

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ГЕОМЕТРІЇ ТОКАРНОГО РІЗЦЯ НА ЙОГО СТІЙКІСТЬ ЗАСОБАМИ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено повний трифакторний експеримент і побудовано математичну модель залежності стійкості токарного різця від його геометрії, а саме від переднього кута, заднього кута та головного кута в плані при чорновому розточуванні заготовки з високолегованої сталі на заданих режимах. Адекватність визначеної залежності для розгляданого діапазону рівнів факторів підтверджена за критерієм Фішера.

Ключові слова: механічна обробка, геометрія токарного різця, стійкість різця, планування експерименту, повний факторний експеримент, критерій Фішера.

Abstract

A complete three-factorial experiment and a mathematical model of dependence of the stability of the turning tool on its geometry, namely, from the front angle, back angle and the entering angle for rough boring bars of high-alloy steel to specified conditions. The adequacy of a certain relationship for the considered range of factor levels is confirmed by the Fisher test.

Keywords: machining, lathe tool geometry, tool durability, design of experiments, the full factorial experiment, Fisher test.

Вступ

До основних ріжучих інструментів, які використовуються при токарній обробці, відноситься різець, геометричні параметри якого визначають його технічні можливості, точність і ефективність обробки. Правильний вибір кутів різця збільшує як тривалість експлуатації інструменту, так і продуктивність обробки [1]. Дослідити вплив геометрії різця на його стійкість можна за допомогою методу математичного планування експерименту. Цей метод дозволяє скоротити кількість дослідів, отримати кількісні оцінки впливу окремих факторів і їх взаємодії на параметр, який досліджується, встановити оптимальні значення параметрів процесу або оптимальні значення параметрів інструменту [2–3].

Метою дослідження є встановлення впливу переднього кута γ , заднього кута α та головного кута в плані φ на стійкість T токарного різця при обробці високолегованої сталі на заданих режимах за допомогою математичного планування експерименту.

Планування експерименту і побудова математичної моделі у разі повного факторного експерименту включає вирішення таких завдань: вибір локальної області і меж визначення факторів; завдання нульового рівня в багатовимірному факторному просторі; вибір інтервалів варіювання факторів; проведення експерименту; побудова математичної моделі, що виражає залежність вихідного параметра від вхідних факторів.

Результати дослідження

Експеримент проводився при чорновому розточуванні заготовки з високолегованої сталі на заданих режимах. Для реалізації повного трифакторного експерименту фактори γ , α , φ відповідно позначено через x_1 , x_2 , x_3 . На основі апріорної інформації вибрано основні рівні та інтервали варіювання факторів (табл. 1).

Таблиця 1 – Рівні та інтервали варіювання факторів

Рівні факторів	Кодове позначення	передній кут γ , град	задній кут α , град	головний кут в плані φ , град
		x_1	x_2	x_3
Основний	0	-5	12	35
Інтервал варіювання	не позначається	2	2	10
Верхній	+1	-3	14	45
Нижній	-1	-7	10	25

Для зручності запису умов досліду і обробки експериментальних даних виконано кодування факторів, тобто переведено натуральні значення рівнів факторів в кодові безрозмірні величини за формулою $x_i = (x_i - x_{i0}) / \Delta x_i$, де x_i – кодове значення i -го фактора; x_i – натуральне значення i -го фактора; x_{i0} – початковий (основний) рівень фактора; Δx_i – інтервал варіювання i -го фактора.

Прийняту в якості параметра оптимізації стійкість T різця позначено через y . Для оцінки впливу вибраних факторів на параметр оптимізації і математичного опису розглядуваного процесу доцільно використовувати лінійну модель

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (1)$$

Отримана матриця планування і результати досліджень показано в таблиці 2.

Таблиця 2 – Матриця планування і результати дослідження

Номер досліду	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	y , хв.
1	+1	-	-	-	+	+	+	-	38,9
2	+1	+	-	-	-	-	+	+	23,2
3	+1	-	+	-	-	+	-	+	36,8
4	+1	+	+	-	+	-	-	-	43,3
5	+1	-	-	+	+	-	-	+	35,1
6	+1	+	-	+	-	+	-	-	19,4
7	+1	-	+	+	-	-	+	-	31,6
8	+1	+	+	+	+	+	+	+	39,4

Значення коефіцієнтів математичної моделі знайдено за формулою

$$b_i = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij} y_j}{n}, \quad (2)$$

де x_{ij} – кодові значення факторів (± 1) i -го фактору в j -му досліді; y_j – значення параметру оптимізації в j -му досліді; n – число дослідів в матриці планування.

Так вільний член b_0 розраховано за формулою

$$b_0 = \frac{\sum_{j=1}^n x_{ij} y_j}{8} = (38,9 + 23,2 + 36,8 + 43,3 + 35,1 + 19,4 + 31,6 + 39,4) / 8 = 33,463.$$

Аналогічно визначено інші коефіцієнти та отримано наступні їх значення:

$$b_1 = -2,138; \quad b_2 = 4,313; \quad b_3 = -2,088; \quad b_{12} = 5,713; \quad b_{13} = 0,163; \quad b_{23} = -0,188; \quad b_{123} = 0,163.$$

Дисперсію S_y^2 відтворюваності експерименту за результатами чотирьох дослідів в центрі плану визначено за відомими формулами [3].

Після перевірки статистичної значущості коефіцієнтів, виконаної за критерієм Стьюдента [3], і нехтування статистично незначущими коефіцієнтами, рівняння (1) можна записати у вигляді

$$\hat{y} = 33,463 - 2,138x_1 + 4,313x_2 - 2,088x_3 + 5,713x_1x_2. \quad (3)$$

Перевірку гіпотези адекватності математичної моделі виконано по F -критерію Фішера. Для цього знайдено розрахункове значення критерію $F_{роз}$. Так як $F_{роз} < F_{табл.}$, то модель, представлена рівнянням (3), адекватна.

Висновки

1. Проведено повний трифакторний експеримент і побудовано математичну модель залежності стійкості токарного різця T від таких параметрів, як передній кут γ , задній кут α та головний кут в плані φ різця.

2. Отримана математична модель підтверджує значущість впливу вибраних факторів γ (x_1), α (x_2) і φ (x_3), а також ефекту взаємодії γ і α (x_1x_2).

3. Виявлено, що найбільший вплив на стійкість T різця здійснює задній кут α , при чому зі збільшенням величини заднього кута α стійкість різця збільшується, оскільки коефіцієнт b_2 вийшов додатнім.

При збільшенні величини переднього кута γ і головного кута в плані φ стійкість різця зменшується (коефіцієнти b_1 і b_3 – від'ємні), але вплив цих факторів менш значний, ніж вплив заднього кута α , оскільки $b_3 < b_1 < b_2$.

4. Адекватність визначеної залежності для розглядуваного діапазону рівнів факторів підтверджена за критерієм Фішера.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Технология конструкционных материалов / А. М. Дальский, И. А. Артюнова, Т. М. Барсуков [и др.] – М. : Машиностроение, 1977. – 664 с.
2. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 280 с.
3. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А. А. Спиридонов. – М. : Машиностроение, 1981. – 184 с.

Сивак Іван Онуфрійович – д-р техн. наук, професор, професор кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: sivak_i_o@mail.ru;

Репінський Сергій Володимирович – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, e-mail: repinskyisv@gmail.com;

Веклюк Антон Олександрович – студент групи ІПМ-16м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Sivak Ivan O. – Dr. Sc. (Eng.), Professor, Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: sivak_i_o@mail.ru;

Repinskyi Serhii V. – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: repinskyisv@gmail.com;

Veklyuk Anton O. – Student of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.