

УДК 620.22

М. А. ЗЕНКІН, І. Ю. ВАСИЛЕНКО

Київський національний університет технологій та дизайну

**ОБҐРУНТУВАННЯ ВИБОРУ ЗМІЦНЮЮЧИХ ПОКРИТТІВ
ВІДПОВІДАЛЬНИХ ДЕТАЛЕЙ МАШИН**

В статті розглянуто питання щодо вибору матеріалу та зміцнюючої технології для відповідальних деталей машин. Запропоновано послідовність вибору технології нанесення зміцнюючого покриття з урахуванням конструкторсько-технологічних, експлуатаційних та техніко-економічних факторів.

Ключові слова: машинобудування, зміцнюючі покриття, відповідальні деталі, технології.

Довговічність роботи деталей машин, механізмів і пристроїв в значній мірі визначається станом їх поверхневого шару і, зокрема, якістю нанесеної зміцнюючого покриття.

Об'єкти та методи дослідження

Рішення задач вибору технології нанесення зміцнюючого покриття зазвичай базується на матеріалознавчих (металознавчих) міркуваннях, які доповнюються тими чи іншими зіставленнями без кількісних оцінок, пов'язаних безпосередньо з якістю виробу, узагальненою оцінкою якого є надійність [1 – 4]. Це, в свою чергу, передбачає використання відповідних положень математичної статистики і теорії надійності та наявність науково обґрунтованої методики вибору технології отримання покриттів, яка повинна являти собою програму для РС з вихідними параметрами деталей, що відбивають їх експлуатаційні умови, конструкторсько-технологічні вимоги, характер виробництва і інші аспекти.

Постановка завдання

Правильний вибір матеріалу і технології зміцнення повинен забезпечити успішну роботу деталі у виробі, перш за все за показниками надійності у відповідних умовах експлуатації. У всіх випадках вибір зміцнюючого покриття і технології його нанесення повинен бути економічно ефективним. Це означає, насамперед, необхідність врахування вартості матеріалів. Важливою у цьому відношенні є і оцінка технологічності матеріалів при виготовленні деталі (оброблюваність різанням, що штампується та ін.) Разом з тим до економічної ефективності можна віднести і матеріаломісткість, що впливає на вартість споживаного матеріалу, а іноді і енерговитрати при експлуатації. Слід також зазначити, що при виборі матеріалу важливо враховувати його дефіцитність, так само як і дефіцитність вхідних у нього компонентів. Нарешті, при виборі матеріалу і технології зміцнюючої обробки відповідних деталей слід брати до уваги і екологічні аспекти. Матеріал для покриттів як такий, а також його вихідні і побічно одержувані продукти не повинні завдавати шкоди здоров'ю людини і шкоди навколишньому середовищу.

Результати та їх обговорення

Вирішення питання вибору матеріалу і зміцнюючої технології починається зі з'ясування завдання, аналізу вимог конструктора, які трансформують в характеристики, одержувані при стандартних випробуваннях, а при необхідності – доповнюють специфічними вимогами, що впливають з умов експлуатації та досвіду використання виробів-аналогів. На рис. 1 представлена структурна схема послідовності вибору технології нанесення зміцнюючого покриття.

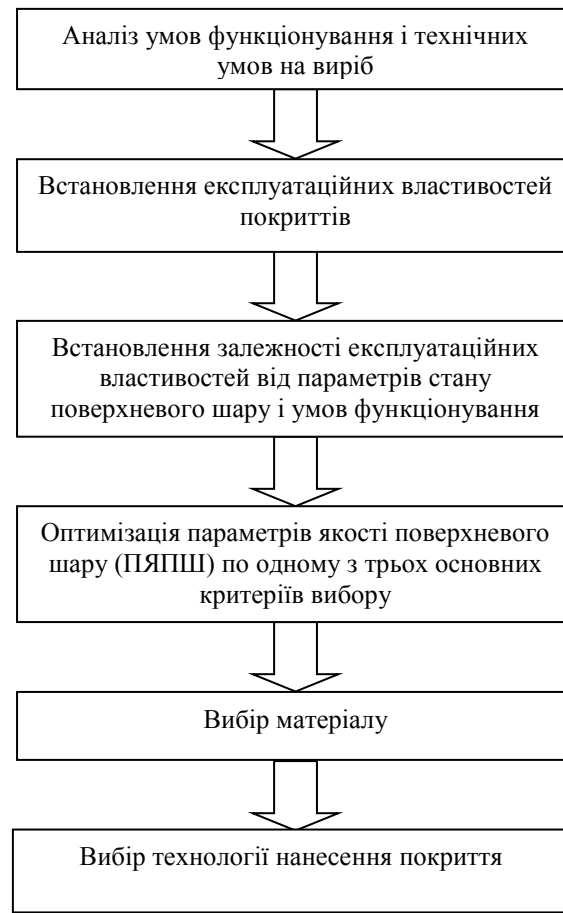


Рис. 1. Структурна схема вибору технології нанесення зміцнюючого покриття

Вибір матеріалу і способу створення зміцнюючих покриттів тісно пов'язаний з конструкторсько-технологічними факторами, умовами зовнішнього впливу, технологічної та експлуатаційної сумісності покриття і основи; в значній мірі вибір матеріалу і способу створення зміцнюючих покриттів залежить від виду виробництва; техніко-економічні показники оцінки якості покриття включають цілий комплекс показників, які є забезпеченням їх експлуатаційних властивостей (рис. 2) [5].

В конструкторсько-технологічну групу аспектів вибору матеріалу і способу створення покриття входять: матеріал, розміри і форма деталі. Вибір присадочного матеріалу і способу нанесення зміцнюючого покриття в значній мірі визначається умовами експлуатації деталей та виробів машинобудування. Основними видами зовнішнього впливу є: середа, температура і навантаження. Кожен вид зовнішнього впливу визначається характером і параметрами впливу: середа – станом, хімічною активністю і тиском; температура – характером температурного поля і його значенням; навантаження – характером, різновидом і значенням (абсолютне і відносне). Крім цього, на матеріали виробів впливають енергетичні поля: електричне, гравітаційне, радіаційне та біомікробне.

На вибір способу створення покриття через техніко-економічні показники значно впливає характер виробництва.

При одиничному виробництві вибирають, як правило, найбільш простий в технологічному відношенні спосіб нанесення покриття, який не потребує складного устаткування. При цьому, фізико-механічні властивості покриття забезпечують використанням більш дорогого і дефіцитного присадочного матеріалу. При дрібносерійному і серійному виробництві нанесення покриттів виконується

на спеціалізованому обладнанні, а при великосерійному і масовому виробництві метод нанесення вибирають за таблицями і на основі техніко-економічних розрахунків та використовують вузькоспеціалізоване обладнання.

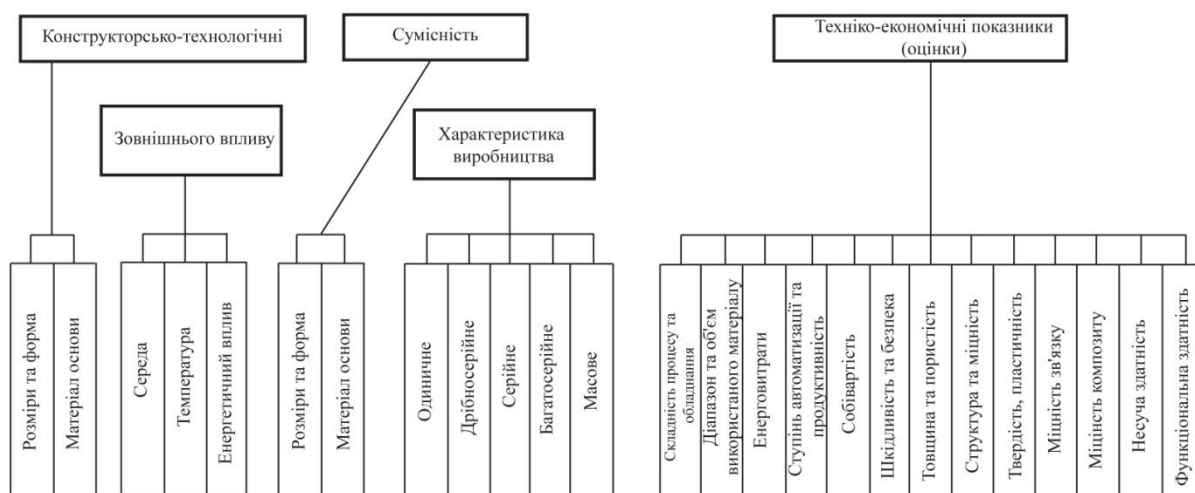


Рис. 2. Аспекти вибору матеріалу і способу створення зміцнюючого покриття, в залежності від конструкторсько-технологічних, експлуатаційних та техніко-економічних факторів

Основними вимогами, що пред'являються з боку експлуатації до всіх покриттів, є надійність і довговічність. І хоча обидва ці поняття взаємопов'язані, тобто надійність залежить від довговічності, а остання від першої, все ж до певної міри можна вважати, що надійність залежить головним чином від міцності, а довговічність від функціональних властивостей покриття.

В залежності від характеру експлуатації деталей та виробів, завдання оптимізації вибору покриттів вирішується методами порівняння, а в разі їх недостатності – методами математичного моделювання функціонування деталі з урахуванням всіх режимів експлуатації [6, 7].

Функціональна працездатність деталей і виробів (зносостійкість, корозійостійкість, контактна міцність тощо) визначається функціональною працездатністю матеріалу покриття. Виходячи з цього вибір присадочного матеріалу починається з визначення матеріалу, що має максимальну функціональну працездатність в умовах роботи виробу. На рис. 3 представлена структурна схема алгоритму оптимізації з визначення параметрів якості поверхневого шару деталей. Кількісні показники властивостей різних матеріалів наводяться у довідковій та спеціальній літературі [8, 9].

Оцінку фізичної сумісності вихідних матеріалів для цілого ряду відповідальних деталей і виробів машинобудування здійснюють на основі проведення спеціальних досліджень. При цьому фізична сумісність вихідних матеріалів оцінюється як різниця коефіцієнтів лінійного розширення вихідних матеріалів $(\alpha_0, \alpha_1) - \Delta\alpha = |\alpha_0 - \alpha_1|$. Чим більше $\Delta\alpha$, тим гірше фізична сумісність, тому зі збільшенням $\Delta\alpha$ підвищується ймовірність руйнування (відриву) покриття під час експлуатації. При незадовільній фізичній сумісності необхідно для зниження $\Delta\alpha$ замінити матеріал основи.

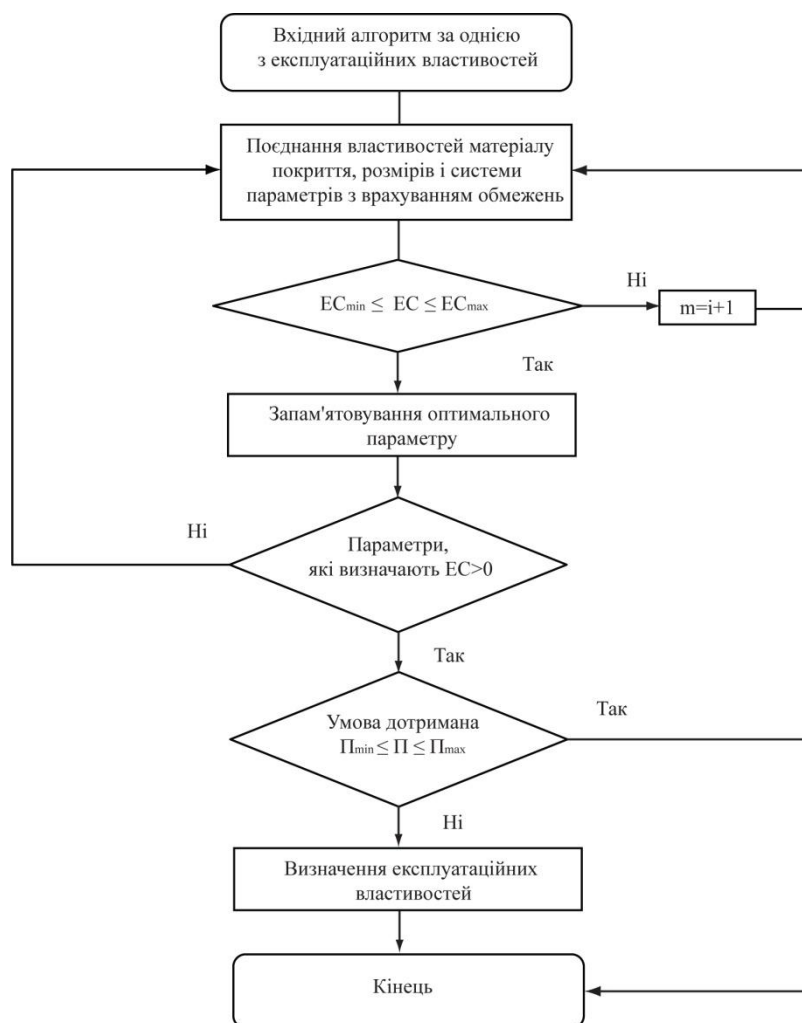


Рис. 3. Структурна схема алгоритму оптимізації з визначення параметрів якості поверхневого шару деталей

Однією із властивостей покриттів є здатність присадочного матеріалу утворювати покриття з необхідними властивостями при використанні відповідного способу його нанесення, так звана наносимість. Наносимість визначається хімічним складом, пластичністю, змочуваністю і тощо, а також способом нанесення. Слід зазначити, що висока дефіцитність окремих матеріалів може стати причиною неприйнятності розроблюваної технології. Внаслідок цього перевірка матеріалу на дефіцитність необхідна з даним матеріалом, а не самого матеріалу. Аналогічне становище і з вартістю, тобто дефіцитність і вартість присадочного матеріалу при розробці композитів з максимальними функціональними властивостями не грають визначальної ролі. У відповідності до даних багатьох авторів [10–13] експлуатаційні властивості деталей машин визначаються сукупністю характеристик шорсткості, хвилястості, фізико-механічних, хімічних властивостей і мікроструктури поверхневого шару. Якщо розглядати таку експлуатаційну властивість як зносостійкість в умовах тертя ковзання, то можна виділити у відповідності з [14] конкретні параметри якості поверхневого шару, які мають найбільший вплив.

Враховуючи можливість управління окремими ПЯПШ (див. рис. 1) і наявність необхідних даних за ними, встановлений [14] визначений склад параметрів властивостей поверхневого шару, які необхідно

контролювати і якими можна управляти за оздоблювально-зміцнюючої обробки для досягнення необхідних експлуатаційних властивостей, яка включає:

- фізико-хімічний стан поверхневого шару: ступінь зміцнення, поверхнева мікротвердість, глибина зміцненого шару;
- для оцінки поверхневих залишкових напруг: напруги першого роду, напруги другого роду, напруги третього роду;
- для оцінки структури: розмір зерен, щільність дислокацій, концентрація вакансій, розмір блоків;
- для оцінки фазового складу: параметри кристалевої решітки та параметри фаз;
- для оцінки хімічного складу: профіль концентрації елементів в поверхневому шарі, концентрація елементів у фазах;
- поверхнева взаємодія із середовищем: коефіцієнт поверхневого натягу, крайовий кут змочування;
- пористість поверхневого шару.

Враховуючи, що крім виду зношування при терті велике значення з точки зору оцінки впливу ПЯПШ, створюваних при зміцнюючо-оздоблювальній обробці, мають умови тертя, наявність або відсутність мастильного матеріалу і конструктивні особливості вузлів тертя, пропонується ввести класифікацію вузлів тертя, в якій в якості класифікаційних ознак закладено наступне:

1. умови роботи пари тертя ковзання (тертя з мастильним матеріалом і без нього);
2. група параметрів якості поверхневого шару, що надає основний вплив на процеси тертя і зношування;
3. умови зношування.

Стосовно даних до класифікаційних ознак можна віднести будь-які реальні пари тертя з тим, щоб можна було виробити рекомендації з вибору найбільш підходящих оздоблювальних та зміцнюючих технологій для підвищення зносостійкості. Першим кроком при вирішенні завдання вибору матеріалів є порівняння варіантів заздалегідь підготовленого переліку з різних критеріїв: визначальними показниками властивостей, вартості та технологічності. Порівняльна оцінка ґрунтується на зіставленні кількісного рівня відповідних показників, взятих з довідників або нормативних документів. Безпосереднє зіставлення цих даних правомірно лише при оцінці матеріалів з однаковою щільністю. При порівнянні матеріалів з різною щільністю в літературі рекомендують користуватися відносною величиною (1):

$$K_{0,x} = X/(\rho g), \quad (1)$$

де $K_{0,x}$ – питома характеристика властивості X ; ρ – щільність матеріалу; g – прискорення вільного падіння.

Разом з тим така оцінка не є вичерпною, оскільки при цьому не враховується однорідність матеріалу (розкид властивостей), яка обумовлюється технологією виробництва і, як правило, неоднакова в різних матеріалів. Разом з тим вона впливає на надійність передбачуваної деталі (виробу) і це необхідно враховувати при порівняльній оцінці за питомими характеристиками.

При нормальному розподілі визначального показника питома величина критерію порівняння з урахуванням надійності P повинна визначатися за формулою (2):

$$K_{P,X} = K_{0,X} (1 - UV_X), \quad (2)$$

де U – параметр центрованої функції нормального розподілу; V_X – коефіцієнт варіації даної властивості.

Слід зазначити, що оцінка економічної ефективності використання матеріалів включає не тільки вибір їх оптимального варіанта, але і передбачає їх оцінку за технологічністю, оскільки вона значною мірою позначається на собівартості виготовленого об'єкта. Оскільки методи порівняльної оцінки за технологічністю загальновідомі, в рамках даної статті вони не розглядаються.

Таким чином, задача вибору матеріалу, з підготовленого з матеріалознавчих міркувань переліку, методом порівняння припускає їхнє зіставлення з визначальних властивостей з додатковою оцінкою за вартістю та технологічністю. Обраний таким чином варіант буде оптимальним не тільки в сенсі забезпечення необхідної якості, узагальненою оцінкою якого є надійність, але й економічно найбільш ефективним.

Після вибору матеріалу покриття має бути вирішено питання про вибір технології його нанесення і порівняльної техніко-економічної оцінки конкуруючих варіантів.

Вибір способу створення покриттів визначається багатьма факторами. Одним з важливих чинників є товщина покриття, яка, як правило, задається конструктором. Однак, такий підхід у цілому ряді випадків не забезпечує кваліфіковане рішення вибору технології нанесення, тому конструктор не є фахівцем ні з функціональних властивостей матеріалів, ні з технології нанесення. Конструктор повинен задавати довговічність роботи об'єкта (деталі, вузла) до «морального» зносу, а фахівець з покриттів, спільно з фахівцями з функціональних властивостей (тертю, зносу, жаростійкості тощо) визначають матеріал і товщину покриття.

Для забезпечення, наприклад, зносостійкості за рахунок нанесення зміцнюючих покриттів доцільно проаналізувати ступінь впливу різних параметрів якості поверхневого шару, що утворюється в процесі нанесення покриття, на зносостійкість при різних видах зношування.

Проведений огляд виконаних раніше робіт та дослідження у галузі тертя і зносу (на підставі аналізу умов роботи пар тертя з урахуванням їх конструктивних особливостей, умов зношування, допустимого значення величини зносу, а також видів зношування поверхонь в процесі експлуатації) дозволяє рекомендувати склад параметрів якості поверхневого шару, за якими найбільш доцільно здійснювати вибір методів зміцнення та оздоблювальної обробки та оптимізувати параметри вибраних технологічних процесів для забезпечення зносостійкості пар тертя [10]. Зіставлення даних дає можливість прийняти рішення щодо вибору методів обробки для конкретних пар тертя.

Попередній аналіз показує, що для багатьох пар тертя відсутні методи зміцнюючо-оздоблювальної обробки які дозволяють управляти всіма необхідними групами параметрів якості поверхневого шару [15,16]. Це означає, що проблема забезпечення зносостійкості в ряді випадків повинна вирішуватися з використанням комбінацій існуючих методів зміцнюючої і фінішної обробки, або шляхом створення нових методів обробки, в тому числі і комбінованих, які в повній мірі відповідають вимогам управління ПЯПШ, що визначають зносостійкість для конкретних пар тертя.

Результати перевірки методики підбору найбільш підходящих методів зміцнюючо-оздоблювальної обробки, викладені в даній статті, показують, що методи забезпечення зносостійкості,

визначені на підставі практичного досвіду, входять до складу тих груп зміцнюючих методів обробки, які, виходячи з можливостей управління значеннями ПЯПШ, що визначають зносостійкість конкретних пар тертя, можуть бути рекомендовані для розглянутих пар тертя.

Висновки

Таким чином, запропонована методика вибору зміцнюючих покриттів відповідальних деталей машинобудування полягає в тому, що при вирішенні завдання підвищення зносостійкості відразу можна виключити з розгляду багато з існуючих зміцнюючих технологій за ознакою того, що вони не забезпечують управління всіма ПЯПШ, які необхідні для забезпечення зносостійкості конкретної пари тертя. Слід зазначити, що склад можливих методів обробки для конкретних пар тертя виходить досить широким, що ускладнює вибір оптимального методу зміцнення. Для прийняття остаточного рішення слід додатково провести техніко-економічний аналіз. Однак безперечноперевага запропонованої методики – можливість відійти від сформованих практичних уявлень про призначення методів підвищення зносостійкості і звернути увагу на нові технології зміцнення.

Список використаної літератури

1. Зоткин В.Е., Методология выбора материалов и упрочняющих технологий в машиностроении // Справочник: Инженерный журнал № 12, 1998. – С. 18–21.
2. Зоткин В.Е. Оптимизация выбора машиностроительных материалов и их упрочняющей термообработки. М.: МГОУ, 2005. – 148 с.
3. Албагагиев А.Ю. Эффективные покрытия деталей машин // Упрочняющие технологии и покрытия, 2012. – №8. – С.18-22.
4. Федосов В.В., Федосова А.В. Межкритериальная оценка эффективности газопламенного напыления // Упрочняющие технологии и покрытия, 2010. – №1. – С.39–44.
5. Авдеев Н.В. Технология и выбор способа материалов покрытия. – Ташкент: Мехнат, 1990. – 272 с.
6. Машиностроение. Энциклопедия. Ред. Совет: К.В. Фролов (пред.) и др. М.: Машиностроение. Надежность машин. Т. IV – 3/ В.В. Клюев, В.В. Болотин, Ф.Р. Соснин и др.; Под общ. ред. В. В. Клюева. 1998. – 592 с.
7. Васильев А.С., Кондаков А.И., Клименко С.А., Хейреу М.Л., Гайко В.А. Технологическое управление наследованием эксплуатационных показателей качества упрочняющих поверхностей // Упрочняющие технологии и покрытия, 2011. – № 1. – С. 32–38.
8. Свойства, получение и применение тугоплавких соединений. Справочное издание. М.: Металлургия, 1986. – 486 с.
9. Радченко М.В. Защитные и упрочняющие покрытия. – Барнаул, изд-во АлтГТУ, 2010. – 113 с.
10. Рыжов Э.В., Клименко С.А., Гуцаленко О.Г. Технологическое обеспечение качества деталей с покрытиями. К.: «Наукова думка», 1994. –176 с.
11. Кузнецов Н.Д., Цейтлин В.И., Волков В.И. Технологические методы повышения надежности деталей машин. Справочник. М.: Машиностроение, 1993. –304 с.
12. Батищев А.Н. Методические основы обоснования рационального способа восстановления деталей // Механизация и электрификация сельского хозяйства, 1992. – № 9. – С.30–31.

13. Суслов А. Г. Технологическое обеспечение параметров состояния поверхностного слоя деталей. М.: Машиностроение, 1987. – 208 с.

14. Суслов А.Г., Улашкин А.П. Выбор упрочняюще-отделочных методов обработки для повышения износостойкости деталей машин // Справочник. Инженерный журнал. – 1998. – № 7, 8. – С. 15 – 21, 29 – 36.

15. Товт М.В., Зенкін М.А., Івасенко М.В. Побудова комплексної методики для визначення важливих характеристик якості жаростійких покриттів та їх високотемпературної стабільності. / Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2006. – №6/3 (24).– С.9–12.

16. Скрипка К.І., Зенкін М.А. Експертна система автоматизованого вибору способів відновлення спрацьованих деталей. / Вісник ЖДТУ. – 2004. – № 1. – Т.1 /Технічні науки. – С. 62– 65.

Стаття надійшла до редакції 19.09.2012

Обоснование рационального выбора упрочняющих покрытий ответственных деталей машин

Зенкин Н.А., Василенко И.Ю.

Киевский национальный университет технологий и дизайна

В статье рассмотрены вопросы выбора материала и упрочняющей технологии для ответственных деталей машин. Предложена последовательность выбора технологии нанесения упрочняющего покрытия на основе конструкторско-технологических, эксплуатационных и технико-экономических факторов.

Ключевые слова: машиностроение, упрочняющие покрытия, ответственные детали, технологии.

Choosing methodology of strengthening coatings for particular machinebuilding parts

Zenkin N., Vasylenko I.

KievNationalUniversity of Technologies & Design

The problem of choosing of a material and strengthening technology for particular machinebuilding parts is shown in the article. The consecution of strengthening coating drawn technology choosing are proposed taking into account design and technological, operational and technical and also technical and economical factors.

Keywords: machine building, hardsurfacing overlay, essential part, engineering.