

# РОЗДІЛ І. ПРИКЛАДНА МЕХАНІКА, МАТЕРІАЛОЗНАВСТВО ТА МАШИНОБУДУВАННЯ

DOI: 10.25140/2411-5363-2022-3(29)-7-14

УДК 621.81:621.9.04

**Сергій Клименко<sup>1</sup>, Сергій Рябченко<sup>2</sup>, Сергій Клименко<sup>3</sup>,  
Марина Копейкіна<sup>4</sup>, Андрій Манохин<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>доктор технічних наук, професор, член-кореспондент НАН України, заступник директора з наукової роботи, Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України (Київ, Україна)

E-mail: [atmu@meta.ua](mailto:atmu@meta.ua). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1464-3771>

ResearcherID: [Q-8928-2019](https://orcid.org/0000-0003-1464-3771). SCOPUS Author ID: [57221904325](https://orcid.org/0000-0003-1464-3771)

<sup>2</sup>кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу «Технології формування структурованих інструментальних композитів», Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України (Київ, Україна)

E-mail: [s.riabchenko@gmail.com](mailto:s.riabchenko@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4599-9810>. SCOPUS Author ID: [57216581604](https://orcid.org/0000-0002-4599-9810)

<sup>3</sup>кандидат технічних наук, старший науковий співробітник відділу «Технологічного управління якістю обробки інструментами із НТМ», Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України (Київ, Україна)

E-mail: [alcon1202@ukr.net](mailto:alcon1202@ukr.net). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7913-5519>

ResearcherID: [FFQ-3675-2022](https://orcid.org/0000-0002-7913-5519). SCOPUS Author ID: [57197629303](https://orcid.org/0000-0002-7913-5519)

<sup>4</sup>кандидат технічних наук, старший науковий співробітник, старший науковий співробітник відділу «Технологічного управління якістю обробки інструментами із НТМ», Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України (Київ, Україна)

E-mail: [atmu1@meta.ua](mailto:atmu1@meta.ua). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5956-5503>

ResearcherID: [FZY-5450-2022](https://orcid.org/0000-0002-5956-5503). SCOPUS Author ID: [36337661400](https://orcid.org/0000-0002-5956-5503)

<sup>5</sup>кандидат технічних наук, старший дослідник, старший науковий співробітник відділу «Технологічного управління якістю обробки інструментами із НТМ», Інститут надтвердих матеріалів ім. В. М. Бакуля НАН України (Київ, Україна)

E-mail: [the.manokhin@gmail.com](mailto:the.manokhin@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1479-8482>.

ResearcherID: [DGN-4506-2022](https://orcid.org/0000-0003-1479-8482). SCOPUS Author ID: [37059129600](https://orcid.org/0000-0003-1479-8482)

## СИСТЕМНІ УЯВЛЕННЯ ЩОДО МЕХАНІЧНОЇ ОБРОБКИ ДЕТАЛЕЙ З НАПЛАВЛЕНИМ ПОКРИТТЯМ

*Розглянуто питання механічної обробки деталей із наплавленим поверхневим шаром. Запропоновано загальні уявлення системного підходу до складної технічної системи, якою є механічна обробка наплавлених деталей із функцією виготовлення деталі з покриттям із мінімальними витратами згідно з вимогами до показників якості готового виробу. Визначено правило, за яким виробляється декомпозиція системи: об'єкти нижнього рівня декомпозиції системи обробки наплавленого покриття – це елементи, що визначають параметри взаємодії інструменту з деталлю та режими різання. Показано, що для опису системи обробки деталі з покриттям досить розглянути умовну інформаційну систему, що містить імітаційні та натуральні моделі – випадкового збудження, зношування різального інструменту, формування мікронерівностей на обробленій поверхні, а також формування технологічних характеристик процесу обробки. Наведено варіант схеми декомпозиції системи обробки наплавленого покриття.*

**Ключові слова:** система; наплавлене покриття; механічна обробка; декомпозиція; аналіз; синтез.

*Рис.: 1. Табл.: 1. Бібл.: 9.*

**Актуальність теми дослідження.** Одним із найбільш перспективних шляхів підвищення працездатності та довговічності машин та механізмів є широке застосування різних способів зміцнення їхніх деталей, які працюють в умовах тертя та зносу, наплавленням зносостійкими матеріалами [1; 2]. Це обумовлює проведення досліджень з підвищення ефективності виготовлення зміцнених виробів на всіх етапах їх виробництва.

**Постановка проблеми.** У більшості випадків, які мають відношення до виготовлення деталей машин, технологія наплавлення не є фінішною, а є елементом створювання заготовки, тому для отримання готового виробу є потреба в застосуванні методів механічної обробки, як лезової, так і абразивної. Тому важливим є визначення певних умов щодо проведення механічної обробки з урахуванням особливостей оброблюваного матеріалу.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Питанням механічної обробки деталей із наплавленими покриттями присвячена низка монографій [3–5], у яких узагальнено уявлення щодо особливостей процесів лезової та абразивної обробки, працездатності інструментів, якості оброблених виробів, наведено рекомендації із забезпечення процесів механічної обробки.

Наплавлені деталі значно гірше піддаються обробці різанням, ніж литі або прокат через значні значення показників механічних властивостей покриттів та їх нестабільність, складність та неоднорідність їхнього хімічного складу, великий перемінний припуск на обробку, можливу наявність в оброблюваному матеріалі твердих включень, раковин, пір. Тому вихідні показники процесу обробки (стійкість інструменту, продуктивність процесу обробки, якість оброблених деталей і т. ін.) залежать від величин параметрів, що визначають властивості покриттів, та від вибору способу обробки.

Зазначено, що для випадку наплавлених деталей має місце значна кількість факторів, які суттєво впливають як на ефективність їх виготовлення, так і на якість оброблених виробів – дуже важливим є урахування впливу на показники процесу механічної обробки стану технологічного обладнання, лезового або абразивного інструменту, особливостей форми наплавлених деталей, структури та властивостей наплавленого матеріалу й інших факторів.

**Виділення недосліджених частин загальної проблеми.** Для підвищення ефективності таких багатофакторних систем, як процес механічної обробки деталей із наплавленим поверхневим шаром, його необхідно розглядати з позицій системного підходу [6–8], що практично відсутнє в роботах із вказаної проблеми.

**Метою статті** є визначення загального системного підходу до забезпечення процесу механічної обробки деталей із наплавленим поверхневим шаром.

**Виклад основного матеріалу.** Система – це об'єкт, який має «системну» властивість, тобто властивість, якою не володіє жоден із елементів системи за будь-якого способу членування і не може виводитися з властивостей частин [8].

Поряд з елементами ( $M$ ) структура системи визначається відповідними властивостями цих елементів ( $P$ ) та зв'язками, що розглядаються як співвідношення між елементами ( $R$ ). Відповідно до цього, структура системи є безліччю  $C = \{M, P, R\}$ .

Зв'язки між системою та її оточенням являють собою входи  $\{X\}$  і виходи  $\{Y\}$ . Відповідно до Н. Вінера [9], входи та виходи системи можна поділити на три загальні категорії: речовина, енергія, інформація.

Функція системи для досягнення певної мети полягає в закономірному перетворенні входів  $\{X\}$  у виходи  $\{Y\}$ .

Відповідно до системних уявлень процес механічної обробки наплавлених покриття є складовою системи – процесу виготовлення деталі з покриттям  $S^*$ . До її складу входять система технологічної підготовки виробництва  $S_1$ , система виготовлення основи заготівлі  $S_2$ , система формування покриття  $S_3$ , система обробки покриття  $S_4$ , система контролю готового виробу  $S_5$ .

Функція системи  $S^*$  – це виготовлення деталі з покриттям, з мінімальними витратами та із забезпеченням показників якості готового виробу. Для потреб системи  $S^*$  система  $S_4$  виконує функцію обробки наплавленого покриття, тобто перетворює параметри заготовки з покриттям у параметри готового виробу з покриттям.

Кожен рівень декомпозиції системи можна визначити двомісним предикатом, складовими частинами якого є структура системи  $\delta$  і безліч входів  $X$ , що забезпечують виконання функції  $F_{S^*}$  [7]

$$\forall m \exists_R p_{S^*}^1 \{ \delta \wedge X \} \rightarrow F_{S^*} . \quad (1)$$

Предикат (1) на рівні всієї аналізованої системи визначається послідовною ідентифікацією таких предикатів на кожному рівні декомпозиції.

З мети аналізованої системи має бути визначено правило, за яким створюється її декомпозиція [7]. У нашому випадку воно постулюється наступним чином: об'єкти нижнього рівня декомпозиції системи обробки наплавленого покриття – це елементи, що визначають параметри взаємодії інструменту з деталлю та режими різання

$$\forall_M \exists_R p \{ S^{*l=\max} \supset_{i=1}^n S_i X \}. \tag{2}$$

На основі правила (2), декомпозиція системи виготовлення деталі з покриттям може бути представлена структурними рівняннями кожного рівня декомпозиції

$$\begin{aligned} 1 &= 0; S^* \\ 1 &= 1; S^* \subset S_1^{\wedge} S_2^{\wedge} S_3^{\wedge} S_4^{\wedge} S_5^{\wedge} \\ 1 &= 2; S_4 \subset M^{\wedge} T^{\wedge} W \\ 1 &= 3; M \subset UM^{\wedge} j_{st}M; T \subset GT^{\wedge} DT^{\wedge} j_{in}T; W \subset CW^{\wedge} KW^{\wedge} j_pW \end{aligned} \tag{3}$$

де  $M$  – верстат та пристосування;

$T$  – інструмент;

$W$  – наплавлений матеріал;

$j_{st}M, j_{in}T, j_pW$  – жорсткість верстату, пристосування, інструменту і деталі з покриттям відповідно;

$UM$  – умови різання;

$GT$  – геометричні параметри інструменту;

$DT$  – параметри взаємодії інструменту із заготовкою;

$CW$  – властивості наплавленого матеріалу;

$KW$  – геометричні характеристики наплавленої поверхні.

Система (3), спільно з (1), є структурно-ієрархічною моделлю системи виготовлення деталі з наплавленим покриттям.

Предметом системних досліджень є відносини  $R$  між елементами моделі, що породжують взаємозв'язки для доступності моделювання [7]. Взаємозв'язки між елементами моделі визначаються відношенням між функцією процесу  $F_{S^*}$  обробки покриття та об'єктами системи. На рис. 1 це відношення представлено графом, вершинами якого є безліч структур відповідному рівні декомпозиції системи ( $m$ ), безліч параметрів  $X$ , функція  $F_{S^*}$  і безліч вихідних параметрів  $W$ .

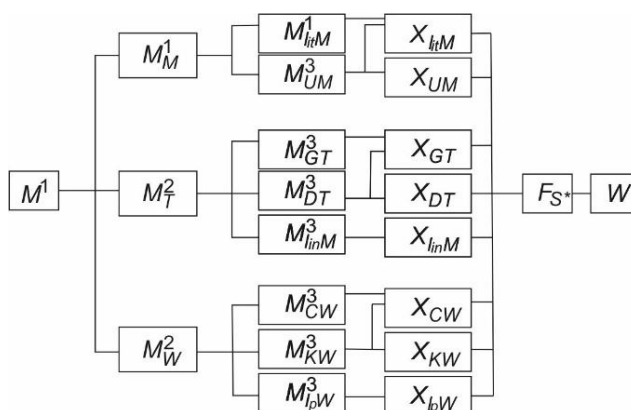


Рис. 1. Граф взаємозв'язків у системі

Структура параметричної моделі системи

$$X : \{ X_{j_{st}M}^{\wedge} X_{UM}^{\wedge} X_{GT}^{\wedge} X_{DT}^{\wedge} X_{j_{in}T}^{\wedge} X_{CW}^{\wedge} X_{KW}^{\wedge} X_{j_pW} \} \rightarrow F_{S^*} \rightarrow W, \tag{4}$$

де  $X_{j_{st}M}$  – множина параметрів жорсткості верстата і пристосування;

$X_{j_{st}M}$  – множина параметрів режимів різання;

$X_{GT}$  – множина геометричних параметрів інструменту;

$X_{DT}$  – множина параметрів взаємозв'язків інструмента із заготовкою;

$X_{j_{in}T}$  – множина параметрів жорсткості інструменту;

$X_{CW}$  – множина параметрів властивостей наплавленого матеріалу;

$X_{KW}$  – множина геометричних параметрів наплавленої поверхні;

$X_{j_pW}$  – множина параметрів жорсткості деталі із покриттям.

Множина  $X_i$  ідентифікується таким чином

$$\begin{aligned} X_{j_{st}M} &= \{j_1, j_2, j_3, j_4\}; \\ X_{UM} &= \{v, S, t\}; \\ X_{GT} &= \{\alpha, \gamma, \lambda, \delta, \varepsilon, \phi, \rho, r\}; \\ X_{DT} &= \{h_3, K, \theta, T\}; \\ X_{j_{in}T} &= \{j_{in} T\}; \\ X_{CW} &= \{M, D, \sigma_M^2, \sigma_D^2\}; \\ X_{KW} &= \{Rz, \sigma_{Rz}^2, Sm\}; \\ X_{j_pW} &= \{j_p\} \end{aligned} \quad (5)$$

де  $j_1, j_2, j_3, j_4, j_5$  – жорсткість передньої і задньої бабок верстату, супорту, пристосування, інструменту і деталі із покриттям відповідно;

$v, S, t$  – режими різання;

$\alpha$  – задній кут різця;

$\gamma$  – передній кут різця;

$\lambda$  – кут нахилу головної різальної кромки;

$\varepsilon$  – кут загострення різця;  $\phi$  – кут різця у плані;

$\rho, r$  – радіус заокруглення різальної кромки та радіус при вершині різця відповідно;

$h_3$  – ширина фаски зносу інструменту по задній поверхні;

$K, \theta$  – показники механічної та хімічної взаємодії в зоні контакту інструменту із наплавленим покриттям відповідно;

$T$  – стійкість інструменту;

$M, D$  – механічні властивості та хімічний склад наплавленого матеріалу відповідно;

$\sigma_M^2, \sigma_D^2$  – дисперсія механічних властивостей і вміст хімічних елементів в матеріалі покриття відповідно;

$Rz, Sm, \sigma_{Rz}^2$  – висота, крок, дисперсія параметрів нерівностей профілю наплавленої поверхні.

З урахуванням наявного досвіду та на підставі аналізу літературних джерел постулюємо, що для опису системи обробки деталі з покриттям  $S_4$  досить розглянути певну умовну інформаційну систему  $I_{S^*}$ , що включає імітаційні та натуральні моделі, які адекватно визначають зв'язки в системі

$$S_4 \forall_X \exists_R P \{ (R \leftrightarrow I_{S^*}) \rightarrow (\delta^X X) \}. \quad (6)$$

При цьому функція системи реалізується за рахунок вибору параметрів інструменту та оптимізації незалежних параметрів режиму різання як перетин їх множин на області можливих оптимальних значень та безлічі обмежень

$$(Z) \forall_X \exists_P : \left\{ (\delta^X) \rightarrow \left[ \Sigma \rightarrow \delta \right]^\wedge \text{opt}(X^Z) \right\}. \quad (7)$$

У таблиці наведено варіант схеми декомпозиції системи обробки наплавленого покриття S4.

Таблиця – Схема декомпозиції системи обробки наплавленого покриття

$l=0 (E_1)$	$l=1 (E_2)$	$l=2 (E_3)$	$l=3 (E_4)$
1	2	3	4
Процес обробки наплавленого покриття	1.1. Аналіз вимог до процесу	2.1. Вектор проектних параметрів системи 2.2. Вектор критеріїв якості системи	3.1. Вектор вхідних параметрів 3.2. Вектор вихідних параметрів 3.3. Вектор обмежень 3.4. Параметрична модель
	1.2. Вибір структури системи	2.3. Створення банку структур системи 2.4. Декомпозиція системи	3.5. Об'єкти системи 3.6. Об'єкти структурної моделі системи 3.7. Початкова структура системи 3.8. Граф взаємодії в системі
		2.5. Модель системи випадкового збудження	3.9. Характеристики підсистеми властивостей покриття 3.10. Характеристики підсистеми різання покриття 3.11. Характеристики підсистеми технологічного обладнання 3.12. Критерій оброблюваності покриття
		2.6. Модель зношування інструменту	3.13. Термодинамічні параметри хімічної взаємодії 3.14. Типи з'єднань у контакті 3.15. Уявлення щодо механізму зношування інструменту
	1.3. Розробка умовної інформаційної системи	2.7. Модель формування мікронерівностей обробленої поверхні	3.16. Вплив поруватості покриття на висоту мікронерівностей 3.17. Вплив вібрацій в зоні різання на висоту мікронерівностей 3.18. Вплив пластичної деформації матеріалу в зоні різання на висоту мікронерівностей 3.19. Параметри шорсткості поверхні деталі з покриттям
		2.8. Натурні моделі формування технологічних характеристик процесу	3.20. Термобаричні закономірності процесу різання покриття 3.21, 3.22. Методика вибору та комплекс властивостей матеріалу інструменту 3.23. Модель зв'язків умов обробки з параметрами стану поверхневого шару 3.24. Комплексна оцінка стану поверхневого шару покриття після обробки
	1.4. Розробка шляхів підвищення ефективності процесу обробки	2.9. Вектор цільових функцій 2.10. Завдання критеріїв 2.11. Конструкторське забезпечення процесу обробки	3.25. Модель зв'язку вихідних параметрів процесу різання з умовами додаткового енергетичного впливу 3.26. Модель вихідних параметрів процесу різання з МОТС 3.27. Модель керування вібраціями в зоні різання 3.28. Створення нових матеріалів для інструментів 3.29. Модель оптимізації процесу обробки 3.30. Конструкції інструментів для обробки 3.31. Конструкції пристосування для обробки

Завдання  $E_{11}$  вирішується за моделлю (4),  $E_{12}$  – за (1), (3) та графом на рис. 1, завдання  $E_{13}$  це опис умовної системи (6),  $E_{14}$  – (7).

Другий рівень декомпозиції передбачає наявність структури умовної системи. З урахуванням особливостей наплавленого матеріалу та умов його обробки структура системи описується декількома моделями – випадкового збудження  $D_{S^*}$ , яка розглядає об'єкт, що обробляється у взаємозв'язку з використовуваним технологічним обладнанням, зношування різального інструменту  $D_I$ , формування мікронерівностей на обробленій поверхні  $D_{Rz}$ , а також формування технологічних характеристик процесу обробки

$$D_N \forall x \exists P : \left\{ \min(R_{I_{S^*}}) \leftrightarrow (D_{S^*} \wedge D_I \wedge D_{Rz} \wedge D_N) \right\}. \quad (8)$$

де  $R_{I_{S^*}}$  – зв'язки в умовній системі.

Модель випадкового збудження є трирівневою. Перший рівень  $\{M_1\}$  зумовлений жорсткістю технологічного обладнання, пристосувань, інструменту та деталі (умовно – технологічного обладнання). Другий рівень  $\{M_2\}$  пов'язаний з наявністю на поверхні виробу з покриттям макро- і мікронерівностей, відхилень форми виробу і, обумовленими цими особливостями, контактування з різальним інструментом. Стосовно умов обробки коли з деталі видалено верхній нерівний шар покриття, вплив вихідних дефектів профілю визначається технологічною спадковістю. На третьому рівні  $\{M_3\}$  доцільно розглядати неоднорідність структури і механічних властивостей наплавленого матеріалу.

Порядок синтезу системи процесу обробки визначається рішенням морфологічного завдання, яке будується, наприклад, за наведеною схемою декомпозиції та регламентує послідовність вирішення завдань на кожному рівні декомпозиції з урахуванням показників взаємодії між елементами системи.

**Висновки.** Процес обробки наплавленого покриття має розглядатися з позицій системного аналізу. Об'єктами нижнього рівня декомпозиції системи є елементи системи, що визначають параметри взаємодії інструмента з деталлю та режими різання. Система описується такими моделями: випадкового збудження під час обробки покриття, зношування різального інструменту, формування мікронерівностей на обробленій поверхні, формування технологічних характеристик процесу.

Нестабільність хімічного складу і властивостей наплавленого матеріалу, наявність на наплавленій поверхні макро- і мікронерівностей, стан використовуваних технологічного обладнання та інструменту зумовлюють мінливість показників процесу механічного оброблення наплавлених деталей, працездатності інструменту, характеристик точності та якості оброблених деталей.

### Список використаних джерел

1. Наукоемкие технологии в машиностроении / А. Г. Суслов, Б. М. Базров, В. Ф. Безъязычный и др.; под ред. А. Г. Суслова. – М.: Машиностроение, 2012. – 528 с.
2. Технологические и эксплуатационные методы обеспечения качества машин / [В. Б. Альгин и др.]; под общ. ред. акад. П. А. Витязя; Нац. акад. наук Беларуси, Гос. ком. по стандартизации Респ. Беларусь. – Минск: Беларуская навука, 2010. – 108 с.
3. Обработка резанием деталей с покрытиями / С. А. Клименко, В. В. Коломиец, М. Л. Хейфец, А. М. Пилипенко, Ю. А. Мельничук, В. В. Бурыкин; под общей ред. С. А. Клименко. – К.: ИСМ им. В. Н. Бакуля НАН Украины, 2011. – 353 с.
4. Обработка и упрочнение поверхностей при изготовлении и восстановлении деталей / В. И. Бородавко [и др.]. – Минск: Белорусская наука, 2013. – 464 с.
5. Рыжов Э. В. Технологическое обеспечение качества деталей с покрытиями / Э. В. Рыжов, С. А. Клименко, О. Г. Гуцаленко. – К.: Наук. думка, 1994. – 181 с.
6. Дружинин В. В. Системотехника / В. В. Дружинин, Д. С. Конторов. – М.: Радио и связь, 1985. – 200 с.
7. Сторчак М. Г. Синтез технологических систем для отделочной обработки зубчатых колес: автореф. дис. ... д-ра техн. наук: 05.02.08 / Национальний технічний університет України «КПІ». – Київ, 1994. – 32 с.

8. Чихос Х. Системный анализ в трибонике / Х. Чихос; перевод с англ. С. А. Харламова. – М. : Мир, 1982. – 351 с.
9. Winner N. Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Mashine / Winner N. – The MIT Press, 1948.

### References

1. Suslova, A.G. (Ed.). (2012). *Naukoemkie tekhnologii v mashinostroyenii [Science-intensive technologies in mechanical engineering]*. Mashinostroenie.
2. Vityazyu, P.A. (Ed.) (2010). *Tekhnologicheskiye i ekspluatatsionnyye metody obespecheniya kachestva mashin [Technological and operational methods for ensuring the quality of machines]*. Belarus. navuka.
3. Klimenko, S.A., Kolomiyets, V.V., Kheyfets, M.L., Pilipenko, A.M., & Burykin, V.V. (2011). *Obrabotka rezaniyem detaley s pokrytuyami [Machining of coated parts]*. ISM NAN Ukrainy.
4. Borodavko, V.I., Ivashko, V.S., Klimenko, S.A., & Kheyfets, M.L. (2013). *Obrabotka i uprochneniye poverkhnostey pri izgotovlenii i vosstanovlenii detalei [Processing and hardening of surfaces in the manufacture and restoration of parts]*. Belarus. navuka.
5. Ryzhov, E.V., Klimenko, S.A., & Gutsalenko, Yu.G. (1994). *Tekhnologicheskoye obespechenie kachestva detalei s pokrytuyami [Technological assurance of the quality of parts with coatings]*. Nauk. dumka.
6. Druzhnin, V.V. (1985). *Sistemotekhnika [System engineering]*. Radio i sviaz.
7. Storchak, M.G. (1994). *Sintez tekhnologicheskikh sistem dlya otdelochnoy obrabotki zubchatykh koles [Synthesis of technological systems for finishing gears]*. [PhD dissertation; Natsionalniy tekhnichnyi universitet Ukrainy «KPI»].
8. Chikhos, Kh. (1982). *Sistemnyy analiz v tribonike [System analysis in tribonic]*. Mir.
9. Winner, N. (1948). *Cybernetics or Control and Communication in the Animal and the Mashine* The MIT Pressi.

Отримано 12.09.2022

UDC 621.81:621.9.04

**Sergiy Klymenko<sup>1</sup>, Serhiy Riabchenko<sup>2</sup>, Serhiy Klymenko<sup>3</sup>,  
Maryna Kopieikina<sup>4</sup>, Andriy Manokhin<sup>5</sup>**

<sup>1</sup>Dr. in Technical Science, professor, Corresponding Member of NAS of Ukraine, Deputy Director of Science V.N. Bakul Institute for Superhard Materials of the NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

E-mail: [atmu@meta.ua](mailto:atmu@meta.ua). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1464-3771>

ResearcherID: [Q-8928-2019](https://orcid.org/0000-0003-1464-3771). SCOPUS Author ID: [57221904325](https://orcid.org/0000-0003-1464-3771)

<sup>2</sup>PhD in Technical Sciences, Senior Researcher of the Department «Technologies of formation of structured tool composites» V.N. Bakul Institute for Superhard Materials of the NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

E-mail: [s.riabchenko@gmail.com](mailto:s.riabchenko@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4599-9810>. SCOPUS Author ID: [57216581604](https://orcid.org/0000-0002-4599-9810)

<sup>3</sup>PhD in Technical Sciences, Senior Researcher of the Department «Technological Control of the Quality of Machining Tools with SHM» V. N. Bakul Institute for Superhard Materials of the NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

E-mail: [alcon1202@ukr.net](mailto:alcon1202@ukr.net). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7913-5519>

ResearcherID: [FFQ-3675-2022](https://orcid.org/0000-0002-7913-5519). SCOPUS Author ID: [57197629303](https://orcid.org/0000-0002-7913-5519)

<sup>4</sup>PhD in Technical Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher of the Department «Technological Control of the Quality of Machining Tools with SHM»,

V.N. Bakul Institute for Superhard Materials of the NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

E-mail: [atmu1@meta.ua](mailto:atmu1@meta.ua). ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5956-5503>

ResearcherID: [FZY-5450-2022](https://orcid.org/0000-0002-5956-5503). SCOPUS Author ID: [36337661400](https://orcid.org/0000-0002-5956-5503)

<sup>5</sup>PhD in Technical Sciences, Senior Researcher, Senior Researcher of the Department «Technological Control of the Quality of Machining Tools with SHM», V.N. Bakul Institute for Superhard Materials of the NAS of Ukraine (Kyiv, Ukraine)

E-mail: [the.manokhin@gmail.com](mailto:the.manokhin@gmail.com). ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-1479-8482>.

ResearcherID: [DGN-4506-2022](https://orcid.org/0000-0003-1479-8482). SCOPUS Author ID: [37059129600](https://orcid.org/0000-0003-1479-8482)

### SYSTEM CONCEPTS REGARDING MECHANICAL PROCESSING OF PARTS WITH CLAD SURFACE LAYER

*The issues of mechanical processing of parts with clad surface layer are considered. The general concepts of the system approach to the complex technical system, which is the machining of welded parts with the function of manufacturing a coated part with minimal costs in accordance with the requirements for the quality of the finished product, are proposed. The rule by*

which the decomposition of the system is made is defined: the objects of the lower level of decomposition of the system of processing of the clad surface layer are the elements that determine the parameters of interaction of the tool with the part and the cutting modes. It is shown that to describe the processing system of a coated part, it is enough to consider a conditional information system containing simulation and natural models - random excitation, wear of the cutting tool, the formation of micron irregularities on the machined surface, as well as the formation of technological characteristics of the machining process. A variant of the decomposition scheme of the cladding processing system is presented. The model of random excitation, which is directly related to the processed clad product, is three-level and is caused by the rigidity of technological equipment, devices, tools and parts, the presence on the surface of the coated product of macro- and microirregularities, deviations in the shape of the product and, due to these features, contact with the cutting tool, inhomogeneity of the structure and mechanical properties of the deposited material.

The order of the synthesis of the system of the process of mechanical processing of welded parts is determined by the solution of the morphological problem, which is built according to the given decomposition scheme and regulates the sequence of solving problems at each level of decomposition, taking into account the indicators of interaction between the elements of the system.

**Keywords:** system; deposited coating; machining; decomposition; analysis; synthesis.

*Fig.: 1. Table: 1. References: 9.*