

Полянсков Ю. В., д-р техн. наук, проф.,
Евсеев А. Н., канд. техн. наук, доц.,
Емелин С. В., аспирант
Ульяновский государственный университет

МОДЕЛЬ РАСЧЕТА СНИМАЕМОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ПЛОСКОМ ШЛИФОВАНИИ

ccd@ulsu.ru

В статье приведен вывод модели, позволяющий определять объем снимаемого материала при плоском шлифовании.

Ключевые слова: Шлифование, математическая модель, смазочно-охлаждающая жидкость.

Анализ зоны резания занимает немаловажную часть в научных исследованиях. При рассмотрении систем применения смазочно-охлаждающих жидкостей (СОЖ), возникает необходимость моделирования зоны резания. Авторами ранее выполнялось построение модели поведения параметров систем применения СОЖ [1] в связи, с чем возникла необходимость моделирования зоны резания. Хотя существует много разнообразных моделей зон резания [2,3,4], нами была рассмотрена объемная задача по определению объема снимаемого материала в единицу работы режущим инструментом на примере плоского шлифования.

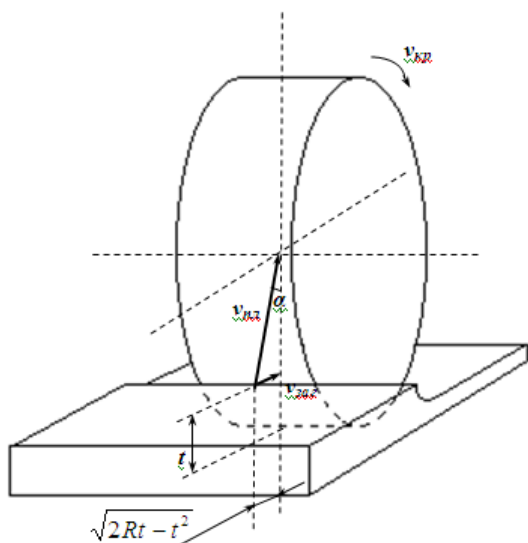


Рис. 1. Схема процесса плоского шлифования, для расчета радиальной скорости пластины

Зону контакта обрабатываемой детали и шлифовального круга представим в виде тонкой элементарной пластины (рис. 1), движущейся по радиусу к центру шлифовального круга со скоростью $v_{пл}$. Из соотношения сторон треугольника AOB (рис. 2), образованного векторами $v_{пл}$ и $v_{заг}$, получаем:

$$v_{пл} = v_{заг} \sin \alpha = v_{заг} \frac{\sqrt{2Rt - t^2}}{R}, \quad (1)$$

где R – радиус шлифовального круга; t – глубина шлифования; $v_{заг}$ – скорость заготовки при плоском шлифовании. Ширина зоны контакта шлифовального круга с заготовкой равна

$$l = \sqrt{2Rt - t^2}. \quad (2)$$

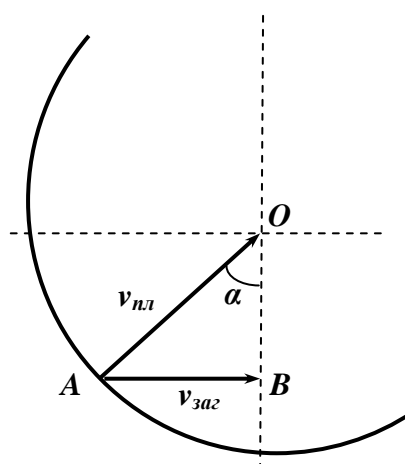


Рис. 2. Соотношение векторов скоростей при плоском шлифовании

Снимаемый припуск представим в виде суммы бесконечно малых элементарных слоев толщиной l_T (рис. 3), тогда скорость пластины для каждого элементарного слоя, равна

$$v_{пл} = v_{заг} \frac{\sqrt{2Rt_T - t_T^2}}{R}, \quad (3)$$

где t_T – глубина шлифования текущего элементарного слоя. Соответственно, ширина зоны контакта текущего элементарного слоя шлифовального круга с заготовкой равна $l_T = \sqrt{2Rt_T - t_T^2}$, следовательно, для скорости пластины (3) получаем

$$v_{пл} = v_{заг} \frac{l_T}{R}. \quad (4)$$

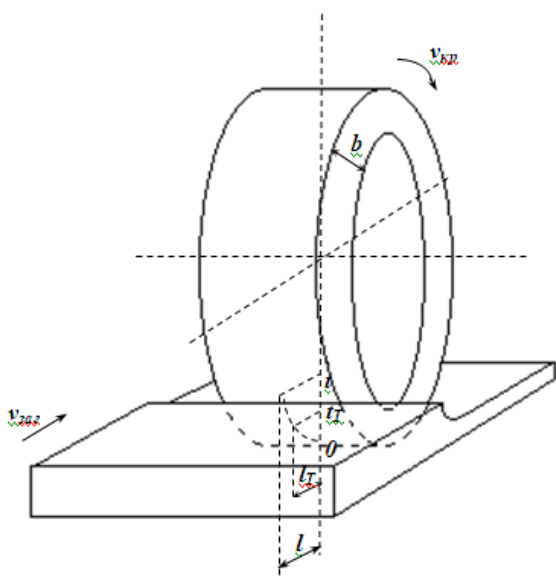


Рис. 3. Схема процесса плоского шлифования, для расчета глубин шлифования элементарных слоев в пределах зоны резания

Представим рабочую поверхность круга в виде множества элементарных слоев бесконечно малой толщины dy_s , содержащих одинаковое число вершин зерен, а зону контакта обра-

батываемой детали и круга в виде тонкой элементарной пластины толщиной dl (рис. 4), тогда элементарный объем стружки, срезаемой в единицу времени зернами шлифовального круга, равен

$$V_i = S_i dn_s, \tag{5}$$

где S_i – площадь поперечного сечения единичного среза; dn_s – высота элементарного слоя, срезаемого одновременно работающими зернами.

Высота элементарного слоя, срезаемого одновременно работающими зернами равна [2]

$$dn_s = K_1 n_0 f(y_s) dy_s, \tag{6}$$

где n_0 – число зерен, расположенных на площади Bdl ; $f(y_s)$ – плотность распределения высот выступающих зерен над уровнями связки, dy_s – высота слоя срезаемого одним зерном, K_1 – коэффициент, зависящий от режимов резания [2] (для плоского шлифования = 0,44). Число зерен определяется по следующему выражению [2]

$$n_0 = KBdl, \tag{7}$$

где K – поверхностная концентрация зерен, B – ширина шлифования.

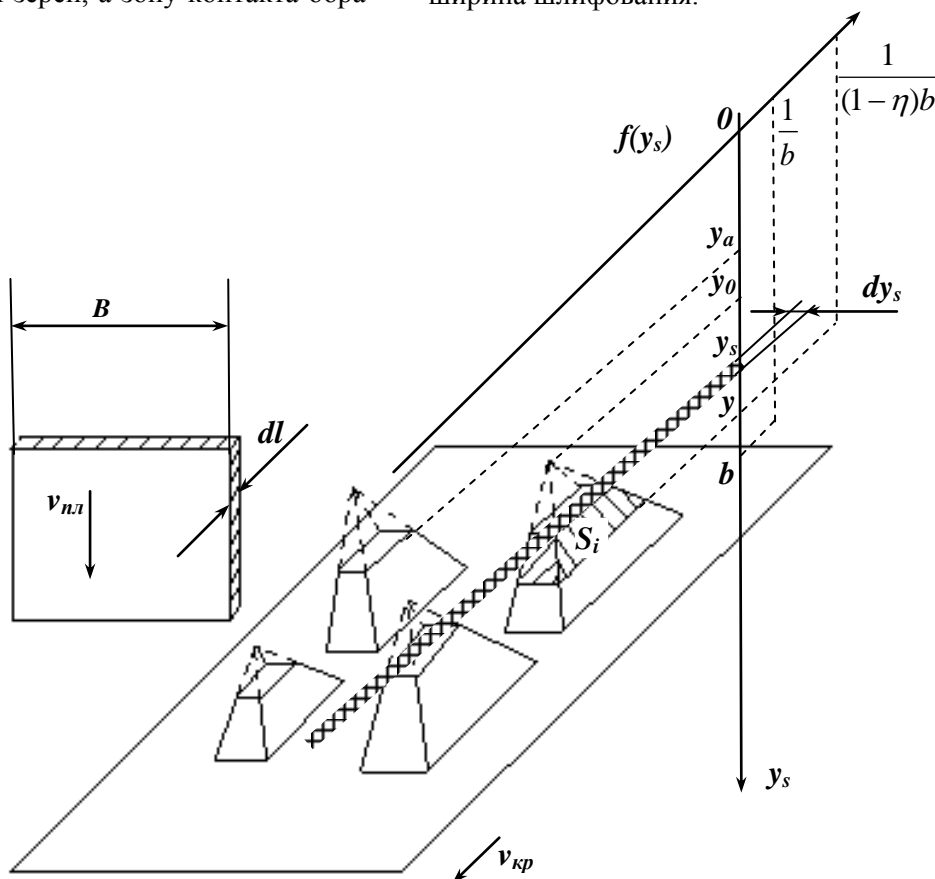


Рис. 4. Схема для расчета объема стружки, срезаемой зернами шлифовального круга.

Плотность распределения высот выступающих зерен над уровнями связки, равна [2]

$$f(y_s) = \frac{1}{(1-\eta)b}, \tag{8}$$

где η – параметр, характеризующий степень затупления зерен $[0,1]$; b – максимальная высота выступания зерен над связкой круга. Площадь поперечного сечения единичного среза равна площади трапеции и определяется по следующему выражению

$$S_i = tg\gamma[(y - y_0)^2 - (y_s - y_0)^2], \quad (9)$$

где y_0 – координата вершины неизношенного зерна слоя dy_s ; γ – половина угла при вершине зерна. Учитывая, что

$$(y - y_0) = \frac{(y_s - y_0)}{\eta}, (y_s - y_0) = \frac{\eta}{1 - \eta}(y - y_s),$$

получаем

$$S_i = tg\gamma \frac{(1 - \eta^2)}{(1 - \eta)^2} (y - y_s)^2. \quad (10)$$

Суммарный объем всех элементарных горизонтальных слоев получим интегрированием в пределах $[y_a, y]$ выражения (5) с учетом (6), (7), (8), (9), (10)

$$\begin{aligned} V_i &= \int_{y_a}^y tg\gamma \frac{(1 - \eta^2)}{(1 - \eta)^3} \frac{K_1 K B dl}{b} (y - y_s)^2 dy_s = \\ &= tg\gamma \frac{(1 - \eta^2)}{(1 - \eta)^3} \frac{K_1 K B dl}{3b} (y - y_a)^3 \end{aligned} \quad (11)$$

$$V = \int_0^l \frac{K_1 B}{3} \frac{K_2 v_{заг}}{v_{сп}} \frac{l_T}{R} dl_T = \frac{K_1 B}{6} \frac{K_2 v_{заг}}{v_{сп}} \frac{l^2}{R} = K_3 B \frac{v_{заг}}{v_{сп}} \frac{2Rl - t^2}{R}. \quad (15)$$

где $K_3 = -K_1 K_2 / 6$ (для плоского шлифования = 0,506). Получено выражение (15), позволяющее рассчитывать объем снимаемой стружки в единицу времени, в зависимости от параметров резания.

Для данной модели зоны резания (15) совместно с моделью поведения параметров элементов систем применения СОЖ [1] проводились экспериментальные исследования с применением комплексов программ. Отмечено повышение точности на 16 % при расчетах объема снимаемого материала по сравнению с другими моделями зон резания [2, 3].

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Емелин, С.В. «Модель поведения концентрации механических примесей при движении смазочно-охлаждающей жидкости» /Полянсков Ю.В., Евсеев А.Н., Емелин С.В. // Автоматизация и современные технологии. – 2010. – №11. – С. 32-34.

Принимая во внимание, что

$$(y - y_a) = (1 - \eta)y,$$

получаем

$$V_i = tg\gamma(1 - \eta^2) \frac{K_1 K B dl}{3b} y^3. \quad (12)$$

Координата y в данном случае равна параметру H [2].

$$H = \sqrt[3]{\frac{K_2 b v_{нл}}{tg\gamma K v_{сп} (1 - \eta^2)}}, \quad (13)$$

где $v_{сп}$ – скорость вращения круга, K_2 – коэффициент, зависящий от режимов резания [2] (для плоского шлифования = 0,69). Следовательно, после подстановки (13) в (12), получаем

$$V_i = \frac{K_1 B dl}{3} \frac{K_2 v_{нл}}{v_{сп}} = \frac{K_1 B dl}{3} \frac{K_2 v_{заг}}{v_{сп}} \frac{l_T}{R}. \quad (14)$$

Объем снимаемого материала получим интегрированием объемов всех элементарных слоев припуска (14) на отрезке $[0, l]$

2. Сухоруков, Ю. Н. Исследование влияния коэффициента шлифования на режущую способность прерывистых кругов / Сухоруков Ю.Н., Якимов А.А., Новиков Ф.В. // Совершенствование процессов абразивно-алмазной и упрочняющей обработки в машиностроении. Межвузовский сборник научных трудов. – Пермь, Пермский политехнический институт, 1990. – 164 с.

3. Новиков Ф.В. «А.с. 1426756 А2 СССР. МКИ4 В24 В9/00» /Новиков Ф.В., Якимов А.А. // Способ глубинного шлифования цилиндрической детали (СССР). № 58521361. - опубл. 20.04.86. Бюл. № 36.

4. Егоров, Н.И. Влияние среды и режимов обработки на процесс шлифования жаропрочных сплавов / Н.И. Егоров, Г.И. Саютин // Вестник машиностроения, 1980. № 9. с. 53 – 55.