

МОДЕЛЮВАННЯ ПРОЦЕСУ СВЕРДЛІННЯ ІНСТРУМЕНТОМ З ПОКРИТТЯМ ДИСКРЕТНОЇ СТРУКТУРИ

¹Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

²Київський національний університет будівництва і архітектури

Анотація. Процес свердління в залежності від режимів різання та архітектури покриття, нанесеного методом електроіскрового легування (ЕІЛ) відноситься до задач управління процесом свердління, яка найефективніше вирішується методом математичного моделювання за експериментальними даними. Її рішення зводиться до відшукування за експериментальними даними функцій (моделей), які пов'язують вхідні параметри з досліджуваними вихідними параметрами процесу. При такій постановці ця задача відноситься до задач регресійного аналізу. Проте, застосування регресійного аналізу в якості метода математичного моделювання з невідомою структурою і широкою зміною вхідних параметрів призводить до неадекватних моделей. У зв'язку з цим для моделювання процесу свердління інструментом з покриттям глобулярної структури в дослідженнях був застосований метод, заснований на евристичній самоорганізації.

Ключові слова: процес різання, метод групового врахування аргументів, полімерні композиційні матеріали, покриття дискретного типу, сили різання.

Ефективність процесу свердління полімерних композиційних матеріалів (ПКМ) залежить від можливості оптимального керування ним. Застосування моделювання дозволяє описувати процес свердління ПКМ і відкриває широкі можливості оптимального управління ним.

Із багаточисельних алгоритмів МГВА в найбільшій мірі задовольняють вимогам одержання моделей процесів різання алгоритми побудови мультиплікативних моделей [1], до яких відносяться узагальнені алгоритми.

Накопичений досвід науки різання металів дозволяє припустити, що клас мультиплікативних моделей більш повно описує закони процесу різання. Це припущення підтверджене досвідом побудови моделей накопиченим НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського» з використанням модифікованого спрощеного алгоритму МГВА [2].

Перевагами алгоритму в порівнянні з іншими алгоритмами цього класу є:

- наявність можливостей розширення вектору вихідних даних, що призводять до одержання більш точного математичного опису;
- наявність апарату усунення колінеарності - прийому ортогоналізації.

В якості критерія селекції моделі в даному алгоритмі використовується критерій мінімуму зміщення:

$$n_{зм}^2 = \frac{1}{n} \sum_{j \in N} (y'_j - y'')^2 \rightarrow \min$$

Це дозволяє вирішувати задачу відновлення закону, прихованого в зашумлених експериментальних даних.

З метою використання цього алгоритму для моделювання процесів різання від опорних функцій був вибраний та розширений з врахуванням тих, що використовуються в різанні металів.

В основу алгоритму, що використовується для моделювання процесу свердління ВПКМ інструментом з покриттям дискретного типу глобулярної структури покладений модифікований

спрощений алгоритм МГВА. В даному алгоритмі передбачено розширення простору кожної змінної наступними узагальненими:

$$\frac{1}{\bar{X}}; \sqrt{\bar{X}}; \frac{1}{\sqrt{\bar{X}}}; \ln \bar{X}; \frac{1}{\ln \bar{X}}$$

В алгоритмі для моделювання зазначеного процесу простір розширений тільки за рахунок однієї узагальненої змінної - $\ln \bar{X}$.

Таким чином математична модель процесу свердління ВПКМ інструментом із ШР стали з покриттям глобулярної структури, нанесення способом ЕІЛ встановлює функціональний зв'язок в просторі $\bar{X}$, $\ln \bar{X}$ між значеннями товщини, що були виміряні покриття h , швидкості різання V , подачі S_0 та осьовою силою P_0 і шорсткістю поверхні R_a .

Встановлення зв'язку здійснюється за експериментальними даними, зведеними в таблицю (інформаційну матрицю). Отримання експериментальних даних здійснюється в наступні етапи:

- вибір границь змінних;
- побудова статичного плану експериментів;
- реалізація плану експериментів.

Похибка апроксимації на всій послідовності експериментальних даних в першу чергу залежить як від параметру (y) досліджуваного процесу (стійкість, сили різання, якість обробленої поверхні, температура і т.д.), так і від стану обладнання, вимірювальних приладів, методики вимірювання тещо. Тому в модифікованому спрощеному алгоритмі задається більша кількість рядів селекції. Це дозволяє більш точно врахувати вплив зазначених чинників на вибір оптимальної структури.

Із теорії різання відомо, що визначення параметрів процесу різання описується степеневими залежностями, які в логарифмічному просторі зв'язок між параметрами і досліджуваними змінними режиму різання перетворюють в лінійний [3, 4, 5]. Тому, як показав досвід при використанні модифікованого спрощеного алгоритму з розширення простору узагальнених змінних число рядів не перевищує п'яти. Це дає змогу при моделюванні процесу різання зменшити число рядів селекції до п'яти, що значно скорочує час на розрахунки для отримання оптимальної структури моделі.

Багаторічний досвід використання модифікованого спрощено алгоритму для моделювання різних процесів різання та виробничий на базі експериментальних даних згідно плану показує, що похибка апроксимацій, досліджуваних параметрів різання залежить від умов, в яких проводять експерименти. Так, наприклад, при вимірюванні сил різання різних видів обробка похибка апроксимації не перевищує 15%, а стійкості 30%.

Цим викликана необхідність в виробничих умовах проводити серію додаткових випробувань для визначення похибки апроксимації в умовах даного виробництва.

Наведені значення максимально допустимої похибки апроксимації при визначенні моделей сил різання та стійкості являють собою результат їх дослідження для різних видів різання. За цими значеннями можна оцінювати якість проведення спостережень (пасивний експеримент), які можуть бути використані для побудови моделей.

Таким чином, для одержання моделей процесу свердління ВПКМ був використаний модернізований спрощений алгоритм МГВА, модернізація якого полягала в зменшенні рядів селекції до п'яти замість десяти.

Крім того в процесі селекції «часткових» моделей із ряду в ряд на кожному визначається і оцінка точності цих моделей за похибкою апроксимацій на всій послідовності експериментальних даних. При перевищенні на п'ятому ряду вказаних значень похибки апроксимації проводяться аналіз причин і після їх усунення вимірювання відновлюються.

В цьому випадку задана похибка апроксимації відіграє роль перевірки умов проведення експериментів.

Побудови моделей за алгоритмом МГВА базується на експериментальних даних, які зведені в інформаційну матрицю.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Равська, Н. С. (1991). *Розробка прогресивних різальних інструментів на основі моделювання їх роботи методом самоорганізації*: дис. ... д-ра техн. наук. Київ, 372 с.
2. Luenberger, D. G., & Ye, Y. (2021). *Linear and Nonlinear Programming* (5th ed.). Springer.

3. Ковальова, Л. І., Дюбнер, Л. Г., Скринник, П. В. (2004). Основні положення алгоритму для моделювання процесу різання з урахуванням фізичних явищ, що його супроводжують. *Надійність інструменту та оптимізація технологічних систем* (ДДМА), № 15, С. 241–246.
4. Равська, Н. С., Клочко, А. А., Заковоротний, А. Ю., Корбут, С. В., Родін, Р. П. (2020). Нейронні мережі, що враховують фізичні явища, які супроводжують процес різання. *Mechanics and Advanced Technologies*, № 2 (89), С. 155–162.
5. Джиммі, У. К. (2016). Штучні нейронні мережі управління технологічними процесами. Частина 1. *Control Engineering*, № 3 (63), С. 62–66.

Корбут Євген Валентинович

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри конструювання машин
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського», м. Київ, korbut113@gmail.com

Парненко Валерія Сергіївна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри конструювання машин
Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут імені Ігоря
Сікорського», м. Київ, v.parnenko@kpi.ua

Ніколаєнко Тетяна Петрівна

кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри нарисної геометрії та інженерної графіки
Київський національний університет будівництва і архітектури, м. Київ,
tatyana.rodina@gmail.com

MODELING OF THE DRILLING PROCESS USING A TOOL WITH A DISCRETE STRUCTURE COATING

Abstract. *The drilling process, depending on the cutting modes and the architecture of the coating applied by the Electro-Spark Alloying (ESA) method, falls under the category of drilling process control tasks. These are most effectively solved through mathematical modeling based on experimental data. The solution involves identifying functions (models) that link the input parameters with the investigated output parameters of the process. In this formulation, the task pertains to regression analysis. However, using regression analysis as a mathematical modeling method with an unknown structure and a wide range of input parameter variations often leads to inadequate models. Therefore, a method based on heuristic self-organization was employed in the study to model the drilling process using a tool with a globular-structure coating.*

Keywords: cutting process, group method of data handling (GMDH), polymer composite materials, discrete-type coating, cutting forces.

Yevhen Valentynovych Korbut

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Machine Design
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv
korbut113@gmail.com

Valeriia Serhiivna Parnenko

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Machine Design
National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute", Kyiv
v.parnenko@kpi.ua

Tetyana Petrivna Nikolenko

PhD in Technical Sciences, Associate Professor,
Associate Professor at the Department of Descriptive Geometry and Engineering Graphics
Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv
tatyana.rodina@gmail.com