

В.Г. ГУСЕВ, А.В. МОРОЗОВ

**ПЛОСКОЕ ПЕРИФЕРИЙНОЕ ШЛИФОВАНИЕ
ДИСКРЕТНЫМИ КРУГАМИ**

Монография

Йошкар-Ола • 2012

УДК 621.9. 06
ББК 30
Г 93

Рецензенты:

д-р техн. наук, профессор *А.В. Киричек*
генеральный директор ОАО «Арсенал технологий»,
канд. техн. наук *А.А. Фомин*

Г 93 Гусев В.Г. Плоское периферийное шлифование дискретными
 кругами: монография [текст] / В.Г. Гусев, А.В. Морозов. Йошкар-
 Ола: Коллоквиум, 2012. – 222 с.

ISBN 978-5-905371-38-7

Проанализированы дискретные шлифовальные инструменты, работающие периферией, и процессы плоского шлифования с их использованием. Рассмотрен инструмент с лазерной и гидроабразивной дискретизацией режущей поверхности, характеризующийся малыми масштабами дискретизации и позволяющий уменьшить уровень вибрации элементов технологической системы при дискретном шлифовании.

Монография предназначена для бакалавров, магистров и аспирантов высших учебных заведений, обучающихся по направлению подготовки 151900 – «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств», а также научных работников и специалистов машиностроительных предприятий.

ISBN 978-5-905371-38-7

УДК 621.9. 06
ББК 30
Г 93

© В.Г. Гусев, А.В. Морозов, 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

5		ВВЕДЕНИЕ
		Глава 1. АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЦЕССОВ ДИСКРЕТНОГО ШЛИФОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ
8		§ 1.1. Шлифование дискретными цельными кругами
14		§ 1.2. Шлифование дискретными сборными кругами
26		§ 1.3. Шлифование высокопористыми, импрегнированными и композиционными кругами
30		§ 1.4. Шлифование сборными кругами с радиально-подвижными абразивными сегментами
36		§ 1.5. Шлифование дискретными сборными кругами с упругодемпфирующим элементом
		Глава 2. СХЕМЫ ДИСКРЕТИЗАЦИИ ПЕРИФЕРИЙНОЙ РЕЖУЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ ШЛИФОВАЛЬНОГО КРУГА
42		§ 2.1. Схемы дискретизации режущей поверхности и критерии их оценки
45		§ 2.2. Анализ первой и второй схем дискретизации режущей поверхности
51		§ 2.3. Анализ третьей схемы дискретизации режущей поверхности
58		§ 2.4. Напряженное состояние шлифовального круга с перфорированной режущей поверхностью
58		2.4.1. Напряженное состояние шлифовального круга, обусловленное действием центробежных сил
62		2.4.2. Запас прочности шлифовального круга
72		2.4.3. Напряженное состояние шлифовального круга, обусловленное действием силы резания
		Глава 3. ФОРМИРОВАНИЕ ПОВЕРХНОСТИ, ШЛИФУЕМОЙ ДИСКРЕТНЫМ ПЕРФОРИРОВАННЫМ ИНСТРУМЕНТОМ
87		§ 3.1. Изменение силы резания, обусловленное дискретизацией режущей поверхности шлифовального круга
99		§ 3.2. Моделирование виброперемещений шлифовального круга
108		§ 3.3. Формирование обрабатываемой поверхности под действием рабочих движений дискретного инструмента и заготовки
115		§ 3.4. Формирование обрабатываемой поверхности под действием вибрации дискретного инструмента
		Глава 4. РАЗРАБОТКА ПРОЦЕССА ДИСКРЕТИЗАЦИИ ИНСТРУМЕНТА И МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕМПЕРАТУРЫ ЗАГОТОВКИ
126		§ 4.1. Исследование процесса дискретизации периферийной режущей поверхности инструмента
140		§ 4.2. Моделирование температуры заготовки в современном САЕ-комплексе Cosmos Works
143		4.2.1. Моделирование температуры заготовки при шлифовании сплошным кругом
148		4.2.2. Моделирование температуры заготовки при шлифовании дискретным кругом
161		§ 4.3. Экспериментальное исследование температуры заготовки при шлифовании сплошным и дискретным кругом

**Глава 5. РАЗРАБОТКА ИНСТРУМЕНТА, ПРОЦЕССА
ДИСКРЕТНОГО ШЛИФОВАНИЯ И ПОЛУЧЕННЫЕ
ТЕХНИЧЕСКИЕ ЭФФЕКТЫ**

167	§ 5.1. Разработка инструмента и процесса дискретного шлифования
174	§ 5.2. Шероховатость и микротвердость поверхностного слоя после шлифования кругом с перфорированной режущей поверхностью
185	§ 5.3. Износ алмазного правящего инструмента
207	§ 5.4. Стойкость шлифовальных кругов со сплошной и перфорированной режущей поверхностью
215	§ 5.5. Эффекты, достигнутые в результате применения разработанного инструмента и процесса дискретного шлифования
217	ЗАКЛЮЧЕНИЕ
220	БИБЛИОГРАФИЯ

ВВЕДЕНИЕ

Процессы шлифования различных изделий машиностроения, приборостроения, авто, – тракторостроения и др. занимают большой удельный вес среди других финишных методов обработки, что обусловлено сравнительно высокой геометрической точностью поверхностей, достигаемой при шлифовании, низкой технологической себестоимостью и сравнительно высокой производительностью обработки.

Вместе с этим шлифование характеризуется большими тепловыделениями в зоне обработки, что вызвано высокими скоростями упругих и пластических деформаций обрабатываемого материала, скоротечностью процесса снятия стружки, а также сравнительно высоким коэффициентом трения инструмента о заготовку.

Интенсивные тепловыделения в зоне резания оказывают негативное воздействие на процессе формирования показателей качества шлифованного поверхностного слоя, характеризующих его физико-механическое состояние.

Процессу шлифования как технологическому методу с момента его возникновения сопутствуют дефекты в обработанном поверхностном слое деталей (прижоги, растягивающие остаточные напряжения, фазовые и структурные изменения и др.), которые до настоящего времени при повышенных режимах шлифования не устранены, несмотря на эффективное использование смазочно-охлаждающих жидкостей и других способов интенсификации отвода тепла из зоны резания.

Для уменьшения тепловыделений в обрабатываемые заготовки проводятся опытно-конструкторские, изыскательские и научно-исследовательские работы по самым различным направлениям, которые позволяют расширить режимы бездефектного шлифования, повысить производительность обработки и качество поверхностного слоя деталей.

Среди большого числа направлений исследований (разработка эффективных составов и способов подачи СОЖ, импрегнирование инструмента, обоснование оптимальных режимов шлифования, разработка высокоточных и производительных способов балансировки, разработка новых абразивных материалов, жестких и высокоскоростных шлифовальных станков и др.) актуальным представляется разработка способов и инструментов дискретного шлифования.

В ведущих промышленно развитых странах (Российская Федерация, Германия, Италия, США, Франция, Япония и др.) проводятся работы по созданию и совершенствованию процессов дискретного шлифования путем оптимизации режущей поверхности инструмента, что позволяет улучшить геометрические характеристики шлифованных поверхностей,

повысить стойкость инструмента, качество и производительность обработки и снизить технологическую себестоимость изделий.

Так, сборные абразивные круги позволяют уменьшить импульсную температуру в 3 раза [3], а, следовательно, проводить процессы шлифования на высоких режимах резания с обеспечением требуемого качества поверхностного слоя. Однако, сборные и другие известные дискретные шлифовальные инструменты, создавая положительные результаты по некоторым показателям, неизбежно приводят к ухудшению других, не менее важных показателей процессов шлифования.

В частности, существующие процессы дискретного шлифования, неизбежно приводят к ухудшению геометрических показателей качества шлифованных поверхностей. Это обусловлено более динамичной работой инструментов и ударным действием режущих элементов на обрабатываемую поверхность.

В этой связи проведение дальнейших исследований, направленных на совершенствование существующих абразивных дискретных инструментов, позволит повысить эффективность процессов шлифования

Настоящая монография посвящена разработке процесса периферийного дискретного шлифования и конструкции инструмента, рабочая поверхность которого характеризуется значительно меньшими протяженностями режущих и прерывающих участков, что позволяет уменьшить время упругой деформации и упругого восстановления технологической системы, а, следовательно, уменьшить уровень вибрации ее элементов со всеми вытекающими отсюда положительными аспектами. Предложены критерии оценки дискретных шлифовальных инструментов, разработаны и проанализированы схемы дискретизации с позиций этих критериев. Исследовано напряженное состояние шлифовального круга с лазерной и гидроабразивной дискретизацией режущей поверхности; получены математические модели радиальной составляющей силы резания, вынужденных колебаний дискретного шлифовального круга и температуры обрабатываемых заготовок.

Установлены математические зависимости, описывающие формирование геометрии обработанной поверхности и возникающие погрешности обработки, вызванные малыми масштабами дискретизации режущей поверхности шлифовального круга; разработаны конструкция дискретного инструмента, технологический процесс нанесения радиальных отверстий с использованием лазерного луча и абразивно-жидкостной струи высокого давления.

Проведены экспериментальные исследования процесса плоского периферийного шлифования кругом с дискретной режущей поверхностью, на основании чего разработана методология определения параметров

инструмента и эффективного построения процесса дискретного шлифования.

Решение указанных задач позволило создать научную базу, на основе которой возможна разработка эффективного процесса плоского периферийного шлифования с использованием дискретного инструмента с перфорированной режущей поверхностью.

Отдельные разделы работы выполнены при поддержке проекта №11-08-97-542 Российского Фонда Фундаментальных Исследований.

ГЛАВА 1. АНАЛИЗ ИССЛЕДОВАНИЙ В ОБЛАСТИ ПРОЦЕССОВ ДИСКРЕТНОГО ШЛИФОВАНИЯ МЕТАЛЛОВ

§ 1.1. Шлифование дискретными цельными кругами

Под дискретизацией режущей поверхности шлифовальных кругов и других режущих абразивных элементов понимают разделение режущей поверхности кругов или элементов на отдельные площадки, отделяемые друг от друга либо воздушным промежутком (рис.1.1, а), либо вставками из не режущего материала, например, твердой смазки (рис.1.1, б), что позволяет прерывать процесс резания во времени.



Рис. 1.1. Дискретный цельный круг с режущими выступами и впадинами

Стандартные шлифовальные круги определенных структур также имеют дискретную (прерывистую) режущую поверхность, однако это прерывание характеризуется протяженностью воздушных промежутков между абразивными зернами, измеряемой от единиц микрометров до нескольких долей миллиметра.

Столь незначительным по протяженности прерыванием режущей поверхности пренебрегают и считают, что стандартные шлифовальные круги имеют сплошную режущую поверхность [3].

Дискретные шлифовальные круги – это круги, которые имеют пре-