

что наиболее эффективным способом повышения стойкости сверл при сверлении меди является нанесение на них слоя нитрида титана.

УДК 621.919

Н.А.Рогович, канд.техн.наук  
(изд-во "Вышэйшая школа")

## АНАЛИТИЧЕСКОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ РАСПРЕДЕЛЕНИЯ ТЕМПЕРАТУРЫ ПРИ РАБОТЕ ОТРЕЗНЫМИ АЛМАЗНЫМИ КРУГАМИ

В последнее время все более широкое применение находят инструменты с включениями алмазов, например отрезные алмазные круги. Основное преимущество этих инструментов – их повышенная стойкость. Установлено, что режущая способность отрезных алмазных кругов по мере врезания и роста температуры в зоне резания как по боковым сторонам, так и по торцу сохраняется более длительное время.

Несмотря на то что опубликован ряд работ, содержащих результаты исследований по использованию отрезных алмазных кругов, до настоящего времени отсутствует детальное описание динамического процесса теплообмена и потери эффективности их работы.

Наша основная задача состояла в следующем: дать, по возможности, более глубокий анализ процесса теплообмена в рамках имеющихся физических величин для рационального использования дорогостоящего инструмента.

Рассматриваемый ниже пример полностью пригоден для процесса врезного шлифования, а также и для других случаев, но с учетом в каждом из них специфики динамики процесса. При этом не обязательно существенно изменять постановку задачи расчета тепловых процессов с учетом трения и условий, при которых происходит засаливание режущей части инструмента.

Поскольку высота круга незначительная (колеблется в пределах 0,75–2 мм) и он на оправке жестко закрепляется шайбами с двух сторон так, что свободной остается только режущая часть, моментом инерции можно пренебречь.

Если учесть, что при врезании круга в заготовку усилия подачи распределяются равномерно на все режущие зерна, то коэффициент трения между деталью и кругом будет зависеть от средней температуры режущей кромки круга [1, 2]. Значительная часть тепла, выделяющегося в зоне контакта круга с деталью (в зоне резания), будет передаваться в круг, деталь, а незначитель-

ная - в окружающую среду. Теплоотдача круга вне зоны резания происходит лишь в охлаждающую жидкость. К тому же, чем больше диаметр круга, тем лучше условия охлаждения.

Рассмотрим элементарный объем круга (рис. 1). Согласно первому закону термодинамики [3], изменение температуры круга происходит по радиусу  $r$  на всей его высоте  $B$  и зависит от  $t$  - времени контакта круга с обрабатываемой деталью, т. е. при обработке детали большей длины  $l$  время контакта будет увеличиваться.

Например, при  $B = 2$  получим

$$\frac{\partial^2 T_K}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial T_K}{\partial r} = - \frac{2F s_{д.пр} \mu \omega}{k_K \pi B} + \frac{k_m (2\pi r - s_{пр})}{k_K \pi B r} (T_K - T_{охл}) + \rho_K, \quad (1)$$

где  $T_K$  - температура круга;  $F$  - площадь контакта круга с обрабатываемой деталью;  $s_{д.пр}$  - давление, возникающее от усилия подачи со стороны детали на круг;  $\mu$  - коэффициент трения между кругом и деталью (0, 1-0,5);  $\omega$  - угловая скорость круга;  $k_K$  - коэффициент теплопроводности круга;  $k_m$  - коэффи-

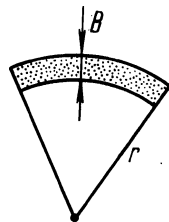


Рис.1. К расчету температуры по длине контакта круга с деталью.

циент теплоотдачи в окружающую среду посредством СОЖ;  $T_{охл}$  - температура СОЖ;  $\rho_K$  - плотность круга;  $s_{пр}$  - продольная подача шлифовального круга.

В уравнении (1)  $\frac{2F s_{д.пр} \mu \omega}{k_K \pi B}$  характеризует тепловыделение в зоне резания. Начальные и граничные условия для этого же уравнения следующие:

1) при выключенном электродвигателе подач и продолжающемся вращении круга силы, действующие со стороны круга и детали, будут взаимоуравновешены. Износ круга, как и съем металла с детали, не происходит. Условие равновесия  $F_{д} = F_{к}$ , а следовательно, и  $T_K(r, 0)$  равно температуре окружающей среды  $T_{окр.ср}$ ;

2) при врезании круга в деталь начальным условием каждого прохода, или периода входа круга в контакт с деталью и его охлаждения, будет распределение температуры, существовавшей в круге во время резания:

$$\frac{\partial T}{\partial r}(r_0, t) = \frac{\lambda}{k_C} (T_K(r_0, t) - T_{окр.ср}),$$

где  $\lambda = 0,0795$  – коэффициент теплопроводности;  $k_c$  – коэффициент теплоотдачи при вращении круга и продольной подаче детали.

Длина дуги контакта круга с деталью также имеет существенное значение и может быть найдена как  $L_{\text{конт}} = r\alpha$ , где  $\alpha$  – угол контакта круга с деталью, рад.

Численные результаты были получены для случая со следующими параметрами:  $s_{\text{д.пр}} = 700$  Н;  $r = 90$  мм;  $B = 1,3$  мм;  $\alpha = 0,2051$ ;  $L_{\text{конт}} = 189,9$  мм;  $t_r = 1$  мм;  $l = 200$  мм;  $s = 23,6$  мм/мин.

Следует отметить, что особенно повышается температура при увеличении длины непрерывного резания. Например, при прорезании пазов длиной 200 мм температура более существенно повышается, чем в случае прорезания пазов до 100 мм.

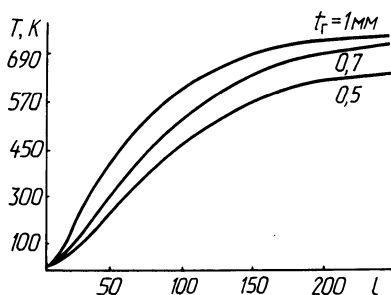


Рис. 2. Распределение температуры в детали в зависимости от длины прорезаемого паза. Материалы детали – сталь 20ХНР.

Кривая (рис. 2) является примером распределения температуры в обрабатываемой детали и показывает, как тепло аккумулируется в ней, передается кругу, а в результате действия СОЖ и явления конвекции – в окружающую среду.

### Л и т е р а т у р а

1. Крагельский И.В., Виноградова И.З. Коэффициенты трения. – М., 1956. – 352 с.
2. Понетика М.Ф. Контактные нагрузки на режущих поверхностях инструмента. – М., 1969, с. 115.
3. Леви, Цзай, Грувер. Аналитическое исследование влияния износа на изменение температуры металла режущего инструмента. – В сб.: Конструирование и технология машиностроения. М., 1976, № 1, с. 204–210.