

ДЕФЕКТОСКОПИЯ И НЕРАЗРУШАЮЩИЙ КОНТРОЛЬ: НОВЫЙ ПОДХОД

ЗАО «НТИ» является дочерним предприятием компании «НТ-МДТ», которая более 20 лет плодотворно занимается разработкой сканирующих зондовых микроскопов и является признанным лидером на российском рынке сканирующей зондовой микроскопии, обладая известностью во всем мире. До недавнего времени разрабатываемое оборудование поставлялось в основном в научные лаборатории и исследовательские центры самых разных направлений (химические, физические, биологические и другие) в крупнейших научных и промышленных центрах Европы, Азии и Северной Америки.

В 2010 году, в рамках частно–государственного партнерства по Постановлению Правительства Российской Федерации от 09.04.2010 №218 «О мерах государственной поддержки развития кооперации российских высших учебных заведений и организаций, реализующих комплексные проекты по созданию высокотехнологичного производства» (согласно Договору № 13.G25.31.0052 «Об условиях предоставления и использования субсидии на реализацию комплексного проекта по созданию высокотехнологичного производства, выполняемого с участием российского высшего учебного заведения»), была поставлена задача создания прибора для нужд промышленности, связанных с осуществлением неразрушающего контроля и диагностикой состояния конструкционных материалов промышленного оборудования.

Первый вариант прототипа такого специализированного сканирующего зондового микроскопа был разработан и пред-

ставлен под рабочим названием СОЛВЕР Пайп. В сравнении с используемыми методами исследования материалов, такими как оптическая микроскопия, рентгенография, электронная микроскопия, ультразвуковая дефектоскопия и прочие, атомно-силовая микроскопия (как разновидность СЗМ – сканирующей зондовой микроскопии) обладает рядом существенных преимуществ, такими как:

- сверхвысокое пространственное разрешение (до единиц нанометров);
- инструментальное оформление АСМ компактно и не требует использования сложной вакуумной и специализированной техники;
- по сравнению с оптической микроскопией АСМ позволяет существенно расширить диапазон увеличений при исследовании структуры материалов, АСМ-изображения структур материалов на разных уровнях увеличения содержат больше полезной информации;
- АСМ-изображения исходно оцифрованы и легко поддаются обработке;
- исследование образца посредством АСМ может сопровождаться одновременным измерением твердости материала;
- высокая скорость получения результатов;
- простота интерпретации получаемых данных;
- АСМ с успехом применяется для определения структурных и механических характеристик материалов. СОЛВЕР Пайп был разработан специально для использования в промышленных условиях с возможностью крепления непосредственно на объекте исследования. Используя неразрушающие методы контроля, зондовый микроскоп позволяет регистрировать изменения в структуре материала в тот момент, когда характерные размеры этих изменений не превышают десятков нанометров (трещины, каверны, дефекты различной природы), другими словами, когда дефекты материала только начинают зарождаться. Одной из главных задач подобных исследований является оценка остаточного эксплуатационного ресурса изделия и, в конечном итоге, переход на его безаварийную эксплуатацию.

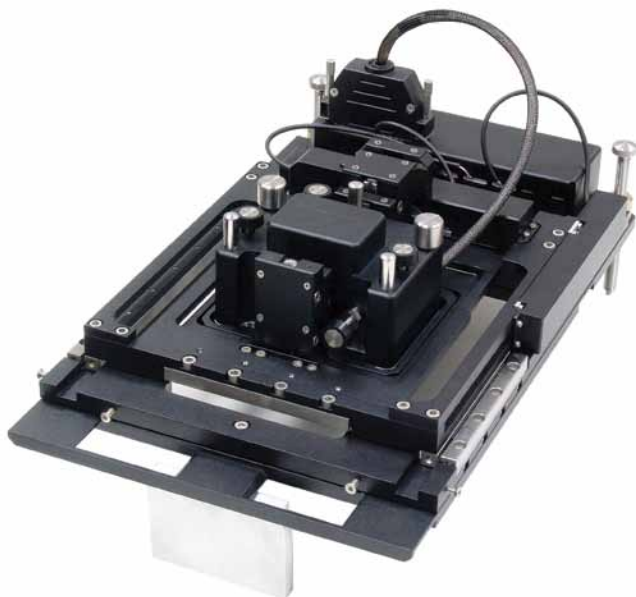


Рис. 1. Прототип сканирующего зондового микроскопа СОЛВЕР Пайп



Рис. 2. Пример крепления прибора на трубе



Рис. 3. Пример крепления прибора на роторе турбины

СОЛВЕР Пайп применим для определения структурных и механических характеристик материалов с нанометровым разрешением в производственных условиях. СОЛВЕР Пайп представляет собой автоматизированную платформу перемещения измерительного узла по трем осям X-Y-Z. Посредством ремней прибор можно закрепить на цилиндрических (диаметром от 120 мм и до нескольких метров) и плоских объектах под любым углом. Поворотный механизм измерительного узла обеспечивает установку зонда в перпендикулярную плоскость к исследуемому образцу. Благодаря небольшим габаритным размерам прибора существует возможность его использования в лабораторных условиях для исследования большиеразмерных образцов. Устройство оснащено модулем видеокамеры, позволяющим быстро и наглядно выбирать место исследования, а также визуально следить за процессом исследования. А значительное оптическое увеличение позволяет быстро сопоставить получаемые АСМ-данные с «привычными» оптическими изображениями.

Цифровой формат получаемых АСМ-изображений легко поддается обработке методами математической статистики и теории распознавания образов, а также позволяет объединять несколько изображений в одно, что, в свою очередь, дает возможность получать сопоставимые по размерам с оптической микроскопией изображения поверхностей, которые при этом обладают разрешением в нанометровом диапазоне. АСМ-изображения представляют собой трехмерные массивы данных, что позволяет измерять размеры исследуемых объектов по трем координатам.

На базе сканирующего зондового микроскопа СОЛВЕР Пайп создается аппаратно-программный комплекс для исследования крупногабаритных промышленных объектов. Комплекс применим для диагностики материалов промышленного оборудования: участков трубопроводов, металлоконструкций, роторов турбин, химических реакторов, сосудов под давлением и пр.

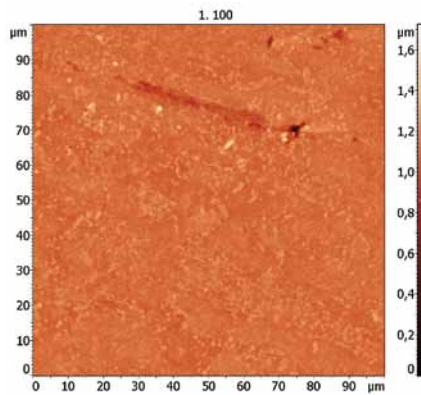
В случае оснащения СЗМ-комплексами труднодоступных и отдаленных промышленных объектов появляется возможность мониторинга состояния материалов важных технологических объектов без присутствия человека с использованием удаленного доступа.

Возможные направления диагностики с использованием аппаратно-программного комплекса СОЛВЕР Пайп:

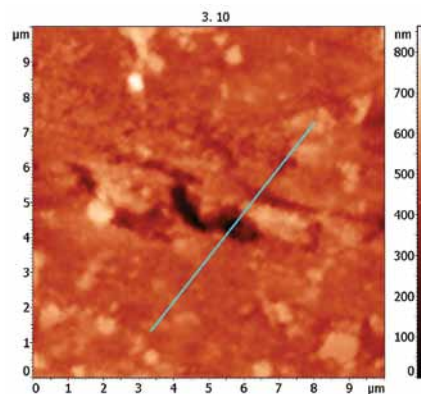
- контроль качества выпускаемых материалов;
- диагностика состояния материалов, длительное время находящихся под воздействием экстремальных условий;
- диагностика деталей и узлов действующего промышленного оборудования.

Использование СОЛВЕР Пайп при проведении регламентных испытаний и плановой замене оборудования позволяет перейти на практически безаварийный режим работы предприятий в следующих отраслях промышленности:

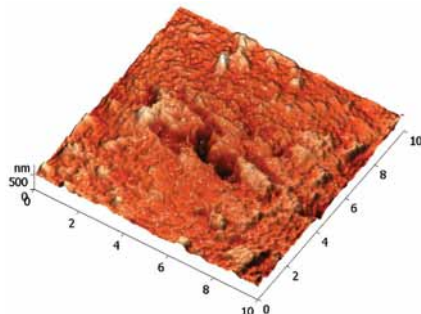
- нефтегазовая промышленность;
- химическая промышленность;
- энергетическая промышленность;
- металлургическая промышленность;
- машиностроение и др.



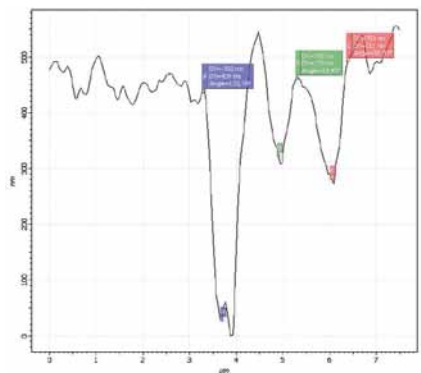
а) АСМ изображение 100x100 мкм



б) АСМ изображение 10x10 мкм



в) Трехмерное АСМ изображение 10x10 мкм



д) Профиль сечения исследуемого объекта.

Рис. 4 (а, б, в, д). Пример результата исследования области зарождения дефекта



Рис. 5. Сергей Иванов, Анатолий Чубайс и Генеральный директор ЗАО «НТИ» Виктор Быков на выставке РОСНАНО

В настоящее время предлагаемый СЗМ метод уже прошел ряд испытаний на действующем оборудовании, в ходе которых были получены убедительные результаты.

Первое в мире испытание СЗМ для прямого неразрушающего контроля трубопроводов в реальных (производственных) условиях проводилось на нефтеперерабатывающем заводе (Raffineria di Roma, Италия). По результатам данной демонстрации сканирующий зондовый микроскоп показал себя как современное и очень перспективное средство диагностики и обнаружения дефектов в материалах различных металлоконструкций промышленных объектов, быстро и информативно выполняющее исследовательские задачи в сфере промышленной дефектоскопии.

Следующим испытанием для прибора на основе СЗМ стала демонстрация на территории завода по ремонту паровых турбин, в Польше. Прибор впервые должен был работать на образцах такого класса, как ротор паровой турбины. В результате измерений было необходимо выявить и исследовать зоны с дефектами материала. Так же были получены прекрасные результаты и подтверждение

возможности работы на нестандартных образцах.

Многочисленное участие в выставках, конференциях и профильных отраслевых совещаниях наглядно демонстрирует интерес, проявляемый к СЗМ СОЛВЕР Пайп, и его востребованность в отраслевых исследованиях.

Так, например, в конце 2010 года компания ЗАО «НТИ» принимала непосредственное участие в выставке, проходящей в рамках III Международного форума по нанотехнологиям RUSNANOTECH 2010. Компания представила внушительный стенд со своими новейшими разработками как в области сканирующей зондовой микроскопии, так и в направлении технологического оборудования для промышленного применения. Прототип СОЛВЕР Пайп был впервые представлен на подобном мероприятии и вызвал особый интерес со стороны посетителей стенда, в числе которых была и правительственная делегация во главе с первым заместителем Председателя Правительства Российской Федерации Сергеем Ивановым и Генеральным директором РОСНАНО Анатолием Чубайсом. ■