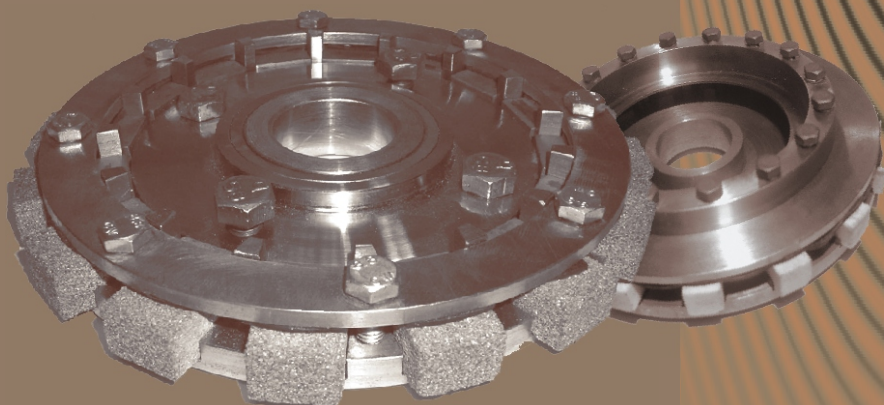


В. А. Смирнов

ШЛИФОВАНИЕ ПРЕРЫВИСТЫМИ КРУТАМИ С УПРУГОДЕМПФИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ



Электронный аналог печатного издания: Смирнов В. А. Шлифование прерывистыми кругами с упругодемпфирующими элементами. — СПб. : Политехника, 2009. — 91 с. : ил.

УДК 621.923
ББК 34.637.3
С50



ПОЛИТЕХНИКА
ИЗДАТЕЛЬСТВО

Санкт-Петербург 2011

www.polytechnics.ru

Р е ц е н з е н т ы: *Макаров В. Ф.*, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения», ГОУ ВПО Пермский государственный технический университет; *Юсупов Г. Х.*, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой «Технология машиностроения и приборостроения», Воткинский филиал ГОУ ВПО Ижевский государственный технический университет.

Смирнов, В. А.
С50 Шлифование прерывистыми кругами с упругодемпфирующими элементами. — СПб. : Политехника, 2011. — 91 с. : ил.

ISBN 978-5-7325-0931-1

В монографии приведены результаты комплексного исследования процесса шлифования прерывистыми кругами с упругодемпфирующими элементами. На основании результатов теоретических и экспериментальных исследований разработаны новые конструкции и методика определения конструктивных параметров прерывистых кругов с упругодемпфирующими элементами, позволяющие повысить эффективность плоского шлифования периферией круга сплавов, склонных к возникновению тепловых дефектов.

УДК 621.923

ББК 34.637.3

© В. А. Смирнов, 2011
ISBN 978-5-7325-0931-1 © Издательство «Политехника», 2011

О Г Л А В Л Е Н И Е

Введение	5
Основные сокращения и обозначения	7
Г л а в а 1	
КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРЕРЫВИСТЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГАХ	9
1.1. Прерывистые круги	9
1.2. Прерывистые круги с упругодемпфирующими элементами	13
Г л а в а 2	
ЭЛЕМЕНТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ПРЕРЫВИСТЫМИ КРУГАМИ С УДЭ	16
2.1. Составляющие силы резания и упругая деформация УДЭ	16
2.1.1. Толщина срезаемого слоя	18
2.1.2. Длина дуги контакта круга с заготовкой	22
2.1.3. Составляющие силы резания и деформация УДЭ	24
2.2. Обеспечение виброустойчивости процесса	33
2.3. Расчет температурного поля заготовки	34
2.4. Определение точности формы и критерия шероховатости обработанной поверхности	43
2.5. Обеспечение производительности обработки и стойкости круга	46
2.5.1. Производительность обработки	46
2.5.2. Стойкость круга	48
Г л а в а 3	
ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ ПРОЦЕССА ШЛИФОВАНИЯ ПРЕРЫВИСТЫМИ КРУГАМИ С УДЭ	50
3.1. Методики проведения исследований	50
3.2. Экспериментальные закономерности изменения сил резания и параметров относительных колебаний	54
3.3. Экспериментальное определение износа круга	62
3.4. Экспериментальные закономерности изменения температуры в зоне резания	67
3.5. Параметры качества обработанных поверхностей	71
Г л а в а 4	
МЕТОДИКА ОПРЕДЕЛЕНИЯ КОНСТРУКТИВНЫХ ПАРАМЕТРОВ ПРЕРЫВИСТЫХ КРУГОВ С УДЭ	75

4.1. Методика и пример расчета	75
4.2. Конструкция и эксплуатация прерывистого круга с УДЭ	79
4.2.1. Выбор материала для УДЭ и обеспечение требуемой жесткости УДЭ	80
4.2.2. Контроль статической жесткости УДЭ	81
4.2.3. Балансировка прерывистого шлифовального круга с УДЭ	83
4.2.4. Техничко-экономические показатели прерывистого шлифовального круга с УДЭ	84
Закключение	85
Список литературы	87

КРАТКИЕ СВЕДЕНИЯ О ПРЕРЫВИСТЫХ ШЛИФОВАЛЬНЫХ КРУГАХ

1.1. ПРЕРЫВИСТЫЕ КРУГИ

При шлифовании в зоне контакта круга с заготовкой возникает высокая температура. Такая температура сохраняется доли секунды, однако, несмотря на кратковременность нагрева, в поверхностном слое могут появляться структурные изменения в виде прижогов, снижающих износостойкость и контактную прочность готовых деталей. Неравномерность нагревания разных участков поверхности заготовки приводит к появлению в поверхностном слое остаточных напряжений растяжения и микротрещин, снижающих усталостную прочность готовых деталей. При шлифовании сплавов на основе титана, например сплава ВТ6, повышение температуры на поверхности заготовки приводит к повышению ее химической активности к кислороду, азоту и водороду и, следовательно, к активной адсорбции газов в обработанную поверхность, что также снижает эксплуатационные характеристики готовых деталей.

Таким образом, высокая контактная температура является главным фактором, определяющим эксплуатационные свойства деталей машин, изготовленных из сплавов, склонных к возникновению тепловых дефектов.

Существует несколько видов прижогов, характерных для процесса шлифования [16, 61]:

- одиночные штриховые прижоги вследствие затупления, засаливания зерен или попадания с СОЖ в зону резания шлама;

- штрихи по всей шлифуемой поверхности, связанные с неравномерностью свойств материала заготовки, нарушением режимов шлифования, недостаточным подводом жидкости в зону резания, повышенной твердостью инструмента, износом или засаливанием инструмента;

- вибрационные штрихи и пятна;

- пятна и штрихи на отдельных участках в связи с нарушением припуска или геометрической точности поступающей заготовки.

В результате анализа работ А. В. Якимова [63, 64], В. А. Сипайлова [35], П. И. Ящерицына [65] и других [47, 59, 61] можно выделить следующие факторы, определяющие температуру в зоне контакта:

- 1) свойства материала заготовки;
- 2) интенсивность теплового источника;
- 3) скорость теплового источника;
- 4) интенсивность охлаждения.

Процессы, определяющие значение каждого из четырех факторов, приведены на рис. 1.1.

За последние годы признание в промышленности получил метод шлифования кругами с прерывистой рабочей поверхностью. Применение прерывистых кругов взамен сплошных позволяет управ-

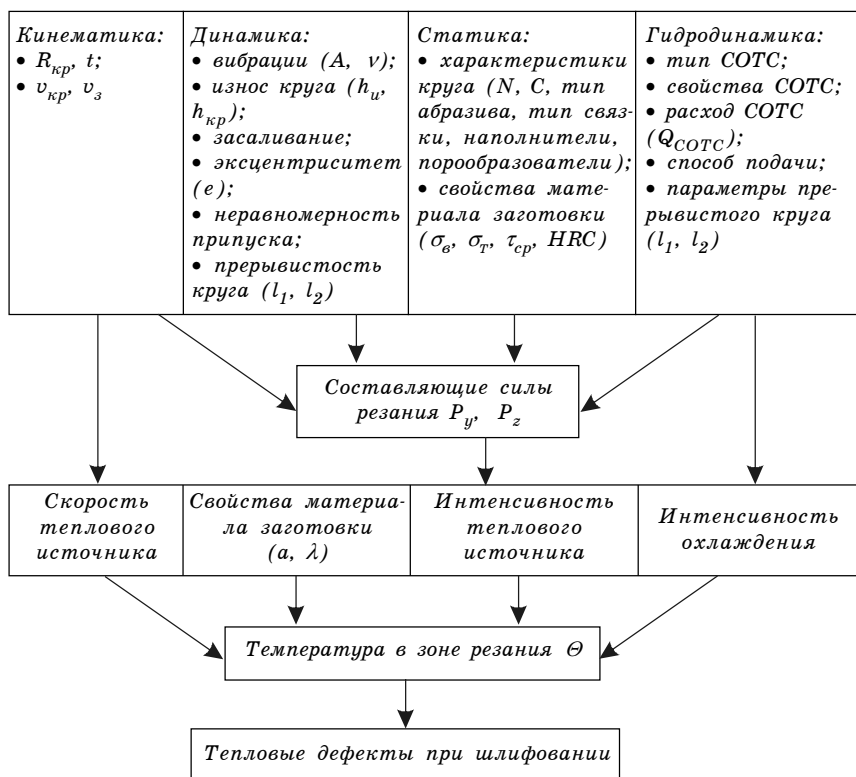


Рис. 1.1. Классификация процессов, определяющих возникновение тепловых дефектов

лять тепловым источником при шлифовании и снизить температуру шлифуемой заготовки.

Нестационарный режим в процессе шлифования прерывистыми кругами открыл принципиальную возможность понижения контактных температур за счет периодического прерывания процесса. Длительность нагревания необходимо делать меньше времени достижения теплового насыщения, чтобы температура в зоне резания не поднялась до своего максимального значения.

Прерывистые круги позволяют выполнять шлифование на повышенных рабочих скоростях, более технологичны в изготовлении (по сравнению с перфорированными кругами), имеют повышенную производительность [35, 64].

Использование прерывистого круга при определенных условиях обеспечивает подачу СОТС непосредственно в зону резания через впадины на рабочей поверхности круга, объединяя при этом достоинства обработки шлифования перфорированным кругом с подачей СОТС через отверстия круга с одновременным поливом.

В результате многолетнего опыта эксплуатации прерывистых кругов можно сделать выводы об их эффективности при шлифовании наиболее ответственных деталей, изготавливаемых из самых разнообразных материалов [17, 27, 28, 34, 37–42, 44, 46, 47–49, 58, 63, 64].

Прерывистые круги успешно используются при заточке режущих инструментов (резцов, дисковых пил, концевых фрез, ножей, протяжек) с применением и без применения СОТС, что позволяет повысить производительность в 1,4–1,5 раза, сократить удельный расход алмаза в 1,6–2 раза и увеличить стойкость шлифовального инструмента на 20–30 %.

Использование прерывистых алмазных кругов с наклонными пазами нашло эффективное применение и при обработке титановых сплавов [47], контактная температура при шлифовании уменьшилась в 1,5–3 раза, что существенно увеличило период стойкости круга (до 15 раз) и позволило повысить производительность обработки.

Применение прерывистых кругов на подшипниковом производстве способствует увеличению контактной прочности подшипников на 30–40 %.

Известны положительные примеры использования прерывистых кругов для разрезания заготовок, зубошлифования, шлифования вырубных штампов и прокатных валков [64]. Так, использование прерывистых кругов взамен обычных позволяет увеличить стой-

кость прокатных валков на 17 % и повысить до двух раз стойкость шлифовального круга. Благодаря наличию впадин на поверхности прерывистого круга становится возможным шлифование на режимах, при которых контактная температура не превысит критических точек структурных превращений, что обеспечит сохранение требуемых физико-механических свойств шлифуемой поверхности (микротвердости, остаточных напряжений).

Получили применение композиционные шлифовальные круги, которые также можно считать прерывистыми. Роль СОТС в данном случае выполняют бруски твердого смазочного материала, располагающиеся во впадине прерывистого круга. Правильный подбор количества и размеров конструктивных элементов композиционного шлифовального круга позволяет снизить силы резания и удельный расход абразивного материала при внутреннем шлифовании и заточке режущего инструмента [34, 58]. При шлифовании стали 12Х18Н9Т композиционными кругами возможно увеличение скорости продольного перемещения стола до двух раз при обеспечении требуемой шероховатости поверхности. Стойкость композиционных кругов по критерию объемной скорости изнашивания на 50–60 % больше, а по критерию образования прижогов на обработанной поверхности до двух раз больше, чем у стандартных кругов [17].

Известны также оригинальные технологические процессы упрочняющего шлифования или нанесения масляных карманов прерывистыми кругами [64].

Расчет и проектирование прерывистых шлифовальных кругов наиболее широко рассмотрены в работах В. А. Сипайлова и А. В. Якимова [35, 63, 64]. На основании математического моделирования и экспериментального исследования процесса шлифования прерывистыми кругами получены формулы для определения конструктивных параметров прерывистых кругов.

Следует отметить, что наряду с достоинствами прерывистым кругам присущи некоторые недостатки, ограничивающие их технологические возможности:

- 1) большой размерный износ круга из-за меньшей рабочей площади периферии круга и ударного характера сил резания;
- 2) более высокий уровень вибраций при обработке, что отрицательно сказывается на качестве обработанных поверхностей;
- 3) тепловые дефекты, обусловленные влиянием динамических факторов, например затуплением или засаливанием круга, вибрацией в технологической системе, нарушением геометрической точ-

ности поступающей заготовки, не могут быть устранены с помощью прерывистого круга.

Вследствие большого размерного износа прерывистых кругов рекомендуется назначать их твердость на две степени выше, а зернистость на одну степень меньше, чем у обычных кругов. Увеличение твердости приводит к тому, что шлифовальный круг будет работать преимущественно в режиме затупления, что может вызвать появление дефектов шлифованной поверхности. Уменьшение зернистости также приводит к увеличению теплонапряженности шлифования.

Следовательно, возникает необходимость совершенствования математических моделей шлифования прерывистыми кругами, разработки новых конструкций и методик расчета конструктивных параметров инструментов и режимов обработки таким инструментом.

Установлено, что весьма перспективными направлениями расширения технологических возможностей, увеличения периода стойкости прерывистых кругов и обеспечения условий бездефектного шлифования являются снижение уровня вибраций в зоне резания и управление средним и мгновенным значениями силы резания (стабилизация силы резания), что возможно за счет использования прерывистых кругов с УДЭ.

1.2. ПРЕРЫВИСТЫЕ КРУГИ С УПРУГОДЕМПФИРУЮЩИМИ ЭЛЕМЕНТАМИ

Принципиально возможны три схемы обработки шлифованием плоских поверхностей: жестко закрепленным абразивом, упругим абразивным инструментом и свободным абразивом. Упругое шлифование заключается в том, что абразивный слой шлифовального инструмента располагается на упругом основании. Обработка упругим абразивным инструментом занимает промежуточное положение между обработкой жестко закрепленным абразивом и свободным абразивом и обладает достоинствами обоих методов.

К шлифованию по упругой схеме можно отнести ленточное шлифование и шлифование кругами с упруго закрепленным режущим слоем. Ленточное шлифование обладает более широкими возможностями по управлению процессом по сравнению со шлифовальными кругами [15], потому довольно широко применяется. Шлифование кругами с упруго закрепленным режущим слоем успешно