



## ИССЛЕДОВАНИЕ ЭЛЕКТРОХИМИЧЕСКОЙ КОРРОЗИИ СВАРНЫХ ШВОВ

С.А. Терюшева, канд. хим. наук, доцент,  
STerjusheva@mail.ru

В.И. Веревкин, д-р техн. наук, профессор,  
verevkinvi@mail.ru

С.А. Лакеев, студент,

А.В. Фадеев, М.В. Коберник, К.Ю.

Нагаева, А.А. Судницын,

ФГБОУ ВО «Калининградский технический  
университет» БГАРФ



Цель работы – исследование влияния солей, содержащихся в морской воде, на скорость коррозии образцов стали Ст3 со стыковыми сварными швами.

*электрохимическая коррозия, морская вода, соли, сварной шов, скорость коррозии, активатор коррозии, эффект Зеебека, поверхностная коррозия*

Коррозия – процесс физико-химического разрушения металла под влиянием внешней среды. Для сварных швов судовых конструкций такой средой обычно является морская вода либо переменная воздушно-водяная среда (в районе ватерлинии). Как правило, коррозионные процессы являются электрохимическими, именно по этому механизму корродируют основной металл и сварные соединения судов.

Электрохимическая коррозия – сложный процесс, сопровождаемый развитием окислительно-восстановительных ионных реакций на поверхностях соприкосновения металла с электролитом. Развитие этих реакций обуславливает появление электрических токов.

При погружении металла в морскую воду положительные ионы, находящиеся на поверхности металла, будут переходить в нее.

На рис. 1 представлена схема процесса коррозионного разрушения сварных швов в морской воде. На катодных участках происходит образование гидроокиси железа (II), которая при дальнейшем воздействии коррозионной среды превращается в гидроокись железа (III) (бурого цвета), т. е. образуется ржавчина.

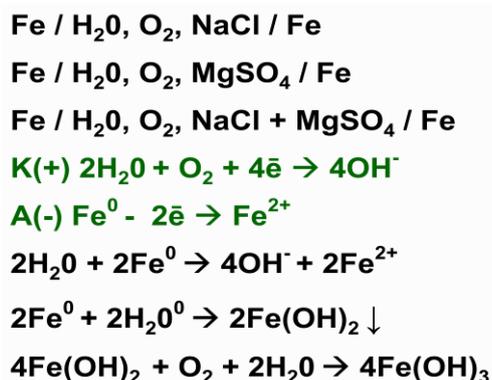


Рисунок 1 – Схема коррозионного разрушения сварных швов в морской воде

Скорость износа сварных швов чрезвычайно высока – достигает 1–3 мм/год, в то время как скорость коррозии наружной обшивки и подводной части корпуса колеблется в пределах от 0,05 до 0,19 мм/год. Дело в том, что сварные швы подвержены воздействию электрического тока, возникающего под действием эффекта Зеебека (вследствие наличия термоэлектродвижущей силы между сваренными деталями в условиях хорошей электропроводности морской воды).

Поскольку две детали, даже выполненные из одной и той же стали, не одинаковы по химическому составу, а зональная температура морской воды почти всегда несколько отличается от температуры корпуса судна, то в результате сваривания этих деталей образуется термопара, многократно ускоряющая в условиях электропроводящей морской воды процесс коррозии шва и околошовной зоны.

В сварных швах обычно наблюдается поверхностная, так называемая местная коррозия, т. е. коррозия, при которой разрушение металла происходит в отдельных местах, что приводит к образованию шероховатой поверхности.

Для проведения эксперимента взяли на кафедре ТМ и М три образца стали Ст3 со стыковыми сварными швами массой 83,4, 74,2 и 75 г. Образцы до коррозии изображены на рис. 2.

Измеряли скорость коррозии образцов в растворах трех солей, которые представлены в табл. 1. Концентрации растворов солей соответствуют средней концентрации их в морской воде [1].

Далее погрузили образцы в растворы. Необходимо было увеличить скорость коррозии. Достигли этого путем подведения к исследуемым образцам электрического тока с напряжением 3Вт и силой в 1А. Для этого воспользовались промышленным выпрямителем тока, работающим от сети.

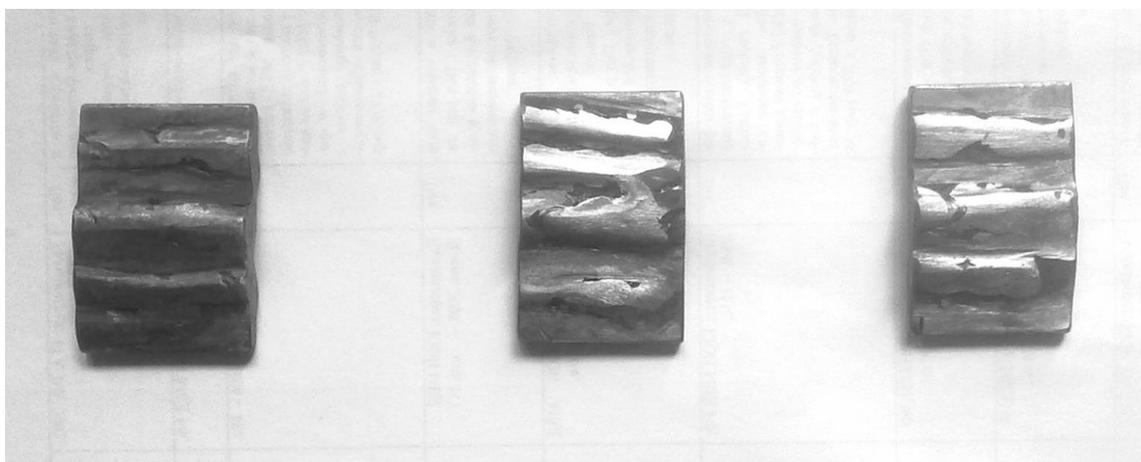


Рисунок 2 – Образцы сварных швов из Ст3 до воздействия коррозионной среды

Таблица 1 – Содержание солей в морской воде

Название соли	Содержание в морской воде, г/л
NaCl + MgSO <sub>4</sub>	28,9
NaCl	27,2
MgSO <sub>4</sub>	1,7

Собрав установку, состоящую из выпрямителя тока (4), емкостей с растворами солей (1-MgSO<sub>4</sub> + NaCl, 2-NaCl, 3-MgSO<sub>4</sub>) и стальными образцами, которые последовательно соединены с выпрямителем, начали проводить эксперимент в течение 60 ч. Она представлена на рис 3.

Образцы сварных швов после воздействия коррозионной среды приведены на рис. 4.

По завершению эксперимента измерили массы образцов, очистив их от продуктов коррозии. Массы образцов сварных швов до и после воздействия коррозионной среды представлены на рис. 5.

Параметры образцов даны в табл. 2.

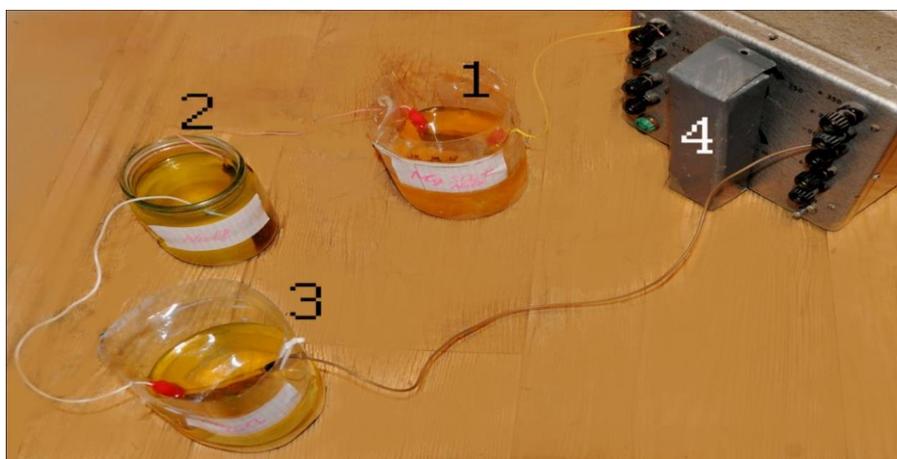


Рисунок 3 – Установка для исследования электрохимической коррозии сварных швов в растворах солей

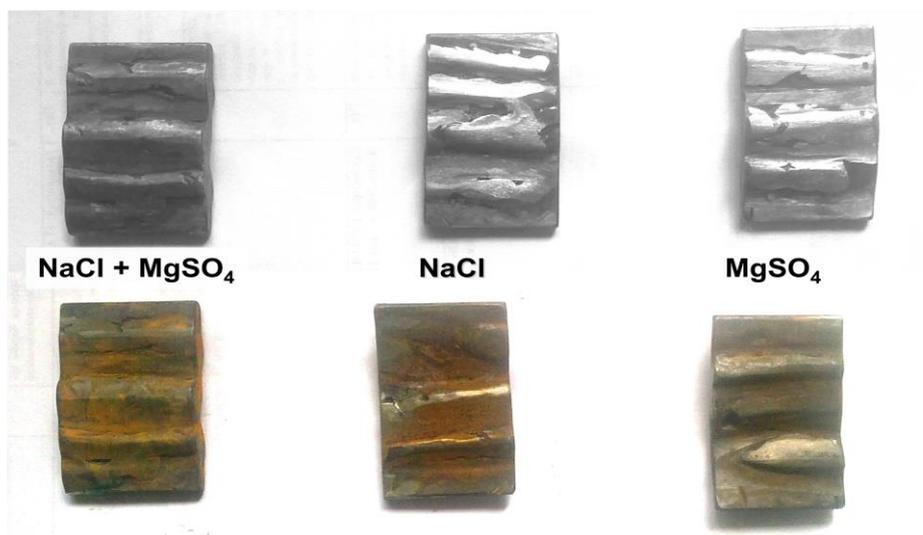


Рисунок 4 – Визуальное сравнение образцов сварных швов до и после воздействия коррозионной среды

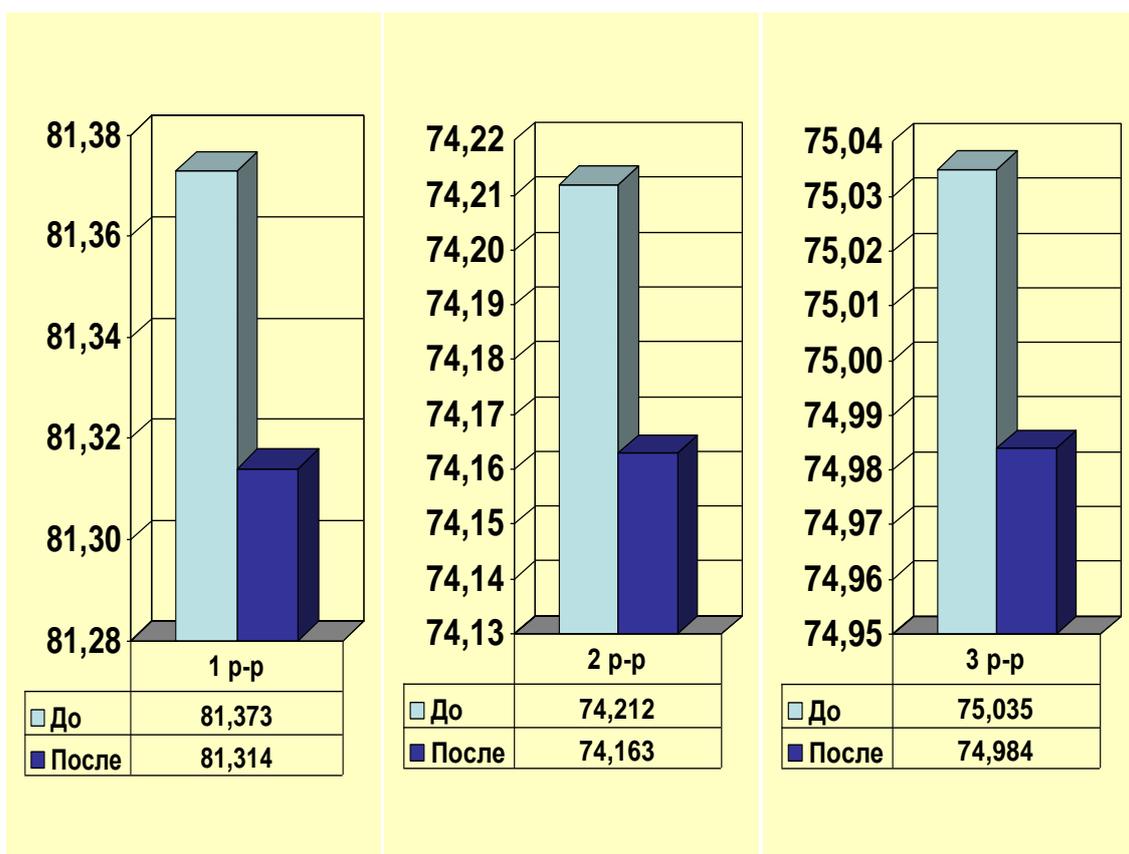


Рисунок 5 – Массы образцов сварных швов до и после воздействия коррозионной среды

Таблица 2 – Характеристики образцов

Номер образца	$\Delta m$ , г	$S$ , м <sup>2</sup>
№1 (NaCl + MgSO <sub>4</sub> )	0,059	0,00476
№2 (NaCl)	0,049	0,00438
№3 (MgSO <sub>4</sub> )	0,051	0,00455

Для подсчета скорости коррозии стальных образцов использовали следующую формулу (1) [2]:

$$K = \frac{\Delta m}{S \times \tau}, \frac{\text{г}}{\text{м}^2 \times \text{сут}}, \quad (1)$$

где  $\Delta m$  – изменение массы образца, г;

$S$  – площадь поверхности образца, м<sup>2</sup>;

$\tau$  – продолжительность воздействия коррозионной среды на образец стали, сут.

Как видно из рис. 6, наибольшая скорость коррозии была достигнута в растворе NaCl + MgSO<sub>4</sub> – 4,96 г с квадратного метра за сутки. На втором месте в растворе NaCl – 4,9 г. Самая низкая скорость в растворе MgSO<sub>4</sub> – 4,49 г с квадратного метра за сутки.

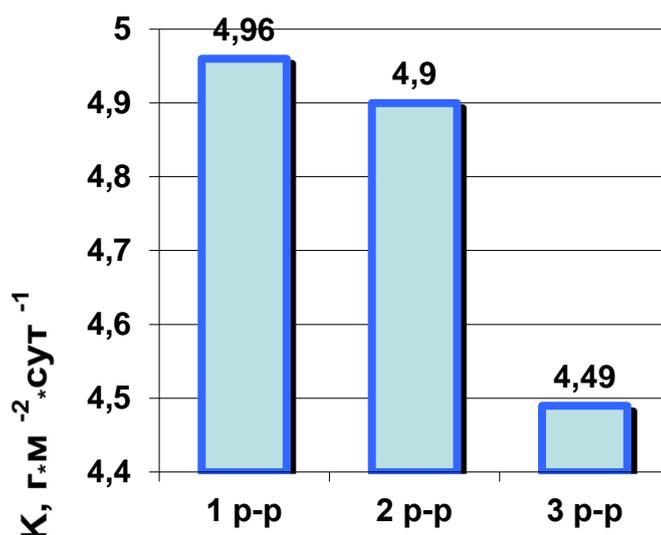


Рисунок 6 – Сравнение величин скорости коррозии сварных швов в коррозионной среде

При электрохимической коррозии сварных швов из стали Ст3 в растворах солей, близких по составу к морской воде ( $\text{MgSO}_4 + \text{NaCl}$ ,  $\text{NaCl}$ ,  $\text{MgSO}_4$ ), происходит увеличение скорости коррозии испытуемых образцов за счет действия ионов  $\text{Cl}^-$  – как активаторов коррозии, по сравнению с  $\text{SO}_4^{2-}$  – ионами и  $\text{SO}_4^{2-} + \text{Cl}^-$  ионов – комплексного их воздействия на коррозию.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Хорн, Р. Морская химия / Р. Хорн. – Москва: Мир, 1972. – 400 с.
2. Серебров, И. Скорость коррозии металла [Электронный ресурс] // <http://www.corrosio.ru/posts/skorost-korrozii-metalla> (дата обращения: 03.2016).

#### STUDY OF ELECTROCHEMICAL CORROSION WELD

S.A. Teryusheva, Candidate of Chemical Sciences, Associate Professor,  
«BFFSA» FSBEI HE «KSTU»,  
STerjusheva@mail.ru

V.I. Vervovkin, Candidate of Engineering Sciences, Professor, «BFFSA» FSBEI HE «KSTU»  
verevkinvi@mail.ru

S.A. Lakeev, Student, «BFFSA» FSBEI HE «KSTU»

A.V. Fadeev, M.V. Kobernik, K.Y. Nagaeva, A.A. Sudnitsyn, «BFFSA» FSBEI HE «KSTU»

The purpose of work – study of the effect of salts contained in seawater samples at the rate of corrosion of steel St3 with butt welds.

*electrochemical corrosion, sea water, salt weld corrosion rate activator corrosion Seebeck effect, surface corrosion*