

(по сравнению со схемой обработки без осцилляции). Увеличение значений $f_{осц}$ в диапазоне 1,5...25 Гц приводит к увеличению значений Ra от 0,12 до 0,22 мкм. В диапазоне частоты 25...50 Гц шероховатость поверхностей деталей практически не изменяется.

Увеличение Ra в диапазоне значений $f_{осц} = 1,5...25$ Гц вызвано значительным ростом толщины снимаемой стружки при относительно малой степени пластической деформации поверхностных слоев металла.

Для исследуемой схемы обработки выявлено также существенное (на 20...30%) повышение стойкости шлифовального круга, вызванное как улучшением процесса самозатачивания при разнонаправленном резании, так и полным использованием и равномерным износом его периферии.

УДК 621.941.23

И.А.КАШТАЛЬЯН, канд. техн. наук (БПИ)

ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТЕЙ, ОБРАБОТАННЫХ С МОДУЛИРОВАННОЙ ПОДАЧЕЙ

Метод токарной обработки, который заключается в замене постоянной подачи переменной (модулированной), нашел применение при обработке деталей на токарных станках с числовым программным управлением.

На токарных станках с устройствами ЧПУ, построенными на базе микроЭВМ, модулирование подачи осуществляется по треугольному закону в координатах „подача — длина обработки“. Для этого управляющее устройство ступенчато увеличивает подачу от s_{min} до s_{max} , а затем также ступенчато снижает ее:

$$s_{max} = s_{min} + n\Delta s,$$

где s_{max} , s_{min} — наибольшая и наименьшая скорости подачи, мм/мин; n — количество набросов скорости подачи при ее изменении от s_{min} до s_{max} .

Длина обработки, соответствующая изменению подачи между ее предельными значениями, равна

$$L = n\Delta L,$$

где ΔL — длина обработки между набросами скорости подачи.

Процесс резания с модулированной подачей сопровождается рядом физических явлений, существенно отличающих его от обычного резания, что, естественно, ведет к изменению механизма действия практически всех факторов, оказывающих влияние на шероховатость поверхности. Поэтому задача оценки шероховатости поверхности, обработанной с модулированной подачей, весьма актуальна.

Влияние модулированной подачи на шероховатость поверхности исследовали при точении в патроне заготовок из стали 40ХН диаметром 70 мм и длиной 50 мм при частоте вращения шпинделя 500 об/мин, глубине резания 2 мм. Обработка велась подрезно-проходным резцом, оснащенным пластиной твердого сплава Т15К6. Для предотвращения влияния вылета консоли на шероховатость свободный конец заготовки поджимался вращающимся центром.

Факторы, уровни и интервалы варьирования

Уровень	Кодированные значения	Факторы		
		x_1 (s, мм/об)	x_2 (h)	x_3 (L, мм)
Основной	0	0,4	0,65	0,825
Интервалы варьирования		0,2	0,15	0,425
Верхний	+1	0,6	0,8	1,25
Нижний	-1	0,2	0,5	0,4

Табл. 2

Матрица планирования и результаты опытов

x_0	x_1	x_2	x_3	y_{i_1} , мкм	y_{i_2} , мкм	y_i , мкм
+1	-1	-1	+1	0,65	0,73	0,69
+1	+1	-1	+1	1,37	1,46	1,41
+1	-1	+1	+1	0,56	0,62	0,59
+1	+1	+1	+1	1,31	1,27	1,29
+1	-1	-1	-1	0,74	0,70	0,72
+1	+1	-1	-1	1,41	1,49	1,45
+1	-1	+1	-1	0,66	0,62	0,64
+1	+1	+1	-1	1,41	1,33	1,37

Исследование проводилось по методу полного факторного эксперимента 2^3 (табл. 1). Переменными факторами при постановке эксперимента являлись: верхнее значение подачи s , мм/об; нижнее значение подачи, выраженное параметром h ; длина обработки, соответствующая изменению подачи между ее предельными значениями, L , мм. Шероховатость поверхности оценивалась по параметру Ra .

Параметр h указывает на часть, которую составляет нижнее значение подачи от ее верхнего значения. Нижний и верхний уровни параметра h назначены из условия рационального использования метода обработки с модулированной подачей с точки зрения производительности обработки и качества поверхности. С уменьшением параметра h происходит уменьшение среднего значения подачи, что ведет к увеличению машинного времени обработки. Кроме этого, с увеличением разности между верхним и нижним предельными значениями подачи растет величина поперечной волнистости, которая определяется перепадом радиальной составляющей силы резания R_y и жесткостью системы СПИД. Слишком большие значения h приводят к уменьшению эффекта от использования модулированного изменения подачи.

Длина обработки, соответствующая значению подачи между ее предельными значениями L , определяет частоту модуляции подачи. Хороший эффект от метода модулированного изменения подачи может быть получен при частоте модуляции около 2,75 Гц. Величина L для указанной частоты модуляции с учетом особенностей метода изменения подачи может изменяться в пределах 0,4...1,25 мм.

В результате полного факторного эксперимента, матрица которого приведена в табл. 2, получены коэффициенты уравнения регрессии:

$$b_0 = 1,02; \quad b_1 = 0,36; \quad b_2 = -0,049; \quad b_3 = -0,025;$$

$$b_{1,2} = -0,0025; \quad b_{1,3} = -0,005; \quad b_{2,3} = 0,0075; \quad b_{1,2,3} = 0,0025.$$

С учетом значимости коэффициентов регрессии математическая модель имеет вид:

$$y = 1,020 + 0,360x_1 - 0,049x_2 - 0,025x_3. \quad (1)$$

Адекватность линейного уравнения была проверена и подтверждена по критерию Фишера.

В уравнение (1) факторы входят в кодовых значениях. Пользуясь зависимостями

$$x_1 = \frac{s_{\max} - 0,4}{0,2}; \quad x_2 = \frac{h - 0,15}{0,15}; \quad x_3 = \frac{L - 0,825}{0,425},$$

получим уравнение (1) в натуральных величинах:

$$Ra = 0,5 + 1,8s_{\max} - 0,326h - 0,058L. \quad (2)$$

Уравнение (2) справедливо для значений s_{\max} , h , L в выбранных пределах варьирования.

Выводы. 1. Наибольшее влияние на шероховатость обработанной поверхности оказывает верхнее значение подачи (с его увеличением шероховатость значительно возрастает).

2. Меньше влияет на микронеровность нижнее значение подачи. С ее уменьшением шероховатость обработанной поверхности увеличивается из-за преобладания неровностей, обусловленных колебанием составляющей силы резания P_y .

3. Длина обработки, соответствующая изменению подачи между ее граничными значениями в выбранном интервале варьирования, оказывает небольшое влияние на шероховатость обработанной поверхности. С увеличением длины L происходит незначительное уменьшение шероховатости.

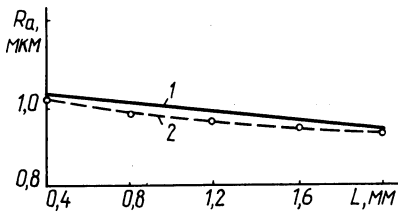


Рис. 1. Зависимости среднего арифметического отклонения профиля Ra от длины обработки L , соответствующей изменению подачи между ее предельными значениями:

1 — при расчете по уравнению регрессии; 2 — по экспериментальным данным

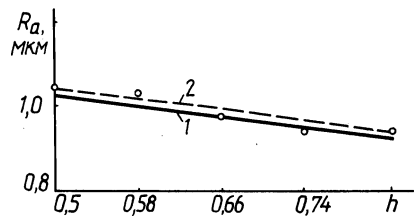


Рис. 2. Зависимости среднего арифметического отклонения профиля Ra от h :

1 — при расчете по уравнению регрессии; 2 — по экспериментальным данным

Сделанные выводы подтверждаются некоторыми частными зависимостями, полученными классическим методом (Гаусса — Зайделя). На рис. 1 представлен график зависимости Ra от L при изменении подачи от 0,2 до 0,4 мм/об. Наблюдается незначительное снижение высоты микронеровностей при изменении L от 0,4 до 1,2 мм. График зависимости Ra от h представлен на рис. 2 ($s_{\max} = 0,4$ мм/об; $L = 0,4$ мм). Графики строились по средним значениям десяти замеров.