



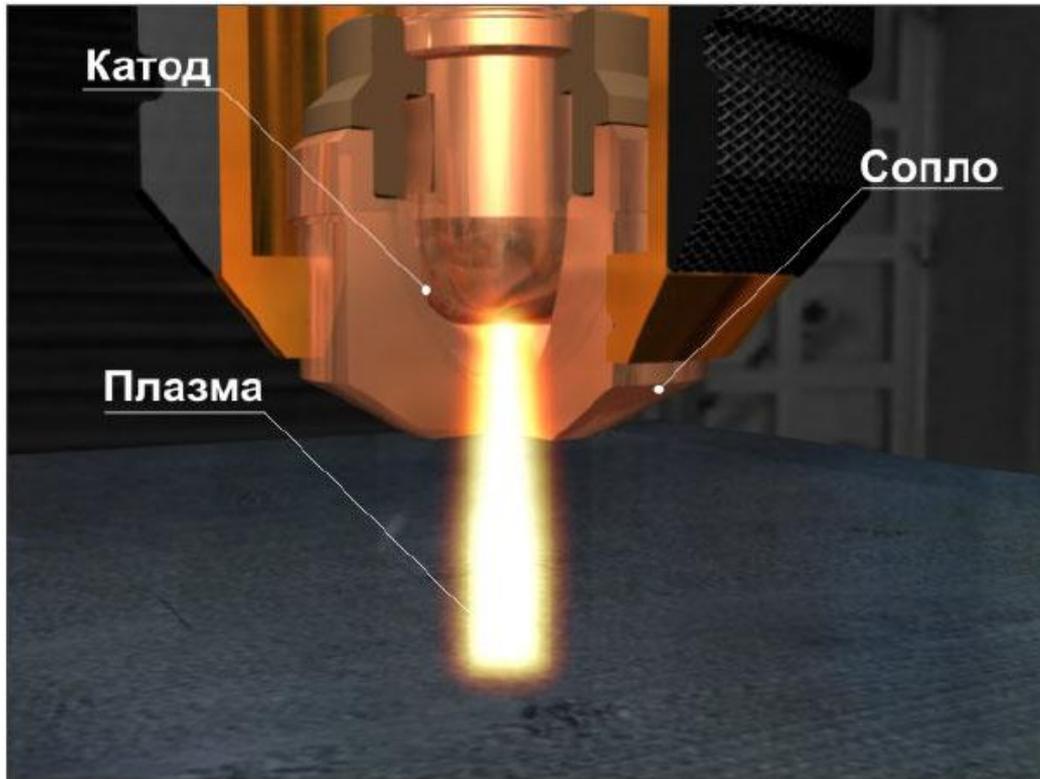
# Перспективные направления технологии

## Плазменные технологии

# СПИСОК НОВЫХ ПОНЯТИЙ

- *Плазменное нанесение покрытий (напыление и наплавка),*
- *плазменная резка и сварка;*
- *плазменные технологии в порошковой металлургии,*
- *плазменно-механическая обработка.*

# Плазменная обработка



Применение плазмы в технологических целях основано на использовании высоких температур (4000... 16 000 °С), возникающих при соприкосновении ионизированного газа (плазмы) с поверхностью обрабатываемой детали.

# Плазматрон

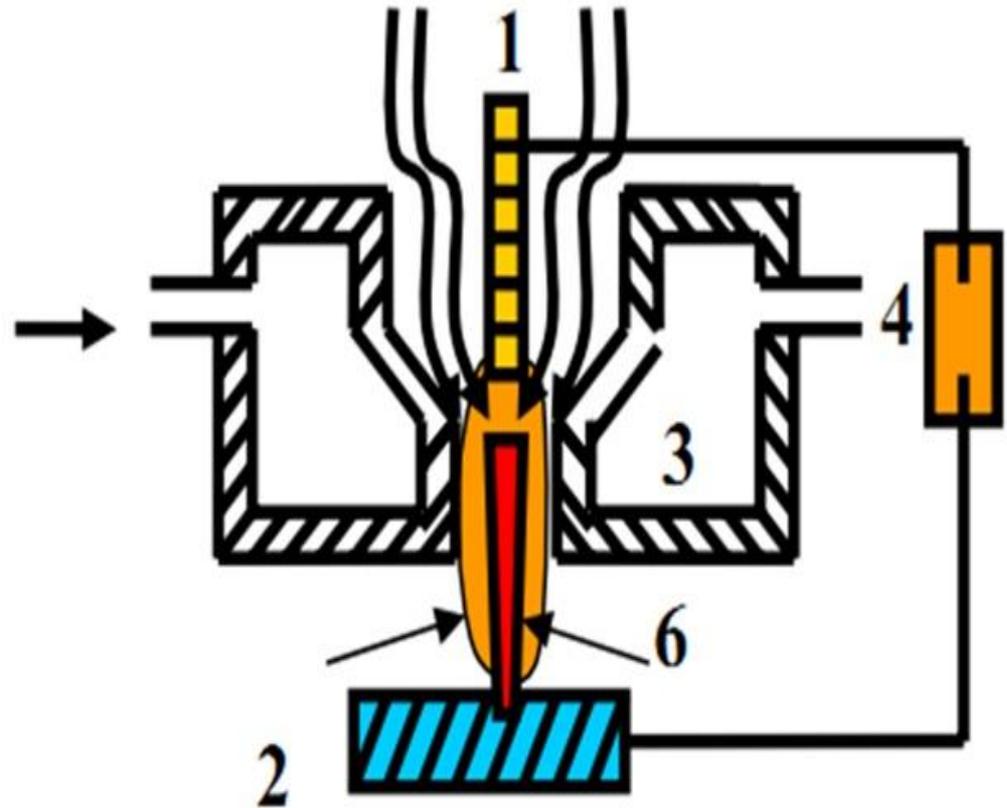
- Газоразрядная плазма создается в специальных устройствах-плазмотронах.
- Струю плазмы получают при помощи двух типов *плазмотронов*, в которых происходит нагрев какого-либо газа концентрированной электрической дугой.



Существует две разновидности плазмотронов: 1 - Дуговые плазмотроны постоянного тока. 2 - Высокочастотные плазмотроны.

# Плазмотрон прямого действия

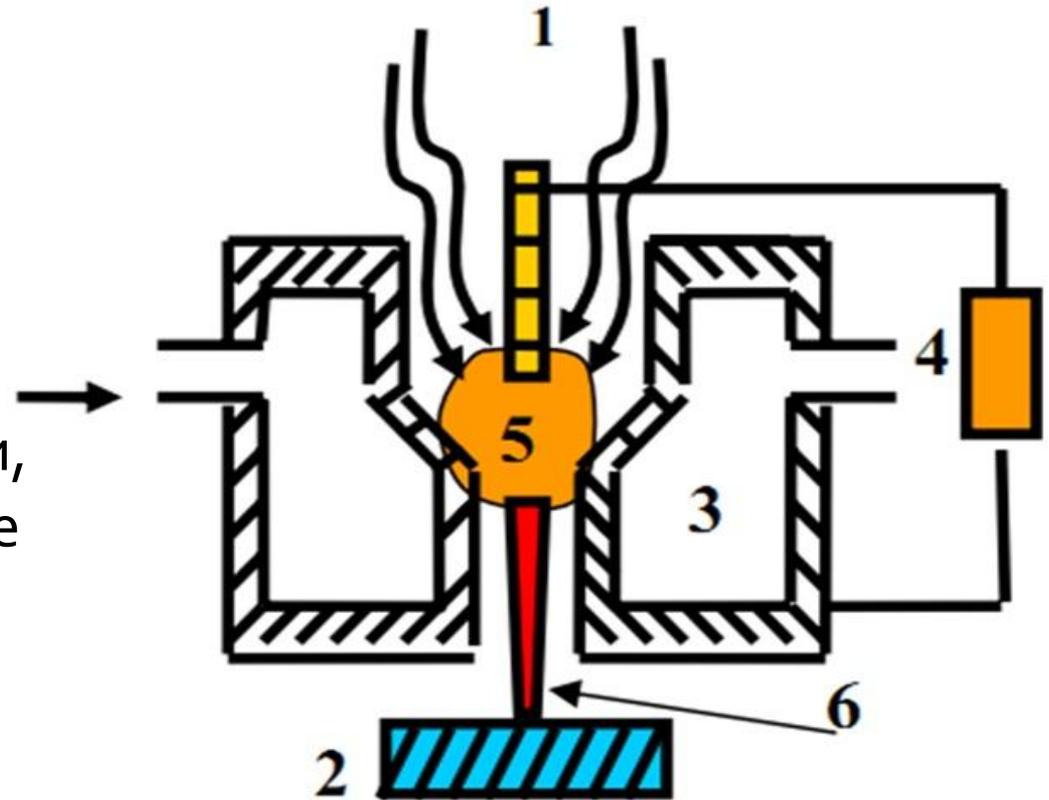
Электрическая дуга возникает между электродом и изделием, и струя плазмы совпадает со столбом дуги (образуется *плазменная дуга*)



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

# Плазмотрон косвенного действия

Дуга возникает между электродом и соплом, а газ, проходящий через столб дуги, выходит в форме **плазменной струи**



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

# Плазматрон

- **Электроды плазмотронов** изготавливают из тугоплавких материалов — вольфрама или графита.
- В качестве **плазмообразующих веществ** используют воздух, азот, аргон, водород, кислород, воду, аммиак и др.

# Применение плазмотронов

- **Плазмотроны косвенного действия** (*плазмоструйные*) используются при термической обработке как металлов, так и диэлектриков, а также для нанесения покрытий.
- **Плазмотроны прямого действия** (*плазмодуговые*) служат для сварки, резки, плавки электропроводных материалов. Мощности дуговых плазмотронов  $10^2$ - $10^7$ Вт. Температура струи на срезе сопла 3000-12000 К.

# Плазменные технологии

Газоразрядная плазма широко используется в современной технике для реализации следующих электротехнологий:

- синтез веществ,
- получение ультрадисперсных порошков,
- плавка, резка, сварка металлических изделий,
- травление и очистка поверхности,
- нанесение покрытий на изделия,
- плазмохимическое легирование поверхности.

# Плазменное нанесение покрытий (напыление и наплавка)



Используется для нанесения покрытий из любых тугоплавких материалов.

- Характеризуется высокой скоростью и равномерностью.
- **Материал покрытия** (тугоплавкие металлы, оксиды, карбиды, силициды, бориды и др.) вводят в виде порошка, ленты или проволоки в плазменную струю, в которой он плавится, распыляется и наносится на поверхность изделия.

# *Свойства плазменных покрытий*

- Плазменной наплавкой можно получить покрытия с высокой износостойкостью, коррозионной стойкостью, с вкрапленными тугоплавкими частицами (армированные покрытия), а также покрытия с низкими коэффициентами трения.
- Плазменные покрытия используют для защиты деталей, работающих при высоких температурах, в агрессивных средах или подверженных интенсивному механическому воздействию. Важным направлением использования плазменной наплавки является восстановление изношенных поверхностей деталей (например, валов полиграфического и бумажного производства, тормозных дисков автомобилей, лопаток турбин и т. д.).

# ***Плазменная резка***

Представляет собой процесс проплавления (насквозь) материала и удаления расплавленного металла мощным потоком плазмы. Плазмой могут быть разрезаны не только металлы, но и диэлектрики, например стекло или слюда.



# Достоинство плазменной резки

Отсутствие необходимости очищать заготовку от окалины и оксидов, так как в процессе резки они плавятся и удаляются вместе с расплавленным материалом



Плазменной дугой режут коррозионно-стойкие и хромоникелевые стали, медные, алюминиевые и другие сплавы.

# Область применения

Высокая производительность плазменной резки позволяет применять ее в поточных непрерывных производственных процессах. Плазменная резка широко применяется при производстве труб и в судостроительной промышленности.



# Плазменная сварка



Использует свойство плазменной дуги глубоко проникать в материал. Ею можно сваривать достаточно толстый металл (10... 15 мм) без специальной разделки кромок. Сварка плазменной дугой отличается высокой производительностью и качеством за счет стабильности горения дуги.

**Сварка плазмой незаменима при сварке высокотеплопроводных материалов (цветных металлов и сплавов), которые невозможно сварить другими методами.**

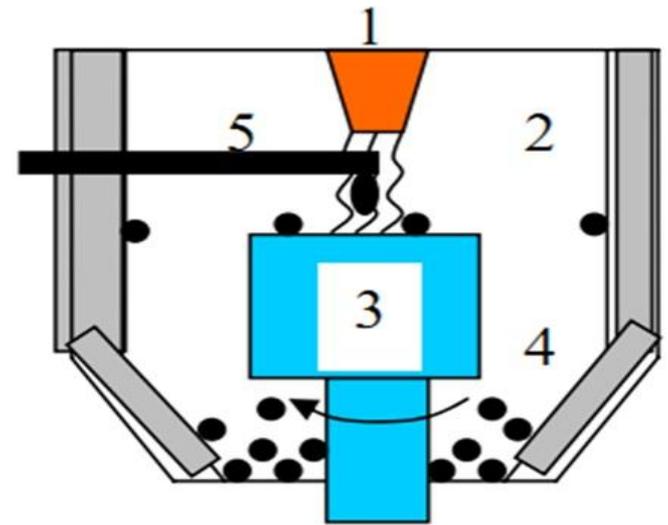
# ***Плазменные технологии в порошковой металлургии***

Для получения специальных порошков в плазменную струю вводят материал, частицы которого, расплавляясь, приобретают необходимую в порошковой металлургии сферическую форму. Размер частиц может регулироваться в пределах от нескольких микрометров до 1 мм. Более мелкие (ультрадисперсные) нанопорошки с размерами частиц от 10 нм получают испарением исходного материала в плазме с последующей его конденсацией.

# Получение порошков средней дисперсности

Частицы порошков средней дисперсности имеют размеры в пределах (10-1000) мкм. Именно такие порошки наиболее интенсивно применяются в порошковой металлургии для изготовления изделий из металла, ферритов, керамики.

**Процесс плазменного получения порошков средней дисперсности.** Заготовка (5), расплавляясь в струе плазмотрона (1). Капли заготовки достигают вращающегося кристаллизатора, разбрызгиваются и застывают в виде монокристаллических частиц размером (10-1000) мкм. Регулируя скорость вращения кристаллизатора, можно получать частицы порошка разной дисперсности.

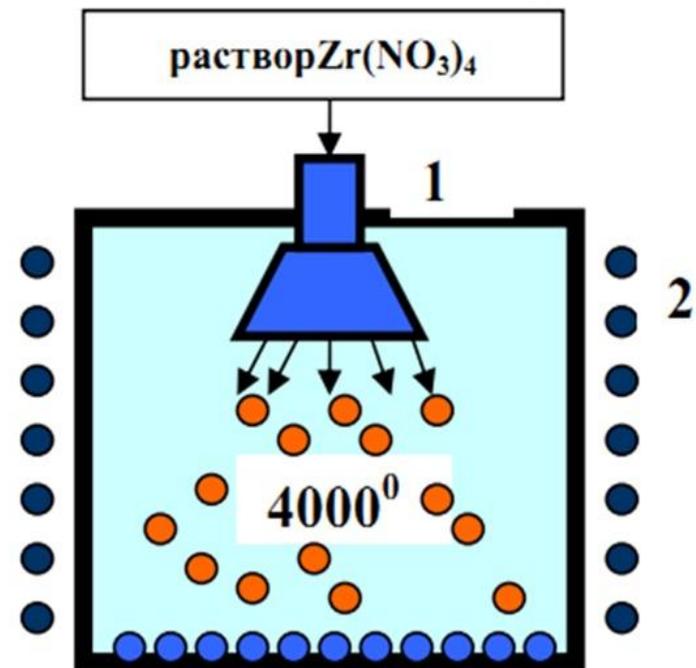


**Схема процесса плазменного получения порошков:** 1 - плазмотрон, 2 - камера, 3 - вращающийся кристаллизатор, 4 - частицы порошка, 5 - заготовка

# Получение ультрадисперсных порошков

Схема получения нанопорошков оксида циркония в плазме ВЧ-разряда. Через дозирующее устройство (1) распыляется водный раствор нитрата циркония, под действием высокой температуры (4000 К) протекает реакция  $Zr(NO_3)_4 \rightarrow ZrO_2 + 4NO_2 + O_2$ . Твердый продукт реакции в виде  $ZrO_2$  собирается на дне реактора.

Нанопорошки используются при приготовлении нанокерамики и других материалов, необходимых для создания материальной базы новой технической отрасли - нанoeлектроники.



## *Плазменно-механическая обработка*

Совокупность операций по термическому разупрочнению плазменной дугой и последующему удалению с заготовки слоя металла режущим инструментом. Плазменно-механическая обработка позволяет обрабатывать такие труднообрабатываемые материалы-, как жаропрочные и коррозионно-стойкие стали, титановые сплавы, от 4 до 7 раз быстрее по сравнению с механической обработкой.