

**IV краевая научно – практическая конференция учащихся
«Старт в науку XXI века»**

Секция физика

**Коррозионные свойства стали. Средства защиты от
коррозии**

Выполнила: учащаяся 10А класса
Евсеева Екатерина

Руководители: учитель
математики Кузьминых А.А.,
сотрудник ГК «ЭРИС» Рогов А.
О.

Оглавление

Глава 1. Теоретическая часть.....	5
1.1. Теоретическое описание коррозии.....	5
1.2. Защита от коррозии.....	10
1.3. Методы испытаний на воздействие соляного тумана	12
Глава 2. Практическая часть	14
Заключение.....	17
Список используемых источников.....	18
Приложения.....	19

Введение

Актуальность: Металлы используются практически во всех отраслях промышленности и во всех сферах жизни человека, многие из них подвергаются коррозии, что усложняет нашу жизнь, поэтому необходимо применять различные способы борьбы с коррозией.

Проблема: в современном мире коррозия металлов и защита их от коррозии является одной из важнейших научно-технических и экономических проблем. Каждый год коррозия причиняет огромный ущерб народному хозяйству каждой страны. В промышленно развитых странах убытки от коррозии за год составляют в среднем около 3-5% от внутреннего валового продукта, а потери металла достигают 20%. Государства несут огромные убытки.

Гипотеза: на коррозию стали в окружающей среде оказывают влияние состав самого металла, его форма, минеральный состав воды, температура окружающего воздуха, влажность и т. д.

Цель: изучение коррозионного поведения стали в атмосфере 100%-ной влажности в среде, насыщенной NaCl, поиск способов защиты от коррозии.

Задачи:

1. Изучить понятие коррозии и стойкость стали к коррозии.
2. Изучить способы борьбы с коррозией.
3. Проверить способы защиты стали от коррозии (легирование и гальванизация) в условиях 100%-ной влажности среды в среде, насыщенной NaCl.
4. Подвести итоги экспериментов.

Предмет исследования: коррозия.

Объект исследования: коррозионный процесс, протекающий в металлах и сплавах.

Методы исследования: теоретический (анализ и синтез фактов из литературы, Интернет-источников), эксперимент, анализ полученных данных, описание.

Глава 1. Теоретическая часть

1.1. Теоретическое описание коррозии

Коррозия - самопроизвольное разрушение металлов и сплавов в результате химического, электрохимического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой. Разрушение по физическим причинам не является коррозией, а характеризуется понятиями эрозия¹, истирание², износ³. Причиной коррозии служит термодинамическая неустойчивость конструкционных материалов к воздействию веществ, находящихся в контактирующей с ними среде.

В повседневной жизни для сплавов железа, то есть сталей чаще используют термин «ржавление» — коррозия железа и его сплавов с образованием продуктов коррозии, состоящих из гидратированных остатков железа.

Коррозия – химическая реакция, поэтому скорость её протекания очень сильно зависит от температуры. Повышение температуры на 100 градусов может увеличить скорость коррозии на несколько порядков. [1]

История коррозии металлов

Люди издавна интересовались вопросами защиты от коррозии. Древнегреческий историк Геродот (5 век до нашей эры) и древнеримский ученый Плиний Старший (1 век до нашей эры) упоминают о применении олова для защиты железа от ржавчины.

Средневековые алхимики мечтали о получении нержавеющей железа. Уже в двадцатых годах 19 века электролитическую коррозию изучают химик Гемфри Дэви и физик Майкл Фарадей. С тех пор во многих странах мира было выполнено очень много работ по коррозии различных металлических материалов. Однако правильной, научно обоснованной теории

¹ разрушение горных пород и почв поверхностными водными потоками, включающее в себя отрыв и вынос обломков материала и сопровождающееся их отложением.

² способность материала изменяться в объёме и массе под действием истирающих усилий.

³ разрушение поверхности материала в результате трения или коррозии.

электрохимической коррозии не было. Существовала лишь теория, выдвинутая в 1830 году швейцарским ученым Де ла Ривом, оказавшаяся неверной, согласно которой подвергаться коррозии может лишь такой материал, в котором есть инородные включения. В начале тридцатых годов 20 века, советский ученый Александр Наумович Фрумкин, изучая амальгамы металлов, показал, что активный металл амальгамы растворяется в кислотах, хотя амальгама - это однородное вещество.

В 1935 году Алексей Иванович Шултин объяснил коррозию как индивидуальных металлов, так и сплавов. Он рассмотрел механизм протекания процесса коррозии и факторы, влияющие на его скорость. В том же 1935 году Ярослав Васильевич Дурдин так же высказал обоснованную им мысль о растворении металлов в кислотах без наличия инородных включений в них.

Таким образом, советские ученые, в первую очередь Шултин А.И. и Дурдин Я.В., сформулировали теорию электрохимической коррозии металлических материалов. [2]

Коррозия стали

Сталь — сплав железа с углеродом (и другими элементами), содержащий не менее 45 % железа и в котором содержание углерода находится в диапазоне от 0,02 до 2,14 %, причём содержанию от 0,6 % до 2,14 % соответствует высокоуглеродистая сталь. Если содержание углерода в сплаве превышает 2,14 %, то такой сплав называется чугуном. Современные порошковые стали могут содержать от 2,9 % до 3,0 % углерода, что, впрочем, не делает их чугуном. Углерод придаёт сплавам прочность и твёрдость, снижая пластичность и вязкость. [3]

Неоднородность стали по химическому составу и по структуре ускоряет процесс коррозии: например, томасовская и бессемеровская стали более подвержены коррозии, чем мартеновские, а стали кипящие разрушаются быстрее, чем спокойные.

Изменение структуры стали вследствие резкого перегиба (расслоения, надрывы, трещины) или продавливания отверстий, опрессовки заклепок и других видов обработки стали, при которых происходит нарушение ее структуры, ускоряет процесс коррозии. Наклеп стали также ускоряет этот процесс. Гладкие, особенно полированные, поверхности лучше сопротивляются коррозии, чем неровные.

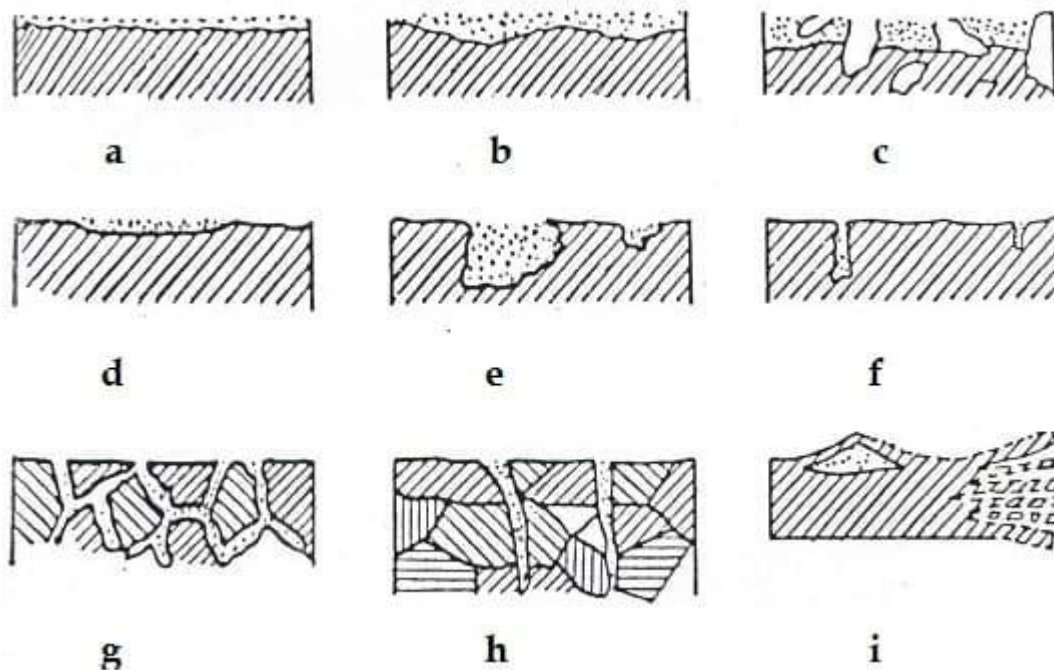
В местах, претерпевших пластические деформации, особенно неравномерные, часто развивается наиболее опасная межкристаллическая коррозия. Места концентрации напряжений, у которых в первую очередь проявляются пластические деформации и происходит нарушение структуры стали, например, заклепочные и сварные соединения, особенно подвержены коррозии. [8]

Виды коррозии металлов

Наиболее часто встречаются следующие виды коррозии металлов:

- a. Равномерная – охватывает всю поверхность равномерно;
- b. Неравномерная;
- c. Избирательная;
- d. Местная пятнами – корродируют отдельные участки поверхности;
- e. Язвенная (или питтинг);
- f. Точечная;
- g. Межкристаллитная – распространяется вдоль границ кристалла металла;
- h. Растрескивающая;
- i. Подповерхностная;

Примеры различных видов коррозии металлов представлены на изображении ниже. [1]



Основные типы коррозии металлов

С точки зрения механизма коррозионного процесса можно выделить два основных типа коррозии: химическую и электрохимическую.

Химическая коррозия металлов – это результат протекания таких химических реакций, в которых после разрушения металлической связи, атомы металла и атомы, входящие в состав окислителей, образуют химическую связь.

Электрический ток между отдельными участками поверхности металла в этом случае не возникает. Такой тип коррозии присущ средам, которые не способны проводить электрический ток – это газы, жидкие неэлектролиты.

Электрохимическая коррозия металлов – это процесс разрушения металлов в среде различных электролитов, который сопровождается возникновением внутри системы электрического тока.

При таком типе коррозии атом удаляется из кристаллической решетки в результате двух сопряженных процессов:

- Анодного – металл в виде ионов переходит в раствор.

- Катодного – образовавшиеся при анодном процессе электроны, связываются деполяризатором (вещество — окислитель).

Сам процесс отвода электронов с катодных участков называется деполяризацией, а вещества, способствующие отводу – деполяризаторами. [1]

Причины возникновения коррозии

Причины коррозионных процессов:

- соприкосновение разных видов металлов, сплавов;
- частые перепады температуры;
- трение между металлическими поверхностями;
- длительное воздействие влаги;
- влияние кислот, щелочей, химических элементов;
- использование некачественных жидкостей при механической обработке материала;
- жировые пятна, остающиеся на металлических поверхностях после прикосновения к ним. [1]

Последствия коррозии

Распространенные последствия коррозионных процессов:

- расслоение материала;
- изменение внешнего вида;
- истощение деталей.

Вследствие вышеперечисленных факторов может произойти полное разрушение материала, прибор или деталь из такого материала может окончательно испортиться и стать непригодной к использованию. [1]

1.2. Защита от коррозии

Чтобы защитить металлические поверхности от образования коррозии, используются разные способы. Каждая из них уникальна, имеет индивидуальные особенности.

1. Защитные покрытия.

Подразделяются на два вида — металлические, неметаллические.

Виды неметаллических покрытий:

- Химический слой. Чаще это оксидные пленки, которые образуются на поверхности под воздействием пара, воздуха. Один из вариантов оксидирования — погружение деталей в раствор азотной кислоты, нагретой до 140°C.
- Лакокрасочные покрытия. Главный недостаток лакокрасочных покрытий — низкая устойчивость к перепадам температуры, механическому повреждению.
- Порошковые краски. Наносятся специализированным оборудованием в закрытых покрасочных камерах.
- Различные полимерные покрытия.

Полимерные покрытия — лучший вариант из всех предложенных. После нанесения жидкого полимера образуется прочная пленка, устойчивая к перепадам температуры, воздействию химических элементов, повышенному уровню влажности.

2. Легирование.

К составу сплава добавляются разные легирующие добавки, которые изменяют свойства, технические характеристики материала, делают его устойчивым к разрушительному воздействию влаги.

3. Электрохимический метод

К металлической детали подключается источник тока. На поверхности материала образуется катодная поляризация, а ржавчина начинает разрушаться.

4. Покрытие металлами.

Существуют разные способы покрытия металлом — термическая диффузия, металлизация, погружение в расплавленный металл, контактное осаждение.

- Погружение в расплавленный металл. Специальная ванна заполняется расплавленным металлом с высокой устойчивостью к образованию коррозии. В емкость погружается деталь, которую нужно обработать.
- Термическая диффузия. Термическую диффузию черных металлов чаще проводят с помощью цинка. Выполняется оно в газовой или паровой среде, при температуре до 850°C. Если обработка проходит в вакуумной среде, температура снижается до 250°C.
- Металлизация. С помощью специального оборудования, которое создает мощную воздушную струю, на металлические поверхности наносится тонкий, равномерный слой расплавленного металла.
- Контактное осаждение. Детали покрываются раствором солей железа или никеля. В результате обработки образуется прочная тонкая пленка. Контактное осаждение выполняется перед нанесением гальванического покрытия.

5. Изменение состава окружающей среды

Этот метод защиты применяется реже других. Его малая популярность связана с нестабильностью и рядом сложностей. Метод подходит только для металлоконструкций, которые находятся в закрытом помещении. Внутри можно создать подходящую атмосферу (уровень влажности, температуру), при которой развитие коррозии будет невозможно. [4]

1.3. Методы испытаний на воздействие соляного тумана

Испытания на воздействие соляного тумана являются общепринятым и самым распространенным типом испытаний на коррозионную стойкость. История этих испытаний началась в 1914 г., когда J.A. Carr предложил использовать нейтральный соляной туман для определения коррозионной стойкости защитных покрытий, нанесенных на металлические поверхности, а несколько позже, в 1939 г., был опубликован стандарт ASTM B117, который стал первым международным стандартом соляного тумана. Этот стандарт до сих пор является самым широко используемым в мире и лег в основу различных национальных и отраслевых испытательных стандартов, в том числе отечественного ГОСТ 28207-89.

Таким образом, испытания на воздействие соляного тумана имеют давнюю историю, а большое количество накопленных статистических данных позволяет прогнозировать коррозионную стойкость различных материалов и покрытий. [8]

Для проведения испытаний на воздействие соляного тумана необходимо создание следующих сред:

1. При помощи сжатого воздуха 5% соляной раствор распыляется внутри камеры с испытуемыми образцами в виде тумана или мелкой водяной пыли. Образцы располагаются в камере ниже уровня распыления соляного тумана, что исключает непосредственное воздействие на них соляного тумана.
2. В ходе испытаний соляной туман выпадает конденсатом на образцы со скоростью 1,0–2,0 мл/80 см² в час. Обычно, если не оговаривается отдельно, величина pH раствора должна быть в диапазоне 6,5–7,2.
3. Распыление соляного тумана осуществляется непрерывно на протяжении всего испытания. Продолжительность испытания зависит от типа тестируемого образца, а также от условий его дальнейшей эксплуатации, но в большинстве случаев равна 24 ч.

4. Обычно, если не оговаривается отдельно, испытания проводятся при температуре 35°C и влажности 95–100%. [7]

При проведении испытаний контролируются такие параметры как чистота соли и воды, которые используются для приготовления раствора, а также положение испытываемых образцов внутри камеры.

Поскольку условия, создаваемые при испытании на воздействие соляного тумана, отличаются от естественных условий эксплуатации, по результатам испытаний невозможно точно прогнозировать жизненный цикл изделий в реальных условиях. Однако проведение подобных испытаний позволяет сравнить полученные результаты с предполагаемыми или уже имеющимися данными. Главная цель проведения подобных испытаний – сбор данных для системы менеджмента качества (СМК). Например, испытание на воздействие соляного тумана целесообразно проводить для контроля производственного процесса и предотвращения появления возможных дефектов изделий, связанных с коррозионной стойкостью.

Несмотря на свой главный недостаток – расхождение в условиях – испытания на воздействие соляного тумана остаются востребованными в различных отраслях и являются эффективным способом контроля относительной коррозионной стойкости различных изделий, покрытий и производственных процессов. [5]

Глава 2. Практическая часть

Изучив свойства коррозии стали и способы её защиты, нами было принято решение о проведении опыта по выявлению коррозионных свойств этого металла.

Сперва была подобрана подходящая для исследования деталь из стали (рис. , рис. , рис.). Эта деталь подвергалась легированию хромом и поэтому не должна сильно повредиться. На изображениях видно, что не вся деталь обработана механически, а только части с резьбой и некоторые небольшие участки.

Далее деталь была помещена в энергодисперсионный рентгенофлуоресцентный спектрометр EDX-7000P/8000P/8100P⁴, в котором был проведён анализ ее состава (рис. 4, рис. 5). Результаты анализа до воздействия на деталь соляного тумана представлены в Таблица №1.

После чего мы сделали фото детали до воздействия соляного тумана на неё и поместили в камеру соляного тумана ASCOTT S120iP на 72 часа.

После этого было зафиксировано состояние детали (рис. 6, рис. 7, рис. 8, рис. 9), от коррозии пострадали только те участки, которые не подвергались механической обработке, на них можно наблюдать ржавчину. Это связано с тем, что при отливании этой детали в состав сплава попали примеси, но это происходит только по поверхности детали, поэтому и применяется механическая обработка. Элементы детали, которые были механически обработаны, коррозии не подверглись.

Далее эту деталь мы снова проанализировали в энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре. Получили состав вступившего и не вступившего в коррозию участков детали после воздействия камеры соляного тумана. (рис. 10, рис. 11, рис. 12)

⁴ <https://www.shimadzu.ru/edx-7000p8000p>

По результатам измерения состава детали, представленного в Таблице №1, учитывая погрешность измерений, можно сказать, что состав элемента, обработанного механически, практически не изменился. А вот состав не обработанного механически элемента, изменился процентом содержания железа (уменьшился), процент содержания некоторых других металлов вырос.

Благодаря легированию хромом и механической обработке, которым подвергались элементы этой детали, они не вступила в коррозию, а участки, не подвергавшиеся обработке, были испорчены коррозией. Таким образом, легирование хромом защищает сталь от коррозии.

Для следующего эксперимента были подобраны две детали из стали, которые были подвергнуты легированию никелем, с золотым покрытием (рис. 13, рис. 14).

Также был проанализирован их состав в энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре, результаты которого представлены в Таблице №2.

Далее эта деталь была помещена в камеру соляного тумана на 72 часа. После чего на детали были заметны повреждения гальванического покрытия (рис. 15, рис. 16, рис. 17). При этом сталь не подверглась коррозии.

Покрывать сталь другими металлами бессмысленно, так как хорошо вступают в коррозию лучше, чем сталь, подвергнутая легированию.

Заключение

Таким образом, наша гипотеза подтвердилась и все поставленные нами задачи были выполнены.

Мы выяснили, что сталь хорошо вступает в реакцию коррозии, но хорошей защитой от коррозии для неё может послужить легирование.

При выполнении исследовательской работы, мы выяснили, что коррозия – это явление, приносящее экономический ущерб, но есть способы борьбы с ней и для разных материалов подходят разные методы.

Моя гипотеза подтвердилась и все поставленные мною задачи были выполнены.

С процессом коррозии, то есть разрушением изделий из металла, мы сталкиваемся в повседневной жизни. В эпоху современной промышленности проблема коррозии до сих пор остается актуальной, но существуют методы борьбы с коррозией, которые необходимо применять для продления срока службы изделий из металлов.

Список используемых источников

1. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Коррозия> – коррозия, коррозия металлов, классификация видов коррозии,
2. <https://obuchonok.ru/node/4654> – история изучения коррозии металлов
3. <https://ru.wikipedia.org/wiki/Сталь> – сталь, характеристики стали
4. <https://studfile.net/preview/3871821/page:2/> – основные способы защиты металлов от коррозии
5. https://ru.wikipedia.org/wiki/Соляной_туман – соляной туман, оборудование для тестирования
6. <https://www.shimadzu.ru/edx-7000p8000p>
7. <https://orionterm.ru/news/printsipy-raboty-kamery-solyanogo-tumana/> – принципы испытаний
8. https://chem.teset.sumdu.edu.ua/media/documents/Lecture_6.pdf – влияние среды на коррозию железоуглеродистых сталей

Приложения

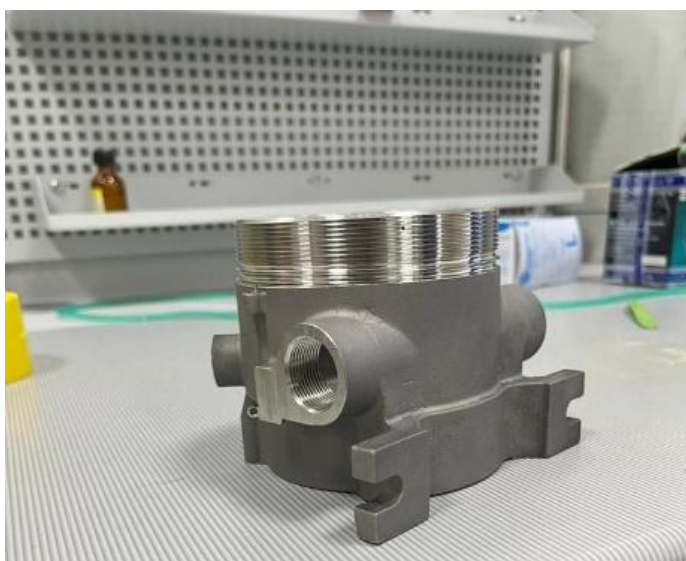


рис. 1

Деталь из стали до помещения в камеру
соляного тумана



рис. 2

Деталь из стали до помещения в
камеру соляного тумана

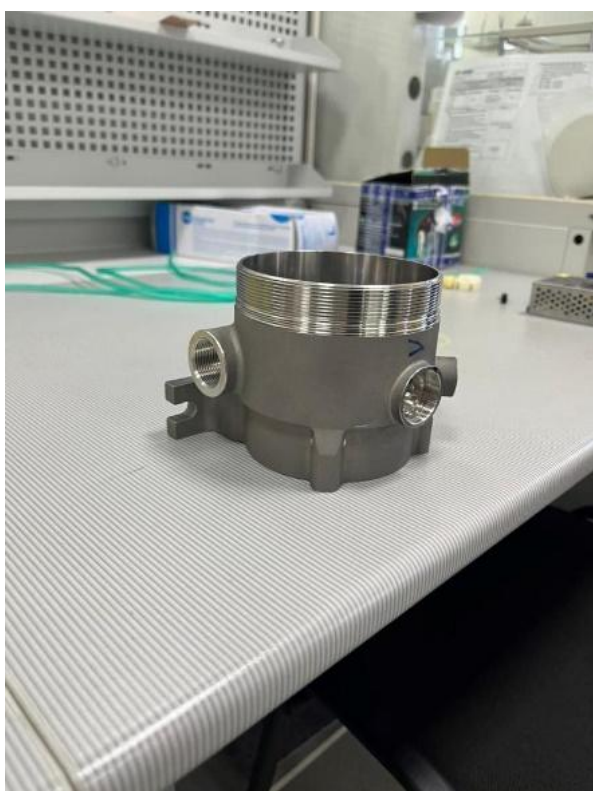


рис. 3

Деталь из стали до помещения в
камеру соляного тумана

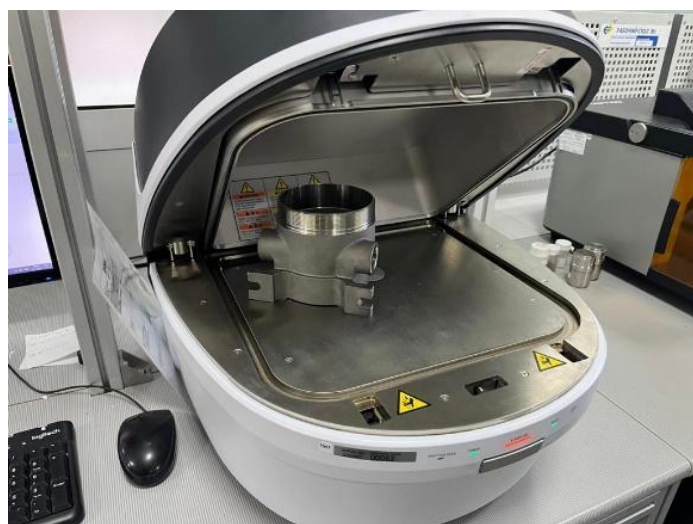


рис. 4

Помещение детали в
энергодисперсионного
рентгенофлуоресцентного спектрометра



рис. 1

Результаты анализа состава детали в энергодисперсионном рентгенофлуоресцентном спектрометре до помещения в камеру соляного тумана



рис. 3

Деталь из стали после обработки в камере
соляного тумана



рис. 2

Деталь из стали после обработки в камере
соляного тумана



рис. 4

Деталь из стали после обработки в камере соляного тумана



рис. 5

Деталь из стали после обработки в камере соляного тумана

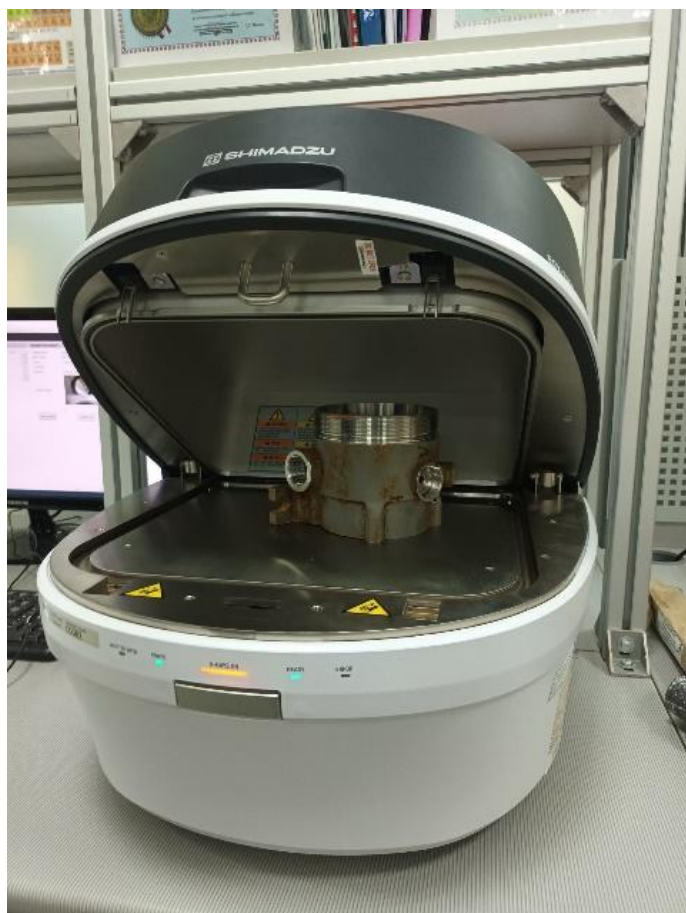


рис. 10

Анализ состава детали из стали после обработки в камере соляного тумана

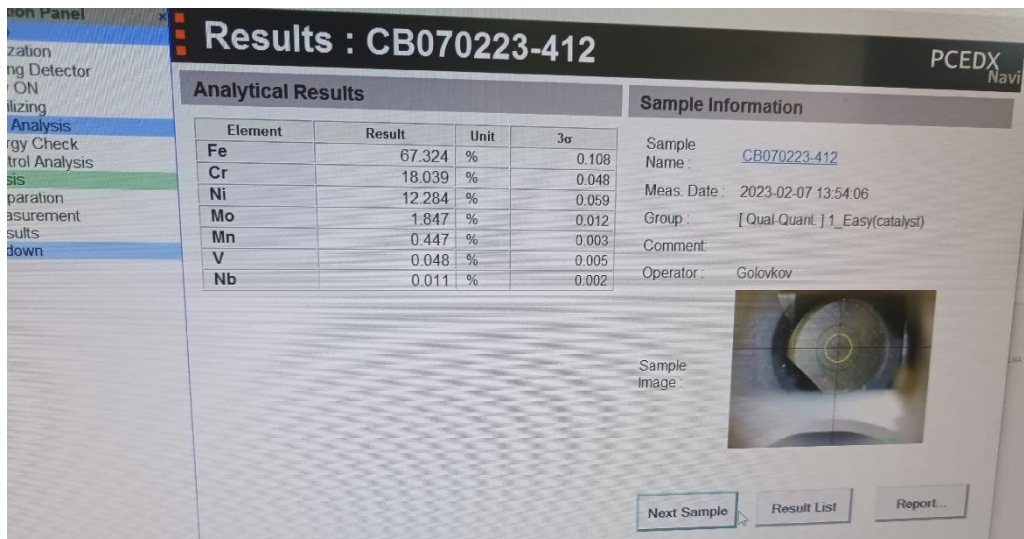


рис. 61

Результаты анализа не вступившей в коррозию части детали из стали после обработки в камере соляного тумана

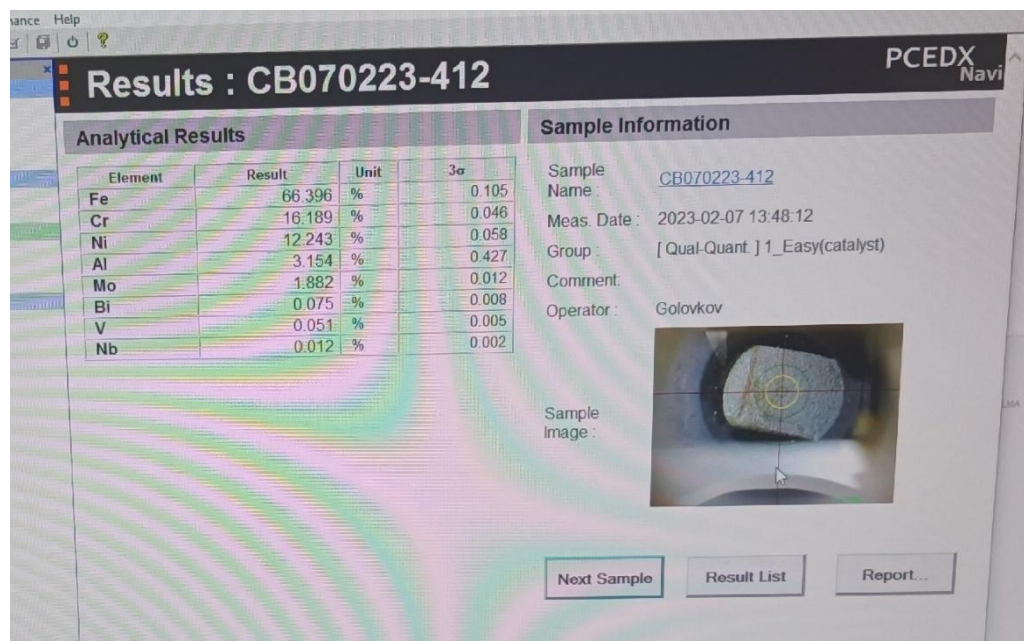


рис. 12

Результаты анализа вступившей в коррозию части детали из стали после обработки в камере соляного тумана

Таблица №1

Доля содержания металлов в детали из стали до и после воздействия соляного тумана

Элемент	Доля содержания, %		
	До воздействия соляного тумана	После воздействия соляного тумана не вступившей в коррозию части детали	
		не вступившей в коррозию части детали	вступившей в коррозию части детали
Fe (железо)	67,436	67,223	66,396
Cr (хром)	17,974	18,039	16,189
Ni (никель)	12,241	12,284	12,243
Mo (молибден)	1,850	1,847	3,154
Mn (марганец)	0,452	0,447	1,882
V (ванадий)	0,047	0,059	0,063

Таблица №2

Доля содержания металлов в детали из стали до воздействия соляного тумана

Элемент	Au	Fe	Ni	Cr
%	69,1	15,9	6,5	4,3
мкм	4,7	1,1	0,4	0,3



рис. 13

Первая деталь с гальваническим покрытием до воздействия соляного тумана



рис. 14

Вторая деталь с гальваническим покрытием до воздействия соляного тумана



рис. 15

Первая деталь с гальваническим покрытием после воздействия соляного тумана

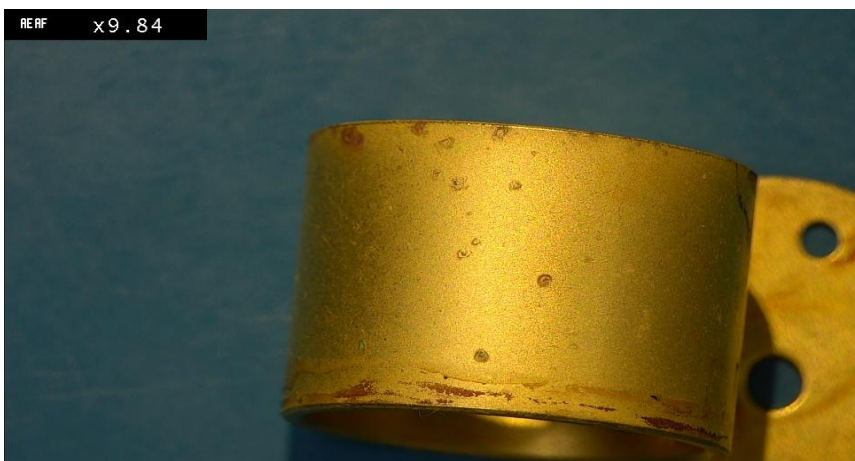


рис. 16

Первая деталь с гальваническим покрытием после воздействия соляного тумана



рис. 17

Первая деталь с гальваническим покрытием после воздействия соляного тумана