

**Шепеленко И. В.***Кировоградский  
национальный  
технический  
университет***Черкун В. В.***Таврический  
государственный  
агротехнический  
университет***Shepelenko I. V.***Kirovohrad National  
Technical University***Cherkun V. V.***Tavriya State  
Agrotechnical University***УДК 621.891.539.375.6**

## **ОСОБЕННОСТИ ВЫБОРА СОСТАВА ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СРЕДЫ ДЛЯ ФИНИШНОЙ АНТИФРИКЦИОННОЙ БЕЗАБРАЗИВНОЙ ВИБРАЦИОННОЙ ОБРАБОТКИ**

*В статье проанализированы существующие составы технологических сред для ФАБО. Показана роль их отдельных компонентов в формировании антифрикционного покрытия. Предложен порядок выбора состава технологической среды. Использование разработанного алгоритма позволило выбрать состав технологической среды для ФАБО с вибрацией инструмента, способствующий получению качественных покрытий на поверхности легирующих сталей.*

*Ключевые слова:* финишная антифрикционная безабразивная обработка, технологическая среда, вибрация инструмента, покрытие.

**Постановка проблемы.** Одним из методов нанесения медьсодержащих антифрикционных покрытий на поверхности трения деталей является финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБО), сущность которой заключается во фрикционном нанесении покрытий из пластичных металлов. Для повышения эффективности ФАБО предложено использовать в процессе нанесения покрытий вибрацию инструмента, а саму обработку назвать – финишная антифрикционная безабразивная вибрационная обработка (ФАБВО) [1]. Данная технология успешно апробирована на цапфах шестерен гидронасосов, что позволило сократить период приработки узла и повысить технический ресурс гидронасосов [2].

Необходимым условием успешного осуществления ФАБВО является своевременное введение в зону контакта специальной технологической жидкости – технологической среды (ТС), которая смачивает обрабатываемую поверхность, разрыхляет оксидную пленку, пластифицирует поверхность и создает условия для схватывания металлов. ТС во многом

определяет качество полученного покрытия и производительность процесса обработки.

Широкое применение ФАБО деталей сдерживается отсутствием эффективных ТС для фрикционного нанесения покрытия. Совершенствование способов ФАБО, разработка принципиально новых технологических устройств для их осуществления возможно лишь при систематизации подходов к созданию ТС [3].

В настоящее время теория создания ТС отсутствует, и большинство их составов разрабатывается на основе подбора компонентов по результатам испытаний. Несмотря на наличие большого количества ТС для ФАБО, отсутствует универсальный состав, позволяющий обрабатывать широкий спектр металлов. Это, очевидно, связано из-за сложных технических и физико-химических требований, предъявляемых к составам ТС.

В этой связи, созрела необходимость в систематизации имеющихся сведений об ТС, используемых при ФАБО, а также разработке рекомендаций по выбору их состава. Это позволит из всего многообразия составов, выбрать наиболее эффективные его компоненты, тем самым получить



качественные покрытия и повысить производительность ФАБО, в том числе и с использованием вибрации инструмента.

**Анализ последних исследований и публикаций.** Конструктивные и технологические особенности обрабатываемой детали во многом определяют метод осуществления ФАБО [4], а также выбор состава ТС [5].

Поскольку при ФАБО фрикционно-механическим способом покрытия наносят без существенных изменений в составе и структуре инструмента и нанесенного покрытия (материал инструмента переносится на стальную (или чугунную) поверхность детали), то роль ТС, прежде всего, сводится к очистке поверхности детали от окислов.

Структура покрытия при фрикционно-химическом способе во многом зависит от составов ТС, в качестве которых используются металлоплакирующие рабочие среды (МПС), включающие одним из компонентов пленкообразующий материал (рекомендуются соли меди), а также компоненты, обеспечивающие удаление с поверхности детали окислов (кислоты, глицерин и др.), перенос и адгезию ионов пленкообразующего материала при механической активации поверхности инструмента. Физико – механические и антифрикционные свойства этих покрытий определяются входящими в состав МПС ингредиентами.

Опыт осуществления ФАБО в МПС, содержащих неорганические соединения меди и поверхностно – активные вещества (ПАВ), позволяет получать антифрикционные покрытия из меди, олова, висмута и других материалов с регулируемой толщиной 1...25 мкм [6]. Авторы работ [7, 8 и др.] в качестве МПС применяют металлоплакирующие присадки.

Состав ТС разрабатывается на основе подбора компонентов по результатам испытаний, которые проводят в два этапа [9]:

- технологические испытания по подбору компонентного состава;
- износные испытания для выявления технической эффективности ТС.

Следует отметить, что в составе большинства ТС для ФАБО используется глицерин, который является модельной ТС, легче других реализующий режим избирательного переноса при трении пары бронза – сталь.

Однако, использование в качестве ТС чистого глицерина имеет следующие недостатки:

- низкая производительность процесса вследствие необходимых значительных усилий на прижим натирающего инструмента [3];

- низкое качество наносимого покрытия [10];

- состав перенесенного с натирающего инструмента материала практически не отличается от исходного;

- недостаточные противозадирные и противоизносные свойства.

Поэтому в результате экспериментальных исследований для повышения качества покрытий в состав ТС дополнительно добавляют различные компоненты.

Так, авторами работы [11], в зависимости от способа ФАБО и устройства для его осуществления, рекомендованы к использованию составы ТС для нанесения медьсодержащих покрытий.

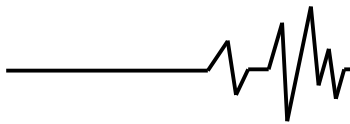
Количественное содержание глицерина обеспечивает оптимальную вязкость состава и необходимую концентрацию ПАВ в результате трибодеструкции глицерина при трении.

При количественном содержании солей металла ниже 1,5% не обеспечивается формирование равномерного покрытия по толщине, снижая противозадирные и противоизносные свойства обработанной детали. При содержании солей металла более 15% наблюдается усиленная коррозия обработанной поверхности и покрытия.

Соляная кислота обеспечивает быстрое разрушение оксидных пленок обрабатываемой поверхности. Вода оказывает охлаждающее действие, обладает хорошей растворяющей способностью по отношению к другим компонентам состава, позволяет регулировать вязкость состава.

Введение в состав ТС для ФАБО других компонентов направлены на повышение производительности (трилон Б) [12], увеличение толщины покрытия (олеиновая кислота, изопропиловый спирт) [13], качества обработки легированных сталей (ортофосфорная кислота) [10], удаления оксидных пленок с обрабатываемой поверхности (окись кремния) [14] и других свойств.

**Результаты исследований.** Состав ТС для ФАБО, как правило, наносят кистью или тампоном на предварительно очищенную и обезжиренную поверхность детали, установленной в патроне станка. Высокая вязкость состава требует разработки специальных устройств для ее подачи на обрабатываемую поверхность. Следовательно, ТС для ФАБО должна представлять собой



водный раствор, не содержащий активных раскислителей. Это позволит подавать ее в зону обработки через штатную систему охлаждения станка.

В работе [3] сформулированы основные функциональные и технологические требования, предъявляемые к ТС независимо от способа нанесения ФАБО, направленных на

достижение комплекса триботехнических свойств получаемых с ее использованием.

Главным критерием качества ТС является комплекс триботехнических свойств покрытий, которые следует оценивать следующими основными показателями: сплошность покрытия, маслосъемность, шероховатость поверхности, толщина покрытия, износостойкость (рис. 1).

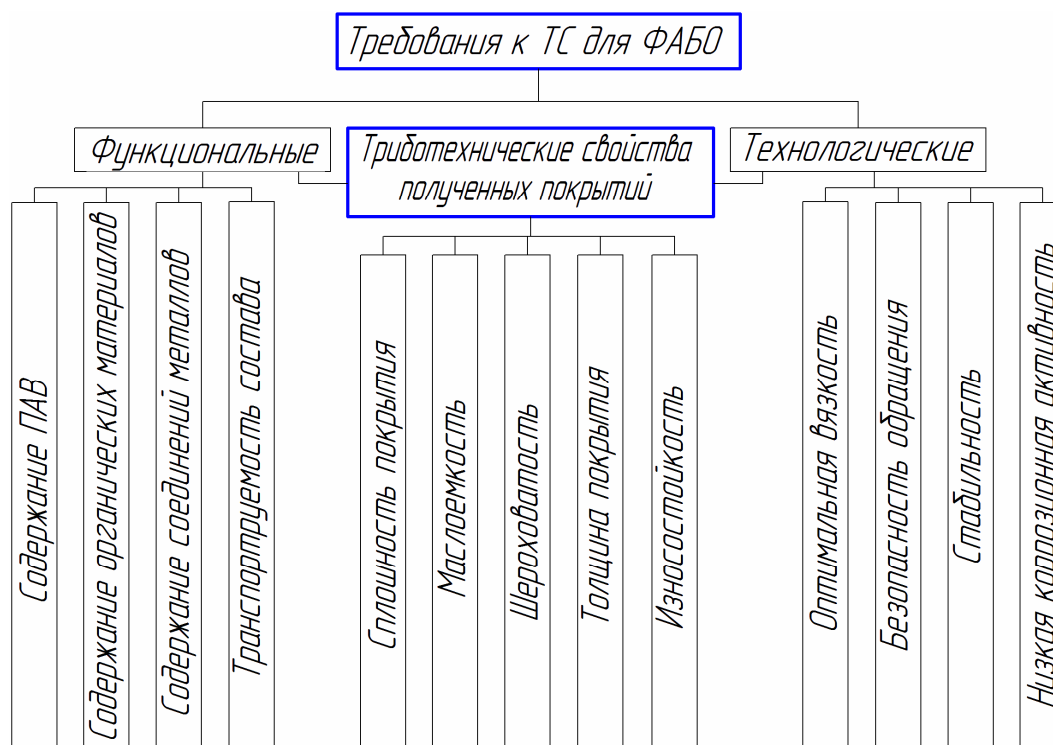


Рис. 1. Требования, предъявляемые к ТС для ФАБО

Заключительным этапом разработки ТС является проведение испытаний для выявления технической эффективности технологии ФАБО с использованием предложенной ТС.

Таким образом, можно рекомендовать следующий порядок разработки и выбора ТС для ФАБО:

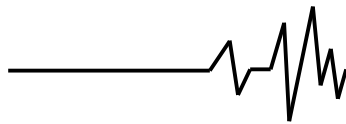
1. Анализ конструктивно – технологических особенностей обрабатываемой детали (материал, твердость, шероховатость, условия работы).
2. Выбор способа ФАБО (фрикционно-механический, фрикционно-химический, химический).
3. Разработка технологии ФАБО (выбор конструкции и материалов инструмента, покрытия, метода подвода ТС).
4. Подбор компонентного состава на основе функциональных и технологических

критериев с достижением комплекса триботехнических свойств (см. рис. 1).

#### 5. Апробация ТС.

На основании предложенного алгоритма выполнены исследования по выбору состава ТС при нанесении покрытий ФАБО на наружную поверхность цилиндрических образцов из цементированной стали 18ХГТ с твердостью 58...62 HRC. Образцы предварительно обезжиривали бензином, протирали ветошью, и исследуемый состав волосной кисточкой наносили на поверхность. Обработку осуществляли на токарно-винторезном станке 16К20 с использованием разработанного устройства [15].

Как показали предварительные эксперименты, из-за наличия легирующих элементов в стали 18ХГТ при ФАБО цапф шестерен, значительно ухудшается качество покрытия по сравнению с углеродистой сталью 20.



Для повышения качества получаемых покрытий в состав, состоящий из глицерина, соляной кислоты, изопропилового спирта и олеиновой кислоты, авторами данной работы предложено дополнительно добавлять ортофосфорную кислоту, которая интенсивно

разрушает оксидные пленки на поверхности железо - углеродистых сплавов (табл.1).

Выбор количественного содержания ортофосфорной кислоты позволил получить 100% сплошность покрытия толщиной 4...6 мкм.

Таблица 1

Состав ПАС для ФАБВО легированных сталей

Ингредиенты	Содержание компонентов, мас. %
Ортофосфорная кислота	0,8 – 1
Олеиновая кислота	0,7 – 0,9
Изопропиловый спирт	4 – 7
Соляная кислота (уд. вес 1,19 г/см <sup>3</sup> )	2 – 3
Глицерин	остальное

Проведенные исследования свидетельствуют о том, что именно с использованием разработанного состава ТС возможно получение ровного, сплошного покрытия. Участки поверхности латуни, на которых происходит восстановление окисной пленки, обладают повышенной активностью к схватыванию со сталью. Поверхность стали 18ХГТ постепенно покрывается сплошным слоем латуни, который состоит из отдельных микрочастиц, прочно скрепленных как со стальной поверхностью, так и между собой.

**Выводы.** Анализ известных составов и современных требований, предъявляемых к ТС для ФАБВО, а также условий формирования антифрикционных покрытий, позволил к вопросу создания и выбора ТС подойти системно и предложить порядок разработки и выбора состава ТС для ФАБВО. Такой алгоритм позволил выбрать состав ТС для нанесения покрытий ФАБВО фрикционно-механическим способом, обеспечивающий получение на поверхности деталей из легированных сталей равномерных покрытий толщиной 4...6 мкм.

#### Список использованных источников

1. Шепеленко И.В. Образование антифрикционного покрытия финишной антифрикционной безабразивной вибрационной обработкой / И.В. Шепеленко, В.В. Черкун // Вібрації в техніці та технологіях. – 2013. – № 3(71). – С. 99–104.

2. Шепеленко И.В. Совершенствование процесса финишной антифрикционной безабразивной обработки цапф шестерен гидронасосов /И.В. Шепеленко, В.В.Черкун// РВМ (Ремонт. Восстановление. Модернизация). – 2012. – №9, – С. 32–35.

3. Балабанов В.И. Повышение долговечности двигателей внутреннего сгорания сельскохозяйственной техники реализацией избирательного переноса при трении: дис. ...докт. тех. наук / В. И. Балабанов. – М., 1999. – 342 с.

4. Гаркунов Д.Н. Финишная антифрикционная безабразивная обработка (ФАБВО) поверхностей трения деталей /Д.Н. Гаркунов // РВМ (Ремонт. Восстановление. Модернизация). – 2009. – № 3. – С. 36–41.

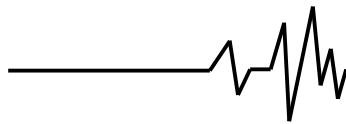
5. Mykhailo Chernovol. Selection of a processing medium for the finishing antifriction nonabrasive treatment/ / Mykhailo Chernovol, Igor Shepelenko, Budar Mohamed R.F. // Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету. 2015. – Вип.28. – С. 19 – 23.

6. Некрасов С.С. Антифрикционные покрытия деталей и эффективность их применения: Обзорн. информ./ Некрасов С.С., Паршин И.П., Приходько И.Л. // Госагропром СССР. – М.: АгроНИИТЭИИТО, 1988. – 26 с.

7. Челюбеев В.В. Разработка и оптимизация режимов фрикционного латунирования для улучшения приработки гильз цилиндров двигателей в условиях ремонтного производства: дис. ...канд. тех. наук / В. В. Челюбеев. – М., 1998. – 108 с.

8. Соколенко И.Н. Технология поверхностного упрочнения гильз цилиндров двигателей раскатыванием с одновременным нанесением медного покрытия при их восстановлении: дис. ...канд. тех. наук / И.Н. Соколенко. – Саратов: 1990. – 150 с.

9. Быстров В.Н. Повышение экологической надежности бензиновых двигателей фрикционным нанесением покрытия/ В.Н. Быстров, В.А. Титов// РВМ



(Ремонт. Восстановление. Модернизация). – 2010. – №3, – С.30–35.

10. Кропивний В.М. Розробка та дослідження складу технологічного середовища для ФАБВО / Кропивний В.М., Шепеленко І.В., Черкун В.В. // Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин. 2011. – Вип.41. – С. 248 – 251.

11. Емелин В.И. Рекомендации по применению металлоплакирующих присадок и технологии нанесения медьсодержащих приработочных и антифрикционных покрытий при ремонте и эксплуатации машин/ Емелин В.И. Быстров В.Н. // Красноярский ПромстройНИИпроект – Красноярск, 1990. – 34 с.

12. А.с. №831861 СССР кл. С23с17/00. Устройство для фрикционно – механического нанесения покрытий на внутренние поверхности. Цветков С.В., Чекулаев О.В., Агеенко В.Н., Терешкин С.А. Бюл.№19, 1981.

13. Прокопенко А.К. Повышение срока службы трущихся деталей и инструмента машин легкой промышленности и бытового назначения в процессе эксплуатации: автореф. дисс. . докт. техн. наук/ А.К. Прокопенко. – М., 2000. – 51 с.

14. А.с. №1203126 СССР кл. С23с26/00. Состав для нанесения покрытий. Прокопенко А.К, Гаркунов Д.Н., Бурумкулов Ф.Х. и др. Бюл.№1, 1986.

15. Шепеленко І.В. Применение вибрации при ФАБВО / И.В. Шепеленко, В.В. Черкун // Збірник наукових праць Вінницького національного аграрного університету» Серія: Технічні науки, Вінниця, 2014. – Випуск 2 (85). – с. 28–31.

#### Список источников в транслитерации

1. Shepelenko I.V. Obrazovanie antifriktsionnoho pokryttaa finishnoi antifriktsionnoi bezabrazivnoi vibratsionnoi obrabotkoi / I.V. Shepelenko, V.V.Cherkun // Vibratsii v tekhnitsi ta tekhnolohiiakh. – 2013. – № 3(71). – С. 99–104.

2. Shepelenko I.V. Sovershenstvovaniie protsesssa finishnoi antifriktsionnoi bezabrazivnoi obrabotki tsapf shesteren hidronasosov / I.V. Shepelenko, V.V.Cherkun // RVM (Remont. Vosstanovleniie. Modernizatsiia). – 2012. – №9, – С. 32–35.

3. Balabanov V.I. Povysheniye dolgovechnosti dvigateley vnutrennego sgoraniya selskokhozyaystvennoy tekhniki realizatsiyey izbiratelno perenosa pri trenii: Dis. ...dokt. tekhn. nauk / V. I. Balabanov. – М., 1999. – 342 с.

4. Harkunov D.N. Finishnaia antifriktsionnaia bezabrazivnaia obrabotka (FABO) poverkhnostei treniia detalei / D.N. Harkunov // RVM (Remont. Vosstanovleniie. Modernizatsiia). – 2009. – № 3. – С. 36–41.

5. Mykhailo Chernovol. Selection of a processing medium for the finishing antifriction nonabrasive treatment/ / Mykhailo Chernovol, Igor Shepelenko, Budar Mohamed R.F. // Zbirnyk naukovykh prats Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu. 2015. – Vyp.28. – С. 19–23.

6. Nekrasov S.S. Antifriktsionnyie pokryttaa detalei i effektivnost ikh primeneniia: Obzorn. inform. / Nekrasov S.S., Parshyn I.P., Prykhodko I.L. // Hosahroprom SSSR. – М.: AhroNIITEITO, 1988. – 26 s.

7. Cheliubeiev V.V. Razrabotka i optimizatsiia rezhimov friktsionnoho latunirovaniia dlia ulucheniia prirabotki hilz tsilindrov dvigatelei v usloviiakh remontnoho proizvodstva: dys. ...kand. tekhn. nauk / V.V. Cheliubeiev. – М., 1998. – 108 s.

8. Sokolenko I.N. Tekhnolohiia poverkhnostnoho uprochneniia hilz tsilindrov dvigatelei raskatyvaniem s odnovremennym naneseniiem mednoho pokryttaa pri ikh vosstanovlenii: dys. ...kand. tekhn. nauk / I.N. Sokolenko. – Saratov: 1990. – 150 s.

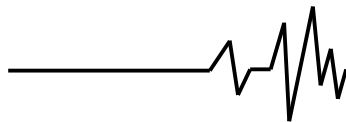
9. Bystrov V.N. Povysheniie ekolohicheskoi nadezhnosti benzinovykh dvigatelei friktsionnym naneseniiem pokryttaa/ V.N. Bystrov, V.A. Titov// RVM (Remont. Vosstanovleniie. Modernizatsiia). – 2010. – №3, – С. 30–35.

10. Kroпивnyi V.M. Rozrobka ta doslidzhennia skladu tekhnolohichnoho sere dovyscha dlia FABVO / Kroпивnyi V.M., / Shepelenko I.V., Cherkun V.V. // Konstryuivannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn. 2011. – Vyp.41. – С. 248 – 251.

11. Yemelin V.I. Rekomendatsii po primeneniuu metalloplakiruiushchikh prisadok i tekhnolohii naneseniiia medsoderzhashchikh prirabotochnykh i antifriktsionnykh pokrytii pri remonte i ekspluatatsii mashin/ Yemelin V.I. Bystrov V.N. // Krasnoarskii PromstroinIIproekt – Krasnoarsk, 1990. – 34 s.

12. А.с. №831861 SSSR кл. S23s17/00. Ustroistvo dlia friktsionno – mekhanicheskoho naneseniiia pokrytii na vnutrenniie poverkhnosti. Tsvetkov S.V., Chekulaiev O.V., Aheenko V.N., Tereshkin S.A. Biul.№19, 1981.

13. Prokopenko A.K. Povysheniie sroka sluzhby trushchikhsia detalei i instrumenta mashin lehkoj promyshlennosti i bytovoho naznacheniiia v protsesse ekspluatatsii: avtoref. dys. dokt. tekhn. nauk / A.K. Prokopenko. – М., 2000. – 51 s.



14. A.s. №1203126 SSSR kl. S23s26/00. Sostav dlia naneseniia pokrytii. Prokopenko A.K., Harkunov D.N., Burumkulov F.H. i dr. Biul.№1, 1986.

15. Shepelenko I.V. Primeneniie vibrotsii pri FABO / I.V. Shepelenko, V.V.Cherkun // Zbirnyk naukovykh prats Vinnytskoho natsionalnoho ahrarnoho universytetu. Seriya: Tekhnichni nauky, Vinnytsia, 2014. – Vypusk 2 (85). – s. 28–31.

**ОСОБЛИВОСТІ ВИБОРУ СКЛАДУ  
ТЕХНОЛОГІЧНОГО СЕРЕДОВИЩА  
ДЛЯ ФІНІШНОЇ АНТИФРИКЦІЙНОЇ  
БЕЗАБРАЗІВНОЇ ВІБРАЦІЙНОЇ ОБРОБКИ**

**Анотація.** У статті проаналізовані існуючі склади технологічних середовищ для ФАБО. Показана роль окремих їх компонентів у формуванні антифрикційного покриття. Запропонований порядок вибору складу технологічного середовища. Використання розробленого алгоритму дозволило вибрати склад технологічного середовища для ФАБО з вібрацією інструменту, який сприяє

отриманню якісних покриттів на поверхні легуючих сталей.

**Ключові слова:** фінішна антифрикційна безабразівна обробка, технологічне середовище, вібрація інструменту, покриття.

**PECULIARITIES OF THE SELECTION  
PROCESS OF THE TECHNOLOGICAL  
ENVIRONMENT FOR FINISHING  
ANTIFRICTIONAL NONABRASIVE  
VIBRATION TREATMENT**

**Annotation.** The article gives the analysis of existing components of technological environment for FANT. It shows the role of its separate components in formation of antifriction coating. The article gives the procedure of choice of the components of technological environment. The use of the developed algorithm made it possible to choose the components of the technological environment for FANT with vibration of the tool, which contributed to acquiring quality coating on the surface of alloying steel.

**Key words:** finishing antifriction nonabrasive coating, technological environment, tool vibration, coating.