

А.М. Красота, асп., І.В. Шепеленко, проф., д-р техн. наук, М.В. Красота, доц., канд. техн. наук, Р.А. Осін, доц., канд. техн. наук

Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький, Україна
e-mail: krasotamv@ukr.net

Обґрунтування ефективності та класифікація компонентів технологічних середовищ для фінішної антифрикційної безабразивної обробки деталей машин

В роботі виконана систематизація існуючих уявлень про функції та призначення окремих компонентів технологічних середовищ для фінішної антифрикційної безабразивної обробки деталей. Визначено роль компонентів технологічного середовища, також їх вплив на процес формування антифрикційних покриттів. Проаналізовані хімічні механізми реакцій, що відбуваються під час фінішної антифрикційної безабразивної обробки деталі.

Аналіз складів технологічних середовищ та існуючих підходів до їх вибору дозволив розробити класифікацію компонентів за функціональним призначенням. Відповідно до запропонованої класифікації основними складовими технологічного середовища є: розчинники; поверхнево-активні речовини; метали, їхні сполуки та дисперсійні добавки; антикорозійні компоненти; модифікатори в'язкості. Розглянуто властивості кожної групи компонентів технологічного середовища, а також їх вплив на формування антифрикційного покриття з підвищеними експлуатаційними властивостями. Розкрито механізм взаємодії представників окремих груп при фрикційно-механічній та фрикційно-хімічній обробці деталі.

Виконані дослідження дозволять здійснювати обґрунтований підхід щодо вибору окремих компонентів технологічної рідини при розробці технологічних середовищ для нанесення антифрикційних покриттів на деталі машин.

компонента, технологічне середовище, фінішна антифрикційна безабразивна обробка, експлуатаційна властивість

Постановка проблеми. Однією з важливих задач сучасного машинобудування є підвищення експлуатаційних властивостей деталей машин, що працюють в умовах інтенсивного тертя. Технології фінішної антифрикційної безабразивної обробки (ФАБО), завдяки своїй здатності утворювати на поверхнях тертя деталей антифрикційне покриття, значно покращують триботехнічні властивості спряжених поверхонь [1]. Обов'язковою умовою для здійснення ФАБО є наявність в зоні контакту технологічного середовища (ТС), основне призначення якого – створення умов для міцності зчеплення матеріалів основи та покриття [2]. Враховуюче те, що ТС багато в чому визначає якість та властивості отриманого покриття, а також продуктивність його нанесення, можна з упевненістю стверджувати про можливість підвищення ефективності процесу ФАБО за рахунок обґрунтованого підбору компонентів технологічної рідини.

Питання оптимізації складу рідин та механізмів їх взаємодії залишаються недостатньо вивченими, що створює проблеми для досягнення стабільної якості покриттів та забезпечення їх довговічності. Ця проблема набуває особливого значення в умовах сучасного виробництва, де вимоги до якості, продуктивності та економічності обробки деталей постійно зростають.

Недостатнє розуміння хімічних процесів, що відбуваються під час ФАБО, зокрема, трибохімічної взаємодії рідин із поверхнями металевих деталей, обмежує можливість створення універсальних і високоєфективних складів ТС. Крім того, існує необхідність розробки методик зменшення корозійного впливу залишкових продуктів реакцій та поліпшення адгезії покриттів до базового матеріалу деталі.

Особливо актуальним є дослідження впливу окремих компонентів спеціальних рідин, таких як гліцерин, хлорид міді та стеаринова кислота та ін. на формування антифрикційних шарів із прогнозованими властивостями.

Не менш важливим є забезпечення балансу між низькою в'язкістю середовища, що сприяє стабільності процесу, і достатньою концентрацією активних речовин для формування покриттів із високими показниками зносостійкості. Відсутність достатньої кількості досліджень у цьому питанні вимагають більш глибокого вивчення механізмів взаємодії компонентів ТС під час фрикційно-механічної та фрикційно-хімічної обробки деталей.

Таким чином, вирішення зазначених проблем шляхом систематизації даних про склад ТС та її компонентів сприятиме підвищенню ефективності технології ФАБО та забезпеченню її широкого застосування в промисловості для підвищення надійності та довговічності деталей машин у вузлах тертя.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Одним із ключових факторів ефективності ФАБО є використання спеціальних ТС, які виконують низку функцій: змочування оброблюваної поверхні, руйнування оксидних плівок, пластифікація матеріалу та створення умов для його перенесення [3]. Окрім того, ТС забезпечує активацію робочої поверхні оброблюваної деталі, що сприяє формуванню високоякісних покриттів із прогнозованими експлуатаційними властивостями. Таким чином, якість ТС слід оцінювати за комплексом експлуатаційних властивостей отриманих покриттів, які характеризуються такими показниками як суцільність і товщина покриття, її маслоємність та зносостійкість.

Водночас, відсутність універсальних складів ТС, які відповідали б різним умовам обробки, пов'язана зі складністю фізико-хімічних процесів, що відбуваються під час ФАБО [4].

В роботі [5] зазначено, що розробка складу ТС потребує емпіричного підходу, який передбачає технологічні випробування для підбору компонентів з наступною оцінкою зносостійкості отриманих покриттів.

За даними роботи [3] для обробки легованих сталей використовували склад ТС, який містить: 0,8...1 % ортофосфорної кислоти, 0,77...0,9 % олеїнової кислоти, 4...7% ізопропілового спирту, 2...3% хлоридної кислоти, решта – гліцерин. Проте, авторами не вказано за якими принципами відбиралися вказані компоненти.

В роботі [2] досліджено вплив гліцерину на властивості покриттів та встановлено, що даний компонент здатен забезпечувати вибіркоче перенесення матеріалу в трибоспряженнях типу «бронза–сталь». Автори дійшли висновку, що застосування гліцерину має суттєві недоліки. Серед основних основними є низька продуктивність через необхідність значних притискних зусиль та недостатня якість отриманих покриттів. За результатами досліджень, представлених в роботі [2], визначено ряд компонентів, що виконують специфічні функції, наприклад: хлоридна кислота забезпечує ефективне руйнування оксидних плівок, вода сприяє охолодженню зони контакту і регулює в'язкість середовища, а олеїнова і ортофосфорна кислоти, а також ізопропіловий спирт підвищують товщину та якість покриттів, особливо при обробці легованих сталей.

У дослідженнях [6, 7] для покращення триботехнічних властивостей до складу ТС вводили додаткові компоненти, такі як солі металів, зокрема, солі міді, які сприяють формуванню рівномірних покриттів за умови оптимальної концентрації в межах 1,5...15%. Зазначено, що перевищення цих значень призводить до посилення корозії оброблюваної поверхні, тоді як недостатня кількість солей знижує ефективність утворення покриттів.

В роботі [8] наведені дані про додавання до ТС металоплакуючих присадок, що включають неорганічні сполуки міді та забезпечують формування покриттів товщиною від 1 до 25 мкм з високими антифрикційними властивостями. Ці результати, також, підтверджуються дослідженнями [9, 10].

У роботі [3] виконано узагальнення наявних даних щодо функціональних та технологічних характеристик ТС та сформульовані вимоги до забезпечення їх необхідної якості (рис. 1).



Рисунок 1 – Основні вимоги для досягнення якості ТС для ФАБО

Джерело: На підставі [3]

На думку авторів [3] сучасні ТС для ФАБО повинні відповідати функціональним та технологічним вимогам, які забезпечують досягнення необхідних експлуатаційних властивостей отриманих покриттів.

Виконаний аналіз літературних джерел дозволяє стверджувати про відсутність обґрунтованого підходу щодо вибору компонентів для підвищення ефективності використання технологічної рідини при ФАБО. Це вимагає узагальнення існуючих знань стосовно впливу окремих компонентів ТС на процес формування якісних антифрикційних покриттів.

Постановка завдання. Метою даної роботи є обґрунтування підбору компонентів технологічного середовища фінішної антифрикційної безабразивної обробки для забезпечення високих показників якості покриття. Для досягнення поставленої мети в роботі вирішувалися наступні завдання:

- обґрунтувати роль основних компонентів у процесі формування якісних антифрикційних покриттів;
- запропонувати класифікацію компонентів ТС для ФАБО враховуючи їх функціональні призначення;
- розробити алгоритм підбору компонентів ТС.

Викладення основного матеріалу. Обов'язковою умовою здійснення ФАБО деталей машин для підвищення експлуатаційних властивостей їх робочої поверхні є наявність в зоні тертя спеціальної робочої рідини – технологічного середовища. Склад ТС повинен бути багатокомпонентний і включати різні групи хімічних речовин, серед яких розчинники, поверхнево-активні речовини, органічні сполуки, здатні до полімеризації, метали, їх сполуки та дисперсні металеві добавки, антикорозійні компоненти, а також модифікатори в'язкості. Кожен з цих компонентів виконує визначену роль, сприяючи досягненню високих показників якості покриття.

Розглянемо більш детально роль і властивості основних компонентів ТС ФАБО.

Розчинники, зокрема, гліцерин та дистильована вода, відіграють ключову роль у складі компонентів, необхідних для проведення ФАБО, завдяки своїм властивостям, що забезпечують необхідну розчинність компонентів та оптимальну в'язкість середовища. Гліцерин, як органічний розчинник, відрізняється високою полярністю, що дозволяє йому взаємодіяти з компонентами ТС, зокрема солями і оксидами металів. Завдяки наявності трьох гідроксильних груп, гліцерин ефективно стабілізує дисперсії металевих частинок, що містяться в ТС і перешкоджає їх агрегації, що важливо для рівномірного нанесення покриття на оброблювану поверхню.

Оскільки гліцерин також виступає в ролі комплексоутворювача, він сприяє стабільності і розчинності металевих солей, таких як хлорид міді, у водно-гліцеринових середовищах, що підвищує ефективність хімічних реакцій осадження.

Завдяки своїм фізико-хімічним властивостям, гліцерин у процесі взаємодії з контактуючими поверхнями системи «деталь – інструмент» зазнає окиснення, утворюючи низку продуктів з меншими молекулярними масами, таких як гліцериновий альдегід, акролеїн, формальдегід і гліцеринову кислоту.

Процес трибодеструкції, який включає руйнування молекул гліцерину, в тому числі, під впливом механічної енергії тертя, призводить до утворення цих окислених продуктів, що активно взаємодіють із поверхнею деталі. Вони сприяють утворенню плівки на поверхні, що знижує коефіцієнт тертя, підвищує маслоємність і зносостійкість, а також бере участь у процесах відновлення металевих компонентів. Наприклад, формальдегід і гліцериновий альдегід можуть стимулювати відновлення металів і активувати осадження міді, що є основним компонентом покриття.

Водночас, процес окиснення гліцерину дозволяє отримати компоненти, які покращують стабільність покриття, що утворюється на поверхні. Вони взаємодіють із металами та їхніми сполуками, покращуючи механічні та триботехнічні характеристики утвореного покриття, що є важливим аспектом для забезпечення високої зносостійкості та тривалої експлуатації деталі в умовах підвищених навантажень.

До таких сполук, зокрема, здатних до полімеризації, належать тіосечовина, ацетамід і сечовина. Ці речовини мають здатність утворювати полімерні плівки, що мають позитивний ефект на процес стабілізації покриття на оброблених деталях. Тіосечовина, ацетамід та сечовина активно взаємодіють із міддю та іншими металами в складі покриття, сприяючи утворенню міцних, стійких до зносу полімерних структур. Вони також покращують механічні та триботехнічні властивості покриттів, зменшуючи пористість та підвищуючи їхню зносостійкість. Такі органічні сполуки виконують

функцію стабілізаторів покриттів, перешкоджаючи утворенню дефектів на поверхні і забезпечуючи високу якість антифрикційних покриттів.

Таким чином, гліцерин не лише виконує роль розчинника для активних компонентів середовища, але й, завдяки своїй здатності до трибодеструкції, сприяє утворенню антифрикційного покриття з покращеними характеристиками, що є важливим для ефективності процесу ФАБО.

В якості розчинників можуть використовуватися етиловий, пропіловий, ізопропіловий, бутиловий та ізобутиловий спирти та етиленгліколь.

Дистильована вода, в якості чистого розчинника, забезпечує необхідне середовище для гідролізу солей міді, зокрема хлориду міді ($CuCl_2 \cdot 2H_2O$), що розчиняючись у воді, бере участь у процесах осадження міді на поверхні деталі. Крім того, вода регулює концентрацію кислот, що також важливо для ефективності відновлення міді та її осадження на оброблювану поверхню за умови утворення молекул хлоридної кислоти після гідролізу солі. Змішування води з гліцерином дозволяє оптимізувати кислотність середовища, що сприяє стабільному протіканню реакцій та досягненню бажаних триботехнічних властивостей покриттів.

В окремих випадках для ФАБО деталей машин використовуються альтернативні технологічні середовища на оливній основі, що не характерно для даної технології. Так, наприклад, при безбразивній обробці лез інструментів, що використовуються для обробки шкіряних та текстильних матеріалів, використовуються спеціальні «мастильні матеріали», такі як олива I-8A з металоплакуючою присадкою на основі олеату міді. У таких випадках мідне покриття на інструменті може бути виявлено лише за допомогою спектрального аналізу, зокрема, електронного мікроскопа з рентгенівським мікроаналізатором.

Поверхнево-активні речовини (ПАР) є не менш важливими компонентами ТС для ФАБО, оскільки вони значною мірою визначають ефективність процесів, що відбуваються на поверхні оброблюваних деталей. ПАР знижують поверхневий натяг рідини, що сприяє кращому її проникненню у важкодоступні ділянки контактуючих поверхонь і підвищує ефективність обробки. Одним з найбільш широко використовуваних ПАР при ФАБО деталей машин є стеаринова кислота.

Стеаринова кислота, яка є органічною жирною кислотою, виконує кілька важливих функцій у складі ТС для ФАБО. Вона здатна до руйнування оксидних плівок, пластифікації поверхонь, а також зниження поверхневого натягу рідини ТС. Руйнування оксидних плівок на поверхнях деталей та інструментів сприяє відновленню активної поверхні металу з подальшим формуванням захисних покриттів із сполук, утворених цими металами. Крім стеаринової кислоти в якості компоненту ТС може використовуватися олеїнова та лінолева кислоти.

Пластифікація поверхонь дозволяє покращити взаємодію між металом і технологічною рідиною за рахунок зменшення тертя між поверхнями.

Використання металів, їхніх сполуки та дисперсних добавок є ключовим елементом процесу ФАБО деталей машин, оскільки вони визначають механічні властивості та зносостійкість отриманих покриттів поверхонь деталей. Серед металів, які застосовуються у складі спеціальних рідин для ФАБО деталей машин, особливу роль відіграють хлорид міді, сульфат міді, високодисперсна мідь та нікель, дисульфід молібдену. Кожен з цих компонентів надає покриттям унікальні характеристики, що сприяють підвищенню їхньої ефективності в умовах високих навантажень та тертя.

Хлорид міді та сульфат міді широко використовуються завдяки своїй здатності забезпечити утворення стабільних зносостійких покриттів, що витримують високі температури та механічні навантаження.

У металополакуючих середовищах, що використовуються при фрикційно-хімічному нанесенні покриттів, важливу роль відіграють різноманітні солі пластичних металів, зокрема, хлорид міді. Під час обробки деталей за наявності ТС, що включають такі солі, відбувається їх гідроліз, що супроводжується утворенням кислот, зокрема соляної. Поява кислот має безпосередній вплив на проведення ФАБО деталей машин і на процеси, що протікають на поверхні деталі, адже кисле середовище сприяє руйнуванню оксидних плівок, що утворюються на поверхнях металів, і дозволяє активувати процеси відновлення металів самої деталі. В результаті цієї реакції утворюються захисні шари з хлоридів металів самої деталі, таких як хлорид заліза, що діють як бар'єр для подальшої корозії і сприяють збереженню стабільності покриття. Однак, процес гідролізу солей має свої недоліки, зокрема наявність в середовищі соляної кислоти, яка, хоча і має високу поверхневу активність, є корозійноактивною і може негативно впливати на надійність сформованого покриття. Для уникнення погіршення властивостей покриття необхідно забезпечити ретельне промивання деталей машин після ФАБО.

Дисульфід молібдену має низький коефіцієнт тертя, що значно покращує зносостійкість покриттів, зменшуючи знос деталей машин, а також надає покриттям високу стійкість до термічного і механічного навантаження, що робить їх придатними для роботи в умовах високих температур. Включення цієї сполуки до складу ТС дозволяє знизити енергетичні витрати, що виникають в процесі тертя, а також підвищити їх тривалість служби.

Високодисперсна мідь, що використовується у вигляді порошкового матеріалу, завдяки своїм властивостям, сприяє формуванню однорідних покриттів, що забезпечують рівномірний розподіл матеріалу та високий рівень адгезії між покриттям та основою. Мідь має добру пластичність, що дозволяє покриттям, що утворюються з її участю, витримувати значні механічні деформації без утворення тріщин чи зниження їхньої ефективності. Процес формування покриттів на основі міді та нікелю відбувається завдяки хімічним реакціям відновлення іонів металів на поверхні оброблених деталей. Іони міді, які потрапляють в середовище, активно відновлюються на поверхні металевих деталей. Це дозволяє сформувати тонкий, але міцний шар міді, що виступає як захисне покриття від механічного зносу.

Крім того, у складі ТС можуть використовуватися порошки нікелю. В процесі ФАБО іони нікелю мають здатність значно підвищувати адгезію покриття до основного матеріалу завдяки своїй високій хімічній активності, що забезпечує формування стійкого покриття з високими експлуатаційними характеристиками.

Антикорозійні компоненти запобігають виникненню корозії. Такі функції можуть виконувати стеаринова та олеїнова кислоти. Стеаринова кислота, окрім її основних функцій як ПАВ, також відіграє важливу роль у запобіганні корозії. Вона знижує корозійну активність середовища, створюючи захисні бар'єри на поверхнях оброблюваних деталей. Це сприяє збереженню властивостей покриттів під час обробки та забезпечує їх стабільність, запобігає пошкодженню деталей, особливо в умовах агресивних середовищ, які можуть виникнути в результаті хімічних реакцій або трибологічних процесів.

Також, підвищення корозійної стійкості забезпечують наступні метали та їхні сполуки: мідь, нікель, молібден, а також комплексні сполуки, що утворюються цими металами з гліцерином та продуктами його розпаду.

Модифікатори в'язкості технологічної рідини створюють умови для рівномірного і безперешкодного проникнення рідини в мікроструктуру і важкодоступні зони поверхні, що забезпечує належну якість покриття та підвищує ефективність

процесу ФАБО. Функцію модифікатора в'язкості виконує гліцерин. Маючи власну високу в'язкість гліцерин підвищує в'язкість ТС в цілому.

Відповідно до викладеного запропонована наступна класифікація компонентів ТС за функціональним призначенням (рис. 2).

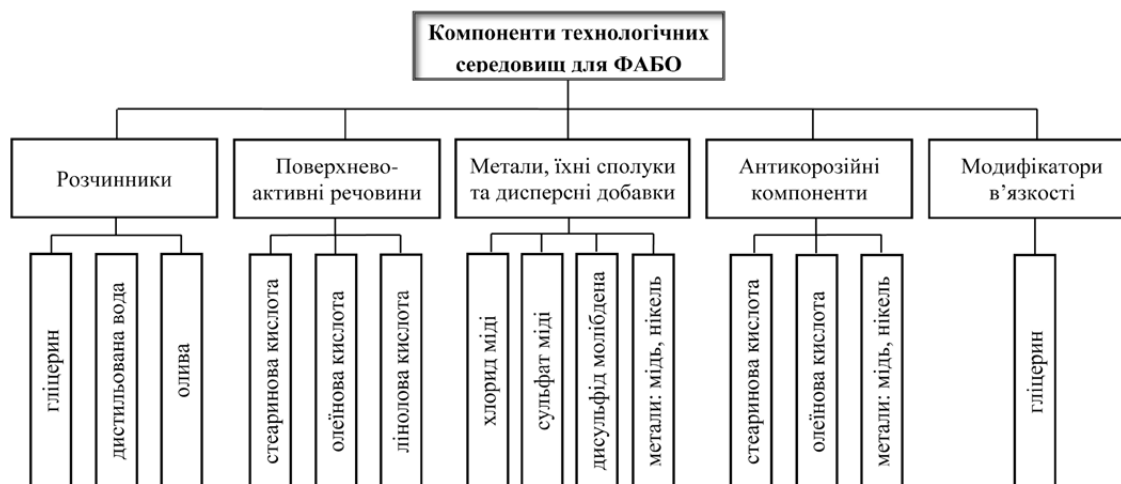


Рисунок 2 – Класифікації компонентів технологічних середовищ для ФАБО за їх функціональним призначенням

Джерело: розроблено авторами

Загалом, обґрунтований підбір компонентів у технологічного середовища для ФАБО дозволяє отримувати покриття з покращеними характеристиками, що забезпечують підвищену надійність і довговічність оброблених деталей. Оптимальне застосування розглянутих речовин, що входять до складу ТС, дозволить забезпечити розвиток способів отримання антифрикційних покриттів ФАБО, зокрема для підвищення антифрикційних властивостей деталей автомобільної, авіаційної та машинобудівної техніки.

На підставі викладеного, можна рекомендувати наступний загальний алгоритм вибору якісного складу технологічного середовища для ФАБО.

На першому етапі залежно від матеріалу поверхні деталі, яка підлягає ФАБО, обирається тип розчинника. Як правило, для середньовуглецевих сталей (типу сталь 35, сталь 45), сірого чавуну та низьколегованих сталей використовується гліцерин в чистому вигляді, для високолегованих сталей доцільно застосовувати суміш розчинників у певних співвідношеннях, наприклад гліцерин з водними розчинами хлоридної або ортофосфатної кислоти.

Залежно від товщини оксидних плівок та наявності осадів на поверхні деталі перед обробкою, приймається рішення про використання тієї чи іншої ПАР (стеаринова, олеїнова або ліолева кислота).

Для отримання покриттів з необхідними фізико-механічними властивостями вибирається вид металевих компонентів або їх сполук. Наприклад, для отримання протизадирних та антифрикційних властивостей застосовується хлорид міді чи мідний порошок, для забезпечення протизносних властивостей покриттів в ТС додають дисульфід молібдену.

Для забезпечення зниження агресивності хлоридної та сульфатної кислот стосовно деталей, що обробляються ФАБО, до ТС додають антикорозійні компоненти у вигляді стеаринової або олеїнової кислот.

При використанні декількох розчинників, в'язкість ТС регулюється, як правило, масовою часткою вмісту гліцерину в середовищі.

Висновки:

1. В роботі обґрунтовані основні компоненти технологічного середовища, що використовуються для ФАБО деталей машин. Встановлено їх роль і функції у процесі утворення антифрикційного покриття на робочих поверхнях деталей машин.

2. Запропоновано класифікацію компонентів технологічного середовища для ФАБО за їх функціональним призначення. Запропонований підхід дозволяє цілеспрямовано керувати складом ТС із забезпеченням високих показників якості отриманого покриття.

3. Розроблений алгоритм вибору компонентів складу технологічного середовища для фінішної антифрикційної безабразивної обробки.

Список літератури

1. Паніна В.В., Дашивець Г.І. Підвищення зносостійкості гільз циліндрів двигунів . *Праці ТДАТУ*. 2014. Т.1 № 4. С. 115-119.
2. Louda P. Applications of thin coatings in automotive industry. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering Vol. 24, No. 1. September 2007*. P. 51-56
3. Chernovol M., Shepelenko I., Budar Mohamed R.F. Selection of a processing medium for the finishing antifriction nonabrasive treatment/ M. Chernovol, I. Shepelenko, R.F. Budar Mohamed // *Збірник наукових праць Кіровоградського національного технічного університету*. 2015. № 28. С. 19 – 23.
4. Bhalla V., Ramasamy C., Singh N., Pushpavanam M. Friction and Wear Characteristics Of Electrodeposited Copper Composites/ V. Bhalla, C. Ramasamy, N. Singh and M. Pushpavanam // *PLATING & SURFACE FINISHING* November 1995. P. 58 – 61.
5. Шацький І.П., Маковійчук М.В., Роп'як Л.Я. Рівновага шаруватого Cu/Ni/Cr-покриття під локальним навантаженням/ І.П. Шацький, М.В. Маковійчук, Л.Я. Роп'як // *Наносистеми, наноматеріали, нанотехнології* 2023. т. 21. № 2. С. 379 – 389.
6. Пат. № 49630 Україна, МПК (2009) C23C 30/00. Склад поверхнево-активної речовини для формування зносостійких покриттів / Кубіч В.І., Івченко Л.Й. № u200909788; заявл. 11.05.2010; опубл. 11.05.2010, Бюл. №9, 2010.
7. Tiškevičius K., Padgurskas J., Prosyčevs I. Investigation of Non-abrasive Antifrictional Surface Finishing. *Medžiagotyra* Vol. 9, No. 1 (2003) P. 62 – 67.
8. Косіюк М.М., Костюк С.А., Костюк М.А. Технологічне забезпечення нанесення антифрикційного покриття на неповні сферичні поверхні фрикційно-механічним способом/ М.М. Косіюк, С.А. Костюк, М.А. Костюк // *Вісник Хмельницького національного університету*, 2018. №4. с. 39 – 43.
9. Шепеленко І.В. Зміна шорсткості поверхні при нанесенні антифрикційних покриттів/ І.В. Шепеленко, А.М. Кириченко, С.О.Магопєць, [та ін.]// *Конструювання, виробництво та експлуатація сільськогосподарських машин*, 2022 вип. 52. С. 156–165. URL: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\)](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39)). (дата звернення 02.11.2023.)
10. Дідур В.А., Мушкевич О.І. Технологія фрикційного латунювання переривчастої поверхні золотника гідророзподільника/ В.А. Дідур, О.І. Мушкевич // *Праці Таврійського державного агротехнологічного університету. Технічні науки*. 2015. Вип. 15, т. 4. - С. 3 – 10.

References

1. Panina, V.V. & Dashyvets, H.I. (2014). Pidvyshchennia znosostiikosti hilz tsylindriv dvyhuniv. *Pratsi TDAU*. Vol.1, 4, 115-119 [in Ukrainian].
2. Louda, P. (2007). Applications of thin coatings in automotive industry. *Journal of Achievements in Materials and Manufacturing Engineering*, Vol. 24, No. 1. September. P. 51-56 [in English].
3. Chernovol M., Shepelenko I., & Budar Mohamed R.F. (2015) Selection of a processing medium for the finishing antifriction nonabrasive treatment/ M. Chernovol, I. Shepelenko, R.F. Budar Mohamed // *Zbirnyk naukovykh prats Kirovohradskoho natsionalnoho tekhnichnoho universytetu*. № 28. P. 19 – 23. [in English].
4. Bhalla V., Ramasamy C., Singh N., & Pushpavanam M. (1995). Friction and Wear Characteristics Of Electrodeposited Copper Composites/ V. Bhalla, C. Ramasamy, N. Singh and M. Pushpavanam // *PLATING & SURFACE FINISHING* November. P. 58 – 61. [in English].
5. Shatskyi I.P., Makoviichuk M.V., & Ropiak L.Ia. (2023). Rivnovaha sharuvatoho Cu/Ni/Cr-pokryttia pid lokalnym navantazhenniam/ I.P. Shatskyi, M.V. Makoviichuk, L.Ia. Ropiak // *Nanosystemy*,

- nanomaterialy, nanotekhnologii. t. 21. № 2. P. 379 – 389. [in Ukrainian].
6. Pat. № 49630 Ukraina, MPK (2009) S23S 30/00. Sklad poverkhnevo-aktyvnoi rechovyny dlia formuvannya znosostiikykh pokryt / Kubich V.I., Ivshchenko L.I. № u200909788; zaiavl. 11.05.2010; opubl. 11.05.2010, Biul. №9, 2010. [in Ukrainian].
 7. Tiškevičius K., Padgurskas J., & Prosyčevas I. (2003). Investigation of Non-abrasive Antifrictional Surface Finishing. *Medžiagotyra* Vol. 9, No. 1 P. 62 – 67. [in English].
 8. Kosiuk M.M., Kostiuk S.A., & Kostiuk M.A. (2018) Tekhnologichne zabezpechennia nanesennia antyfyktsiinoho pokryttia na nepovni sferychni poverkhni fryktsiino-mekhanichnym sposobom/ M.M. Kosiuk, S.A. Kostiuk, M.A. Kostiuk. *Visnyk Khmelnytskoho natsionalnoho universytetu*. №4. P. 39 – 43 [in Ukrainian].
 9. Shepelenko, I.V. (2022). Zmina shorstkosti poverkhni pry nanesenni antyfyktsiinykh pokryttiv/ I.V. Shepelenko, A.M. Kyrychenko, S.O.Mahopets, [ta in.]/Konstruiuvannia, vyrobnytstvo ta ekspluatatsiia silskohospodarskykh mashyn, vyp. 52. P. 156–165. URL: [https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8\(39\)](https://doi.org/10.32515/2664-262X.2023.8(39)). [in Ukrainian].
 10. Didur, V.A., & Mushkevych, O.I. (2015). Tekhnologhiia fryktsiinoho latuniuvannia pereryvchastoi poverkhni zolotnyka hidrorozpodilnyka/ V.A. Didur, O.I. Mushkevych // *Pratsi Tavriiskoho derzhavnogo ahrotekhnologichnoho universytetu. Tekhnichni nauky*. 15, t. 4. P. 3 – 10 [in Ukrainian].

Artem Krasota, post-graduate, **Ihor Shepelenko**, Prof., DSc., **Mykhailo Krasota**, Assoc. Prof., PhD tech. sci., **Ruslan Osin**, Assoc. Prof., PhD tech. sci.

Central Ukrainian National Technical University, Kropyvnytskyi, Ukraine

Determination of Effectiveness and Component Classification of Technological Mediums for Finishing Antifriction Non-Abrasive Treatment of Automobile Details

The goal of this research is the determination of selection of technological medium components for finishing antifriction non-abrasive treatment to ensure high-quality of coating.

The research offers a systematization of existing apprehensions of functions and purposes of separate technological mediums components for finishing antifrictional non-abrasive treatment of parts. Was determined the role of technological mediums components and their influence on the finishing antifrictional non-abrasive treatment process. Were analyzed chemical reactions mechanisms occurring during finishing antifrictional non-abrasive treatment of a part.

The analysis of technological medium components and existing approaches of their selection allowed to develop a classification of components according to their functional purpose. According to proposed classification, main components of technological mediums are solvents, surface-active substances, metals and their compounds and dispersive additives, anti-corrosive components, viscosity modifiers. Were examined the properties of each group of technological -medium components, and their influence on antifriction coating formation with increased performance characteristics. Was discussed the mechanism of interaction of different groups during friction-mechanical and frictionchemical detail treatment.

Offered a classification of technological mediums components for FANT according to their functional purpose. Offered approach enables controlled management of the technological mediums with higher quality conditions of surface support.

The research allowed to create a way for choosing technological mediums components during creating technological mediums for finishing antifrictional non-abrasive treatment of automobile parts.

Determined selection of technical medium components for FANT allows obtaining coatings with higher characteristics, ensuring higher reliability and durability of treated details. The optimal application of researched substances, included in technical mediums, allows ensuring development of obtaining antifrictional coatings of FANT development, particularly for improving antifrictional characteristics of automobile, aviation and machinery industries.

component, technological environment, finishing anti-friction non-abrasive treatment, operational property

Одержано (Received) 31.10.2024

Прорецензовано (Reviewed) 11.12.2024

Прийнято до друку (Approved) 23.12.2024