

Министерство образования Республики Беларусь

Учреждение образования
«Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой»



Н. Н. Попок
В. С. Анисимов

ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ МАТЕРИАЛОВ

Методические указания
к учебно-исследовательской лабораторной работе
для студентов специальности 1-36 07 02
«Производство изделий на основе трехмерных технологий»

Текстовое электронное издание

Новополоцк
Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой
2024

Об издании – 1, 2

1 – дополнительный титульный экран – сведения об издании

УДК 621.1(075.8)

Одобрено и рекомендовано к изданию
советом механико-технологического факультета
в качестве методических указаний (протокол № 3 от 25.09.2024 г.)

Кафедра технологии и оборудования машиностроительного производства

© Попок Н. Н., Анисимов В. С., 2024
© Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой, 2024

2 – дополнительный титульный экран – производственно-технические сведения

Для создания текстового электронного издания «Исследование коррозионной стойкости материалов» использованы текстовый процессор Microsoft Word и программа Adobe Acrobat XI Pro для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF.

Технические требования:

1 оптический диск.

Системные требования:

PC с процессором не ниже Core 2 Duo;

2 Gb RAM; свободное место на HDD 2 Mb;

Windows XP/7/8/8.1/10

привод CD-ROM/DVD-ROM;

мышь

Редактор *Т. А. Дарьянова*

Подписано к использованию 15.10.2024.

Объем издания 625 Кб. Заказ 348.

Издатель и полиграфическое исполнение:
учреждение образования «Полоцкий государственный университет
имени Евфросинии Полоцкой».

Свидетельство о государственной регистрации
издателя, изготовителя, распространителя печатных изданий
№ 1/305 от 22.04.2014, перерегистрация от 24.08.2022.

ЛП № 02330/278 от 27.05.2004.

211440, ул. Блохина, 29,
г. Новополоцк,
Тел. 8 (0214) 59-95-41, 59-95-44
<http://www.psu.by>

СОДЕРЖАНИЕ

| | | |
|---|---|----|
| 1 | Краткие теоретические сведения о коррозии материалов деталей машин и методах их определения | 5 |
| 2 | Порядок выполнения работы | 10 |
| 3 | Содержание отчета | 13 |
| | Литература | 14 |

Цель работы: исследовать влияние растворов кислот на скорость коррозии материалов.

1 Краткие теоретические сведения о коррозии материалов деталей машин и методах их определения

Согласно международному стандарту ISO 8044 коррозионное испытание – это испытание для оценки коррозионного поведения металла, загрязнения среды продуктами коррозии, эффективности защиты от коррозии или коррозивности среды.

Целью коррозионных испытаний является определение долговечности данного конструкционного материала в условиях эксплуатации. При коррозионных исследованиях решаются следующие задачи:

- раскрытие механизма коррозионного процесса, который может быть химическим, электрохимическим или смешанным химически-электрохимическим;
- установление наиболее агрессивного компонента внешней среды (ионы хлора, фтора, кислоты серная, соляная или их кислотные остатки, O_2 , CO_2 , пары H_2O и др.);
- определение контроля коррозионного процесса (кинетического, диффузионного или смешанного в случае химической коррозии) или одного из основных практических случаев контроля электрохимических коррозионных процессов (катодного при основной роли перенапряжения при разряде деполяризатора или его диффузии, анодного или омического и т.д.);
- установление влияния основных внутренних (материала, структуры, состояния поверхности и др.) и внешних (состава коррозионной среды, температуры, давления скорости движения среды и т.д.) факторов на коррозионную стойкость металла или сплава;
- выбор наилучшего конструкционного материала для применения в определенных условиях с учетом требуемых эксплуатационных свойств (технологических, коррозионных характеристик, стоимости);
- сравнение коррозионной агрессивности среды по отношению к одному или нескольким металлическим материалам;
- проверка методов защиты от коррозии, (определение эффективности противокоррозионного легирования, применения ингибиторов коррозии или электрохимической защиты, проверка надежности защитных покрытий и т.д.);

- проверка качества выпускаемой продукции в отношении коррозионной стойкости (контроль нержавеющей стали на отсутствие склонности к межкристаллитной коррозии, проверка сварных соединений на контактную коррозию, проверка качества защитных покрытий и т.д.).

При коррозионных испытаниях металлов и покрытий решаются следующие задачи (по ISO):

- изучение модельных систем для нахождения общих закономерностей, характеризующих коррозионные свойства металлов и покрытий;
- испытание новых марок металлов и видов покрытий параллельно с испытаниями лучших серийных материалов;
- структурные испытания металлов и покрытий для контроля их качества на производстве или в лаборатории;
- испытания в различных условиях эксплуатации для накопления экспериментальных данных с целью создать методы прогнозирования коррозионного поведения металлов, долговечности покрытий.

К качественным показателям коррозии относятся:

- визуальные наблюдения с описанием, фотографированием и наблюдениями за изменением внешнего вида;
- микроисследование для установления характера коррозии, наличия питтинговой, межкристаллитной или иных видов коррозии;
- применение различных индикаторов, в т.ч. цветных, для определения катодных и анодных зон корродирующей поверхности.

К количественным показателям относятся:

- показатель склонности к коррозии;
- глубинный (с помощью снятия профилограмм);
- изменения массы (гравиметрический);
- объемный (по выделению водорода или поглощению кислорода);
- очаговый (по расчету количества язв, питтингов);
- токовый показатель (по плотности коррозионного тока);
- механический (по изменению механических характеристик металла);
- по изменению электросопротивления в процессе коррозии;
- оптический (отражательный) показатель – выраженное в процентах изменение отражательной способности поверхности металла за определенное время коррозионного процесса.

Для изучения равномерной коррозии металлов и количественного выражения ее скорости выбор показателя скорости коррозии не имеет принципиального значения и делается на основании применяемого метода исследования, имеющейся измерительной аппаратуры, необходимой точности измерений и т.д.

В случае неравномерной местной коррозии металла выбор показателя коррозии имеет существенное значение. Точечная коррозия (питтинговая) может быть выражена количественно только с помощью показателя склонности к коррозии, очагового и глубинного. Наличие межкристаллитной коррозии металла может быть установлено и количественно выражено с помощью глубинного, прочностного показателя и изменения электросопротивления в сочетании со структурными микроисследованиями.

Скорость коррозии металла, выраженная с помощью одного из количественных показателей, является средней скоростью коррозии за время t .

Данные коррозионных исследований должны сопровождаться достаточно полной характеристикой металла, коррозионной среды, условий испытаний, временем исследований.

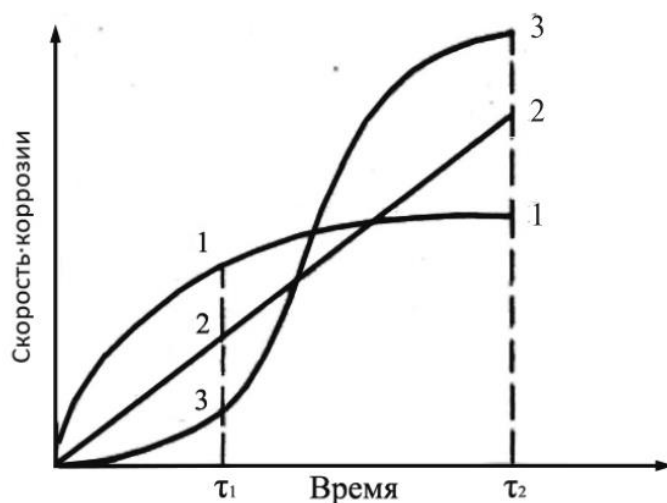
Характеристика изучаемого металла включает в себя сведения о его химическом составе (основных составляющих и примесях), структуре (характере структуры, величине зерна и его структурных составляющих, характере и количестве неметаллических включений), способе изготовления, термообработке, характере и степени деформации, методе обработки и степени чистоты поверхности, происхождении (технологии плавки).

Характеристика коррозионной среды должна содержать данные о составе, концентрации и pH раствора, а также о квалификации применяемых реактивов, условиях исследования, данных о температуре, газовой атмосфере, скорости перемешивания раствора и др.

Время испытаний имеет очень большое значение, т.к. в определенные моменты времени скорость коррозии может быть различной: чем дольше идет эксперимент, тем более усредненное значение скорости коррозии мы получаем при исследованиях.

Сравнивать различные металлы по значению скорости коррозии в данной среде можно лишь в том случае, если кривые кинетики коррозии, т.е. кривые «коррозия (изменение массы с единицы площади поверхности) – время» или «скорость коррозии – время» имеют близкий характер. При сравнении средних скоростей коррозии трех металлов с различным характером

кинетических кривых (рисунок) при длительности испытаний t_1 наиболее стойким является металл 3, наименее стойким – металл 1, а при большей длительности испытаний наоборот – наиболее стойким окажется металл 1, 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». В связи с этим особенно полезны методы, позволяющие получить эту кривую от одного образца: метод периодического, или непрерывного, взвешивания образца корродирующего металла, объемные методы и др.



1 – затухание коррозии во времени; 2 – постоянная скорость коррозии во времени;
3 – увеличение скорости коррозии во времени

Рисунок. – Кинетика коррозии трех металлов

Коррозионные исследования рекомендуется проводить одновременно, поскольку в ряде случаев трудно точно воспроизвести все условия таких исследований и провести их как сравнительные: коррозионную стойкость новых сплавов сравнивать со стойкостью наиболее распространенных и хорошо изученных сплавов; эффективность противокоррозионного легирования определять путем сравнения с коррозионной стойкостью нелегированного металла; защитный эффект замедлителей коррозии оценивать по скорости коррозии металла в электролите с добавкой замедлителя и без нее; влияние напряжений и деформаций на коррозионный процесс оценивать относительно коррозии металла в их отсутствии и т.д.

Поверхность образцов металлов перед их исследованием обычно подвергают предварительной подготовке (зачистке, обезжириванию и т.п.).

Особое внимание при сравнительных коррозионных испытаниях обращают на стандартность, одинаковость предварительной подготовки поверхности всех исследуемых металлических образцов.

Для качественной и количественной оценки коррозионной стойкости металлов и средств защиты в определенных условиях шкал коррозионной стойкости наиболее распространенной и рекомендуемой ГОСТ 13819–84 является десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов (таблица 1).

При грубой оценке коррозионной стойкости металлов надлежит руководствоваться группами стойкости, а при более точной оценке – баллами.

Глубинный показатель коррозии, с помощью которого по десятибалльной шкале выражается скорость коррозии металлов, измеряется непосредственно при помощи профилометра или в случае равномерной коррозии получается в результате пересчета из других показателей коррозии.

Таблица 1. – Десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов (по ГОСТ 13819–84)

| Группа стойкости | Скорость коррозии, мм/год | Балл |
|--------------------|---------------------------|------|
| Совершенно стойкие | Менее 0,001 | 1 |
| Весьма стойкие | Свыше 0,001 до 0,005 | 2 |
| | Свыше 0,005 до 0,01 | 3 |
| Стойкие | Свыше 0,01 до 0,05 | 4 |
| | Свыше 0,05 до 0,1 | 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 10,0 | 10 |

Десятибалльная шкала коррозионной стойкости металлов не является универсальной, т.к. многие отрасли техники (котло-, приборостроение, химическая промышленность) имеют свои допуски на коррозию, которыми и следует руководствоваться в соответствующих случаях. Допуски, в свою очередь, в значительной степени зависят от характера оборудования. Так, в химической промышленности для часто сменяемых металлических деталей (барботеры, сифоны и др.) допустимое значение скорости коррозии составляет 6 мм/год, в то время как для металлических воздухопроводов эта скорость не должна превышать 0,05 мм/год.

При проведении коррозионных исследований необходимо использовать физическое и математическое моделирование.

Физическое моделирование коррозии сводится к воспроизведению процесса коррозии в эксплуатационных или искусственно созданных условиях. Причем чем ближе эти условия к эксплуатационным, тем точнее полученные результаты. Недостатком такого метода моделирования часто является отсутствие надежных методик переноса результатов с физической модели процесса на реальную конструкцию.

Математическое моделирование предусматривает построение математической модели процесса коррозии.

В рассматриваемом случае математическая модель – совокупность соотношений, связывающих характеристики коррозионного процесса с различными внешними и внутренними факторами, влияющими на развитие коррозии.

Для повышения точности эксперимента необходимо проводить параллельно несколько опытов, количество которых должно быть не менее трех, а в ряде случаев и значительно больше. Огромное значение имеет вид образцов для исследований. Форма и размеры часто определяются целями и задачами испытаний, всегда оговариваются в ГОСТах и при стандартных испытаниях. Вид образцов также зависит от цели исследований.

2 Порядок выполнения работы

В ходе лабораторной работы исследуемые образцы (черные металлы, цветные металлы, пластмассы и т.д.), имеющие различные формы, предварительно взвешиваются на весах.

Далее исследуемые образцы погружаются в раствор коррозионной (кислотной) среды на время опыта τ .

После истечения времени эксперимента исследуемые образцы извлекают из раствора, промывают под струей водопроводной воды, высушивают и повторно взвешивают. Данные эксперимента заносят в таблицу 1.

Далее необходимо рассчитать и записать в таблицу следующие значения:

1. Массовый показатель коррозии

$$K_m = \frac{\Delta m}{S \cdot \tau},$$

где Δm – убыль массы, г;
 S – площадь образца, м²;
 τ – время испытания, ч.

2. Глубинный показатель коррозии

$$\Pi = \frac{8,76K_m}{\rho},$$

где ρ – плотность материала, г/см³.

Таблица 2. – Результаты испытания образцов на коррозионную стойкость

| № образца | Материал образца | Плотность материала, г/см ³ | Вес образца до испытаний, г | Вес образца после испытаний, г | Убыль массы, г | Время испытания, ч | Площадь образца, м ² | Массовый показатель коррозии, г/м ² ·ч. | Глубинный показатель коррозии, мм/год | Балл коррозионной стойкости |
|-----------|------------------|--|-----------------------------|--------------------------------|----------------|--------------------|---------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------------|
| 1 | | | | | | | | | | |
| 2 | | | | | | | | | | |
| 3 | | | | | | | | | | |

3 Содержание отчета

1. Название работы.
2. Цель работы.
3. Основные понятия о коррозии материалов деталей машин.
4. Результаты определения экспериментальным путем коррозионной стойкости образцов, массового и глубинного показателей коррозии (таблица 2).
5. Выводы о влиянии коррозионной (кислотной) среды на скорость коррозии материалов в зависимости от их химического состава.

Литература

1. Семенова, И. В. Коррозия и защита от коррозии / И. В. Семенова, А. В. Хорошилов, Г. М. Флорианович. – М. : Физматлит, 2006. – 376 с.
2. Жук, Н. П. Курс теории коррозии и защиты металлов / Н. П. Жук. – М. : Metallurgy, 1976. – 473 с.
3. Пахомов, В. С. Химическое сопротивление материалов и защита от коррозии / В. С. Пахомов, А. А. Шевченко. – М. : Химия, КолосС, 2009. – 444 с.
4. Дамаскин, Б. Б. Введение в электрохимическую кинетику / Б. Б. Дамаскин, О. А. Петрий. – 2-е изд. – М. : Высш. шк., 1983. – 400 с.
5. Лабораторные работы по коррозии и защите металлов / Н. Д. Томашов, Н. И. Жук, В. А. Титов, М. Л. Веденева. – М. : Metallurgy, 1961. – 239 с.
6. Розенфельд, И. Л. Ускоренные методы коррозионных испытаний металлов / И. Л. Розенфельд, К. А. Жигалова. – М. : Metallurgy, 1966. – 347 с.
7. Романов, В. В. Методы исследования коррозии металлов / В. В. Романов. – М. : Metallurgy, 1965. – 280 с.
8. Лабораторный практикум по коррозии и защите металлов / под ред. Т. Е. Цупак. – М. : РХТУ им. Д. И. Менделеева, 2003. – 172 с.