

ТЕПЛОВЫДЕЛЕНИЕ ПРИ ОТРЕЗАНИИ ЗАГОТОВКИ АЛМАЗНЫМ КРУГОМ С СЕГМЕНТНОЙ РЕЖУЩЕЙ КРОМКОЙ

Н.Н. ПОПОК, С.А. ПОРТЯНКО, Е.М. ТИХОН, В.А. КУДРЯКОВА
*Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой,
 г. Новополоцк, Республика Беларусь*

При отрезании заготовок алмазными кругами порядка 95–98% образующейся в зоне резания теплоты отводится сходящей стружкой и пылью [1, 2]. Для обеспечения стойкости и производительности алмазных кругов необходимо обеспечить его эффективное охлаждение. В качестве технического решения данной проблемы предлагаются алмазные круги с сегментной режущей кромкой [3], а также алмазные отрезные круги, в которых на боковых поверхностях режущих сегментов выполняются канавки различной направленности, глубины и протяженности [4]. Схема обработки (отрезания) материалов такими кругами представлена на рисунке 1.

Для расчёта температуры в зоне резания воспользуемся предложенными в работах [5; 6] решениями. Применительно к отрезанию заготовки рассматривается распределение температуры от источников теплоты на передней и задней поверхностях круга при нестационарном теплообмене.

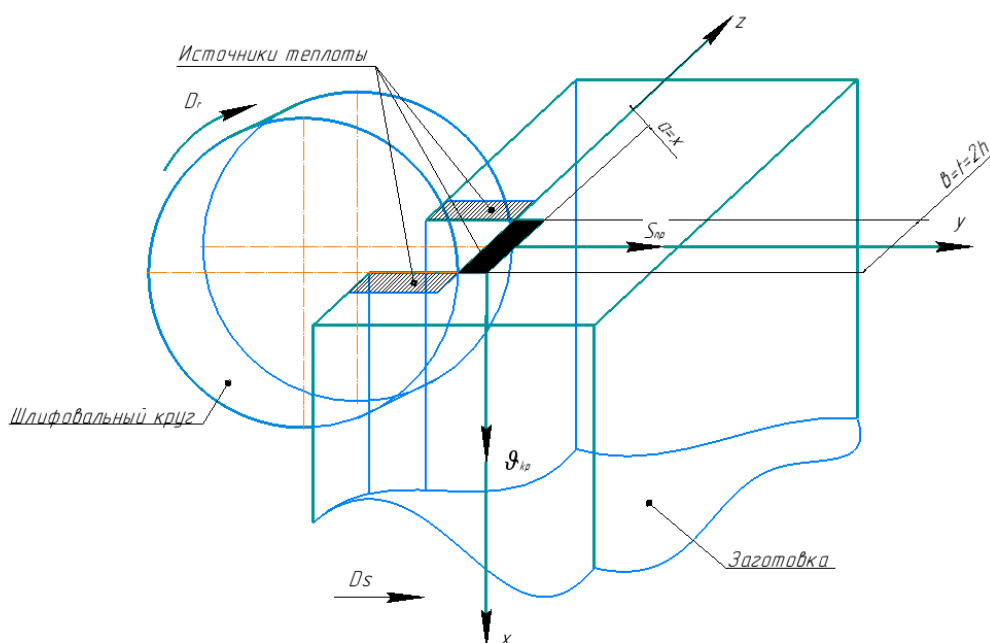


Рисунок 1. – Схема для расчёта температуры при шлифовании заготовки отрезным алмазным кругом: v и t – ширина и глубина резания; $2h$ – ширина источника теплоты; a и $S_{пр}$ – толщина срезаемого слоя и продольная подача; $v_{кр}$ – линейная скорость круга; D_r – главное движение резания; D_s – движение подачи

Формула для расчёта температуры T имеет следующий вид:

$$T = \frac{2qa}{\pi\lambda V} \sqrt{\pi} \int_0^{\frac{V\sqrt{t}}{2\sqrt{a}}} [\operatorname{erfu} - \operatorname{erf}\left(\frac{u^3 - H}{u}\right)] du \quad (1)$$

Получены графики изменения относительной температуры $Q = \frac{\pi\lambda VT}{2qa}$

от безразмерного комплекса $\frac{V\sqrt{t}}{2\sqrt{a}}$ при различных H , которые позволяют определить время теплового насыщения круга. Автором [6] установлено, что температура поверхности прерывистого круга не превышает 50% той, которая бы возникла при шлифовании сплошным кругом. Аналогичные периферийной поверхности круга тепловые процессы протекают и на его боковых поверхностях. В формуле (1) необходимо учесть размер h_δ теплового источника q_6 , который будет определяться шириной и длиной теплового воздухоотводящих канавок. Средняя температура на поверхностях круга будет рассчитываться путём сложения получаемых значений температуры на периферийной и боковых поверхностях.

Например, при $v_s = 10 \frac{\text{м}}{\text{мин}} = 16,67 \text{ см/с}$, $v_{\text{кр}} = 30 \frac{\text{м}}{\text{с}} = 3 * 10^3 \text{ см/с}$, $h = b = 4 \text{ мм} = 0,4 \text{ см}$, $a = 0,83 \text{ см}^2/\text{с}$ относительная полуширина источника равна:

$$H = \frac{v_s h}{2a} = \frac{16,67 \cdot 0,4}{2 \cdot 0,83} = 4.$$

При $H=4$ безразмерный комплекс будет равен $\frac{V\sqrt{t}}{2\sqrt{a}} = 2$, откуда время теплового насыщения круга $t = \frac{4 \cdot a \cdot 4}{v_s^2} = \frac{4 \cdot 0,83 \cdot 4}{16,67^2} = 0,048 \text{ с}$.

При определении времени, в течение которого относительная или средняя температура достигает определённых значений, чаще всего максимальных, вводятся отношения $T/T_m = 0,25; 0,5$ и $0,75$.

Для рассматриваемого примера при условии $T/T_m = 0,5$ получим $\frac{V_s \sqrt{t}}{2\sqrt{a}} = 1,2$, тогда $t = \frac{4 \cdot 1,44 \cdot 0,83}{277,89} = 0,017 \text{ с}$, а при $T/T_m = 0,25$ - $\frac{V_s \sqrt{t}}{2\sqrt{a}} = 0,7$ и $t = \frac{4 \cdot 0,49 \cdot 0,83}{277,89} = 0,006 \text{ с}$, т.е. в 2,8 раза меньше.

Сокращению времени температурного насыщения круга примерно в 2 раза способствует теплоотвод из зоны резания по канавкам на боковых поверхностях сегментов круга.

Длина пути резания (поворота сегмента круга), для рассчитанных значений времени теплового насыщения будет равна при $T/T_m = 0,5$ - $l = V_{\text{кр}} t = 3000 \cdot 0,017 = 85 \text{ см}$; при $T/T_m = 0,25$ - $l = V_{\text{кр}} t = 3000 \cdot 0,006 = 18 \text{ см}$.

При радиусе круга, например, равного 17,5 см длина пути резания будет составлять соответственно 1,29 и 6,1 длины окружности круга. Т. е. с увеличением теплового насыщения круга от 25% до 50%, длина пути резания увеличивается в 4,7 раза. Надо иметь в виду, что температура возрастает

в течении работы одного первого сегмента. В дальнейшем, после небольшого перерыва (того же порядка, что и время резания) будут работать второй, третий и т.д. сегменты. Очевидно, что произойдёт повышение температуры и её накопление.

ЛИТЕРАТУРА

1. Справочник абразивная и алмазная обработка материалов / А. Н. Резникова; под ред. д-ра техн. наук, проф., А. Н. Резникова. – М. Машиностроение, 1977. – 391 с.
2. Резников, А. Н. Тепловые процессы в технологических системах : учеб. для вузов по специальностям «Технология машиностроения» и «Металлорежущие станки и инструменты» / А.Н. Резников [и др] ; под ред. А. Н. Резникова. – М.: Машиностроение, 1990. – 288 с.
3. Круги алмазные отрезные. Технические условия : ГОСТ 32833-2014. – Введ. 25.06.2015. – М. : Стандартиформ, 2015. – 12 с.
4. Проблемы создания специализированного и универсального алмазно-абразивного инструмента / В. Е. Бабич // Современные методы и технологии создания и обработки материалов : сб. научных трудов. В 3 кн. Кн. 2. Технологии и оборудование механической и физико-технической обработки ; редкол. : В. Г. Залесский (гл. ред.) [и др.]. – Минск, 2020. – С 6–15.
5. Сипайлов, В. А. Тепловые процессы при шлифовании и управление качеством поверхности / В. А. Сипайлов. – М. : Машиностроение, 1978. – 167с.
6. Якимов, А. В. Оптимизация процесса шлифования / А. В. Якимов. – М. : Машиностроение, 1978. – 176 с.