DOI: 10.15593/2224-9982/2021.64.01

УДК 621.7.024

С.В. Карманова, С.А. Мельников, А.А. Ширяев, А.С. Нуртдинов

Пермский национальный исследовательский политехнический университет, Пермь, Россия

РАЗРАБОТКА ЭФФЕКТИВНОЙ ТЕХНОЛОГИИ ПРОМЫВКИ ДЕТАЛЕЙ, УДОВЛЕТВОРЯЮЩЕЙ ТРЕБОВАНИЯМ БЕЗОПАСНОСТИ ЗА СЧЕТ ПРИМЕНЕНИЯ МОЮЩИХ РАСТВОРОВ НА ВОДНОЙ ОСНОВЕ

При изготовлении деталей идет загрязнение поверхностей из-за особенностей технологии. Безопасная очистка данных поверхностей является актуальной проблемой. Рассмотрены безнефрасовые растворы для отмывки деталей. Приведена методика проведения исследований по отмывке загрязнений. В качестве загрязнителей были выбраны: консервационное масло К-17, масло Mobil 423, СОЖ-073, закалочное масло Vacuquench B244, полировальная паста, эмульсия МПК. Качество отмывки загрязнителей было проверено для моющих составов: Ardrox 6378 A, Ardrox 6333, Ardrox 6486. Моющий состав Ardrox 6378A отмывает все исследуемые загрязнители с поверхности образцов, кроме консервационного масла. Моющий состав Ardrox 6333 B не отмывает трудноудаляемые загрязнители – консервационное масло К-17 и полировальную пасту. Моющий состав Ardrox 6486 не отмывает все исследуемые загрязнители, кроме эмульсии МПК. Из моющих составов марки Ardrox наиболее эффективным является Ardrox 6378A.

Были проведены исследования по определению оптимального режима отмывки загрязнителей для наиболее эффективного моющего состава – Ardrox 6378A. Исследование показало, что при концентрации данного состава в 15 % и температуре 65 °С поверхность отмывается от всех загрязнителей.

Ключевые слова: промывка, очистка, сталь 12Х2Н4А-Ш, обезжиривание, нефрас, ПАВ, шестерни, загрязнение, растворители.

S.V. Karmanova, S.A. Melnikov, A.A. Shiryaev, A.S. Nurtdinov

Perm National Research Polytechnic University, Perm, Russian Federation

DEVELOPMENT OF EFFICIENT WASHING TECHNOLOGY OF PARTS, MEETING SAFETY REQUIREMENTS DUE TO THE APPLICATION OF WATER-BASED WASHING SOLUTIONS

In the manufacture of parts, surfaces are contaminated due to the peculiarities of the technology. Safe cleaning of these surfaces is an urgent problem. The article discusses non-refractory solutions for cleaning parts. The methodology for carrying out research on cleaning pollution is presented. The following contaminants were chosen: preservation oil K-17, Mobil 423 oil, SOZh-073, Vacuquench B244 quenching oil, Polishing paste, MPK emulsion. The quality of cleaning the contaminants was tested for the following detergents: Ardrox 6378 A, Ardrox 6333, Ardrox 6486. Detergent Ardrox 6378A washes away all investigated contaminants from the surface of the samples, except for conservation oil. Ardrox 6333 B detergent does not wash stubborn contaminants – K-17 conservation oil and polishing paste. The Ardrox 6486 detergent composition does not wash all investigated contaminants except the IPC emulsion. Of the Ardrox brand detergents, Ardrox 6378A is the most effective.

Studies have been conducted to determine the optimal contaminant cleaning regime for the most effective detergent composition – Ardrox 6378A. The study showed that at a concentration of this composition of 15 % and a temperature of 65 °C, the surface is washed from all contaminants.

Keywords: washing, cleaning, steel 12KH2N4A-SH, degreasing, nefras, surfactant, gears, pollution, solvents.

Способы очистки деталей машиностроения постоянно совершенствуются. Немаловажным фактором применения различных технологий и моющих растворов является обеспечение безопасности работы персонала и защита окружающей среды от негативного воздействия химически активных чистящих средств и загрязнителей.

На качество и процесс очистки деталей от загрязнений влияют следующие факторы:

- материал и форма изделия;
- характер и степень загрязнения;
- количество стадий обработки (достаточно одной стадии – обезжиривания или многостадийный процесс – обезжиривание, фосфатирование и т.д.);

- требования к качеству очистки;
- наличие очистных сооружений и оборудования для водоподготовки;
- экологическая безопасность;
- устранение негативного влияния на персонал, использующий технологии и средства для очистки.

Актуальность проблемы

В технологии машиностроения при обработке, хранении и транспортировке металлических деталей применяются различные масла, смазочно-охлаждающие жидкости (СОЖ), эмульсии и алмазные пасты, которые остаются на поверхностях деталей и препятствуют их дальнейшей обработке и эксплуатации. В связи с этим, а также в связи с усилением требований экологической безопасности, уделяется особое внимание подбору оборудования и материалов для очистки металлических поверхностей [1–9].

На результат очистки оказывают влияние такие факторы, как вид перемешивания жидкости, обусловленный применяемым оборудованием, а также химическая активность применяемой жидкости и параметры процесса очистки, которые подбираются в зависимости от типа загрязнений и конструктивных особенностей изделия [10]. Зачастую решающую роль в процессе отмывки играет выбор и применение промывочной жидкости [11–14].

Применяемые в настоящее время чистящие и моющие композиции имеют различные механизмы очистки и защиты поверхностей металлов. Обезжиривающий состав растворяет или расщепляет жиры, а антикоррозионный состав образует защитную пленку или химически модифицирует поверхность металлов и сплавов с образованием устойчивых к коррозии соединений¹.

Технологии, которые применяются на АО «Редуктор-ПМ», не являются передовыми и требуют совершенствования. В частности, применение бензина (нефраса), несмотря на обеспечение качественной отмывки, является довольно опасным из-за негативного воздействия на организм и возможности неконтроли-

руемого воспламенения. Ввиду этого актуальной является задача замены текущей технологии отмывки на более экологически безопасную без уменьшения качества отмывки деталей.

Методика проведения исследования

Первичные эксперименты по отмывке загрязнителей моющими составами марки Ardrex проводились в статическом режиме (без перемешивания) в чистом моющем составе, что позволило определить принципиальную возможность удаления загрязнителей.

Для исследования эффективности моющих составов изготовлены образцы 30×40×2 мм из стали 12Х2Н4А-Ш с шероховатостью Ra = 1,25.

Образцы предварительно промывали раствором жидкого моющего средства «Золушка», затем пластину вытирали насухо и обезжиривали ацетоном.

На поверхность образцов наносили следующие загрязнители:

- паста полировальная;
- консервационное масло К-17;
- масло Mobil Mobilmet 423;
- закалочное масло Vacuquench B244, СОЖ-073;

– эмульсия для проведения магнитно-люминесцентного контроля (МПК-эмульсия на основе трансформаторного масла и ЛДС TEX-3000 + металлизированный порошок).

Затем пластину опускали в предварительно нагретый до 50 °С моющий агент следующих марок: Ardrex 6333 В, Ardrex 6378 А, Ardrex 6486. По истечении 10 мин моющий агент сливали, образец промывали дистиллированной водой (50 мл), нагретой до 60 °С, сушили на воздухе при комнатной температуре. После чего проводили сравнение с другим чистым образцом. Результаты промывки образцов приведены в табл. 1–3.

Качество обезжиривания металлических поверхностей перед окрашиванием контролировалось визуально при дневном или искусственном освещении. Подготовленную поверхность протирали чистой ветошью. Степень обезжиривания определяли по наличию или отсутствию на поверхности следов пыли и жировых загрязнений.

¹ URL: www.ardrex.ru.

Таблица 1

Результаты промывки загрязненных образцов средством Ardrex 6378 А при $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
в течение 10 мин

№ п/п	Наименование загрязнителя	Исследуемый образец после промывки / Чистый образец	Примечание
1	Консервационное масло К-17		Поверхность пластины чистая, следов на бумаге после вытирания не остается. Полная отмывка
2	Масло Mobil 423		Поверхность пластины чистая, следов на бумаге после вытирания не остается. Полная отмывка
3	СОЖ-073		Поверхность пластины чистая, следов на бумаге после вытирания не остается. Полная отмывка
4	Закалочное масло Vacuquench B244		Поверхность пластины чистая, следов на бумаге после вытирания не остается. Полная отмывка
5	Полировальная паста		Поверхность пластины чистая, следов на бумаге после вытирания не остается. Полная отмывка
6	Эмульсия МПК		Поверхность пластины чистая, следов на бумаге после вытирания не остается. Полная отмывка
7	Консервационное масло К-17		Комнатная температура, отмывка не произошла

Таблица 2

Результаты промывки загрязненных образцов средством Ardrex 6333 В при $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
в течение 10 мин

№ п/п	Наименование загрязнителя	Исследуемый образец после промывки / Чистый образец	Примечание
1	Консервационное масло К-17		Остаются отдельные масляные следы на краях, бумага после вы- тирания чистая
2	Масло Mobil 423		Поверхность пластины чистая, следов на бумаге после вытирания не остается. Полная отмывка
3	СОЖ-073		Поверхность пластины чистая, следов на бумаге после вытирания не остается. Полная отмывка
4	Закалочное масло		Поверхность пластины чистая, следов на бумаге после вытирания не остается. Полная отмывка
5	Полировальная паста		Остались небольшие масляные пятна размером 2–3 мм. На бума- ге при вытирании остается тем- ный налет – остатки абразивной основы
6	Эмульсия МПК		Поверхность пластины чистая, следов на бумаге после вытирания не остается. Полная отмывка

Таблица 3

Результаты промывки загрязненных образцов средством Ardrex 6486 при $T = 50\text{ }^{\circ}\text{C}$
в течение 10 мин

№ п/п	Наименование загрязнителя	Исследуемый образец после промывки / Чистый образец	Примечание
1	Консервационное масло К-17		Отмылась на 95 %, в одном углу остался небольшой (3–4 мм ²) развод от масла. Разводы от моющего состава
2	Масло Mobil 423		Отмывается плохо (70 %), по двум сторонам разводы масла 5 мм ² , разводы немного загрязняют бумагу, пятна размазываются
3	СОЖ-073		Не отмылась
4	Закалочное масло		Не отмылась, разводы 1–3 см ²
5	Полировальная паста		Не отмылась, на поверхности были крупные мазки пасты, которые не смывались водой при ополаскивании
6	Эмульсия МПК		Поверхность пластины чистая, следов на бумаге после вытирания не остается. Полная отмывка

Таблица 4

Результаты промывки загрязненных образцов средством Ardrex 6378 А при $T = 37^\circ\text{C}$

№ п/п	Наименование загрязнителя	Концентрация, %	Длительность отмывки, мин	Исследуемый образец после промывки / Чистый образец	Примечание
1	Консервационное масло К-17	5	5		Не отмылась, остаются небольшие масляные пятна
2		5	10		Отмылась не до конца, заметны отдельные масляные пятна на одной из сторон
3		5	40		Остаются небольшие следы масляных разводов. Следы ардрокса и коррозии. Отмывка неполная
4		10	5		Не отмылась, на пластине остались разводы масла; при вытирании на бумаге не остаются
5		10	10		Отмывка полная
6		10	40		Видны следы разводов масла, при вытирании на бумаге следы масла. Отмывка неполная

Продолжение табл. 4

№ п/п	Наименование загрязнителя	Концентрация, %	Длительность отмывки, мин	Исследуемый образец после промывки / Чистый образец	Примечание
7		15	5		Пластина покрыта остатками масла. Отмывка неполная
8		15	10		Есть разводы от масляных пятен, остатки от моющего средства. Отмывка неполная
9		15	40		На одной стороне остались капли масла 200–300 мкм. Отмывка неполная
10	Паста полировальная	5	5		Отмывка неполная, на одной стороне видны остатки абразивной основы
11		5	10		Отмывка полная
12		5	40		С одной стороны небольшое пятно от абразивной основы. Отмывка неполная
13		10	5		По краю одной стороны следы абразивной основы. Отмывка неполная

Окончание табл. 4

№ п/п	Наименование загрязнителя	Концентрация, %	Длительность отмычки, мин	Исследуемый образец после промывки / Чистый образец	Примечание
14		10	10		С одной стороны небольшое пятно абразивной основы. При вытирании бумага чернеет. Отмывка неполная
15		10	40		Отмывка полная
16		15	5		При вытирании бумага чернеет. Абразив не виден. Отмывка полная
17		15	10		С одной стороны маленькие остатки абразива, бумага при вытирании чернеет. Отмывка частичная
18		15	40		Белые следы на платине. Бумага при вытирании темнеет. Отмывка частичная

Результаты

Полученные результаты по оценке эффективности моющих составов марки Ardrex для отмычки различных загрязнителей представлены в табл. 1–3.

Моющий состав Ardrex 6378А отмыкает все исследуемые загрязнители с поверхности образцов, но он не способен отмыть наиболее трудноудаляемый загрязнитель – консервационное масло К-17 – даже при выдержке до 2 ч.

Моющий состав Ardrex 6333 В не отмывает трудноудаляемые загрязнители – консервационное масло К-17 и полировальную пасту. Паста полировальная содержит в себе абразивный наполнитель, который закрепляется на зазубринах материала и, хотя масляная основа растворяется при отмычке, абразив остается на поверхности. Исходя из этого, следует использовать помимо моющего состава струйную отмычку или ультразвуковую обработку.

Моющий состав Ardrex 6486 не отмывает все исследуемые загрязнители, кроме эмульсии МПК.

Из моющих составов марки Ardrex наиболее эффективным является Ardrex 6378 А.

Исследование оптимального режима по отмывке загрязнителей моющим средством Ardrex 6378 А

Проведено исследование влияния концентрации отмывочного раствора (5, 10, 15 %), температуры (25, 37, 50, 65 °С) и длительности отмывки (5, 10, 40 мин) на количество отмывки от загрязнений, которое проводили с использованием указанных загрязнителей и средством марки Ardrex 6378 А. Отмывка проводилась в статическом режиме, без перемешивания.

Методика проведения эксперимента аналогична предыдущей работе.

Проведение отмывки при температуре 25 °С показало, что средство Ardrex 6378 А не способно очистить поверхность образцов от консервационного масла К-17 и полировальной пасты даже при длительности отмывки 40 мин.

Результаты исследования отмывки от загрязнителей при температуре 37 °С представлены в табл. 4.

Начальная концентрация Ardrex 6378 А, при которой моющий состав способен удалять загрязнители при температуре 37 °С, начинается с 5 об. %, однако при этих условиях остаются отдельные масляные пятна консерва-

ционного масла К-17. В то же время отмывка полировальной пасты от масляной основы при указанных параметрах проходит полностью, но статический режим не позволяет полностью удалить нерастворимый абразивный наполнитель, что выявляется при вытирании фильтровальной бумагой (тест на чистоту).

Увеличение концентрации Ardrex 6378 А до 10 и 15 % позволяет очистить поверхность в статическом режиме как от консервационного масла К-17, так и от полировальной пасты.

При увеличении температуры до 65 °С средство Ardrex 6378 А способно полностью очистить поверхность от всех загрязнителей.

Выводы

1. Из моющих растворов марки Ardrex наиболее эффективный – Ardrex 6378 А.

2. Проведение отмывки при температуре 25 °С при любой концентрации раствора показало, что средство Ardrex 6378 А не способно очистить поверхность образцов от консервационного масла К-17 и полировальной пасты даже при длительности отмывки 40 мин.

3. Загрязнители полностью отмываются при температуре 37 °С при следующих режимах: 1) консервационное масло – концентрация 10 % и длительность 10 мин; 2) полировальная паста – концентрация 10 % и длительность 40 мин.

4. Повышение температуры растворов Ardrex 6378 А до 50 и 65 °С позволяет полностью отмыть образцы от исследуемых загрязнителей за время обработки 10 мин с концентрацией 10–15 % в статическом режиме.

Библиографический список

1. Точенов Л.А. Технология механизированной очистки воздушных судов. – М.: Транспорт, 1992. – 192 с.
2. Козлов Ю.С., Тельнов А.Ф., Кузнецов О.К. Очистка изделий в машиностроении. – М.: Машиностроение, 1985. – 264 с.
3. Плотов В.И. Прогрессивные способы очистки деталей / ЛДНТП. – Л., 1971. – 96 с.
4. Мороз В.П. Вибрационная очистка машин. – М.: Агропромиздат, 1987. – 85 с.
5. Бабичев А.П. Вибрационная очистка машин. – М.: Машиностроение, 1974. – 136 с.
6. Мыть или не мыть [Электронный ресурс]. – URL: <https://technopolice.ru/myt-ili-ne-myt/> (дата обращения: 10.02.2021).
7. Современные технологии автоматизированной очистки поверхностей металлических изделий. Часть 1. Водные процедуры [Электронный ресурс]. – URL: <https://stc-soltec.ru/images/uploads/2013/08> (дата обращения: 10.02.2021).
8. Современные технологии автоматизированной очистки поверхностей металлических изделий. Часть 2. Очистка в растворителях: хлорсодержащие растворители [Электронный ресурс]. – URL: <https://stc-soltec.ru/images/uploads/2013/10> (дата обращения: 10.02.2021).

9. Современные технологии автоматизированной очистки поверхностей металлических изделий. Часть 3. Очистка в растворителях: модифицированные спирты [Электронный ресурс]. – URL: <https://stc-soltec.ru/images/uploads/2013/11> (дата обращения: 10.02.2021).

10. Савельев А.В., Кустов А.Е., Чернов О.И. Технологии промышленной очистки: техн. пособие / Научно-техническая компания «Солтек». – М., 2014. – 75 с.

11. Литвинов А.А., Терехин В.И. Моющие жидкости. – М.: Транспорт, 1984. – 68 с.

12. Дегтярев Г.П. Применение моющих средств (основы теории и практики). – М.: Колос, 1981. – 239 с.

13. Будущие технологии очистки деталей [Электронный ресурс]. – URL: <https://technopolice.ru/budushhee-tehnologij-ochistki-detalej> (дата обращения: 10.02.2021).

14. Промывочные жидкости на водной основе. Факторы, влияющие на качество отмывки [Электронный ресурс]. – URL: <https://stc-soltec.ru/images/uploads/2012/09> (дата обращения: 10.02.2021).

References

1. Tochenov L.A. Tekhnologiya mekhanizirovannoy ochistki vozdukhnykh sudov [Mechanized aircraft cleaning technology]. Moscow: *Transport*, 1992, 192 p.

2. Kozlov Yu. S., Telnov A.F., Kuznetsov O.K. Ochistka izdeliy v mashinostroyeni [Cleaning of products in mechanical engineering]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1985, 264 p.

3. Plutov V.I. Progressivnyye sposoby ochistki detaley [Progressive cleaning methods for parts]. Leningrad.: *LDNTP*, 1971, 96 p.

4. Moroz V.P. Vibratsionnaya ochistka mashin [Vibration cleaning machines]. Moscow: AgroPromIzdat, 1987, 85 p.

5. Babichev A.P. Vibratsionnaya ochistka mashin [Vibration cleaning machines]. Moscow: Mashinostroyeniye, 1974, 136 p.

6. Myt ili ne myt [Wash or not wash]. URL: <https://technopolice.ru/myt-ili-ne-myt/> (In Russian) (Date of access: 10.02.2021).

7. Sovremennyye tekhnologii avtomatizirovannoy ochistki poverkhnostey metallicheskih izdeliy. Chast 1. Vodnyye protsedury [Modern technologies for automated cleaning of surfaces of metal products. Part 1. Water procedures]. URL: https://stc-soltec.ru/images/uploads/2013/08/Часть-1_В-печать..pdf. (In Russian) (Date of access: 10.02.2021).

8. Sovremennyye tekhnologii avtomatizirovannoy ochistki poverkhnostey metallicheskih izdeliy. Chast 2. Ochistka v rastvoritelyakh: khlorosoderzhashchiye rastvoriteli [Modern technologies for automated cleaning of surfaces of metal products. Part 2. Cleaning in solvents: chlorinated solvents]. URL: <https://stc-soltec.ru/images/uploads/2013/10/Часть-2-в-Печать.pdf>. (In Russian) (Date of access: 10.02.2021).

9. Sovremennyye tekhnologii avtomatizirovannoy ochistki poverkhnostey metallicheskih izdeliy. Chast 3. Ochistka v rastvoritelyakh: modifitsirovannyye spirty [Modern technologies for automated cleaning of surfaces of metal products. Part 3. Cleaning in solvents: modified alcohols]. URL: <https://stc-soltec.ru/images/uploads/2013/11/Часть-3-в-Печать.pdf>. (In Russian) (Date of access: 10.02.2021).

10. Savelyev A.V., Kustov A.E., Chernov O.I. Tekhnologii promyshlennoy ochistki. Tekhnicheskoye posobiye [Industrial cleaning technologies. Technical manual]. Moscow: Scientific and technical company *Soltek*, 2014, 75 p.

11. Litvinov A.A., Terekhin V.I. Moyushchiye zhidkosti [Cleaning liquids]. Moscow: *Transport*, 1984, 68 p.

12. Degtyarev G.P. Primenenie moyutshih sredstv (osnovy teorii i praktiki) [The use of detergents (fundamentals of theory and practice)]. Moscow: *Kolos*, 1981, 239 p.

13. Budushchiye tekhnologii ochistki detaley [Future technologies for cleaning parts]. URL: <https://technopolice.ru/budushhee-tehnologij-ochistki-detalej/> (In Russian) (Date of access: 10.02.2021).

14. Promyvочные жидкости на водной основе. Факторы, влияющие на качество отмывки [Water-based flushing fluids. Factors affecting the quality of cleaning]. URL: https://stc-soltec.ru/images/uploads/2012/09/Промывочные-жидкости-на-водной-основе.-Факторы_влияющие_на_качество_отмывки.pdf (In Russian) (Date of access: 10.02.2021).

Об авторах

Карманова Светлана Валерьевна (Пермь, Россия) – доцент кафедры «Охрана окружающей среды» ФГБОУ ВО ПНИПУ (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., д. 29, e-mail: karmanovs@yandex.ru).

Мельников Сергей Алексеевич (Пермь, Россия) – ведущий инженер кафедры «Инновационные технологии машиностроения» ФГБОУ ВО ПНИПУ (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., д. 29, e-mail: sergey.melnikov.pnpru@gmail.com).

Ширяев Алексей Александрович (Пермь, Россия) – ведущий инженер кафедры «Инновационные технологии машиностроения» ФГБОУ ВО ПНИПУ (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., д. 29, e-mail: alex_sh_23-1@mail.ru).

Нуртдинов Антон Сергеевич (Пермь, Россия) – завлабораторией кафедры «Инновационные технологии машиностроения» ФГБОУ ВО ПНИПУ (614990, г. Пермь, Комсомольский пр., д. 29, e-mail: anton.nurtdinov@gmail.com).

About the authors

Svetlana V. Karmanova (Perm, Russian Federation) – Associate Professor of Environmental Protection Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: karmanovs@yandex.ru).

Sergey A. Melnikov (Perm, Russian Federation) – Leading Engineer of Innovative Technologies of Mechanical Engineering Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: sergey.melnikov.pnpru@gmail.com).

Alexey A. Shiryayev (Perm, Russian Federation) – Leading Engineer of Innovative Technologies of Mechanical Engineering Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: alex_sh_23-1@mail.ru).

Anton S. Nurtdinov (Perm, Russian Federation) – Head of Laboratory of Innovative Technologies of Mechanical Engineering Department, Perm National Research Polytechnic University (29, Komsomolsky av., Perm, 614990, Russian Federation; e-mail: anton.nurtdinov@gmail.com).

Получено 14.11.2020