

# Электроннолучевая и плазменная обработка



# Основные параметры электронного луча:

сила тока луча –  $J_l$  (зависит от силы тока эмиссии);

ускоряющее напряжение –  $U$ ;

сила тока фокусирующей системы –  $J_f$ ;

расстояние от фокусирующей системы до поверхности детали  $-l$  ;

скорость перемещения электронного луча –  $v$ ;

$W$  – мощность,  $W = JU$ ;

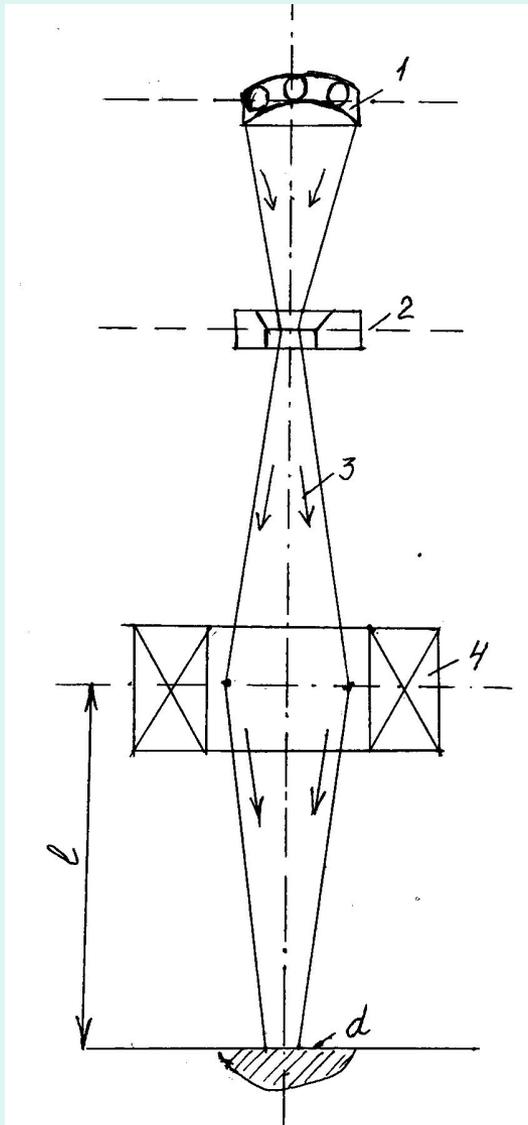
$d$  – диаметр электронного луча.

# Электронно-лучевая аппаратура



Электронно-лучевая аппаратура предназначена для получения пучка ускоренных электронов и управление его пространственным положением, энергетическими характеристиками в технологических целях

# Принципиальная схема ЭЛУ



- 1- катод;
- 2- анод;
- 3- электронный пучок;
- 4- система электромагнитных линз.

# Электронно-лучевая установка (4E120)



Электронно-лучевая технологическая установка 4E120 предназначена для сварки, пайки, термообработки в вакууме изделий из конструкционных сталей, из сплавов меди, алюминия, тугоплавких и активных металлов толщиной от 0,05 до 10 мм.



# Плазменное упрочнение

## *Преимущества плазменной обработки*

- **Высокая плотность мощности позволяет достичь высоких скоростей нагрева и охлаждения;**
- **Высокая производительность (длительность упрочнения плазмой на 1-2 порядка меньше по сравнению с объемной термообработкой и ХТО;**
- **Отсутствие дополнительных охлаждающих сред, токсичных отходов, вредных выбросов;**
- **Возможность легкого управления глубиной и твердостью упрочненного слоя с помощью изменения режимов обработки;**
- **Возможность частичной и полной автоматизации технологических процессов плазменного упрочнения;**
- **Возможность получения на поверхности металла слоя с заданными свойствами путем введения легирующих элементов;**
- **Благодаря высокой производительности и большим размерам упрочненной зоны плазменная обработка эффективна для массивных изделий с протяженной поверхностью.**

# Физико-химические процессы при воздействии плазменной струи

- Характер протекания физико-химических процессов определяется температурой, скоростью и временем нагрева, скоростью охлаждения плазмотрона, свойствами обрабатываемого материала и т.д.
- В основе плазменного поверхностного упрочнения металлов лежит способность плазменной струи (дуги) создавать на небольшом участке поверхности высокие плотности теплового потока, достаточные для нагрева, плавления или испарения практически любого металла.
- Основной физической характеристикой плазменного упрочнения является температурное поле, значение которого дает возможность оценить температуру в разных точках зоны термического воздействия (в разные моменты времени), скорость нагрева и охлаждения, а в конечном итоге структурное состояние и фазовый состав поверхностного слоя материала.

# Тепловые процессы при плазменном нагреве

Нагрев поверхности материала плазменной струей осуществляется за счет вынужденного конвективного и лучистого теплообмена. Величина теплового потока:

$$q = q_k + q_l$$

Плотность конвективного теплового потока определяется:

$$q = \alpha (T_{\text{плаз}} - T_{\text{пов}})$$

где  $\alpha$  – коэффициент теплоотдачи;

$T_{\text{плаз}}$  – температура плазменной струи на внешней границе пограничного слоя;

$T_{\text{пов}}$  – температура поверхности.

Лучистый поток к единице площади поверхности в нормальном направлении определяется:

$$g_l = \xi_1 \xi_2 * \sigma_c T^4$$

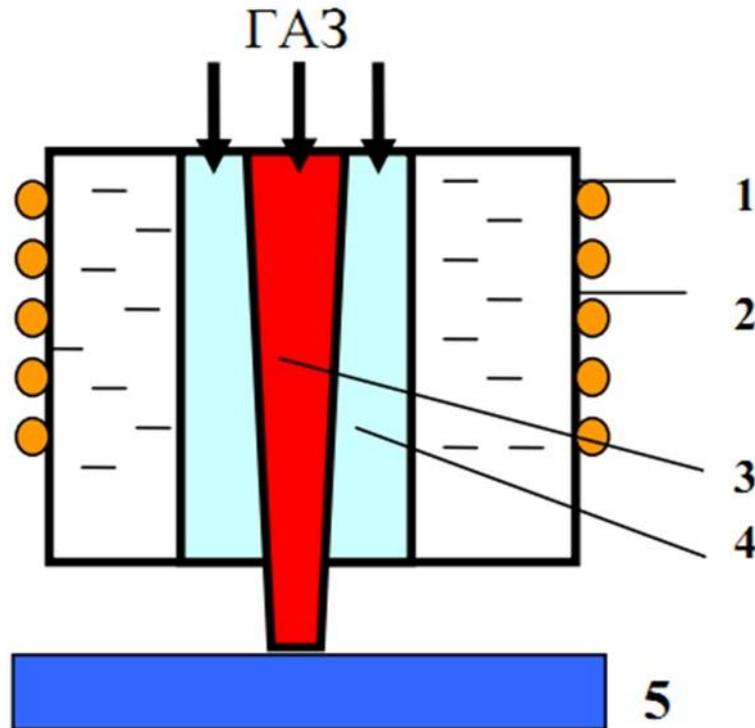
где  $\xi_1$  – интегральная поглощательная способность поверхности;

$\xi_2$  – степень черноты плазмы;

$\sigma_c$  – постоянная Стефана–Больцмана;

$T$  – температура плазмы.

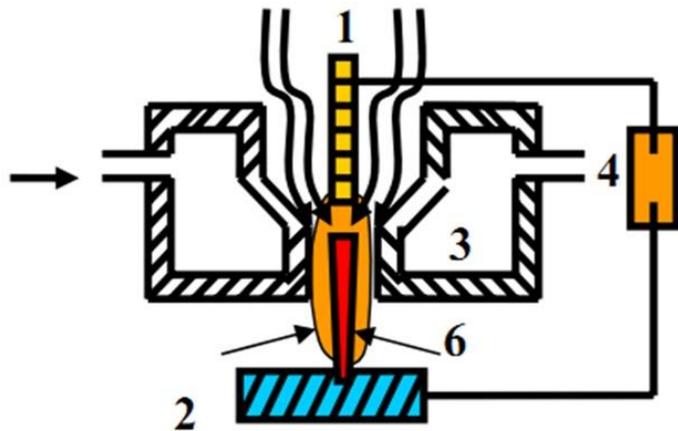
# Схема индукционного высокочастотного плазмотрона



1 - индуктор, 2 - водоохлаждаемый корпус, 3 - плазменная струя,  
4 - разрядная камера, 5 - обрабатываемая деталь

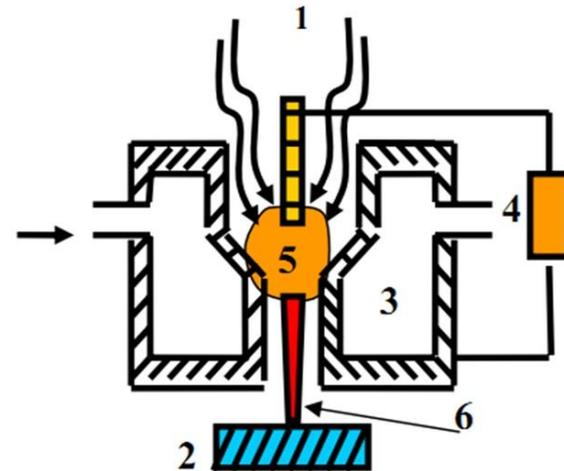
# Схемы плазмотронов

## Прямого действия



- 1 - электрод,
- 2 - обрабатываемая деталь,
- 3 - водоохлаждаемый корпус,
- 4 - источник постоянного напряжения,
- 5 - дуговой разряд,
- 6 - плазменная струя

## Косвенного действия



- 1 - электрод,
- 2 - обрабатываемая деталь,
- 3 - водоохлаждаемый корпус,
- 4 - источник постоянного напряжения,
- 5 - дуговой разряд,
- 6 - плазменная струя

# Принцип работы плазмотрона :

На электроды подается постоянный ток. Между электродами возникает дуга, в которую подается газ. В зоне высокой температуры газ превращается в плазму (смесь частиц положительных и отрицательных протонов и электронов).

**Для получения плазмообразующей среды используются:**  
нейтральные по отношению к электродам газы: аргон, неон, азот, водород, гелий, аммиак, природный газ и их смеси;  
окислительные: воздух;  
жидкая среда: вода.

**Материал электродов**, работающих в окислительной среде-*гафний*.

При работе с нейтральным газом, материал электродов-*вольфрам*.