



Вятское Машиностроительное Предприятие
“Лазерная техника и технологии”



Лазерные реновационные технологии

Гибридная технология лазерно-дуговой наплавки

Чирков А.М., директор ВМП «ЛТиТ», к.т.н., эксперт Министерства науки и высшего образования ФГБНУ НИИ РИНКЦЭ по лазерным технологиям.
Браславский А.И., технический директор ИРС «Лазер Технолоджи»
Загребин С.Д., главный сварщик ВМП «ЛТиТ»

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 ; www.laserintech.ru

Технологии наплавки

В настоящее время разработано достаточно много способов наплавки с целью восстановления геометрических размеров и эксплуатационных свойств поверхностных слоев изношенных деталей машин и механизмов, а так же изготовления новых деталей и инструмента с заданными служебным свойством поверхности. Каждый из существующих способов имеет свои преимущества и недостатки, которые характеризуются конкретными технико-экономическими показателями, определяющими эффективные области применения реновационных технологий.

Однако ни один из существующих способов наплавки не является универсальным, а свойства наплавленного слоя далеко не всегда удовлетворяют современным техническим требованиям эксплуатации деталей машин и механизмов.

Функциональное назначение наплавки

Современные требования, предъявляемые к эксплуатации техники характеризуются ужесточением условий работы деталей машин и механизмов, что обуславливает необходимость повышения функциональных (служебных) свойств поверхностного слоя.

Ресурс работы и надежность деталей определяется функциональными свойствами поверхностного слоя

Функциональным назначением поверхностных покрытий является создание заданных эксплуатационных (служебных) свойств с целью увеличения ресурса работы деталей машин, механизмов и надежности при эксплуатации.

Традиционные технологии нанесения покрытий (наплавки) не позволяют значительно улучшить эксплуатационные свойства поверхностных слоев с применением традиционных технологий наплавки.

Виды функциональных покрытий

Функциональные виды поверхностных покрытий:

- 1.Термобарьерные
- 2.Жаропрочные
- 3.Жаростойкие
- 4.Хладостойкие
- 5.Коррозионностойкие
- 6.Износостойкие
- 7.Триботехнические

Традиционные технологии наплавки

К традиционным технологиям наплавки относятся:

- Газовая наплавка;
- Электродуговая наплавка;
- Плазменная наплавка;
- Индукционная наплавка
- Электронно-лучевая и другие.

Традиционные технологии наплавки не удовлетворяет современным технико-экономическим требованиям промышленности. В настоящее время в технологически развитых странах начинает применяться технология лазерной наплавки, которая заменяет и постепенно вытесняет традиционные технологии наплавки.

Преимущества технологии лазерной наплавки

По сравнению с традиционными технологиями наплавки лазерная наплавка обладает следующими преимуществами:

1. Имеет улучшенные эксплуатационные свойства наплавленного слоя: жаропрочные, жаростойкие, коррозионностойкие, износостойкие, триботехнические, термобарьерные

2. Позволяет сохранить прецизионные геометрические размеры наплаваемой детали в поле допуска.

3. Высокая точность дозировки погонной энергии позволяет получить минимальные зоны термического влияния

4. Минимальное значение коэффициента перемешивания позволяет получить заданные функциональные свойства в первом наплавленном слое толщиной несколько десятков микрон

5. Высокое значение коэффициента сосредоточенности лазерного источника энергии позволяет минимизировать объем наплаваемого валика.

Определение термина «наплавка»

- ГОСТ Р ИСО 857-1-2009 Сварка и родственные процессы.

Словарь. Часть 1. ПРОЦЕССЫ СВАРКИ
МЕТАЛЛОВ

- Термины и определения
п.3.1.3 Наплавка (сваркой): создание сваркой слоя металла на детали для получения желательных свойств или размеров

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ТЕРМИНА технология лазерной наплавки

**ГОСТ Р 2021, Лазерная наплавка
металлическими материалами. Термины
и определения, статья 2.5**

**Лазерная наплавка: создание лазерной
сваркой на обрабатываемой поверхности
слоя металла для получения желаемых
свойств или размеров**

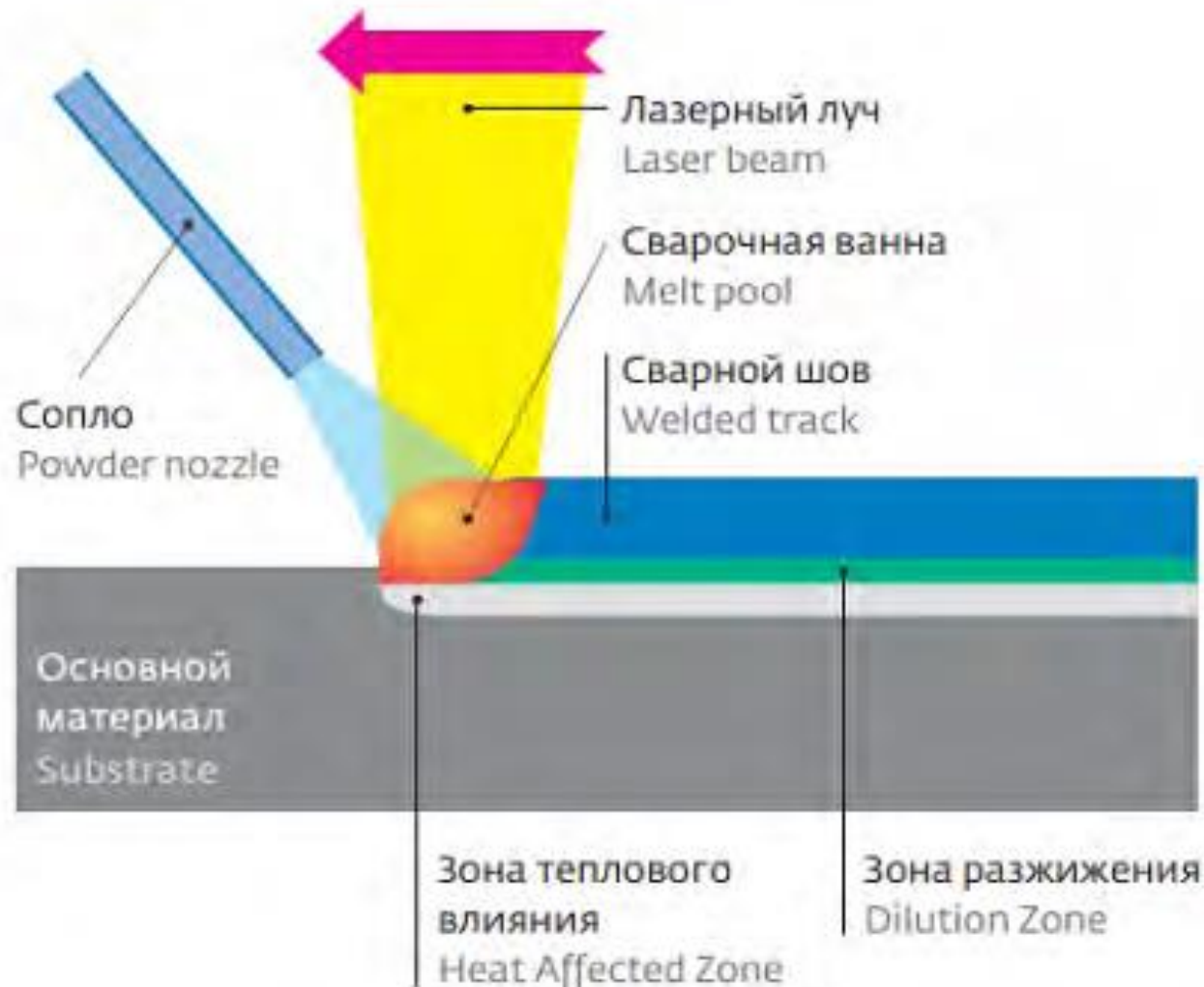
Физические основы технологий лазерной наплавки

В основе технологического процесса лазерной наплавки является тепловой эффект нагрева наплавочного материала до температуры плавления и последующего, формирования поверхностного слоя путем кристаллизации ванны расплава.

Технологии лазерной наплавки

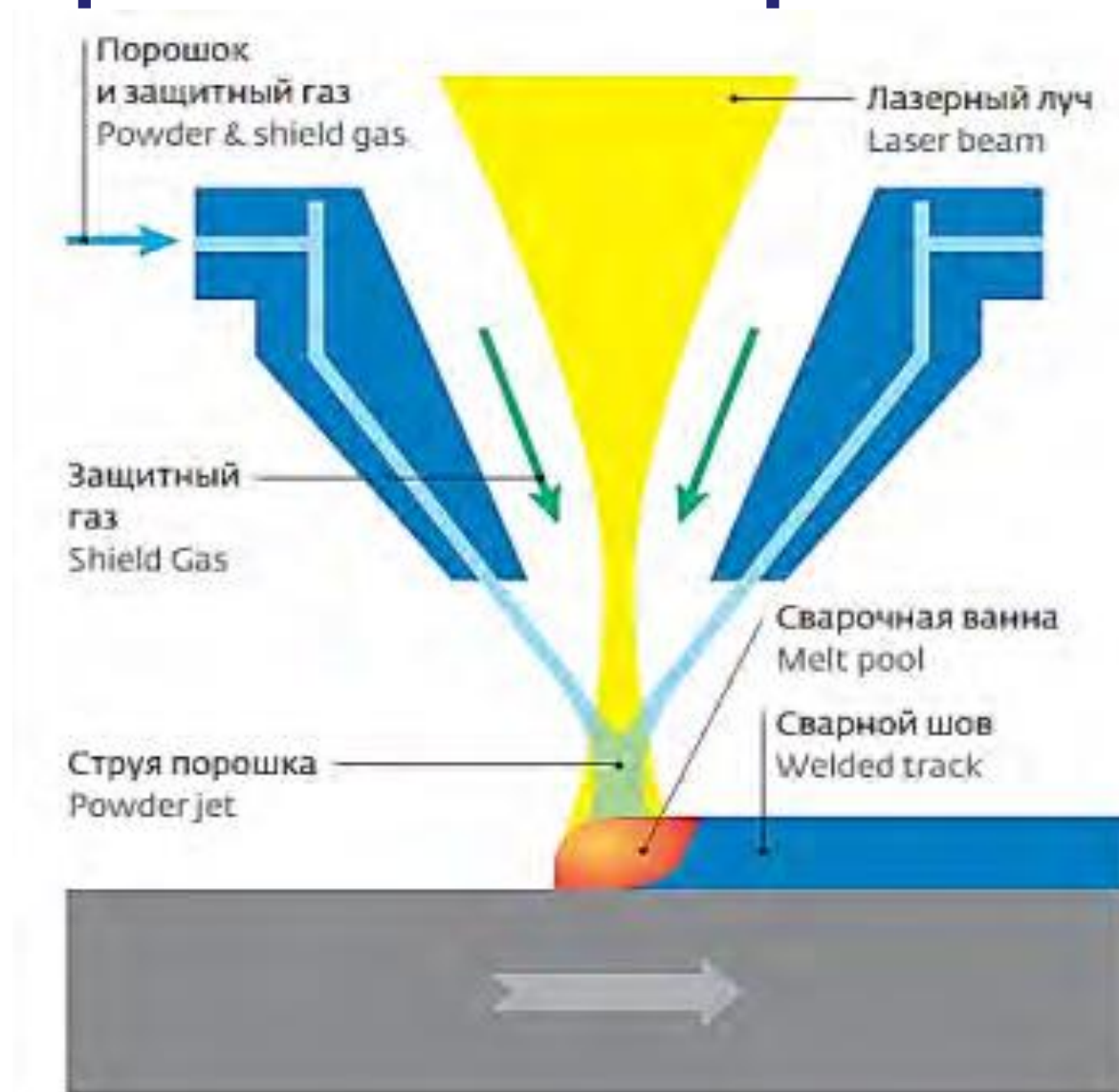
- В настоящее время разработаны и внедрены в промышленность следующие технологии наплавки непрерывным лучом лазера:
- 1. Технологии газопорошковой лазерной наплавки-**ГПЛН**.
- 2. Технология высокоскоростной газопорошковой лазерной наплавки-**ВГПЛН**.
- 3. Технология лазерной наплавки проволокой-**ЛНП**

Функциональная схема газопорошковой лазерной наплавки (подача порошка сбоку)



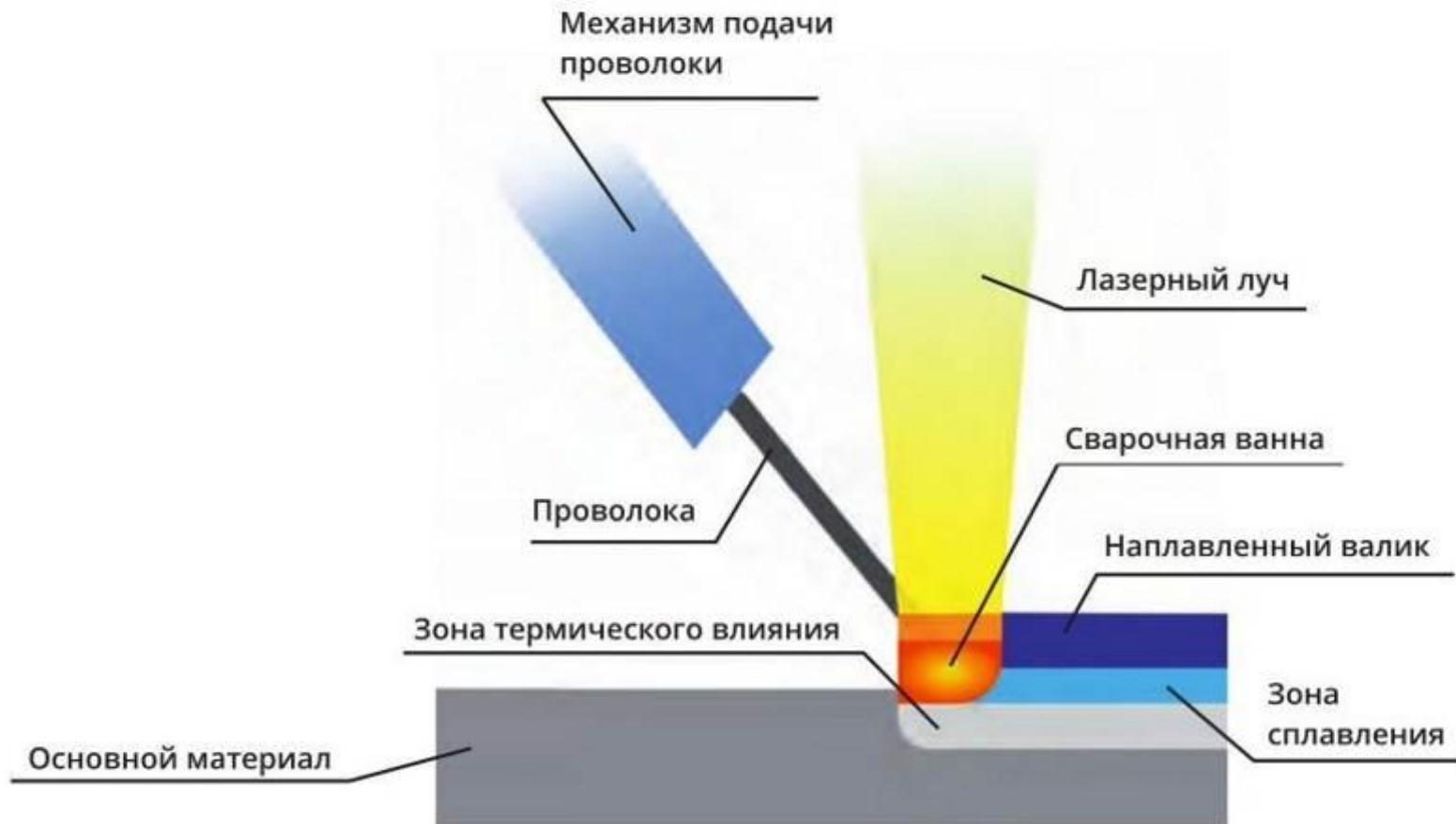
*Схема подачи газопорошкового состава сбоку при лазерной наплавке
Данная техническая схема исторически была реализована первой*

Функциональная схема коаксиальной газопорошковой лазерной наплавки

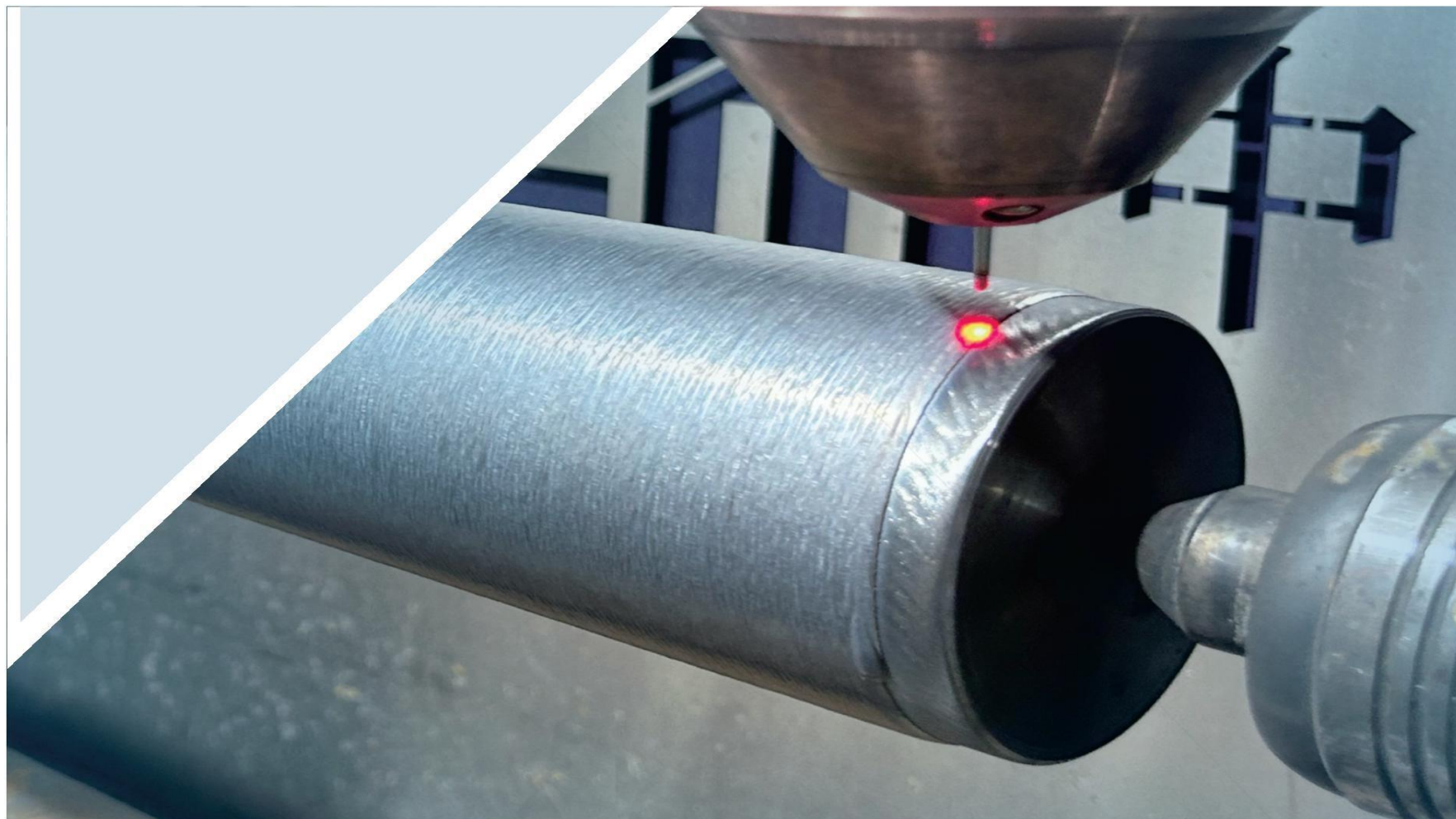


Функциональная схема коаксиальной газопорошковой лазерной наплавки

Технология лазерной наплавки проволокой



Лазерная наплавка с аксиальной подачи проволоки



Преимущества технологии лазерной наплавки

По сравнению с традиционными технологиями наплавки лазерная наплавка обладает следующими преимуществами:

1. Имеет улучшенные эксплуатационные свойства наплавленного слоя:
2. Позволяет сохранить прецизионные геометрические размеры наплаваемой детали в поле допуска.
3. Высокая точность дозировки погонной энергии позволяет получить минимальные зоны термического влияния
4. Минимальное значение коэффициента перемешивания позволяет получить заданные функциональные свойства в первом наплавленном слое толщиной несколько десятков микрон
5. Высокое значение коэффициента сосредоточенности лазерного источника энергии позволяет минимизировать объем наплаваемого валика.

Основные технические характеристики лазерной наплавки

Технология лазерной наплавки позволяет наплавливать на поверхность различные стали и сплавы: конструкционные стали, жаропрочные сплавы, твердые сплавы, металлокерамику и быстрорежущие.

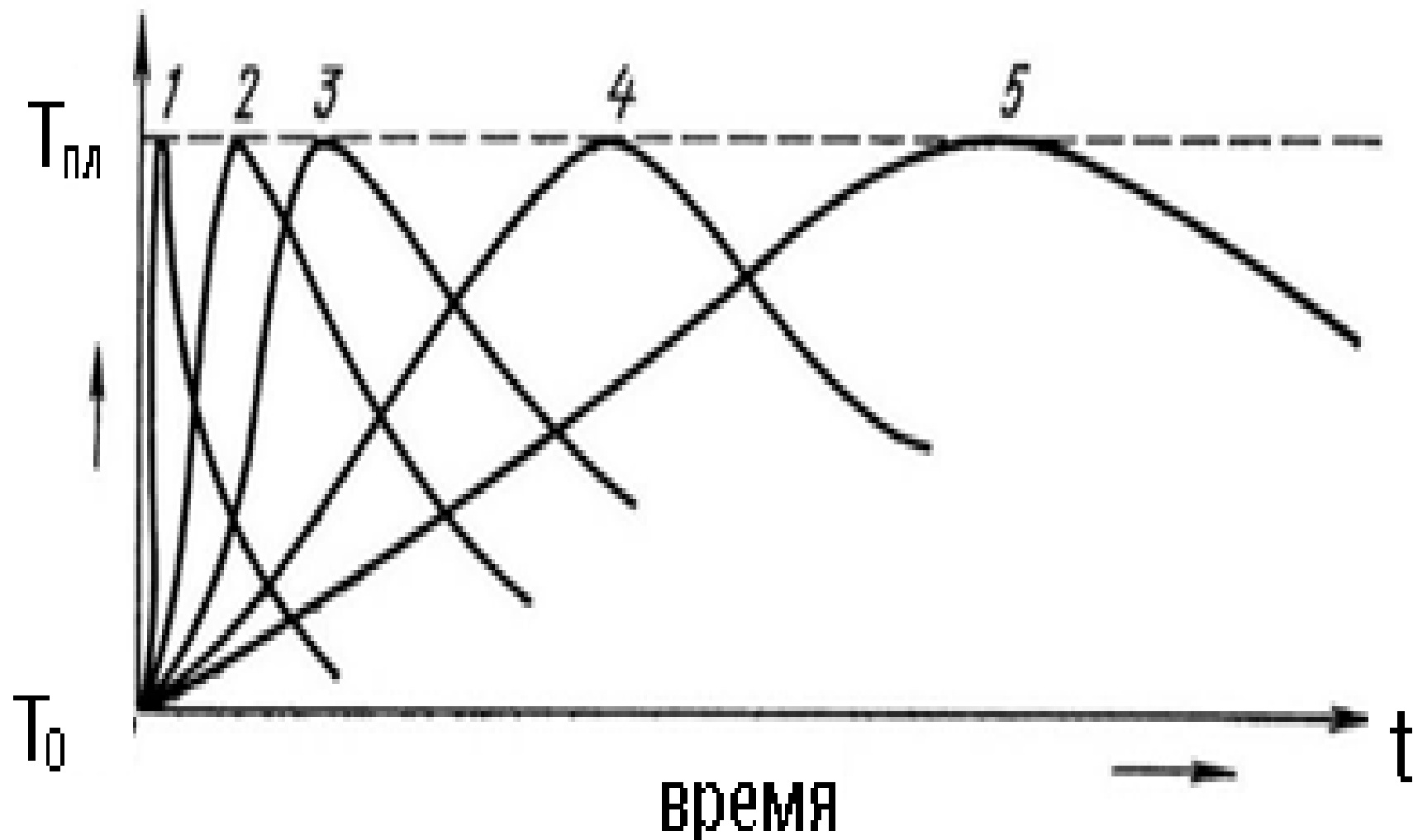
Основные технические характеристики:

- Припуск на последующую механическую обработку..... ≤ 500 мкм
- Твердость наплавливаемого слоя (регулируется) до 60 HRC
- Твердость наплавливаемого слоя твердым сплавом.....до 72 HRC
- Производительность лазерной наплавки (на плоскости)
 ≈ 0.4 кг/час·кВт (для луча лазера мощностью 1 кВт)
- Адгезионное взаимодействие наплавленного слоя с основным металлом металлургическое..... > 360 МПа

Недостатки технологии лазерной наплавки

1. Высокая стоимость 1кВт мощности луча лазера
2. Низкая производительность лазерной наплавки $\approx 0,4\text{кг/час} \cdot 1\text{ кВт}$ мощности луча лазера
3. Высокая технологическая себестоимость по сравнению с дуговой наплавкой на 1кВт мощности луча лазера
4. Жёсткий термический цикл приводит к потере технологической прочности наплавленного слоя и образованию трещин

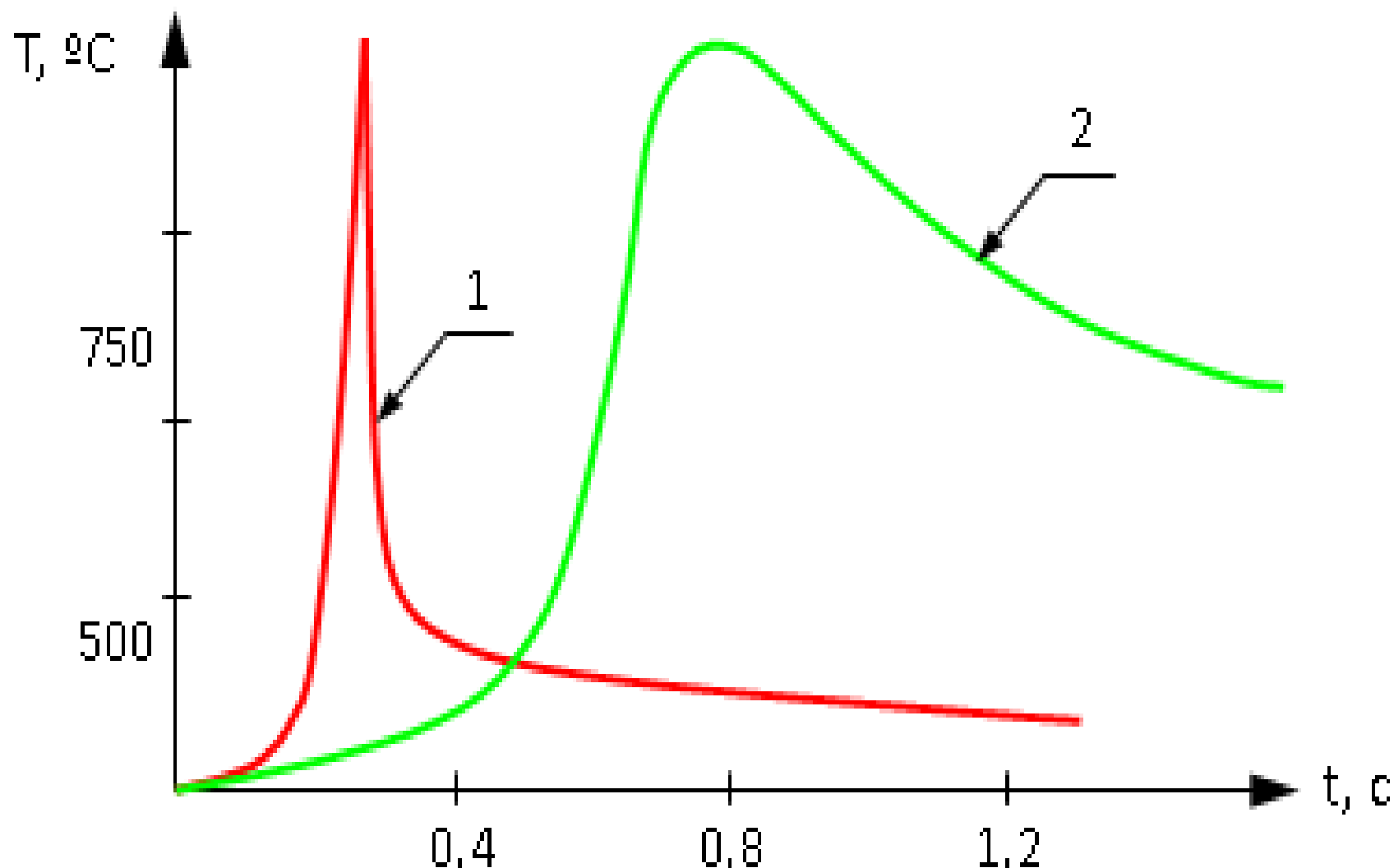
Термический лазерной наплавки



Термический лазерной наплавки

- **Характерный вид термических циклов в зависимости от вида поверхностных источников нагрева:**
- **1 – термический цикл лазерного источника нагрева;**
- **2 – термический цикл плазменного источника нагрева;**
- **3 – термический цикл электродугового нагрева;**
- **4 – термический цикл индукционного источника нагрева;**
- **5 – термический цикл источника нагрева при электрошлаковой сварке.**
- **Где, $T_{пл}$ – температура плавления;**
- **T_0 – начальная температура металла.**

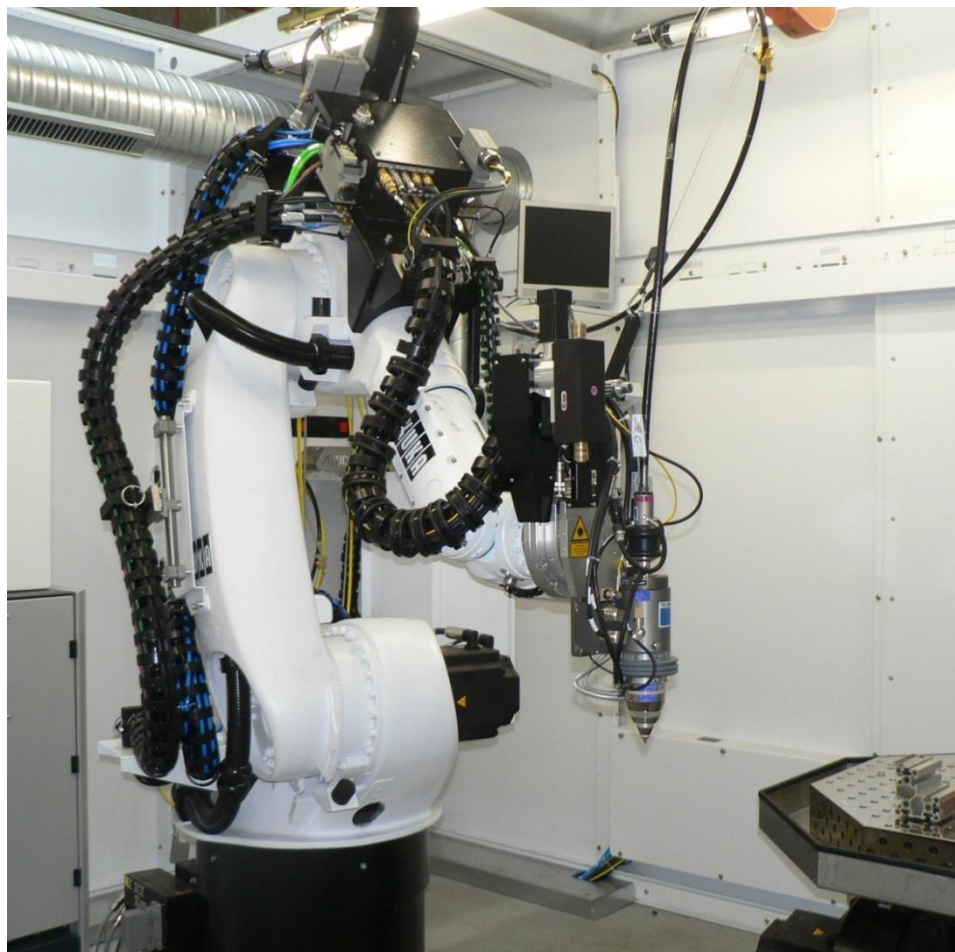
Термические циклы лазерной и аргонодуговой наплавки



Лазерный роботизированный комплекс TruLaser Robot 5020 для наплавки



Робот модели KR60 фирмы KUKA с панелью управления KRC2



| | |
|----------------------------------|-----------------|
| Рабочая зона | 2040 мм |
| Точность повторения операций | $< \pm 0,05$ мм |
| Грузоподъемность | 60 кг |
| Вес вместе с системой управления | 915 кг |

Лазерная наплавка проволокой вала нагнетателя газоперекачивающей станции АО «ГАЗПРОМ»



Гибридные технологии лазерной наплавки

- **Гибридные технологии**-технологические процессы, при которых зона обработки формируется под одновременным воздействием двух и более источников энергии(принцип интеграции действия источников энергии в пространстве и во времени)
- **Гибридная технология лазерно-дуговой наплавки**-технологический процесс при котором наплавляемый валик формируется при одновременном действии луча лазера и электрической дуги

- Гибридная технология лазерно-дуговой наплавки проволокой-ГЛДНП имеет следующие технико-экономические преимущества по сравнению с технологией лазерной наплавки:
- 1. Удельная производительность процесса гибридной лазерно-дуговой наплавки в несколько раз превышает производительность ГПЛН и ЛНП
Удельная производительность гибридной технологии лазерной наплавки ≈ 1.2 кг/час*кВт
- 2. Снижается жёсткость термического цикла и соответственно вероятность образования трещин в наплавленном слое
- 3. Во многих случаях гибридная технология лазерно-дуговой наплавки не требует специальных технологических операций при наплавке которые повышают технологическую прочность наплавленного слоя: предварительного и сопутствующих подогревов и последующей термообработке наплавленного слоя

Преимущества гибридной технологии лазерной наплавки

Гибридная технология лазерной наплавки устраняет недостатки технологии лазерной наплавки и позволяет получить новые качества благодаря синергетическому эффекту:

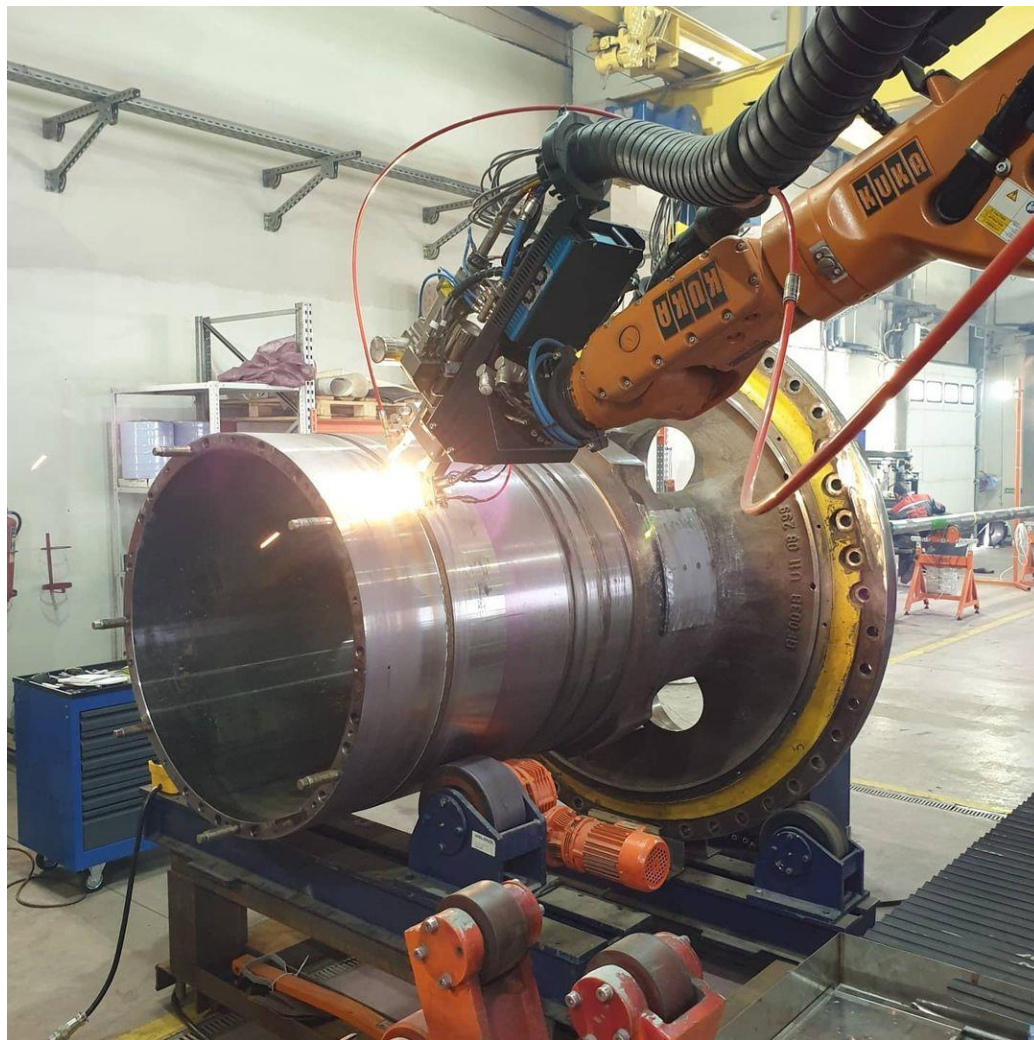
- 1.Повысить производительность наплавки в несколько раз.
- 2.Производить наплавку больших толщин (более 10мм) с твердостью наплавленного слоя более 60 HRC без образования трещин.
- 3.Снизить себестоимость наплавки.
- 4.Сохранить все технологические преимущества лазерной наплавки.
- 5.Повысить эксплуатационные свойства

Технические характеристики гибридной лазерной наплавки

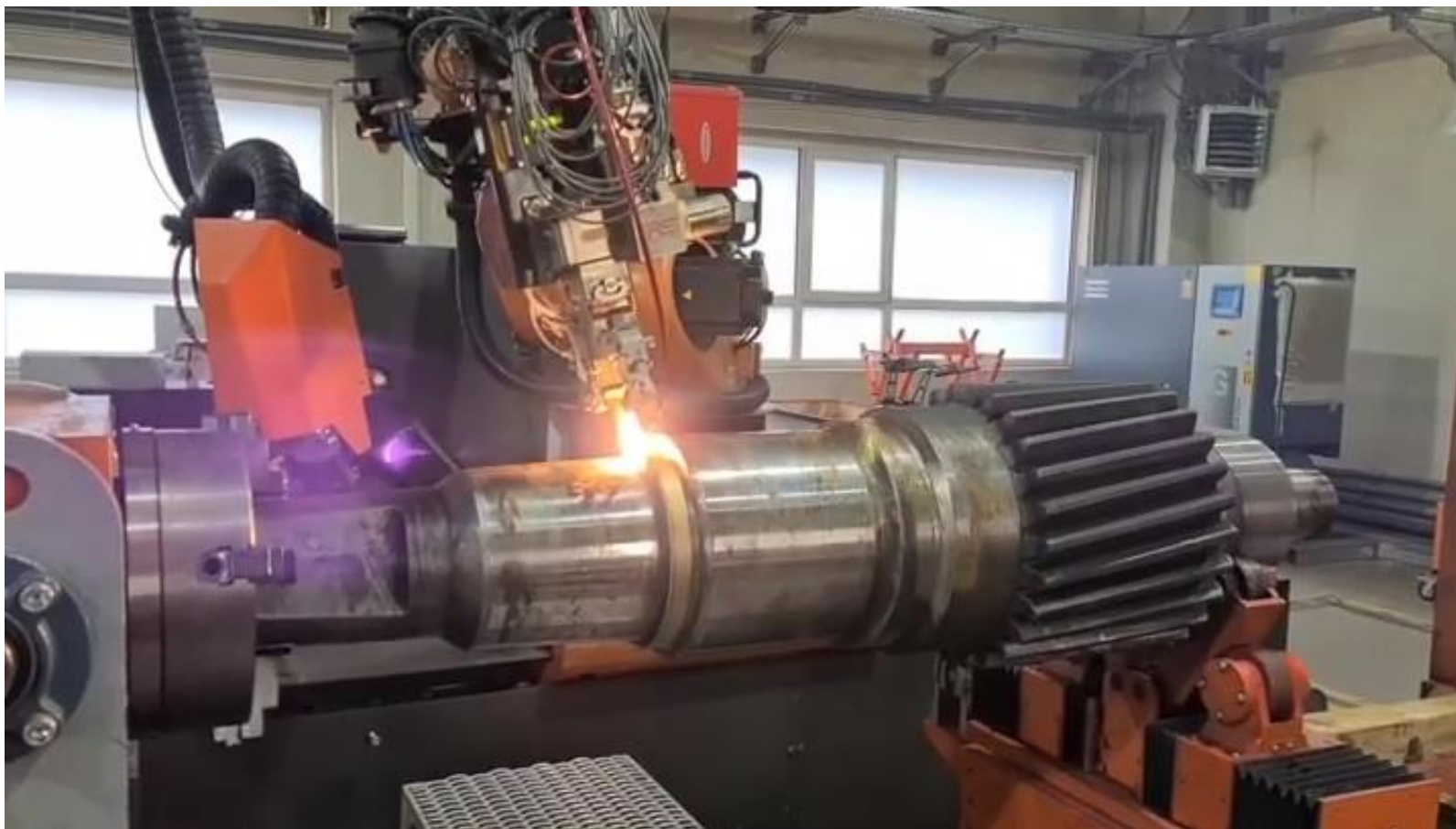
- производительность наплавки: (0.4-2.4)кг/час на 1кВт мощности луча лазера
- твердость наплавленного слоя больше 60HRC при толщине наплавленного слоя более 10мм.(трещины отсутствуют)
- адгезия наплавленного слоя больше 360мПа
- наибольшая производительность наплавки лазером мощностью 3.0 кВт равна 7.2 кг/час

**Практические примеры
применения технологии
гибридной лазерной
наплавки
Горнодобывающая
промышленность**

Гибридная лазерно-дуговая наплавка



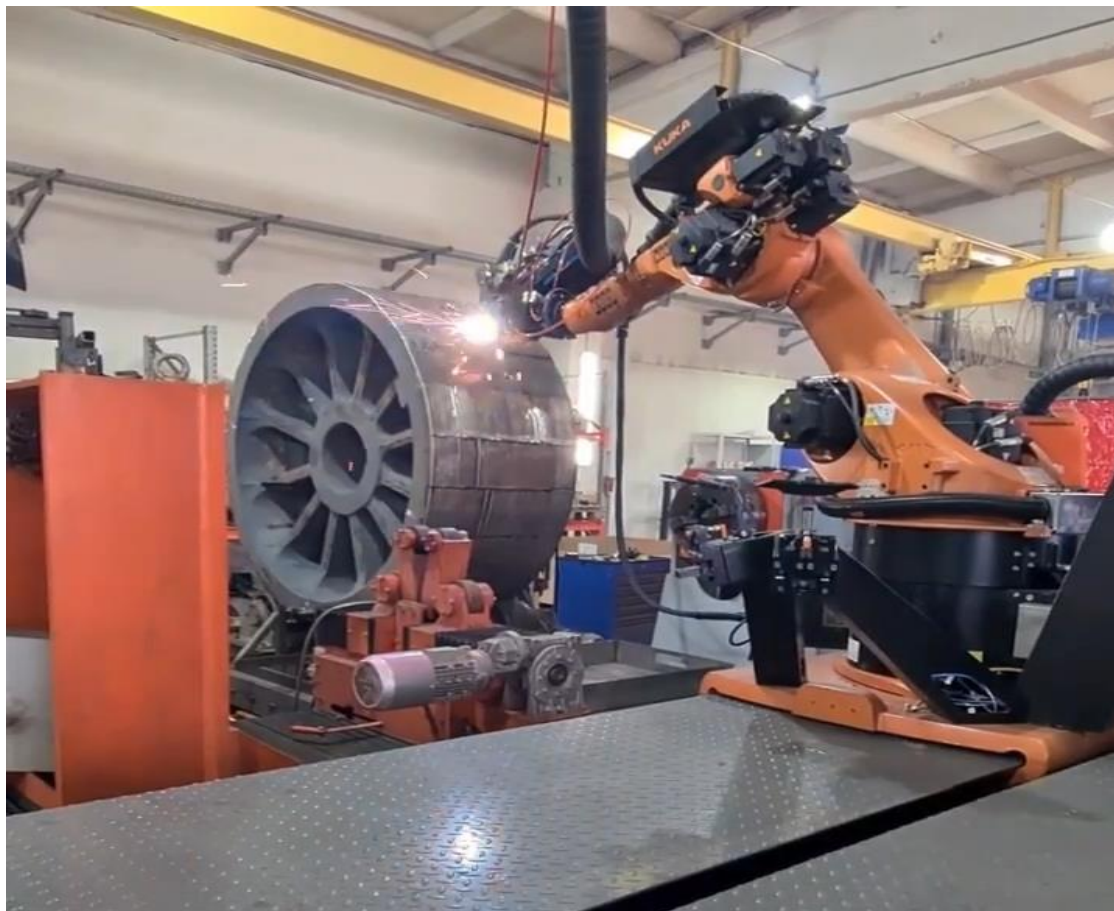
Гибридная лазерно-дуговая наплавка



Гибридная лазерно-дуговая наплавка



Гибридная лазерно-дуговая наплавка



Гибридная лазерно-дуговая наплавка



Гибридная лазерно-дуговая наплавка



Гибридная лазерно-дуговая наплавка



Нормативно-техническая документация на ГЛДН

В технологический пакет поставки гибридной технологии лазерно-дуговой наплавки входит следующая нормативно-техническая документация:

- 1.**СТО- стандарт организации.** Документы технологические. Процессы лазерной обработки материалов. Статус, разработка, пересмотр, внесение изменений, учет, информирование, применение.
- 2.**СТО-стандарт организации.** Документы технологические. Гибридная лазерно-дуговая наплавка проволокой непрерывным лазерным излучением.
- 3.**РТМ-руководящие технические материалы.** Документы технологические. Гибридная лазерно-дуговая наплавка проволокой непрерывным лазерным излучением.
- 4.**ТИ-технологическая инструкция.**Документы технологические. Гибридная лазерно-дуговая наплавка проволокой непрерывным лазерным излучением.
- 5.**ПИ-производственная инструкция** Документы технологические. Гибридная лазерно-дуговая наплавка проволокой непрерывным лазерным излучением.
- 6.**ОТК-операционная технологическая карта;**
- 7.**СТО-стандарт организации.** Документы технологические. Неразрушающие методы контроля качества наплавленных слоёв
- 8.**ПО** - программное обеспечение на технологию гибридной лазерно-дуговой наплавки проволокой.
- 9.Инструкция по охране труда и технике безопасности

Заключение

1. Гибридная лазерно-дуговая наплавка имеет все технологические преимущества лазерной наплавки.

2. Гибридная лазерная наплавка, как реновационная технология, обеспечивает ресурс работы восстановленной детали на уровне новой и выше

3. Гибридная лазерная наплавка имеет более высокую технико-экономическую эффективность по сравнению с технологией лазерной наплавки

4. Гибридная лазерная наплавка позволят значительно улучшить эксплуатационные свойства

5. Гибридная лазерная наплавка устраняет недостатки аддитивных лазерных технологий и в несколько раз повышает производительность

6. Небольшие массогабаритные размеры и малый вес лазерного оборудования позволили создать мобильный лазерный комплекс для гибридной лазерной наплавки на основе автомобильного транспорта

7. Области применения гибридной лазерной наплавки

7.1. Прокатное производство

7.2. Горнодобывающее оборудование

7.3. Нефтедобывающее оборудование и инструмент

7.4. Газотранспортные системы

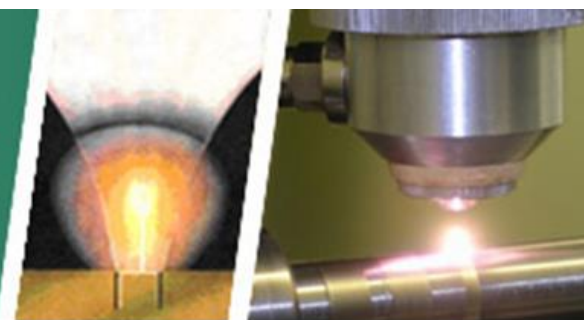
7.5. Двигателестроение

7.6. Железнодорожный транспорт

7.7. Трубная промышленность



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 ; www.laserintech.ru