

техника, 1961.– 328 с. 4. Симоновский В. Н. Некоторые исследования по теории формообразования поверхностей в машиностроении: Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.02.08 /БПИ.– Мн., 1971.– 21 с. 5. Бобров В. Ф., Иерусалимский Д. Е. Резание металлов самовращающимися резами.– М.: Машиностроение, 1972.– 179 с. 6. Юнусов Ф. С. Формообразование сложнопрофильных поверхностей шлифованием.– М.: Машиностроение, 1987.– 168 с. 7. Гречишников В.А., Кирсанов Г.И. Проектирование дискового инструмента для обработки винтовых поверхностей //Машиностроитель.– 1978.– № 10.– С. 16–17.

УДК 621.941.229

В.И. Молочко, А.А. Вольнец

## О ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ ПРИ ВИБРАЦИОННОМ РЕЗАНИИ

*Белорусская государственная политехническая академия  
Минск, Беларусь*

Несмотря на обеспечение высокой эффективности стружкодробления вибрационное резание не получило широкого применения прежде всего из-за ухудшения качества обработки, а именно из-за увеличения шероховатости обработанной поверхности. Поэтому анализ факторов, влияющих на величину гребешков шероховатости при резании с вибрациями, имеет важное практическое значение.

Цель данной работы – выявление степени возрастания параметра шероховатости  $R_z$  при вибрационном резании по сравнению с обычным и разработка некоторых предложений по его уменьшению. Поставленные задачи будут решаться на основе теоретического анализа.

Как известно, высота  $H_{гр}$  гребешков шероховатости при точении резцом с точечной вершиной соответствует зависимости

$$H_{гр} = \Delta \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 / (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1), \quad (1)$$

а при точении резцом с переходной дуговой (радиусной) кромкой – зависимости

$$H_{гр} = \Delta^2 / 8r, \quad (2)$$

где  $\Delta$  – осевой шаг между двумя соседними траекториями движения резца;  $\varphi$  и  $\varphi_1$  – главный и вспомогательный углы резца в плане;  $r$  – радиус закругления вершины резца, причем  $r$  больше подачи на оборот.

При обычном резании  $\Delta$  – величина постоянная, равная подаче на оборот  $S$ ; при вибрационном же резании  $\Delta$  – величина переменная, изменяющаяся от некоторого

минимального  $\Delta_{\min}$  до максимального  $\Delta_{\max}$  значений. Величина  $\Delta_{\max}$  зависит от выбранной амплитуды  $A$  колебательного движения инструмента, которая в свою очередь связана с постоянной подачей  $S_0$  и параметром  $\nu = f/n$  известным [1] соотношением

$$A = S_0 / 2 \cdot |\sin(\nu\pi)|. \quad (3)$$

Здесь  $f$  и  $n$  – соответственно частота двойных ходов инструмента и частота вращения заготовки, следовательно,  $\nu$  – это частотный параметр, определяющий число колебаний (двойных ходов) резца за один оборот заготовки.

При  $\nu = 0,5; 1,5; 2,5 \dots (i+0,5)$ , где  $i$  – целое положительное число,  $A_{\min} = S_0/2$ . При других значениях  $\nu$  амплитуда колебаний инструмента (рис. 1) существенно возрастает, а при  $\nu = 1; 2; 3 \dots$  и т. д. она становится равной  $\infty$ , т. е. перерезание стружки на элементы в этих случаях становится невозможным.

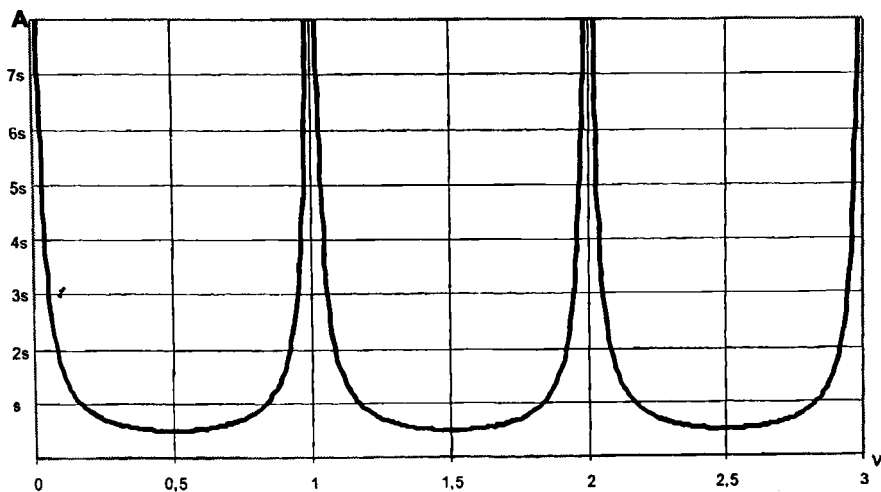


Рис. 1. Зависимость амплитуды  $A$  в долях  $S$  от параметра  $\nu$

При выборе значения коэффициента  $\nu$  учитывают, что с его увеличением возрастает динамическая напряженность процесса резания, а с уменьшением возрастает длина срезаемого элемента стружки и, следовательно, снижается эффективность процесса стружкодробления. Поэтому оптимальным считается вариант вибрационного резания, при котором  $\nu = 1,5$ .

Для наглядного представления о характере изменения величины  $\Delta$  при вибрационном резании удобно обработанную цилиндрическую поверхность детали вместе со следом (траекторией) движения вершины резца изображать в виде плоской развертки. На рис. 2 такая развертка представлена для случая  $\nu = 1,5$ .

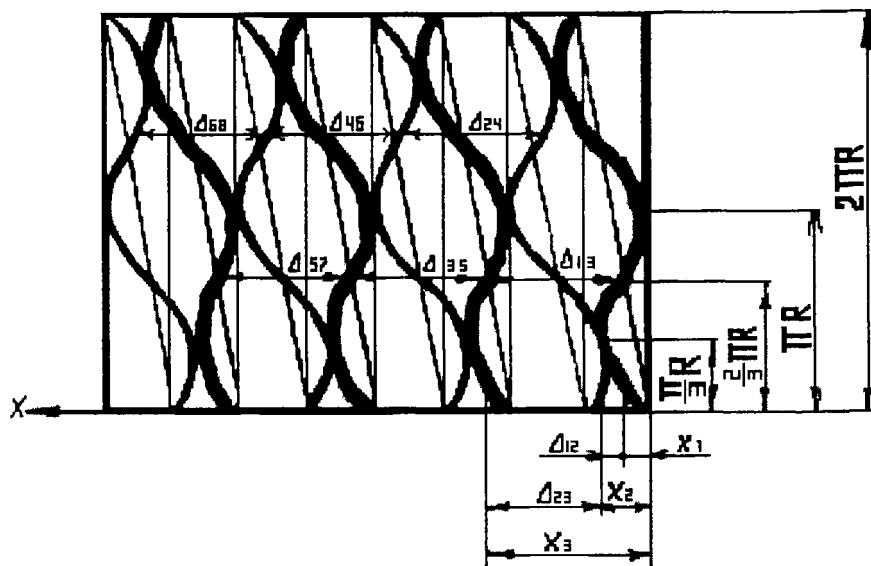


Рис. 2. Схема вибрационного резания ( $\nu = 1,5$ )

Из рис. 2 следует, что траектории движения резца повторяются через оборот заготовки, поэтому осевые расстояния между ближайшими нечетными траекториями, т.е. двойные шаги  $\Delta_{13}$ ,  $\Delta_{35}$ ,  $\Delta_{57}$  и т. д., равно как и осевые расстояния между ближайшими четными траекториями, т.е. двойные шаги  $\Delta_{24}$ ,  $\Delta_{46}$ ,  $\Delta_{68}$  и т. д. – величины постоянные, равные  $2S$ . Следовательно, сумма отрезков внутри шага также равна  $2S$ , т.е.  $\Delta_{12} + \Delta_{23} = \Delta_{13} = 2S$ ,  $\Delta_{23} + \Delta_{34} = \Delta_{24} = 2S$  и т. д. Отсюда следует, что для характеристики величин гребешков шероховатости при вибрационном резании достаточно рассмотреть динамику изменения двух соседних одинарных шагов, например  $\Delta_{12}$  и  $\Delta_{23}$ , одного двойного шага  $\Delta_{13}$ .

Переменные значения одинарных шагов  $\Delta_{12}$  и  $\Delta_{23}$  могут быть определены с учетом принятых законов движения инструмента как некоторые функции текущего угла поворота заготовки  $\varphi$ . Для точек траектории движения инструмента, лежащих на одной прямой, параллельной оси заготовки, т.е. для точек  $\varphi$ ;  $\varphi + 2\pi$ ;  $\varphi + 4\pi$  и т. д. можно записать:

$$\begin{aligned} \Delta_{12} = X_2 - X_1 &= \frac{S_0(\varphi + 2\pi)}{2\pi} + A \sin[(\varphi + 2\pi)\nu] - S_0 \frac{\varphi}{2\pi} - A \sin(\varphi\nu) = \\ &= S_0 + A[\sin(\varphi + 2\pi)\nu - \sin\varphi\nu]; \end{aligned} \quad (4)$$

$$\Delta_{2n} = X_1 - X_2 = S_0 \frac{(\varphi + 4\pi)}{2\pi} + A \sin[(\varphi + 4\pi)\nu] - S_0 \frac{\varphi + 2\pi}{2\pi} - A \sin[(\varphi + 2\pi)\nu] =$$

$$= S_0 + A[\sin(\varphi + 4\pi)\nu - \sin(\varphi + 2\pi)\nu], \quad (5)$$

где  $X_1$ ,  $X_2$  и  $X_3$  – соответственно текущие осевые перемещения инструмента в течение одного, двух и трех оборотов заготовки.

Поскольку сумма соседних одинарных шагов равна  $2S$ , то обычно один из отрезков  $\Delta$  меньше, а второй больше  $S$ . В предельных случаях (при  $\varphi = \frac{k\pi}{\nu}$ ) все одинарные шаги  $\Delta$  равны  $S$ , а при  $\varphi = \frac{\pi}{2\nu}(1 + 2k)$  один из одинарных шагов равен нулю, а второй –  $2S$  (здесь  $k = 0; 1; 2; 3$  и т. д.).

Соответственно изменениям одинарных шагов  $\Delta$  изменяются и высоты  $H_p$  соседних гребешков шероховатости, в связи с чем характерные теоретические профилограммы при вибрационном резании имеют вид чередующихся выступов меньшего и большего размеров (рис. 3). Так как параметр  $R_z$  обычно используемый для оценки шероховатости при черновом и получистовом точении, определяется высотой наибольших максимумов профиля, то должен учитываться больший из двух соседних выступов, а, следовательно, и больший из двух соседних одинарных шагов, т. е. отрезок  $\Delta$ , величина которого лежит в диапазоне  $S \dots 2S$ .

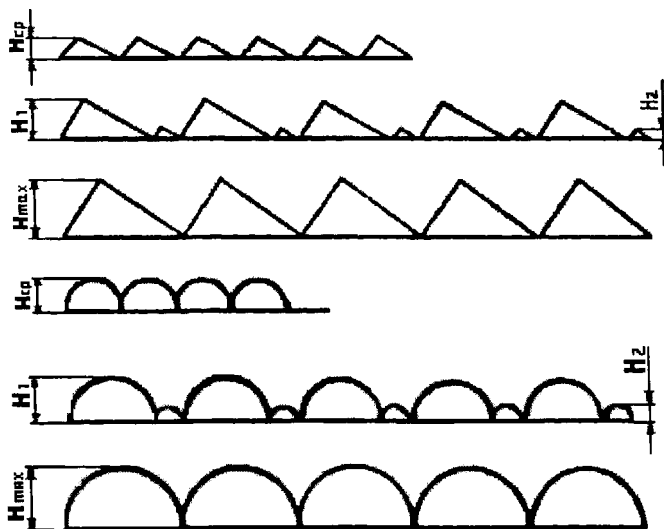


Рис. 3. Теоретические профилограммы при резании с вибрациями

С учетом изложенного параметр  $R_z^*$ , оценивающий шероховатость обработанной поверхности при вибрационном резании, может быть определен выражением  $R_z^* = kR_z^0$ , где  $k$  – коэффициент увеличения гребешков шероховатости, изменяющийся в диапазоне 1...2 при точечной вершине резца и в диапазоне 1...4 при дуговой вершинной кромке;  $R_z^0$  – теоретический параметр шероховатости при обычном резании.

Таким образом, при вибрационном резании шероховатость обработанной поверхности возрастает в среднем в 1,5...2,25 раза, а максимальная шероховатость – в 2...4 раза по сравнению с обычным резанием.

Для уменьшения шероховатости необходимо применять резцы с увеличенным радиусом  $r$  закругления вершинной кромки, или резцы с точечной вершиной, и дополнительной зачищающей фаской с углом в плане, равным 0...5°. Можно также применять методы кинематического стружкодробления, например, вибрационно-прерывистое [2] или дискретное [3] резание.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Лавров Н.К. Завивание и дробление стружки в процессе резания. – М.: Машиностроение, 1971. – 88 с. 2. Щеголев В.В. Способ кинематического стружкодробления. А. с. № 670384 В 23/В 1/00. 3. Корольков И.С., Молочко В.И. Дробление сливной стружки методом дискретного резания // Промышленность Белоруссии. – 1964. – № 1. – С. 54–56.

УДК 621.941.1

Ж.А.МРОЧЕК, В.И.АРБУЗОВ, В.Л.ХАРТОН

### ШЕРОХОВАТОСТЬ ПОВЕРХНОСТИ ЧУГУННЫХ, СТАЛЬНЫХ И АЛЮМИНИЕВЫХ ОБРАЗЦОВ ПОСЛЕ ХОНИНГОВАНИЯ, ШЛИФОВАНИЯ И РАСТОЧКИ

*Белорусская государственная политехническая академия  
Минск, Беларусь*

Одна из многих проблем технологии машиностроения – это задача определения оптимальных режимов обработки материалов и установления качественных и точностных параметров изготавливаемых деталей. Решению этой задачи должны сопутствовать высокая производительность, экономическая целесообразность использования выбранного способа обработки заготовок деталей и, в ряде случаев, увеличение их долговечности при эксплуатации в условиях трения и износа.

Известно, что полустовое и чистовое формообразование поверхностей заготовок деталей машин в машиностроении осуществляется с использованием механических способов обработки [1–4]. К ним относятся: лезвийная обработка (точение,