

Коррозионная стойкость стали 09Г2С в различных средах

© Н.О. Гусев, М.В. Константинова

*Иркутский национальный исследовательский технический университет,
г. Иркутск, Российская Федерация*

Аннотация. Проведено исследование влияния ряда сред на коррозионную стойкость стали 09Г2С. Данная сталь широко используется во многих отраслях народного хозяйства. Эксплуатация изделий из этой стали происходит в весьма разнообразных условиях, в том числе в различных коррозионных средах. Работа посвящена изучению поведения стали в дистиллированной воде, в технической воде, в водном растворе хлорида натрия (концентрация раствора 3 %), а также в смазке марки. Коррозионные испытания проводились с использованием гравиметрического метода. Продолжительность опытов варьировалась от получаса до 24 часов. По результатам эксперимента рассчитывался массовый показатель скорости коррозии. Обработанные результаты позволили установить, что величины скорости коррозии стали в технической воде и водном растворе хлорида натрия самыми большими, поскольку эти среды электропроводны. С течением времени в этих средах наблюдалось уменьшение скорости коррозии из-за экранирования поверхности образцов продуктами коррозии. В дистиллированной воде, характеризующейся крайне малой электропроводностью, скорость коррозии мала. Смазка показала самые низкие значения скорости коррозии.

Ключевые слова: сталь 09Г2С, коррозионная стойкость, гравиметрический метод, массовый показатель скорости коррозии

Corrosion Resistance of 09g2s Steel in Various Environments

© Nikolay O. Gusev, Marina V. Konstantinova

*Irkutsk National Research Technical University,
Irkutsk, Russian Federation*

Abstract. The article deals with the study of the influence of a number of environments on the corrosion resistance of 09G2S steel. This steel is widely used in many sectors of the national economy. The operation of products made of this steel takes place in a wide variety of conditions, including a variety of corrosive environments. The article studies the behaviour of steel in distilled water, industrial water, in an aqueous solution of sodium chloride (concentration of 3 % solution) and lubrication mark. Corrosion tests were carried out using the gravimetric method. Duration of experiments ranged from half an hour to 24 hours. According to the results of the experiment, the mass index of the corrosion rate was calculated. The processed results revealed that the values of the corrosion rate of steel in industrial water and an aqueous solution of sodium chloride are the highest, since these environments are electrically conductive. Over time, in these environments, there was a reduction of the corrosion rate due to the screening of the sample surface by corrosion products. In distilled water, which is characterized by extremely low electrical conductivity, the corrosion rate is low. The lubrication showed the lowest corrosion rates.

Keywords: 09G2S steel, corrosion resistance, gravimetric method, mass index of corrosion rate

В данной работе рассмотрена коррозионная стойкость стали 09Г2С в различных средах.

Выбор объекта исследования обусловлен широким диапазоном применения данной легированной стали, а также ее доступностью и относительно невысокой стоимостью. Исследованию поведения этой стали посвящены работы многих авторов [1–6].

Сталь 09Г2С является экономно-легированной. Сталь способна длительное время выдерживать достаточно высокие нагрузки, сопротивляться деформации, а также работать под давлением. Данная мар-

ка стали применяется для различных сварных конструкций.

Выбранный материал используется в машиностроительном производстве, включая энергетический сектор, в частности на тепловых электростанциях, где из этой стали изготавливают ответственные узлы трубопроводов, работающие под давлением при умеренной температуре. Она применяется и для котлов и сосудов, работающих под давлением.

Сталь используется также в нефтяной промышленности. Для изготовления труб, прокладываемых в северных территориях

нашей страны, в больших объемах применяются низкоуглеродистые и низколегированные стали марок 09Г2СФ, 09Г2ФБ, 08Г2СФБ, 08Г2СФТ. Выбранный нами для исследования материал может работать при температуре $-70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Часто именно из стали 09Г2С изготавливаются корпуса нефтеперерабатывающих и нефтехимических аппаратов [7].

В городском строительстве данная сталь используется для изготовления рекламных конструкций, в качестве материала ограждений парковых зон и мест общественного пользования. Сталь 09Г2С находит свое применение и в других отраслях промышленности, например, в транспортной индустрии.

Из этой стали изготавливают различные профили и прокат, электросварные трубы, квадратные трубы, из нее производится монтаж сварных конструкций повышенной сложности, осуществляется изготовление паровых котлов и другого похожего оборудования, которое эксплуатируется при повышенных температурах и давлении, а также стойки ферм, балки, обвязки вагонов, двутавры и изделия, используемые в вагоностроении.

Особым достоинством стали является то, что она может применяться в любых климатических условиях, так как диапазон рабочих температур стали 09Г2С достаточно широк и составляет от -70 до $+425\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Металлоконструкции из стали 09Г2С, подвергшиеся сварке, остаются прочными и пластичными длительное время и в любых условиях эксплуатации, они являются сложно разрушаемыми.

Перечисленные выше свойства, а также доступность и относительная дешевизна стали 09Г2С обеспечили ее повсеместное применение.

Химический состав стали согласно ГОСТ 19281-2014 следующий: углерода – не более 0,12 %; марганца – 1,3–1,7 %; кремния – около 0,5–0,8 %; фосфора – менее 0,03 %; серы – менее 0,035 %; хрома – менее 0,3 %; никеля – менее 0,3 %; ванадия – 0,12 %; меди – менее 0,3 %; остальное составляет железо.

Марганец и кремний повышают предел текучести стали, то есть наличие этих элементов сказывается положительно на прочностных характеристиках стали. Ванадий является сильным карбидообразующим элементом, его добавляют для измельчения зерна. Небольшое количество меди увели-

чивает степень обрабатываемости при холодной обработке давлением и улучшает обрабатываемость резанием.

Сера и фосфор являются вредными примесями в стали, так как вызывают нежелательные явления. Сера способствует красноломкости стали, то есть способности стали охрупчиваться при горячей обработке давлением (появляются трещины). Фосфор способствует появлению хладноломкости, то есть способности стали при понижении температуры хрупко разрушаться. Содержание этих элементов жестко лимитируется, их количество определяет качество стали¹.

Сталь является низкоуглеродистой, что обеспечивает свариваемость без ограничений и хорошую пластичность – $\delta = 21\text{ }%$ при температуре $20\text{ }^{\circ}\text{C}$ и до $\delta = 34\text{ }%$ при температуре $475\text{ }^{\circ}\text{C}$ ².

Итак, объектом исследования выбрана сталь 09Г2С. Данная работа посвящена изучению коррозионной стойкости стали 09Г2С в некоторых средах: в дистиллированной воде, в технической воде, в соленой воде (3 % NaCl) и в смазке, применяемой на железнодорожном транспорте для снижения износа рельсовых путей.

Выбор коррозионных сред неслучаен. Была поставлена задача произвести сравнительную оценку влияния природы коррозионной среды на коррозионную стойкость стали 09Г2С. Особый интерес в качестве среды представляет вода, применяемая при отоплении зданий и сооружений (техническая вода). Сравнение ее влияния с действием дистиллированной воды даст возможность оценить агрессивность технической воды. Водный раствор хлорида натрия рекомендован ГОСТом как активная коррозионная среда, позволяющая оценить коррозионное поведение исследуемого материала.

Смазка используется для уменьшения степени износа рельсов, а также гребней колесных пар. Предполагаем, что использование смазки в качестве защитного покрытия может уменьшить скорость коррозии стали 09Г2С.

Химический состав исследуемой смазки (% по массе): мазут 20–65, солидол 3–20, графит и/или дисульфид молибдена 1–10, остальное – минеральное масло или смесь

¹ Волков Г.М., Зуев В.М. Материаловедение: учеб. М.: Академия, 2008. 397 с.

² Там же.

минеральных масел. При проведении экспериментов по коррозии стали для получения корректных результатов необходимо наличие контрольного образца. Количество параллельных опытов должно быть не менее трёх. В нашем случае проведено от трех до пяти параллельных испытаний. Испытания проводили согласно ГОСТ Р 908-85.

Образцы прямоугольной формы из стали 09Г2С тщательно зачищали до блеска наждачной бумагой, определяли их размеры и рассчитывали площадь. Образцы обезжиривались и взвешивались на аналитических весах. Точность взвешивания до четвертого знака.

Подготовленные образцы помещались в стакане, в который заливали коррозионную среду. Время выдержки составляло 0,5 ч; 1 ч; 3 ч; 6 ч; 12 ч; 24 ч.

После окончания эксперимента образцы промывали проточной водой, обязательно

сушили в сушильном шкафу (или на воздухе). Потом с них убирали все продукты коррозии. Далее следовало повторное взвешивание и определение разности массы образцов до и после опыта.

Скорость коррозии определяли с использованием массового показателя, формула (1) для расчета которого приводится ниже:

$$K_m = \frac{\Delta m}{S \cdot t}, \quad (1)$$

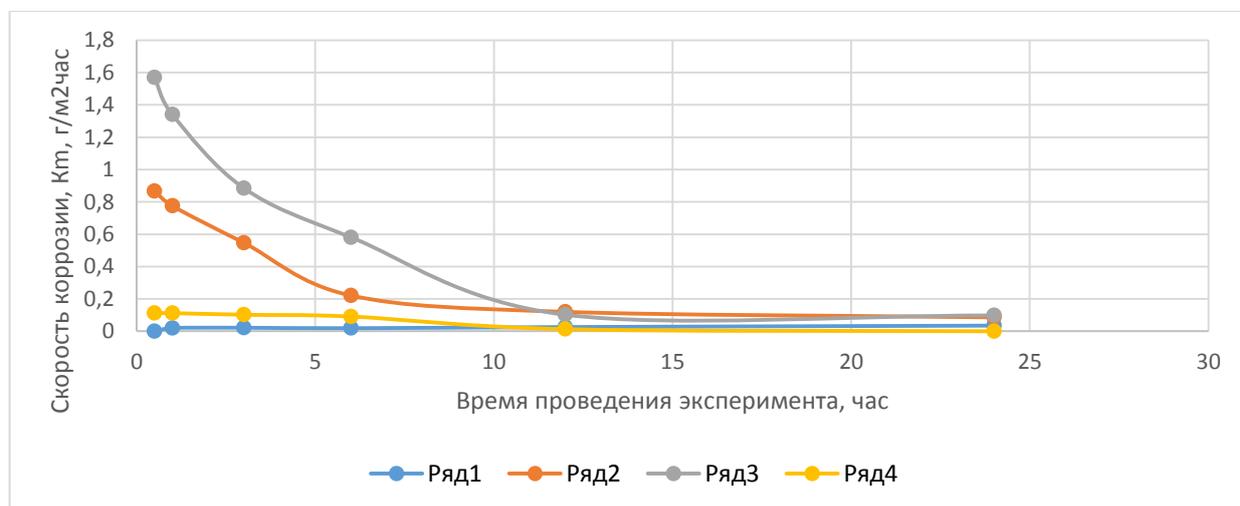
где m_0 и m_1 – масса образцов до и после испытаний; S – площадь образца, m^2 ; t – время коррозионных испытаний, час; K_m – скорость коррозии, $г/м^2 \cdot час$; Δm – разницы масс, г.

Контрольный образец не подвергается коррозии, его масса не изменилась за время проведения опытов.

Сводные результаты испытаний приведены в таблице и на рисунке.

Массовый показатель скорости коррозии K_m ($г/м^2 \cdot час$) стали 09Г2С в различных средах

Время, ч	Дистиллированная вода	Техническая вода	3 % водный раствор NaCl	Минеральная смазка
0,5	0	0,867	1,57	0,112
1	0,020	0,775	1,34	0,112
3	0,022	0,547	0,885	0,102
6	0,019	0,221	0,581	0,091
12	0,026	0,120	0,102	0,013
24	0,035	0,086	0,098	0



Зависимость скорости коррозии стали 09Г2С в исследуемых средах от времени:

ряд 1 – 3 % раствор хлорида натрия, ряд 2 – техническая вода, ряд 3 – минеральная смазка, ряд 4 – дистиллированная вода

Анализ результатов эксперимента позволил установить следующее.

Скорость коррозии в дистиллированной воде невелика и мало меняется с течением времени. В первые часы изменение массы образцов практически не фиксируется или изменение массы сопоставимо с погрешно-

стью измерения. В этой среде сталь является удовлетворительно стойкой, балл стойкости 4.

Поведение стали в технической воде и в растворе хлорида натрия имеет общие черты. Коррозия протекает с некоторой скоростью, однако с течением времени эта ско-

рость заметно снижается. Это можно объяснить тем, что образующиеся в достаточном количестве продукты электрохимической коррозии стали при отсутствии перемешивания в окружающей среде экранируют поверхность образца, что приводит к торможению коррозионных процессов.

В технической воде скорость коррозии достаточно велика, особенно в первые часы. Сталь относится к пониженностойким материалам и имеет балл стойкости 5–6.

Скорость коррозии в соленой воде (3 % NaCl) предсказуемо велика и составляет около 1,57 г/м²ч за первые полчаса. Так как продуктов коррозии в данном случае оказывается много, то скорость коррозии за сутки уменьшается до 0,1 г/м²ч. Согласно шкале коррозионной стойкости, сталь 09Г2С в 3 % растворе хлорида натрия является нестойкой, балл равен 8.

Для этих двух сред величины скорости коррозии к моменту завершения исследования (24 ч) сопоставимы.

Результаты данной работы хорошо согласуются с работами [8–10]. В работе [10]

приведены результаты определения скорости коррозии стали 09Г2С в растворе хлорида натрия с использованием потенциостата.

Скорость коррозии стали 09Г2С в смазке небольшая, и с течением времени коррозия в смазке практически останавливается.

Выводы:

1. установлено, что в дистиллированной воде скорость коррозии незначительна;

2. коррозионное поведение стали в технической воде и водном растворе хлорида натрия имеет сходный характер (вероятно, по причине того, что эти среды электропроводны);

3. с течением времени наблюдалось снижение скорости коррозии. Это можно объяснить тем, что образующиеся на поверхности исследуемого образца продукты коррозии покрывают поверхность и могут являться естественным защитным барьером, тормозящим коррозионные процессы;

4. исследованная смазка не является коррозионно-активной средой.

Библиографический список

1. Насибуллина О.А., Абдуллин Т.Э. Исследование воздействия сероводородсодержащего газоконденсата на сталь 09Г2С // Проблемы сбора, подготовки и транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. № 2 (108). С. 121–130.

2. Шайнурова Р.Ф., Гиндуллина К.Д., Насибуллина О.А., Гайсин Э.Ш. Влияние способа термической обработки стали 09Г2С на ее коррозионную стойкость // Пожарная и промышленная безопасность. 2019. № 2. С. 161–169.

3. Яковлева С.П., Махарова С.Н., Модовский П.Г. Влияние комбинированной мегалластической деформации на структуру и свойства стали 09Г2С // Обработка металлов. 2016. № 1 (70). С. 52–56.

4. Ефимова Ю.Ю., Копцева Н.В., Никитенко О.А. Исследование состояния карбидной фазы после наноструктурирования и последующего волочения низкоуглеродистой стали // Вестник МГТУ им. Г.И. Носова. 2009. № 3. С. 45–48.

5. Гареев А.Г., Насибуллина О.А., Ризванов Р.Г. Исследование водородного охрупчивания металла, приводящего к разрушению металлоконструкции // Проблемы сбора, подготовки и

транспорта нефти и нефтепродуктов. 2017. Вып. 1 (107). С. 107–115.

6. Горкунов Э.С., Задворкин С.М., Горулева Л.С., Туева Е.А., Веселов И.Н., Яковлева С.П. [и др.]. Влияние режимов равноканального углового прессования на механические и магнитные свойства стали 09Г2С // Дефектоскопия. 2012. № 10. С. 18–27.

7. Файрушин А.М., Каретников Д.В., Зарипов М.З., Карпов А.Л. Повышение стойкости к коррозии металла сварных соединений корпусов нефтеперерабатывающих и нефтехимических аппаратов // Башкирский химический журнал. 2011. Т. 18. № 2. С. 124–127.

8. Гусева Е.А., Константинова М.В. Коррозионная стойкость оборудования пищевых производств // Вестник ИрГТУ. 2014. № 12 (95). С. 35–40.

9. Тюсенков А.С. Коррозионная стойкость стали 13ХФА // Сталь. 2016. № 2. С. 53–57.

10. Баранов А.Н., Гусева Е.А., Комова Е.М. Исследование коррозионной стойкости сталей, применяемых для изготовления дражного оборудования для добычи золота // Системы. Методы. Технологии. 2014. № 1 (21). С. 102–106.

Сведения об авторах / Information about the Authors

Гусев Николай Олегович,
магистрант УЭСм 19-1,
Институт энергетики,
Иркутский национальный исследовательский

Nikolay O. Gusev,
Postgraduate Student,
Institute of Energy,
Irkutsk National Research Technical University,

технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россий-
ская Федерация,
e-mail: ked0key@mail.ru

Константинова Марина Витальевна,
кандидат химических наук,
доцент кафедры машиностроительных техно-
логий и материалов,
Институт авиационного машиностроения и транспорта,
Иркутский национальный исследовательский
технический университет,
664074, г. Иркутск, ул. Лермонтова, 83, Россий-
ская Федерация,
e-mail: mavikonst@mail.ru

83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian
Federation,
e-mail: ked0key@mail.ru

Marina V. Konstantinova,
Cand. Sci. (Chemistry),
Associate Professor of Engineering Technolo-
gies and Materials Department,
Irkutsk National Research Technical University,
83 Lermontov Str., Irkutsk, 664074, Russian
Federation,
e-mail: mavikonst@mail.ru