

ОТЗЫВ ОФИЦИАЛЬНОГО ОППОНЕНТА

на диссертационную работу Парменовой Ольги Николаевны
на тему: «Стойкость к питтинговой и щелевой коррозии нержавеющей стали
аустенитного класса в морской воде»,
представленную на соискание ученой степени кандидата технических наук
по специальности 05.16.09 – Материаловедение (машиностроение)

Актуальность выбранной темы

В соответствии с правилами и руководствами Российского морского регистра судоходства и зарубежных классификационных обществ выбор нержавеющей стали морского применения осуществляется с учетом стойкости к питтинговой и щелевой коррозии (ПК и ЩК). При этом рекомендовано рассчитывать эквивалент питтингостойкости PRE, учитывающий содержание только основных элементов: хрома, молибдена и азота без учета никеля, марганца и др. Фазовый состав может регулироваться путем расчета хромового и никелевого эквивалентов. Такой подход имеет ограничения, не учитывающие структурное состояние стали, формирующееся при производстве стали, холодной пластической деформации, сварке. В этой связи оценка указанных факторов на стойкость к ПК и ЩК нержавеющей аустенитных сталей и разработка на этой основе методик коррозионных испытаний, а также сравнительный анализ коррозионной стойкости сталей, полученных традиционным металлургическим методом и методом селективного лазерного сплавления, является актуальной темой исследования.

Структура и объем диссертации

Диссертация состоит из введения, пяти глав, заключения, списка литературы и двух приложений, включающих акты внедрения разработанных методик коррозионных испытаний. Работа изложена на 185 страницах, включает 109 рисунков и 12 таблиц. Библиографический список содержит 194 наименования.

Во введении обоснована актуальность темы диссертации, сформулированы цель и задачи исследования, показана научная новизна и практическая значимость работы, перечислены основные положения, выносимые на защиту и сведения об апробации работы и публикациях автора, а также его личный вклад в работу.

В первой главе представлен аналитический обзор литературных данных, по вопросам пассивности и механизмов протекания ПК и ЩК нержавеющей сталей в хлоридных растворах. Рассмотрено влияние факторов среды, химического состава (особое внимание уделено автором на публикации, посвященные легированию сталей азотом) и структурно-фазового состава сталей в зависимости от режимов термической обработки, холодной пластической деформации или способа получения: традиционного металлургического и использующего аддитивные технологии методом селективного лазерного сплавления, на коррозионную стойкость. Изучены также вопросы металлургического качества сталей и обработки поверхности.

Во второй главе описаны материалы и методика проведения исследований. Приведен химический состав и структура нержавеющей стали аустенитного класса разной композиции легирования, отличающихся химическим составом

НИИ «Курчатовский институт» ЦНИИ КМ «Прометей»	
Вх. № 3724	в ДЕЛО
05.12.2019	№
Осн. 4 л.	подп.
Прил. л.	л.

питтингостойкости PRE. На основе химического состава азотсодержащей стали 04X20H6Г11М2АФБ, разработанной в ЦНИИ КМ «Прометей», варьируя концентрации никеля, марганца и азота, автор исследовала влияние легирующих элементов и соотношения фазового состава: аустенита и феррита. Представлены результаты исследования влияния холодной пластической деформации азотсодержащих и безазотистых нержавеющих сталей на структуру. Основным материалом для исследований являлись стали, производимые традиционным металлургическим способом заводской и лабораторной выплавки, другую часть представляли материалы, синтезированные при селективном лазерном сплавлении трех композиций.

Для исследования структуры сталей использовали металлографический и электронномикроскопический методы. Фазовый состав и химический состав фаз определяли рентгеноструктурным или рентгеноспектральным анализом, текстуру изучали методом EBSD анализа.

Описаны методики проведения испытаний по определению стойкости нержавеющих сталей к ПК и ЩК в лабораторных условиях и при полном погружении в природную морскую воду, разработанные при участии автора на основе отечественных и зарубежных стандартов.

В третьей главе приведены результаты исследований коррозионной стойкости нержавеющих сталей аустенитного класса, полученных традиционным металлургическим методом в заводских и лабораторных условиях. Показано, что скорость ПК и ЩК сталей снижается за счет повышения стабильности сталей при легировании никелем (7-12%) и за счет увеличения растворимости азота (0,05-0,45%) при легировании марганцем (2-12%). С повышением количества ферритной фазы скорость ПК растет, при этом зарождение и развитие питтингов на поверхности сталей определяется эквивалентом питтингостойкости PRE отдельных фаз. Показано, что при сенсibilизации повышается склонность сталей к ПК и ЩК в хлоридных растворах, отрицательное влияние на коррозионную стойкость оказывает шероховатость поверхности. Интересный результат получен при исследовании влияния холодной пластической деформации азотсодержащей стали 04X20H6Г11М2АФБ на скорость ПК.

В четвертой главе описано коррозионное поведение нержавеющих аустенитных сталей, полученных методом СЛС и отличающихся величиной показателя питтингостойкости PRE. Изучена структура, химический состав металла поверхностного слоя после коррозии, скорость питтинговой и щелевой коррозии, влияние на нее режимов сплавления, механической и термической обработки синтезированных сталей. Установлено, что увеличение скорости перемещения луча лазера приводит к увеличению пористости в образце и росту скорости питтинговой коррозии. При удалении поверхностного слоя возрастает отрицательная роль пористости. Положительную роль в повышении коррозионной стойкости исследованных сталей оказывает высокотемпературная закалка и механическая полировка поверхности. Установлено, что нержавеющие стали нечувствительны к стандартному провоцирующему нагреву в отличие от азотсодержащей стали, скорость ПК которой значительно возрастает после провоцирующих нагревов. По степени влияния на стойкость к питтинговой коррозии аддитивных материалов ведущую роль играет фактор строения металла.

В пятой главе обобщены экспериментальные результаты по стойкости к ПК и ЦК нержавеющих сталей аустенитного класса. Найдена корреляция результатов ускоренных лабораторных и натурных испытаний, позволяющая прогнозировать скорость коррозии сталей в морской воде. Установлено также, что стали, полученные методом СЛС, уступают по коррозионной стойкости тем же маркам сталей, полученных традиционным методом, однако резервом повышения стойкости является оптимизация технологии послойного лазерного синтеза материалов.

На основе обобщения экспериментальных результатов разработаны рекомендации по выбору нержавеющих аустенитных сталей для морского применения, согласно которым необходимо ориентироваться на значение индекса PRE, количество ферритной и аустенитной фаз, а также учитывать наличие деформационной структуры, вторичных фаз и качество обработки поверхности.

В заключении сформулированы основные выводы о стойкости исследованных сталей к питтинговой и щелевой коррозии в соответствии с поставленными задачами.

Научная новизна полученных результатов

В качестве наиболее важных научных результатов диссертационной работы Парменовой О.Н. нужно отметить следующие.

1. На основании большого объема экспериментальных данных по изучению стойкости к питтинговой коррозии холоднодеформированных нержавеющих азотсодержащих сталей, определены значения степени обжата и количества мартенсита деформации, вызывающие повышение стойкости к питтинговой коррозии. Предложены механизмы, объясняющие указанное явление.

2. Показано, что скорость питтинговой коррозии азотсодержащих сталей с δ -ферритом повышается с увеличением количества этой фазы независимо от эквивалента PRE стали. Установлено, что зарождение и рост питтингов на поверхности сталей, содержащих от 15 до 42% δ -фазы, зависит от эквивалента PRE каждой из фаз.

3. Выявлены особенности строения сталей, изготовленных методом СЛС, определяющие характер протекания и скорость питтинговой коррозии материалов в исходном состоянии и после механической обработки, что может быть характерно для металла сварного шва, выполненного лазерной сваркой.

Достоверность и обоснованность результатов подтверждается использованием современного оборудования и методов исследований, корреляцией результатов коррозионных испытаний, полученных разными методами, в том числе натурными испытаниями в морской воде, и согласованием с литературными данными.

Практическая значимость работы

1. При участии Парменовой О.Н. разработаны и выпущены в виде нормативно-технической документации методики испытаний коррозионной стойкости, которые применяются для аттестации материалов.

2. Разработан подход, позволяющий ранжировать факторы стойкости к питтинговой и щелевой коррозии нержавеющих сталей аустенитного класса.

Диссертационная работа прошла хорошую апробацию, основные результаты докладывались на многочисленных конференциях, опубликованы в научных журналах из перечня ВАК и достаточно полно отражают содержание диссертации.

Диссертация написана и оформлена в соответствии с требованиями ВАК. Автореферат полностью соответствует содержанию диссертации.

Вопросы и замечания

1. Как проявляется гальванический эффект при питтинговой и щелевой коррозии нержавеющих сталей?
2. Вид диаграммы растяжения азотсодержащей хромомарганцевой стали в отличие от хромоникелевой (рис. 2.7) может свидетельствовать скорее о повышении ее хрупкости, чем об образовании α' -мартенсита. Проводился ли в данном случае, помимо магнитного метода, рентгеноструктурный фазовый анализ стали?
3. Результат испытания питтинговой коррозии азотсодержащей аустенитной стали с δ -ферритом, который показал, что коррозии подвержен аустенит, содержащий 7,67% никеля (табл. 3.2), находится в противоречии с выводом 2 к той же главе о том, что легирование стали никелем выше 7% снижает скорость питтинговой коррозии. К тому же из этой же таблицы видно, что в безникелевой стали аустенит имеет высокую коррозионную стойкость.

Заключение

Отмеченные недостатки не снижают общей положительной оценки диссертации Парменовой О.Н., которая является законченным научным исследованием. Представленная работа полностью соответствует требованиям, сформулированным в п. 9 Положения о присуждении ученых степеней, утвержденного постановлением Правительства РФ от 24 сентября 2013 г. № 842, и предъявляемым на соискание ученой степени кандидата технических наук, а сам автор Парменова Ольга Николаевна заслуживает присуждения искомой степени кандидата технических наук по специальности 05.16.09 – материаловедение (машиностроение).

профессор кафедры «Металловедение»,
Институт новых материалов и технологий (ИНМТ)
ФГАОУ ВО «Уральский федеральный университет
имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»
(ФГАОУ ВО УрФУ),

доктор технических наук, доцент
Березовская Вера Владимировна

620002, Екатеринбург, ул. Мира, 19,
+7(343)375-45-07; 375-46-09
375-97-78 (факс), rector@urfu.ru

Березовская В. В.

03.12.2019

Подпись Березовской В.В. удостоверяю.
Ученый секретарь УрФУ

Морозова В.А.

