

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕОМЕТРИЧЕСКОЙ СОСТАВЛЯЮЩЕЙ ШЕРОХОВАТОСТИ ОБРАБОТАННОЙ ПОВЕРХНОСТИ КАК ПРИМЕР РЕШЕНИЯ ИНЖЕНЕРНОЙ ЗАДАЧИ В УЧЕБНОМ ПРОЦЕССЕ

*Белорусский национальный технический университет  
Минск, Беларусь*

Актуальной является проблема формирования качественного инженерного мышления у студентов, умения решать сложные конструкторские и технологические задачи современного производства с привлечением знаний, полученных за весь период обучения в вузе. Это возлагает на выпускающие кафедры ответственность не только за результаты завершающего этапа обучения, но и всего процесса обучения в целом.

Необходимо довести до студентов обширные сведения из теории резания, проектирования и эксплуатации металлорежущего оборудования и инструментов, сочетающие большой производственный опыт и результаты многочисленных научных исследований. При ограниченном количестве часов аудиторных занятий повышается значимость самостоятельной работы студентов при изучении специальных дисциплин. Дополнительные потенциальные возможности формирования инженерного мышления связаны с применением математических методов в специальных дисциплинах. Привлечение этих возможностей представляется важным как в контексте эффективности учебного процесса, так и в контексте значимости свободного владения математическими методами для инженера в ходе его дальнейшей трудовой деятельности. Еще большее значение это имеет для инженеров-исследователей и научных работников.

Представляется важным решение задач и упражнений, закрепляющих и развивающих теоретические положения специальных дисциплин. По мере возможности, эти задачи и упражнения должны и тренировать математическое мышление студентов, привлекая для своего решения математический аппарат различного уровня сложности.

При изучении таких дисциплин, как «Теория резания», «Резание материалов», «Теория обработки материалов», в пятом семестре студентами машиностроительных специальностей подробно рассматривается механизм возникновения шероховатости обработанной поверхности. Выявление и закрепление причинно-следственных связей между параметрами шероховатости, геометрией режущего инструмента и элементами режима резания будет более успешным, если происходит в активной форме. Поэтому представляет интерес вывод формулы для определения геометрической составляющей шероховатости обработанной поверхности из простых соображений. Такая задача при ее самостоятельном решении студентами дает возможность применить недостаточно задействованные в процессе изучения специальных дисциплин математические способности и почувствовать радость творчества. Сделать вывод этой формулы можно, например, следующим образом.

На рис. 1 приведена схема резания при продольном точении резцом с незакругленной вершиной, имеющим нулевые продольный и поперечный передние углы. Эта схема наиболее проста для рассмотрения. Уравнения режущих кромок в инструментальной системе координат имеют вид

$$\begin{cases} y = x \cdot \operatorname{tg} \varphi, & x \geq 0, \\ y = -x \cdot \operatorname{tg} \varphi, & x < 0. \end{cases} \quad (1)$$

Уравнения положения режущих кромок, занимаемых ими когда заготовка была повернута на угол  $2\pi$  в обратном направлении, принимают следующий вид:

$$\begin{cases} y = (x + S) \cdot \operatorname{tg} \varphi, & x \geq -S, \\ y = -(x + S) \cdot \operatorname{tg} \varphi_1, & x < -S. \end{cases} \quad (2)$$

где  $\varphi$  – главный угол в плане;  $\varphi_1$  – вспомогательный угол в плане;  $S$  – подача, мм/об.

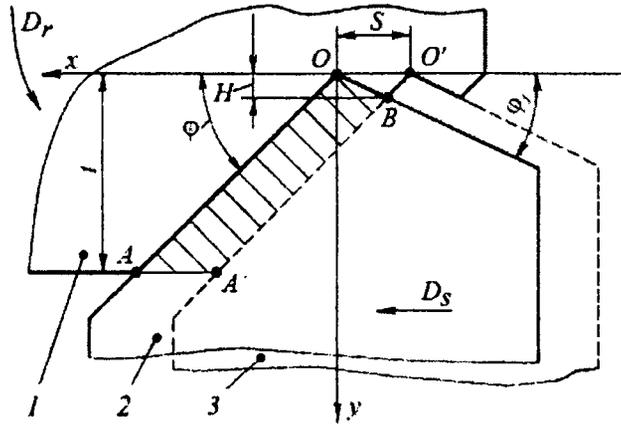


Рис. 1 – Схема несвободного резания резцом с незакругленной вершиной.

1 – заготовка; 2 – положение резца в рассматриваемый момент времени; 3 – положение резца, соответствующее повороту заготовки в обратном направлении на угол  $2\pi$ ;  $D_r$  – главное движение;  $D_s$  – движение подачи;  $t$  – глубина резания

Решая совместно второе уравнение системы (1) и первое уравнения системы (2), для точки  $B(x_B; y_B)$  имеем

$$\begin{aligned} -x_B \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 &= (x_B + S) \cdot \operatorname{tg} \varphi, \\ -S \cdot \operatorname{tg} \varphi &= x_B \cdot (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1), \\ x_B &= -\frac{S \cdot \operatorname{tg} \varphi}{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1}, \\ y_B &= -x_B \cdot \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{S \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1}. \end{aligned}$$

Ордината точки  $B$  определяет геометрическую составляющую  $H$  шероховатости обработанной поверхности для рассматриваемой схемы резания, т. е.

$$H = \frac{S \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1}. \quad (3)$$

Кроме того, из приведенного рисунка видно, что площадь сечения срезаемого слоя, определяется площадью фигуры  $AOBA'$ :

$$f = F_{OAA'O'} - F_{OBO'},$$

или

$$f = t \cdot S - \frac{S^2 \cdot \operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{2 \cdot (\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1)}. \quad (4)$$

Вывод формулы (4) для определения площади сечения срезаемого слоя при принятых исходных данных – пример еще одной задачи для самостоятельного решения студентами.

Формулы (3) и (4) можно модифицировать. Как известно,

$$\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1 = \frac{\sin(\varphi + \varphi_1)}{\cos \varphi \cdot \cos \varphi_1},$$

поэтому

$$\frac{\operatorname{tg} \varphi \cdot \operatorname{tg} \varphi_1}{\operatorname{tg} \varphi + \operatorname{tg} \varphi_1} = \frac{\frac{\sin \varphi \cdot \sin \varphi_1}{\cos \varphi \cdot \cos \varphi_1}}{\frac{\sin(\varphi + \varphi_1)}{\cos \varphi \cdot \cos \varphi_1}} = \frac{\sin \varphi \cdot \sin \varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)}.$$

С учетом последнего выражения формулы (3) и (4) принимают следующий вид:

$$H = \frac{S \cdot \sin \varphi \cdot \sin \varphi_1}{\sin(\varphi + \varphi_1)}. \quad (5)$$

$$f = t \cdot S - \frac{S^2 \cdot \sin \varphi \cdot \sin \varphi_1}{2 \cdot \sin(\varphi + \varphi_1)}.$$

Формула (5) приводится в учебнике [1]. Она позволяет в первом приближении оценить шероховатость обработанной поверхности, что важно при назначении подачи  $S$  при чистовом точении.

Решение этой инженерной задачи требует привлечения сведений из элементарной геометрии и тригонометрии, закрепляет связи между такими разделами, как «Геометрия режущего лезвия. Элементы режима резания и срезаемого слоя» и «Формирование геометрии обработанной поверхности и физико-механических свойств поверхностного слоя детали». Надо полагать, что студент, решивший самостоятельно эту задачу, не сделает впоследствии распространенной ошибки, когда подача при чистовом точении назначается без учета требований к шероховатости обработанной поверхности.

Продемонстрированный подход легко реализуется и при решении более общей задачи определения геометрической составляющей для продольного точения резцом с закругленной вершиной, что позволяет дать более точную оценку шероховатости.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. Ящерицын П. И., Фельдштейн Е. Э., Корниевич М. А. Теория резания – Минск, Новое знание, 2006 – 512 с.