УДК 620.193.2:669.14-413 DOI: 10.33622/0869-7019.2020.10.04-08

Коррозионная стойкость стального тонколистового оцинкованного проката

Геннадий Владимирович ОНОСОВ, кандидат химических наук, зав. лабораторией коррозионной защиты, e-mail: g.onosov@stako.ru

Наталья Геннадьевна СИЛИНА, исполнительный директор, e-mail: n.silina@stako.ru

ЗАО «ЦНИИПСК им. Мельникова», 117997 Москва, ул. Архитектора Власова, 49

Аннотация. *Проанализировано содержание российских и зарубежных нормативных стандартов по направлению «Коррозионная стойкость стального тонколистового оцинкованного проката». Приведены справочная информация по скорости коррозии цинковых покрытий и терминология по степени агрессивного воздействия среды. Представлено сопоставление степеней агрессивного воздействия среды в отечественных и европейских нормах. Выполнено сравнение степеней агрессивного воздействия среды и коррозионных категорий. Дана оценка информации о скорости коррозии цинковых покрытий, приводимой в зарубежных источниках. Подчеркнуто, что скорость коррозии цинковых покрытий согласно российским научно-техническим источникам не превышает скорости коррозии, приведенной в зарубежных нормативных документах. Констатируется, что причиной появившейся в последнее время информации о якобы завышенной скорости коррозии цинковых покрытий, принятой в России, стало некорректное сопоставление степеней агрессивного воздействия, используемых в нашей стране и за рубежом. Для устранения противоречий в толковании принятой терминологии изложена информация для проектировщиков, производителей металлоконструкций и широкого круга специалистов.*

Ключевые слова: *коррозионная стойкость стального тонколистового проката, степень агрессивного воздействия среды, скорость коррозии цинковых покрытий, коррозионная категория, нормативная документация в области защиты от коррозии.*

CORROSION RESISTANCE OF GALVANIZED STEEL THIN SHEET ROLLED PRODUCTS

Gennady V. ONOSOV, e-mail: g.onosov@stako.ru

Natalya G. SILINA, e-mail: n.silina@stako.ru

Melnikov Central Research and Design Institute of Steel Structures, ul. Arkhitektora Vlasova, 49, Moscow 117997, Russian Federation

Abstract. *The content of national and foreign regulatory documents relating to "Corrosion resistance of galvanized steel thin sheet rolled product" is analyzed. Reference information on the zinc coatings corrosion rate and terminology for the degree of aggressive environmental impact is provided. The comparison of aggressive environmental impact degrees in national and European regulatory documentation is presented. The comparison of aggressive environment impact degrees and corrosion categories is performed. The information about the corrosion rate of zinc coatings given in foreign sources is evaluated. It is emphasized that the rate of corrosion of zinc coatings according to Russian scientific and technical sources does not exceed the rate of corrosion given in foreign regulatory documents. It is stated that the reason for the recent information about the allegedly overestimated zinc coatings corrosion rate adopted in the Russian Federation is an incorrect comparison of the degrees of aggressive impact adopted in the Russian Federation and abroad. To eliminate contradictions in the interpretation of the accepted terminology, information for designers, manufacturers of metal structures and wide range of specialists is provided.*

Key words: *corrosion resistance of steel sheet rolled product, degree of aggressive environmental impact, zinc coatings corrosion rate, corrosion category, regulatory documentation in the field of protection against corrosion.*

Конструкции из стального тонколистового проката, в том числе защитные цинковые покрытия на их поверхности, подвержены значительной коррозии, если их поверхности увлажнены. Скорость и характер коррозии зависят от образующейся на покрытии пленки влаги, а также концентрации и типа загрязняющих веществ в атмосфере. Одним из основных загрязняющих веществ является диоксид серы. Данное загрязнение присуще для атмосферы сельских, городских, промышленных территорий и морской атмосферы. Еще важный фактор для коррозии — температура.

Учитывая противоречия в толковании принятой терминологии, подготовлена справочная информация для проектировщиков, производителей и изготовителей металлоконструкций.

Коррозионная категория и степень агрессивного воздействия среды

В последние два десятилетия в нашей стране имеет широкое распространение зарубежная нормативная документация, включая информацию по скорости коррозии цинковых покрытий и терми-

© ОНОСОВ Г. В., СИЛИНА Н. Г., 2020

нологию по степени агрессивного воздействия среды (коррозионной категории). ГОСТ ISO 9223—2017 «Коррозия металлов и сплавов. Коррозионная агрессивность атмосферы. Классификация, определение и оценка» разработан с учетом ISO 9223:2012 [1].

Согласно этому ГОСТ установлены пять коррозионных категорий, или условий эксплуатации с различной агрессивностью среды. Каждой из них соответствует определенная загрязненность воздушной среды диоксидом серы SO_2 *(табл. 1).*

1. Степень агрессивного воздействия среды

Коррозионная категория, агрессивность	Концентрация SO_2, мг/м^3
С1, очень низкая	*
С2, низкая	Менее 0,005
С3, средняя	Свыше 0,005 до 0,03
С4, высокая	Свыше 0,03 до 0,09
С5, очень высокая	Свыше 0,09 до 0,25
Сх, экстремально высокая	Свыше 0,25

* Сухие или холодные регионы, атмосферная среда с низким уровнем загрязнения и временем воздействия влажности, например, некоторые пустыни, Центральная Арктика / Антарктика.

Классификация агрессивного воздействия среды, которая для эксплуатирующихся на открытом воздухе конструкций определяется концентрациями агрессивных газов и температурно-влажностными характеристиками воздуха, приведена в СНиП II-28-73 «Защита строительных конструкций от коррозии». В соответствии со СНиП II-28-73 и более поздними нормативами по данному направлению (СНиП 2.03.11-85, СП 28.13330.2012, СП 28.13330.2017) существуют четыре степени агрессивного воздействия среды:

- неагрессивная;
- слабоагрессивная;
- среднеагрессивная;
- сильноагрессивная.

В СНиП 2.03.11-85 были изложены основополагающие требования по защите от коррозии металлоконструкций, сопоставимые с аналогичными зарубежными документами.

В 2020 г. вступило в силу изменение № 2 к СП 28.13330, в котором для расширения областей применения металлоконструкций из стального тонколистового оцинкованного проката была дополнена существовавшая более 47 лет классификация агрессивного воздействия среды. В прежней системе классификации агрессивность среды на открытом воздухе определялась зоной влажности размещения металлоконструкций по СП 50.1330.2012 «СНиП 23-02-2003 Тепловая защита зданий» и концентрацией содержащихся в атмосферном воздухе агрессивных газов. В зависимости от вида и концентрации газов раньше было четыре группы: А, Б, В, Г.

В новой классификации агрессивность среды на открытом воздухе устанавливается продолжительностью увлажнения поверхности фазовой пленкой влаги по ГОСТ 9.039—74 «Единая система защиты от коррозии и старения. Коррозионная агрессивность атмосферы» и концентрацией содержащихся в атмосферном воздухе агрессивных газов. Появилась градация по продолжительности увлажнения поверхности фазовой пленкой влаги, а именно: до 1000, от 1000 до 2500 и свыше 2500 ч/год. Вместо принятых ранее соответственно сухой, нормальной и влажной зон влажности.

Группа газов А поделена на две части: А1 и А2. В группе газов А1 концентрации агрессивных газов соответствуют среднесуточным значениям ПДК загрязняющих веществ в атмосфере городских и сельских поселений по ГН 2.1.6.3492-17 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) загрязняющих веществ в атмосферном воздухе городских и сельских поселений». В группе газов А2 концентрации загрязняющих веществ находятся в интервале от концентраций газов группы А1 до концентраций газов, соответствующих группе газов В.

С введением групп газов А1 и А2 изменилась классификация агрессивного воздействия среды, добавились две слабоагрессивные степени. Согласно изменению № 2 к СП 28.13330 степени агрессивного воздействия среды следующие:

- неагрессивная;
- слабоагрессивная-1;
- слабоагрессивная-2;
- среднеагрессивная;
- сильноагрессивная.

При продолжительности увлажнения поверхности фазовой пленкой влаги от 1000 до 2500 ч/год на открытом воздухе в зависимости от содержания в атмосферном воздухе диоксида серы металлоконструкции подвергаются агрессивному воздействию *(табл. 2).*

Сравнение степеней агрессивного воздействия среды и коррозионных категорий

Сравнение *степеней агрессивного воздействия среды* по СП 28.13330 и коррозионных категорий по ГОСТ ISO 9223 в зависимости от содержания в атмосферном воздухе диоксида серы *(см. табл. 1 и 2)* представ-

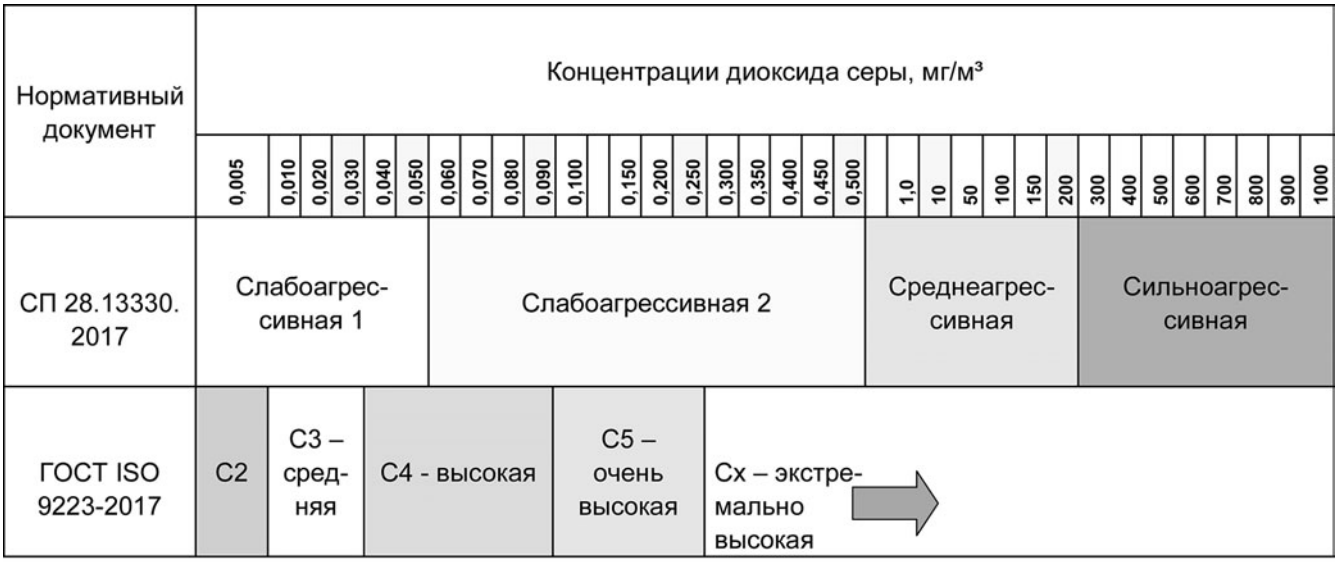

Рис. 1. ***Сопоставление степеней агрессивного воздействия среды в зависимости от концентрации в атмосферном воздухе SO_2***

лено на *рис. 1* с учетом размещения на открытом воздухе при продолжительности увлажнения поверхности фазовой пленкой влаги от 1000 до 2500 ч/год.

Как видно из *рис. 1*, коррозионные категории С2, С3 и часть коррозионной категории С4 «высокая» по ГОСТ ISO 9223 до концентрации SO_2 0,05 мг/м^3 соответствуют среде со степенью воздействия «слабоагрессивная-1» по СП 28.13330.

Часть коррозионной категории С4 по ГОСТ ISO 9223 (концентрация SO_2 от 0,05 до 0,09 мг/м^3), коррозионная категория С5 «очень высокая» и часть коррозионной категории Сх «эксремально высокая» (концентрация SO_2 от 0,25 до 0,5 мг/м^3) соответствуют среде со степенью воздействия «слабоагрессивная-2» по СП 28.13330.

Часть коррозионной категории Сх «экстремально высокая» по ГОСТ ISO 9223 (концентрация SO_2 от 0,5 до 200 мг/м^3) соответствует среде со степенью воздействия «среднеагрессивная» по СП 28.13330.

Сравнение *скоростей коррозии цинковых покрытий* в зависимости от содержания в атмосферном воздухе диоксида серы SO_2 приведено на гистограмме *(рис. 2)*.

2. Степень агрессивного воздействия среды в соответствии с изменением № 2 к СП 28.13330.2017

Степень	Концентрация SO_2, мг/м^3
Слабоагрессивная-1	Менее 0,05
Слабоагрессивная-2	Свыше 0,05 до 0,5
Среднеагрессивная	Свыше 0,5 до 200
Сильноагрессивная	Свыше 200 до 1000

3. Скорость коррозии цинковых покрытий по ISO 9224:2012

Коррозионная категория	Концентрация SO_2, мг/м^3	Средняя скорость коррозии цинка за 10 лет, мкм/год
С1	*	До 0,07
С2	Менее 0,005	Свыше 0,07 до 0,5
С3	Свыше 0,005 до 0,03	Свыше 0,5 до 1,4
С4	Свыше 0,03 до 0,09	Свыше 1,4 до 2,7
С5	Свыше 0,09 до 0,25	Свыше 2,7 до 5,5
Сх	Свыше 0,25	Свыше 5,5 до 16

* См. разъяснение к *табл. 1.*

Данные по скорости коррозии цинковых покрытий по ISO 9224 [2] представлены в *табл. 3*, по СП 28.13330 — в *табл. 4*.

Для построения гистограммы использованы данные *табл. 3 и 4*, а также промежуточные значения скоростей коррозии, рассчитанные методом интерполяции *(табл. 5)*.

Как видно из *табл. 5* и гистограммы *(см. рис. 2)*, во всех случаях значения скорости коррозии цинка по ISO 9224 выше значений по СП 28.13330.

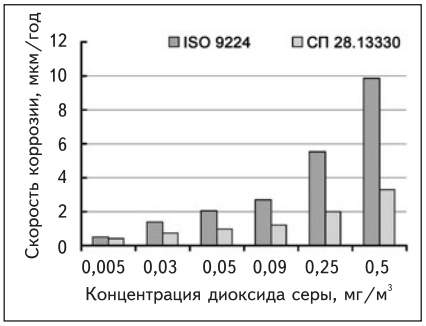

Рис. 2. ***Сравнительные данные по скорости коррозии цинковых покрытий***

Комментарии

Многие литературные источники приводят сведения о низких скоростях коррозии цинковых покрытий и сроке их службы более 100 лет. В этом есть некоторая доля лукавства. Например, в одной из публикаций [3] сообщается, что во влажном климате Флориды (Майами), США, были проведены испытания цинковых покрытий (класса Z180) толщиной 29 мкм в течение семи лет. Установлено, что скорость коррозии составляет 0,14 мкм/год, а прогнозируемый срок службы покрытия — 305 лет. Условия размещения образцов с покрытиями — на чердаке под коньком одноэтажного здания с каркасом из стального тонколистового оцинкованного проката. Здание находится в нескольких милях от побережья.

Давайте проанализируем эту информацию и проверим, насколько она достоверна:

• цинковое покрытие Z180 имеет толщину 29 мкм. Так ли это? Цинковое покрытие Z180 соответствует цинковому покрытию массой 180 г/м^2 на двух сторонах листа, т. е. на одной стороне масса цинка 90 г/м^2. При плотности цинкового покрытия 7,14 г/см^3 толщина цинкового покрытия составляет примерно 13 мкм (90 : 7,14 = 12,6). Имеем покрытие толщиной 13 мкм, а не 29 мкм — это первая неточность;

• нет данных, что в воздухе практически отсутствовал диоксид серы — основной «виновник» коррозии цинковых покрытий. Известно, правда, что это недалеко от побережья, где агрессивные газы при ветре с Атлантики должны практически отсутствовать;

• говорится о прогнозируемом сроке службы 305 лет при толщине цинкового покрытия 13 мкм и скорости коррозии 0,14 мкм/год. Проверим: 13 : 0,14 = 92,8 получается 93 года, а не 305 лет. Это третий случай неточности;

• возможен ли срок службы более 80—100 лет у нас в стране? Да, возможен. Главное, чтобы в воздухе практически не было диоксида серы. Такое может быть, например, в сельской местности.

Возьмем простую известную формулу для расчета скорости коррозии металлов из книги Ю. Н. Михайловского [4]

$$M = [a \cdot (C_{SO2})^n + B \cdot C_{Cl^-}/2]\, \Sigma t_ф.$$

где M — средняя величина коррозии за год, г/(м^2·год); $a10^3$ = 51 г/(м^2·ч); n = 0,75; C_{SO2} — средняя концентрация диоксида серы в атмосфере, мг/м^3; $B10^3$ = 1,2 г/(м^2·ч); C_{Cl^-} — среднее годовое оседание хлоридов, мг/(м^2·сут); $\Sigma t_ф$ — суммарное время нахождения на металле фазовой пленки воды, возникающей при выпадении дождя, мокрого снега, тумана и росы, ч/год.

Расчеты показывают следующее. Например, на открытом воздухе в сельской местности при содержании в атмосфере SO_2 0,01 мг/м^3 скорость коррозии цинка в г. Верхоянске будет 0,87 г/(м^2·год), или 0,12 мкм/год (0,87 : 7,14 = 0,12), а срок службы покрытия тол-

4. Скорость коррозии цинковых покрытий по СП 28.13330.2017

Степень агрессивного воздействия среды в соответствии с изменениями № 1, 2 к СП 28.13330	Концентрация SO_2, мг/м^3	Максимальная скорость коррозии цинка, мкм/год
Неагрессивная*	*	*
Слабоагрессивная-1	Менее 0,05	1
Слабоагрессивная-2	Свыше 0,05 до 0,5	3,3
Среднеагрессивная	Свыше 0,5 до 200	35
Сильноагрессивная	Свыше 200 до 1000	Свыше 35

* В СП 28.13330 для условий на открытом воздухе отсутствует степень агрессивного воздействия среды «неагрессивная».

5. Сравнение скоростей коррозии цинка

Концентрация SO_2, мг/м^3	Скорость коррозии цинка, мкм/год	
	ISO 9224:2012	СП 28.13330.2017
0,005	0,5	0,4
0,03	1,4	0,7*
0,05	1,2*	1
0,09	2,7	1,2*
0,25	5,5	2*
0,5	10*	3,3

* Полученные значения методом интерполяции.

щиной 19 мкм — 158 лет (19 : 0,12 = 158). В г. Верхоянске продолжительность увлажнения поверхности фазовой пленкой влаги составляет 540 ч/год.

На открытом воздухе в сельской местности при содержании в атмосфере SO_2 0,005 мг/м^3 скорость коррозии цинка в пос. Лотошино Волоколамского р-на Московской обл. будет 0,27 мкм/год, срок службы покрытия толщиной 19 мкм — 70 лет (19 : 0,27 = 70). При увеличении толщины покрытия до 42 мкм (класс 600) срок службы будет 155 лет (42 : 0,27 = 155). В Москве и Московской обл. продолжительность увлажнения поверхности фазовой пленкой влаги достигает 2060 ч/год.

На открытом воздухе при содержании в атмосфере диоксида серы 0,05 мг/м^3 и среднем годовом оседании хлоридов 0,3 мг/(м^2·сут) скорость коррозии цинка в Москве равна 1,59 мкм/год, а срок службы покрытия толщиной 19 мкм — 12 лет (19 : 1,59 = 11,9).

Вывод

Продолжительные сроки службы цинковых покрытий возможны при низких концентрациях в атмосферном воздухе диоксида серы и при низкой продолжительности увлажнения поверхности фазовой пленкой влаги.

Опасность коррозионного повреждения цинковых покрытий может быть оценена только при правильном определении степени агрессивного воздействия среды на конструкции из стального тонколистового проката.

ЛИТЕРАТУРА

1. ISO 9223:2012. Коррозия металлов и сплавов. Коррозионная активность. Классификация, определение и оценка.
2. ISO 9224:2012. Коррозия металлов и сплавов. Коррозионная активность атмосферы. Руководящие значения для категорий коррозионной активности.
3. Оцинкованная стальная конструкция для жилых зданий: исслед. отчет RP06-1 / Американский институт железа и стали, 2006. URL: https://textarchive.ru/c-2698467.html (дата обращения: 3.08.2020).
4. *Михайловский Ю. Н.* Атмосферная коррозия металлов и методы их защиты. М. : Металлургия, 1989. С. 85.

REFERENCES

1. ISO 9223:2012. Corrosion of metals and alloys. Corrosivity of atmospheres. Classification, determination and estimation.
2. ISO 9224:2012. Corrosion of metals and alloys. Corrosion activity of the atmosphere. Guidelines for corrosion categories.
3. *Otsinkovannaya stal'naya konstruktsiya dlya zhilykh zdaniy* [Galvanized steel construction for residential buildings]. Issledovatel'skiy otchet RP06-1. Amerikanskiy institut zheleza i stali, 2006. Available at: https://textarchive.ru/c-2698467.html (accessed 3.08.2020). (In Russian).
4. Mikhailovskiy Yu. N. *Atmosfernaya korroziya metallov i metody ikh zashchity* [Atmospheric corrosion of metals and methods of their protection]. Moscow, Metallurgiya Publ., 1989, p. 85.

Для цитирования: *Оносов Г. В., Силина Н. Г.* Коррозионная стойкость стального тонколистового оцинкованного проката // Промышленное и гражданское строительство. 2020. № 10. С.4—8. DOI: 10.33622/0869-7019.2020.10.04-08.

For citation: Onosov G. V., Silina N. G. Corrosion Resistance of Galvanized Steel Thin Sheet Rolled Products. *Promyshlennoe i grazhdanskoe stroitel'stvo* [Industrial and Civil Engineering], 2020, no. 10, pp. 4—8. (In Russian). DOI: 10.33622/0869-7019.2020.10.04-08.

ЦНИИПСК им. Мельникова с 1880 года | stako

Адрес: 117997 Москва, ул. Архитектора Власова, 49

Тел. 8(499) 128-77-77, e-mail: info@stako.ru

Сайт: www: stako.ru