

Е.В. Проскуркин В.А. Геловани А.Н. Сонк

Диффузионные цинковые покрытия: свойства, области применения

СПРАВОЧНИК



**Zn
Fe**

Е.В. Проскуркин В.А. Геловани А.Н. Сонк

Диффузионные цинковые покрытия: свойства, области применения

Zn

Под редакцией
канд. тех. наук Е.В. ПРОСКУРКИНА
канд. хим. наук Д.А. СУХОМЛИНА



МОСКВА НАУКА 2017

УДК 621.7
ББК 34.663
П82

Проскуркин Е.В., Геловани В.А., Сонк А.Н.

Диффузионные цинковые покрытия : свойства, области применения : Справочник / Е.В. Проскуркин, В.А. Геловани, А.Н. Сонк; под ред. Е.В. Проскуркина, Д.А. Сухомлина. — М. : Наука, 2017. — 311 с. — ISBN 978-5-02-039978-5.

Справочник содержит обширную информацию по широкому кругу вопросов, связанных с проблемами антикоррозионной защиты металлических изделий и конструкций и активно используемыми на практике технологиями нанесения различных цинковых покрытий (гальванических, металлизационных, цинконаполненных, комбинированных «дуплекс-систем» и др.), включая теоретические и практические аспекты их получения. Особое внимание уделено диффузионным цинковым покрытиям, применение которых в различных отраслях промышленности в настоящее время постоянно растет.

Для инженерно-технических работников, специалистов предприятий и проектно-конструкторских организаций металлургической, машиностроительной, судостроительной, нефтяной, химической и других отраслей промышленности, а также для аспирантов и студентов вузов соответствующей специализации.

ISBN 978-5-02-039978-5

© Проскуркин Е.В., Геловани В.А., Сонк А.Н., 2017
© ФГУП Издательство «Наука»,
редакционно-издательское оформление, 2017

Оглавление

Предисловие	7
I. Цинкование – один из основных современных способов защиты металлов от коррозии. Эволюция цинковых покрытий	9
II. Международный Стандарт на диффузионные цинковые покрытия (International Standard Sherardizing)	15
Глава 1	
Цинк и его свойства – цинковые покрытия	
1.1. Основные физико-химические свойства цинка	19
1.2. Диаграмма состояния системы желез–цинк	28
1.3. Коррозия и защитные свойства цинковых покрытий	31
1.3.1. Электрохимические свойства цинка и особенности поведения цинковых покрытий в различных средах	31
1.3.1.1. Коррозия цинка в атмосфере	32
1.3.1.2. Коррозия цинка в воде	34
1.3.1.3. Коррозия цинка в почве	36
1.3.2. Стойкость цинковых покрытий в условиях переменного погружения	36
1.3.3. Стойкость цинковых покрытий в движущихся водных агрессивных средах	41
1.3.4. Стойкость цинковых покрытий в промышленных условиях	47
1.4. Заключение	52
1.5. Литература к гл. 1	54
Глава 2	
Способы и технологии нанесения цинковых покрытий	
2.1. Введение	57
2.2. Технология нанесения гальванических цинковых покрытий	58
2.2.1. Обезжиривание	59
2.2.2. Травление	60

2.2.3. Активация (декапирование)	62
2.2.4. Электролиты для цинкования	62
2.3. Технология нанесения горячецинковых покрытий (цинкование в расплаве цинка)	63
2.3.1. Взаимодействие железа (стали) с жидким цинком	63
2.3.2. Структура горячецинкового покрытия	65
2.3.3. Технология цинкования в расплаве цинка	71
2.3.4. Диффузионный отжиг цинковых покрытий	76
2.4. Технология нанесения металлизационных цинковых покрытий (газотермическое напыление цинком – металлизация цинком)	80
2.5. Технология нанесения диффузионных цинковых покрытий	84
2.6. Сопоставительный анализ основных свойств цинковых покрытий	91
2.7. Цинкнаполненные покрытия	93
2.7.1. Цинковые порошки	93
2.7.2. Неорганические цинксиликатные покрытия	95
2.7.3. Цинкнаполненные покрытия на органической основе	97
2.8. Комбинированные цинковые покрытия – дуплекс-системы	99
2.9. Заключение	105
2.10. Литература к гл. 2	105

Глава 3

Технология нанесения диффузионных цинковых покрытий

3.1. Введение	108
3.2. Порошковые диффузионные смеси	111
3.3. Диффузионное цинкование в водороде и в атмосфере аммиака	115
3.4. Вакуумный метод диффузионного цинкования	118
3.5. Технология цинкования парафазным методом	119
3.5.1. Влияние химического состава сталей на толщину и структуру цинкового покрытия	125
3.5.2. Влияние температуры и продолжительности цинкования на толщину, структуру и свойства покрытия	126
3.5.3. Влияние диффузионного цинкования на коррозионную усталость и другие свойства стали	128
3.6. Цинкование стальных труб	130
3.7. Цинкование чугуновых изделий	134
3.8. Различные методы диффузионного цинкования	137
3.8.1. Парофазный и газовый методы диффузионного цинкования	138
3.8.2. Диффузионное цинкование в расплавленных солях цинка	140
3.8.3. Диффузионное цинкование способом обмазок (шликеров)	141
3.9. Заключение	141
3.10. Литература к гл. 3	142

Глава 4

Противокоррозионная защита высокопрочного крепежа и элементов металлоконструкций методом диффузионного цинкования

4.1. Введение	144
4.2. Диффузионное цинкование крепежных изделий из стали обычной и высокой прочности	145
4.3. Технология диффузионного цинкования крепежных изделий из высокопрочной стали	147
4.3.1. Подготовка поверхности крепежных изделий	147
4.3.2. Установление параметров, приготовление диффузионной смеси	151
4.3.3. Упаковка и распаковка контейнера с крепежными изделиями, режимы охлаждения его после диффузионного цинкования, отделение диффузионной смеси от изделий	152
4.3.4. Режим химико-термической обработки и выбор оптимальных параметров диффузионного цинкования высокопрочного крепежа	153
4.3.5. Интенсификация процесса диффузионного цинкования крепежных изделий	157
4.4. Коррозионная стойкость высокопрочного диффузионно оцинкованного крепежа	159
4.4.1. Коррозионные испытания крепежных изделий	159
4.4.2. Влияние диффузионного цинкования на коррозионное растрескивание и остаточные физико-механические свойства образцов с резьбой М10 из стали 40Х	163
4.4.3. Снижение склонности к коррозионному растрескиванию образцов с резьбой М10 из стали марок 38ХС, 40Х2Ф и 40Х в слабоагрессивной промышленной атмосфере	166
4.4.4. Результаты натуральных коррозионных испытаний образцов с резьбой М10 и болтов М24 из высокопрочной стали марки 40Х	173
4.5. Электрохимические исследования поверхности высокопрочных болтов	177
4.5.1. Определение электрохимических характеристик поверхности болтов с цинковым покрытием в исходном состоянии и в процессе коррозии	178
4.5.2. Определение влияния приложенных напряжений на электрохимические характеристики поверхности болтов с цинковым покрытием в исходном состоянии и в процессе коррозии	180
4.6. Заключение	182
4.7. Литература к гл. 4	183

Глава 5

Диффузионные цинковые и комбинированные покрытия в нефтегазодобывающей промышленности

5.1. Общие сведения о коррозии металлов и коррозионных процессах	185
5.2. Коррозия труб нефтяного сортамента и их резьбовых соединений	194
5.2.1. Физико-химические характеристики многокомпонентных систем, содержащих водную, органическую и газовую фазы	195

5.2.2. Оценка факторов, влияющих на вид и скорость коррозии трубного оборудования нефтегазодобывающих скважин	202
5.2.2.1. Сероводородная коррозия	208
5.2.2.2. Углекислотная коррозия	219
5.2.3. Характерные виды коррозии труб нефтяного сортамента	226
5.3. Диффузионные цинковые покрытия в общей системе противокоррозионной защиты труб нефтяного сортамента	228
5.3.1. Защитная способность диффузионных цинковых покрытий, обусловленная их физико-механическими, электрохимическими и структурными свойствами	228
5.3.2. Комбинированные покрытия и технологии MAJORPACK многофакторной защиты погружного оборудования	239
5.4. Диффузионные цинковые покрытия для защиты резьбовых соединений труб нефтяного сортамента	243
5.5. Заключение	247
5.6. Литература к гл. 5	250

Глава 6

Контроль цинковых покрытий

6.1. Качество диффузионных цинковых покрытий в свете требований Международного стандарта ISO/FDIS 17668:2015(E)	255
6.2. Методика оценки качества и контроль диффузионных цинковых покрытий	262
6.2.1. Контроль технологии	264
6.2.2. Контроль качества покрытия и оцинкованных изделий	264
6.3. Определение толщины покрытий	266
6.4. Металлографические исследования цинковых покрытий	273
6.5. Электрохимические исследования цинковых покрытий	277
6.6. Обработка цинковых покрытий	283
6.7. Соединение оцинкованных изделий	286
6.8. Заключение	290
6.9. Литература к гл. 6	291

Глава 7

Рациональные области применения диффузионных цинковых покрытий

7.1. Введение	293
7.2. Муфты НКТ с диффузионным цинковым покрытием	295
7.3. Новая информация по диффузионной металлизации цинком и диффузионному цинкованию труб	301
7.4. Заключение	303
7.5. Литература к гл. 7	306
Об этой книге, о настоящем и будущем диффузионного цинкования	308