

Карпович С.И., доц., канд. техн. наук;
 Карпович Д.С., ст. преп., канд. техн. наук
 (БГТУ, г. Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕПЛОВЫХ ЯВЛЕНИЙ ПРИ ШЛИФОВАНИИ КРУГОМ С ПРЕРЫВИСТОЙ РАБОЧЕЙ ПОВЕРХНОСТЬЮ

При эксплуатации как деревообрабатывающего, так и любого иного инструмента, связанного с механическим воздействием на обрабатываемый материал, важную роль играет такая операция подготовки инструмента, как заточка. При этом температурный режим процесса заточки оказывает значительное влияние на структуру материала, из которого изготовлен затачиваемый инструмент. Ограничение температуры при заточке позволяет избежать негативных изменений в структуре материала и, как следствие, продлить время работы такого инструмента.

Использование прерывистого шлифовального круга при заточке позволяет оказывать весьма существенное влияние на температурный режим заточки.

При шлифовании абразивным кругом с прерывистой рабочей поверхностью можно выделить два этапа. Первый этап – нагревание происходит при контакте выступающих зерен абразивного круга и инструмента. Второй этап – охлаждение за счет отвода тепла из зоны шлифования обдувом воздуха и в тело затачиваемого инструмента. Далее эти два этапа циклически повторяются.

Если рассматривать процесс заточки инструмента с точки зрения ограничения температуры, наибольший интерес представляет случай, когда длительность процесса шлифования режущими зернами кругов с прерывистой поверхностью будет менее времени выхода температуры на установившееся наибольшее значение. В этом случае максимальная температура в зоне нагрева может быть ограничена.

Для сталей У8А, Х12М, 12ХН4А и др. время теплового насыщения, при котором температура, достигнув максимума, устанавливается и не подвергается дальнейшему изменению, составляет примерно $\tau_{уст} = 0,01 \div 0,03$ с [1].

При этом характер нарастания температуры имеет экспоненциальный вид [2], и в общем случае зависимость изменения температуры во времени описывается дифференциальным уравнением:

$$\tau_{нагр} \cdot \frac{dT(\tau)}{dt} + T(\tau) = T_{max}, \quad (1)$$

где $\tau_{\text{нагр}}$ – постоянная времени нагрева, с; T – текущая температура, °С; τ – время с момента начала нагрева, с; T_{max} – максимальная температура, °С.

Величину $\tau_{\text{нагр}}$ можно приблизительно определить по формуле:

$$\tau_{\text{нагр}} = \frac{\tau_{\text{уст}}}{3 \div 4}. \quad (2)$$

Процесс изменения температуры при остывании описывается дифференциальным уравнением:

$$\tau_{\text{охл}} \frac{dT(\tau)}{d\tau} + T(\tau) = 0, \quad (3)$$

где $\tau_{\text{охл}}$ – постоянная времени охлаждения, с; τ – время с момента начала охлаждения, с.

Затем опять происходит этап нагревания, далее охлаждения и т.д. по циклу [1].

При этом для каждого этапа начальные условия для решения дифференциальных уравнений (1) и (3) будут одновременно финальными значениями температуры для предыдущих этапов, т. е. последняя температура этапа нагрева будет являться начальным условием для этапа охлаждения, последняя температура этапа охлаждения будет являться начальным условием для следующего этапа нагрева. Для самого первого этапа нагрева начальная температура равна температуре инструмента до начала заточки.

Анализируя поведение температуры в зоне шлифования, можно сделать вывод, что при заточке инструмента абразивным кругом с прерывистой рабочей поверхностью можно уменьшить. Величина средней температуры в режиме установившихся колебаний по сравнению с максимально возможной меньше практически на 200°С.

На степень уменьшения температуры большое влияние будет оказывать соотношение длин выступов и впадин на рабочей поверхности шлифовального инструмента. Обозначим l_1 – время контакта абразивного круга с обрабатываемым инструментом, l_2 – время охлаждения в зоне шлифования за счет впадин на абразивном круге. Анализ влияния соотношения l_2/l_1 на температуру обработки позволяет сделать следующий вывод: при увеличении времени охлаждения l_2 или уменьшении времени нагрева l_1 температура шлифования будет уменьшаться. Т.е. с точки зрения минимизации температуры соотношение l_2/l_1 должно быть как можно больше. Однако опыт эксплуатации кругов показывает, что соотношение l_2/l_1 не должно быть больше 0,5, т. к. с увеличением этого параметра ослабевают прочность кругов и снижается их работоспособность [1].

Уменьшение средней температуры шлифования на диапазоне l_2/l_1 от 0,05 до 0,5 имеет практически линейный характер. Наилучший эффект с точки зрения понижения температуры дают величины l_2/l_1 в диапазоне от 0,44 до 0,5.

Еще одним фактором, оказывающим существенное влияние на температуру, является общее время одного цикла периодического шлифования l , который равен $l = l_1 + l_2$.

Зависимость влияния общего времени одного цикла прерывистого шлифования l на среднюю температуру процесса абразивной обработки имеет сложный, нелинейный характер. При малых величинах l — от 0,005 до 0,011 с температура шлифования резко возрастает. Это обусловлено тем, что при малых величинах времени цикла прерывистого шлифования температура не успевает возрасти до значительных величин, и часто сменяющиеся этапы нагрева и охлаждения эффективно компенсируют друг друга. Затем следует участок плавного достижения максимальной температуры, которая при $l=0,0176$ с равна 532°C. Эффективность отвода в этом случае минимальная. Далее следует участок незначительного уменьшения средней температуры. На мой взгляд, это происходит в связи с тем, что при длительном времени нагрева пиковые значения температуры достигают своего максимума, а значит, и скорость нарастания температуры будет невысока. При этом эффективность охлаждения будет возрастать, т.к. скорость охлаждения зависит от градиента температуры. При большом градиенте, который обусловлен достижением температурой максимальных пиковых значений, скорость уменьшения температуры возрастает. Однако при этом максимальная пиковая температура достигает значений, сопоставимых с температурой шлифования непрерывным кругом, равной порядка 700°C. Таким образом не удастся избежать негативных структурных изменений затачиваемого инструмента.

В результате анализа тепловых процессов, протекающих при заточке инструмента абразивным кругом с прерывистой рабочей поверхностью можно предложить следующие рекомендации с целью уменьшения температуры шлифования: использование прерывистых кругов позволяет уменьшить температуру на 30–40 %; соотношение впадин инструмента к выступам должно быть в диапазоне 0,4–0,5 для максимизации эффекта понижения температуры; время цикла периодического шлифования должно быть менее 0,015 с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Якимов А.В. Абразивно-алмазная обработка фасонных поверхностей. — М.: Машиностроение, 1984.