

К вопросу образования пористости при сварке стальных конструкций с антикоррозионным цинковым покрытием

03, март 2015

Шатов А. П.^{1,*}

УДК: 621.6.06; 621.6.076; 621.6.073.5

¹Россия, МГТУ им. Н.Э. Баумана

^{*}mt3@bmstu.ru

Для защиты от коррозии сварных элементов стальных конструкций, в том числе трубопроводов, резервуаров, опор электропередач и т.д., применяются различные антикоррозионные покрытия, в том числе из цинка. Цинковое покрытие чаще всего наносится газопламенным напылением или электродуговой металлизацией, или горячим цинкованием /1,4,5-7/.

При сварке стальных изделий с цинковым покрытием применяют сварку плавящимся электродом в углекислом газе, ручную дуговую сварку электродами. Однако при сварке различных конструкций с защитным цинковым покрытием в сварном шве могут образовываться такие дефекты как поры, непровары, трещины / 1/.

В результате проведения многочисленных исследований по сварке стали с цинковым покрытием /1,4-7/ разработаны строительные нормы и правила СНиП 2. 03.11- 85, в которых предусмотрено, в зависимости от агрессивности среды, наносить на стальные конструкции покрытия, полученные: горячим цинкованием толщиной 60 – 100 мкм., металлизационным распылением толщиной 120-250 мкм..

По вопросу влияния защитных цинковых покрытий на образование пор в швах, полученных при сварке таких конструкций, существуют противоречивые мнения/1,3,4,5,7/

В данной работе приведены результаты исследований при сварке образцов с различной толщиной цинкового покрытия, полученных металлизацией и горячим цинкованием /1/.

При исследовании пористости сварных швов применялась методика, изложенная в работе /1, 3/. Эксперименты выполняли, в том числе на стальных пластинах размером 200x50мм и толщиной 5-6 мм, изготовленных из стали марки Ст20, с различной толщиной цинкового покрытия. Химический состав стальных образцов в %: С = 0,20; Мп = 0,55; Si = 0,18; Р=0,023; S = 0,040. Наплавку и сварку производили на пластинах с различной толщиной цинкового покрытия, которая контролировалась толщиномерами МИП-10 и Elcometr 456 F (Великобритания) и весовым методом. Наплавку осуществляли в углекислом газе с использованием сварочной головки ТСГ – 7М, конструкции МГТУ им. Н.Э.

Баумана, с применением электродной проволоки Св -08Г2С(C=0,12%; Mn = 1,76%;Si=0,72%) диаметром 1,0 мм, на постоянном токе обратной полярности на параметрах режима: $I_{св} = 120-130$ А, $U_d = 20-21$ В, $v_{св} = 15$ м/ч, $I_b = 15$ мм, расход углекислого газа – 900 л/ч. Пористость металла швов определяли рентгенографированием (рис.1) по числу пор отнесенных к 100 мм. длины шва.

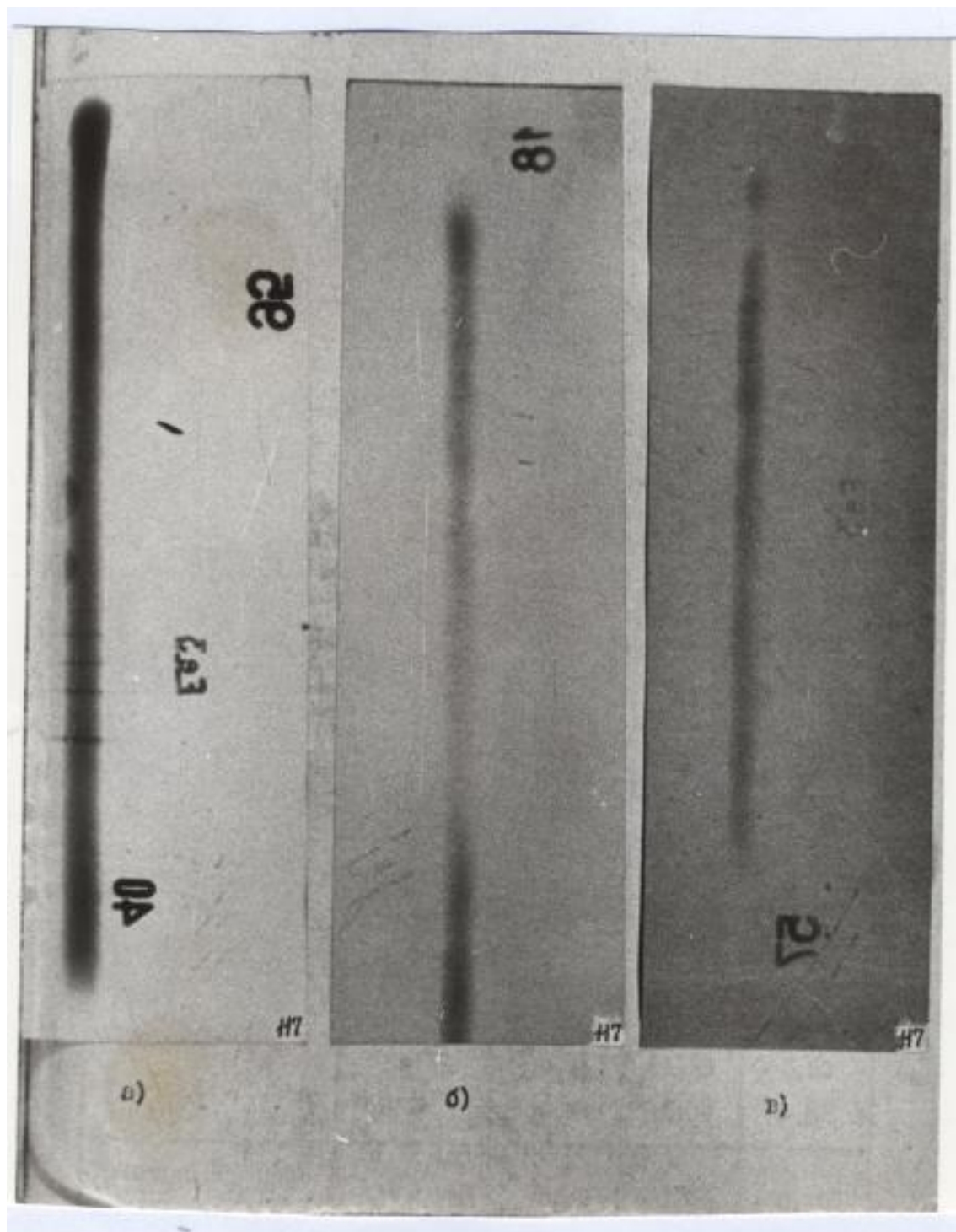
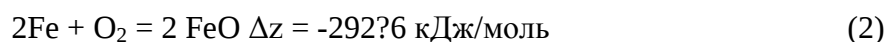
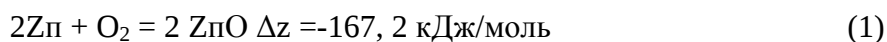
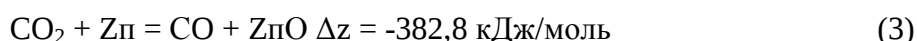


Рис.1 Рентгенограммы наплавки валиков на стальные пластины без покрытия (а),и с цинковым покрытием толщиной 60-100 мкм.(б), 250-300 мкм.(в)

При сварке в углекислом газе цинк, расположенный на поверхности пластин, может испаряться ($T_{\text{исп}}=906^{\circ}\text{C}$), окисляться и частично растворяться в жидком металле сварочной ванны. Раскислительная способность цинка невелика, как показывают величины изменение изобарного потенциала протекания реакции при температуре сварочной ванны ($T=1600^{\circ}\text{C}$) выше, чем у железа.



Проведенные результаты экспериментов (табл.1) показывают, что наличие цинка на поверхности стальных образцов заметно снижает в зоне сварки окисление углерода, марганца и кремния, что повышает их содержание в металле шва. Цинковые пары под действием тепла сварочной дуги вступают во взаимодействие с углекислым газом:



В результате реакции (3) образуется восстановительный газ CO и тем самым снижается общий окислительный потенциал защитного газа (табл.1)

Таблица 1.

Объект исследования	Толщина цинкового покрытия, мкм	Химический состав наплавов, % C Mn Si
Наплавка электродной проволокой в исходном состоянии.	0	0,14 1,16 0,60
	60	0,14 1,27 0,60
	130	0,15 1,27 0,61
	300	0,15 1,30 0,64
Наплавка электродной проволокой, обработанной в ацетоне и наждачной бумагой	0	0,12 1,18 0,52
	130	0,14 1,30 0,55
Наплавка вакуумированной электродной проволокой	0	0,10 1,22 0,59
	60	0,10 1,38 0,65
Наплавка наводороженной электродной проволокой	0	0,13 1,22 0,56
	60	0,13 1,22 0,56
	130	0,14 1,23 0,57
	300	0,14 1,33 0,65

При определении влияния цинка при наплавке валиков на пластины, расположенных в нижнем положении, пор на рентгенограммах наплавов не обнаружено (рис.1), что объясняется благоприятными условиями дегазации металла сварочной ванны при кристаллизации, в то же время металл наплавов, выполненных на стальных пластинах, [расположенных под углом 45° по отношению к головке электродной проволоки, содержал большое количество пор, что объясняется нарушением газовой защиты зоны сварки, вызванной мощным потоком испарения цинкового покрытия, что создают условия благоприятные для попадания в расплав сварочной ванны кислорода и азота воздуха из окружающей среды (рис.2)/1/.

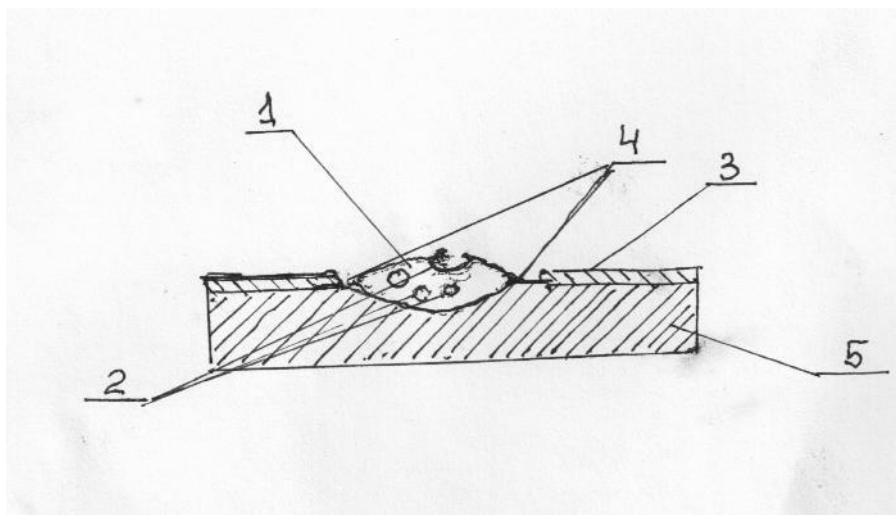
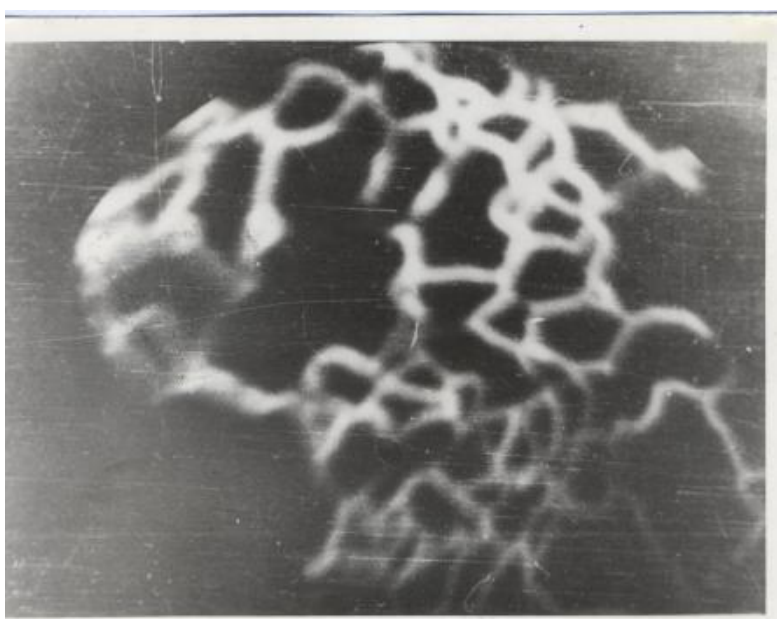


Рис.2 Схема расположения пор в поперечном сечении наплавки валика на стальную пластину, покрытую цинком и расположенную под углом по отношению к сварочной горелке (1- наплавка, 2 – поры, 3 – цинковое покрытие, 4- зона термического влияния, 5 – основной металл).

Результаты проведенных опытов показывают, что поры в металле шва образуются в тех случаях, когда поток, испаряющегося цинка, направлен под углом по отношению сварочной головке, что имеет место при сварке плавящимся электродом в углекислом газе оцинкованных стальных элементов различных конструкций при выполнении тавровых, угловых соединений и корневых швов с V – разделкой кромок.

При сварке стали с цинковым покрытием в металле шва образуются по границам зерен легкоплавкие железоцинковые прослойки, которые могут явиться причиной образования горячих трещин (рис.3)/1/.



x400

Рис.3 Образование легкоплавких железоцинковых эвтектик при сварке стальных образцов с цинковым покрытием.

Для оценки влияния водорода на образование пор в металле швов были выполнены на стальных образцах с цинком и без него, механизированная сварка в углекислом газе электродными проволоками, предварительно подвергнутых различным видам обработки /1/. Наводораживание электродной проволоки осуществлялось на установке, изображенной на рис.4.

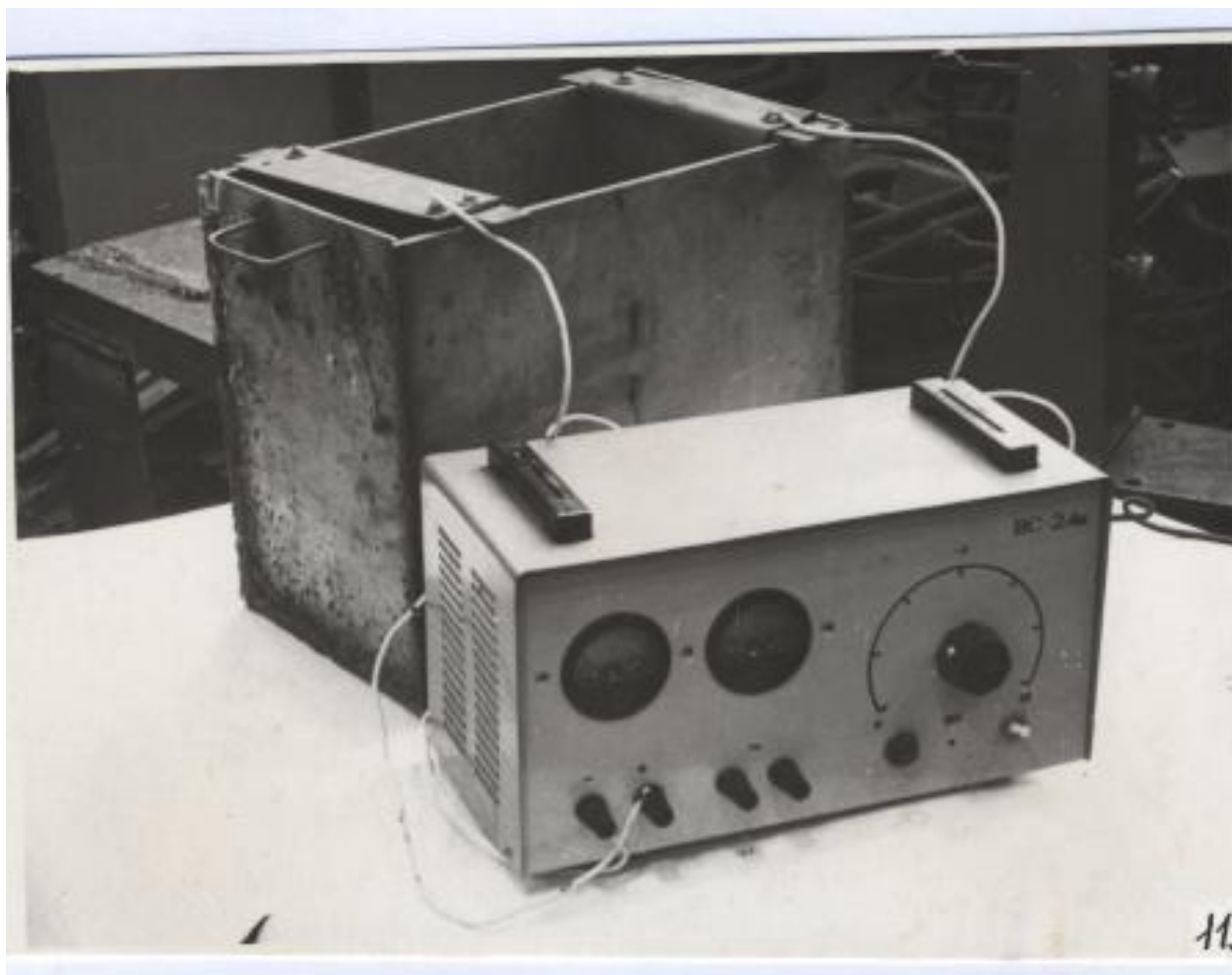


Рис.4. Установка для наводораживания электродной проволоки в децимолярном растворе серной кислоты с добавкой 0,001% As

Содержание водорода в электродных проволоках оценивалось по диффузионному водороду (рис.5), выделяющемуся из металла наплавов, выполненных при наплавке проволоками в массивную медную охлаждаемую водой форму (табл.2).

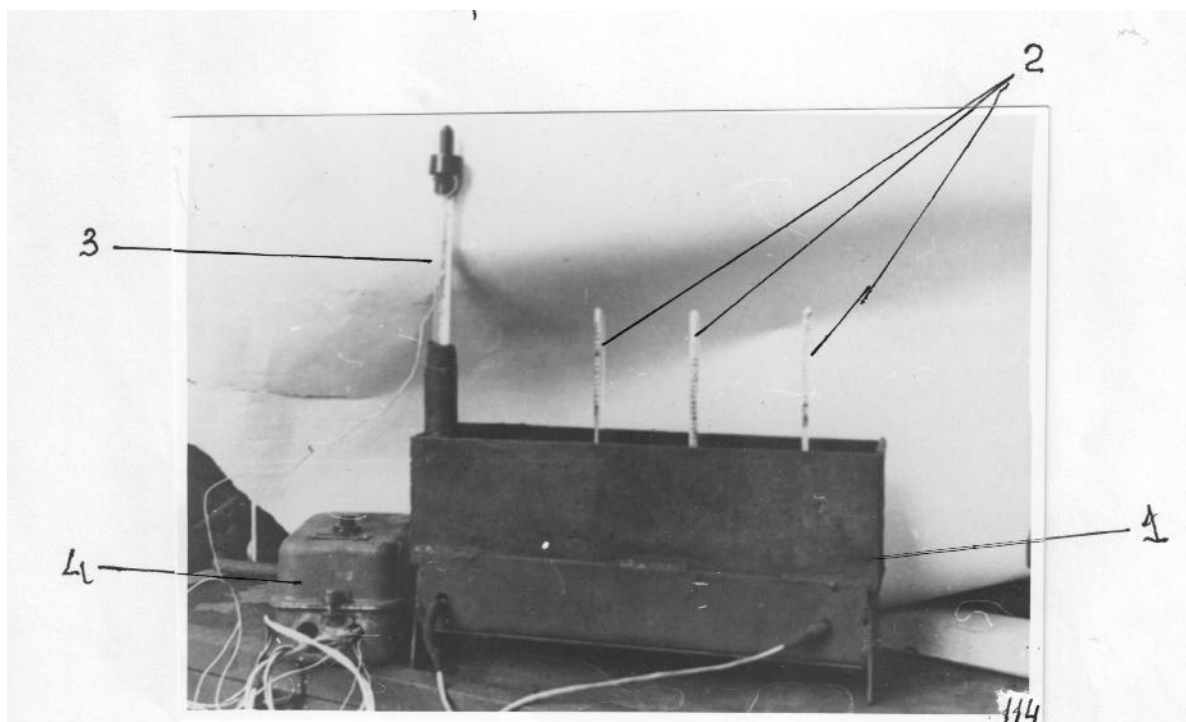


Рис.5. Устройство для определения остаточного водорода в наплавках, полученных при сварке в углекислом газе электродной проволокой Св-08Г2С медной охлаждаемой форме:

1 ванна с глицерином, 2 – тарировочные эвдиометры для определения остаточного водорода в наплавке, 3 – термометр, 4 – электрический контактор с прерывателем, 5 - электрическое устройство для подогрева ванны с глицерином.

Таблица 2. Зависимость содержания диффузионного водорода в наплавках в зависимости от способов обработки электродной проволоки

Способ обработки электродной проволоки	Выделение диффузионного водорода, см ³ /100г. металла наплавки
1	2
В исходном состоянии без обработки.	7,6
Обезжиренной в ацетоне и зачищенной наждачной бумагой.	1,9
Обезжиренная в ацетоне и прокаленная при температуре T=245 ⁰ C в течение 3 ч.	1,9
Подвергнутая катодному наводороживанию в децимолярном растворе серной кислоты с добавкой 0,001 As.	26,8
Вакуумированная при температуре 750 ⁰ C, разрежение вакуума – 10 ³ мм. рт. Столба, в течение 60 мин.	0,7

Как показано в табл.2, содержание диффузионного водорода, выполненной вакуумированной проволокой, было в 38 раз меньше, чем при наплавке, полученной наводороженной электродной проволокой. Установлено, что металл наплавки, выполненных на

стальных пластинах с различной толщиной цинкового покрытия всеми видами предварительной обработки электродной проволоки не содержал пор (рис1).

Выводы.

1. Проведенное исследование показало, что наплавки, полученные при механизированной сварке в углекислом газе, с применением электродных проволок с различными способами предварительной обработки, при сварке с различной толщиной цинкового покрытия не выявили на рентгенограммах наплавов наличие пор.
2. Содержание диффузионного водорода в наплавках в медную охлаждаемую форму, полученных предварительно при различных способах обработки электродной проволоки показало, что наплавки, полученные вакуумированной электродной проволокой содержали, в 38 раз меньше диффузионного водорода, чем в наплавках выполненных наводороженной электродной проволокой.
3. Установлено, что при сварке стальных пластин с различной толщиной цинкового покрытия, предварительно обработанных различными способами электродной проволоки, наблюдалось отсутствие пор в наплавках.
4. Проведенные опыты показали, что при наплавке пластин под углом 45^0 по отношению к сварочной горелке, отмечено интенсивное образование пор, из-за нарушения газовой защиты, вызванное испаряющимся потоком цинка и приводящего к попаданию в расплавленную сварочную ванну кислорода и азота воздуха из окружающей атмосферы. Поэтому необходимо это учитывать при сварке при выполнении угловых и тавровых соединений, а также при выполнении корневого шва с разделкой кромок, содержащих цинковое покрытие на них.

Список литературы

1. Шатов А.П., Стеклов О.И., Ступников В.П. Сварка и ремонт металлических конструкций по противокоррозионным покрытиям (2-е издание) / Учебное пособие. М: Изд-во МГТУ им. Н.Э.Баумана. 2014. 152 стр.
2. СП 28.13330.2012. Свод правил. Защита строительных конструкций от коррозии. Актуализированная редакция СНиП 2.03.11-85 (утв. Приказом Минрегиона России от 29.12.2011 N 625). Protection against corrosion of construction СП 28.13330.2012. Дата введения 1.01. 2013. Режим доступа: http://uristu.com/library/tekhnicheskie-normativy/snip/snip_556/ (Дата обращения: 16.01.15)
3. Новожилов Н.М. Основы металлургии дуговой сварки в газах. М.: Машиностроение, 1979, 231 с
4. Слущкая Т.М. Сварка оцинкованной и алитированной стали. // Автоматическая сварка, 1979, №7, с.39-41
5. Костенко Б.А. Дуговая сварка оцинкованных сталей. // Сварочное производство, 1969, №1, 53-54.

6. Boekholt R. The welding of galvanized and rich painted steel./ Edited Proc. 7-th "International Conference Hot Dip Galvaniz" Paris, 1964,s.342-367.
7. Gregori E.N. Fusion welding of zink coated steel./ Etided Proc. 9-th "International Conference Hot Dip Galvaniz" Dusseldorf, 1970, s.355-386.