения коррозионной агрессивности факторов внешней среды используют ингибиторы коррозии, защитное действие которых заключается в образовании на поверхности металла пассивирующей пленки, образованной в результате реакции между металлом, ингибитором и коррозионно-активной средой [4, 7, 17].

Традиционными моюще-пассивирующими средствами являются растворы едкого натра, кальцинированной соды, фосфатов и метасиликатов натрия. Недостатками этих средств являются их низкие моющие и противокоррозионные свойства [13, 14].

Поэтому разработка новых моюще-пассивирующих средств для очистки металлической поверхности с высокими показателями моющего и противокоррозионного свойств является актуальной и востребованной.

Цель работы – разработать новое моюще-пассивирующее средство на основе глицеринового бората, глицеринового бората стеариновой кислоты и глицеринового бората олеиновой кислоты для удаления загрязнений с металлической поверхности и его пассивации.

Достижение поставленной цели потребовало решения следующих задач:

1. Исследование моющих свойств растворов глицеринового бората, глицеринового бората стеариновой кислоты и глицеринового бората олеиновой кислоты в зависимости от их содержания.

2. Изучение противокоррозионных свойств растворов глицеринового бората, глицеринового бората стеариновой кислоты и глицеринового бората олеиновой кислоты.

3. Разработка глицероборатного моюще-пассивирующего средства для очистки и пассивирования металлической поверхности на основе глицеринового бората, глицеринового бората стеариновой кислоты и глицеринового бората олеиновой кислоты.

Признаком научной новизны настоящей статьи является то, что в ней впервые приводятся экспериментальные данные о моющем и противокоррозионном свойствах растворов глицеринового бората, глицеринового бората стеариновой кислоты и глицеринового бората олеиновой кислоты при очистке металлической поверхности. Кроме того, разработано новое, эффективное глицероборатное моюще-пассивирующее средство для очистки и пассивирования металлической поверхности. Изложенные в статье результаты ранее не опубликованы в научно-технической литературе.

Материалы и методы. В качестве глицероборатов использовали глицериновый борат (ГБ) общей формулы $(\text{CH}_2\text{O})_3\text{BON}$, синтезированный путем взаимодействия борной кислоты с глицерином, а также бораты глицерина частично этерифицированные олеиновой кислотой или стеариновой кислотой, соответственно глицеробората олеиновой кислоты (ГБОК) общей формулы $\text{C}_{17}\text{H}_{33}\text{COOCH}(\text{CH}_2\text{O})_2\text{BON}$ и глицеробората стеариновой кислоты (ГБСК) общей формулы $\text{C}_{17}\text{H}_{35}\text{COOCH}(\text{CH}_2\text{O})_2\text{BON}$. Подробное описание методики синтеза и описание физико-химических свойств указанных глицероборатов не входит в задачу настоящей статьи, они описаны в монографии [15].

Опыты по влиянию глицероборатов на степень очистки металлической поверхности проводили по известной и широко применяемой в научном эксперименте методике [1, 17]. Образцы из стали 20 размером $150 \times 70 \times 2$ мм очищали с одной стороны и на очищенную поверхность образцов наносили загрязнение в виде смеси отработавшего моторного масла со смолистым отложением в центрифуге в массовом соотношении 2 : 1 равномерным слоем в количестве 0,1 г. Загрязненные образцы выдерживали на воздухе в течение 30 минут и взвешивали на аналитических весах ВЛА-200 г-М с точностью 0,0001 г. Далее образцы с загрязнением устанавливали в моечную установку с испытуемыми водными растворами глицеринового бората, глицеробората олеиновой кислоты, глицеробората стеариновой кислоты и производили мойку. Образцы после мойки высушивали и взвешивали. Степень очистки металлической поверхности определяли весовым методом с вычислением процента смываемости загрязнений с поверхности металла. Контроль степени отмытки осуществляли по краевому углу смачивания (θ) поверхности методом нанесения капли жидкости на вымытую поверхность. Каплю

дистиллированной воды размером 1-2 мм формировали с помощью кварцевого капилляра. Измерения контактного угла с точностью ± 1 градус проводили катетометром КМ-6 с угломерной головкой. Чем меньше угол θ , тем лучше жидкость смачивает металлическую поверхность и тем выше степень отмывания поверхности [10, 12].

Так как химический состав синтетических моющих растворов влияет на качество мойки, изучено влияние концентрации глицероборатов на степень очистки и смачиваемость металлической поверхности.

Противокоррозионные свойства 20 %-х растворов глицероборатных соединений к углеродистой стали проводили гравиметрическим методом. Скорость коррозии вычисляли по убыли массы образцов, отнесенной к единице поверхности за единицу времени. Образцы в количестве 3-5 выдерживали в растворах 8 ч, затем извлекали и оставляли на воздухе на 16 ч. Это составляло один цикл. Проводили 5 циклов испытаний (120 ч), после каждого цикла образцы взвешивали [3, 5, 6].

Результаты и обсуждение. Результаты исследования влияния содержания ГБ, ГБСК и ГБОК в водном растворе при 60 °С и продолжительности мойки 6 минут на степень очистки металлической поверхности представлены на рисунке 1.

Рисунок 1 – Влияние концентрации ГБ (1, 4), ГБСК (2, 5) и ГБОЛК (3, 6) в водном растворе на степени очистки и краевой угол смачивания соответственно

Figure 1 – Effect of the concentration of GB (1, 4), GBSK (2, 5) and GBOLK (3, 6) in an aqueous solution on the degree of purification and contact angle, respectively

Из данных рисунка 1 следует, что степень очистки металлической поверхности зависит от концентрации глицероборатов. При концентрации 20 мас. % глицероборатов достигаются наивысшие значения степени очистки и наименьшего значения краевого угла смачивания. Дальнейшее повышение их концентрации не приводит к существенному улучшению рассматриваемых показателей.

При этом по эффективности влияния на качество очистки глицероборатные соединения располагаются в ряд: ГБ < ГБСК < ГБОК.

Известно, что эффективность моющего действия зависит от продолжительности мойки и температуры раствора [11]. В таблице представлены экспериментальные данные по влиянию продолжительности мойки и температуры 20%-го глицероборатного раствора на степень очистки и краевой угол смачивания металлической поверхности.

Таблица – Влияние продолжительности мойки и температуры 20 %-х глицероборатных растворов на степени очистки и краевой угол смачивания металлической поверхности

Table – Influence of the duration of washing and the temperature of 20 % glyceroborate solutions on the degree of cleaning and the contact angle of the metal surface

Температура раствора, °C / Solution temperature, °C	Продолжительность мойки, мин / Continue washing capacity, min	Раствор ГБ GB solution		Раствор ГБСК GBSK solution		Раствор ГБОК GBOC solution	
		Степень очистки, % / Purification degree, %	Краевой угол смачивания, θ / Contact angle of wetting, θ	Степень очистки, % / Purification degree, %	Краевой угол смачивания, θ / Contact angle of wetting, θ	Степень очистки, % / Purification degree, %	Краевой угол смачивания, θ / Contact angle of wetting, θ
20	2	38,6	50	46,4	44	62,6	39
	4	46,8	47	53,8	41	71,6	36
	6	54,6	43	62,8	39	79,4	33
	8	55,1	42	63,2	38	81,2	32
40	2	44,1	43	48,5	42	52,8	36
	4	50,8	40	61,2	37	63,7	33
	6	62,6	31	70,8	34	74,9	30
	8	63,0	30	72,3	33	75,6	27
60	2	55,8	35	58,7	34	64,8	32
	4	60,7	33	64,7	31	70,5	28
	6	72,9	27	84,8	22	91,4	16
	8	73,2	27	85,2	21	91,6	16
80	2	49,7	42	50,2	41	56,7	35
	4	50,6	40	51,6	4	55,8	36
	6	50,8	40	49,8	41	56,6	35
	8	48,3	42	50,6	41	56,0	35

Из данных таблицы видно, что глицероборатные соединения увеличивают степень очистки и уменьшают краевой угол смачивания металлической поверхности. При этом значения степени очистки увеличиваются с повышением температуры раствора от 20 до 80 °C. В интервале температур раствора от 60 до 80°C происходит уменьшение моющих свойств глицероборатного раствора. Данное явление можно объяснить выделением в раствор молекул коллоидных частиц, что в итоге приводит к уменьшению концентрации раствора и ухудшению моющего свойства. Наибольшим моющим эффектом обладают 20 %-е водные растворы глицероборатных соединений при температуре 60 °C и продолжительности процесса 6 минут.

Коррозионные испытания (рисунок 2) показали, что в воде сталь 20 интенсивно корродирует. Введение ГБ, ГБСК и ГБОК в коррозионную среду существенно снижает скорость ионизации металла. Скорость коррозии стали 20 в воде после 24 ч и 120 ч испытания составляет 0,0576 и 0,0425 г/м²·ч. В присутствии глицероборатных добавок скорость коррозии стали в воде понижается и равна через 24 ч и 120 ч испытания в

присутствии ГБ – 0,0250 и 0,0154; в присутствии ГБСК – 0,0134 и 0,0084; в присутствии ГБОК – 0,0072 и 0,0025 г/м²·ч. Из приведенных данных по скорости коррозии следует, что глицероборат олеиновой кислоты в большей степени тормозит скорость коррозии стали 20 в ряду ГБ < ГБСК < ГБОК. В указанном ряду степень защиты (Z) составляет от 63,76 % до 94,12 %, а коэффициент торможения – от 2,8 до 17,0 (после 120 часов испытания).

Рисунок 2 – Скорость коррозии стали Ст20: 1 – вода; 2 – 20 %-й раствор ГБ; 3 – 20 %-й раствор ГБСК; 4 – 20 %-й раствор ГБОК

Figure 2 – Corrosion rate of steel St20: 1 – water; 2 – 20 % GB solution; 3 – 20 % HBSC solution; 4 – 20 % HBOC solution

Информация о пассивирующих свойствах 20 %-х растворов глицероборатных соединений получена путем измерения стационарных потенциалов с помощью высокоомного вольтметра-потенциостата П-5848 [2, 18]. Электродный потенциал стали 20 в воде через 24 часа принимает значение –0,52В. Введение глицероборатных соединений способствует облагораживанию электродных потенциалов стали 20 и через 24 часа их значения равны: в 20 %-м растворе ГБ (–0,30В), в 20 %-м растворе ГБСК (–0,22В), в 20 %-м растворе ГБОК (–0,15В). Наибольшим пассивирующим действием обладает глицериновый борат олеиновой кислоты. Электродные потенциалы стали 20 по истечении 24 ч приобретают более положительные значения по сравнению с водой во всех случаях применения глицероборатных соединений и в той же последовательности. Согласно [15, 16], пассивация стали 20 в растворах глицероборатных соединений связана как с образованием защитных оксидных пленок, так и с их хемосорбцией на поверхности металла. При очистке металлической поверхности металлов глицероборатными растворами pH раствора составляет 9,2–10,1 и сохраняется в процессе мойки при загрязнении раствора. Следовательно, глицероборатные растворы обладают буферной емкостью, которая позволяет поддерживать необходимое значение pH раствора.

Выводы. Проведенные исследования показывают, что 20 %-е водные растворы глицеринового бората, глицеробората стеариновой кислоты и глицеробората олеиновой кислоты обладают эффективными моющими и пассивирующими свойствами при мойке

металлической поверхности. Оптимальным режимом мойки глицероборатными соединениями является температура раствора 60 °С при продолжительности мойки 6 минут. Указанные растворы рекомендуются в качестве моюще-пассивирующих средств при ремонтных работах автотракторной техники.

Библиографический список

1. Влияние температуры растворов синтетических моющих средств на их моющую способность / В. В. Быков, Б. П. Загородских, А. Н. Ременцов, В. М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1 (53). С. 249-255.
2. Защитное действие азот-, фосфорсодержащих ингибиторов коррозии стали и их промышленные испытания в условиях нефтедобычи и нефтепереработки // В. К. Половняк, И. В. Тимофеева, О. Н. Быстрова [и др.] // Практика противокоррозионной защиты. 2006. № 3. С. 44-48.
3. Илларионов И. Е., Садетдинов Ш. В. Коррозия черных металлов в средах, имитирующих условия эксплуатации автомобилей // Черные металлы. 2019. № 4. С. 67-72.
4. Новые ингибиторы коррозии для защиты сельскохозяйственной техники / И. А. Успенский, И. В. Фадеев, Л. Ш. Пестряева, Ш. В. Садетдинов, А. С. Казарин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 3 (59). С. 365-376.
5. Пестряев Д. А., Садетдинов Ш. В., Пестряева Л. Ш. Влияние некоторых боратов на электрохимическое поведение стали в растворах синтетических моющих средств // Перспективы развития технического сервиса в агропромышленном комплексе: сб. материалов Национальной (Всероссийской) науч.-практич. конференции, посвященной 55-летию создания кафедры технического сервиса (ремонта машин и технологии конструкционных материалов). 2019. С. 145-152.
6. Повышение коррозионной стойкости углеродистой стали с помощью дипинаконборатных соединений / Ш. В. Садетдинов, Л. Ш. Пестряева, И. В. Фадеев, Д. А. Пестряев // Черные металлы. 2020. № 11 (1067). С. 40-45.
7. Повышение противокоррозионных свойств растворов синтетических моющих средств для мобильной техники в АПК / Н. В. Бышов, И. В. Фадеев, Г. А. Александрова, Ш. В. Садетдинов // Известия Международной академии аграрного образования. 2019. № 45. С. 20-24.
8. Повышение эффективности мойки деталей при ремонте автомобилей / В. В. Быков, Б. П. Загородских, Ш. В. Садетдинов, В. М. Юдин // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 358-363.
9. Присадка к средствам для мойки деталей автотракторной техники / И. А. Успенский, И. В. Фадеев, Л. Ш. Пестряева, Ш. В. Садетдинов, Н. И. Хайлов // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2020. № 4 (60). С. 414-425.
10. Разработка теплоизоляционных смесей для прибылей стальных отливок с использованием фосфатборатов / И. Е. Илларионов, Л. Ш. Пестряева, Ш. В. Садетдинов, И. А. Стрельников, Е. Н. Жирков // Черные металлы. 2020. № 7. С. 28-33.
11. Стрельников И. А., Пестряев Д. А., Садетдинов Ш. В. Влияние температуры раствора боратфосфатных моющих средств на качество очистки металла // Механическое оборудование металлургических заводов. 2019. № 2 (13). С. 23-28.
12. Тойгамбаев С. К. Совершенствование процессов очистки деталей от загрязнений при ремонте машин // Актуальные проблемы современной науки. 2016. № 3 (88). С. 217-221.
13. Фадеев И. В., Белов В. В., Садетдинов Ш. В. Применение тетраборатов лития, натрия, калия в качестве экологически чистых добавок к моющим средствам // Известия Международной академии аграрного образования. 2015. № 21. С. 52-55.
14. Фадеев И. В., Садетдинов Ш. В. Новые моющие средства для узлов и агрегатов автотранспортных средств // Автотранспортное предприятие. 2014. № 6. С. 54-56.
15. Шварц Е. М. Взаимодействие борной кислоты со спиртами и оксикислотами. Рига: Зинатне, 1990. 414 с.

16. A study by in situ Raman spectroscopy of carbon steel corrosion in CO₂ and H₂S environment / O. Delpoux, J. Kittel, F. Grosjean, S. Joiret, N. Desamais, C. Taravel-Condat // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014.

17. Effect of deicing compounds on aircraft materials / A. Bjorgum, A.-K. Kvernbråten, A. Store, T. A. Gustavsen, P. I. Lohne, G. W. Karlsen // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>

18. Investigation of under film corrosion using pH sensitive microcapsules / T. Matsuda, K. B. Kashi, M. Jensen, V. J. Gelling // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>.

Conclusions. Studies have shown that 20% aqueous solutions of glycerol borate, stearic acid glyceroborate and oleic acid glyceroborate have effective detergent and passivating properties when washing metal surfaces. These solutions are recommended as detergents and passivators for repair work of automotive vehicles. The optimal mode of washing with glyceroborate compounds is a solution temperature of 60°C with a washing duration of 6 minutes.

References

1. Vliyanie temperatury rastvorov sinteticheskikh moyuschih sredstv na ih moyuschuyu sposobnost' / V. V. Bykov, B. P. Zagorodskih, A. N. Remencov, V. M. Yudin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1 (53). P. 249-255.

2. Zashitnoe dejstvie azot-, fosforsoderzhashchih ingibitorov korrozii stali i ih promyshlennye ispytaniya v usloviyah nefte dobychi i neftepererabotki // V. K. Polovnyak, I. V. Timofeeva, O. N. Bystrova [i dr.] // Praktika protivokorroziionnoy zaschity. 2006. № 3. P. 44-48.

3. Illarionov I. E., Sadetdinov Sh. V. Korroziya chernyh metallov v sredah, imitiruyuschih usloviya jekspluatacii avtomobilej // Chernye metally. 2019. № 4. P. 67-72.

4. Novye ingibitory korrozii dlya zaschity sel'skohozyajstvennoj tehniky / I. A. Uspenskij, I. V. Fadeev, L. Sh. Pestryaeva, Sh. V. Sadetdinov, A. S. Kazarin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 3 (59). P. 365-376.

5. Pestryaev D. A., Sadetdinov Sh. V., Pestryaeva L. Sh. Vliyanie nekotorykh boratov na jlektrohimicheskoe povedenie stali v rastvorah sinteticheskikh moyuschih sredstv // Perspektivy razvitiya tehničeskogo servisa v agropromyshlennom komplekse: sb. materialov Nacional'noj (Vserossijskoj) nauch. -- praktich. konferencii, posvyaschennoj 55-letiyu sozdaniya kafedry tehničeskogo servisa (remonta mashin i tehnologii kon-strukcionnyh materialov). 2019. P. 145-152.

6. Povyshenie korrozionnoj stojkosti uglerodistoj stali s pomosch'yu dipinakonboratnyh soedinenij / Sh. V. Sadetdinov, L. Sh. Pestryaeva, I. V. Fadeev, D. A. Pestryaev // Chernye metally. 2020. № 11 (1067). P. 40-45.

7. Povyshenie protivokorroziionnyh svojstv rastvorov sinteticheskikh moyuschih sredstv dlya mobil'noj tehniky v APK / N. V. Byshov, I. V. Fadeev, G. A. Aleksandrova, Sh. V. Sadetdinov // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2019. № 45. P. 20-24.

8. Povyshenie jffektivnosti moyki detalej pri remonte avtomobilej / V. V. Bykov, B. P. Zagorodskih, Sh. V. Sadetdinov, V. M. Yudin // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2019. № 1(53). P. 358-363.

9. Prisadka k sredstvam dlya moyki detalej avtotraktornoj tehniky / I. A. Uspenskij, I. V. Fadeev, L. Sh. Pestryaeva, Sh. V. Sadetdinov, N. I. Hajlov // Izvestiya Nizhnevolzhskogo agrouniversitetskogo kompleksa: Nauka i vysshee professional'noe obrazovanie. 2020. № 4 (60). P. 414-425.

10. Razrabotka teploizolyacionnyh smesey dlya pribylej stal'nyh otlivok s ispol'zovaniem fosfatboratov / I. E. Illarionov, L. Sh. Pestryaeva, Sh. V. Sadetdinov, I. A. Strel'nikov, E. N. Zhirkov // Chernye metally. 2020. № 7. P. 28-33.

11. Strel'nikov I. A., Pestryaev D. A., Sadetdinov Sh. V. Vliyanie temperatury rastvora borat-fosfatnyh moyuschih sredstv na kachestvo ochistki metalla // Mehanicheskoe oborudovanie metallurgicheskikh zavodov. 2019. № 2 (13). P. 23-28.

12. Tojgambaev S. K. Sovershenstvovanie processov ochistki detalej ot zagryaznenij pri remonte mashin // Aktual'nye problemy sovremennoj nauki. 2016. № 3 (88). P. 217-221.
13. Fadeev I. V., Belov V. V., Sadetdinov Sh. V. Primenenie tetraboratov litiya, natriya, kaliya v kachestve [kologicheskij chistykh dobavok k moyuschim sredstvam // Izvestiya Mezhdunarodnoj akademii agrarnogo obrazovaniya. 2015. № 21. P. 52-55.
14. Fadeev I. V., Sadetdinov Sh. V. Novye moyuschie sredstva dlya uzlov i agregatov avto-transportnykh sredstv // Avtotransportnoe predpriyatie. 2014. № 6. P. 54-56.
15. Shvarc E. M. Vzaimodejstvie bornoj kisloty so spirtami i oksikislotami. Riga: Zinatne, 1990. 414 p.
16. A study by in situ Raman spectroscopy of carbon steel corrosion in CO₂ and H₂S environment / O. Delpoux, J. Kittel, F. Grosjean, S. Joiret, N. Desamais, C. Taravel-Condat // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014.
17. Effect of deicing compounds on aircraft materials / A. Bjorgum, A.-K. Kvernbråten, A. Store, T. A. Gustavsen, P. I. Lohne, G. W. Karlsen // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>
18. Investigation of under film corrosion using pH sensitive microcapsules / T. Matsuda, K. B. Kashi, M. Jensen, V. J. Gelling // EUROCORR 2014 – Improving materials durability: from cultural heritage to industrial applications. 2014. <https://cyberleninka.ru/article/n/obzor-zarubezhnogo-opyta-issledovaniy-korrozii-i-sredstv-zaschity-ot-korrozii>.

Authors information

Fadeev Ivan Vasilyevich, head of the Department of machine science of the Chuvash State Pedagogical University named after I. Ya. Yakovlev (Russia, 428000, Cheboksary, K. Marx str., 38), doctor of technical sciences, associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, ivan-fadeev-2012@mail.ru.

Uspensky Ivan Alekseevich, head of the Department of technical operation of transport of the Ryazan State Agrotechnological University named after P. A. Kostychev (Russia, 390044, Ryazan, Kostycheva str., 1), doctor of technical sciences, professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>, ivan.uspensckij@yandex.ru.

Pestryaeva Lyudmila Sheizdanovna, associate professor of the Department of physical education and sports of the Chuvash State Agrarian University (Russia, 428000, Cheboksary, K. Marx str., 31), candidate of pedagogical sciences, associate professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-5757>, sport.chgsxa@mail.ru.

Sadetdinov Sheizdan Vazykhovich, professor of the Department of materials science and metallurgical processes of the Chuvash State University named after I. N. Ulyanova (Russia, 428000, Cheboksary, Moskovsky Ave., 15), doctor of chemical sciences, professor, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, avgustaf@list.ru.

Информация об авторах

Фадеев Иван Васильевич, заведующий кафедрой машиноведения Чувашского государственного педагогического университета им. И. Я. Яковлева (РФ, 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 38), доктор технических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, ivan-fadeev-2012@mail.ru.

Успенский Иван Алексеевич, заведующий кафедрой технической эксплуатации транспорта Рязанского государственного агротехнологического университета им. П. А. Костычева (РФ, 390044, г. Рязань, ул. Костычева, 1), доктор технических наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4343-0444>, ivan.uspensckij@yandex.ru.

Пестряева Людмила Шейздановна, доцент кафедры физического воспитания и спорта Чувашского государственного аграрного университета (РФ, 428000, г. Чебоксары, ул. К. Маркса, 31), кандидат педагогических наук, доцент, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-0426-5757>, sport.chgsxa@mail.ru.

Садетдинов Шейздан Вазыхович, профессор кафедры материаловедения и металлургических процессов Чувашского государственного университета им. И. Н. Ульянова (РФ, 428000, г. Чебоксары, пр. Московский, 15), доктор химических наук, профессор, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5863-1812>, avgustaf@list.ru.