---

---

# Содержание

**1. Общие положения** ..... 15

**Введение** ..... 15

**Термины и определения, согласно НТД** ..... 16

**Выписка из ГОСТ Р 70817—2023 «Сталь и сплавы. Наименования и основные обозначения марок»** ..... 16

**3 Термины и определения** ..... 16

**5 Система обозначений марок стали и сплавов** ..... 16

**Выписка из ГОСТ 34951-2023 (EN 10020: 2000) «Сталь Определение и квалификация по химическому составу и классам качества»** ..... 18

**3 Классификация по химическому составу** ..... 18

**4 Классификация стали по основным классам качества** ..... 21

**Выписка из ГОСТ Р 54384-2011 (ЕН 10020:2000) «Сталь. Определение и классификация по химическому составу и классам качества»** ..... 23

**1 Область применения** ..... 23

**2 Термины и определения** ..... 23

**3 Классификация стали по химическому составу** ..... 23

**4 Классификация стали по основным классам качества** ..... 26

**Приложение ДА (справочное)** ..... 28

**Выписка из ГОСТ 33439-2015 «Металлопродукция из черных металлов и сплавов на железоникелевой и никелевой основе. Термины и определения по термической обработке»** ..... 29

**2 Термины и определения** ..... 29

**2.1 Основные термины** ..... 29

**Расшифровка маркировки стали марки 15ХМ. Ключевые обсобенности и роль легирующих элементов** ..... 56

**Выписка из ГОСТ 4543-2016. «Металлопродукция из конструкционной легированной стали. Технические условия»** ..... 57

**3 Термины и определения** ..... 57

**4 Классификация и обозначения** ..... 58

**4.1 Сталь подразделяют:** ..... 58

**4.2 Наименование марок стали** ..... 59

**4.3 Металлопродукцию подразделяют:** ..... 60

**5 Условия заказа. (Внимание служб МТС и технологов)** ..... 61

**5.1 Основные требования, указываемые при оформлении заказа**: ..... 61

**5.2 Дополнительные требования, указываемые при оформлении заказа, с учетом 7.2 (Требования к металлопродукции, устанавливаемые по согласованию изготовителя с заказчиком)** ..... 61

**6 Сортамент** ..... 61

**7 Технические требования** ..... 63

**7.1 Характеристики базового исполнения** ..... 63

**7.2 Требования к металлопродукции, устанавливаемые по согласованию изготовителя с заказчиком (Внимание технологов и работников МТС)** ..... 76

**8 Правила приемки (Внимание работников ОТК)** ..... 81

**9 Методы испытаний** ..... 83

**Приложение В (обязательное)** ..... 87

**Приложение Г (рекомендуемое)** ..... 87

**Дополнительные данные по стали марки 15ХМ** ..... 90

**Сталь марки 15ХМ – температура критических точек, $^0$С** ..... 90

**Сталь марки 15ХМ– физические свойства** ..... 90

**ВЫПИСКА ИЗ ПРИЛОЖЕНИЕ № 1 НП-089-15** ..... 91

**Аналоги и заменители** ..... 94

**Российские аналоги** ..... 94

**Зарубежные аналоги марки стали 15ХМ** ..... 94

**Некоторые преимущества стали 15ХМ:** ..... 95

**Ограничения и недостатки стали марки 15ХМ** ..... 95

**Вид поставки металлопродукции.** ..... 96

**1 Область применения** ..... 97

**3 Классификация** ..... 97

**4 Марки стали** ..... 99

**6 Технические требования** ..... 99

**8 Методы испытаний** ..... 106

**Приложение А (обязательное)** ..... 108

**Требования к прокату, устанавливаемые по согласованию изготовителя с заказчиком** ..... 108

**Приложение Б (обязательное)** ..... 110

**Примеры условных обозначений** ..... 110

**Приложение В (обязательное)** ..... 110

**Методика испытаний на холодную осадку проката диаметром свыше 30.0 до 50,0 мм включительно** ..... 110

**Выписка из ГОСТ 8731-2025 «Трубы стальные бесшовные горячедеформированные. Технические условия»** ..... 113

**1 Область применения** ..... 113

**3. Термины и определения.** ..... 113

**4 Обозначения** ..... 113

**5 Сортамент** ..... 114

**5.1 Марки стали** ..... 114

**5.2 Группы поставки** ..... 114

**5.3 Размеры** ..... 114

**5.4 Длин** ..... 114

**5.5 Примеры условных обозначений** ..... 114

**5.6 Сведения, указываемые в заказе** ..... 115

**6 Технические требования** ..... 118

**6.2 Химический состав** ..... 118

**6.3 Механические свойства** ..... 118

**6.4 Макроструктура** ..... 120

**6.5 Технологические свойства** ..... 120

**6.6 Предельные отклонения размеров, длины и формы** ..... 120

**6.7 Качество поверхности** ..... 120

**6.8 Сплошность** ..... 121

**6.9 Отделка концов** ..... 121

**6.10 Маркировка и упаковка** ..... 122

**7 Требования безопасности и охраны окружающей среды** ..... 122

**8 Правила приемки** ..... 122

**8.1 Трубы принимают партиями** ..... 122

**8.2 Для подтверждения соответствия труб требованиям настоящего стандарта изготовитель про водит приемочный контроль, включающий приемо-сдаточные испытания и проверку маркировки и упаковки.** ..... 122

**9 Методы контроля и испытаний** ..... 128

**Выписка из ГОСТ 8733-74- «Трубы стальные бесшовные холоднодеформированные и теплодеформированные. Технические требования»** ..... 131

**1 Технические требования** ..... 131

**2. Правила приемки** ..... 134

**3. Методы испытаний** ..... 135

**Выписка ТУ 14-3Р-55-2001 «Трубы стальные бесшовные для паровых котлов и трубопроводов». Технические условия».** ..... 136

**1 Технические требования** ..... 137

**1.1 Термины и определения** ..... 137

**1.2 Данные для заказа и условное обозначение** ..... 137

**1.3 Общие требования** ..... 138

**1.4 Трубная заготовка** ..... 140

**1.5 Размеры и предельные отклонения размеров** ..... 141

**1.6 Химический состав** ..... 148

**1.7 Термическая обработка** ..... 148

**1.8 Механические свойства** ..... 148

**1.9 Качество поверхности** ..... 154

**1.10 Сплошность металла** ..... 154

**1.11 Макро- и микроструктура** ..... 155

**1.12 Технологические свойства** ..... 156

**1.13 Стойкость против межкристаллитной коррозии** ..... 157

**2 Требования безопасности** ..... 157

**3 Правила приемки и методы контроля** ..... 157

**4 Маркировка, упаковка, документация, транспортирование и хранение** ..... 170

**5 Гарантии изготовители** ..... 172

**Приложение Б (обязательное)** ..... 173

**Приложение В (справочное)** ..... 175

**Приложение Д (Рекомендуемое)** ..... 180

**Выписка из ГОСТ Р 70731.1-2023 «Трубы стальные для изготовления оборудования и трубопроводов Атомных станций. Общие технические условия. Часть 1. Трубы стальные бесшовные из нелегированных и легированных сталей»** ..... 182

**1 Область применения** ..... 182

**3 Термины и определения** ..... 182

**4 Обозначения** ..... 183

**5 Сортамент** ..... 183

**5.1 Виды труб и состояние поставки** ..... 183

**5.2 Марки стали** ..... 184

**5.3 Размеры** ..... 184

**6 Предоставляемая информация** ..... 190

**6.1 Обязательная информация** ..... 190

**6.2 Дополнительная информация** ..... 190

**6.3 Примеры условных обозначений труб** ..... 191

**7 Технические требования** ..... 192

**7.1 Способ производства** ..... 192

**7.2 Химический состав** ..... 193

**7.3 Механические свойства** ..... 195

**7.4 Макроструктура и микроструктура** ..... 196

**7.5 Неметаллические включения** ..... 196

**7.6 Технологические свойства** ..... 197

**7.7 Предельные отклонения размеров, длины и формы** ..... 197

**7.8 Состояние поверхности** ..... 199

**7.9 Герметичность** ..... 200

**7.10 Требования к неразрушающему контролю** ..... 201

**7.11 Отделка концов труб** ..... 201

**7.12 Остаточная магнитная индукция** ..... 201

**7.13 Маркировка, упаковка, транспортирование и хранение** ..... 202

**9 Правила приемки (Внимание работников ОТК)** ..... 204

**9.1 Общие положения** ..... 204

**9.2 Отчетная документация по приемочному контролю** ..... 207

**9.3 Отбор проб** ..... 208

**10 Методы контроля и испытаний** ..... 210

**10.1 Визуальный контроль состояния поверхности** ..... 210

**10.2 Измерительный контроль** ..... 211

**10.3 Определение химического состава** ..... 213

**10.4 Испытания на растяжение и измерение твердости** ..... 214

**10.5 Испытания на ударный изгиб** ..... 215

**10.6 Испытания на загиб, сплющивание, раздачу** ..... 215

**10.7 Контроль макроструктуры** ..... 216

**10.8 Контроль микроструктуры и неметаллических включений** ..... 216

**10.9 Контроль герметичности** ..... 216

**10.10 Методы проведения неразрушающего контроля** ..... 216

**10.11 Контроль отделки концов труб** ..... 217

**10.12 Контроль остаточной магнитной индукции** ..... 217

**11 Гарантии изготовителя** ..... 217

**Приложение А (обязательное)** ..... 218

**Оценка микроструктуры образца** ..... 218

**1. Технические требования** ..... 221

**2. Методы испытаний** ..... 228

**ПРИЛОЖЕНИЕ (Рекомендуемое)** ..... 232

**Выписка из ОСТ 3-1686-90 «Заготовки из конструкционной стали для машиностроения. Общие технические условия»** ..... 233

**I. Основные параметры** ..... 233

**1.1. Классификация** ..... 233

**2. Технические требования** ..... 245

**2.1. Характеристики** ..... 245

**2.2. Маркировка** ..... 248

**3. Приемка** ..... 249

**4. МЕТОДЫ КОНТРОЛЯ** ..... 251

**1 Область применения** ..... 255

**3 Термины, определения и обозначения** ..... 255

**4 Общие положения** ..... 255

**3 Термины, определения и обозначения** ..... 261

**4 Общие положения** ..... 262

**5 Типы сварных соединений деталей, выполненных из сталей перлитного класса и из высокохромистых сталей** ..... 263

**10 Конструктивные формы сварных соединений** ..... 315

**Выписка из ГОСТ 59023.3-2020- «Сварка и наплавка оборудования и трубопроводов атомных энергетических установок. Режимы сварки и наплавки»** ..... 317

**1 Область применения** ..... 317

**4 Общие положения** ..... 317

**5 Параметры режимов автоматической сварки деталей из сталей под флюсом** ..... 318

**4 Общие положения** ..... 323

**5 Подогрев при выполнении сварки деталей (сборочных единиц) из сталей перлитного класса и высокохромистых сталей** ..... 323

**1 Область применения** ..... 325

**4 Общие положения** ..... 325

**5 Общие требования** ..... 326

**5.1 Требования к технологической документации** ..... 326

**5.2 Виды термической обработки при изготовлении, монтаже и ремонте оборудования и трубопроводов с применением сварки** ..... 326

**5.5 Необходимость и температура отпусков сварных соединений деталей из сталей перлитного класса или высокохромистых сталей в зависимости от марки стали и номинальных толщин сваренных дуговой или электронно-лучевой сваркой деталей** ..... 327

**5.6 Минимальное значение величины зоны контролируемого нагрева металла при местной термической обработке сварных соединений** ..... 329

**7. Отчетная документация** ..... 330

**Приложение А.** ..... 331

**Выписка из справочника «Жаропрочные стали и сплавы» С.Б. Масленников Москва «Металлургия» 1983** ..... 331

**Общие требования к жаропрочным материалам.** ..... 331

**Выписка из учебного пособия «Металловедение и термическая обработка» Г.Н. Теплухин, А.В. Гропянов. Санкт-Петербург 2011 п. 6. Материалы, применяемые в теплоэнергетическом машиностроении. 6.1. Закономерности поведения металлических материалов в условиях нагрева и характеристики жаропрочности стр. 95** ..... 333

**6.1. Закономерности поведения металлических материалов в условиях нагрева и характеристики жаропрочности** ..... 333

**Краткая технология изготовления изделий из стали марки 15ХМ** ..... 336

**Краткая технология литья стали 15ХМ** ..... 336

**1. Подготовка шихты и выплавка** ..... 336

**2. Температура заливки.** ..... 337

**3. Литейная форма и литниково-питающая система.** ..... 337

**4. Заливка и кристаллизация.** ..... 337

**5. Обрубка, очистка и контроль.** ..... 337

**6. Термическая обработка (обязательна).** ..... 337

**7. Финальный контроль качества.** ..... 337

**Типичные дефекты отливок из стали 15ХМ и меры их предотвращения** ..... 338

**Какие нюансы и дефекты могут встретиться при производстве слитков** ..... 344

**Краткая технология сортового проката стали 15ХМ** ..... 345

**Краткая технология горячей листовой прокатки** ..... 355

**Краткая технология холодной листовой прокатки стали марки 15ХМ** ..... 369

**Краткая технология ковки** ..... 374

**Краткая технология горячей штамповки** ..... 376

**Краткая технология листовой холодной штамповки деталей**..... 382

**Краткая технология изготовления бесшовных труб.**..... 396

**Краткая технология изготовления сварных труб**..... 398

**Термическая обработка деталей из стали марки 15ХМ**..... 401

**Технология сварки деталей из стали марки 15 ХМ.**..... 413

**Выписка из разработки технологии сварки и термической обработки сварных соединений высокохромистой и легированной теплоустойчивой стали на основе структурных исследований.**..... 421

**Краткая технология механической обработки стали 15ХМ**..... 429

**Приложение Б**..... 434

**Выписка из ГОСТ 21014-2022 «Металлопродукция из стали и сплавов. Дефекты поверхности. Термины и определения».**..... 434

**1 Область применения**..... 434

**3 Термины и определения**..... 434

**3.2 Дефекты поверхности металлопродукции, обусловленные качеством отливок, слитков, слябов, блюмов и непрерывнолитых заготовок**..... 442

**3.3 Дефекты поверхности металлопродукции, обусловленные процессом деформации**..... 448

**3.4 Дефекты поверхности металлопродукции, обусловленные процессом отделки**..... 460

**Приложение В**..... 538

**Выписка из ГОСТ 10243-75 «Сталь. Методы испытаний и оценка макроструктуры»**..... 538

**1. Общие положения**..... 538

**2. Отбор проб и изготовление образцов**..... 538

**3. Оборудование. Реактивы и режимы травления темплетов**..... 541

**4. Оценка протравленных темплетов и изломов**..... 542

**5. Оформление результатов испытаний**..... 544

**ШКАЛЫ N 1 И №1А ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПОРИСТОСТЬ**..... 546

**ШКАЛЫ N 2 И № 2АТОЧЕЧНАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ** ..... 548

**ШКАЛЫ N 3И №3А ОБЩАЯ ПЯТНИСТАЯ ЛИКВАЦИЯ** ..... 552

**ШКАЛА N 3Б ПЯТНИСТАЯ ЛИКВАЦИЯ, ХАРАКТЕРНАЯ ДЛЯ МЕТАЛЛА ЭЛЕКТРОШЛАКОВОГО И ВАКУУМНО-ДУГОВОГО ПЕРЕПЛАВОВ** ..... 555

**ШКАЛЫ N 4 И № 4А КРАЕВАЯ ПЯТНИСТАЯ ЛИКВАЦИЯ** ..... 558

**ШКАЛЫ N 5 И № 5А ЛИКВАЦИОННЫЙ КВАДРАТ** ..... 560

**ШКАЛЫ N 6 И № 6А ПОДУСАДОЧНАЯ ЛИКВАЦИЯ** ..... 564

**ШКАЛА N 7 ПОДКОРКОВЫЕ ПУЗЫРЬКИ** ..... 568

**ШКАЛА N 8 МЕЖКРИСТАЛЛИТНЫЕ ТРЕЩИНЫ** ..... 570

**ШКАЛА N 9 ПОДСЛОЙНАЯ КРИСТАЛЛИЗАЦИЯ** ..... 574

**ШКАЛА N 10А СВЕТЛАЯ ПОЛОСКА (КОНТУР)** ..... 579

**ДЕФЕКТЫ, ОБНАРУЖИВАЕМЫЕ В ИЗЛОМАХ** ..... 584

**1. ГРУБЫЕ РАСКАТАННЫЕ ПОРЫ И ГАЗОВЫЕ ПУЗЫРИ** ..... 584

**Приложение Г** ..... 605

**Выписка из ГОСТ Р 58228-2018 «Заготовка стальная. Непрерывнолитая. Методы контроля и оценки макроструктуры»** ..... 605

**1. ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ** ..... 605

**3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ** ..... 606

**4 ОБЩИЕ ПОЛОЖЕНИЯ** ..... 606

**5 ОТБОР ПРОБ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ТЕМПЛЕТОВ** ..... 607

**6 ХАРАКТЕРИСТИКА ВИДОВ ДЕФЕКТОВ МАКРОСТРУКТУРЫ, ОЦЕНКА И ШКАЛЫ МАКРОСТРУКТУРЫ** ..... 608

**7 ОФОРМЛЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОЦЕНКИ МАКРОСТРУКТУРЫ** ..... 615

**А.1 КРУГ** ..... 616

**ШКАЛА 1 — ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПОРИСТОСТЬ (ЦП)** ..... 616

**ШКАЛА 2 — ОСЕВАЯ ЛИКВАЦИЯ (ОСЕВАЯ ХИМИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ) (ОЛ)** ..... 618

**ШКАЛА 3 — ЛИКВАЦИОННЫЕ ПОЛОСКИ И ТРЕЩИНЫ (ЛПТ)** ..... 621

**а) по сечению (ЛПТС)** ..... 621

**Шкала 3 — Ликвационные полоски и трещины (ЛПТ)** ..... 622

**а) по сечению (ЛПТС)** ..... 622

**ШКАЛА 4 — СВЕТЛАЯ ПОЛОСА (КОНТУР) (СП)** ..... 625

**ШКАЛА 5 — КРАЕВОЕ ТОЧЕЧНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ (КТЗ)** ..... 627

**А.2 БЛЮМ** ..... 630

**ШКАЛА 1А — ЦЕНТРАЛЬНАЯ ПОРИСТОСТЬ (ЦП)** ..... 630

**ШКАЛА 2А — ОСЕВАЯ ЛИКВАЦИЯ (ОСЕВАЯ ХИМИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ) (ОЛ)** ..... 633

**ШКАЛА 3А — ЛИКВАЦИОННЫЕ ПОЛОСКИ И ТРЕЩИНЫ (ЛПТ) А) ПО СЕЧЕНИЮ (ЛПТС)** ..... 636

**ШКАЛА 3А — ЛИКВАЦИОННЫЕ ПОЛОСКИ И ТРЕЩИНЫ (ЛПТ) В) УГЛОВЫЕ (ЛПТУ)** ..... 640

**ШКАЛА 4А — СВЕТЛАЯ ПОЛОСА (КОНТУР) (СП)** ..... 642

**ШКАЛА 5А — КРАЕВОЕ ТОЧЕЧНОЕ ЗАГРЯЗНЕНИЕ (КТЗ)** ..... 645

**ШКАЛЫ ОЦЕНКИ МАКРОСТРУКТУРЫ СЛЯБА** ..... 648

**ШКАЛА 1Б — ОСЕВАЯ РЫХЛОСТЬ (ОР)** ..... 648

**ШКАЛА 26 — ОСЕВАЯ ХИМИЧЕСКАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ (ОХН)** ..... 650

**ШКАЛА 36 — ОСЕВЫЕ ТРЕЩИНЫ (ОТ)** ..... 651

**ШКАЛА 46 — ЛИКВАЦИОННЫЕ ПОЛОСКИ И ТРЕЩИНЫ (ЛПТ), ПЕРПЕНДИКУЛЯРНЫЕ УЗКИМ И ШИРОКИМ ГРАНЯМ ИЛИ УГЛОВЫЕ (ЛПТС, ЛПТУ)** ..... 652

**ШКАЛА 56 — ГНЕЗДООБРАЗНЫЕ ТРЕЩИНЫ (ГТ) А) ПОПЕРЕЧНОЕ СЕЧЕНИЕ** ..... 653

**ШКАЛА 56 — ГНЕЗДООБРАЗНЫЕ ТРЕЩИНЫ (ГТ) Б) ПРОДОЛЬНОЕ СЕЧЕНИЕ (ГТПР С)** ..... 655

**ШКАЛА 6Б — ТОЧЕЧНАЯ НЕОДНОРОДНОСТЬ (ТН)** ..... 657

**ШКАЛА 76 — ПОВЕРХНОСТНОЕ НАУГЛЕРОЖИВАНИЕ (ПН)** ..... 658

**Выписка из ГОСТ 1778-2022 «Металлопродукция из стали и сплавов. Металлографические методы определения неметаллических включений»** ..... 659

**1 ОБЛАСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ** ..... 659

**. 3 ТЕРМИНЫ И ОПРЕДЕЛЕНИЯ** ..... 659

4 КЛАССИФИКАЦИЯ ..... 660

**5 ОТБОР ОБРАЗЦОВ И ИЗГОТОВЛЕНИЕ ШЛИФОВ** ..... 660

**ПРИЛОЖЕНИЕ А (РЕКОМЕНДУЕМОЕ)** ..... 669

**6. МЕТОДЫ ИСПЫТАНИЙ** ..... 671

**6.1 МЕТОД Ш** ..... 671

**ПРИЛОЖЕНИЕ Б (ОБЯЗАТЕЛЬНОЕ)** ..... 673

**ОКСИДЫ СТРОЧЕЧНЫЕ** ..... 673

**ОКСИДЫ ТОЧЕЧНЫЕ (ОТ)** ..... 676

**СИЛИКАТЫ ХРУПКИЕ (СХ)** ..... 677

**СИЛИКАТЫ ПЛАСТИЧНЫЕ (СП)** ..... 681

**СИЛИКАТЫ НЕДЕФОРМИРУЮЩИЕСЯ (СН)** ..... 684

**СУЛЬФИДЫ (С)** ..... 687

**НИТРИДЫ И КАРБОНИТРИДЫ СТРОЧЕЧНЫЕ (НС)** ..... 690

**ПРИЛОЖЕНИЕ В К ГОСТ 1778-2022 (СПРАВОЧНОЕ)** ..... 698

**ПРИЛОЖЕНИЕ Г К ГОСТ 1778-2022 (СПРАВОЧНОЕ)** ..... 699

**ПРИЛОЖЕНИЕ Д К ГОСТ 1778-2022 (СПРАВОЧНОЕ)** ..... 700

**ПРИЛОЖЕНИЕ Е К ГОСТ 1778-2022 (СПРАВОЧНОЕ)** ..... 701

**ПРИЛОЖЕНИЕ Ж К ГОСТ 1778-2022 (СПРАВОЧНОЕ)** ..... 702

**ПРИЛОЖЕНИЕ И К ГОСТ 1778-2022 (СПРАВОЧНОЕ)** ..... 702

**ПРИЛОЖЕНИЕ К К ГОСТ 1778-2022 (СПРАВОЧНОЕ)** ..... 703

**ПРИЛОЖЕНИЕ Л К ГОСТ 1778-2022 (СПРАВОЧНОЕ)** ..... 704

**ПРИЛОЖЕНИЕ М К ГОСТ 1778-2022 (СПРАВОЧНОЕ)** ..... 704

**ПРИЛОЖЕНИЕ Н К ГОСТ 1778-2022 (СПРАВОЧНОЕ)** ..... 705

**ПРИЛОЖЕНИЕ П К ГОСТ 1778-2022 (СПРАВОЧНОЕ)**..... 705

**Типичные поломками деталей из 15ХМ при эксплуатации.** ..... 706

# 1. Общие положения

## Введение

### Общая информация

Данное пособие служит руководством по применению, свойствам и технологическим особенностям обработки **стали марки 15ХМ**.

Документ создан с задачей систематизировать накопленные знания и практический опыт эксплуатации этого материала в различных промышленных секторах.

### Актуальность темы

В условиях современного развития промышленности особое значение приобретает применение материалов, обладающих жаропрочностью, механической выносливостью и коррозионной стойкостью. **Сталь 15ХМ** представляет собой один из таких материалов, получивших широкое применение в энергетическом машиностроении, нефтехимии и других сферах с высокими технологическими требованиями.

### Цель и задачи пособия

Основная задача настоящего документа — предоставление исчерпывающей информации о характеристиках, свойствах и специфике использования стали 15ХМ для инженеров, технологов, конструкторов и специалистов производственного профиля.

Для выполнения данной цели предусмотрены следующие задачи:

* Унификация и систематизация технических данных о материале
* Описание технологических аспектов обработки
* Анализ характеристик, влияющих на эксплуатацию
* Предоставление практических рекомендаций по применению
* Обзор современных подходов к контролю качества

### Структура и содержание

Структура пособия построена по принципу перехода от более общих к частным вопросам, что облегчает использование информации.

Каждый раздел содержит специализированные сведения, необходимые для решения конкретных профессиональных задач.

### Область применения

Информация пособия предназначена для использования в следующих сферах:

* При проектировании и создании новых изделий
* В ходе технологической подготовки производства

* В рамках научных исследований и разработок

* В образовательном процессе профильных учебных заведений

* При организации системы контроля качества продукции

**Особенности использования**

При обращении к пособию важно учитывать, что предоставленные данные являются базовыми и могут меняться в зависимости от конкретных условий производства и эксплуатации.

Все приведённые рекомендации носят ориентировочный характер и требуют адаптации с учётом специфики конкретного производственного процесса.

## Термины и определения, согласно НТД

## Выписка из ГОСТ Р 70817—2023 «Сталь и сплавы. Наименования и основные обозначения марок»

### 3 Термины и определения

Сталь марки 15ХМ, согласно ГОСТ Р 70817—2023 «Сталь и сплавы. Наименования и основные обозначения марок» относится

3.4 сталь повышенной и высокой обрабатываемости (Нрк. автоматная сталь): Конструкционная нелегированная и легированная сталь с массовой долей серы более 0,040 % и (или) легированная свинцом, селеном или другими элементами, повышающими обрабатываемость, предназначенная для обработки на станках и автоматах, а также для обработки давлением в горячем состоянии с после дующей обработкой резанием.

### 5 Система обозначений марок стали и сплавов

5.3 Сталь легированная конструкционная, в том числе рессорно-пружинная

Обозначение марки конструкционной легированной стали, в том числе рессорно-пружинной (см. Б.3), состоит:- из двузначного числа, которое означает среднюю массовую долю углерода в сотых долях про цента;- букв в соответствии с таблицей 1, которые означают наличие в стали соответствующего легирующего химического элемента, массовая доля которого позволяет отнести сталь к классу легированных по ГОСТ 34951;- цифр, стоящих после букв, которые указывают примерную массовую долю легирующего химического элемента в целых единицах. Отсутствие цифр после букв легирующего химического элемента означает, что в стали, содержится до 1,5 % этого легирующего элемента.

Таблица 1 — Обозначение химических элементов в наименованиях марок стали и сплавов

| Номер пункта | Наименование химического элемента | Символ химического элемента | Обозначение химического элемента в наименовании марки |
|---|---|---|---|
| 1 | Азот | N | А (в середине) |
| 2 | Алюминий | AI | Ю |
| 3 | Бериллий | Be | Л (в середине) |
| 4 | Бор | B | Р |
| 5 | Ванадий | V | Ф |
| 6 | Висмут | Bi | Ви |
| 7 | Вольфрам | W | В |
| 8 | Галлий | Ga | Гл |
| 9 | Кадмий | Cd | Кд |
| 10 | Кобальт | Co | К |
| 11 | Кремний | Si | С |
| 12 | Магний | Mg | Ш |
| 13 | Марганец | Mn | Г |
| 14 | Медь | Cu | Д |
| 15 | Молибден | Mo | М |
| 16 | Никель | Ni | Н |
| 17 | Ниобий | Nb | Б |
| 18 | Селен | Se | Е |
| 19 | Сера | S | А (в конце) |
| 20 | Титан | Ti | Т |
| 21 | Углерод | C | — |
| 22 | Фосфор | P | П |
| 23 | Хром | Cr | Х |
| 24 | Цирконий | Zn | Ц |

| Номер пункта | Наименование химического элемента | Символ химического элемента | Обозначение химического элемента в наименовании марки |
|---|---|---|---|
| 25 | РЗМ (редкоземельные металлы: лантан, празеодим, церий и пр.) | - | ч |

## Выписка из ГОСТ 34951-2023 (EN 10020: 2000) «Сталь Определение и квалификация по химическому составу и классам качества»

### 3 Классификация по химическому составу

### 3.1 Массовая доля легирующих элементов

Классификация стали устанавливается стандартами или другими техническими документами на поставку продукции независимо от того, какая сталь фактически произведена, при условии, что ее химический состав удовлетворяет требованиям соответствующего стандарта.

3.1.1 Классификация стали основывается на предусмотренном конкретными стандартами или техническими документами химическом составе по анализу ковшевой пробы (маркировочному анализу) и устанавливается исходя из нижнего предела массовой доли каждого химического элемента.

3.1.2 Когда по конкретному химическому элементу, входящему в состав стали, кроме марганца, стандартом или другими техническими документами для анализа ковшевой пробы (маркировочного анализа) установлен только верхний предел массовой доли, для классификации стали по таблицам 1 и 2 необходимо использовать значение 70 % от этого верхнего предела. В отношении марганца следует руководствоваться сноской а) к таблице 1.

3.1.3 Если в стандарте или других технических документах данные о химическом составе стали базируются на результатах анализа готовой продукции, химический состав стали по анализу ковшевой

пробы (маркировочному анализу) следует рассчитывать на основе предельных отклонений, установленных конкретным стандартом или другими техническими документами на продукцию.

В том случае, если в стандарте или других технических документах на продукцию данные по химическому составу базируются на результатах анализа готовой продукции, а предельные отклонения между анализом ковшевой пробы (маркировочным анализом) и готовой продукции отсутствуют, классификация основывается на анализе готовой продукции.

3.1.4 При отсутствии стандарта или других технических документов на продукцию и если точный химический состав стали не задан, классификация основывается на фактическом анализе ковшевой пробы (маркировочном анализе), заявленном изготовителем.

3.1.5 Массовая доля химических элементов по анализу готовой продукции может отличаться от заданной для анализа ковшевой пробы (маркировочного анализа) на значение, не превышающее предельных отклонений, установленных соответствующим стандартом или другими техническими документами. Предельные отклонения от заданной массовой доли элементов на разделение стали на нелегированную и легированную не влияют.

3.1.6 Многослойная продукция или продукция с покрытием классифицируются в соответствии с химическим составом продукции, на которую наносилось покрытие или которую плакируют.

Примечание — При отнесении к вторичным черным металлам многослойная продукция классифицируется по усредненному химическому составу продукции и покрытия.

3.1.7 Для каждого легирующего элемента заданная, расчетная или фактическая массовая доля по анализу ковшевой пробы (маркировочному анализу) должна быть выражена с таким же количеством десятичных знаков, которое указано в таблице 1. Например, заданный диапазон массовой доли 0,3 %—0,5 % соответствует диапазону 0,30 %—0,50 %. Заданную массовую долю 2 % следует оценивать, как 2,00 %

**3.2 Определение классов по химическому составу**

3.2.3 Легированные стали Легированные стали — это стали, которые по определению не являются нержавеющими, но отличаются тем, что у них массовая доля как минимум одного химического элемента из указанных в таблице 1 с учетом 3.1 превышает соответствующие установленные предельные значения.

Таблица 1 — Предельные значения массовой доли для разграничения между нелегированными и легированными сталями по анализу ковшевой пробы (маркировочному анализу)

| Химический элемент | | Предельное значение массовой доли, % |
|---|---|---|
| Обозначение | Наименование | |
| AI | Алюминий | 0,30 |

| Химический элемент | | Предельное значение массовой доли, % |
|---|---|---|
| Обозначение | Наименование | |
| B | Бор | 0,0008 |
| Bi | Висмут | 0,10 |
| Co | Кобальт | 0,30 |
| Cr | Хром | 0,30 |
| Cu | Медь | 0,40 |
| La | Лантаноиды (каждый) | 0,10 |
| Мп | Марганец | 1,65[a)] |
| Mo | Молибден | 0,08 |
| Nb | Ниобий | 0,06 |
| Ni | Никель | 0,30 |
| Pb | Свинец | 0,40 |
| Se | Селен | 0,10 |
| Si | Кремний | 0,50 |
| Te | Теллур | 0,10 |
| Ti | Титан | 0,05 |
| V | Ванадий | 0,10 |
| W | Вольфрам | 0,30 |
| Zr | Цирконий | 0,05 |
| | Другие элементы, кроме углерода, фосфора, серы, азота (каждый) | 0,10 |
| [a)] Если для марганца установлен только верхний предел, этот показатель должен быть 1,80 %, и правило 70 % не действует (см. 3.1.2). | | |

Для получения особых свойств этих сталей в них намеренно вводят один или несколько химических элементов, указанных в таблице 1, включая серу, фосфор, азот. При введении двух легирующих элементов (кроме марганца) суммарное значение интервалов нормируемых массовых долей легирующих элементов должно быть не менее 0,40 %, при введении трех и более легирующих элементов суммарное значение интервалов не регламентируется.

**4 Классификация стали по основным классам качества**

4.3 Легированные стали

4.3.1 Легированные качественные стали

4.3.1.1 Общие положения

Легированными качественными сталями являются стали, к продукции из которых предъявляют требования по механическим свойствам и структуре, сопротивлению хрупкому и вязкому разрушению, технологическим свойствам (свариваемость, прокаливаемость, обработка давлением).

4.3.1.2 Определения

Характеристики легированных качественных сталей приведены в 4.3.1.3—4.3.1.7.

4.3.1.3 Свариваемые легированные мелкозернистые конструкционные качественные стали для сосудов, работающих под давлением, и для изготовления труб, которые не соответствуют определениям, приведенным по 4.3.1.5, должны соответствовать следующим условиям:

- нормирован предел текучести менее 380 Н/мм2 при толщине продукции не более 16 мм;
- массовые доли легирующих элементов (согласно определениям, приведенным в 3.1) ниже указанных в таблице 2 предельных значений;

Таблица 2 — Свариваемые легированные мелкозернистые стали. Предельные значения массовой доли для подразделения стали: на качественную и повышенного качества

| Химический элемент | | Предельное значение массовой доли, % |
|---|---|---|
| Обозначение | Наименование | |
| Cr | Хром | 0,50 |
| Cu | Медь | 0,50 |
| Mn | Марганец | 1,80 |
| Mo | Молибден | 0,10 |
| Nb | Ниобий | 0,08 |
| Ni | Никель | 0,50 |
| Ti | Титан | 0,12 |
| V | Ванадий | 0,12 |
| Zr | Цирконий | 0,12 |

(Поправка)

- нормированное значение работы удара KV (ударной вязкости KCV) при температуре испытания минус 50 °С — не более 27 Дж (34 Дж/см2) по результатам испытаний на ударный

изгиб по Шарпи на образцах с V-образным надрезом, ориентированных в продольном направлении, или не более 16 Дж (20 Дж/см2), если ориентация образцов поперечная.
Примечание — Если для температуры испытания минус 50 °С показатель работы удара (ударной вязкости) не нормирован, необходимо руководствоваться нормами для температуры испытаний от минус 50 °С до минус 60 °С
4.3.1.4 Легированные стали для изготовления рельсов, шпунтовых стоек и рудничных креплений.
4.3.1.5 Легированные стали для изготовления горячекатаной и холоднокатаной листовой продукции, предназначенной для холодной объемной штамповки (кроме сталей для изготовления труб и сосудов, работающих под давлением), выплавленные с присадками для измельчения зерна таких элементов, как бор, ниобий, титан, ванадий и/или цирконий, или двухфазные стали. Двухфазные стали имеют в основном ферритную микроструктуру с 10 %—35 % мартенсита в виде равномерно распределенных небольших единичных пластинок.
4.3.1.6 Легированные стали, в которых медь является единственным легирующим элементом.
4.3.1.7 Легированные электротехнические стали — это стали, содержащие, в основном, кремний или кремний и алюминий в качестве легирующих элементов, которые поставляют с заданным, максимальным пределом магнитных потерь или минимальным пределом показателей магнитной индукции, поляризации или проницаемости.
4.3.2 Легированные стали повышенного качества
4.3.2.1 Общие положения
Этот класс качества включает стали, которые благодаря точному соблюдению требований по химическому составу, а также особой технологии производства и условий контрольных испытаний, обладают улучшенными свойствами, часто специфицированными в комбинации и с показателями в узко ограниченных пределах.
4.3.2.2 Определения
Все легированные стали, которые не классифицированы по определениям, приведенным в 4.3.1 для легированных качественных сталей, относятся к легированным сталям повышенного качества
К легированным сталям повышенного качества относятся конструкционные легированные стали для машиностроения и стали для сосудов, работающих под давлением, подшипнико-

вые стали, инструментальные стали, быстрорежущие стали и стали с особыми физическими свойствами, такие как ферритные никельсодержащие стали с регулируемым коэффициентом расширения или стали, отличающиеся особыми показателями электрического сопротивления. (Поправка)

# Выписка из ГОСТ Р 54384-2011 (ЕН 10020:2000) «Сталь. Определение и классификация по химическому составу и классам качества»

## 1 Область применения

Настоящий стандарт устанавливает определение термина «сталь» (раздел 2) и подразделяет стали:- по химическому составу — на нелегированные, нержавеющие и другие легированные стали (раздел 3);- по основным свойствам или области применения нелегированных, нержавеющих и других легированных сталей — на классы качества (раздел 4).

## 2 Термины и определения

В настоящем стандарте применен следующий термин с соответствующим определением:
2.1 сталь: Материал (сплав железа с углеродом), в котором массовая доля железа больше, чем массовая доля какого-либо другого элемента, а массовая доля углерода составляет менее 2 %, и в состав которого входят также и другие химические элементы.
У небольшого количества хромистых сталей массовая доля углерода может превышать 2 %. Обычно массовая доля углерода, равная 2 %, является границей раздела между сталью и литейным чугуном

## 3 Классификация стали по химическому составу

### 3.1 Эквивалентная массовая доля легирующих элементов

Классификация стали устанавливается стандартами или другими техническими документами на поставку продукции независимо от того, какая сталь фактически произведена, при условии, что ее химический состав удовлетворяет требованиям соответствующего стандарта**.**

3.1.1 Классификация стали основывается на предусмотренном конкретными стандартами или техническими документами химическом составе по анализу ковшевой пробы (маркировочному анализу) и устанавливается, исходя из нижнего предела массовой доли каждого химического элемента.

3.1.2 Когда по конкретному химическому элементу, входящему в состав стали, кроме марганца, стандартом или другими техническими документами для анализа ковшевой пробы (маркировочного анализа) установлен только верхний предел массовой доли, классификацию стали по таблицам 1 и 2 необходимо выполнять, принимая во внимание только 70 % верхнего предела. В отношении марганца следует руководствоваться сноской а) к таблице 1.

3.1.3 Когда в стандарте или других технических документах данные о химическом составе стали базируются на результатах анализа готовой продукции, химический состав стали по анализу ковшевой пробы (маркировочному анализу) следует рассчитывать на основе предельных отклонений, установленных конкретным стандартом или другими техническими документами на продукцию.

В том случае, когда в стандарте или других технических документах на продукцию данные по химическому составу базируются на результатах анализа готовой продукции, а предельные отклонения между анализом ковшевой пробы (маркировочным анализом) и готовой продукции отсутствуют, классификация основывается на анализе готовой продукции.

3.1.4 При отсутствии стандарта или других технических документов на продукцию и если точный химический состав стали не задан, классификация основывается на фактическом анализе ковшевой пробы (маркировочном анализе), заявленном изготовителем.

3.1.5 Массовая доля химических элементов по анализу готовой продукции может отличаться от заданной для анализа ковшевой пробы (маркировочного анализа) на значение предельных отклонений, установленных соответствующим стандартом или другими техническими документами. Предельные отклонения от заданной массовой доли элементов на разделение стали на нелегированную и легированную не влияют

Если по результатам контрольного анализа готовой продукции сталь следует отнести к другому классу, в отличие от предусмотренного, первоначально присвоенный класс должен быть отдельно и достоверно подтвержден.

3.1.6 Многослойная продукция или продукция с покрытием классифицируются в соответствии с химическим составом продукции, на которую наносилось покрытие или которую плакируют.

3.1.7 Для каждого легирующего элемента заданная, расчетная или фактическая массовая доля по анализу ковшевой пробы (маркировочному анализу) должна быть выражена с таким же количеством десятичных знаков, которое указано в таблице 1. Например, заданный

диапазон массовой доли 0,3 % — 0,5 % соответствует диапазону 0,30 % — 0,50 %. Заданную массовую долю 2 % следует оценивать, как 2,00 %.

### 3.2 Определение классов по химическому составу

#### 3.2.1 Нелегированные стали

К нелегированным сталям относятся такие стали, у которых определяемая в соответствии с 3.1 массовая доля любого химического элемента менее указанной в таблице 1.

#### 3.2.2 Нержавеющие стали

Нержавеющие стали — это стали с минимальной массовой долей хрома 10,5 % и максимальной массовой долей углерода 1,2 %.

Примечание — У ограниченного количества легированных нержавеющих сталей допускается минимальная массовая доля хрома 7,5 %.

#### 3.2.3 Другие легированные стали

Другие легированные стали — это стали, которые по определению не являются нержавеющими, но отличаются тем, что у них массовая доля, как минимум, одного химического элемента из указанных в таблице 1, с учетом 3.1, соответствует установленным предельным значениям.

А также тем, что для получения особых свойств стали в нее намеренно вводят один или несколько химических элементов, указанных в таблице 1, включая серу, фосфор, азот. При введении двух легирующих элементов (кроме марганца) суммарное значение разбегов нормируемых массовых долей легирующих элементов должно быть не менее 0,40 %, при введении трех и более легирующих элементов суммарное значение разбегов — не регламентируется

Таблица 1 — Предельные значения массовой доли для разграничения между нелегированными и легированными сталями по анализу ковшевой пробы (маркировочному анализу)

| Химический элемент | | Предельное значение массовой доли, % |
|---|---|---|
| Обозначение | Наименование | |
| AI | Алюминий | 0,30 |
| B | Бор | 0,0008 |
| Bi | Висмут | 0,10 |
| Co | Кобальт | 0,30 |
| Cr | Хром | 0,30 |

| Химический элемент | | Предельное значение массовой доли, % |
|---|---|---|
| Обозначение | Наименование | |
| Cu | Медь | 0,40 |
| La | Лантаноиды (каждый) | 0,10 |
| Мп | Марганец | 1,65[a)] |
| Mo | Молибден | 0,08 |
| Nb | Ниобий | 0,06 |
| Ni | Никель | 0,30 |
| Pb | Свинец | 0,40 |
| Se | Селен | 0,10 |
| Si | Кремний | 0,50 |
| Te | Теллур | 0,10 |
| Ti | Титан | 0,05 |
| V | Ванадий | 0,10 |
| W | Вольфрам | 0,30 |
| Zr | Цирконий | 0,05 |
| | Другие элементы, кроме углерода, фосфора, серы, азота (каждый) | 0,10 |
| [a)] Если для марганца установлен только верхний предел, этот показатель должен быть 1,80 %, и правило 70 % не действует (см. 3.1.2). | | |

# 4 Классификация стали по основным классам качества

## 4.3 Другие легированные стали

### 4.3.1 Легированные качественные стали

4.3.1.1 Общие положения

Легированными качественными сталями являются стали, к продукции из которой предъявляют комплексные требования по механическим свойствам и структуре, сопротивлению хрупкому и вязкому разрушению, технологическим свойствам (свариваемость, прокаливаемость, обработка давлением).

Легированная качественная сталь предназначена для термической или термомеханической обработки, а также химико-термической обработки.

Легированные качественные стали обычно не предназначены для улучшения (закалки и отпуска) или поверхностной закалки.

4.3.1.2 Определения

Характеристики легированных качественных сталей приведены в 4.3.1.2.1—4.3.1.2.5

4.3.1.2.1 Свариваемые легированные мелкозернистые конструкционные стали для сосудов, работающих под давлением, и для изготовления труб, которые не соответствуют определениям, приведенным по 4.3.1.2.3, должны соответствовать следующим условиям

- нормирован предел текучести < 380 Н/мм$^2$ при толщине продукции ≤ 16 мм;
- массовые доли легирующих элементов (согласно определениям, приведенным в 3.1) — ниже указанных в таблице 2 предельных значений;
- нормировано значение работы удара KV (ударной вязкости KCV) при температуре испытания минус 50 °С ≤ 27 Дж (34Дж/см$^2$), по результатам испытаний на ударный изгиб по Шарпи на образцах с V-образным надрезом, ориентированных в продольном направлении, или ≤ 16 Дж (20Дж/см$^2$), если ориентация образцов поперечная.

Примечание — Если для температуры испытания минус 50 °С показатель работы удара (ударной вяз кости) не нормирован, необходимо руководствоваться нормами для температуры испытаний от минус 50 °С до минус 60 °С

Таблица 2 — Свариваемые легированные мелкозернистые стали. Предельные значения массовой доли для подразделения стали на качественную и специальную

| Химический элемент | | Предельное значение массовой доли, % |
|---|---|---|
| Обозначение | Наименование | |
| Cr | Хром | 0,50 |
| Cu | Медь | 0,50 |
| Mn | Марганец | 1,80 |
| Mo | Молибден | 0,10 |
| Nb | Ниобий | 0,08 |
| Ni | Никель | 0,50 |
| Ti | Титан | 0,12 |
| V | Ванадий | 0,12 |
| Zr | Цирконий | 0,12 |

4.3.1.2.2 Легированные стали для изготовления рельсов, шпунтовых стоек и рудничных креплений.

4.3.1.2.3 Легированные стали для изготовления горячекатаной и холоднокатаной листовой продукции, предназначенной под холодную объемную штамповку (кроме сталей для изготовления труб и сосудов, работающих под давлением), выплавленные с присадками для измельчения зерна таких эле ментов, как бор, ниобий, титан, ванадий и/или цирконий или двухфазные стали. Двухфазные стали имеют в основном ферритную микроструктуру с 10 %—35 % мартенсита в виде равномерно распределенных небольших единичных пластинок.

4.3.1.2.4 Легированные стали, в которых медь является единственным легирующим элементом

4.3.1.2.5 Легированные электротехнические стали — это стали, которые содержат, в основном, кремний или кремний и алюминий в качестве легирующих элементов, поставляемые с заданным максимальным пределом магнитных потерь или минимальным пределом показателей магнитной индукции, поляризации или проницаемости.

**4.3.2 Легированные специальные стали**

4.3.2.1 Общие положения

Этот класс качества включает стали, которые благодаря точному соблюдению требований по химическому составу, а также особой технологии производства и условий контрольных испытаний обладают улучшенными свойствами, часто специфицированными в комбинации и с показателями в узкоограниченных пределах.

4.3.2.2 Определения

Все другие легированные стали, которые не классифицированы по определениям, приведенным в 4.3.1 для легированных качественных сталей, относятся к легированным специальным сталям.

К легированным специальным сталям относятся конструкционные легированные стали для машиностроения и стали для сосудов, работающих под давлением, подшипниковые стали, инструментальные стали, быстрорежущие стали и стали с особыми физическими свойствами, такие как ферритные никелевые стали с регулируемым коэффициентом расширения или стали, отличающиеся особыми показателями электрического сопротивления.

## Приложение ДА (справочное)

Объяснение причин внесения дополнительных технических требований, направленных на учет особенностей национальной классификации стали

Дополнительные технические требования, выделенные в стандарте вертикальной линией, расположенной на полях текста, учитывают особенности национальной классификации стали, а именно:

ДА.1 Возможность классификации стали по результатам анализа готовой продукции, а нековшевой пробы (маркировочного анализа), если предельные отклонения между ними в нормативных документах не допускаются.

ДА.2 Допустимость минимальной массовой доли хрома 7,5 % для ограниченного количества легированных нержавеющих сталей, используемых в отечественных отраслях промышленности.

ДА.3 Отнесение отечественной низколегированной стали, не имеющей аналогов в международной классификации стали, к классу легированных, если в нее для получения особых свойств намеренно вводятся один или не сколько химических элементов.

ДА.4 Более четкое изложение общих положений по определению легированных сталей путем перечисления комплексных требований к изготовляемой из нее продукции, а также ее назначению — для термической, термомеханической или химико-термической обработки.

# Выписка из ГОСТ 33439-2015 «Металлопродукция из черных металлов и сплавов на железоникелевой и никелевой основе. Термины и определения по термической обработке»

В настоящем стандарте учтены основные термины на виды термической обработки, приведенные в международном стандарте ISO 4885:1996 «Изделия из черных металлов. Виды термической об работки. Словарь» («Ferrous products — Heat treatments — Vocabulary», NEQ) и европейском стандарте EN 10052:1993 «Словарь терминов по термической обработке продуктов черной металлургии» («Vocabulary of heat treatment terms for ferrous products», NEQ). Однако определения терминов приняты в соответствии с отечественной технической литературой на термическую обработку изделий из черных металлов и сплавов

## 2 Термины и определения

### 2.1 Основные термины

| *№ пункта* | *Термин* | *Определение термина* |
|---|---|---|
| 2.1.1 | Термическая обработка: | Процесс обработки изделий из металлов и сплавов путем температурного воздействия и после дующего охлаждения с определенной |

| *№ пункта* | *Термин* | *Определение термина* |
|---|---|---|
| | | скоростью с целью изменения их структуры и свойств в заданном направлении |
| 2.1.1.1 | Термическая обработка в области (α + γ), неполная аустенитизация: | Этап термической обработки, в ходе которого изделие нагревают до температуры в интервале превращений и выдерживают при этой температуре, в структуре, наряду с аустенитом, присутствуют: феррит для доэвтектоидных сталей и карбиды для заэвтектоидных сталей |
| 2.1.1.2 | Продолжительность термической обработки: | Общая длительность нагрева изделия при термической обработке, складывающаяся из времени нагрева до заданной температуры и времени выдержки при этой температуре, а также времени охлаждения с требуемой скоростью до оговоренной температуры |
| 2.1.1.3 | Этап термической обработки: | Отдельный процесс в составе термической обработки. - |
| 2.1.2 | Химико-термическая обработка: | Термическая обработка, сочетающая температурное и химическое воздействие, что позволяет целенаправленно изменять химический состав, структуру и свойства поверхностных слоев изделия |
| 2.1.3 | Термомеханическая обработка | Совокупность операций пластической деформации нагрева и охлаждения (в различной последовательности), при которых структурные изменения, происходящие при фазовых превращениях, протекают в условиях повышенной плотности дефектов кристаллического строения, созданных пластической деформацией<br>Примечание — При проведении термомеханической обработки за даются и строго контролируются степени пластической деформации и температурные интервалы ее осуществления<br>После завершения пластической деформации может применяться ускоренное охлаждение. Использование термомеханической обработки позволяет получить комплекс механических свойств, который не может быть достигнут способами обычной термической обработки и традиционного легирования. При |

| *№ пункта* | *Термин* | *Определение термина* |
|---|---|---|
| | | сравнимой прочности после термической обработки термомеханическая<br>обработка определяет более высокий уровень пластичности и вязкости. |
| 2.1.3.1 | Высокотемпературная термомеханическая обработка: | Совокупность операций горячей пластической деформаций аустенита в области его термодинамической стабильности и последую щей закалки на мартенсит |
| 2.1.3.2 | Низкотемпературная термомеханическая обработка | Совокупность операций интенсивной пластической деформации переохлажденного аустенита в температурном интервале его высокой устойчивости и последующих закалки на мартенсит и низкотемпературного отпуска |
| 2.1.4 | Азотирование: | Химико-термическая обработка, при которой происходит диффузионное насыщение поверхностных слоев изделия азотом с целью повышения твердости поверхностного слоя, его износостойкости, усталостной прочности и коррозионной стойкости в слабоагрессивных средах (во влажной атмосфере и пресной воде) |
| 2.1.4.1 | Глубина азотирования: | Кратчайшее расстояние от поверхности насыщения до сердцевины, определяемое установленным методом по значению базового параметра - |
| 2.1.4.2 | Ложное азотирование; имитация азотирования: | Термическая обработка изделия в условиях, в которых используется температурный режим азотирования без применения азотсодержащей среды<br>Примечание — Такая термическая обработка позволяет оценить влияние температурного режима на механические свойства изделия после проведения азотирования |
| 2.1.4.3 | Ступенчатое азотирование: | Способ азотирования, предусматривающий ступенчатую выдержку при разных температурах для сокращения длительности |

| *№ пункта* | *Термин* | *Определение термина* |
|---|---|---|
| | | насыщения азотом и получения высокой твердости диффузионного слоя при его большой толщине |
| 2.1.5 | Алитирование: | Химико-термическая обработка, заключающаяся в диффузионном насыщении поверхностного слоя изделия алюминием. |
| 2.1.6 | Аустенитизация: | Этап термической обработки, в ходе которого изделие нагревают до температуры выше интервала превращений и выдерживают при этой температуре для получения однородной структуры аустенита (полная аутенитизация).<br>Примечание — Нагрев изделия из доэвтектооидных сталей чаще всего осуществляется до температур, лежащих выше точки $\mathbf{A_{c3}}$, а из заэвтектоидных сталей — до температур выше точки $\mathbf{A_{c1}}$.,, но ниже точки $\mathbf{A_{cr}}$ . Если изделие нагревают до температуры в интервале превращений и выдерживают при этой температуре, то аустенитизацию называют не Температура, при которой осуществляется выдержка изделия при проведении аустенитизации: для доэвтектоидной стали — $\mathbf{A}_{c3}$ + (30 — 50) °С, для заэвтектоидной — $\mathbf{A}_{c1}$ + (30 — 50) °С |
| 2.1.6.1 | Температура аустенитизации: | Температура, при которой осуществляется выдержка изделия при проведении аустенитизации: для доэвтектоидной стали — $\mathbf{A}_{c3}$ + (30 — 50) °С, для заэвтектоидной — $\mathbf{A}_{c1}$ + (30 — 50) °С - |
| 2.1.7 | Борирование: | Химико-термическая обработка, при которой происходит диффузионное насыщение поверхностного слоя изделия бором с целью образования борсодержащего слоя<br>Примечание — Рекомендуется указывать среду, в которой происходит процесс, например: борирование с использованием порошка, борирование с использованием пасты |
| 2.1.8 | Ванадирование: | Химико-термическая обработка для насыщения поверхностного слоя изделия ванадием с образованием слоя карбидов ванадия. |

| *№ пункта* | *Термин* | *Определение термина* |
|---|---|---|
| | | |
| 2.1.9 | Воронение (оксидирование, чернение, синение): | Химико-термическая обработка в окислитель ной среде при соответствующей температуре для того, чтобы на поверхности изделия образовался тонкий слой окислов, окрашенных в так называемые цвета побежалости, сменяющие друг друга по мере роста слоя пленки (желтый, бурый, вишневый, фиолетовый, синий, серый). |
| 2.1.10 | Графитизация (процесс): | Термическая обработка для выделения углерода в виде графита.<br>Примечание — Применяется для литейного чугуна и заэвтектоидных сталей. |
| 2.1.11 | Деформация в перлитной области: | Термомеханическая обработка, при которой пластическая деформация производится во время диффузионного превращения |
| 2.1.12 | Деформация нормализационная: | Термомеханическая обработка, при которой заключительный этап деформации производят в области температур нормализации (обычно на 30 °С —50 °С выше точки $\mathbf{A}_{r3}$), в результате чего достигают комплекс свойств, соответствующих свойствам изделия в нормализованном<br>состоянии<br>. |
| 2.1.13 | Диаграмма изотермического превращения аустенита: | Семейство кривых в полулогарифмических координатах «температура — время», иллюстрирующих температурные интервалы превращений, температурную зависимость инкубационного периода и время полного превращения аустенита или прекращения превращения<br>Примечание — Как правило, дополнительно строят кривую, соответствующую точкам 50 % превращения аустенита, а также приводят данные о структуре превращения и твердости. |

| *№ пункта* | *Термин* | *Определение термина* |
|---|---|---|
| 2.1.14 | Диффузионная выдержка: | Химико-термическая обработка или ее этап, проводимые для того, чтобы распространить внутрь за счет диффузии химические элементы, ранее диффундировавшие в поверхностный слой (например, после цементации, борирования, азотирования) |
| 2.1.15 | Закалка: | Термическая обработка, заключающаяся в нагреве изделия до температуры выше критической ($A_{C3}$ для доэвтектоидной стали и $A_{c1}$ для заэвтектоидной стали), или температуры растворения избыточных фаз, выдержке при этой температуре и последующем охлаждении со скоростью превышающей критическую.<br>Примечание — Нагрев проводится для доэвтектоидных сталей до температур на 30 °С — 50 °С выше точки $A_{c3}$; для заэвтектоидных сталей — на 30 °С — 50 °С выше точки $A_{c1}$ |
| 2.1.15.1 | Двойная закалка: | Двукратная закалка, как правило, выполняемая от разных температур |
| 2.1.15.2 | Изотермическая закалка: | Закалка, при которой изделие охлаждают до температуры изотермической выдержки со скоростью, исключающей диффузионное превращение, осуществляют выдержку при этой температуре до полного или неполного превращения аустенита и охлаждают. Температуру изотермической выдержки назначают, исходя из получения целевой структуры после изотермической закалки [обычно это нижний бейнит, нижний бейнит с мартенситом или сорбит (см «патентирование»)]. |
| 2.1.15.2.1 | Изотермическая закалка на бейнит: | Изотермическая закалка, при которой температура изотермической выдержки находится в температурном интервале образования нижнего бейнита. |
| 2.1.15.3 | Импульсная закалка: | |

| *№ пункта* | *Термин* | *Определение термина* |
|---|---|---|
| | | Закалка с применением импульсного нагрева. Следствием высокой скорости нагрева является повышение температуры закалки и резкое расширение ее интервала. Это, в свою очередь, приводит к получению повышенной<br>твердости изделия за счет отвода тепла в холодные глубинные слои металла |
| 2.1.15.4 | Местная закалка: | Закалка, ограниченная определенным участком изделия<br>. |
| 2.1.15.5 | Неполная закалка: | Закалка, заключающаяся в нагреве изделия до межкритического интервала температур ($A_{c1}$ — $A_{c3}$) для доэвтектоидной стали и ($A_{c1}$ — $A_{cm}$ — для заэвтектоидной<br>стали. При этом после охлаждения, наряду с неустойчивыми структурами, остаются избыточные фазы: феррит для доэвтектоидной стали и карбиды для заэвтектоидной стали |
| 2.1.15.6 | Поверхностная закалка: | Закалка, при которой аустенитизация ограничивается поверхностным слоем изделия<br>Примечание — Способы нагрева под поверхностную закалку: газопламенный, индукционный, электронно-лучевой, лазерный. Охлаждение разогретой поверхности обычно осуществляют струей воды с использованием спрейерных или душирующих устройств |
| 2.1.15.7 | Прерванная закалка: | Закалка, при которой процесс охлаждения прерывают до того, как изделие примет температуру закалочной среды, дальнейшее охлаждение проводят на спокойном<br>воздухе, при этом допускается самоотпуск.<br>. |
| 2.1.15.8 | Прерывистая закалка: | Закалка в среде (или двух средах), обеспечивающей быстрое охлаждение изделия и затем перенос его в среду с меньшей скоростью охлаждения до достижения температуры закалочной среды. |

| *№ пункта* | *Термин* | *Определение термина* |
|---|---|---|
| 2.1.15.9 | Прямая закалка: | Закалка, выполняемая без дополни тельного отдельного нагрева, сразу же после химико-термической обработки или горячей деформации и использующая нагрев под эти технологические операции<br>Примечание — Как правило, проводится после цементации и охлаждения до температуры закалки, которая соответствует данной марке стали |
| 2.1.15.10 | Самопроизвольная закалка: | Способность некоторых сталей самопроизвольно закаливаться при охлаждении на воздухе после нагрева и выдержки при закалочных температурах. |
| 2.1.15.11 | Сквозная закалка: | Закалка на глубину не менее расстояния от поверхности до сердцевины изделия |
| 2.1.15.12 | Ступенчатая закалка: | Закалка, при которой изделие охлаждают с температуры аустенитизации до температуры несколько выше точки $M_н$ со скоростью, исключающей диффузионное и бейнитное превращения, и далее осуществляют выдержку, по длительности, не превышающую инкубационного периода распада переохлажденного аустенита при выбранной температуре с последующим замедленным охлаждением во время которого про исходит образование мартенсита. |
| 2.1.15.13 | Закаливаемость: | Способность стали приобретать в результате закалки высокую твердость. |
| 2.1.15.14 | Температура закалки, температура нагрева под закалку: | Температура аустенитизации изделия перед проведением охлаждения. |
| 2.1.16 | Толщина закаленного слоя: | Расстояние по нормали от внешней поверхности изделия до границы полумартенситной зоны (50 % мартенсита и 50 % продуктов диффузионного превращения).<br>Примечание —Эта граница может быть задана значением твердости. |

| *№ пункта* | *Термин* | *Определение термина* |
|---|---|---|
| 2.1.16.1 | Толщина закаленного слоя в результате поверхность ной закалки: | Толщина закаленного слоя до границы, твердость изделия в которой по Виккерсу составляет не менее 80 % от за данного для поверхности минимального значения твердости. |
| 2.1.17 | Дисперсионное твердение (процесс): | Термическая обработка на твердый раствор с последующим выделением одной или нескольких дисперсных фаз из пересыщенного твердого раствора.<br>Примечание — Способствует повышению твердости и прочности при однократном или многократном отпуске или старении за счет выделения упрочняющих фаз. |
| 2.1.18 | Нагрев: | Процесс увеличения температуры изделия за счет подвода энергии. |
| 2.1.18.1 | Импульсный нагрев | Ограниченный местный нагрев короткими повторяющимися энергетическими импульсами (токами высокой частоты). |
| 2.1.18.2 | Предварительный нагрев: | Нагрев и выдержка при какой-то одной или при нескольких температурах, которые ниже предусмотренной наибольшей температуры. |
| 2.1.18.3 | Время подогрева: | Время, необходимое для нагрева изделия до достижения заданной температуры на поверхности. |
| 2.1.18.4 | Выдержка: | Часть температурного режима, когда температура остается постоянной.<br>Примечание — При этом необходимо указывать, должна ли быть постоянной температура печи, поверхности изделия, всего сечения изделия или определенной точки в сечении изделия. |
| 2.1.18.5 | Диаграмма нагрева: | Графическое представление зависимости температуры термической обработки от продолжительности нагрева. |

| *№ пункта* | *Термин* | *Определение термина* |
|---|---|---|
| 2.1.18.6 | Перегрев: | Нагрев до температур, значительно превышающих температуру критических точек и сопровождающийся образованием крупного зерна аустенита<br>Примечание — Чрезмерный рост зерен может быть устранен за счет соответствующей термической обработки или горячей деформации, а у некоторых сталей (не склонных к обратным превращениям) — только за счет горячей деформации. |
| 2.1.18.7 | Пережог: | Необратимое изменение структуры и свойств металла, связанное как с оплавлением приграничных участков зерна, обогащенных понижающими температуру плавления примесями, так и с интенсивным окислением границ зерен и образованием на них оксидных соединений<br>Примечание — Дефект неустранимый. |
| 2.1.18.8 | Подогрев: | Нагрев изделия до достижения заданной температуры на его поверхности. |
| 2.1.18.9 | Сквозной прогрев: | Продолжение нагрева после достижения заданной температуры на поверхности до тех пор, пока изделие не будет равномерно нагрето по всему сечению |
| 2.1.18.10 | Программа нагрева; режим нагрева: | Задание на процесс нагрева. |
| 2.1.18.11 | Продолжительность нагрева: | Общее время нагрева складывается из времени нагрева до заданной температуры ($\tau_н$) и времени выдержки при этой температуре ($\tau_в$)<br>$\tau_{общ} = \tau_н + \tau_в.$<br>Примечание — Величина ($\tau_н$) зависит от нагревающей способности среды, от размеров и формы изделий, от их укладки в печи; величина ($\tau_в$) зависит от скорости фазовых превращений, которая определяется степенью перегрева выше критической точки и дисперсностью исходной структуры<br>. |

| *№ пункта* | *Термин* | *Определение термина* |
|---|---|---|
| 2.1.18.12 | Скорость нагрева: | Изменение температуры в процессе нагрева, отнесенное ко времени.<br>Примечание — Различают моментальную скорость нагрева при заданной температуре и среднюю скорость нагрева в заданном интервале температур<br>. |
| 2.1.18.13 | Характеристика нагрева: | Температура в определенной точке изделия от начала до окончания нагрева в зависимости от времени. |
| 2.1.19 | Нитроцементация; азотонауглероживание: | Химико-термическая обработка для насыщения поверхностного слоя изделия<br>одновременно углеродом и азотом с целью повышения механических свойств и износоустойчивости<br>Примечание — Рекомендуется указывать среду или метод нитроцементации, например: нитроцементация в соляной ванне, газовая нитроцементация. |
| 2.1.20 | Нормализация: | Термическая обработка — разновидность отжига, при которой изделие нагревают до температуры выше $A_{c3}$ для доэвтектоидной стали или $A_{cm}$ — для заэвтектоидной стали, с последующим охлаждением на спокойном воздухе с целью получения мелкого зерна и равномерного распределения структурных составляющих. |
| 2.1.20.1 | Нормализация с ускоренным охлаждением: | Нормализация с принудительным охлаждением изделий со скоростью, превышающей скорость охлаждения на спокойном воздухе (по режимам производителя) |
| 2.1.21 | Обезуглероживание: | Уменьшение содержания углерода в поверхностном слое изделия в процессах химико-термической об работки, термической обработки без защитных сред или горячей деформации<br>Примечание — Вне процесса химико-термической обработки обезуглероживание является дефектом |
| 2.1.21.1 | Глубина обезуглероженного слоя: | Расстояние по нормали от внешней поверхности изделия до границы обезуглероженного слоя. |

| *№ пункта* | *Термин* | *Определение термина* |
|---|---|---|
| | | Примечание — В зависимости от полноты обезуглероживания эта граница различается и может быть определена по виду структуры металла, значением твердости или разницей в содержании углерода в основном металле и поверхностном слое. |
| 2.1.23 | Обработка на твердый раствор: | Термическая обработка с целью растворения в твердом растворе избыточных фаз и сохранением их элементов в твердом растворе. |
| 2.1.24 | Обработка холодом: | Термическая обработка, проводимая после закалки для дальнейшего превращения остаточного аустенита в мартенсит. Она предусматривает охлаждение и выдержку при температуре ниже нуля |
| 2.1.25 | Отжиг: | Термическая обработка, предусматривающая нагрев изделия до определенной температуры, выдержку и последующее медленное охлаждение с целью получения более равновесной структуры. Примечание — Различают отжиг 1-го рода, при котором не происходит фазовых превращений и отжиг 2-го рода, при котором фазовые превращения определяют его целевое назначение. |
| 2.1.25.1 | Восстановительный отжиг: | Отжиг после холодной деформации с целью частичного восстановления механических и физических свойств, которые изделия имели до холодной деформации, без номинального изменения структуры металла. |
| 2.1.25.2 | Диффузионный отжиг; гомогенизация: | Отжиг при высокой температуре с достаточно длительной выдержкой для уменьшения за счет диффузии локальной неоднородности по химическому составу, возникшей из-за ликвации элементов. |
| 2.1.25.3 | Изотермический отжиг: | Отжиг, заключающийся в аустенитизации, ускоренном охлаждении до температуры несколько ниже точки $A_{c1}$, изотермической выдержки, обеспечивающей полное завершение перлитного превращения, и последующем охлаждении на воздухе . |