

## ИДЕНТИФИКАЦИЯ ФАКТОРОВ КОРРОЗИОННОГО ИЗНОСА

Cherepanov A.P.

### IDENTIFICATION OF CORROSION WEAR FACTORS

**Аннотация.** Предложена идентификация факторов коррозионного износа в месте протекания коррозионного процесса по исходным и фактическим размерам, по типу, глубине, интенсивности и опасности деструктивных изменений конструкционных элементов под воздействием агрессивных сред. Идентификация имеет относительно простую схему реализации, поскольку при этом используется экспериментально-теоретический подход, который повышает точность оценки коррозионного износа конструкционного материала как для отдельных элементов, так и технического устройства в целом.

**Ключевые слова:** визуальный контроль, дефектоскопический контроль, коррозия, степень коррозионного износа, типы коррозии, факторы износа, показатель коррозии, коррозионная стойкость, техническое устройство.

**Abstract.** The identification of corrosion wear factors at the site of the corrosion process is proposed by the initial and actual dimensions, by type, depth, intensity and danger of destructive changes in structural elements under the influence of aggressive media. Identification has a relatively simple implementation scheme, since an experimental and theoretical approach is used, which increases the accuracy of assessing the corrosion wear of structural material for both individual elements and the technical device as a whole.

**Keywords:** corrosion, corrosion index, corrosion resistance degree of corrosion wear, flaw detection, technical device, types of corrosion, visual inspection, wear factors.

Наибольший износ оборудования, как известно, вызывает, например, изменение размеров или уменьшения толщины стенок конструкционных элементов вследствие коррозии, который характеризуется воздействием на конструкционный материал различных сред, высоких и низких температур, условий движения жидкости и механических напряжений. Результаты этих воздействий определяются путем визуального или приборного обнаружения и выявления мест протекания коррозионного процесса, очагов коррозии их размеров, глубины проникновения и установления характеристики распределения коррозии. Показатели коррозии и коррозионной стойкости рассмотрены в [1]. Коррозия может быть близкой к равномерной или в виде коррозионных поражений: питтинговой, глубинной коррозией, коррозией пятнами, язвенной, подповерхностной и другими видами коррозии. Одним из показателей являются баллы опасности коррозии [2], которые не увязаны ни со схемами типичного вида коррозионного поражения, ни с ее типом и характеристикой формы коррозионного поражения конструкционного материала, как это сделано в [1], что не дает возможности численной оценки влияния коррозионных факторов при определении степени износа оборудования.

Определение степени износа конструкционного материала за счет интенсификации вызвано сложностью из-за длительности процесса износа, поэтому степень износа определяют по изменению объема образцов [3]. Стойкость материала к коррозии определяют преимущественно в лабораторных условиях, по вырезкам материала из стенок оборудования [4], но и они не дают исчерпывающей информации о стойкости к коррозионному износу оборудования, находящегося в эксплуатации. При мониторинге оборудования [5] скорости коррозионного процесса также определяют по контрольным вырезкам, из которых изготавливают образцы. Определением активной составляющей импеданса в щелочном электролите и ртути идентифицируют количество фаз продуктов коррозии и вычисляют долю свободной от коррозии поверхности. Затем рассчитывают показатель коррозии и определяют вид коррозионных поражений, но, при этом не применяют идентификацию факторов коррозионного износа.

В работе [6] сделана попытка идентификации факторов коррозионного износа конструкционного материала, которая учитывает место протекания коррозионного процесса, неравномерность и глубину проникновения, очаги коррозии их размеры, однако численная идентификация показателей коррозии не используется при определении степени коррозионного износа.



Рисунок 1 – Схема коррозионного износа стенки

При коррозионном обследовании элемента конструкции устанавливают место протекания коррозионного процесса, визуальным или приборным обнаружением очагов коррозии и измерениями путем определения глубины проникновения поверхностной и глубинной коррозии в материал рассчитывают

коррозионный износ. Исходные размеры стенки элемента конструкции оборудования устанавливают по технической документации или при непосредственном измерении (рисунок 1). Затем определяют фактические размеры, устанавливают полный коррозионный износ, типы коррозии [1], по которым определяют степень износа материалов с применением численной идентификации показателей коррозии [7].

Фактический размер элемента определяют формулой:

$$S_{\phi i} = S_{иi} - h_{пi} - h_{г\text{ли}i}, \quad (1)$$

где  $S_{\phi i}$  – фактический размер  $i$ -го элемента оборудования;

$S_{иi}$  – исходный размер  $i$ -го элемента оборудования;

$h_{пi}$  – величина поверхностной коррозии  $i$ -го элемента оборудования;

$h_{гi}$  – величина глубинной коррозии  $i$ -го элемента оборудования.

По схеме определения степени коррозионного износа, показанной на рисунке 2, устанавливают полный коррозионный износ элемента, используя формулу:

$$\Delta S_i = S_{иi} - S_{фi}, \quad (2)$$

где  $S_{иi}$  – исходный размер  $i$ -го элемента оборудования;

$S_{фi}$  – фактический размер  $i$ -го элемента оборудования.

Для поверхностной и глубинной коррозии определяют ее тип [1], схему типичного вида и характеристику формы коррозионного поражения, численную идентификацию осуществляют коэффициентом коррозии, определенным статистическим анализом и расчетом в зависимости от балла опасности коррозии:

$$q_{ki} = \frac{\beta_i}{\mu_i}, \quad (3)$$

где  $q_{ki}$  – коэффициент коррозии  $i$ -го конструкционного материала оборудования;

$\mu_i$  – балл опасности коррозии в соответствии со шкалой коррозионной стойкости  $i$ -го конструкционного материала оборудования;

$\beta_i$  – степень опасности коррозионного разрушения  $i$ -го конструкционного материала оборудования:

$$\beta_i = \gamma^{2\delta}, \quad (4)$$

где  $\gamma$  – доверительная вероятность оценки опасности или квантиль нормального распределения, которая выбирается из ряда: 0,75÷0,99;

$\delta$  – максимальная допустимая относительная ошибка расчета опасности, которая выбирается из ряда: 0,05÷0,3.

Таким образом, десятибалльная шкала коррозионной стойкости [2] увязана со схемами типичного вида коррозионного поражения, с типами коррозии и с характеристиками форм коррозионных поражений материала, что обеспечивает их идентификацию с баллами опасности и коэффициентом коррозии, как показано на схеме определения степени коррозионного износа (рисунок 2).

Коэффициенты коррозии для баллов опасности от 1 до 3 принимают от 0,979 до 0,853. При глубинной коррозии, которая наиболее опасна с точки зрения прочности материала, балл опасности коррозии повышается от 4 до 10, а коэффициенты коррозии принимают от 0,788 до 0,356 [6].

Степень коррозионного износа, например, одной из стенок корпуса, изготовленного из одного конструкционного материала [7]:

$$n_i^s = \frac{\Delta S_i q_{ki}}{S_{фi}}. \quad (5)$$

где  $n_i^s$  – степень коррозионного износа  $i$ -го элемента оборудования;

$q_{ki}$  – коэффициент коррозии  $i$ -го конструкционного материала оборудования;

$\Delta S_i$  – полный коррозионный износ  $i$ -го элемента оборудования;

$S_{\phi i}$  – фактический размер  $i$ -го элемента оборудования.

Максимальную степень износа, например, нескольких стенок корпуса единицы оборудования, изготовленного из различных конструкционных материалов, определяют по наиболее изношенному элементу:

$$n^s = \max(n_1^s; n_2^s; \dots n_m^s). \quad (6)$$

где  $n^s$  – степень коррозионного износа, например, нескольких элементов единицы оборудования, изготовленного из различных конструкционных материалов;

$n_m^s$  – степень износа каждого элемента оборудования при общем количестве элементов от  $i = 1 \dots m$ .

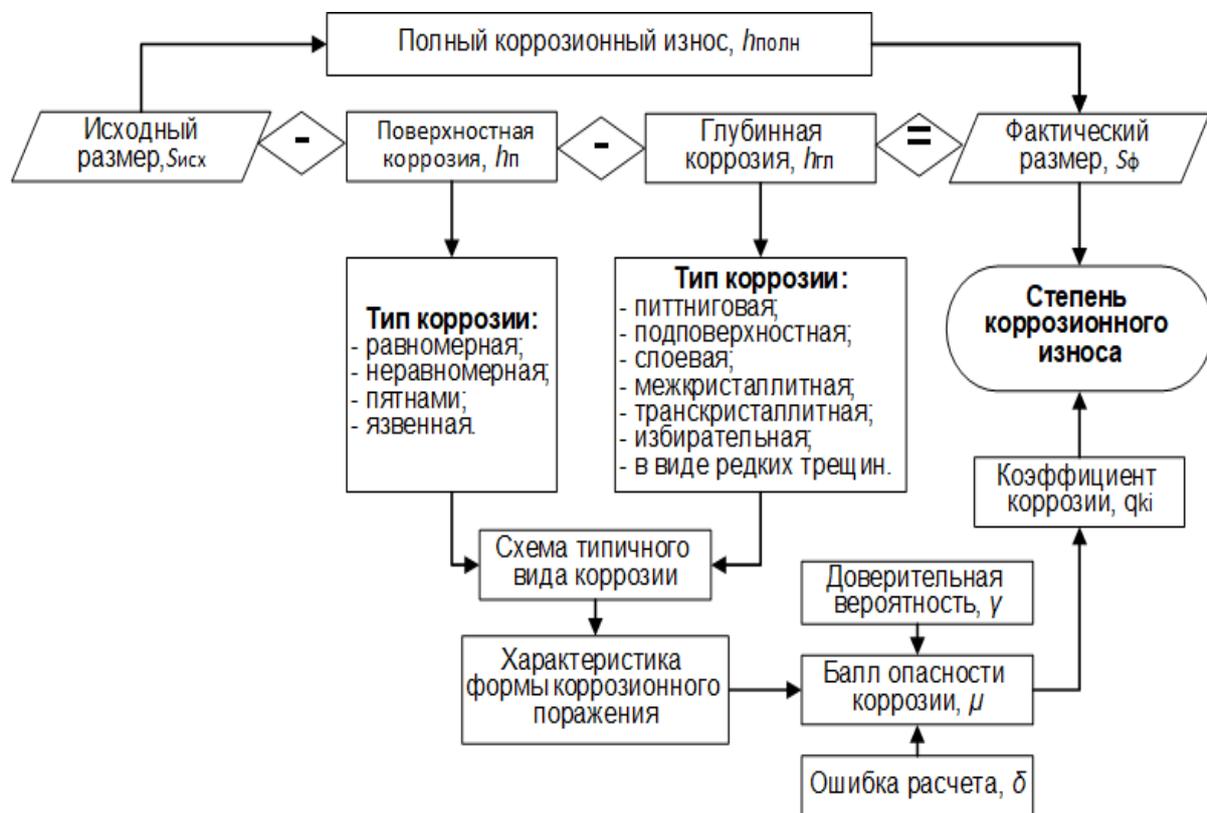


Рисунок 2 – Схема определения степени коррозионного износа

В работе показано, что степень коррозионного износа определяется в зависимости от полного коррозионного износа и коэффициента коррозии при уменьшении размера сечения элемента, например, при утонении стенок вследствие сплошной (равномерной) или местной (неравномерной) коррозии. Соответственно, чем выше балл опасности, тем ниже принимают коэффициент коррозии в соответствии со схемой типичного вида коррозионного поражения [1],

типом коррозии [2], характеристикой формы коррозионного поражения [4] и степени износа оборудования под воздействием коррозии [7].

В заключение можно сделать следующий вывод: численная идентификация показателей коррозии учитывает степень коррозионного износа по исходным и фактическим размерам, по типу, глубине, интенсивности и опасности деструктивных изменений конструктивных элементов под воздействием агрессивных сред. Изменение показателей коррозии и коррозионной стойкости возможно учитывать на любом отрезке жизненного цикла оборудования. Принятие коэффициента коррозии [7] в качестве дополнения к показателям коррозии и коррозионной стойкости конструкционного материала повышает точность оценки ресурса эксплуатации оборудования.

## ЛИТЕРАТУРА

1. ГОСТ 9.908–85 Единая система защиты от коррозии и старения. Металлы и сплавы. Методы определения показателей коррозии и коррозионной стойкости. М.: Издательство стандартов. От 31 октября 1985 г.

2. ГОСТ 13819-68 Единая система защиты от коррозии и старения (ЕСЗКС). Металлы и сплавы. Десяти бальная шкала коррозионной стойкости (с Изменением № 1).

3. Патент РФ на изобретение № 2516416, МПК С25С3/08. Авторы Порошкин А.В. Михалев Ю.Г., Поляков П.В. и др. Патентообладатель: Общество с ограниченной ответственностью "Объединенная Компания РУСАЛ Инженерно-технологический центр" (РФ) Опубликовано: 20.05.2014, Бюл. № 14.

4. ГОСТ Р 51372-99. Методы ускоренных испытаний на долговечность и сохраняемость при воздействии агрессивных и других специальных сред для материалов, систем материалов и технических изделий. Общие положения. Принят и введен в действие 29 ноября 1999 г. N 442-ст.

5. Патент РФ на изобретение № 2653775, МПК G01N 17/00, G01N 17/02. Авторы Липкин В.М., Липкин М.С., Липкина Т.В. и др. Патентообладатель: Козлова Т.В. (РФ) Опубликовано: 14.05.2018. Бюл. № 14

6. **Черепанов А.П., Ляпустин П.К.** Метод экспертных оценок численных значений коррозии и коррозионной стойкости металлов // Сборник научных трудов Ангарского государственного технического университета. 2019. Т. 1. № 16. С.128-136.

7. Решение о выдаче патента на изобретение по заявке № 2022132070/28(069928) «Способ определения степени износа оборудования под воздействием коррозии». МПК G01N 17/00, G01N 37/00 Черепанов А.П. Патентообладатель: Ангарский государственный технический университет. Дата подачи заявки 07.12.2022 г.