УДК 621.921

**ВЫБОР РЕЖИМОВ ШЛИФОВАНИЯ С УЧЕТОМ ИЗНАШИВАНИЯ НСТРУМЕНТА**

В.В. Борисов1, И.Д. Ибатуллин1, Д.Р. Загидуллина2

1Самарский государственный технический университет

2Башкирский государственный университет

Приведена методология выбора режимов шлифования деталей с учетом кинетики усталостного выкрашивания шлифовального круга, обеспечивающая точность механической обработки. Методология включает методику оценки усилий резания при различных режимах шлифования и методику оценки активационных характеристик разрушения шлифовальных кругов.

**Ключевые слова:** шлифовальный круг, энергия активации разрушения, термофлуктуационная теория прочности, усилие резания при шлифовании, долговечность, шлифование.

Известно, что в процессе эксплуатации рабочая поверхность шлифовального круга подвергается разрушающим воздействиям (циклическим напряжениям), в результате которых наблюдается усталостное выкрашивание абразивных зерен из-за разрушения связки. Данный процесс имеет положительные и отрицательные стороны, в частности, обеспечивается самозатачивание шлифовального круга, но с другой - приводит к снижению размерной точности обрабатываемой детали. Поэтому при выборе режимов шлифования необходимо обеспечивать условия, при которых долговечность связки, удерживающей абразивные зерна на рабочей поверхности круга, будет превышать время обработки детали.

Интенсивность усталостного процесса контролируется термофлуктуационным механизмом разрушения межатомных связей. Поэтому для оценки долговечности материала круга  предложено использовать уравнение долговечности С.Н. Журкова [3], в котором время до разрушения в поле действующих нагрузок  и температур определяется кинетическими параметрами разрушения: - энергией активации разрушения материала шлифовального круга; - структурно-чувствительным коэффициентом и  - постоянной времени. Данные параметры оцениваются в ходе термокинетических испытаний, методика которых описана в работе [4]. В данной методике проводят испытания образцов при различных нагрузках (не менее трех) и температурах (не менее трех), строят линейные зависимости  (ось ординат) от  (ось абсцисс) и экстраполируют эти зависимости до пересечения этих прямых в одной точке. Показание оси ординат в данной точке соответствует величине . Перестраивают полученные экспериментальные результаты в координатах  - эффективная энергия активации (ось ординат) - . Величина  определяется из выражения

, кДж/моль (1)

Экстраполируют линейные зависимости - на ось ординат, где они пересекаются в одной точке. Положение данной точки на оси ординат соответствует величине энергии активации разрушения материала шлифовального круга . Рассчитывают величину структурно-чувствительного коэффициента как

 (2)

Учитывая, что локальные участки режущей части шлифовального круга испытывают не постоянную нагрузку, а циклическую, то стойкость режущей части шлифовального круга  будет зависеть не только от долговечности материала круга, но и от длительности контакта  локального участка режущей части круга с обрабатываемой деталью за один оборот круга, частоты вращения круга  (мин-1), а также соотношения ширины шлифовального круга (м) и поперечной подачи шлифовального круга при шлифовании  (м). Величина  составляет

, с (3)

где  (с), здесь - длина контакта режущей кромки с обрабатываемой деталью (м), а  (м/с), где  - радиус шлифовального круга, м. Поскольку контакт режущей кромки с обрабатываемой деталью представляет собой дугу, длина которой определяется радиусом шлифовального круга  и осевой подачей  (м) круга при шлифовании, ее величина может быть найдена из выражения

, м (3)

Далее находят экспериментальную зависимость между режимами шлифования и давлением , действующим на режущую часть шлифовального круга. Определяют из выражения (2) стойкость шлифовального круга  для различных режимов шлифования.

Длительность обработки детали  находят из выражения

 , с (4)

где - площадь обрабатываемой поверхности, м2; - величина припуска, который необходимо удалить, м; - осевая подача, м; - поперечная подача, м; - линейная скорость вращения круга, м/с.

Далее выбирают такие режимы шлифования, при которых выполняется условие сохранения режущей части шлифовального круга на протяжении обработки детали, которое записывается неравенством.

. (5)

Из рис. 2 видно, что выполнение условия (5) выполняется, если кривые, характеризующие время обработки, расположены под кривыми стойкости шлифовального круга. Рациональным является режим шлифования, при максимальных подачах (время обработки минимально) при скоростях шлифования обеспечивающих условие (5).

Таким образом, разработанный способ реализуется по следующим этапам.

1. Проводят предварительное шлифование обрабатываемой поверхности и определяют температурное и силовое воздействие на материал шлифовального круга (среднюю температуру, осевые и тангенциальные силы в зоне резания) при варьировании режимов шлифования (скорости продольных перемещений и глубины резания). При выборе диапазона варьирования режимов шлифования целесообразно руководствоваться рекомендациями, приведенными в справочниках (например, в [1]). Производят векторное сложение полученных осевых и тангенциальных сил, рассчитывают площадь контакта шлифовального круга с обрабатываемой поверхностью и на основе полученных данных рассчитывают давление на материал круга. Для экспериментальных исследований усилий шлифования разработан оригинальный измерительный комплекс, позволяющий измерять при шлифовании тангенциальное и осевое усилия, а также среднюю температуру, действующие в зоне контакта шлифовального круга и обрабатываемой детали.
2. Определяют активационные характеристики разрушения шлифовального круга (постоянную времени , энергию активации разрушения  и структурно-чувстви-тельный коэффициент ), например, термокинетическими методами, описанными в работе [3]. Для проведения экспериментов по исследованию длительной прочности шлифовальных кругов разработана установка, включающая нагружающий механизм (винтовой пресс), термостабилизирующее устройство, датчики осевой силы и температуры. Для испытаний изготавливают образцы шлифовального круга кубической формы. В ходе выполнения экспериментов термостабилизируют и нагружают образцы и оценивают время до их разрушения Далее рассчитывают постоянную времени , энергию активации разрушения и структурно-чувствительный коэффициент. Определение активационных параметров разрушения позволяет по формуле С.Н. Журкова рассчитать долговечность твердого тела в зависимости от действующих напряжений и температур. Строят зависимость стойкости рабочей части шлифовального круга от режимов шлифования. Рассчитывают длительности обработки детали и выбирают такие режимы шлифования, при которых длительность обработки детали не превышает стойкости режущей части шлифовального круга.

**Список литературы**

1. Справочник технолога-машиностро-ителя. В 2-х т., Т. 2/ Под ред. *А.М. Дальского, А.Г. Суслова, А.Г. Косиловой, Р.К. Мещерякова.*-5-е изд., исправл. -М.: Машиностроение -1, 2003.-944с.
2. Патент РФ №2323813. Способ определения оптимальных условий шлифования/ *Ефремов В.В., Гедзь А.Д., Пшеничкин А.И.* и др. Опубл. 10.05.2008. Бюл. № 13.
3. *Журков С. Н.* Проблема прочности твердых тел. – Вестник АН СССР. – 1957. - № 11. – С. 78 – 82.
4. *Регель В.Р., Слуцкер А.И., Томашевский Э.И.* Кинетическая природа прочности твердых тел. - М.: Наука, 1974. - 560 с.

**CHOICE OF MODES OF GRINDING TAKING INTO ACCOUNT TOOL WEAR**

V.V. Borisov1, I.D. Ibatullin1, D.R. Zagidullina2

1Samara State Technical University

2 Bashkortostan State University

The methodology of a choice of modes of grinding of details taking into account kinetics of a fatigue destruction of the grinding circle, the providing accuracy of machining is given. The methodology includes a technique of an assessment of efforts of cutting at various modes of grinding and a technique of an assessment of activation characteristics of destruction of grinding circles.

**Keywords:** grinding circle, energy of activation of destruction, the thermofluctuation theory of durability, effort of cutting when grinding, durability, grinding.