ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет»

Институт Математики, Естественных Наук Информационных Технологий

Химическое отделение

**Реферат**

**«Методы исследования коррозии металлов»**

Выполнил:

Студентка 1 курса магистратуры

*Тишаева В.В.*

Проверила:

*к. х. н., доцент Шиблева Т.Г.*

Тюмень – 2012

**СОДЕРЖАНИЕ**

Введение 3

1. Классификация методов исследования коррозии 4
2. Показатели коррозии 7
3. Методы коррозионных испытаний 11
   1. Качественные методы исследования коррозии 11
      1. Визуальный осмотр. 11
      2. Микроскопическое исследования 13
      3. Индикаторный метод 14
   2. Количественные методы исследования коррозии 16
      1. Весовой метод 16

3.2.2. Объемный метод 17

* 1. Лабораторные методы исследования коррозии 17
     1. Общие методы исследования коррозии металлов 17
     2. Специальные методы исследования коррозии металлов в электролитах 19
     3. Методы испытаний металлов на газовую коррозию 22

Заключение 24

Литература 25

**ВВЕДЕНИЕ**

Современное развитие химической промышленности, разработка новых технологических процессов, протекающих в агрессивных средах, предъявляют к конструкционным материалам высокие требования. Наиболее важными конструкционными материалами являются металлы и их сплавы. В процессе эксплуатации изделий, вследствие химического или электрохимического взаимодействия их с окружающей средой происходит коррозия.

Процессы коррозии необратимы и часто приводят к отказам различных машин и аппаратов, металлоконструкций, поэтому их необходимо обнаруживать на ранних стадиях, давать количественную оценку коррозионного повреждения, прогнозировать опасность развития в случае непринятия мер по усилению коррозионной защиты. Установление причин коррозионного разрушения позволяет правильно выбрать метод защиты.

Целью коррозионных исследований является не только определение долговечности данного металла в определенных условиях, но и раскрытие механизма коррозионного процесса, который может быть электрохимическим. химическим или смешанным. Определяется контроль коррозионного процесса: кинетический, диффузионный или смешанный в случае химической коррозии, или виды контроля электрохимических коррозионных процессов. например катодный при основной роли перенапряжения ионизации кислорода. Также устанавливаются агрессивные компоненты внешней среды. например О2, СО2. пары воды, вызывающие химическое коррозионное разрушение металла, или деполяризаторы (О2, Н+, Н2О, HSO3- и др.), способствующие электрохимической коррозии металлов. Изучается влияние внутренних (структура, состав сплава, состояние поверхности, наличие внутренних напряжений и др.) и внешних (состав коррозионной среды, скорость ее движения, температура, давление и др.) факторов на коррозионную стойкость металлов или сплавов.

1. **КЛАССИФИКАЦИЯ МЕТОДОВ ИССЛЕДОВАНИЯ КОРРОЗИИ**

Разнообразие условий внешней среды требует использования различных средств для определения коррозионной стойкости в разных случаях, как лабораторного исследования, так и практических испытаний. Каждый метод коррозионного испытания должен исходить из этого фундаментального взгляда на механизм коррозии металлов.

В наиболее общей форме практическая цель коррозионного испытания может быть выражена как определение долговечности данного металлического материала в данных условиях; результаты коррозионных испытаний должны дать возможность сделать заключение о коррозионном поведении того или иного металла или сплава в эксплуатационных условиях.

Более детально задачи коррозионных исследований н испытаний можно охарактеризовать следующим образом:

1) раскрытие механизма коррозионного процесса, который может быть химическим, электрохимическим или смешанным — химико-электрохимическим;

2) установление агрессивного компонента внешней среды (О2, СО2, пары Н2О др.), вызывающего химическое разрушение металла, или деполяризатора (О2, Н+, Н2О, HSО3 и др.), ответственного за электрохимическую коррозию металла;

3) установление влияния основных внутренних (состава, структуры, состояния поверхности сплава, наличия напряжений и др.) и внешних (состава коррозионной среды, ее движения, температуры и др.) факторов на коррозионную стойкость металла или сплава;

4) выбор наилучшего металла или сплава для применения в определенных эксплуатационных условиях; при этом необходимо учитывать не только коррозионную стойкость материала, но и его прочность, технологические свойства, стоимость и пр.

5) сравнение коррозионной активности сред по отношению к одному или нескольким металлическим материалам;

6) проверка методов зашиты металлов от коррозии: определение эффективности противокоррозионного легирования, применения замедлителей коррозии или электрохимической защиты, проверка надежности защитных покрытий и т. д.;

7) проверка качества выпускаемой продукции в отношении коррозионной стойкости, например, контроль нержавеющей хромоникелевой стали на отсутствие склонности к межкристаллитной коррозии, проверка качества защитных покрытий и т. д.

Сложность задачи исследования, сложность и разнообразие коррозионной среды и условий коррозии заставляют разрабатывать систему методов исследования и испытаний, которая позволяла бы ответить на поставленные теорией и практикой вопросы.

Можно формулировать следующие требования к методу или вернее системе методов:

1. Метод должен соответствовать поставленной цели. Наиболее простым и коротким путем метод должен дать возможность решения поставленной задачи. Если метод оказывается слишком сложным, следует дифференцировать задачу на ряд более простых и создать соответствующую систему методов.

2. Метод должен соответствовать современным представлениям о механизме коррозии, т. е. быть на современном уровне науки.

3. Метод должен предоставлять возможность строгого контроля всех факторов. Только при этом условии можно получить воспроизводимые результаты, отсюда — требование сравнительной простоты метода.

4. Метод должен воспроизводить именно тот вид коррозии, который практически важен для данного материала. Например, нержавеющие стали в практических условиях при эксплуатации во влажном воздухе и в нейтральных или слабокислых соляных растворах часто обнаруживают либо точечную коррозию, либо интеркристаллитное разрушение. Если метод испытания будет построен так, что коррозия нержавеющей стали будет носить равномерный характер, то такой метод не смажет быть практически пригодным.

5. Метод должен предоставлять возможность сравнительно простой расшифровки результатов испытания, хотя бы они были и не прямые, т. е. не представляли непосредственно количества разрушенного коррозией металла с единицы площади в единицу времени. Эта возможность появляется лишь в том случае, если метод построен на солидной научной базе, т. е. находится в соответствии с теорией коррозионных процессов.

По общему характеру исследований данные методы подразделяются на три группы:

1) **лабораторные исследования** — коррозионные исследования металлических образцов в лабораторных, искусственно создаваемых условиях;

2) **внелабораторные исследования** — коррозионные исследования металлических образцов в естественных, эксплуатационных условиях (в том числе исследования в природных условиях: в атмосфере, в море, в грунте и др.);

3) **эксплуатационные исследования** — испытания машин, аппаратов, сооружений и средств защиты в эксплуатационных условиях. Таким образом, общим для лабораторных и внелабораторных исследований является их объект — образцы, а отличаются они условиями исследований, в то время как общим для внелабораторных и эксплуатационных исследований являются их условия, а отличаются они объектом исследований.

Обычно вначале проводят лабораторные, затем внелабораторные и последними – эксплуатационные испытания. Различные виды исследований дополняют друг друга.

По продолжительности исследований методы подразделяются на две группы:

1) **длительные** — соответствующие по продолжительности эксплуатационным условиям;

2) **ускоренные** — проводимые в искусственных условиях, ускоряющих коррозионные процессы, протекающие в эксплуатационных условиях; ускорение испытаний достигается обычно путем облегчения протекания контролируемых процессов, но без изменения характера коррозионного процесса.

Ускоренные и длительные методы исследований дополняют и контролируют друг друга. Сопоставление результатов при этих исследованиях позволяет получить коэффициенты пересчета, что освобождает от необходимости проведения длительных испытаний.

1. **ПОКАЗАТЕЛИ КОРРОЗИИ**

Величину, по которой судят о скорости коррозионного разрушения металла, принято называть показателем коррозии. Показатели коррозии могут быть качественными и количественными.

**2.1** **Качественные показатели коррозии:**

1) наблюдение внешнего вида образцов с фотографированием, зарисовкой или кратким описанием и наблюдение за изменениями в коррозионном растворе;

2) микроисследования для установления характера коррозии, наличия или отсутствия межкристаллитной коррозии и т. д.;

3) применение цветных индикаторов для обнаружения анодных и катодных участков корродирующей поверхности металла.

**2.2. К** **количественным показателям** коррозии можно отнести:

*Очаговый показатель коррозии Кп* - число коррозионных участков, возникающих на единице металлической поверхности за определенный промежуток времени в данных условиях эксплуатации.

*Глубинный показатель коррозии Кгл* характеризует максимальную или среднюю глубину коррозионного разрушения металла в течение определенного времени, (мм/год).

*Массовый показатель коррозии Кт* - характеризует изменение массы (m) образца металла в результате коррозии, отнесенное к единице поверхности металла S и к единице времени τ (например, г/(м²•ч)):

Km± = m/S•τ (1.1)

Этот показатель может быть отрицательным, если масса металла за время испытания τ после удаления продуктов коррозии уменьшилась. Он может быть и положительным, если масса образца за время испытаний увеличилась.

Если известен состав продуктов коррозии металла, то можно сделать пересчет положительного показателя изменения массы в отрицательный по формуле:

Km¯=Km+nok•AMe/nMe•Aok (1.2)

где Km¯ и Km+ — соответственно отрицательный и положительный массовый показатель коррозии; AMe — атомная масса металла; Aok — атомная масса окислителя; nMe — валентность металла; nok — валентность окислителя.

В случае равномерной коррозии металла можно сделать пересчет от отрицательного показателя изменения массы (Km¯, г/(м²-ч)) к глубинному показателю Кп (мм/год):

Кгл=Km¯•8,76/ρMe (1.3)

где ρMe/см3 — плотность металла.

Объемный показатель коррозии (Кν) указывает объем поглощенного или выделившегося в процессе коррозии металла газа ΔV, при веденного к нормальным условиям, и отнесенный к единице поверхности металла и к единице времени (например, см³/(см²-ч)):

Кν=ΔV/Sτ (1.4)

*Электрические показатели коррозии:* Ki - токовый, который соответствует скорости коррозионного процесса. мА/см ; Кг - показатель изменения электросопротивления поверхности металла за определенное время, %.

Используется также *механический показатель коррозии Kмех.* Он характеризует изменение какого-либо механического свойства металла за время коррозионного процесса, выраженное в процентах. Например, прочностной показатель (Кσ):

Кσ = Δστ/Δστø (1.5)

где στ — изменение предела прочности при растяжении за время τ коррозии; στø —предел прочности при растяжении до коррозии. Показатель склонности металла к коррозии Кс - срок эксплуатации или проведения испытаний до начала коррозионного процесса, т.е. когда коррозионное поражение поверхности металла составляет 1% площади. Измеряется в часах или сутках.

Для установления равномерной коррозии металла и количественного выражения ее скорости выбор показателя коррозии не имеет принципиального значения и делается на основании применяемого метода исследования аппаратуры, необходимой точности измерений и т. п.

В случае неравномерной, местной коррозии выбор показателя коррозии имеет существенное значение. Так, точечная коррозия может быть количественно выражена только с помощью показателя склонности к коррозии. Межкристаллитная коррозия металла может быть установлена и количественно выражена с помощью глубинного показателя при микроисследовании, прочностного показателя и изменения электрического сопротивления образцов.

Данные коррозионных исследований должны сопровождаться достаточно полной характеристикой металла, коррозионной среды и условий испытания. Характеристика изучаемого металла включает сведения о его химическом составе, структуре, способе изготовления (литой, горячекатаный, холоднокатаный металл, его термообработка, характер и степень деформации), состоянии поверхности (наличие естественной окисной пленки, окалины литейной корки), происхождение (металл заводской плавки, опытной плавки, технология плавки).

Характеристика коррозионной среды содержит данные о составе, концентрации pH раствора, квалификацию применяемых реактивов, а также условия исследования, данные о температуре, газовой атмосфере, скорости перемешивания раствора и др.

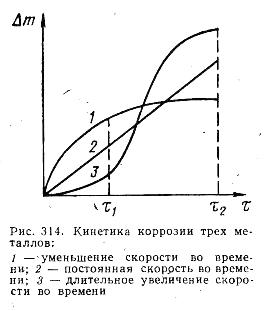
Для качественной и количественной оценки коррозионной стойкости металлов и средств защиты в определенных условиях предназначен ряд шкал коррозионной стойкости. Наиболее распространенной и рекомендуемой является десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов (табл. 1).

*Таблица 1. Десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов (ГОСТ 13819-68)*

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Гуппа стойкости | Скорость коррозии, мм/год | Балл |
| Совершенно стойкие | Менее 0,001 | 1 |
| Весьма стойкие | Свыше 0,001 до 0,005 | 2 |
|  | Свыше 0,005 до0,01 | 3 |
| Стойкие | Свыше 0,01 до 0,05 | 4 |
|  | Свыше 0,05 до0,1 | 5 |
| Пониженно стойкие | Свыше 0,1 до 0,5 | 6 |
|  | Свыше 0,5 до 1,0 | 7 |
| Малостойкие | Свыше 1,0 до 5,0 | 8 |
|  | Свыше 5,0 до 10,0 | 9 |
| Нестойкие | Свыше 10 | 10 |

Глубинный показатель коррозии, которым выражается в десятибалльной шкале скорость коррозии металлов, измеряется непосредственно или в случае равномерной коррозии, получается пересчетом показателя убыли массы.

Сравнивать различные металлы по значению скорости коррозии в данной среде можно лишь в том случае, если кривые кинетики коррозии, т. е. кривые коррозии — время или скорость коррозии — время, имеют близкий характер.

 Рис. 1. Кинетика коррозии трех металлов:

I — уменьшение скорости во времени; 2 — постоянная скорость во времени; 3 — длительное увеличение скорости во времени

При сравнении средних скоростей коррозии трех металлов с различным характером кинетических кривых (рис. 314) при длительности испытаний t1 наиболее стойким является металл 3, а наименее стойким металл 1, а при большей длительности испытаний наоборот, наиболее стойким окажется металл 1, а наименее стойким металл 3. Поэтому для надежного суждения о коррозионной стойкости металла желательно иметь не отдельные значения скорости коррозии, а кривую кинетики процесса, т. е. кривую коррозия — время.

1. **МЕТОДЫ КОРРОЗИОННЫХ ИСПЫТАНИЙ**

Оценка глубины коррозионного разрушения производится качественными и количественными методами.

* 1. **Качественные методы исследования коррозии**
     1. **Визуальный осмотр.**

Определение коррозии по именению внешнего вида образца (или какого-либо другого объекта исследования) является самым простым, и вместе с тем самым грубым методом. Однако при правильно поставленных наблюдениях и этот метод может дать ценные качественные и грубо количественные данные.

При любых испытаниях необходимо тщательно зарегистрировать состояние образца до опыта. Всевозможные изъяны поверхности, например царапины, рванины, плены, включения и т. п., тоже должны быть отмечены в протоколе опыта. Наблюдения производятся через промежутки времени, продолжительность которых зависит от скорости процесса коррозии. Они должны быть выбраны с таким расчетом, чтобы:

а) зарегистрировать начало появления видимых продуктов коррозии,

б) изменения между двумя наблюдениями были достаточно резкими. Если образец для наблюдения приходится извлекать из жидкости (испытания в естественных условиях, например, в море), то промежутки необходимо выбирать длиннее, так как каждое такое наблюдение будет сопряжено с нарушением естественного хода процесса коррозии. Лучше сначала производить более частые наблюдения, а затем удлинять промежутки между ними.

Результатом наблюдения должны явиться:

1. Регистрация изменений внешнего зида поверхности металла, например: потемнение, покрытие пятнами (такого-то цвета, оттенка), остался блестящим, стал матовым и т. д.

2. Регистрация появления продуктов коррозии, их характер и распределение. Прежде всего отмечается цвет продуктов коррозии, например: белый, коричневый, затем характер, например: хлопья, налет, пленка и т. д.; кроме того, если возможно, отмечают плотность и прочность приставания продуктов к поверхности металла: легко отделяется, не отделяется от металла при легком нажиме и т. н.

Визуальное наблюдение внешнего вида образцов применимо во всех случаях коррозионных испытаний и исследований и является ценным вспомогательным средством оценки и выражения коррозии.

**Визуальное наблюдение за изменениями в растворе.** Этот способ качественной оценки применим, естественно, только в лабораторных условиях, т. е. при ограниченном количестве электролита. Если металл переходит в раствор целиком или частью в виде цветного иона, то изменение окраски раствора может служить грубой качественной мерой коррозии.

Так, например, в случае коррозии меди в различных электролитах посинение раствора указывает на переход меди в раствор в виде Са+-иона. Если в результате коррозии образуются нерастворимые продукты коррозии, которые плохо удерживаются на поверхности образца и в большей своей части оседают на дно сосуда в виде хлопьевидного осадка, тогда количество осадка служит грубой мерой коррозионного процесса. При испытании железа, меди, алюминиевых сплавов в спокойном нейтральной электролите (например, в морской воде) «горка» осевших продуктов коррозии грубо характеризует степень коррозии.

* + 1. **Микроскопическое исследования**

Дальнейшим развитием визуального метода исследования коррозии металлов является микроскопическое исследование. Так же как и в предыдущих случаях, микроскопическое исследование можно проводить после и во время проведения коррозионных испытаний. Микроскопическое исследование позволяет прежде всего подробно изучать избирательный и локальный характер коррозии; межкристаллигную коррозию, межкристаллитное и внутрикристаллитное коррозионное растрескивание и коррозионную усталость, структурную и экстрагивную коррозию. Микроскопическое наблюдение коррозионных процессов во времени позволяет получить ценные данные о начале и характере развития коррозионных разрушений. Для наблюдения коррозионного процесса под микроскопом поверхность образца — в виде шлифа или подготовленную другим способом — помещают в ванночку так, чтобы рабочая поверхность была повернута к объективу микроскопа. После чего ее наводят на фокус, наливают заранее отмеренное количество коррозионной среды и начинают наблюдение.

* + 1. **Индикаторный метод**

Метод основан на том, что с помощью определ1нных реактивов можно выяснить расположение анодных и катодных участков на поверхности коррозирующего металла по образованию окрашенных соединений при взаимодействии этих реактивов с продуктами коррозии. Этот метод может быть использован при явно гетерогенной коррозии, т.е. при четком разграничении анодных и катодных участков, что может иметь место, например, при грубой неоднородности металла, при наличии неравномерной деформации, при контакте металла с другими металлами и неметаллами.

Коррозию железных сплавов в нейтральных водных растворах можно наблюдать при введении в электролит красной кровяной соли K3Fe(CN)6 и фенолфталеина. Если на железном изделии или образце в силу каких-то причин протекает неравномерная коррозия, то катодные и анодные участки будут разделены, и в этих местах появится различное окрашивание. Так, например, если согнуть железную или стальную пластинку н опустить ее в воду, то анодный процесс сосредоточится по месту изгиба, вокруг которого вода начнет обогащаться ионами двухвалентного железа. После добавления в воду красной кровяной соли раствор вблизи места изгиба и металл окрашиваются в синий цвет, что и указывает на присутствие ионов двухвалентного железа:

3Fe + 2Fe(CN)6→ Fe3[Fe(CN)6]2 .

При неравномерной концентрации кислорода в водном растворе также создаются анодные или катодные участки, что приводит к неравномерному разрушению металла и может быть обнаружено также с помощью цветных индикаторов. В качестве примера можно привести коррозию стальной пластинки под каплей, где вследствие неодинаковой толщины по сечению капли создается неравномерная растворимость и соответственно неравномерная концентрация кислорода на различных участках.

На краях капли, где наблюдается повышенная концентрация кислорода, развивается преимущественно катодная реакция:

1/2O2 + H2O + 2e →2ОH-

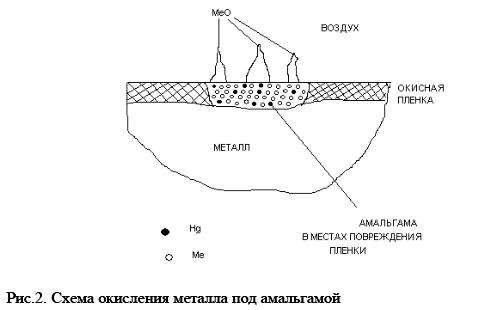
В середине капли развивается анодная реакция:

Fe-2е → Fe2

Это наглядно проявляется, если в каплю (через 20—30 мин. после ее нанесения на пластинку) осторожно ввести пипеткой маленькую капельку фенолфталеина. При этом ободок капли воды сразу же окрасится в малиновый цвет, что указывает на повышенную концентрацию ионов ОН-. Если добавить еще красной кровяной соли. то середина капли окрасится в синий цвет, что указывает на присутствие ионов Fe2. Описанный метод применяется также при проверке сплошности искусственных покрытий пассивирующих пленок, полученных тем или иным способом. Для этого поверхность изделия смачивают раствором, содержащим цветной индикатор или покрывают смоченной в этом растворе фильтровальной бумагой и наблюдают за появлением окрашенных точек. Для железных сплавов в состав раствора всегда вводят красную кровяную соль с небольшими добавками соляной кислоты или хлористого натрия (С1-). Если покрытие имеет поры, то через 3-5 минут появляются синие точки. Для проверки сплошности пассивирующей пленки на алюминии в состав раствора вводят бихромат калия (K2Cr2O7) с соляной кислотой. Если пленка пористая, то через 2-4 минуты цвет раствора меняется от желтого до зеленого. Это указывает на протекание реакции окисления алюминия и восстановления хрома до трехвалентного иона:

2А1 + Сr2O72- + 14Н → 2А13+ + 2Сr3++ 7Н2O

Сплошность толстой оксидной пленки на таких металлах, как магний и алюминий, можно проверить с помощью солей ртути или самой ртути. В тех местах, где пленка повреждена или пориста, начинается бурное окисление металла в воздухе с образованием поросли окислов. Окисление металла сосредоточивается в тех местах, где ртуть контактирует с металлом, и на поверхности образуется амальгама. Атомы металла. растворяясь в амальгаме оказываются незащищенными от внешней среды и легко вступают во взаимодействие с ней. На место ушедших из раствора поступают новые атомы из кристаллической решетки металла. Таким образом, окисление продолжается до тех пор, пока ртуть не исчезает в результате растворения в металле или испарения. Схема окисления металла под амальгамой показана на рис. 2.



Коррозия металлов под амальгамой носит неравномерный точечный характер. При испытании металлов на интеркристаллитную коррозию наиболее простым методом является определение звука при ударе; металл, подверженный интеркристаллитной коррозии, теряет при этом характерный для него металлический звук. Это можно наблюдать на латуни при действия на нее растворов ртутных солей. Латунная пластинка, выдержанная в таком растворе в течение 20-30 минут при ударе теряет металлический звук, становится хрупкой, при изгибе ломается или дает трещины. Чувствительность к интеркристаллитной коррозии нержавеющих сталей определяется кипячением в стандартном растворе следующего состава: 111г CuSO4 • 5Н2О + 55мл H2SO4 (удельный вес - 1,84) на 1л воды.

* 1. **Количественные методы исследования коррозии**
     1. **Весовой метод**

Данный метод основан на определении измерения массы образцов после воздействия агрессивной среды. При этом определяют прибыль или убыль массы образца. В первом случае после действия агрессивной среды взвешивают образцы, собрав все продукты коррозии, во втором необходимо все продукты коррозии удалить.

**3.2.2. Объемный метод**

Объемный метод изучения скорости коррозии основан на определении количества выделившегося при реакции водорода ( при коррозии в кислой среде с водной деполяризацией) или поглощенного кислорода (при коррозии в нейтральных средах с кислородной деполяризацией). Объемный метод в 10 - 100 раз более точен, чем весовой, и позволяет определить зависимость скорости коррозии от времени, не удаляя продукты коррозии и не прерывая испытания.

Сущность объемного метода заключается в определении количества газа, выделяющегося или поглощающегося в процессе электрохимической коррозии.

* 1. **Лабораторные методы исследования коррозии**
     1. **Общие методы исследования коррозии металлов**

**в электролитах**

Среди лабораторных. коррозиoнных испытаний наиболее важными являются так называемые ускоренные коррозиoнные испытания, в которых создаются условия, вызывающие быстрое коррозионное разрушение вследствие увеличения агрессивности среды. Основные среды для лабораторных коррозиoнных испытаний – электролиты, влажная атмосфера, содержащая или не содержащая коррозионноактивные вещества (NaCl, SO2, CO2 и т.п.), без конденсации или с периодической конденсацией влаги; газовые среды с повышенной температурой; почвы, нефтепродукты, расплавленные соли, жидкие металлы.

Наиболее простым и доступным методом определения коррозионной стойкости металлов в электролитах является **испытание в открытом сосуде**, которое позволяет исследовать большинство показателей коррозии. Образцы (обычно три в каждом опыте) подвешивают на стеклянном крючке или капроновой нити и испытывают при полном, частичном или переменном погружении в неподвижный раствор, через который можно пропускать воздух, кислород, азот или другой газ. Более совершенно проведение испытания в оборудованном термостате.

Если испытания проводятся **при повышенных температурах**, вместо открытых стаканов применяют колбы, снабженные обратными холодильниками. Образцы при этом подвешивают на стеклянных или фторопластовых подвесках, крепят в стеклянных подставках, помещают на дно колбы, переложив их стеклянной ватой.

Простой метод коррозионных испытаний металлов в электролитах, например, в кислотах, **при высоких температурах и давлениях** состоит в выдержке исследуемого образца металла, помещенного в запаянную ампулу из термостойкого стекла с налитым в нее электролитом, при заданной температуре в термостатированном шкафу. Для предупреждения разрыва запаянных ампул вследствие образования в них паров электролиза и накопления газообразных продуктов коррозии ампулы помещают в контейнеры, изготовленные из нержавеющей стали, у которых для создания противодавления пространство между стенкой и ампулой заполняют водой.

Более совершенным методом коррозионных испытаний в электролитах при высоких температурах и давлениях является проведение их в специальных автоклавах.

Прибор для массовых сравнительных коррозионных испытаний металлов **при полном погружении в электролит**, в котором предусмотрены постоянное перемешивание раствора и термоконтроль, носит название шпиндельного аппарата.

Для подобного рода коррозионных испытаний металлов при переменном погружении в электролит применяют различные аппараты, которые представляют собой застекленные термостатированные камеры с автоматически поднимающейся и опускающейся штангой с подвешенными к ней испытуемыми образцами.

Для простейших лабораторных испытаний металлов **на атмосферную коррозию** исследуемые образцы одного или нескольких металлов помещают в закрытый эксикатор, на дно которого налита вода. Для более интенсивного осаживания влаги образцы одни или два раза в сутки охлаждают в термосе, после чего их переносят в эксикатор для коррозионных испытаний, имеющий комнатную температуру.

Массовые сравнительные коррозионные испытания металлов во влажной атмосфере проводят **во влажной камере** — термостатированном застекленном обычным или органическим стеклом шкафу, в котором периодически распыляется по заданному режиму коррозионный раствор (водопроводная, морская, рудничная вода, раствор, имитирующий промышленную атмосферу). Камеры бывают с неподвижно расположенными и передвигающимися испытуемыми образцами. Недостаток камеры с неподвижными образцами — зависимость скорости коррозии от места расположения образцов в камере. В камерах с передвигающимися образцами этот недостаток устранен, так как все образцы проходят одни и те же участки камеры. В камере этого типа рекомендуется помещать образцы на вращающееся вертикально колесо, к прорезям текстолитовых кругов которого образцы привязывают капроновыми нитями.

* + 1. **Специальные методы исследования коррозии металлов в электролитах**

Для исследования влияния механических напряжений на коррозию металлов применяют различные *методы испытания образцов металлов в напряженном состоянии.*

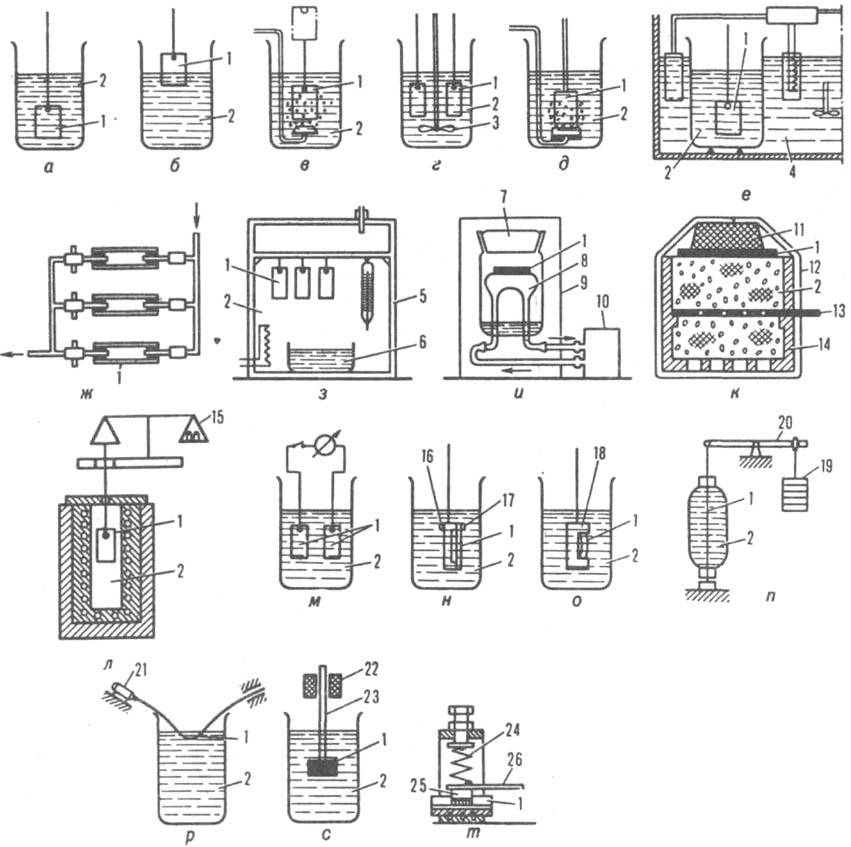
**Изгибающие напряжения** в сравнительных испытаниях легко создать в пластинчатых образцах с помощью скоб, изготовляемых из эбонита. Поместив напряженные таким образом образцы в коррозионную среду, отмечают появление на них коррозионных трещин и время их разрушения. Испытания обычно сопровождаются микроскопическим исследованием образцов.

Влияние статических напряжений устанавливают наблюдением характера и скорости коррозии металлических образцов в электролитах без нагрузки и при постоянных растягивающих напряжениях, создаваемых в специальных установках. Скорость коррозии определяют по потерям массы образцов (для равномерной коррозии) или по потере механической прочности (для неравномерной коррозии) за время опыта.

Испытания **на коррозионную усталость** металлов проводят на обычных машинах для определения предела усталости, к которым приспособлены устройства для осуществления подвода коррозионной среды или на специально предназначенных для испытаний металлов на коррозионную усталость машинах. В испытаниях определяют число циклов N до разрушения образца при заданных напряжениях 0 и строят кривую зависимости числа циклов от напряжения.

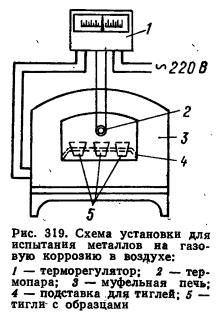
Для изучения коррозии металлов и сплавов при трении и кавитации применяют ряд специальных установок. Многие сплавы подвергают испытаниям на межкристаллитную коррозию. Особенно часто определяют склонность к межкристаллитной коррозии коррозионностойких (нержавеющих) сталей аустенитного, аустенито-мартенситного - и аустенито-ферритного классов.

Схематическое. изображение методов лабораторных коррозионных испытаний: при полном погружении образца в электролит (а), частичном погружении (б), периодич. погружении (в), с размешиванием (г), с аэрацией (д), при термостатировании (е), в движущемся электролите (ж), во влажной атмосфере (з). во влажной атмосфере с периодич. конденсацией (и), в почве (к), в газовой среде с повыш. температурой (л), на контактную коррозию (м), на щелевую коррозию (н), на коррозию под напряжением с постоянной деформацией и постоянной нагрузкой (о и п соотв.), на коррозионную усталость (р). на кавитацию (с), на коррозию при трении или фреттинг-коррозию (т)



1 образец; 2 - коррозионная среда; 3 - мешалка. 4 - термосгатирующая жидкость. 5 - камера; 6 - сосуд с водой. 7 - крышка; 8 - полая подставка с циркулирующей охлаждающей водой. 9 - термостат; 10 - термостат для подвода охлаждающей воды: 11 и 12 - резиновые пробка и лента: 13 - перфорир. катод; 14 - плексигласовый цилиндр с отверстиями в дне: 15 - весы: 16 - плексигласовая накладка для создания щели: 17 - винт; 18 - скоба из изолирующего материала; 19 - груз: 20 - рычаг; 21 - двигатель; 22 - магнитострикционный вибратор с сердечником 23; 24 - пружина; 25 - неподвижный образец; 26 - шатун к кривошипу.

* + 1. **Методы испытаний металлов на газовую коррозию**

Наиболее простой метод испытания металлов на газовую коррозию в воздухе состоит в помещении образцов на определенное время в электрическую муфельную печь при заданной температуре. Образцы окисляются, а затем по увеличению массы или по ее убыли после удаления продуктов коррозии (окалины) определяют среднюю скорость газовой коррозии за время окисления.

Образцы помещают в открытые фарфоровые или кварцевые тигли, которые находятся в гнездах подставки из жаростойкой стали или нихрома, что позволяет одновременно устанавливать все тигли в печь и извлекать их оттуда. Перед извлечением тиглей из печи их закрывают крышками, чтобы избежать потери части окалины, кусочки которой при остывании образцов часто от них отскакивают.

Жаростойкость металлов, т. е. их сопротивляемость газовой коррозии при высокой температуре, определяют по изменению массы стандартных образцов или непосредственным измерением глубины коррозии после их выдержки в печи с соответствующей газовой средой при температуре испытания, которую устанавливают в зависимости от условий эксплуатации исследуемого материала. При более детальном исследовании жаростойкости стали необходимо проводить испытания не менее, чем при трех температурах: рабочей, ниже и выше рабочей на 50 градусов.

Общая продолжительность испытаний устанавливается стандартом в зависимости от срока службы материала с периодическим отбором образцов через интервалы 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000, 2000, 5000 и 10000 часов не менее пяти раз.

При образовании плотной, хорошо пристающей поверхности металла и сохраняющейся на ней при охлаждении пленки продуктов коррозии жаростойкость оценивают по увеличению массы продуктов коррозии, т. е. по уменьшению массы образцов после полного удаления с их поверхности окалины. Окалину с углеродистых и низколегированных сталей рекомендуется снимать электрохимическим методом — катодной обработкой 10%-ной H2SО4 с присадкой 1 г/л ингибитора (уротропина, уникода, катапина и др.) при плотности тока 10-15 А/дм со свинцовым анодом и при комнатной температуре. Для тех же и высоколегированных сталей рекомендуется удалять окалину электрохимическим методом в расплавленной смеси кальцинированной соды (40-60%) и едкого натра (60-40%) в течение 1-5 минут при 450-500 °С и катодной плотности тока 25-50 А/дм.

**ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

С развитием науки о коррозии и защите металлов методы предохранения металлических конструкций и сооружений от коррозии все более и более совершенствуются. Появляются новые, неизвестные ранее способы защиты, которые дают возможность успешно эксплуатировать металлы и сплавы во все усложняющихся условиях современной техники. Несомненно, успехи в открытии и усовершенствовании средств антикоррозионной защиты возможны только при одновременном углубленном развитии научной основы коррозионных явлений и установлении функциональной количественной зависимости кинетики коррозионных процессов от различных факторов как со стороны металла, так и со стороны коррозионной среды. В настоящее время интенсивно усовершенствуется технология антикоррозионной защиты и бурно развиваются научные методы исследования коррозионных процессов в самых разнообразных условиях.

**ЛИТЕРАТУРА**

1. Мальцева Г. Н. Под редакцией д. т. н.. профессора С. Н. Виноградова.

Коррозия и зашита оборудования от коррозии: Учеб. пособие. - Пенза: Изд-во Пенз. гос. ун-та. 2000. - е.: 55 ил.. 20 табл.. библиогр. 11 назв.

1. Жук Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов. - М.: Металлургия. 1976. - 404 с.
2. Апраксина JIM., Сигаев В.Я. Коррозия металлов и методы оценки их

химической стойкости: учебно-методическое пособие. 2008. -45 с.

1. Акимов Г.В. Теория и методы исследования коррозии металлов - Москва-Ленинград, АН СССР, 1945. - 414 с.