

ИННОВАЦИОННЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ И ТЕХНОЛОГИИ

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ТАНГЕНЦИАЛЬНЫХ КОЛЕБАНИЙ РЕЗЦА НА ШЕРОХОВАТОСТЬ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ

Абдуллах Алаа

Кафедра технологии машиностроения,
металлорежущих станков и инструментов
Российский университет дружбы народов
Ул. Миклухо-Макля, 6, Москва, Россия, 117198

В статье исследуется влияние тангенциальных колебаний на шероховатость обработанной поверхности. Показано, что применение комбинированной державки резца приводит к снижению шероховатости.

Ключевые слова: шероховатость, колебания, точение, резец, поверхность.

Наружное точение на токарных станках является самым распространенным видом обработки деталей типа тел вращения, поэтому повышение производительности и качества точения, которое производится с помощью различных резцов, остается актуальной задачей.

Одним из важнейших показателей, определяющих качество обработанной поверхности, служит шероховатость, которая нормируется по различным параметрам:

- среднее арифметическое отклонение профиля Ra ;
- высота неровностей профиля по десяти точкам Rz ;
- наибольшая высота неровностей профиля R_{max} ;
- средний шаг неровностей S_m ;
- средний шаг неровностей по вершинам S ;
- относительная опорная длина профиля tr .

На шероховатость поверхности оказывает существенное влияние уровень относительных колебаний инструмента и детали, сопровождающих процесс обработки. При этом считается, что основное влияние оказывают колебания, направленные по нормали к обрабатываемой поверхности. Однако в упругой системе не могут существовать колебания только по одной координате [1]. Согласно теории координатной связи, колебания по одной из координат вызывают колебания

по другим координатам упругой системы, и представление системы «станок — инструмент — деталь» (СИД) с колебаниями только в направлении нормали в большинстве случаев является неправомерным.

В работе [2] представлена модель, которая отражает взаимосвязь колебаний по различным координатам системы СИД. На рабочую часть инструмента действуют силы резания и трения от сходящей стружки на передней поверхности и силы от внедрения и трения об обработанную поверхность на задней грани. Силы на передней поверхности инструмента пропорциональны площади срезаемого слоя, а силы на задней поверхности зависят от площади контакта инструмента с деталью и направления их относительного смещения, т.е. вектора действительной скорости резания, который определяется векторной суммой скорости резания и скоростей относительных колебаний инструмента по направлениям координатных осей Y и Z . Кроме этих сил, являющихся внутренними, на систему действуют внешние силы, которые разделяются на импульсные, имеющие случайный характер, и гармонические возмущающие воздействия. К числу импульсных относятся случайные изменения твердости обрабатываемого материала, изменения припуска, другие силовые импульсы. Гармонические воздействия — это вибрации, передающиеся в систему через станину станка от фундамента; колебания, возникающие в самом станке при движении деталей и узлов, а также дисбаланс или эксцентриситет заготовки.

Все перечисленные виды воздействий на инструмент вызывают его отклонение от первоначального положения, определяемое характеристиками упругой системы инструмента. Например, силы резания вызывают отжим инструмента от детали, что ведет к уменьшению толщины срезаемого слоя, или (при неблагоприятной ориентации осей жесткости) статическую потерю устойчивости, т.е. подрывание инструмента. Импульсные воздействия порождают переходные процессы, длительность которых определяется диссипативными свойствами системы, а амплитуда и частота зависят от интенсивности случайных воздействий. Внешние гармонические воздействия вызывают вынужденные колебания, амплитуда которых зависит от близости частоты возмущающей силы к одной из собственных частот системы. При совпадении этих частот наступает резонанс, амплитуда которого также определяется диссипативными свойствами системы.

Так как в реальном процессе резания имеют место воздействия всех рассмотренных видов, результирующие колебания инструмента также будут определяться совместной реакцией системы на эти воздействия. В общем виде это можно представить как последовательность переходных процессов, переходящих в установившиеся колебания системы. Временная последовательность импульсов описывается случайным законом распределения, а вид колебаний при переходном процессе определяется характеристиками упругой системы инструмента, его конструктивными параметрами, режимами резания и величиной износа.

Всякое изменение относительного положения инструмента и детали вызывает изменение усилий, действующих на режущую часть инструмента. Зная силы и характеристики упругой системы, можно составить уравнения движения и рас-

считать перемещения инструмента. Режущая кромка инструмента в поперечном сечении всегда имеет радиус округления, который соединяет переднюю и заднюю поверхности. По передней поверхности инструмента сходит стружка, снимаемая с детали, а по задней поверхности отмечается фрикционный контакт с обработанной поверхностью детали за счет упругого восстановления. На радиусной части режущей кромки имеется зона, в которой происходит разделение обрабатываемого материала на стружку, сходящую по передней поверхности, и обработанную поверхность детали, подминаемую задней поверхностью инструмента.

На основе разработанной гипотезы о связи параметров упругой системы сборного инструмента и влиянии возникающих колебаний на износ была разработана математическая модель, позволяющая рассчитать стойкость инструмента. Представим модель эквивалентной упругой системы (ЭУС) токарного резца в виде одномассовой системы с двумя степенями свободы и будем рассматривать процесс свободного резания в одной плоскости. Такое представление позволяет, с одной стороны, упростить модель, а с другой стороны, учитывает характерные особенности рабочей гипотезы о связи автоколебаний и стойкости инструмента. Координаты Y и Z приняты в качестве исходных координат и совпадают с координатами токарного станка.

Координаты v и η являются главными осями, для которых жесткость резца является соответственно минимальной и максимальной. Угол φ между осями (Y, Z) и (v, η) назовем углом ориентации, коэффициенты c_1 и c_2 — жесткостью, а h_1 и h_2 — демпфированием по направлениям v и η , m — приведенной массой.

Уравнение движения резца запишется в виде

$$\begin{aligned} m \cdot \eta + h_1 \cdot \dot{\eta} + c_1 \cdot \eta &= P_y \cdot \sin \varphi + P_z \cdot \cos \varphi, \\ m \cdot v + h_2 \cdot \dot{v} + c_2 \cdot v &= P_y \cdot \cos \varphi - P_z \cdot \sin \varphi. \end{aligned}$$

Запишем формулы перехода от осей η и v к осям Z и Y :

$$\begin{aligned} \eta &= z \cdot \cos \varphi + y \cdot \sin \varphi, \\ v &= y \cdot \cos \varphi - z \cdot \sin \varphi. \end{aligned}$$

После подстановки получаем:

$$\begin{aligned} z \cdot \cos \varphi + y \cdot \sin \varphi &= [P_z \cdot \cos \varphi + P_y \cdot \sin \varphi - h_1(z \cdot \cos \varphi + y \cdot \sin \varphi) - \\ &\quad - c_1(z \cdot \cos \varphi + y \cdot \sin \varphi)]/m, \\ y \cdot \cos \varphi - z \cdot \sin \varphi &= [P_y \cdot \cos \varphi - P_z \cdot \sin \varphi - h_2(y \cdot \cos \varphi - z \cdot \sin \varphi) - \\ &\quad - c_2(y \cdot \cos \varphi - z \cdot \sin \varphi)]/m. \end{aligned}$$

Полученная система является системой дифференциальных уравнений второго порядка, причем при учете сил на задней грани, зависящих от скоростей относительных смещений, уравнения являются нелинейными.

Данные уравнения решались численным методом с помощью компьютерной системы проведения математических расчетов MATLAB с использованием процедуры `ode15s`. В результате решения этой системы определяются характеристики переходного процесса при врезании инструмента в заготовку и траек-

тории движения вершины резца при изменении фазовых соотношений между возмущающими силами по различным координатам. На рис. 1 представлены результаты моделирования относительных колебаний детали и резца при наложении внешних возмущающих сил с одинаковой фазой и в противофазе.

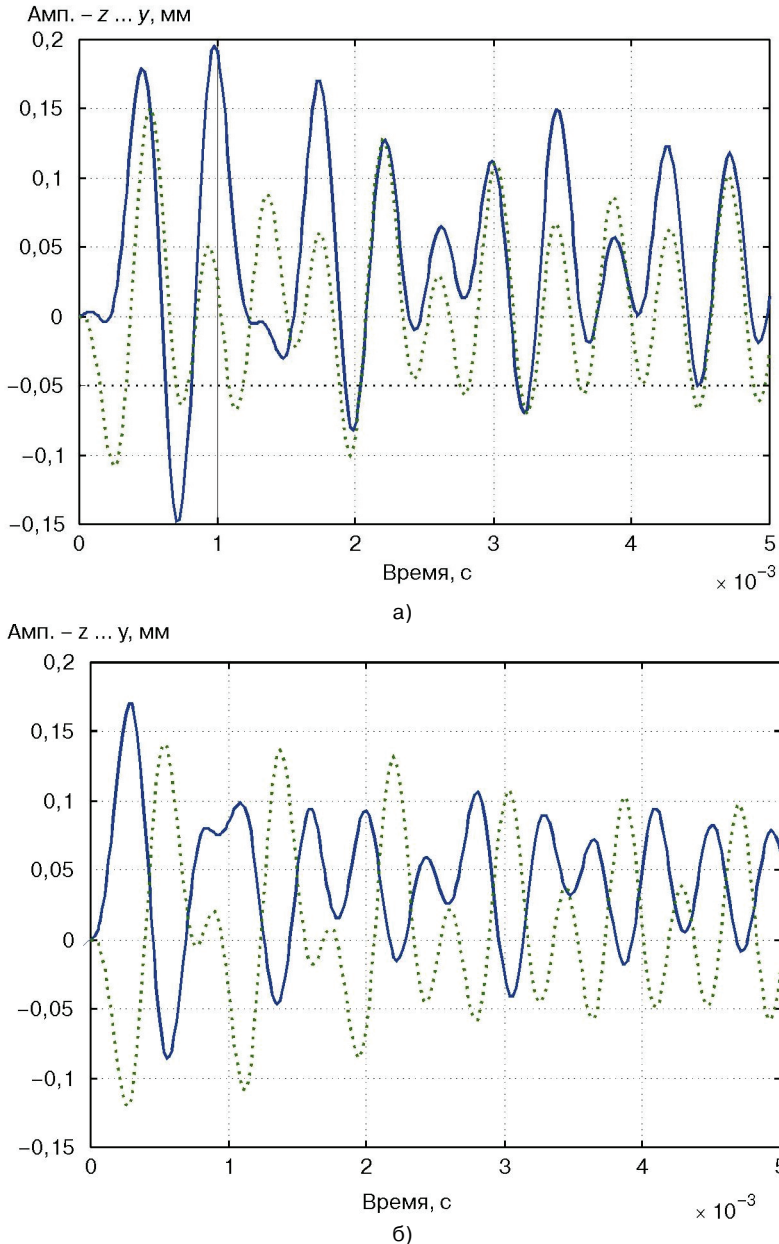


Рис. 1. Относительные колебания детали и резца при наложении внешних возмущающих сил одинаковой фазой (а) и противофазе (б)

Для подтверждения результатов моделирования были проведены эксперименты по определению влияния колебаний резца на шероховатость обработанной по-

верхности. Проводилось точение торца заготовки двумя резцами одинаковой геометрии, но с разной жесткостью и демпфированием. Изменение характеристик резца осуществлялось путем сверления державки и заливкой отверстия синтеграном [3]. Режимы обработки: диаметр 50 мм, скорость вращения шпинделя — 400 об/мин, подача — 0,1 мм/об., материал заготовки — сталь 45, режущая пластина ромбическая T15K6. Профилограммы поверхности показаны на рис. 2.

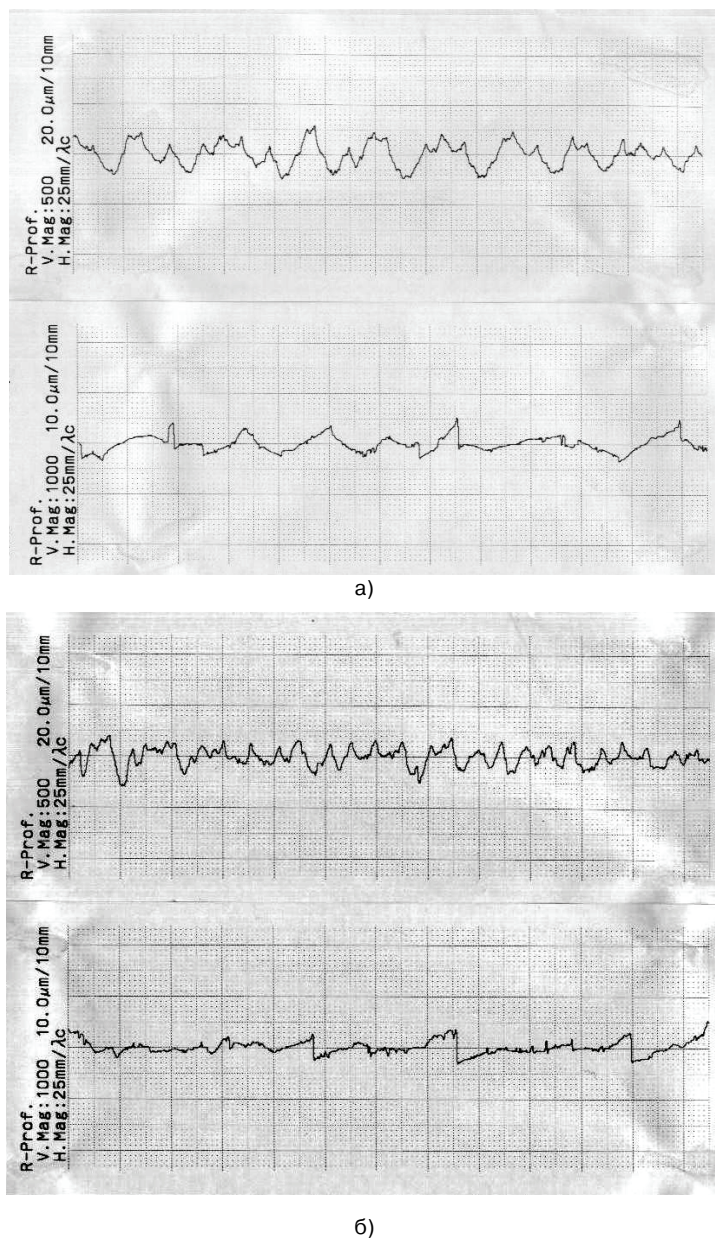
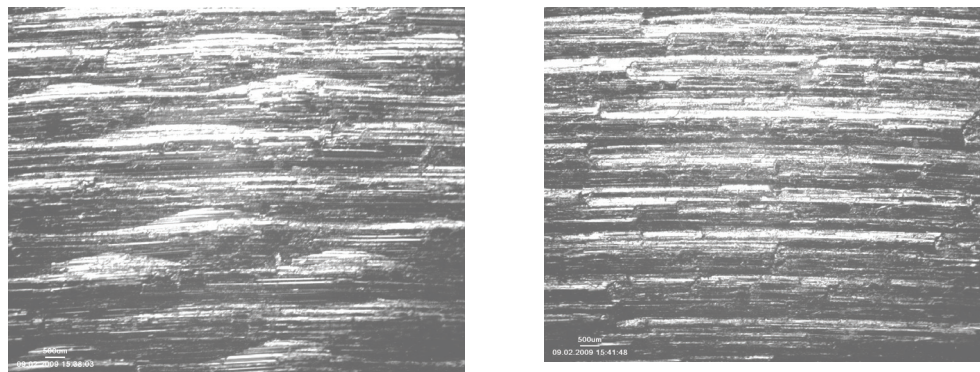


Рис. 2. Примеры профилограмм для цельной державки (а) и комбинированной державки (б).

Верхние профилограммы — поперечная шероховатость, нижние профилограммы — продольная шероховатость

На профилограммах видно, что шероховатость поверхности, обработанной резцом с комбинированной державкой ($Ra\ 2,930\ \mu\text{м}$), меньше шероховатости после обработки резцом с цельной державкой ($Ra\ 3,905\ \mu\text{м}$). На микрофотографиях обработанной поверхности также хорошо видны следы вибрации, возникающей при резании (рис. 3).



а)

б)

Рис. 3. Микрофотографии обработанной поверхности после точения резцом с цельной (а) и комбинированной (б) державкой

Полученные результаты свидетельствуют о влиянии тангенциальных колебаний на шероховатость обработанной поверхности и о возможности снижения шероховатости на 25% при использовании комбинированной державки реза.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] *Кудинов В.А.* Динамика станков. — М.: Машиностроение, 1967.
- [2] *Копылов В.В.* Моделирование и расчет стойкости сборного инструмента // Вестник РУДН. Серия «Инженерные исследования». — 2004. — № 2. — С. 94—99.
- [3] *Рогов В.А., Позняк Г.Г.* Исследование характеристик комбинированных державок резцов на физических моделях // СТИН. — 2003. — № 2. — С. 19—22.

RESEARCH OF INFLUENCE OF TANGENTIAL FLUCTUATIONS OF THE CUTTER ON THE ROUGHNESS OF THE PROCESSED SURFACE

Abdallch Alaa

Department of Internal Combustion Engines
Peoples' Friendship University of Russia
Miklukho-Maklaya str., 6, Moscow, Russia, 117198

In clause influence of tangential fluctuations on a roughness of the processed surface is investigated. It is shown, that application combined державки a cutter leads to decrease in a roughness.

Key words: the Roughness, fluctuations, Turning , a cutter, a surface.