



ДЛЯ ВУЗОВ

*Ю.Г. Кабалдин, О.В. Кретинин,
Д.А. Шатагин, А.М. Кузьмишина*

ПОВЫШЕНИЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРОЦЕССОВ МЕХАНООБРАБОТКИ НА ОСНОВЕ ПОДХОДОВ ИСКУССТВЕННОГО ИНТЕЛЛЕКТА И НЕЛИНЕЙНОЙ ДИНАМИКИ

Учебное пособие

Рекомендовано к изданию Учебным Советом Нижегородского государственного университета им. Р.Е. Алексева для студентов специальности «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств» 15.03.05 (бакалавриат) и 15.04.05 (магистратура)

МОСКВА
Инновационное машиностроение
2018

УДК 621.9
ББК 34.2
К12

Рецензент: д-р техн. наук, проф. А.А. Иванов

Кабалдин Ю.Г., Кретинин О.В., Шатагин Д.А., Кузьмишина А.М.

К12 Повышение эффективности процессов механообработки на основе подходов искусственного интеллекта и нелинейной динамики. М.: Инновационное машиностроение, 2018. — 184 с.

ISBN 978-5-6040281-1-7

Изложены современные подходы к процессам механообработки, включающие атомно-дислокационный фрактальный анализ процессов стружкообразования, трения и износа инструмента при резании, искусственный интеллект, параллельное вычисление распределенных систем обработки больших массивов данных, облачные технологии и промышленный интернет в условиях цифровых производств.

Для студентов вузов, обучающихся по специальности «Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств».

УДК 621.9
ББК 34.2

ISBN 978-5-6040281-1-7

© ООО «Издательство «Инновационное машиностроение», 2018

Перепечатка, все виды копирования и воспроизведения материалов, опубликованных в данной книге, допускается только с разрешения издательства и со ссылкой на источник информации.

Оглавление

Предисловие	5
Глава 1. Деформации и разрушение срезаемого слоя при резании ...	8
1.1. Дефекты кристаллического строения металлов	8
1.2. Атомно-дислокационный подход к процессу стружкообразования при резании	26
1.3. Влияние вида обрабатываемого металла на стружкообразование при резании	39
1.4. Оценка выходных характеристик процесса резания на основе атомно-дислокационного подхода	51
1.5. Моделирование напряженно-деформированного состояния системы резания методом конечных элементов	54
Глава 2. Механизмы возникновения автоколебаний при резании на основе подходов нелинейной динамики и фрактального анализа	56
2.1. Механизмы возникновения автоколебаний при резании ...	56
2.2. Влияние геометрии инструмента и режимов резания на автоколебания при резании	71
2.3. Хаотическая динамика в технологических системах обработки резанием	76
Глава 3. Трение и износ режущего инструмента при резании	81
3.1. Контактные процессы при резании	81
3.2. Наростообразование при резании	96
3.3. Фрактальный подход к изнашиванию твердосплавного инструмента	104
3.4. Трение и смазочное действие СОТС при резании	120

Глава 4. Повышение эффективности процесса резания на основе искусственного интеллекта	135
4.1. Нейронные сети	135
4.2. Моделирование динамики процесса резания на основе нейронных сетей и фрактального анализа	149
4.3. Разработка динамического паспорта технологических систем (ТС) обработки резанием	154
4.4. Диагностика и интеллектуальное управление технологическими системами механообработки на основе искусственного интеллекта	159
4.5. Оценка состояния режущего инструмента в режиме реального времени на основе подходов нелинейной динамики с использованием NVIDIA CUDA в программной среде LABVIEW	165
Список литературы	175

Предисловие

*Посвящается
Заслуженному деятелю науки и техники РФ,
доктору технических наук, профессору
Клушину Моисею Исааковичу
в связи со 100-летием со дня рождения*

Процессы обработки резанием по точности, качеству обработанных деталей, а также производительности и экономичности более конкурентоспособны по сравнению с другими методами формообразования.

Основой процесса резания является пластическое деформирование и разрушение срезаемого слоя. В свою очередь, процесс пластического деформирования срезаемого слоя вызывает деформацию элементов упругой системы станка и в ряде случаев потерю ее устойчивости. Динамическая неустойчивость процесса резания вызывает также повышение шероховатости обработанной поверхности, износ инструмента, что обуславливает необходимость снижения режимов обработки, а следовательно, и производительности.

Резание таких материалов, как коррозионно-стойкие и жаропрочные стали, их сплавы, обладающих склонностью к деформационному упрочнению, сопровождается интенсивными вибрациями и повышенным износом инструмента. В этой связи остро стоит задача повышения эффективности процессов механообработки на основе углубленного изучения механизмов разрушения срезаемого слоя при резании, вибраций и износа режущего инструмента, особенно в условиях цифровых производств.

Решение этой задачи возможно только на основе современных достижений в области материаловедения, физики твердого тела, с использованием современных методов исследования (растровой и электронной микроскопии и т.д.) и достижений в области компьютерного моделирования. Современное состояние физики твердого

тела, материаловедения позволяет проводить исследования процессов деформации и разрушения срезаемого слоя на атомном уровне.

Если на начальном этапе развития теории резания металлов исследователи пытались установить математические связи выходных параметров процесса резания с механическими свойствами обрабатываемых материалов, то в настоящее время появилась возможность исследования процесса резания на атомарном уровне.

В этой связи установление зависимости выходных параметров процесса резания от характеристик атомной и дислокационной структур обрабатываемого материала, ее кристаллической решетки с целью повышения эффективности процесса механообработки является актуальной задачей в области машиностроения.

По-видимому, не будет преувеличением сказать, что сейчас мы переживаем новый этап повышения эффективности и конкурентоспособности процессов механообработки. Этому в значительной степени способствуют успехи, в области математического и компьютерного моделирования процесса резания.

Известно, что выходные параметры механообработки (точность, качество обработанной поверхности и т.д.) в течение всего процесса резания недоступны для прямого измерения. Поэтому алгоритмы управления технологическими системами в настоящее время, как правило, строят на базе экспериментальных зависимостей выходных параметров от режима обработки. Автоматизация машиностроительного производства обуславливает необходимость разработки математических моделей возмущения автоколебаний при резании, износа инструмента, точности обработки, адекватно описывающих эти процессы.

Важно отметить, что в области фундаментальных исследований также получены существенные результаты, позволяющие проводить разработку новых методов управления технологическими системами обработки резанием. Прежде всего такая возможность появилась благодаря открытию стохастического поведения динамических систем и формированию новых научных направлений, таких как исследование сложных нелинейных систем; динамика процессов возникновения и разрушения «порядка» в сложных системах и диссипативных средах (биологических, химических и т.д.), далеких от термодинамического равновесия.

Поэтому, используя новейшие достижения в этих областях, можно глубже осознать физику сложных явлений, сопровожда-

ющих процессы механообработки в технологических системах, и целенаправленно управлять этими процессами. В этой связи в учебном пособии изложены динамические модели процесса резания, автоколебаний упругой системы, трения, смазки и износа режущего инструмента, основанные на новейших достижениях в области смежных наук.

Важным направлением в области динамики технологических систем явилась обработка информации и управление процессами механообработки на основе нейросетевых моделей, а также разработка экспертных систем, параллельных вычислений, облачных технологий и промышленного интернета.

Накопленный опыт позволил включить в магистерские программы Нижегородского технического университета им. Р.Е. Алексеева курсы «Интеллектуальные системы», «Управление металлорежущими системами и оптимизация режимов обработки на основе нейронных сетей», что способствовало повышению качества подготовки будущих исследователей.

Настоящая учебное пособие является развитием вышеуказанных работ, дополненных новыми математическими моделями процессов самоорганизации в технологических системах, как собственными исследованиями, так и других ученых.

Пособие состоит из четырех глав.

В первой главе изложен атомно-дислокационный подход к процессам деформации и разрушения срезаемого слоя. На этой основе рассмотрено влияние типа кристаллической решетки на процессы стружкообразования. Показана возможность определять основные характеристики процесса резания на основе расчетов.

Во второй главе рассмотрены контактные процессы в зоне вторичной деформации, механизм трения, смазки и износа инструмента при резании.

В третьей главе изложены механизмы возникновения автоколебаний при резании на основе подходов нелинейной динамики. Рассмотрены условия возникновения хаотической динамики в технологических системах.

Четвертая глава посвящена управлению технологическими системами на основе нейронно-сетевых моделей процесса резания, обеспечивающих повышению эффективности процессов механообработки.