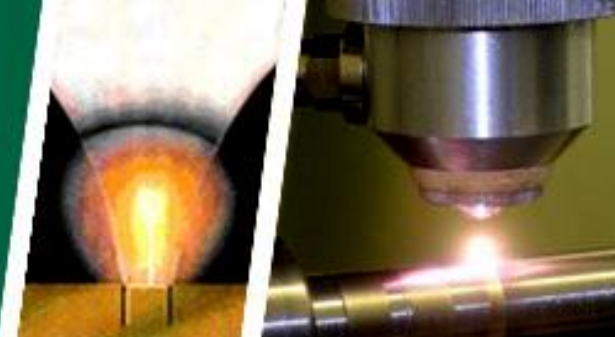




Вятское Машиностроительное Предприятие  
“Лазерная техника и технологии”



## Гибридная лазерная сварка соединительных деталей трубопроводов

Чирков А.М., директор ВМП«ЛТиТ», к.т.н., эксперт Министерства науки и высшего образования ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по лазерным технологиям.

Чирков А.А., зам.главного инженера АО «Газстройпроекта»

Рогожин А.В., вед. инженер технолог АО «Газстройпроекта»

---

Россия, 610042, Киров, ул.Лепсе 27, офис 221  
Тел.: +7(8332) 64-62-54,+7(912) 820-77-11, +7(912) 360-31-56  
E-mail: [techlaser@mail.ru](mailto:techlaser@mail.ru) ; [www.laserintech.ru](http://www.laserintech.ru)

# Актуальность проблемы

Существующая в настоящее время технология дуговой сварки кольцевых поворотных стыков соединительных деталей трубопроводов-СДТ имеет ряд существенных технико-экономических **недостатков:**

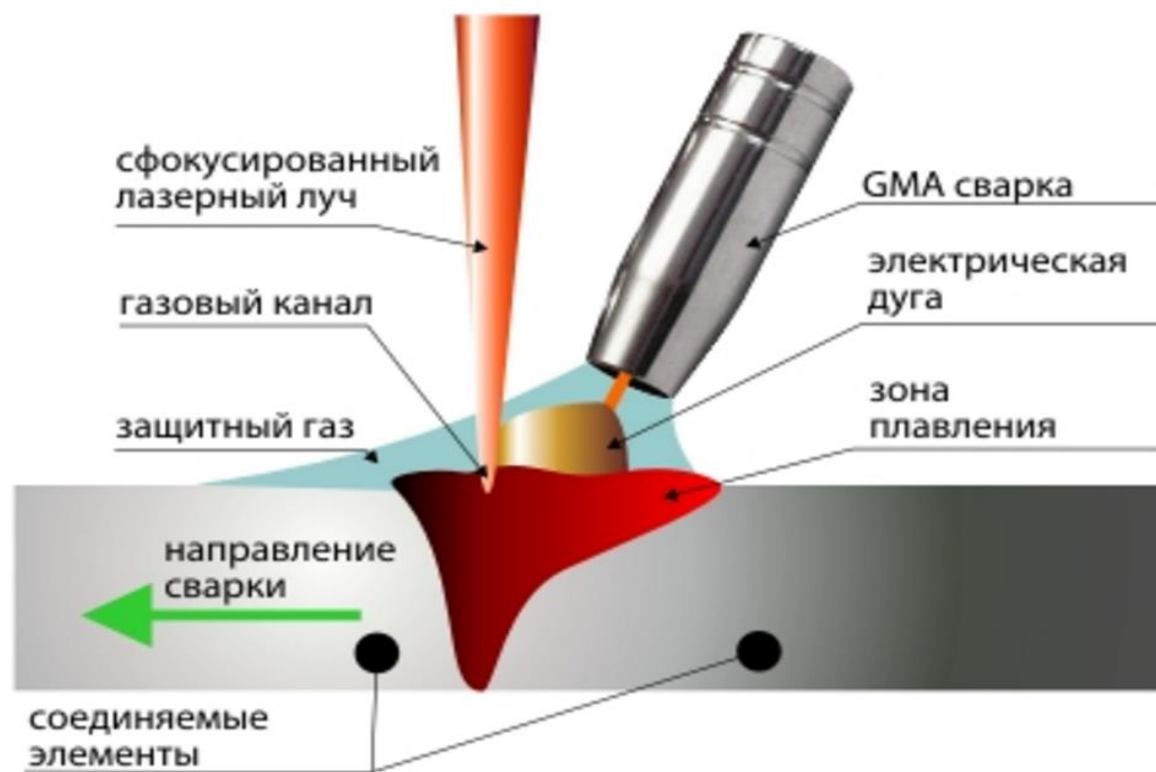
- 1.Сварные соединения характеризуются значительным количеством дефектов
- 2.Устранение дефектов в сварном соединении сопровождается увеличением трудозатрат при производстве СДТ
- 3.Технологический процесс сварки СДТ характеризуется низкой технологической воспроизводимостью

**Устранить недостатки технологии дуговой сварки можно с использованием технологии гибридной лазерно-дуговой сварки**

# Соединительные детали трубопроводов



# Геометрическая схема гибридной лазерно-дуговой сварки



# Определение термина гибридная лазерно-дуговая сварка

Одним из уникальных свойств луча лазера как технологического инструмента являются его ассоциативные свойства, то есть способность объединяться с другими концентрированными источниками энергии – световым лучом, электрической дугой, плазмой, токами высокой частоты, ультразвуковым излучением и т. д. в единый технологический процесс. Отсутствие эффекта технического антагонизма при соединении (объединении) луча лазера с другими концентрированными источниками энергии позволило создать гибридные технологии лазерной обработки материалов: лазерно-светолучевые, лазерно-дуговые, лазерно-плазменные, лазерно-индукционные, лазерно-ультразвуковые, tandemные лазерные, которые, как показывает практика, обладают более высокой технико-экономической эффективностью по сравнению с монотехнологиями лазерной обработки материалов. Ассоциативные свойства объясняются тем, что на луч лазера не действуют электрические и магнитные поля, высокие и низкие температуры, ультразвуковое излучение, аэродинамическое сопротивление воздуха. Таким свойством не обладает ни один другой технологический концентрированный источник энергии для обработки материалов. Объединение различных концентрированных источников энергии с высококонцентрированным лазерным источником энергии в единый технологический процесс позволяет устранить или нивелировать недостатки каждого из сварочных источников энергии и в то же время получить новые качества в виде синергетических эффектов, недостижимых при применении концентрированных или высококонцентрированных источников энергии по отдельности.

**ГОСТ ISO 15609-6-2016, статья 3.1. даёт следующее определение гибридной лазерно-дуговой сварке: Гибридная сварка: Два или более процессов сварки плавлением, которые взаимодействуют в одной сварочной ванне.**

# **ПРЕИМУЩЕСТВА ЛАЗЕРНО-ДУГОВОЙ СВАРКИ**

## **1. По сравнению с лазерной сваркой:**

- 1.1. Менее жесткие требования на допуски на геометрию сборки свариваемых узлов.
- 1.2. Меньшая себестоимость сварки одного погонного метра шва.
- 1.3. Меньшие затраты на подготовку свариваемых узлов.
- 1.4. Более высокая технологическая воспроизводимость процесса сварки.

## **2. По сравнению с MIG-сваркой:**

- 2.1. Повышение скорости сварки до 9 м/мин.
- 2.2. Меньшие зоны термического влияния.
- 2.3. Более узкий шов.
- 2.4. Уменьшение разбрызгивания уменьшает затраты на зачистку швов.
- 2.5. Уменьшается количество пор.

# Технологические особенности сварки поворотных стыков СТД

Значительные допуски на толщину стенки трубы, внутренний и внешний диаметр, овальность и эллипсность трубы, особенно труб большого диаметра, не позволяют:

1. Обеспечить заданную нормативной технологической документацией качество сборки свариваемых стыков.
2. Низкое качество сборки приводит к образованию дефектов, особенно при замыкании кольцевых швов.
3. Получить высокую технологическую воспроизводимость качества сварных соединений, как при дуговой, так и при лазерной сварке



# ГЛДС

## поворотных стыков трубных сталей

Разработана технология гибридной лазерно-дуговой сварки кольцевых поворотных стыков из трубной стали 09Г2С. Диаметр трубы- 108мм, толщина стенки трубы-6мм. проволокой Св-08Г2С, класс прочности трубы К52

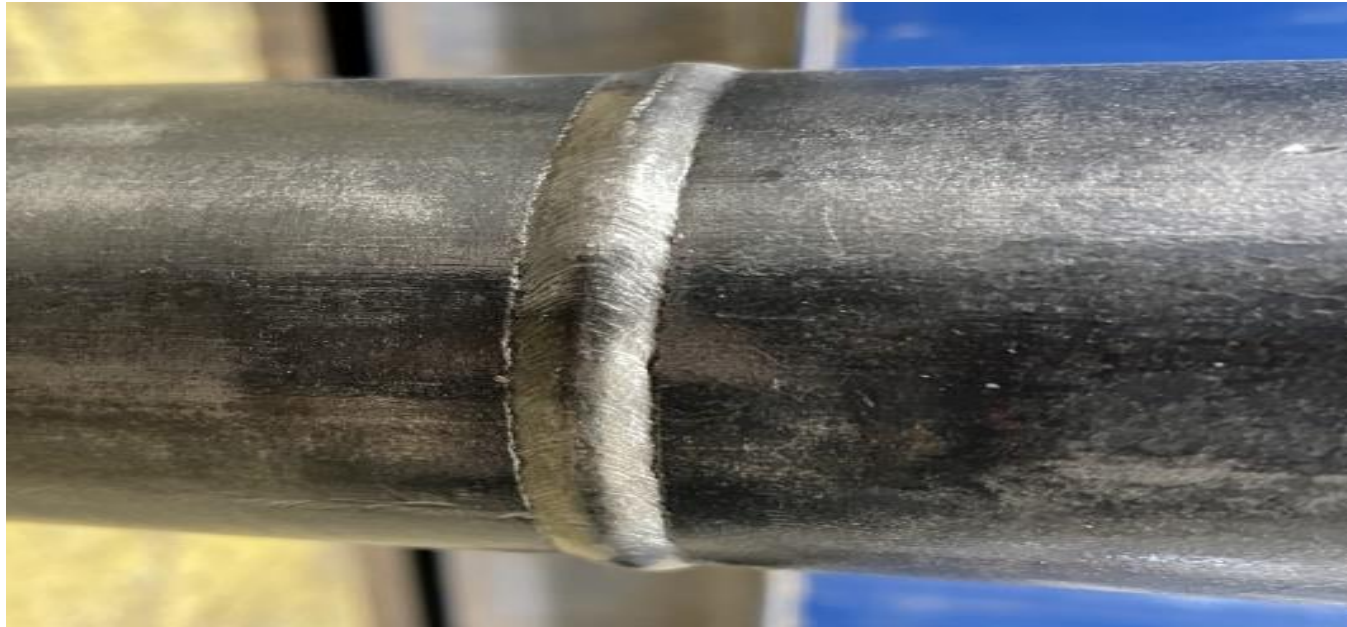


Фото стыка труба/труба лицевой стороны кольцевого шва трубопровода выполненного ГЛДС



# Металлографические исследования

- 1.Микротвёрдость сварного соединения
  - 1.1.Микротвёрдость с лицевой стороны шва  $HV_{10}$  182-225
  - 1.2.Микротвёрдость со стороны корня шва  $HV_{10}$  273-283
  - 1.3.Микротвёрдость ЗТВ по линии сплавления шва  $HV_{10}$  192-258
- 2.Микротвёрдость основного металла  $HV_{10}$  155- 161

# **ГЛДС поворотных стыков трубных сталей**



Фото стыка труба/отвод лицевой стороны кольцевого шва трубопровода 106х6 мм выполненного ГЛДС

# Металлографические исследования

- 1.Микротвёрдость сварного соединения
- 1.1.Микротвёрдость с лицевой стороны шва  $HV_{10}$  194 - 196
- 1.2.Микротвёрдость со стороны корня шва  $HV_{10}$  158 - 180
- 1.3.Микротвёрдость ЗТВ по линии сплавления шва  $HV_{10}$  164 — 190
- 2.Микротвёрдость основного металла  $HV_{10}$  155- 161

# механические свойства сварного соединения

- 1. Испытание на статическое растяжение:  $\sigma_b = 520 — 553$  МПа
- 2. Испытания на статический изгиб:
  - 2.1. Загиб корнем внутрь  $120^\circ$ - дефектов не обнаружено
  - 2.2. Загиб корнем наружу  $120^\circ$ - дефектов не обнаружено
- 3. Испытания на ударную вязкость: ударная вязкость составила 110-204 Дж/см<sup>2</sup>.

# Аттестация сварных соединений

Проведены аттестационные испытания сварных соединений труб и труб с СДТ, которые показали соответствие механических свойств стыков и дефектообразования требованиям нормативной документации АО «ГАЗПРОМ»:

**Технология гибридной лазерно-дуговой сварки трубопроводов аттестована НАКС и утверждена ВНИИГаз**

# **Особенности технологического процесса ГЛДС**

**1.**Лазерное излучение стабилизирует геометрическое положение электрической дуги плавящегося электрода, «привязывая» её к лазерной плазме сфокусированного луча лазера и заставляет опускаться дугу в парогазовый канал. Чем больше мощность лазерного излучения, тем сильнее проявляется этот эффект.

**2.**ГЛДС обеспечивает более «мягкий» термический сварочный цикл, что приводит к уменьшению твердости сварного шва по сравнению с лазерной сваркой, уменьшая склонность сварного шва к хрупкому разрушению.

**3.**При ГЛДС при заданной глубине проплавления, требуется лазерный источник меньшей мощности, по сравнению с лазерной сваркой, что снижает технологическую себестоимость сварки одного погонного метра шва.

4. При лазерно-дуговой сварке снижаются требования по точности сборки свариваемого узла по сравнению с лазерной сваркой.

5. Вольтамперные характеристики дуги при лазерно-дуговой сварке смещены по отношению к вольтамперным характеристикам дуги при дуговой сварке в сторону меньших напряжений, т.е. лазерное излучение оказывает такое же влияние, как и уменьшение длины дуги. Снижение анодного потенциала приводит к перераспределению напряжения по столбу дуги, повышению эффективности тепловвода электрической энергии в свариваемый металл и соответствующему повышению эффективного КПД сварочного процесса.



6. Проведенные исследования показали, что при однократной гибридной лазерно-дуговой сварке лазером сталей толщиной более 5 мм, 1 кВт мощности дуги может заменить 0,5 кВт мощности луча лазера. То есть для сварки толстолистовой стали можно применять менее мощные и соответственно менее дорогие лазеры.

7. Необходимо отметить, что применение гибридной лазерно-дуговой сварки при фиксированной мощности луча лазера может производиться до определенной толщины свариваемого металла. Снижение скорости сварки не приводит, как правило, к увеличению глубины проплавления и для увеличения глубины проплавления необходимо увеличивать мощность луча лазера.

# Лазерный комплекс для ГЛДС



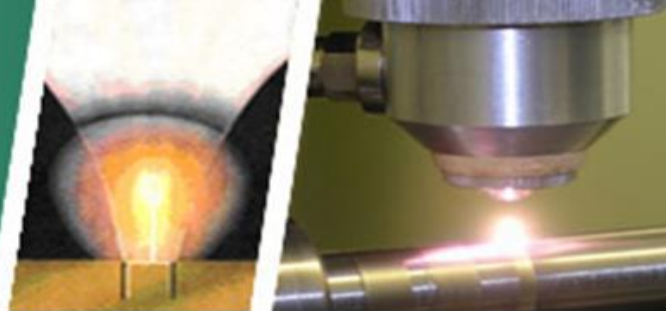
# Лазерный комплекс для ГЛДС







Вятское Машиностроительное Предприятие  
"Лазерная техника и технологии"



# Спасибо за внимание!

---

**ООО ВМП «Лазерная Техника и Технологии»**

Россия, 610042, Киров, ул. Лепсе, 27, офис 221

Тел.: +7(8332) 64-62-54

E-mail: [techlaser@mail.ru](mailto:techlaser@mail.ru) ; [www.laserintech.ru](http://www.laserintech.ru)