



УТС-ИНТЕГРАЦИЯ

НАУЧНО
ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ
КОМПАНИЯ

Лазерная сварка труб большого диаметра. Аттестация технологии и перспективы внедрения

**А.Б. Ушаков, И.А. Бегунов (ООО НТО «ИРЭ-ПОЛЮС»)
О.П. Морозова, Е.М. Шамо́в (ООО «УТС-Интеграция»)**



Лазерная сварка магистральных трубопроводов

Задача: создание комплексов для автоматической лазерной сварки труб магистральных газопроводов $\varnothing 1020-1420$ мм.



Ведение сварочных работ:

- Поточно-групповым способом
- Поточно-расчлененным способом

Преимущества:

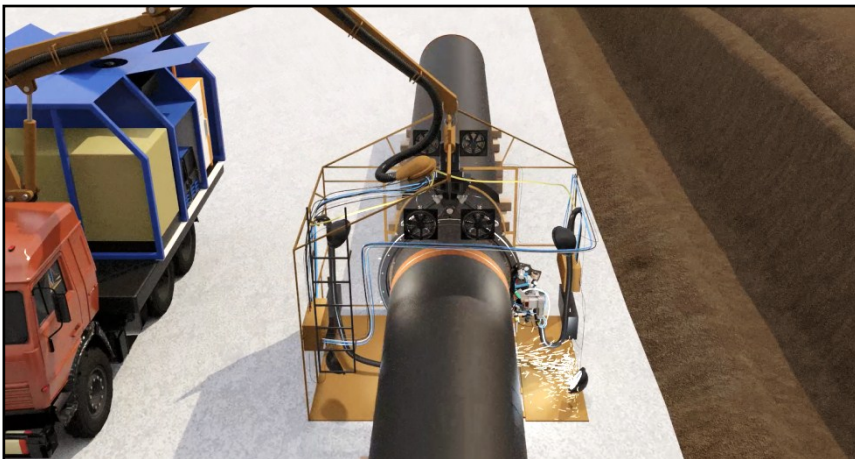
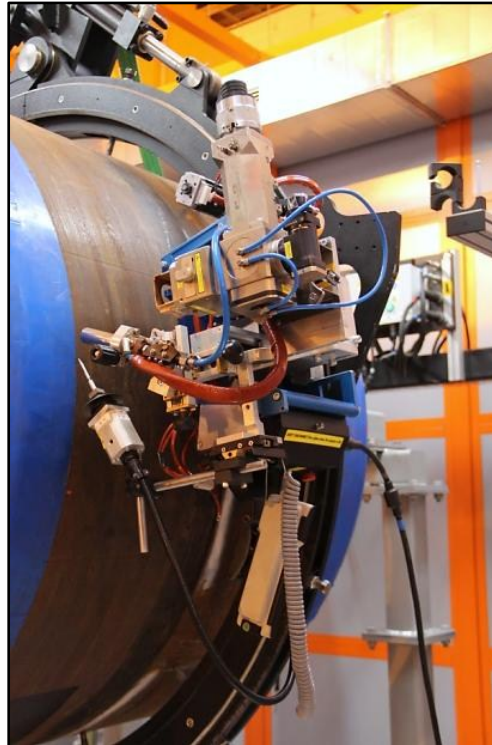
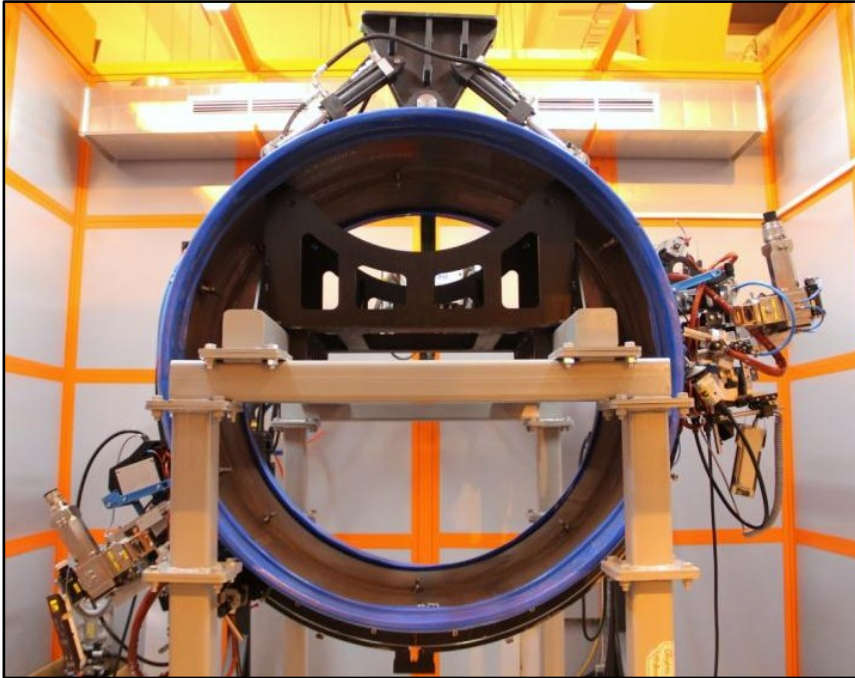
- Высокая производительность лазерной сварки за счет высоких скоростей сварки и малой площади разделки.
- Экономия расходных материалов.
- Высокое качество сварных соединений.
- Полная автоматизация процесса сварки.
- Работа в широком диапазоне климатических условий.



Установка лазерной сварки труб «УЛСТ-1»

Особенности:

- Широкий функционал при простоте управления.
- Отсутствие влияния магнитных полей на источник лазерного излучения и внешнее оборудование.
- Замена привычных осцилляций дуговой горелки колебаниями лазерного луча:
 - Частота колебаний – до 300 Гц;
 - Амплитуда колебаний – до 2,5 мм.
- Линейная скорость перемещения кареток – до 2 м/мин.





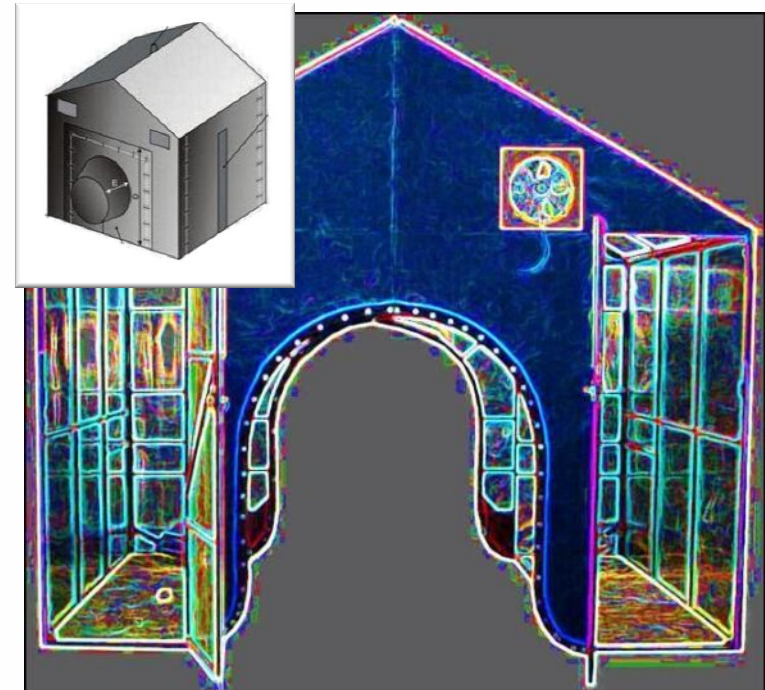
Установка лазерной сварки труб «УЛСТ-1»

КУНГ



- Универсализация под любой тип транспорта (колесный, гусеничный).
- Модульность системы.

Палатка сварщика



- Широкораспространенное решение для защиты оператора и оборудования от осадков, ветра и солнечного света.

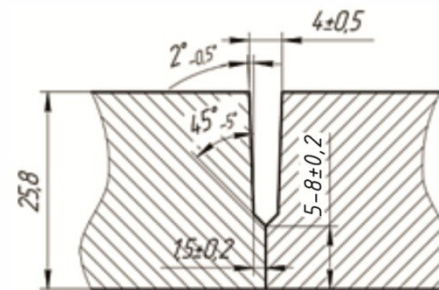
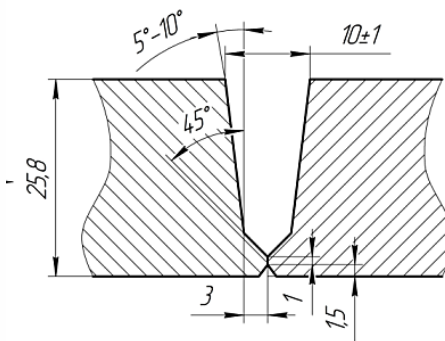
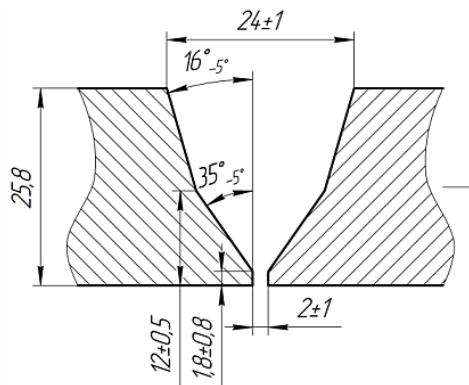


Разделка кромок под лазерную сварку труб

Ручная дуговая сварка

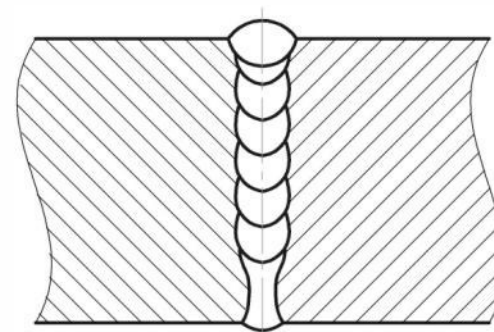
CRC-Evans

ЛС



Особенности:

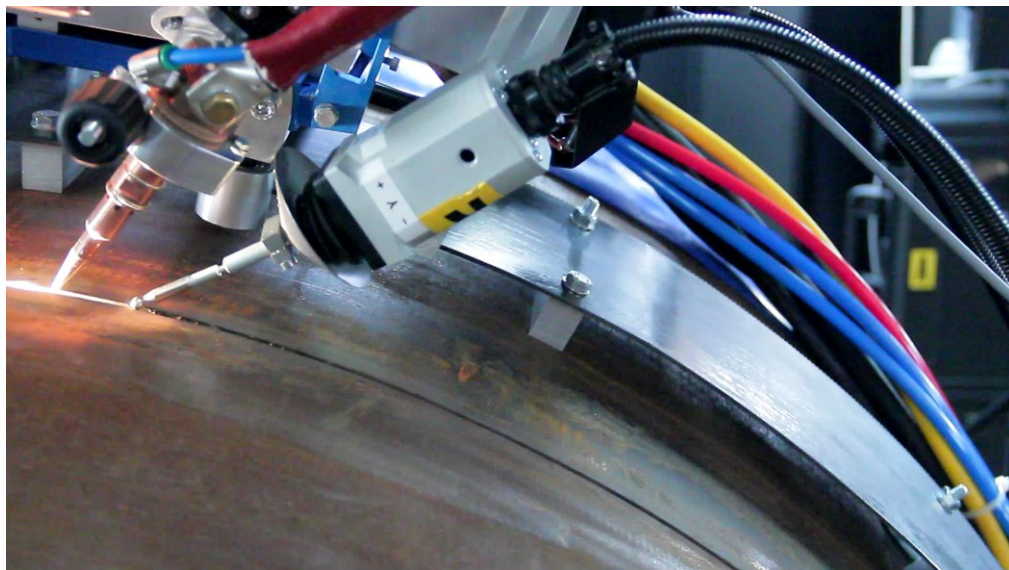
- Уменьшение объема фрезерования;
- Односторонняя сварка притупления толщиной до 8 мм;
- Экономия затрат на присадочный материал.





Технология лазерной сварки труб

Процесс лазерной сварки труб $\varnothing 1420$ мм

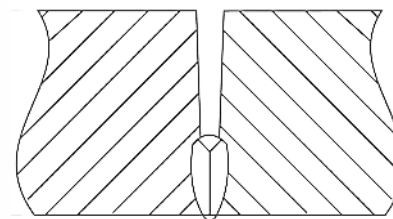


Сварка корня ведется лазером в режиме глубокого проплавления с подачей присадочной проволоки, величина притупления до 8 мм;

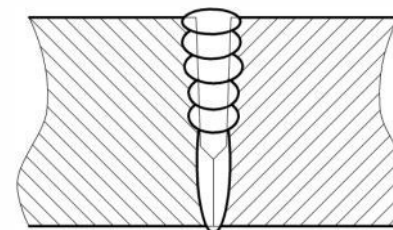
Заполнение разделки присадочной проволокой происходит с применением колебаний лазерного луча.

Цикл сварки

- Время сварки корня – 3,5 мин.



- Время сварки заполняющего (облицовочного) слоя – 7 мин.



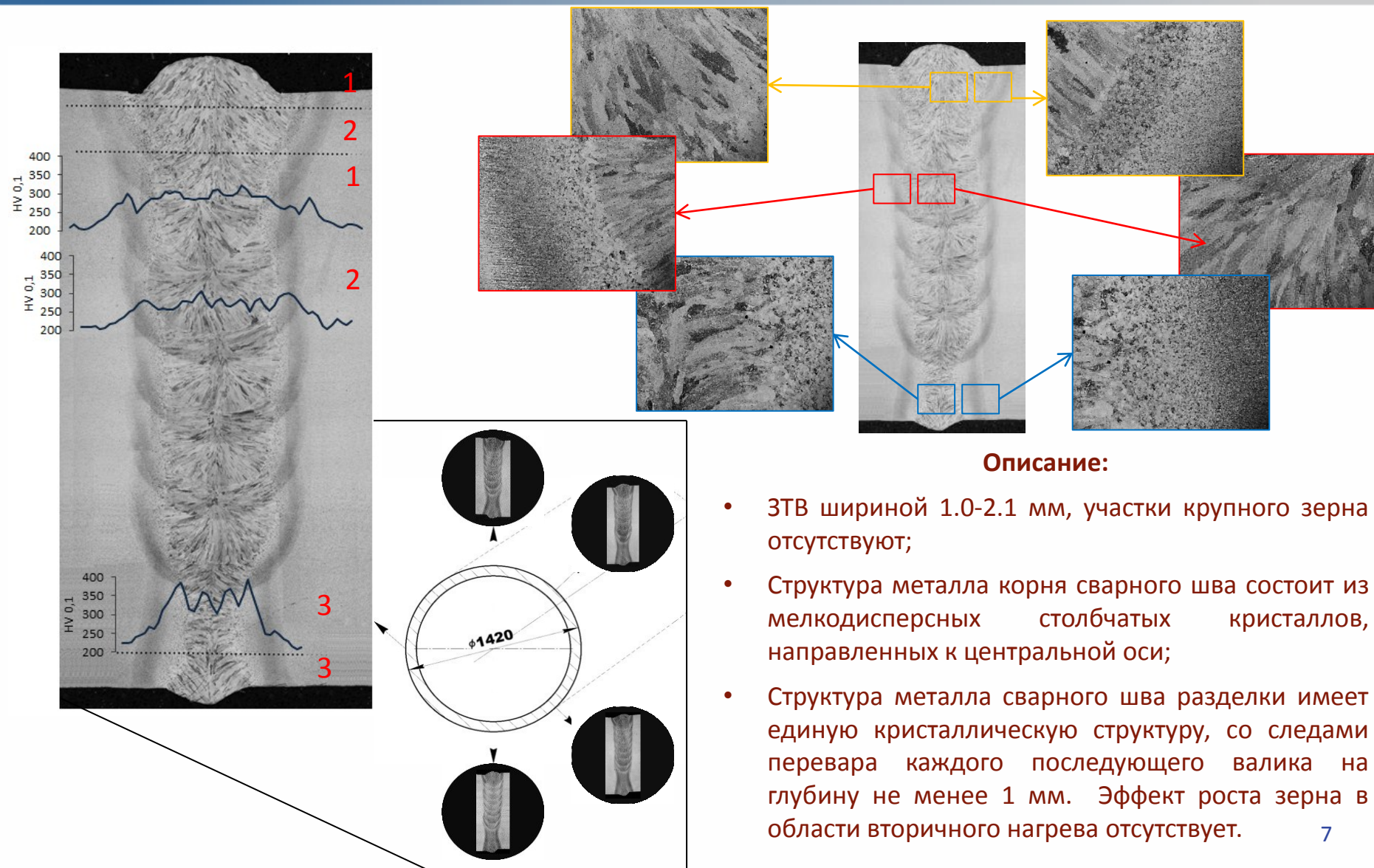
- Время сварки одного стыка – 35 мин.

Сварка 3-мя постами (палатками сварщика): **5-6 стыков в час.**



Анализ сварных соединений

Микроструктура и микротвердость



Описание:

- ЗТВ шириной 1.0-2.1 мм, участки крупного зерна отсутствуют;
- Структура металла корня сварного шва состоит из мелкодисперсных столбчатых кристаллов, направленных к центральной оси;
- Структура металла сварного шва разделки имеет единую кристаллическую структуру, со следами переваля каждого последующего валика на глубину не менее 1 мм. Эффект роста зерна в области вторичного нагрева отсутствует.



Анализ сварных соединений

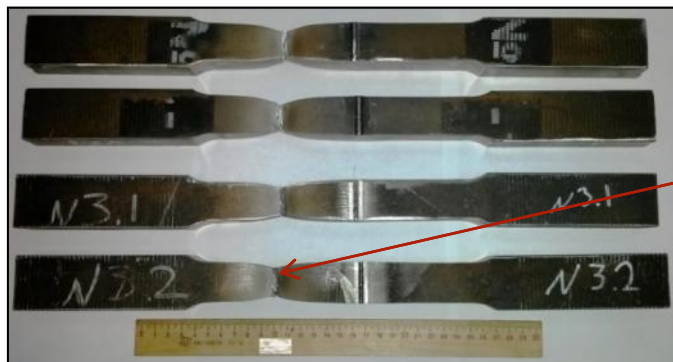
Испытания на статическое растяжение и статический изгиб

Без снятия усиления

№ образца	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %
1	616	21
2	622	21
3	605	20
4	608	23

Со снятым усилением

№ образца	Временное сопротивление разрыву, МПа	Относительное удлинение, %
1	616	21
2	617	20
3	606	19
4	618	21



Разрушение
по основному металлу



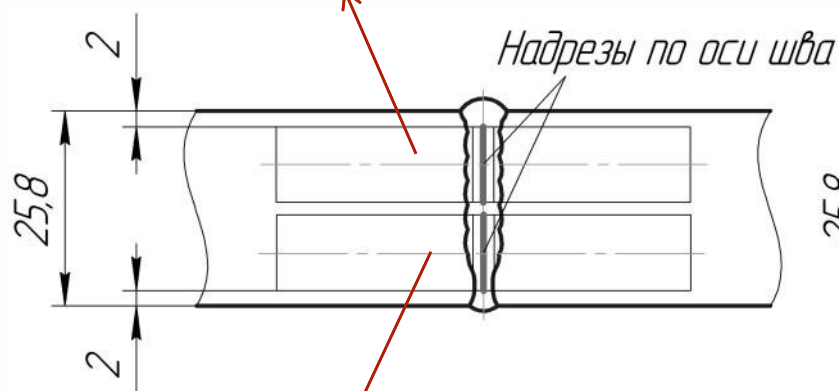
Угол изгиба - 180°.
Трещин не обнаружено





Надрез по оси шва

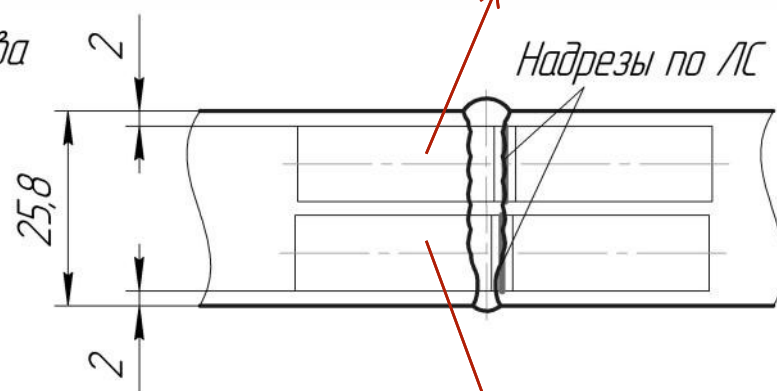
Температура испытаний, °C	Ударная вязкость (среднее значение), Дж/см ²
0	225
-20	229
-40	89



Температура испытаний, °C	Ударная вязкость (среднее значение), Дж/см ²
0	313
-20	337
-40	343

Надрез по ЛС

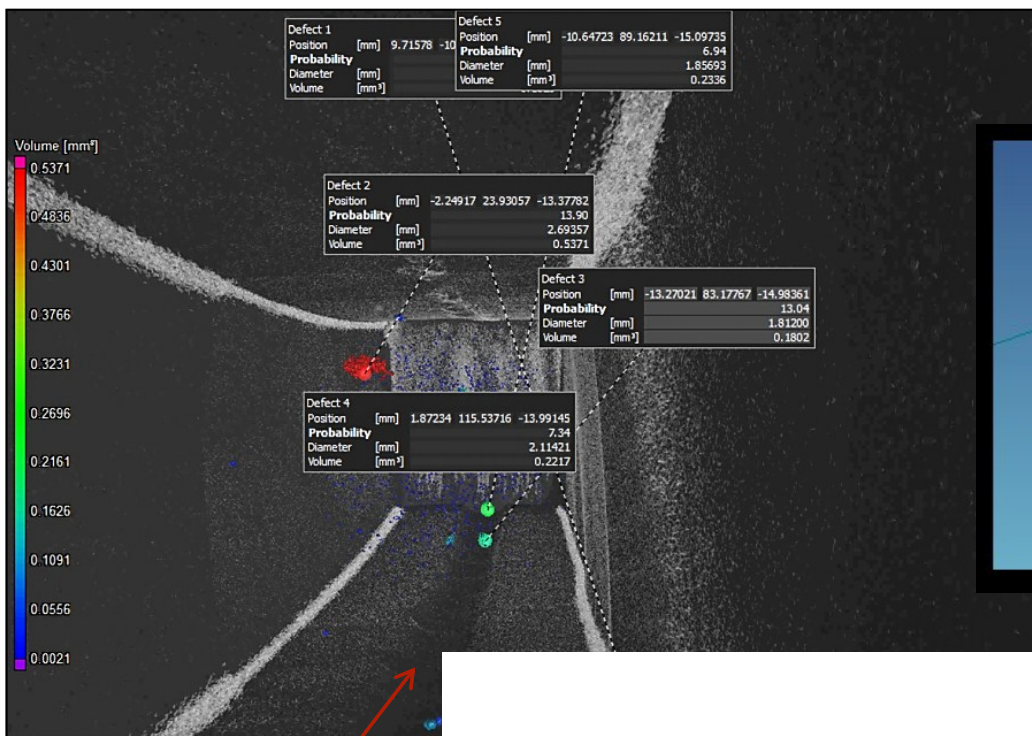
Температура испытаний, °C	Ударная вязкость (среднее значение), Дж/см ²
0	315
-20	260
-40	270



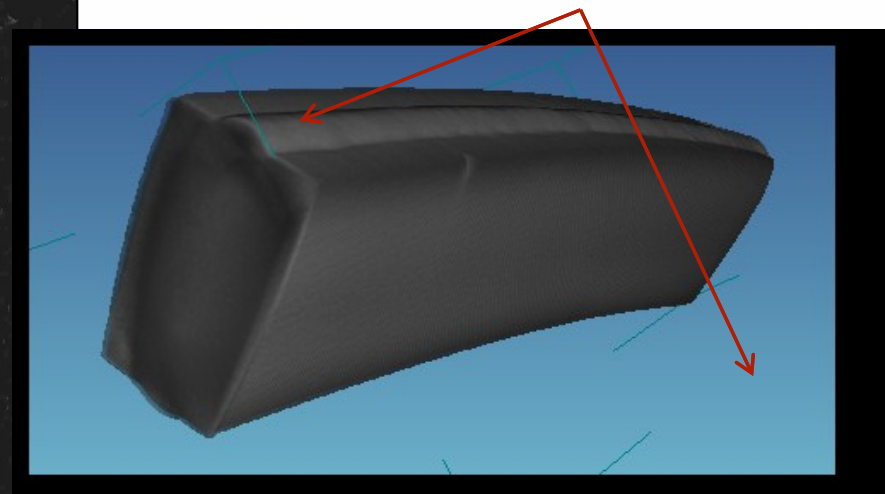
Температура испытаний, °C	Ударная вязкость (среднее значение), Дж/см ²
0	280
-20	285
-40	278



Недопустимых дефектов не обнаружено



Облицовочный слой

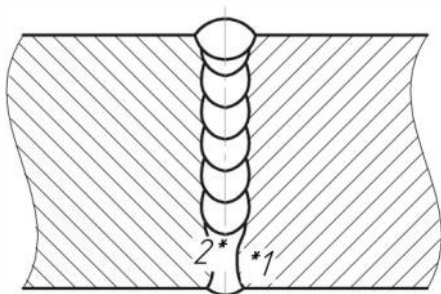


Облицовочный слой



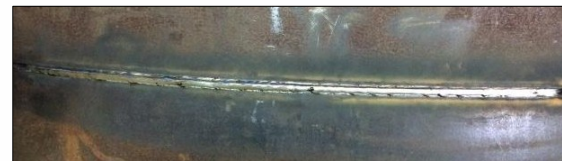


Измерение термических циклов

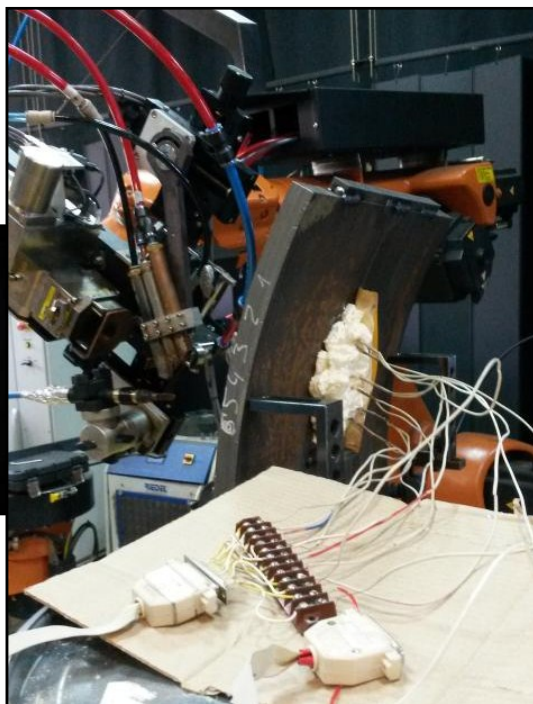


(*) 1 – точка расположения термопары для измерения СТЦ в ЗТВ при сварке **корня шва** сегмента (отверстия 1-6);

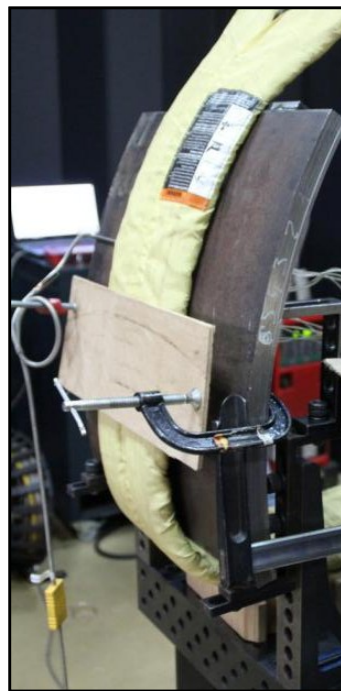
(*) 2 – точка расположения термопары для измерения СТЦ в ЗТВ при выполнении **1-ого** заполняющего прохода (отверстия 7-10).



Экспериментальный стенд



Вертикальное положение



Нижнее положение



Потолочное положение



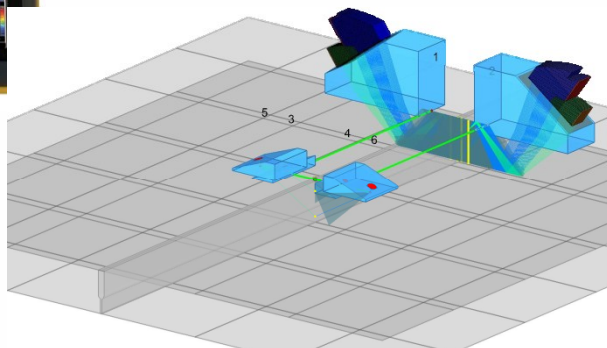
УТС-ИНТЕГРАЦИЯ
НАУЧНО
ПРОИЗВОДСТВЕННАЯ
КОМПАНИЯ

Ультразвуковой неразрушающий контроль (УЗК)

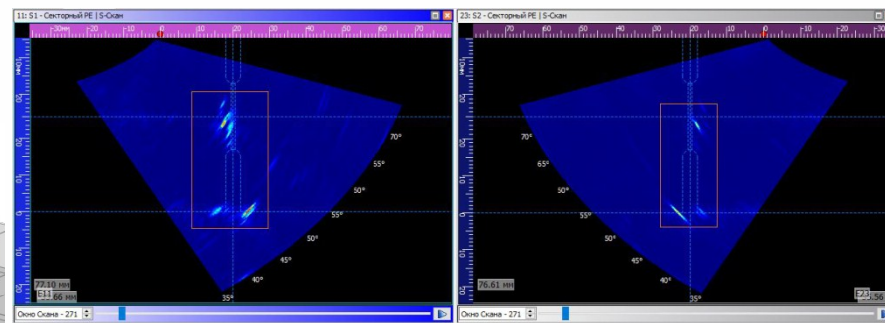
Система механизированного
УЗК HARFANG VEO



Схема контроля

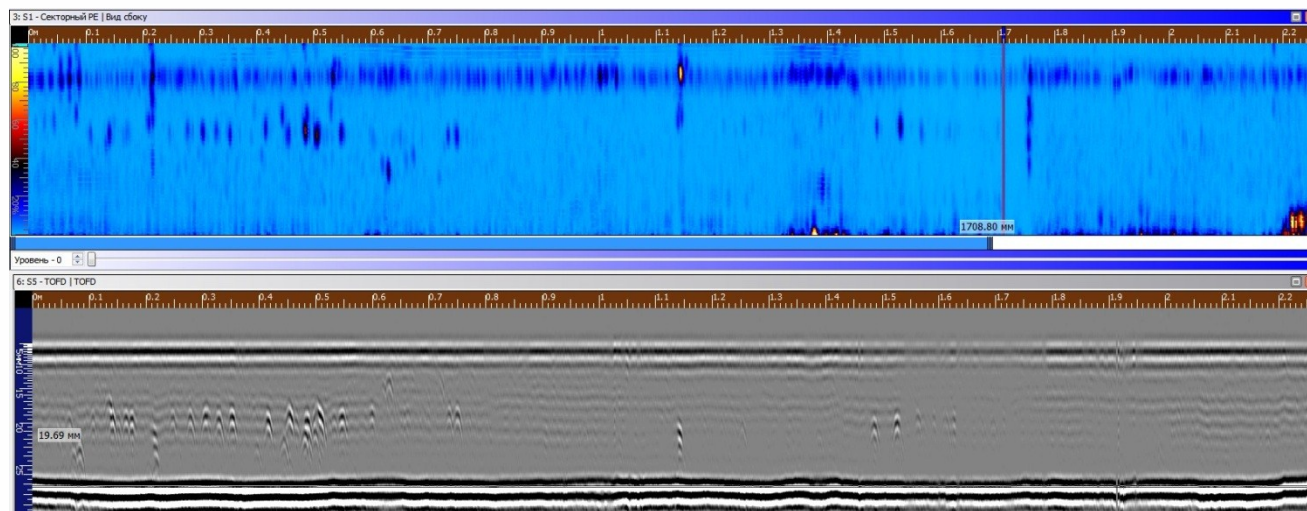


Секторный вид в торцевом сечении шва
с двух сторон



Контроль с
использованием
фазированных антенных
решеток (ФАР)

Контроль дифракционно-
временным методом
(Time of Flight Diffraction
– TOFD)





1. Проведение квалификационных испытаний установки автоматической лазерной сварки неповоротных кольцевых соединений труб и аттестации технологии (аттестационных испытаний) автоматической лазерной сварки неповоротных кольцевых соединений труб магистральных газопроводов.

2. Промышленное внедрение комплекса сварки труб при строительстве трубопроводов.

СПАСИБО ЗА ВНИМАНИЕ!

ПРОИЗВОДСТВЕНН.
КОМПАНИЯ