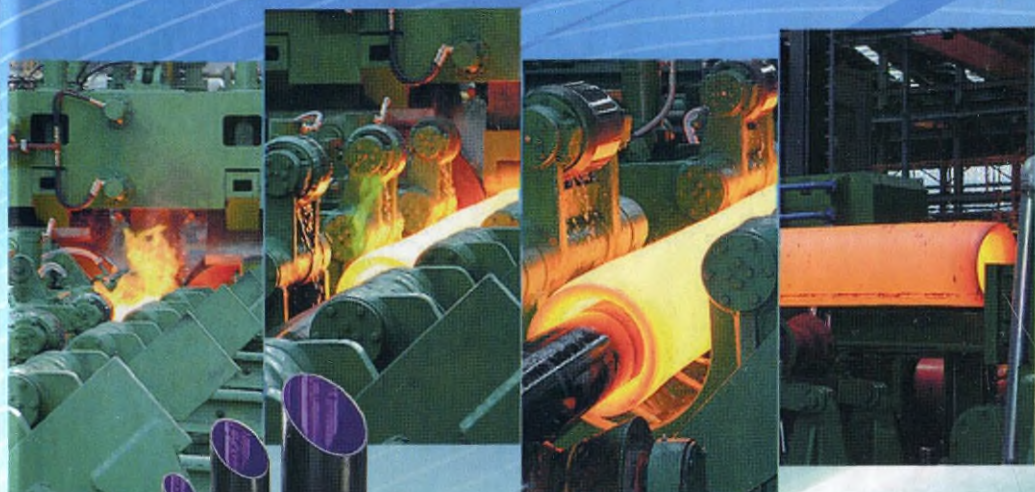


666.293

Г52

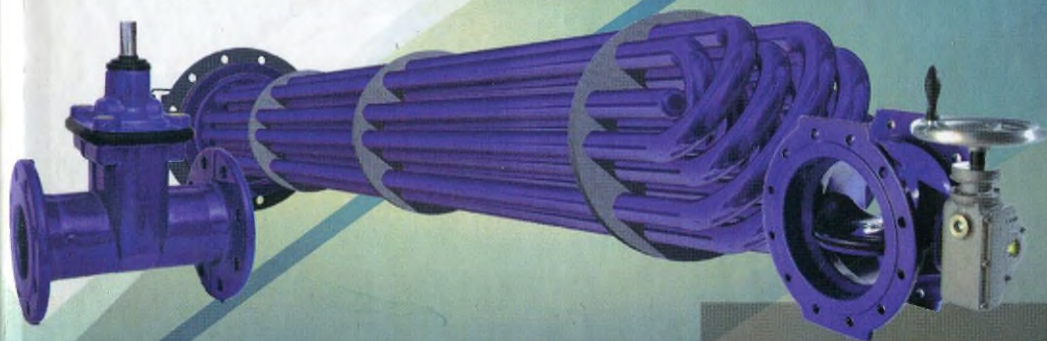
В. М. Гладуш, Л. Л. Брагина



Под редакцией Л. Л. Брагиной

ЭМАЛИРОВАНИЕ труб

Монография



МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ УКРАИНЫ

НАЦИОНАЛЬНЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
«Харьковский политехнический институт»

В. М. Гладуш, Л. Л. Брагина

ЭМАЛИРОВАНИЕ ТРУБ

Монография

Под редакцией Л. Л. Брагиной

Харьков
Підручник НТУ «ХПІ»
2017

УДК 666.293.6

ББК 34.663.52

Г52

Рецензенты:

В. И. Голус, д-р техн. наук, проф., Государственное высшее учебное заведение «Украинский государственный химико-технологический университет»;

М. И. Рыщенко, д-р техн. наук, проф., Национальный технический университет «Харьковский политехнический институт».

Публикуется по решению Ученого совета НТУ «ХПИ»,
протокол № 6 от 07.07.2017 г.

У монографії викладено фізико-хімічні основи синтезу склоемалей для отримання захисних покриттів трубопроводів, технології емалювання труб різного призначення, процеси формування склопокриттів та їх взаємодія з металевою підкладкою, склад, структура й властивості емалей та покриттів; контроль якості, дефекти покриттів та їх усунення; економічні та екологічні аспекти виробництва і використання емальованих труб та ін.

Призначена для фахівців, викладачів, студентів, аспірантів вищів хіміко-технологічних та машинобудівних спеціальностей і наукових працівників.

Гладуш В. М.

Г52 Эмалирование труб : монография / В. М. Гладуш, Л. Л. Брагина ; под ред. Л. Л. Брагиной. - Харьков : Изд-во «Підручник НТУ «ХПІ», 2017. - 396 с. - На рус. яз.

ISBN 978-617-687-089-0

В монографии изложены физико-химические основы синтеза стеклоэмалей для получения защитных покрытий трубопроводов, технологии эмалирования труб различного назначения, процессы формирования стеклопокрытий и их взаимодействия с металлической подложкой; состав, структура и свойства эмалей и покрытий; контроль качества, дефекты покрытий и их устранение; экономические и экологические аспекты производства и использования эмалированных труб и др.

Предназначена для специалистов, студентов, аспирантов вузов химико-технологических и машиностроительных специальностей и научных работников.

Ил. 123. Табл. 46. Библиогр.: 310 назв.

УДК 666.266.6

ББК 34.663.52

ISBN 978-617-687-089-0

© Гладуш В. М., Брагина Л. Л., 2017

© Підручник НТУ «ХПІ», 2017

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие.....	9
Введение.....	11
Терминология	14
Список сокращений и принятые обозначения	16
Раздел 1. Краткий исторический очерк эмалирования труб.....	17
1.1. Общая характеристика покрытий для защиты труб.....	17
1.2. Стеклопокрытия для защиты труб	19
1.3. Синтез и промышленное освоение стеклоэмалей для защиты металлических труб и стекол для их остекловывания	24
1.4. Технологии, способы и оборудование для нанесения и обжига эмалевых покрытий.....	27
Раздел 2. Стеклообразное состояние вещества и структура стекол и эмалей.....	31
2.1. Особенности кристаллического и стеклообразного состояния.....	31
2.2. Особенности структуры стекол и эмалей.....	34
Раздел 3. Свойства эмалевых расплавов.....	42
3.1. Кристаллизационная способность.....	42
3.2. Вязкость.....	45
3.3. Поверхностное натяжение.....	52
3.4. Смачивающая способность	56
3.5. Коррозионная активность.....	61
Раздел 4. Свойства эмалей и эмалевых покрытий	66
4.1. Плотность.....	67
4.2. Механические свойства.....	68
4.2.1. Упругость.....	68
4.2.2. Прочность на сжатие	69
4.2.3. Прочность на растяжение	69
4.2.4. Твердость	70
4.2.5. Прочность на удар	72
4.3. Термические свойства.....	73
4.3.1. Теплоемкость.....	73
4.3.2. Теплопроводность.....	74
4.4. Термомеханические свойства	76
4.4.1. Тепловое расширение.....	76
4.4.2. Термостойкость.....	78

4.5. Химические свойства	80
4.5.1. Стойкость к воздействию воды	81
4.5.2. Стойкость к действию растворов кислот.....	82
4.5.3. Стойкость к действию щелочных растворов.....	85
Раздел 5. Сцепление эмали с металлом и напряжения в эмалевом слое	86
5.1. Теории сцепления	87
5.1.1. Теория образования дендритов железа.....	88
5.1.2. Теория промежуточного слоя оксидов железа.....	89
5.1.3. Электрохимическая теория	89
5.1.4. Теория восстановления кобальта.....	95
5.2. Напряжения в системе эмаль - металл.....	96
Раздел 6. Сырьевые материалы.....	98
6.1. Материалы для введения кислотных оксидов.....	99
6.2. Материалы для введения основных оксидов.....	100
6.3. Материалы для введения амфотерных оксидов	102
6.4. Материалы для совместного введения кислотных и основных оксидов.....	102
6.5. Вспомогательные материалы	103
6.5.1. Окислители	103
6.6. Оксиды сцепления	104
Раздел 7. Производство эмалевых фритт	105
7.1. Расчет шихты	105
7.2. Составление и смешивание шихты.....	106
7.3. Печи для варки эмалей.....	107
7.4. Варка эмалей	108
7.5. Влияние различных факторов на процесс варки и качество фритты	110
7.5.1. Состояние исходных материалов и качество смешивания шихты	111
7.5.2. Соотношение компонентов	111
7.5.3. Температура.....	112
7.5.4. Величина зерна.....	113
7.5.5. Влажность шихты.....	ИЗ
7.5.6. Улетучивание компонентов	113
7.5.7. Ведение процесса варки эмали	115
7.5.8. Определение растекаемости гранулята эмали	116
7.5.9. Грануляция.....	118

7.6. Помол и подготовка шликера к работе.....	119
7.6.1. Мокрый помол эмали	121
7.6.2. Подготовка шликера к работе	124
7.6.3. Консистенция шликера	126
7.6.4. Плотность шликера.....	127
Раздел 8. Сталь для эмалирования и подготовка	
её поверхности.....	129
8.1. Химическая подготовка поверхности	130
8.1.1. Обезжиривание	131
8.1.2. Промывка.....	131
8.1.3. Травление.....	132
8.1.4. Нейтрализация.....	132
8.1.5. Сушка	133
8.2. Механическая подготовка поверхности	133
Раздел 9. Взаимодействие эмалевого расплава со сталью	135
9.1. Окисление стали и роль оксидов железа	
в формировании эмалевого покрытия.....	135
9.2. Кинетика окисления стали под слоем эмали.....	142
9.2.1. Легкоплавкая эмаль 602-Л.....	143
9.2.2. Многоборная грунтовая эмаль 602	149
9.2.3. Безборная грунтовая эмаль 27	158
9.2.4. Малоборная безгрунтовая эмаль.....	162
Раздел 10. Процесс формирования покрытия	
на металле при скоростном нагреве.....	164
10.1. Методика исследований	166
10.2. Результаты исследований.....	169
10.2.1. Легкоплавкий грунт 602-Л	169
10.2.2. Многоборная грунтовая эмаль 602	172
10.2.3. Влияние добавок кварцевого песка на вспучивание	
и кипение грунта 602	173
10.2.4. Безборная грунтовая эмаль 27.....	176
Раздел 11. Основные свойства эмалевых покрытий для труб.....	182
11.1. Прочность сцепления.....	182
11.1.1. Легкоплавкий грунт 602-Л	183
11.1.2. Многоборная грунтовая эмаль 602	188
11.1.3. Безборная грунтовая эмаль	190
11.1.4. Малоборная безгрунтовая эмаль 105Т.....	192
11.2. Термостойкость	193

Раздел 12. Эмалирование труб для транспортирования

особо агрессивных сред	197
12.1. Подготовка поверхности.....	200
12.2. Состав и приготовление эмалевого шликера.....	201
12.3. Нанесение эмалевого шликера.....	201
12.4. Сушка шликера.....	202
12.5. Обжиг эмалевых покрытий.....	203
12.6. Показатели качества эмалевых покрытий.....	204
12.7. Дефектоскопия эмалированных труб.....	212
12.8. Прогнозирование срока службы эмалированных труб в кислых средах.....	219
12.9. Химическая стойкость силикатных материалов при высоких температурах.....	223
12.10. Сопоставление качественных показателей эмалевого покрытия, полученного при обжиге в печи сопротивления и в одновитковом индукторе.....	226

Раздел 13. Эмалирование труб для систем горячего и холодного водоснабжения и труб нефтяного сортамента.....

.....	228
13.1. Нанесение эмалевого шликера.....	230
13.1.1. Залив шликера в наклонно расположенную вращающуюся трубу.....	230
13.1.2. Разбрызгивание с помощью турбинки.....	231
13.1.3. Наполнение вертикально расположенной трубы шликером сверху с последующим сливом излишков.....	231
13.1.4. Нанесение шликера с помощью поршня и манжеты.....	231
13.1.5. Выдавливание шликера из герметически закрытой емкости сжатым воздухом под давлением 2 атм в вертикально расположенную трубу и слив излишков в эту емкость.....	232
13.2. Сушка шликера.....	233
13.3. Обжиг эмали.....	235
13.3.1. Индукционный нагрев.....	236
13.3.2. Технологические возможности электроиндукционного метода нагрева.....	243
13.3.3. Скоростной обжиг эмали в газовых печах.....	244
13.4. Трубы нефтяного сортамента.....	248
13.4.1. Общие положения.....	248
13.4.2. Эмалирование нефтепроводных труб.....	250
13.4.3. Эмалирование насосно-компрессорных труб.....	251

Раздел 14. Двустороннее эмалирование труб.....	253
14.1. Содержание водорода в стали на различных стадиях эмалирования.....	260
14.2. Качество металла.....	263
14.3. Подготовка поверхности изделий перед эмалированием.....	265
14.4. Степень деформации металла и РЧ.....	267
14.5. Рыбья чешуя и добавки на помол фритты.....	267
14.6. Углерод в сталях и РЧ.....	274
14.7. Термообработка эмалированных образцов-труб после обжига покрытия и РЧ	276
14.8. Способы производства труб и склонность стали к образованию РЧ.....	279
14.9. Особенности развития дефектов	283
14.10. Влияние дефекта РЧ на защитные свойства эмалевых покрытий	285
14.11. Практическая реализация двустороннего эмалирования труб.....	290
14.11.1. Трубы-гидроцилиндры	290
14.11.2. Трубы для мелиоративных систем.....	293
 Раздел 15. Стеклокристаллические покрытия	295
15.1. Исследование кристаллизационной способности эмалей	296
15.2. О взаимосвязи мельничного состава и сходных композиций с плавкостью и химической стойкостью стеклокристаллических покрытий на трубах.....	308
15.3. Термомеханические свойства стеклокристаллических покрытий.....	311
15.3.1. Термические свойства.....	311
15.3.2. Некоторые механические свойства стеклокристаллического покрытия на трубах.....	314
15.4. Диффузия оксидов железа в эмалевый расплав в процессе нагрева.....	323
15.5. Поведение оксидов железа и кобальта при формировании стеклокристаллического покрытия	326
15.6. Пути повышения растекаемости и термомеханических свойств стеклокристаллических покрытий	330
 Раздел 16. Технологические приемы регулирования свойств эмалевых шликеров и покрытий.....	333

Раздел 17. Пороки эмалевых покрытий	341
17.1. Рыбья чешуя	342
17.2. Поры.....	342
17.3. Уколы.....	343
17.4. Сколы	343
17.5. Наплывы	343
17.6. Разводы	344
17.7. Сколы сухого покрытия, или бисквита	344
17.8. Строчечные пузыри.....	344
17.9. Местное скопление пузырей в эмали	344
17.10. Отдельные вздутия эмалевого покрытия	345
17.11. Неравномерная толщина покрытия по длине трубы	345
17.12. Посторонние включения.....	345
17.13. Коробление.....	346
Раздел 18. Стекланные покрытия	347
18.1. Технология футерования внутренней поверхности стальных труб стеклом баллонным способом.....	347
18.2. Технология футерования внутренней поверхности стальных труб стеклом центробежным способом «труба в трубе».....	351
18.3. Футерование стеклом теплообменников типа «труба в трубе» баллонным способом.....	351
18.4. Технология нанесения на внутреннюю поверхность стальных труб стеклнного покрытия из расплава центробежным способом	352
Раздел 19. Расчет компенсаторов для горячих трубопроводов из эмалированных труб	358
Заключение.....	364
Экономические выгоды использования эмалированных труб	366
Экология, санитарная гигиена, охрана труда, противопожарная безопасность, социальный аспект.....	368
Список использованных источников.....	370