

УДК 621.941.1

**Управление шероховатостью обработанной поверхности  
при точении с асимметричными колебаниями инструмента**

**Данильчик С. С., канд. техн. наук, доцент,  
Данильчик О. В., старший преподаватель**  
*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Республика Беларусь*

Аннотация:

Рассматривается зависимость шероховатости поверхности, обработанной способом точения с асимметричными колебаниями инструмента, от величины подачи при условии обеспечения минимальной амплитуды колебаний, достаточной для дробления стружки. Приведены рекомендации по выбору режимов резания для обработки сталей 45 и ШХ15.

При точении с асимметричными колебаниями инструмента толщина срезаемого слоя является величиной переменной [1]. Дробление стружки происходит в момент, когда толщина среза близка или равна нулю. Это возможно при амплитуде колебаний инструмента близкой к величине, равной половине подачи на оборот  $S_o$ . Этой же амплитуде будет соответствовать максимальная толщина среза, которую можно определить произведением максимального расстояния между соседними траекториями резца относительно заготовки  $\Delta_{\max}$  на синус главного угла в плане  $\phi$ .

Установлено, что максимальное расстояние между соседними траекториями резца относительно заготовки  $\Delta_{\max}$  определяется по формулам [1]:

$$\Delta_{\max} = S_o \left(1 + \frac{1}{\xi}\right) \text{ при } \xi > 1,$$

$$\Delta_{\max} = S_o (1 + \xi) \text{ при } \xi < 1,$$

где  $\xi$  – коэффициент асимметрии цикла колебаний инструмента.

Интерес к толщине среза при точении с асимметричными колебаниями инструмента заключается в том, что с ней можно связать высоту микронеровностей. Максимальную высоту гребешков микронеровности  $h_{\max}$  можно рассчитать по формулам [2]:

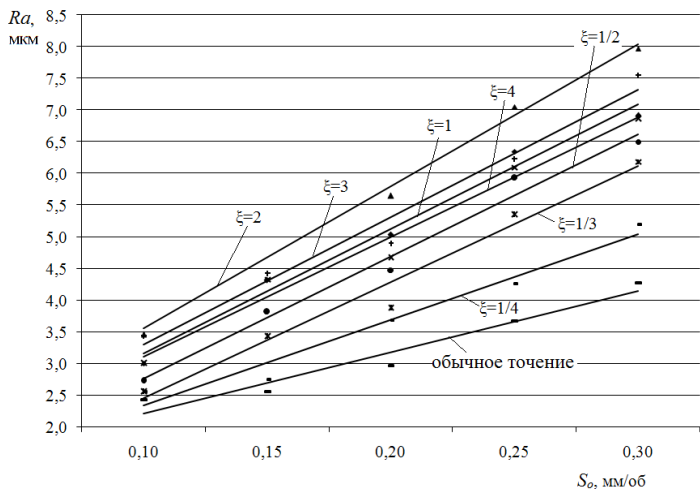
$$h_{\max} = S_o \left(1 + \frac{1}{\xi}\right) \frac{\operatorname{tg}\varphi \cdot \operatorname{tg}\varphi_1}{\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\varphi_1} \text{ при } \xi > 1,$$

$$h_{\max} = S_o (1 + \xi) \frac{\operatorname{tg}\varphi \cdot \operatorname{tg}\varphi_1}{\operatorname{tg}\varphi + \operatorname{tg}\varphi_1} \text{ при } \xi < 1,$$

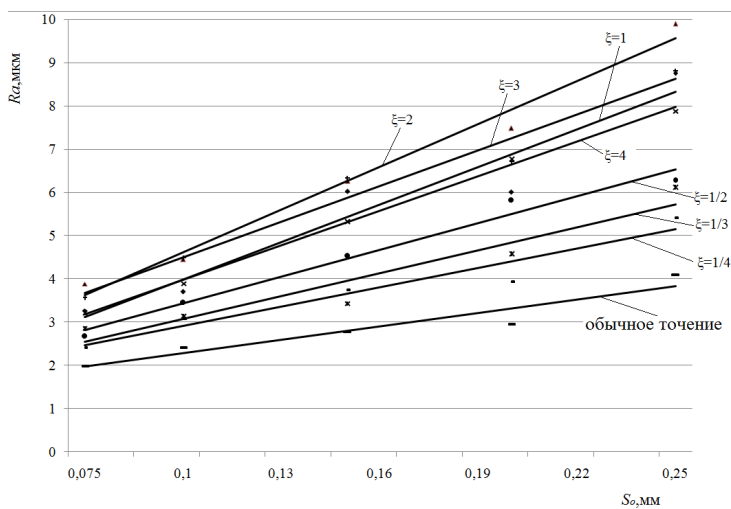
где  $\varphi$  и  $\varphi_1$  – главный и вспомогательный углы реза в плане.

Из формул следует, что с увеличением коэффициента асимметрии цикла колебаний при точении с  $\xi > 1$  или с его уменьшением при точении с  $\xi < 1$ , т. е. с увеличением асимметрии цикла колебаний, максимальная высота микронеровностей снижается. Так по сравнению с вибрационным точением ( $\xi = 1$ ) при точении с асимметричными колебаниями с коэффициентами асимметрии цикла колебаний  $\xi = 2, 3, 4, 5$  (или  $\xi = 1/2, 1/3, 1/4, 1/5$ ) максимальная высота микронеровностей уменьшается в 1,3–1,6 раза, что связано с уменьшением толщины среза и позволяет говорить о снижении шероховатости обработанных поверхностей. На практике результаты могут быть иными, так как на шероховатость влияет ряд других факторов, связанных с изменением углов резания в результате колебаний инструмента и упругих деформаций обрабатываемого материала.

На рисунках 1 и 2 представлены графики зависимости шероховатости обработанных поверхностей при точении сталей 45 и ШХ15 с различными коэффициентами асимметрии цикла колебаний от подачи [3]. Результаты, полученные при точении с коэффициентами асимметрии цикла колебательного движения инструмента 4, 3, 2, 1/2, 1/3 и 1/4 сравнивались с результатами симметричного вибрационного ( $\xi = 1$ ) и традиционного (обычного) точения. Обработка производилась проходным резцом, оснащенным неперетачиваемой быстросменной пластиной из твердого сплава Т15К6 с главным углом в плане  $\varphi = 45^\circ$  и радиусом при вершине  $r = 0,8$  мм. Обработка производилась на минимальной для каждой из подач амплитуде колебаний инструмента, обеспечивающей устойчивое дробление стружки.



$v = 70$  м/мин,  $t = 1,5$  мм  
 Рис. 1 – Графики зависимости шероховатости от подачи при обработке стали 45



$v = 118$  м/мин,  $t = 1,5$  мм  
 Рис. 2 – Графики зависимости шероховатости от подачи при обработке стали ШХ15

Результаты эксперимента свидетельствуют об увеличении шероховатости поверхности при точении с колебаниями инструмента по сравнению с обычным точением, что связано с увеличением расстояния между траекториями движения инструмента на двух последовательных оборотах заготовки. При этом шероховатость поверхности зависит от используемого при точении коэффициента асимметрии цикла колебаний. Например, точение с коэффициентом асимметрии  $\xi = 1/4$  приводит к увеличению шероховатости Ra обработанной поверхности из стали 45 на 10–20 %, а точение с  $\xi = 4$  – на 45–60 % в зависимости от подачи. Но в сравнении с симметричным вибрационным точением ( $\xi = 1$ ) наложение на подачу инструмента асимметричных колебаний позволяет снизить шероховатость. Так, при точении стали 45 с коэффициентом  $\xi = 1/4$  шероховатость уменьшилась на 25–30 %, а при обработке стали ШХ15 – на 25–35 % [3].

Наложение асимметричных колебаний на инструмент в процессе точения деталей предназначено для дробления сливной стружки. Но важно при этом не снизить качество обработанной поверхности. Поэтому стоит вопрос в выборе коэффициента асимметрии цикла колебаний  $\xi$  и режимов резания. При черновой обработке подходы к выбору режимов резания аналогичны подходам при обычном точении, т. е. без специально вводимых в процесс обработки вибраций. При получистовой и чистовой обработке, когда необходимо обеспечить требования, предъявляемые к детали, важно выбрать коэффициент асимметрии цикла колебаний инструмента и режимы обработки. Одним из факторов, влияющих на их выбор, является шероховатость поверхности детали. Для обработки сталей 45 и ШХ15 резцом с режущей пластиной из сплава T15K6 с главным углом в плане  $\varphi = 45^\circ$  и радиусом при вершине  $r = 0,8$  мм рекомендуемые режимы резания представлены в таблице 1 [3].

Таблица 1 – Рекомендуемые режимы резания

Обрабатываемый материал	Требуемая шероховатость, $Ra$ , мкм	Коэффициент асимметрии цикла колебаний $\xi$	Режимы резания		
			Глубина резания $t$ , мм	Подача $S_0$ , мм/об	Скорость резания $v$ , м/мин
Сталь 45	3,2	1/4, 1/3	1–2	0,1–0,15	140–160
	6,3	1/4	3	0,3	
		1/3	2–3	0,2–0,25	
Сталь ШХ15	3,2	1/4	1–2	0,1–0,15	
		1/3	1–1,5		
	6,3	1/4	2–3	0,2–0,25	
		1/3		0,15–0,2	

В таблице меньшему значению глубины резания соответствует большее значение подачи и, наоборот, большему значению глубины резания соответствует меньшая подача.

### Список использованных источников

1. Данильчик, С. С. Кинематика точения с наложением асимметричных колебаний инструмента / С. С. Данильчик, В. К. Шелег // Наука и техника. 2013. – № 4. – С. 16–21.
2. Данильчик, С. С. Расчетные и экспериментальные значения шероховатости при точении с асимметричными колебаниями инструмента / С. С. Данильчик, В. К. Шелег // Современные технологии и образование: проблемы, идеи, перспективы: материалы междунар. науч.-практ. конф., Минск, 27–28 ноября 2014 г.: в 2 ч. / Белорус. нац. техн. ун-т; редкол.: Б. М. Хрусталеv [и др.]. – Минск, 2014. – Ч. 2. – С. 38–43.
3. Данильчик С. С. Вибрационное точение конструкционных сталей / С. С. Данильчик [и др.]. – Минск: БНТУ, 2018. – 244 с.