

УДК 621.19

В.И. Курдюков, А.К. Остапчук, Д.А. Маслов, В.Е. Овсянников, Е.Ю. Рогов

ВЫЯВЛЕНИЕ ФАКТОРОВ ЗНАЧИМО ВЛИЯЮЩИХ НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Введение. Установлено, что на образование шероховатости поверхности в процессе обработки оказывает влияние значительное число технологических факторов. Основными среди них являются: скорость резания, подача инструмента, глубина резания, геометрия инструмента (главный угол в плане, передний угол и т.д.), износ инструмента, материал детали и инструментальный материал. В технической литературе отмечается, что данные факторы влияют на шероховатость в разной степени – одни сильнее, другие слабее, однако значимость влияния тех или иных факторов в литературе освещена слабо [1,2].

Для эффективного управления процессом обработки, необходимо иметь четкое представление о влиянии тех или иных факторов на величину шероховатости поверхности. Важность этой про-

блемы значительно возрастает вместе с общим развитием всего машиностроительного производства, т.к. одной из основных тенденций этого развития является непрерывное повышение требований к качеству выпускаемой продукции, а обеспечение требуемой величины шероховатости поверхности во многом позволяет обеспечить требуемые эксплуатационные характеристики изделий, что в свою очередь влияет и на качество продукции в целом.

Постановка задачи. Главной задачей работы является выявление факторов, которые оказывают значимое влияние на величину шероховатости поверхности.

Основные результаты работы. В работе проводилось исследование значимости влияния технологических факторов на величину шерохо-

Таблица 1. Уровни варьирования факторов

Фактор	Скорость резания V , м/мин	Подача S , мм/об	Глубина t , мм	Угол в плане, φ	Износ инструмента u , мм	Радиус при вершине r , мм	Материал инструмента	Твердость обраб. материала, НВ
Кодовое обозначение	X_1	X_2	X_3	X_4	X_5	X_6	X_7	X_8
Верх. ур. +	250	0.21	0.3	90	0.5	3	T15K6	450
Нижн. ур. -	150	0.07	0.08	30	0	0.5	BK8	150

Таблица 2. Матрица планирования отсеивающего эксперимента

№ опыта	Фактор								Шероховатость поверхности
	V	S	t	φ	u	r	Матер. инстр.	Твердость обраб. материала	Ra
1	+	+	-	-	+	-	+	-	1.9
2	+	+	+	+	-	+	+	-	6.58
3	-	+	-	-	+	+	-	+	0.9
4	-	-	+	+	+	-	-	+	4
5	+	-	+	-	-	+	-	-	5.51
6	+	-	+	-	+	+	-	-	0.7
7	-	-	-	-	-	+	-	+	1.9
8	-	+	-	+	-	-	+	+	20
9	+	-	-	-	-	+	-	+	1.45
10	-	+	+	+	-	+	-	-	5.75
11	+	-	+	-	-	-	+	-	1.1

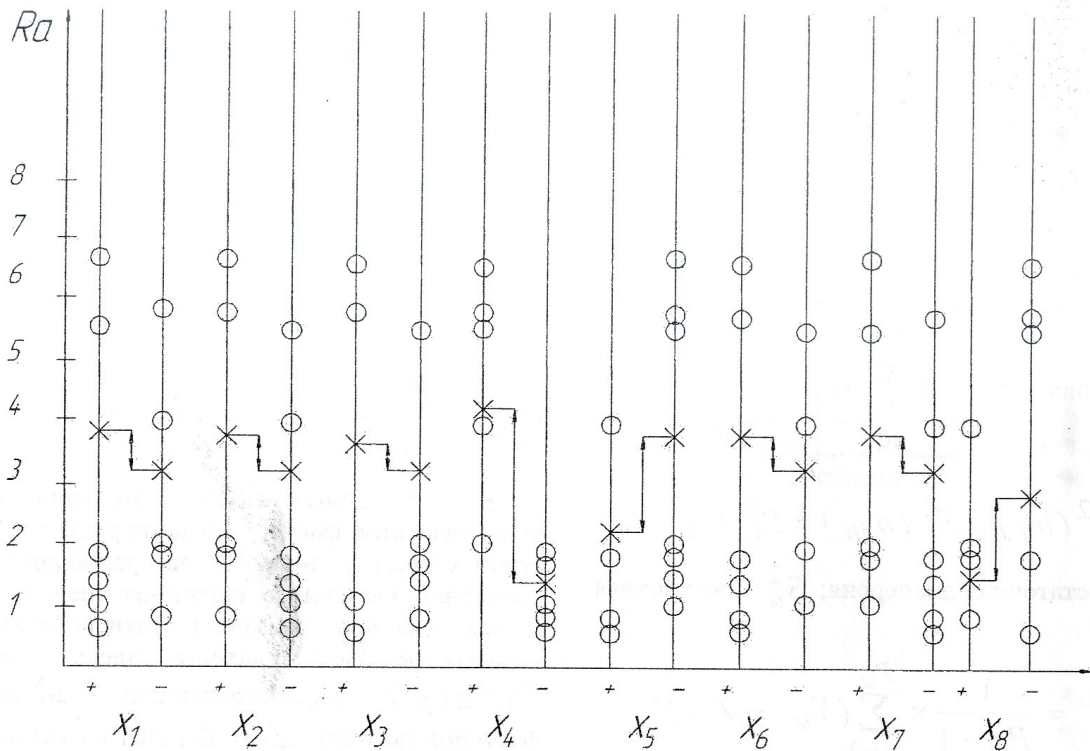


Рис.1. Диаграмма рассеяния

ватости поверхности при чистовой токарной обработке. Для решения поставленной задачи были проведены отсеивающие эксперименты, которые основаны на методе сверхнасыщенных планов [3-6]. Предполагалось, что число факторов, влияющих на процесс обработки и в конечном итоге на выходные параметры шероховатости поверхности X и их парных взаимодействий $x_j \times x_h$ меньше, чем число коэффициентов регрессионной модели:

$$Y = b_0 + \sum_{j=1}^k b_j \times x_j + \sum_{j=1}^k b_j \times h \times x_j \times x_h, h \neq j$$

Перед построением матрицы отсеивающих экспериментов были назначены уровни варьирования факторов (табл. 1). Здесь фактор X_7 задан качественно. Сделано это потому, что отразить весь комплекс свойств, которые присущи конкретной марке твердосплав количественно достаточно сложно. Для характеристики износа инструмента (фактор X_5) в работе используется ширина фаски износа резца по задней поверхности.

Матрица планирования отсеивающих экспериментов и результаты эксперимента представлены в табл. 2. Обработка результатов согласно сверхнасыщенному плану экспериментов проводилась при помощи диаграммы рассеяния значений отклика для отдельных эффектов [4-6]. На рис. 1 приведена диаграмма рассеяния значений отклика по уровням 8 факторов.

Для приближенной количественной оценки влияния выделенных факторов строились вспомогательные таблицы с n входами. Вспомогательная таблица представляет собой матрицу полного

факторного эксперимента. В качестве условного отклика в этой таблице вычисляются [6,7]:

$$\bar{Z}_u = \frac{1}{P_u} \sum_{v=1}^{P_u} Y_{uv},$$

где \bar{Z}_u - условный отклик для n -й строки вспомогательной таблицы; P_u - частота значений исходного отклика, приходящаяся на u -ю строку вспомогательной таблицы.

Коэффициенты регрессии приближенной модели для выделенных факторов определялись по формулам [6,7]:

$$b_j = \frac{1}{q} \times \sum_{u=1}^q (x_j \times \bar{Z})_u;$$

$$b_{jn} = \frac{1}{q} \times \sum_{u=1}^q (x_j \times x_n \times \bar{Z})_u,$$

где q - количество строк вспомогательной таблицы.

Для проверки значимости полученных приближенных коэффициентов регрессии определялась дисперсия адекватности [6,7]:

$$S_0^2 = \frac{\sum_{u=1}^q S_u^2 (P_u - 1)}{\sum_{u=1}^q (P_u - 1)} \sum_{u=1}^q \frac{1}{P_u},$$

Таблица 3. Результаты отсеивания факторов

Фактор	Критерий Стьюдента		$P(t \geq t_K)$
	Табличный	Расчетный	
X ₁	1.47	1.44	0.2
X ₂	2.57	2.5	0.05
X ₃	-	-	-
X ₄	4.03	5.3	0.01
X ₅	1.15	-1.08	0.3
X ₆	1.47	1.55	0.2
X ₇	-	-	-
X ₈	0.408	0.35	0.3

$$S^2(b_j) = S^2(b_{jh}) = S_0^2 / q^2,$$

где S_0^2 - остаточная дисперсия; S_u^2 - построчная дисперсия.

$$S_u^2 = \frac{1}{P_u - 1} \times \sum_{v=1}^{P_u} (Y_{uv} - Z_u)^2$$

Наблюдаемые значения критерия Стьюдента [6,7]:

$$t_M = \left| \frac{b_{jh}}{S(b_{kh})} \right|$$

Наблюдаемое значение критерия Стьюдента сравнивается с критическим значением данного критерия. Критические значения критерия t_K определялись по таблицам [7]. Исходными данными для выбора критических значений критерия Стьюдента являются доверительная вероятность, равная $P_u=0.99$ для нашего случая и условное число опытов, определяемое по формуле:

$$m_u = \sum_{u=1}^q P_u - q + 1,$$

При $t_M > t_K$ коэффициент регрессии и соответствующий ему эффект является статистически значимыми.

В табл. 3 даны статистически значимые величины эффектов факторов и их парных взаимодействий с учетом знаков и их ранжировки по t-критерию. Остальные величины значений выделенных факторов оказались статистически незначимыми и были удалены. Здесь величина $P(t \geq t_K)$, характеризующая ранжирование факторов по t-критерию, берется из таблицы распределение вероятностей [7, приложение 5].

Заключение

В результате математической обработки полученных данных отсеивающего эксперимента, основанного на методе случайного баланса, были выделены факторы, которые существенно влияют на величину шероховатости поверхности при токарной обработке. Факторы эти следующие: подача S , износ инструмента u , скорость резания V . Статистически незначимыми оказались следующие факторы: глубина резания t , главный угол в плане резца ϕ , материал детали, инструментальный материал и радиус при вершине резца. Полученные результаты хорошо объясняются с точки зрения классической теории резания [2,6]: такие результаты получились т.к. радиус при вершине резца значительно превосходит величину подачи и глубину резания.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Елизаветин М.А., Сателъ Э.А.* Технологические способы повышения долговечности машин. М., «Машиностроение», 1969. - 400 с.
2. *Исаев А.И.* Процесс образования поверхностного слоя при обработке металлов резанием. - М. Mashgiz, 1950. - 354 с.
3. *Адлер Ю.П.* Введение в планирование эксперимента. - М.: Металлургия, 1989. - 279 с.
4. *Остапчук А.К.* Автоматическое обеспечение шероховатости поверхности при чистовой обработке в условиях ГПС и отдельных технологических модулях с ЧПУ. Дис. ... канд. техн. наук. Курган, 1988. - 127 с.
5. *Спиридонов А.А., Васильев Н.Г.* Планирование эксперимента при исследовании и оптимизации технологических процессов: Учебное пособие. - Свердловск: УПИ, 1975. - 140 с.

6. Яцерицын П.И., Махаринский Е.И. Планирование эксперимента в машиностроении. – Минск: Высшая школа, 1985. – 286 с.

7. Солонин И.С. Математическая статистика в технологии машиностроения. М., Машиностроение, 1972. – 216 с.

□ Авторы статьи:

Курдюков
Владимир
Ильич
-докт.техн.наук,
проф каф. "Метал-
лорежущие станки и
инструмент"
(Курганский гос.
университет) Тел. 8-
(3522) 53-33-77

Остапчук
Александр
Константинович
- канд. техн.наук,
доц. каф. "Техноло-
гия машинострое-
ния" (Курганский
гос. университет)
ostapchuk_ss@mail.ru

Овсянников
Виктор
Евгеньевич
-асп. каф. "Техноло-
гия машинострое-
ния" (Курганский
гос. университет)
Тел. 8-(3522) 53-36-
76

Рогов
Евгений
Юрьевич
- асп. каф. "Техноло-
гия машинострое-
ния" (Курганский
гос. университет) .
e-mail:
rogov@kgsu.ru; [evro-
evgen@yandex.ru](mailto:evro-
evgen@yandex.ru)

Маслов
Денис
Александрович
-старший преп. каф.
"Технология маши-
ностроения" (Кур-
ганский гос. универ-
ситет)
Тел. 8-(3522) 53-36-
76