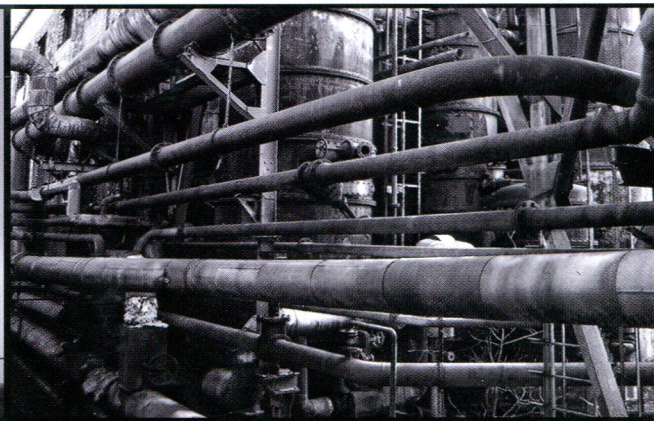


Р. Хайдерсбах

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ И МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА



ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПРОФЕССИЯ

Роберт Хайдерсбах

ЗАЩИТА ОТ КОРРОЗИИ И МЕТАЛЛОВЕДЕНИЕ ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ДОБЫЧИ НЕФТИ И ГАЗА

*Перевод с английского языка
под редакцией Ф.И. Хуторянского*

ИЗДАТЕЛЬСТВО
ПРОФЕССИЯ

Санкт-Петербург
2015

 ЦЕНТР
ОБРАЗОВАТЕЛЬНЫХ
ПРОГРАММ
ПРОФЕССИЯ

УДК 622.276,622.279

ББК 34.66

Р. Хайдерсбах

PO58 Защита от коррозии и металловедение оборудования для добычи нефти и газа :
пер. с англ. яз.; под ред. Ф. М. Хуторянского. — СПб. : ЦОП «Профессия», 2015. —
480 с., ил.

ISBN 978-5-91884-066-5

ISBN 978-0-470-24848-5 (англ.)

Рассмотрены основные причины возникновения коррозии и коррозионные среды, описаны виды и формы коррозионных разрушений для всего спектра нефте- и газопромыслового оборудования. Изложены способы предотвращения и методы мониторинга коррозии, даны подробные рекомендации по устранению причин и защите от коррозии оборудования для добычи и транспортировки нефти и газа. Реальные проблемы, возникающие в процессах практической эксплуатации оборудования, наглядно отражены в многочисленных примерах и фотографиях, приведены расчеты и справочные данные для решения практических задач.

Книга предназначена для специалистов по коррозии и металловедению оборудования нефтяных и газовых компаний, научных сотрудников, преподавателей, аспирантов, магистрантов и студентов профильных вузов.

УДК 622.276,622.279

ББК 34.66

Copyright © 2011 by John Wiley & Sons, Inc.

All rights reserved.

Autorised translation from the English language edition published by John Wiley & Sons, Inc.

Responsibility for the accuracy of the translation rests with EPC «Professiy» and is not the responsibility of John Wiley & Sons, Inc. Not part of this book may be reproduced in any form without the written permission of the original copyright holder, John Wiley & Sons, Inc.

Все права защищены. Никакая часть данной книги не может быть воспроизведена в какой бы то ни было форме без письменного разрешения владельцев авторских прав.

Информация, содержащаяся в данной книге, получена из источников, рассматриваемых издателем как надежные. Тем не менее, имея в виду возможные человеческие или технические ошибки, издательство не может гарантировать абсолютную точность и полноту приводимых сведений и не несет ответственности за возможные ошибки, связанные с использованием книги

ISBN 978-0-470-24848-5 (англ.)

ISBN 978-5-91884-066-5

© John Wiley & Sons, Inc., 2011

© ЦОП «Профессия», 2015

© Перевод, оформление: ЦОП «Профессия», 2015

Содержание

Предисловие к русскому изданию	11
Вступление	12
1. Введение в металловедение нефтепромыслового оборудования и предотвращение коррозии	14
Затраты	15
Безопасность	15
Урон окружающей среде	16
Предупреждение коррозии	16
Библиография	18
2. Химия коррозии	19
Электрохимия коррозии	19
Электрохимические реакции	19
Электролитическая проводимость	20
Закон электролиза Фарадея	21
Электродные потенциалы и ток	21
Выражение скорости коррозии	28
pH	29
Пассивность	30
Диаграмма-потенциал pH (диаграммы Пурбе или диаграммы электрохимического равновесия)	31
Заключение	32
Библиография	33
3. Коррозионная среда	34
Внешняя среда	37
Атмосферная коррозия	37
Вода как коррозионная среда	38
Почва как коррозионная среда	40
Коррозия под изоляционным слоем	42
Внутренние среды	44
Сырая нефть	45

Природный газ	45
Кислород	46
CO ₂	48
H ₂ S	51
Органические кислоты.	59
Трубная накипь (отложения на стенках трубопровода)	59
Микробиологическая коррозия (МБК)	61
Ртуть	68
Гидраты.	68
Влияние режимов потока флюида на коррозию	70
Заключение.	71
Библиография.	72
4. Материалы.	75
Основы металлургии.	75
Кристаллическая структура	76
Способы упрочнения	78
Механические свойства	78
Разрушение	85
Ползучесть.	90
Термическое расширение.	90
Способы формования.	90
Ковкие и литые структуры	91
Сварка.	91
Предупреждение коррозии и разрушения из-за сварочных работ	95
Технические характеристики материалов	96
Американский институт нефти (<i>API</i>)	96
Американский институт железа и стали (<i>AISI</i>).	97
<i>ASTM International</i> — бывшее Американское общество по материалам и их испытаниям	97
Американское общество инженеров-механиков (<i>ASME</i>).	97
<i>SAE International</i> — Общество инженеров автомобильной промышленности.	98
Универсальная система обозначений металлов и сплавов <i>UNS</i>	99
Национальная ассоциация инженеров-специалистов по коррозии (<i>NACE</i>)	100
Другие организации	100
Использование технических характеристик материалов	100
Углеродистые стали, чугуны и низколегированные стали	101
Классификация углеродистой стали.	103
Способы упрочнения углеродистых сталей	105
Термическая обработка углеродистых сталей	105
Закаленные и отпущенные стали	107
Углеродные эквиваленты и свариваемость.	108
Твердые включения (точки с повышенной твердостью).	109
Чистота стали.	109

Чугуны	110
Коррозионно-стойкие сплавы (КСС)	110
Железоникелевые сплавы	110
Нержавеющие стали	111
Сплавы на никелевой основе	119
Сплавы на кобальтовой основе	121
Титановые сплавы	121
Медные сплавы	124
Алюминиевые сплавы	129
Дополнительные факторы использования коррозионно-стойких сплавов (КСС)	133
Полимеры, эластомеры и композитные материалы	138
Библиография	140
5. Формы коррозии	145
Введение	145
Общая коррозия	146
Электрохимическая коррозия	148
Гальванические пары двух или более металлов	148
Соотношение площадей	151
Изменение полярности	158
Проводимость электролита	159
Предотвращение электрохимической коррозии	159
Питтинговая коррозия	160
Коррозия окклюдированных ячеек	160
Геометрия питтинговой коррозии и концентрация напряжений	162
Образование язв	163
Числовой эквивалент стойкости к питтинговой коррозии (ЭСПК) (<i>PREN</i> индекс)	163
Статистика	164
Предотвращение питтинговой коррозии	165
Щелевая коррозия	165
Выбор сплава	167
Нитевидная коррозия	168
Межкристаллитная коррозия	168
Нержавеющие стали	169
Коррозия параллельно направлению формовки металла	170
Алюминий	170
Другие сплавы	171
Структурно-избирательная коррозия	171
Механизм	172
Селективная фазовая коррозия	172
Чувствительные сплавы	173
Предотвращение структурно-избирательной коррозии	173
Эрозионная коррозия	174
Механизм	174

Влияние скорости	175
Материалы	177
Кавитация	178
Проблемные места	178
Предотвращение эрозионной коррозии	183
Растрескивание под воздействием окружающей среды	183
Коррозионное растрескивание под напряжением	185
Водородное охрупчивание и растрескивание в сероводородной среде	189
Водородная коррозия	196
Жидкометаллическое охрупчивание (ЖМО)	196
Коррозионная усталость	197
Другие важные виды коррозии металлов нефтедобывающего оборудования	199
Кислородная коррозия	200
Углекислотная коррозия	200
Коррозия сернистой нефтью	200
Межа-коррозия	200
Коррозия из-за конденсации воды на верхних стенках трубы	201
Коррозия стального кабеля	202
Дополнительные формы коррозии в процессах добычи нефти и газа	202
Дополнительные комментарии	208
Библиография	209
6. Предотвращение коррозии	214
Защитные покрытия	214
Компоненты краски	215
Система покрытий	216
Антикоррозионная защита пленками краски	216
Желаемые свойства систем защитных покрытий	218
Развитие технологий защитных покрытий	219
Полезная литература	219
Подготовка поверхности	219
Назначение различных типов покрытий	225
Основные типы связующих веществ	226
Покрытия, пригодные для применения в различных средах и сферах	230
Проблемные места и усиленный осмотр	239
Облицовки, обертки, смазки и воски	242
Разрушения покрытий	248
Металлические покрытия	257
Водообработка и ингибирование коррозии	261
Способы добычи нефти	263
Анализ воды	264
Отгонка газа и вакуумная деаэрация	264
Ингибиторы коррозии	265
Катодная защита	275
Принцип работы катодной защиты	277

Типы катодной защиты	280
Критерии выбора типа катодной защиты	301
Осмотр и текущий контроль	305
Методики проектирования катодной защиты	310
Компьютерное проектирование катодной защиты	314
Дополнительные темы, относящиеся к катодной защите	315
Краткий обзор катодной защиты	321
Стандарты катодной защиты	321
Стандарты <i>NACE</i>	322
Стандарты <i>ASTM</i>	322
Стандарты <i>DNV</i>	322
Британские стандарты	323
Библиография	323
7. Осмотр, текущий контроль и испытания	329
Осмотр	330
Визуальный осмотр	331
Контроль проникающим веществом (КПВ)	332
Магнитопорошковая дефектоскопия	333
Ультразвуковая дефектоскопия	334
Радиационная дефектоскопия	336
Вихревой ток	339
Стилоскопия, подтверждающая анализ химического состава	340
Термография	341
Дополнительные замечания по поводу осмотра	341
Текущий контроль	342
Зонды	343
Контроль потери массы с помощью пластинки и зонда	344
Датчики электросопротивления	347
Технологии отслеживания скорости электрохимической коррозии	349
Датчики водорода	352
Текущий контроль нефтеносной породы	354
Анализ флюида	356
Текущий контроль за ростом бактерий	359
Дополнительные комментарии по поводу текущего контроля	360
Испытания	361
Гидравлические испытания	361
Лабораторные и полевые испытания	361
Типы стандартизированных методик испытаний	365
Библиография	366
8. Нефтепромысловое оборудование	368
Бурение и разведка	368
Каротажный кабель для работы с внутрискважинным инструментом	373
Колтубинг (ГНКТ)	374
Скважины и устьевая арматура	375

История нефтедобычи	377
Внутрискважинные агрессивные среды	378
Насосно-компрессорные колонны, обсадные колонны и капиллярные трубки	389
Ингибиторы для насосно-компрессорных и обсадных колонн добывающих скважин	395
Внутреннее покрытие насосно-компрессорных колонн в нефтяных скважинах	400
Проблемы материалов и коррозии в системах механизированной добычи	403
Устьевая арматура, фонтанная елка и сопутствующее оборудование	408
Технические сооружения на поверхности оборудования	411
Трубопроводы	412
Резервуары-хранилища	417
Теплообменники	420
Другое оборудование	425
Болты и крепления	431
Факелы	440
Коррозия под изоляционным слоем	440
Магистральные и промышленные трубопроводы	445
Проблемы и отказы трубопроводов	447
Важные формы коррозии на магистральных и промышленных трубопроводах	448
Ограничение допустимых условий эксплуатации трубопроводов, вызванные коррозией, и их ремонт	450
Защитные кожухи труб на дорожных и железнодорожных переездах	452
Материалы трубопроводов	453
Гидравлические испытания	455
Внешняя коррозия	456
Внутренняя коррозия	461
Осмотр и оценка состояния	463
Библиография	470