

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие к русскому изданию	13
К сведению читателей	15
Предисловие	16
1. ВВЕДЕНИЕ	17
2. СТАЛИ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ТРУБ	19
2.1. Общая классификация сталей по видам	19
2.2. Изготовление заготовок для производства труб	20
2.2.1. Выплавка стали	20
2.2.2. Разливка стали	22
2.2.3. Горячая обработка давлением	23
2.2.3.1. Заготовка для бесшовных труб	26
2.2.3.2. Заготовка для сварных труб	27
2.2.4. Качество поверхности и внутренних слоев материала труб- ных заготовок	28
2.2.5. Термическая обработка	29
2.3. Свойства применяемых материалов	38
2.3.1. Характеристика и контроль качества	38
2.3.1.1. Механико-технологические свойства	38
2.3.1.2. Физические свойства	40
2.3.1.3. Поведение материалов по отношению к химическим агентам	41
2.3.2. Факторы, влияющие на свойства материалов	42
2.3.2.1. Химический состав стали и структура	42
2.3.3. Сварка	46
2.3.3.1. Общие требования, предъявляемые к свариваемым ма- териалам	46
2.3.3.2. Влияние химического состава	47
2.4. Обозначение применяемых сталей	50
2.4.1. Систематизация номеров материала	50
2.4.2. Систематизация сокращенных наименований марок стали . .	50
2.5. Стандарты на стальные трубы	54
2.5.1. Общие требования	54
2.5.2. Стандарты общего назначения	55
2.5.3. Систематизация стандартов на трубы	55
2.6. Стали для труб и деталей к ним	56
2.6.1. Бесшовные трубы. Группы качества сталей	56
2.6.1.1. Бесшовные трубы из углеродистых сталей	56
2.6.1.2. Бесшовные трубы из жаропрочных сталей	60
2.6.2. Сварные трубы. Группы качества сталей	63
2.6.2.1. Сварные трубы из углеродистых и низколегированных сталей	63
2.6.2.2. Сварные трубы из жаропрочных сталей	64
2.6.3. Бесшовные и сварные трубы. Группы качества сталей	64
2.6.3.1. Трубы для магистральных трубопроводов для горючих жидкостей и газов	64
2.6.4. Стали для трубных заготовок	71
2.6.4.1. Конструкционные стали общего назначения	71

2.6.4.2. Атмосферостойкие и износостойкие конструкционные стали	71
2.6.4.3. Котельный лист, нестареющие стали и стали, вязкие на холоде	79
2.6.4.4. Мелкозернистые конструкционные свариваемые стали повышенной и высокой прочности	82
2.6.4.5. Жаропрочные стали	92
2.6.4.6. Стали, стойкие к водороду под давлением	104
2.6.4.7. Коррозионностойкие стали	105
2.6.4.8. Окалиностойкие стали	105
2.6.4.9. Термически улучшаемые, цементуемые и подшипниковые стали	105
2.6.5. Фланцы и патрубки для приварки, жаропрочные и окалиностойкие стали	127
2.6.6. Стали для винтов, болтов и гаек	127
2.6.6.1. Углеродистые и низколегированные стали	127
2.6.6.2. Жаропрочные стали для болтов, винтов и гаек	127
2.6.7. Стали для крепежных изделий, эксплуатируемых при высоких температурах	127
2.6.7.1. Крепежные изделия для сварных конструкций	127
2.6.7.2. Крепежные изделия из жаропрочного и окалиностойкого стального литья	134
2.6.8. Сварочные присадочные материалы	134
Библиографический список	134
3. СПОСОБЫ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУБ	137
3.1. Введение	137
3.2. Бесшовные трубы	140
3.2.1. Получение гильз	141
3.2.1.1. Прошивка на прессе	141
3.2.1.2. Прошивка на стане винтовой прокатки с бочковидными валками	142
3.2.1.3. Прошивка на станах с коническими и дисковыми валками	143
3.2.2. Вытяжка или удлинение	143
3.2.2.1. Выдавливание на прессе	143
3.2.2.2. Вытяжка на штоссбанке	144
3.2.2.3. Удлинение на вытяжном прессе	144
3.2.2.4. Прокатка на двух- или трехвалковом раскатном стане (удлинителе)	145
3.2.2.5. Прокатка на автоматическом стане	145
3.2.2.6. Прокатка на пилигримовом стане	146
3.2.2.7. Непрерывная прокатка труб	148
3.2.3. Адьюстаж	148
3.3. Способы редуцирования	149
3.3.1. Горячее редуцирование	149
3.3.1.1. Обычное редуцирование	149
3.3.1.2. Редуцирование с натяжением	149
3.3.2. Холодное редуцирование	150
3.3.2.1. Холодное волочение и холодная прокатка	150
3.4. Сварные стальные трубы	152
3.4.1. Стальные трубы, получаемые сваркой под давлением	152
3.4.1.1. Печная сварка	152
3.4.1.2. Сварка постоянным током	153
3.4.1.3. Сварка сопротивлением токами низкой частоты	153
3.4.1.4. Индукционная сварка токами средней частоты	154
3.4.1.5. Сварка токами высокой частоты (радиочастотная сварка)	155

3.4.1.5.1. Индукционная сварка труб токами высокой частоты	158
3.4.1.5.2. Контактная сварка труб токами высокой частоты	159
3.4.2. Производство труб сваркой оплавлением	160
3.4.2.1. Сварка оплавлением	161
3.4.2.1.1. Сварка под флюсом	161
3.4.2.1.2. Сварка в защитной атмосфере	163
3.4.2.2. Производство труб с двумя и одним продольным швом из U- и O-образных заготовок	163
3.4.2.3. Производство труб со спиральным швом	165
3.4.2.3.1. Производство труб со спиральным швом на совмещенных трубоформовочном и трубосварочном станках	165
3.4.2.3.2. Производство труб со спиральным швом отдельно на трубо- формовочном и трубосварочном станках	170
Библиографический список	172
4. РАСЧЕТ ПАРАМЕТРОВ СТАЛЬНЫХ ТРУБ	173
4.1. Расчет падения напора	173
4.1.1. Диаметр трубы	173
4.1.2. Падение напора в прямых трубах круглого сечения	175
4.1.3. Падение напора в коленах круглого сечения	180
4.1.4. Падение напора в местных участках трубопровода	180
4.1.5. Указания по расчету падения напора	186
4.1.6. Падение напора в водопроводах	186
4.1.7. Падение напора в газо- и воздухопроводах	196
4.1.8. Падение напора в паропроводах	201
4.1.9. Падение напора в нефтепроводах	209
4.2. Теплоизоляция	212
4.2.1. Теоретические основы	212
4.2.2. Выполнение изоляции	216
4.3. Расчет стальных труб на прочность	219
4.3.1. Общие положения	219
4.3.2. Стальные трубы под внутренним давлением по DIN 2413 (июнь 1972 г.)	223
4.3.2.1 Трубопроводы преимущественно для статического внутрен- него давления при расчетной температуре 120 °С	224
4.3.2.2. Трубопроводы преимущественно для статического внут- реннего давления при расчетной температуре выше 120 °С	227
4.3.2.3. Трубопроводы для порогового внутреннего давления	228
4.3.3. Трубы для сосудов высокого давления по нормам AD	230
4.3.3.1. Цилиндрические оболочки под внутренним избыточным давлением	234
4.3.3.2. Цилиндрические оболочки под внешним избыточным давлением	235
4.3.4. Трубы для паровых котлов по нормам TRD	237
4.3.4.1. Цилиндрические оболочки под внутренним избыточным давлением (TRD 301)	238
4.3.4.2. Расчет колен труб по TRD 301, приложение 2	240
4.3.4.3. Трубы с наружным диаметром более 100 мм под внешним избыточным давлением (TRD 302)	244
4.3.5. Стальные трубы, уложенные под землей	245
4.3.6. Фитинги из стальных труб по ADB9	247
4.3.7. Цилиндрические оболочки с вырезами по TRD 301	249
4.3.8. Прочие рекомендации	251
4.3.8.1. Ацетиленопроводы по TRAC 204	252
4.3.8.2. Трубопроводы для транспортировки горючих жидко- стей по TRbF 112 и 212	253

4.3.8.3. Трубы в теплопередающих системах по DIN 4757 . . .	253
4.3.9. Расстояние между опорами стальных труб	254
4.3.10. Гидравлический удар в трубах	256
Библиографический список	257
5. СОЕДИНЕНИЯ ТРУБ	260
5.1. Введение	260
5.2. Разъемные соединения	260
5.2.1. Фланцевые соединения	260
5.2.1.1. Уплотнения	266
5.2.1.2. Болты и гайки	268
5.2.1.3. Размеры звеньев фланцевого соединения	270
5.2.2. Хомутовые соединения	271
5.2.3. Раструбные соединения	272
5.2.4. Резьбовые соединения	273
5.2.5. Специальные соединения	274
5.3. Неразъемные соединения	277
5.3.1. Способы сварки	277
5.3.2. Способы соединений	280
5.3.3. Контроль сварных швов	283
5.3.4. Расчет прочности сварных соединений	284
5.4. Прочие способы соединений	285
Библиографический список	285
6. ФАСОННЫЕ ДЕТАЛИ	286
6.1. Общие положения	286
6.2. Фасонные детали из бесшовных труб	287
6.3. Фасонные детали из сварных труб	313
6.4. Сварные колена труб, конические фасонные детали труб	321
6.4.1. Расчет сварного сегментного колена трубы	321
6.4.2. Развертка наклонных конических фасонных деталей	324
6.5. Привариваемые патрубки (Велдолетс) [8] по каталогу фирмы «BONNEY FORGE»	325
6.5.1. Таблицы размеров и параметров	325
6.5.2. Допустимая величина рабочего напора (пересчет с оригинальных таблиц в ати с помощью коэффициента 0,981 с округлением до целой величины бара)	331
7. КОРРОЗИЯ И АНТИКОРРОЗИОННАЯ ЗАЩИТА	336
7.1. Общие сведения	336
7.2. Коррозионные среды и возможности антикоррозионной защиты	338
7.2.1. Коррозия в атмосфере и газах	338
7.2.2. Вода	339
7.2.3. Грунт	340
7.2.3.1. Классификация грунтов по типам	341
7.2.3.2. Удельное электрическое сопротивление	341
7.3. Коррозионные свойства трубных сталей	343
7.3.1. Нелегированные и низколегированные стали	343
7.3.2. Химически стойкие стали	344
7.4. Антикоррозионные защитные покрытия	344
7.4.1. Наружная защита	345

7.4.1.1. Предварительная подготовка поверхности	345
7.4.1.2. Фосфатирование	347
7.4.1.3. Нанесение покрытий путем окраски и лакирования	347
7.4.1.4. Временная защита от коррозии	348
7.4.1.5. Изоляция труб	349
7.4.1.6. Изоляция труб в строительстве	352
7.4.1.7. Защита магистральных горячих трубопроводов	352
7.4.2. Защита внутренней поверхности труб	352
7.4.2.1. Эпоксидные покрытия	352
7.4.2.2. Покрытия на битумной основе	352
7.4.2.3. Покрытия на цементной основе	353
7.4.3. Металлические покрытия	354
7.4.3.1. Горячее цинкование	354
7.4.3.2. Электролитические покрытия	354
7.4.3.3. Плакирование	355
7.4.4. Эмалирование	355
7.5. Электрохимическая антикоррозионная защита	355
7.5.1. Катодная защита	356
7.5.2. Катодная антикоррозионная защита с гальваническим анодом	357
7.5.3. Катодная антикоррозионная защита с посторонним источником тока	358
7.5.4. Радиус действия катодной защиты трубопроводов	360
7.5.5. Проверочные измерения и контроль катодной защиты в процессе эксплуатации	361
7.5.6. Катодная защита от электрокоррозии	363
7.5.7. Катодная защита стальных труб кабелей, при высоком внешнем давлении газа	364
7.5.8. Катодная защита трубопроводов в промышленных системах	364
7.5.9. Катодная защита внутренних поверхностей трубопроводов	365
7.5.10. Анодная антикоррозионная защита	366
7.6. Мероприятия, выполняемые при воздействии на трубопроводы высокого напряжения	367
7.6.1. Инструктаж обслуживающего персонала	373
7.6.2. Монтажная техника	373
7.6.3. Портальные трубопроводы	373
7.6.4. Рабочая одежда	373
7.6.5. Изоляция рабочего места	374
7.6.6. Сварка или резка трубопроводов	374
Библиографический список	374
8. ОБЛАСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ТРУБ	377
8.1. Трубопроводы тепловых электростанций	377
8.1.1. Основные типы электростанций	378
8.1.1.1. Электростанции сети энергоснабжения	378
8.1.1.2. Теплоэлектроцентрали	378
8.1.1.3. Промышленные электростанции	381
8.1.2. Определение диаметра трубы в свету	384
8.1.3. Выбор материала для труб	385
8.1.4. Расчет толщины стенки труб	386
8.1.5. Расчет жесткости	387
8.1.6. Опоры и подвески труб	391
8.1.7. Арматура	395
8.1.7.1. Запорная арматура	395
8.1.7.2. Обратные клапаны и заслонки	401
8.1.7.3. Регулировочные вентили	402
8.1.7.4. Предохранительные клапаны	404
8.1.7.5. Специальная арматура	407
8.1.7.6. Конденсатоотводчики	410

8.2. Подземные магистральные трубопроводы для газообразных, жидких и твердых транспортируемых материалов	412
8.2.1. Общие положения	412
8.2.1.1. Газовые магистрали	412
8.2.1.2. Нефтяные магистрали	413
8.2.1.3. Магистральные водопроводы	413
8.2.1.4. Магистральные трубопроводы для транспортировки прочих материалов	413
8.2.1.5. Магистрали специального назначения	413
8.2.1.5.1. Магистрали в Арктике	414
8.2.1.5.2. Морские магистрали	414
8.2.1.5.3. Магистрали для сжиженного природного газа	414
8.2.2. Конструктивные детали магистральных трубопроводов	414
8.2.2.1. Трубы для магистральных трубопроводов	414
8.2.2.2. Фасонные детали труб	415
8.2.2.3. Арматура	415
8.2.3. Проектирование и прокладка трассы трубопроводов	417
8.2.4. Конструирование трубопроводов	417
8.2.5. Строительство трубопроводов	419
8.2.5.1. Сварочные работы	419
8.2.5.2. Прокладка трубопроводов	421
8.2.5.3. Пересечение трубопроводов в виде эстакад	422
8.2.5.3.1. Пересечение трубопроводов с железными и шоссейными дорогами	423
8.2.5.3.2. Пересечение с водными путями	424
8.2.6. Контроль прокладываемых трубопроводов	425
8.2.7. Эксплуатация магистральных трубопроводов	426
8.3. Трубопроводы гидроэлектростанций	426
8.3.1. Общие положения	426
8.3.2. Способы строительства	427
8.3.2.1. Подземные гидроэлектростанции	427
8.3.2.2. Наземные напорные трубопроводы с расширением	427
8.3.2.3. Наземные напорные трубопроводы с жестким креплением	428
8.3.2.4. Распределительные трубопроводы	429
8.3.3. Конструктивные элементы	429
8.3.3.1. Водозабор	429
8.3.3.2. Цилиндрический затвор	430
8.3.3.3. Трубы	431
8.3.3.4. Формы сварных швов	433
8.3.3.5. Опоры	434
8.3.3.6. Расширители	435
8.3.3.7. Точки крепления	435
8.3.3.8. Люки	436
8.3.3.9. Фланцевые соединения	436
8.3.3.10. Отводные трубы	438
8.3.4. Качество материала	440
8.3.4.1. Свариваемость, ударная вязкость, прочность и склонность к термической обработке	440
8.3.4.2. Котельные листы	441
8.3.4.3. Мелкозернистые стали	441
8.3.4.4. Свариваемые термоулучшаемые стали	441
8.3.5. Расчеты	441
8.3.5.1. Прочность	441
8.3.5.1.1. Общие положения	441
8.3.5.1.2. Нагрузки	442
8.3.5.1.3. Методы расчета	443
8.3.5.2. Гидравлический расчет	445
8.3.5.2.1. Напорные трубопроводы	445
8.3.5.2.2. Распределительные трубопроводы	445

8.3.6. Монтаж на месте	445
8.3.6.1. Монтаж на поверхности земли	445
8.3.6.2. Монтаж под землей	447
8.3.6.3. Предварительный монтаж в полевой мастерской	448
8.3.6.4. Монтаж крупных распределительных трубопроводов	450
8.3.7. Обслуживание и эксплуатация	451
8.4. Трубопроводы в технологических установках	452
8.4.1. Выполнение заказа	453
8.4.1.1. Справочные данные по трубопроводам	453
8.4.1.2. Планировка	454
8.4.1.3. Руководящие указания	456
8.4.1.4. Схема сети трубопроводов и обслуживающих приборов	456
8.4.1.5. Подготовка материалов для трубопроводов	456
8.4.1.6. Эскизная прорисовка труб	458
8.4.1.7. Расчеты	458
8.4.1.8. Подземные трубопроводы	459
8.4.1.9. Приобретение и контроль материалов для трубопроводов	459
8.4.1.10. Инспекция на заводах-изготовителях	459
8.4.1.11. Принципиальная модель	460
8.4.1.12. Прокладка труб на модели	460
8.4.1.13. Изометрическое изображение	462
8.4.1.14. Сдача модели и контроль монтажной документации	463
8.4.1.15. Выполнение монтажных работ	464
8.4.1.16. Контроль монтажных работ	465
8.4.2. Техника исполнения	466
8.4.2.1. Внутривзаводское нормирование	466
8.4.2.2. Стандарты DIN	466
8.4.2.3. Упрощение чертежных работ	466
8.4.2.4. Обработка данных при строительстве трубопроводов	467
8.4.3. Методы контроля	469
8.4.3.1. Наблюдение за ходом работ	469
8.4.3.2. Затраты	469
8.5. Магистральные теплофикационные распределительные сети	470
8.5.1. Проектирование сети	470
8.5.2. Теплоноситель	470
8.5.3. Способы прокладки трубопроводов	471
8.5.3.1. Прокладка в бетонных каналах	472
8.5.3.2. Прокладка в стальных кожухах	474
8.5.3.3. Изоляция асбоцементом	475
8.5.3.4. Оболочка из искусственных материалов	475
8.5.3.5. Насыпная оболочка	475
8.5.3.6. Способ заливки	476
8.5.4. Трубопроводы	476
8.5.5. Арматура	477
8.5.6. Опоры и узловыe точки крепления труб	477
8.5.7. Определение размеров и поверочный расчет теплофикационных распределительных сетей	477
8.5.7.1. Методы расчета	477
8.5.7.2. Оценка имеющейся документации	478
8.5.7.3. Распределение тепла между потребителями	478
8.5.7.4. Измерение напора в действующей сети теплоснабжения	479
8.5.7.5. Ввод данных	479
8.5.7.6. Расчет	479
8.6. Морские трубопроводы для нефти и газа	481
8.6.1. Общие положения	481
8.6.2. Проблемы транспортировки	481

8.6.3. Трубопроводы в Северном море	481
8.6.4. Техника прокладки трубопроводов	483
8.6.4.1. Метод укладки трубопроводов с судна	484
8.6.4.1.1. Трубоукладочное судно	484
8.6.4.1.2. Образование вмятин	486
8.6.4.1.3. Компоненты трубы	487
8.6.4.1.4. Автоматическая сварка	489
8.6.4.1.5. Укладка трубопровода в грунт, защита и контроль	490
8.6.4.2. Метод разматывания с судна	492
8.6.4.3. Метод протягивания по дну	494
8.6.5. Соединение трубопроводов	494
8.7. Стальная труба как элемент конструкции	495
8.7.1. Общие положения	495
8.7.2. Области применения	496
8.7.2.1. Сооружения длительного пользования	496
8.7.2.2. Сооружения временного пользования	496
8.7.3. Материалы и допустимые нагрузки	497
8.7.3.1. Стандартизованные конструкционные стали	497
8.7.3.2. Специальные конструкционные стали	497
8.7.3.3. Конструкционные стали, устойчивые к атмосферной коррозии	497
8.7.3.4. Выбор экономичного материала	497
8.7.4. Соединение полых профилей	498
8.7.5. Определение размеров полых профилей	499
8.7.5.1. Расчет на растяжение	499
8.7.5.2. Расчет на сжатие с продольным изгибом	499
8.7.5.3. Выпучивание	503
8.7.5.4. Изгиб	503
8.7.5.5. Сдвиг и срез	504
8.7.5.6. Кручение	504
8.7.5.7. Преимущества замкнутых полых профилей	504
8.7.5.8. Определение размеров полых профилей	519
8.7.6. Сооружения временного характера	520
8.7.6.1. Строительные леса	520
8.7.6.2. Автокраны	521
8.7.6.3. Погрузочные эстакады и порталные краны	521
8.7.6.4. Сооружения для аттракционов	522
8.7.6.5. Действующие стандарты	522
8.7.7. Принципы конструирования	523
8.7.7.1. Предписания из DIN 4115 (дополненное и переработанное издание)	523
8.7.7.2. Предписания по строительным лесам	524
8.7.7.3. Предписания по объемным несущим конструкциям	524
8.7.8. Антикоррозионная защита стальных конструкций из полых профилей	525
8.7.9. Противопожарная защита конструкций из полых профилей	525
Библиографический список	526
Предметный указатель	533