

УДК 621.791

Д.А. Макеев, А.Н. Виноградов, О.В. Захаров

D.A. Makeev, A.N. Vinogradov, O.V. Zakharov

Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина

Yuri Gagarin State Technical University of Saratov

ФОРМИРОВАНИЕ ПАРАМЕТРОВ КАЧЕСТВА ПОВЕРХНОСТИ ДЕТАЛЕЙ С ИНТЕРМЕТАЛЛИДНЫМИ ПОКРЫТИЯМИ

FORMATION OF QUALITY PARAMETERS OF SURFACE PARTS WITH INTERMETALLIC COATINGS

Представлены результаты исследования круглости, волнистости и шероховатости поверхности заготовок с интерметаллидными покрытиями при лезвийной обработке. На основе многофакторного эксперимента определено влияние элементов режима резания на геометрические параметры качества поверхности.

Ключевые слова: интерметаллидные покрытия, качество поверхности, экспериментальные исследования, круглость, волнистость, шероховатость.

The results of the research of roundness, waviness and roughness of the surface of the workpiece with the intermetallic coating when handling edge cutting. On the basis of multifactorial experiment determined the effect of elements for cutting on the geometric parameters of surface quality.

Keywords: intermetallic coatings, the surface quality, experimental research, circularity, undulation, roughness.

Детали, имеющие интерметаллидные покрытия, приобретают специфические свойства, и их дальнейшая обработка затруднена [1, 2]. Поэтому необходимо научное обоснование выбора инструмента и назначение рациональных режимов лезвийной обработки для получения требуемых параметров обработанной поверхности. В качестве функции отклика выбраны следующие параметры: шероховатость, круглость и волнистость поверхности.

В результате анализа литературных источников [3, 4] установлено, что указанные выше параметры зависят от многих факторов, в качестве основных из которых могут быть выделены глубина резания t , подача s и скорость резания v .

В итоге обработка детали с интерметаллидными покрытиями – многофакторный процесс, что определяет применение статистических методов планирования экспериментов и обработки полученных данных. План экспе-

римента должен обеспечивать возможность варьирования каждого фактора не менее чем на трех уровнях. Следовательно, количество опытов должно быть не меньше числа коэффициентов, равного количеству сочетаний $k + 2$, где k – число уровней варьирования факторов. При $k \leq 3$ наиболее эффективным является полный факторный эксперимент [5].

Матрица планирования полного факторного эксперимента 2^3 показана в табл. 1, 2.

Таблица 1

Матрица планирования полного факторного эксперимента

Номер точки плана	Значения факторов в кодовых обозначениях				Комбинации произведений факторов в кодовых обозначениях			
	x_0	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$
№ 1	+	–	–	–	+	+	+	–
2	+	+	–	–	–	–	+	+
3	+	–	+	–	–	+	–	+
4	+	+	+	–	+	–	–	–
5	+	–	–	+	+	–	–	+
6	+	+	–	+	–	+	–	–
7	+	–	+	+	–	–	+	–
8	+	+	+	+	+	+	+	+

Таблица 2

Исследуемые факторы в действительных значениях

Уровни	Факторы процесса в единицах измерения		
	Скорость резания v , м/мин	Глубина резания t , мм	Подача s , мм/об
Верхний	198	0,4	0,21
Нижний	124	0,2	0,07
Основной	161	0,3	0,14
Интервал варьирования	37	0,1	0,07
Кодовое обозначение	x_1	x_2	x_3

Для описания функции отклика используем неполную квадратичную модель (линейную модель уравнения регрессии):

$$Y = b_0x_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_3x_3 + b_{1,2}x_1x_2 + b_{1,3}x_1x_3 + b_{2,3}x_2x_3 + b_{1,2,3}x_1x_2x_3, \quad (1)$$

где Y – параметр оптимизации; b_i – параметры модели (коэффициенты регрессии); x_i – факторы процесса в кодированном виде.

Коэффициенты полинома вычисляли с помощью программ Eureka и Mathcad PLUS 15 PRO пакета MathSoft Apps и представляли в виде матрицы.

Исследования проводились на заготовках цилиндрической формы типа вал диаметром 75 мм, материал – сталь 45 (ГОСТ 2590–88). Данные исследований для чистовой лезвийной обработки интерметаллидных покрытий с применением проходного резца с пластинами CB-7015 Sandvik Coromant представлены в табл. 3.

Таблица 3

Данные экспериментальных исследований

Номер точки плана	Показатели		
	Круглость Δ , мкм	Волнистость Wz , мкм	Шероховатость Ra , мкм
1	3	2,5	0,9
2	3,6	1,9	0,7
3	7,02	6,1	2
4	8,7	5,8	1,5
5	4,98	2,7	4,6
6	3,27	2,2	4,2
7	8	6,3	5,1
8	6,54	6	4,8

Для определения механизма влияния исследуемых факторов на результаты качества интерметаллидных покрытий использовали интерполяционные модели на основе степенных функций. В качестве показателей зависимости использовались шероховатость Ra , волнистость Wz и круглость Δ поверхностного слоя в зависимости от скорости резания v (м/мин), глубины резания t (мм) и подачи s (мм/об) (рисунок).

Зависимости для чистовой лезвийной обработки представлены в виде степенных функций:

$$\Delta = 40,62 \cdot v^{-0,119} \cdot t^{1,045} \cdot s^{0,05}; \quad (2)$$

$$Wz = 117,85 \cdot v^{-0,307} \cdot t^{1,39} \cdot s^{0,06}; \quad (3)$$

$$Ra = 481,4 \cdot v^{-0,36} \cdot t^{0,64} \cdot s^{1,25}. \quad (4)$$

Полученные результаты при черновой и чистовой обработках интерметаллидных покрытий свидетельствуют о качественно схожем влиянии элементов режима резания на параметры качества поверхности. Во всех случаях увеличение скорости приводит к уменьшению отклонений формы. Это объясняется лучшими условиями резания и, как следствие, уменьшением вибраций в технологической системе. Для формирования волнистости это будет решающим фактором. Величина получаемой круглости зависит от точности шпиндельного узла станка, поэтому данный параметр будет слабо управляемым.

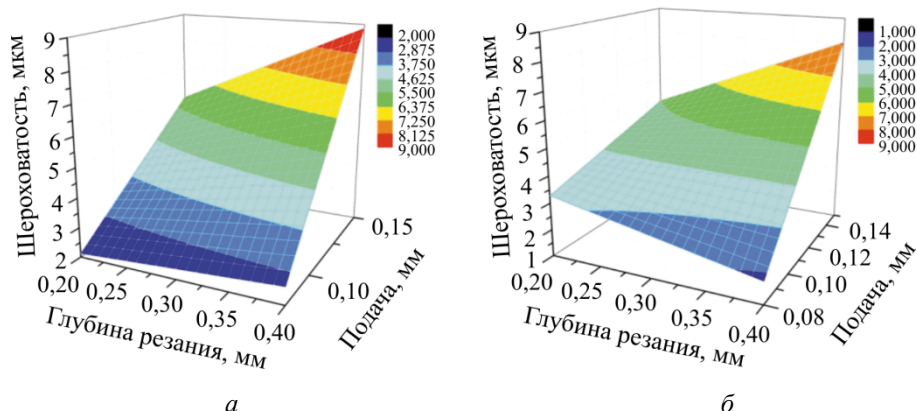


Рис. Поверхности отклика обработанной поверхности при финишной обработке:
 а – при фиксированном минимальном значении скорости резания $v = 124$ м/мин;
 б – при максимальном $v = 198$ м/мин

Шероховатость поверхности в большей степени определяется величиной подачи, что хорошо согласуется с литературными данными. Однако полученные показатели степени отличаются от известных. Это объясняется тем, что имеет место более выраженный эффект технологического наследования. Если глубина обработки мала, а исходная шероховатость велика, то следы обработки от предшествующей и текущей операций накладываются друг на друга, формируя шероховатость большей высоты.

Глубина резания оказывает значительное влияние на все параметры качества поверхности, причем в большей степени, чем при обработке деталей без наплавочных покрытий. Данный факт объясняется тем, что имеет место значительная неоднородность исходного припуска: чем больше глубина резания, тем меньше влияние неоднородности. На чистовой операции в силу технологической наследственности влияние глубины резания также проявляется значительно. Однако глубина резания, во-первых, во многом определяется конструктивными особенностями детали, во-вторых, увеличение приводит к нерациональному расходу материала и уменьшению производительности, поэтому необходимо стремиться к поиску оптимального значения.

Таким образом, общие рекомендации по оптимизации элементов режима резания могут быть сформулированы следующим образом: следует стремиться выбирать оптимальное значение глубины резания, максимальное значение скорости и минимальное значение подачи, которые обеспечивают в целом максимальную производительность при заданном качестве обработки.

Список литературы

1. Ковтунов А.И., Чермашенцева Т.В., Семистенов Д.А. Технология формирования износостойких покрытий // Упрочняющие технологии и покрытия. – 2009. – № 7. – С. 12–14.
2. Технологическое обеспечение трибологических свойств сальниковых шеек деталей машин / И.Н. Бобровский, П.А. Мельников, Н.М. Бобровский, А.А. Лукьянов, А.В. Ежелев // Известия Самар. науч. центра РАН. – 2012. – Т. 14, № 1–2. – С. 340–343.
3. Суслов А.Г. Качество поверхностного слоя деталей машин. – М.: Машиностроение, 2000. – 320 с.
4. Безъязычный В.Ф. Влияние качества поверхностного слоя после механической обработки на эксплуатационные свойства деталей машин // Справочник. Инженерный журнал. – 2001. – № 4. – С. 9–16.
5. Зеднигинадзе И.Г. Планирование эксперимента для исследования многокомпонентных систем. – М.: Наука, 1976. – 360 с.

Получено 04.06.2015

Макеев Дмитрий Александрович – аспирант, Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, e-mail: makeev-87@mail.ru.

Виноградов Александр Николаевич – доктор технических наук, профессор кафедры автомобилей и автомобильного хозяйства, Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина.

Захаров Олег Владимирович – доктор технических наук, профессор кафедры проектирования технических и технологических комплексов, Саратовский государственный технический университет им. Ю.А. Гагарина, e-mail: zov20@mail.ru.