



якого може досягати 30 % від максимального значення $\sigma_{\max}$. Встановлено, що за критичних значень густини теплових потоків, характерних для умов розмірної (мікро- чи наномасштабної) обробки, обов'язковим є врахування граничної швидкості поширення тепла. Особливо це актуально при моделюванні температурного режиму, необхідного для формування наноструктур, зокрема у випадках короткочасної дії ЛВ та високих теплових потоків (понад 10^{10} Вт/м²). У таких умовах облік граничної швидкості теплопоширення призводить до збільшення температурних напружень у межах 10–20 %, що істотно впливає на вибір технологічних параметрів ЛВ, необхідних для забезпечення заданої наноструктури матеріалу.

Водночас за умов нижчих теплових потоків та тривалішої дії ЛВ приріст температурних напружень становить менше 10 %, що не справляє істотного впливу на вибір технологічних параметрів ЛВ. Отримані результати є актуальними для розробки технологічних процесів формування наноструктур на сталевих поверхнях, а також становлять теоретичну основу для подальших досліджень механізмів утворення наноструктур у плазмовому середовищі.

Перелік посилань

1. Prospects for producing nanostructures in the volume of parts under the action of plasma flows [Text] / G. Kostyuk, O. Melkozirova, E. Kostyuk, Yu. Shirokiy. // Development and tools in technological systems, KhNTU "KhPI". – 2020. – No. 92. – P. 107-121. doi: <https://doi.org/10.20998/2078-7405.2020.92.12>
2. Вибір технологічних параметрів лазера для отримання зміцнюючих покриттів з наноструктурами на інструментальній сталі У12А [Текст] / Ю. В. Широкий, Ю. О. Сисоєв, О. В. Торосян, Г. Д. Торосян-Жидєєва // Відкриті інформаційні та комп'ютерні інтегровані технології. – 2023. – Вип. 97. – С. 111-125. doi: <https://doi.org/10.32620/oikit.2023.97.07>

ПОРІВНЯЛЬНИЙ АНАЛІЗ МЕТОДІВ ОТРИМАННЯ ПОКРИТТІВ НА ВИРОБАХ І РІЗАЛЬНОМУ ІНСТРУМЕНТІ В МАШИНОБУДУВАННІ

О. В. Довженко, Ю. О. Сисоєв

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

Для підвищення функціональних характеристик (надійності, ресурсу та ін.) виробів і формоутворюючого інструмента в машинобудуванні широко застосовується нанесення на їх робочі поверхні покриттів різного призначення: зносостійких, жаростійких, надтвердих, корозійностійких, декоративних та з іншими властивостями [1-3]. Такі покриття можуть бути нанесені як фізичними методами осадження (PVD-методи), так і хімічними методами (CVD-методи).

В роботі було зроблено порівняльний аналіз сучасних методів нанесення покриттів з метою визначення ефективності їх застосування в тих чи інших випадках. Розглядалися такі методи нанесення покриттів:



- фізичне осадження покриттів з плазми, що генерується вакуумною дугою з інтегрально холодним катодом (PVD-метод);
- хімічне осадження з парової фази (CVD-метод), що використовує газоподібні сполуки або їх суміші для проходження хімічних реакцій на поверхні підкладки з утворенням на ній покриття;
- електроіскрове легування (ЕІЛ), в якому імпульсний розряд між електродами і інструментом створює умови для перенесення матеріалу покриття на оброблювану поверхню;
- плазмове напилення (ПН), в якому частинки матеріалу покриття, розігріті у плазмовому струміні плазмотрону потрапляють на оброблювану поверхню і з'єднуються з нею;
- лазерне легування та наплавлення (ЛЛН), в цих процесах використовуються два схожих, але функціонально різних метода лазерної обробки поверхні металів з застосуванням високоенергетичного лазерного проміння для локального нагріву матеріалу виробу з постійним переміщенням проміння лазера;
- селективне лазерне плавлення / 3D-друк покриттів (СЛН), в якому використовується адитивна технологія 3D-друку, яка дозволяє створювати металеві вироби або покриття шляхом пошарового плавлення порошкового матеріалу лазером.

В якості основних критеріїв, по яким проводився аналіз, були вибрані такі:

- товщина покриття, яку можливо гарантовано отримувати при збереженні якісних характеристик покриття;
- температура процесу, яка виникає на оброблюваній поверхні і яка може призводити до відпускання матеріалу основи;
- твердість покриттів, яку можна отримувати цим методом;
- вартість реалізації методу.

Результати аналізу розглянутих методів наведені у таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристики сучасних методів нанесення покриттів, які застосовуються у машинобудуванні

Метод	Твердість	Товщина покриття	Температура процесу	Вартість
PVD	Висока	1–5 мкм	200–500 °C	Середня
CVD	Висока	5–15 мкм	900–1100 °C	Висока
ЕІЛ	Середня	10–50 мкм	Локальне нагрівання	Низька
ПН	Висока	50–500 мкм	200–3000 °C	Середня
ЛЛН	Висока	50–200 мкм	>1000 °C	Висока
СЛН	Висока	Варіативна	Варіативна	Дуже висока



Висновок: з усіх сучасних методів нанесення покриттів найбільшу перевагу має PVD-метод, який забезпечує високу адгезію між покриттям і основою, дозволяє отримувати покриття високої твердості та потрібної товщини при середньому рівні затрат.

Перелік посилань

1. Андреев, А. О. Технологія машинобудування. Основи отримання вакуумно-дугових покриттів [Текст] : підруч. / А. О. Андреев, В. М. Павленко, Ю. О. Сисоєв. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2018. – 288 с.
2. Білик, І. І. Технологія нанесення покриттів та їх властивості [Текст] / І. І. Білик, С. О. Руденький. – Київ, КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2023. – 120 с.
3. Дубовий, О. М. Технологія наплення покриттів [Текст] : підруч. / О. М. Дубовий, А. М. Степанчук ; Національний ун-т кораблебудування ім. адмірала Макарова. - Миколаїв : НУК, 2007. - 236 с.
4. Воробйов, Ю. А. Правила оформлення навчальних і науково-дослідних документів [Текст] : навч. посіб. / Ю. А. Воробйов, Ю. О. Сисоєв ; 4-те вид., випр. і доп. – Харків : Нац. аерокосм. ун-т ім. М. Є. Жуковського «Харків. авіац. ін-т», 2019. – 88 с.

АНАЛІЗ ВИДІВ І ПРИЧИН ЗНОСУ ПРЕС-ФОРМ

Д. М. Нагорний, І. В. Зорік

*Національний аерокосмічний університет ім. М. Є. Жуковського
«Харківський авіаційний інститут»*

Прес-форми є ключовим елементом серійного виробництва авіаційних деталей, забезпечуючи високу точність, повторюваність та ефективність виготовлення компонентів з металів, композитів і пластмас.

Через складні експлуатаційні умови (механічні, термічні, хімічні навантаження) прес-форми інтенсивно зношуються, що знижує якість продукції, підвищує витрати та обмежує ресурс інструменту.

Основні типи зносу прес-форм:

- Абразивний знос: спричиняється тертям і твердими домішками, що пошкоджують поверхню форми.
- Адгезійний знос: виникає внаслідок прилипання та відриву часток матеріалу при високих температурах і тиску.
- Корозійний знос: обумовлений хімічними реакціями з агресивними середовищами (кисень, волога, реагенти).
- Термічний знос: спричинений циклічними змінами температури, що веде до мікротріщин та деградації структури металу.
- Кавітаційний знос: виникає під дією ударних хвиль від схлопування кавіт у рідкому середовищі.

Основні фактори, що впливають на знос: матеріал прес-форми, режими експлуатації (тиск, температура, навантаження), агресивність середовища, якість обробки та наявність захисних покриттів.

Методи контролю та оцінки зносу:

- Лінійні та масові вимірювання.
- Метод штучних баз.