

ИССЛЕДОВАНИЕ РАЗВИТИЯ КОРРОЗИОННЫХ ПОРАЖЕНИЙ НА ПОВЕРХНОСТИ АЛЮМИНИЯ МЕТОДАМИ КОМПЬЮТЕРНОГО ЗРЕНИЯ

М.Р. Еникеев¹, И.М. Губайдуллин^{1,2}, К.Ф. Коледина^{1,2}, М.А. Малеева³

¹ Институт нефтехимии и катализа РАН,

² Уфимский государственный нефтяной технический университет,

³ Институт физической химии и электрохимии им. А.Н. Фрумкина РАН

Работа посвящена актуальной проблеме обнаружения коррозии и количественной оценке коррозионного повреждения, которая имеет важное значение в машиностроении, строительстве, нефтедобывающей отрасли. Цель работы: разработка комплекса параллельных программ, реализующих методы компьютерного зрения. Основными этапами данной работы являются: анализ существующих методов поиска интересующих объектов на изображении, обучение алгоритма с учителем, применение обученного алгоритма к задаче поиска пузырьков, образующихся в результате коррозии, и вычисление их площади. Результаты работы могут быть использованы для установления закономерности между интенсивностью выделения пузырьков и скоростью образования питтинговой коррозии.

Ключевые слова: коррозия металлов, компьютерное зрение, параллельные вычисления, метод опорных векторов, обработка изображений

1. Введение

Работа посвящена актуальной проблеме обнаружения коррозии и количественной оценке коррозионного поражения [1], которая имеет важное значение в машиностроении, строительстве, нефтедобывающей отрасли. Объектом исследования является процесс коррозии поверхности алюминия в 0.1 М растворе NaCl (рН 11) под действием электрического поля (рис. 1). Задача поиска объектов на изображении сводилась к обнаружению пузырьков выделяемого водорода, по серии снимков необходимо было определить интенсивность этого выделения.

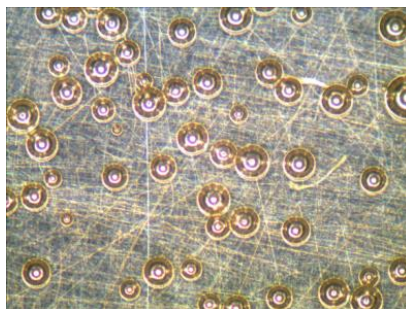


Рис. 1. Кадр примера входных данных по анализу выхода пузырьков водорода

2. Компьютерное зрение и машинное обучение

Методы исследования по способу оценки коррозии металлов подразделяются на количественные и качественные. Существенным недостатком количественных подходов является относительная трудоемкость проведения анализа и невозможность применить эти методы вне лабораторных условий. Качественные методы испытания не дают полной характеристики стойкости металлов, зато позволяют установить интенсивность коррозион-

ного процесса и его характер. Разработка математической модели, позволяющей количественно описывать процессы на межфазных границах в широком ряду испытательных сред и металлов, и основанной на обработке изображений прокорродировавшей поверхности, даст возможность более полного использования методов визуального контроля и более глубокого понимания механизмов реакций на межфазных границах. Системой, реализующей такую модель, может быть система компьютерного зрения.

Компьютерное зрение можно определить как теорию и технологию создания машин, которые могут производить обнаружение, слежение и классификацию объектов. Важной частной задачей компьютерного зрения является задача распознавания объектов на изображениях, то есть определения, является ли данное изображение отображением интересующего нас объекта.

Одним из первых опытов использования компьютерного зрения для исследования коррозии металлов является изучение точечной коррозии нержавеющей стали в растворе $FeCl_3$ [2]. В этой работе по фотографиям процесса коррозии определялось отношение площади коррозионных ямок к общей площади изображения. Интерес представляет работа, в которой были проанализированы изображения с точечной коррозией с использованием вейвлет-анализа. Особенностью работы было применение нейронной сети, использующей признаки горизонтальной, вертикальной и диагональной направленности, и получены хорошие результаты [3]. В данной работе, в отличие от приведенных двух, в качестве характеристики коррозии используются не питтинги или коррозионные ямки, а интенсивность выделяемого водорода в процессе реакции.

В качестве признака описания объекта используется метод гистограммы ориентированных градиентов (HOG) [4].

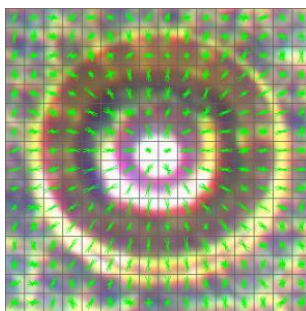


Рис. 2. Пример построения гистограмм ориентированных градиентов для пузырька на поверхности алюминия

Для поиска пузырька на изображении воспользуемся данным методом. Будем искать «пузырек» на изображении с помощью окна размером 128×128 пикселей. Разобьем его на блоки размером 8×8 . Тогда одно окно размером 128×128 пикселей будет содержать 256 блоков. В каждом блоке посчитаем гистограмму ориентаций градиентов с 8 ячейками. Таким образом получаем $8 \times 256 = 2048$ признаков. На рисунке 3 представлена визуализация работы данного метода, изображение пузырька имеет размер 128×128 пикселей и разделено на 256 блоков. В данном случае для наглядности представлена масштабированная модель (рис. 2). Такое количество признаков, невозможно учитывать без использования машинного обучения. Эффективным средством решения данной задачи является метод опорных векторов (SVM) [5].

4. Результаты

Решение задачи классификации методом опорных векторов для задачи исследования развития коррозионных поражений было реализовано с использованием библиотеки OpenCV. Она представляет собой библиотеку алгоритмов компьютерного зрения, обработки изображений и численных алгоритмов.

Была создана выборка, состоящая из ста положительных и отрицательных примеров. На полученной выборке был обучен линейный классификатор SVM. Из рисунка 3-1 следует, что классификатор неудовлетворительно справляется с пузырьками, которые частично попадают в кадр либо имеют небольшие размеры. Для получения общей картины изменения площади наблюдаемых пузырьков данным эффектом можно пренебречь.

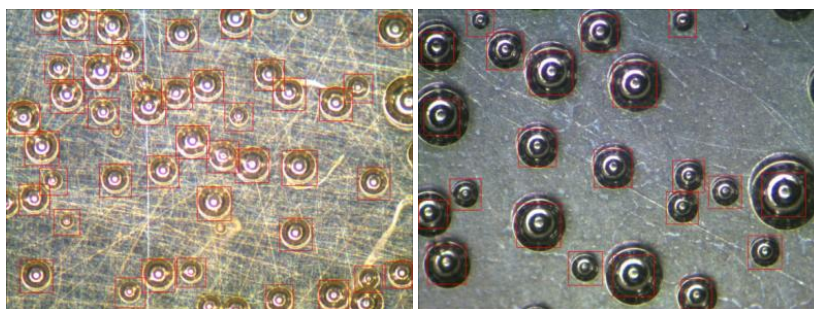


Рис. 3. Результат работы линейного классификатора для двух экспериментов

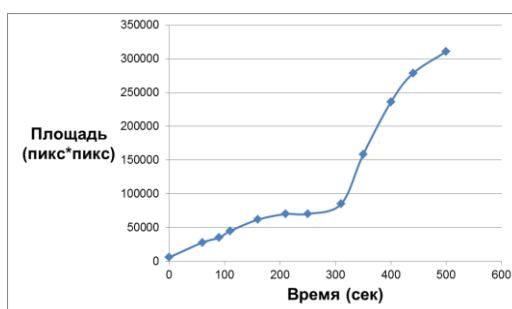
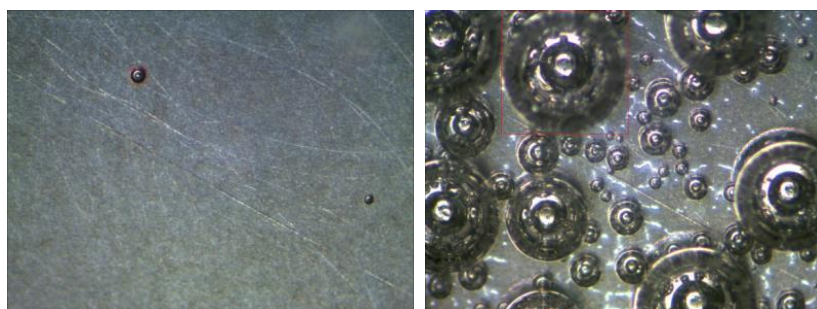


Рис. 4. Детектирование изменение размеров пузырьков во времени

Для проверки эффективности работы классификатора, его работы была проверена на наборе данных другого эксперимента, происходящего в других условиях. Результат обработки данных эксперимента представлен на рисунке 3-2, несмотря на то, что классификатор был обучен на данных первого эксперимента, он показал хорошую работоспособность и на альтернативном наборе данных.

Обученный классификатор был использован при создании инструмента отслеживания изменения размеров интересующего пузырька, для изучения кинетики роста пузырька. Для достижения данного результата была добавлена возможность фильтрации пузырьков по координатам его центра. На рисунке 4 изображены исходное состояние пузырька (в левом верхнем углу) и его последнее состояние до того, как он лопнул (в правом верхнем углу). Также представлен график изменения площади данного пузырька во времени (рисунок снизу).

В работе рассмотрены основные аспекты обработки и анализа изображений в задаче исследования механизма коррозионных поражений:

- Исследованы методы компьютерного зрения и обработки изображения в контексте использования в задаче поиска интересующих объектов на изображении.
- Определена общая закономерность проведения обработки данных химического эксперимента коррозии на поверхности металла.
- Применены описанные алгоритмы для детектирования и распознавания коррозионного поражения для образца алюминия посредством наблюдения за интенсивностью образования пузырьков водорода. Обученный классификатор удачно применен для изучения нескольких экспериментов процесса коррозии поверхности алюминия.
- В дальнейшем авторы работы планируют усовершенствовать классификатор для обработки пузырьков частично вошедших в кадр и таких, чьи размеры малы для идентификации.

Литература

1. Еникеев М.Р., Малеева М.А., Губайдуллин И.М. Компьютерное зрение в задаче исследования механизма развития коррозионных поражений// Системы управления и информационные технологии, №1.1(59), 2015. – С. 198-204
2. D. Itzhar, I. Dinstein, T. Zilberberg. Pitting corrosion evaluation by computer image processing [J]. Corrosion Science, 1981, 21, – P. 17-22.
3. Stefan Sabine, R.W David. Aluminum surface corrosion and the mechanism of inhibitors using pH and metal ion selective imaging fiber bundles[J]. Analytical Chemistry, 2002, 74(4). – P. 886-894.
4. Dalal, N. Histograms of Oriented Gradients for Human Detection. / Dalal, N., Triggs, W. // IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition CVPR05 – 2005 – Vol. 1(3) – P. 886-893 Amit Y. 2D Object Detection and Recognition: models, algorithms and networks. MIT Press, 2002. 325 p.
5. Vapnik V. N. "An Overview of Statistical Learning Theory", IEEE transactions on neural networks, vol.10, № 5, – 1999, – pp. 988–999.