



# «Технология изготовления изделий из порошков и пластмасс»

## Лекция 2

### **Порошковая металлургия. Восстановители и защитные среды.**

Lec\_2\_TIPR\_MC41\_LNA\_09\_02\_2017

Лалазарова Н.А.

# Содержание



2.1. Восстановители и защитные среды



2.2. Оборудования для восстановления и спекания порошковых материалов



2.3. Механические методы получения порошков



2.4. Предварительное измельчение крупных сырьевых материалов в щековых, валковых, конусных дробилках и молотковых мельницах



2.5. Получение порошков резанием металлических заготовок



Контрольные вопросы



Задания для самостоятельной работы

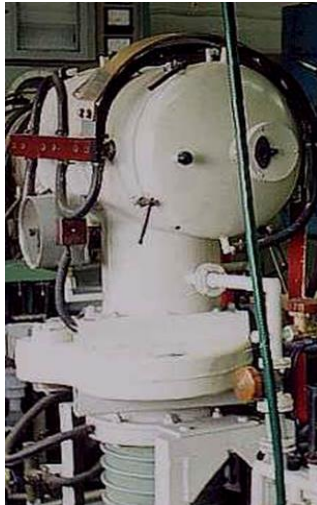


Список литературы

## 2.1. КЛАССИФИКАЦИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ И ЗАЩИТНЫХ СРЕД

Технологические режимы многих процессов порошковой металлургии сопряжены с использованием восстановительных и защитных сред. **Восстановителями** обычно служат газы (чистый CO, H<sub>2</sub> или среды, содержащие эти газы в различной пропорции), твердый углерод и металлы (Ca, Na, Mg).

При спекании порошковых изделий восстановители играют роль защитных сред.



Методы получения и очистки восстановителей и защитных сред идентичны.

Основное отличие восстановителей от защитных сред состоит в том, что в качестве защитных сред могут использоваться нейтральные (инертные) газы, а также сыпучие инертные материалы (чаще всего оксиды алюминия и магния).

# КЛАССИФИКАЦИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ И ЗАЩИТНЫХ СРЕД

Защитные среды позволяют исключить взаимодействие порошковых изделий с кислородом и азотом, а также придать изделиям необходимые свойства (например, упрочнить поверхность изделий). Они подразделяются на *газовые, сыпучие и комбинированные* (состоящие из твердых засыпок и защитного газа).

К защитным средам относится вакуум. По составу газовые защитные среды можно разделить на следующие системы:

- $H_2-H_2O$ ;
- $H_2-H_2O-N_2$ ;
- $CO-CO_2-N_2$ ;
- $CO-CO_2-H_2-H_2O-N_2$ ;
- $CO-CO_2-H_2-H_2O-CH_4-N_2$ ;
- азот, инертные газы (аргон, гелий), вакуум.

Выбор восстановительной или защитной среды для восстановления химических соединений металлов и спекания порошковых материалов с целью получения заданных свойств определяется термодинамическими характеристиками систем пористое твердое тело – защитный газ (восстановитель).

# КЛАССИФИКАЦИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ И ЗАЩИТНЫХ СРЕД

Для создания надежного контакта между спекаемыми частицами сформованного изделия необходимо обеспечить максимальное восстановление окисных пленок на их поверхности, поэтому защитная газовая среда при спекании должна быть **восстановительной**, т.е. содержать **газы-восстановители (H и/или CO)**.

По условиям взаимодействия с восстановительными газами  $H_2$ ,  $CO$ ,  $H_2 + CO$  металлы можно разделить на три группы.

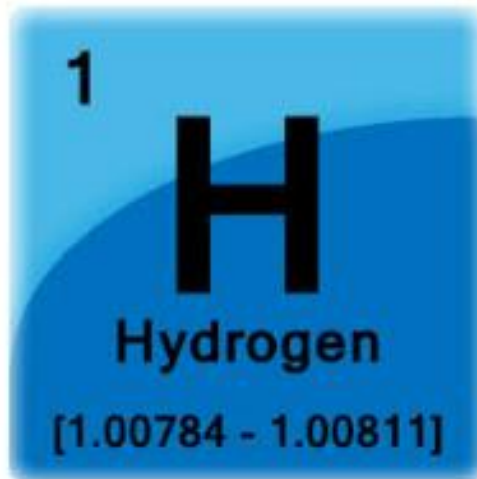
К первой группе относятся *медь, никель, кобальт, молибден, вольфрам и железо*, восстановление оксидов которых возможно при использовании любой из указанных газовых сред.

Во вторую группу объединяют *хром, марганец, кремний и ванадий*, восстановление оксидов которых возможно только водородом. К третьей группе относятся *алюминий, бериллий, титан, цирконий*, восстановление оксидов которых возможно только остро осушенным водородом в присутствии геттеров.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ И ЗАЩИТНЫХ СРЕД

**Водород** – один из наиболее распространенных элементов (составляет около 1 % от общей массы Земли). Водород входит в состав воды (около 11 % мас.), нефти, природных газов. В свободном состоянии практически не встречается.

Технический водород получают электролизом, каталитическим разложением углеводородов, железоконтактным (железопаровым) методом.



Применение водорода рекомендуется при восстановлении (спекании) изделий из порошков металлов, образующих трудновосстановимые

оксиды бериллия, ванадия, кремния, марганца, хрома, циркония, а также твердых сплавов.

# КЛАССИФИКАЦИЯ ВОССТАНОВИТЕЛЕЙ И ЗАЩИТНЫХ СРЕД

**Технический оксид углерода** обычно получают газификацией малосернистого кокса или древесного угля с применением кислородного дутья. В некоторых случаях для восстановления химических соединений могут использовать газообразные выбросы фосфорных заводов, содержащие до 80 % CO,

около 0,5–1,0 % таких газов, как H<sub>2</sub> и N<sub>2</sub>, и до 18–20 % CO<sub>2</sub>. Оксид углерода ядовит и взрывоопасен.

**Жидкие защитные среды** образуются при плавлении солей металлов, шлаков, стекол, легкоплавких окислов.

**Стеклянный расплав** применяется при спекании изделий из порошков химически активных металлов, например, при спекании магнитных материалов.

**Твердые защитные засыпки** обычно состоят из порошков химически активных металлов и их соединений (Al, Mg, Ti, Cr, гидрид титана) и при необходимости инертного наполнителя (прокаленный глинозем, оксид магния и др.), а также из прокаленного глинозема с добавкой углерода в виде сажи, древесного угля.

## 2.2. ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И СПЕКАНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

Для получения порошков и спекания порошковых формовок используют печи, различающиеся как по конструкции, так и по способу нагрева. Выбор типа печи зависит от многих факторов:

- характера защитной среды,
- температуры и выдержки при спекании,
- режима нагрева и охлаждения,
- требуемой производительности и т.п.

Получение порошков и спекание изделий из порошков чаще всего проводят в печах непрерывного действия (муфельных, трубчатых и

пр.), в которые газообразный восстановитель подается по принципу противотока (навстречу движению материала).

Обычно для *печей непрерывного действия* характерно наличие трех рабочих зон:

- 1) зоны нагрева,
- 2) горячей зоны (зоны максимальной температуры),
- 3) зоны охлаждения.



# ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И СПЕКАНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

При спекании изделий из порошков в первой зоне печи происходит **испарение или выжигание и удаление смазки** (пластификатора), введенной в шихту перед формованием порошка, а также снятие (релаксация) напряжений, имеющих в порошковой формовке.

В горячей зоне осуществляется собственно **спекание**, а в третьей зоне — **охлаждение** материала (изделия)



с заданной скоростью до температуры, обеспечивающей безокислительную выгрузку на воздух.

При непрерывной транспортировке материалов через печь используют различные загрузочные устройства (конвейеры, лодочки, тигли и пр.). Перемещение материалов через печное пространство обеспечивается с помощью роликов (рольгангов), толкателей различного типа.

# ОБОРУДОВАНИЯ ДЛЯ ВОССТАНОВЛЕНИЯ И СПЕКАНИЯ ПОРОШКОВЫХ МАТЕРИАЛОВ

В некоторых случаях восстанавливаемый материал или спекаемые заготовки укладывают в поддоны или непосредственно на конвейерную ленту из окалиностойкой проволоки. Общая длина печей различного типа лежит в пределах от 5–6 до 15–25 м, при длине зоны спекания от 3 до 6–15 м.

Рабочая температура в печи зависит от материала нагревательных элементов и составляет 1000–2000°С.



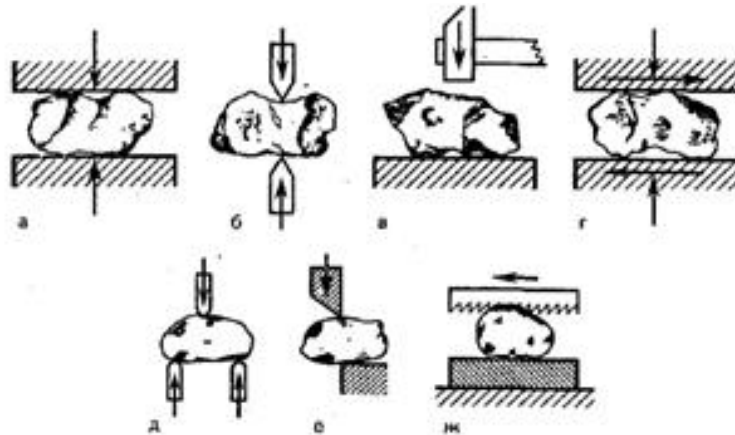
Толкательные муфельные или трубчатые печи наиболее просты по своей конструкции. Продвижение лодочек (поддонов) из графита, стали, карбида

кремния, в которые загружены восстанавливаемый материал или спекаемые изделия, производится механическим толкателем. Печи непрерывного действия экономичны и обеспечивают равномерное распределение температур в зоне нагрева, благодаря чему порошковые изделия после спекания имеют однородные свойства.

## 2.3. МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

Метод механического измельчения твердых компактных материалов широко применяется в порошковой металлургии. Этим способом можно превратить в порошок практически любой из металлов,

их оксидов и тугоплавких неметаллических соединений (боридов, нитридов, карбидов и пр.).



Способы измельчения.  
а — раздавливание; б — раскалывание; в — удар; г — истирание; д — разламывание; е — корчевание; ж — распиливание.

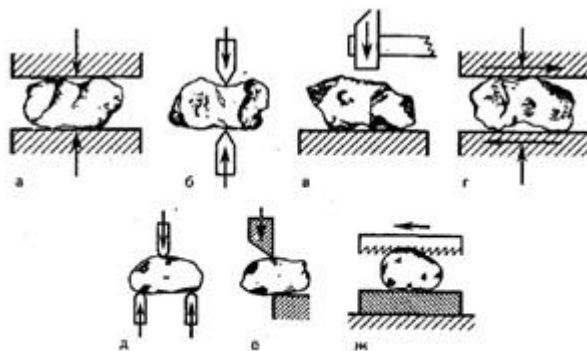
Под *измельчением* понимают уменьшение начального размера частиц материала путем разрушения их действием внешних усилий.

Измельчение **дроблением, размолотом или истиранием** является старейшим методом перевода твердых веществ в порошкообразное состояние.

# МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

Наиболее целесообразно применять механическое измельчение при производстве порошков хрупких металлов, сплавов и неметаллических соединений (кремний, бериллий, хром, марганец, ферросплавы, оксиды, бориды, карбиды и др.).

Размол таких металлов, как медь, алюминий, серебро, золото, затруднен, что объясняется их высокой пластичностью.



Способы измельчения.  
а — раздавливание; б — раскалывание; в — удар; г — истирание; д — раздавливание; е — изрезывание; ж — распиливание.

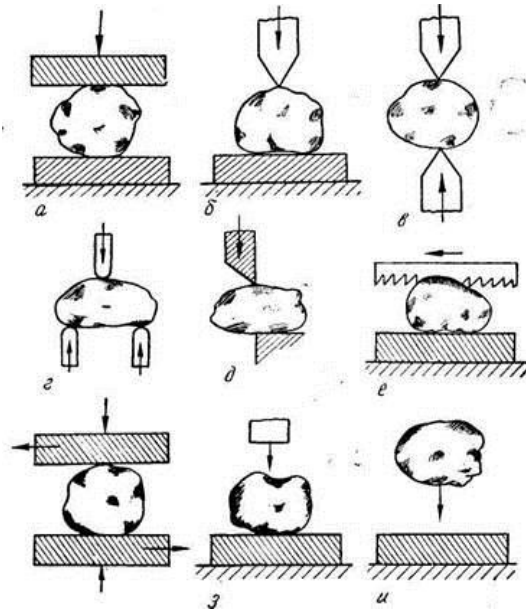
В процессе измельчения на материал действуют различные разрушающие усилия — раздавливающие (расплющивающие), ударные, истирающие.

При механическом измельчении твердых материалов затрачиваемая энергия расходуется на деформацию (упругую и пластическую) и на увеличение поверхности измельчаемого материала, которое свидетельствует об уменьшении размеров частиц, что и является основной целью процесса.

# МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

Процесс деформации твердых тел заключается в том, что под действием внешней статической нагрузки в твердом теле начинается движение дислокаций.

В момент разрушения напряжения в деформирующемся теле превышают некоторое предельное значение («предел прочности материала»),



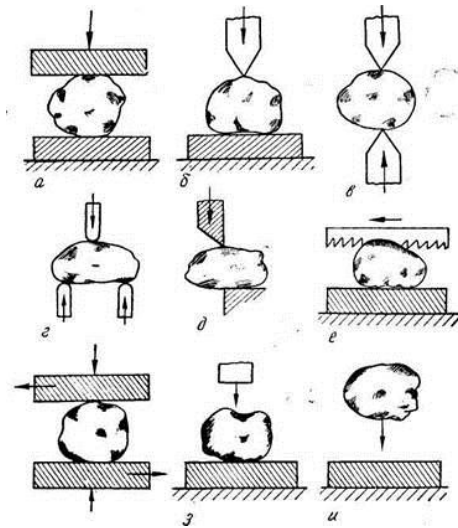
упругая деформация сменяется деформацией разрушения и происходит уменьшение размеров (измельчение) исходных агрегатов.

Твердые вещества можно механически разрушить и измельчить до частиц желаемого размера раздавливанием, раскалыванием, разламыванием, резанием, распиливанием, истиранием, ударом и различными комбинациями этих способов.

# МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

**Раздавливание (а).** Механическая сила прикладывается сверху прогрессивно; поверхности рабочих элементов измельчителя обычно плоские. Измельчаемое тело деформируется во всем объеме и, когда внутреннее напряжение в нем превысит предел прочности, тело разрушается — получаются кусочки разных размеров и формы.

**Раскалывание (б, в).** Сила прикладывается сверху и снизу внезапно или прогрессивно с помощью клинообразных рабочих элементов измельчителя.



Ввиду того что тело распадается на части только в местах концентрации наибольших нагрузок, получающиеся кусочки могут быть более или менее однородны по размерам, но не по форме.

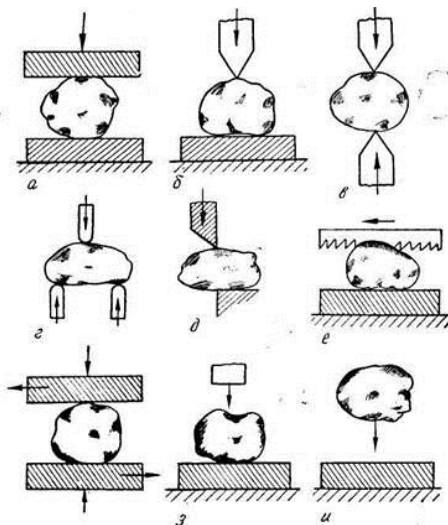
Способы измельчения:

*а* — раздавливание; *б, в* — раскалывание; *г* — разламывание; *д* — резание; *е* — распиливание; *ас* — истирание; *а* — жесткий удар; *u* — свободный удар.

# МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

**Разламывание(з).** Измельчаемое тело разрушается под влиянием изгибающихся сил, действующих навстречу друг другу, с приложением одной верхней силы между двумя нижними. Размеры и форма кусочков примерно такие же, как и при раскалывании.

**Изрезывание(д).** Механическая сила прикладывается сверху, обычно рывком; рабочие элементы измельчителя острые, режущие (ножи). Управляемый процесс, позволяющий разделить тело на части требуемых размеров, а при необходимости и формы.



**Распиливание(е).** Сила прикладывается со стороны прогрессивно; рабочие элементы измельчителя с острой зубчатой поверхностью. Так же как и при изрезывании, можно получить кусочки нужных размеров, а при необходимости — и формы.

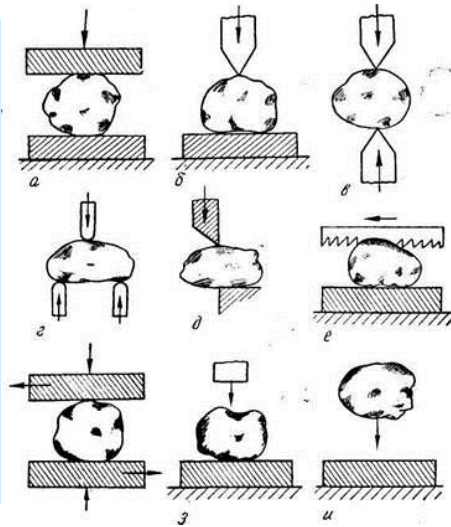
Способы измельчения.

а — раздавливание; б, в — раскалывание; г — разламывание; д — резание; е — распиливание; ас — истирание; а — жесткий удар; и — свободный удар.

# МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

**Растирание (ж).** Сила прикладывается сверху и со стороны прогрессивно; поверхности рабочих элементов измельчителя сферические или плоские. Тело измельчается под действием одновременно сжимающих, растягивающих и срезающих сил, в результате чего получают порошкообразные продукты.

**Удар (з, и).** Тело разрушается на части под влиянием динамично (внезапно) действующих сил. Удар может быть осуществлен двояко: 1) по измельчаемому телу производится удар рабочими элементами измельчителя—



молотками, падающими шарами и др. (рис.з); 2) измельчаемое тело само сталкивается с рабочими элементами измельчителя или другими телами в полете (рис. и).

В первом случае (при ограниченном ударе) эффект измельчения будет зависеть от кинетической энергии ударяющегося тела, во втором (при свободном ударе) — в основном определяется скоростью столкновений разрушаемого тела и его частей с рабочими элементами измельчителя.



# МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

Согласно теории дробления, предложенной П.А. Ребиндером, *работа, затрачиваемая на измельчение*, в общем случае представляет собой сумму энергии, расходуемой на образование новых поверхностей раздела при разрушении твердого тела, и энергии затраченной на деформацию.

При крупном дроблении вновь образующаяся поверхность невелика, так как получаемые частицы имеют сравнительно большие размеры.

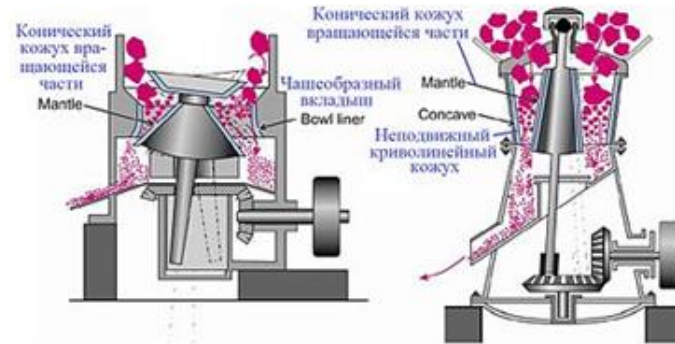
В связи с этим энергия, затрачиваемая на образование новой поверхности, намного меньше энергии деформации, а расход энергии на дробление приблизительно пропорционален объему разрушаемого тела.

При тонком измельчении вновь образующаяся поверхность очень велика. Поэтому расход энергии на измельчение приблизительно пропорционален вновь образующейся поверхности. Однако сама работа диспергирования всегда незначительна, так как почти вся энергия измельчающего устройства затрачивается на деформацию разрушаемого тела и на образование теплоты.

# МЕХАНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ

Поведение материала при измельчении является следствием двух соперничающих процессов – *разрушения* (дезинтеграции) и *агрегатирования* (интеграции) частиц. Проявление второго процесса связано с явлениями адгезии, физико-химических и физико-механических реакций, протекающих в процессе измельчения.

Действие этих сил (помимо «заживления» трещин)



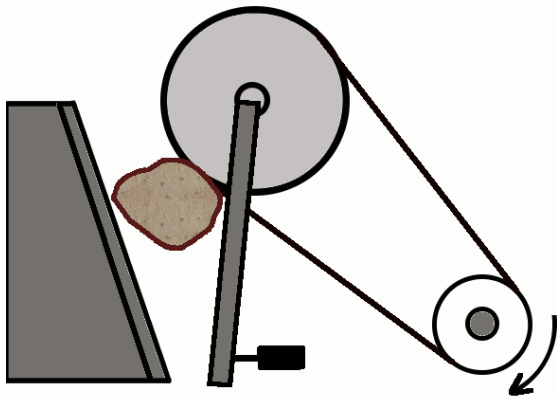
Примеры дробилок, использующих сжатие. Слева – коническая дробилка, в которой материал измельчается между коническим кожухом и вращающейся втулкой. Справа – вращающаяся конусная дробилка, измельчающая материал между вращающимся сердечником и криволинейным кожухом.

приводит к агрегатированию и комкованию порошка.

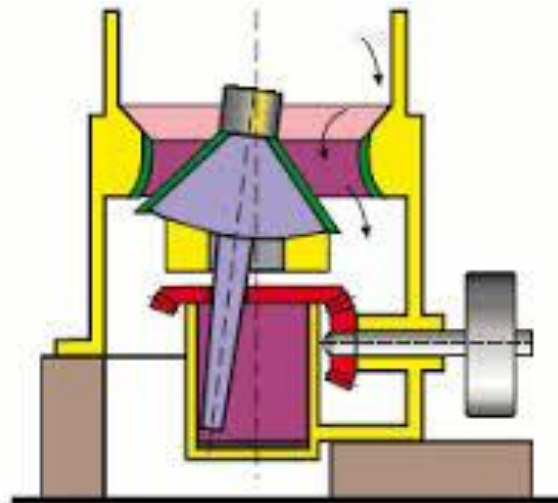
Среди методов измельчения твердых материалов наибольшее распространение получили обработка металлов резанием, измельчение металла в шаровых, вихревых, молотковых и других мельницах, ультразвуковое диспергирование.

# МЕХАНИЧЕСКИЕ СПОСОБЫ ПОЛУЧЕНИЯ ПОРОШКОВ. ШАРОВЫЕ МЕЛЬНИЦЫ

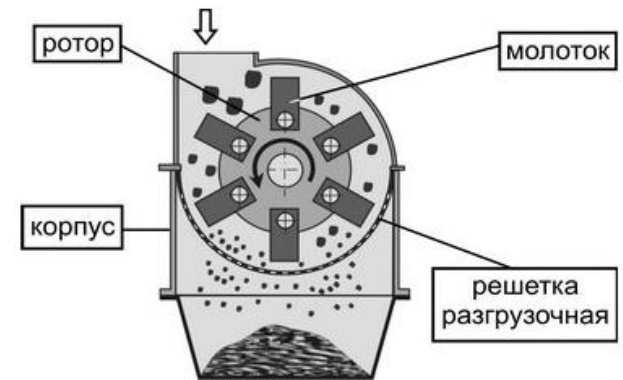
Для **грубого размельчения** используют щековые, молотковые и конусные дробилки; при этом получают частицы размером 1-10 мм, которые являются исходным материалом для тонкого измельчения, обеспечивающего производство требуемых металлических порошков. Исходным материалом для тонкого измельчения может быть и стружка.



Щековая дробилка



Конусная дробилка



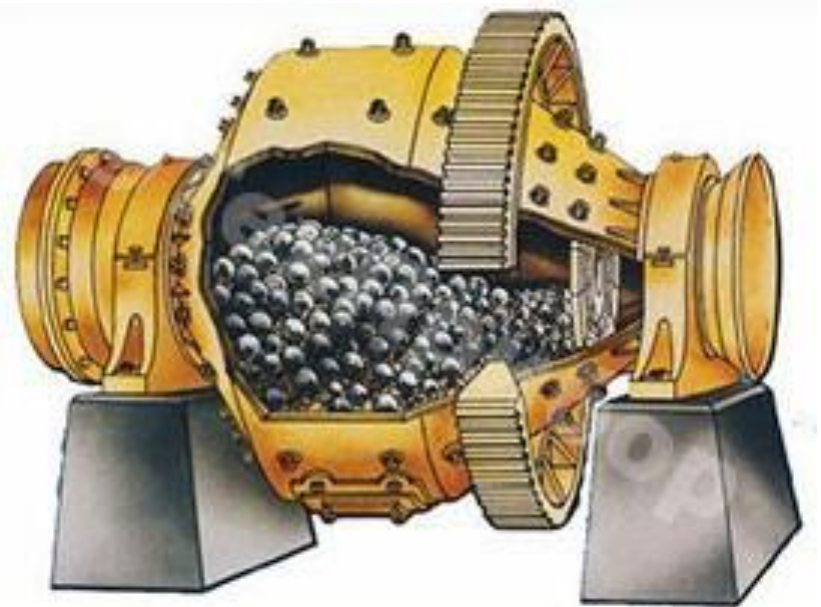
Молотковая дробилка



Шаровые мельницы  
для сухого и  
мокрого помола  
МШ-60



Шаровая  
мельница



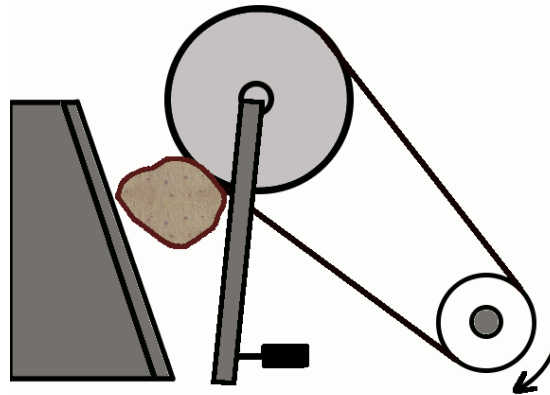
Ударная шаровая  
мельница

## 2.4. ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ КРУПНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЩЕКОВЫХ, ВАЛКОВЫХ, КОНУСНЫХ ДРОБИЛКАХ И МОЛОТКОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ

Щековые, валковые и конусные дробилки применяются для предварительного измельчения крупных (до нескольких сантиметров) кусковых материалов с пределом прочности до 300–400 МПа. В дальнейшем предварительно измельченные в этих агрегатах материалы поступают на доизмельчение другими методами.

### *Щековые дробилки*

применяют для измельчения спекшейся губки, осадков с электродов, крупных кусков рудных концентратов и т.п.



Щековая дробилка

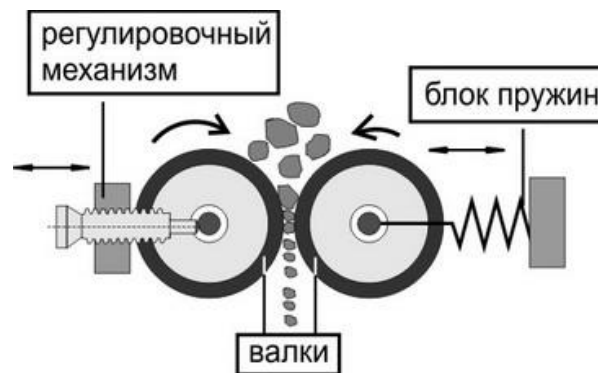
Размол материала в щековых дробилках до размера частиц 1–4 мм происходит за счет

раздавливания кусков между неподвижной и подвижной (качающейся с нижней или верхней осью подвеса) щеками установки. Рабочее пространство между щеками называют «пастью» дробилки.

# ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ КРУПНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЩЕКОВЫХ, ВАЛКОВЫХ, КОНУСНЫХ ДРОБИЛКАХ И МОЛОТКОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ

Измельчение материала до крупности частиц **0,5–1 мм** обеспечивают *валковые дробилки*, один или оба валка которых могут совершать возвратно-поступательное движение по направляющим вдоль оси опорной рамы.

Валки вращаются навстречу друг другу от отдельных приводов с окружной скоростью 2–4 м/с, причем разность их скоростей обычно не превышает 2 %; при дроблении

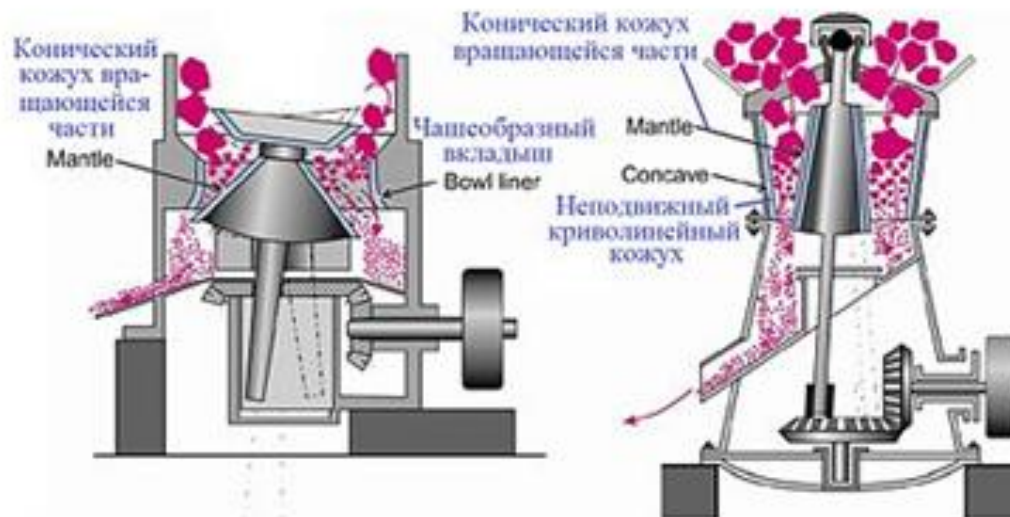


вязких материалов разность этих скоростей может достигать до 20 %.

Эффективность работы валковых дробилок в большой степени зависит от условий подачи материала, особенно от непрерывности его поступления в щель между валками и равномерности распределения по их длине. Валки могут быть гладкими, рифлеными или зубчатыми.

# ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ КРУПНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЩЕКОВЫХ, ВАЛКОВЫХ, КОНУСНЫХ ДРОБИЛКАХ И МОЛОТКОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ

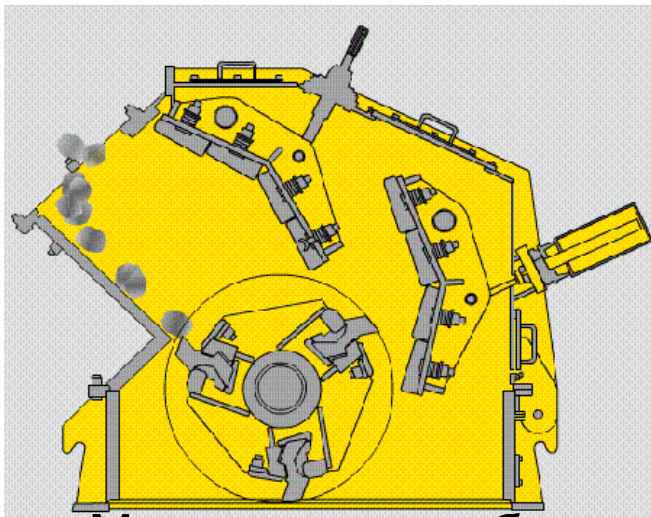
В конусных дробилках измельчение материала осуществляется в кольцевой полости между рабочей частью поверхности конуса и соответствующей частью внутренней поверхности корпуса дробилки (в камере дробления). Конусные дробилки обеспечивают измельчение материала до крупности частиц 1–2 мм.



Примеры дробилок, использующих сжатие. Слева – коническая дробилка, в которой материал измельчается между коническим кожухом и вращающейся втулкой. Справа – вращающаяся конусная дробилка, измельчающая материал между вращающимся сердечником и криволинейным кожухом.

# ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ КРУПНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЩЕКОВЫХ, ВАЛКОВЫХ, КОНУСНЫХ ДРОБИЛКАХ И МОЛОТКОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ

*Молотковые дробилки* в основном используются для измельчения губчатых материалов (спекшихся при восстановлении порошков, катодных осадков и пр.).



Молотковая дробилка

Измельчение обрабатываемого материала в них осуществляется за счет удара молотков (бил), укрепленных шарнирно на валу, вращающемся в рабочей камере с достаточно высокой скоростью (около 1 500 об/мин).

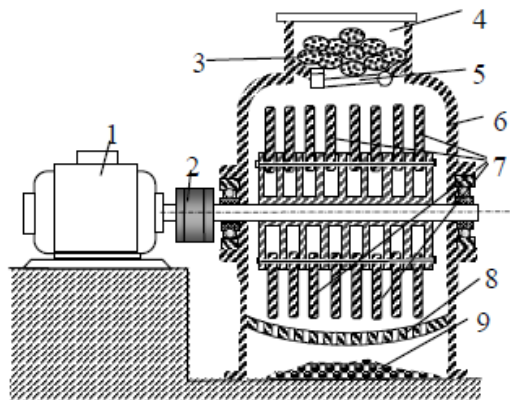
Исходный кусковой материал загружают в приемный бункер установки, откуда он поступает в рабочую камеру мельницы, в нижней части которой имеется отверстие, закрытое сеткой; после размола частицы проваливаются через ситовое полотно в сборник порошка.



# ПРЕДВАРИТЕЛЬНОЕ ИЗМЕЛЬЧЕНИЕ КРУПНЫХ СЫРЬЕВЫХ МАТЕРИАЛОВ В ЩЕКОВЫХ, ВАЛКОВЫХ, КОНУСНЫХ ДРОБИЛКАХ И МОЛОТКОВЫХ МЕЛЬНИЦАХ

Размол губки в **молотковой мельнице** происходит в течение нескольких минут, и получаемый порошок **мало** наклепывается, что **исключает** необходимость его последующего отжига.

Более тонкое измельчение обеспечивают *бесколосниковые молотковые мельницы,*



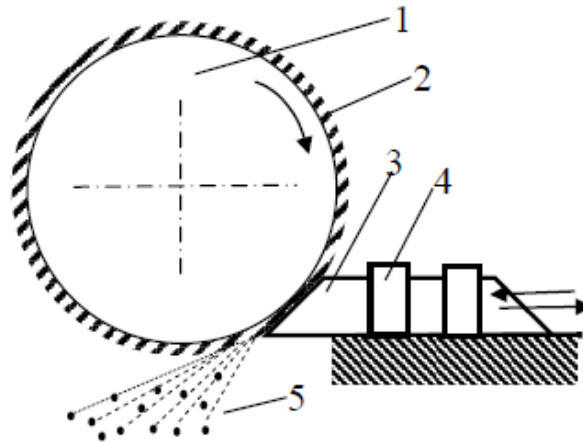
рабочим органом которых является ротор с шарнирно закрепленными на нем тонкими пластинчатыми молотками.

Молотковая мельница: 1 – электродвигатель; 2 – муфта; 3 – губка; 4 – загрузочный бункер; 5 – загрузочный люк с защелкой; 6 – корпус мельницы; 7 – била; 8 – металлическая решетка с ситовым полотном; 9 – порошок

## 2.5. ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ РЕЗАНИЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК

Специальное получение стружки или опилок для дальнейшего изготовления из них изделий экономически не очень выгодно и поэтому на практике используется крайне редко. Однако образующиеся при обработке металлов резанием отходы в виде мелкой стружки и опилок целесообразно использовать для последующего измельчения в мельницах различных типов.

Мелкую стружку железа, стали и чугуна размером около **одного миллиметра** (стружка сверления,



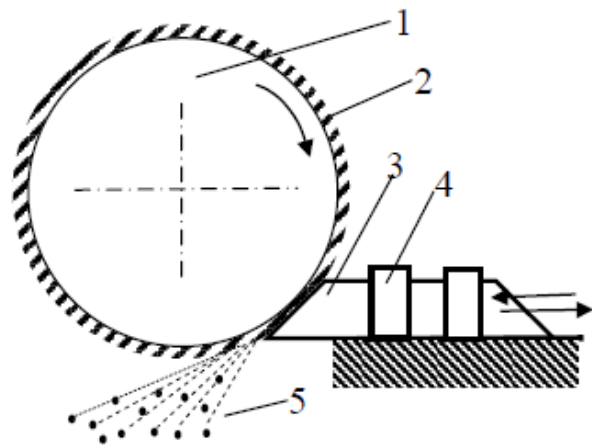
фрезерования и др.) можно использовать для изготовления изделий без ее дополнительного измельчения.

Чаще всего метод резания применяется при получении порошков металлов, которые весьма активны по отношению к кислороду, особенно в состоянии высокой дисперсности (например, магниевый порошок).

# ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ РЕЗАНИЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК

Для получения порошка магния используется так называемая *кратцмашина*, которая представляет собой металлический вращающийся барабан с укрепленной на его поверхности царапающей лентой.

Пластину магния подают в установку через специальное отверстие и прижимают к царапающей ленте.

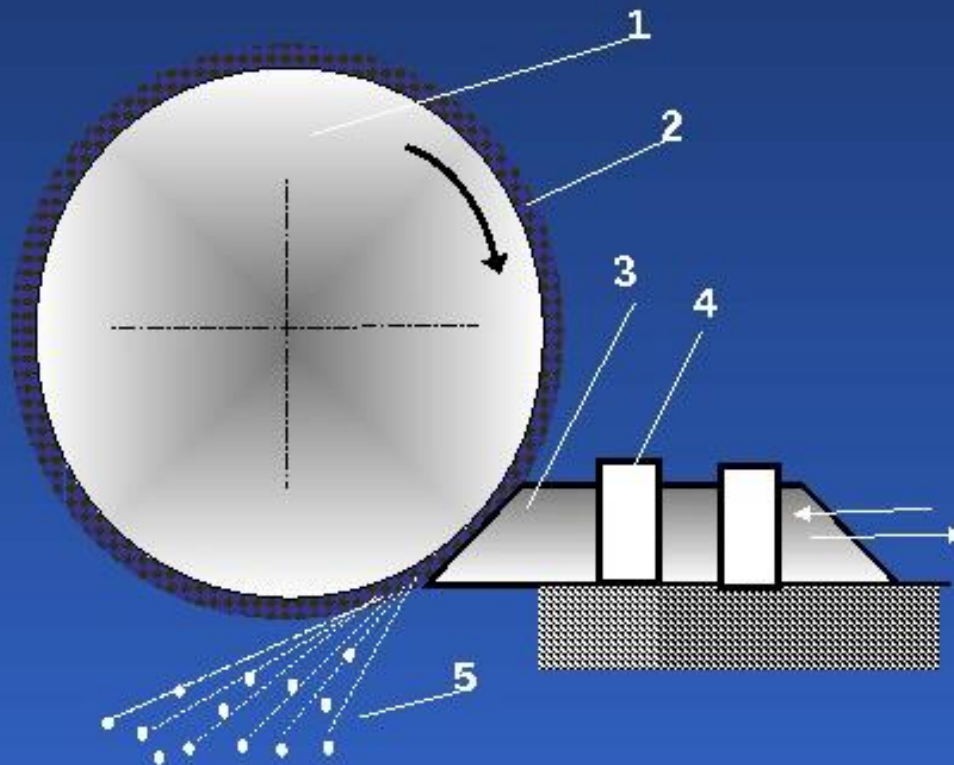


Равномерность истирания достигается применением непрерывного возвратно-поступательного движения пластины.

Крупность порошка можно регулировать диаметром щетки, числом и величиной зубьев, а также скоростью подачи магниевой пластины. Минимальный размер частиц получаемого с помощью кратцмашины магниевого порошка составляет около **200 мкм**. Если требуется более мелкий порошок, то полученные на кратцмашине частицы измельчают в шаровых мельницах в среде углекислого газа.

# Получение порошков резанием

Схема установки для получения порошка магния с использованием кратцмашины



- 1 – барабан кратцмашины;
- 2 – царапающая лента;
- 3 – слиток металла;
- 4 – держатель слитка металла;
- 5 – металлический порошок

# ПОЛУЧЕНИЕ ПОРОШКОВ РЕЗАНИЕМ МЕТАЛЛИЧЕСКИХ ЗАГОТОВОК

Кроме того, порошок магния можно получить обработкой его литых заготовок на фрезерных станках при комбинированном снятии мелкой стружки сразу двумя работающими фрезами – вертикальной и горизонтальной. Фрезерование ведут при больших скоростях перемещения фрезы (до 30–40 м/с),

получая порошок с частицами размером до 100 мкм в довольно широких размерных пределах в зависимости от режима работы станка.

Отфрезерованный порошок отсасывается в циклон и через шлюзовый затвор поступает на вибрационный грохот для разделения частиц по размерам (рассева на фракции).

Мелкие частицы порошка, не осевшие в циклоне, проходят через сепаратор и улавливаются самоочищающимися фильтрами.

# Контрольные вопросы

1. Для чего нужны защитные среды?

2. Какие защитные среды применяют на производствах порошковой металлургии?

3. Перечислите составы газовых защитных сред.

4. Рассмотрите принцип устройства валковых, щековых и молотковых дробилок.

5. Какими методами выполняется механическое измельчение материалов ?

# ЗАДАНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ

1. Изучить схемы движения шаров в барабане шаровой мельницы при различной скорости его вращения.



**Кафедра технології металлов и материаловедения**

**Лалазарова Наталия Алексеевна**

**г. Харьков, ул. Петровского, 25, ХНАДУ, КАФЕДРА ТМ и М  
Tel.(8-057 )707-37-92**