

Инновационный подход к дефектоскопии

К.С. Балиж, начальник участка производства • ЗАО «НТИ»

Одной из важнейших проблем эксплуатации оборудования на промышленных предприятиях является ранняя диагностика и прогнозирование разрушений материалов и металлоконструкций.

СОЛВЕР Пайп – аппаратно-программный комплекс для исследования крупногабаритных промышленных объектов, позволяющий на ранних стадиях выявлять дефекты материалов с нанометровым разрешением



Прототип атомно-силового микроскопа СОЛВЕР Пайп

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 партнёрства 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 по-

ставлена задача создания прибора для нужд промышленности, связанных с осуществлением неразрушающего контроля и диагностикой состояния конструкционных материалов промышленного оборудования.

Первый вариант прототипа такого специализированного аппаратно-программного комплекса был разработан и представлен под рабочим названием СОЛВЕР Пайп.

Основу комплекса СОЛВЕР Пайп составляет атомно-силовой микроскоп. Атомно-силовая микроскопия (АСМ) является надежным и высокоточным методом, применяемым в промышленной диагностике. В сравнении с другими современными методами диагностики состояния материалов промышленного оборудования, такими как оптическая микроскопия, рентгенография, электронная микроскопия, ультразвуковая дефектоскопия и прочие, АСМ имеет ряд существенных преимуществ, а именно:

- Инструментальное оформление АСМ компактно, дешевле электронной микроскопии и, в отличие от последней, не требует использования сложной вакуумной техники.

■ По сравнению с оптической микроскопией АСМ позволяет существенно расширить диапазон увеличений, исследовать структуру материалов не только на микроуровне, но и на уровне нанометрового диапазона (получая линейные размеры области сканирования вплоть до нескольких нанометров).

■ АСМ-изображения структур металлов и сплавов на разных уровнях увеличения дают более полную информацию по сравнению с данными, получаемыми с помощью оптических микроскопов, что позволяет расширить совокупность определяемых количественных характеристик структур.

■ АСМ-изображения представляют собой цифровую матрицу и легко поддаются обработке методами математической статистики и теории распознавания образов.

■ Исследование наноразмерной структуры посредством АСМ может сопровождаться одновременным измерением твердости материала на одних и тех же участках поверхности. Это создает новые возможности определения характеристик, ответственных за макроскопические свойства материалов.

■ В связи с возможностью одновременного исследования структуры и измерения твердости, в перспективе может быть поставлена задача стандартизации методов неразрушающего определения механических свойств металлов и сплавов на более глубокой научной основе, чем это сделано в ряде отраслевых норм.

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 большеразмерных образцов. Устройство оснащено модулем видеокамеры, позволяющим быстро и наглядно выбирать место исследования, а также визуально следить за процессом исследования. Значительное оптическое увеличение позволяет быстро сопоставить получаемые АСМ-данные с «привычными» оптическими изображениями. Кроме того, несколько полученных АСМ-изображений могут быть объединены 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.

Аппаратно-программный комплекс СОЛВЕР Пайп предназначен 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 АСМ-комплексами труднодоступных и отдаленных промышленных объектов появляется возможность мониторинга состояния материалов важных технологических объектов без присутствия человека с использованием удаленного доступа.

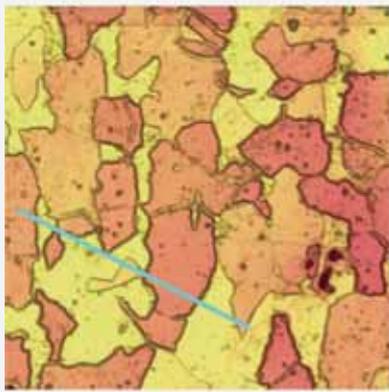
Возможные направления диагностики и исследований структуры поверхности конструкционных материалов с использованием аппаратно-программного комплекса СОЛВЕР Пайп:



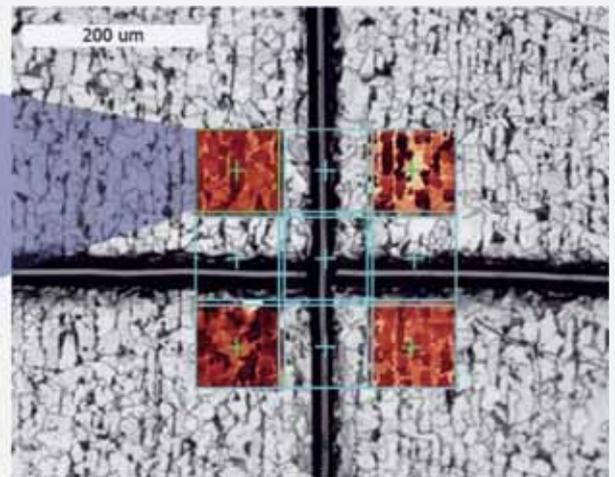
Пример крепления прибора на трубе



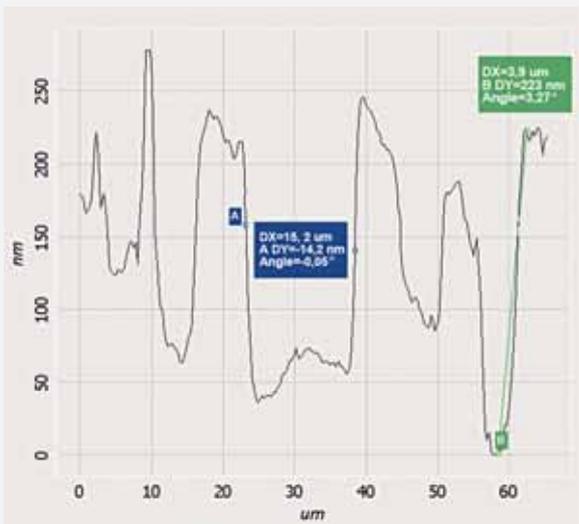
Пример крепления прибора на роторе турбины



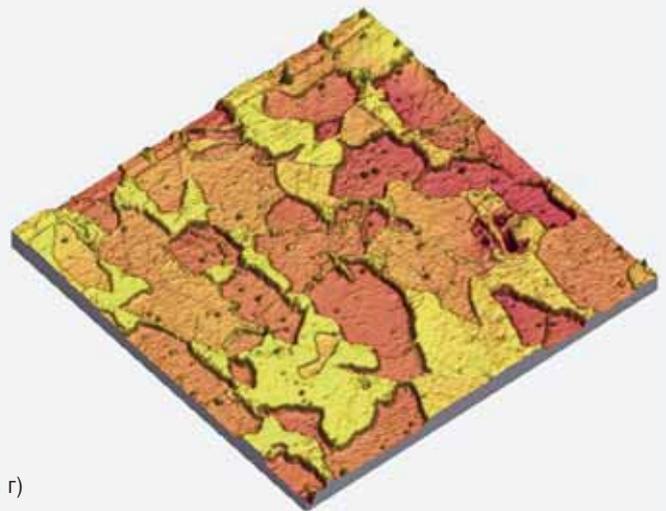
а)



б)



в)



г)

Пример результата исследования. а) АСМ изображение поверхности металла. Размер изображения 100x100 мкм. Материал: Сталь 09Г2С; б) Профиль сечения исследуемого объекта (на изображении (а) показан линией); в) Наложение АСМ данных на оптическое изображение поверхности металла. Материал: Сталь 09Г2С; г) Трехмерное изображение поверхности металла. Размер изображения: 100x100 мкм. Материал: Сталь 09Г2С

- Контроль качества выпускаемых материалов;
- Диагностика материалов, длительное время эксплуатируемых в экстремальных условиях;
- Исследование зеренной структуры металла (тип, размер, форма зерен);
- Определение локальной микротвердости;
- Определение термической предыстории металла;
- Определения дефектов структуры металла (например, коррозионных язв);
- Диагностика сварных швов.

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..

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

Первое в мире испытание АСМ 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 АСМ 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. Также 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 АСМ СОЛВЕР Пайп, и его востребованность в отраслевых исследованиях.