

Раздел № 2.

Подготовка руд к плавке и производство чугуна

Сырые материалы, применяемые при производстве черных металлов



Материалы, применяемые для производства черных металлов



Отходы



Сырые материалы
(полезные ископаемые)

Специально подготовленные материалы

металлургического



Руды,
топливо
и флюсы

Агломерат,
металлизированные
окатыши,
брикеты

Сталеплавильная
пыль и шлак,
окалина печей
и др.

Руда

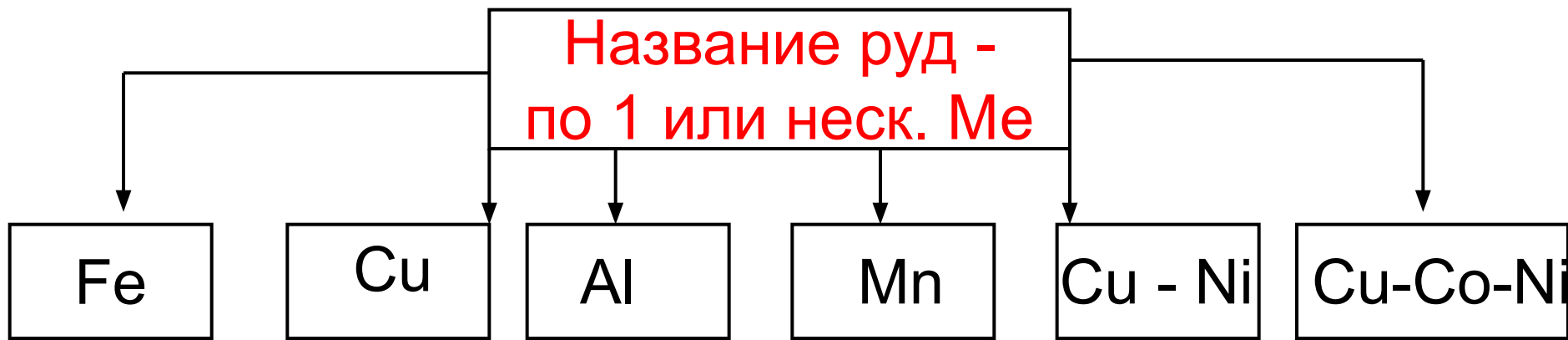
это

- 1) полезное ископаемое, добываемое из недр земли;
- 2) горная порода или минеральное вещество, из которого при данном уровне развития техники экономически целесообразно извлекать металлы или их соединения.

Целесообразность определяется содержанием ценных металлов - браковочным пределом по извлекаемому металлу.

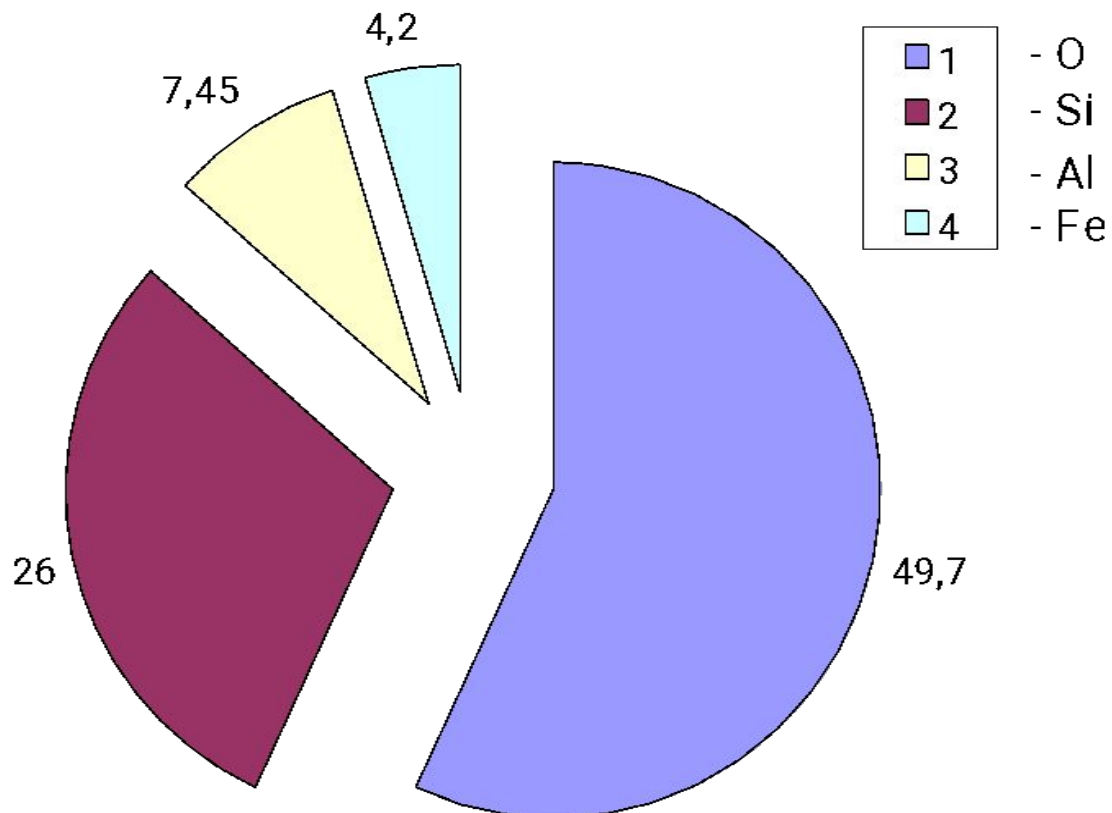
Величины браковочного предела:

Fe - 30-60 %, Cu - 3-5%, Ni - 0,3-1,0%, Mo - 0,005-0,02%.



Железные руды

Содержание элементов в земной коре



Основные железосодержащие минералы, имеющие промышленное значение:

- магнитный оксид Fe_3O_4 (72,4 % Fe),
- безводный оксид Fe_2O_3 (70 % Fe),
- водный оксид $m\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot n\text{H}_2\text{O}$ с различным количеством воды (52,3—62,9 % Fe),
- карбонат железа FeCO_3 (48,3 % Fe).

Магнетит (Fe_3O_4) - магнитный оксид железа.

Руда, содержащая в основном Fe_3O_4 - магнитный железняк (магнетитовая руда) – для обогащения применяют электромагнитное обогащение (эффективное и распространенное).



Fe_3O_4 - это соединение
 $\text{FeO} \cdot \text{Fe}_2\text{O}_3$
(31,04 % FeO и
68,96 % Fe_2O_3).

Магнетит (Fe_3O_4)

Гематит (Fe_2O_3) - безводный оксид железа.

Руда, содержащая в основном Fe_2O_3 - красный железняк (гематитовая руда) – продукт выветривания магнитных железняков (1 до 8 % Fe_3O_4)



Гематит (Fe_2O_3)

Водные оксиды Fe

Лимонит
 $2\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$

Гётит
 $\text{Fe}_2\text{O}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$

Руда - называется бурыми железняками –
продукт выветривания и
окисления железных руд других типов

Сидерит - карбонат железа FeCO_3 (48,3 % Fe).

Руда, содержащая FeCO_3 - шпатовый железняк (плотные и крепких горные породы или глинистые железняки).



Добыча железной руды в карьере



Транспортировка железной руды в шахте



Флюсы сталеплавильного производства

Температура плавления оксидов пустой породы

SiO_2 -
1710
°C

Al_2O_3 -
2050 °C

CaO -
2570 °C

MgO -
2800 °C

Значительно > температуры сталеплавильного
шлака (1450 – 1600°C)

При определенном %-ом соотношении
образуются

легкоплавкие составы ($T_{\text{пл}} < 1300^\circ\text{C}$)

Флюс – материал для перевода пустой породы
в шлак определенного состав

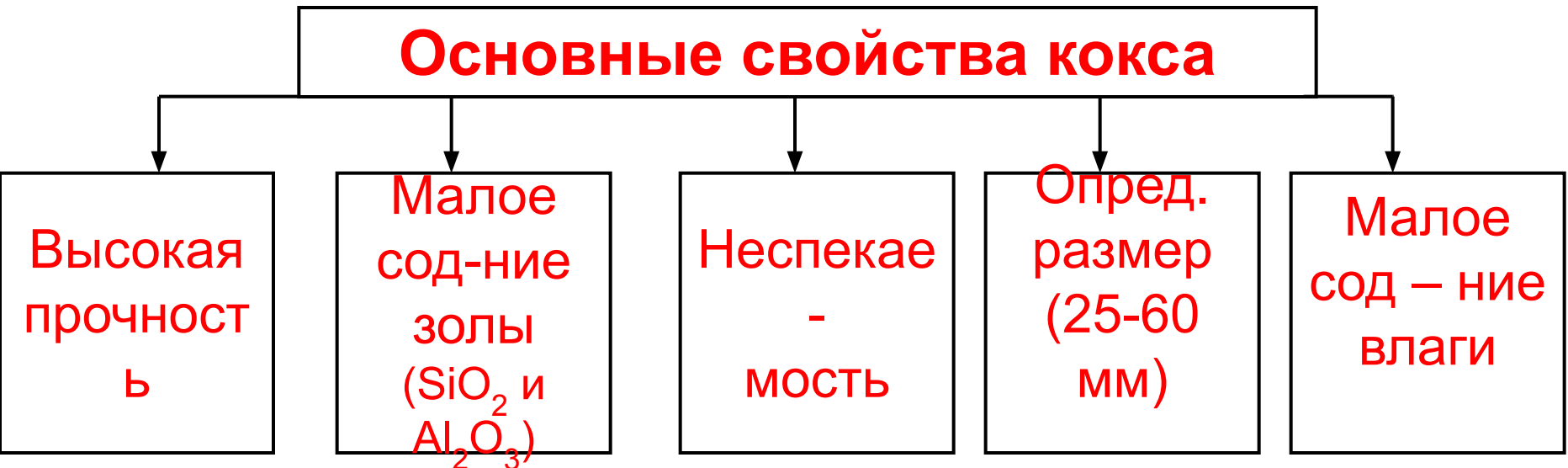
Основной флюс — известняк (CaCO_3), или
доломитизированный известняк (+ MgCO_3)

Топливо

Кокс – пористый материал из спекшейся углеродной массы - продукт прокаливания каменного угля без доступа воздуха при $T = 1100 - 1150^{\circ}\text{C}$.

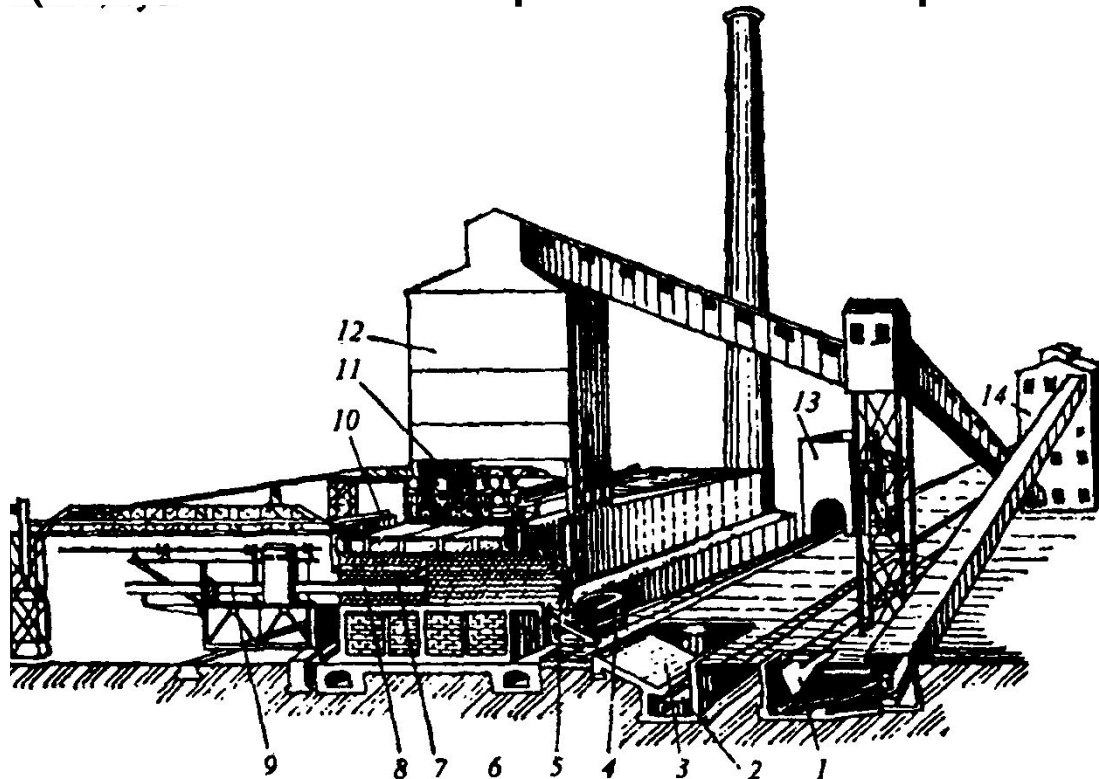
Химический состав:

83 - 88% C; 8 -13 % золы; 0,7 - 1,5 % летучих;
0,5 - 5 % H_2O ; 0,4 - 1,8 % S; 0,02 - 0,05 % P)



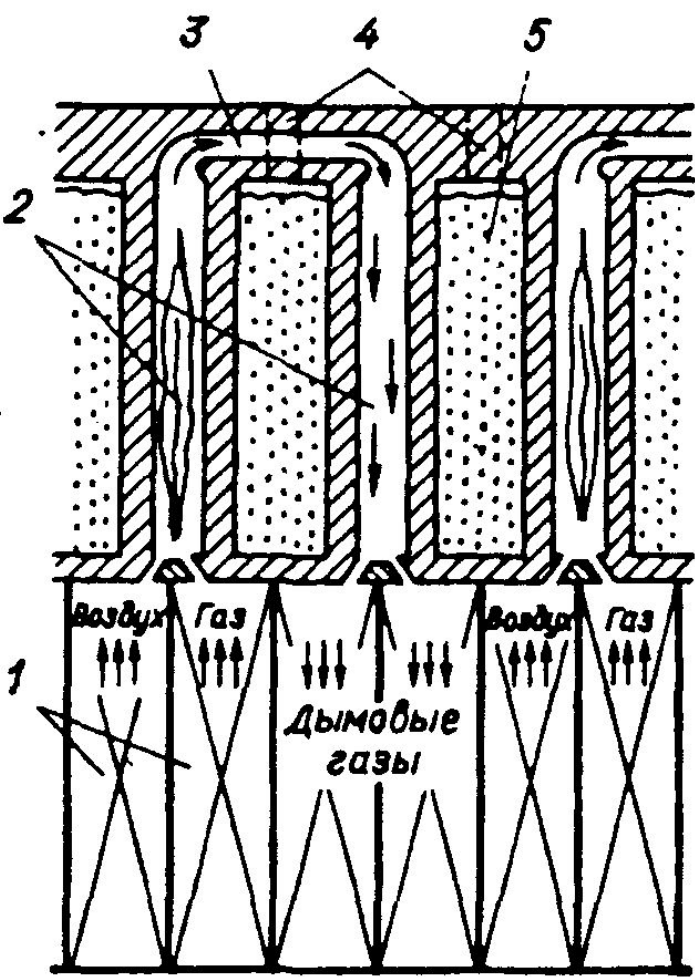
Получение кокса

Получают в коксовых печах – камерах из динасового кирпича, объединенных в коксовые батареи (по 60—80 параллельно расположенных камер).



Общий вид коксовой батареи

1 - приемный бункер для сырого каменного угля; 2 - конвейер, 3 - рампа выгрузки охлажденного кокса; 4 - тушильный вагон; 5 - кокс; 6 - регенераторы; 7 - камера коксования; 8 - штанга коксовыталкивателя; 9 - коксовыталкиватель; 10 — отвод коксового газа; 11 - загрузочный вагон; 12 - распределительная башня; 13 - тушильная башня; 14 - отделение для дробления и смешивания угля



**Схематический разрез
коксовой батареи:**

1 - регенераторы; 2 -
обогреваемые вертикалы; 3 -
обводной канал; 4 - отверстия
для загрузки шихты; 5 -
камера коксования

Отопление – доменным и коксовым газами - сжигаются между камерами (вертикалях). Воздух и доменный газ подогревают в регенераторах – спец. камерах из решетчатой кладки – генерируют тепло.

Технологические операции получения:

дробление – смешение разл. углей – помол (3 мм) – распределительная башня – коксование (14,5 – 16 ч) – тушение кокса – выгрузка на конвейер – доставка в цех

Разновидности тушения кокса

Сухое – N_2

Мокрое – H_2O

- а) уменьшается растрескивание; б) снижается влажность;
в) тепло нагретого N_2 используется для выработки пара

«Грязный»
коксовый газ

Химические цеха -
очистка и извлечение
смола, NH_3 , C_6H_6

Отопление
нагревательных
печей

Коксовый газ %: 56-60 H_2 ; 23-26 CH_4 ;
2-4 C_mH_n ; 5—7 CO ; 2—3 CO_2 ; 3—7 N_2 .
 $Q_H^p = 16,8 - 18,4 \text{ МДж/м}^3$

Другие виды топлива

Природный газ
(90 – 98% CH_4
и C_2H_6 , 1% N_2)

Мазут (84-88%
C, 10-12% H_2 ,
0,3-0,5% O_2 ,
0,5-4% S.

Пылевидное
топливо
-МОЛОТЫЙ
каменный уголь



Методы подготовки железных руд к доменной плавке.

- 1) дробление;
- 2) сортировка;
- 3) обогащение;
- 4) усреднение;
- 5) окускование.

Дробление - процесс уменьшения размеров руды под действием внешних сил (часто дополняют процессом **измельчения** руды)

Цель: придание кускам определенной крупности.

Стадии дробления

крупное -
от
1200 мм до
100 - 350
мм

среднее -
от 100 - 350
до 40 - 60 мм

мелкое -
от 40 - 60
до
6 - 25 мм

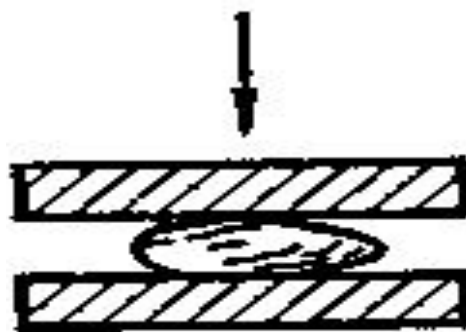
измельчение

-
от 6 - 25 до
1 мм, тонкое
измельчение

-
менее 1 мм

Методы дробления:

а) раздавливанием, б) истиранием,
в) раскалыванием, г) ударом д) сочетанием



а



б



в



г

Схема устройства дробилок:
а — щековой; б — конусной

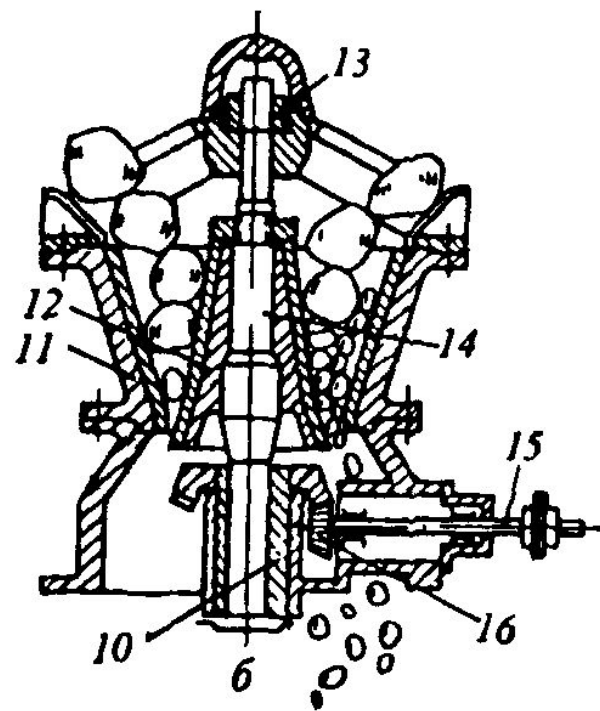
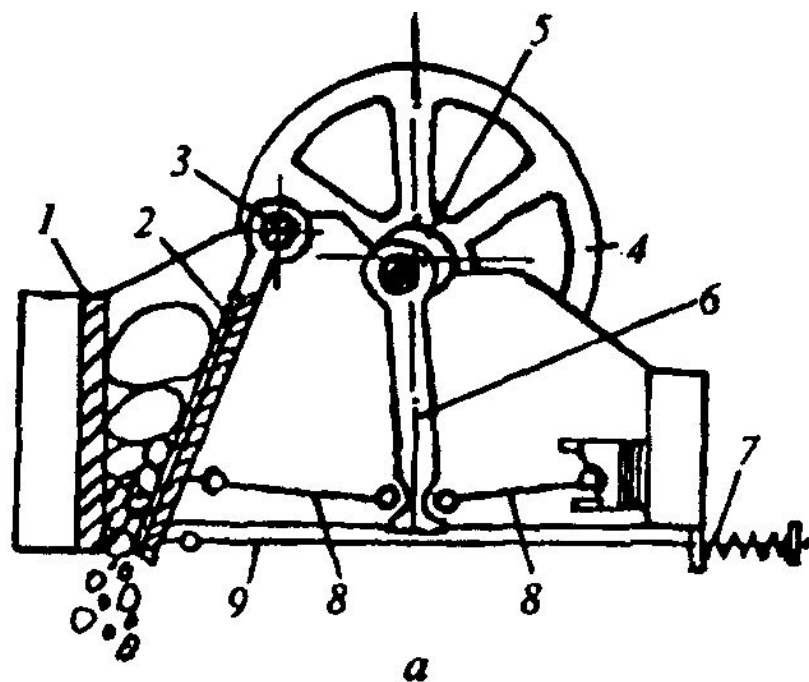
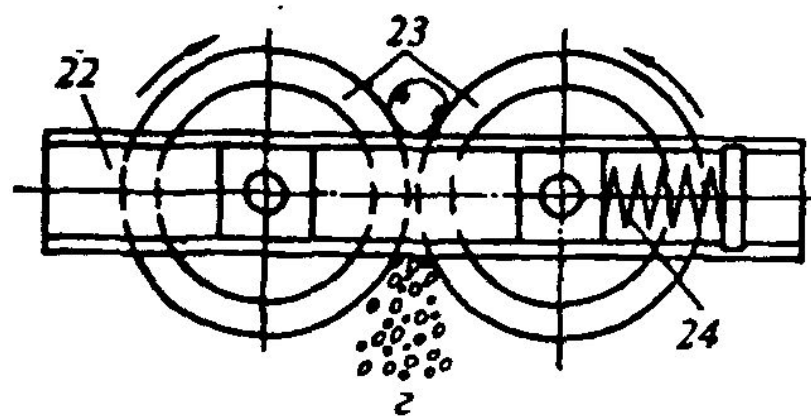
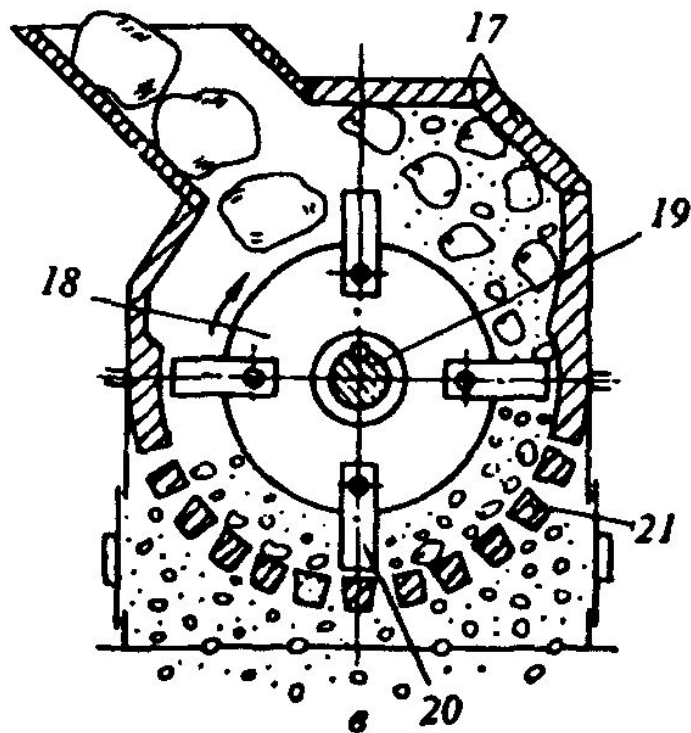
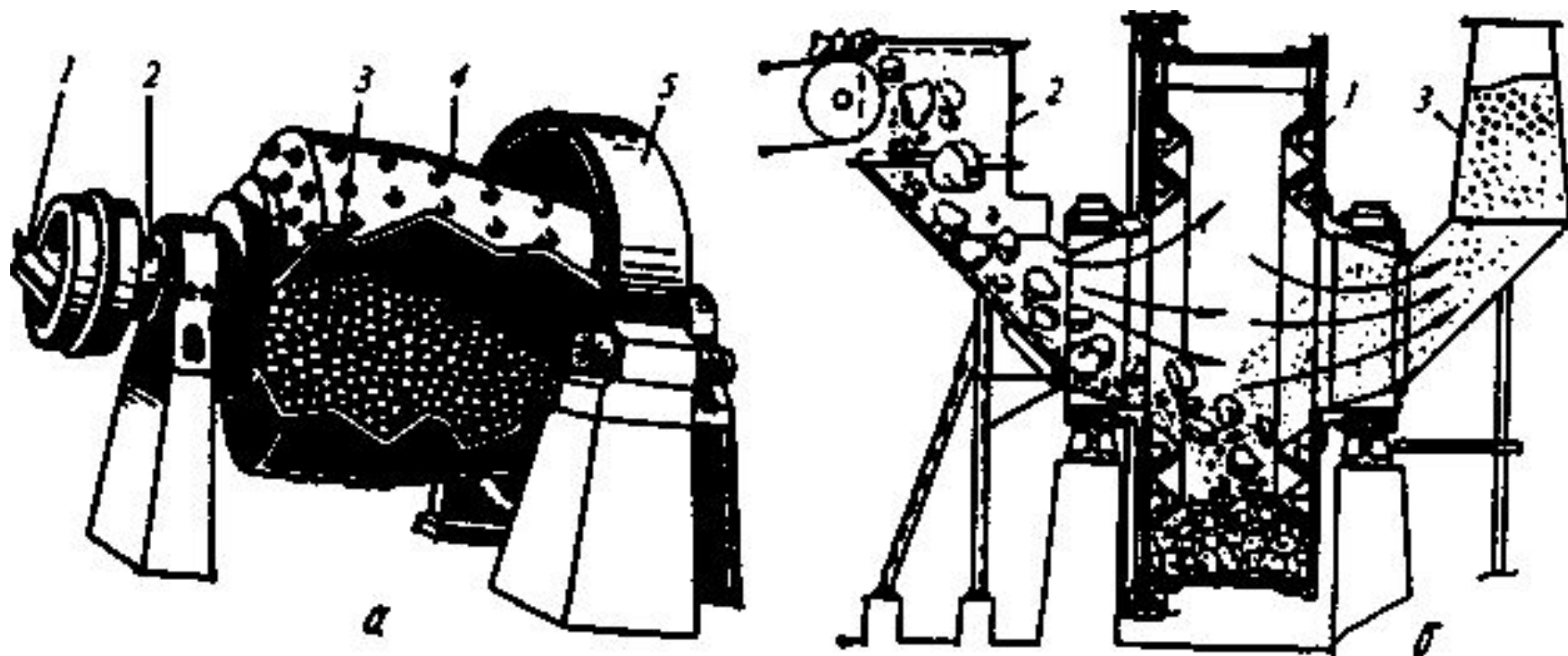


Схема устройства дробилок:
в — молотковой; г — валковой



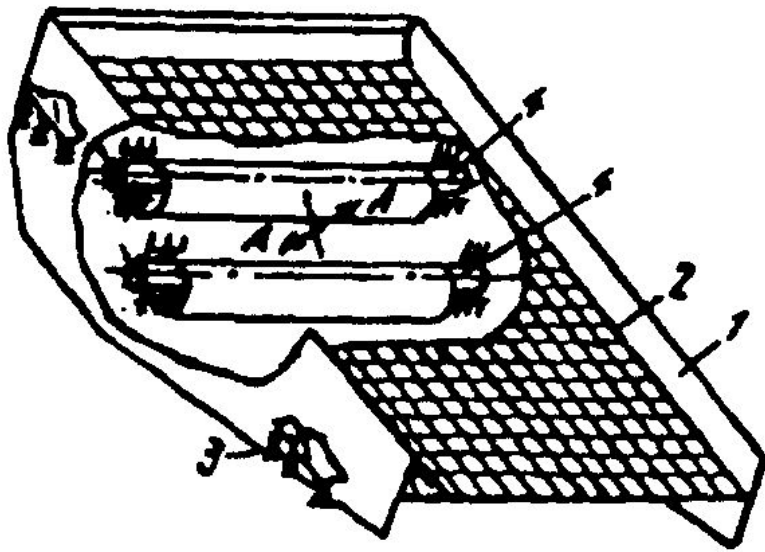
Мельницы – применяют для тонкого измельчения. Бывают шаровыми (а) и бесшаровыми (б)



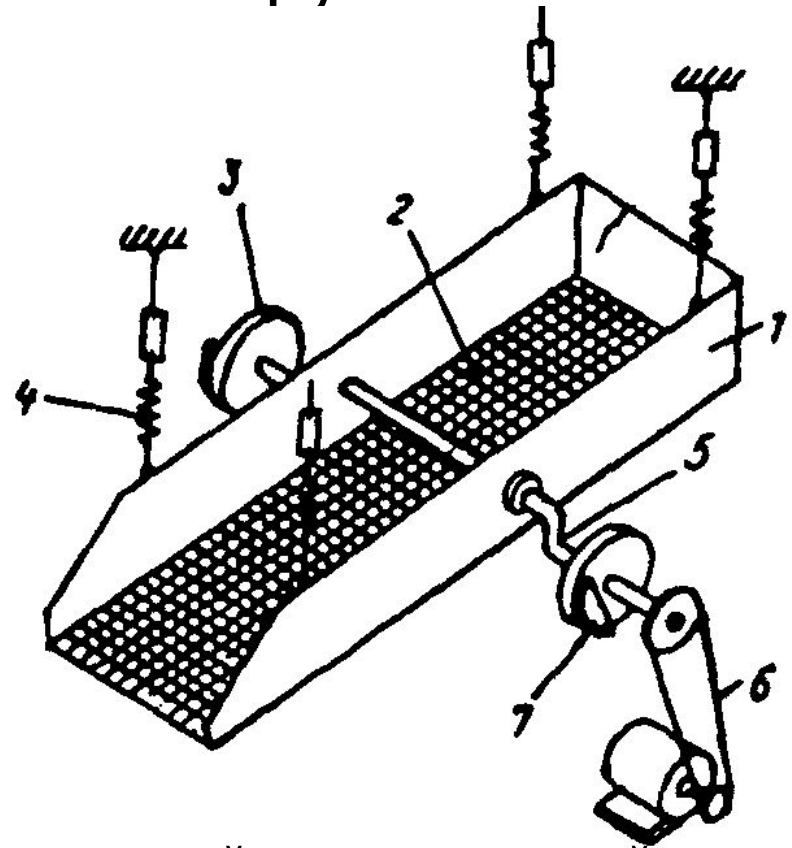
Шаровая мельница (а) и мельница для бесшарового помола (б)

Грохочение и классификация

Грохочение - разделение материалов на классы крупности при помощи решеток или механических сит. **Гидравлическая (воздушная классификация)** - разделение **в воде** или **воздухе** на основе разности скоростей падения зерен различной крупности



Самобалансный грохот



Самоцентрирующийся инерционный грохот

Обогащение

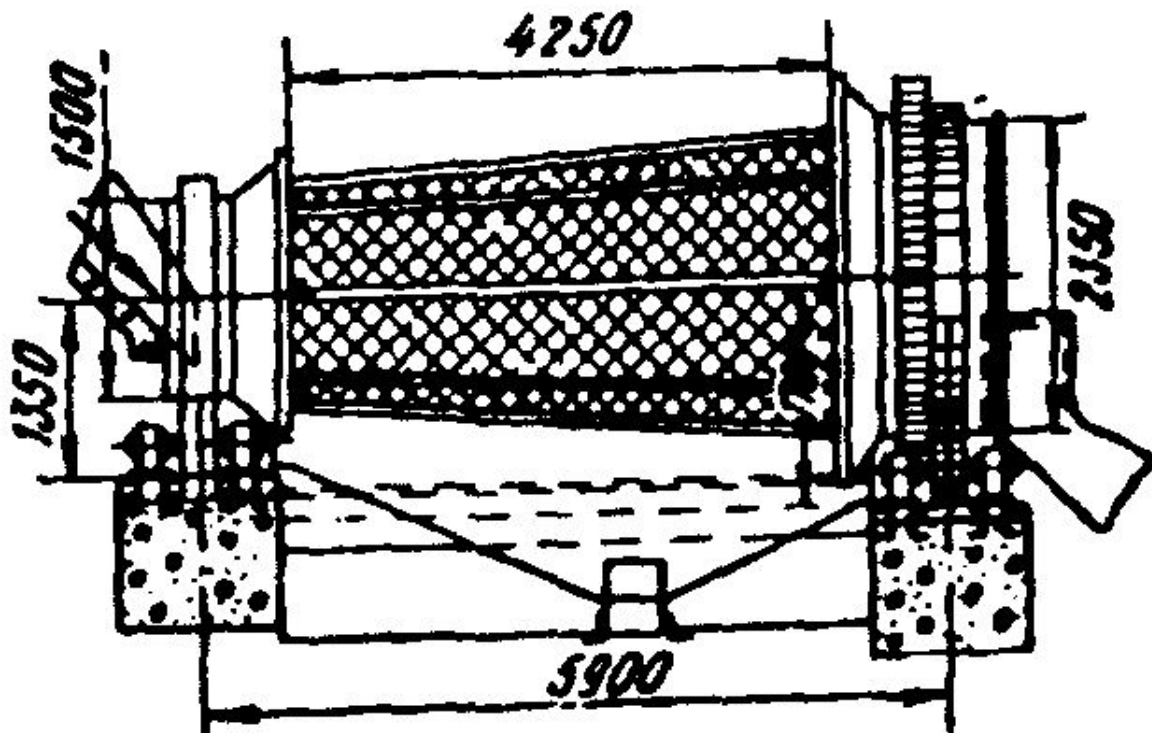
Обогащение руд - процесс обработки полезных ископаемых, целью которого является повышение содержания полезного компонента.

Продукты обогащения

- 1) Концентрат – готовый продукт, более богатый по содержанию определенного металла
- 2) Хвосты - остаточный продукт, более бедный, чем исходная руда.

Способы обогащения

Промывка - процесс разрушения и диспергирования глинистых и песчаных пород руды. Применяют для руд с плотными разновидностями минералов, не размываемых водой, и с рыхлой пустой породой.



Коническая бутара

Выход годного концентрата 75 %, содержание Fe хвостах (25-26 %).

Более совершенной является корытная мойка, которая представляет собой наклонное корыто длиной 2,6—7,8 м, шириной 0,8—2,7 м и глубиной в нижней части до 2,1 м.

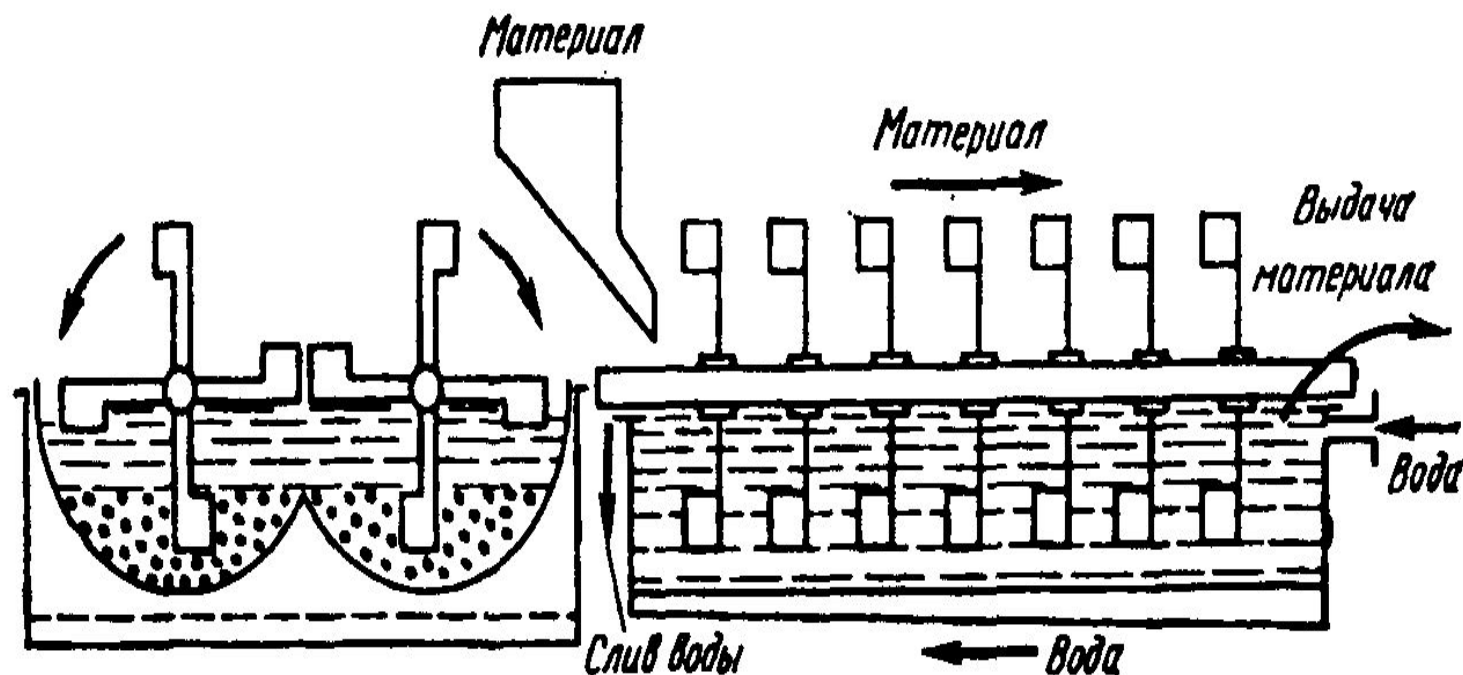
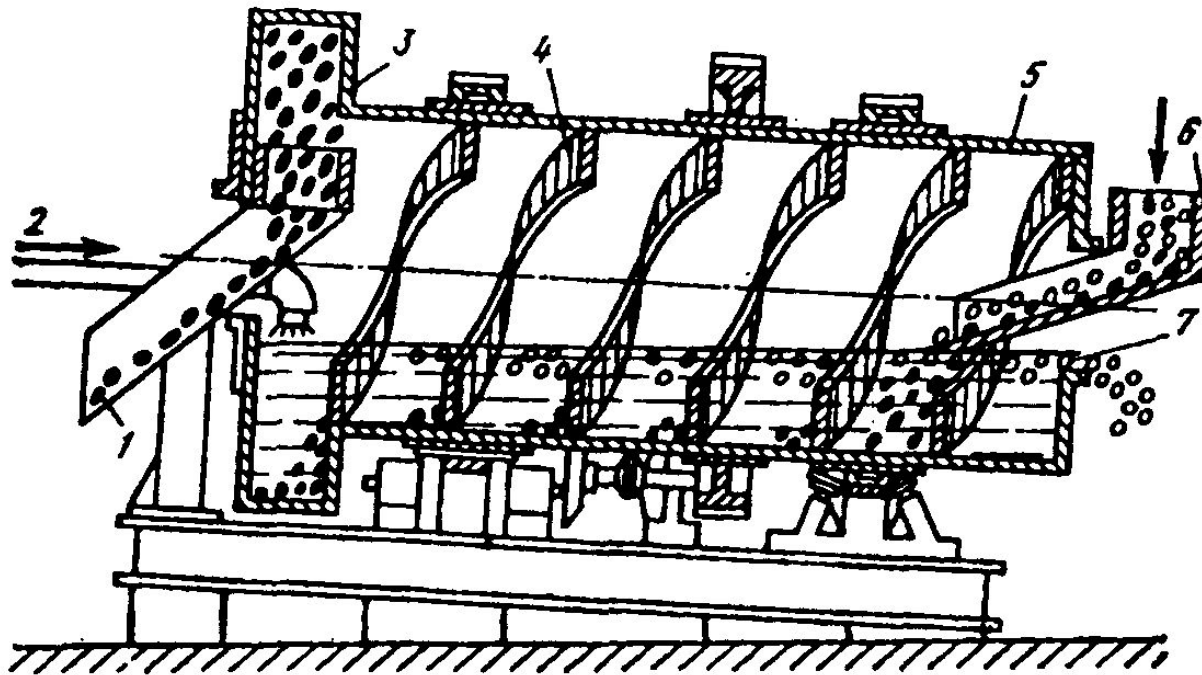


Схема корытной мойки

Степень извлечения Fe - 85—89 %.

Гравитация.

При гравитационном обогащении минералы **разделяются по плотности**. Гравитация может быть воздушной или мокрой.



Барабанный сепаратор для гравитационного обогащения руд

Магнитная сепарация.

Наиболее распространенным способом обогащения железных руд является магнитная сепарация, основанная на различии магнитных свойств железосодержащих минералов и частиц пустой породы.

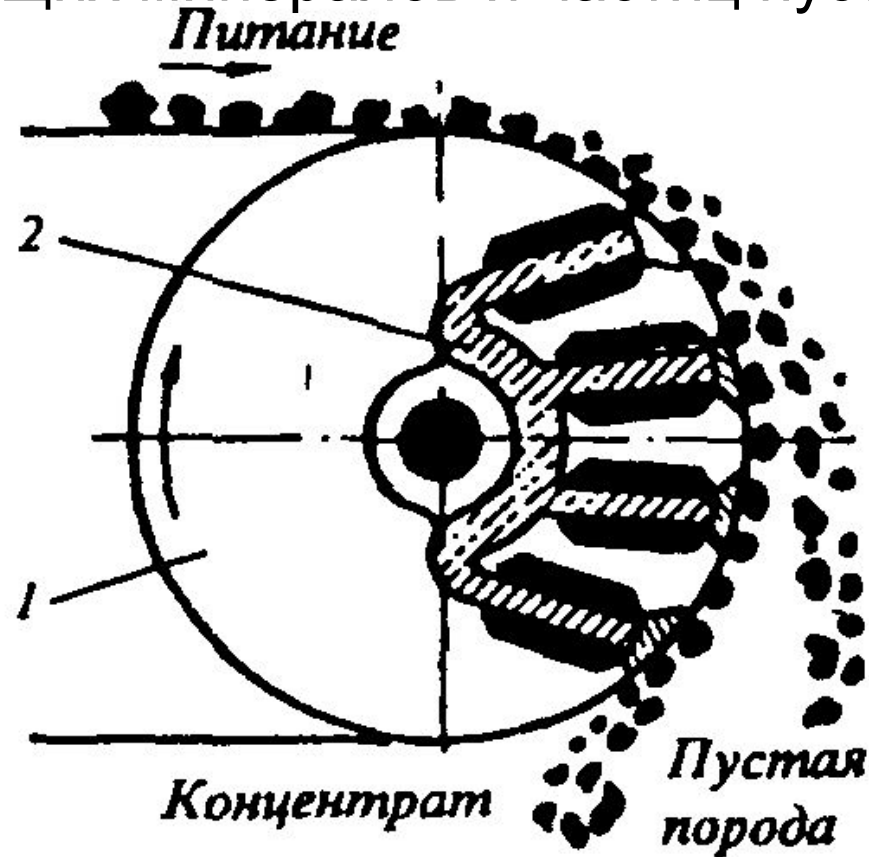


Схема барабанного электромагнитного сепаратора для сухого обогащения крупных руд

Флотация.

Под флотацией понимают метод обогащения, основанный на различии физико-химических свойств поверхностей различных минералов. Для обогащения руд применяют только пенную флотацию.

і машины

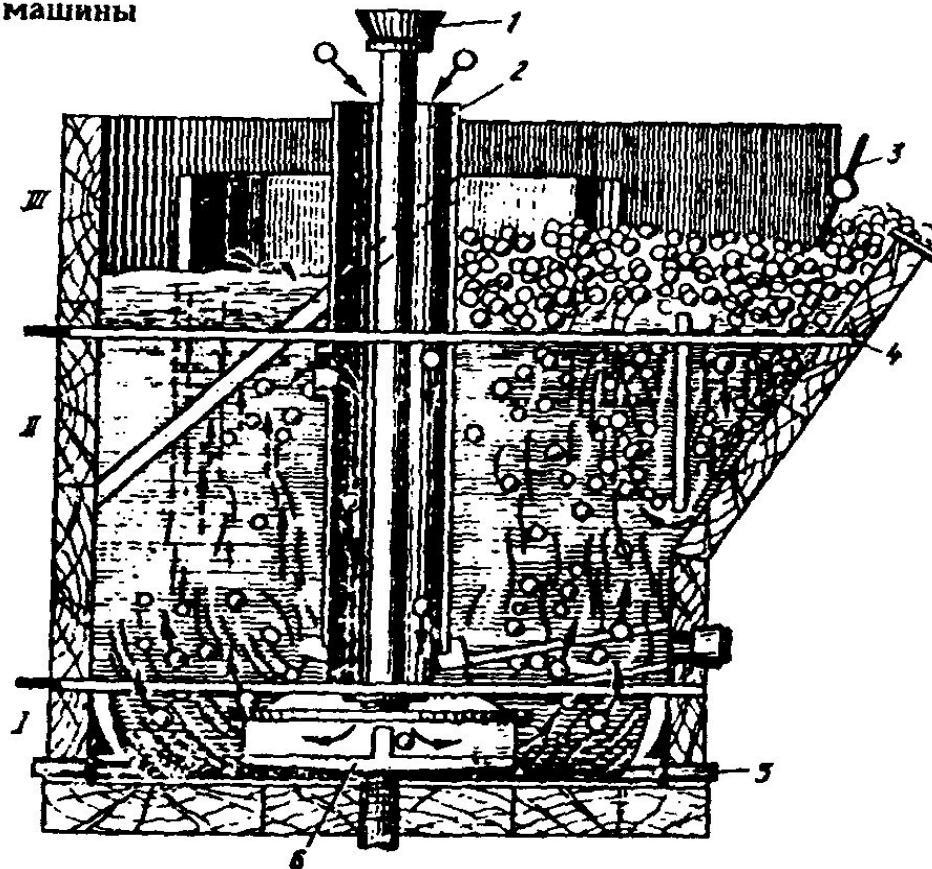


Схема действия механической флотационной машины

Окускование железорудного сырья

Окускование — процесс превращения мелких железорудных материалов (руд, концентратов, колошниковой пыли) в кусковые.

Виды окускования:

1) агломерация, 2) окомкование

Агломерация - процесс окускования в результате сжигания топлива в слое спекаемого материала.

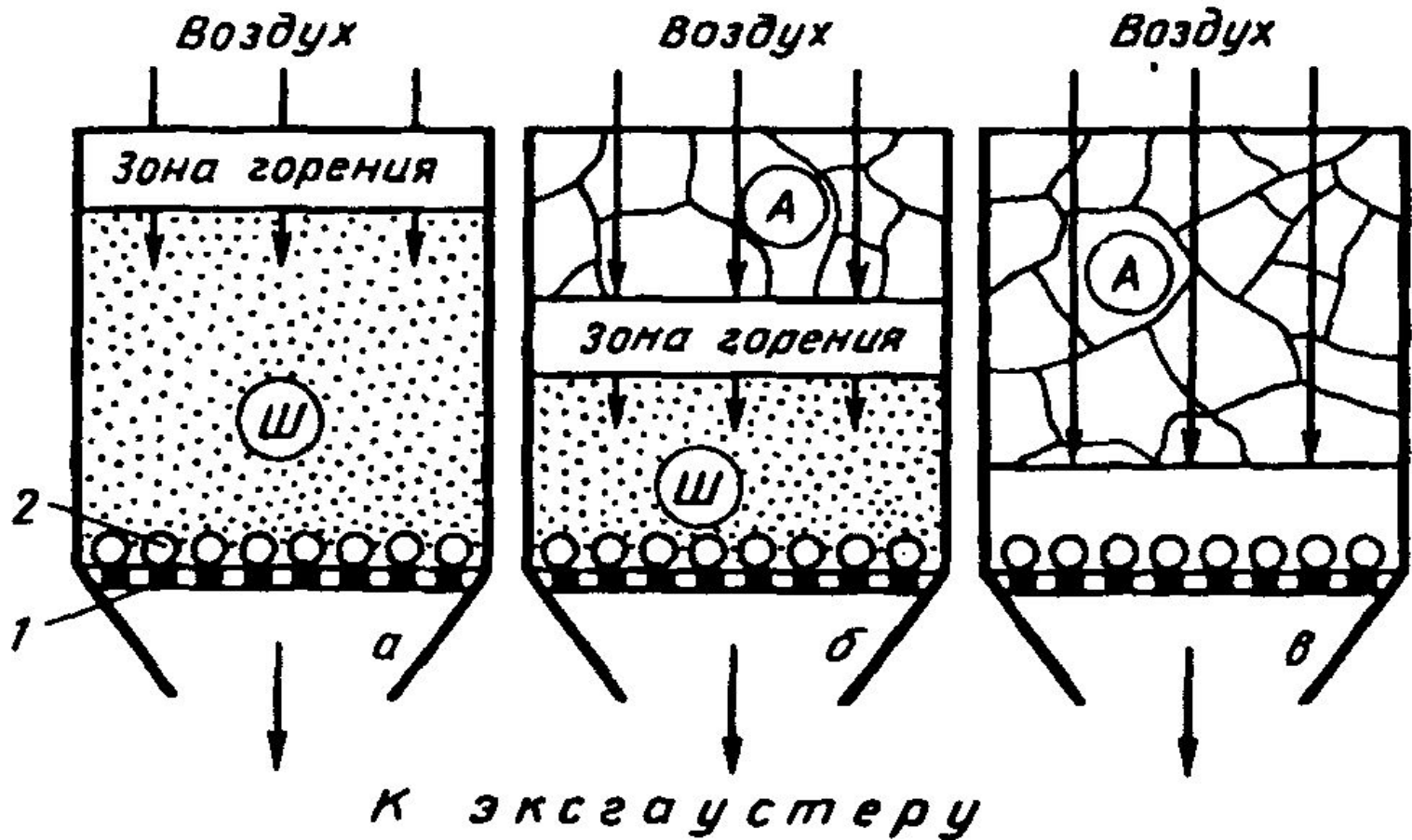
Продукт спекания (агломерации) — агломерат - кусковой пористый офлюсованный продукт черного цвета.

При агломерации удаляются S и As

Шихта агломерации и ее подготовка.

Компоненты	Содержание, %
Железосодержащие материалы (руда, концентрат, колошниковая пыль) крупностью не более 8 мм	40-50
Известняк крупностью не более 3 мм	20—30
Возврат (мелкий агломерат) крупностью не более 10 мм	20—30
Топливо крупностью не более 3 мм (коксовая мелочь)	4—6
Влага	6-9

Схема агломерационного процесса



а — начало процесса; б — промежуточный момент; в — конечный момент; А — агломерат; Ш — шихта

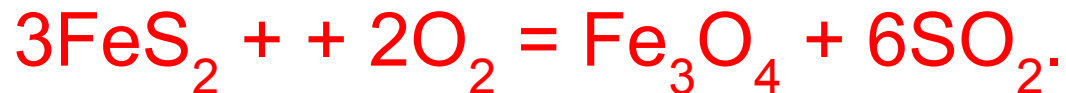
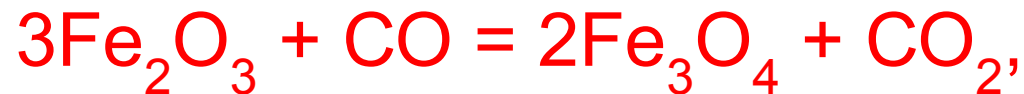
Процесс спекания агломерата

- 1) загрузка «постели» (возврат крупностью 10-25 мм) высотой 30—35 мм;
- 2) загрузка шихты (250—350 мм), создание разрежения (около 7-10 кПа);
- 3) нагрев зажигательным устройством верхнего слоя (до 1200-1300°C);
- 4) продвижение зоны горения вниз (скорость 20-30 мм/мин.);
- 5) разложение $\text{CaCO}_3 = \text{CaO} + \text{CO}_2$, восстановление Fe_xO_y до FeO;
- 6) химическое взаимодействие между CaO, FeO, SiO_2 , Fe_3O_4 , Fe_2O_3 , Al_2O_3 и др. – образование легкоплавких (жидких) соединений;
- 7) охлаждение верхних слоев просасываемым воздухом (затвердевание и образование агломерата);
- 8) длительность образования агломерата 8-12 минут.

Основные химические реакции, протекающие при агломерации



Отношение $\text{CO}_2:\text{CO}$ равно 4 – 6



Железный агломерат и его свойства

Офлюсованный агломерат разных заводов содержит, %: $Fe_{\text{общ}}$ 47—58; FeO 9-17; Mn 0,2-0,6; SiO₂ 8-13; Al₂O₃ 1,0-2,5; CaO 8-17; MgO 1-3; S 0,03-0,1.



Производство агломерата ведут на агломерационных фабриках, в состав которых входят комплекс оборудования для подготовки шихты, ленточные (конвейерные) **агломерационные машины** и комплекс оборудования **для дробления** .

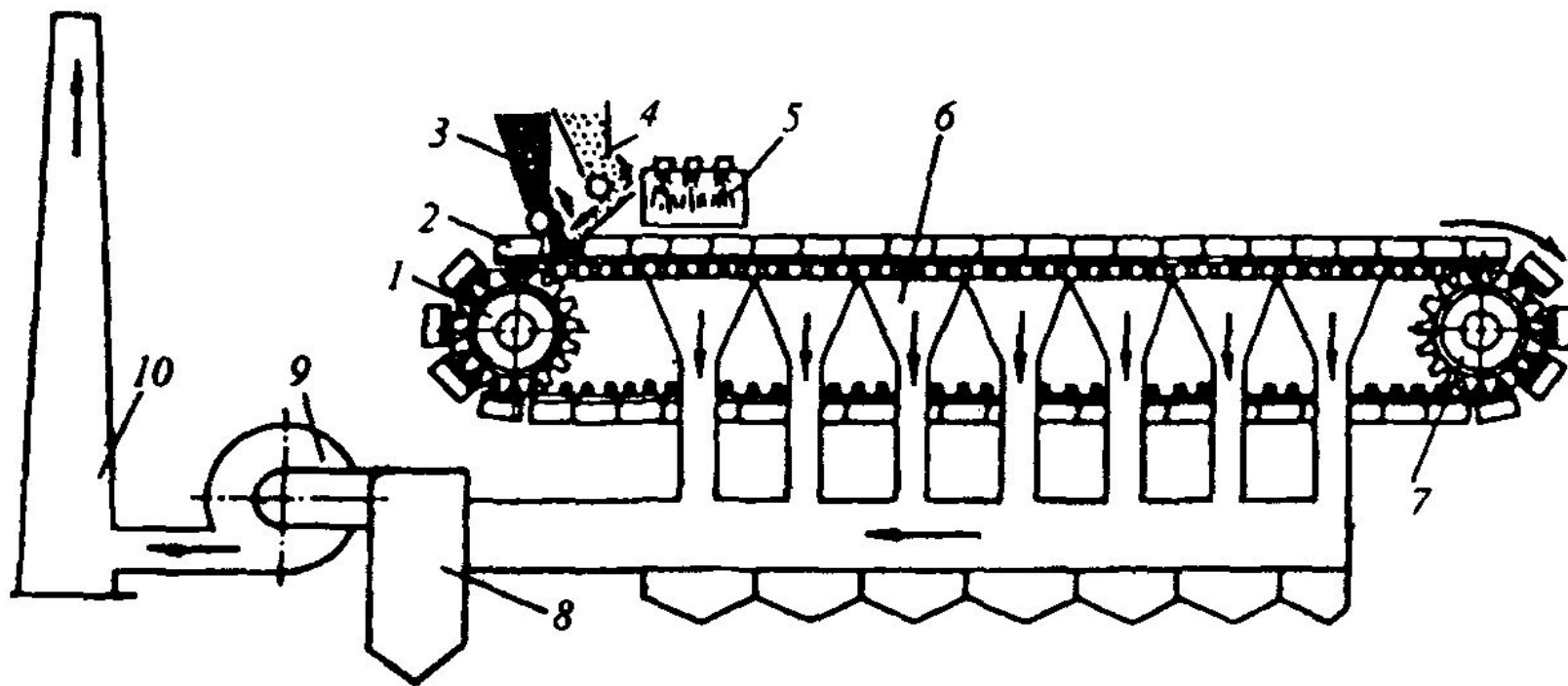


Схема агломерационной машины

Основные преимущества офлюсованного агломерата:

1. Исключение эндотермических реакций разложения карбонатов в доменной печи (снижение расхода кокса);
2. Улучшение восстановительной способности газов в доменной печи (уменьшение образования CO_2);
3. Улучшение восстановимости агломерата
4. Улучшение процесса шлакообразования
5. Уменьшение числа материалов, загружаемых в доменную печь.

Производство окисленных окатышей.

Новый путь окускования – окатывание (окомкование) – используется тонкоизмельченный концентрат (менее 0,07 мм)

Окатыши меньше разрушаются при перевозке, чем агломерат, особенно офлюсованный.

Стадии процесс производства окатышей:

а) получения сырых (мокрых) окатышей;

б) упрочнения окатышей (подсушка при 300-600 и обжиг при 1200-1350 °С).

Исходная шихта для производства окисленных окатышей:

- возврат (некондиционные окатыши), - концентрат,
- случае производства офлюсованных окатышей **известняк**,
- **свящающее вещество**, обычно **бентонит** (мелкодисперсная глина) в количестве 0,5—1,5 % и вод в количестве 8—10% .

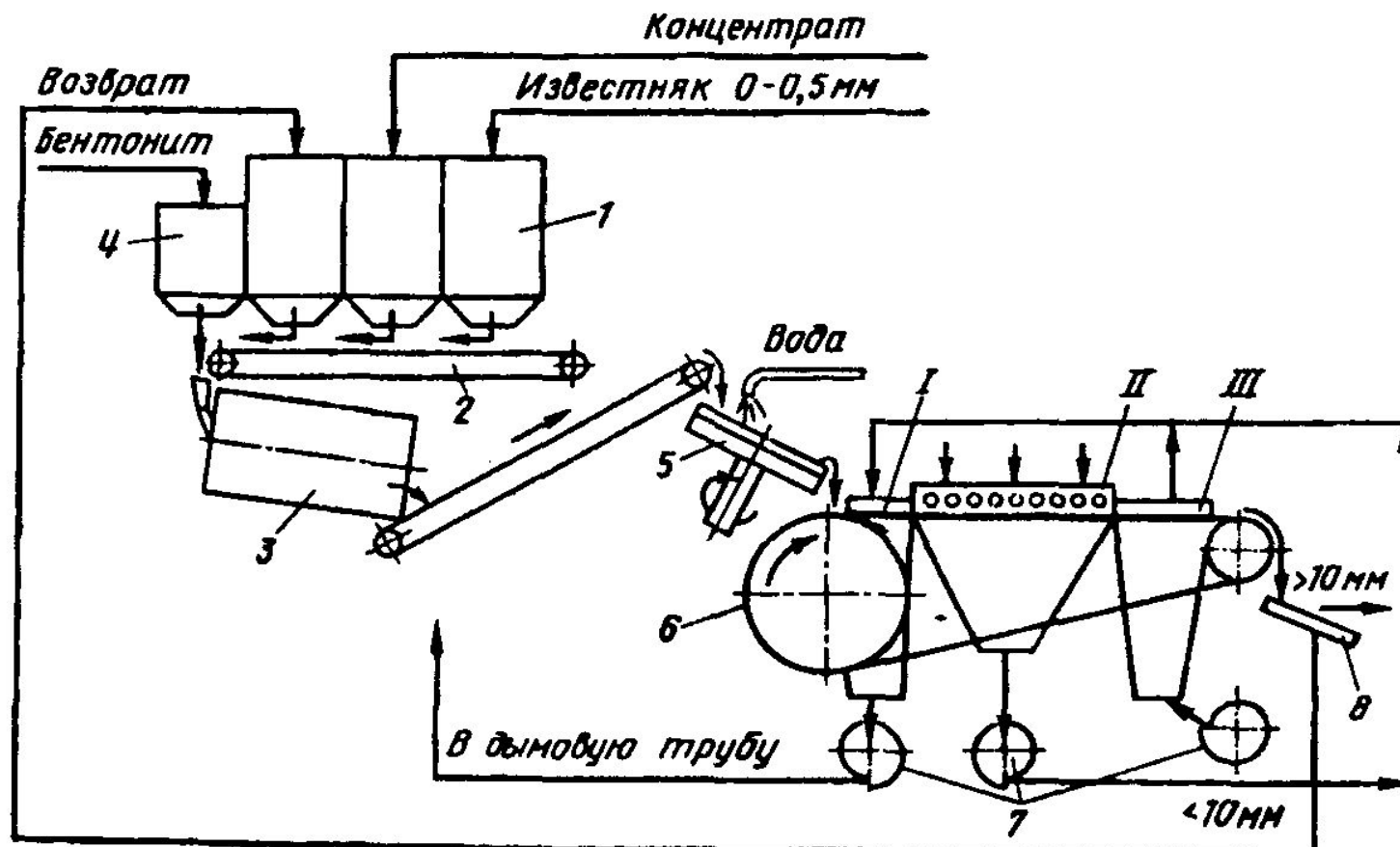
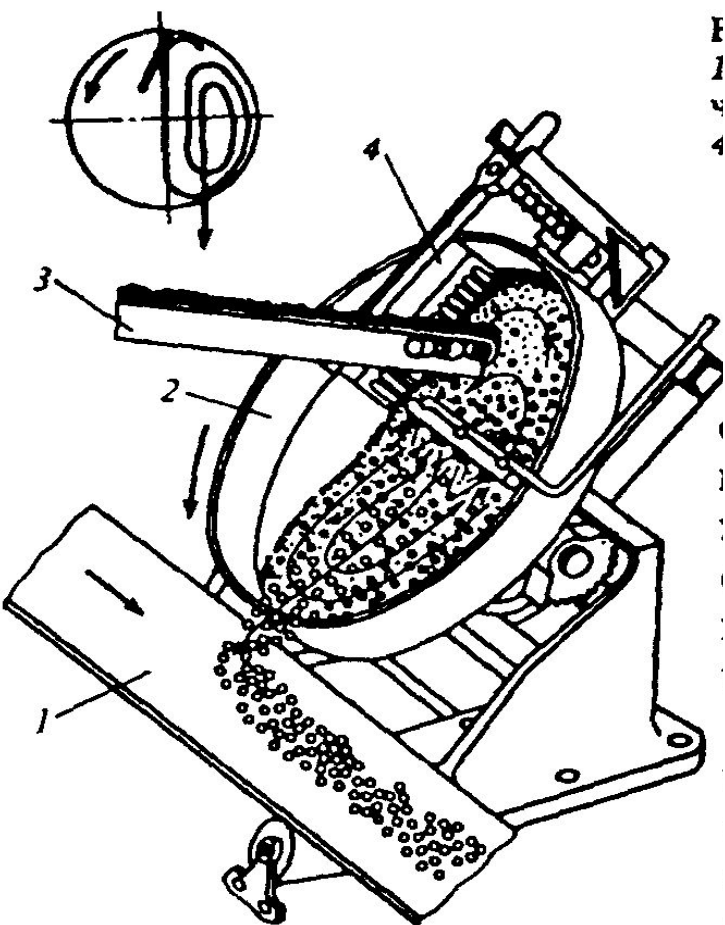


Схема производства окисленных окатышей

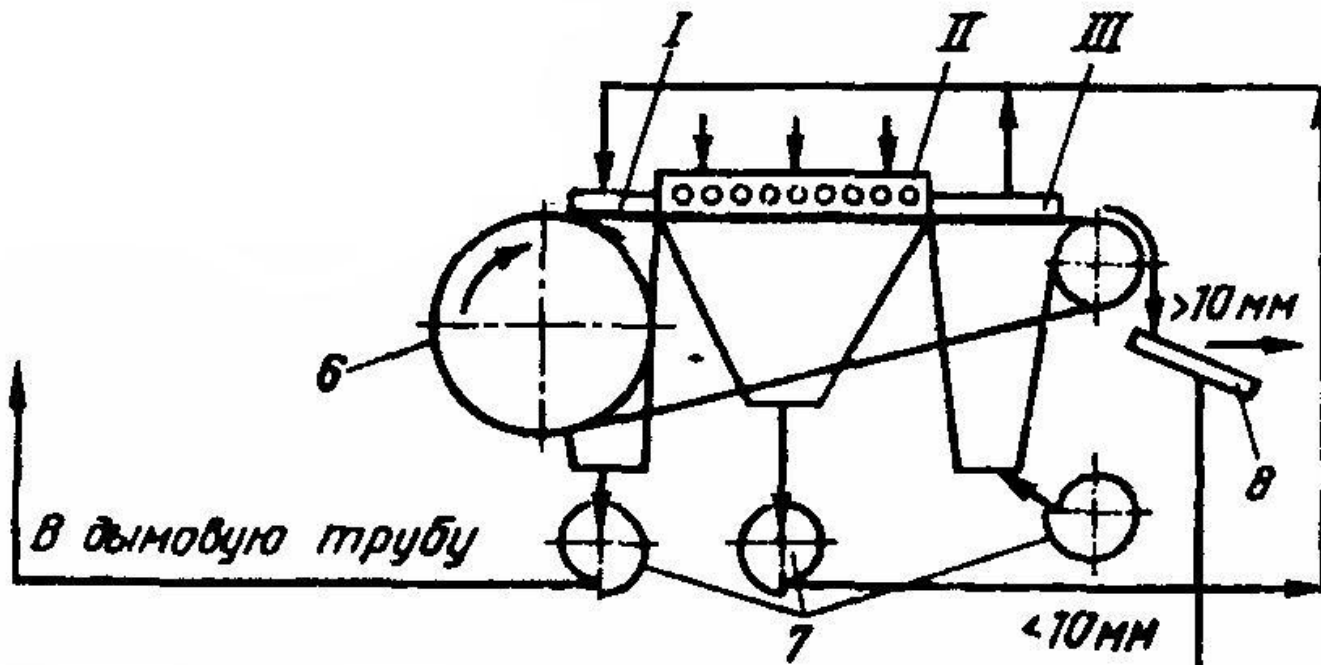
Тарельчатый окомкователь

При круговом движении шихта при помощи связующего вещества и воды постепенно превращается в гранулы — **комки**. При этом из гранулятора разгружаются только комки, достигшие определенного размера (шарики диаметром 10—20 мм).



- 1 — конвейер уборки окатышей;
- 2 — чаша;
- 3 — конвейер подачи шихты;
- 4 — скребки

Сырые окатыши подаются на обжиговую машину. Зоны обжиговой машины - **сушки, обжига и охлаждения.** Зона обжига составляет около 50 % от общей площади машины. В зоне **сушки** окатыши подогреваются до $250—400\text{ }^{\circ}\text{C}$ газами, поступающими из зон обжига и охлаждения. В **зонах обжига** окатыши нагреваются до $1200—1350\text{ }^{\circ}\text{C}$ продуктами горения газообразного или жидкого (мазута) топлива. В **зоне охлаждения** окатыши охлаждаются **воздухом.**



Основная цель обжига окатышей сводится к **упрочнению** их до такой степени, чтобы они в дальнейшем **выдерживали транспортировку, перегрузки.**

Свойства окатышей. В нашей стране производят неофлюсованные окатыши и офлюсованные с основностью 0,4—1,25.

Окатыши разных заводов содержат, %: **Fe 58—67; SiO₂ 3,3-12; CaO 0,1-4,8; Al₂O₃ 0,2-1,1; MgO 0,2-1,1; S 0,001-0,08; P 0,007-0,01.**

Крупность окатышей должна составлять **5—18 мм**, допускается содержание не более 3 % фракций крупностью менее 5 мм.