

ДИАГНОСТИКА АВТОМАТИЗИРОВАННОГО ПРОИЗВОДСТВА

Под редакцией С.Н. Григорьева



МОСКВА
“МАШИНОСТРОЕНИЕ”
2011

УДК 621.9.02-19; 621.9.06.001.4
ББК 30.14
Д44

Авторы: Григорьев С.Н., Гурин В.Д., Козочкин М.П., Кузовкин В.А.,
Мартинов Г.М., Сабиров Ф.С., Синопальников В.А., Филатов В.В.

Д44 **Диагностика автоматизированного производства** / С.Н. Григорьев, В.Д. Гурин, М.П. Козочкин и др.; под. ред. С.Н. Григорьева. М.: Машиностроение, 2011. — 600 с.

ISBN 978-5-94275-578-2

Систематизирован теоретический и экспериментальный материал, касающийся вопросов диагностики автоматизированного машиностроительного производства. Структура монографии соответствует предложенному алгоритму, устанавливающему последовательность задач, которые необходимо решать при разработке систем диагностирования режущего инструмента и станка. Таким образом, излагается система знаний о повреждениях в объектах диагностирования, измерениях повреждений, принятии решений по их устранению и управлению процессом.

Для инженерно-технических и научных работников, занимающихся вопросами разработки, исследования и практического применения в автоматизированном производстве различных систем диагностирования, аспирантов, а также для студентов машиностроительных специальностей вузов.

УДК 621.9.02-19; 621.9.06.001.4
ББК 30.14

ISBN 978-5-94275-578-2 © Авторы, 2011
© ООО «Издательство Машиностроение», 2011

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

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ	7
Глава 1. ОСНОВНЫЕ ПОНЯТИЯ, ТЕРМИНЫ, ОПРЕДЕЛЕНИЯ, ГОСТы	13
Глава 2. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ	27
2.1. Диагностирование — средство повышения качества обработки ..	29
2.1.1. Системный подход к разработке производственного процесса	32
2.1.2. Диагностирование — система обеспечения качества деталей в процессе обработки	34
2.2. Точность обработанных деталей	35
2.2.1. Точность размера. Индексы воспроизводимости	37
2.2.2. Микрогеометрия (шероховатость) обработанной поверхности	45
2.2.3. Волнистость поверхности	54
2.3. Качество поверхностного слоя обработанной детали	55
Глава 3. ПОВРЕЖДЕНИЯ В ЭЛЕМЕНТАХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОЙ СИСТЕМЫ	65
3.1. Классификация процессов, действующих в элементах технологической системы, по скорости их протекания	65
3.2. Повреждения в станках	68
3.2.1. Тепловые повреждения	68
3.2.2. Силовые повреждения	73
3.2.3. Динамические повреждения	75
3.2.4. Повреждения из-за разрегулирования элементов оборудования	80
3.2.5. Повреждения, связанные с износом элементов оборудования	81
3.3. Виды повреждений и отказы режущего инструмента	82
3.3.1. Хрупкое разрушение режущей части инструмента ...	89
3.3.2. Разрушение режущей части инструмента вследствие пластического деформирования	100
3.3.3. Изнашивание режущей части инструмента	101
3.3.4. Прочие виды отказов инструмента	107
3.3.5. Структура отказов инструмента	108

3.4.	Случайный характер износа и стойкости инструмента	110
3.4.1.	Количественные показатели надежности инструмента ...	116
3.4.2.	Особенности изнашивания инструмента	
	с переменными за период стойкости режимами резания	127
3.5.	Примеры изменения в состоянии режущего инструмента	
	при эксплуатации. Критерии состояния и отказа	134
3.5.1.	Изменения в состоянии быстрорежущих сверл	
	при обработке чугуна	135
3.5.2.	Изменения в состоянии быстрорежущих сверл	
	при обработке сталей	145
3.5.3.	Изменения в состоянии фрез	152
Глава 4.	ДИАГНОСТИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ СОСТОЯНИЯ	
	ИНСТРУМЕНТА	159
4.1.	Силы резания — диагностические признаки	
	состояния инструмента	163
4.2.	Вибрации при резании	188
4.3.	Электрические явления при резании как источник	
	информации о процессе резания	197
4.4.	Температура в зоне резания	201
4.5.	Параметры качества обрабатываемой детали —	
	диагностические признаки состояния инструмента	203
4.6.	Датчики мощности, потребляемой приводами станка	206
4.7.	Перспективы использования параметров	
	электромагнитного излучения как диагностических	
	признаков состояния инструмента	218
Глава 5.	ИНФОРМАЦИОННО-ИЗМЕРИТЕЛЬНЫЕ СРЕДСТВА	
	СИСТЕМ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ	221
5.1.	Электрические датчики физических величин. Измерительные	
	преобразователи, их характеристики и параметры	221
5.2.	Конструктивные реализации датчиков диагностических	
	признаков	247
5.3.	Некоторые тенденции развития систем измерения в	
	диагностировании инструмента и процесса резания	272
5.4.	Электронные измерительные средства систем	
	диагностирования	276
5.4.1.	Принципы построения автоматизированных испыта-	
	тельных стендов для диагностирования оборудования	276
5.4.2.	Конфигурация информационно-измерительной	
	системы	282
5.4.3.	Принципы реализации информационно-	
	измерительной системы	285
5.4.4.	Каналы передачи информации в измерительных	
	системах	291

5.4.5. Обеспечение помехозащищенности электронных измерительных систем	299
5.5. Описание реализованной измерительной системы	320
5.5.1. Тензометрическая подсистема	320
5.5.2. Виброметрическая подсистема	324
Глава 6. АЛГОРИТМЫ ДИАГНОСТИРОВАНИЯ ИНСТРУМЕНТА	327
6.1. Однопараметрическое диагностирование процесса резания и инструмента	327
6.1.1. Распознавание износа	328
6.1.2. Распознавание износа фрез	336
6.1.3. Распознавание поломок (скальвания) инструмента	348
6.1.4. Распознавание формы стружки	354
6.1.5. Алгоритм прогнозирования остаточной стойкости инструмента при его эксплуатации	359
6.2. Многопараметрическое диагностирование инструмента	384
6.2.1. Диагностирование быстрорежущих сверл при сверлении отверстий в заготовках из серого чугуна	385
6.2.2. Диагностирование состояния быстрорежущих сверл при сверлении отверстий в заготовках из стали	391
6.3. Виброакустическое диагностирование процесса резания и инструмента	394
6.3.1. Особенности распространения акустического излучения из зоны резания к месту установки первичных преобразователей	395
6.3.2. Отображение поломок режущего инструмента в характеристиках виброакустического излучения	403
6.3.3. Изменение параметров виброакустических сигналов при износе режущего инструмента	409
6.3.4. Практическое использование виброакустических сигналов в системах мониторинга технологических процессов ..	422
6.4. Диагностирование инструмента в прогрессивных технологиях резания	436
Глава 7. ДИАГНОСТИРОВАНИЕ СТАНКОВ	443
7.1. Принципы построения системы эксплуатационного диагностирования станков с ЧПУ	445
7.1.1. Контроль готовности станка к работе	447
7.1.2. Оперативное цикловое диагностирование	449
7.1.3. Оперативное узловое диагностирование	451
7.1.4. Специальные методы диагностирования	452
7.1.5. Диагностирование по результатам обработки	453
7.2. Предэксплуатационное диагностирование станков	458
7.2.1. Диагностирование кинематических цепей станков	459
7.2.2. Диагностирование винторезных цепей станков	465
7.2.3. Диагностирование направляющих суппорта или каретки	467

7.2.4.	Диагностирование шпиндельных узлов	469
7.2.5.	Диагностирование механизмов и узлов станка с помощью периодически подключаемых датчиков	471
7.2.6.	Оценка динамических характеристик упругой системы	477
7.2.7.	Диагностирование механической части приводов подачи	484
7.3.	Эксплуатационное диагностирование	493
7.3.1.	Диагностирование тепловых деформаций в станках	494
7.3.2.	Диагностирование динамических повреждений в станках	498
7.4.	Виброакустическое диагностирование станочных узлов	507
7.4.1.	Диагностирование различных видов дисбалансов	508
7.4.2.	Диагностирование зазоров и люфтов в конструкции	512
7.4.3.	Диагностирование затираний	515
7.4.4.	Диагностирование подшипников скольжения	518
7.4.5.	Диагностирование подшипников качения	522
7.4.6.	Диагностирование зубчатых механизмов	531
7.4.7.	Диагностирование шпиндельных механизмов	539
Глава 8.	ДИАГНОСТИЧЕСКАЯ ЗАДАЧА УПРАВЛЕНИЯ СИСТЕМЫ ЧПУ	550
8.1.	Место и назначение диагностической задачи	550
8.1.1.	Представление о задачах управления в системе ЧПУ ..	550
8.1.2.	Реализация диагностической задачи управления	552
8.2.	Прикладные приложения диагностики элементов станка	563
8.2.1.	Тест окружности согласно стандарту ISO 230–4	565
8.2.2.	Компенсация трения	566
8.2.3.	Модульная компоновка и построение прикладных приложений диагностики систем управления	569
8.3.	Диагностирование и прогнозирование износа режущего инструмента в процессе обработки на станках с ЧПУ	581
8.3.1.	Задача мониторинга и прогнозирования остаточной стойкости инструмента	582
8.3.2.	Архитектурная модель обобщенной диагностической подсистемы	583
8.3.3.	Программная реализация подсистемы диагностирования	584
8.3.4.	Протокол взаимодействия модуля диагностирования с ядром системы ЧПУ	586
8.3.5.	Универсальное решение на базе внешнего вычислителя	589
8.4.	Автоматизация тестирования программного обеспечения на примере цифрового осциллографа	593
	СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ	597