



УДК 536.74

И.А. Стрельников, Д.А. Пестряев, Ш.В. Садетдинов
ФГБОУ ВО «Чувашский государственный университет
им. И. Н. Ульянова»
г. Чебоксары, Российская Федерация
E-mail: avgustaf@list.ru
Дата поступления 28.10.2019

ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ РАСТВОРА БОРАТФОСФАТНЫХ МОЮЩИХ СРЕДСТВ НА КАЧЕСТВО ОЧИСТКИ МЕТАЛЛА

Аннотация

Из литературных источников известно, что боратфосфатные моющие средства (БФМС), которые являются композицией МЛ-52, МС-8 и Лабомид-203 с боратфосфатными соединениями, в частности фосфатнатрийдимеборатом (ФНДМ), являются эффективными синтетическими моющими средствами для очистки металлической поверхности от загрязнений. В настоящей работе рассматривается влияние температуры раствора моющих композиций МЛ-52 + ФНДМ, Лабомид-203 + ФНДМ и МС-8 + ФНДМ на моющую способность и смачиваемость рабочих растворов. Испытания показали, что моющая способность БФМС резко нарастает в интервале температур 60 - 80°C. При температуре 80°C достигаются наибольшие значения моющей способности и смачиваемости раствора. В интервале температур 80 - 100°C происходит помутнение раствора, связанное с образованием коллоидных частиц и уменьшение его моющей способности. Из экспериментальных данных следует, что интервал температуры 70 - 80°C, при продолжительности мойки 5 минут, является оптимальным режимом технологического процесса очистки деталей и узлов машин от загрязнений с применением БФМС.

Ключевые слова: боратфосфатное моющее средство, температура, продолжительность мойки, моющая способность, смачиваемость, жировые загрязнения, металлическая поверхность, машиностроение.

Введение

Синтетические моющие средства (СМС) нашли широкое применение в машиностроении для очистки от загрязнений деталей и узлов машин и механизмов, а также в металлургии для очистки металлической поверхности от консервационных смазок и жировых загрязнений [1-4]. Современные синтетические моющие средства являются водными многокомпонентными системами, в которых каждый компонент выполняет свою функцию и не должен подавлять свойства других составляющих данного состава [5, 6]. Основным веществом, входящим в состав рецептуры СМС, является поверхностно-активное вещество (ПАВ) и еще содержатся вспомогательные добавки в виде ряда различных соединений. Из литературных источников известно широкое применение в составе СМС солей

борной кислоты и комплексных соединений на их основе, в качестве противокоррозионной присадки с высоким ингибирующим эффектом по отношению к очищаемой металлической поверхности [7-10]. При разработке новых, высокоэффективных композиций СМС особое внимание уделяется синергетическому эффекту в смесях ПАВ с различными добавками [11-13]. Из применяемых на практике растворов СМС следует отметить такие препараты как: МЛ-51, МЛ-52, Лабомид-101, Лабомид-202, Лабомид-203, Лабомид-204, МС-6, МС-8, МС-15, МС-37, КМ-17, КМ-22, МД-2, Аэрол, Вертолин 274 ТМС-31, ХС-2М, которые выпускаются в виде сыпучего белого или светло-желтого порошка. Перечисленные препараты хорошо растворяются в воде, используются в виде 3%-ного водного раствора, который нетокси-

чен и пожаробезопасен [14, 15]. К основным недостаткам синтетических моющих средств относят их слабые противокоррозионные и моющие свойства [16,17]. Механизм моющего действия СМС основан, в основном, на растворении, адсорбции, эмульгировании и диспергировании загрязнений. Качество очистки металла зависит от таких факторов как характер загрязнений, шероховатость очищаемой поверхности, жесткость применяемой воды, химического состава моющего раствора, а также от его смачивающего и эмульгирующего действия [18,19]. На эффективность процесса очистки поверхности металла влияют такие технологические параметры как: концентрация раствора, интенсивность перемешивания раствора, продолжительность мойки и температура раствора СМС.

В работе [20] приводятся экспериментальные данные по разработке боратфосфатных моющих средств (БФМС), которые являются композицией МЛ-52, МС-8 и Лабомид -203 с боратфосфатными соединениями [21]. Однако в этой работе не приводятся данные по изучению влияния температуры раствора БФМС на его моющее свойство. С учетом того, что качество мойки загрязненных деталей узлов и агрегатов зависит от температурного режима моющего раствора, а исследования в области повышения моющей способности СМС являются актуальными и востребованными, изучено влияние температуры раствора БФМС на качество очищаемой металлической поверхности.

Основная часть

Для выявления оптимального режима мойки загрязненной металлической поверхности раствором БФМС изучено влияние температуры и продолжительность мойки на его моющее свойство. Исследования проводили с использованием в качестве БФМС моющей композиции МЛ-52, МС-8 и Лабомид-203 с боратфосфатным соединением фосфатнатрийдиметаборат (ФНДМБ) молекулярной формулы $2\text{NaBO}_2 \cdot \text{Na}_3\text{PO}_4 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ в виде 3%-ного раствора. Испытания проводили в лабораторной моечной установке с использованием стальной пластинки из стали Ст3 размером 150x70x2 мм. Образцы устанавливали в

моечную установку с помощью кронштейна, температуру раствора измеряли термометром. Перед испытанием поверхность образцов шлифовали с одной стороны, удаляли продукты коррозии в ингибированной кислоте, обезжиривали с одной стороны венской известью, промывали холодной водой и сушили между листами фильтровальной бумаги. Затем измеряли размеры образцов и взвешивали их, наносили на обезжиренную поверхность образцов модельное загрязнение в количестве 0,1 г равномерным слоем и выдерживали на воздухе в течение 30 минут. В качестве модельного загрязнения использовали смесь отработавшего моторного масла со смолистым отложением из центрифуги в соотношении 2:1. Далее устанавливали образцы с загрязнением в моечную установку, наливали в ванну моечной установки 1 литр БФМС и нагревали раствор до температуры программного испытания. Моющую способность средства определяли при температурах 20,40,60,80 и 100°C при продолжительности мойки 2, 3, 4, 5 и 6 минут. Моющая способность определяется весовым методом с вычислением процента смываемости загрязнений с поверхности металла по формуле: $P = M_1 - M_2 / M_1 \cdot 100\%$, где M_1 – масса образца с загрязнением; M_2 – масса образца после мойки. Одновременно с моющими свойствами БФМС определяли смачивающую способность раствора путем визуального фиксирования нарушения сплошности водяной пленки на поверхности металла. Смачивающая способность характеризуется временем в секундах от начала испытания до разрыва водяной пленки [22]. Результаты испытания моющей способности и смачиваемости 3%-ного раствора БФМС при различных режимах мойки представлены в таблице.

На основе данных таблицы 1 определены оптимальные условия процесса очистки при варьировании температуры рабочего раствора и времени. Наибольшая эффективность испытуемых моющих средств проявляется при температуре 80°C при продолжительности мойки 5 минут. Моющая способность БФМС увеличивается в, среднем, 4-5 раз при повышении температуры с 20 до 80°C.

Таблица 1

Моющая способность и смачиваемость растворов БФМС
при различных режимах мойки

Температура раствора, С	Время мойки, мин	МЛ-52+ ФНДМБ		МС-8+ ФНДМБ		Лабомид-203+ФНДМБ	
		Моющая способность, %	Смачивае- мость, с	Моющая способность, %	Смачивае- мость, с	Моющая способ- ность, %	Смачивае- мость, с
20	2	11,8	12	22,9	15	16,9	13
	3	12,6	12	23,4	15	17,8	14
	4	13,8	13	24,0	16	18,5	14
	5	14,2	13	25,6	16	19,0	14
	6	14,6	13	26,8	16	19,8	14
40	2	49,2	13	31,7	14	59,4	14
	3	50,6	13	32,8	15	61,3	14
	4	51,8	14	33,6	15	62,1	14
	5	52,5	14	38,9	16	63,7	15
	6	53,0	14	39,8	16	64,2	15
60	2	70,1	14	91,7	19	80,9	15
	3	70,8	14	92,8	20	81,2	16
	4	71,7	15	93,5	23	83,0	18
	5	72,5	16	93,9	26	84,3	20
	6	73,3	16	94,3	26	85,6	20
80	2	79,1	18	78,7	22	89,2	19
	3	79,6	19	81,8	24	89,7	22
	4	80,2	21	87,6	27	90,3	23
	5	80,5	23	98,0	29	91,6	25
	6	80,8	23	98,9	29	92,6	26
100	2	73,1	14	87,9	18	84,1	16
	3	72,6	14	88,3	17	83,5	16
	4	71,3	13	89,4	16	83,0	16
	5	70,5	13	90,6	16	82,6	15
	6	70,4	12	91,4	16	81,8	15

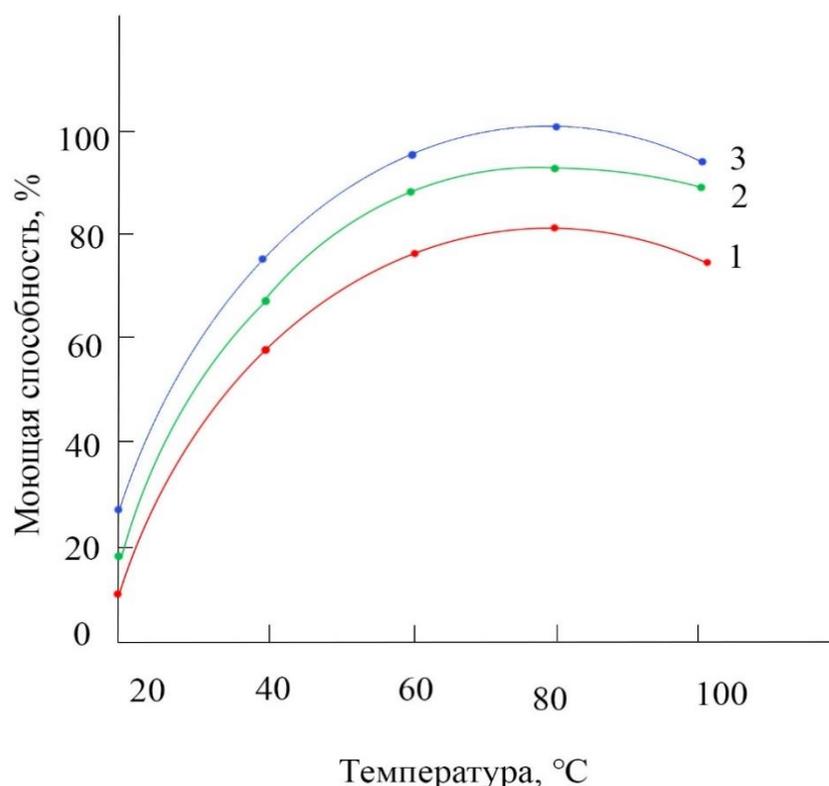


Рисунок 1. Зависимость моющей способности БФМС от температуры раствора
1 – МЛ-52 + ФНДМБ, 2– Лабомид-203 + ФНДМБ, 3 – МС-8 + ФНДМБ

На рисунке 1 показана зависимость кинетики нарастания моющей способности БФМС (МЛ-52 + ФНДМБ, МС-8 + ФНДМБ и Лабомид-203 + ФНДМБ) в зависимости от температуры раствора при продолжительности мойки 5 минут. Зависимость кинетики моющей способности БФМС аналогична и отличаются лишь темпом нарастания и их предельными значениями. Видно, что от температуры 20°C и до 60°C, моющая способность резко нарастает, после чего нарастание можно принять линейным в интервале 60-80°C. При 80°C достигается предельное значение моющей способности и равно 80,8% для моющей композиции МЛ-52 + ФНДМБ (кривая 1 на рисунке 1), 92,6% для моющей композиции Лабомид-203 + ФНДМБ (кривая 2 на рисунке 1) и 98,9% для моющей композиции МС-8+ФНДМБ (кривая 3 на рисунке 1). В интервале температур раствора от 80 -100°C моющее свойство БФМС ухудшается, происходит помутнение раствора моющей композиции. Данное явление можно объяснить началом процесса дегидратации молекул поверхностно-активных веществ и выделением в раствор молекул коллоидных частиц

[23,24]. Этот процесс имеет тенденцию усиления, что приводит к уменьшению концентрации компонентов состава БФМС и соответственно к ухудшению моющего свойства раствора.

Заключение

На основе полученных экспериментальных данных можно заключить следующее:

- температура раствора значительно влияет на моющую способность и смачиваемость БФМС;
- при повышении температуры моющего раствора БФМС с 20 до 80°C моющая способность увеличивается в, среднем, 4-5 раз;
- в интервале температур раствора от 80 -100°C моющее свойство БФМС ухудшается;
- оптимальным режимом мойки БФМС является температура 70 - 80°C при продолжительности мойки 5 минут;

- выявленный режим мойки БФМС можно рекомендовать в технологическом процессе очистки деталей и узлов машин и механизмов на металлургических заводах.

Библиографический список

1. Быков В.В., Загородских Б.П., Садетдинов Ш.В., Юдин В.М. Повышение эффективности мойки деталей при ремонте автомобилей // Известия Нижегородского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. № 1(53). С. 358-363.
2. Surface-wetting characterization using contact-angle measurements [Текст] / Т. Huhtamäki, X. Tian, J. Korhonen at al // Nature Protocols. 2018. Vol. 13. P. 1521-1538.
3. Фадеев И.В., Ременцов А.Н., Мороз С.М., Садетдинов Ш.В. Разработка технологической жидкости для увеличения долговечности деталей и узлов транспортных средств // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2017. № 3(50). С.90-97.
4. Пат. 2629023 Российская Федерация, МПК С11D3/06 С11D3/30 С11D3/37 С11D1/04. Моющая композиция для очистки металлических поверхностей / И.Е. Илларионов, И.В. Фадеев, А.Н. Ременцов, Ш.В. Садетдинов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ «Чувашский государственный университет имени И.Н.Ульянова». № 2016143245; заявл. 02.11.2016; опубл. 24.08.2017.
5. Drelich, J. Guidelines to measurements of reproducible contact angles using a sessile-drop technique [Текст]/ J. Drelich // Surface Innovations. 2013. № 1. P. 248-254.
6. Фадеев И.В., Ременцов А.Н., Садетдинов Ш.В. Моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств для узлов и деталей в присутствии некоторых боратов // Грузовик. 2017. № 1. С. 17-20.
7. Илларионов И.Е., Садетдинов Ш.В., Стрельников И.А., Гартфельдер В.А. Влияние фосфатборатных соединений на противокоррозионную устойчивость углеродистой стали в нейтральных водных средах // Черные металлы. 2018. № 5. С. 47-53.
8. Фадеев И.В., Садетдинов Ш.В. Влияние моноборатов лития, натрия, калия на моющие и противокоррозионные свойства синтетических моющих средств // Приволжский научный журнал. 2015. № 2(34). С.86-90.
9. Илларионов И.Е., Садетдинов Ш.В. Коррозия черных металлов в средах, имитирующих условия эксплуатации автомобилей // Черные металлы. 2019. № 4. С. 67-72.
10. Пат. 2680083 Российская Федерация, МПК С11D3/06 С11D9/16 С11D3/37 С11D3/30. Моющая композиция для очистки металлических поверхностей / И.Е. Илларионов, Ш.В. Садетдинов, А.В. Королев; заявитель и патентообладатель ФГБОУ «Чувашский государственный университет имени И.Н.Ульянова». № 2018141011; заявл. 21.11.2018; опубл. 15.02.2019.
11. Фадеев И.В., Садетдинов Ш.В. Синергетический эффект пентаборатов лития, натрия и калия в присутствии аминоспиртов в синтетических моющих средствах // Вестник Московского автомобильно-дорожного государственного технического университета (МАДИ). 2016. № 3(46). С.49-55.
12. Кузнецов Ю.И. Прогресс в науке об ингибиторах коррозии // Коррозия: металлы, защита. 2015. № 3. С. 12-14.
13. Пат. 2687860 Российская Федерация, МПК С 23F11/167. Водорастворимый ингибитор коррозии металлов / И.Е.Илларионов, Ш.В.Садетдинов; заявитель и патентообладатель ФГБОУ «Чувашский государственный университет имени И.Н.Ульянова». № 2018133363; заявл.20.09.2018; опубл. 17.05.2019.
14. Лебединский К.В., Курносоев Н.Е. Ресурсосберегающий метод очистки машиностроительной продукции от углеродсодержащих производственных загрязнений // Экологические проилемы современности. Пенза. 2011. С.61-65.

15. Поверхностно-активные вещества: Справочник // Под редакцией Плетнева М.Ю. М.: ООО «Фирма Клавель». 2002, 780 С.
16. Илларионов И.Е., Садетдинов Ш.В., Гильманшина Т.Р. Противокоррозионная амидоборатная присадка к моющим средствам для машиностроительной промышленности // В сборнике: Современные технологии в машиностроении и литейном производстве» материал IV Международной научно-практической конференции. Чебоксары: Изд-во Чуваш. Ун-та. 2018. С.328-334.
17. Фадеев И.В., Садетдинов Ш.В., Половняк В.К. Исследование растворимости и ингибиторного действия систем моно-, тетра-, пентаборат натрия – этилендиамин – вода при 25°C // Научно-технический вестник Поволжья. 2014. № 5. С.13-17.
18. Абрамзон А.А., Котомин А.А. Моющее действие компонентов синтетических моющих средств // Журнал прикладной химии. 2000. Т.23. № 11. С.1902-1904.
19. Краснов К.С., Воробьев Н.К., Годнев И.Н. Физическая химия // Т.2. М.: Высшая школа. 2001, 319 с.
20. Илларионов И.Е., Пестряев Д.А., Садетдинов Ш.В., Стрельников И.А. Разработка боратфосфатных моющих средств для очистки деталей металлургических машин в ремонтном производстве // Механическое оборудование металлургических заводов. 2019. № 1(12). С.71-75.
21. Илларионов И.Е., Пестряева Л.Ш., Садетдинов Ш.В., Моисеева О.В. Влияние боратфосфатных соединений на механические свойства фурановой смеси // Заготовительное производство в машиностроении. 2019. Т. 17. № 8. С.339-341.
22. Быков В.В., Загородских Б.П., ременцов А.Н., Юдин В.М. Влияние температуры растворов синтетических моющих средств на их моющую способность // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2019. – № 1(53). С.249-255.
23. Шукин Е.Д., Перцов А.В., Ахмелина Е.А. Коллоидная химия. Учебник. – М.: Высшая школа, 2007. 448 с.
24. Фадеев И.В., Садетдинов Ш.В., Илларионов И.Е. Разработка синтетических моющих средств на основе боратов для очистки поверхности металла: Монография. – Чебоксары: Изд-во Чуваш. ун-та, 2016, 185 с.

Information about the paper in English

I.A. Strelnikov, D.A. Pestryaev, Sh.V. Sadetdinov
 Ulyanov Chuvash State University
 Cheboksary, the Russian Federation
 E-mail: avgustaf@list.ru
 Received 28.10.2019

IMPACT OF BORATE PHOSPHATE CLEANING AGENTS ON CLEANING STEEL SURFACES

Abstract

It is described in literature that borate phosphate cleaning agents (BPCA), representing a composite of ML-52, MS-8, Labomid-203 and borate phosphate compounds, namely phosphate sodium dimetaborate (PSDM), are efficient synthetic cleaning agents for steel surfaces. This paper describes how temperature of solutions of cleaning compositions, such as ML-52 + PSDM, Labomid-203 + PSDM and MS-8 + PSDM, influences cleaning performance and wetting quality of treatment solutions. The tests showed that cleaning performance of BPCA sharply increased in a temperature range of 60 - 80°C. At 80°C the solution achieved maximum cleaning performance and wetting quality. In a temperature range of 80 - 100°C the solution becomes blurred due to colloid particles and its cleaning performance goes lower. Experimental data showed that cleaning within 5 minutes at a temperature range of 70 - 80°C is optimum to remove dirt from machine parts and assemblies using BPCA.

Keywords: borate phosphate cleaning agent, temperature, cleaning period, cleaning performance, wetting quality, oil dirt, steel surface, mechanical engineering.
