

Лазерное черное оксидирование нержавеющей стали

Руководство по настройке лазеров МОРА для получения высококонтрастных меток

Инженерная команда Meenjet
21 сентября 2026 г.

Краткое резюме: Получение постоянной черной метки на нержавеющей стали без повреждения антикоррозийного слоя — задача прецизионной инженерии. Волоконные лазеры МОРА обеспечивают контролируемое термическое оксидирование, выращивая под поверхностью плотный оксидный слой (Fe_3O_4). Результат — матовая черная метка, проходящая пассивацию по ASTM A967 и выдерживающая более 1 000 циклов стерилизации в автоклаве.

1. КОНТРОЛЬНЫЙ СПИСОК ДЛЯ МЕНЕДЖЕРОВ ПО ЗАКУПКАМ И ИНЖЕНЕРОВ

#	Вопрос поставщику оборудования	Почему это критично для производства
1	Выдержит ли метка пассивацию по ASTM A967?	Если оксидный слой разрушен, деталь заржавеет в процессе эксплуатации.
2	Предоставляете ли отчет об испытаниях на моем сплаве?	Марки 304, 316, 430 и 17-4 PH требуют кардинально разных настроек импульса.
3	Поддерживает ли лазер режим МОРА?	Стандартные лазеры Q-switched не дают стабильного контроля термического ввода.
4	Какова ожидаемая доля брака после настройки?	Правильно настроенный лазер МОРА обеспечивает уровень брака < 0,3%.
5	Есть ли бесплатное тестирование образцов до покупки?	Позволяет верифицировать параметры на реальных деталях до заключения контракта.

2. СРАВНЕНИЕ ПРОЦЕССОВ: ОКСИДИРОВАНИЕ VS ГРАВИРОВАНИЕ

Процесс	Физический механизм	Влияние на поверхность	Риск коррозии
Гравирование	Испарение металла	Удаляет материал, создает канавку	Высокий (обнажает железо)
Микрогравирование	Неглубокое удаление	Микрорельеф со слегка приподнятыми краями	Средний
Оксидирование (МОРА)	Контролируемый нагрев (200–300 °C)	Без удаления металла, рост оксида	Отсутствует (пассивность сохраняется)

3. УПРАВЛЯЮЩИЕ ПАРАМЕТРЫ МОРА И МАТРИЦА НАСТРОЙКИ

Три главных параметра МОРА

- Длительность импульса (10–50 нс):** Задаёт толщину оксида. Начинать с 20–40 нс для сталей 304/316.
- Частота (50–200 кГц):** Ниже = темнее и выше пиковая мощность; выше = светлее. Оптимум: 50–150 кГц.
- Скорость (80–200 мм/с):** Низкая скорость обеспечивает глубину цвета, но требует контроля нагрева.

Калибровка под марки стали

- AISI 304 / 316:** 20–30 нс | 80–120 кГц | 100–150 мм/с | Глубокий черный, **ASTM A967**
- AISI 430:** 10–20 нс | 100–150 кГц | 80–120 мм/с | Темно-серый / черный
- 17-4 PH:** 20–40 нс | 60–100 кГц | 80–120 мм/с | Глубокий черный матовый

4. ПРАКТИЧЕСКИЙ КЕЙС: МЕДИЦИНСКИЕ ИНСТРУМЕНТЫ (316L)

Переход производителя хирургических зажимов с лазера Q-switched на **Meenjet MFF-30 МОРА** (25 нс, 100 кГц, 120 мм/с) позволил поднять показатель прохождения теста на пассивацию лимонной кислотой с **88% до 99,7%**, а общий брак снизить с **12% до 0,3%**.

5. НАСТРОЙКА DATAMATRIX КЛАССА А ПО ISO/IEC 15415

Пороговые критерии качества • Контраст символа (SC): $\geq 70\%$ (требуется глубокий черный тон) • Модуляция (MOD): $\geq 0,60$ • Осевая неравномерность (AN): $\leq 0,06$ • Неравномерность сетки (GNU): $\leq 0,38$	Рекомендации по расфокусировке • Для повышения значения MOD сместите лазерную головку на +2,0 – +3,0 мм дальше от поверхности. • Это сглаживает микроточки и устраняет паразитное рассеяние света при верификации. • Минимальный размер модуля DataMatrix: 0,2 мм.
--	---

6. ЛИНЕЙКА ВОЛОКОННЫХ ЛАЗЕРОВ MEENJET MFF МОРА

Модель	Назначение и область применения	Ключевые технические характеристики
MFF-20	Стандартное оксидирование, мелкие детали	20 Вт МОРА, длительность импульса 2–500 нс, частота 1–4000 кГц.
MFF-30	Глубокая черная маркировка, медицинские изделия	30 Вт МОРА, оптимизированный термический профиль, воздушное охлаждение.
MFF-50	Толстая нержавеющая сталь, высокоскоростные линии	50 Вт МОРА, высокая пиковая мощность, высокоскоростной гальвосканер.

7. ЧАСТО ЗАДАВАЕМЫЕ ВОПРОСЫ (FAQ)

В1: Почему метка на нержавеющей стали получается серой, а не черной? О: Недостаточный тепловой ввод. Увеличьте длительность импульса до 30–40 нс, снизьте скорость до 80–100 мм/с или уменьшите частоту до 50–80 кГц для роста пиковой энергии.
В2: Выдержит ли черное оксидирование пассивацию лимонной кислотой? О: Да. Метки с разрешением 1200 DPI за один проход на сталях 304 и 316 полностью устойчивы к растворам лимонной и азотной кислот.
В3: Можно ли использовать технологию МОРА для черной маркировки титана? О: Да. Титан отлично реагирует на оксидирование МОРА, формируя стойкую черную пленку по аналогичному механизму роста оксида.
В4: Каков минимальный размер модуля DataMatrix для гарантии класса А? О: Рекомендуемый минимальный размер модуля составляет 0,2 мм. Более мелкие модули требуют прецизионной оптической настройки.

8. БЕСПЛАТНОЕ ТЕСТИРОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ

Пришлите нам ваши детали из нержавеющей стали или титана. Инженеры Meenjet подберут тестовую сетку параметров, нанесут код DataMatrix класса А и предоставят официальный отчет о стойкости к пассивации (ASTM A967) в течение 5 рабочих дней.	
Автор: Инженерная команда Meenjet (15+ лет опыта)	Проверено: Старший инженер по лазерным системам