

расчетной. В виду этого появляется необходимость в разработке изменений расчета долговечности подшипников качения при использовании наномодифицированных смазочных композиций.

Полученные в ходе исследований данные довольно наглядно показывают степень влияния наноматериалов на контактную долговечность подшипников качения, но вследствие изменения микротвердости в поверхностных слоях металла физико-химическое взаимодействие наноалмазов с поверхностным слоем на всей его длине может протекать по-разному, и этот процесс практически не изучен.

Проведение тонких физических исследований микро- и наноструктуры поверхностного слоя позволит установить закономерности и управлять эксплуатационными характеристиками подшипников качения на стадии производства и эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Терентьев, В. Ф. Смазка и смазочные материалы в трибосистемах: Научное издание / В. Ф. Терентьев. – Новосибирск : изд-во Со РАН, 2002. – 187 с.

УДК 620.179.1

СТРУКТУРНО-АНАЛИТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ АКУСТИКО-ЭМИССИОННОГО КОНТРОЛЯ НА СТАДИЯХ ЖИЗНЕННОГО ЦИКЛА ИЗДЕЛИЙ С УЧЕТОМ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО НАСЛЕДОВАНИЯ

О. А. Останин

*Кузбасский государственный технический университет
им. Т. Ф. Горбачева, Кемерово*

В статье описана структурно-аналитическая модель акустико-эмиссионного контроля на стадиях жизненного цикла изделий. Для стадии оценки состояния поверхностного слоя (ПС) методом акустической эмиссии (АЭ), приведена математическая модель, которая связывает параметры состояния ПС с сигналами АЭ.

Одним из базовых положений технологии машиностроения является учение о технологическом наследовании (ТН), в соответствии с которым состояние ПС детали формируется и трансформируется на всех стадиях обработки и эксплуатации, что должно учитываться при проектировании технологических, особенно, упрочняющих процессов поверхностного пластического деформирования (ППД). Для описания ТН используется фено-

менологическая теория, основанная на сквозном описании физического состояния ПС детали на этапах ее жизненного цикла в единых терминах и категориях механики деформирования и разрушения сплошных сред. Основу теории составляют представления о непрерывном накоплении деформаций и исчерпании запаса пластичности. Оценка состояния металла проводится с использованием механических параметров ПС. Для их расчета необходимо знать параметры напряженного и деформированного состояния (НДС) ПС в очаге деформации (ОД), где происходит формирование и накопление механических свойств в условиях смены знака деформации, и пластические свойства металла.

Сложность определения механических параметров состояния ПС ограничивает возможность использования этого подхода на практике. Физический характер наследственной феноменологической теории позволяет, в свою очередь, использовать для получения качественных результатов тонкие физические методы исследований.

Одним из таких методов, реально отражающим характер пластической деформации материалов на микроуровне, является метод акустической эмиссии. Известно, что акустическая эмиссия – это процесс излучения материалом механических волн, вызванных локальной динамической перестройкой внутренней структуры материала при его деформировании и локальном разрушении.

Существуют связи различных параметров сигналов АЭ, с одной стороны, и изменением дислокационной структуры материала (скорость дислокаций, изменение плотности дислокаций); степенью пластической деформации (скоростью деформации); технологическими факторами при механической обработке резанием и ППД (скорость обработки, подача инструмента, глубина резания, натяг), с другой стороны.

В работе выдвинута научная гипотеза о существовании взаимосвязей между параметрами сигналов АЭ и механическими параметрами состояния ПС в частности, интенсивностью скоростей деформации сдвига H [1 – 2].

В работе предлагается структурно-аналитическая модель АЭ-контроля с учетом ТН на стадиях обработки и эксплуатации ответственных деталей машин. В качестве контекстной выбрана функция «Контролировать состояние поверхностного слоя на стадиях жизненного цикла изделий с учетом ТН». Была проведена декомпозиция модели по стадиям проведения АЭ-контроля, которая представлена на рисунке 1.

В качестве ресурса в рамках данной модели (расчетный ресурс – РР) принято состояние ПС детали после выполнения предшествующего нагружения (до выполнения данной функции). Это состояние описывается совокупностью параметров, таких как параметры напряженно-деформи-

ванного состояния, упрочнения, микроструктуры, шероховатости и остаточных напряжений.

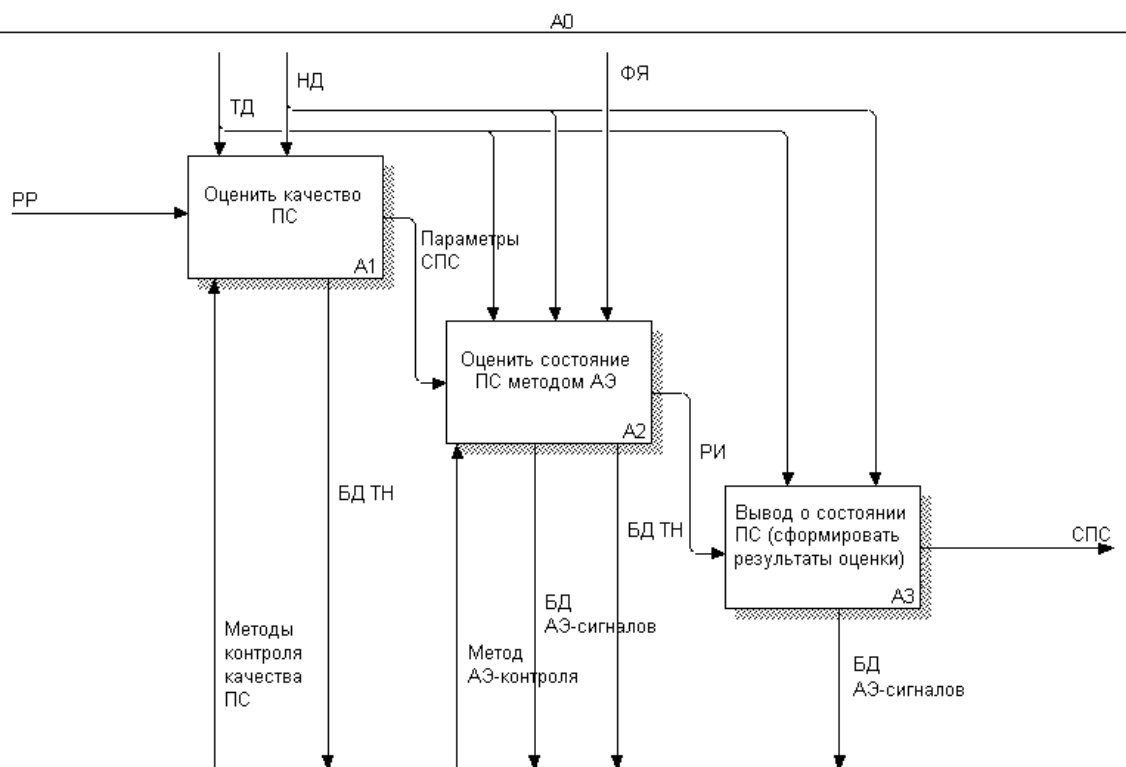


Рис. 1. Функциональная модель А0-уровня

Продуктом выполнения данной функции является также состояние поверхностного слоя (СПС), но после соответствующего нагружения поверхностного слоя, описываемое той же совокупностью параметров.

В качестве управляющего воздействия приняты техническая (ТД) и нормативная (НД) документация в области неразрушающего контроля, физико-химические явления (ФЯ), протекающие в металле в процессе эксплуатационного нагружения.

В качестве механизма исполнения функции приняты методы контроля качества поверхностного слоя и АЭ-контроля.

С целью реализации контроля качества поверхностного слоя проводится запрос к базам данных технологической наследственности (БД ТН) и акустико-эмиссионных сигналов (БД АЭ-сигналов).

Отличительными особенностями детализированной диаграммы А0-уровня являются:

1. Наличие трех основных стадий контроля – оценка качества ПС, оценка состояния ПС методом АЭ и вывод о состоянии ПС.
2. Каждый блок представляет основную подфункцию исходной функции.

3. Каждая подфункция содержит только те элементы, которые входят в исходную функцию.

4. Наличие описания истории нагружения и сохранения наследственных свойств под воздействием программ нагружения поверхностного слоя на каждой стадии в параметрах АЭ-сигнала.

5. Наличие функциональных связей между блоками (параметры состояния ПС определенные традиционными методами (параметры СПС) и результаты исследований (РИ)).

При разработке математической модели для оценки состояния ПС методом АЭ (А-2, рис. 1) принято, что распределение параметров сигналов АЭ по очагу деформации идентично распределению интенсивности скоростей деформаций сдвига в виде $H = H(xyz)$. Исходя из этого, по распределению интенсивности скоростей деформаций сдвига H можно определить распределение сигналов АЭ по длине и, что важно, по глубине очага деформации.

Формула распределения интенсивности скоростей деформаций сдвига H в общем виде для каждой линии тока имеет вид [3]:

$$H = a + b \exp\left(-\frac{(x-c)^2}{d^2}\right).$$

Подставляя наследственные коэффициенты a, b, c, d , изменяющиеся по зависимости $k = a_k^h y + b_k^h$, получили:

$$H = z \iint \left((a_a^h y + b_a^h) + (a_b^h y + b_b^h) \exp\left(-\frac{(x - (a_c^h y + b_c^h))^2}{(a_d^h y + b_d^h)^2}\right) \right) dx dy,$$

где z – толщина образца – постоянная величина; y – ордината; x – длина очага деформации; $a_a^h, b_a^h, a_b^h, b_b^h, a_c^h, b_c^h, a_d^h, b_d^h$ – наследственные коэффициенты, характеризующие распределение свойств по глубине упрочненного ПС.

Проведены расчеты и получено распределение акустических характеристик в очаге пластической деформации.

Сопоставление результатов, полученных расчетным путем, и при проведении экспериментов по методу визиопластичности, показало высокую сходимость, что свидетельствует о корректности допущений и модели в целом.

Данная модель положена в основу автоматизированной методики контроля механического состояния поверхностного слоя деталей машин в процессах механической обработки и последующей эксплуатации с учетом технологического наследования.

ЛИТЕРАТУРЫ

1. Блюменштейн, В.Ю. Модель состояний поверхностного слоя в категориях механики технологической наследственности и сигналов акустической эмиссии / В. Ю. Блюменштейн, И. В. Мирошин // Инструмент Сибири. – 2000. – №4(7). – С. 5 – 9.
2. Блюменштейн, В. Ю. Исследование влияния истории нагружения на сигналы акустической эмиссии / В. Ю. Блюменштейн, И. В. Мирошин, А. А. Кречетов, О. А. Останин // Известия ОрелГТУ. Машиностроение. Приборостроение. – 2005. – № 4. – С. 60 – 63.
3. Блюменштейн, В. Ю. Механика технологического наследования на стадиях обработки и эксплуатации деталей машин / В. Ю. Блюменштейн, В. М. Смелянский. – М. : Машиностроение-1, 2007. – 400 с.

УДК 621.791.92

ВОССТАНОВЛЕНИЕ МОСТИКОВ ТРУБНОЙ РЕШЕТКИ БАРАБАНОВ КОТЛОВ ВЫСОКОГО ДАВЛЕНИЯ

А. Н. Смирнов, В. Л. Князьков, Н. В. Абабков

*Кузбасский государственный технический университет
им. Т. Ф. Горбачева, Кемерово*

В статье рассмотрен пример восстановительного ремонта поврежденных мостиков трубной решетки барабанов котлов высокого давления. Ремонт заключался в удалении дефектного металла, наплавке модулированным током при проведении предварительной и сопутствующей термической обработки.

При проведении технического диагностирования в мостиках трубной решетки барабана котла высокого давления №2 Южно-Кузбасской ГРЭС, тип котла ПК-10 (специальная молибденовая сталь, Ø1490×95 мм, давление в барабане – 11,0 МПа, температура – 316 °С, дата изготовления 1950 г., дата пуска 1951 г., время эксплуатации – 320 тыс. ч) было обнаружено большое число дефектов, характер которых представлен на (рис. 1, а и б). Ремонт барабана выполняли в соответствии с требованиями действующих нормативных документов и системы обеспечения охраны труда.

Удаление дефектов в мостиках и подготовка к наплавке. В первую очередь, закрывали отверстия водоопускных труб для предотвращения попадания в них посторонних предметов и обозначали контуры выборок мостиков по границам повреждений несмываемой краской. Особенностью выполнения условий охраны труда при работах по выборке дефектного