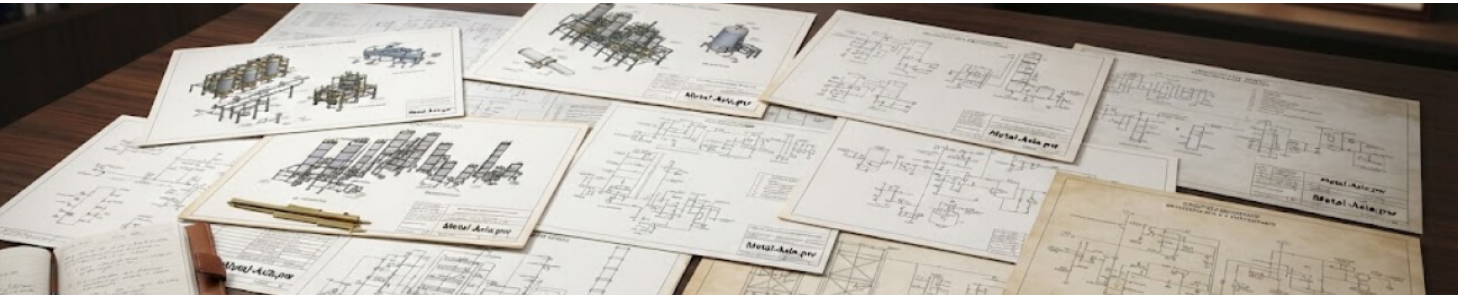


Содержание

- [Общее описание](#)
- [1. Характеристики стали 15X5M](#)
- [2. Подготовка к сварке](#)
- [3. Предварительный и сопутствующий подогрев](#)
- [4. Сварка стыка](#)
- [5. Термообработка \(высокий отпуск\)](#)
- [6. Контроль качества шва](#)
- [7. Сводная технологическая карта](#)



Общее описание

Сталь 15X5M относится к классу мартенситно-ферритных жаропрочных сталей. Из-за высокого содержания хрома (4.5–6.0%) и молибдена (0.45–0.60%) она склонна к образованию трещин и закалочных структур при охлаждении. Сварка без строгого соблюдения технологии гарантированно приведёт к разрушению шва.

Применение: Установки гидроочистки, гидрокрекинга, каталитического крекинга — трубопроводы, работающие при температурах до +550°C и давлении до 32 МПа.

1. Характеристики стали 15X5M

Параметр	Значение
Хром (Cr)	4.5–6.0%
Молибден (Mo)	0.45–0.60%
Углерод (C)	≤0.15%
Предел прочности	≥550 МПа
Предел текучести	≥350 МПа
Твердость в исходном состоянии	≤200 НВ
Максимальная рабочая температура	+550°C

Проблемы при сварке:

- Образование закалочных структур (мартенсит) при быстром охлаждении
- Трещины в зоне термического влияния (ЗТВ)
- Водородное растрескивание

- Релаксация напряжений при длительной эксплуатации

2. Подготовка к сварке

Шаг 1: Подготовка и разделка кромок

Параметр	Значение
Угол скоса кромок	30° ± 2°
Притупление кромок	1.5–2.0 мм
Зазор между трубами	2.0–3.0 мм
Зачистка прилегающей зоны	Не менее 20 мм до чистого металла

Требования:

- Удалить окалину, ржавчину, жир, влагу
- Контроль качества кромок — визуальный и УЗК
- Стыковка с допуском по осевому смещению не более 1.0 мм

3. Предварительный и сопутствующий подогрев

Обязательно! Без подогрева сварка 15X5M запрещена.

Параметр	Значение
Температура предварительного подогрева	+250°C ... +300°C
Метод подогрева	Индукционные или радиационные электронагреватели
Контроль температуры	Термокарандаши или пирометр
Поддержание температуры	Непрерывно в течение всего цикла сварки

Важно: Температура не должна падать ниже +200°C в процессе сварки. Перерывы между проходами — не более 5 минут.

4. Сварка стыка

Шаг 3: Сварочные материалы

Слой шва	Метод сварки	Электрод / проволока	Диаметр
Корневой слой	TIG (аргонодуговая)	Св-08X5M	2.0–2.5 мм
Заполняющие слои	MMA (ручная дуговая)	Э-06X5МФ (ЦЛ-17, ТМЛ-4В)	3.0–4.0 мм
Облицовочный слой	MMA	Э-06X5МФ (ЦЛ-17, ТМЛ-4В)	3.0–4.0 мм

Режимы сварки

Параметр	Корневой слой (TIG)	Заполнение (MMA)
Ток, А	80–120	100–160
Напряжение, В	12–16	22–28
Полярность	Постоянная (прямая)	Постоянная (обратная)
Скорость сварки	8–12 см/мин	10–15 см/мин

Технология выполнения

- 1. **Корневой слой (TIG):** Выполняется аргонодуговой сваркой проволокой Св-08Х5М для исключения непроваров. Полная проплавление корня шва.
- 2. **Заполнение (ММА):** Electroдами с основным покрытием типа Э-06Х5МФ. Сварка короткой дугой без поперечных колебаний электрода.
- 3. **Количество слоев:** Зависит от толщины стенки (для трубы 219×8 — 3–4 слоя).
- 4. **Температура межпроходная:** Поддерживать +250...+300°C.

Запрещается:

- Резкое охлаждение стыка (сквозняки, вода, контакт с холодными поверхностями)
- Перерывы в сварке более 5 минут без поддержания температуры
- Сварка при температуре окружающей среды ниже +5°C

5. Термообработка (высокий отпуск)

Обязательна сразу после окончания сварки! Не давать стыку остыть ниже +150°C.

Параметр	Значение
Нагрев	Электрические нагревательные маты или печь
Скорость нагрева	Не более +150°C/час
Температура отпуска	+710°C ... +750°C
Время выдержки	Не менее 2 часов (1 час на каждые 25 мм толщины стенки)
Охлаждение	Медленное под слоем теплоизоляции, не более +100°C/час до +300°C, далее на воздухе

Цель термообработки:

- Снятие внутренних напряжений
- Разложение закалочных структур (мартенсит → сорбит)
- Снижение твердости шва и ЗТВ
- Повышение вязкости и пластичности

6. Контроль качества шва

После термообработки стык проходит 100% неразрушающий контроль:

Метод контроля	Стандарт	Требования
УЗК (ультразвуковой)	ГОСТ 14782-86	Класс 1 допустимости
РК (радиографический)	ГОСТ 7512-82	Класс 2 допустимости
Замер твердости	ГОСТ 9012-59	Не более 240 НВ (шов и ЗТВ)
Визуальный контроль	ГОСТ 3242-88	Отсутствие трещин, пор, подрезов

Допустимая твердость:

- Основной металл: ≤200 НВ
- Шов: ≤240 НВ
- ЗТВ: ≤240 НВ

Если твердость превышает 240 НВ: Повторный отпуск при +720°C в течение 1 часа с медленным охлаждением.

7. Сводная технологическая карта

Этап	Операция	Температура	Время	Контроль
1	Подготовка кромок	+20°C	—	Визуальный, УЗК
2	Предварительный подогрев	+250...+300°C	30–60 мин	Пирометр
3	Прихватка	+250...+300°C	5–10 мин	Визуальный
4	Корневой слой (TIG)	+250...+300°C	10–15 мин	Визуальный
5	Заполнение (MMA)	+250...+300°C	30–60 мин	Межпроходный контроль
6	Облицовка (MMA)	+250...+300°C	10–15 мин	Визуальный
7	Нагрев до температуры отпуска	до +750°C	2–3 часа	Пирометр
8	Выдержка при отпуске	+710...+750°C	≥2 часа	Термопара
9	Медленное охлаждение	до +300°C	3–4 часа	Термопара
10	Охлаждение на воздухе	до +40°C	2–3 часа	—
11	УЗК / РК контроль	+20°C	20–30 мин	Дефектоскоп
12	Замер твердости	+20°C	10 мин	Твердомер

Ведущий инженер-консультант: Максим Ведунков
Специалист по металлопрокату и ВЭД-логистике с 10-летним опытом работы с китайскими производителями.
Индивидуальный подбор металлопродукции по ГОСТ, EN, ASTM и GB-стандартам.

[Профиль эксперта](#)

Отдел по работе с клиентами:

- WhatsApp: +86 132 50100874
- Telegram: @China_metal_supply
- Электронная почта: zakaz@metal-asia.pw
- Официальный веб-сайт: www.metal-asia.pw