

**РОЗРОБКА МЕТОДОЛОГІЇ УПРАВЛІННЯ ЯКІСТЮ
ПОВЕРХНЕВИХ ШАРІВ ДЕТАЛЕЙ, ЯКІ НАНОСЯТЬСЯ
ГАЗОПОЛУМ'ЯНИМ НАПИЛЮВАННЯМ, КОМБІНОВАНИМ З
ІНШИМИ ТЕХНОЛОГІЯМИ**

Для Української промисловості і всієї України в цілому українським актуальним питанням є розробка енерго- і ресурсозберігаючих технологій. Відомо, що близько 20% щорічної виплавки металу витрачається на заповнення витрат від зношування і корозії [1]. Захист деталей машин, механізмів і металоконструкцій від зносу і корозії, підвищення надійності, якості і довговічності устаткування, створення конкурентоздатних виробів відноситься до числа найважливіших задач промислової політики. Боротьба із зносом в більшості випадків традиційно ґрунтується на: конструюванні деталей з об'ємно-легованих матеріалів з подальшою термічною обробкою; методах хіміко-термічної обробки; нанесенні електрохімічних покриттів.

Проте в даний час такий підхід ускладнюється дефіцитністю і надмірно високою вартістю легуючих матеріалів, великими енерговитратами на термічну або хіміко-термічну обробку, екологічними проблемами, пов'язаними з гальванічним виробництвом. Крім того, постійно висуваються підвищені вимоги до надійності, довговічності, конкурентоспроможності виробів, новим умовам експлуатації машин і механізмів, які принципово не можуть бути задоволені при використуванні якого-небудь одного складно легованого сплаву. У зв'язку з цим технічно доцільно застосовувати деталі і вироби, властивості яких на поверхні кардинально відрізняються від властивостей серцевини матеріалу за рахунок використання різних покриттів і методів поверхневого зміцнення[2].

Останнім часом на практиці стало популярним поєднання двох або більш вже відомих технологій. Такий підхід дає можливість одержати результати значно перевершуючи ті, які були одержані застосуванням базових технологій. Під поліпшенням результатів слід розуміти як технологічні, так і економічні переваги по відношенню до базової технології.

У області газотермічного напилення розроблені і успішно експлуатуються безліч гібридних технологій. Це в першу чергу технології плазмового, газополум'яного нанесення покриттів різного призначення із застосуванням поверхнево-пластичної деформації, електроіскрової обробки і ряду інших прийомів. Ці технології дають можливість збільшити міцність зчеплення покриття з основою, зменшити пористість покриття, додати йому специфічні властивості.

Вельми перспективним напрямом досліджень є синтез газотермічного напилення і технологій СВС (високотемпературний синтез, що саморозповсюджується) [3].

Відомо застосування комбінованої технології плазмового напилення і голкофрезерування. Яка полягає в обробці голкофрезею поверхні деталі перед напиленням і напилюваного покриття завдяки взаємодії розплавлених частинок матеріалу, що наноситься, з матеріалом основи і пошарової релаксації напруг в тонких проміжних шарах багат шарового покриття [3].

Для розробки методології управління якістю поверхневих шарів деталей застосовуємо системний підхід.

Системний підхід є теоретичною і методологічною основою системного аналізу і основна задача його полягає в розробці методів дослідження і конструювання складно організованих об'єктів – систем різних типів і класів.

Системний аналіз в свою чергу включає ряд інших, підлеглих йому методів, які функціонують в його рамках. Одним з них є метод направленої вибору, що є сукупністю спеціальних методів дослідження, з яких в тому або іншому випадку вибирається най адекватніший з них.

Методологія направленою вибору технології підвищення якості газотермічних покриттів виробів охоплює весь їх життєвий цикл.

Життєвий цикл – часовий інтервал з моменту виникнення об'єкту до його повного виключення з використання (утилізації), складається з чотирьох стадій [4]:

- висування концепції і визначень;
- проектування і розробки;
- виготовлення і установки;
- експлуатації, обслуговування і ремонту.

Також важливим моментом є утилізація об'єкту. Всі стадії життєвого циклу розглядаються через спеціальні методи направленою вибору. Причому необхідно враховувати вплив вибраних методів один на одного, яке зрештою позначатиметься на якості виробу.

Сукупність проблем, пов'язаних з розробкою технології управління якістю газотермічних покриттів виробів, визначають предметну область методології в даній роботі.

Застосовуючи системний підхід можна виділити дві сфери існування виробу: науково-інформаційну і матеріальну [6].

В даний час, у зв'язку з рішенням оптимізаційних задач, зростає роль науково-інформаційної сфери. Проте відсутність встановлених закономірностей по формуванню необхідної якості напиленого на деталь покриття вимагає проведення великої кількості експериментів для правильного вибору технологічного процесу ще до організації виробництва.

Використовування системного підходу при проведенні досліджень вимагає аналізу доцільності використання методології направленою вибору технологій досягнення заданої якості напилених шарів на всіх стадіях життєвого циклу об'єкту (рис. 5) [6].

выдвижения концепции и определений		проектирования и разработки			изготовления и установки				эксплуатации,обслуж. и ремонта		утилизации	
Обоснование необходимости создания объекта	Требования к объекту	НИОКР	РКД	ТПП	Заготовительное производство	Механическая обработка	Управление качеством напыляемого покрытия	Сборка	Контроль и испытание объекта	Сбор эксплуатационной информации	Стратегия обслуживания и ремонта	Выбор метода утилизации
Область использования методологии направленного выбора технологии повышения качества поверхностных слоев изделий												

Рис. 1 – Використовування методології направленої вибору технології підвищення якості поверхневого шару виробів на різних стадіях життєвого циклу.

На стадії висунення концепції і визначень обґрунтовується необхідність створення об'єкту і визначаються вимоги, що пред'являються до нього, у тому числі і до якості поверхневого шару, які оформляються у вигляді технічного завдання.

На стадії проектування і розробки, етапі розробки конструкторської документації (РКД), важливо знати методи, застосування яких може забезпечити необхідні характеристики поверхні і відповідно до цього призначити її якісні показники. На етапі технологічної підготовки виробництва знання методології управління якістю напильних покриттів деталей машин дозволяє планувати раціональну технологію отримання необхідних властивостей.

На основі одержаних результатів досліджень з'явиться можливість проектувати вибір раціонального способу отримання заготовок деталей.

Можливо вони виготовлятимуться з дешевших матеріалів із застосуванням енергозберігаючої термічної обробки або без неї.

Знаючи закономірності управління якістю напилюваного шару, з'являється можливість вибору оптимального технічно і економічно методу механічної обробки.

Вибір операцій збірки: зварка, склеювання, збірка з нагрівом і т.д. залежить від якості напиленого шару. Це приводить до глибшого аналізу складального процесу, оскільки на завершальних стадіях виробничого процесу остаточно формуються характеристики об'єкту, виробу.

Формування поверхневого шару із заданими характеристиками викликає зміну методів контролю і випробування об'єкту, виробу.

Знаючи якісний склад напиленого на деталь покриття, можна прогнозувати, в яких умовах виріб краще працюватиме, в яких гірше і на основі цього з'являється можливість управляти процесом раціональної експлуатації і обслуговування об'єкту, виробу.

Використовування методології управління якістю напилених покриттів на стадії ремонту виробів дозволяє більш економічно розв'язати проблему відновлення їх працездатності. На цьому етапі застосування результатів наукових досліджень дає значний економічний ефект.

Вибору методу раціональної утилізації виробів також виробляється на основі результатів досліджень, оскільки переробка виробів багато в чому залежить від складу і структури деталей, що становлять виріб.

Оптимізація – це вибір такого варіанту управління процесів газополум'яного напилення шляхом комбінування з іншими методами, при якому досягається екстремальне значення критерію, що характеризує якість управління. При цьому необхідно розділити два поняття: критерій оптимізації і критерій оптимальності. Критерій оптимізації або цільова функція – це критерій, який визначає якість управління процесом, а критерій оптимальності – його задана величина. У загальному вигляді задача оптимізації представляється у вигляді [7]:

$$Q' = \text{extr}_{f_0(\omega)} \{x \in D\}$$

при технологічних обмеженнях: $g(\omega) \geq 0; f(\omega) \geq 0; a_i \leq x_i \leq b_i$,

де $f_0(\omega)$ - критерій оптимізації, залежний від керованих x ; a_i, b_i - постійні.

По своєму призначенню оптимізація буває: структурна – призначена для оптимальної побудови структури (послідовності і кількості використовуваних методів) і параметрична – для призначення оптимальних параметрів технологій, використовуваних для отримання покриттів із заданими властивостями. Оптимізація може бути зовнішньою, реалізованою поза газополум'яною установкою, і внутрішньою, здійснюваною при нанесенні покриттів на установці.

Оптимізація може бути вибірковою, якщо оптимізується один або декілька керованих параметрів обробки, і комплексною, якщо оптимізують одночасно параметри газополум'яного наплення і комбінованого з ним методу. Оптимізація може виконуватися в детермінованій (статичній) постановці при постійних значеннях всіх вхідних в модель параметрів і стохастичній (динамічній) постановці при обліку вірогідності природи процесу газополум'яного наплення.

Беручи до уваги, що кожний з параметрів зміни якості покриття виробу протікає по своїх законах і у відповідних умовах, причому задана якість поверхні може бути досягнута невеликою кількістю методів, задачу оптимізації можна вирішувати методом лінійного програмування. При цьому будується мережева модель можливих методів, набір яких дозволяє одержати покриття заданої якості.

Мережеву модель використовують для знаходження оптимального варіанту. В цьому випадку застосовні стандартні алгоритми рішення задачі визначення найкоротшого шляху на мережі методом лінійного і динамічного програмування [8].

У виробничій системі з однієї заготовки можуть бути виготовлені декілька деталей або з декількох деталей може бути зібрано один виріб. Такі

процеси відображаються в мережевій моделі розмноженням або поглинанням заявок (момент надходження партій деталей) у відповідному вузлі. Мережа, в якій заявки розмножуються або поглинаються, називається нелінійною [9]. Досліджувати нелінійні стохастичні (динамічні) мережі можна тільки за допомогою імітаційного моделювання.

Стохастична мережа, усередині якої немає поглинання і розмноження заявок, називається лінійною. Важливою властивістю лінійних стохастичних мереж в сталому режимі є рівність інтенсивностей що входить в будь-який вузол потоку заявок і потоку, що виходить з того ж вузла [9].

На основі вищевикладеного можна зробити висновок, що наша мережева модель є лінійною.

Знаходження оптимального варіанту здійснюємо методом лінійного програмування. Задачу знаходження оптимального варіанту математично формулюється таким чином [8]:

мінімізувати

$$\sum_{j \in \text{сету}} \sum_{i \in \text{сету}} r_{ji} x_{ji}$$

при обмеженнях

$$\sum_{jk \in \text{сету}} x_{jk} - \sum_{ki \in \text{сету}} x_{ki} = \begin{cases} 1, & \text{для } k=И \text{ (витік);} \\ 0, & \text{для } k \text{ - проміжних;} \\ -1, & \text{для } k=С \text{ (стік),} \end{cases}$$

де для всіх дуг мережі; до – номер вершини мережі; jk – витік дуг з вершини до u вершину j ; ki – у вершину до u вершину i втікають дуги з попередніх вершин i .

При рішенні задач підвищення якості напілених газополум'яним методом покриття важливо враховувати не тільки вартісні, а також екологічні показники комбінованого процесу. В цьому випадку витрати на забезпечення необхідного рівня екологічних характеристик виробу враховуються в сумі загальних витрат. В той же час екологічні характеристики можуть бути використані в як самостійний критерій

оптимізації при виборі варіанту комбінування методів з більш економічно доцільних варіантів.

В процесі оптимізації можлива зміна складу комбінованих методів, вживаних для отримання покриття заданої якості, кількості шарів і технологічних режимів використовуваного устаткування.

На вищому рівні задача оптимізації може бути вирішена з урахуванням всіх стадій життєвого циклу об'єкту (вироби). Причому на окремих стадіях життєвого циклу об'єкту необхідно аналізувати позитивні і негативні моменти залежно від якості напиленого на поверхню покриття. Збільшення розмірності вирішуваної оптимізаційної задачі може привести до необхідності використання методу динамічного програмування.

У загальному вигляді модель проектування і вибору якості деталей виробу з урахуванням стадій життєвого циклу приведена на рис. 6 [6].

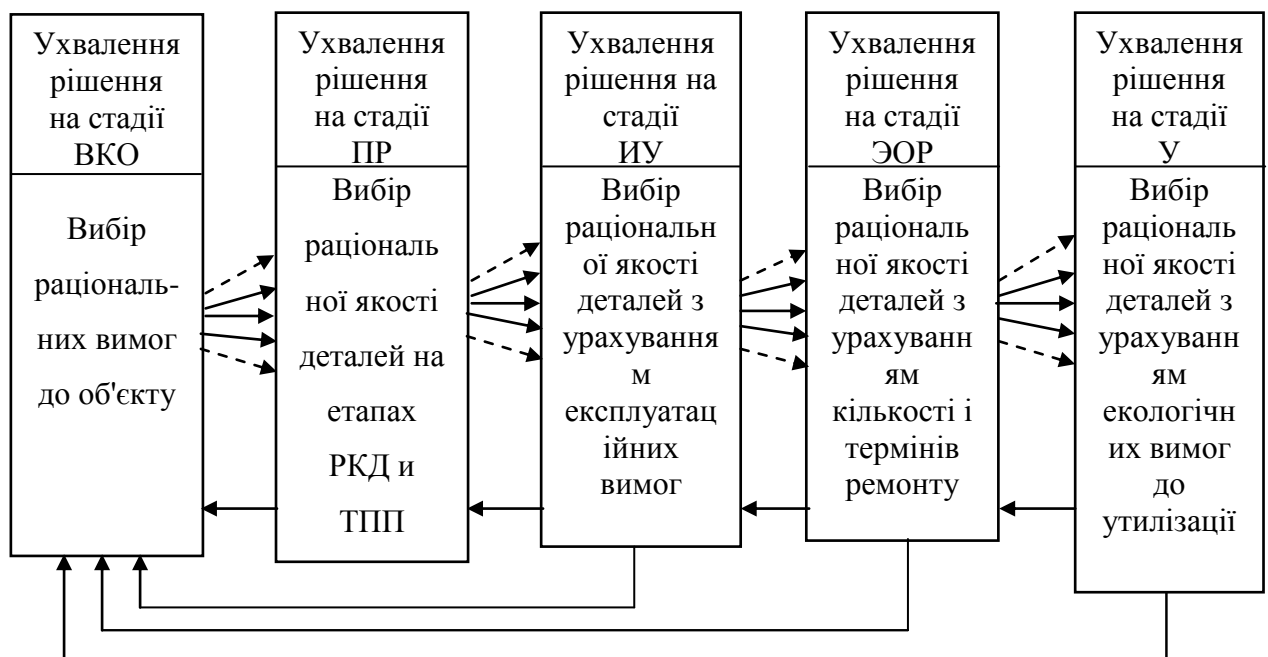


Рис. 2 – Модель багаторівневого процесу ухвалення рішення про якість деталей.

На кожному з рівнів проектування визначається декілька найраціональніших рішень. При ухваленні рішення на одному з рівнів кількість даних варіантів може бути різною.

Таким чином, багаторівневий підхід дає можливість спростувати складну задачу шляхом декомпозиції її на простіші, відповідні стадіям

життєвого циклу об'єкту, і тим самим скоротити число аналізованих варіантів.

На основі аналізу теоретичних основ існуючих технологій підвищення якості поверхневих шарів деталей розроблена методологія управління якістю поверхневих шарів деталей, які наносяться газополум'яним напилюванням, комбінованим з іншими технологіями.

Список використаних джерел

1. Увеличение ресурса работы деталей методом газотермического напыления покрытий / В. А. Григорян, В. М. Гусев, В. А. Жуков, М. В. Гусев // Технологии. Оборудование. Материалы : прил. к журн. "Экономика и производство". – 1999. – № 4. – С. 22–24.
2. Кудинов В.В. Нанесение покрытий напылением / В. В. Кудинов, Г. В. Бобров // Теория, технология и оборудование. – М. : Металлургия, 1992. – 302 с.
3. Лузан С. А. Совершенствование метода газопламенного нанесения покрытий / С. А. Лузан // Оборудование и технологии термической обработки металлов и сплавов: сб. докл. 7-ой междунар. конф. ОТТОМ-7. – Х., 2006. – Т. 3. –С. 182-183.
4. Технология восстановления и упрочнения наружных и внутренних поверхностей плазменным напылением / Г. М. Русев, В. В. Овсянников, С. М. Киселев, Н. Ф. Галюк // Автомат. сварка. – 2000. – № 12. – С. 61–62.
5. ДСТУ 2863-94 Надежность техники. Программа обеспечения надежности. – К. : Госстандарт Украины, 1994. – 37 с.
6. Лузан С. А. Системный подход к выбору упрочняющих технологий деталей машин для механизации сельскохозяйственного производства / С. А. Лузан // Вісн. Харк. нац. техн. ун-ту с.-г. – Х., 2007. – Т. 1, вип. 59 : Механізація сільськогосподарського виробництва. – С. 400–409.

7. Старков В. К. Обработка резанием. Управление стабильностью и качеством в автоматизированном производстве / В. К. Старков. – М. : Машиностроение, 1989. – 295 с.
8. Лебедевский М. С. Научные основы автоматической сборки / М. С. Лебедевский, В. Л. Вейц, А. И. Федотов. – Л. : Машиностроение, 1985 – 316 с.
9. Организационно-технологическое проектирование ГПС / В. О. Азбель, А. Ю. Звоницкий, В. Н. Каминский [и др.] ; под общ. ред. С. П. Митрофанова. – Л. : Машиностроение, Ленингр. отд-ние, 1986. – 294 с.

Лузан С.А. «Разработка методологии управления качеством поверхностных слоев деталей, которые наносятся газопламенным напылением, комбинированным с другими технологиями».

В статье представлена разработанная методология управления качеством поверхностных слоев деталей, которые наносятся газопламенным напылением, комбинированным с другими технологиями.

Кл. слова: газопламенное напыление, слой, качество

Лузан С.О. «Розробка методології управління якістю поверхневих шарів деталей, які наносяться газополум'яним напилюванням, комбінованим з іншими технологіями»

У статті представлена розроблена методологія управління якістю поверхневих шарів деталей, які наносяться газополум'яним напилюванням, комбінованим з іншими технологіями.

Кл. слова: газополум'яне напилювання, шар, якість

Luzan S. «Development methodology of quality management superficial layers of details, which are inflicted by flame spraying, combined with other technologies».

The developed methodology of quality management of superficial coatings of details which are inflicted by flame spraying, combined with other technologies is represented in the article.

Key words: flame spraying, coating, quality