

# Методы получения нанопорошков

Презентацию подготовил:  
Иванов Иван, гр. МТ8-81

# Методы получения нанопорошков

## технологии, основанные на химических процессах

### Химическое осаждение из паровой фазы

- перенос через газовую фазу
- восстановление с последующим разложением

### Высокоэнергетический синтез

- детонационный
- плазмохимический

### Осаждение из растворов

- химическое осаждение
- золь-гель метод
- жидкофазное восстановление
- гидротермальный синтез
- микроэмульсионный метод
- криохимический метод

### Разложение нестабильных соединений

- термическое
- радиационное

### Восстановительные процессы

- водородное восстановление соединений металлов
- химико-металлургический метод

## технологии, основанные на физических процессах

### Физическое осаждение из паровой фазы

- термическое испарение (индукционный, электродуговой, электронно-лучевой, лазерный нагрев)
- взрывное испарение (взрыв электропроводника, воздействие лазерного импульса)
- испарение в потоке инертного газа (левитационно-струйный метод)

### Распыление расплава

- с помощью водоохлаждаемого диска или барабана
- ударное распыление
- электродинамическое

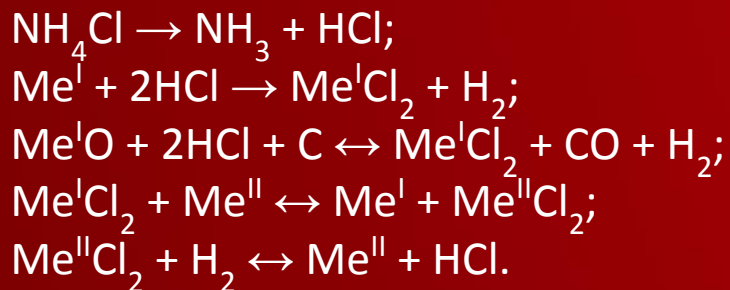
### Механическое измельчение

- размол в мельницах
- противоточный размол в псевдоожиженном слое

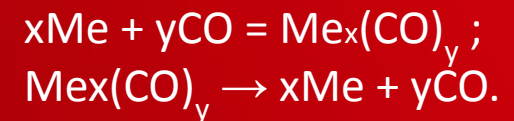
# Технологии химического осаждения из паровой фазы

Химическое осаждение из паровой фазы

перенос через газовую фазу



восстановление с последующим разложением





# Технологии высокоэнергетического синтеза

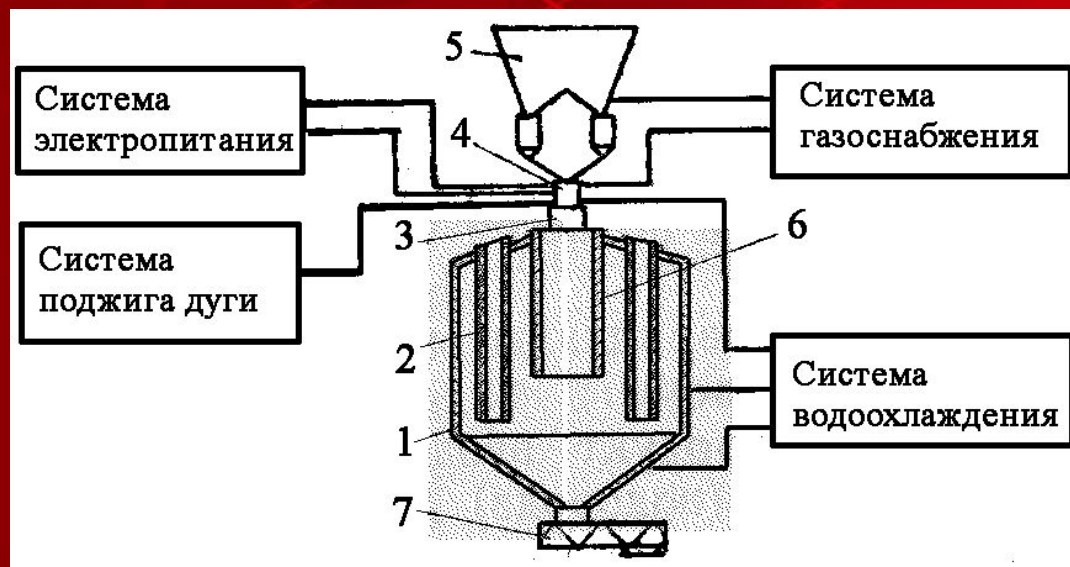


Схема установки для получения порошков тугоплавких металлов методом плазмохимического синтеза (восстановление оксидов): 1 - корпус установки, 2 - рукавные фильтры, 3 - реакционная камера, 4 - плазмотрон, 5 - устройство ввода восстанавливаемого продукта в плазменную струю, 6 - труба отжига порошка, 7 - разгрузочное устройство.

# Технологии осаждения из растворов

В случае метода химического осаждения после приготовления растворов солей металлов создают подходящие условия для осаждения и добавляют вещество-осадитель и проводят осаждение порошка оксида металла при отделении осадка гидроксида. Условия осаждения регулируют путем изменения pH, температуры, добавления буферных растворов. В качестве осадителя наиболее часто используют растворы аммиака, углекислый аммоний, щавелевую кислоту, а в качестве осаждаемых веществ предпочтительно используют растворимые азотнокислые соли.

В результате получают нанопорошки оксидов. При необходимости путем их термообработки в восстановительной среде можно получать металлические нанопорошки.

Метод нашел достаточно широкое применение для получения многокомпонентных порошков, когда из многокомпонентных растворов осаждают сразу несколько соединений. Основным недостатком метода является использование больших объемов, значительное содержание примесей в порошках и большой разброс частиц по размерам.



# Технологии осаждения из растворов

Золь-гель процесс - технология получения материалов с определенными химическими и физико-механическими свойствами, включающая получение золя и последующий перевод его в гель.

**Золь** - высокодисперсные коллоидные системы с жидкой дисперсионной средой.

**Гель** – структурированный золь - дисперсные системы с жидкой дисперсионной средой, в которых частицы дисперсной фазы образуют пространственно-структурную сетку. Представляют собой твердообразные ("студенистые") тела, способные сохранять форму, обладающие упругостью (эластичностью) и пластичностью.

Гель подвергают старению, промывке, сушке и термообработке.

Недостатком метода является сложность аппаратного оформления, высокая стоимость, необходимость высокой чистоты и однородности исходных веществ, а также возможность образования трещин и деформаций.



# Технологии осаждения из растворов

Метод жидкофазного восстановления из растворов используется для получения нанопорошков металлов с невысокими значениями восстановительного потенциала (медь, серебро, никель). Он заключается в приготовлении раствора органической соли металла с последующим добавлением сильного восстановителя и отделением выпавшего в осадок металлического нанопорошка. Размер частиц получаемого порошка составляет 20-40 нм и разброс частиц по размеру очень низкий.

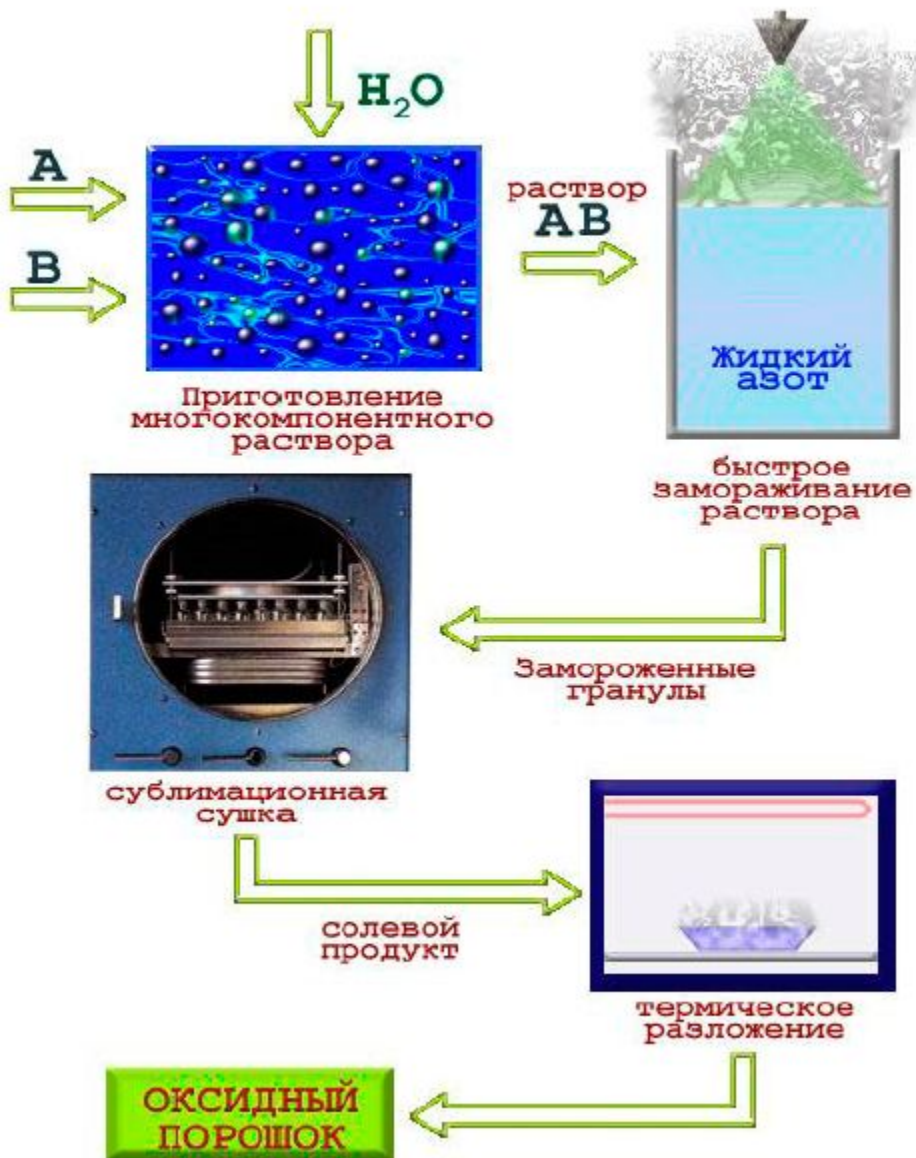
Метод гидротермального синтеза использует химические реакции гидротермального разложения и окисления, которые протекают в водных средах при повышенных температурах (100-370 °С) и давлениях (до 100 МПа). Метод позволяет получать нанопорошки оксидов с узким разбросом частиц по размерам. Недостатком метода является высокая стоимость и сложность оборудования, а также периодичность процесса синтеза.

Микроэмульсионный метод включает в себя следующие ступени: приготовление эмульсии из двух несмешивающихся жидкостей – водного раствора и масла, осаждения гидроксида металла в пределах капель водной фазы путем добавления органического осадителя, разделение



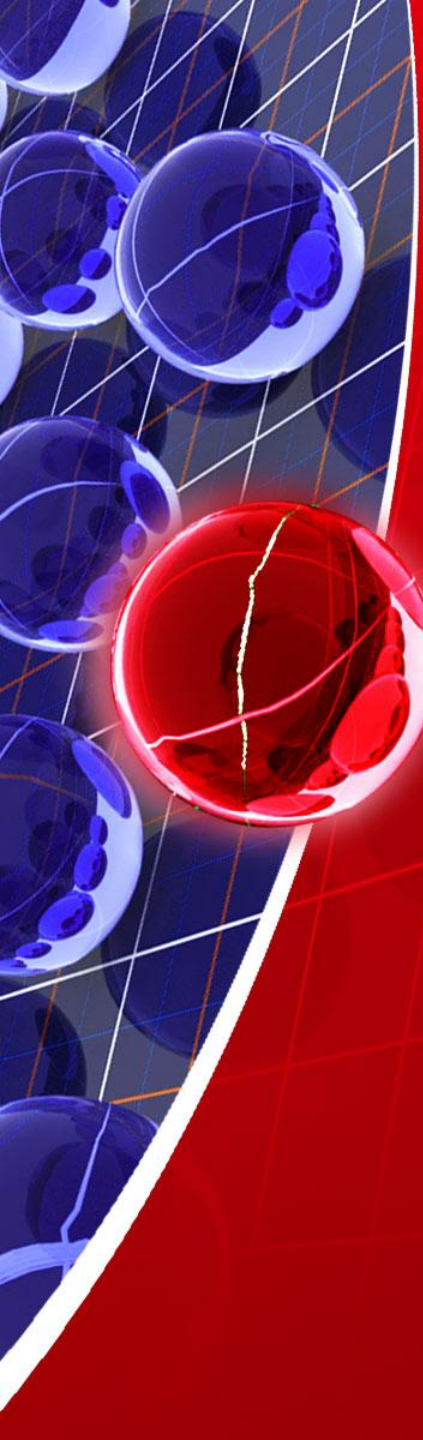
# Технологии осаждения из растворов

## СХЕМА КРИОХИМИЧЕСКОЙ ТЕХНОЛОГИИ



Для получения высокодисперсных порошков из коллоидных растворов применяется также криогенная сушка. Раствор распыляется в камеру с криогенной средой и вследствие этого замерзает в виде мелких частиц. Затем давление газовой среды понижают так, чтобы оно было меньше, чем равновесное давление над замороженным растворителем, и нагревают материал при непрерывной откачке для возгонки растворителя. В результате образуются тончайшие пористые гранулы одинакового состава, прокаливанием которых получают порошки.





# Использование восстановительных процессов

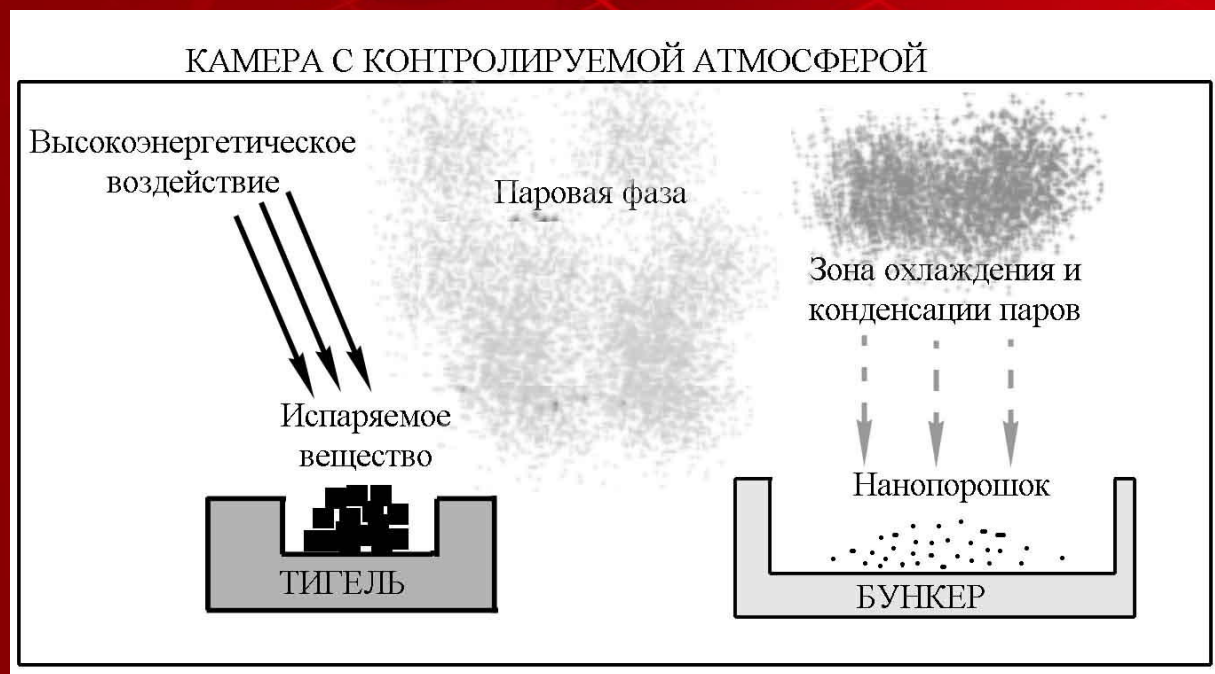
Наиболее известным из этой группы является метод водородного восстановления соединений металлов. Соединения металлов (гидрооксиды, хлориды, нитраты, карбонаты) вступают в реакцию восстановления с водородом при температуре порядка 500 К. Химическую реакцию восстановления на примере хлорида металла можно записать в виде:  $MeCl_2 + H_2 \leftrightarrow Me + 2HCl$ . Таким методом можно получать обычно порошки железа, вольфрама, никеля, рения, молибдена, меди, кальция

Получаемые нанопорошки металлов отличаются низким содержанием примесей и узким распределением части по размерам.

К этой же группе можно отнести химико-металлургический метод. В соответствии с этим методом сначала проводится реакция синтеза маловодных гидрооксидов путем газофазного взаимодействия, а затем проводится термообработка полученных гидрооксидов в восстановительной среде, например в водороде

В результате получают нанопорошки железа, никеля, кобальта, молибдена, вольфрама, меди. Достоинствами метода являются малый разброс частиц нанопорошка по размерам, низкое содержание примесей, сравнительно

# Технологии физического осаждения из паровой фазы



Принципиальная схема получения нанопорошка методом термического испарения и конденсации материала из паровой фазы

# Технологии физического осаждения из паровой фазы

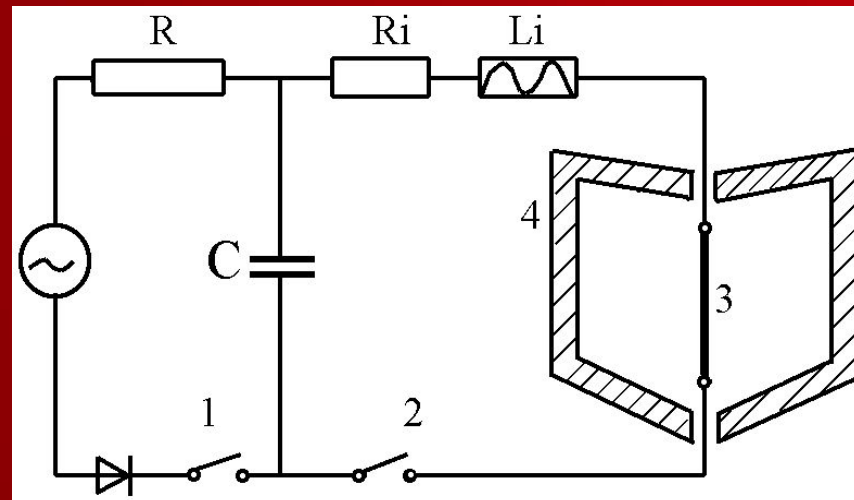
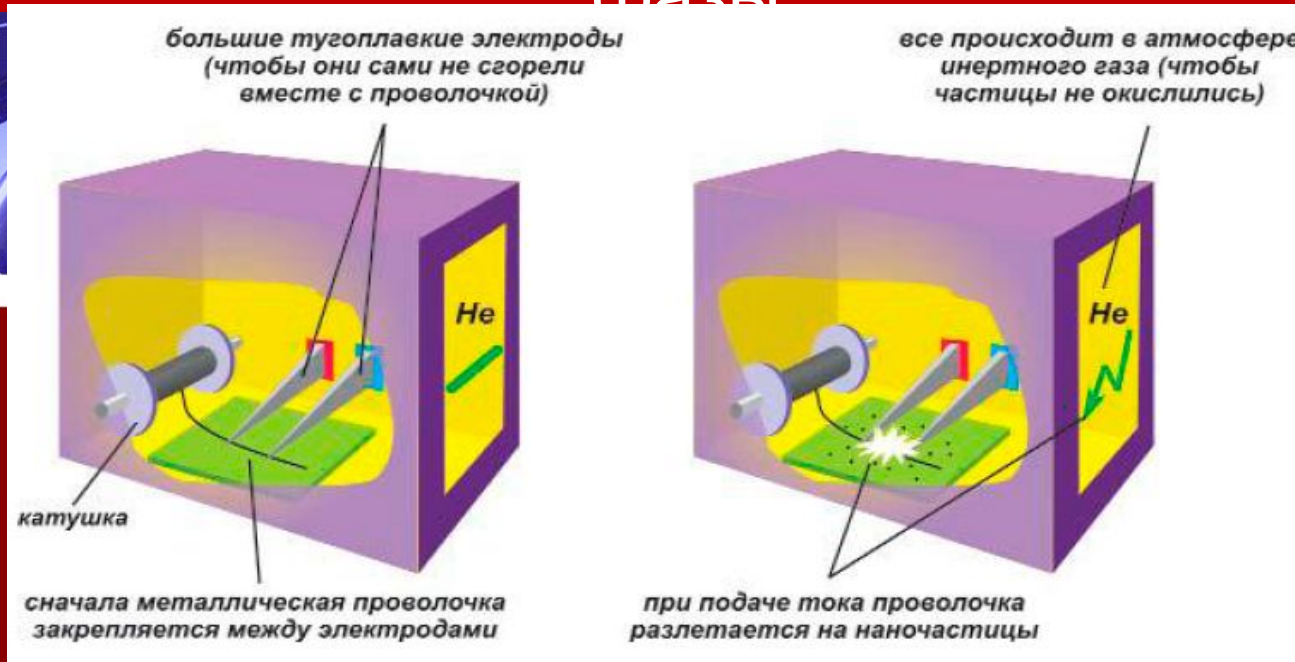


Схема получения порошка из проволоки взрывным испарением: 1 - зарядный контур, 2 - разрядный контур, 3 - взрывающаяся проволока, 4 - камера с



# Технологии физического осаждения из паровой фазы

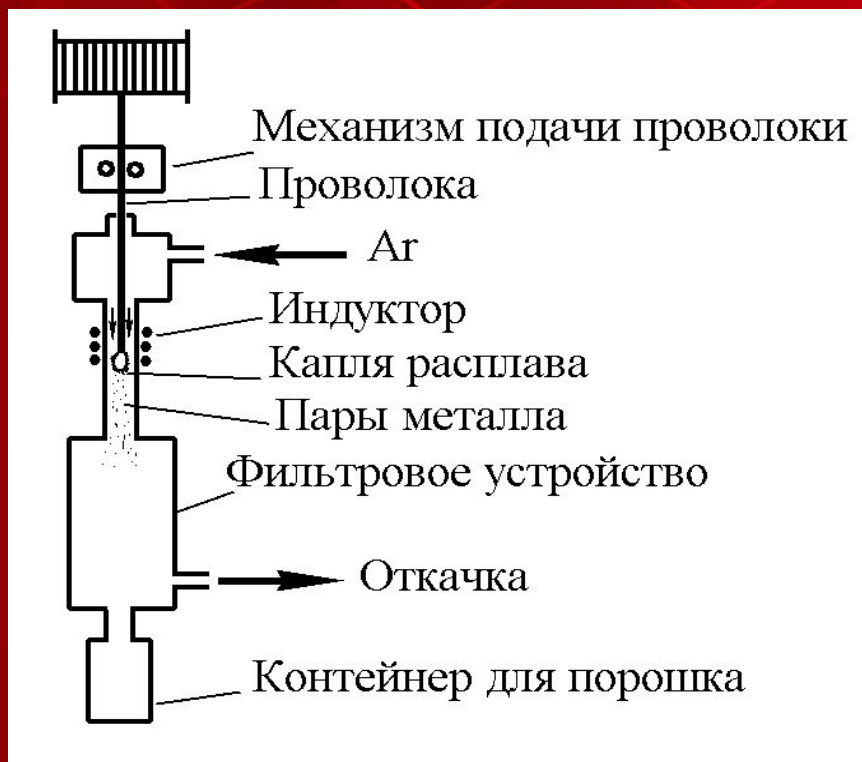
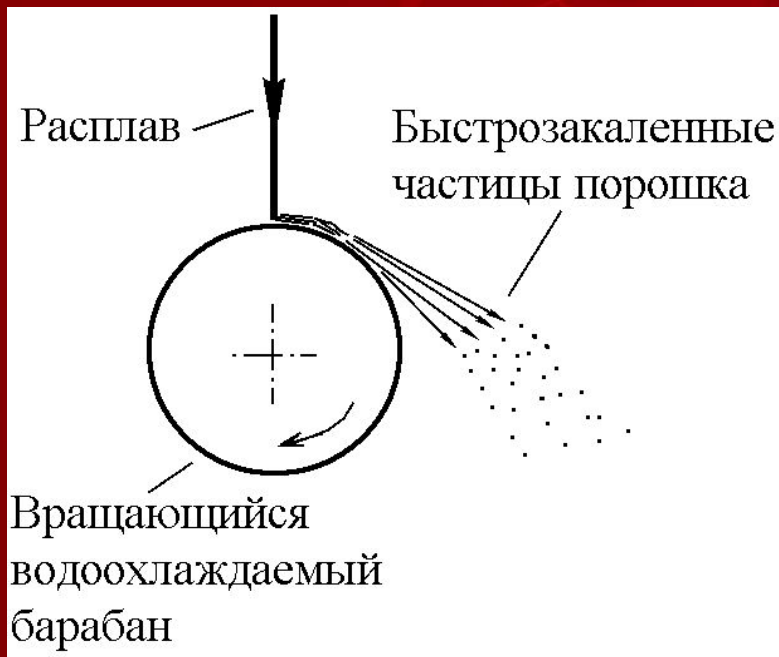


Схема установки для получения нанопорошков  
испарением в потоке инертного газа

# Распыление расплава



Принципиальная схема распыления порошка из расплава при помощи водоохлаждаемого барабана



Принципиальная схема процесса ударного распыления расплава

# Механическое измельчение

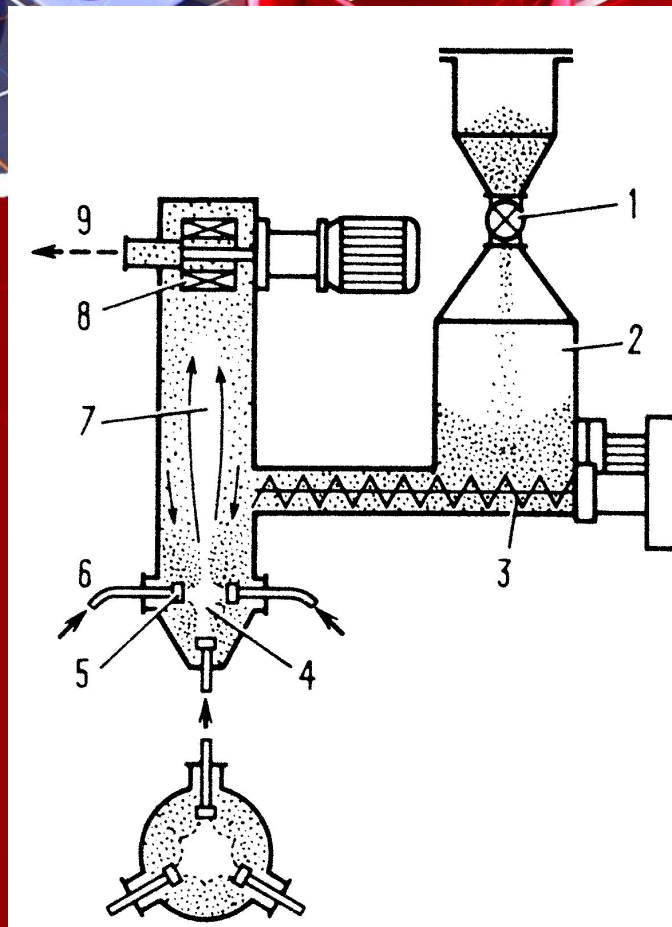


Схема установки для противоточного размола в псевдооживленном слое: 1 - питающее устройство, 2 - бункер с исходными частицами вещества, 3 - система подачи частиц в камеру размола, 4 - псевдооживленный слой, 5 - сопла подачи газа, 6 - трубопровод подачи газа высокого давления, 7 - камера для размола, 8 - сепаратор, 9 - выходной коллектор газа с мелкими частицами