



СЗМ-ДИАГНОСТИКА ПОВЕРХНОСТИ МАТЕРИАЛОВ. МОДЕЛИРОВАНИЕ ИЗОБРАЖЕНИЙ ДЕФЕКТОВ

К.Балиж, С.Пушко, к.х.н., А.Мальцев, к.т.н., д.э.н.

Одна из наиболее актуальных задач при исследовании поверхностной структуры конструкционных материалов используемого оборудования – определение числовых характеристик поверхностей образцов сталей и сплавов с использованием сканирующей зондовой микроскопии (СЗМ). В статье рассматриваются результаты создания методики диагностики используемых в промышленном оборудовании материалов с помощью аппаратно-программного комплекса на базе атомно-силового микроскопа (АСМ).

Основу методики составили данные обработки атомно-силовой микроскопии поверхностей основных используемых в нефтеперерабатывающей промышленности марок сталей. Результаты получены для сталей в различном состоянии, а именно, при поставке, после продолжительной эксплуатации, после механических и термических воздействий. Такие результаты исследования материалов с помощью АСМ позволят успешно идентифицировать дефекты поверхностей сталей и сплавов, проводить расчет числовых значений их размеров.

АСМ – сравнительно новый инструмент для диагностики поверхностей конструкционных материалов промышленного оборудования, однако преимущества таких исследований очевидны и подтверждаются многочисленными экспериментальными результатами, включающими:

- сверхвысокое пространственное разрешение (до единиц нанометров);
- отсутствие сложной вакуумной и специализированной техники для инструментального оформления метода;
- возможность существенно расширить диапазон увеличений при исследовании структуры материалов по сравнению с оптической микроскопией;

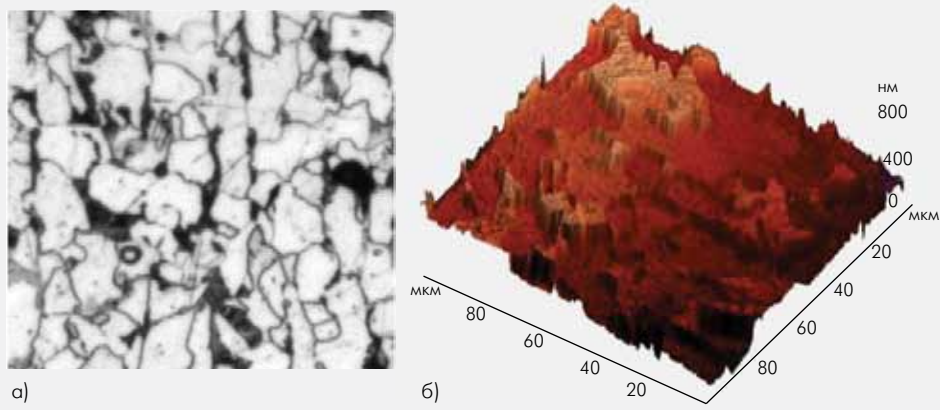


Рис.1. Изображения поверхности образца, полученные: а – с использованием оптического микроскопа; б – с помощью АСМ



Рис.2. АСМ-изображения дефекта на поверхности образца: а – двухмерное; б, в – трехмерное

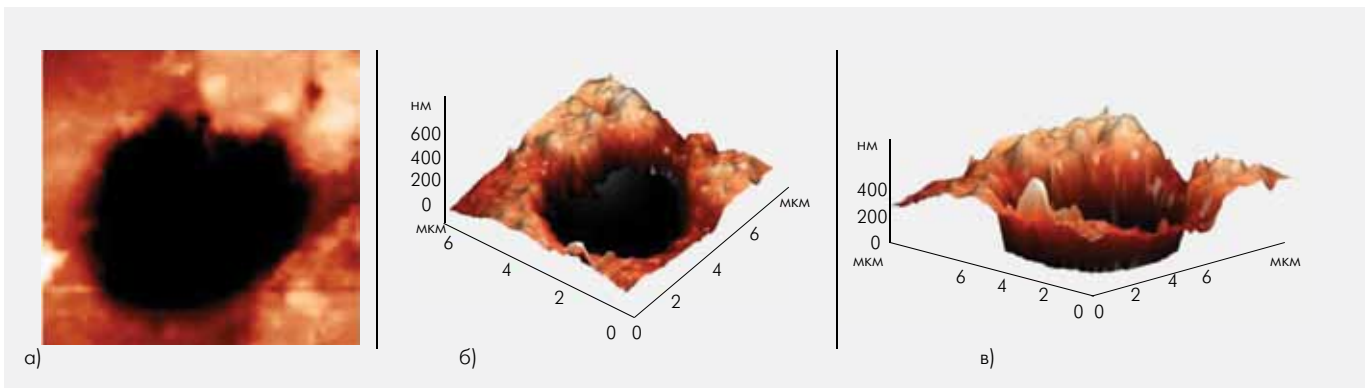


Рис.3. АСМ-изображения дефекта на поверхности образца, когда отсутствует информация о его глубине: а – двухмерное; б, в – трехмерное

- легкость математической обработки полученного изображения;
- возможность при исследовании образца одновременного измерения его твердости;
- высокую скорость получения результатов;
- определение структурных и механических характеристик материалов.

Еще одно существенное преимущество СЗМ – получение трехмерного изображения исследуемого

участка поверхности, тогда как при традиционной оптической металлографии создаются его плоские двухмерные изображения (рис.1). Это позволяет металлографам изучать исследуемую поверхность с помощью ее трехмерного изображения и использовать числовые значения высот поверхности для соответствующих вычислительных процедур.

Особое значение подобная возможность имеет при детальном анализе поверхности образцов. Так,

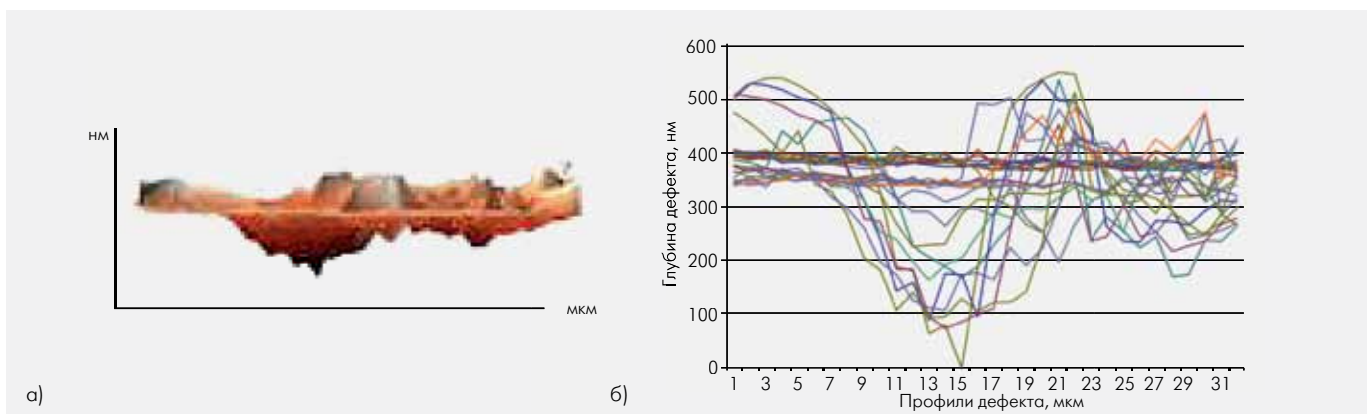


Рис.4. Дефект на поверхности образца: а – полное трехмерное АСМ-изображение; б – графики высот по профилям дефекта

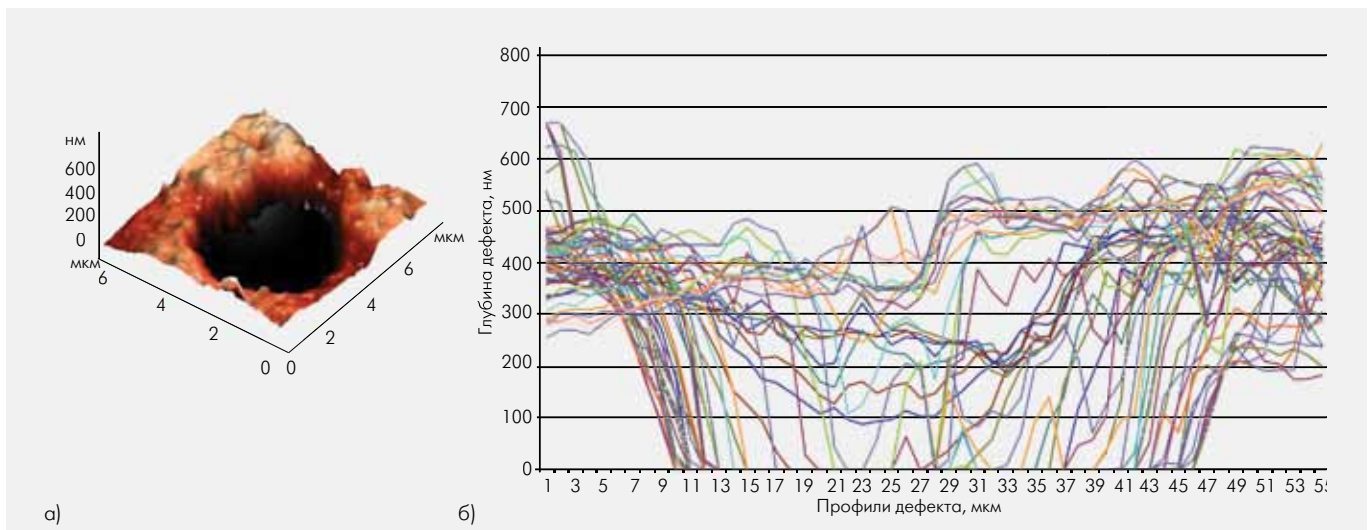


Рис.5. Дефект на поверхности образца: а – неполное трехмерное АСМ-изображение; б – графики высот по профилям дефекта

небольшая темная область на оптическом изображении может представлять собой некоторый мини-дефект (рис.2).

Рассчитываемые по профилям числовые характеристики дефекта, полностью отображаемого с помощью АСМ

Диаметр 1 верхнего сечения, мкм, макс.....	5,66
Диаметр 2 верхнего сечения, мкм, макс.....	1,95
Площадь верхнего сечения, мкм ²	5,46
Объем по максимальной измеренной глубине, мкм ³	0,43

Получение трехмерного изображения дефекта само по себе уже представляет значительный практический интерес для металлографии и дефектоскопии. Еще большая польза может быть получена при использовании данных АСМ для расчета числовых характеристик дефекта.

Необходимо отметить, что помимо ситуаций, когда дефект полностью исследуется с использованием АСМ, существуют случаи, когда информация о глубине дефекта отсутствует (рис.3). Это может быть связано с тем, что острие зонда не достает до наиболее глубокого места впадины.

В связи с этим расчет числовых характеристик

дефектов на поверхности сталей и сплавов при их исследовании методами СЗМ будет различаться для дефектов, полностью отображающихся на АСМ – изображениях и не полностью отображающихся на них. В первом случае при расчете числовых характеристик используются значения высот точек поверхности образца. Анализ и обработка получаемых с помощью АСМ данных о высотах дефекта позволяют построить профили поверхности такого дефекта и представить их на графике (рис.4). Расчет числовых характеристик в данном случае осуществляется на основе использования значений измеренных высот дефекта.

В случае, если дефект не полностью отображается на АСМ-изображении, некоторые значения высот точек его поверхности, которые можно использовать в дальнейших расчетах, отсутствуют.

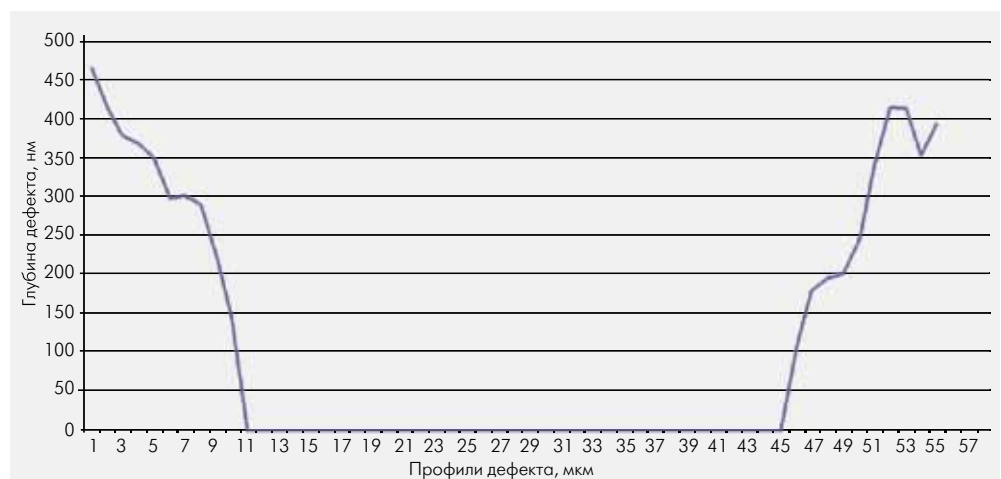


Рис.6. График высот по профилю поверхности дефекта на поверхности образца

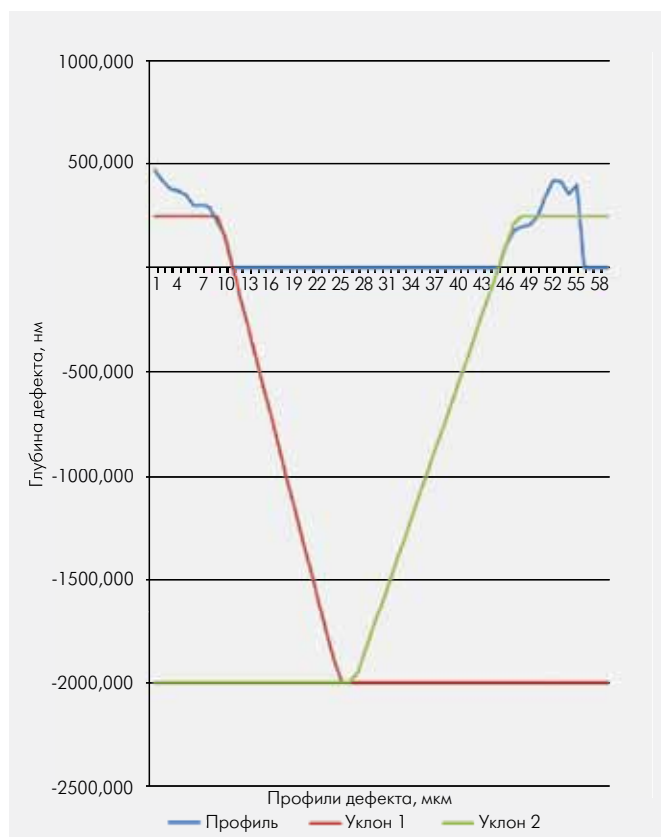


Рис.7. Прогнозирование максимальной глубины дефекта на основе построенных линий, продолжающих уклоны его стенок

Анализ и обработка получаемых данных о высотах дефекта позволяют построить лишь частичные профили его поверхности (рис.5).

В данном случае применяется метод построения линий, продолжающих имеющиеся на АСМ-изображениях стенки дефекта. Метод состоит в том, что из всех профилей выбираются те из них, которые имеют наибольшую ширину (рис 6).

В выбранном профиле анализируются правая и левая стенки дефекта. Для каждой из них фиксируются две точки, через которые должна пройти прямая линия, продолжающая линию конкретной стенки. При фиксации двух точек на основе их координат для каждой стенки строится прямая. Ордината точки пересечения двух таких прямых дает прогнозируемую максимальную глубину дефекта (рис.7).

Максимальная глубина дефекта для нескольких профилей рассматривается как фактическая. В общем случае в качестве конечной оценки выбирается средняя ее величина. Расчет числовых характеристик осуществляется на основе рассчитанной максимальной глубины дефекта.

Рассчитываемые по профилям числовые характеристики дефекта, не полностью отображаемого с помощью АСМ

Диаметр 1 верхнего сечения, мкм, макс.....	7,62
Диаметр 2 верхнего сечения, мкм, макс.....	7,03
Площадь верхнего сечения, мкм ²	37,99
Объем по максимальному значению измеренной глубины, мкм ³	5,32
Рассчитанное значение максимальной глубины, нм.....	- 2 000,00
Полный объем до верхнего сечения, мкм ³	5,70

Таким образом, программная реализация алгоритмов вычисления заданных характеристик поверхностей на основе использования библиотеки изображений сталей и сплавов позволяет создавать описания классов распознаваемых объектов. Это даст возможность реализовать автоматизированную диагностику состояния используемых в промышленном оборудовании конструкционных материалов. ■

НОВЫЕ КНИГИ ИЗДАТЕЛЬСТВА "ТЕХНОСФЕРА"



ЛАЗЕРЫ. ИСПОЛНЕНИЕ, УПРАВЛЕНИЕ, ПРИМЕНЕНИЕ

Айхлер Ю., Айхлер Г.И.

Перевод нового (7-го) издания базового учебника издательства "Шпрингер" по основам лазерной оптики содержит новейшие сведения о высокомошных диодных и твердотельных лазерах для ультрафиолетового, видимого и инфракрасного излучений, рассмотрены волоконные лазеры, ультракороткие световые импульсы, рентгеновские лучи и световые импульсы от лазеров на свободных электронах, а также их применение в медицинской диагностике и биофотонике.

В книге затрагиваются следующие вопросы: функции, типы и свойства лазерного излучения, типы лазеров, оптические компоненты и управление лазерным излучением, применение лазеров в технологии обработки материалов, медицине, измерениях и передаче данных.

МОСКВА:
ТЕХНОСФЕРА, 2012. – 496 с.
ISBN: 978-5-94836-309-7

Цена: 760 р.

КАК ЗАКАЗАТЬ НАШИ КНИГИ?

✉ 125319, Москва, а/я 91; ☎ (495) 956-3346, 234-0110; ✉ knigi@technosfera.ru, sales@technosfera.ru