

КОНСТРУИРОВАНИЕ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТИ СБОРНОГО ТОРЦЕШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА

А. П. Складов, А. Г. Лим

Алтайский государственный технический университет им. И. И. Ползунова,
г. Барнаул, Россия

В статье рассмотрены зависимости между элементами конструкции сборного торцешлифовального круга и коэффициентом прерывистости, непосредственно влияющем на температуру шлифования, а значит на качество и производительность механической обработки плоских поверхностей заготовок в машиностроительном производстве.

Ключевые слова: торцешлифовальный круг, плоская поверхность, абразивный элемент

DESIGN OF THE WORKING SURFACE OF PRECAST FRONTAL GRINDING DISC

A. P. Sklyarov, A. G. Lim

Altai State Technical University, Barnaul, Russia

The article discusses the relationship between the elements of the design of precast frontal grinding disc and interruption factor directly influencing the grinding temperature, and hence the quality and productivity machining of flat surfaces of workpieces in the machine building industry.

Keywords: frontal grinding disc, flat surface, abrasive element

Результаты опубликованных ранее исследований процессов взаимодействия прерывистой абразивной поверхности сборных торцешлифовальных кругов показывают вполне определенную предсказуемую взаимосвязь между конструктивными параметрами рабочей поверхности инструмента и температурой, развивающейся на обрабатываемой поверхности заготовки.

Известно, что температура обрабатываемой поверхности является ограничивающим фактором повышения производительности обработки, так как при превышении ее критических значений структура обрабатываемого металла меняется в худшую сторону, что приводит к браку.

Таким образом, снижение температуры шлифования остается актуальным вопросом, требующим разрешения.

Для определения величины ожидаемой среднеинтегральной температуры T_k , развивающейся на поверхности заготовки, обрабатываемой торцом сборного круга, можно использовать следующую формулу:

$$T_k = T_0 + (T_{\text{охл}} - T_0 + \frac{kP_z V(r)}{S_{\text{зар}} \alpha}) (1 - \operatorname{erfc} \frac{\alpha}{\lambda} \sqrt{\omega \tau} \exp \frac{\alpha^2 \omega \tau}{\lambda^2}) \quad (1)$$

где, T_0 – температура заготовки до обработки;
 $T_{\text{охл}}$ – температура смазочно-охлаждающей жидкости;

ω – коэффициент температуропроводности материала заготовки;

λ – коэффициент теплопроводности материала заготовки;

τ – время обработки;

$S_{\text{зар}}$ – площадь шлифуемой поверхности;

k – коэффициент, учитывающий долю тепла, идущего в заготовку;

$V(r)$ – текущая скорость резания;

P_z – касательная составляющая силы резания.

Непосредственную связь температуры с конструктивными элементами абразивного инструмента устанавливает касательная составляющая силы резания P_z .

$$P_z = \frac{l_3 S_{\text{зар}} A k_p \tau_s k_{\text{эп}} t \varphi^x}{\kappa + 1} \left[\frac{1,8 t \varphi \cos \beta}{(\kappa + 2) \sin \beta_1} 0,5 \mu l_3 \right] \quad (2)$$

где, A , κ – эмпирические коэффициенты, зависящие от макро- и микрогеометрических параметров СТК;

l_3 – средняя длина площади износа на абразивных зернах в зоне контакта инструмента и заготовки;

t_ϕ – фактическая глубина резания;
 τ_s – среднее касательное напряжение в плоскости сдвига при микрорезании единичным зерном;

β – угол между векторами скорости резания и равнодействующей силы резания;

β_1 – угол сдвига;

k_p – коэффициент, учитывающий контакт с обрабатываемой поверхностью связки и металлических стружек, заполняющих поры круга;

μ – коэффициент трения;

$k_{зп}$ – коэффициент относительного заполнения площади, равный отношению площади, занятой абразивом, ко всей площади круга в области контакта круга и заготовки. Численно коэффициент $k_{зп}$ определяется выражением:

$$k_{зп} = \frac{2}{b(2R+b-2V_{зар}\tau)} \int_{V_{зар}\tau-b}^{V_{зар}\tau} R(x)k_{пр}(x)dx \quad (3)$$

где, b – размер заготовки в направлении продольной подачи;

R – радиус круга;

x – расстояние от периферии круга до некоторой окружности на его рабочей поверхности с радиусом $R(x)$;

$k_{пр}(x)$ – коэффициент прерывистости, равный отношению суммы отрезков окружности. Зависимость $k_{пр}(x)$ от координаты x находится геометрическим путем для каждой конкретной конструкции сборного абразивного инструмента.

Рассмотрим классический сплошной торцешлифовальный круг, широко распространенный в производстве.

В данном случае, так как прерывистость рабочей поверхности отсутствует, $K_{пр} = 1$, т. е. имеет максимально возможное значение, что, в соответствии с формулами (1), (2), (3), предполагает максимально возможную температуру шлифования.

Рассмотрим известную конструкцию трехрядного сборного торцешлифовального круга (СТК), основным достоинством которого по сравнению с классическим сплошным кругом является сравнительная дешевизна и прерывистая конструкция рабочей поверхности, снижающей среднюю температуру шлифования за время прохождения заготовкой зоны резания.

Для определения зависимости $K_{пр}$ от конструктивных параметров СТК рассмотрим фрагмент его рабочей поверхности.

Коэффициент прерывистости может быть определен как отношение сумм криволинейных отрезков l_k некоторой окружности на поверхности инструмента, занятых абразивом, ко всей длине данной окружности.

$$K_{пр} = \frac{kl_k}{2\pi(R-x)},$$

где k – количество абразивных элементов в ряду;

R – внешний радиус абразивного круга;

x – расстояние от периферии круга до окружности, на которой определяется коэффициент прерывистости.

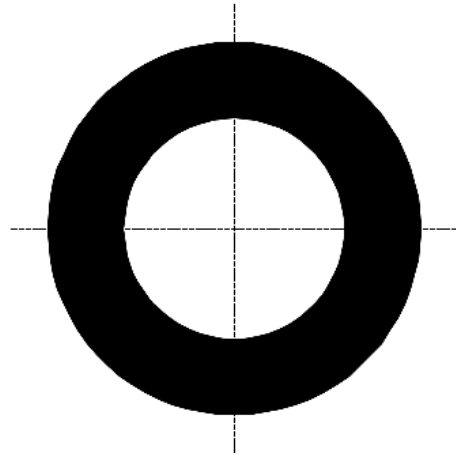


Рисунок 1 – Сплошной торцешлифовальный круг

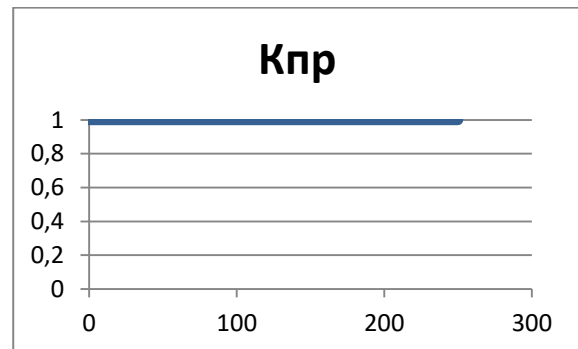


Рисунок 2 – Коэффициент прерывистости сплошного торцешлифовального круга

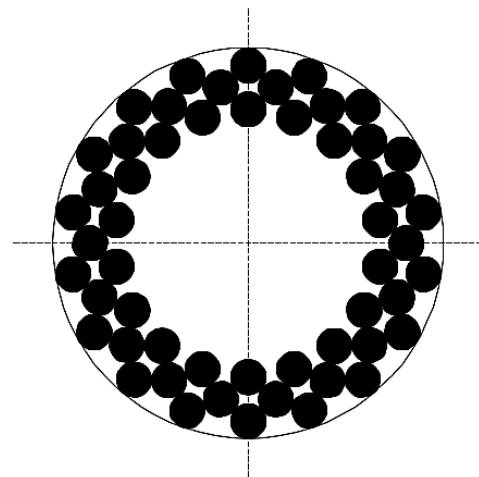


Рисунок 3 – Трехрядный СТК

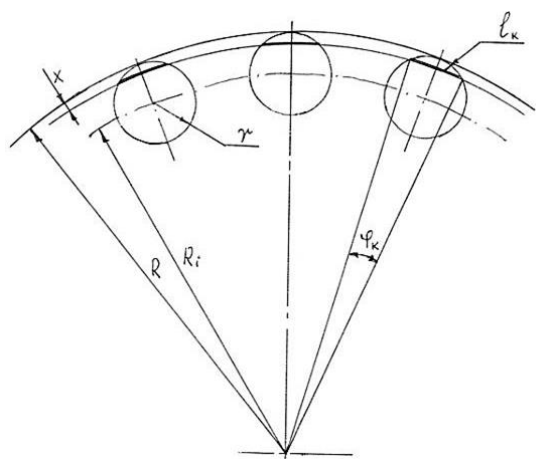


Рисунок 4 – Фрагмент рабочей части трехрядного СТК

Величина дуги l_k определяется зависимостью от центрального угла φ_k

$$l_k = \varphi_k(R - x).$$

В свою очередь угол φ_k найдем, используя известную тригонометрическую формулу:

$$\varphi_k = 2 \arccos \frac{R_i^2 + (R-x)^2 + r^2}{2R_i(r-x)},$$

где R_i – радиус центров абразивных элементов i -го концентрического ряда;

r – радиус абразивного элемента.

Таким образом, окончательно получим:

$$K_{пр} = \frac{k}{\pi} \arccos \frac{R_i^2 + (R-x)^2 + r^2}{2R_i(r-x)} \quad (4)$$

Использование зависимости (4) позволило получить графическую картину распределения коэффициента прерывистости для схемы абразивного круга (рисунок 3).

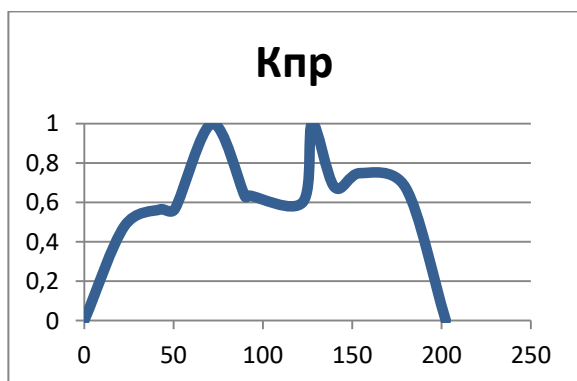


Рисунок 5 – Коэффициент прерывистости трехрядного СТК

Из данного графика можно видеть, что на поверхности круга имеются два максиму-

ма, где коэффициент прерывистости достигает значения $K_{пр} = 1$.

Несмотря на то, что данные зоны занимают относительно небольшие площади на круге, само наличие таких зон, где прерывистость практически отсутствует, создает риск нежелательных скачков температуры при шлифовании.

Учитывая то, что вышеназванные максимумы $K_{пр}$ возникают в так называемых зонах перекрытия абразивных элементов двух соседних рядов, рассмотрим вариант конструкции СТК с использованием цилиндрических абразивных элементов одновременно двух диаметров: большего у основания (для обеспечения их стандартного крепления на поверхности планшайбы) и меньшего в верхней части (для исключения зон перекрытия), (рисунок 6).

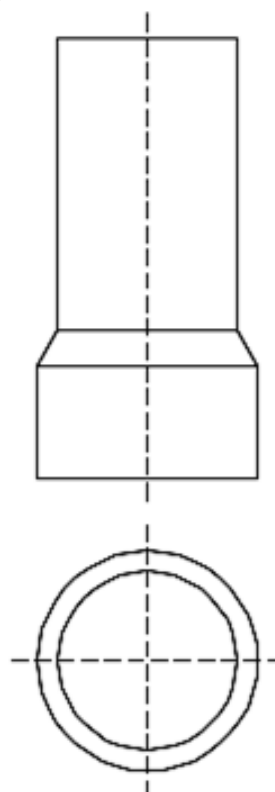


Рисунок 6 – Абразивный элемент одновременно двух диаметров

Проведены расчеты распределения коэффициента прерывистости по рабочей поверхности круга для вариантов с использованием различного диаметра верхней части абразивного элемента (АЭ). Результаты расчетов позволяют утверждать следующее: уменьшение диаметра верхней части АЭ однозначно ведет к уменьшению максимальных значений $K_{пр}$.

Для примера приведем два варианта:

а) Диаметр сборного торцешлифовального круга – 1000 мм;
диаметр абразивного элемента у основания – 90 мм;
диаметр абразивного элемента в верхней части – 80 мм;
количество абразивных элементов – 18х3.

б) Диаметр сборного торцешлифовального круга – 1000 мм;
диаметр абразивного элемента у основания – 90 мм;
диаметр абразивного элемента в верхней части – 73 мм;
количество абразивных элементов – 18х3.

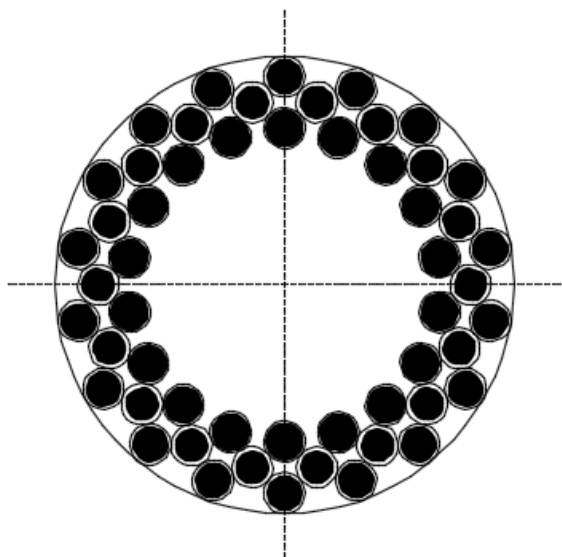


Рисунок 7 – Трехрядный СТК с использованием цилиндрических абразивных элементов одновременно двух диаметров, вариант а

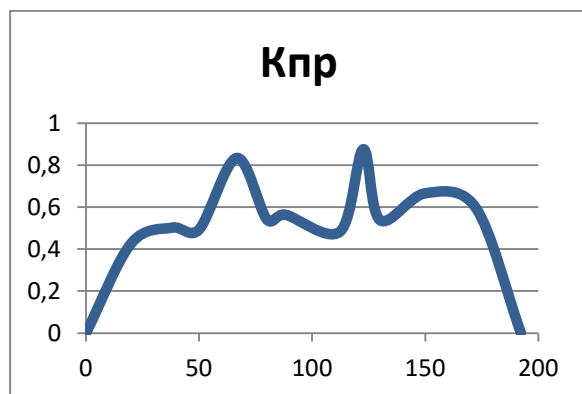


Рисунок 8 – Коэффициент прерывистости трехрядного СТК с использованием цилиндрических абразивных элементов одновременно двух диаметров, вариант а

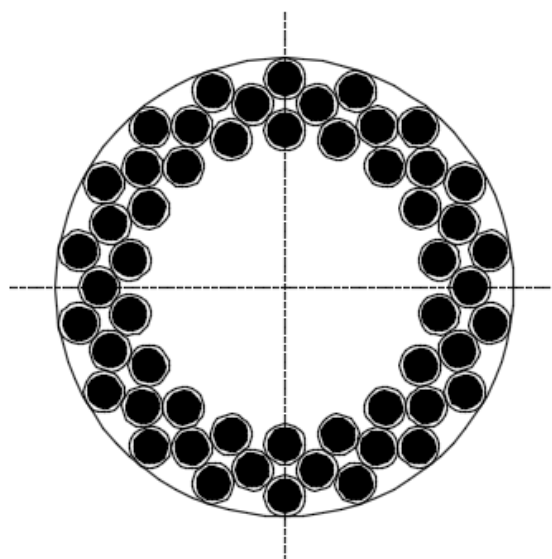


Рисунок 9 – Трехрядный СТК с использованием цилиндрических абразивных элементов одновременно двух диаметров, вариант б

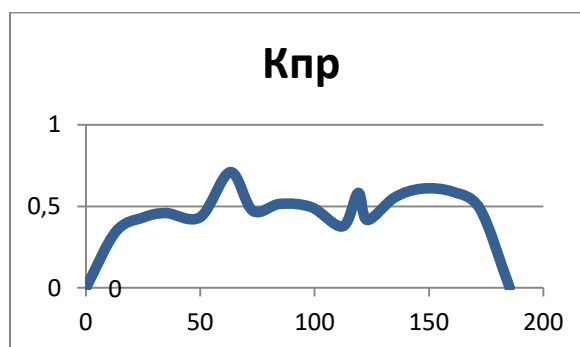


Рисунок 10 – Коэффициент прерывистости трехрядного СТК с использованием цилиндрических абразивных элементов одновременно двух диаметров, вариант б

Сравнительный анализ графиков на рисунке 2, 5, 8 и 10 показывает, что варьирование размерами конструктивных элементов СТК оказывает значительное влияние на максимальные значения коэффициента прерывистости. Сплошной круг (рисунок 1) дает $K_{пр} = 1$ по всей рабочей поверхности, классический СТК (рисунок 3) также дает максимумы $K_{пр} = 1$, однако лишь в ограниченных зонах, что уже практически позволяет понизить температуру шлифования на 20 – 30 процентов.

Изменение формы АЭ понижает значения максимумов коэффициента прерывистости до $K_{пр} = 0,83$ (рисунок 7) и даже до $K_{пр} = 0,71$ (рисунок 9). В соответствии с зависимостями (1), (2), (3) и (4) следует ожидать

пропорционального снижения температуры шлифования.

Полученные зависимости могут быть использованы в открытой математической модели процесса прерывистого торцового шлифования, устанавливающей взаимосвязи между технологическими факторами и конструктивными особенностями инструмента при проектировании эффективных технологических операций механической обработки деталей с помощью СТК.

Список литературы

1. Курносов, А.Д. Расчет контактной температуры при шлифовании плоскостей сборным инструментом / Курносов А.Д., Райт В.В., Складов А.П. // Отделочно-чистовые методы обработки и инструменты в технологии машиностроения. – Барнаул. - 1985. - С. 105-113.

2. Орлов, П.Н. Краткий справочник металлиста. – М.: Машиностроение, 1986. - 960 с.

3. Складов А.П. Повышение производительности шлифования плоских поверхностей сборными торцовыми кругами: Автореф. дис. на соиск. учен. степени канд. техн. наук. – Одесса, 1987. – 16 с.

Складов Андрей Петрович – к. т. н., доцент
Лим Антон Громович – студент

ФГБОУ ВО «Алтайский государственный
технический университет им. И.И. Ползунова»
(АлтГТУ), г. Барнаул, Россия