

УДК 669.58+620.193:629.735.5

ИССЛЕДОВАНИЯ ВЛИЯНИЯ ЦИНКОВОГО ПОКРЫТИЯ НА КОРРОЗИОННУЮ СТОЙКОСТЬ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ГИДРОАВИАЦИИ

© 2012 А. А. Мельников, О. С. Бондарева, О. С. Киселева

Самарский государственный аэрокосмический университет
имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет)

Рассматривается влияние температуры на качество и коррозионную стойкость цинкового покрытия на кремнийсодержащих сталях. Для исследования использовались образцы из стали Ст3сп и 09Г2С. Результаты исследования позволили определить оптимальную температуру цинкования и получение высококачественных цинковых покрытий на кремнийсодержащих сталях.

Горячее цинкование, цинковое покрытие, кремнистые стали.

Проблема защиты металла от коррозии во всем мире является одной из важнейших технических проблем. Особое значение это имеет для материалов, используемых в гидроавиации. Морская вода содержит растворенные газы, соли, различные микроорганизмы и поэтому может считаться электролитом с повышенной коррозионной активностью. Использование цинковых покрытий является эффективным способом защиты материалов от коррозии. При этом такие покрытия имеют преимущество перед медными и медно-никелевыми в быстро движущейся жидкости.

Наилучшую защиту от коррозии обеспечивает диффузионный способ цинкования в расплаве цинка. Этот способ обладает рядом преимуществ и позволяет организовать широкое производство различных изделий. Скорость коррозии цинкового покрытия определяется его составом и структурой, что в свою очередь зависит от ряда факторов. Одним из них является химический состав стали и, в частности, содержание в ней такого элемента как кремний. Самым известным и широко распространенным способом защиты стальных конструкций от коррозии является горячее цинкование. Во многих странах мира

данный способ занимает ведущее место, благодаря сочетанию высокой экономической эффективности и повышения надежности конструкций.

К наносимому покрытию предъявляются следующие требования: оно должно быть беспористым, иметь прочное сцепление с основным металлом, быть пластичным, выдерживать внешние механические нагрузки и обладать достаточной стойкостью против коррозии. В настоящее время существует проблема нанесения цинкового покрытия на стали, содержащие большое количество кремния. Горячее цинкование металлоконструкций из сталей с содержанием кремния до 0,8-1% ведет к ухудшению качества покрытия, связанного с нарушением его сплошности, повышенной толщиной и плохой адгезией к основному металлу [1]. Устранение этих недостатков требует изменения технологии горячего цинкования. Таким образом, цель работы заключалась в исследовании влияния температурного режима на качество и коррозионную стойкость цинкового покрытия на кремнийсодержащих сталях.

Для исследования использовали образцы размером 150x150x3 мм из стали Ст3сп и 09Г2С, химический состав которых приведен в табл.1.

Таблица 1 - Химический состав исследуемых сталей

	C	Si	Mn	P	S	Cr	Ni
Ст3сп	0,14	0,23	0,47	0,019	0,019	0,03	0,04
09Г2С	До 0,12	0,61	1,3-1,7	До 0,035	До 0,04	До 0,3	До 0,3

Процесс жидкофазного цинкования

образцов проводили по схеме: обезжиривание, промывка, травление, промывка, флюсование, сушка, цинкование. Для обезжиривания использовали водный раствор тринатрийфосфата (50-70 г/л), затем образцы промывали в горячей воде (80-90°C) и травили в водном растворе соляной кислоты (180-200 г/л). После промывки в воде образцы флюсовали в растворе следующего состава (г/л): 550-650 хлористого цинка; 80-120 хлористого аммония; 1-2 эмульгатора ОП-10.

Офлюсованные образцы сушили при 120-180°C.

Цинкование образцов проводили на лабораторной установке на ОАО «Завод Продмаш» в диапазоне температур от 438°C до 468°C с шагом в 5°C. Время выдержки – 4 мин. Структуру и толщину покрытий определяли с помощью электронного микроскопа на шлифах, которые травили в 2%-ном растворе азотной кислоты в этиловом спирте. Результаты исследований представлены в табл.2 и 3 и на рис. 1 и 2.

Таблица 2 - Толщина покрытия на стали 09Г2С в зависимости от температуры цинкования

температура	Толщина покрытия в мкм		
	Центральная часть образца	Край образца	Среднее значение
438	82	92	87
443	123	120	121,5
448	157	90	123,5
453	145	151	148
458	178	120	149
463	169	129	149
468	205	212	208,5

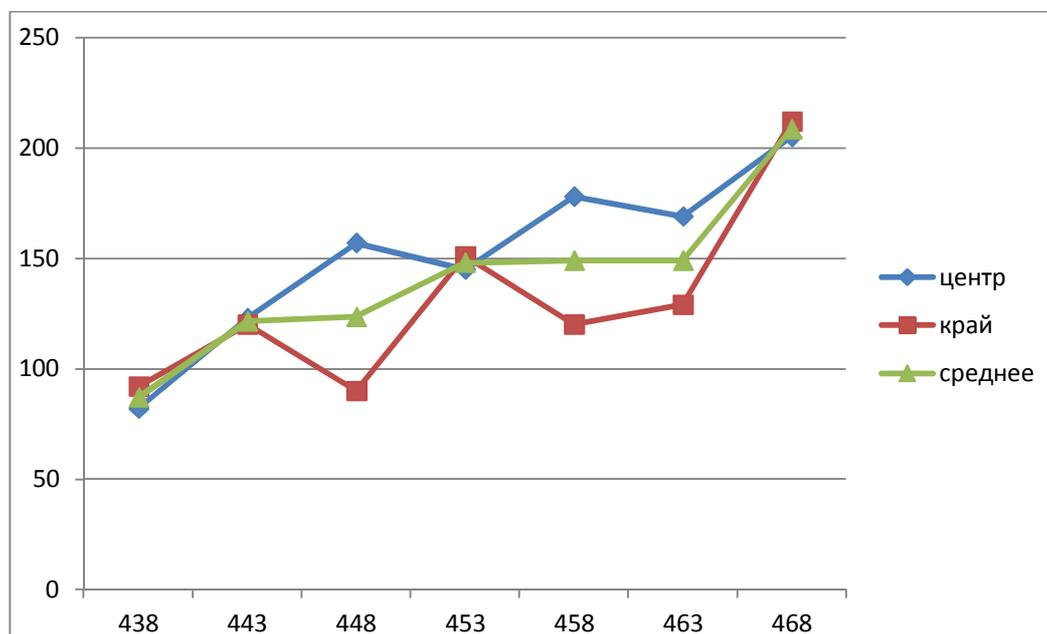


Рис. 1. Зависимость толщины цинкового покрытия на стали 09Г2С от температуры

Таблица 3 - Толщина покрытия на стЗсп в зависимости от температуры цинкования

температура	Толщина покрытия в мкм		
	Центральная часть образца	Край образца	Среднее значение
438	82	92	87
443	123	120	121,5
448	157	90	123,5
453	145	151	148
458	178	120	149
463	169	129	149
468	205	212	208,5

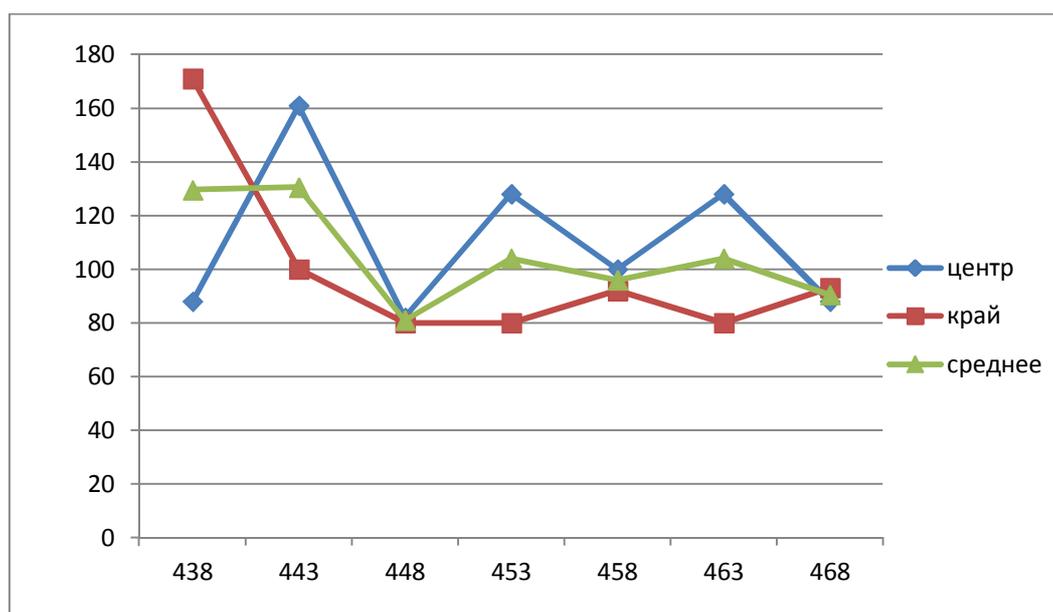


Рис. 2. Зависимость толщины цинкового покрытия на СтЗсп от температуры

Анализируя полученные данные, можно сделать вывод, что на сталях с высоким содержанием кремния (09Г2С) наблюдается значительное увеличение толщины покрытия с ростом температуры цинкования. Это приводит к увеличению расхода цинка. Кроме того, структура покрытия для всех образцов с повышенным содержанием кремния отличается преобладающим развитием ϵ -фазы (табл. 4). При этом столбчатые кристаллы фазы ϵ могут выходить на поверхность покрытия и

придавать ему серый цвет. Известно, что коррозионная стойкость и пластичность таких покрытий пониженная [2]. Анализ толщины отдельных фаз в структуре цинкового покрытия показывает, что до 80-86% толщины покрытия приходится на ϵ -фазу, которая образуется первой и в последующем подавляет рост Γ -фазы и β -фазы. ϵ -фаза имеет выраженную столбчатую и пористую структуру и характеризуется хрупкостью и плохой адгезией к основе.

Таблица 4 - Распределение ϵ -фазы и β -фазы по толщине покрытия на стали 09Г2С в зависимости от температуры цинкования

Тем-ра, °C	Толщина покрытия, мкм	Толщина β -фазы, мкм	Толщина ϵ -фазы, мкм	доля ϵ фазы, %
438	81,7	12	69,7	85,3
443	96	18	78	81,1
448	125	20,8	104,2	83,3
453	149	33	116	77,8

458	176	38,2	137,8	78,3
463	200	43,2	156,8	78,4
468	224	30,2	193,8	86,5

Зависимость толщины покрытия и отдельных фаз от температуры представлена на рис.3.

Цинковое покрытие на стали СтЗсп (Si-0,23%) имеет совершенно другую структуру (рис.4).

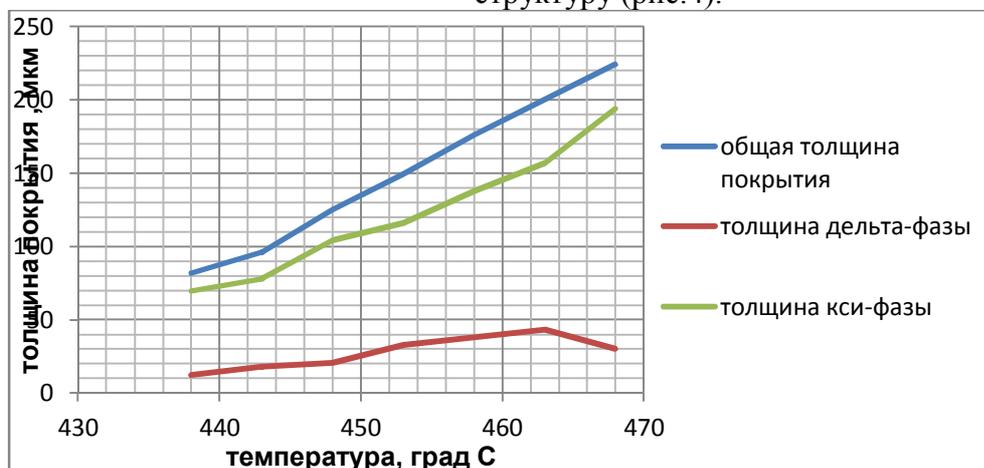


Рис. 3 Зависимость толщины цинкового покрытия на стали 09Г2С от температуры.

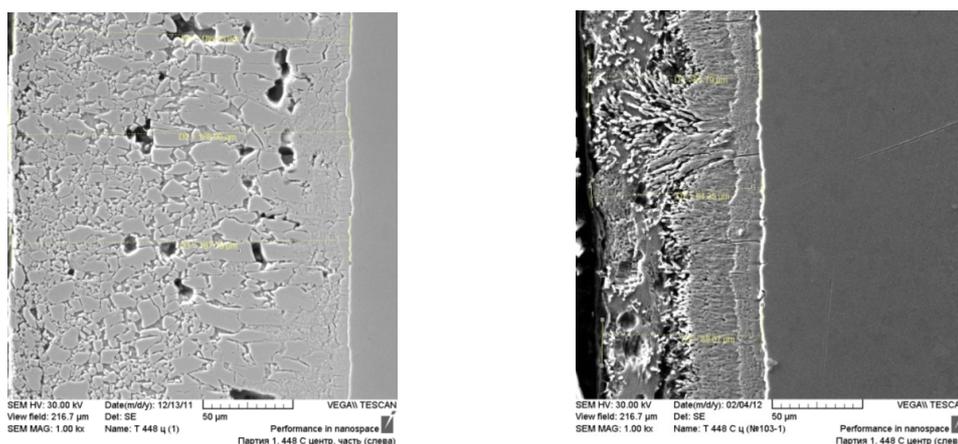


Рис. 4 Структура цинкового покрытия на после цинкования при 448°C на СтЗсп (слева) и 09Г2С (справа)

При одинаковой температуре (448°C) общая толщина покрытия на стали СтЗсп гораздо меньше, чем на стали 09Г2С, порядка 100мкм. Это существенно экономит расход цинка. Принципиально другое строение имеет δ -фаза, кристаллы ее мельче и выходят на поверхность не везде, а только местами. Доля δ -фазы в общей толщине покрытия около 50%, появляется ярко выраженная фаза чистого цинка на поверхности, который дает красивый блеск покрытию и повышает коррозионную стойкость. Повышение температуры процесса не ведет к резкому увеличению толщины покрытия.

Испытания на коррозию проводились в нейтральной соляной атмосфере. Образцы с толщиной покрытия 80 мкм находились в камере в течении 500 часов, следов коррозии не обнаружено.

Выводы

1. Исследование структуры образцов с помощью растрового электронного микроскопа позволило получить зависимость толщины цинкового покрытия от температуры процесса, а также установить его фазовый состав.

2. На сталях с повышенным содержанием кремния (09Г2С) до 80-86% толщины покрытия приходится на δ -фазу,

которая образуется первой и в последующем подавляет рост Г-фазы и б-фазы.

3. Результаты исследований позволили определить оптимальный температурный режим цинкования для используемого состава цинкового расплава и обеспечить получение качественных цинковых покрытий на кремнийсодержащих сталях.

Библиографический список

1. Парамонов, А.В. Проблемы производства горячеоцинкованных металлоконструкций [Текст] / А.В. Парамонов // *Металлург*. 2010, №11. С 82-84.
2. Проскуркин, Е.В. Цинкование: Справочник [Текст] / Е.В. Проскуркин, под ред. Е. В. Проскуркина - М.: *Металлургия*, 1988. - 528 с.

RESEARCH THE INFLUENCE OF ZINC COATING ON CORROSION RESISTANCE OF MATERIALS FOR HYDROAVIATION

© 2012 A. A. Melnikov, O. S. Bondareva, O. S. Kiseleva

Samara State Aerospace University
named after academician S.P. Korolyov (National Research University)

Purpose of this work was to study the influence of temperature on the quality and corrosion resistance of zinc coatings on silicon-containing steels. For the studies we used samples of steel St3sp and 09G2S. The research results allowed to determine the optimum temperature dip zinc coating and to obtain high-quality zinc coatings on silicon-containing steels.

Hot-dip zinc-plating, zinc coating, silicon steel.

Информация об авторах

Мельников Алексей Александрович, кандидат технических наук, доцент, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: melnickov.alex@yandex.ru. Область научных интересов: металловедение, порошковая металлургия, электронная микроскопия.

Бондарева Ольга Сергеевна, магистрант, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: osbond@yandex.ru. Область научных интересов: металловедение, горячее цинкование, электронная микроскопия.

Киселева Ольга Сергеевна, аспирант, Самарский государственный аэрокосмический университет имени академика С.П. Королёва (национальный исследовательский университет). E-mail: kiseleva_itf@mail.ru. Область научных интересов: металловедение, горячее цинкование.

Melnikov Alexey Aleksandrovich, candidate of technical science, associate professor, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: melnickov.alex@yandex.ru. Area of research: metallurgy, powder metallurgy, and electron microscopy.

Bondareva Olga Sergeevna, student, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: osbond@yandex.ru. Area of research: metallurgy, hot dip galvanized, electron microscopy.

Kiselyova Olga Sergeevna, graduate student, Samara State Aerospace University named after academician S.P. Korolyov (National Research University). E-mail: kiseleva_itf@mail.ru. Area of research: metallurgy, hot dip galvanized.