

Министерство образования и науки Российской Федерации
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего профессионального образования
«Тюменский государственный нефтегазовый университет»

МЕХАНИКА ДЕФОРМИРОВАНИЯ И РАЗРУШЕНИЯ ПРИ РЕЗАНИИ

Том I

НЕСТАЦИОНАРНЫЙ ПРОЦЕСС РЕЗАНИЯ

*Под общей редакцией
доктора технических наук, профессора М. Х. Утешева*

Тюмень
ТюмГНГУ
2012

УДК 622.276
ББК 34.63 – 1
М55

Рецензенты:

заслуженный деятель науки РФ, доктор технических наук,
профессор В. Н. Сызранцев
доктор технических наук, профессор В. Н. Пермяков

Авторы: Б. В. Барбышев, У. С. Путилова, Р. Ю. Некрасов,
Ю. И. Некрасов, Д. А. Харитонов, М. Х. Утешев

М55 **Механика** деформирования и разрушения при резании / Б. В. Барбышев,
У. С. Путилова, Р. Ю. Некрасов и др. ; под ред. М. Х. Утешева. — Том I.
Нестационарный процесс резания. — Тюмень : ТюмГНГУ, 2012. — 212 с.

ISBN 978-5-9961-0544-1

В монографии рассмотрены современные представления о работоспособности инструмента, определяемой его напряженно-деформированным состоянием. Использован метод лазерной интерферометрии для исследования распределения напряжений деформаций и температур в режущей части инструмента при различных видах резания. Показано распределение деформаций напряжений и температур в режущих элементах инструмента при различных схемах их нагружения. Приведены полученные с использованием метода лазерного сканирования данные о разрушении режущих лезвий инструмента при обработке жаропрочных сталей и сплавов, используемых при изготовлении деталей авиадвигателей. Дана оценка прочностной надежности режущего инструмента при его нагружении силовыми и температурными контактными нагрузками в процессе резания.

Работа рассчитана на магистрантов, аспирантов, преподавателей вузов, а также на инженерно-технических и научных работников, специалистов в области проектирования процессов механообработки, занимающихся вопросами рациональной эксплуатации режущего инструмента.

УДК 622.276
ББК 34.63 – 1

ISBN 978-5-9961-0544-1

© Федеральное государственное
бюджетное образовательное
учреждение высшего
профессионального образования
«Тюменский государственный
нефтегазовый университет», 2012

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	4
1. НАГРУЖЕНИЕ И РАБОТОСПОСОБНОСТЬ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	8
1.1. Работоспособность инструмента и эффективность процессов обработки резанием	8
1.2. Нагружение режущего лезвия и методы исследований напряженно-деформированного состояния инструмента	31
1.3. Напряжения в режущих элементах инструмента при его нагружении	39
2. ЛАЗЕРНАЯ И ГОЛОГРАФИЧЕСКАЯ ИНТЕРФЕРОМЕТРИЯ ДЕФОРМИРОВАНИЯ РЕЖУЩЕГО ИНСТРУМЕНТА	47
2.1. Применение интерферометрического метода для исследований напряженно-деформированного состояния режущего инструмента	48
2.2. Лазерные интерферометрические и голографические установки и методы регистрации силовых и температурных деформаций режущего клина инструмента	77
2.3. Решение задачи теории упругости, определение напряжений, деформаций и температур в режущем инструменте	91
3. НАПРЯЖЕННО-ДЕФОРМИРОВАННОЕ СОСТОЯНИЕ РЕЖУЩИХ ЭЛЕМЕНТОВ ИНСТРУМЕНТА	110
3.1. Напряженное состояние режущего клина инструмента при различных режимах резания	110
3.2. Распределение температур в режущем инструменте по данным интерферометрии и ИК-термометрии при резании ...	158
3.3. Напряженно-деформированное состояние режущих элементов сборного инструмента	162
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	190

ВВЕДЕНИЕ

Непрерывный рост требований к качеству и надежности продукции, связанный с повышением конкурентоспособности промышленного производства, обуславливает использование новых высокоэффективных технологий и оборудования, а также интенсификацию производственных процессов в машиностроении и металлообработке.

Основным процессом формообразования рабочих поверхностей деталей машин и механизмов при их изготовлении в современном машиностроении остается обработка резанием, непрерывное совершенствование которой обеспечивает повышение производительности, точности и качества изделий машиностроительного производства. Преобладающая в машиностроении тенденция комплексной автоматизации производственных процессов предопределяет повышение требований к надежности обеспечения размерной точности и качества изделий, а также к эффективности управления процессами механообработки.

Применение высокоскоростного резания, использование высокопрочных труднообрабатываемых материалов при производстве изделий в высокотехнологичных отраслях промышленности неизбежно сопровождаются интенсификацией нагружения режущего инструмента. Воздействие повышенных силовых и температурных контактных нагрузок приводит к нерегламентированным отказам инструмента из-за его разрушений – выкрашиваний, микро- и макросколов лезвий в процессе резания. При этом производственные потери, обусловленные нерегламентированными простоями высокосложного автоматизированного технологического оборудования из-за поломок и отказов режущего инструмента, зачастую превышают собственно инструментальные расходы.

В этих условиях лимитирующим фактором, ограничивающим эффективность производственных процессов, становится обеспечение работоспособности режущего инструмента, обусловленное режимами его нагружения, прочностью и прочностной надежностью. Прочность лезвия инструмента определяется его напряженно-деформированным состоянием, а также распределением температур и температурных потоков в режущей части инструмента под действием системы контактных нагрузок, сосредоточенных на его рабочих поверхностях.

Исследованиям специфических деформационных и тепловых процессов, сопровождающих превращение срезаемого слоя в стружку при резании, а также взаимосвязям деформационных и температурно-скоростных факторов, их влиянию на контактные нагрузки посвящены работы Боброва В.Ф., Виноградова А.А., Гольдшмидта М.Г., Зорева Н.Н., Короткова А.Н., Куфарова Г.Л., Петрушина С.И., Полетики М.Ф., Промптова А.И.,

Резникова А.Н., Розенберга А.М., Розенберга О.А., Розенберга Ю.А., Тахмана С.И., Хворостухина Л.А., и др.

В результате исследований, проведенных Базровым В.Ф., Балакшиным Б.М., Безъязычным В.Р., Васиным С.А., А.С. Верещака, Грановским Г.И., Гречишниковым В.А., Грубым С.В., Древалем А.Е., Жуковым Ю.Н., Кабалдиным Ю.Г., Кирсановым С.В., Клушиным М.И., Коротковым А.Н., Кушнером В.С., Мазеиным П.Г., Макаровым А.Д., Подпоркиным В.Г., Подураевым В.Н., Силиным С.С., Соломенцевым Ю.Г., Старковым В.К., Талантовым Н.В., Тверским М.М., Шаламовым В.Г., Шариным Ю.С., Якубовым Ф.Я. и др., установлены режимы эксплуатации инструмента, обеспечивающие рациональное использование его режущих свойств.

Учитывая, что снижение работоспособности и отказы инструмента в процессе эксплуатации обусловлены не только износом, но и разрушениями лезвий, профессорами Бетанели А.И., Лоладзе Т.Н., Петрушиным С.И. и др. проведены исследования распределения напряжений в режущем клине и дана оценка его прочности с учетом температурного фактора, определяющего характер разрушений.

На основе использования результатов фундаментальных теоретических и экспериментальных исследований в области оценки прочности конструкционных и инструментальных материалов, проведенных Креймером Г.С., Лебедевым А.А., Лошаком Г.М., Одингом И.А., Писаренко Г.С., Седоковым Л.М., Серенсеном С.В., Третьяковым И.П., Третьяковым В.И., Фридманом Я.Б., и др., профессором Остафьевым В.А. дана оценка прочности режущего инструмента с учетом динамического характера его нагружения.

Применению положений термомеханики резания и теории вероятностей к решению задач определения рациональных режимов нагружения инструмента посвящены работы В.С. Кушнера, Ю.П. Распутина, в которых даны оценки вероятностей отказов режущего инструмента из-за разрушений его режущей части при вариации параметров прочности инструментальных материалов и величин контактных нагрузок в процессе резания.

Исследование статической и динамической прочности конструкционных и инструментальных материалов с учетом вариации их физикомеханических свойств при различных схемах и режимах нагружения позволило Лошаку Г.М., Серенсену С.В., и др., на основе большого объема экспериментальных исследований разработать методы расчета прочности инструментальных материалов исходя из положений современных теорий прочности.

В результате проведения Г.Л. Хаеом, П.Г. Кацевым и др. статистических исследований взаимосвязи прочности и надежности инструмента получены стохастические модели его разрушений, что позволило в производственных условиях существенно снизить инструментальные расходы.

Повышению надежности, эксплуатационного ресурса, работоспособности изделий машиностроения и режущего инструмента посвящены работы Наумова В.А., Моргунова А.П. и др., в которых на основе обобщения результатов проведенных экспериментальных исследований представлены детерминированные и статистические оценки параметров вариации нагрузочных характеристик, системы прочностных и ресурсных параметров по критериям статической и циклической прочности конструкционных и инструментальных материалов.

С использованием интерферометрического метода при моделировании процесса резания М.Х. Утешевым, В.А. Сенюковым, Е.В. Артамоновым и др. проведены исследования распределения напряжений в режущем инструменте и на его контактных поверхностях. Это позволило профессору Е.В. Артамонову предложить оригинальную модель оценки прочности инструмента и рациональный режим температурного нагружения режущего инструмента, обеспечивающий повышение его работоспособности при резании.

Обязательное в авиастроении и ракетостроении требование обеспечения работоспособности инструмента и надежности прогнозирования его эксплуатационного ресурса при обработке авиационных высокопрочных труднообрабатываемых материалов обусловило проведение сотрудниками Тюменского индустриального института («ТИИ» - «ТюмГНГУ») комплекса исследований для Тюменского моторостроительного производственного объединения («ТМПО» – «ОАО «Тюменские моторостроители»). Исследования процессов обработки жаропрочных сталей и сплавов на станках с ЧПУ и работоспособности режущего инструмента в лабораторных и производственных условиях проводились при поддержке и с участием ведущих специалистов ТМПО и Омского филиала НИАТ – В.А. Комова, В.П. Загваздина, Л.Я. Ротта, Г.А. Вольфсона, Л.С. Старых, В.Б. Леонова, В.А. Шрайнера и др., в том числе начальника отдела станков с программным управлением Р.А. Черных и заведующего лабораторией резания Б.В. Барбышева.

При изготовлении деталей авиадвигателей преобладающим видом отказов твердосплавного инструмента в процессе резания высокопрочных труднообрабатываемых материалов являются разрушения – выкрашивания и сколы режущих лезвий, связанные с недостаточной прочностью инструментальных металлокерамических твердых сплавов. Обеспечение работоспособности инструмента в этих условиях связано с оценкой напряженно-деформированного и теплового состояния инструмента в процессе резания. Коллективом авторов разработаны и использованы оригинальные методы, аппаратура и оборудование, обеспечившие непосредственно при резании жаропрочных сталей и сплавов возможность определять распределение напряжений, деформаций и температур в режущем инструменте, выполненном из реальных инструментальных материалов. При исследованиях использованы методы лазерной и голографической интерферометрии

ИК-термометрии, лазерного сканирования разрушений лезвийного инструмента, компьютерной обработки экспериментальных данных и результатов диагностики ТС. Это позволило на основе оценки прочности и прочностной надежности инструмента прогнозировать его работоспособность и реализовать эффективное управление процессами нагружения инструмента при обработке резанием, что обеспечило повышение эффективности высокотехнологичных производственных процессов при изготовлении ответственных деталей авиадвигателей.

Работа включает также обобщение и систематизацию результатов исследований напряжений, деформаций и температур, прочности, прочностной надежности и эксплуатационного ресурса режущего инструмента с учетом детерминированных и статистических факторов, используемых при расчетах рациональных режимов резания, эксплуатации автоматизированного технологического оборудования и режущего инструмента в машиностроении и металлообработке. Авторы полагают, что настоящее издание может представлять интерес и быть полезным студентам машиностроительных специальностей технических университетов, аспирантам, преподавателям, а также инженерно-техническим и научным работникам.