

Ю. А. Буренніков
Ж. П. Дусанюк
С. В. Репінський
О. В. Баденюк
Є. А. Лень

АНАЛІЗ ВПЛИВУ ФАКТОРІВ ПРОЦЕСУ РІЗАННЯ НА ШОРСТКІСТЬ ОБРОБЛЕНОЇ ПОВЕРХНІ ЗА ДОПОМОГОЮ МАТЕМАТИЧНОГО ПЛАНУВАННЯ ЕКСПЕРИМЕНТУ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Проведено повний трифакторний експеримент для побудови математичної моделі залежності шорсткості обробленої діаметральної поверхні деталі «Вал» при точінні від таких параметрів, як швидкість, подача та глибина різання. Адекватність визначеної залежності для розглядуваного діапазону рівнів факторів підтверджена за критерієм Фішера.

Ключові слова: механічна обробка, точіння, шорсткість, планування експерименту, повний факторний експеримент, критерій Фішера.

Abstract

A complete three-factor experiment was performed to construct a mathematical model for the dependence of the roughness of the machined diametrical surface of the «Shaft» part when turning from parameters such as speed, feed and depth of cutting. The adequacy of a certain relationship for the considered range of factor levels is confirmed by the Fisher test.

Keywords: machining, turning, roughness, design of experiments, the full factorial experiment, Fisher test.

Вступ

Шорсткість характеризує якість поверхні та суттєво впливає на експлуатаційні властивості деталей машин. В процесі обробки матеріалів різанням основними факторами, що зумовлюють шорсткість оброблених поверхонь є метод, режими обробки, матеріал деталі, геометрія різальної кромки інструмента, пластичні та пружні деформації матеріалу тощо. Шорсткість залежить від великого числа контрольованих і неконтрольованих факторів. Тому при її дослідженні процес різання доцільно розглядати з ймовірно-статистичних позицій, а при експериментальних дослідженнях застосовувати методи планування експерименту, що базуються на ідеях математичної статистики [1–4].

Мета роботи – дослідження впливу факторів процесу різання при точінні на шорсткість обробленої діаметральної поверхні деталі «Вал» за допомогою математичного планування експерименту.

Планування експерименту і побудова математичної моделі передбачає вирішення таких завдань: встановлення граничних значень та нульового рівня факторів; вибір матриці планування експерименту; проведення експериментальних дослідів; розрахунок коефіцієнтів та побудова математичної моделі; статистичний аналіз математичної моделі.

Результати дослідження

Розглядається деталь «Вал», зовнішня діаметральна поверхня якої обробляється точінням на токарному верстаті. Аналізується вплив наступних факторів: швидкості v , подачі S і глибини t різання на шорсткість обробленої поверхні Ra .

Всі вибрані фактори відповідають наступним обов'язковим вимогам: керованості, незалежності та сумісності по відношенню один до одного.

Вибрані фактори ν , S , t відповідно позначено через x_1 , x_2 , x_3 . Перед початком експериментальних дослідів вибрано основні рівні та інтервали варіювання факторів, які наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Кодові значення рівнів факторів

Рівні факторів	Кодове позначення	ν , м/хв	S , мм/об	t , мм
		x_1	x_2	x_3
Основний	0	102,7	0,45	2,55
Інтервал варіювання		53,7	0,35	2,45
Верхній	+	156,4	0,8	5,0
Нижній	–	49	0,1	0,1

Зв'язок між кодованим та дійсним значенням фактора задається виразом

$$x_i = (\tilde{x}_i - x_{i0}) / \Delta x_i, \quad (1)$$

де x_i – кодове значення i -го фактора; $\tilde{x}_i$ – натуральне значення i -го фактора; x_{i0} – початковий (основний) рівень фактора; $\Delta x_i = (x_{i\max} - x_{i\min}) / 2$ – інтервал варіювання i -го фактора. Тут $x_{i\max}$ і $x_{i\min}$ – поточні значення верхнього і нижнього рівнів i -го фактора.

Прийняту в якості параметра оптимізації шорсткість Ra позначено через y . Для оцінки впливу обраних факторів на параметр оптимізації і математичного опису розглядуваного процесу в якості моделі використано поліном виду

$$y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3. \quad (2)$$

Для проведення експерименту прийнято матрицю планування, в якій рядки відповідають різним незалежним дослідом, а стовпці – рівням факторів.

Матриця планування повного трифакторного експерименту та результати дослідів показано в табл. 2.

Таблиця 2 – Матриця планування і результати дослідів

Номер дослідів	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$	$\bar{y}$
1	+1	–	–	–	+	+	+	–	3,193
2	+1	+	–	–	–	–	+	+	0,633
3	+1	–	+	–	–	+	–	+	6,277
4	+1	+	+	–	+	–	–	–	2,507
5	+1	–	–	+	+	–	–	+	3,217
6	+1	+	–	+	–	+	–	–	1,250
7	+1	–	+	+	–	–	+	–	12,493
8	+1	+	+	+	+	+	+	+	6,327

При виконанні плану експерименту з метою підвищення точності заміру величини шорсткості обробленої поверхні (параметра оптимізації) проведено 3 паралельних дослідів при незмінних режимах та обчислене середнє значення.

За результатами дослідів розраховано дисперсію паралельних дослідів S_j^2 , дисперсію відтворюваності $S^2(y)$ та коефіцієнти математичної моделі (2).

Після розрахунку всіх коефіцієнтів і їх підстановки в рівняння (2) отримано

$$\hat{y} = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{12}x_1x_2 + b_{13}x_1x_3 + b_{23}x_2x_3 + b_{123}x_1x_2x_3 =$$

$$= 4,487 - 1,808x_1 + 2,414x_2 + 1,335x_3 - 0,676x_1x_2 - 0,225x_1x_3 + 1,174x_2x_3 - 0,374x_1x_2x_3. \quad (3)$$

Перевірку статистичної значущості коефіцієнтів виконано за критерієм Стюдента [2, 3]. Розрахунки показали, що в рівнянні (3) статично незначущих коефіцієнтів немає.

Тоді рівняння (3) можна записати у розгорнутому вигляді з використанням натуральних значень факторів

$$Ra = 4,487 - 1,808 \frac{v - 102,7}{53,7} + 2,414 \frac{S - 0,45}{0,35} + 1,335 \frac{t - 2,55}{2,45} - 0,676 \left(\frac{v - 102,7}{53,7} \right) \left(\frac{S - 0,45}{0,35} \right) -$$

$$- 0,225 \left(\frac{v - 102,7}{53,7} \right) \left(\frac{t - 2,55}{2,45} \right) + 1,174 \left(\frac{S - 0,45}{0,35} \right) \left(\frac{t - 2,55}{2,45} \right) - 0,374 \left(\frac{v - 102,7}{53,7} \right) \left(\frac{S - 0,45}{0,35} \right) \left(\frac{t - 2,55}{2,45} \right), \quad (4)$$

Адекватність отриманого рівняння перевірено за критерієм Фішера [2, 3].

Висновки

1. Проведено повний трифакторний експеримент і побудовано математичну модель залежності шорсткості Ra діаметральної поверхні деталі «Вал» при точінні на токарному верстаті від таких параметрів, як швидкість v , подача S і глибина t різання.

2. Отримана математична модель підтверджує значущість впливу вибраних факторів $v(x_1)$, $S(x_2)$ і $t(x_3)$, а також ефектів їх взаємодії.

3. Виявлено, що зі збільшенням подачі S та глибини різання t шорсткість обробленої поверхні зростає, оскільки коефіцієнти b_2 і b_3 вийшли додатними. При цьому більший вплив в діапазоні вибраних рівнів варіювання факторів має подача S ($b_2 > b_3$).

При збільшенні швидкості різання v шорсткість обробленої поверхні зменшується (коефіцієнт b_1 – від’ємний), але вплив цього фактора менш значний, ніж вплив подачі S , але більш значний ніж вплив глибини різання t , оскільки $b_3 < b_1 < b_2$.

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

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Базаров Б. М. Основы технологии машиностроения : Учебник для вузов. – М. : Машиностроение, 2005. – 736 с.
2. Спиридонов А. А. Планирование эксперимента при исследовании технологических процессов / А. А. Спиридонов. – М. : Машиностроение, 1981. – 184 с.
3. Адлер Ю. П. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий / Ю. П. Адлер, Е. В. Маркова, Ю. В. Грановский. – М. : Наука, 1976. – 280 с.
4. Грановский Г. И. Обработка результатов экспериментальных исследований резания металлов / Г. И. Грановский. – М. : Машиностроение, 1982. – 112 с.

Бурсенніков Юрій Анатолійович – канд. техн. наук, професор, декан Факультету машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця;

Дусанюк Жанна Павлівна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри технологій та автоматизації машинобудування, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця;

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

Баденюк Олексій Васильович – студент групи ІПМ-17м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця;

Лень Євгеній Анатолійович – студент групи ІПМ-17м, факультет машинобудування та транспорту, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця.

Buriennikov Yurii A. – Cand. Sc. (Eng), Professor, Dean of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Dusaniuk Zhanna P. – Cand. Sc. (Eng.), Assistant Professor, Assistant Professor of the Department of Technology and Automation of Mechanical Engineer, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

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;

Badenyuk Oleksii V. – Student of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia;

Len Yevhenii A. – Student of the Faculty of Mechanical Engineering and Transport, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia.