

УДК 620.193:54.084

## МЕТОД АВТОМАТИЗАЦИИ ИСПЫТАНИЯ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ МЕТАЛЛОВ

Руйон Г.Б.

*ФГБОУ ВО «Донской государственный технический университет», Ростов-на-Дону,  
e-mail: verywery@mail.ru*

В настоящей статье представлены метод испытания коррозионной стойкости материалов, способы расчета основных величин определяющих коррозионную стойкость металла и модель автоматизации оценки результатов испытания. Модель автоматизации реализована с помощью специализированной интерактивной среды для программирования, численных расчетов и визуализации результатов, позволяющей применять модельно-ориентированный подход при разработке систем управления. Проведено испытание образцов железа на коррозионную стойкость. Результаты посчитаны с помощью построенной модели автоматизации оценки результатов испытания. С целью повышения достоверности эксплуатационной устойчивости материала, рассмотрена возможность исследования материалов и образцов перед процедурой корродирования с помощью нового, уникального, не имеющего аналогов в мире технологического оборудования, позволяющего в течении нескольких циклов сформировать подходящий термобароцикл исследуемого материала.

**Ключевые слова:** коррозия, металл, стойкость металла, автоматизация, модель, надежность

## AUTOMATING METAL CORROSION TESTING METHOD

Ruyon G.B.

*Don State Technical University, Rostov-on-Don, e-mail: verywery@mail.ru*

The article presents a corrosion testing method of materials, measuring methods of the main parameters defining metal corrosion-resistance, and a model of automated parameter screening technique for metal corrosion-resistance tests. The model has been created with a specialized program that consists of an environment tuned for iterative analysis and design processes, and provides an interactive, graphical environment for modeling, and simulating of dynamic or varying systems. In the article are brought up the results of a performed corrosion testing. The processing of the results was done using the created model. In order to rise material stability and sustainability to operational conditions and requirement, the possibility of examining the thermobaric characteristic of the material samples on a new technological installation is considered.

**Keywords:** corrosion, metal, metal resistance, automatization, model, reliability

Современные технологии, уровень глобализации и темпы роста экономики заставляют строить более высокие, массивные, тяжелые конструкции и сооружения. Мегаполисы расширяются, охватываются новые территории включая территории с неблагоприятными, сложными и экстремальными погодными условиями. Обеспечение надежности, работоспособности, ремонтпригодности и безопасности изделий, деталей, конструкций и сооружений является важным направлением в любой отрасли. Данные факторы определяют актуальность исследования коррозионной стойкости металлов, т.к. они являются основой в строительстве любых комплексов, зданий и машин, от эксплуатации которых зависит безопасность и жизнедеятельность населения [1, 2].

Проблема расхождения результатов ускоренных испытаний изделий на коррозионную стойкость и результатов во время эксплуатации изделий при реальных условиях по-прежнему существует. Это происходит из-за сложности оценки процессов пассивации и растворения, протекающих на поверхности металлических покрытий.

Для решения данной проблемы необходима автоматизация процесса оценки и обработки результатов.

Коррозия – это самопроизвольное разрушение металлов и сплавов в результате химического, электрохимического или физико-химического взаимодействия с окружающей средой. Термин коррозии относится только к металлам и их сплавам. Для полимеров применительно определению «старение» аналогичное термину «коррозия» для металлов. Процесс коррозии – химический процесс, скорость которого сильно зависит от температурных условий [3]. По типу, коррозия делится на 4 вида: электрохимическая, водородная, кислородная и химическая коррозия. Электрохимическая коррозия – наиболее распространенный вид коррозии металлов, это разрушение металла в среде электролита с возникновением внутри системы электрического тока. Водородная коррозия – повреждение стали и ее охрупчивание под влиянием длительного воздействия водородной среды при повышенных температурах (200°C). Химическая коррозия – это процесс разрушения

металла, вследствие взаимодействия металла и коррозионной среды без образования или воздействия электрического тока. Одновременно окисляется металл и идет восстановление коррозионной среды. Причиной возникновения коррозии является термодинамическая неустойчивость металлов. Они способны самопроизвольно переходить в более устойчивое состояние в результате соединения металла с окислительным компонентом среды. При этом, термодинамический потенциал системы уменьшится. Если изобарно-изотермический потенциал  $\Delta G > 0$  коррозия невозможна,  $\Delta G < 0$  коррозия возможна,  $\Delta G = 0$  система находится в равновесии.

Далее будет рассмотрен весовой метод проведения испытаний на коррозионную стойкость металлов. Для более эффективных испытаний, необходимо создать и применить модель или метод автоматизации оценки результатов испытаний, которые сократят время проведения испытаний и повысят их точность. Весовой метод заключается во взвешивании образцов до и после воздействия агрессивной среды. Образцы взвешиваются на весах с большой точностью, далее подвергаются воздействию агрессивной среды на определенном промежутке времени  $t$ . Показатель коррозии по потере веса в  $\text{г/м}^2\cdot\text{ч}$  находится следующим образом: разность веса образца до и после испытания относится к общей площади поверхности образца (в  $\text{м}^2$ ) и одному часу испытания. Этот показатель называют скоростью коррозии металла ( $j$ ).

$$j = \Delta(m/t)S.$$

Скорость коррозии пересчитывают на потерю веса в  $\text{г/м}^2\cdot\text{год}$ . Скорость проникания коррозии ( $Y$ ) в  $\text{мм/год}$  определяют по формуле

$$Y = (j/\delta)10^{-3},$$

где  $\delta$  – плотность металла,  $\text{г/см}^3$ .

Полученные результаты сравнивают с данными ГОСТа. По ГОСТ 13819-68 оценку коррозионной стойкости черных и цветных металлов, а также их сплавов при условии их равномерной коррозии проводят по десятибалльной шкале коррозионной стойкости.

В случае добавления ингибитора, защитное действие ингибитора оценивают коэффициентом торможения ( $K$ ) и степенью защиты ( $Z$ ).

$$K = j/j_i,$$

где  $j$  и  $j_i$  – скорость коррозии без и с применением ингибитора).

$$Z = (1 - 1/K)100\%.$$

Значение эффективной энергии активации процесса коррозии  $W$  определяют на основе температурной зависимости:

$$W = -2,3Rt\text{tg}\alpha;$$

$\text{tg}\alpha$  – угловой коэффициент зависимости  $\lg j - 1/T$ ,  $R=8,31$  Дж/моль К,  $R$  – универсальная газовая постоянная.

Для построения модели автоматизации оценки результатов испытаний необходимо прибегнуть к предмету и средствам «автоматизации производственных процессов». Автоматизация производственных процессов есть совокупность мероприятий по разработке технологических процессов, созданию и внедрению высокопроизводительных автоматически действующих средств производства, обеспечивающих непрерывный рост производительности труда, а также созданию и применению автоматизированных комплексов исследований и испытаний материалов и изделий из них [1]. Автоматизированная система управления технологическим процессом – это комбинированная (полуавтоматическая) система управления, обеспечивающая автоматизированный сбор и обработку информации, необходимой для оптимизации управления технологическим объектом в соответствии с принятым критерием. Создать модель и написать программу автоматизации оценки результатов испытания можно с помощью следующих программ: MATLAB – высокоуровневый язык и интерактивная среда для программирования, численных расчетов и визуализации результатов и SIMULINK.

При подготовке образца к испытанию, перед процедурой корродирования, существует возможность термобароциклирования образца в БЭТА-анализаторе. Метод термобароциклирования позволяет в течение нескольких циклов сформировать адаптивный термобароцикл испытания любого материала с квазиизотермическими и квазиизобарическими участками в окрестностях особых точек его фазовых состояний (плавления, испарения и т.д.). Баро-электро-термо-акустический (БЭТА) анализатор -это разработка, поданная Донским государственным техническим университетом на конкурс 2012 года № 2012–220–03–247, в которой под руководством д.ф.-м.н. Заворотнева Ю.Д. из Донецкого физико-технического института НАН Укра-

ины, предлагалось создать баро-электро-термо-акустический (БЭТА) анализатор и лабораторию мирового уровня на базе ДГТУ.

Проведем испытание на коррозионную стойкость 6 одинаковых образцов железа площадью 1,25 см<sup>2</sup> каждый. 3 образца будут погружены в 1 молярный раствор серной кислоты (плотность 1,06). Другие 3 образца будут погружены в раствор серной кислоты с добавлением ингибитора (0,01 молярный раствор органического вещества в растворе кислоты). Испытание проводится 24 часа при комнатной температуре. Образцы были взвешены до и после испытания. Результаты приведены в табл. 1.

Далее данные вносим в среду для численных расчетов и визуализации результатов-MATLAB.

Значения основных величин, определяющих коррозию автоматически посчитаны в программе. Скорость коррозии  $j = 0,3242$ ; скорость коррозии в среде с ингибитором  $j_i = 0,0666$ ; коэффициент торможения коррозии ингибитором  $K=4,8667$ ; степень защиты  $Z = 79\%$ .

Модель автоматизации оценки результатов построим с помощью графической среды имитационного моделирования Simulink. Интерактивная среда Simulink позволяет применять развитый модельно-ориентированный подход при разработке систем управления. Дополнительные пакеты расширения Simulink позволяют решать весь процесс от создания модели до тестирования, проверки и аппаратной реализации.

Данные испытания

Состав раствора	№ образца	$m_1$ , г	$m_2$ , г
1М H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1	0,0884	0,0710
	2	0,0835	0,0620
	3	0,0875	0,0680
0,01М р-р инг.	4	0,1024	0,0982
	5	0,0999	0,0936
	6	0,0785	0,0770

```

>> m1=0.0884;
>> m12=0.0835;
>> m13=0.0875;
>> m2=0.0710;
>> m22=0.0620;
>> m23=0.0680;
>> m11=0.1024;
>> m112=0.0999;
>> m113=0.0785;
>> m12=0.0982;
>> m121=0.0936;
>> m123=0.0770;
>> dm1=m1-m2;
>> dm2=m12-m22;
>> dm3=m13-m23;
>> dmi1=m11-mi2;
>> dmi2=m112-mi21;
>> dmi3=m113-mi23;
>> dm=(dm1+dm2+dm3)/3;
>> dmi=(dmi1+dmi2+dmi3)/3;
>> t=1/365;
>> s=0.000125;
>> j=(dm/t*s)*365
>> j=(dm/t*s)*365
j =
    0.3242
>> ji=(dmi/t*s)*365
ji =
    0.0666
>> k=j/ji
k =
    4.8667
>> z=(1-(1/k))*100
z =
    79.4521
    
```

Рис. 1. Ввод данных и вывод результатов

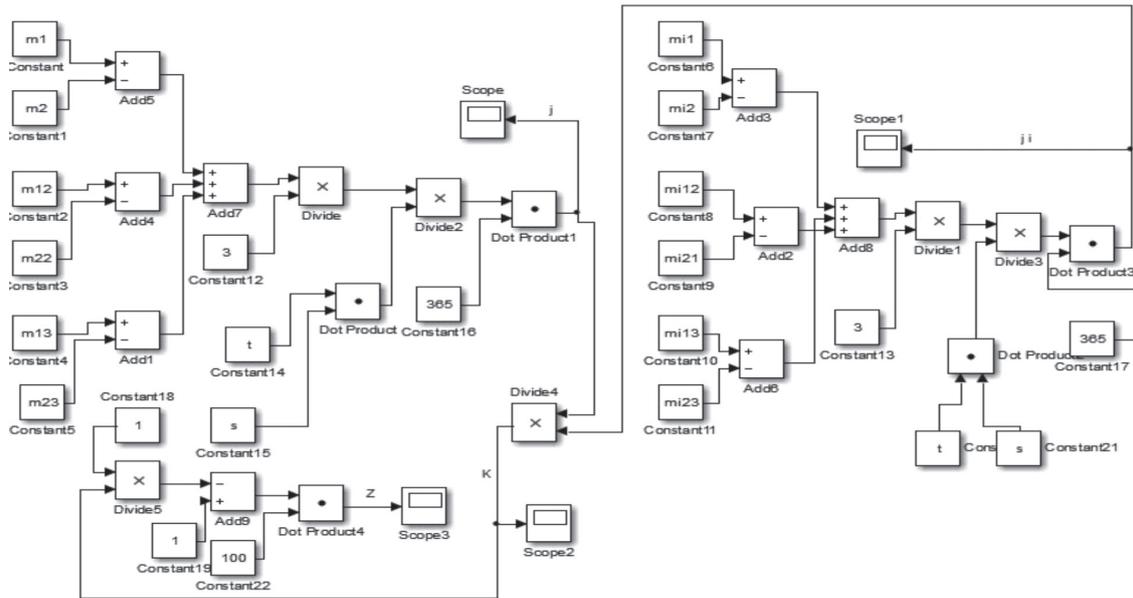


Рис. 2. Модель автоматизации

Построенная модель автоматизации процесса обработки результатов повышает эффективность испытаний. Модель позволяет уменьшить расхождения результатов испытаний с результатами при реальных условиях эксплуатации, сокращает время проведения испытаний, повышает точность испытаний. Так же, модель позволяет работать с большим количеством испытуемых образцов. Перечисленные достоинства способствуют увеличению надежности будущих

конструкций, построенных из испытуемых материалов.

#### Список литературы

1. Белозеров В.В. Синергетика безопасной жизнедеятельности: монография. – Ростов н/Д: Изд. центр ЮФУ, 2015. – 420 с.
2. Белозеров В.В., Босый С.И. Диагностика прочности, долговечности и безопасности конструкционных материалов с помощью нового параметра – термобаростойкости // «Современные наукоемкие технологии». – 2008. – №2. – С. 116–118.
3. Семенова И.В., Флорианович Г.М., Хорошилов А.В. Коррозия и защита от коррозии / Под ред. И.В. Семеновой – М.: Физматлит, 2002. – 336 с.