

2. Чжао Цзинкай, Чжан Цзя, Бу Хун и др. Фильтрация спама на основе источника [Дж]. Вычислительная техника и приложения, 2004, 40(9): 139-142.
3. Тан Джинбо, Сунь Ли. Сравнительное исследование алгоритмов фильтрации спама на основе правил [Дж]. Технологии и приложения сетевой безопасности, 2016(6): 57-58.
4. Чжао Сяодань, Сюй Янь. Сравнительное исследование технологий классификации спама [J]. Безопасность информационных сетей, 2014(2): 75-80.
5. Ши Тифэн. Исследование приложений машины опорных векторов в классификации электронной почты [Дж]. Компьютерное моделирование, 2011, 28(8): 156-158.
6. Хан Мин, Ли Цюруй. Анализ метода фильтрации спама на основе алгоритма KNN [J]. Компьютерное программное обеспечение и приложения на компакт-дисках, 2012 (7): 179–180.
7. Ван Цинсонг, Вэй Рую. Байесовский метод фильтрации китайского спама на основе фраз [J]. Информатика, 2016, 43(4): 256-259.
8. Лян Ситао, Гу Лэй. Исследование сегментации китайских слов и определения частей речи [J]. Компьютерные технологии и разработка, 2015, 25(2): 175-180.
9. Ван Ин. Исследование классификации текстов на основе глубокого обучения [D]. Шэньян: Шэньянский технологический университет, 2019.

Чэнь Лянси (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Лямина Галина Владимировна,
канд. хим. наук, доцент ТПУ

ИНГИБИТОРЫ КОРРОЗИИ СТАЛИ НА ОСНОВЕ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ И НАНОЧАСТИЦ

Введение

Для защиты металлов от коррозии применяют специальные вещества – ингибиторы.

Ингибиторы коррозии могут наносить на металл заранее, перед эксплуатацией или вводить сразу в коррозионную среду. Первый тип, конечно, предпочтительней. Ингибиторы можно готовить на водной основе

и неводной. Вода активный деполяризатор коррозии. Вторым направлением для улучшения эффективности ингибиторов является введение в их состав наномодификаторов.

Целью данной работы является критериальное сравнение научных публикаций, посвященных разработке современных ингибиторов.

Добавление ингибиторов в агрессивную среду

В работе [1] функционализированные углеродные квантовые точки были использованы для защиты стали марки N80 в водных растворах 1 М HCl и 3,5 масс. % NaCl, насыщенном CO₂.

По сравнению с традиционными ингибиторами коррозии сырье для синтеза углеродных точек (источник углерода и источник азота) широко доступно, дешево, с низким энергопотреблением и позволяет избежать токсичности и опасности для окружающей среды из-за металлических элементов и органических соединений.

Было показано, что углеродные квантовые точки представляют собой смешанные ингибиторы, которые работают как катодный ингибитор в HCl и как анодный ингибитор в NaCl.

Добавление ингибиторов в состав покрытия

В работе [2] авторы использовали нанокompозит полианилин – диоксид церия как вещество, улучшающее коррозионные свойства покрытий на основе эпоксидных смол для защиты углеродистой стали. Коррозионную устойчивость оценивали в 3,5%-м водном растворе NaCl.

Существенное улучшение защитных характеристик покрытий нанокompозит полианилин/диоксид церия – эпоксидная смола можно объяснить синергетическим эффектом. Данный композит характеризуется механизмом самовосстановления, что объясняет увеличение длительности эффекта защиты.

Добавление ингибиторов в состав красок для металлов является очень эффективным, рациональным и широко используемым способом. В частности, порошки оксидов металлов, в том числе наноразмерных, часто используются как модификаторы, улучшающие свойства декоративного покрытия. В работе [3], например, частицы используют в виде наноконтейнеров, в работах [4] и [5] в составе композиционных покрытий, в [6] в виде одиночного покрытия.

В работе [3] изучали алюминиевый сплав 2024-T3, который имеет высокую прочность и малый вес, но легко подвергается коррозии за счет высокого содержания меди. Механизм коррозии в данном случае объясняется возникновением микрогальванических элементов. Для защиты такого сплава часто используют хроматное покрытие. Однако эти покрытия очень токсичны в процессе нанесения и эксплуатации. В этой связи,

не смотря на их очень эффективную коррозионную защиту, активно разрабатываются технологии по их защите.

Авторы этой работы предложили использовать органо-неорганические многослойные покрытия (3-глицидоксипропил) триметоксисилана и эпоксидной смолы Araldite GY 257, приготовленные золь-гель методом. В покрытие добавляли наноконтейнеры оксида титана. Добавление наноконтейнеров TiO_2 усиливает барьерный эффект, тем самым улучшая коррозионные характеристики покрытий.

Авторы [4] разрабатывали нанокompозитные покрытия для обработки металлов, применяемых в нефтяной промышленности.

Результаты показывают, что композитное покрытие полидиметиламиносилоксан / TiO_2 может обеспечивать ингибирование коррозии, самовосстановление, механическую стойкость, химическую стойкость, стойкость к ультрафиолетовому излучению и термическую стабильность для стальных цистерн. Ограничением использования данного покрытия является дороговизна реактивов технологии, хотя перспективы данной разработки очень многообещающие.

В работе [5] авторы разрабатывали защиту для мягкой стали, которая чрезвычайно подвержена коррозии, изделия из нее требуют больших затрат на ремонт.

Результаты показывают, что смесь эпоксидной смолы и наночастиц CeO_2 обладает длительным эффектом ингибирования коррозии и может найти широкое применение в будущем. Наночастицы CeO_2 взаимодействуют с положительными ионами, которые адсорбируются на катоде в электрическом поле увеличивают антикоррозионную способность.

В работе [6] наноразмерный WO_3 наносили электрофоретически на оцинкованную сталь для создания барьерного слоя против коррозии.

Результаты показывают, что композитное покрытие, содержащее наночастицы оксида вольфрама, обладает высокой эффективностью ингибирования коррозии, низкой стоимостью, низкой токсичностью и простотой производства. Ограничением их использования является тот факт, что

Заключение

Анализ литературы демонстрирует огромные перспективы использования оксидов металлов в наноразмерном состоянии в качестве модификаторов антикоррозионных покрытий. В табл. 1 приведено сравнение ингибиторов коррозии, где в том числе представлены некоторые количественные характеристики коррозионной защиты.

Таблица 1

Сравнение ингибиторов коррозии

Металл	Ингибитор	Среда	Эффективность ингибирования
Сталь N80	Функционализированные углеродные квантовые точки	1М HCl – 0,01М NaCl	89,04% в HCl; 94,6% в NaCl – CO ₂
Углеродистая сталь	Эпоксидная смола – полианилин – CeO ₂	0.01М NaCl	Увеличение эффективности на 40%
Алюминиевый сплав 2024-T3	Полидиметил-аминосилоксан/TiO ₂	0,05М NaCl	Увеличение времени ингибирования в 2,1 раза
Углеродистая сталь	Полидиметиламино-силоксан/TiO ₂	Нефть	99,7%.
Мягкая сталь	Эпоксидная смола – CeO ₂	Раствор бетона – 0,5 М NaCl	Замедление коррозии в 3,5 раза
Оцинкованная сталь	WO ₃	0.01М NaCl	Увеличение эффективности на 20 %

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Xiaodan Wu, Jianbo Li, Chaoyi Deng, Lan Yang, Jie Lv, Luoping Fu, Novel carbon dots as effective corrosion inhibitor for N80 steel in 1 M HCl and CO₂-saturated 3.5 wt% NaCl solutions//Journal of Molecular Structure –2022.–V.1250. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.molstruc.2021.131897> (дата обращения: 23.03.2022)
2. Yanhua Lei, Zhichao Qiu, Ning Tan, Hailiang Du, Dongdong Li, Jingrong Liu, Tao Liu, Weiguo Zhang, Xueting Chang. Polyani-line/CeO₂ nanocomposites as corrosion inhibitors for improving the corrosive performance of epoxy coating on carbon steel in 3.5% NaCl solution // Progress in Organic Coatings – 2020. – V.139. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2019.105430> (дата обращения: 23.03.2022)
3. Evaggelos D. Mekeridis, Ioannis A. Kartsonakis, George C. Kordas, Multilayer organic–inorganic coating incorporating TiO₂ nanocontainers loaded with inhibitors for corrosion protection of AA2024-T3 // Progress in Organic Coatings – 2012. – V.73. – P.142-148.
4. A.M. Fadl, M.I. Abdou, M.A. Hamza, S.A. Sadeek, Corrosion-inhibiting, self-healing, mechanical-resistant, chemically and UV stable PDMAS/TiO₂ epoxy hybrid nanocomposite coating for steel petroleum

- tanker trucks//Progress in Organic Coatings – 2020 – V.146. [Электронный ресурс]. – режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.porgcoat.2020.105715> (дата обращения: 23.03.2022)
5. Diksha Dileep Thiruvoth, M. Ananthkumar, Evaluation of cerium oxide nanoparticle coating as corrosion inhibitor for mild steel//Materials Today: Proceedings.–2021 [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2021.08.157> (дата обращения: 23.03.2022)
6. Taghried A. Salman and Haider M. Electrophoresis Deposition of Tungsten oxide Nanoparticles for Corrosion Inhibition //Journal of Physics: Conference Series. – V.1664. [Электронный ресурс] – режим доступа: <https://doi.org/10.1088/1742-6596/1664/1/012053> (дата обращения: 23.03.2022)

Чэнь Ян (Китай)

Томский политехнический университет, г. Томск

Научный руководитель: Курганов Василий Васильевич,
канд. техн. наук, доцент

СИСТЕМА ПРОТИВОАВАРИЙНОЙ ЗАЩИТЫ ВОЗДУХОРАЗДЕЛИТЕЛЬНОЙ УСТАНОВКИ

Введение

Воздухоразделительные установки (ВРУ) –установки для разделения воздуха на компоненты.

Цель настоящей работы составлена на разработку приборных контуров защиты для параметров системы притивоаварийной защиты ВРУ.

Для опасных технологических процессов должны предусматриваться системы ПАЗ, предупреждающие возникновение аварии при отклонении от предусмотренных технологическим регламентом на производство продукции предельно допустимых значений параметров процесса во всех режимах работы и обеспечивающие безопасную остановку или перевод процесса в безопасное состояние по заданной программе [1].

Приборный контур защиты (SIF) системы ПАЗ воздухоразделительной установки

Назначение контура: перевод исполнительного механизма в безопасное состояние при достижении указанного условия.