

УДК 621.791

Самборський А. – ст. гр. ПМ-422ск

*Відокремлений структурний підрозділ "Тернопільський фаховий коледж"
Тернопільського національного технічного університету імені Івана Пулюя*

НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБІВ ЗМІЦНЕННЯ ПОВЕРХОНЬ НАПИЛЕННЯМ

Науковий керівник: Сенчишин Віт.С.

Samborsky A.

*Separate structural subdivision "Ternopil Professional College" of Ternopil
Ivan Puluja National Technical University*

DIRECTIONS FOR IMPROVING SURFACE STRENGTHENING METHODS BY SPRAYING

Supervisor: Senchyshyn Vit.S.

Ключові слова: напилення, зміцнення поверхонь, покриття, зносостійкість, адгезія
Keywords: spraying, surface strengthening, coatings, wear resistance, adhesion.

У сучасних умовах розвитку машинобудування, транспорту, енергетики, авіаційної техніки, металургійного та ремонтного виробництва дедалі більшого значення набуває проблема підвищення довговічності й надійності деталей, що експлуатуються за умов інтенсивного зношування, корозійної дії середовища, змінних навантажень і підвищених температур. Практика показує, що працездатність виробу визначається не лише властивостями основного матеріалу, а передусім станом і характеристиками поверхневого шару, який безпосередньо сприймає експлуатаційні впливи та контактує з навколишнім середовищем. Саме тому особливого значення набувають технології поверхневого зміцнення, серед яких методи напилення займають одне з провідних місць..

Методи напилення дозволяють формувати на поверхні деталей функціональні покриття із заданими властивостями без суттєвої зміни структури та геометрії основного матеріалу. Це створює можливість одночасного забезпечення високої зносостійкості, жаростійкості, корозійної тривкості, антифрикційних характеристик та відновлення розмірів спрацьованих поверхонь. До найпоширеніших способів зміцнення поверхонь напиленням належать газополуменеве, електродугове, плазмове, детонаційне, високошвидкісне газотермічне та холодне напилення. Кожен із цих методів має свої технологічні особливості, які визначають структуру покриття, рівень його адгезії до основи, пористість, залишкові напруження, товщину шару та економічну доцільність застосування. Саме тому вдосконалення способів напилення сьогодні розглядається як комплексне завдання, що поєднує матеріалознавчі, технологічні, конструктивні та організаційні аспекти.

Одним із головних напрямків удосконалення є підвищення якості формованого покриття. Для традиційних способів напилення характерними проблемами залишаються недостатня щільність шару, пористість, нерівномірність структури, локальне окиснення частинок та обмежена адгезійна міцність. Унаслідок цього сучасні дослідження спрямовані на оптимізацію температурно-швидкісних умов процесу,

стабілізацію траєкторії руху напилюваних частинок, покращення умов їх пластичної деформації при ударі об основу та формування більш однорідної мікроструктури покриття. Підвищення щільності й суцільності шару безпосередньо впливає на зростання його зносостійкості, корозійної тривкості та ресурсу роботи деталі.

Суттєве значення має також розроблення нових напилювальних матеріалів. У сучасних умовах зростає попит на розроблення та застосування композиційних, керамічних, металокерамічних та наноструктурованих матеріалів. Використання таких систем дозволяє отримувати покриття з наперед заданим поєднанням властивостей: високою твердістю, жаротривкістю, опором абразивному зношуванню, стійкістю до корозії та термоциклічного навантаження. Також, перспективним напрямком є розроблення градієнтних покриттів, у яких склад і структура змінюються по товщині шару, що дає змогу краще узгодити властивості поверхні та основного металу, зменшити внутрішні напруження й підвищити довговічність системи «основа–покриття».

Ще одним важливим напрямком удосконалення є зниження термічного впливу на основу. У багатьох випадках надмірне нагрівання деталі під час напилення може спричинити структурні зміни в основному металі, появу деформацій, зростання залишкових напружень або погіршення геометричної точності виробу. Тому значна увага приділяється розвитку методів, які дозволяють мінімізувати теплове навантаження, зокрема холодного газодинамічного напилення, де формування покриття відбувається переважно за рахунок високошвидкісного ударного ущільнення частинок без їх повного розплавлення. Такий підхід відкриває нові можливості для оброблення термочутливих матеріалів і відновлення деталей без ризику їх термічного пошкодження.

Перспективним напрямком є інтеграція процесів напилення з подальшою термічною, механічною або лазерною обробкою покриттів. Комбіновані технологічні схеми дозволяють усунути пористість, підвищити щільність шару, покращити його зчеплення з основою та забезпечити формування більш стабільного фазового складу. Післянапилювальне оплавлення, шліфування, фінішне зміцнення або локальна лазерна модифікація поверхні сприяють суттєвому підвищенню експлуатаційних характеристик покриттів і розширюють межі їх практичного використання. Не менш важливим напрямком удосконалення є автоматизація процесів напилення та впровадження цифрових систем керування. Використання програмованого обладнання, роботизованих комплексів, систем моніторингу температури та товщини покриття дозволяє підвищити повторюваність результатів, зменшити витрати матеріалу та покращити загальну економічну ефективність технології.

Список літератури.

1. Інженерія поверхні: підручник / К.А, Ющенко, Ю.С. Борисов, В.Д. Кузнецов, В.М. Корж. – Київ, Наукова думка, 2007. –557 с.
2. Gildersleeve E.J., et al. Thermally Sprayed Functional Coatings and Multilayers. *Journal of Thermal Spray Technology*. 2023;32(4):778-817.
3. Islam K.S., et al. Nanomaterial-based thermal spray coating technology. *Heliyon*. 2025.
4. Prashar G., et al. A comprehensive review on the analysis of adhesion characteristics in cold sprayed components. *Results in Surfaces and Interfaces* 16 (2024).